



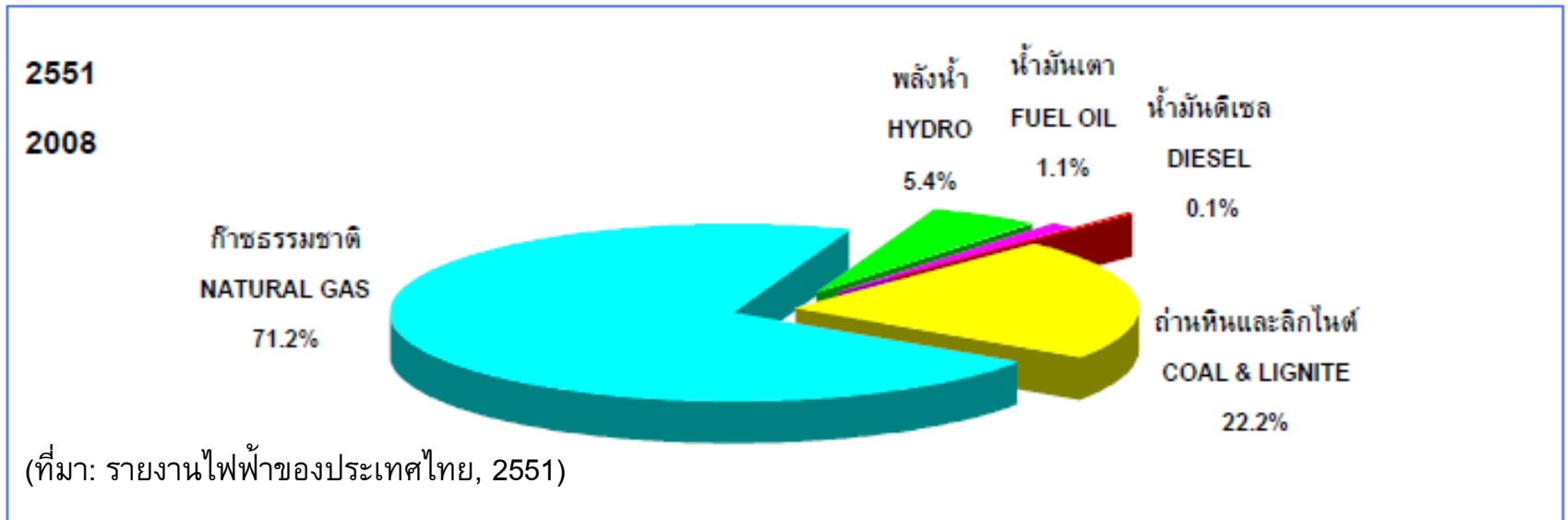
การศึกษาและกำหนดค่า Carbon Intensity ของ อุตสาหกรรมพลังงาน (โรงไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล)

สุธรรม ปทุมสวัสดิ์

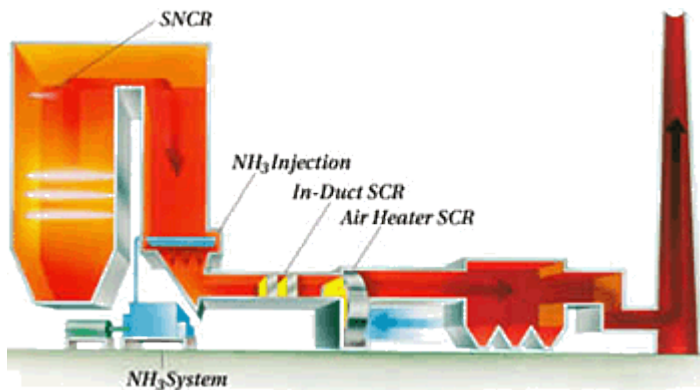
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

Thailand Electricity Generation



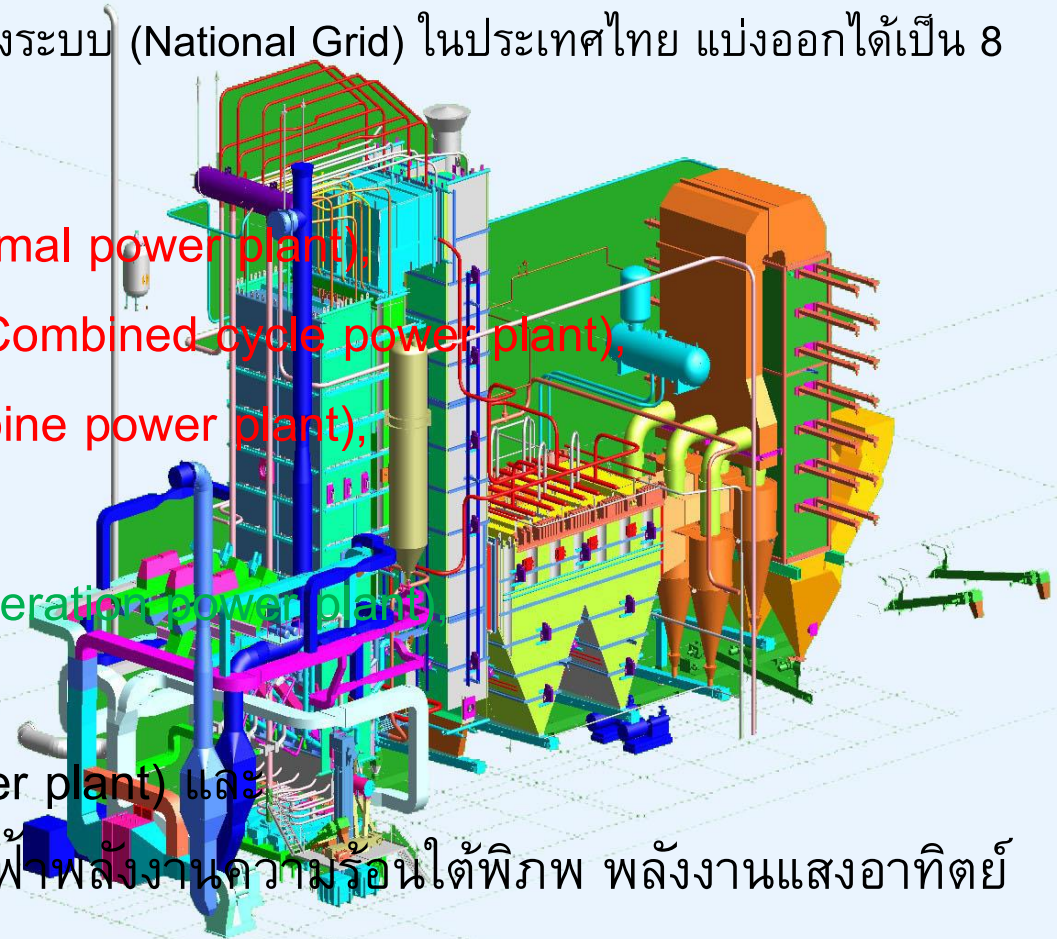
สัดส่วนในการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตพลังงานไฟฟ้าในปี พ.ศ. 2551 (ค.ศ. 2008)



