

# สภาวะโลกร้อน

## และการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

### ๐ศาสตราจารย์ นักสิทธิ์ คุ้มพัฒนาชัย

- ❑ ผอ. โครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก สกว.
- ❑ ประธานกรรมการที่ปรึกษาทางวิชาการ  
บัณฑิตวิทยาลัยร่วมด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มจร.

การบรรยายพิเศษ

โครงการศึกษาวิเคราะห์โจทย์และ  
กำหนดประเด็นปัญหาการวิจัยฯ

มทร. ล้านนา

ร.ร. เจริญธานี ปรีณเชส จ.ขอนแก่น

27 เมษายน 2553

## สาระสำคัญในการนำเสนอ

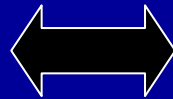
- สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา
- ผลกระทบของมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ต่อระบบพลังงานของโลกและประเทศไทย
- การเตรียมการเข้าสู่เศรษฐกิจยุคจำกัดคาร์บอนในประเทศไทย
- สถานภาพของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญ ๆ และศักยภาพในการแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อน
- กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## ๐ พลังงานมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อคุณภาพชีวิต

- เป็นปัจจัยที่ 5 (แสงสว่าง ขนส่ง และประกอบอาหาร การเดินทางและขนส่ง สื่อสาร อุตสาหกรรม และเกษตรกรรม ฯลฯ)
- เป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาเศรษฐกิจ

แผนความมั่นคง  
ด้านพลังงานของ  
ประเทศ



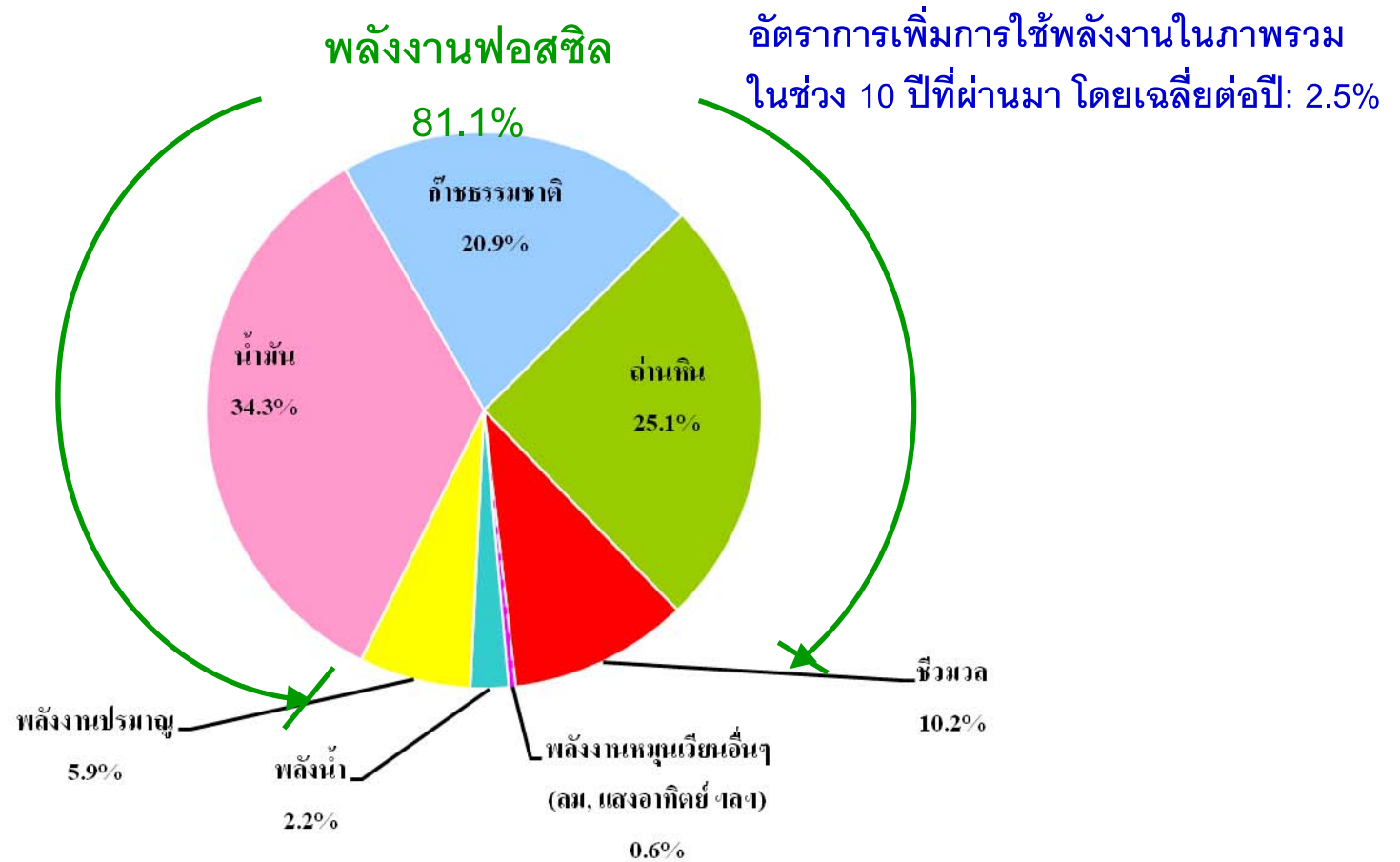
- การพัฒนาเศรษฐกิจ
- ความเข้มแข็งทาง ว.และ ท.
- ความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ
- การค้าระหว่างประเทศ
- ความเข้มแข็งทางทหาร
- การศึกษา
- ฯลฯ

- ก่อนปี 1750 มนุษย์ใช้พลังงานธรรมชาติ(ลม, พลังน้ำ, ชีวมวล, แสงอาทิตย์, สัตว์เลี้ยง)
- หลังปี 1750 การใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการพัฒนาอุตสาหกรรม
- โลกใช้พลังงานในปริมาณมหาศาล
  - น้ำมันดิบ: 85 ล้านบาร์เรล/วัน หรือ 13,515 ล้านลิตร/วัน
  - พลังงานไฟฟ้า: 43,000 kWh/วัน

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## ระบบพลังงานของโลกในปัจจุบัน

การใช้พลังงานของโลก (2007) (Primary Energy) : 12,013 Mtoe (ประมาณ)

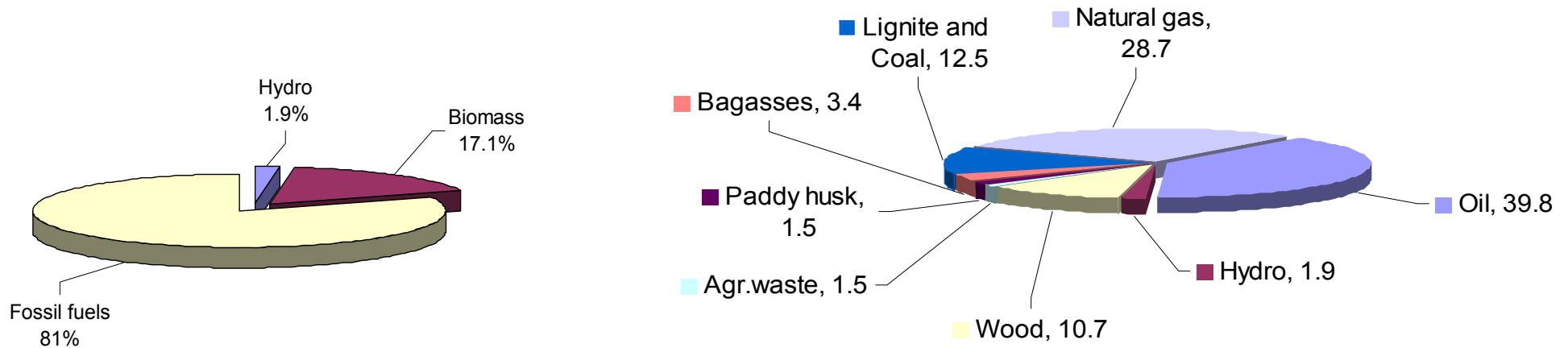


(Source: IEA World Energy Outlook 2007)

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## Primary Energy Consumption (PEC)

Total Thailand Primary Energy Consumption in 2007: 109 Mtoe



Source : Thailand Energy Situation, DEDE, 2008

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

- พลังงานฟอสซิลที่เหลือ

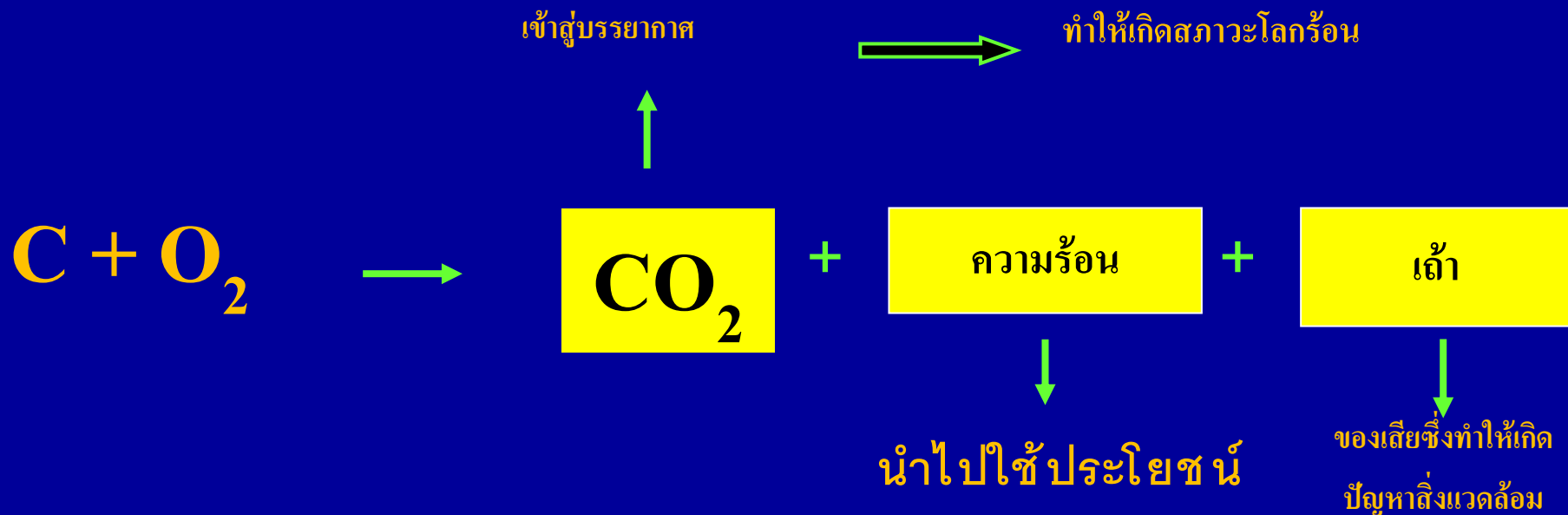
ในอัตราการใช้ในปัจจุบัน แหล่งพลังงานฟอสซิลสำคัญ ๆ ที่เหลืออยู่จะใช้ต่อไปได้อีกดังนี้

น้ำมัน	40-60 ปี
ก๊าซธรรมชาติ	60-100 ปี
ถ่านหิน	250-300 ปี

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## การเกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) จากการเผาเชื้อเพลิงฟอสซิล

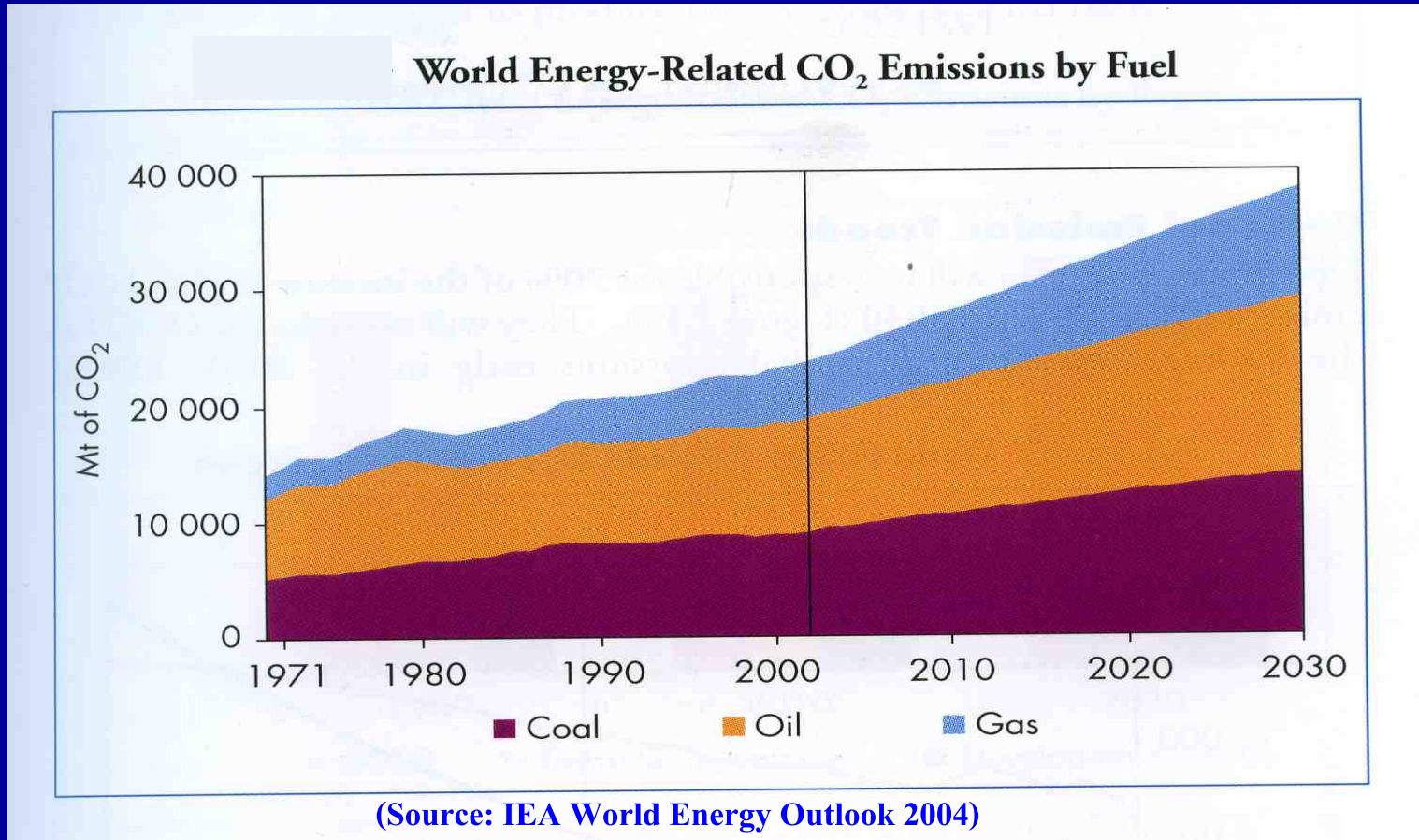
- เชื้อเพลิงฟอสซิล (น้ำมัน ถ่านหิน และก๊าซธรรมชาติ) มีคาร์บอน (C) เป็นส่วนประกอบที่สำคัญ
- การเผาเชื้อเพลิงฟอสซิลทำให้เกิดก๊าซ CO<sub>2</sub> ซึ่งเข้าสู่บรรยากาศของโลก



# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## การเกิดก๊าซ CO<sub>2</sub> จากการใช้พลังงาน

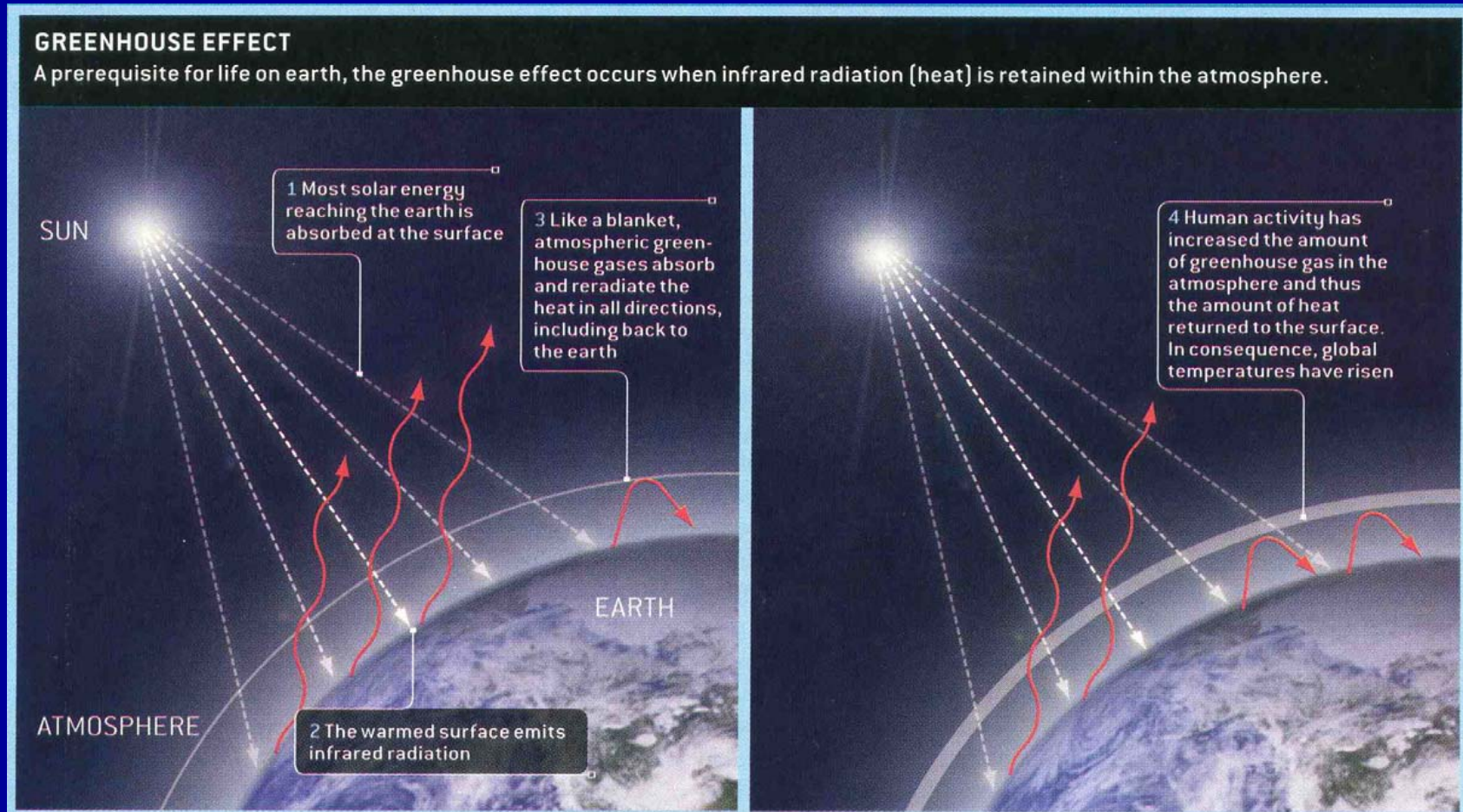
- การปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องและเพิ่มเป็น 3.8 Gt/ปี ในปี 2030





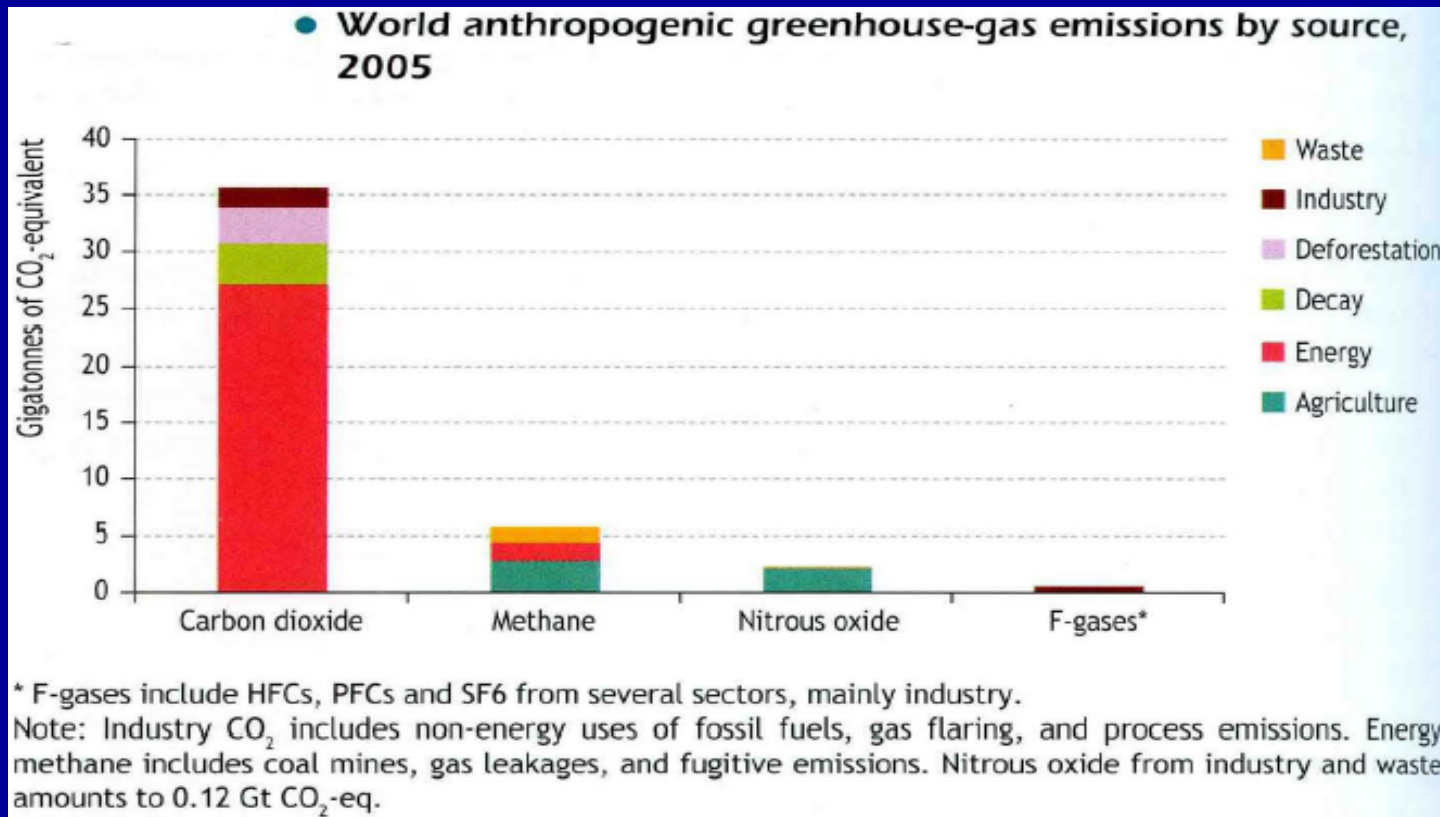
# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

