

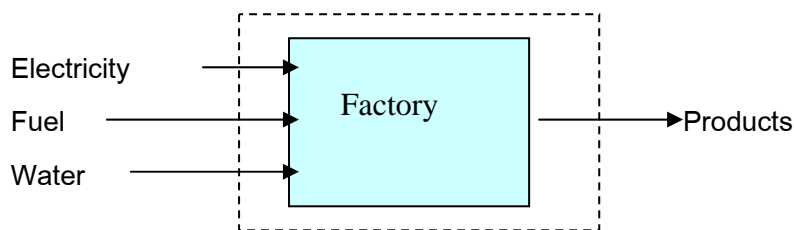
บทที่ 5

เกณฑ์การใช้พลังงานและแนวทางในการประเมิน

ในบทนี้จะได้กล่าวถึงเกณฑ์การใช้พลังงานที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมกระดาษ คำนิยาม ผลที่ได้จากการศึกษา และค่าเกณฑ์ที่นำเสนอตลอดจนแนวทางในการนำไปใช้

5.1 แนวทางการวิเคราะห์เกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษ

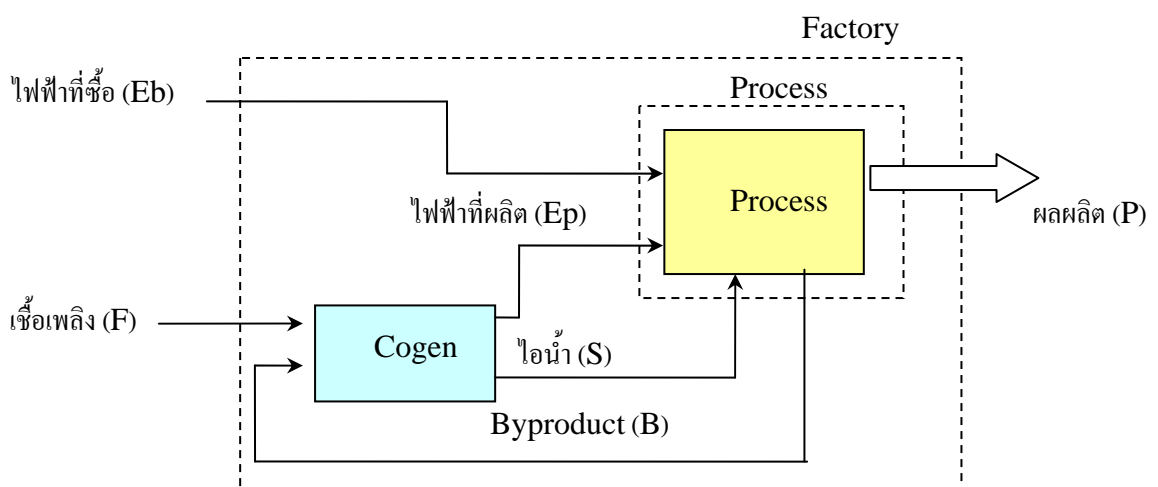
ในเกณฑ์การใช้พลังงานเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพในการใช้พลังงานอุตสาหกรรมกระดาษ มหาวิทยาลัยฯ ได้วัดการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานความร้อน เชื้อเพลิง และน้ำต่อหน่วยของผลผลิต โดยเลือกข้อมูลเป็นรายเดือน เพื่อความสะดวกกับโรงงานในการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 การใช้พลังงานของโรงงาน

โรงงานในกลุ่มกระดาษสามารถพิจารณาเกณฑ์การใช้พลังงานได้ 2 กลุ่ม คือ โรงงานที่ผลิตไฟฟ้าเอง และโรงงานที่ไม่ผลิตไฟฟ้า

1. โรงงานที่ผลิตไฟฟ้าเอง



รูปที่ 5.2 การใช้พลังงานของโรงงานที่ผลิตไฟฟ้าเอง

ประเภทโรงงาน

โรงงานประเภทนี้ได้แก่ โรงงานผลิตเยื่อกระดาษทุกโรง และโรงงานผลิตกระดาษขนาดใหญ่ บางแห่ง

เกณฑ์การใช้พลังงานที่เหมาะสม

ระดับโรงงาน

$$SEC_{EF} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่โรงงานซื้อต่อเดือน (Eb)}}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อเดือน (P)}} \quad \text{kWh / ton}$$

$$SEC_{FF} = \frac{\text{พลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใช้ไม่รวม Byproduct (F)}}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อเดือน (P)}} \quad \text{MJ / ton}$$

$$\text{การใช้พลังงานรวม (SEC}_F) = SEC_{EF} \times 3.6 + SEC_{FF} \quad \text{MJ / ton}$$

$$SEC_W = \frac{\text{ปริมาณน้ำดิบที่ใช้ต่อเดือน}}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อเดือน (P)}} \quad \text{m}^3 / \text{ตัน}$$

$$\text{ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ผลิตได้ และพลังงานไอน้ำที่ใช้ในหน่วย MJ(Ep+S)}}{\text{พลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ใช้ (F)}}$$

ระดับกระบวนการผลิต

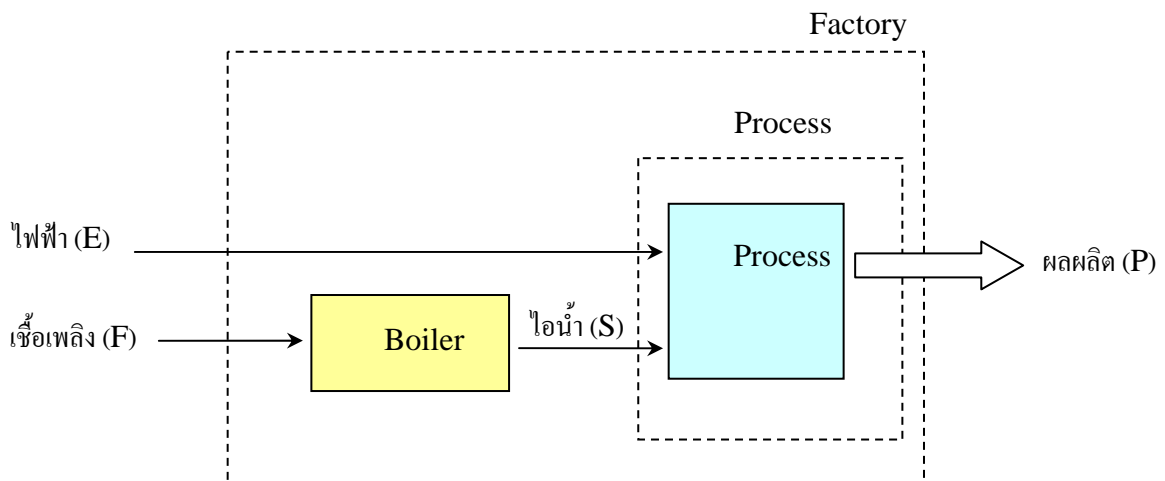
$$SEC_{EP} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในโรงงาน (EP + EB)}}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อเดือน (P)}}$$

$$SEC_{HP} = \frac{\text{พลังงานความร้อนของไอน้ำที่ใช้ (S)}}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อเดือน (P)}}$$

$$\text{การใช้พลังงานรวม (SEC}_P) = SEC_{EP} \times 3.6 + SEC_{HP} \quad \text{MJ / ton}$$

$$\text{อัตราส่วนการใช้ไอน้ำต่อเยื่อ} = \frac{\text{ตันไอน้ำที่ใช้ (S)}}{\text{ตันผลผลิต (P)}}$$