เทคโนโลยีหลักที่ใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้าในประเทศไทย

เทคโนโลยีหลักที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้าของระบบ (National Grid) ในประเทศไทย แบ่งออกได้เป็น 8 ประเภท ได้แก่

- [1] โรงไฟฟ้าพลังความร้อน (Thermal power plant),
- [2] โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม (Combined cycle power plant),
- [3] โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Gas turbine power plant),
- [4] โรงไฟฟ้าดีเซล (Diesel),
- [5] โรงไฟฟ้าพลังงานร่วม (Cogeneration power plant),
- [6] เครื่องยนต์ก๊าซ (Gas engine),
- [7] โรงไฟฟ้าพลังน้ำ (Hydro power plant) และ
- [8] โรงไฟฟ้าอื่นๆ อันได้แก่โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม



กำลังการผลิตติดตั้งและพลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ของระบบในปี พ.ศ. 2551 (ค.ศ. 2008)

ประเภทโรงจักรไฟฟ้า	กำลังการผลิตติดตั้งรวม (MW)	สัดส่วน (%)	พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ Gross Generation (GWh)	สัดส่วน (%)
โรงไฟฟ้าพลังความร้อน	8,587	28.2	44,463	30.2
โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม	15,082	49.4	80,492	54.6
โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ	847	2.8	675	0.5
โรงไฟฟ้าดีเซล	31	0.1	33	0
โรงไฟฟ้าระบบการผลิตพลังงานร่วม	2,454	8.0	14,607	9.9
เครื่องยนต์ก๊าซ	23	0.1	39	0
โรงไฟฟ้าพลังน้ำ	3,481	11.4	7,113	4.8
โรงไฟฟ้าอื่นๆ*	3	0	5	0
รวม	30,508	100	147,427	100

*โรงไฟฟ้าอื่นๆ ได้แก่ โรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนใต้พิภพ พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานลม (ที่มา: รายงานไฟฟ้าของประเทศไทย, 2551)

ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าของระบบ ไม่รวมโรงไฟฟ้าพลังน้ำและโรงไฟฟ้าอื่น ๆ ใน
ประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2547 – พ.ศ. 2552 (ค.ศ. 2004-2009) (หน่วย: GWh)

ปี พ.ศ.	โรงไฟฟ้าของ EGAT, PEA, และ IPP				โรงไฟฟ้าประเภท SPP และ VSPP		รวม
	พลังความร้อน	พลังความร้อนร่วม	กังหันก๊าซ	ดีเซล	พลังงานรวม	เครื่องยนต์ก๊าซ	
2547	41,486	63,528	1,141	16	13,513	1	119,685
2548	43,685	67,676	1,314	24	13,700	2	126,401
2549	48,463	67,307	1,089	20	13,721	10	130,610
2550	50,123	69,648	901	30	14,545	14	135,261
2551	44,463	80,492	675	33	14,607	39	140,309
2552	38,384	87,568	313	33	14,848	84	141,230

(ที่มา: รายงานไฟฟ้าของประเทศไทย, 2547-2551)

วิธีการศึกษาค่า Carbon Intensity

The amount of carbon by weight emitted per unit of activity.

Carbon Intensity = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก / การผลิตไฟฟ้าต่อปี
(หน่วย kgCO₂/kWh)

Carbon Intensity = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก/GDP
(หน่วย kgCO₂/ล้านบาท)

Carbon Intensity = ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก/จำนวนประชากร
(หน่วย kgCO₂/คน)

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก



Adapted --

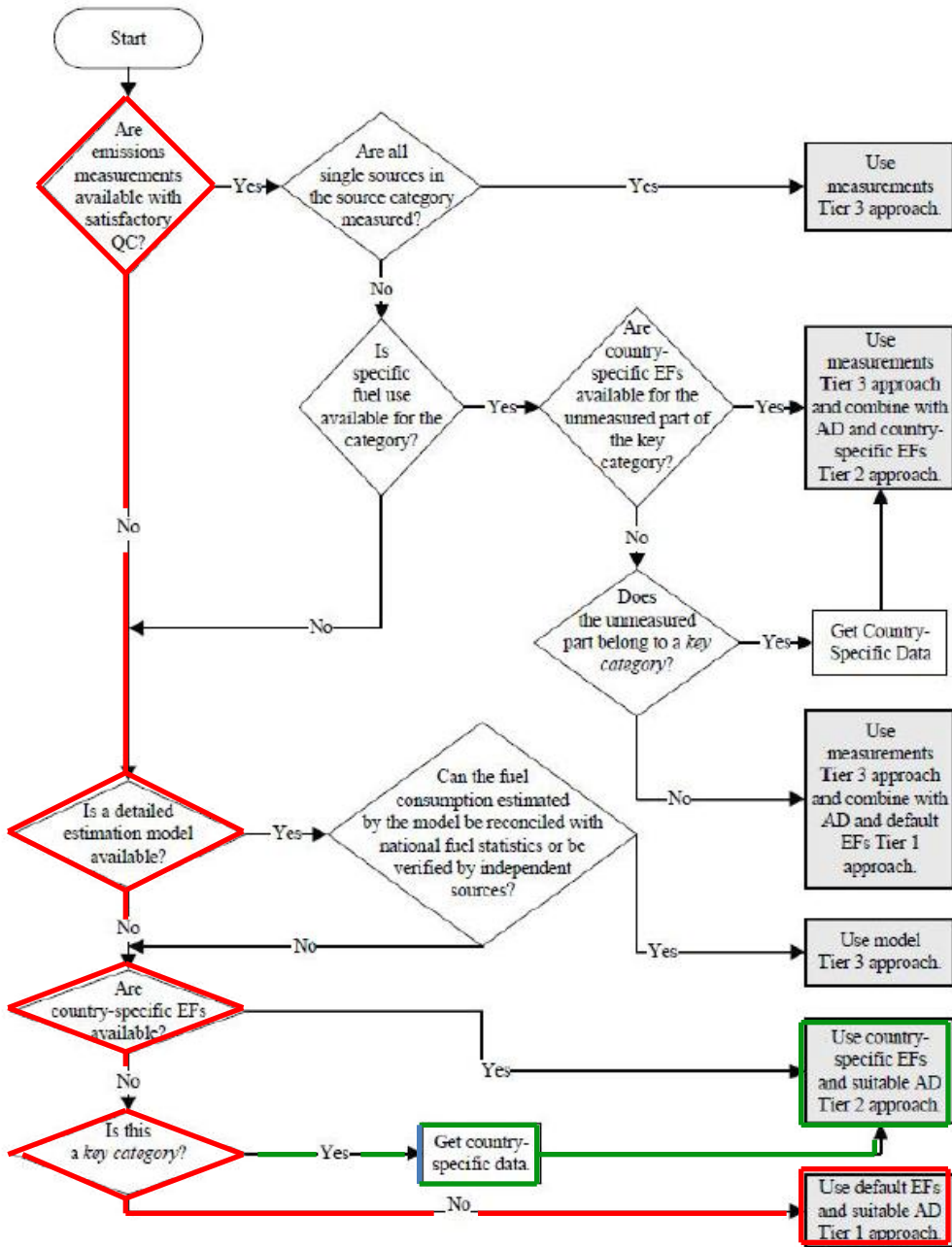
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE
NATIONAL GREENHOUSE GAS INVENTORIES PROGRAMME