- การเพิ่มขึ้นของก๊าซ CO<sub>2</sub> และการเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศ



(แหล่งข้อมูล: **Scientific American: Sept. 2006**)

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา



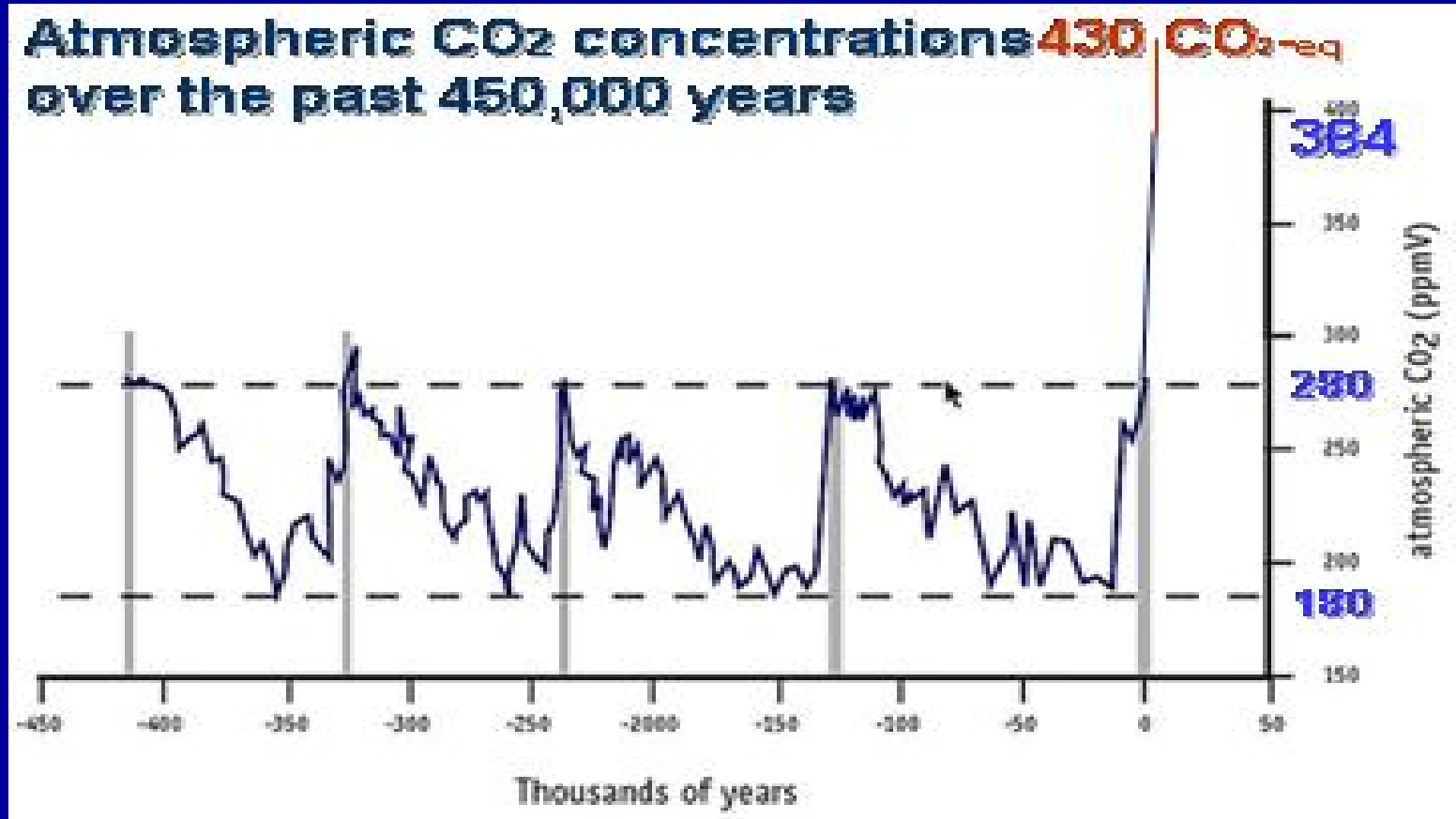
- **Energy related CO<sub>2</sub> accounts for :**

- 61% of all greenhouse gases in CO<sub>2</sub>-equivalent terms, and
- 76% of total CO<sub>2</sub>-emissions.

(Source : IEA World Energy Outlook 2008)

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

- การเปลี่ยนแปลงของความเข้มข้นของก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในบรรยากาศในช่วง 450,000 ปีที่ผ่านมา



- ในช่วง 150 ปีที่ผ่านมาอุณหภูมิโดยเฉลี่ยผิวโลกเพิ่มขึ้น 0.6 °C

Source: Prof. R.E. Sims, "Global Development Trends in Bioenergy and Waste-to-Energy : Implications for Climate Change Mitigation," 5<sup>th</sup> International Conference on Combustion, Incineration/Pyrolysis and Emission Control, Chiang Mai , 16-19 December 2008

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

- ผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในบรรยากาศ (สภาวะโลกร้อน)

## ◎ ในกรณีไม่มีการแก้ปัญหา (BAU)

- ความเข้มข้นของก๊าซ  $\text{CO}_2$  :

จะเพิ่มจาก 380 ppm ในปี 2005  $\longrightarrow$  700 – 1000 ppm ในปี 2100

$\longrightarrow$  ให้อุณหภูมิผิวโลกเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 6 °C

## ◎ จากผลการทำ modeling ของ IPCC

ถ้าจะรักษาอุณหภูมิผิวโลกเฉลี่ยให้เพิ่มไม่เกิน 2 °C จะต้องไม่ให้ความเข้มข้นของก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในบรรยากาศสูงเกิน 450 ppm  $\longrightarrow$  ต้องลดการปล่อยก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในปี 2050 ลงให้เหลือ 50% จากระดับการปล่อยปี 1990 ตามแผนการควบคุมการปล่อยก๊าซ  $\text{CO}_2$



# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

ผลกระทบของการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของก๊าซ  $\text{CO}_2$  ในบรรยากาศ

## ▪ Problem of the Present Global Energy System

- The present carbon-based energy system has created serious environmental problems.
- The energy related environmental problems could threaten the survival of humanity.

## ▪ Selected Serious Comments on the Impact of Global Warming

- Global warming and mass extinctions
- Can technologies save the planet from the impact of global warming?
- Changes caused by global warming may not be linear, but they may be exponential and irreversible.

• *Climate change will wipe out most life on Earth by the end of this century and mankind in too late to avert catastrophe. (James Lovelock)*

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

• เทคโนโลยีพลังงานที่สามารถลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ออกสู่บรรยากาศ :

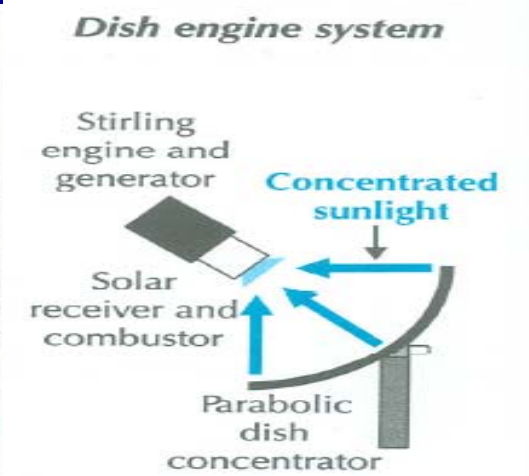
- (1) พลังงานหมุนเวียน (พลังงานน้ำ ชีวมวล แสงอาทิตย์ ลม ฯลฯ) (REs)
- (2) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (EE)
- (3) พลังงานปรมาณู (Nuclear Energy)
- (4) CO<sub>2</sub> –Capture and Storage (CCS)

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

- เทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญๆ (REs)



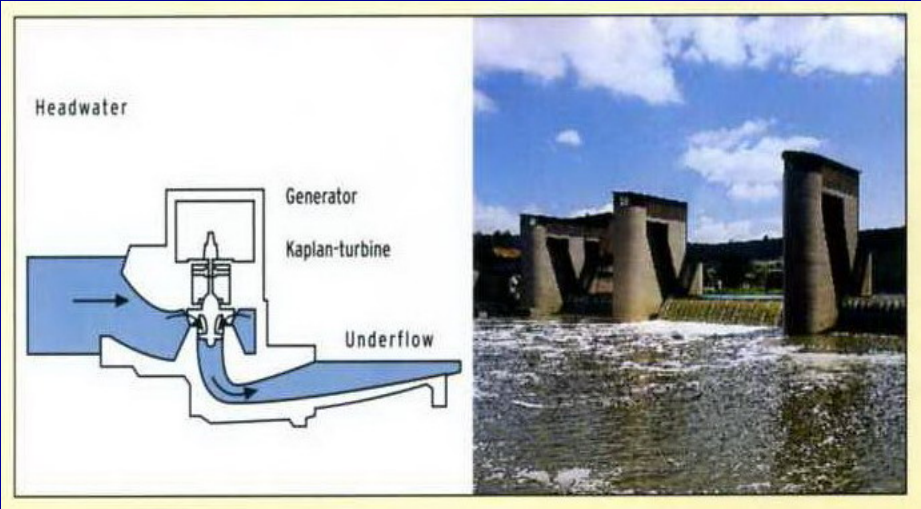
Solar PV



CSP



Offshore wind



Small hydro

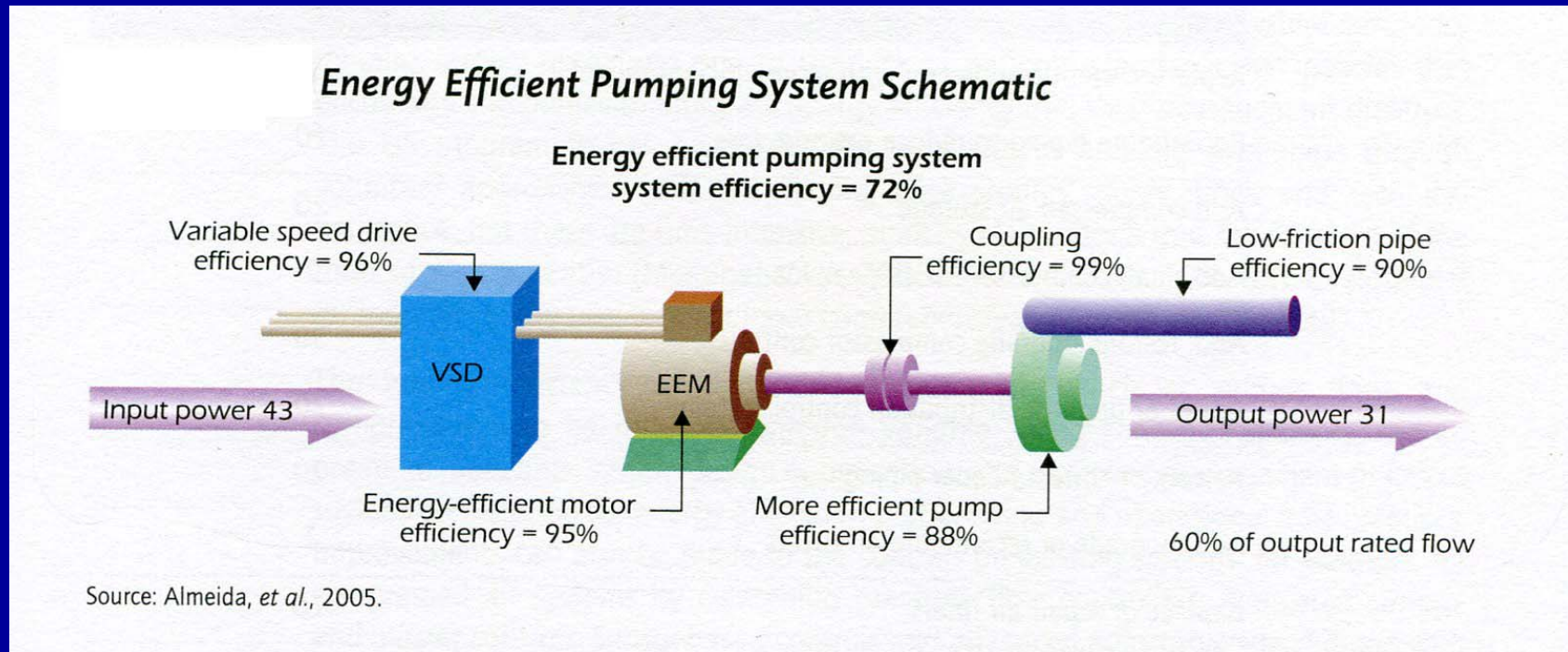


Biomass



# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (EE)



Source: Tracking Industrial Energy Efficiency and CO<sub>2</sub>-Emissions, IEA 2007



# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## เทคโนโลยีโรงไฟฟ้าปรมาณู

### Nuclear Power Plant (Fission)

#### NUCLEAR FUEL

From mine to reactor core – transforming ore into nuclear fuel.

**PRINCIPLE:** From extraction through chemical conversion and enrichment to conditioning, uranium undergoes many different operations before it can be used as reactor fuel. After use, most of it is recycled to make fresh fuel.

**1 URANIUM EXTRACTION**  
The ore is mined from underground or open-pit mines. It contains from 1 to 200 kg of uranium per ton. It is dissolved in sulfuric acid, then dried so that the uranium can be retrieved as a yellow powder, known as "yellow cake", which is made up of 99.27% uranium-238 (U238) and 0.7% uranium-235 (U235).

**2 CHEMICAL CONVERSION**  
U235 is the only fissile (energy-generating) isotope in today's reactors. To optimize its performance, fuel therefore has to be enriched to increase the U235 concentration to 5%. First of all, the yellow cake is purified and added first to hydrofluoric acid, and then to fluorine in the gaseous state, to convert it into uranium hexafluoride (UF<sub>6</sub>), which is a solid at ambient temperature but a gas above 60 °C.

**3 TWO ENRICHMENT METHODS: THE CENTRIFUGE PROCESS AND GASEOUS DIFFUSION**  
UF<sub>6</sub> gas molecules coming from U235 are lighter than those that come from U238. The centrifugal force obtained in the centrifuge process causes the lighter U235 molecules to remain closer to the center of the centrifuge, where they are withdrawn. In the gaseous diffusion process, these lighter U235 molecules pass through a wall covered with microscopic pores more rapidly, meaning that the gas collected behind the wall has a higher U235 concentration.

**DID YOU KNOW?**  
In order to prevent miners from breathing in particles or radon (a gas produced by uranium activity), extraction operations are automated and mines are ventilated or sprayed so that dust is not suspended in the air.

**4 FUEL CONDITIONING**  
Enriched gaseous UF<sub>6</sub> is transformed into uranium oxide (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) powder after the fluorine has been removed in a high-temperature oven (800 °C). U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>, enriched to a U235 concentration of 3 to 5%, is compressed into 7 g pellets that generate as much energy as a ton of coal! The pellets are then stacked in zirconium alloy tubes called "rods". A 900 MW reactor houses 157 assemblies containing 264 fuel rods each.

**5 NUCLEAR FISSION**  
Inside the reactor, the U235 nuclei in the fuel are split by neutrons. As this fission takes place, energy is released along with more neutrons, which go on to split other U235 nuclei, thus creating a chain reaction. The heat released produces steam, which drives turbines to generate electricity.

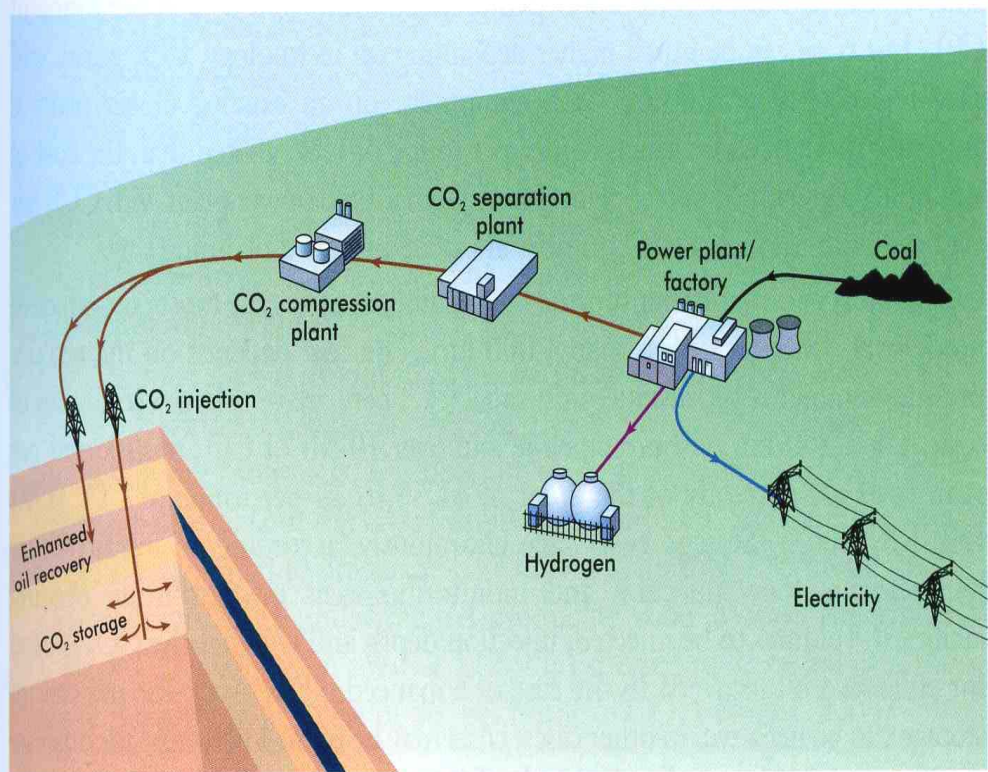
**6 SPENT FUEL PROCESSING**  
After being used to generate electricity for four years in the reactor, spent fuel contains 4% waste (of which minor actinides account for 0.1%) and 96% recyclable material, which is retrieved by chemical separation. Plutonium (1%) is recycled in Mox fuel (used in 20 of France's 58 reactors) and uranium (95%, including 1% U235) goes into making fresh fuel. Waste is vitrified and conditioned for deep geological disposal (in an accessible repository).