2. โรงงานที่ไม่ผลิตไฟฟ้า



รูปที่ 5.3 การใช้พลังงานของโรงงานที่ไม่ได้ผลิตไฟฟ้า

ประเภทโรงงาน

โรงงานกลุ่มนี้ได้แก่โรงงานผลิตกระดาษส่วนใหญ่ และโรงงานผลิตกระดาษลูกฟูก
เกณฑ์การใช้พลังงานที่เหมาะสม

$$SEC_E = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อเดือน (E)}}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อเดือน (P)}} \quad \text{kWh / ton}$$

$$SEC_F = \frac{\text{พลังงานความร้อนเชื้อเพลิงที่ใช้ (F)}}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อเดือน (P)}}$$

$$SEC_H = \frac{\text{พลังงานความร้อนของไอน้ำที่ใช้ (S)}}{\text{ปริมาณผลผลิตต่อเดือน (P)}}$$

ระดับโรงงาน $SEC_F = SEC_E \times 3.6 + SEC_F$

ระดับกระบวนการผลิต $SEC_P = SEC_E \times 3.6 + SEC_H$

$$\text{อัตราส่วนการใช้ไอน้ำต่อตันกระดาษ} = \frac{\text{ตันไอน้ำที่ใช้ (S)}}{\text{ตันผลผลิต (P)}}$$

และโรงงานผลิตกระดาษ

$$SEC_W = \frac{\text{ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อเดือน}}{\text{ปริมาณผลผลิต}} \quad \text{m}^3 / \text{ตัน}$$

โดยที่ พลังงานความร้อนของเชื้อเพลิง = \sum ปริมาณเชื้อเพลิง x ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง
 และ พลังงานความร้อนของไอน้ำ = ปริมาณตันไอน้ำ x เอนทาลปีของไอน้ำ (h_{fg})

โดยสรุปเกณฑ์ที่ควรพิจารณาของโรงงานในอุตสาหกรรมกระดาษแต่ละประเภท มีดังนี้

ตารางที่ 5.1 เกณฑ์การใช้พลังงานที่ควรพิจารณา

โรงงานผลิตเยื่อ	โรงงานผลิตกระดาษ	โรงงานผลิตกระดาษลูกฟูก
1 SEC_{EF}	1 SEC_{EF} (ถ้าผลิตไฟฟ้า)	1 SEC_E
2 SEC_{FF}	2 SEC_{FF} (ถ้าผลิตไฟฟ้า)	2 SEC_H
3 SEC_{FAC}	3 SEC_{FAC} (ถ้าผลิตไฟฟ้า)	3 SEC_{FAC}
4 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า	4 ประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้า	4 SEC_P
5 SEC_{EP}	(ถ้าผลิตไฟฟ้า)	5 อัตราส่วนการใช้ไอน้ำต่อตัน
6 SEC_{HP}	5 SEC_{EP}	กระดาษ
7 SEC_P	6 SEC_{HP}	
8 อัตราส่วนการใช้ไอน้ำต่อ	7 SEC_P	
ผลผลิต	8 อัตราส่วนการใช้ไอน้ำต่อ	
9 SEC_W	ตันกระดาษ	
	9 SEC_W	

5.2 การกำหนดค่าเกณฑ์การใช้พลังงาน

ที่ปรึกษาได้คัดกลุ่มโรงงานกระดาษออกเป็น 7 กลุ่มย่อย ตามลักษณะผลผลิต ดังได้กล่าวถึงในบทที่ 3 และมีขั้นตอนในการกำหนดค่าเกณฑ์ ดังนี้

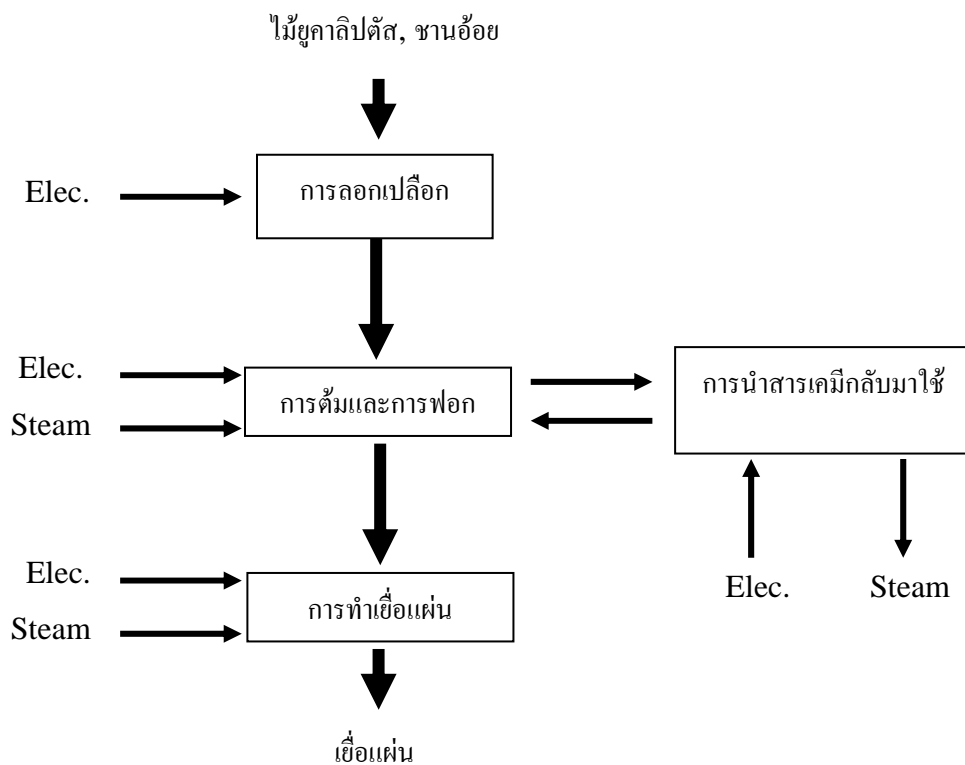
1. ในเบื้องต้นจะนำข้อมูลการผลิต และ การใช้พลังงานจากแบบบันทึกข้อมูลการผลิตและ การใช้พลังงาน (บพร.1) ของ โรงงานกระดาษในแต่ละกลุ่มมาวิเคราะห์ เพื่อดูแนวโน้มการใช้พลังงาน
2. เข้าสำรวจหรือตรวจวัดการใช้พลังงาน และการผลิตของโรงงานตัวอย่างจำนวน 33 แห่ง
3. วิเคราะห์ SEC ในระดับกระบวนการผลิต
4. ในข้อมูลที่มีความแตกต่างกัน วิเคราะห์หาสาเหตุของความแตกต่างกัน
5. กำหนดค่าเกณฑ์การใช้พลังงาน จะพิจารณาจากข้อมูล โดยดูค่าด้านต่ำที่มีโรงงานทำได้

ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละกลุ่มพร้อมค่าเกณฑ์ที่กำหนดแสดงได้ดังต่อไปนี้

5.2.1 กลุ่มอุตสาหกรรมกระดาษขั้นต้น

ในกลุ่มนี้จะประกอบด้วยอุตสาหกรรมการผลิตเยื่อกระดาษเพียงอย่างเดียว ซึ่งที่ปรึกษาได้มีการเข้าสำรวจโรงงานรวมทั้งสิ้น 4 แห่งดังแสดงในตารางที่ 3.2

สำหรับกระบวนการผลิตเยื่อกระดาษที่สำคัญสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลักๆ ได้ 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูป 5.4 พร้อมกับแสดงประเภทของพลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนด้วย



รูปที่ 5.4 กระบวนการผลิตเยื่อกระดาษ และประเภทของพลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

● ลักษณะโดยทั่วไปของแต่ละโรงงาน

Process/Product	Pulping Plant			
	A	B	C	D
1. Production (Ton/Month)	5,924	7,140	4,695	18,665
2. Pressure (Bar: HP, LP)	13, 6	10, 3	12, 4.5	13, 5
3. Steam Consumption (Tst/T)	6.55	5.09	7.8	5.3
4. Steam Supply	Cogen	Cogen	Cogen	Cogen
5. Boiler Fuel	BL+Coal	BL+Coal	BL+Coal+Oil	BL+Bark+Oil

หมายเหตุ: A หมายถึง บริษัท ปัญจพล พัลป์ อินดัสตรี จำกัด (มหาชน)

B หมายถึง บริษัท สยามเซลลูโลส

C หมายถึง บริษัท เอนไวรอนเม้นท์ พัลป์ แอนด์ เปเปอร์ จำกัด

D หมายถึง บริษัท ฟินิกซ์ พัลป์ แอนด์ เปเปอร์ จำกัด

● เกณฑ์การใช้พลังงาน

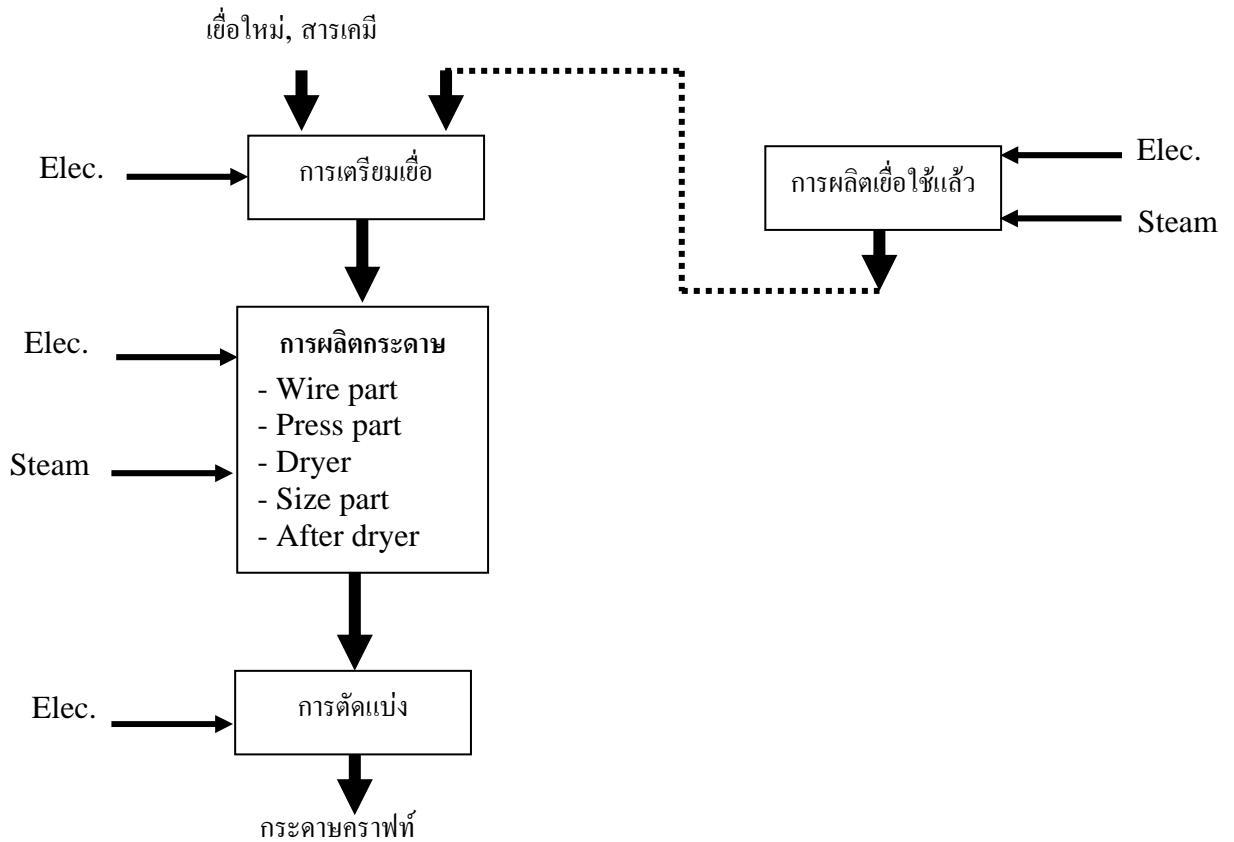
SEC	Unit	Pulping Plant				ค่าเฉลี่ย
		A	B	C	D	
1. Production	Ton/month	5,924	7,140	4,695	18,665	
2. Debarking & Chip	kWh/Ton	23.91	28.97	88	23.4	23
3. Pulping						
- Elec.	kWh/Ton	215.18	157.29	497.80	128.3	150
- Thermal	MJ/ton	1,645.70	3,027.80	4,260.60	2,472.9	2,500
4. Bleaching & Washing						
- Elec.	kWh/Ton	Incl. in Pulp	127.2	567	143.4	130
- Thermal	MJ/Ton	Incl. in Pulp	723.3	1,130.8	1,546.2	1,100
5. Sheeting	kWh/Ton	-	-	397.70	100	100
6. Recovery Plant						
- Elec.	kWh/Ton	111.20	233.70	400	161	150
- Thermal	MJ/Ton	1,027.7	6,832.60	1,558.3	1,779	1,500
7. Water	M ³ /Ton	28	35.74	190	47	30