2006 IPCC Guidelines

for National Greenhouse Gas Inventories

ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจก = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ × Emission factor

<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/>



Decision Tree for estimating emissions from stationary combustion



ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ

ข้อมูล

: ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้
: ปริมาณไฟฟ้าที่ผลิต

แหล่งข้อมูล

: รายงานประจำปีที่ทำโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์
(พพ.)
: การเก็บข้อมูลจากโรงไฟฟ้าโดยตรง โดยใช้แบบสอบถาม

Emission Factor

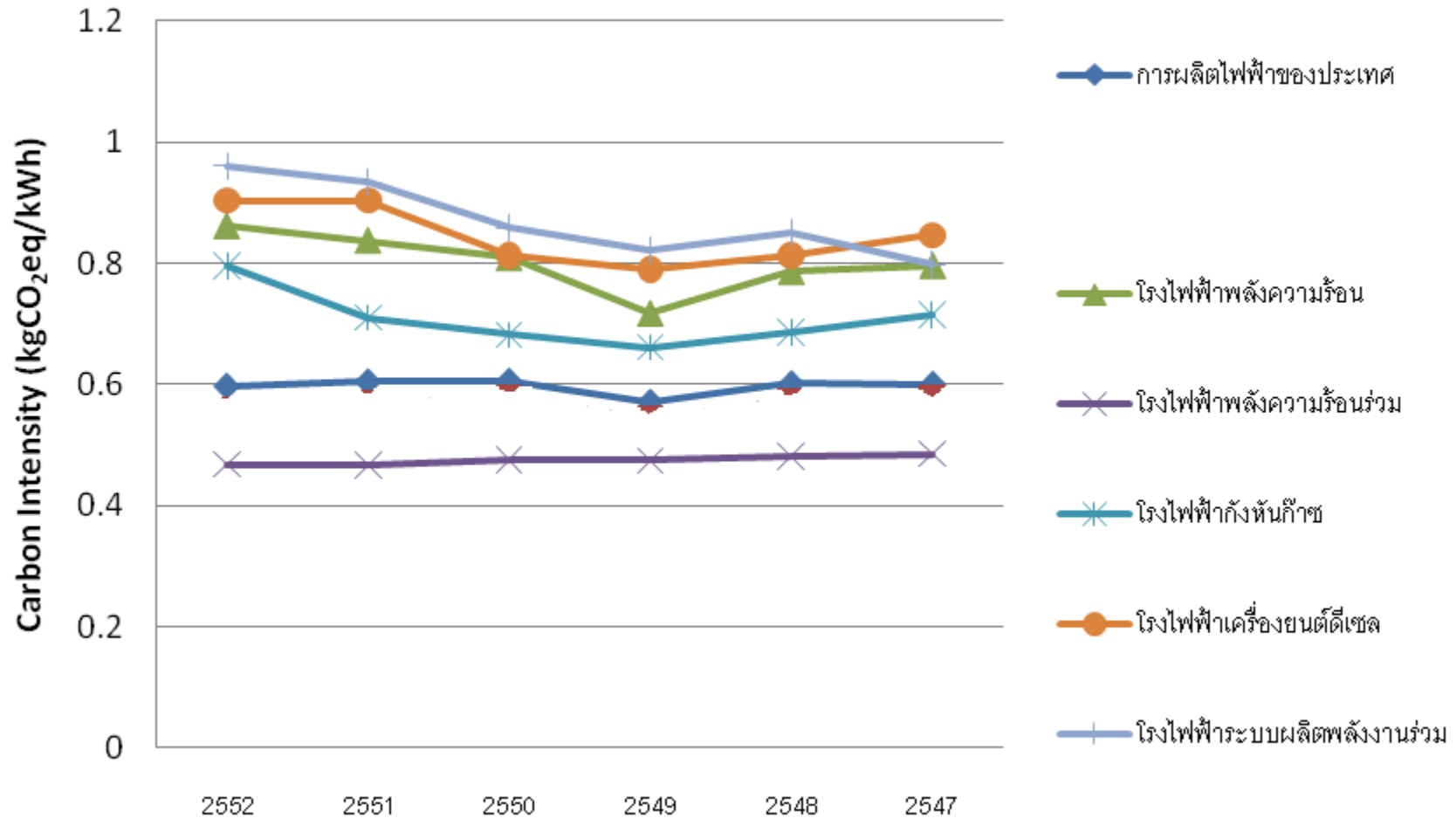
: Tier 1; Default Emission factor จาก IPCC Guideline (2006)

Uncertainty

: IPCC 1996 สำหรับ AD และ EF

ค่า CO₂ Intensity โดยรวมของประเทศ และจำแนกตามเทคโนโลยีการผลิต

Carbon Intensity (kgCO₂eq/kWh)



ค่า Carbon Intensity จากการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด (Gross Power Generation)

โรงไฟฟ้า	CO ₂ Intensity (kgCO ₂ /kWh)						ค่าเฉลี่ย
	2547 (2004)	2548 (2005)	2549 (2006)	2550 (2007)	2551 (2008)	2552 (2009)	
จำแนกตามเทคโนโลยีการผลิต (เชื้อเพลิงฟอสซิล)							
พลังความร้อน	0.793	0.783	0.716	0.806	0.834	0.858	0.798
พลังความร้อนร่วม	0.484	0.480	0.474	0.474	0.467	0.468	0.475
กังหันก๊าซ	0.714	0.684	0.661	0.682	0.710	0.795	0.708
เครื่องยนต์ดีเซล	0.843	0.810	0.787	0.810	0.900	0.900	0.842
ผลิตพลังงานร่วม	0.792	0.844	0.815	0.850	0.924	0.951	0.863
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งระบบ							
การผลิตพลังงานไฟฟ้า รวมทั้งระบบ	0.598	0.599	0.566	0.602	0.602	0.595	0.594
จากเชื้อเพลิงฟอสซิล (ไม่รวมระบบผลิตพลังงานร่วม)	0.608	0.600	0.576	0.613	0.598	0.587	0.597

ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าโดยเชื้อเพลิงฟอสซิลของประเทศไทยระหว่างปี พ.ศ. 2547 – 2551 (ค.ศ. 2004-2008) (หน่วย: GWh)

ปี พ.ศ.	น้ำมันเตา	น้ำมันดีเซล	ถ่านหินและ ลิกไนต์	ก๊าซ ธรรมชาติ	รวม
2547	7,138	551	17,993	80,489	106,171
2548	8,244	414	18,334	85,703	112,695
2549	8,350	143	22,051	86,339	116,883
2550	3,646	174	28,716	88,166	120,702
2551	1,454	180	29,480	94,549	125,663

(ที่มา: รายงานไฟฟ้าของประเทศไทย, 2547-2551)
(พลังความร้อน+ พลังความร้อนร่วม+ กังหันก๊าซ+ ดีเซล)

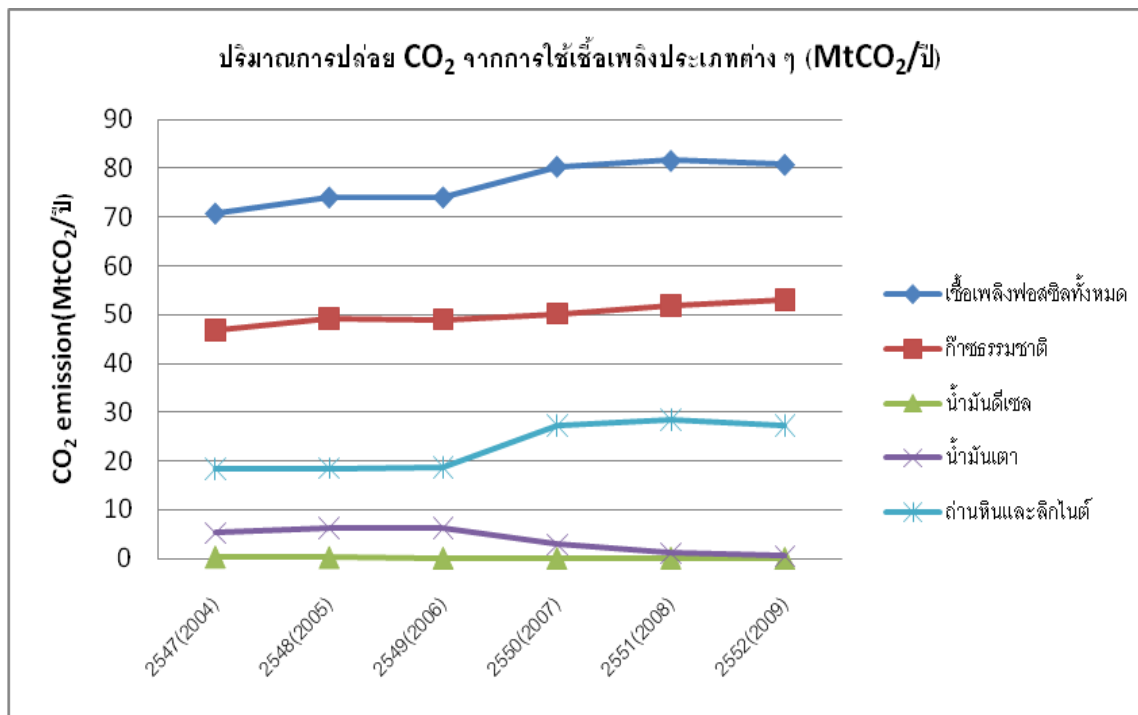
ค่า Carbon Intensity จากการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด (Gross Power Generation)

โรงไฟฟ้า	CO ₂ Intensity (kgCO ₂ /kWh)		
	ค่าเฉลี่ย ช่วงปี 2547-2552		
จำแนกตามเทคโนโลยีการผลิต (เชื้อเพลิงฟอสซิล)		Upper bound	Lower bound
พลังความร้อน	0.798	0.854	0.742
พลังความร้อนร่วม	0.475	0.508	0.442
กังหันก๊าซ	0.708	0.758	0.687
เครื่องยนต์ดีเซล	0.842	0.901	0.783
ผลิตพลังงานร่วม	0.863	0.923	0.803
ค่าเฉลี่ยรวมทั้งระบบ		Upper bound	Lower bound
การผลิตพลังงานไฟฟ้ รวมทั้งระบบ	0.594	0.636	0.552
จากเชื้อเพลิงฟอสซิล (ไม่รวมระบบผลิตพลังงานร่วม)	0.597	0.639	0.555

เทคโนโลยีการผลิตและ ประสิทธิภาพ	Carbon Intensity (kgCO ₂ /kWh)					
	2547 (2004)	2548 (2005)	2549 (2006)	2550 (2007)	2551 (2008)	2552 (2009)
การผลิตไฟฟ้าของทั้งระบบ	0.598	0.599	0.569	0.603	0.602	0.595
ประสิทธิภาพ (%)	37.3	37.4	38.7	37.7	38.1	38.3
จำแนกตามเทคโนโลยีการผลิต						
พลังความร้อน	0.793	0.783	0.716	0.806	0.834	0.858
ประสิทธิภาพ (%)	35.2	35.0	35.1	35.8	35.6	34.3
พลังความร้อนรวม	0.484	0.480	0.474	0.474	0.467	0.468
ประสิทธิภาพ (%)	45.2	45.0	44.6	45.5	46.6	46.0
กังหันก๊าซ	0.714	0.684	0.661	0.682	0.710	0.795
ประสิทธิภาพ (%)	24.4	25.5	26.5	25.9	25.0	21.6
เครื่องยนต์ดีเซล	0.843	0.810	0.787	0.810	0.900	0.900
ประสิทธิภาพ (%)	41.2	32.2	32.5	32.0	33.9	32.9