(Source: CEA International Magazine, July 2008)

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## ● Carbon Capture and Storage (CCS) Technology

CO<sub>2</sub> Capture, Transport and Storage Infrastructure

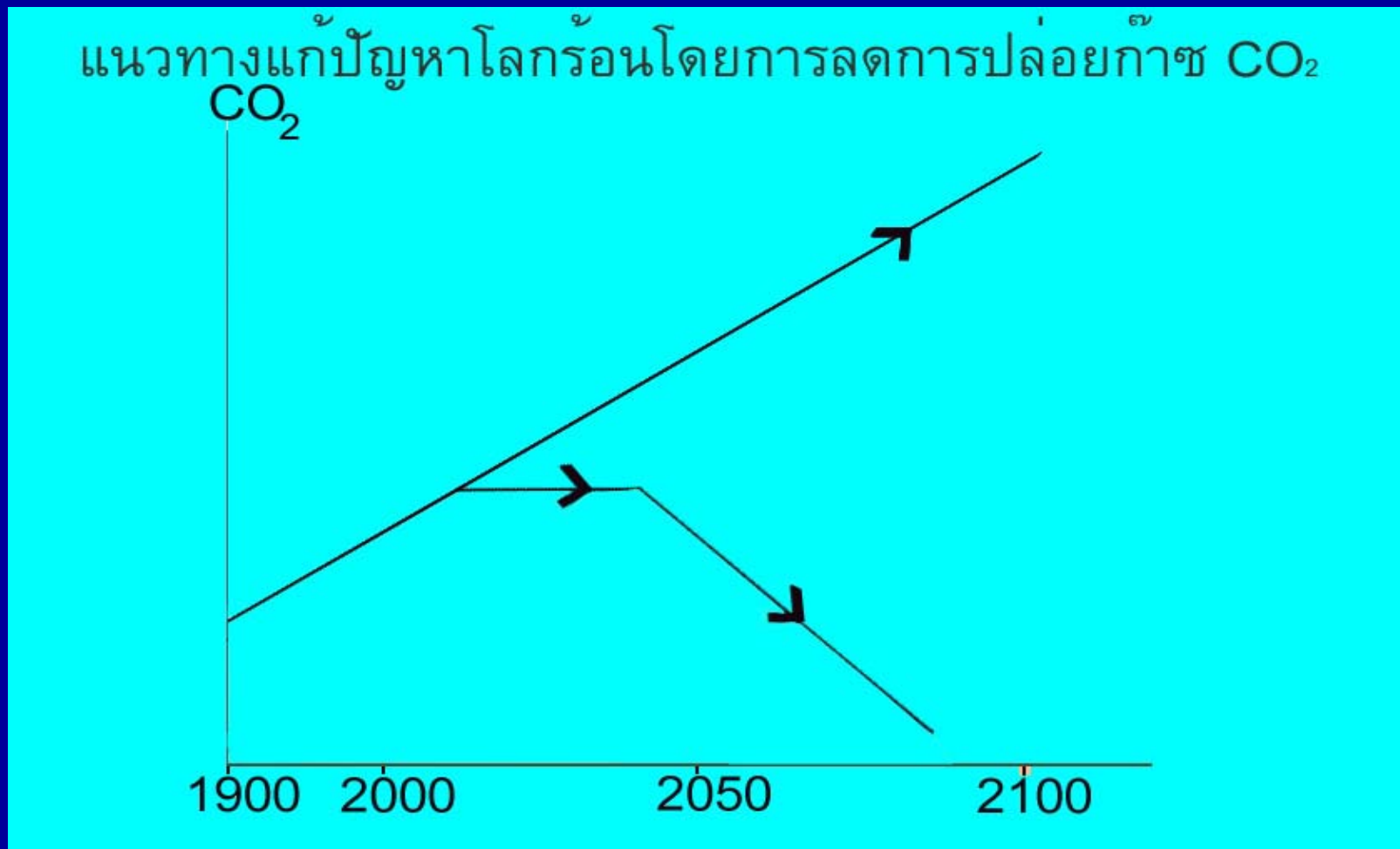


Source: IEA World Energy Outlook 2007



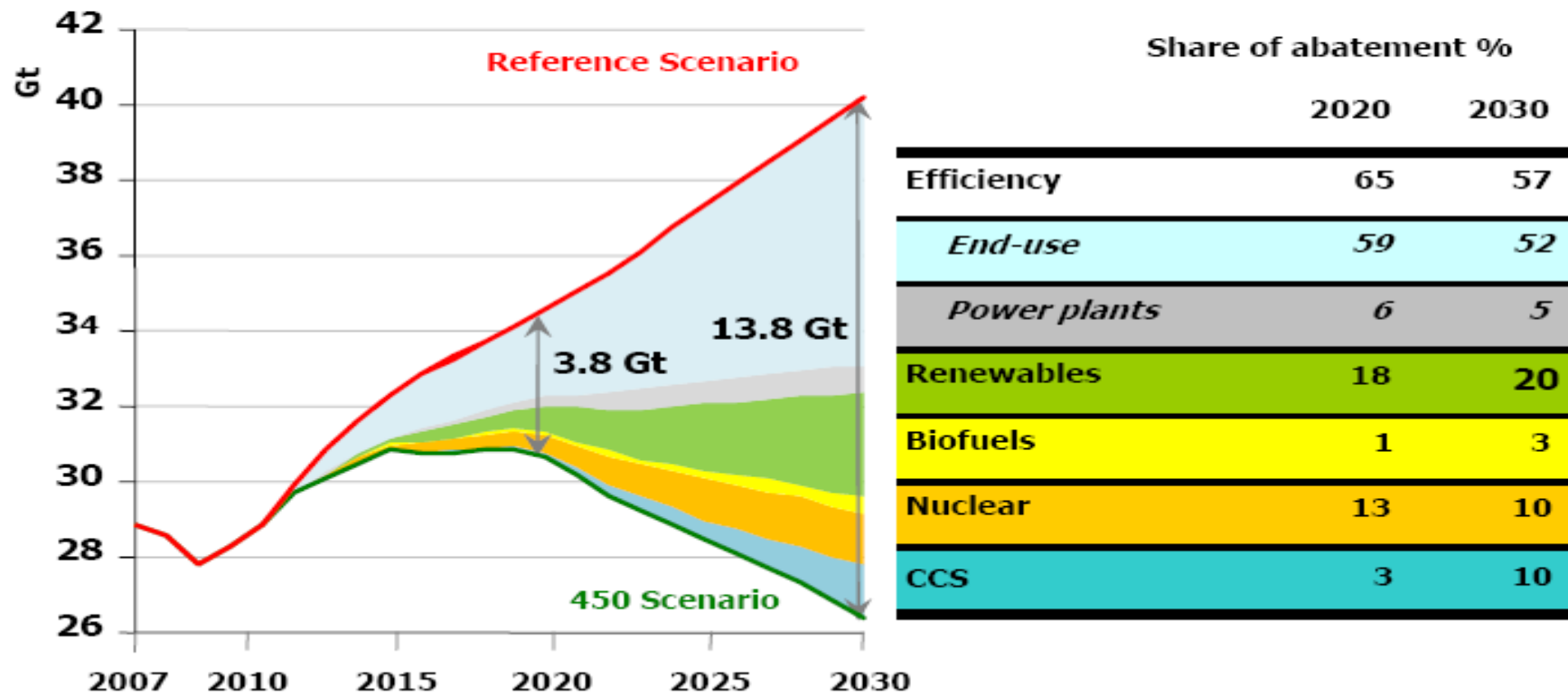
# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## ความพร้อมของมาตรการต่างๆ



# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## Technology outlook for energy – related CO<sub>2</sub> emission abatement: 450 scenario

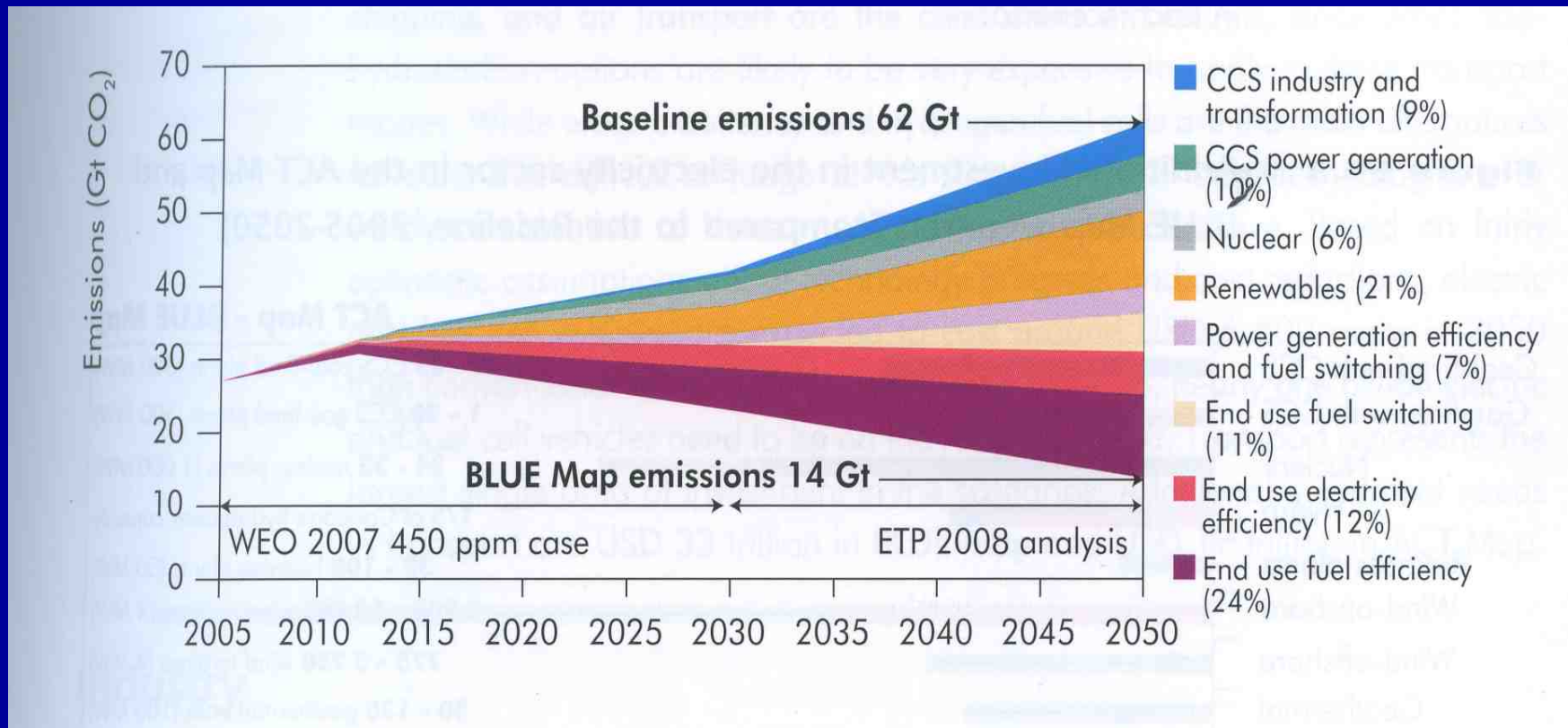


Source: IEA World Energy Outlook 2009

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## Energy Related CO<sub>2</sub>-Emissions

### ■ CO<sub>2</sub>-Emissions Reduction for 450 ppm Scenario



ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการจนถึง 2050 ~ USD 630 b/ปี หรือ 1.1% ของ GDP ของโลกต่อปี

Source: IEA Energy Technology Perspectives 2008

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## ข้อตกลงระดับโลกที่สำคัญที่สุดของมนุษยชาติ:

- ข้อตกลงในการแบ่งความรับผิดชอบของประเทศต่างๆ ที่จะลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> เพื่อให้เป็นไปตามแผนการลดก๊าซ CO<sub>2</sub> ตามยุทธศาสตร์ 450 ppm/2° C ซึ่งจะต้องมีขึ้นที่กรุง Copenhagen ในเดือนธันวาคม 2009 ถือว่าเป็น **ข้อตกลงระดับโลกที่สำคัญที่สุดของมนุษยชาติ**

# สภาวะโลกร้อน (Global Warming) และมาตรการแก้ปัญหา

## Global Warming

- Copenhagen Accord และพันธกรณีของประเทศไทยในการลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub>
  - ผู้นำประเทศต่างๆ ได้มีข้อตกลงใน Copenhagen Accord (ซึ่งเป็น non-binding agreement) ที่จะรักษาอุณหภูมิของโลกไม่ให้เพิ่มเกิน 2°C
  - ประเทศที่ไม่ต้องมีพันธกรณีควบคุมการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ตามที่ระบุใน Copenhagen Accord) คือกลุ่มประเทศที่ยากจนมาก (least developed countries) เท่านั้น
  - เป็นที่คาดว่าประเทศไทยต้องมีพันธกรณีในการควบคุมการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> แต่ปัจจุบันยังไม่มีข้อมูลชัดเจน
  - จากข้อมูลที่มีอยู่ เป็นที่คาดกันว่าประเทศไทยจะอยู่ในกลุ่มประเทศที่ต้องลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ลง 15%-30% จากระดับ BAU ในปี 2020

# ผลกระทบของมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ต่อระบบพลังงานของโลกและประเทศไทย

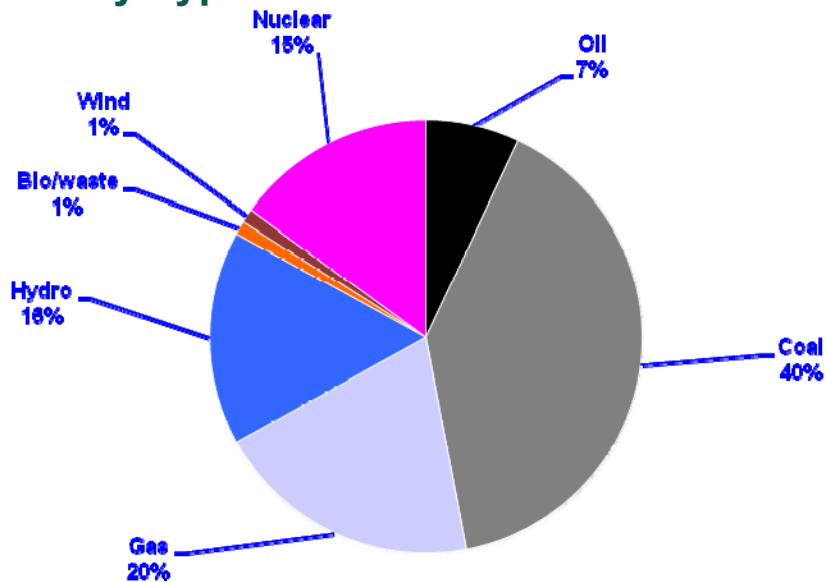
- ◎ การลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ตามยุทธศาสตร์ 450 ppm/2°C จะมีผลกระทบต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและการเมืองของประเทศอย่างรุนแรง
- ◎ ต้องมียุทธศาสตร์ในการเปลี่ยนเทคโนโลยีในภาคเศรษฐกิจที่สำคัญ ๆ (ผลิตพลังงานไฟฟ้า, อุตสาหกรรม, ขนส่ง, ที่อยู่อาศัย/อาคารพาณิชย์)
- ◎ หลายประเทศมีแนวโน้มคิดจะใช้โอกาสของการใช้เทคโนโลยีใหม่ที่ลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ได้ในการกระตุ้นเศรษฐกิจ
- ◎ หลายประเทศมีการตั้งผู้บริหารระดับสูงเพื่อรับผิดชอบเรื่อง Climate Change โดยตรง
- ◎ ใน 30 ปีข้างหน้าเทคโนโลยี RE และ EE จะมีความสำคัญเท่ากับหรือมากกว่าเทคโนโลยี ICT
- ◎ ประเทศพัฒนาแล้วต้องเสนอจำนวนเงินที่จะให้การสนับสนุนแก่ประเทศกำลังพัฒนาที่ชัดเจนที่ Copenhagen เพื่อเริ่มการควบคุมการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub>



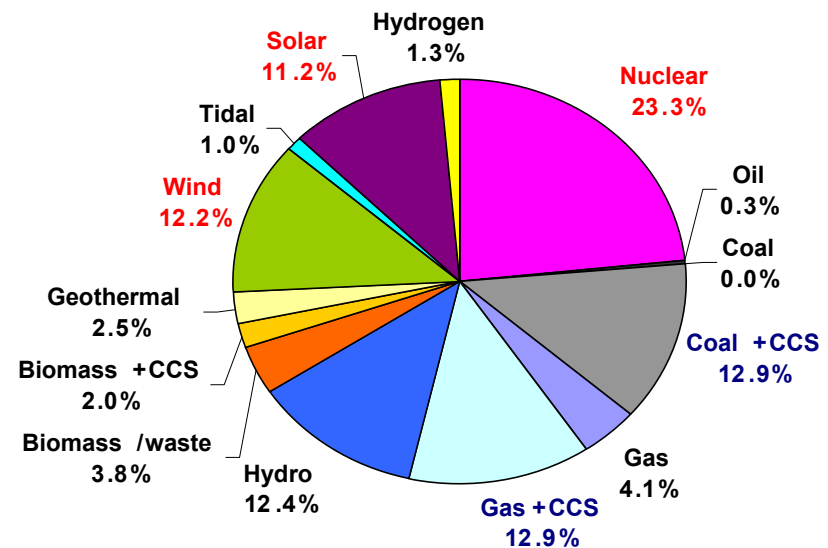
# ผลกระทบของมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ต่อระบบพลังงานของโลกและประเทศไทย

การเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี 2005 และ 2050 (450ppm) ระดับโลก

• Global Electricity Production by Type in 2005



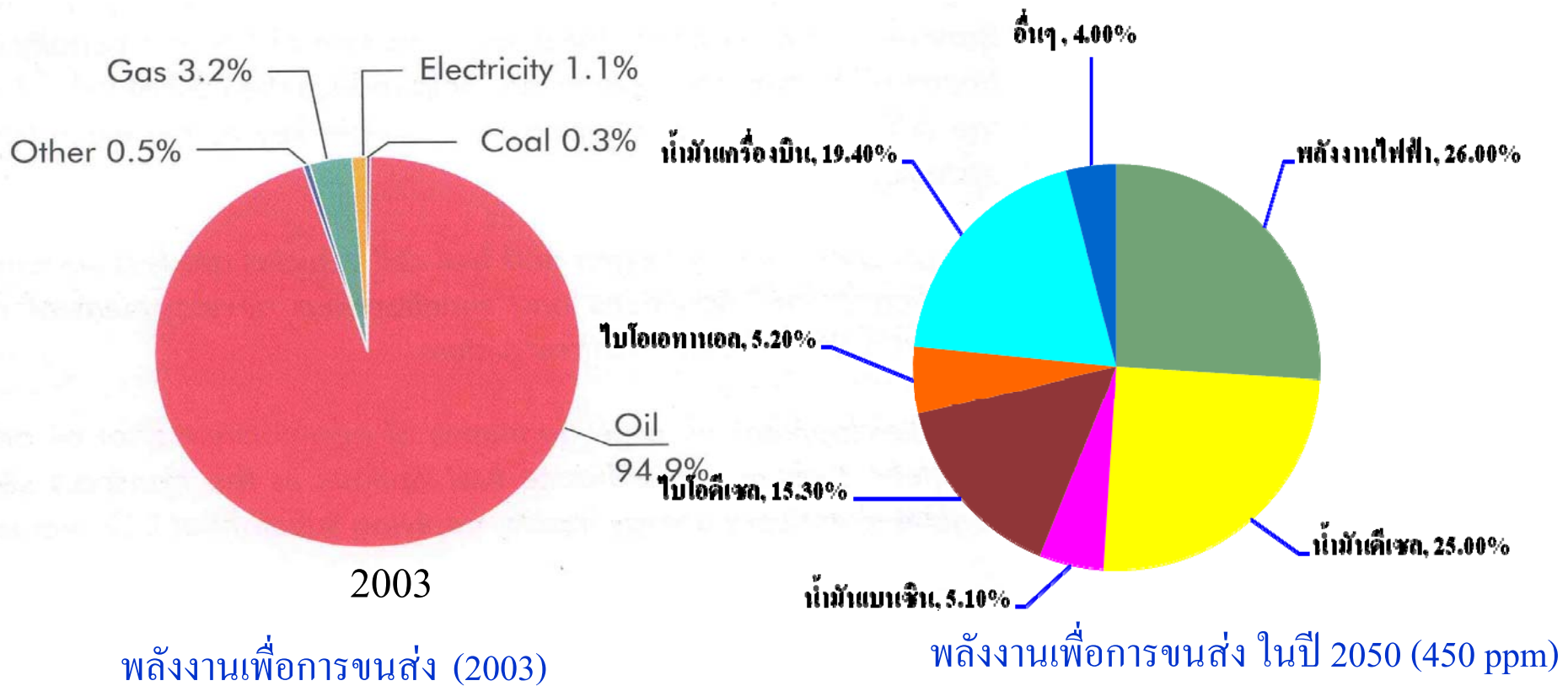
• Global Electricity Production by Type in 2050 (450 ppm)



Source: IEA Energy Technology Perspectives 2008

# ผลกระทบของมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ต่อระบบพลังงานของโลกและประเทศไทย

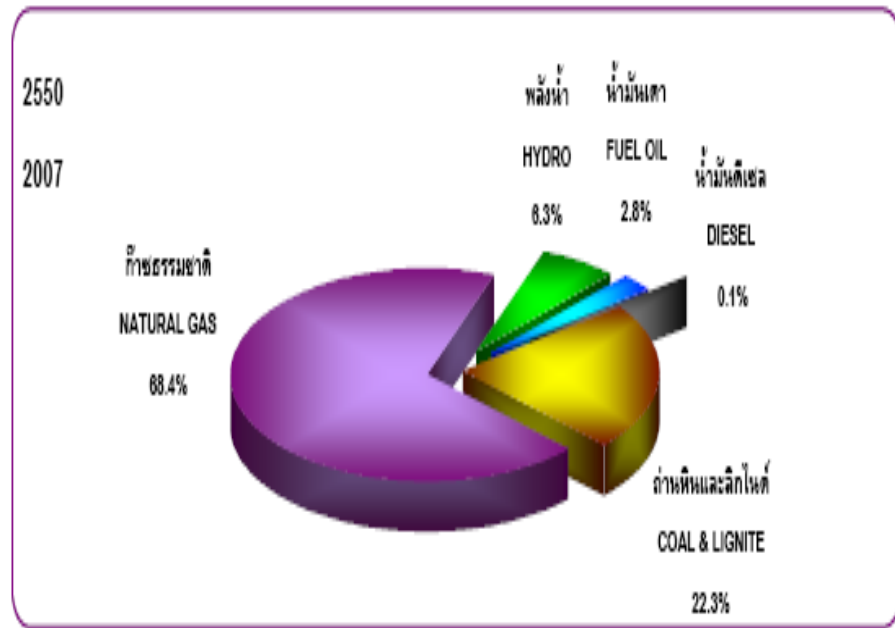
การเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ในการขนส่ง ในปี 2003 และ 2050 (450 ppm) ระดับโลก



(แหล่งข้อมูล: IEA Energy Technology Perspectives 2006)