5.2.2 กลุ่มอุตสาหกรรมกระดาษชั้นกลาง

สำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมกระดาษชั้นกลางจะประกอบด้วยอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษประเภทต่างๆ ซึ่งในกลุ่มนี้มีการเข้าสำรวจเก็บข้อมูลรวมทั้งสิ้น 20 แห่ง แบ่งเป็น การผลิตกระดาษคราฟท์ 6 แห่ง การผลิตกระดาษ Duplex 4 แห่ง การผลิตกระดาษพิมพ์เขียน 6 แห่ง การผลิตกระดาษอนามัย 3 แห่ง และการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์ 1 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 3.2

5.2.2.1 กระดาษคราฟท์

กระบวนการผลิตกระดาษกราฟที่สำคัญสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลักๆ ได้ 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูป 5.5 พร้อมกับแสดงประเภทของพลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน



รูปที่ 5.5 กระบวนการผลิตกระดาษกราฟ และประเภทของพลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

• ลักษณะโดยทั่วไปของแต่ละโรงงาน

Process/Product	Kraft Paper Plant					
	A	B	C	D	E	F
1. Production (T/Month)	53,366	15,215	7,807	14,136	18,815	2,746
2. Pressure (Bar)	6	6	6	7	12	6
3. Steam Consumption (Tst/T)	1.8	2	2.6	2.1	2.5	-
4. Steam Supply	Cogen	Cogen	Cogen	Cogen	Boiler	Boiler
5. Dryer	Semi	Close	Close	Close	Semi+Close	Semi
6. Boiler Fuel	Coal	Coal	Coal	Coal	Coal+C	ไม้, ชี้อ้อย

หมายเหตุ: A หมายถึง บริษัท อุตสาหกรรมกระดาษกราฟไทย จำกัด

B หมายถึง บริษัท ปัญจพล เปเปอร์ อินดัสตรี จำกัด

C หมายถึง บริษัท ยูไนเต็ด เปเปอร์ จำกัด (มหาชน)

D หมายถึง บริษัท ไทยเคน เปเปอร์ จำกัด (มหาชน)

E หมายถึง บริษัท เอเชียกราฟท์ เปเปอร์ จำกัด

F หมายถึง บริษัท กฤษณะมงคล จำกัด

- เกณฑ์การใช้พลังงาน

SEC	Kraft Paper Plant						ค่าเฉลี่ย
	A	B	C	D	E	F	
1. Production (T/Month)	53,366	15,215	7,807	14,136	18,815	2,746	
2. Waste Plant							
- Elec (kWh/ton)	153.80	190.40	185.20	222.80	156.50	-	155
- Thermal (MJ/Ton)	350	349.10	518.70	297	370.20	-	350
3. Stock Prep (kWh/Ton)	163.80	193.50	166.80	193.70	136.20	166.50	160
4. Paper Machine							
- Elec. (kWh/ton)	245.80	289.70	227	290.80	204.30	274.80	250
- Thermal (MJ/Ton)	3,313	4,109.20	5,045	3,917.40	4,884.30	-	3,500
5. Cutting (kWh/ton)	-	52.20	20	48.40	1.90	9.12	20
6. Water (M ³ /Ton)	11.50	8.90	8.20	7.50	10.20	-	8.20
7. SEC ของโรงงาน							
- Elec. (kWh/Ton)	567.60	520	633.80	777.66	496.90	451	600
- Thermal (MJ/Ton)	4,693	5,960.80	6,825	5,185.90	6,123.80	-	5,000

5.2.2.2 กระดาษ Duplex

สำหรับกระบวนการผลิตกระดาษ Duplex จะเหมือนกับการผลิตกระดาษคราฟท์ ซึ่งมีกระบวนการผลิตที่สำคัญสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลักๆ ได้ 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูป 5.5 (ขั้นตอนการผลิตจะเหมือนของกระดาษคราฟท์)

- ลักษณะโดยทั่วไปของแต่ละโรงงาน

Process/Product	Duplex Paper Plants			
	A	B	C	D
1. Production (T/Month)	2,249	1,950	3,947	1,262
2. Pressure (Bar)	6	6	7	6
3. Steam Consumption (Tst/T)	3.30	2.20	3.90	2.10
4. Steam Supply	Boiler	Cogen	Cogen	Boiler
5. Boiler Fuel	Oil	Coal	Coal	Saw dust

หมายเหตุ: A หมายถึง โรงงานกระดาษเทนมา (ประเทศไทย) จำกัด

B หมายถึง บริษัท กระดาษสหไทย จำกัด (มหาชน) (สมุทรปราการ)

C หมายถึง บริษัท กระดาษสหไทยอุตสาหกรรม จำกัด (กาญจนบุรี)

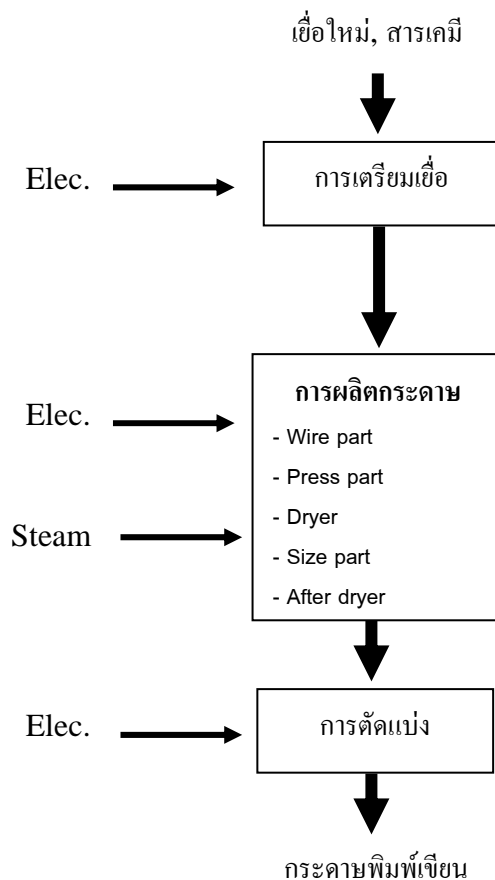
D หมายถึง บริษัท เทพพัฒนากระดาษ จำกัด

● เกณฑ์การใช้พลังงาน

SEC	Duplex Paper Plants				ค่าเฉลี่ย
	A	B	C	D	
1. Production (T/Month)	2,249	1,950	3,947	1,262	
2. Stock Prep (kWh/ton)	322.60	429.50	413	446.50	400
3. Paper Machine					
- Elec. (kWh/ton)	364.7	465.30	371	223.30	360
- Thermal (MJ/Ton)	6,717.4	4,518	6,839	3,963	6,000
4. Cutting (kWh/ton)	-	-	59	52	-
5. Water (M ³ /Ton)	-	56.50	38.2	56.90	50
6. SEC ของโรงงาน					
- Elec. (kWh/Ton)	651	897.30	829	744.20	800
- Thermal (MJ/Ton)	8,397	6,071.60	8,549	4,953	8,000

5.2.2.3 กระดาษพิมพ์เขียน

กระบวนการผลิตกระดาษพิมพ์เขียนที่สำคัญสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลักๆได้ 3 ขั้นตอน ดังแสดงในรูป 5.6 พร้อมกับแสดงประเภทของพลังที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน



รูปที่ 5.6 กระบวนการผลิตกระดาษพิมพ์เขียน และประเภทของพลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

- ลักษณะโดยทั่วไปของแต่ละโรงงาน

Process/Product	Printing Paper Plants				
	A	B	C	D	E
1. Production (T/Month)	44,163	4,267	1,638	2,337	29
2. Pressure (Bar)	3.50	5	5	3.50	5
3. Steam Consumption (Tst/T)	1.60	2.40	2.80	2.70	-
4. Steam Supply	Cogen	Cogen	Cogen	Boiler Plant	Boiler Plant
5. Dryer	Close	Semi open	Semi open	Semi	Semi
6. Boiler Fuel	Wood	Wood	Coal	Oil	Saw dust

หมายเหตุ: A หมายถึง บริษัท แอ็ดวานซ์เอโกร จำกัด (มหาชน)

B หมายถึง บริษัท ไฮ-เทค เปเปอร์ จำกัด

C หมายถึง บริษัท กระดาษสหไทย จำกัด (มหาชน)

D หมายถึง โรงงานอุตสาหกรรมกระดาษบางปะอิน

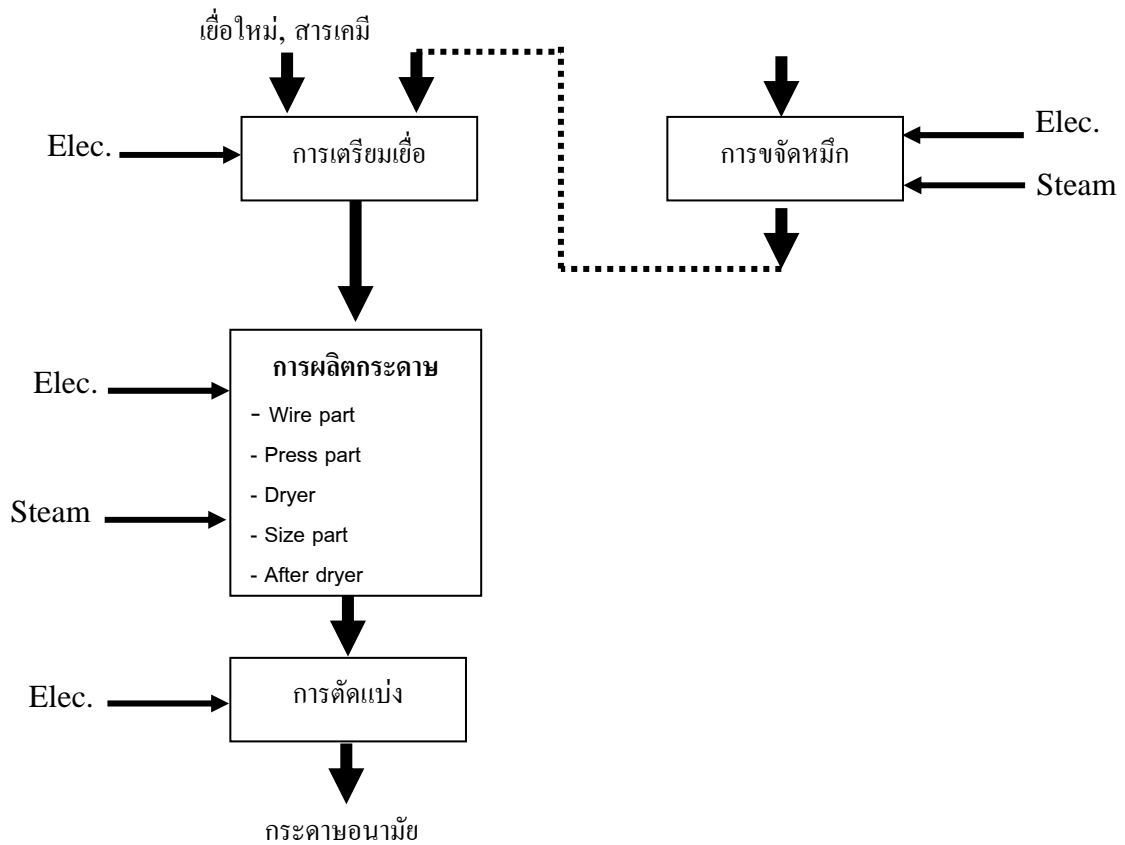
E หมายถึง บริษัท อุตสาหกรรมกรุงไทย จำกัด

- เกณฑ์การใช้พลังงาน

SEC	Printing Paper Plants					ค่าเฉลี่ย
	A	B	C	D	E	
1. Production (T/Month)	44,163	4,267	1,638	2,337	29	
2. Stock Prep (kWh/ton)	191.80	162.50	280.90	212.40	181.70	200
3. Paper Machine						
- Elec. (kWh/ton)	279.60	312.20	448.30	386.20	272.60	300
- Thermal (MJ/Ton)	3,412.15	4,929	5,892.50	5,569.80	-	5,000
4. Cutting (kWh/ton)	-	-	18.80	9	5.20	10
5. Water (M ³ /Ton)	7.30	13.90	24.80	-	-	13
6. SEC ของโรงงาน						
- Elec. (kWh/Ton)	471.40	484.60	821.10	671	678	480
- Thermal (MJ/Ton)	4,416.70	6,538.90	8,887.3	6,908.80	-	5,000

5.2.2.4 กระดาษอนามัย

กระบวนการผลิตกระดาษอนามัยที่สำคัญสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลักๆ ได้ 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูป 5.7 พร้อมกับแสดงประเภทของพลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน



รูปที่ 5.7 กระบวนการผลิตกระดาษอนามัย และประเภทของพลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

● ลักษณะโดยทั่วไปของแต่ละโรงงาน

Process/Product	Tissue Paper Plants		
	A	B	C
1. Production (Ton/Month)	1,549.7	1,618	130
2. Pressure (Bar: HP, LP)	15	11	5
3. Steam Consumption (Tst/T)	1.50 [*]	3.90	3.81
4. Steam Supply	Boiler	Boiler	Boiler
5. Boiler Fuel	Oil	Oil	Coal
6. Hot Air	LPG	Steam	Steam