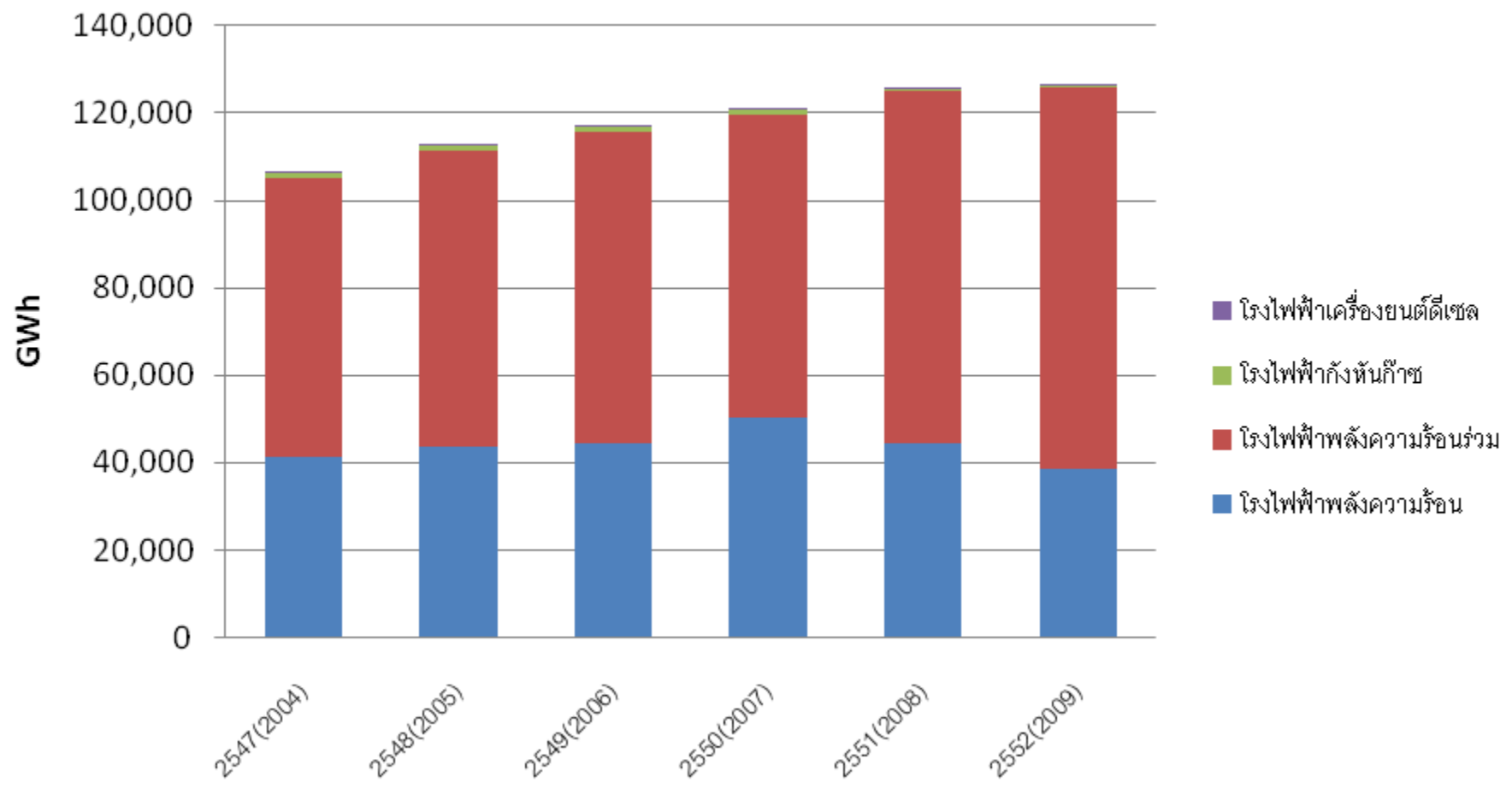
สัดส่วนการใช้เชื้อเพลิงฟอสซิลในการผลิตไฟฟ้าในประเทศไทย ระหว่างปี พ.ศ. 2547-2552

เชื้อเพลิง	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง					
	2547 (2004)	2548 (2005)	2549 (2006)	2550 (2007)	2551 (2008)	2552 (2009)
ก๊าซธรรมชาติ (10 ⁶ scf.)	818,264	858,959	857,103	877,862	907,327	925,984
น้ำมันเตา (10 ⁶ litre)	1,711	2,013	2,030	943	358	158
น้ำมันดีเซล (10 ⁶ litre)	121	84	41	24	45	25
ถ่านหินและลิกไนต์ (10 ⁶ kg)	17,426	17,488	17,166	20,549	21,435	20,218



ปริมาณการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิลประเภทต่างๆ

การผลิตไฟฟ้าจากโรงไฟฟ้าเชื้อเพลิงฟอสซิล



ค่า Carbon Intensity ของเชื้อเพลิงที่ใช้ สำหรับการผลิตไฟฟ้า

ก๊าซธรรมชาติ 0.503 (0.485-0.515) kgCO₂/kWh

น้ำมันดีเซล 0.620 (0.357-0.820) kgCO₂/kWh

น้ำมันเตา 0.752 (0.732-0.790) kgCO₂/kWh

ถ่านหินและลิกไนต์ 0.920 (0.803-0.972)

kgCO₂/kWh

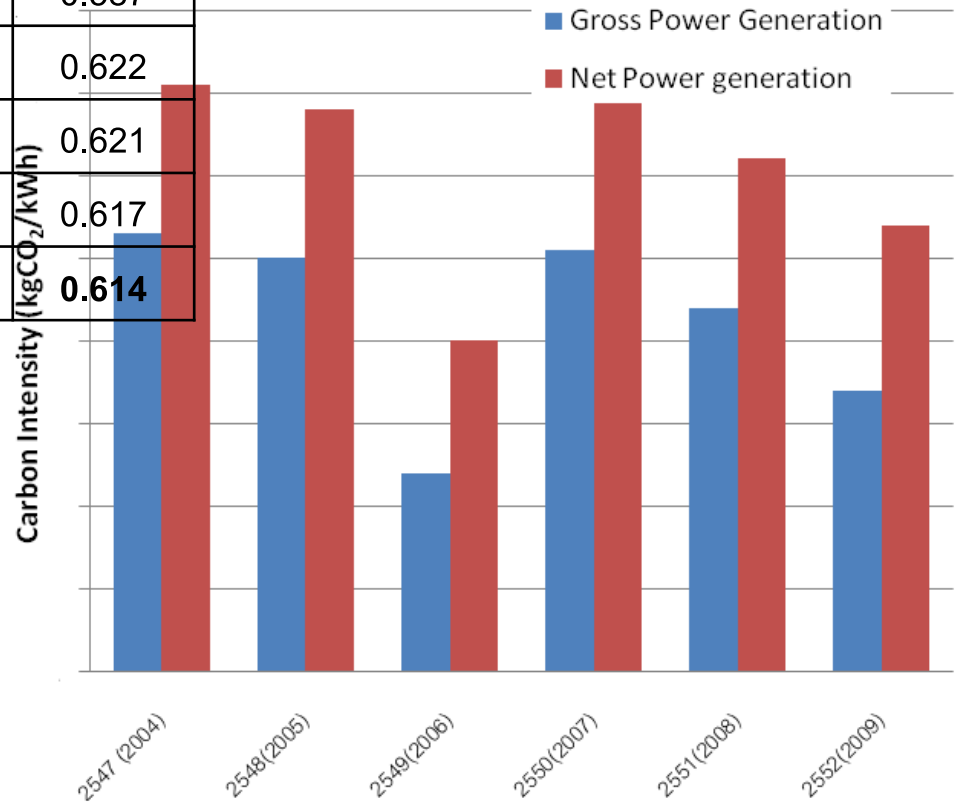
OECD Country

Fuel	g CO ₂ / kWh
Anthracite *	870
Coking coal *	710
Other bituminous coal	840
Sub-bituminous coal	930
Lignite/brown coal	950
Patent fuel	860
Coke oven coke *	500
BKB/peat briquettes *	720-1200
Gas works gas *	400
Coke oven gas *	370
Blast furnace gas *	2200
Oxygen steel furnace gas *	1900
Natural gas	380
Crude oil *	640
Natural gas liquids *	560
Liquefied petroleum gases *	480
Kerosene *	630
Gas/diesel oil *	750
Residual fuel oil	650
Petroleum coke *	950
Peat *	570
Industrial waste *	450-1600
Municipal waste (non-renewable) *	450-1900