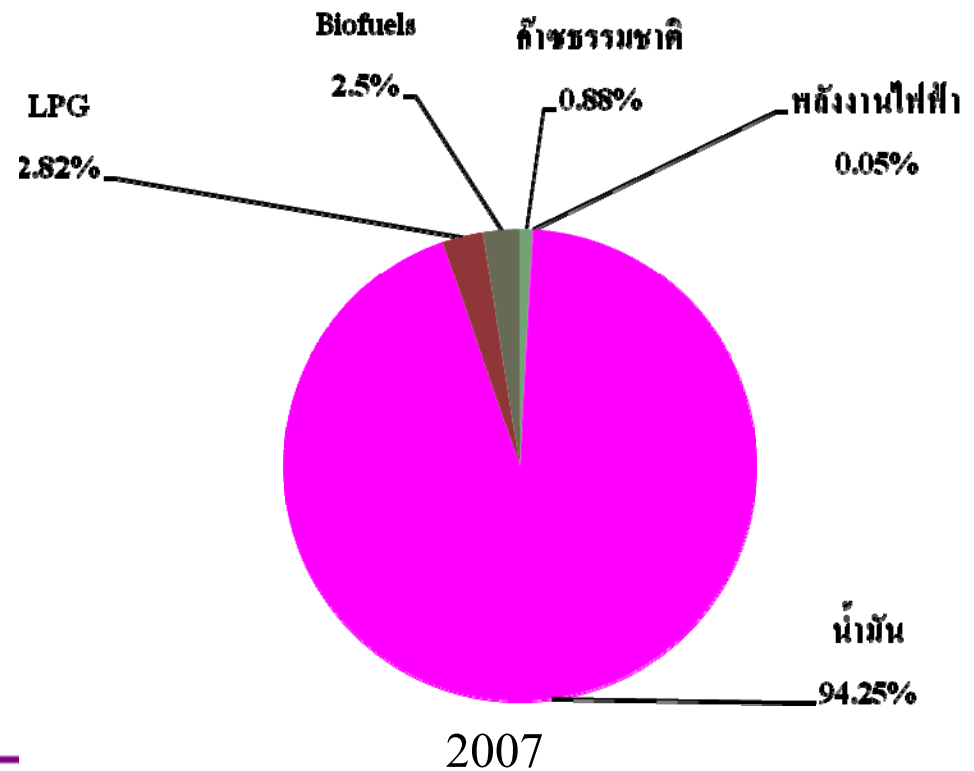
(แหล่งข้อมูล: IEA Energy Technology Perspectives 2007)

# ผลกระทบของมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ต่อระบบพลังงานของโลกและประเทศไทย



รายงานไฟฟ้าของประเทศไทยปี 2550/ELECTRIC POWER IN THAILAND 2007

Source : ELECTRIC POWER IN THAILAND, DEDE, 2008

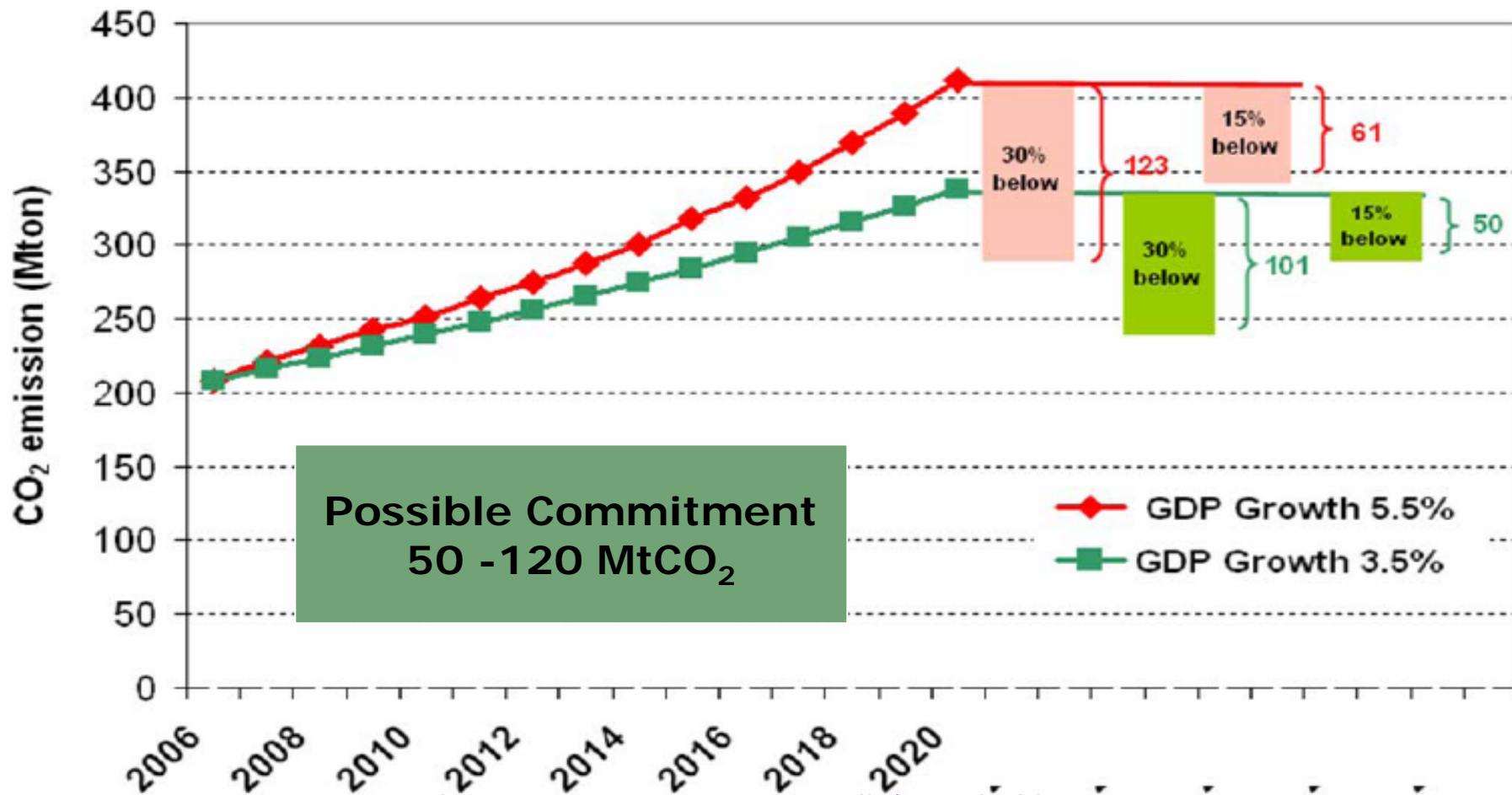


(ที่มา: รายงานพลังงานประเทศไทยปี 2007, พพ.)

# ผลกระทบของมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ต่อระบบพลังงานของโลกและประเทศไทย

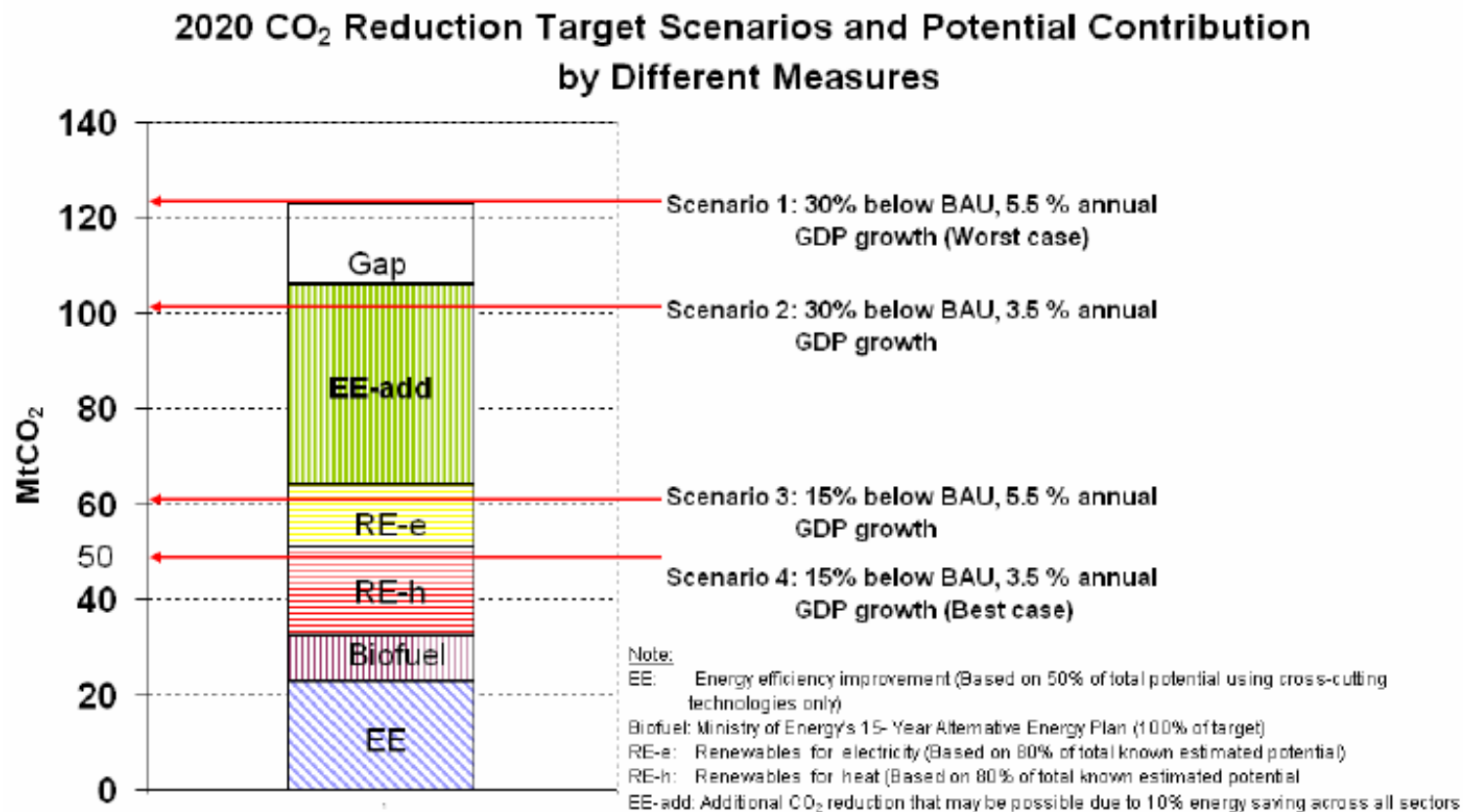
เป้าหมายการลด CO<sub>2</sub> ของไทยภายใต้ Scenario ต่างๆ

CO<sub>2</sub> Projection 2006 - 2020 (BAU Scenario and Reduction Targets)



Source : Energy Policy Research (2<sup>nd</sup> Phase) JGSEE, KMUTT

# ผลกระทบของมาตรการลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO<sub>2</sub>) ต่อระบบพลังงานของโลกและประเทศไทย



เป้าหมายลด CO<sub>2</sub> ภายใต้สถานการณ์ต่างๆ และศักยภาพการลด CO<sub>2</sub> ด้วยมาตรการต่างๆ

Source : Energy Policy Research (2<sup>nd</sup> Phase) JGSEE, KMUTT

# การเตรียมการเข้าสู่เศรษฐกิจยุคจำกัดคาร์บอนในประเทศไทย

## ผลของการลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ต่อประเทศไทย

### (1) ผลกระทบโดยตรง

- ประเทศไทยต้องลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ในภาคเศรษฐกิจที่สำคัญๆ โดยปรับเปลี่ยนการใช้แหล่งพลังงานและเทคโนโลยีพลังงานในภาคเศรษฐกิจที่ปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ดังนี้
  - ภาคการผลิตพลังงานไฟฟ้า
  - ภาคขนส่ง
  - ภาคอุตสาหกรรมการผลิต
  - ภาคที่อยู่อาศัยและอาคารพาณิชย์

# การเตรียมการเข้าสู่เศรษฐกิจยุคจำกัดคาร์บอนในประเทศไทย

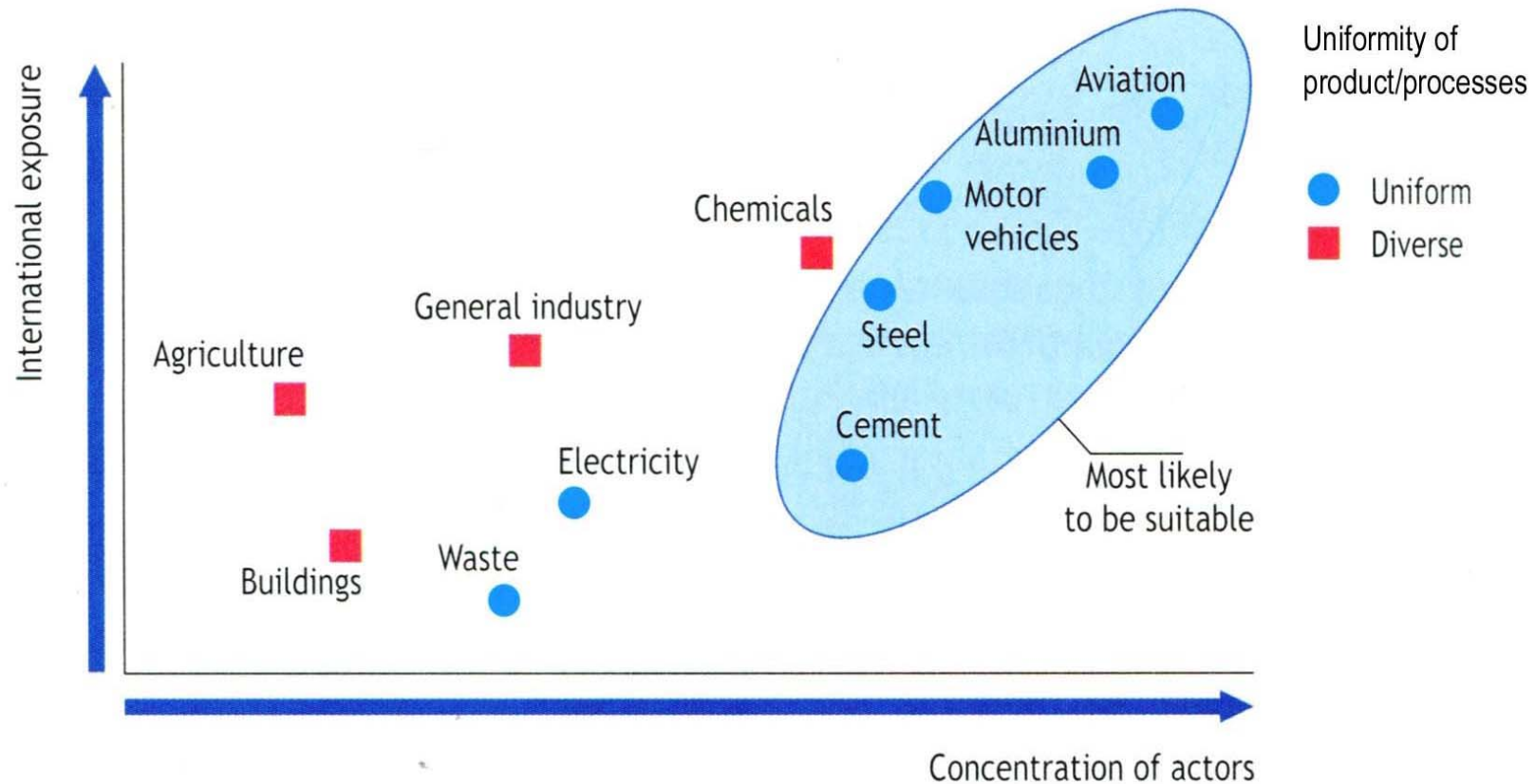
## (2) ผลกระทบทางอ้อม

- การควบคุมปริมาณ CO<sub>2</sub> ที่ปล่อยออกในการผลิตสินค้า (Carbon Footprint) โดยประเทศพัฒนาแล้ว ซึ่งเป็นมาตรการกีดกันทางการค้า (non-tariff barrier)
- Sectorial Agreements
  - ข้อตกลงของกลุ่มประเทศในการลดการปล่อย CO<sub>2</sub> ในอุตสาหกรรมที่ใช้พลังงานมาก เช่น cement, steel, motor vehicles, aluminum, aviation
- Border Tax Adjustment
  - การเก็บภาษีสินค้าจากประเทศที่ปล่อย CO<sub>2</sub> ในการผลิตพลังงานต่อหน่วยมากกว่าประเทศที่นำเข้า
- Minimum Energy Performance Standards
  - การใช้มาตรฐานเชิงพลังงานของผลิตภัณฑ์ภายในประเทศเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน



# การเตรียมการเข้าสู่เศรษฐกิจยุคจำกัดคาร์บอนในประเทศไทย

## • Suitability of sectors to sectoral agreements



Note: Not to scale; positions are indicative.

Source: IEA analysis

Source IEA World Energy Outlook 2008



# การเตรียมการเข้าสู่เศรษฐกิจยุคจำกัดคาร์บอนในประเทศไทย

- การปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ออกสู่บรรยากาศของภาคเศรษฐกิจที่สำคัญๆ ในประเทศไทย

	ล้านตัน	%
● ภาคการผลิตพลังงานไฟฟ้า	83.31	43.0
● ภาคขนส่ง	48.44	25.0
● ภาคอุตสาหกรรม	43.98	22.7
● ที่พักอาศัยและอาคารพาณิชย์	6.39	3.3
● อื่นๆ	11.62	6.0
● รวมทั้งหมด	193.74	100

แหล่งข้อมูล: รายงานพลังงานของประเทศไทย 2008 (DEDE 2009)

# การเตรียมการเข้าสู่เศรษฐกิจยุคจำกัดคาร์บอนในประเทศไทย

## ความท้าทายของอุตสาหกรรมการผลิตพลังงานไฟฟ้า

- **ทางเลือกของการควบคุม CO<sub>2</sub>-emissions จากการผลิตพลังงานไฟฟ้า**
  - **ใช้ก๊าซธรรมชาติเพิ่มขึ้น**  
(ปัญหาการจัดหาก๊าซธรรมชาติเพิ่มในปริมาณมากและราคาที่สูงขึ้น)
  - **เพิ่มการใช้พลังงานหมุนเวียน**
    - แหล่งพลังงานหมุนเวียน(พลังน้ำ, ชีวมวล, แสงอาทิตย์, ลม) ภายในประเทศ  
(เพิ่มการใช้ได้ช้า, ราคาสูง, ต้องวิจัยเพิ่ม หากต้องการเพิ่มศักยภาพ, ต้องแก้ปัญหาการใช้ที่ดิน สังกม และสิ่งแวดล้อม)
    - แหล่งพลังน้ำและชีวมวลจากประเทศเพื่อนบ้าน  
(ความมั่นคงด้านพลังงาน, ความสัมพันธ์กับประเทศเพื่อนบ้าน และอาจมีคู่แข่ง)
  - **ใช้พลังงานปรมาณู**  
(ขาดความตระหนัก ความเข้าใจ ความมั่นใจด้านความปลอดภัยและความยอมรับของสาธารณชน)
  - **ใช้เทคโนโลยี CCS และถ่านหิน**  
(ต้องใช้เวลาพัฒนาอีก 5-6 ปี, ราคาพลังงานสูงขึ้น, อันตรายจากการรั่วของก๊าซ CO<sub>2</sub>)
  - **เน้นการประหยัดพลังงานอย่างจริงจัง**  
(ขาดระบบบริหารจัดการและยุทธศาสตร์การดำเนินการที่ต่อเนื่องและจริงจัง) ข้อมูลยังไม่สมบูรณ์)

# การเตรียมการเข้าสู่เศรษฐกิจยุคจำกัดคาร์บอนในประเทศไทย

- ความท้าทายในการผลิตเทคโนโลยีหรือใช้รูปแบบขนส่งที่มีประสิทธิภาพเชิงพลังงานสูง (ใช้พลังงานน้อย) ในภาคขนส่ง
  - การจำกัดการใช้พลังงานหรือการจำกัดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ของผลิตภัณฑ์เมื่อใช้งาน
  - การเพิ่มมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ขึ้น โดยการกำหนดให้มีการลดก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่จะปล่อยได้อย่างต่อเนื่อง
  - EU ได้กำหนดให้รถยนต์ใน EU ต้องปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ไม่เกิน 130 g /km ในปี 2012
  - รถยนต์ในประเทศ OECD อาจถูกกำหนดให้ปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ไม่เกิน 90 g /km ในปี 2030 ซึ่งจะผลักดันให้ผู้ผลิตต้องใช้เทคโนโลยีที่สูงขึ้น หรือเทคโนโลยีใหม่ เช่น รถไฮบริด รถปลั๊กอินไฮบริด และรถยนต์ไฟฟ้า
  - ปรับโครงสร้างของการขนส่งมาใช้ในการขนส่งมวลชน ใช้รางและทางน้ำ

# การเตรียมการเข้าสู่เศรษฐกิจยุคจำกัดคาร์บอนในประเทศไทย

ประเด็นหลักที่ท้าทายในการลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ในภาคอุตสาหกรรมการผลิตของไทย

(1) การเพิ่มประสิทธิภาพเชิงพลังงานของอุตสาหกรรมการผลิตในภาพรวมเพื่อลดการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub>

## ● ในระดับโลก

- ภาคอุตสาหกรรมการผลิตปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> 25% ของทั้งหมด
- อุตสาหกรรมสำคัญที่ปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub>
  - เหล็ก และเหล็กกล้า 30%
  - อโลหะ (ส่วนใหญ่คือซีเมนต์) 27%
  - ปิโตรเคมี 16%

## ● ประเทศไทย

- ภาคอุตสาหกรรมการผลิตปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> 22% ของทั้งหมด
- อุตสาหกรรมสำคัญที่ปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub>
  - อโลหะ 30%
  - อาหารและเครื่องดื่ม 29%
  - ปิโตรเคมี 16%
- อุตสาหกรรมปิโตรเคมีและเหล็กกำลังขยายตัว

(2) การควบคุมการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> จากผลิตภัณฑ์ ซึ่งบางส่วนเป็นสินค้าส่งออก

- ต้องสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพเชิงพลังงานสูง (เวลาใช้งานเกิดก๊าซ CO<sub>2</sub> น้อย)
- กระบวนการผลิตต้องปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> น้อย

