เรื่อง ผลการศึกษาค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานเปรียบเทียบ (SEC Benchmarking) สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจ

โครงการเตรียมความพร้อมด้านกลไกตลาด เพื่อสนับสนุนการลดก๊าซเรือนกระจก (PMR)

CS-8 : การประเมินระบบการจัดการพลังงานของโรงงาน/อาคารควบคุม และปรับปรุงค่า SEC สำหรับ 11 กลุ่ม

โดย

บริษัท ไบร์ท แมเนจเม้นท์ คอนซัลติ้ง จำกัด

Draft

หัวข้อบรรยาย

- ขอบเขตการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน
- ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption, SEC)
- ผลการประหยัดพลังงานจากการเปรียบเทียบดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption Benchmarking)

Draft

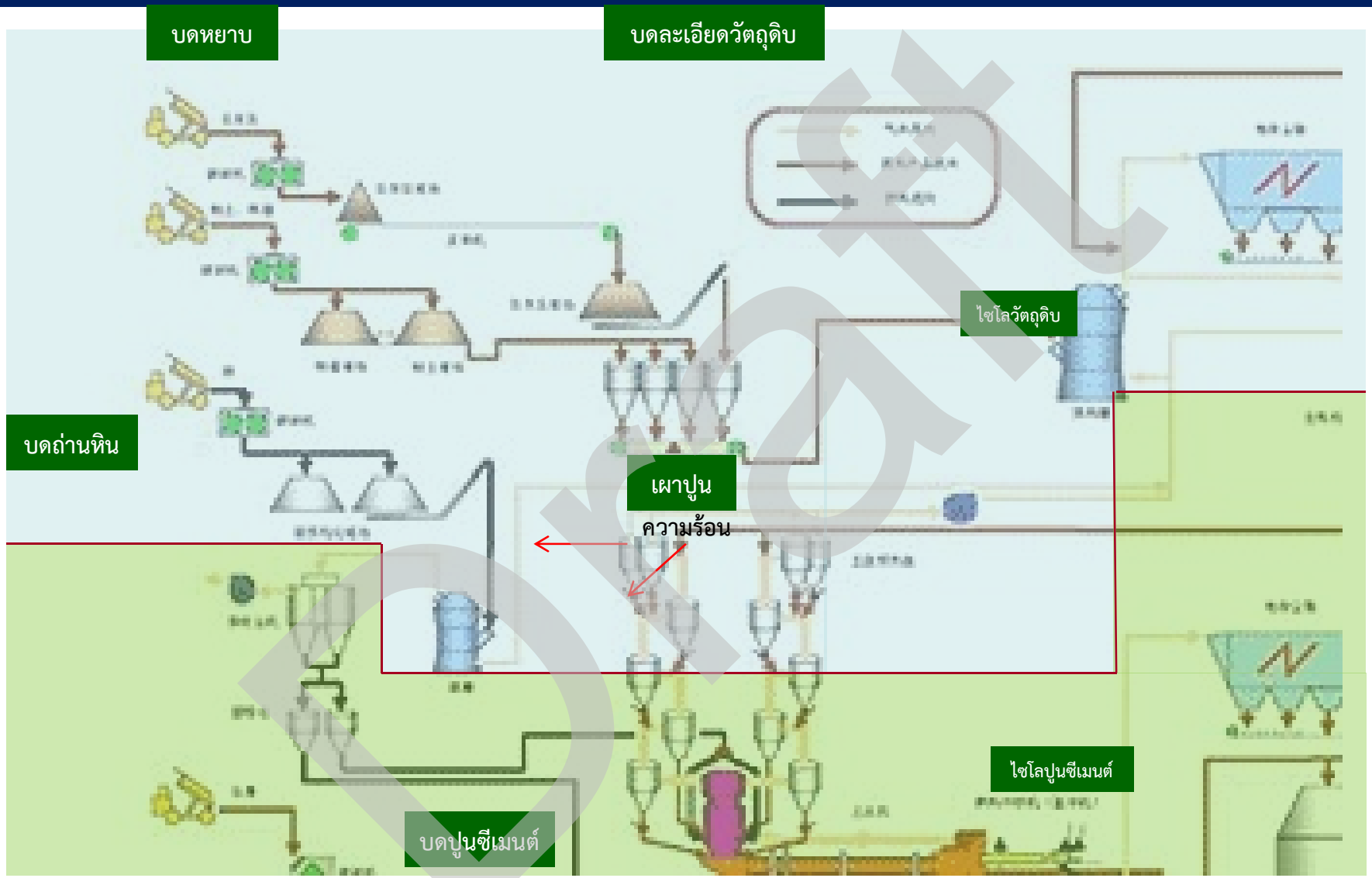
BRIGHT management consulting company limited

อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์

Draft

BRIGHT
management consulting
company limited

จัดทำกลุ่มผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์

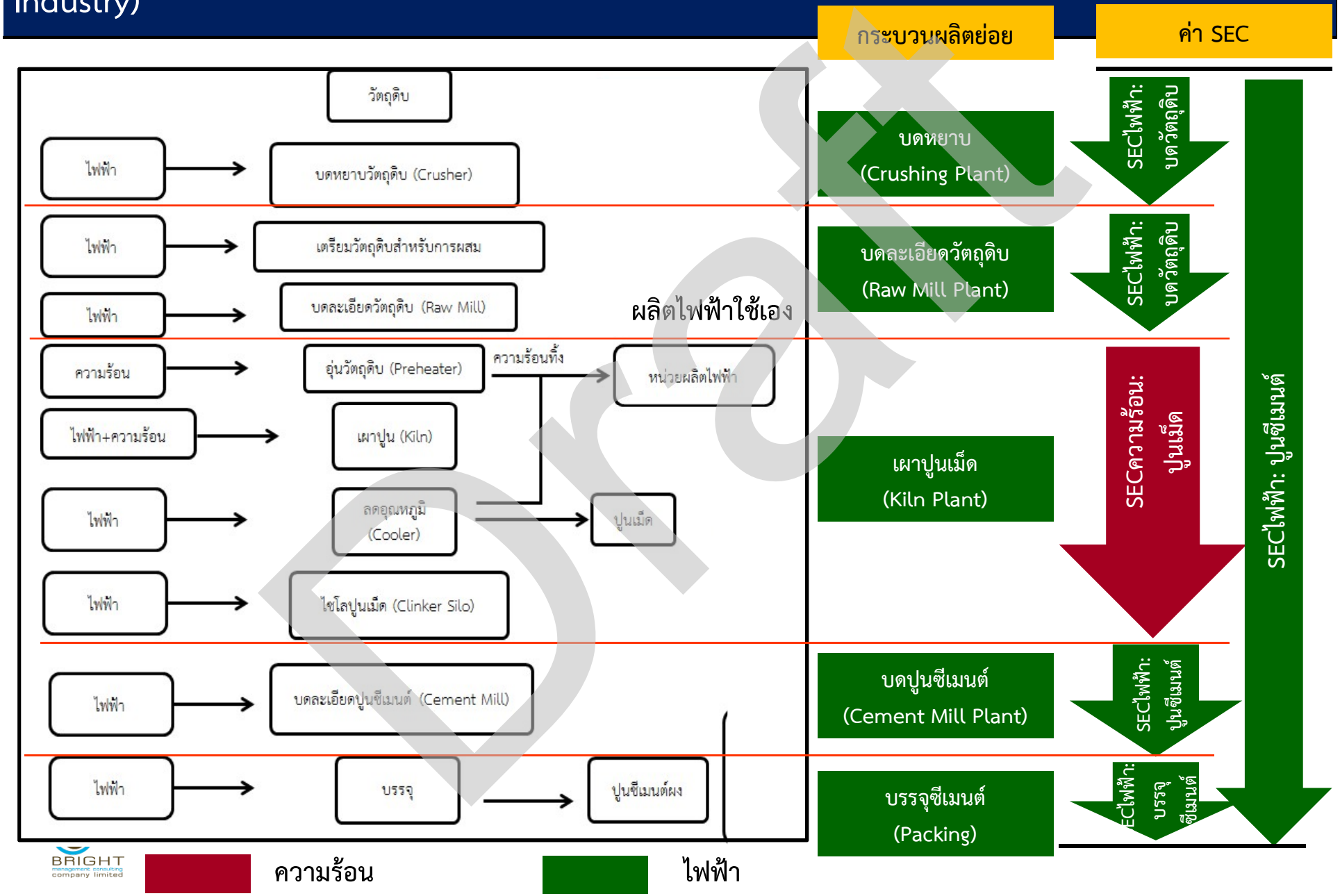


กระบวนการผลิตปูนซีเมนต์

Draft

BRIGHT management consulting company limited

กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Cement Industry)



Draft

การวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption)

ผลิตภัณฑ์

- ปูนซีเมนต์
  - ผลิตปูนเม็ด
  - ไม่ผลิตปูนเม็ด
- ปูนเม็ด

การวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน ในแต่ละกระบวนการผลิต

ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (SEC_E)

$$\mathbf{SEC} = \frac{\text{การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี } (\boldsymbol{kWh/a})}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อปี} (\boldsymbol{ton/a})}$$

การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี = ไฟฟ้าที่ซื้อ + ไฟฟ้าที่ผลิตเอง

ค่าดัชนีการใช้พลังงานความร้อน (SEC_{TH})

$$\mathbf{SEC} = \frac{\text{การใช้พลังงานความร้อนของกระบวนการผลิตต่อปี } (\boldsymbol{MJ/a})}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อปี } (\boldsymbol{ton/a})}$$

ค่าดัชนีการใช้พลังงานรวม (SEC_T)

$$\mathbf{SEC} = \frac{\text{การใช้พลังงานรวมของกระบวนการผลิตต่อปี } (\boldsymbol{MJ/a})}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อปี } (\boldsymbol{ton/a})}$$

Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Cement Industry)

ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ. กับสมการพลังงาน

วิธีวิเคราะห์ดัชนีการใช้พลังงาน	ปี พ.ศ.	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิต (ตัน)		ปริมาณการใช้พลังงาน		ค่า SEC เฉลี่ย	
			ปูนเม็ด	ปูนซีเมนต์	ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	ปูนเม็ด (MJ/t-clinker)	ปูนซีเมนต์ (kWh/t-cement)
ค่าเฉลี่ยจากฐานข้อมูล พพ. [1]	2555-2558	8	22,492,986.66	24,390,743.33	2,508,217,223.27	77,552,174,641.88	3,447.84	104.24
ค่าเฉลี่ยจากสมการพลังงาน [2) 3)]	2558	2	3,952,811.90	4,521,665.52	379,822,784.36	12,934,021,967.80	3,002.93	87.00

หมายเหตุ

1) ข้อมูลการผลิตปูนซีเมนต์จากฐานข้อมูล พพ. คิดเป็น 68.7% (24 ล้านตัน/35 ล้านตัน) TCMA (2555 (31.76), 2556 (35.85), 2557 (36.15), 2558 (36.22) ล้านตัน)

2) ข้อมูลการผลิตปูนซีเมนต์จากแบบสอบถาม คิดเป็น 11.4% (4 ล้านตัน/35 ล้านตัน)

3) สมการพลังงาน

ปูนเม็ด: พลังงานความร้อน (MJ) = (13.498 x ปริมาณการผลิตปูนเม็ด (ตัน) x Capacity Factor (%)) + (1,079,810.888 x Kiln (ตันต่อชั่วโมง))

ปูนซีเมนต์: พลังงานไฟฟ้า (kWh) = (0.030 x ปริมาณการผลิตปอร์ตแลนด์ x ความละเอียดการบด Portland (Blaine)) + (0.009 x ปริมาณการผลิตปูนผสม (ตัน) x ความละเอียดการบดปูนซีเมนต์เฉลี่ย (Blaine))

ข้อสังเกต: ค่าเฉลี่ยจากฐานข้อมูล พพ. > ค่าเฉลี่ยจากสมการพลังงาน
ต่างกัน 12.9% สำหรับปูนเม็ด, 14.0% สำหรับปูนซีเมนต์

Draft

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Cement Industry)

ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ.

ปี	จำนวนโรงงาน [1) 2)]	ปริมาณการผลิต (ตัน)		ปริมาณการใช้พลังงาน		ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) เฉลี่ย	
		ปูนเม็ด	ปูนซีเมนต์	ความร้อน (MJ)	ไฟฟ้า (kWh)	ปูนเม็ด (MJ/ตันปูนเม็ด)	ปูนซีเมนต์ (kWh/ตันปูนซีเมนต์)
2555	8	9,580,616.85	8,591,579.85	31,650,300,710.81	869,396,024.61	3,303.58	101.19
2556	8	18,104,688.15	18,467,024.65	61,713,245,263.23	1,687,341,332.93	3,408.69	108.10
2557	8	30,390,176.10	37,855,444.17	105,996,394,553.23	4,113,054,170.28	3,487.85	108.65
2558	8	31,896,465.54	32,648,924.65	110,848,758,040.25	3,202,273,638.76	3,475.27	98.08
รวม		89,971,946.64	97,562,973.32	310,208,698,567.52	9,872,065,166.57		
เฉลี่ย		22,492,986.66	24,390,743.33	77,552,174,641.88	2,468,016,291.64	3,447.84	104.24

หมายเหตุ:

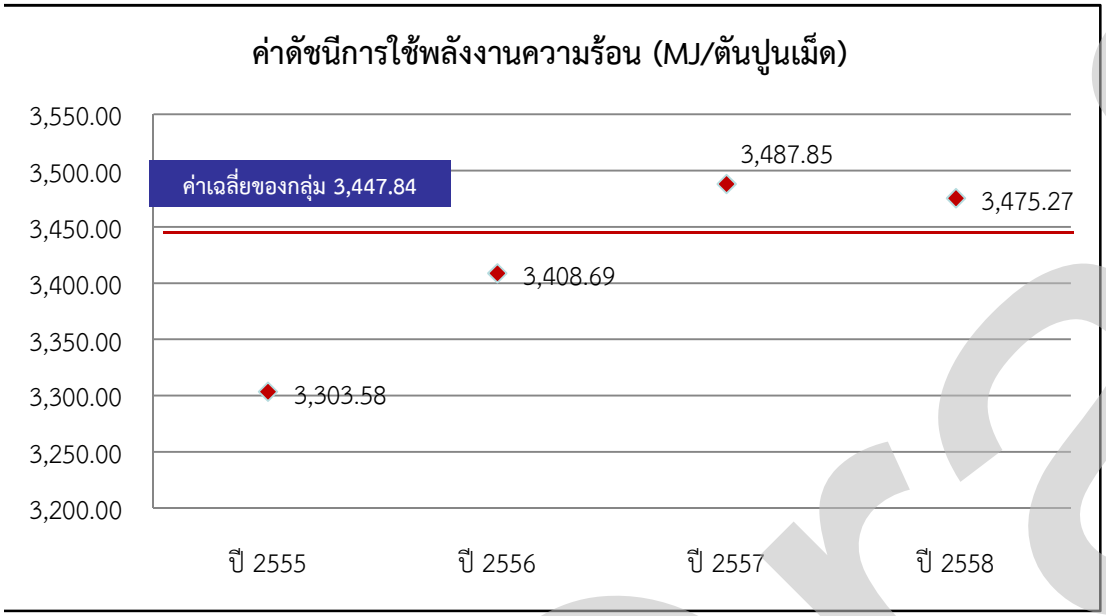
1) จำนวนโรงงานทั้งหมดมี**จำนวน 13 โรงงาน**

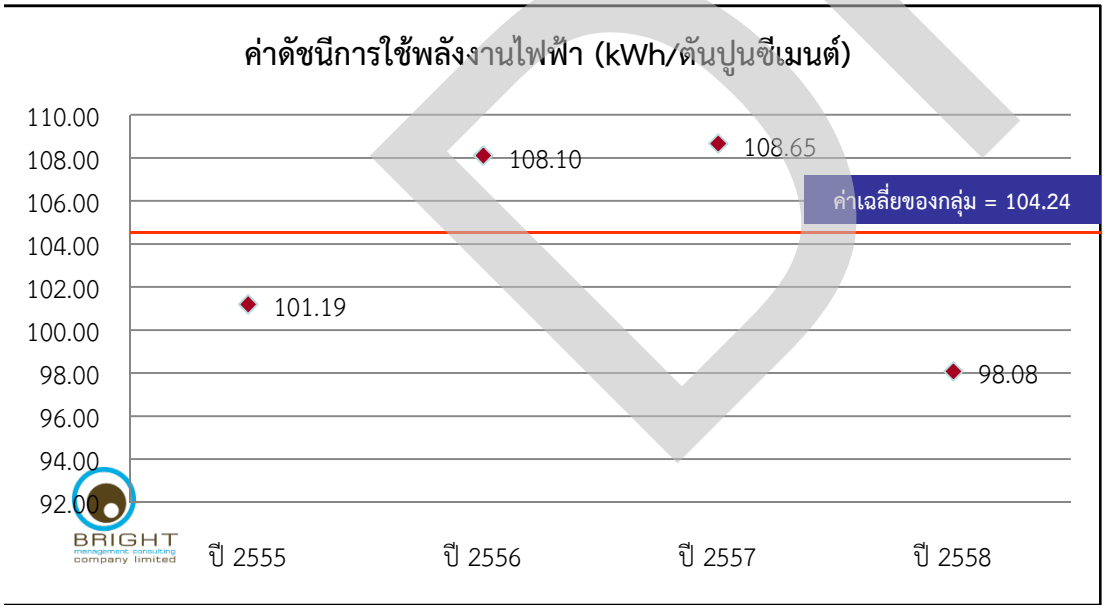
2) ที่ปรึกษาคัดเลือกเฉพาะโรงงานที่มีจำนวนข้อมูลเท่ากันและมีการผลิตเหมือนกัน และเป็น**โรงงานขนาดใหญ่ 8 แห่ง ผลรวมการผลิตของโรงงานมากกว่า 60%** ของการผลิตรวมของประเทศที่อ้างอิงจาก TCMA 2559

Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Cement Industry)





ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ.

ค่าเฉลี่ยรายปีของปูนเม็ด

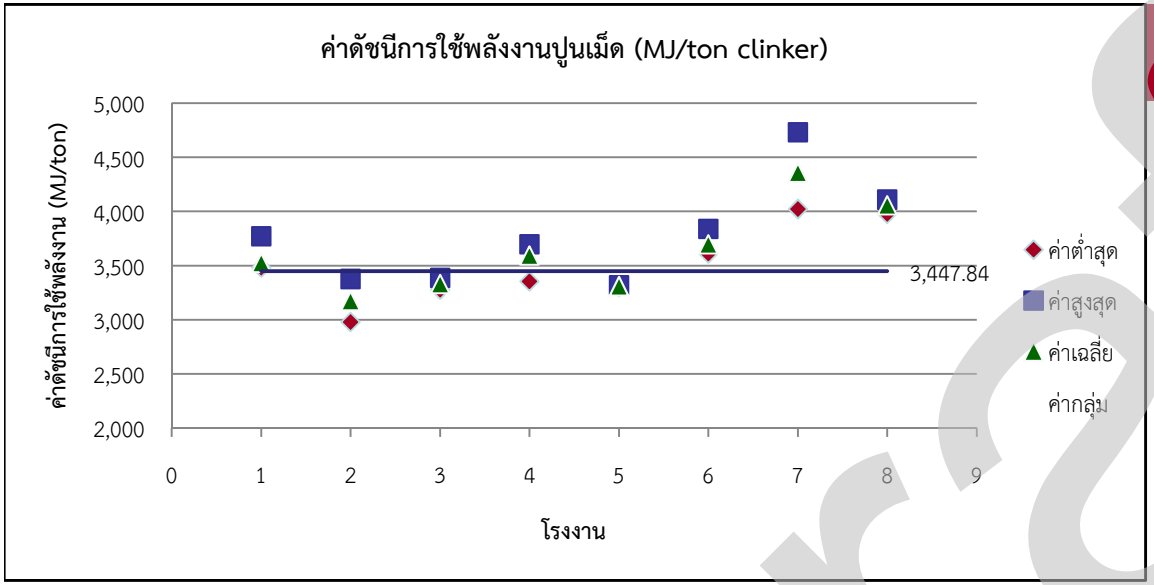
2555	3,303.5 8	MJ/ton Clinker
2556	3,408.69	MJ/ton Clinker
2557	3,487.85	MJ/ton Clinker
2558	3,475.27	MJ/ton Clinker
ค่าเฉลี่ย	3,447.84	MJ/ton Clinker

ค่าเฉลี่ยรายปีของปูนซีเมนต์

2555	101.19	kWh/ton Cement
2556	108.10	kWh/ton Cement
2557	108.65	kWh/ton Cement
2558	98.08	kWh/ton Cement
ค่าเฉลี่ย	104.24	kWh/ton Cement

Draft

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Cement Industry)



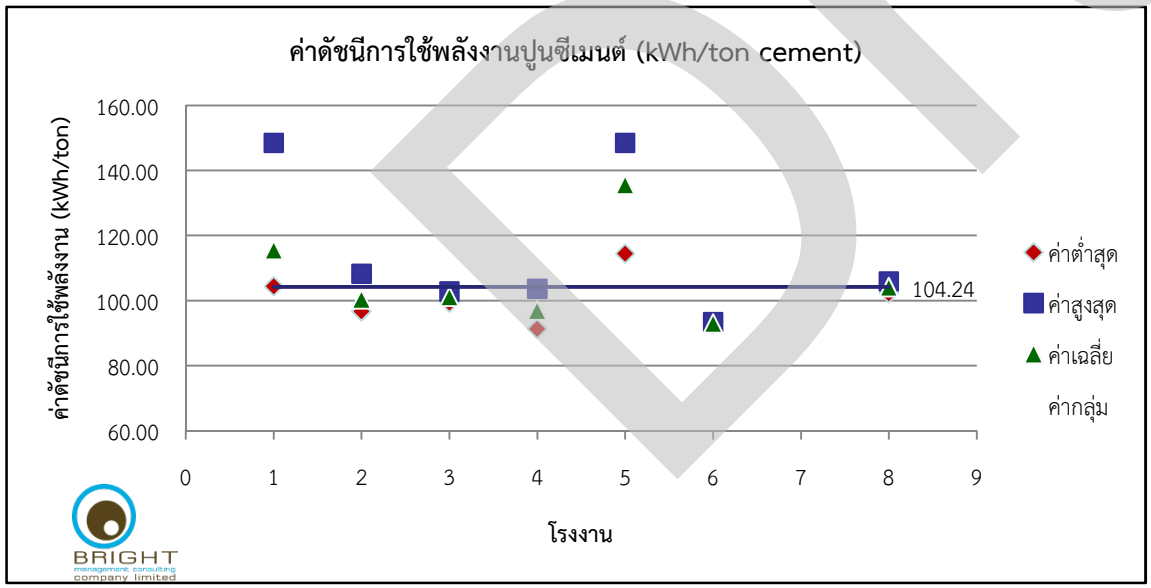
ค่า SEC เฉลี่ยรายโรงงานจากข้อมูล พพ.