* These fuels represent less than 1% of electricity and heat output in the OECD. Values will be less reliable and should be used with caution.

Source: IEA, 2009c

ปี พ.ศ.	Gross Generation (GWh)	Net Generation (GWh)	CO ₂ Intensity (kgCO ₂ /kWh)	
			Gross	Net
			2547 (2004)	125,727
2548 (2005)	132,197	128,167	0.599	0.618
2549 (2006)	138,742	134,582	0.569	0.587
2550 (2007)	143,378	138,881	0.603	0.622
2551 (2008)	147,427	142,798	0.602	0.621
2552 (2009)	148,390	143,106	0.595	0.617
ค่าเฉลี่ย			0.594	0.614



เปรียบเทียบค่า **Carbon Intensity** โดยรวมของประเทศจากการคำนวณโดยใช้ปริมาณการผลิตไฟฟ้าทั้งหมด (**Gross Power Generation**) และจากการผลิตพลังงานไฟฟ้าสุทธิ (**Net Power Generation**)

รายละเอียดโรงไฟฟ้าที่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

ลำดับ	โรงไฟฟ้า	เชื้อเพลิง
(A) โรงไฟฟ้าพลังความร้อน		
1	A1	ก๊าซธรรมชาติ น้ำมันเตา น้ำมันดีเซล
2	A2	ลิกไนต์
3	A3	ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา
4	A4	ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา
5	A5	ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา
6	A6	ถ่านหินบิทูมินัส
(B) โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ (Installation Capacity 244 MW, 28.81%)		
7	B1	น้ำมันดีเซล

รายละเอียดโรงไฟฟ้าที่ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล

ลำดับ	โรงไฟฟ้า	เชื้อเพลิง
(C) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม		
8	C1	ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดีเซล
9	C2	ก๊าซธรรมชาติ
10	C3	ก๊าซธรรมชาติ
11	C4	ก๊าซธรรมชาติ
12	C5	ก๊าซธรรมชาติ
13	C6	ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดีเซล
14	C7	ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดีเซล
15	C8	ก๊าซธรรมชาติ
16.	C9	ก๊าซธรรมชาติ

(Installation Capacity
9537.46 MW, 63.24%)

ค่า Carbon Intensity จากการเก็บข้อมูลจากโรงไฟฟ้าโดยตรง โดยใช้แบบสอบถาม

โรงไฟฟ้า	CO ₂ Intensity (kgCO ₂ /kWh)					
	2547 (2004)	2548 (2005)	2549 (2006)	2550 (2007)	2551 (2008)	ค่าเฉลี่ย
(A) โรงไฟฟ้าพลังความร้อน						
A1	0.657	0.677	0.690	0.664	0.622	0.662
A2	0.961	0.946	0.918	0.909	0.920	0.931
A3	0.571	0.612	0.651	0.561	0.533	0.586
A4	0.597	0.607	0.611	0.614	0.621	0.610
A5	0.599	0.589	0.624	0.592	0.612	0.603
A6			0.906	0.891	0.891	0.896
ค่าเฉลี่ยโรงไฟฟ้าพลังความร้อน						0.814
(B) โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ						
B1	0.964	0.877	1.142	1.038	0.830	0.970

ค่า Carbon Intensity จากการเก็บข้อมูลจากโรงไฟฟ้าโดยตรง โดยใช้แบบสอบถาม

โรงไฟฟ้า	CO ₂ Intensity (kgCO ₂ /kWh)					
	2547 (2004)	2548 (2005)	2549 (2006)	2550 (2007)	2551 (2008)	ค่าเฉลี่ย
(C) โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม						
C1	0.531	0.498	0.503	0.518	0.484	0.507
C2	0.442	0.438	0.426	0.422	0.433	0.432
C3	0.419	0.416	0.411	0.449	0.432	0.425
C4	0.522	0.506	0.507	0.505	0.501	0.508
C5					0.362	0.362
C6	0.497	0.478	0.469	0.469	0.483	0.479
C7	0.406	0.386	0.436	0.440	0.435	0.421
C8	0.390	0.390	0.391	0.391	0.390	0.390
C9	0.443	0.420	0.443	0.450	0.448	0.441
ค่าเฉลี่ยโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม						0.441