# การเตรียมการเข้าสู่เศรษฐกิจยุคจำกัดคาร์บอนในประเทศไทย

CO<sub>2</sub>-Emissions ที่ติดตัวหรือฝังตัวไปกับสินค้าและบริการ

- **คาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint)**

ปริมาณของก๊าซเรือนกระจก (greenhouse gases) ที่ปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิต (life cycle) ของผลิตภัณฑ์ หรือบริการ คิดเป็น kg CO<sub>2</sub> equivalent (kg CO<sub>2</sub>-e)

- **ฉลากคาร์บอน (Carbon Labelling)**

เอกสารที่แสดงข้อมูลคาร์บอนฟุตพริ้นท์ หรือปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อยออกมาตลอดวัฏจักรชีวิต (life cycle) ของผลิตภัณฑ์และบริการ

# การเตรียมการเข้าสู่เศรษฐกิจยุคจำกัดคาร์บอนในประเทศไทย

- จุดมุ่งหมายของการจัดให้มีระบบ Carbon Footprint และ Carbon Labelling
  - ช่วยลดสภาวะโลกร้อน :
    - ผู้บริโภคเลือกซื้อผลิตภัณฑ์และบริการที่ปล่อย CO<sub>2</sub>-e ต่ำ
    - การตั้งมาตรฐาน Carbon Footprint หรือการเกิด CO<sub>2</sub>-e ของผลิตภัณฑ์ที่ลดลงอย่างต่อเนื่อง
  - อาจถูกใช้เป็นมาตรการกีดกันที่ไม่ใช่ภาษี (NTB)
- ผลกระทบของระบบ Carbon Footprint และ Carbon Labelling ที่อาจมีต่อประเทศไทย
  - การส่งออกของอุตสาหกรรมอาหาร และ อุตสาหกรรมเกษตร
  - การส่งออกของอุตสาหกรรมการผลิตที่ใช้ความรู้และเทคโนโลยีในประเทศ
  - อุตสาหกรรมที่ใช้เทคโนโลยีนำเข้าจะมีปัญหาไม่มาก

# สถานภาพของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสถานะโลกร้อน

## □ สถานภาพของเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน (REs)

- เทคโนโลยีที่จะใช้แปรรูปพลังงานหมุนเวียน (ชีวมวล แสงอาทิตย์ ลม พลังน้ำ ขนาดเล็ก ฯลฯ) เป็นพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงเหลวจากชีวมวลเพื่อการขนส่ง และการผลิต biogas จากของเสียมีความพร้อมแต่ยังปรับปรุงได้อีก
- โดยทั่วไปแล้วยังแข่งขันกับพลังงานฟอสซิลไม่ได้ทางเศรษฐศาสตร์และต้องมีมาตรการสร้างแรงจูงใจเพื่อส่งเสริมให้มีการใช้
- ยังมีศักยภาพในเชิงปริมาณไม่สูงพอที่จะทดแทนเชื้อเพลิงฟอสซิลได้ทั้งหมดในปัจจุบัน
- การเพิ่มปริมาณการใช้ทำได้ไม่รวดเร็ว

# สถานภาพของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อน

- สถานภาพของเทคโนโลยีการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (EE)
  - EE เป็นกระบวนการลดการใช้พลังงานและการปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่ลงทุนน้อยที่สุด
  - เทคโนโลยีสำหรับเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในภาคเศรษฐกิจที่สำคัญๆ มีความพร้อมและสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้อีก
    - ภาคอุตสาหกรรม
      - cross-cutting technologies (motor, boiler, air compressor ฯลฯ ที่มีประสิทธิภาพสูง)
      - เทคโนโลยีเฉพาะอุตสาหกรรม (การผลิตซีเมน อลูมิเนียม กระดาษ ฯลฯ ที่มีประสิทธิภาพสูง)
      - เทคโนโลยีผลิตไฟฟ้า-ความร้อนร่วม (CHP)
    - ภาคขนส่ง
      - รถ hybrid, รถ plug-in hybrid, รถยนต์ไฟฟ้า
      - ปรับเปลี่ยนเทคโนโลยีโดยการปรับโครงสร้างของการขนส่ง
  - การส่งเสริม EE ต้องใช้มาตรการจูงใจด้านการเงินและภาษีที่มีประสิทธิภาพ



# สถานการณ์ของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อน

## □ สถานการณ์ของเทคโนโลยีการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ (Biofuels)

### • First Generation Biofuels

- การผลิต ethanol จากน้ำตาลและแป้งซึ่งใช้เป็นอาหารด้วย
- การผลิต biodiesel จากน้ำมันพืชและไขมันสัตว์ซึ่งใช้เป็นอาหารด้วย (ยกเว้นสบู่ดำ)  
→ เทคโนโลยีมีความพร้อมและปรับปรุงได้บ้าง

### • Second Generation Biofuels

- การผลิต ethanol จากชีวมวลโดยตรง หรือ ligno-cellulosic ethanol หรือ LC ethanol
- การผลิต biodiesel จากชีวมวลโดยตรง หรือ biomass to liquid biodiesel หรือ BTL biodiesel  
→ เทคโนโลยีกำลังได้รับการปรับปรุงให้สมบูรณ์ขึ้นและมีราคาต่ำลงโดยการวิจัยและพัฒนา

### • Third Generation Biofuels

- การผลิตสาหร่ายโดยอาจใช้ก๊าซ CO<sub>2</sub> ช่วยเพิ่มผลผลิตเพื่อใช้ผลิตเชื้อเพลิงเหลว  
→ เทคโนโลยียังอยู่ขั้นวิจัยและพัฒนา

# สถานการณ์ของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อน

## □ สถานภาพของ Ethanol

- ผลิตได้จากพืชล้มลุกที่หลากหลาย (first generation)
- ไม่ได้เปรียบในเรื่องพลังงานเสมอไป (จากการทำ life cycle analysis) และมีค่าความร้อนต่ำ
- มีปัญหาด้าน Carbon Footprint, Energy Footprint และ Water Footprint และเชื่อว่าจะมีการใช้มากในระยะสั้นและกลาง (10-20 ปี)
- การ clear ป่าปลูกพืชเพื่อผลิต ethanol ทำให้เกิดก๊าซ CO<sub>2</sub> และ N<sub>2</sub>O มาก
- โครงการ ethanol จำนวนมากไม่ผ่าน Sustainability Criteria ของ EU (ลดการปล่อย CO<sub>2</sub> ลงอย่างน้อย 35% เมื่อเทียบกับการใช้ gasoline, ไม่ใช่พื้นที่ผลิตอาหาร, ไม่ทำลายป่าธรรมชาติ etc)
- พัฒนาการของ technology LC ethanol (second generation) ช้ากว่าที่คาดไว้มาก และไม่คาดว่าจะแข่งเชิงพาณิชย์ได้ภายใน 10 ปี

# สถานการณ์ของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อน

## □ สถานภาพของ Biodiesel

- พืชที่ให้วัตถุดิบเพาะปลูกยากกว่า
- มีปัญหาด้าน Energy Footprint and Carbon Footprint น้อยกว่า ethanol
- มีค่าความร้อนสูง มีศักยภาพที่จะเป็นเชื้อเพลิงของอากาศยาน และมีความต้องการในอนาคตสูงมาก
- ต้องผลิตจากวัตถุดิบอื่นๆ นอกจากน้ำมันพืชหรือใช้ technology BtL Biodiesel (Second Generation)
- พัฒนาการของ BtL Biodiesel ยังมีปัญหาทางเทคนิคต้องแก้อีกมาก ทั้งขั้น gasification และ F-T process

# สถานภาพของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสถานะโลกร้อน

## พลังงานปรมาณู (Nuclear Fission)

### □ ความพร้อมของเทคโนโลยี (ถูกพัฒนาขึ้นเกือบ 60 ปีแล้ว)

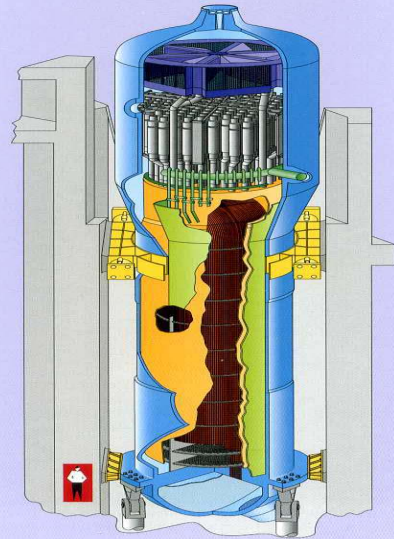
- เทคโนโลยีได้รับการพัฒนาให้สมบูรณ์ขึ้น (Gen.III: AP1000 และ EPR) มีความปลอดภัยมากขึ้น (passive safety features) อายุการใช้งานยาวขึ้น (60 ปี) ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น (availability: 92%)
- กำลังพัฒนาเทคโนโลยีให้ดีขึ้นอย่างต่อเนื่อง (Gen.III+ และ Gen.IV) ซึ่งคาดว่าจะใช้ได้ในช่วงทศวรรษก่อนปี 2030
- Gen.IV (FBRs) เพิ่มประสิทธิภาพการใช้ Uranium ได้ 30-60 เท่า (สามารถแปลง U-238 เป็น Pu-239 ซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงได้) ทำให้สามารถใช้ Uranium ที่มีอยู่ได้นานขึ้นจาก 85 ปี เป็น 2500-8000 ปี

### □ การใช้พลังงานปรมาณูในปัจจุบัน

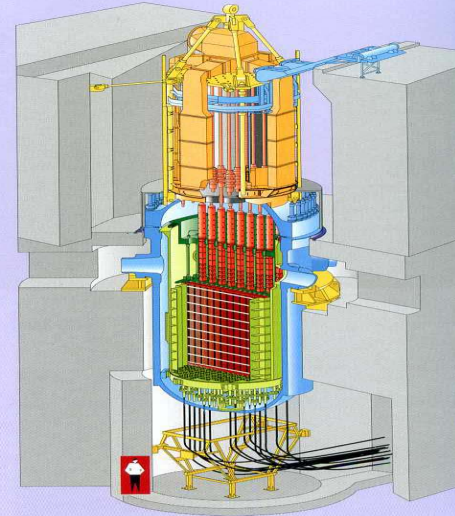
- มีโรงไฟฟ้าปรมาณู 438 โรงใน 30 ประเทศทั่วโลก บางโรงใช้งานมาแล้วเกือบ 40 ปี
- มีกำลังการผลิตรวม 372 GW และผลิตพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 15% ของทั้งหมด

# สถานภาพของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อน

พลังงานปรมาณู



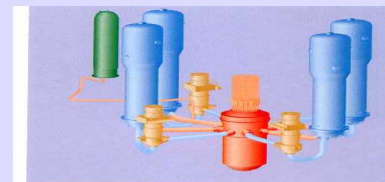
Steam Generator



Reactor Vessel



Pressurizer



4-Loop Nuclear Steam Supply System



สถานภาพของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ  
ในการแก้ปัญหาสถานะโลกร้อน

พลังงานปรมาณู

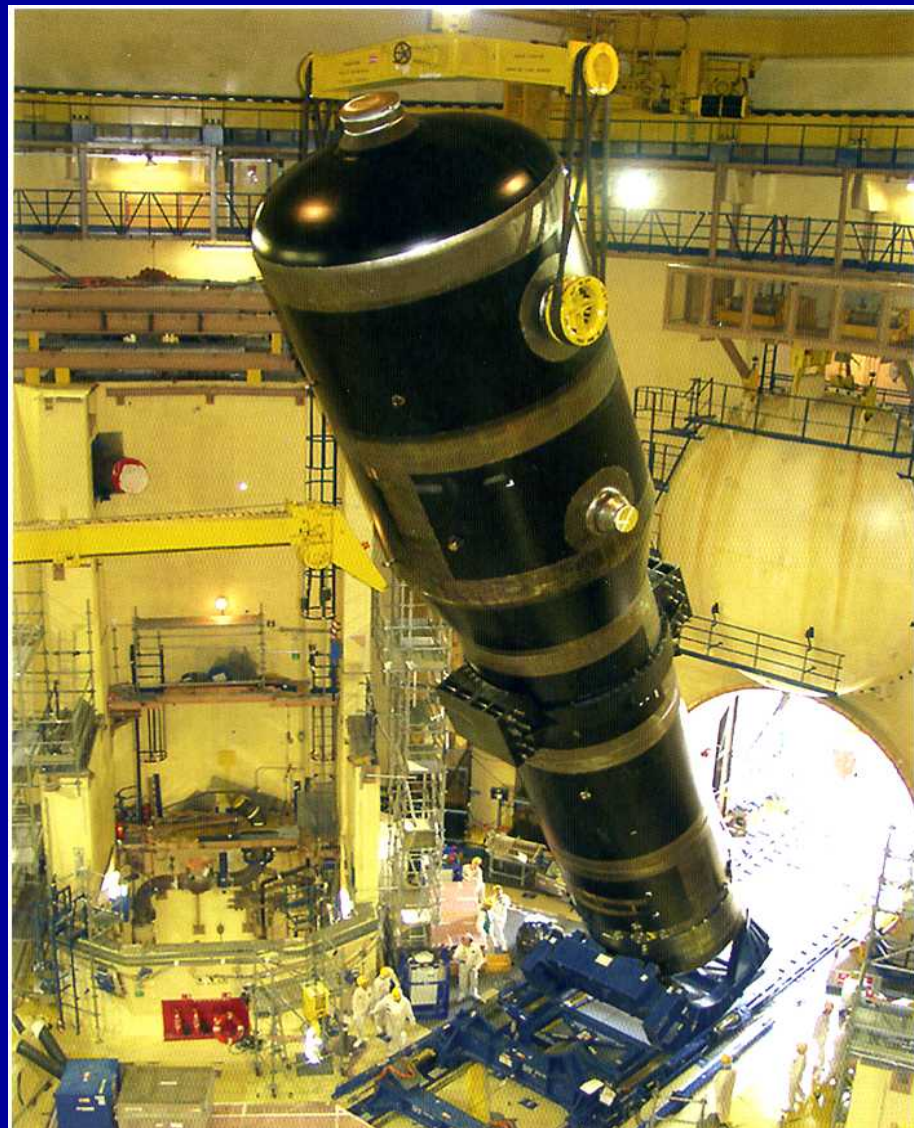


Workshop for Manufacturing of EPR's Components



สถานภาพของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ  
ในการแก้ปัญหาสถานะโลกร้อน

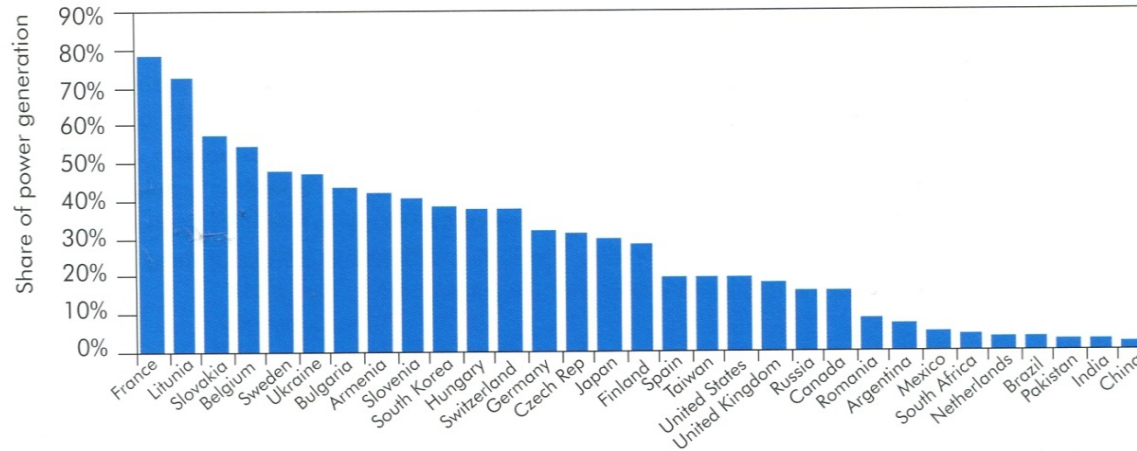
พลังงานปรมาณู



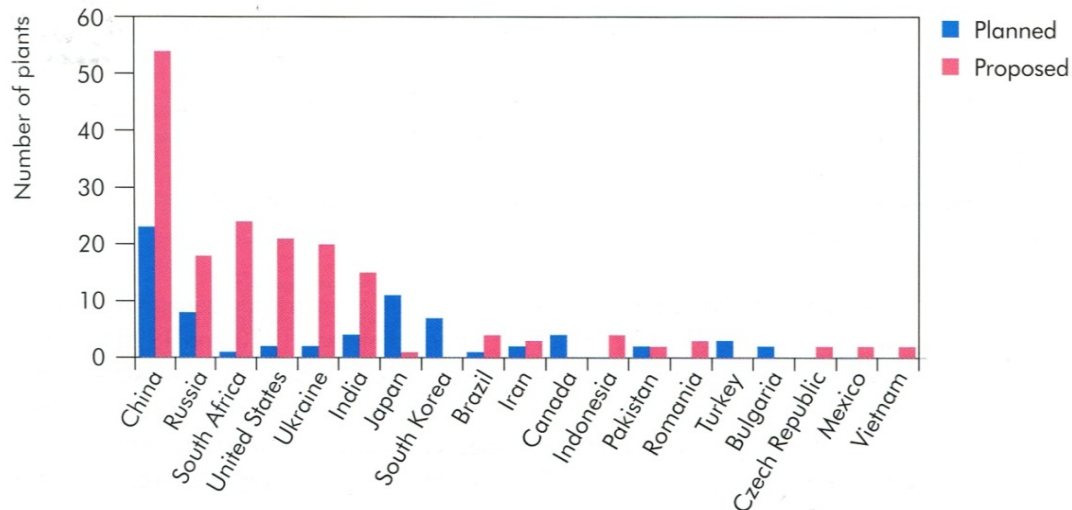
Steam Generator

# สถานการณ์ของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสถานะโลกร้อน

► Nuclear share of electricity generation by country, 2006

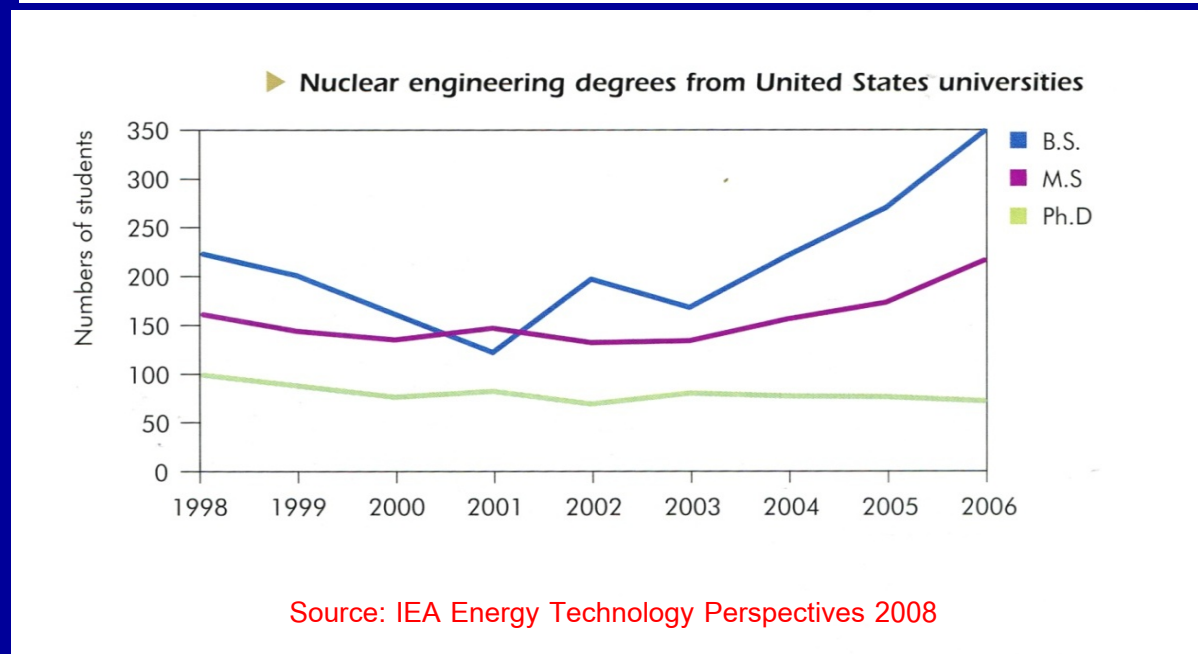
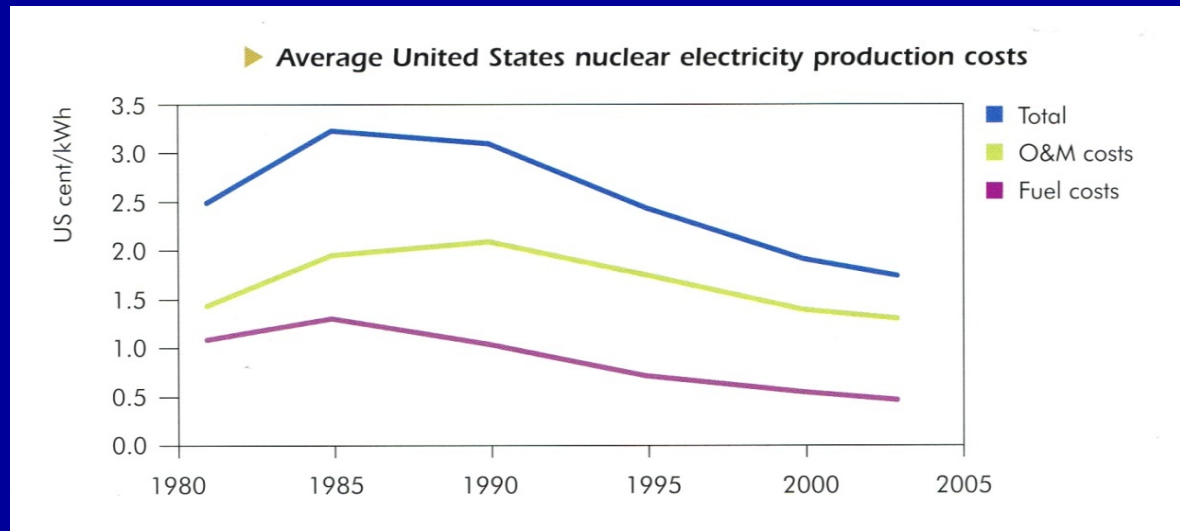