ปูนเม็ด

ค่าต่ำสุด = 2,977.94 MJ/ton Clinker

ค่าสูงสุด = 4,730.54 MJ/ton Clinker

ค่าเฉลี่ย = 3,447.84 MJ/ton Clinker



ปูนซีเมนต์

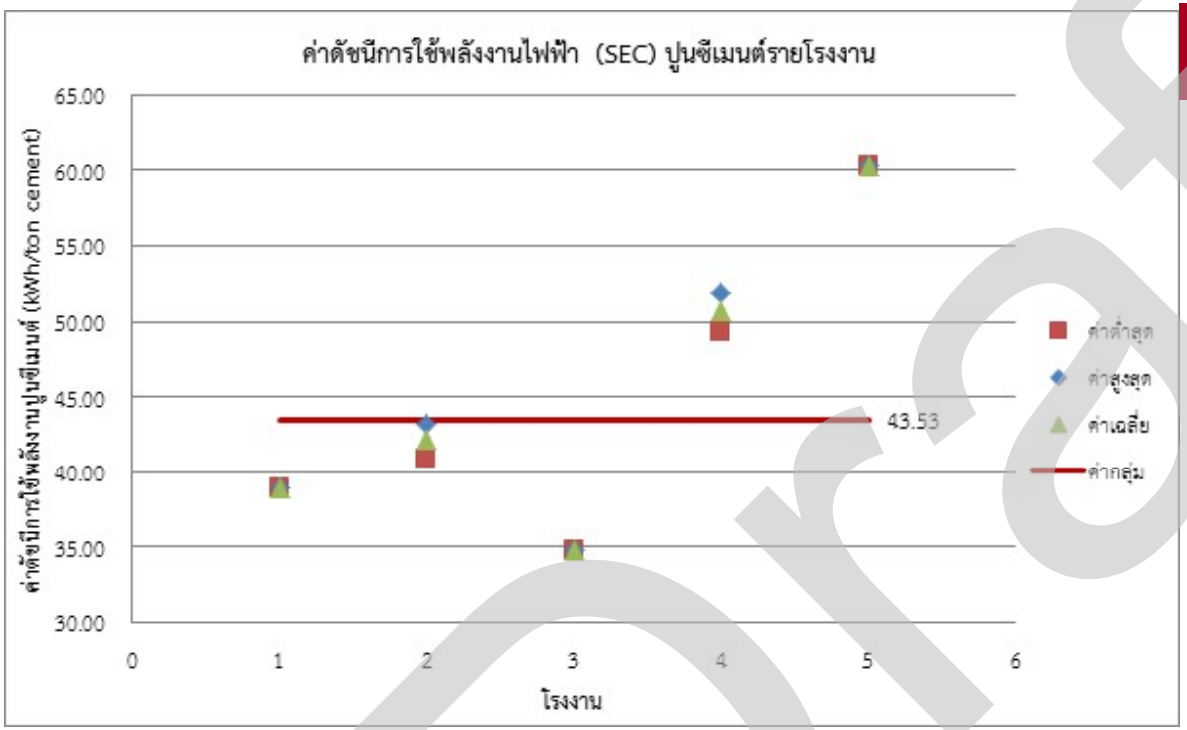
ค่าต่ำสุด = 91.30 kWh/ton Cement

ค่าสูงสุด = 148.55 kWh/ton Cement

ค่าเฉลี่ย = 104.24 kWh/ton Cement

Draft

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Cement Industry)



ค่า SEC เฉลี่ยรายโรงงาน

ปูนซีเมนต์

ค่าต่ำสุด = 35.00 kWh/ton Cement

ค่าสูงสุด = 60.00 kWh/ton Cement

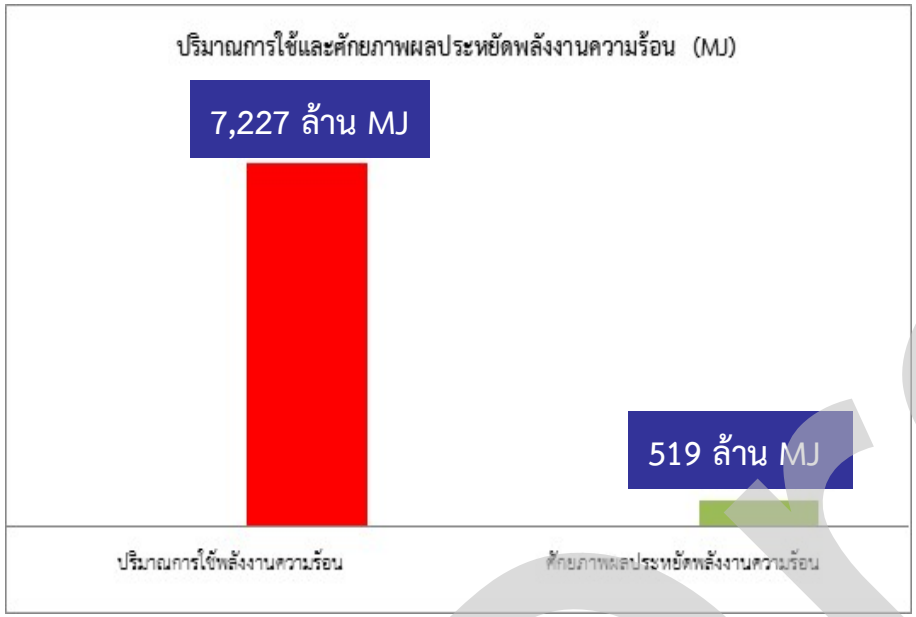
ค่าเฉลี่ย = 43.53 kWh/ton Cement

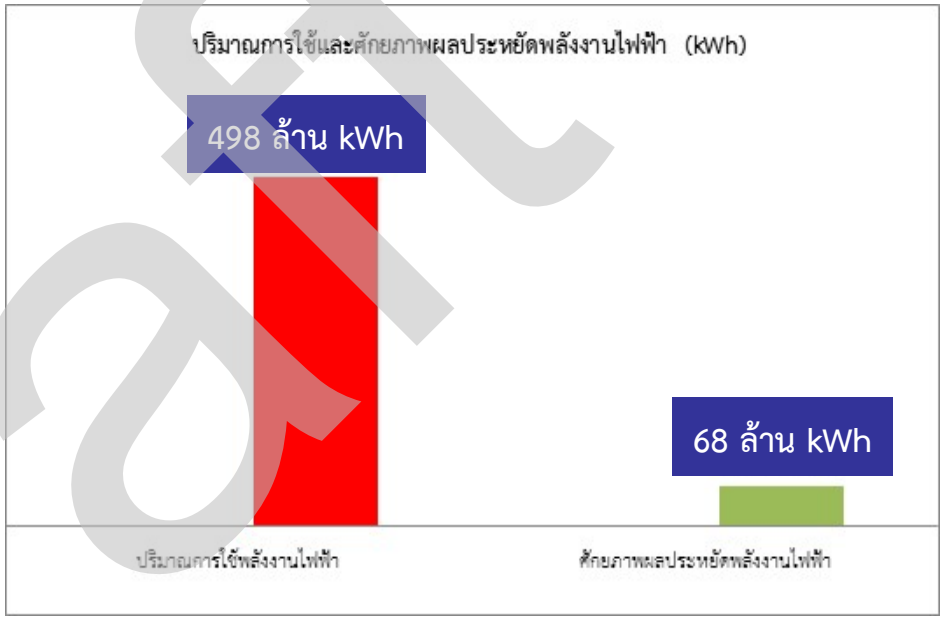
Draft

BRIGHT management consulting company limited

ศักยภาพในการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรม

ผลประหยัดพลังงาน





ประเภทผลิตภัณฑ์	ปริมาณการผลิตเฉลี่ย (ล้านตัน)	ค่า SEC เฉลี่ย		
		Existing, PMR (ค่าเฉลี่ยจากฐานข้อมูล พพ.)	ค่าจาก BAT	หน่วย
ปูนเม็ด	29.16	3,447.84	3,200.00	MJ/ตันปูนเม็ด
ปูนซีเมนต์	34.99	104.24	90.00	kWh/ตันปูนซีเมนต์

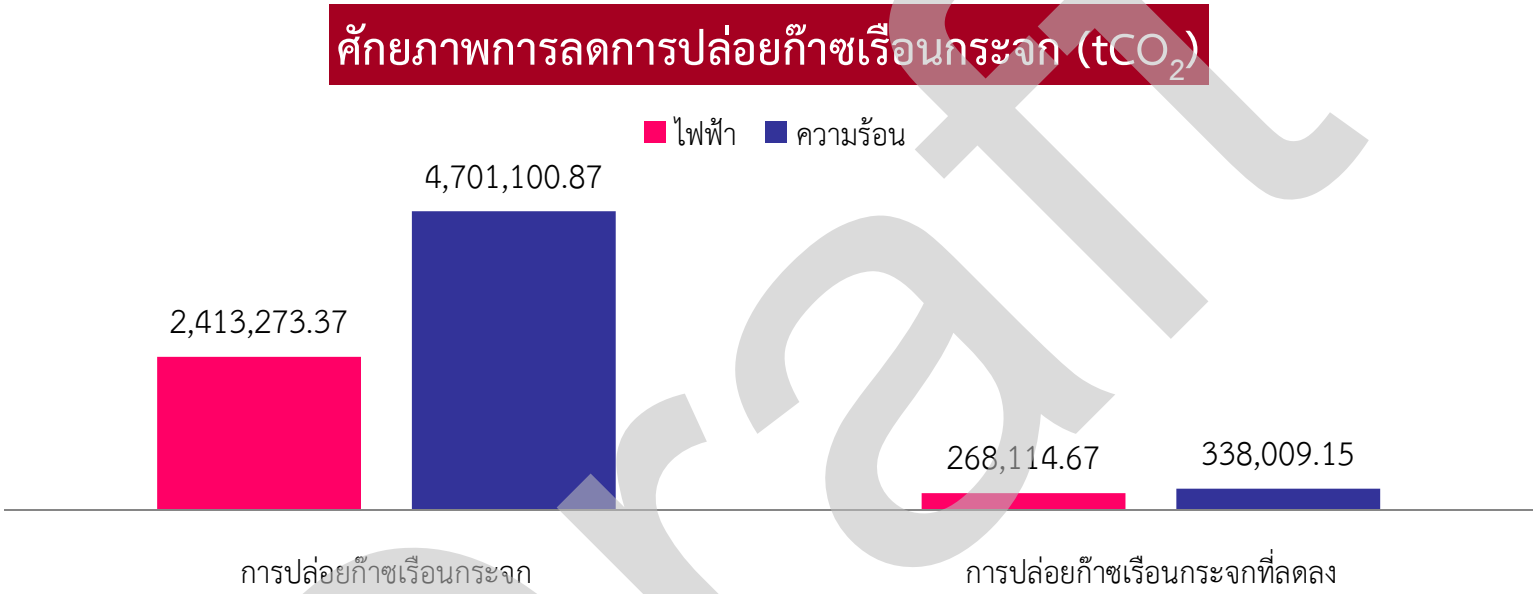
หมายเหตุ: ผลประหยัด = Production x ($SEC_{existing,PMR}$ – SEC_{BAT})

$SEC_{existing,PMR}$ ค่า SEC เฉลี่ยจากฐานข้อมูล พพ.

SEC_{BAT} ค่า SEC เฉลี่ยจาก BAT

Draft

ศักยภาพการลดก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรม



ชนิดพลังงานที่ประหยัด	% ผลประหยัด	การปล่อยก๊าซเรือนกระจก	การปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง
ไฟฟ้า	11.11%	2,413,273.37	268,114.67
ความร้อน	7.19%	4,701,100.87	338,009.15
รวม		7,114,374.24	606,123.82

Draft

BRIGHT management consulting company limited

มาตรการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Cement Industry)

ลำดับ	ชื่อมาตรการ	เทคโนโลยีเดิม	เทคโนโลยีใหม่	ผลประหยัด (%)	เงินลงทุน
1	Kiln Shell Heat Loss Reduction	-	-	0.35 - 0.54 MBtu/ton clinker	$0.23/annual ton clinker capacity
2	Vertical raw mill replacement	Tube mill	Vertical roller mill	20%	$5.6/ton raw material
3	Adjustable Speed Drive for Kiln Fan	Fixed speed Fan	VSD	5 kWh/ton clinker	> 300 kW $75 /kW
4	Heat Recovery for Power Generation	No heat recovery	Waste heat boiler for steam and power generation	30% electrical savings	$9 - 16/ton clinker
5	Increase the Number of Preheater Stages (5 to 6 stages)	4 or 5 stages cyclone preheater	6 stages cyclone preheater	0.12 MBtu/ton clinker	$2 - 5/annual ton clinker
6	Replace Ball Mills with Vertical Roller Mills	Tube mill	Vertical roller cement mill	40% electrical savings	$6.6 - $39/ton cement
7	Modification of High efficiency classifiers	Conventional classifiers	High efficiency classifiers	8% electrical savings	$2.0/annual ton raw material production
8	High efficiency motor replacement	Standard motors	High efficiency motors	3 - 5%	
9	Adjustable Speed Drive for Fan	Fixed speed Fan	VSD		30 - 300 kW $120-140 /kW > 300 kW $75 /kW
10	Compressed air system improvement	-	-	3 - 5%	

หมายเหตุ: เทคโนโลยีในปัจจุบันเป็นแบบแห้ง (Dry Process) เตาเผาแบบหมุน (Rotary Kiln)

Draft

มาตรการประหยัดพลังงานจากแนวทางปฏิบัติที่ดี (Best Practices)

1. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide, 2013

Specific thermal energy demand (MJ/tonne clinker)	Process
3,000 – < 4,000	For the dry process, multistage (three to six stages) cyclone preheaters and precalcining kilns
3,100 – 4,200	For the dry process rotary kilns equipped with cyclone preheaters
3,300 – 5,400	For the semi-dry/semi-wet processes (Lepol kiln)
up to 5,000	For the dry process long kilns
5,000 – 6,400	For the wet process long kilns
3 ,00 – 6,500 and higher	For shaft kilns and for the production of special cements

Source: [75, Estonia, 2006] [76, Germany, 2006] [84, CEMBUREAU, 2006], [92, Austria, 2006], [120, Spain, 2007], [168, TWG CLM, 2007]

2. Improving Thermal and Electric Energy Efficiency At Cement Plants: International Best Practice

Specific Thermal Energy Consumption by Rotary Kiln Type	
Kiln Type	Heat Input (MJ/ton of clinker)
Wet	5,860–6,280
Long Dry	4,600
1-Stage Cyclone Suspension Preheater	4,180
2-Stage Cyclone Suspension Preheater	3,770
4-Stage Cyclone Suspension Preheater	3,550
4-Stage Cyclone Suspension Preheater plus Calciner	3,140
5-Stage Cyclone Suspension Preheater plus Calciner plus High- Efficiency Cooler	3,010
6-Stage Cyclone Suspension Preheater plus Calciner plus High- Efficiency Cooler	<2,930

Source: Based on N. A. Madlool et al., “A Critical Review on Energy Use and Savings in the Cement Industries,” Renewable and Sustainable Energy Reviews 15, no. 4 (2011): 2,042–60.\

Draft

BRIGHT management consulting company limited

มาตรการประหยัดพลังงานจากแนวทางปฏิบัติที่ดี (Best Practices)

Energy Efficiency Measure	Specific Fuel Savings (Mbtu/ton cement)	Specific Electricity Savings	Estimated Payback Period [1] [2]
	Raw Materials Preparation		
Mechanical Transport Systems	-	1.0 - 3.0	>3 [1]
Improved Pneumatic Systems	-	1.6	N/A [1]
Improved Raw Mill Blending	0.00 - 0.02	0.7 - 2.3	>10
Use of Vertical Roller Mills	-	9.2 - 10.9	>10
Use of High-Pressure Roller Presses	-	16.9 - 17.5	7-8 [1]
High Efficiency Classifiers	-	3.9 - 5.3	>10 [1]
Separate Raw Material Grinding	-	0.8 - 1.2	>10 [1]
Raw Meal Process Control	-	1.2 - 1.6	1
Fuel Preparation	-	0.6 - 1.9	N/A [1]

Draft

BRIGHT management consulting company limited

มาตรการประหยัดพลังงานจากแนวทางปฏิบัติที่ดี (Best Practices)

Energy Efficiency Measure	Specific Fuel Savings (Mbtu/ton cement)	Specific Electricity Savings	Estimated Payback Period (1) (2)
Clinker Making			
Energy Management and Control Systems	0.08 - 0.16	0 - 3.9	<2
Kiln Combustion System Improvements	0.06 - 0.32	-	<1
Mineralized Clinker	0.14	0- - 0.8	N/A
Indirect Firing	0.12 - 0.18	0- - 0.5	>10 (1)
Oxygen Enrichment	0.16	23	N/A (1)
Mixing Air Technology (PH kilns)	0.16	0.02	2 (1)
Seal Replacement	0.01	-	<1
Kiln Shell Heat Loss Reduction	0.09 - 0.50	-	<1
Preheater Shell Heat Loss Reduction	0.02	-	6
Refractories	0.05	-	4
Conversion to Grate Cooler	0.25	2	>18
Optimize Grate Cooler	0.04 - 0.13	0.0 - 1.7	2 - 7
Low-Pressure Drop Suspension Preheaters	-	0.5 - 3.7	>10 (1)
Heat Recovery for Power Generation	-	18	2-14 (1)
Conversion of Long Dry to Preheater	0.60 - 1.30	-	>10
Increase Preheater Stages (from 5 to6)	0.1	-	>7 (1)
Addition of Precalciner or Upgrade	0.12 - 0.54	-	>10 (1)
Conversion of Long Dry Kiln to Preheater Precalciner	0.84 - 1.11	-	>10 (1)
Efficient Mill Drives	-	0.8 - 3.2	1

Draft

มาตรการประหยัดพลังงานจากแนวทางปฏิบัติที่ดี (Best Practices)

Energy Efficiency Measure	Specific Fuel Savings (Mbtu/ton cement)	Specific Electricity Savings	Estimated Payback Period (1) (2)
Plant Wide Measures			
Preventative Maintenance	0.04	0.0 - 5.0	<1
High Efficiency Motors	-	0.0 - 5.0	<1
Adjustable Speed Drives	-	5.5 - 9.0	1-3
Optimization of Compressed Air Systems	-	0.0 - 2.0	<3
High Efficiency Fans	-	0.9	N/A
Efficient Lighting	-	0.0 - 0.5	N/A
Product Change			
Higher Alkali Cement	0.10 - 0.33	N/A	Immediate
Blended Cement	0.9	-15	1-3
Limestone Portland Cement	0.17	3	<1
Reducing Fineness	-	0.0 - 14.0	Immediate

Draft

BRIGHT management consulting company limited

มาตรการประหยัดพลังงานจากแนวทางปฏิบัติที่ดี (Best Practices)

Energy Efficiency Measure	Specific Fuel Savings (Mbtu/ton cement)	Specific Electricity Savings	Estimated Payback Period (1) (2)
Alternative Fuels			
Fuel Switching	0.16- -0.28	0.0- -2.5	N/A
Biomass and Waste	0.00- -0.43	0.0- -2.5	<4
Tire Derived Fuel	-	-1.5	N/A

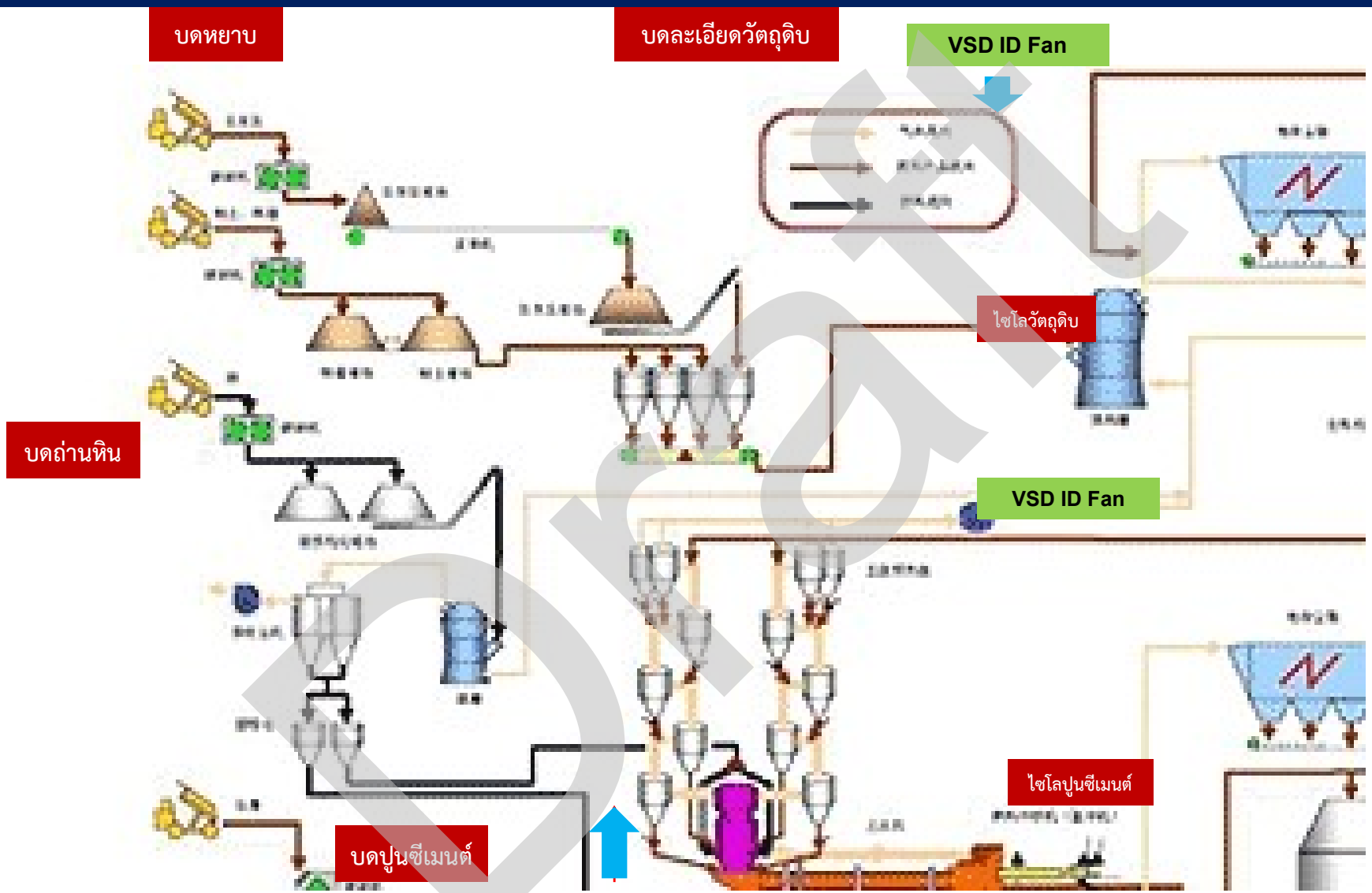
(1) Payback periods are calculated on the basis of energy savings alone. In reality this investment may be driven by other considerations than energy efficiency (e.g. productivity, product quality), and will happen as part of the normal business cycle or expansion project. Under these conditions the measure will have a lower payback period depending on plant-specific conditions.