ค่า carbon Intensity จำแนกตามเทคโนโลยีและเชื้อเพลิงในการผลิต

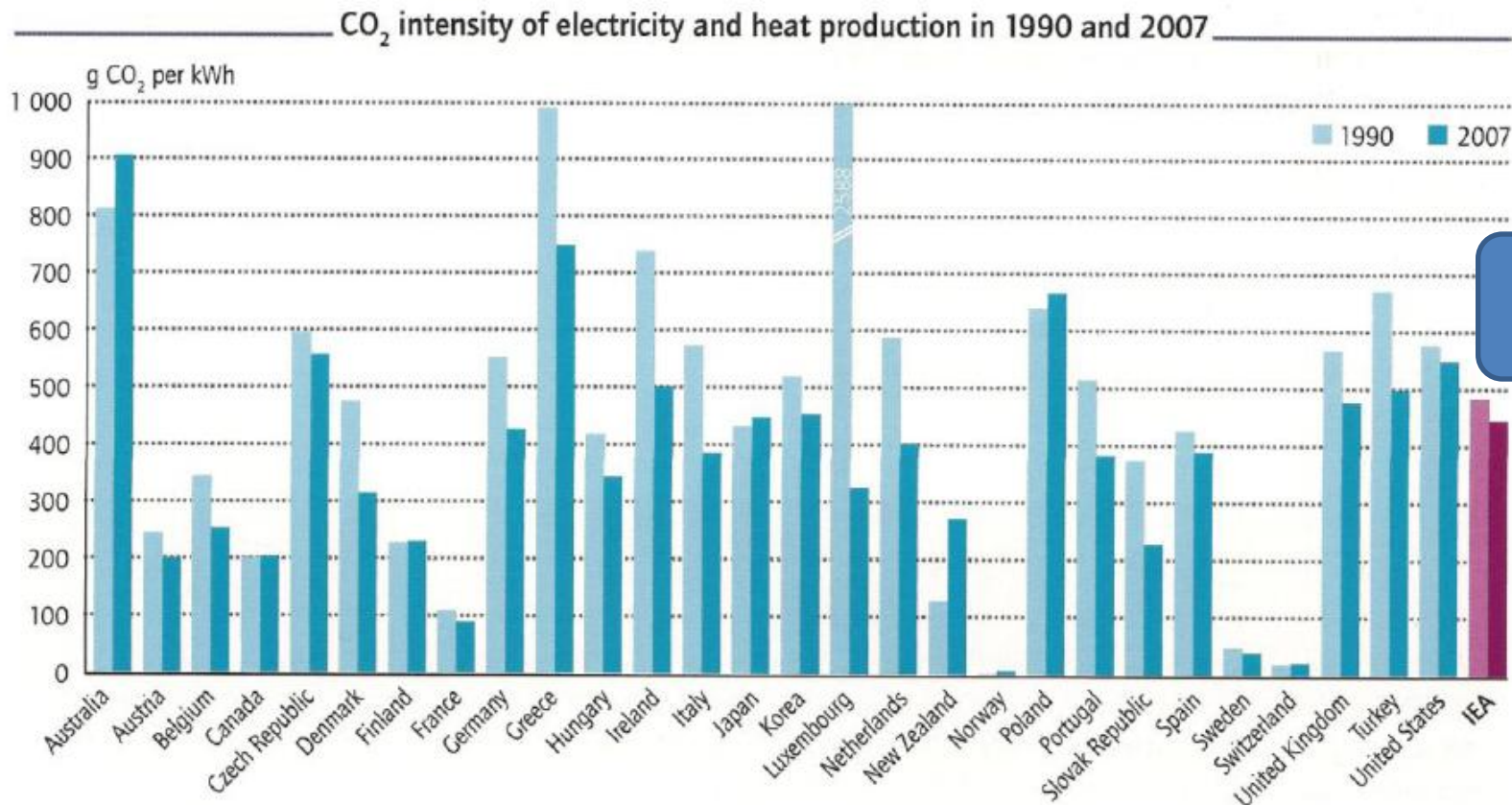
เทคโนโลยีการผลิต	CO ₂ Intensity (kgCO ₂ /kWh)
การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล	0.588 (0.555-0.639)
พลังความร้อน	0.814 (0.742-0.854)
พลังความร้อน- ก๊าซธรรมชาติ, น้ำมันเตา และน้ำมันดีเซล	0.622
พลังความร้อน- ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา	0.600
พลังความร้อน- ถ่านหิน/ลิกไนต์	0.914
พลังความร้อนร่วม	0.441 (0.442-0.508)
พลังความร้อนร่วม- ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดีเซล	0.469
พลังความร้อนร่วม- ก๊าซธรรมชาติ	0.426
กังหันก๊าซ	(0.687-0.758)
กังหันก๊าซ- น้ำมันดีเซล	0.970

ค่า carbon Intensity จำแนกตามเทคโนโลยีและเชื้อเพลิงในการผลิต

เทคโนโลยีการผลิต	(kgCO ₂ /kWh)	Reference	1
การผลิตไฟฟ้าจากเชื้อเพลิงฟอสซิล	0.588 (0.555-0.639)		0.675
พลังความร้อน	0.814 (0.742-0.854)	0.617 (Zahibian & Fung, IJE)	
พลังความร้อน- ก๊าซธรรมชาติ, น้ำมันเตา และน้ำมันดีเซล	0.622	0.479 (US-EPA,1995)	
พลังความร้อน- ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันเตา	0.600		0.599
พลังความร้อน- ถ่านหิน/ลิกไนต์	0.914	0.925 IEA,2006	0.976 (ลิกไนต์)
พลังความร้อนรวม	0.441 (0.442-0.508)	0.350-0.375 Rubin, 2007, Kyushu, 2007, IEA,2006 0.462 Zahibian & Fung, IJE,	
พลังความร้อนรวม- ก๊าซธรรมชาติและน้ำมันดีเซล	0.469		
พลังความร้อนรวม- ก๊าซธรรมชาติ	0.426		0.438
กังหันก๊าซ	(0.687-0.758)	0.773 Zahibian & Fung, IJE,	0.640 (ก๊าซธรรมชาติ)
กังหันก๊าซ- น้ำมันดีเซล	0.970		0.989

1 ที่มา: รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์การประเมินสารเจือปนในอากาศที่ระบายออกจากปล่องโรงไฟฟ้าของ กฟผ.

ค่า Carbon Intensity ของประเทศต่าง ๆ ปี พ.ศ. 2550



* Other includes industrial waste and non-renewable municipal waste.

Source: IEA, 2009c

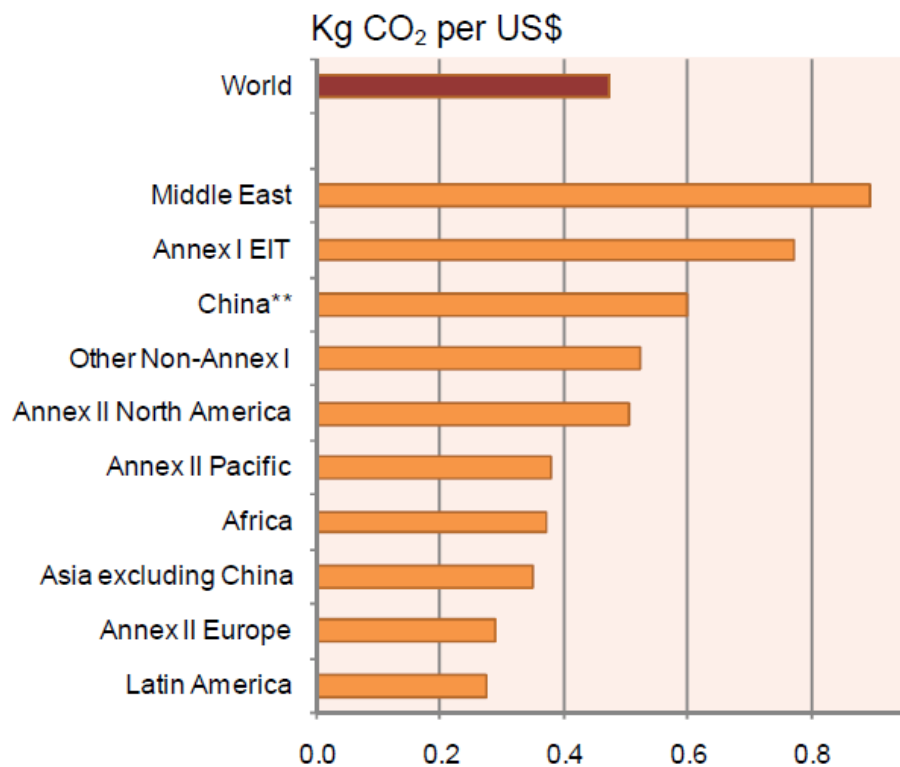
ค่า carbon Intensity จำแนกตามเทคโนโลยีและเชื้อเพลิงในการผลิต