► Plans and proposals for new nuclear power reactors



Source: IEA Energy Technology Perspectives 2008

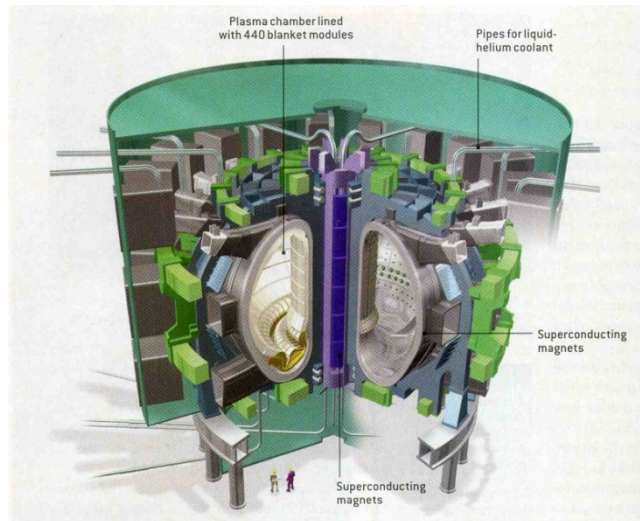
# สถานการณ์ของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสถานะโลกร้อน



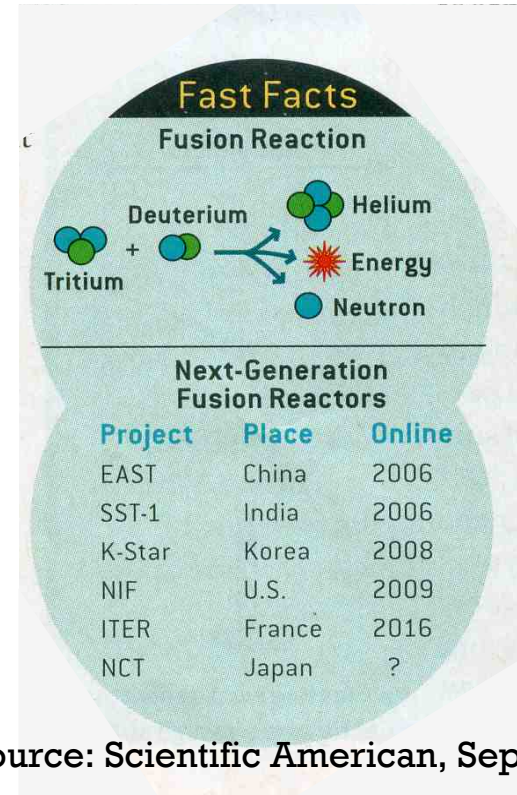
Source: IEA Energy Technology Perspectives 2008



# สถานภาพของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสภาพโลกร้อน



(Source: Scientific American, Sept. 2006)



(Source: Scientific American, Sept. 2004)

- **ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor)**  
สมาชิก 7 ประเทศ US, EU, Japan, China, S.Korea, Russia และ India
- **แนวโน้มของการพัฒนาเทคโนโลยี Nuclear Fusion:**
  - ผลิตพลังงานไฟฟ้าเชิงพาณิชย์ได้ไม่ก่อน 2050
  - อาจเป็นเทคโนโลยีของศตวรรษที่ 22

➡ โครงการวิจัยระดับโลกโดยมี

สถานการณ์ของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ  
ในการแก้ปัญหาสถานะโลกร้อน

## Status of Nuclear Fusion R and D

### Energy Produced from Nuclear Fusion Research

*In the early 1970s :*

*1/10 Watt for 1/100 second*

*Today :*

*10 million Watts for 1 second*

# สถานภาพของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อน

## CO<sub>2</sub>-Capture and Storage CCS (การจับและกักเก็บก๊าซ CO<sub>2</sub>)

- ◎ เทคโนโลยีแยกก๊าซ CO<sub>2</sub> ออกจากก๊าซผสมได้รับการพัฒนาสำหรับใช้ในระดับอุตสาหกรรมมีอยู่แล้ว
- ◎ ยังต้องมีการทดสอบระบบต้นแบบที่จะขนส่งก๊าซ CO<sub>2</sub> จำนวนมากจากโรงไฟฟ้าไปเก็บในโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เหมาะสม หรือบ่อก๊าซธรรมชาติ/ น้ำมันที่ไม่ใช้แล้ว
- ◎ ปัจจุบันได้มีการเร่งลงทุนทดสอบระดับต้นแบบระบบ CCS ในหลายประเทศ และระดับนานาชาติ
- ◎ IEA คาดว่าเทคโนโลยี CCS จะได้รับการพัฒนาจนสมบูรณ์และใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์ได้ตั้งแต่ปี 2020 เป็นต้นไป
- ◎ ประมาณการค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการใช้ระบบ CCS ในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากถ่านหินหรือก๊าซธรรมชาติ

ปัจจุบัน: USD 0.02 ถึง USD 0.04 ต่อ kWh

ในปี 2030: USD 0.01 ถึง USD 0.03 ต่อ kWh



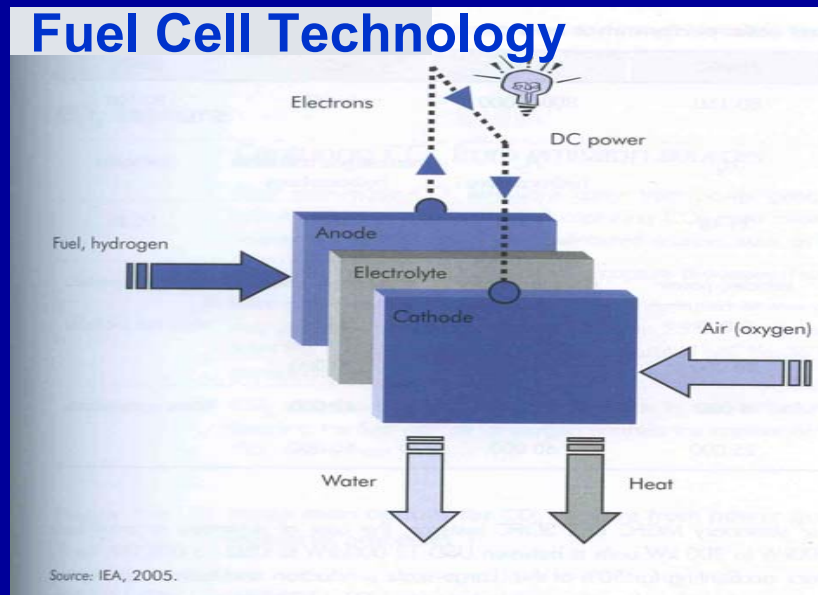
# สถานการณ์ของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อน

Lithium-Ion Battery, รถ Hybrid, รถ Plug-in Hybrid และรถยนต์ไฟฟ้า

- ◎ ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา เทคโนโลยี lithium-ion battery ได้รับการพัฒนาอย่างก้าวกระโดด โดยอาศัยพัฒนาการของนาโนเทคโนโลยี และกำลังได้รับการพัฒนาให้มีขึ้นอย่างต่อเนื่อง
- ◎ รถ hybrid หรือรถลูกผสมที่ใช้ทั้งมอเตอร์และเครื่องยนต์ทำให้มีการนำพลังงานที่สูญเสียของเครื่องมาใช้ได้และประหยัดน้ำมันได้ 10%-40% มีจำหน่ายเชิงพาณิชย์แล้ว
- ◎ รถ plug-in hybrid ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าที่สะสมไว้ใน battery ซึ่งมีขนาดใหญ่ขึ้นในช่วงแรกของการเดินทางและลดการใช้ น้ำมันลงมากกำลังออกสู่ตลาด
- ◎ รถยนต์ไฟฟ้าที่มีระยะทางขับเคลื่อนได้ 100-150 กม. ต่อการชาร์จแบตเตอรี่ 1 ครั้ง กำลังออกสู่ตลาด (การชาร์จให้ได้ 80% ของความจุของ battery ใช้เวลา 20 นาที)
- ◎ มีแนวโน้มที่รถยนต์ที่ใช้ในเมืองส่วนใหญ่จะเป็นรถยนต์ไฟฟ้าในอีก 20 ปีข้างหน้า

# สถานการณ์ของเทคโนโลยีพลังงานที่สำคัญๆ และศักยภาพ ในการแก้ปัญหาสภาวะโลกร้อน

## Fuel Cell Technology



Source : IEA Energy Technology Perspectives, 2008

- Fuel cell โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่ใช้ในการขนส่ง H<sub>2</sub>FCVs ยังไม่สามารถแข่งขันได้ในเชิงพาณิชย์ ภายใน 15-20 ปี นอกจากจะมีการพัฒนาอย่างก้าวกระโดด (breakthroughs)
- Fuel Cell System
  - ราคาต้องลดลงอีกอย่างน้อย 5 เท่า
  - ต้องปรับปรุงด้านวัสดุและอุปกรณ์เพื่อให้อายุการใช้งานนานขึ้น
- Hydrogen
  - ราคาสูง
  - การพกพามีปัญหา
  - ไม่มี distribution system
- รถ Plug-in hybrid และรถไฟฟ้าเป็นคู่แข่งที่สำคัญของ H<sub>2</sub>FCVs สืบเนื่องจากการพัฒนาการของ battery

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

- การตัดสินใจด้านพลังงานค่อนข้างยากและมีความซับซ้อนเพราะต้องพิจารณาปัจจัยหลายด้าน
  - เทคโนโลยี
    - สถานภาพปัจจุบัน พัฒนาการในอนาคต และเปรียบเทียบกับเทคโนโลยีอื่นๆ
    - ประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรในการแปรรูปพลังงาน และการได้เปรียบเชิงพลังงาน
    - วัตถุประสงค์ในการใช้เทคโนโลยี
    - ความเป็นสหวิทยาการ
  - เศรษฐศาสตร์
    - เทคโนโลยีต้องมีราคาในระดับที่ยอมรับได้และลดการนำเข้า
  - สิ่งแวดล้อม
    - ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทุกระดับ (ระดับโลก ระดับภูมิภาค และระดับท้องถิ่น)
  - สังคม
    - การจ้างงานภายในประเทศ
  - กฎหมาย
  - นโยบายของพรรค/ กลุ่มการเมือง
  - ความยอมรับของสังคม

## กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

- ◎ ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยในประเทศไทยที่ผ่านมา (ในช่วง ~ 2,500 ลบ. ใน 3 ปีที่ผ่านมา)
  - (1) ยังมีส่วนช่วยแก้ปัญหาพลังงานที่ริบคว่นของประเทศไทยไม่ชัดเจน
  - (2) นักวิจัยและหน่วยงานสนับสนุนการวิจัยบางส่วนยังไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับศักยภาพ พัฒนาการของเทคโนโลยี และปัญหาด้านพลังงานของประเทศไทยที่แท้จริง
  - (3) นักวิจัยส่วนหนึ่งเน้นทำวิจัยด้านเทคโนโลยีใหม่ซึ่งจะยังไม่มีผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมไทยใน 15-20 ปี เพื่อเพิ่มผลงานวิจัยที่จะใช้เลื่อนตำแหน่ง
  - (4) ดูตัวอย่างของการวิจัยจากต่างประเทศ
  - (5) ยังไม่มี **R&D Roadmap** ด้านพลังงานระดับประเทศที่เหมาะสม
  - (6) ขาดแคลนนักวิจัยด้านพลังงาน

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ปัจจัยที่ใช้ในการกำหนดกรอบการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

### (1) เพิ่มความมั่นคงด้านพลังงาน

- ใช้แหล่งพลังงานภายในประเทศให้มากที่สุด
- ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
- ใช้พลังงานที่หลากหลายและจากแหล่งที่หลากหลาย

### (2) ควบคุมระดับการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

- เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
- เน้นการใช้พลังงานที่ไม่ปล่อยก๊าซ  $\text{CO}_2$  หรือปล่อยก๊าซ  $\text{CO}_2$  น้อย
  - พลังงานหมุนเวียน (น้ำ ชีวมวล แสงอาทิตย์ ลม)
  - ก๊าซธรรมชาติ
  - พลังงานปรมาณู
- ใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลพร้อมกับเทคโนโลยี  **$\text{CO}_2$  Capture and Storage (CCS)**

### (3) สักยภาพของแหล่งพลังงานภายในประเทศ

## กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

### ◎ การวิจัยทางพลังงานที่ควรได้รับระดับความสำคัญสูงสุด

- (1) การวิจัยที่จะนำไปสู่การเพิ่มการใช้พลังงานหมุนเวียน (**REs**) ในประเทศ
- (2) การวิจัยที่จะนำไปสู่การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (**EE**)
- (3) การวิจัยที่จะนำไปสู่การเพิ่มการใช้แหล่งพลังงานอื่นๆ ภายในประเทศ (เช่น ลิกไนต์ และพลังน้ำ)
- (4) การวิจัยเพื่อเตรียมการการใช้เทคโนโลยี **CCS** ในประเทศไทย
- (5) การวิจัยเชิงนโยบายเพื่อเตรียมความพร้อมในการใช้พลังงานปรมาณูเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า



# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## แหล่งพลังงานที่สำคัญของประเทศไทย

- (1) พลังงานหมุนเวียน (ชีวมวล พลังน้ำขนาดเล็ก ลม และน้ำ)
  - มีการประเมินศักยภาพและจัดลำดับความสำคัญของการวิจัยแล้ว
  - ส่วนใหญ่มีราคาสูง
- (2) ก๊าซธรรมชาติ
  - มี proven reserves ประมาณ 16000 bcf และใช้ได้อีก 20-30 ปี ในอัตราการใช้ปัจจุบัน
  - เพิ่มการใช้ไม่ได้ เพราะปัจจุบันต้องนำเข้าประมาณ 30%
- (3) ลิควิด
  - มี reserves ประมาณ 3000 Mton และใช้ได้อีก 60-100 ปี ในอัตราการใช้ปัจจุบัน (2400 MW)
  - มีปริมาณพอที่จะเพิ่มการใช้ได้อีกแต่ไม่สามารถทำได้ในขณะนี้ เนื่องจากปัญหาสิ่งแวดล้อม
- (4) พลังน้ำ
  - มี reserves อีกประมาณ 7000 MW
  - ไม่สามารถพัฒนาเพิ่มเติมได้เนื่องจากปัญหาทางนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

แหล่งพลังงานที่สำคัญของประเทศไทย

แหล่งพลังงานภายในประเทศที่สำคัญที่ยังใช้ไม่เต็มศักยภาพแต่ไม่สามารถเพิ่มการใช้ได้ในปัจจุบัน

## (1) Lignite

- ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้า 2400 MW ในปัจจุบัน
- มี reserves ~ 3000 Mton ใช้ต่อไปได้อีก 60-100 ปี (ใช้ผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มได้อีก 2500 MW)
- ไม่สามารถเพิ่มกำลังการผลิตได้อีกเนื่องจากปัญหาสิ่งแวดล้อม
  - ปัจจุบันได้รับการต่อต้านจากสังคม
  - ต้องสร้างความมั่นใจให้แก่สังคมด้านปัญหาสิ่งแวดล้อมระดับท้องถิ่นและปัญหาของการเพิ่ม CO<sub>2</sub>-emissions โดยการใช้เทคโนโลยีพลังงานใหม่

## (2) Hydropower

- มี reserves อีกประมาณ 7000 MW ที่จะพัฒนาเพิ่มได้
- ได้รับการต่อต้านจากสังคมในเรื่องผลกระทบต่อระบบนิเวศ สิ่งแวดล้อม ฯลฯ
- ต้องสร้างความมั่นใจให้แก่สังคมโดยการใช้ระบบและเทคโนโลยีใหม่ และระบบบริหารใหม่
- ควรมีการประเมินแนวโน้มของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่จะได้จากพลังน้ำของประเทศ

## (3) Renewables (พลังงานหมุนเวียน)

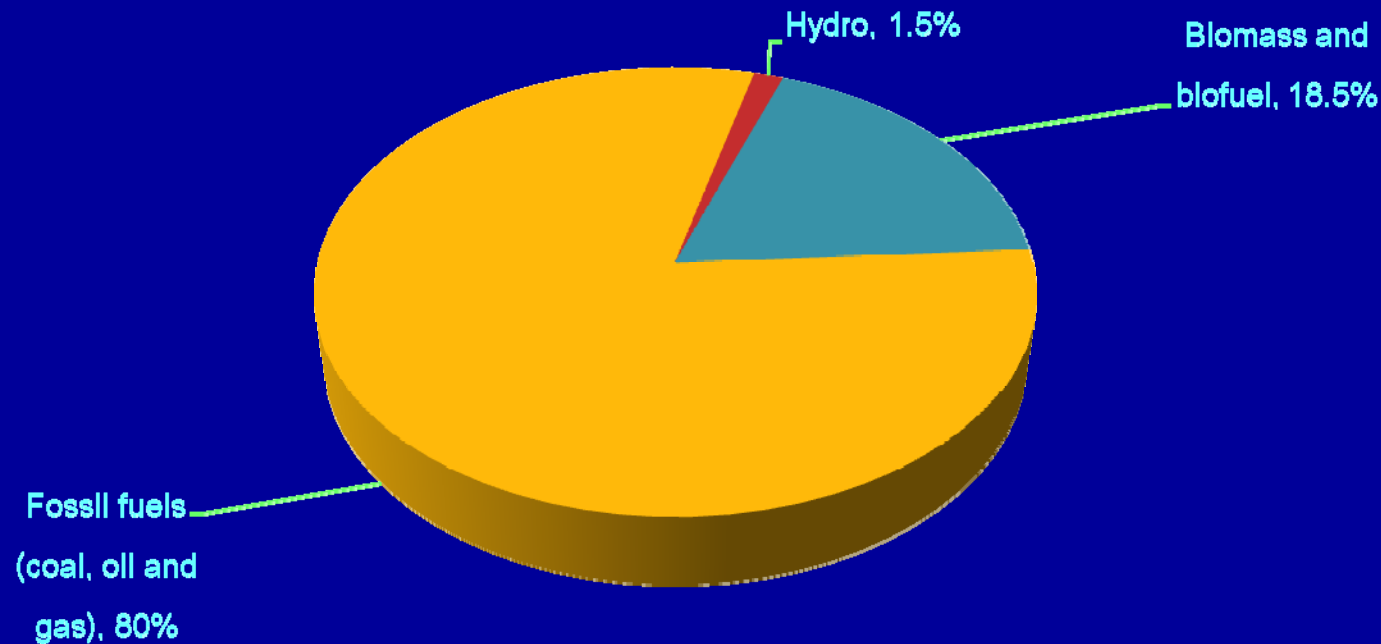
# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

ปัญหาพลังงานที่สำคัญของประเทศ

- ประเทศพึ่งพาเชื้อเพลิงฟอสซิลกว่า 80%

## ◎ Thailand Primary Energy Consumption (PEC)

Total Thailand Primary Energy Consumption in 2008: 110 Mtoe



Source : Thailand Energy Situation, DEDE, 2008

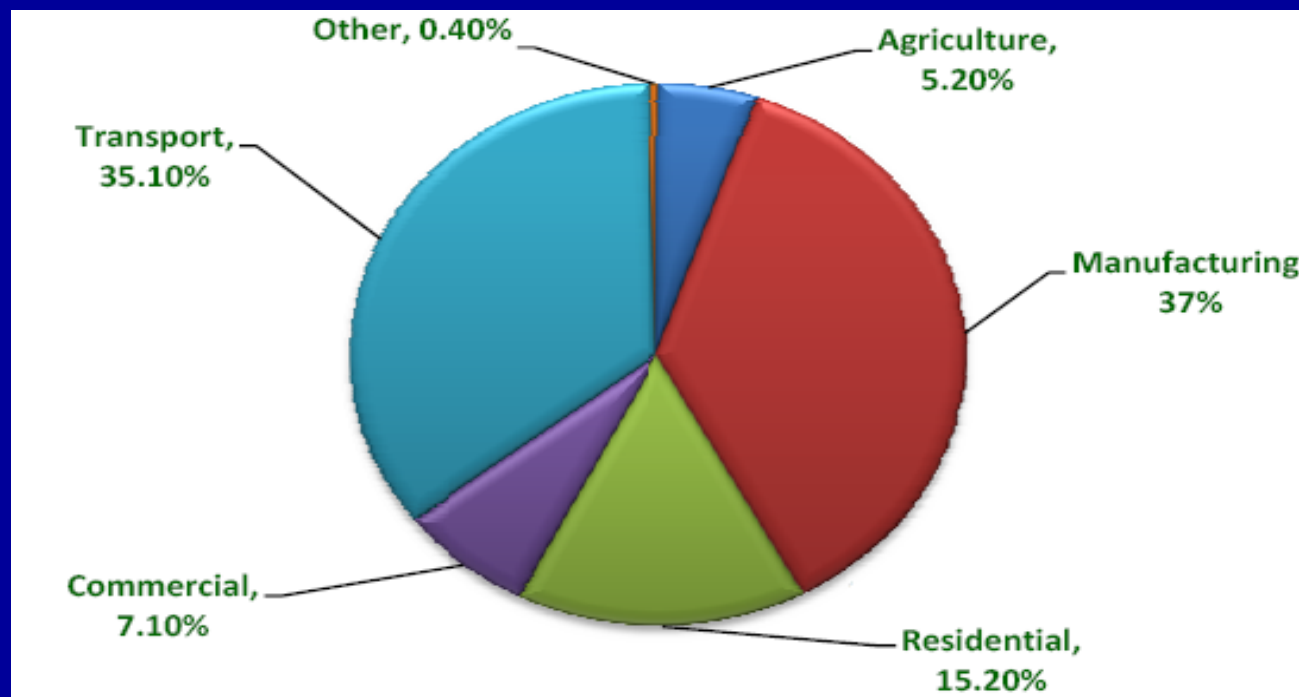
# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