(2) Fuel and electricity costs used in the calculation of the payback periods are based on the U.S. cement industry's energy expenditures as reported by the U.S. Energy Information Administration in the 2006 Manufacturers Energy Consumption Survey. The cost of electricity is $0.058/kWh and the cost of fuel is $2.61/MBtu.

Source: Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for Cement Making An ENERGY STAR® Guide for Energy and Plant Managers https://www.energystar.gov/sites/default/files/buildings/tools/ENERGY%20STAR%20Guide%20for%20the%20Cement%20Industry%2028_08_2013%20Final.pdf

Draft

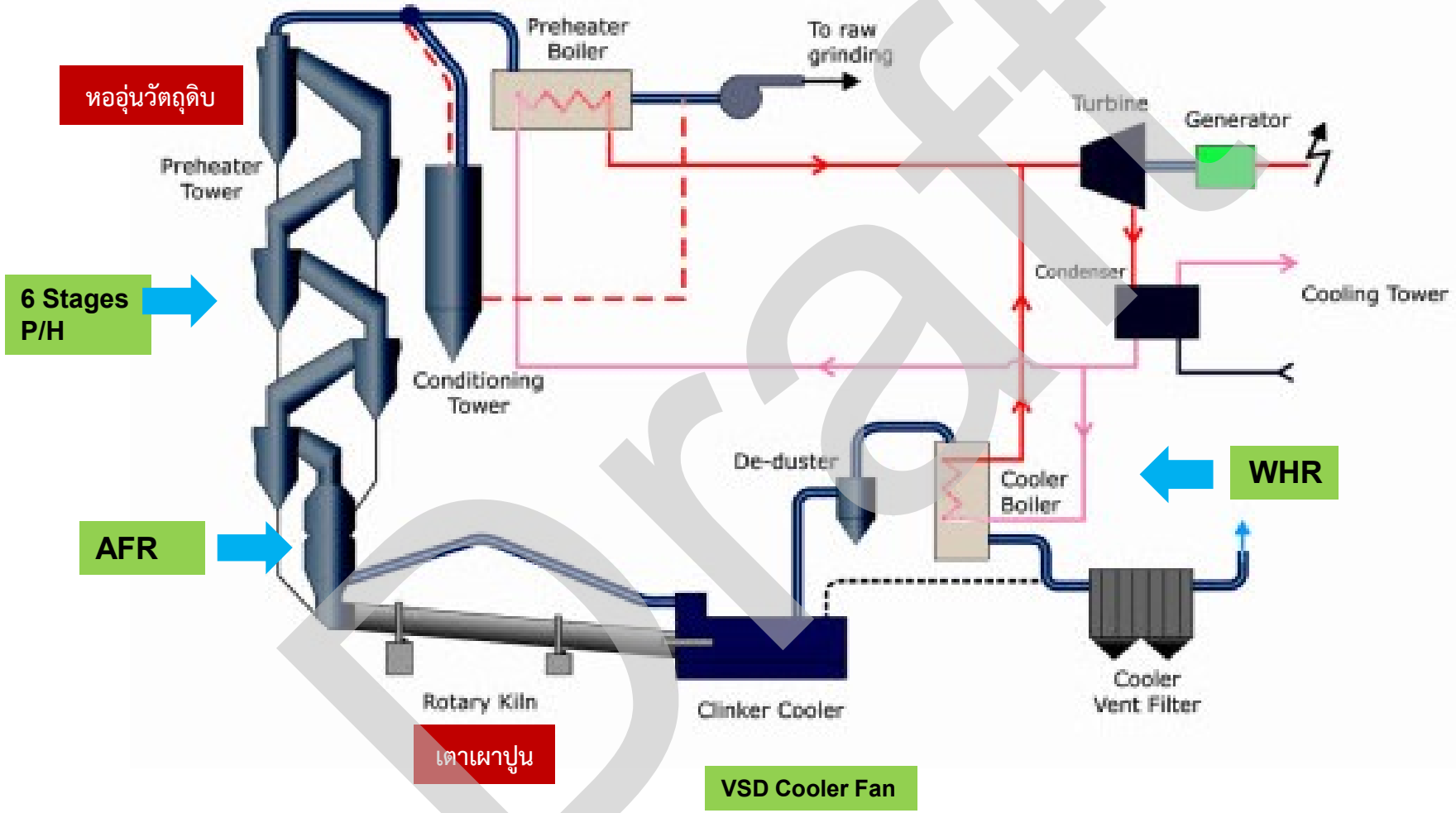
มาตการของอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์



Draft

BRIGHT management consulting company limited

มาตการของอุตสาหกรรมผลิตปูนซีเมนต์



Draft

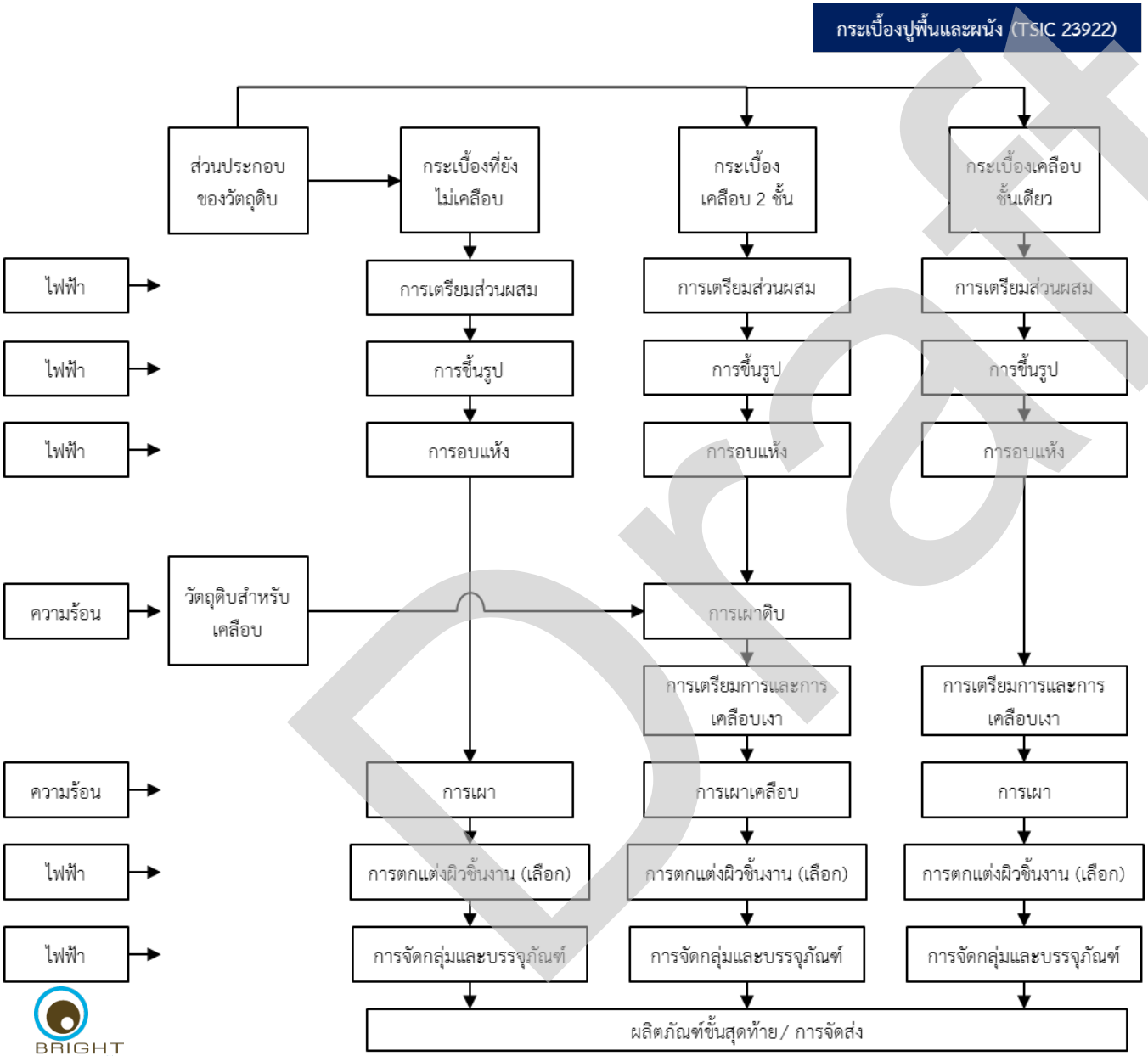
BRIGHT management consulting company limited

อุตสาหกรรมเซรามิก

Draft

BRIGHT
management consulting
company limited

อุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องปูพื้นและแผ่นเซรามิก

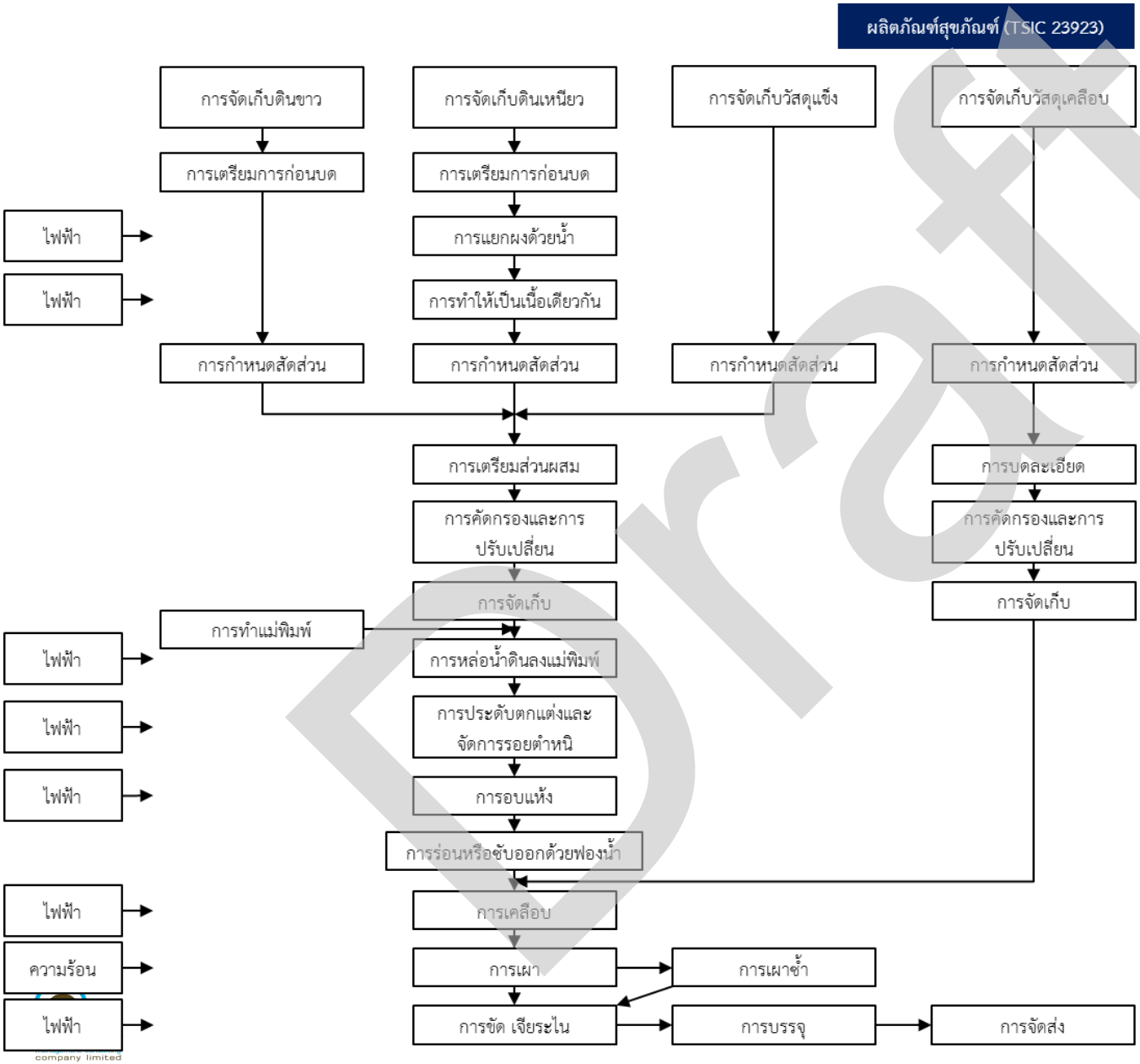


ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)
หน่วย kWh/ตัน

ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)
หน่วย MJ/ตัน

Draft

อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิก

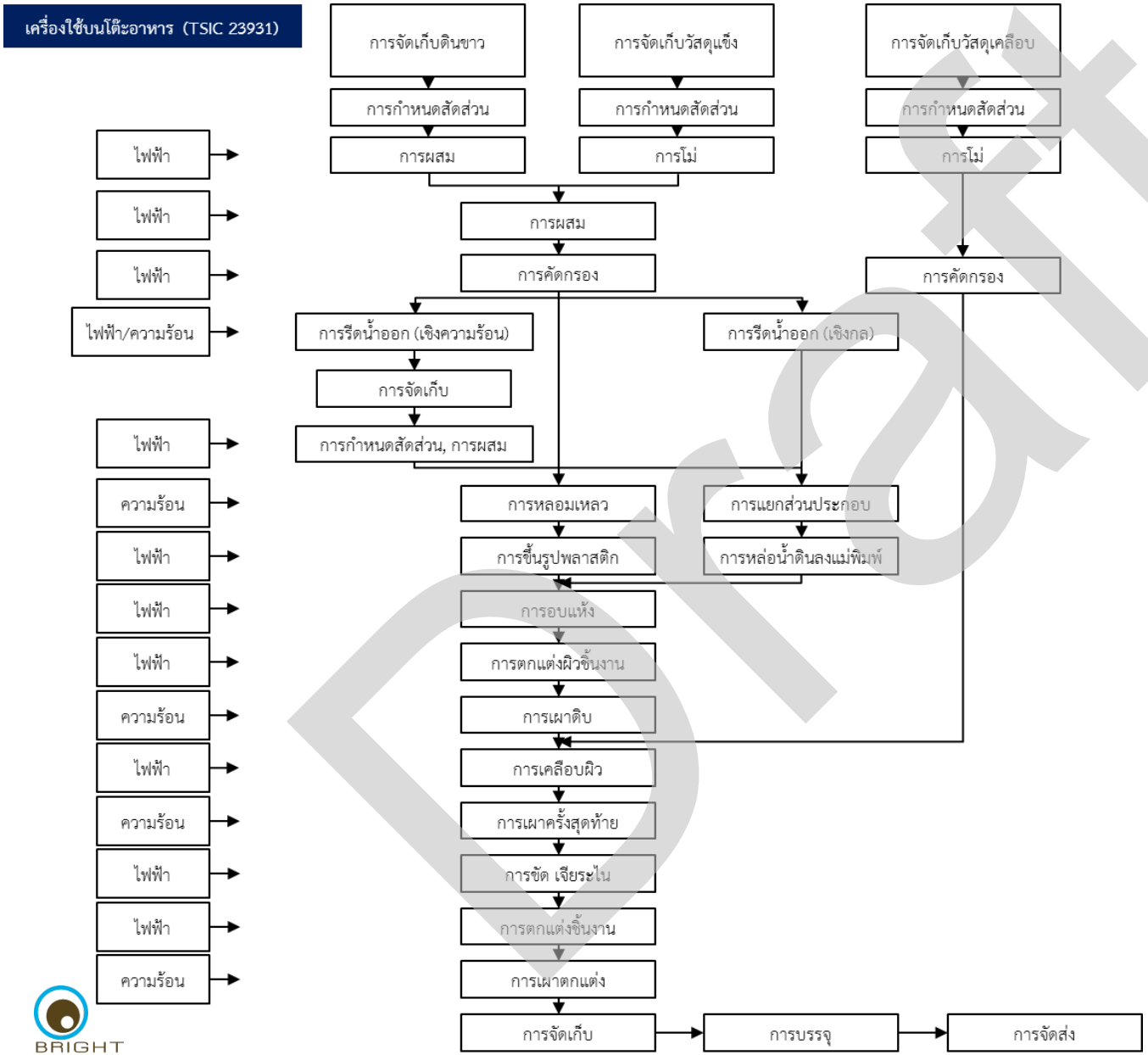


ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)
หน่วย kWh/ตัน

ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)
หน่วย MJ/ตัน

Draft

อุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องใช้บนโต๊ะอาหารที่ทำจากเซรามิก



ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)
หน่วย kWh/ตัน

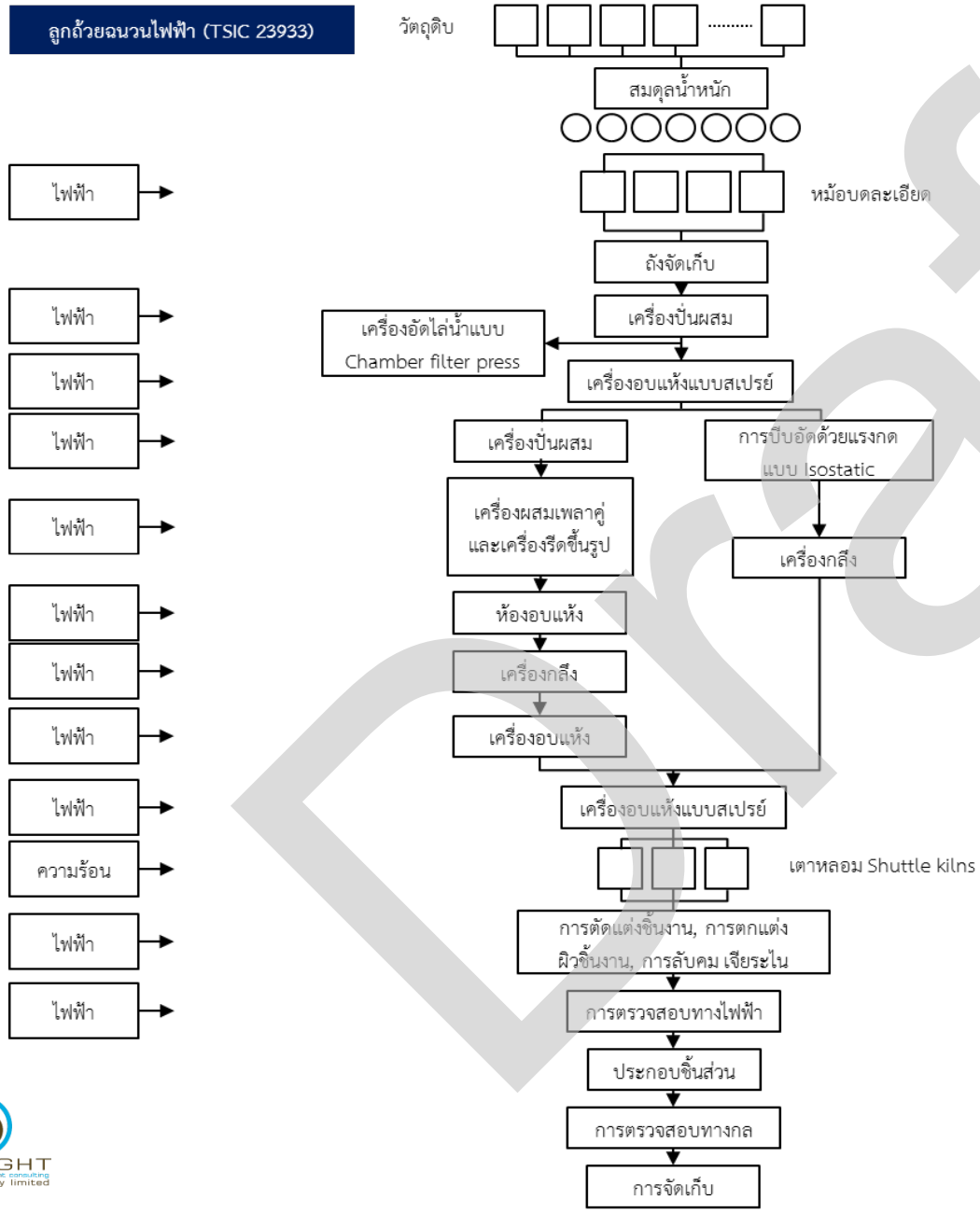
ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)
หน่วย MJ/ตัน

ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)
หน่วย kWh/ตัน

ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)
หน่วย MJ/ตัน

Draft

อุตสาหกรรมการผลิตฉนวนไฟฟ้าและอุปกรณ์ติดตั้ง



ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)
หน่วย kWh/ตัน

ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)
หน่วย MJ/ตัน

Draft

การวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption)

การวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน ในกระบวนการผลิต

ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (SEC_E)

$$\mathbf{SEC} = \frac{\text{การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี } (\boldsymbol{kWh/a})}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อปี}(\boldsymbol{tonne/a})}$$

ค่าดัชนีการใช้พลังงานความร้อน (SEC_{TH})

$$\mathbf{SEC} = \frac{\text{การใช้พลังงานความร้อนของกระบวนการผลิตต่อปี } (\boldsymbol{MJ/a})}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อปี } (\boldsymbol{tonne/a})}$$

ผลิตภัณฑ์

- กระเบื้องปูพื้นและแผ่นเซรามิก
- เครื่องสุขภัณฑ์เซรามิก
- ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร
- ฉนวนไฟฟ้าและอุปกรณ์ติดตั้ง

ค่าดัชนีการใช้พลังงานรวม (SEC_T)

$$\mathbf{SEC} = \frac{\text{การใช้พลังงานรวมของกระบวนการผลิตต่อปี } (\boldsymbol{MJ/a})}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อปี } (\boldsymbol{tonne/a})}$$

ค่าดัชนีการใช้พลังงานรวม = (SEC_E * 3.6) + SEC_{TH}

Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องปูพื้นและแผ่นเซรามิก (TSIC 23922)

วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน	ปี พ.ศ.	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิตเฉลี่ยต่อปี (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อปี			ค่าดัชนีการใช้พลังงานรวม (MJ/ตัน)		
				ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
ค่าเฉลี่ยจากฐานข้อมูล พพ.	2555 - 2558	5	239,005.39	35,951,894.71	966,346,048.97	1,095,772,869.92	2,832.87	8,385.49	4,584.72
ค่าเฉลี่ยจากสมการพลังงาน	2555 - 2558	5				1,549,100,156.86	5,954.67	6,785.70	6,481.44

สมการพลังงาน: พลังงานรวม (MJ) = 67.857 x ปริมาณการผลิต (ตัน) x Capacity Factor (%)

อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิก (TSIC 23923)

วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน	ปี พ.ศ.	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิตเฉลี่ยต่อปี (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อปี			ค่าดัชนีการใช้พลังงานรวม (MJ/ตัน)		
				ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
ค่าเฉลี่ยจากฐานข้อมูล พพ.	2555 - 2558	9	16,178.24	12,941,106.67	247,546,053.76	294,134,037.77	10,447.95	24,116.86	18,180.85
ค่าเฉลี่ยจากสมการพลังงาน	2555 - 2558	9				386,402,621.75	18,841.00	25,623.20	23,884.10

สมการพลังงาน: พลังงานความรวม (MJ) = 256.232 x ปริมาณผลผลิต (ตัน) x Capacity Factor (%)

Draft

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องใช้บนโต๊ะอาหารที่ทำจากเซรามิก (TSIC 23931)

วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน	ปี พ.ศ.	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิตเฉลี่ยต่อปี (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อปี			ค่าดัชนีการใช้พลังงานรวม (MJ/ตัน)		
				ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
ค่าเฉลี่ยจากฐานข้อมูล พพ.	2555 - 2558	7	6,026.34	6,634,540.27	145,160,107.88	169,044,452.87	11,943.98	65,641.29	28,050.93
ค่าเฉลี่ยจากสมการพลังงาน	2555 - 2558	7				148,847,435.42	15,531.79	28,193.10	24,699.48

สมการพลังงาน: พลังงานความรวม (MJ) = 281.931 x ปริมาณผลผลิต (ตัน) x Capacity Factor (%)

อุตสาหกรรมการผลิตฉนวนไฟฟ้าและอุปกรณ์ติดตั้งซึ่งใช้เป็นฉนวนที่ทำจากเซรามิก (TSIC 23922)

วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน	ปี พ.ศ.	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิตเฉลี่ยต่อปี (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อปี			ค่าดัชนีการใช้พลังงานรวม (MJ/ตัน)		
				ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ต่ำสุด	สูงสุด	เฉลี่ย
ค่าเฉลี่ยจากฐานข้อมูล พพ.	2555 - 2558	2	2,188.93	2,055,622.00	46,764,701.31	54,164,940.51	14,552.86	27,586.37	24,744.94
ค่าเฉลี่ยจากสมการพลังงาน	2555 - 2558	2				65,969,486.64	27,829.23	31,166.80	30,137.78

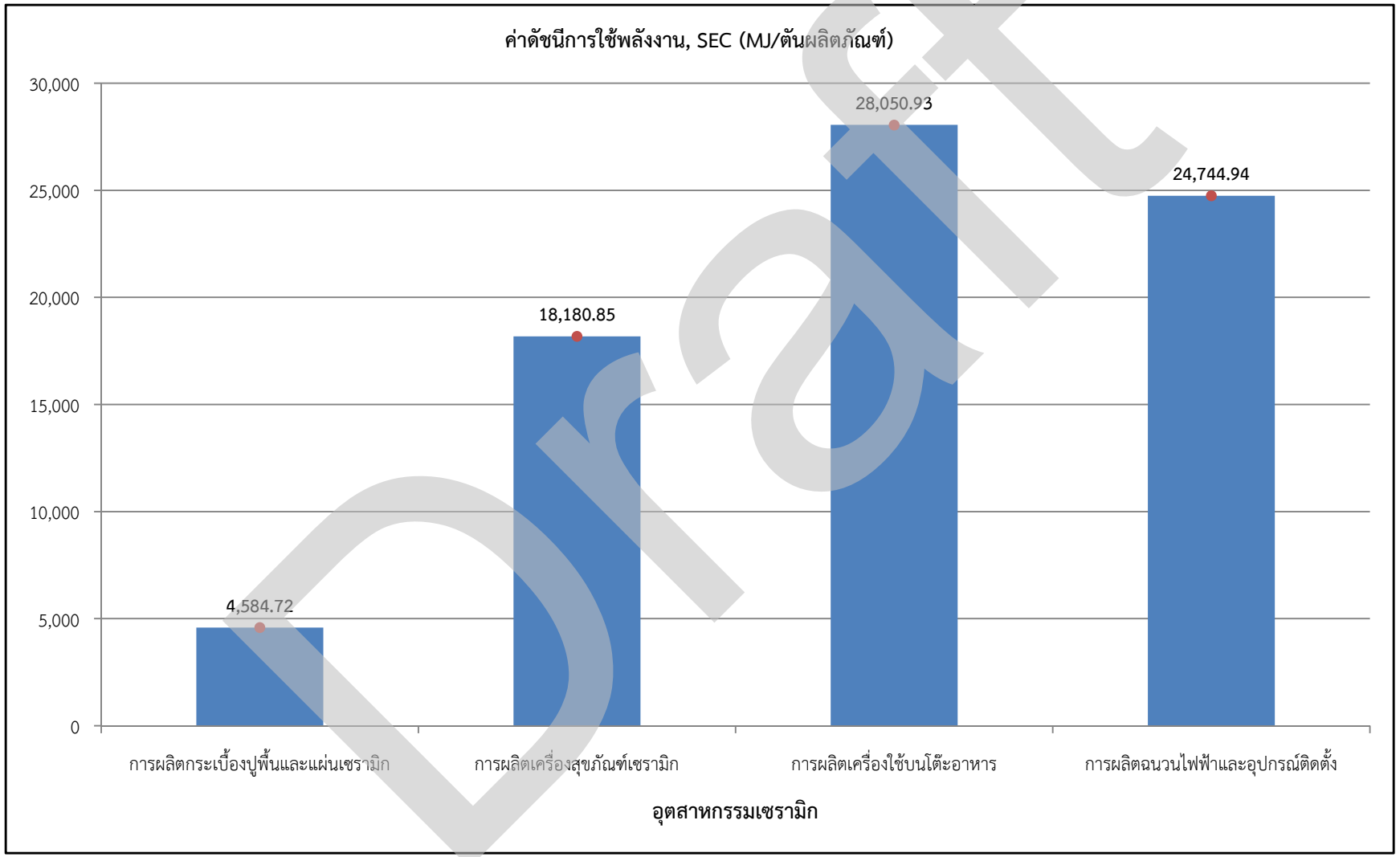
สมการพลังงาน: พลังงานความรวม (MJ) = 311.668 x ปริมาณผลผลิต (ตัน) x Capacity Factor (%)

Draft

ศักยภาพในการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมเซรามิก

ผลการศึกษาค่า SEC จากฐานข้อมูล พพ.



Draft

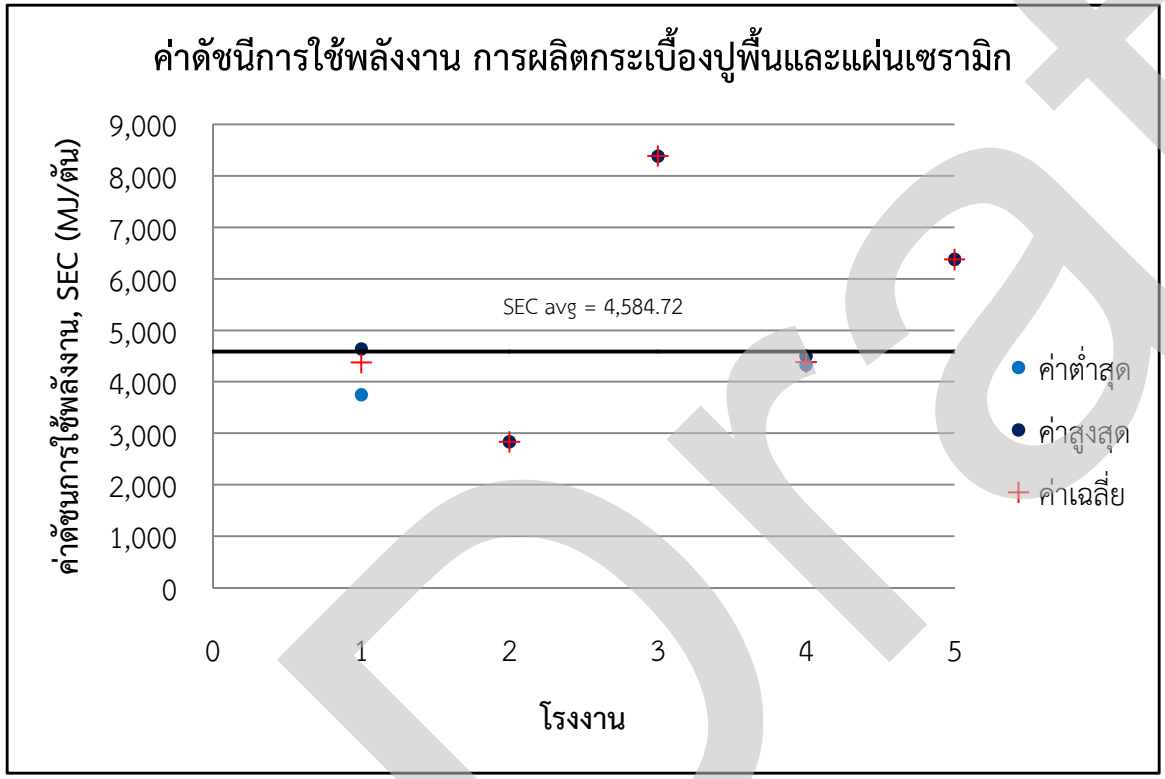
กราฟแสดงค่าดัชนีการใช้พลังงานเฉลี่ยรายผลิตภัณฑ์

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องปูพื้นและแผ่นเซรามิก (TSIC 23922)

ผลการศึกษาค่า SEC จากฐานข้อมูล พพ.



ค่าดัชนีการใช้พลังงาน, SEC (MJ/ตัน)

ค่าต่ำสุด	2,832.87
ค่าสูงสุด	8,385.49
ค่าเฉลี่ย	4,584.72
จำนวน	5 โรงงาน (11 ข้อมูล)

กราฟแสดงค่าสูงสุด – ต่ำสุด - ค่าเฉลี่ย SEC รายโรงงาน

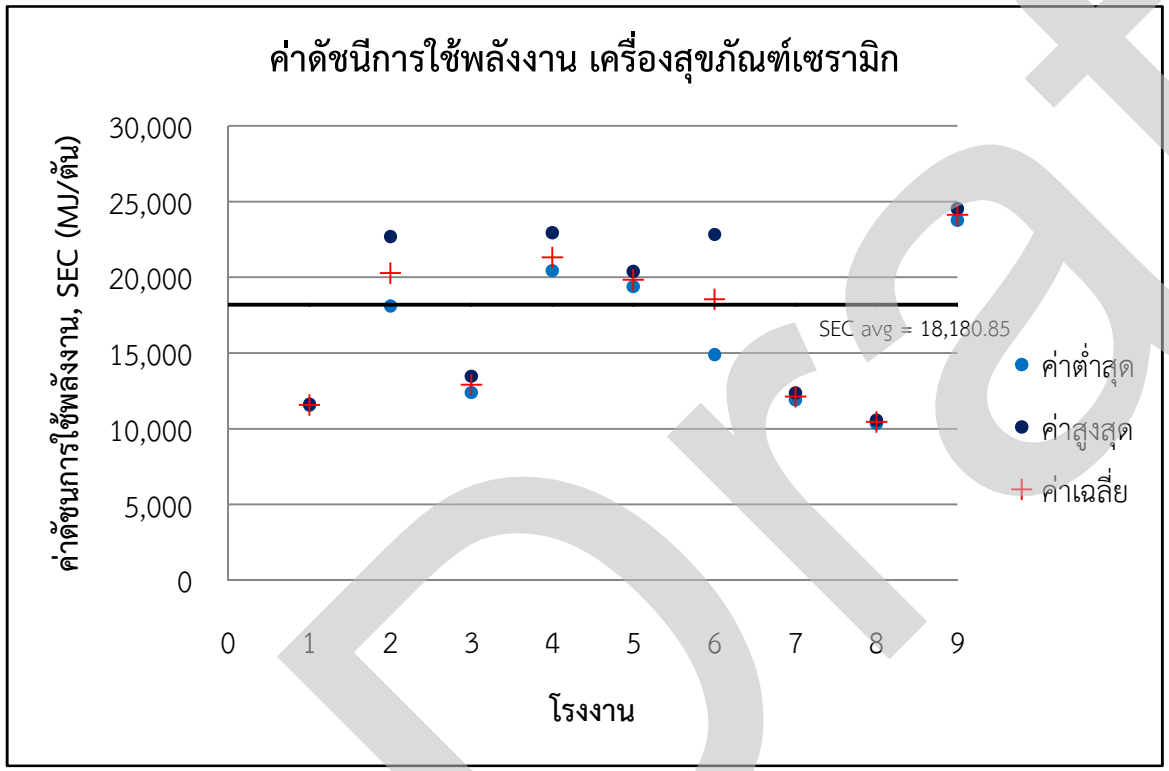
Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิก (TSIC 23923)

ผลการศึกษาค่า SEC จากฐานข้อมูล พพ.



ค่าดัชนีการใช้พลังงาน, SEC (MJ/ตัน)

ค่าต่ำสุด	10,346.66
ค่าสูงสุด	24,523.38
ค่าเฉลี่ย	18,180.85
จำนวน	9 โรงงาน (24 ข้อมูล)

กราฟแสดงค่าสูงสุด – ต่ำสุด - ค่าเฉลี่ย SEC รายโรงงาน

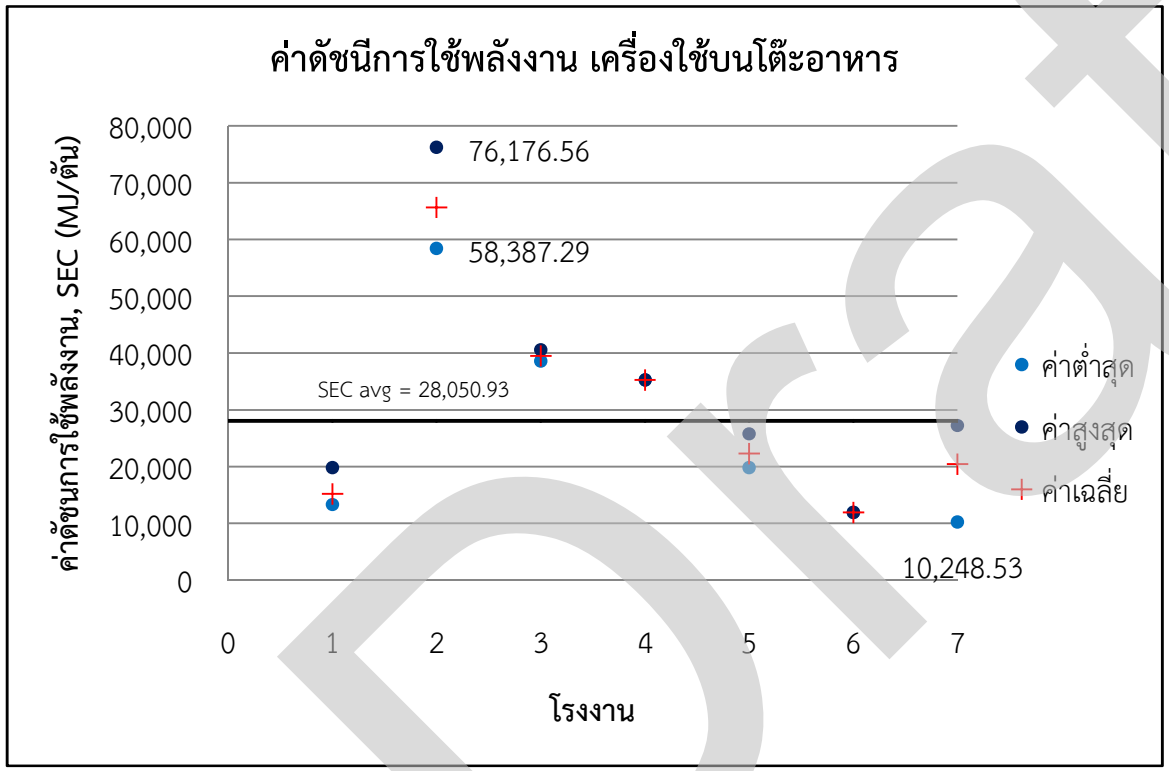
Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องใช้บนโต๊ะอาหารที่ทำจากเซรามิก (TSIC 23931)

ผลการศึกษาค่า SEC จากฐานข้อมูล พพ.



ค่าดัชนีการใช้พลังงาน, SEC (MJ/ตัน)

ค่าต่ำสุด	10,248.53
ค่าสูงสุด	76,176.56
ค่าเฉลี่ย	28,050.93
จำนวน	7 โรงงาน (19 ข้อมูล)

กราฟแสดงค่าสูงสุด – ต่ำสุด - ค่าเฉลี่ย SEC รายโรงงาน

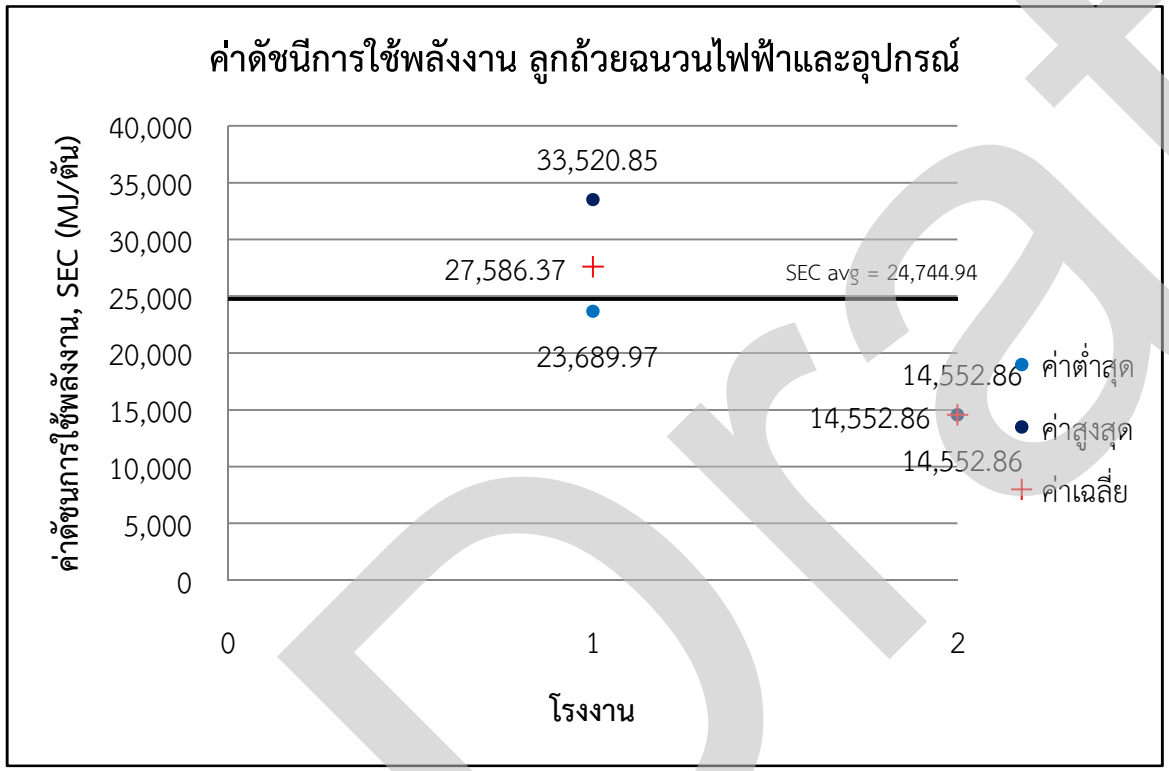
Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมการผลิตกระเบื้องปูพื้นและแผ่นเซรามิก (TSIC 23922)

ผลการศึกษาค่า SEC จากฐานข้อมูล พพ.