หมายเหตุ: A หมายถึง บริษัทเบอร์ลีเยคเกอร์เซลล็อกซ์ จำกัด

B หมายถึง บริษัท คิมเบอร์ลี-คล้าค (ประเทศไทย) จำกัด

C หมายถึง บริษัท ไทย-วิตตอรีเปเปอร์ จำกัด

^{*} คิดเฉพาะไอน้ำ เนื่องจากมีการใช้พลังงานความร้อนจาก 2 แหล่งคือ ไอน้ำ และ LPG

● เกณฑ์การใช้พลังงาน

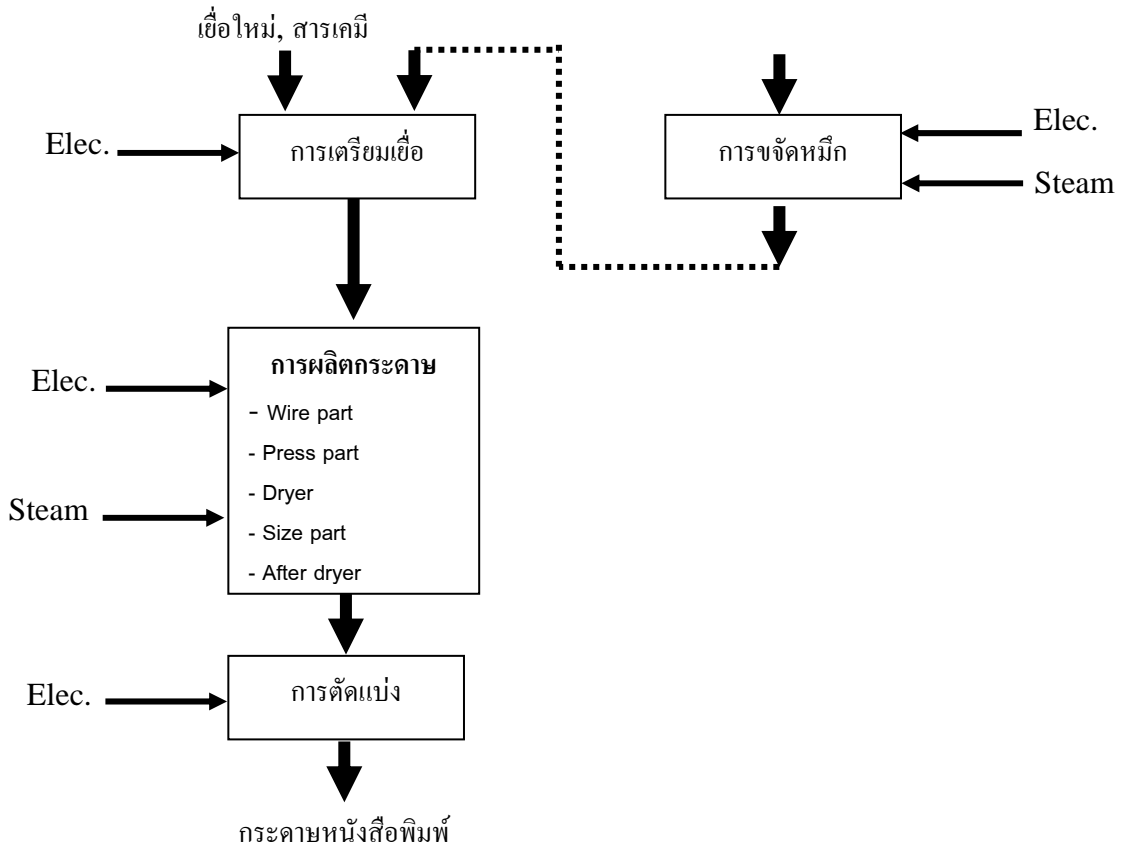
SEC	Tissue Paper Plants			ค่าเฉลี่ย
	A	B	C	
1. Production (T/Month)	1,549.70	1,618	130	
2. De-inking Plant				
- Elec. (kWh/ton)	529.20	519	356.60	500
- Thermal (MJ/Ton)	1,650.70	2,040.40	2,294.40	1,600
3. Stock Prep (kWh/ton)	502.30	402.50	356.60	400
4. Paper Machine				
- Elec. (kWh/ton)	435.40	505.60	534.90	500
- Thermal (MJ/Ton)	5,420.10	5,789.20	8,754	6,000
4. Cutting (kWh/ton)	17.20	-	-	250
5. Water (M ³ /Ton)	10.90	65 ¹	2.3 ²	11
6. SEC ของโรงงาน				
- Elec. (kWh/Ton)	1,916.50	1,730	892	1,700
- Thermal (MJ/Ton)	8,253.70	10,202	10,943	10,000

หมายเหตุ: ¹ ใช้น้ำใหม่อย่างเดียว

² มีการนำน้ำในกระบวนการผลิตกลับมาใช้เป็นจำนวนมาก

5.2.2.5 การผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์

กระบวนการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์ที่สำคัญสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลักๆ ได้ 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูป 5.8 พร้อมกับแสดงประเภทของพลังที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน



รูปที่ 5.8 กระบวนการผลิตกระดาษหนังสือพิมพ์ และประเภทของพลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

- ลักษณะโดยทั่วไปของแต่ละโรงงาน

Process/Product	Newspaper Plant
	A
1. Production (T/Month)	11,231.60
2. Pressure (Bar)	8
3. Steam Consumption (Tst/T)	-
4. Steam Supply	Boiler
5. Boiler Fuel	Oil

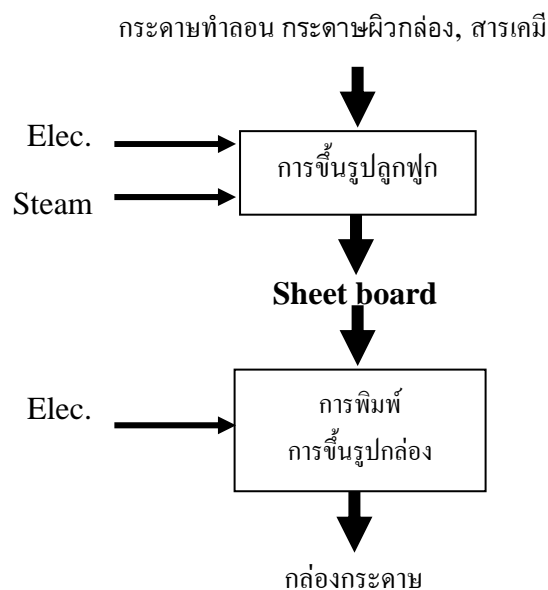
หมายเหตุ: A หมายถึงบริษัท นอร์สเด็สคูด์ (ประเทศไทย) จำกัด

● เกณฑ์การใช้พลังงาน

SEC	Unit	Newspaper Plant
		A
1. Production	T/Month	11,231.60
2. Stock Prep.	kWh/Ton	375
3. Paper Machine		
- Elec.	(kWh/Ton)	442
- Thermal	(MJ/Ton)	3,972
4. Cutting	(kWh/Ton)	25
5. Water	(M ³ /Ton)	30
6. SEC ของโรงงาน		
- Elec.	(kWh/Ton)	844.80
- Thermal	(MJ/Ton)	4,593.70

5.2.3 อุตสาหกรรมกระดาษชั้นปลาย

อุตสาหกรรมกระดาษชั้นปลายจะเป็นการผลิตบรรจุภัณฑ์ ซึ่งเป็นการนำผลผลิตจากอุตสาหกรรมกระดาษชั้นกลางมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิต ซึ่งวัตถุดิบที่สำคัญ ได้แก่ กระดาษกราฟที่กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ที่สำคัญ สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนหลักๆ ได้ 4 ขั้นตอน ดังแสดงในรูป 5.9 พร้อมกับแสดงประเภทของพลังที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน



รูปที่ 5.9 กระบวนการผลิตบรรจุภัณฑ์ และประเภทของพลังงานที่ใช้ในแต่ละขั้นตอน

● ลักษณะโดยทั่วไปของแต่ละโรงงาน

Process/Product	Corrugating Plant							
	A	B	C	D	E	F	G	H
1. Production (T/Month)	1,429	81	784	476	5,490	240	5,545	1,389
2. Pressure (Bar)	10	10	12	6.50	13	13	12	13
3. Steam Consumption (Tst/T)	0.56	0.50	0.43	0.670	0.33	0.36	0.54	0.54
4. Steam Supply	Boiler	Boiler	Boiler	Boiler	Boiler	Boiler	Boiler	Boiler
5. Boiler Fuel	Oil	Oil	Oil	Oil	Oil	Oil	Oil	Oil
6. Fuel (L/T)	36.80	31.30	26.70	36.10	20.34	17.50	26.60	34.80
7. Condensate (%)	80	50	60	70	75	90	90	0

หมายเหตุ: A หมายถึง บริษัท อินเตอร์เนชั่นแนลเปเปอร์ บรจรัม จำกัด (ประเทศไทย) จำกัด

B หมายถึง บริษัท สยามทบพันแพคเกจจิ้ง จำกัด

C หมายถึง บริษัท นิปปอน ไฮ-แพค (ประเทศไทย) จำกัด

D หมายถึง บริษัท กล้องกระดาษกรุงเทพอุตสาหกรรม จำกัด

E หมายถึง บริษัท สยามบรจรัม ชลบุรี (1995) จำกัด

F หมายถึง บริษัท เอเอสเอ บ็อกซ์ คอนเทนเนอร์ จำกัด

G หมายถึง บริษัท สยามบรจรัม ราชบุรี (1989) จำกัด

H หมายถึง บริษัท บางไทรอุตสาหกรรม จำกัด

● เกณฑ์การใช้พลังงาน

SEC	Corrugating Plant								เฉลี่ย
	A	B	C	D	E	F	G	H	
1. Production (T/Month)	1,429	81	784	475.60	5,490	240	5,545	1,389	
2. Corrugator									
- Elec. (kWh/ton)	46.10	-	40.40	49.60	46.60	36.60	26.50	80.70	40
- Thermal (MJ/Ton)	1,172.30	1,017	1,063.40	1,945.80	647.20	699.70	818.30	1,062	800
4. Printing (kWh/ton)	42.1	-	40.40	20.80	28.30	25.60	25.50	9.70	
5. SEC ของโรงงาน									
- Elec. (kWh/Ton)	88.7	431.90	111.40	70.70	74.80	66.70	114	90.90	80
- Thermal (MJ/Ton)	1,435.40	1,271	1,063	2,432.30	809.10	934.20	1,060	1,327.60	1,000

การกำหนดค่าเกณฑ์การใช้พลังงานของกลุ่มเยื่อกระดาษ

เนื่องจากโรงงานผลิตเยื่อกระดาษในประเทศมีประมาณ 7 โรงงาน พบว่าค่าที่ออกมาแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ผลิตเยื่อแห้ง และกลุ่มที่ผลิตเยื่อเปียกที่ส่งเข้าโรงงานผลิตกระดาษในบริเวณเดียวกัน ตัวแปรที่ทำให้แต่ละโรงงานมีค่าเกณฑ์การใช้พลังงานที่ต่างกัน ได้แก่ การใช้พลังงานในส่วนของการผลิตไฟฟ้า การนำเชื้อเพลิงที่ได้จากการผลิตกลับมาใช้มากหรือน้อย และการจัดแบ่งพลังงานในส่วนสนับสนุน ซึ่งมักจะรวมอยู่กับโรงงานอื่น

การกำหนดค่าเกณฑ์พลังงานของโรงงานกระดาษคราฟท์

การใช้ไฟฟ้าต่อต้านการผลิตของแต่ละโรงงานค่อนข้างคงที่ตามพิสัยการผลิต แต่จะมีค่าแตกต่างกันไป เนื่องจากอุปกรณ์/ระบบที่แต่ละโรงงานมีไม่เท่ากัน โรงงานที่ผลิตไฟฟ้ามีค่าเกณฑ์การใช้ไฟฟ้าสูงกว่า

การใช้ความร้อนต่อต้านการผลิต อยู่ในช่วง 4,000-6,000 MJ/ตัน บางโรงงานที่ข้อมูลแตกต่างกลุ่ม จากการตรวจสอบพบว่า มีการใช้เชื้อเพลิงหมุนเวียน เช่น ฟืน เศษไม้ จึงทำให้ค่าความร้อนที่ได้ไม่แม่นยำเพียงพอ แต่ในโรงงานที่ใช้เชื้อเพลิงน้ำมัน ส่วนใหญ่จะอยู่ในแนวโน้มเดียวกัน

การกำหนดค่าเกณฑ์การใช้พลังงานสำหรับโรงงานผลิตกระดาษแข็ง DUPLEX

การใช้พลังงานต่อต้านการผลิตค่อนข้างจะอยู่ในแนวโน้มเดียวกัน และของแต่ละโรงงานค่อนข้างคงที่

การกำหนดค่าเกณฑ์การใช้พลังงานสำหรับโรงงานผลิตกระดาษพิมพ์เขียน

จากข้อมูลแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ที่ผลิตไม่เกิน 10,000 ตัน/เดือน และเกิน 10,000 ตัน/เดือน ซึ่งเมื่อตัดข้อมูลของโรงงานที่เดินไม่เต็มทีออกไป ข้อมูลก็อยู่ในแนวเดียวกัน

การกำหนดค่าเกณฑ์การใช้พลังงานสำหรับโรงงานกระดาษอนามัย

จากการสำรวจมีการเข้าไป โรงงานขนาดเล็กมาก คนงานน้อยกว่า 20 คน การใช้พลังงานต่อหน่วยจึงต่ำมาก สำหรับโรงงานที่เหลืออีก 2 แห่ง การใช้พลังงานความร้อนต่อหน่วยใกล้เคียงกัน แต่การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยต่างกันจึงให้ข้อมูลของโรงงานที่ต่ำเป็นเกณฑ์

การกำหนดค่าเกณฑ์การใช้พลังงานสำหรับโรงงานกระดาษหนังสือพิมพ์

เนื่องจากมีโรงงานเดียวในประเทศไทย ค่าเกณฑ์ของกลุ่มโรงงานกระดาษหนังสือพิมพ์ จึงกำหนดจากค่าเฉลี่ยด้านต่ำของโรงงานนี้

การกำหนดค่าเกณฑ์การใช้พลังงานสำหรับโรงงานผลิตกระดาษลูกฟูก

ข้อมูลของโรงงานส่วนใหญ่อยู่ในช่วงเดียวกัน จึงได้กำหนดค่าจากการเฉลี่ยด้านต่ำของโรงงานที่เข้าสำรวจ บางโรงงานมีการผลิตที่มาก และเป็นลักษณะของงานพิมพ์ เป็นส่วนใหญ่จึงไม่นำมาพิจารณา