ปัญหาพลังงานที่สำคัญของประเทศ

- ภาคขนส่งใช้พลังงานถึง 35%

## Final Energy Consumption by Economic Sector

- Total Final Energy Consumption in 2008 : 66.3 Mtoe



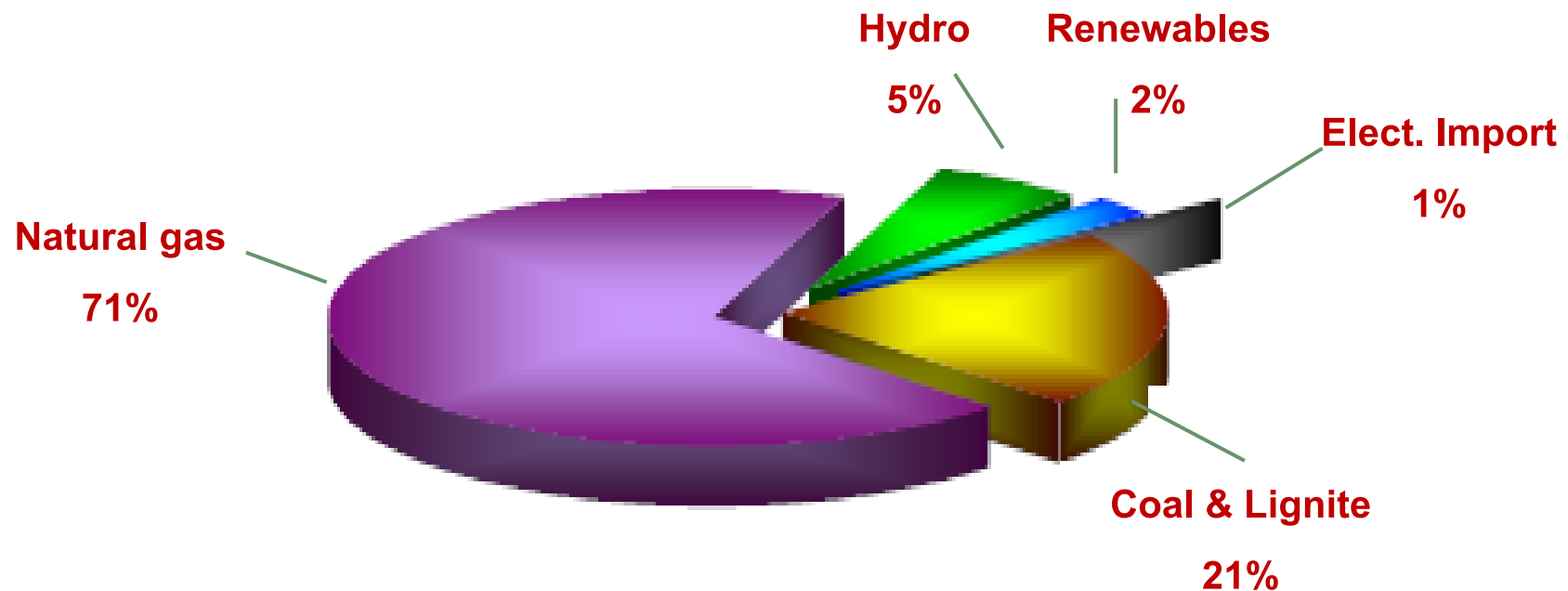
Source : Thailand Energy Situation, DEDE, 2008

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

ปัญหาพลังงานที่สำคัญของประเทศ

- กว่า 70% ของพลังงานไฟฟ้าถูกผลิตจากก๊าซธรรมชาติ

## Types of Energy Used For Electricity Generation (Present)

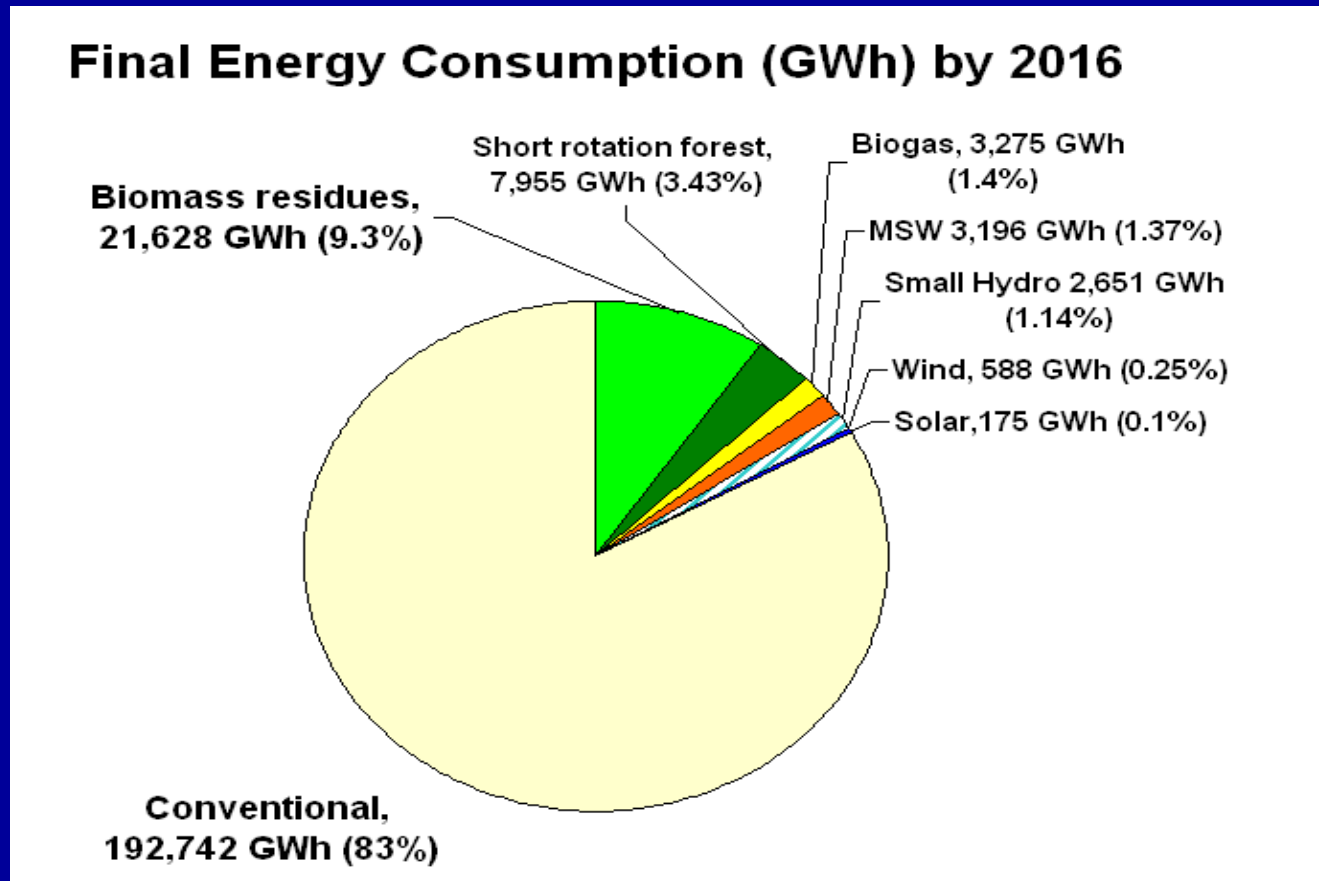


Source : DEDE

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ศักยภาพของพลังงานหมุนเวียนในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

- ชีวมวลมีศักยภาพกว่า 90% ของพลังงานหมุนเวียนทั้งหมด

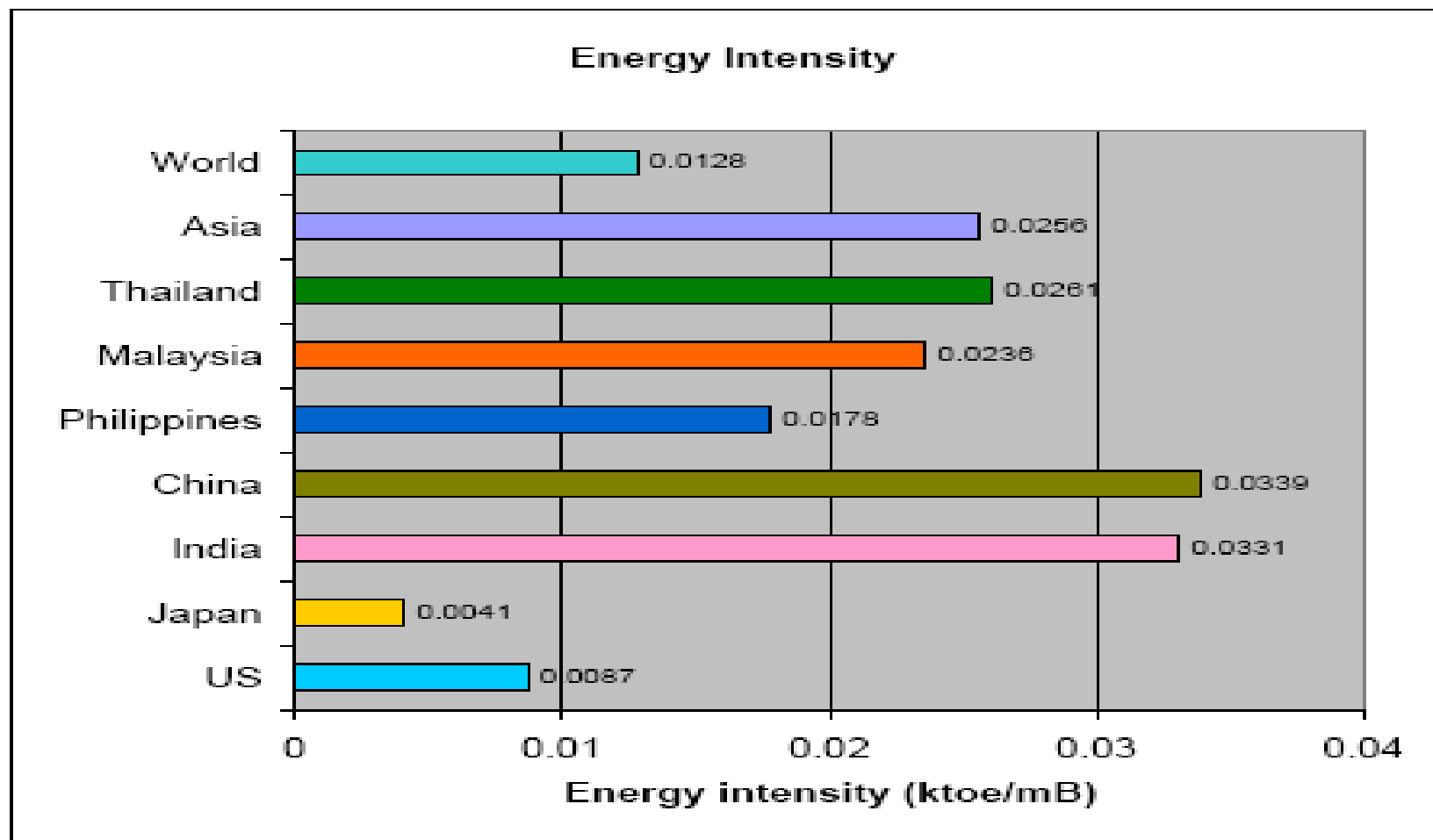


แหล่งข้อมูล: การวิจัยเชิงนโยบายพลังงานโดย มจร. ซึ่งได้รับการสนับสนุนจาก สกว. และ สนพ. (2550)



# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในประเทศไทย



(Source : IEA Key World Energy Statistics 2008)

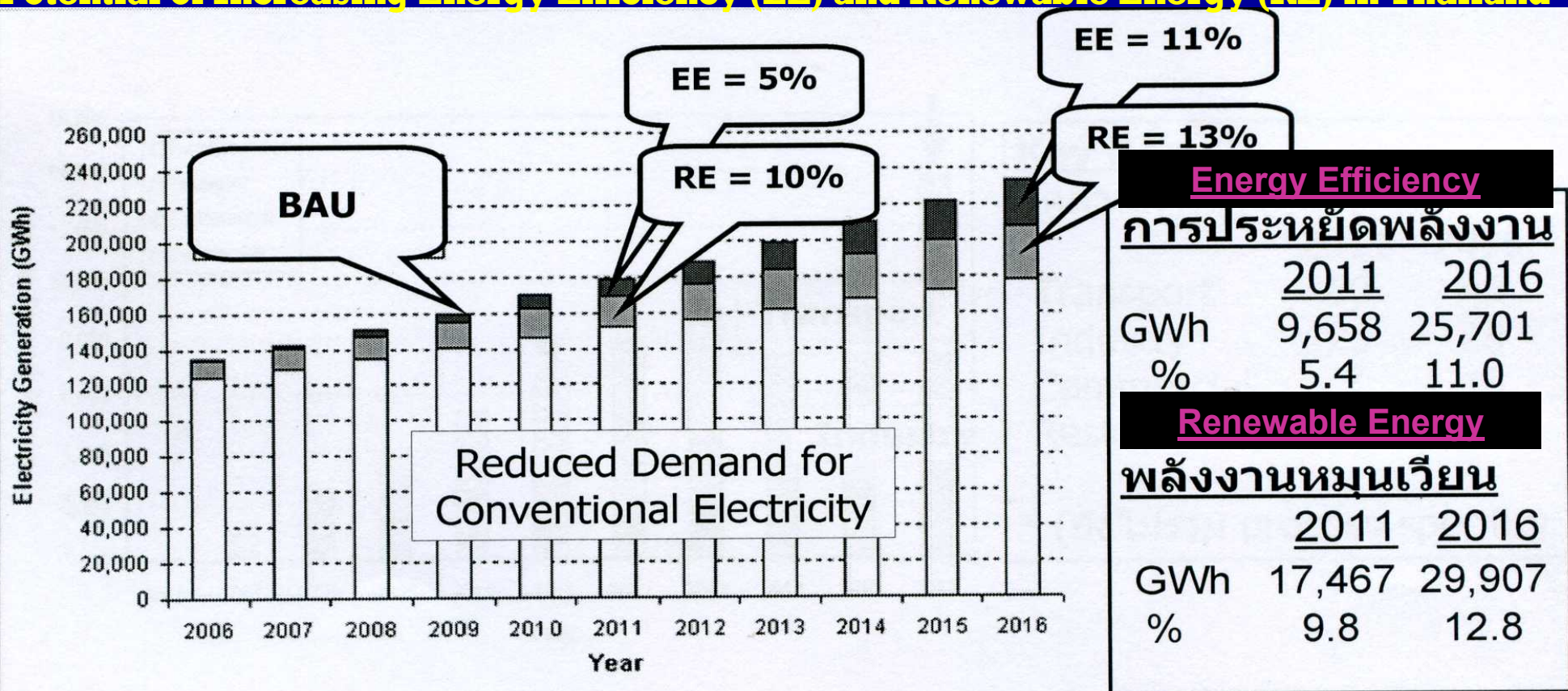
- Energy Intensity ของประเทศไทยยังสูงเมื่อเทียบกับของประเทศเพื่อนบ้าน
- ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในประเทศไทยยังเพิ่มได้อีกมาก

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

ศักยภาพของพลังงานหมุนเวียนและการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในประเทศไทย

## Energy Efficiency

### Potential of Increasing Energy Efficiency (EE) and Renewable Energy (RE) in Thailand

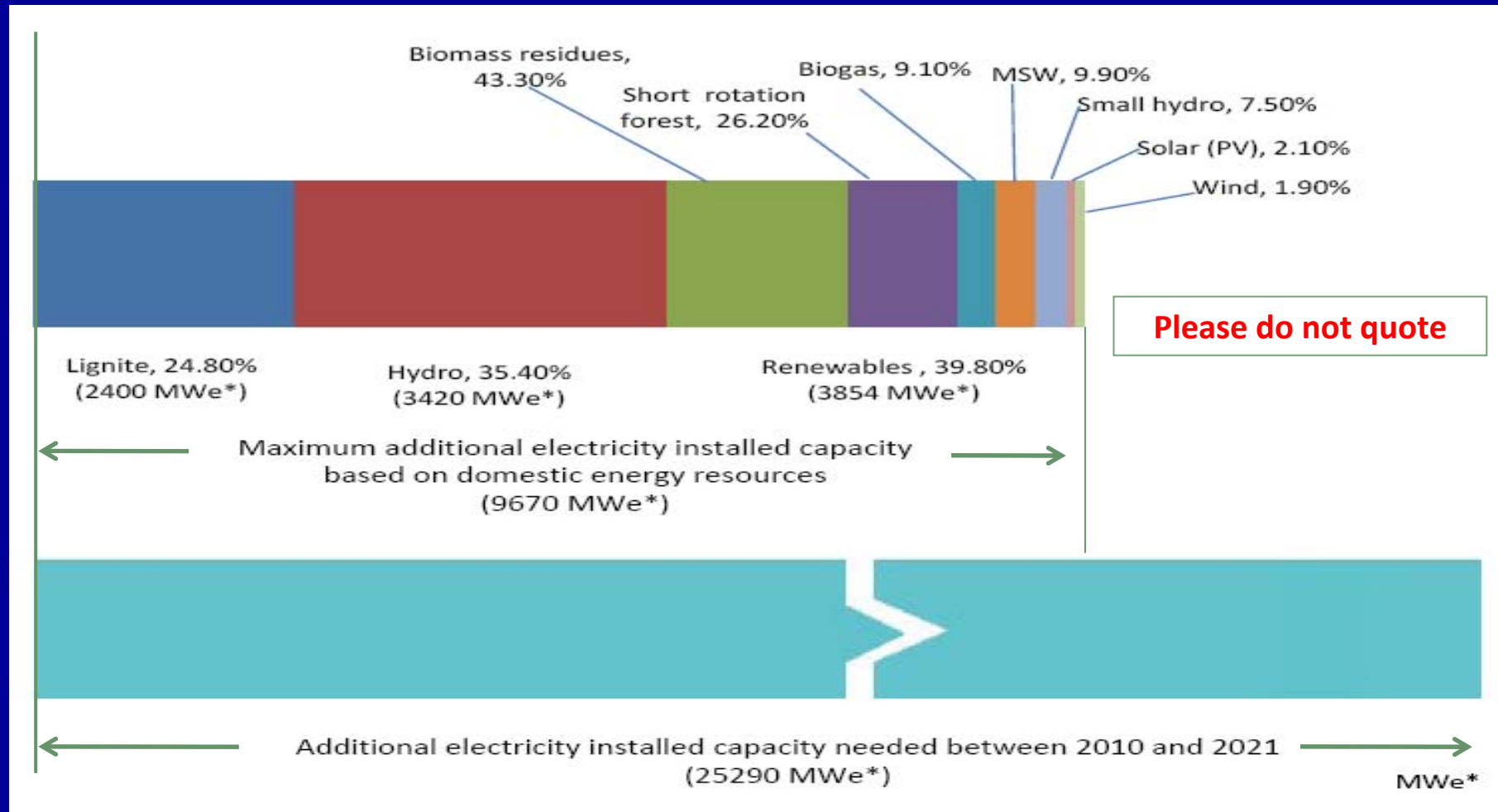


Source: Energy Policy Research by KMUTT, supported by EPPO and TRF, 2007

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ศักยภาพของพลังงานภายในประเทศ