ค่าดัชนีการใช้พลังงาน, SEC (MJ/ตัน)	
ค่าต่ำสุด	14,552.86
ค่าสูงสุด	33,520.85
ค่าเฉลี่ย	24,744.94
จำนวน	2 โรงงาน (4 ข้อมูล)

กราฟแสดงค่าสูงสุด – ต่ำสุด - ค่าเฉลี่ย SEC รายโรงงาน

Draft

BRIGHT management consulting company limited

ศักยภาพในการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรม

ผลิตภัณฑ์	ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (MJ/ตัน)		ปริมาณการผลิตเฉลี่ยต่อปี (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานเฉลี่ยต่อปี (MJ)	ผลประหยัด	
	PMR	BAT/BPT			MJ	%
กระเบื้องปูพื้นและแผ่นเซรามิก	4,584.72	3,100.00 [1)]	239,005.39	1,095,772,869.92	354,856,082.64	32.38
เครื่องสุขภัณฑ์เซรามิก	18,180.85	12,200.00 [1)]	16,178.24	294,134,037.77	96,759,626.70	32.90
ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร	28,050.93	24,280.00 [2)]	6,026.34	169,044,452.87	22,724,906.30	13.44
ฉนวนไฟฟ้าและอุปกรณ์ติดตั้ง	24,744.94	15,010.00 [3)]	2,188.93	54,164,940.51	21,309,102.21	39.34
รวม				1,613,116,301.07	495,649,717.86	30.73

ที่มา:

1) Best Practices and Case Studies for Industrial Energy Efficiency Improvement, February 2016

2) Energy Consumption and Greenhouse Gas Emission from Ceramic Tableware Production: A Case Study in Lampang, Thailand, November 2015

3) Redefining the present innovating for a sustainable, Sustainability Report, 2016

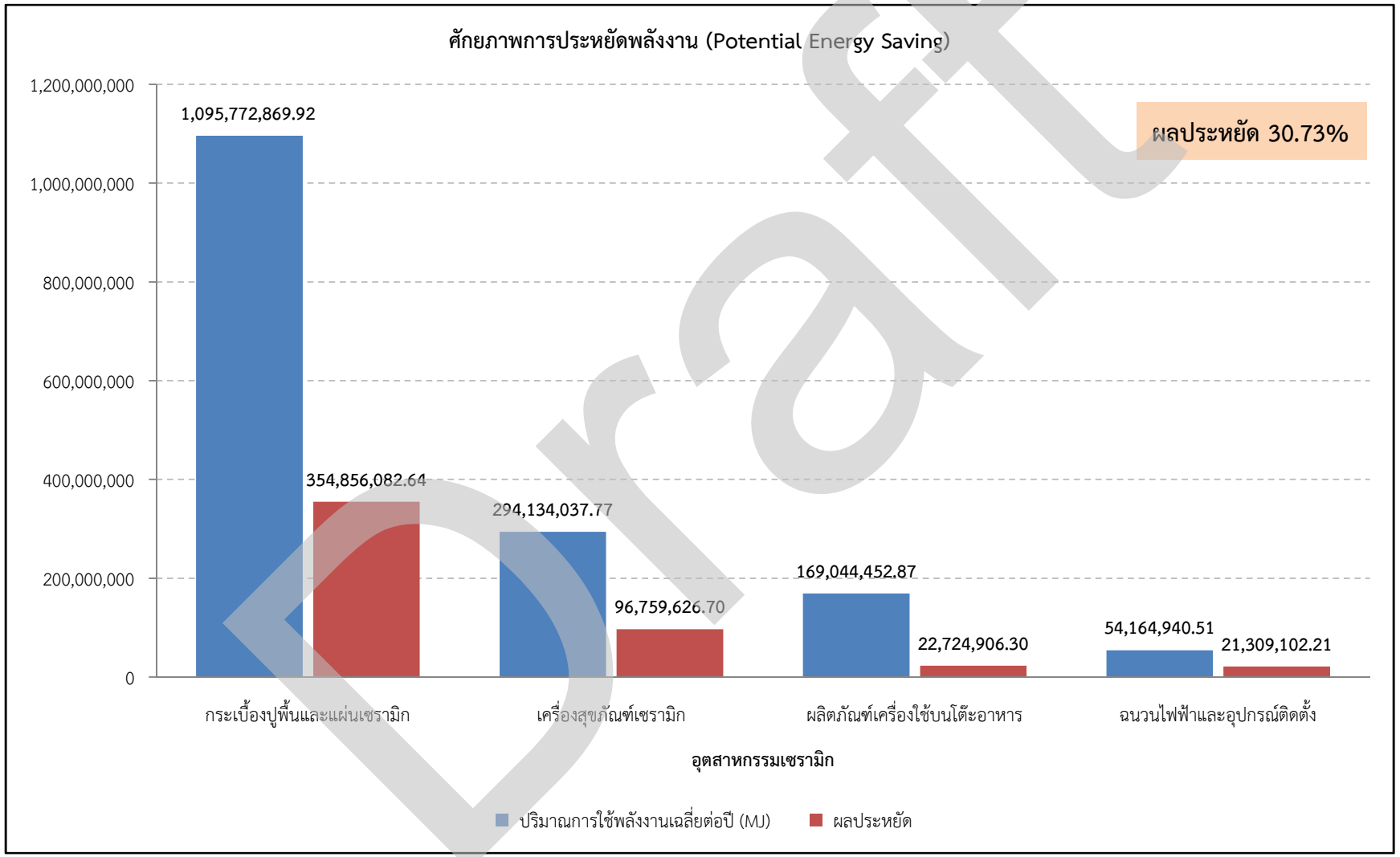
Draft

BRIGHT management consulting company limited

ศักยภาพในการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมเซรามิก

ผลการศึกษาค่า SEC จากฐานข้อมูล พพ.

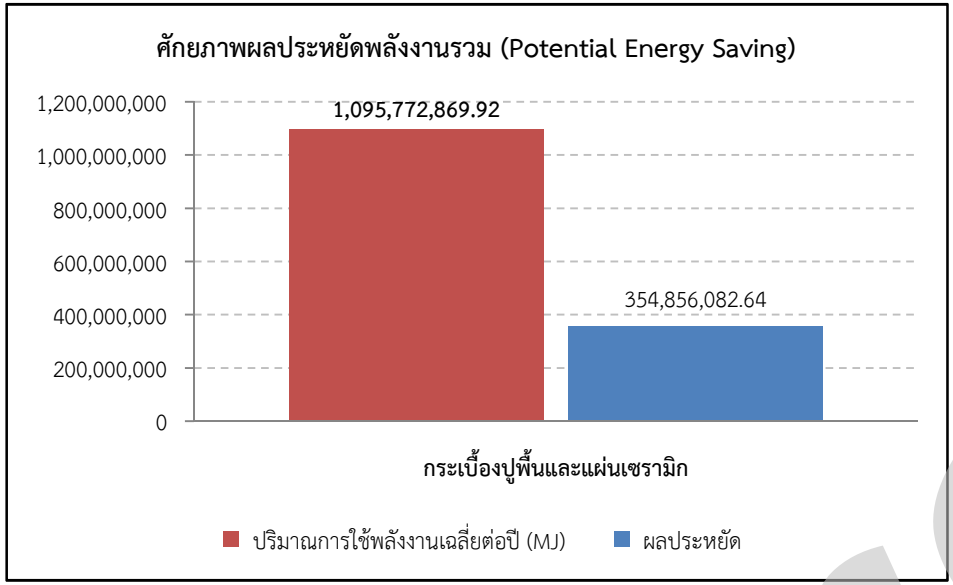


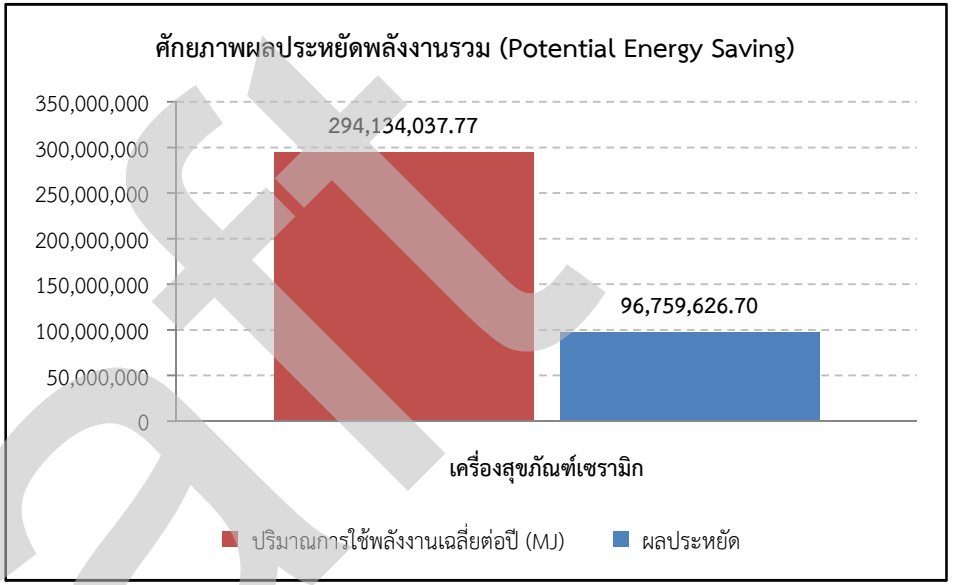
Draft

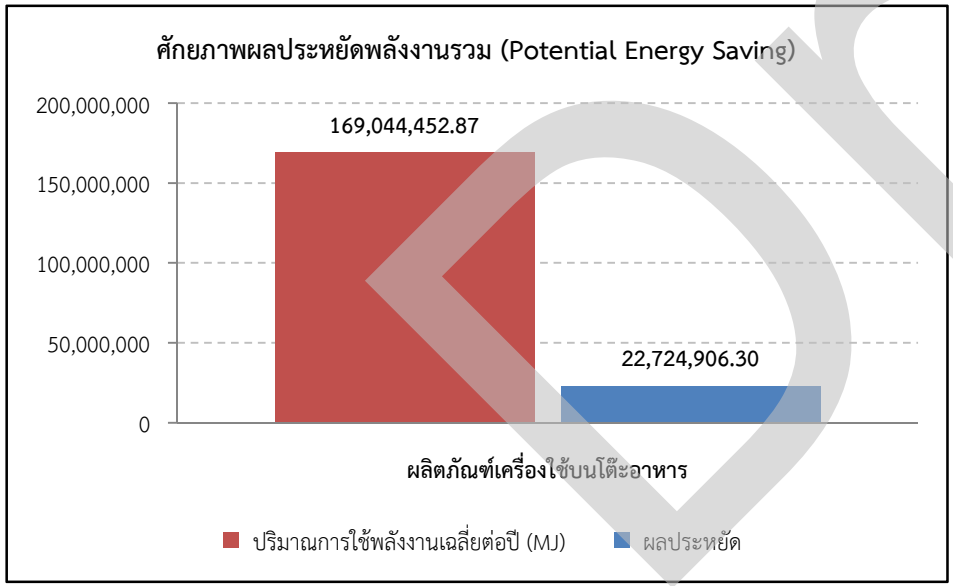
BRIGHT management consulting company limited

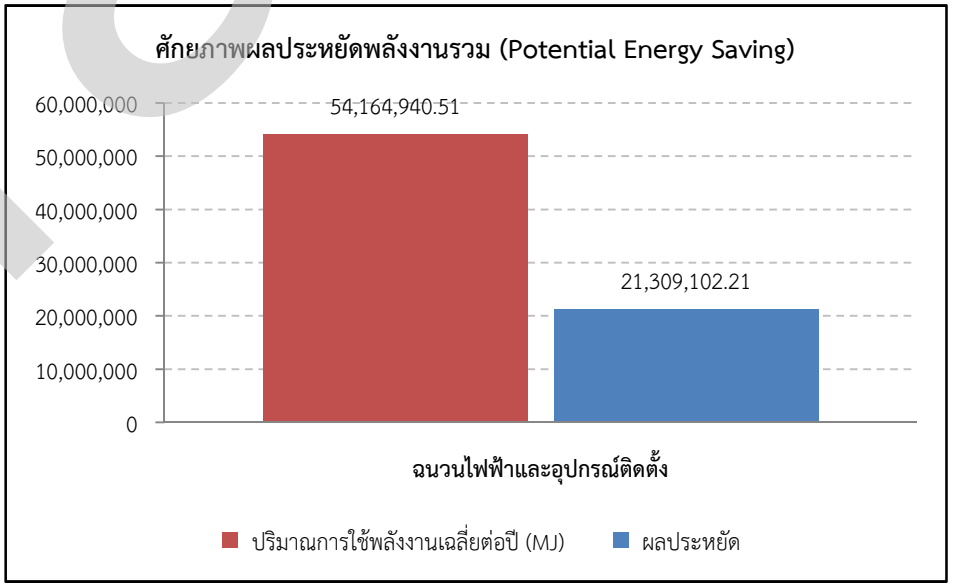
กราฟแสดงผลประหยัดพลังงานรายผลิตภัณฑ์

ศักยภาพในการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรม









Draft

BRIGHT management consulting company limited

กราฟแสดงผลประหยัดพลังงานรายผลิตภัณฑ์

ปริมาณการลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรม

อุตสาหกรรมเซรามิก

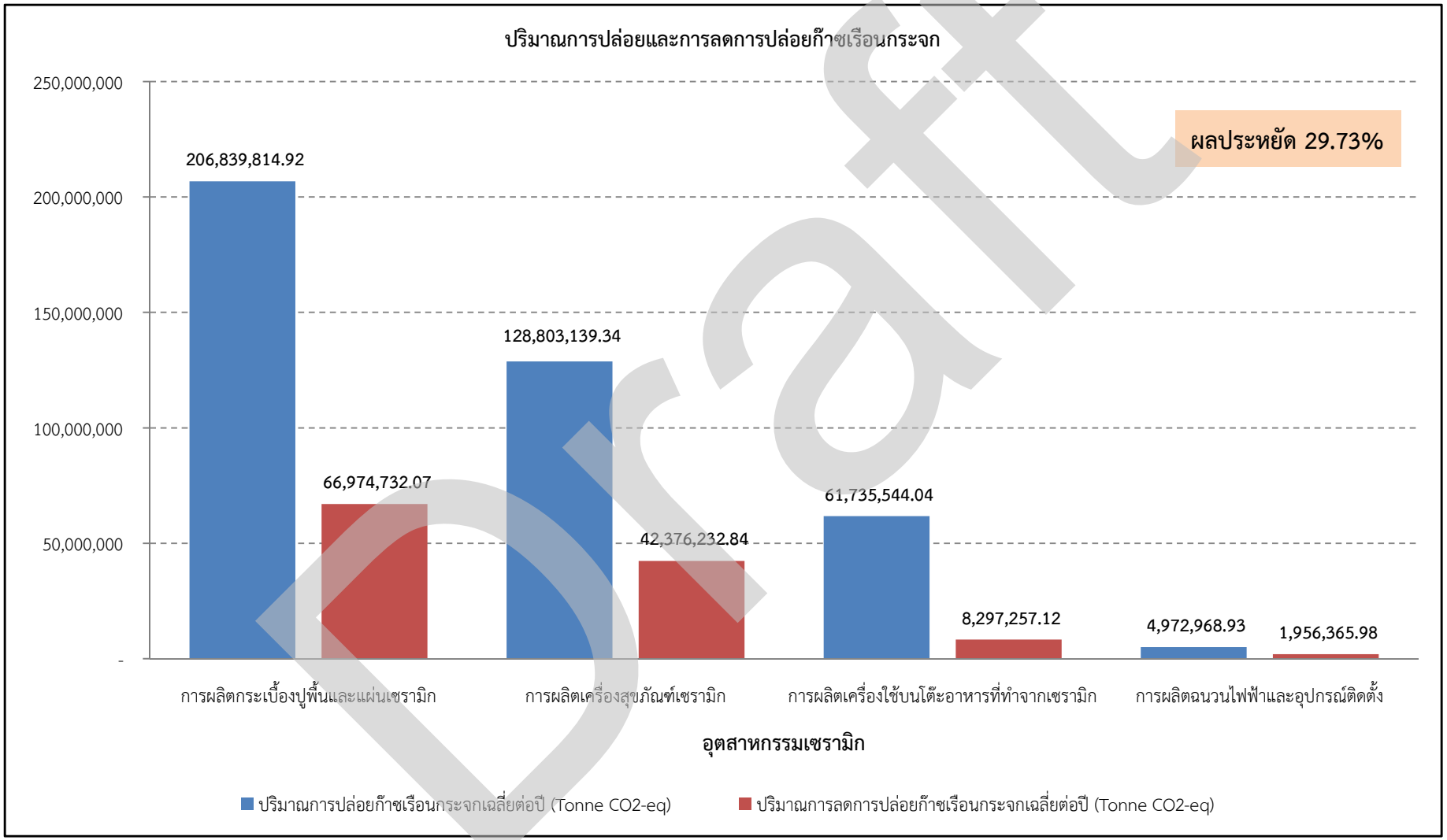
ผลการศึกษาค่า SEC จากฐานข้อมูล พพ.