ปี พ.ศ.	GDP ⁽¹⁾ (ล้านบาท)	ประชากร ⁽²⁾ (คน)	CO ₂ emission (kgCO ₂)	CO ₂ /GDP (kgCO ₂ /ล้านบาท)	CO ₂ /Population (kgCO ₂ /คน)
2547 (2004)	3,688,189	63,525,062	7.52×10^{10}	20,389	1,184
2548 (2005)	3,858,019	62,418,054	7.92×10^{10}	20,529	1,269
2549 (2006)	4,056,550	62,808,706	7.85×10^{10}	19,351	1,250
2550 (2007)	4,256,564	63,038,247	8.64×10^{10}	20,298	1,370
2551 (2008)	4,361,396	63,389,730	8.87×10^{10}	20,338	1,407
ค่าเฉลี่ย	4,044,144	63,035,960	8.16×10^{10}	20,177	1,295

(1) สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

(2) สำนักงานสถิติแห่งชาติ

CO₂/GDP และ CO₂/Population ของประเทศในกลุ่มต่าง ๆ ทั่วโลกปี พ.ศ. 2550

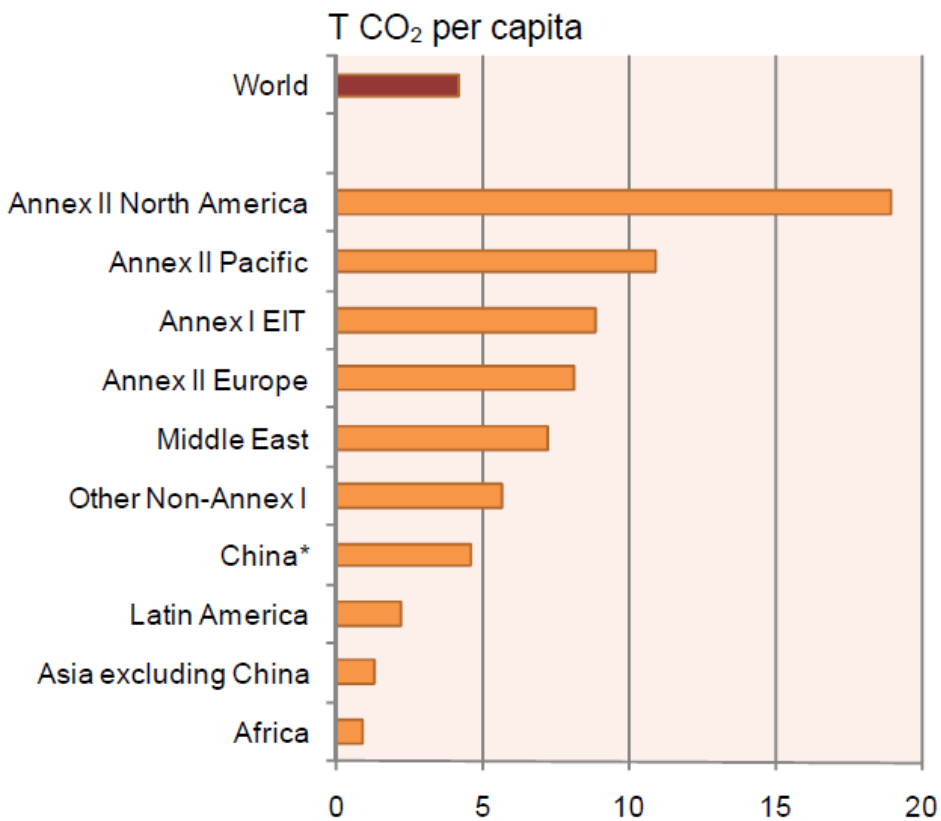


* GDP in 2000 US\$ using purchasing power parity

** China includes Hong Kong.

CO₂/GDP (หน่วย kgCO₂/US\$)

Source: IEA, 2009c



* China includes Hong Kong.

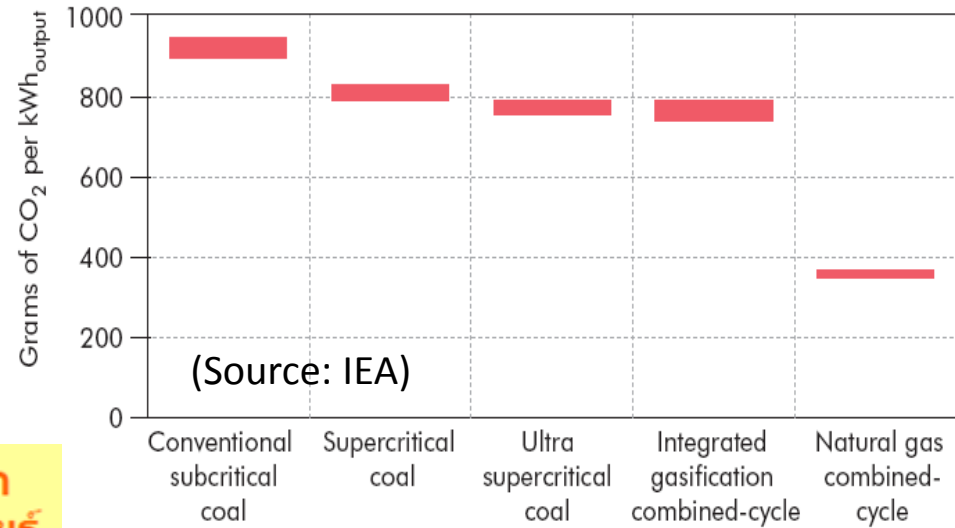
CO₂/Population (หน่วย Tonnes CO₂/Capita)

Source: IEA, 2009c

แนวทางในการลด CO₂



CO₂ emissions by type of plant⁶



เพิ่มสัดส่วนพลังงาน
หมุนเวียน (ลม น้ำ
แสงแดด ฯลฯ)

เพิ่มการผลิตไฟฟ้า
จากพลังงานนิวเคลียร์



ใช้เทคโนโลยี CO-
Capture and
Storage : CCS



เปลี่ยนใช้เชื้อเพลิง
ที่ปล่อย CO₂ น้อย

เพิ่มประสิทธิภาพ
การใช้พลังงาน (EE)



ข้อเสนอแนะ และ ข้อคิดเห็น