- Potentials of Domestic Energy Resources for Electricity Generation



\* Megawatt equivalent : Capacity in megawatt of a power plant of PCF of 0.9

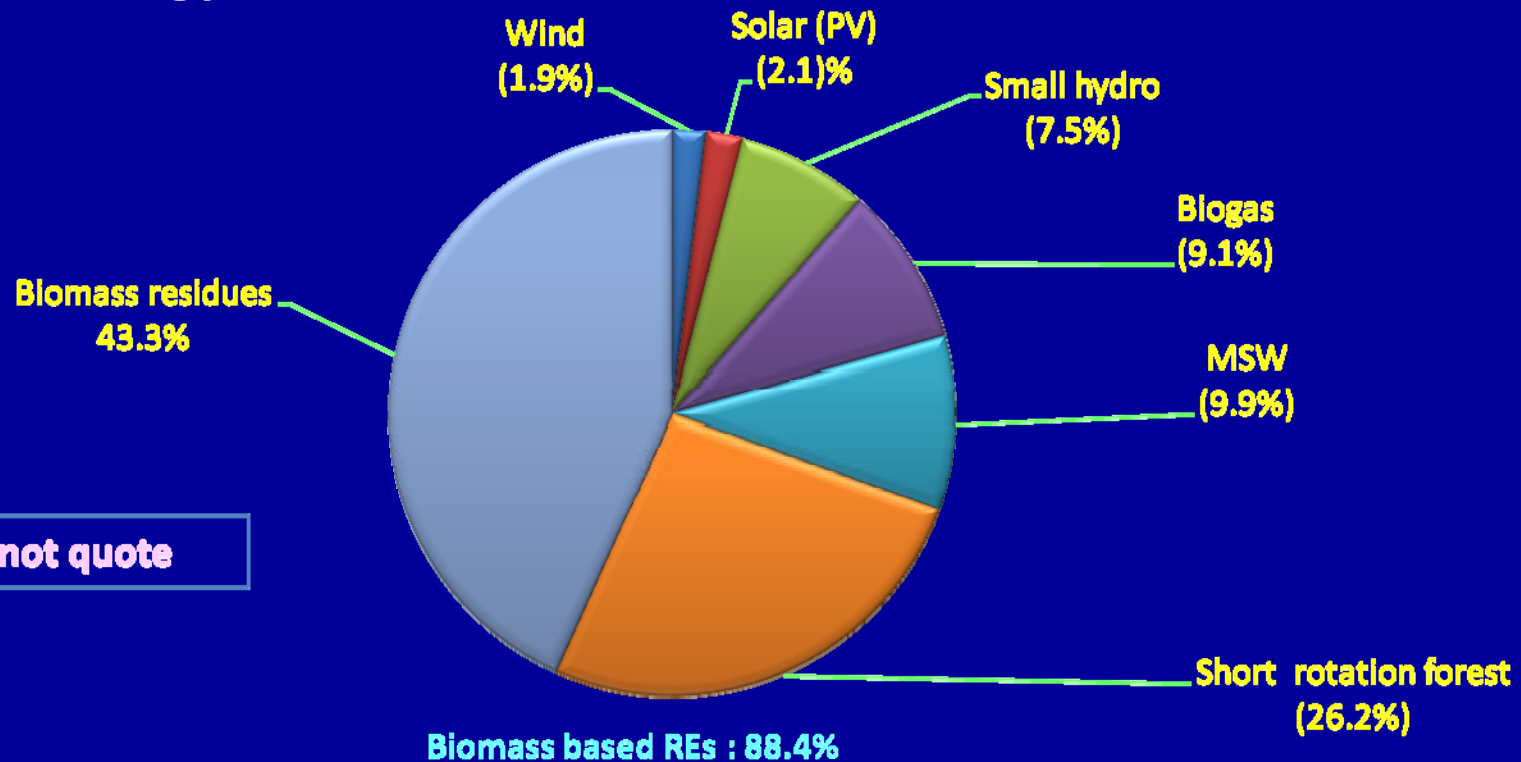
Sources: Adapted from JGSEE's Energy Policy (2008), Thailand PDP 2007 and DEDE report 2008 and Thailand Energy Situation, DEDE, 2008)

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

ศักยภาพของพลังงานภายในประเทศ

- Potentials of Renewable Energy Sources in Electricity Generation

□ Maximum additional electricity installed capacity based on domestic renewable energy sources : 3854 MWe\*



\* Megawatt equivalent : Capacity in megawatt of a power plant of PCF of 0.9

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ศักยภาพของพลังงานภายในประเทศ

- Potentials of Biofuel Production Compared with the Present Consumptions of gasoline and diesel

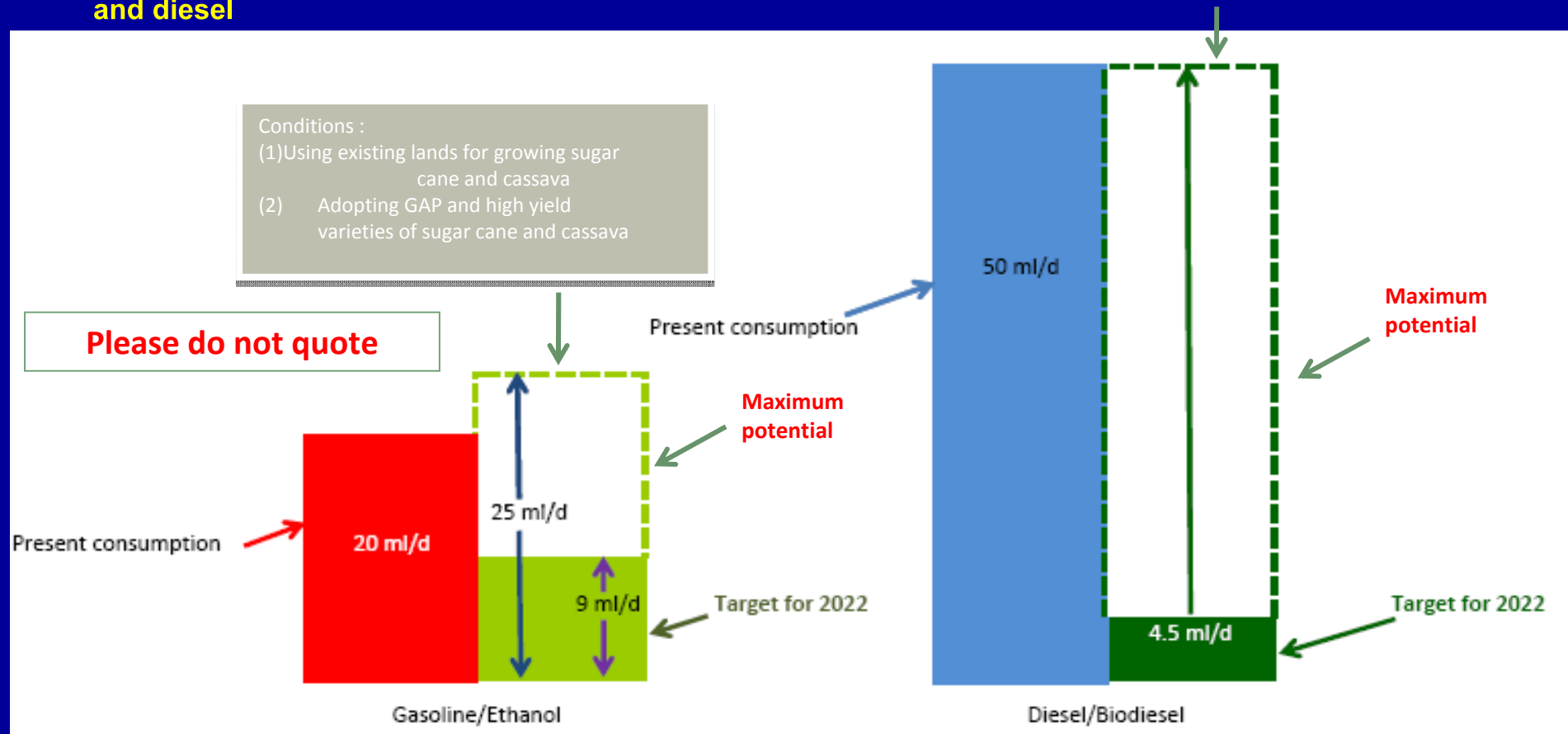
Conditions :

- (1) Increasing lands for palm oil production
- (2) Optimising food and fuel productions

Conditions :

- (1) Using existing lands for growing sugar cane and cassava
- (2) Adopting GAP and high yield varieties of sugar cane and cassava

Please do not quote



(Source : Adapted from JGSEE's Energy Policy Research 2008)



# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## การเพิ่มศักยภาพพลังงานหมุนเวียน

### ■ พลังงานชีวมวล

- ◎ เพิ่มการผลิตชีวมวลบนพื้นที่เท่าเดิม
  - อ้อย
  - มันสำปะหลัง
  - ปาล์ม
  - พืชโตเร็ว
  - การใช้วัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร และป่าไม้ให้มีประสิทธิภาพขึ้น
- ◎ การใช้พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมและอื่นๆ
- ◎ การวิจัย
  - Conventional breeding
  - GMO (?)

### ■ พลังงานน้ำ

- ◎ เพิ่มการใช้ให้เต็มศักยภาพโดยใช้เทคโนโลยีที่เป็นที่ยอมรับของสังคม

### ■ พลังงานลม

- ◎ ศึกษาศักยภาพเพิ่มเติมทั้งบนบกและในทะเล

### ■ พลังงานแสงอาทิตย์

- ◎ เน้นการวิจัยเพื่อลดต้นทุนการผลิต PV ที่เหมาะสมกับภูมิอากาศของประเทศไทย



# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ◎ ชีวมวล

- เป็นพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญที่สุดและมีศักยภาพสูงสุดเมื่อเทียบกับพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ
- ใช้ผลิตได้ทั้งพลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงและเพื่อการขนส่ง
- ราคาพลังงานที่ผลิตได้ต่ำกว่าพลังงานหมุนเวียนอื่นๆ และแข่งขันได้กับของพลังงานฟอสซิลในบางกรณี
- ชีวมวลที่นำมาใช้ได้ในปัจจุบัน
  - วัสดุเหลือใช้จากการเกษตร (แกลบ ชานอ้อย ใบอ้อย ฟางข้าว ฯลฯ)
  - ชีวมวลเหลือทิ้งจากอุตสาหกรรมป่าไม้
  - พืชพลังงาน (อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน สบู่ดำ ไม้โตเร็ว)
- ภาคเกษตรปัจจุบันต้องผลิต 3F (Foods, Feeds และ Fuels), 4F, 5F

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ◎ การวิจัยด้านชีวมวล

- เน้นการวิจัยเพื่อเพิ่มศักยภาพของพลังงานชีวมวล ที่จะทดแทนพลังงานฟอสซิลโดยเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้ว (ควรใช้งบประมาณ 70%)
  - การปรับปรุงพันธุ์ของพืชพลังงาน (อ้อย มันสำปะหลัง ปาล์มน้ำมัน สบู่ดำ) เพื่อเพิ่มผลผลิตบนพื้นที่เดิม
  - การพัฒนาพืชโตเร็วที่ให้ชีวมวลสูง
  - การผลิต biogas จากพืชโตเร็ว
  - การผลิตชีวมวลบนพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม
  - การปรับปรุงกระบวนการผลิต ethanol และ biodiesel (first generation) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ
- การวิจัยเพื่อพัฒนา second generation biofuels ควรได้รับความสำคัญในระดับรอง เนื่องจากยังไม่สามารถเพิ่มศักยภาพของ biofuels ภายใน 10 ปี (ควรใช้งบประมาณ 30%)

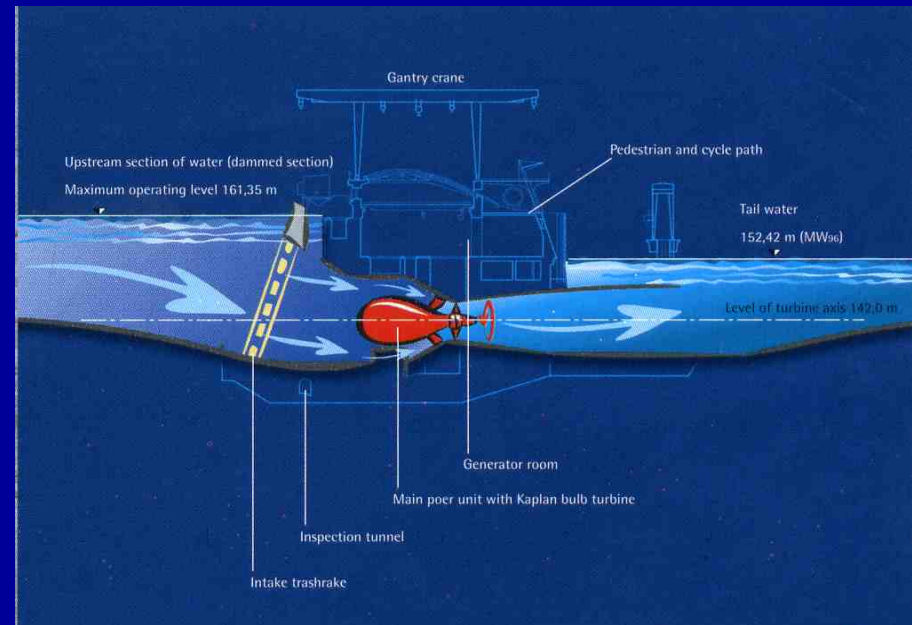
# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ◎ การวิจัยด้านพลังงาน

- ศึกษาศักยภาพของพลังงานในกลุ่มน้ำสำคัญๆ ของประเทศ 25 กลุ่มน้ำ
- ทำวิจัยเชิงนโยบาย
  - ศึกษาอุปสรรคและมาตรการลดอุปสรรคในการเพิ่มการใช้พลังงานเพื่อผลิตพลังงานไฟฟ้า
  - ศึกษาเพื่อประเมินความเหมาะสมของเทคโนโลยีพลังงานที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และระบบนิเวศน้อยในประเทศไทย
  - ศึกษารูปแบบที่เหมาะสมในการส่งเสริมการใช้พลังงานในการผลิตพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นในประเทศไทย โดยการมีส่วนร่วมของชุมชน

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## Run-of-River Hydropower System (RHS)



### □ ตัวอย่างหัวข้องานวิจัย

- การศึกษาศักยภาพของพลังงานน้ำในลุ่มน้ำต่างๆ
- การศึกษาความเป็นไปได้ทางเทคนิค เศรษฐศาสตร์ กฎหมาย และสังคมในการใช้ระบบ RHS นี้ในประเทศไทย
- การออกแบบและพัฒนาระบบ RHS โดยใช้เทคโนโลยีและอุปกรณ์ในประเทศไทยให้มากที่สุด

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ◎ การวิจัยด้านพลังงานลม

- ศึกษาข้อมูลศักยภาพของพลังงานลมที่เชื่อถือได้ทั้งบนบก และในทะเล (offshore)
- ศึกษานโยบายเพื่อหามาตรการในการเพิ่มการใช้พลังงานลมในการผลิตพลังงานไฟฟ้า

## ◎ การวิจัยด้านพลังงานแสงอาทิตย์

- พัฒนาระบบ PV ที่ราคาถูกลง
- รวมกับภาคเอกชนในการพัฒนาการผลิตเทคโนโลยีส่วนควบ (balance of system) ขึ้นในประเทศ
- ศึกษาเชิงนโยบายเพื่อพัฒนาระบบบริหารจัดการที่เหมาะสม ใช้ระบบ PV ในชนบทห่างไกล

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ◎ ยุทธศาสตร์ด้านพลังงานปรมาณู

### ■ ทำวิจัยเชิงนโยบายเพื่อ:

- 1) ศึกษาให้ได้แนวทางสร้างความเข้าใจและตระหนักแก่สังคมที่เหมาะสมกับบริบทของไทย
- 2) ศึกษาหาโครงสร้างองค์กรบริหารและจัดการโรงไฟฟ้าปรมาณูที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ เพื่อสร้างความมั่นใจด้านความปลอดภัยของสาธารณชน
- 3) ศึกษาหากระบวนการจัดการของเสียจากโรงไฟฟ้าปรมาณู ซึ่งเป็นสารกัมมันตรังสี เพื่อให้ได้ระบบที่ให้ความมั่นใจแก่สาธารณชนได้
- 4) การศึกษาถึงแนวทางที่จะส่งเสริมให้ภาคอุตสาหกรรมไทยได้มีส่วนพัฒนาและสร้างโรงไฟฟ้าปรมาณูในประเทศไทย
- 5) ประชาสัมพันธ์ผลการวิจัยให้สาธารณชนทุกระดับให้ทราบอย่างกว้างขวาง



# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ◎ ยุทธศาสตร์ด้านเทคโนโลยี CCS

- ศึกษาโครงสร้างทางธรณีวิทยาที่เหมาะสมที่ใช้เก็บก๊าซ CO<sub>2</sub> ได้
- ติดตามพัฒนาการของเทคโนโลยี CCS อย่างใกล้ชิดและประเมินราคาพลังงานที่ผลิตขึ้นจากการใช้ระบบดังกล่าว
- ศึกษาเชิงนโยบายเพื่อหาโครงสร้างของการควบคุมการใช้เทคโนโลยีดังกล่าวให้เกิดความปลอดภัยและประชาสัมพันธ์ให้สาธารณชนได้ทราบ
- ศึกษาเชิงนโยบายถึงแนวทางที่จะให้นักวิจัยและภาคอุตสาหกรรมไทยเข้ามีส่วนร่วมในการพัฒนาและติดตั้งระบบ CCS หากมีการใช้ในประเทศไทย

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

- ◎ การวิจัยด้านการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
  - ศึกษาหาข้อมูลที่เชื่อถือได้เกี่ยวกับสถานภาพการใช้พลังงาน (energy intensity และ specific energy consumption) ในภาคเศรษฐกิจที่สำคัญๆ (อุตสาหกรรม การขนส่ง อาคารพาณิชย์ และที่อยู่อาศัย)
  - วิจัยทางนโยบายเพื่อพัฒนามาตรการเชิงนโยบายที่เหมาะสมสำหรับส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพเชิงพลังงานสูงขึ้นในภาคเศรษฐกิจที่สำคัญๆ
  - ศึกษาวิจัยเพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพเชิงพลังงานของอุตสาหกรรมสำคัญของประเทศไทยให้ได้มาตรฐานสากล
  - การคำนวณ carbon footprint ของผลิตภัณฑ์ส่งออกที่สำคัญของประเทศไทยใช้กระบวนการที่เป็นสากล
  - ศึกษาเชิงนโยบายเพื่อพัฒนามาตรการส่งเสริมบริษัทที่ปรึกษาด้านพลังงาน (ESCOs) ให้มีจำนวนมากขึ้น

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ❖ กรอบการวิจัยด้านพลังงานหมุนเวียนของ Cluster พลังงานของ สวทช.

### ■ หลักเกณฑ์ในการจัดลำดับความสำคัญของเทคโนโลยีพลังงานหมุนเวียน

#### □ เกณฑ์ 8 ข้อ

- (1) การทดแทนการนำเข้าน้ำมันและเชื้อเพลิงฟอสซิลอื่น ๆ
- (2) ทรัพยากรที่เกี่ยวข้องมีปริมาณมากภายในประเทศ
- (3) มีความคุ้มทุนในเชิงเศรษฐศาสตร์
- (4) มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก
- (5) มีความยั่งยืนในระยะยาว
- (6) มีความพร้อมสำหรับการขยายผลในเชิงพาณิชย์
- (7) การสนับสนุน RD&D สร้างมูลค่าเพิ่มและทดแทนการนำเข้าเทคโนโลยี
- (8) มีความพร้อมด้านโครงสร้างพื้นฐานในการวิจัย (เทคโนโลยี บุคลากร เครื่องมือ/อุปกรณ์ ความรู้)

#### □ หลักการ 3A's ของ World Energy Council (WEC)

- Availability
- Accessibility
- Acceptability

# กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

## ❖ กรอบการวิจัยด้านพลังงานหมุนเวียนของ Cluster พลังงานของ สวทช. หัวข้องานวิจัยระยะใกล้กลาง (ปัจจุบัน-2020)

### กลุ่มที่ 1 ลำดับความสำคัญสูงและเร่งด่วน (เรียงตามลำดับความสำคัญ 1-5)

1. Biomass residues
2. Bioethanol
3. Biogas
4. Solar Thermal
5. Biodiesel
6. Energy related environmental issues (เป็นประเด็นที่คณะทำงานฯ เสนอเพิ่มเติมเพื่อให้การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับ (1) ถึง (5) มีความเป็นไปได้สูงขึ้น)

### กลุ่มที่ 2 ลำดับความสำคัญปานกลาง (เรียงตามลำดับความสำคัญ 1-5)

1. Fast rotation plants
2. Small hydropower
3. Wind energy
4. Second generation biofuels
5. Solar electricity
6. Waste-to-energy

### กลุ่มที่ 3 ลำดับความสำคัญต่ำ

1. Hydrogen
2. Ocean energy

## กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

❖ กรอบการวิจัยด้านพลังงานหมุนเวียนของ Cluster พลังงานของ สวทช.

- หัวข้องานวิจัยระยะใกล้กลาง (ปัจจุบัน-2020)
  - กลุ่มเทคโนโลยีที่มีลำดับความสำคัญสูงสุด

สาขาพลังงาน	ความสำคัญสูง (Tier 1)	ความสำคัญรอง (Tier 2)
1. Biomass residues	<u>ใบและยอดอ้อย เหว้ามัน ฟาง</u> <u>ข้าว</u> ทะลายปาล์ม	ต้นและใบข้าวโพด
2. Bioethanol	มันสำปะหลัง อ้อย/กากน้ำตาล	ข้าวฟ่างหวาน
3. Biogas	<u>น้ำเสียจากอุตสาหกรรม มูลสัตว์</u> <u>ขยะ วัสดุเหลือทิ้งทาง</u> <u>การเกษตร</u>	พืชไร้โตเร็ว
4. Solar thermal	Low temperature	High temperature
5. Biodiesel	น้ำมันปาล์ม	สบู่ดำ

หมายเหตุ : XXXX XXXX ลำดับความสำคัญเท่ากัน

## กรอบการวิจัยและการวิจัยด้านพลังงานในประเทศไทย

### ❖ กรอบการวิจัยด้านพลังงานหมุนเวียนของ Cluster พลังงานของ สวทช.

- หัวข้องานวิจัยระยะใกล้กลาง (ปัจจุบัน-2020)
  - กลุ่มเทคโนโลยีที่มีลำดับความสำคัญปานกลาง

สาขาพลังงาน	ความสำคัญสูง (Tier 1)	ความสำคัญรอง (Tier 2)
1. Fast rotation plants	ไม่ขึ้นต้นโตเร็ว	วัชพืช
2. Small hydro power	น้ำทิ้งท้ายเขื่อน	Run-of-river ชุมชน (Micro hydropower<100 kW)
3. Wind	Small wind turbine Large wind turbine	Off shore
4. Solar electricity	PV	CSP (Concentrating solar power)
5. 2 <sup>nd</sup> generation biofuels	Cellulosic materials	สาหร่าย
6. Waste-to-energy	ขยะชุมชน	ขยะอุตสาหกรรม
7. Hydrogen	Biohydrogen Electrolysis	Thermal
8. Ocean	<u>Wave, Marine Current</u>	Tidal