ผลิตภัณฑ์	ผลประหยัด (%)	ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อปี (Tonne CO2-eq)	ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ยต่อปี (Tonne CO2-eq)
กระเบื้องปูพื้นและแผ่นเซรามิก	32.38	206,839,814.92	66,974,732.07
เครื่องสุขภัณฑ์เซรามิก	32.90	128,803,139.34	42,376,232.84
ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร	13.44	61,735,544.04	8,297,257.12
ฉนวนไฟฟ้าและอุปกรณ์ติดตั้ง	39.34	4,972,968.93	1,956,365.98
รวม	29.73	402,351,467.23	119,604,588.01

Draft

BRIGHT management consulting company limited

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรม

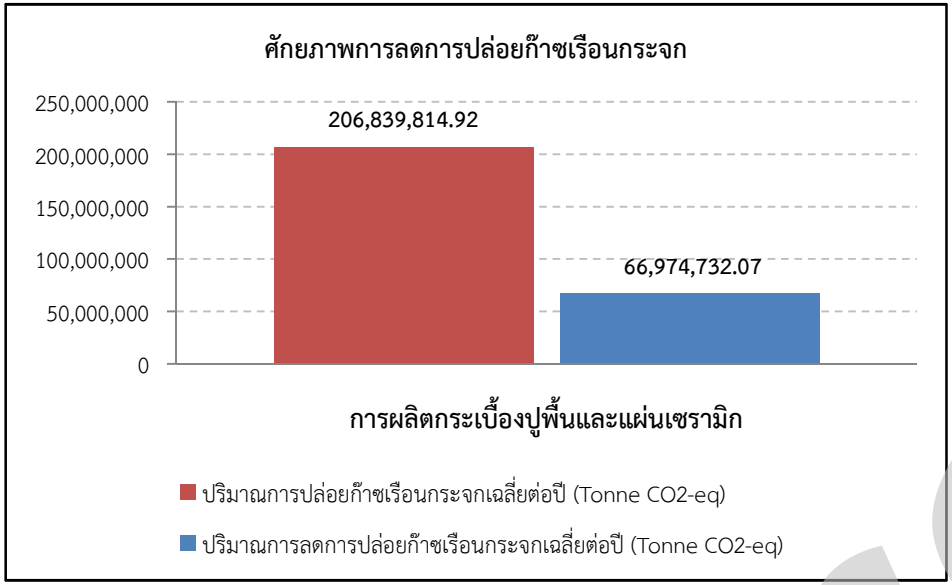


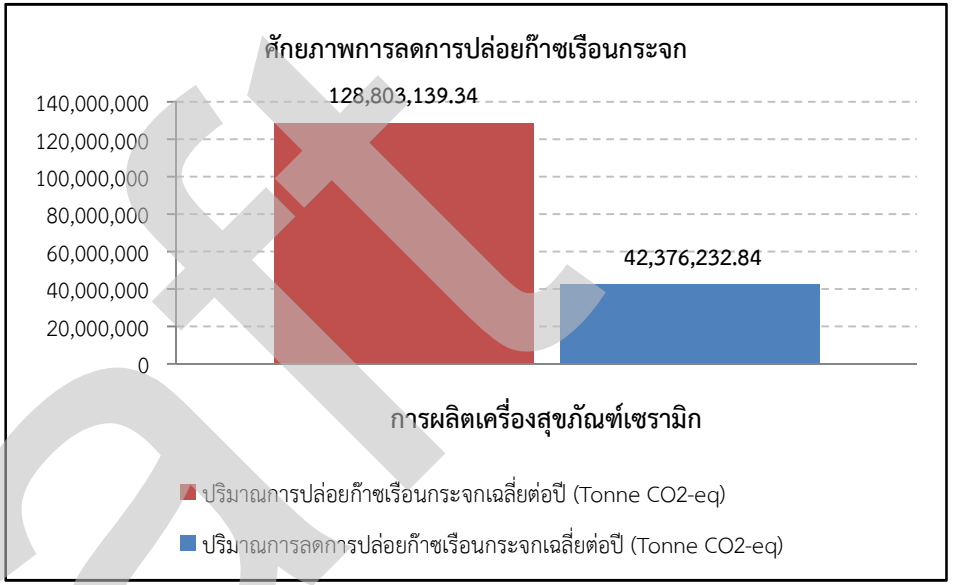
Draft

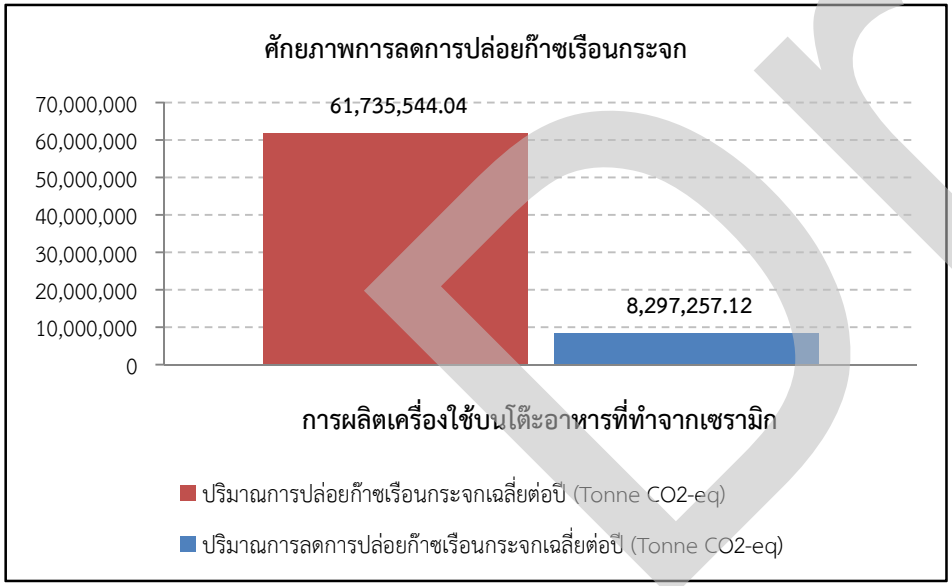
BRIGHT management consulting company limited

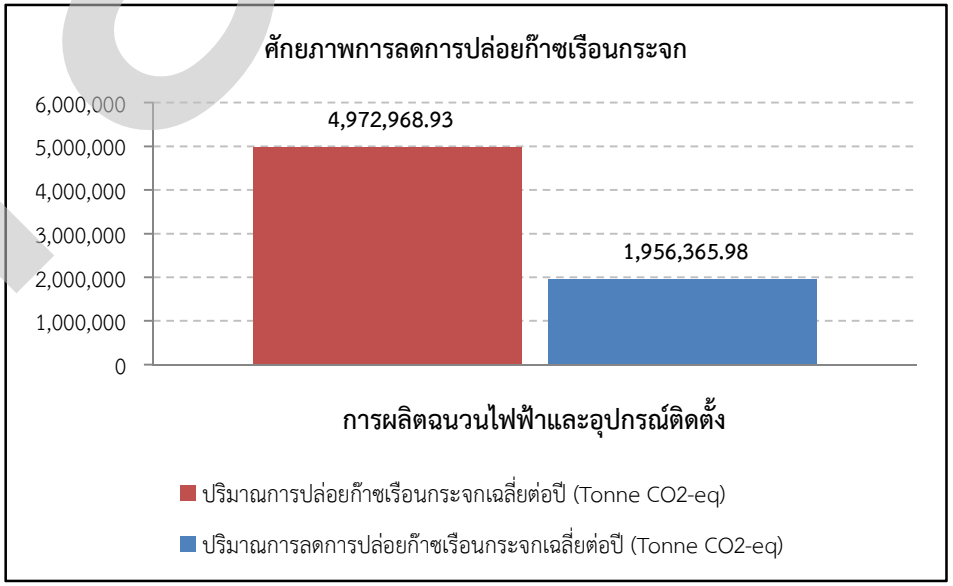
กราฟแสดงปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายผลิตภัณฑ์

ปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกของอุตสาหกรรม









Draft

BRIGHT management consulting company limited

กราฟแสดงปริมาณการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกรายผลิตภัณฑ์

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ลำดับ	มาตรการ	รายละเอียด
1	การพัฒนาการออกแบบให้ดีขึ้นของเตาเผาและเครื่องอบแห้ง ซึ่งสามารถใช้ได้กับเตาเผา/เครื่องอบแห้งแบบแยกเฉพาะหรือแบบอบร่วม	การควบคุมอัตโนมัติของวงจรเครื่องอบแห้ง
		การควบคุมความชื้นและอุณหภูมิอัตโนมัติภายในเครื่องอบแห้ง
		การติดตั้งพัดลมที่มีการระบายความร้อนที่เป็นอิสระต่อกัน (ปรับตามโซนได้) กระจายไปตามโซนต่างๆ ภายในห้องอบแห้ง เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่จำเป็น
		การปิดผนึกเตาเผาให้สนิทดีขึ้น เช่น ปลอกโลหะ และการปิดผนึกด้วยทรายหรือน้ำสำหรับเตาเผาแบบอุโมงค์และเตาเผาแบบไม่ต่อเนื่อง เพื่อทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนน้อยลง
		การพัฒนาฉนวนกันความร้อนของเตาเผาให้ดีขึ้น เช่น การใช้ฉนวนที่ทำจากวัสดุทนไฟหรือเส้นใยเซรามิก (ฉนวนใยหิน) เพื่อทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนน้อยลง
		การปรับปรุงเตาเผาที่ทนไฟและชั้นเตาเผา เพื่อลดการหยุดทำงานของระบบทำความเย็นที่ทำให้ระบบเกิดการสูญเสียความร้อน (Exit Losses)
		การใช้เตาเผาความเร็วสูงเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเผาไหม้และการถ่ายเทความร้อน
		การเปลี่ยนเตาเผาเก่าด้วยเตาเผาใหม่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นและเพิ่มความยาวของอุโมงค์ หรือมีความจุเท่าเดิม (ถ้าเป็นไปได้ในกระบวนการผลิต) เช่น เตาเผาที่เผาได้เร็ว เช่น เตาเผาแบบโรลเลอร์ฮาร์ท ซึ่งจะสามารถลดการใช้พลังงานจำเพาะได้ (Specific Energy Consumption)
		การควบคุมการเผาด้วยระบบคอมพิวเตอร์ของเตาเผา เพื่อลดการใช้พลังงานและการปล่อยมลพิษทางอากาศ
		ลดการใช้สารช่วยในการเผาและ/หรือการใช้สารช่วยในการเผาที่ทำจาก SiC/ซุปเปอร์อัลลอยด์ ที่ทำให้ป้อนพลังงานที่ใช้สำหรับการทำความร้อนในระบบเตาเผาได้น้อยลง นอกจากนี้ SiC สามารถใช้กับเตาเผาแบบลูกกลิ้งแบบเผาได้เร็วได้อีกด้วย
		การเพิ่มประสิทธิภาพ (ลด) ระยะทางระหว่างเครื่องอบแห้งและเตาเผา และใช้โซนอุ่นร้อนของเตาเผาเพื่อให้เสร็จสิ้นขั้นตอนการอบแห้ง (ถ้าเป็นไปได้ในกระบวนการผลิต) เพื่อหลีกเลี่ยงความเย็นที่ไม่จำเป็นหลังจากการอบแห้งก่อนการเผา
		การลดปริมาณการไหลเวียนของอากาศผ่านเตาเผาแบบหมุน (rotary kiln) ในการผลิตเม็ดดินที่ขยายตัวแล้ว จะสามารถทำให้ลดการใช้พลังงานได้

Draft

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ลำดับ	มาตรการ	รายละเอียด
2	การใช้ความร้อนเหลือหรือความร้อนส่วนเกินจากการเผา โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากบริเวณที่มีการระบายความร้อน โดยการนำความร้อนในรูปของอากาศร้อนไปใช้ในกระบวนการอบแห้ง	เครื่องอบหรือเตาอบเซรามิกส่วนใหญ่จะใช้อากาศร้อนที่ได้จากการระบายความร้อนของเตาเผาแบบอุโมงค์ มักจะเสริมด้วยอากาศร้อนจากเตาเผาแก๊ส ดังนั้นแผนผังโรงงานจึงเป็นสิ่งสำคัญมาก โดยเฉพาะอุณหภูมิส่วนเกินที่อุณหภูมิต่ำสามารถเกิดขึ้นได้หากมีท่อมีความยาวมากๆ นอกจากนี้ยังสามารถใช้ฉนวนกันความร้อนที่เหมาะสมกับท่อได้ ก็จะสามารถลดการใช้พลังงานหรือสามารถประหยัดพลังงานได้อีก
3	การปรับเปลี่ยนเชื้อเพลิงของเตาเผา (ทดแทนน้ำมันเตาและเชื้อเพลิงที่เป็นของแข็ง โดยใช้เชื้อเพลิงที่ปล่อยมลพิษต่ำ)	การใช้โรงงานผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนและไอน้ำ หรือการผลิตไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม มีความเป็นประโยชน์ในอุตสาหกรรมเซรามิกเนื่องจากความต้องการใช้ความร้อนและพลังงานไฟฟ้าในเวลาเดียวกัน คุณลักษณะที่สำคัญของโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อนร่วม (Cogeneration Plant) คือเครื่องยนต์ขับเคลื่อน เครื่องยนต์ดีเซลและกังหันก๊าซที่ใช้เชื้อเพลิงจากก๊าซธรรมชาติมีการใช้ความร้อนสูงเกินไป
4	การดัดแปลงเนื้อเซรามิกหรือรูปร่างของชิ้นงาน	

ที่มา: Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry, August 2007

Draft

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ลำดับ	กลุ่มอุตสาหกรรม (อ้างอิง TSIC)	ผลิตภัณฑ์หลัก	เทคโนโลยีปัจจุบัน	ความสามารถในการปรับเปลี่ยนเทคโนโลยี	เทคโนโลยีที่เหมาะสม	นโยบายส่งเสริมและสนับสนุน	หมายเหตุ
2.1	การผลิตกระเบื้องปูพื้นและแผ่นเซรามิก (TSIC 23922)	กระเบื้องปูพื้นและผนัง	Roller kiln, Tunnel Kiln, Shuttle kiln	โรงงานมีศักยภาพสูงในการปรับเปลี่ยนตามเทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพสูง	เทคโนโลยีของประเทศไทยถือว่าเป็นเทคโนโลยีที่ดี ในระดับอุตสาหกรรม แต่ยังพอมีศักยภาพ ได้แก่ - การใช้เตาเผาประสิทธิภาพสูง เช่น Roller kiln ซึ่งจะประหยัดพลังงานได้ 20% - 30% เมื่อเทียบกับเตาอุโมง - การนำความร้อนทิ้งจากเตาเผามาใช้ในการอุ่นอากาศเผาไหม้เป็นมาตรการที่ลดการใช้พลังงานได้มาก - เครื่องอัดอากาศประสิทธิภาพสูงชนิดปรับรอบได้ - มาตรการทั่วไป เช่น มอเตอร์/เครื่องจักรทั่วไป	ภาครัฐส่งเสริมและสนับสนุนในรูปแบบของ Heat incentive เพื่อสร้างแรงจูงใจให้ผู้ประกอบการลงทุน เนื่องจากมาตรการต้องใช้เงินลงทุนสูง	
2.2	การผลิตเครื่องสุขภัณฑ์เซรามิก (TSIC 23923)	สุขภัณฑ์					
2.3	การผลิตผลิตภัณฑ์เครื่องใช้บนโต๊ะอาหารที่ทำจากเซรามิก (TSIC 23931)	เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร					
2.4	การผลิตฉนวนไฟฟ้าและอุปกรณ์ติดตั้ง ซึ่งใช้เป็นฉนวนที่ทำจากเซรามิก (TSIC 23933)	ลูกถ้วยฉนวนไฟฟ้า					

Draft

อุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

Draft

BRIGHT
management consulting
company limited

จัดทำกลุ่มผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า

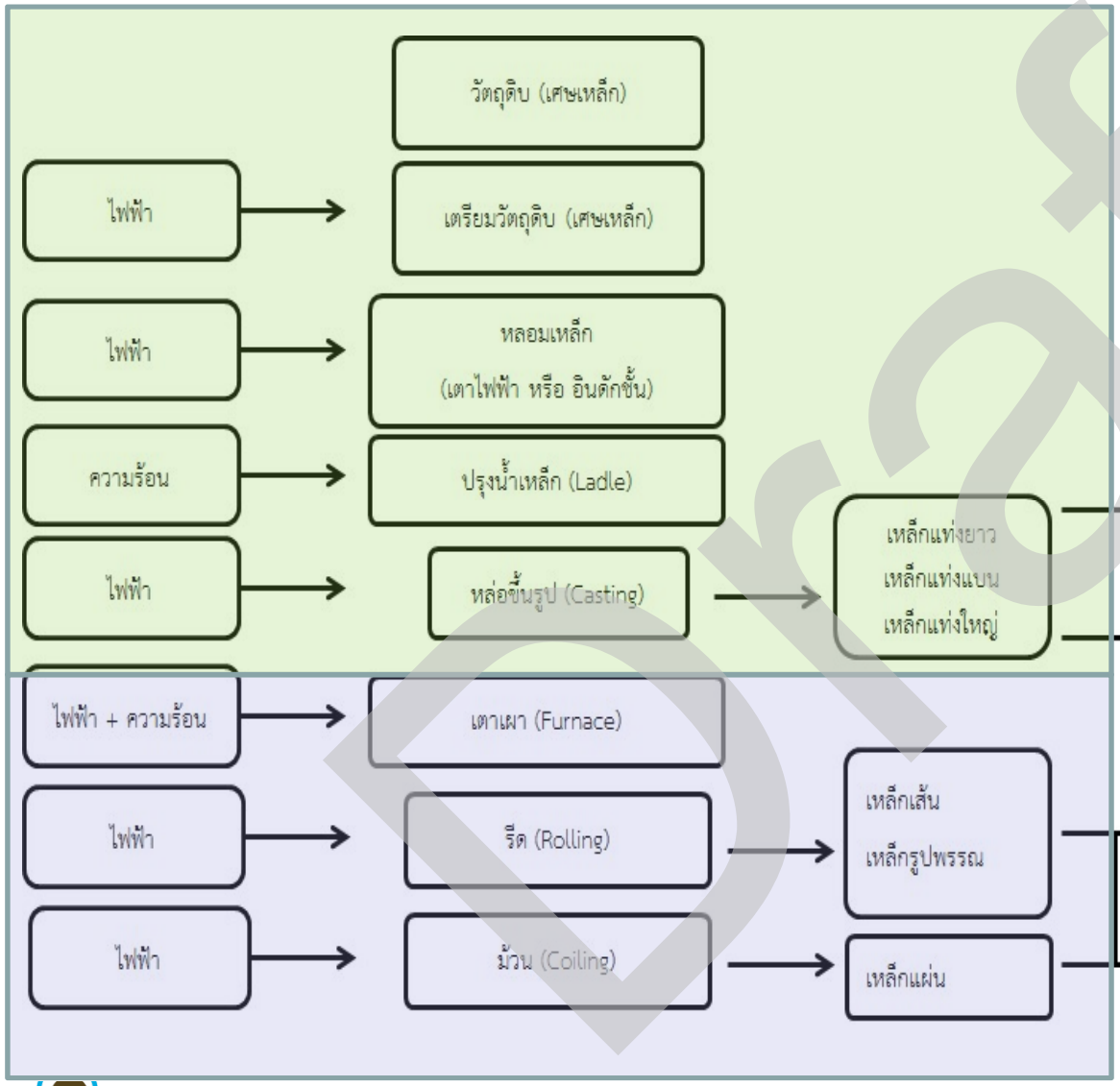
รูปที่ 1.2 อุตสาหกรรมต้นน้ำ กลางน้ำ และป

ผลิตภัณฑ์
• เหล็กถลุง • เหล็กพรุน
• เหล็กแท่งยาว (Billet) • เหล็กแท่งแบน (Slab) • เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom)
• เหล็กเส้น • เหล็กลวด • เหล็กแผ่นรีดร้อน • เหล็กแผ่นรีดเย็น • เหล็กแผ่นเคลือบ • เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน

Draft

BRIGHT management consulting company limited

กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรมเหล็กและเหล็กกล้า (Iron and Steel Industry)



ผลิตภัณฑ์: เหล็กรีดร้อน

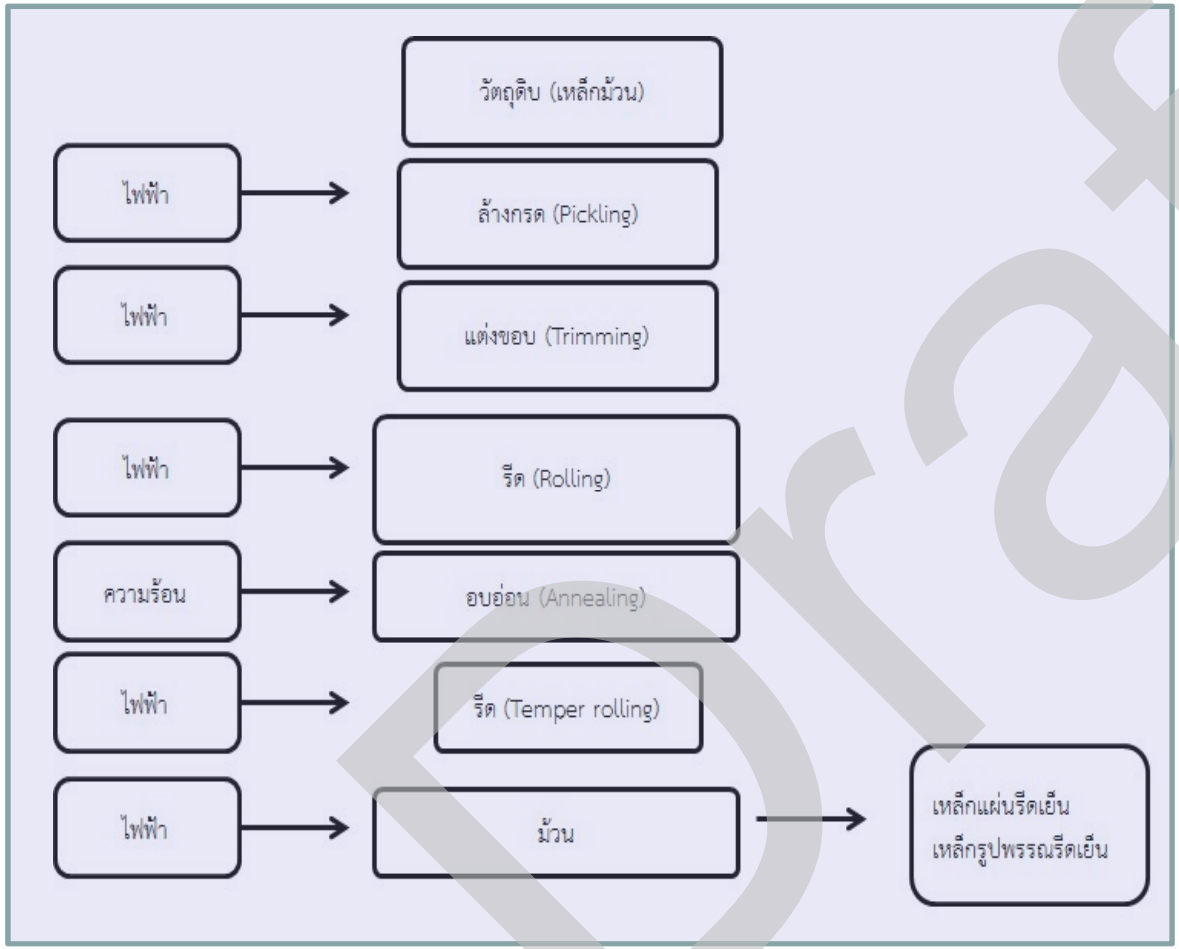
ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) การหลอม
หน่วย MJ/ตัน

ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) การรีด
หน่วย MJ/ตัน

Draft

BRIGHT management consulting company limited

กำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรมซีเมนต์ (Cement Industry)



ผลิตภัณฑ์: เหล็กรีดเย็น

ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) การรีด
หน่วย MJ/ตัน

Draft

BRIGHT management consulting company limited

จัดทำกลุ่มผลิตภัณฑ์ของอุตสาหกรรม

1. **ผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นรีดร้อน แบบมีเตาหลอม** – ผลิตเหล็กเส้นโดยมีการหลอมเศษเหล็กเป็นเหล็กแท่งเล็ก (Billet) ก่อน แล้วจึงผลิตเป็นเหล็กเส้นต่อไป นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์อื่นๆ จากเหล็กแท่งเล็กยังมีเหล็กลวด และเหล็กรูปพรรณขนาดเล็ก (เหล็กฉาก และเหล็กรางน้ำ)
2. **ผลิตภัณฑ์เหล็กเส้นรีดร้อน แบบไม่มีเตาหลอม** – ผลิตเหล็กเส้นโดยไม่มีการหลอมเศษเหล็กเป็นเหล็กแท่งเล็ก (Billet) ก่อน แต่เป็นการนำเข้าเหล็กแท่งเล็กมาผลิตเป็นเหล็กเส้นต่อไป นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์อื่นๆ จากเหล็กแท่งเล็กยังมีเหล็กลวด และเหล็กรูปพรรณขนาดเล็ก (เหล็กฉาก และเหล็กรางน้ำ)
3. **ผลิตภัณฑ์เหล็กรูปพรรณรีดร้อน แบบมีเตาหลอม** – ผลิตเหล็กรูปพรรณโดยมีการหลอมเศษเหล็กเป็นเหล็กแท่งใหญ่ (Bloom) ก่อน แล้วจึงผลิตเป็นเหล็กรูปพรรณต่อไป
4. **ผลิตภัณฑ์เหล็กรูปพรรณรีดร้อน แบบไม่มีเตาหลอม** – ผลิตเหล็กรูปพรรณโดยไม่มีการหลอมเศษเหล็กเป็นเหล็กแท่งใหญ่ (Bloom) ก่อน แต่เป็นการนำเข้าเหล็กแท่งใหญ่มาผลิตเป็นเหล็กรูปพรรณต่อไป
5. **ผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นรีดร้อน แบบไม่มีเตาหลอม** – ผลิตเหล็กแผ่นโดยไม่มีการหลอมเหล็กเป็นเหล็กแท่งแบน (Slab) ก่อน แต่เป็นการนำเข้าเหล็กแท่งแบนมาผลิตเป็นเหล็กแผ่นต่อไป
6. **ผลิตภัณฑ์เหล็กแผ่นรีดเย็น**

Draft

BRIGHT management consulting company limited

การวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption)

ผลิตภัณฑ์

- เหล็กแท่งยาว (Billet)
- เหล็กแท่งใหญ่ (Bloom)

- เหล็กเส้น
- เหล็กลวด
- เหล็กแผ่นรีดร้อน
- เหล็กแผ่นรีดเย็น
- เหล็กแผ่นเคลือบ
- เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน

การวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน ในกระบวนการผลิต

ค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้า (SEC_E)

$$\mathbf{SEC} = \frac{\text{การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อปี } (\boldsymbol{kWh/a})}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อปี}(\boldsymbol{ton/a})}$$

ค่าดัชนีการใช้พลังงานความร้อน (SEC_{TH})

$$\mathbf{SEC} = \frac{\text{การใช้พลังงานความร้อนของกระบวนการผลิตต่อปี } (\boldsymbol{MJ/a})}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อปี } (\boldsymbol{ton/a})}$$

ค่าดัชนีการใช้พลังงานรวม (SEC_T)

$$\mathbf{SEC} = \frac{\text{การใช้พลังงานรวมของกระบวนการผลิตต่อปี } (\boldsymbol{MJ/a})}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อปี } (\boldsymbol{ton/a})}$$

ค่าดัชนีการใช้พลังงานรวม = SEC_E * 3.6 + SEC_{TH}

Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

เหล็กเส้น (เหล็กก่อสร้าง, เหล็กข้ออ้อย)

ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ.