5.3 เกณฑ์การใช้พลังงานที่ได้

ตารางที่ 5.2 เกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมกระดาษ

ค่าเกณฑ์	ความสัมพันธ์
<p>1. โรงงานผลิตเยื่อกระดาษ</p> <p>โรงงานผลิตเยื่อแห้ง</p> <p>SEC_E = 2,000 – 4,000 kWh/t เมื่อ P < 10,000 ตัน / เดือน = 1,000 kWh/t เมื่อ P > 10,000 ตัน / เดือน</p> <p>SEC_H = 30,000 – 60,000 MJ/t เมื่อ P < 10,000 ตัน / เดือน = 18,000 MJ/t เมื่อ P > 10,000 ตัน / เดือน</p> <p>SEC_P = 40,000 MJ/t เมื่อ P < 10,000 ตัน / เดือน = 20,000 MJ/t เมื่อ P > 10,000 ตัน / เดือน</p> <p>โรงงานผลิตเยื่อเปียก</p> <p>SEC_E = 400 – 600 kWh/t</p> <p>SEC_H = 5,000 – 10,000 MJ/t</p> <p>SEC_P = 8,000 – 12,000 MJ/t</p>	<p>SEC_E = $5 \times 10^6 P^{-0.85}$</p> <p>SEC_H = $6 \times 10^6 P^{-0.597}$</p> <p>SEC_P = $10^7 P^{-0.648}$</p>
<p>2. โรงงานผลิตกระดาษคราฟท์</p> <p>กระดาษคราฟท์ธรรมดา</p> <p>SEC_E = 500 – 600 kWh/t</p> <p>SEC_H = 5,000 MJ/t</p> <p>SEC_P = 7,500 – 10,000 MJ/t เมื่อ P < 20,000 ตัน / เดือน</p> <p>กระดาษคราฟท์ชนิด Duplex</p> <p>SEC_E = 600 kWh/t เมื่อ P < 3,000 ตัน / เดือน = 400 kWh/t เมื่อ P > 3,000 ตัน / เดือน</p> <p>SEC_H = 5,000 – 45,000 MJ/t เมื่อ P < 3,000 ตัน / เดือน = 4,500 MJ/t เมื่อ P > 3,000 ตัน / เดือน</p> <p>SEC_P = 7,500 MJ/t เมื่อ P < 3,000 ตัน / เดือน = 6,300 MJ/t เมื่อ P > 3,000 ตัน / เดือน</p>	<p>SEC_H = $24,229 P^{-0.155}$</p> <p>SEC_P = $27,848 P^{-0.141}$</p> <p>SEC_E = $77,183 P^{-0.64}$</p> <p>SEC_H = $303,977 P^{-0.5}$</p> <p>SEC_P = $392,657 P^{-0.5}$</p>
<p>3. โรงงานกระดาษพิมพ์เขียน</p> <p>SEC_E = 500 - 600 kWh/t</p> <p>SEC_H = 5,000 MJ/t เมื่อ P < 10,000 ตัน / เดือน = 3,300 MJ/t เมื่อ P > 10,000 ตัน / เดือน</p> <p>SEC_P = 7,500 MJ/t เมื่อ P < 10,000 ตัน / เดือน = 5,000 MJ/t เมื่อ P > 10,000 ตัน / เดือน</p>	<p>SEC_H = $83,835 P^{-0.31}$</p> <p>SEC_P = $66,371 P^{-0.25}$</p>

<p>4. โรงงานกระดาษหนังสือพิมพ์</p> <p>SEC_E = 820 kWh/t SEC_H = 4,500 MJ/t SEC_P = 7,500 MJ/t</p>	
<p>5. โรงงานกระดาษอนามัย</p> <p>SEC_E = 1,200 – 1,500 kWh/t เมื่อ P < 2,000 ตัน / เดือน SEC_H = 6,000 – 8,000 MJ/t เมื่อ P < 2,000 ตัน / เดือน SEC_P = 10,000 – 14,000 MJ/t เมื่อ P < 2,000 ตัน / เดือน</p>	<p>SEC_E = 10⁻⁵P²+0.88P+2,726 SEC_H = 0.0062P²- 23.75P + 28,600</p>
<p>6. โรงงานผลิตกระดาษลูกฟูก</p> <p>SEC_E = 80 kWh/t เมื่อ P < 2,000 ตัน / เดือน = 50 kWh/t เมื่อ P > 2,000 ตัน / เดือน SEC_H = 900 MJ/t เมื่อ P < 2,000 ตัน / เดือน = 500 MJ/t เมื่อ P > 2,000 ตัน / เดือน SEC_P = 1088 MJ/t เมื่อ P < 2,000 ตัน / เดือน = 680 MJ/t เมื่อ P > 2,000 ตัน / เดือน</p>	<p>SEC_E = 779P^{-0.32} SEC_H = 5,460P^{-0.26} SEC_P = 92,749P^{-0.61}</p>

หมายเหตุ SEC_E = เกณฑ์การใช้พลังงานไฟฟ้า มีหน่วย kWh/t
 SEC_F = เกณฑ์การใช้พลังงานความร้อน มีหน่วย MJ/t
 SEC_P = เกณฑ์การใช้พลังงานรวมของการผลิต มีหน่วย MJ/t
 P = ปริมาณผลผลิตต่อเดือน มีหน่วยตันต่อเดือน

4. ข้อควรพิจารณาและการนำไปใช้

เกณฑ์การใช้พลังงานที่นำเสนอนี้เป็นเกณฑ์คร่าวๆ เท่านั้น ซึ่งโรงงานแต่ละแห่งมีความแตกต่างกัน ทั้งในแง่เครื่องจักร ชนิดผลผลิต ขนาดอุปกรณ์ การใช้เชื้อเพลิง ดังนั้นจึงอาจมีค่าแตกต่างจากนี้ได้ แต่ไม่ควรต่างกันมากหลายเท่าในการนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ ควรดำเนินการดังนี้

- 4.1 รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงาน และความร้อน/ไอน้ำ ตลอดจนผลผลิตของโรงงานเป็นรายเดือน
- 4.2 นำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่า SEC ตามแนวทางที่ได้นำเสนอ
- 4.3 การนำค่า SEC จริงที่ได้มา สามารถพิจารณาได้ 2 ลักษณะ คือ

1. เปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่นำเสนอ

หากค่าที่สูงกว่าเกณฑ์มากๆ ควรพิจารณาหาสาเหตุ หรือความแตกต่าง

2. เปรียบเทียบกับค่าที่ผ่านมาของโรงงาน

นำค่า SEC และปริมาณผลผลิต มาเขียนกราฟร่วมกับข้อมูลในอดีต ในลักษณะที่นำเสนอในรายงาน และควบคุมให้ค่า SEC อยู่ในแนวโน้มเดิม วิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขหากพบว่าค่าเบี่ยงเบนไปจากแนวโน้ม