ไม่มีเตาหลอม

ปี	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน			ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)		
			ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ไฟฟ้า (kWh/ตัน)	ความร้อน (MJ/ตัน)	รวม (MJ/ตัน)
2555	9	1,233,714.87	533,743,069.43	1,239,909,541.63	3,161,384,591.58	432.63	1,005.02	2,562.49
2556	13	1,869,966.80	875,464,987.00	1,741,980,350.83	4,893,654,304.03	468.17	931.56	2,616.97
2557	15	2,281,448.61	981,647,441.00	1,475,990,405.98	5,009,921,193.58	430.27	646.95	2,195.94
2558	13	1,426,624.71	469,869,220.00	1,502,670,880.70	3,194,200,072.70	329.36	1,053.30	2,238.99
รวม		6,811,754.99	2,860,724,717.43	5,960,551,179.14	16,259,160,161.89	419.97	875.04	2,386.93
เฉลี่ย		1,702,938.75	715,181,179.36	1,490,137,794.79	4,064,790,040.47	419.97	875.04	2,386.93

มีเตาหลอม

ปี	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน			ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)		
			ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ไฟฟ้า (kWh/ตัน)	ความร้อน (MJ/ตัน)	รวม (MJ/ตัน)
2555	3	1,073,145.52	844,404,050.00	2,138,721,404.93	5,178,575,984.93	786.85	1,992.95	4,825.60
2556	4	628,687.72	511,242,199.00	893,827,307.13	2,734,299,223.53	813.19	1,421.73	4,349.22
2557	4	777,508.88	483,735,020.00	1,363,740,157.92	3,105,186,229.92	622.16	1,753.99	3,993.76
2558	3	559,428.55	273,320,674.00	1,297,967,826.76	2,281,922,253.16	488.57	2,320.17	4,079.02
รวม		3,038,770.67	2,112,701,943.00	5,694,256,696.74	13,299,983,691.54	695.25	1,873.87	4,376.76
เฉลี่ย		759,692.67	528,175,485.75	1,423,564,174.19	3,324,995,922.89	695.25	1,873.87	4,376.76

Draft

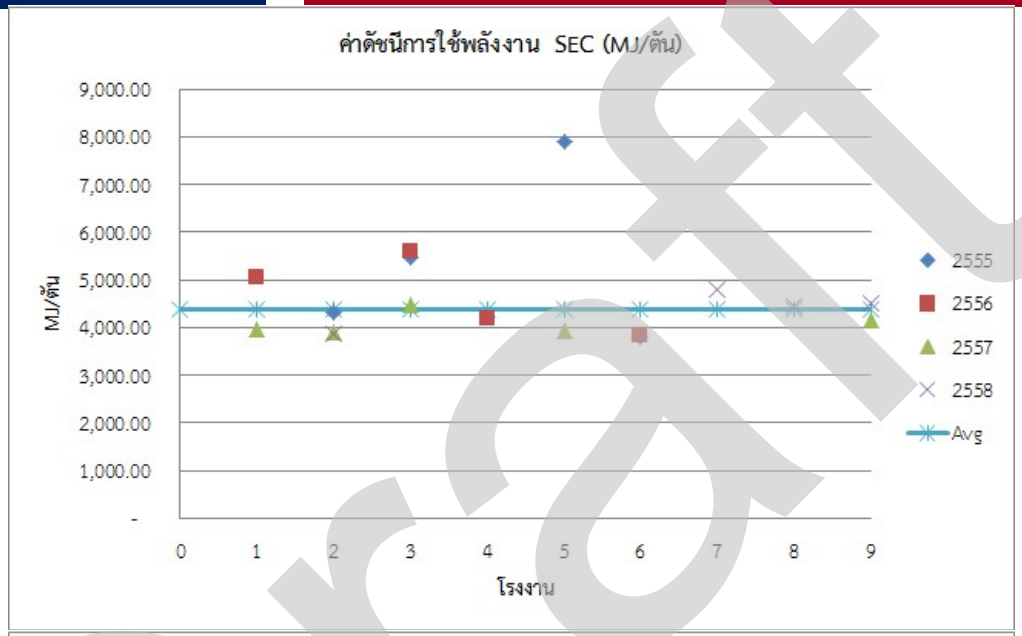
BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

เหล็กเส้น (เหล็กก่อสร้าง, เหล็กข้ออ้อย)

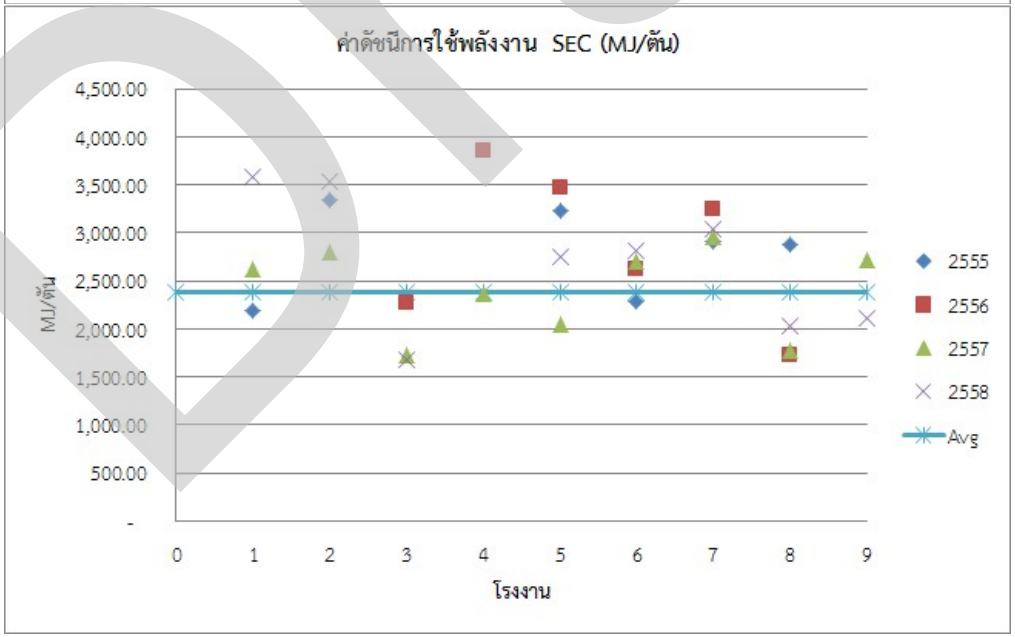
ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ.

มีเตาหลอม



=. 4,376.76 MJ/ตัน

ไม่มีเตาหลอม



= 2,386.93 MJ/ตัน

Draft

BRIGHT management consulting company limited

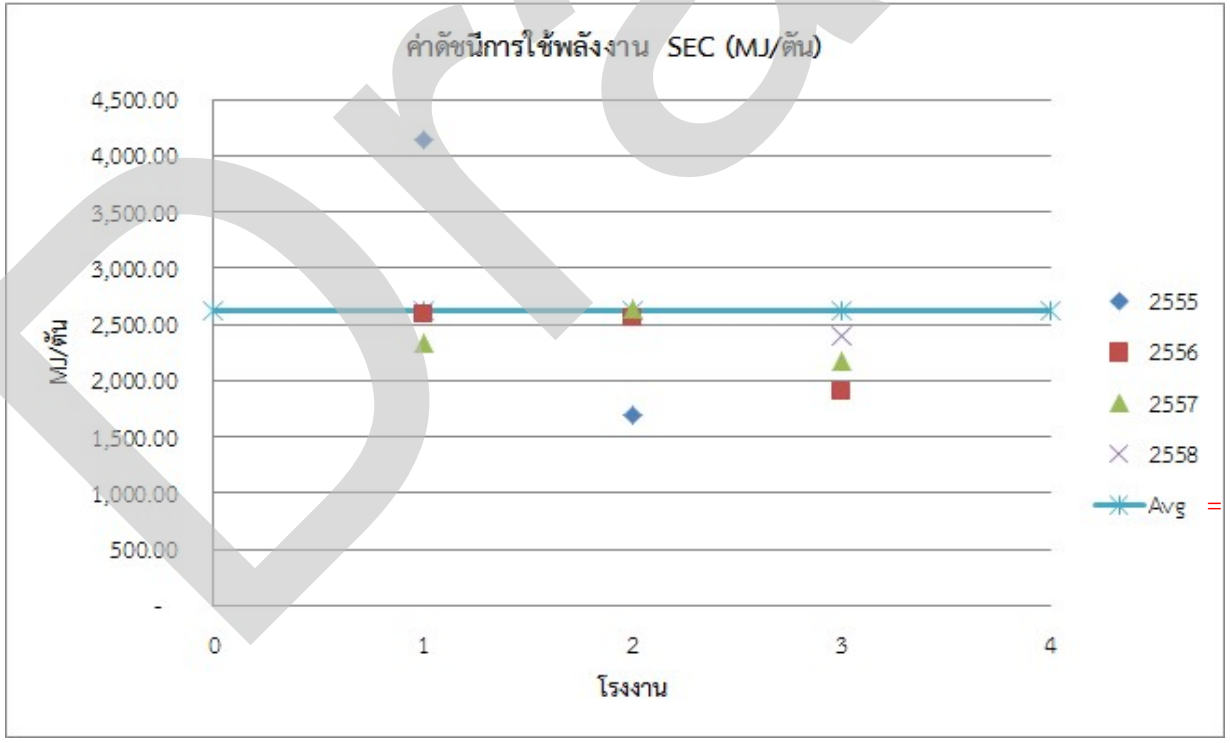
ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดร้อน

ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ.

ปี	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน			ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)		
			ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ไฟฟ้า (kWh/ตัน)	ความร้อน (MJ/ตัน)	รวม (MJ/ตัน)
2555	2	187,443.73	76,920,000.00	348,899,664.72	625,811,664.72	410.36	1,861.36	3,338.66
2556	3	319,281.54	84,204,878.00	490,094,896.87	793,232,457.67	263.73	1,534.99	2,484.43
2557	4	270,463.38	82,097,117.00	331,175,408.59	626,725,029.79	303.54	1,224.47	2,317.23
2558	2	37,156.26	3,752,720.00	75,805,064.64	89,314,856.64	101.00	2,040.17	2,403.76
รวม		814,344.91	246,974,715.00	1,245,975,034.82	2,135,084,008.82	303.28	1,530.03	2,621.84
เฉลี่ย		203,586.23	61,743,678.75	311,493,758.71	533,771,002.21	303.28	1,530.03	2,621.84

ไม่มีเตาหลอม



Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

เหล็กโครงสร้างรูปพรรณรีดเย็น

ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ.

ปี	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน			ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)		
			ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ไฟฟ้า (kWh/ตัน)	ความร้อน (MJ/ตัน)	รวม (MJ/ตัน)
2557	1	2,373.00	613,290.00	7,547,948.30	9,755,792.30	258.45	3,180.76	4,111.16
2558	2	16,771.93	6,232,036.00	28,723,766.35	51,159,095.95	371.58	1,712.61	3,050.28
รวม		**16,771.93**	**6,232,036.00**	**28,723,766.35**	**51,159,095.95**	**371.58**	**1,712.61**	**3,050.28**
เฉลี่ย		16,771.93	6,232,036.00	28,723,766.35	51,159,095.95	371.58	1,712.61	3,050.28

Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

เหล็กแผ่นม้วนรีดร้อน

ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ.

ไม่มีเตาหลอม

ปี	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน			ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)		
			ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ไฟฟ้า (kWh/ตัน)	ความร้อน (MJ/ตัน)	รวม (MJ/ตัน)
2555	4	747,078.07	268,350,269.00	1,322,186,444.69	2,288,247,413.09	359.20	1,769.81	3,062.93
2556	5	4,744,430.25	718,512,877.00	5,028,458,684.08	7,615,105,041.28	151.44	1,059.87	1,605.06
2557	5	2,523,453.23	748,203,580.00	4,007,241,151.21	6,700,774,039.21	296.50	1,588.00	2,655.40
2558	4	2,951,449.99	683,026,487.00	2,863,813,672.43	5,322,709,025.63	231.42	970.31	1,803.42
รวม		10,966,411.54	2,418,093,213.00	13,221,699,952.41	21,926,835,519.21	220.50	1,205.65	1,999.45
เฉลี่ย		2,741,602.89	604,523,303.25	3,305,424,988.10	5,481,708,879.80	220.50	1,205.65	1,999.45

มีเตาหลอม

ปี	จำนวนโรงงาน	2373	ปริมาณการใช้พลังงาน			ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)		
			ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ไฟฟ้า (kWh/ตัน)	ความร้อน (MJ/ตัน)	รวม (MJ/ตัน)
2555	1	81,152.81	15,624,000.00	280,823,171.61	337,069,571.61	192.53	3,460.42	4,153.52
2556	1	117,521.80	18,709,000.00	528,359,652.19	595,712,052.19	159.20	4,495.84	5,068.95
2557	1	191,555.11	26,180,000.00	569,381,846.53	663,629,846.53	136.67	2,972.42	3,464.43
รวม		390,229.72	60,513,000.00	1,378,564,670.33	1,596,411,470.33	155.07	3,532.70	4,090.95
เฉลี่ย		130,076.57	20,171,000.00	459,521,556.78	532,137,156.78	155.07	3,532.70	4,090.95

Draft

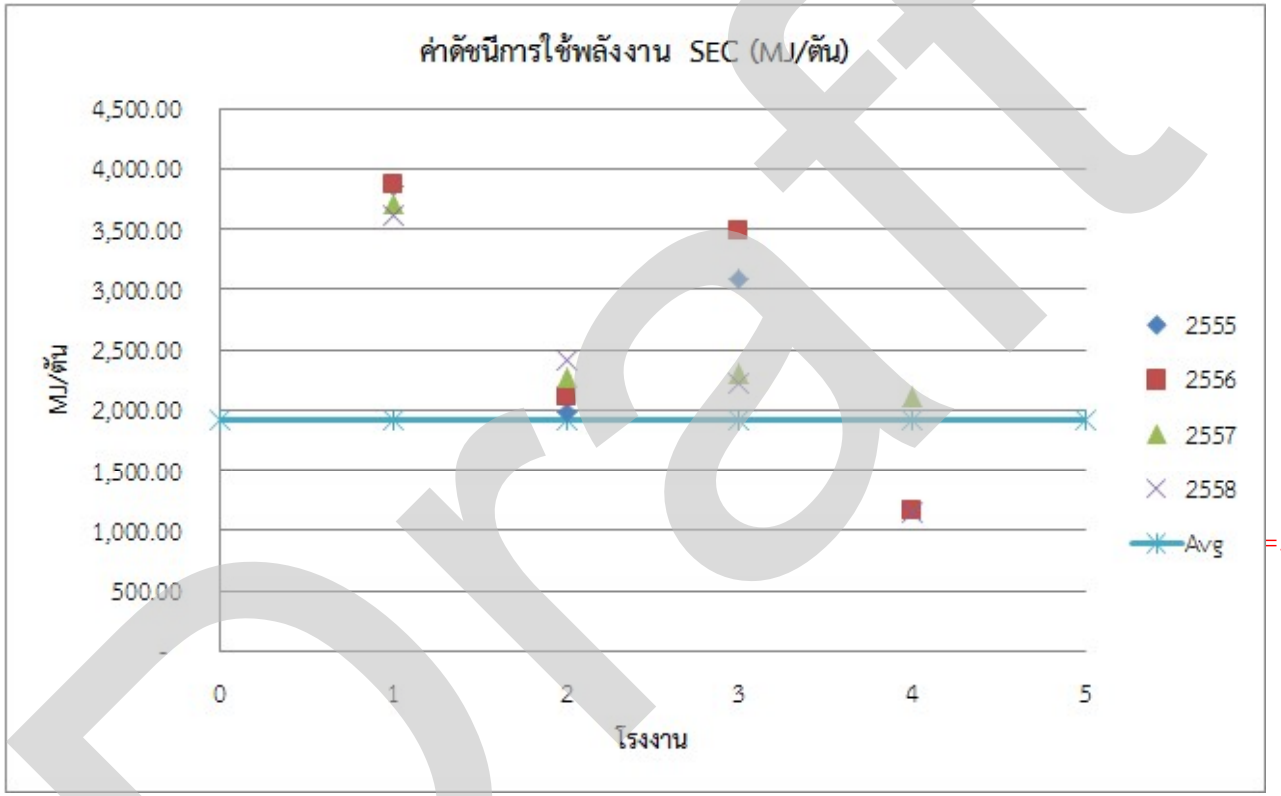
BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

เหล็กแผ่นม้วนรีดร้อน

ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ.

ไม่มีเตาหลอม



=. 1,999.45 MJ/ตัน

Draft

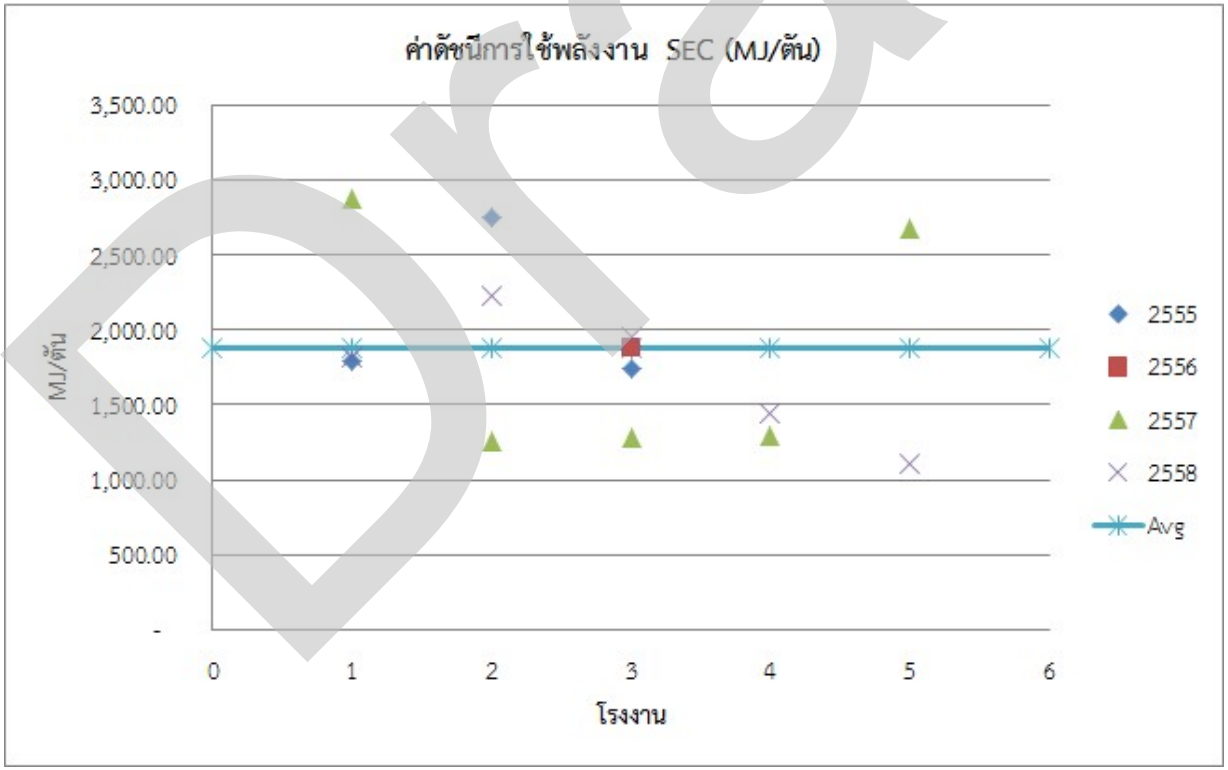
BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

เหล็กแผ่นรีดเย็น

ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ.

ปี	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน			ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)		
			ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ไฟฟ้า (kWh/ตัน)	ความร้อน (MJ/ตัน)	รวม (MJ/ตัน)
2555	3	1,317,299.00	230,458,348.00	1,535,014,589.91	2,364,664,642.71	174.95	1,165.27	1,795.09
2556	1	461,414.00	73,134,000.00	605,349,484.14	868,631,884.14	158.50	1,311.94	1,882.54
2557	5	1,168,591.36	260,235,700.00	1,416,462,250.02	2,353,310,770.02	222.69	1,212.11	2,013.80
2558	5	1,428,620.06	241,980,309.70	1,773,680,192.21	2,644,809,307.13	169.38	1,241.53	1,851.30
รวม		4,375,924.42	805,808,357.70	5,330,506,516.28	8,231,416,604.00	184.15	1,218.14	1,881.07
เฉลี่ย		1,093,981.11	201,452,089.43	1,332,626,629.07	2,057,854,151.00	184.15	1,218.14	1,881.07



= 1,881.07 MJ/ตัน

Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

เหล็กแผ่นเคลือบดีบุก

ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ.

ปี	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน			ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)		
			ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ไฟฟ้า (kWh/ตัน)	ความร้อน (MJ/ตัน)	รวม (MJ/ตัน)
2555	1	203,653.98	24,269,000.00	53,215,841.15	140,584,241.15	119.17	261.31	690.31
2556	2	303,964.94	47,317,722.00	79,351,820.54	249,695,619.74	155.67	261.06	821.46
2557	3	523,470.98	77,944,231.00	91,554,798.11	372,154,029.71	148.90	174.90	710.94
2558	3	436,535.27	68,403,895.00	71,541,477.23	317,795,499.23	156.70	163.88	728.00
รวม		1,467,625.17	217,934,848.00	295,663,937.03	1,080,229,389.83	148.49	201.46	736.04
เฉลี่ย		366,906.29	54,483,712.00	73,915,984.26	270,057,347.46	148.49	201.46	736.04

เหล็กแผ่นชุบสังกะสี-โครเมียม

ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ.

ปี	จำนวนโรงงาน	ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน			ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC)		
			ไฟฟ้า (kWh)	ความร้อน (MJ)	รวม (MJ)	ไฟฟ้า (kWh/ตัน)	ความร้อน (MJ/ตัน)	รวม (MJ/ตัน)
2556	1	78,252.00	24,385,329.00	127,283,414.76	215,070,599.16	311.63	1,626.58	2,748.44
2557	3	500,450.00	80,538,264.00	623,281,304.07	913,219,054.47	160.93	1,245.44	1,824.80
2558	2	530,934.00	89,051,760.00	795,863,423.67	1,116,449,759.67	167.73	1,498.99	2,102.80
รวม		1,109,636.00	193,975,353.00	1,546,428,142.50	2,244,739,413.30	174.81	1,393.64	2,022.95
เฉลี่ย		369,878.67	64,658,451.00	515,476,047.50	748,246,471.10	174.81	1,393.64	2,022.95

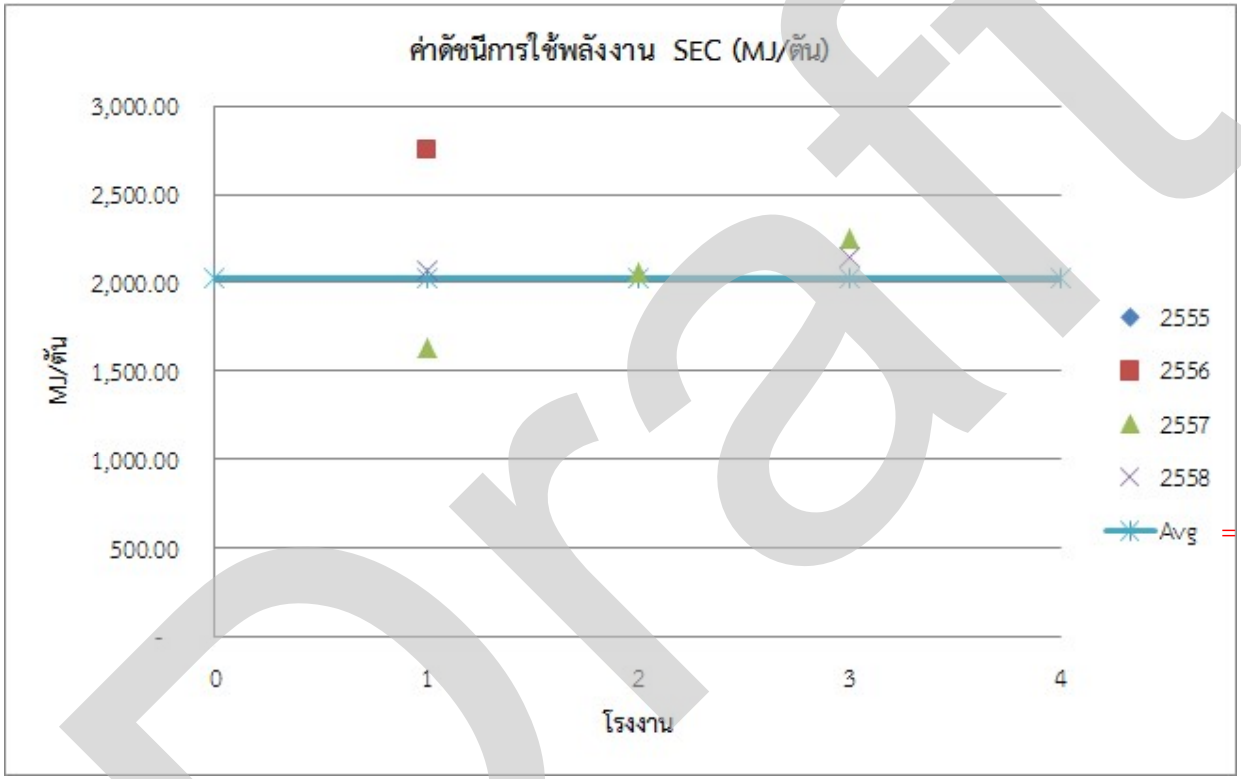
Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม

เหล็กแผ่นชุบสังกะสี-โครเมียม

ผลการศึกษาค่า SEC โดยวิธีการหาค่าเฉลี่ยข้อมูล พพ. กับสมการพลังงาน

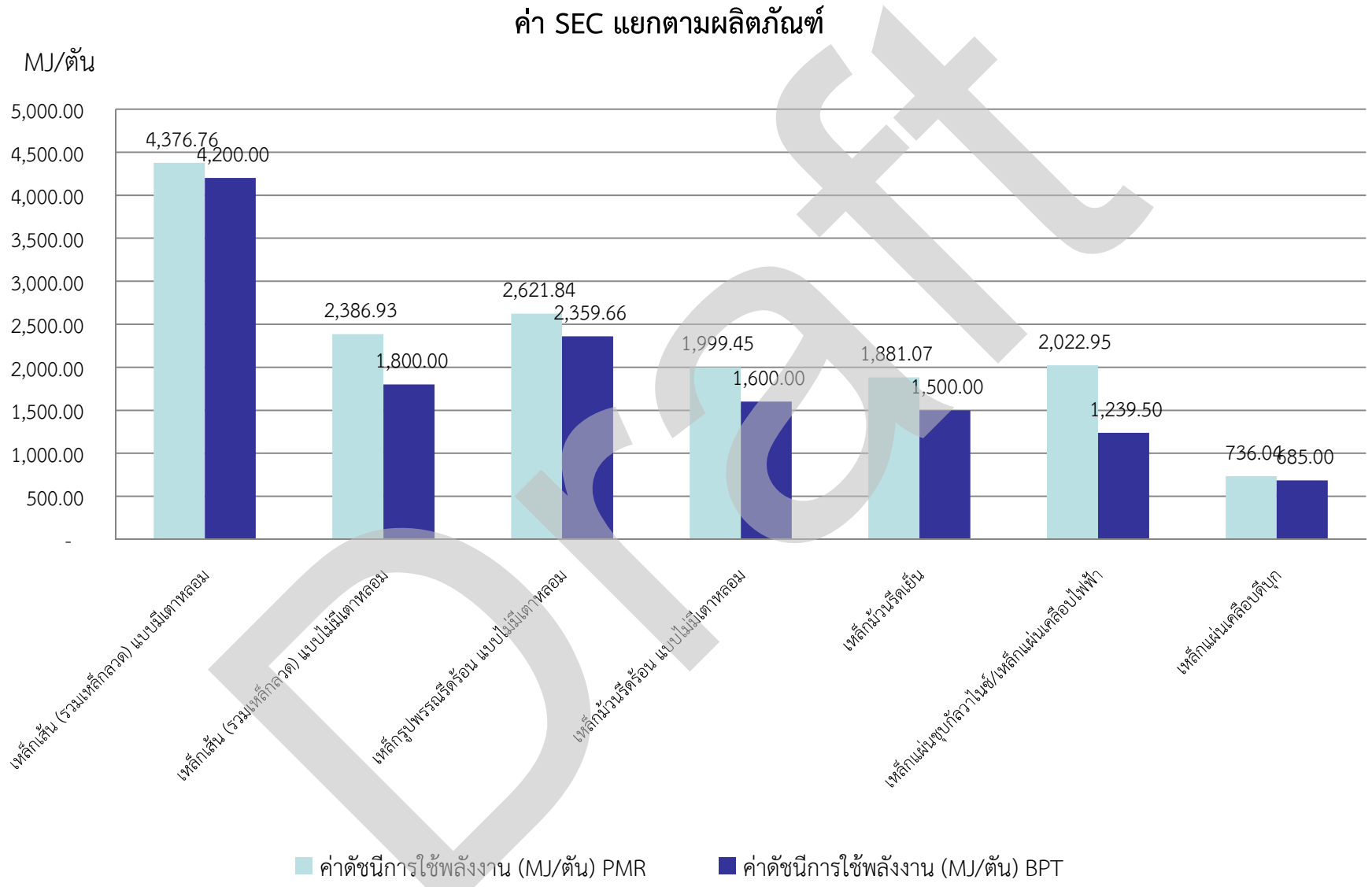


= 2,022.95 MJ/ตัน

Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานฐาน (SEC Baseline) ของอุตสาหกรรม



Draft

BRIGHT management consulting company limited

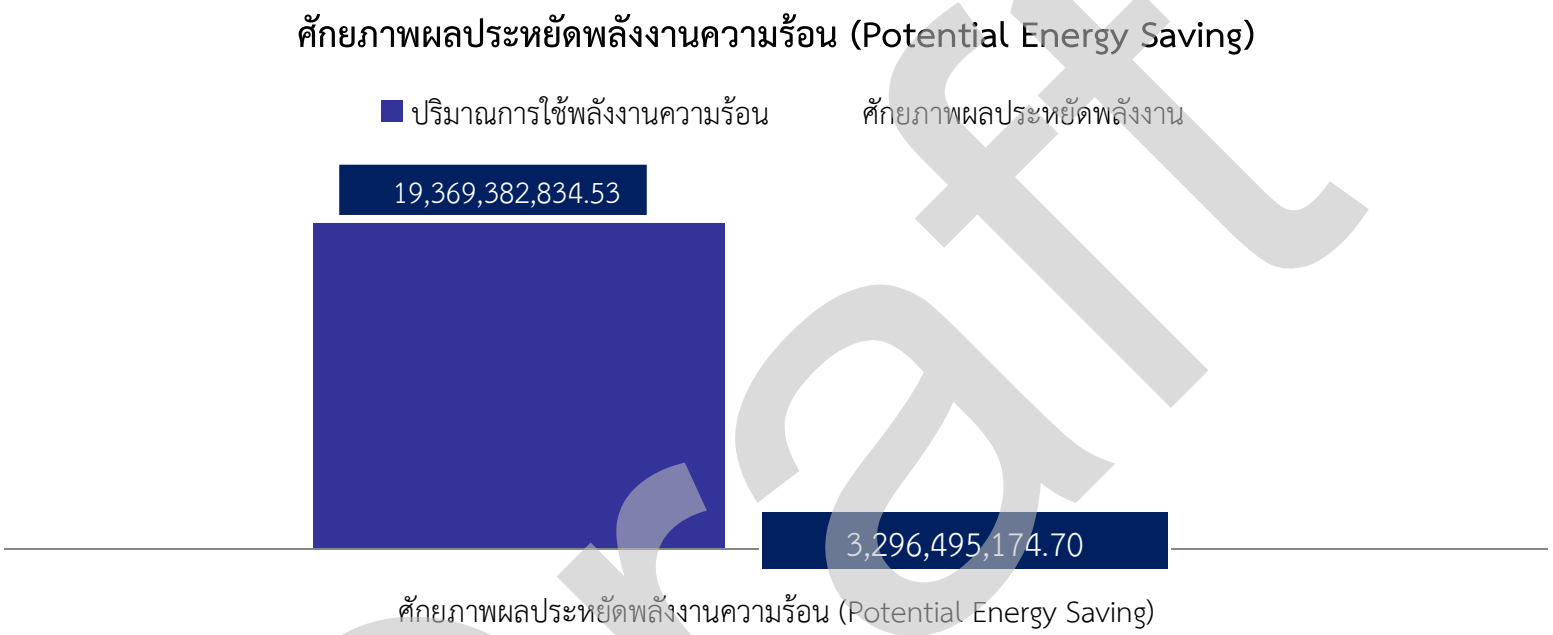
ผลการวิเคราะห์ผลประหยัดของอุตสาหกรรม

ผลิตภัณฑ์	ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (MJ/ตัน)		ปริมาณการผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน (MJ)	ผลประหยัด (MJ)	ผลประหยัด (%)
	PMR	BPT				
เหล็กเส้น (ไม่รวมเหล็กลวด) แบบมีเตาหลอม	4,376.76	4,200.00	759,692.67	3,324,995,922.89	134,286,719.39	4.04%
เหล็กเส้น (ไม่รวมเหล็กลวด) แบบไม่มีเตาหลอม	2,386.93	1,800.00	1,702,938.75	4,064,790,040.47	999,500,294.97	24.59%
เหล็กรูปพรรณรีดร้อน แบบไม่มีเตาหลอม	2,621.84	2,359.66	1,305,086.08	3,421,730,021.81	342,173,002.18	10.00%
เหล็กม้วนรีดร้อน แบบไม่มีเตาหลอม	1,999.45	1,600.00	2,741,602.89	5,481,708,879.80	1,095,144,263.80	19.98%
เหล็กม้วนรีดเย็น	1,881.07	1,500.00	1,093,981.11	2,057,854,151.00	416,882,493.50	20.26%
เหล็กแผ่นชุบกัลวาไนซ์/เหล็กแผ่นเคลือบไฟฟ้า	2,022.95	1,239.50	369,878.67	748,246,471.10	289,781,863.77	38.73%
เหล็กแผ่นเคลือบดีบุก	736.04	685.00	366,906.29	270,057,347.46	18,726,537.10	6.93%
รวม				19,369,382,834.53	3,296,495,174.70	17.02%

Draft

BRIGHT management consulting company limited

ผลการวิเคราะห์ผลประหยัดของอุตสาหกรรม



ชนิดพลังงานที่ประหยัด	% ผลประหยัด	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเฉลี่ย (tCO_2e)	ค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลง (tCO_2e)
พลังงานรวม (ไฟฟ้าและความร้อน)	17.02%	3,913,689.12	498,603.99

Draft

BRIGHT management consulting company limited

การเปรียบเทียบการใช้พลังงาน (Energy Benchmarking) สากลกับประเทศไทย

Benchmarking of SEC for World Best Practice

Item	Process	SEC, Final Energy (GJ/t-product)	
		World BPT	Thailand (Avg)
1	Electric Arc Furnace	2.4	3.3
2	Continuous casting	0.1	
3	Hot rolling – strip	1.6	1.97
4	Hot rolling – Bars	1.8	2.37
5	Hot rolling – Wire	2.1	
6	Hot rolling – Section		
7	Cold rolling	1.5	1.96
8	Coated sheet		1.01
9	Galvanized pipe		2.18
10	Pipe & Cold form		0.06

Source: Energy Efficiency in the Thai Steel Sector : ISIT'S Efficiency Action Plan

Draft

ค่าดัชนีการใช้พลังงานอ้างอิงของประเทศไทย

SEC (MJ/t) of each interval and percentage decrease

Item	Process	SEC (MJ/t)			% Decrease
		Avg. for 1999-2004	Avg. for 2005-2010	Reduction	
1	Re bar with EAF	5,059.00	5,019.00	-76	-1
2	Re bar without EAF	2,075.00	1,736.00	-339	-16
3	Wire-rod with EAF	6,442.00	4,791.00	-1651	-26
4	Wire-rod without EAF	3,212.00	2,303.00	-909	-28
5	Section with EAF	6,051.00	4,771.00	-1280	-21
6	Section without EAF hot formed	2,886.00	NA	-	-
7	Hot-Rolled Coil with EAF	4,710.00	4,857.00	+147	+3.1
8	Hot-Rolled Coil without EAF	2,246.00	2,438.00	+192	+8.5
9	Cold-Rolled Coil	1,787.00	1,968.00	+181	+10
10	Hot-Dip Galvanized steel sheet	1,439.00	1,262.00	-177	-12
11	Electro-Galvanized steel sheet	1,300.00	1,217.00	-83	-6
12	Tin-Plate, Tin-Free	876.00	685.00	-191	-22
13	Cold-formed section	21.00	NA	-	-
14	ERW Pipe	235.00	240.00	+5	+2
15	Galvanized Pipe	1,670.00	2,182.00	+512	+30.6

Source: Energy Efficiency in the Thai Steel Sector : ISIT'S Efficiency Action Plan

Draft

BRIGHT
management consulting
company limited

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

กระบวนการผลิต	มาตรการ
Iron making – blast furnace	• Injection of pulverised coal
	• Recovery of blast furnace gas
	• Injection of natural gas
	• Top gas recycling
	• Injection of oil
	• Improved blast furnace control
	• Injection of plastic waste
	• Slag heat recovery
	• Injection of coke oven gas and basic oxygen
	• Pre-heating of fuel for hot stove furnace gas
	• Improvement of combustion in hot stove
	• Charging carbon composite agglomerates
	• Improved hot stove control
	• Top pressure recovery turbines
Steelmaking – Basic oxide furnace	• Recovery of BOF gas and sensible heat
	• Improvement of process monitoring and control
	• Variable speed drive on ventilation fans
	• Ladle pre-heating
	• Efficient ladle heating programme

กระบวนการผลิต	มาตรการ
Steelmaking – EAF	• Variable speed drives
	• Scrap pre-heating
	• Oxy-fuel burners / lancing
	• Waste injection
	• Post combustion of flue gasses
	• Air tight operation
	• Improving process control
	• Bottom stirring / gas injection
	• Direct current are furnace
Casting and refining	• Integration of casting and rolling
	• Lade pre-heating
	• Tundish heating
Metal shaping	• Use efficient drive units
	• Gate communicated turn off inverters
	• Installation of automated lubrication system

Shortlist of sector specific energy efficiency opportunities – iron and steel
Source: Adapted from Worrell et al., 2010

Draft

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

กระบวนการผลิต	มาตรการ
Hot rolling	• Recuperative or regenerative burners
	• Integration of casting and rolling
	• Flameless burners
	• Proper reheating temperature
	• Controlling oxygen levels
	• Process control in hot strip mill
	• Variable speed drives on combustion air fans
	• Heat recovery to the product
	• Hot charging
	• Waste heat recovery from cooling water
Cold rolling	• Continuous annealing
	• Reduced steam use in the acid pickling line
	• Reducing losses on annealing line
	• Inter-electrode insulation in electrolytic pickling line

Shortlist of sector specific energy efficiency opportunities – iron and steel
Source: Adapted from Worrell et al., 2010

Draft

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน

ลำดับ	ชื่อมาตรการ	เทคโนโลยีเดิม	เทคโนโลยีใหม่	ผลประหยัด (%)	เงินลงทุน
1	Heat Recovery for Power Generation with ORC technology	No heat recovery	Waste heat boiler for steam and power generation	30% electrical savings	US $3,220,000/MW
2	High efficiency motor replacement	Standard motors	High efficiency motors	3-5%	
3	Adjustable Speed Drive for Fan	Fixed speed Fan	VSD		30-300 kW $120-140 /kW > 300 kW $75 /kW
4	Compressed air system improvement	-	-	3-5%	
5	Regenerative Burner	Conventional Recuperator	-	30-40%	US $100,000-3,000,000 / Set Capacity : 300,000-15,000,000kcal/hr
6	Recuperative Burner	Conventional Burner	-	30-40%	US $200-6,000 / Set Capacity 13,000-140,000 kCal/hr

Draft

THANK YOU
QUESTION / SUGGESTION?

draft

BRIGHT
management consulting
company limited