

# เอกสารเผยแพร่

โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงาน  
ในอาคารประเภทศูนย์การค้า



กรมพัฒนาพลังงานทดแทน  
และอนุรักษ์พลังงาน  
กระทรวงพลังงาน



## คำนำ

จากสถานการณ์การปรับตัวเพิ่มขึ้นของราคาพลังงานในปัจจุบัน รวมทั้งราคาพลังงานที่มีแนวโน้มคงตัวอยู่ในราคาที่ค่อนข้างสูง ส่งผลกระทบต่อทุกภาคส่วนต้องหันมาให้ความสำคัญในเรื่องการอนุรักษ์พลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ภาคอาคารธุรกิจและการค้าถือเป็นอีกสาขาหนึ่งที่มีการใช้พลังงานในระดับสูง และมีแนวโน้มการขยายตัวของความต้องการใช้พลังงานสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ภายใต้สาขาอาคารธุรกิจพบว่าอาคารประเภทศูนย์การค้ามีลักษณะความต้องการใช้พลังงานที่สูงเป็นลำดับต้น เนื่องจากมีสภาพเป็นอาคารขนาดใหญ่และมีชั่วโมงการเปิดให้บริการต่อวันเป็นช่วงระยะเวลา

ในการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารประเภทศูนย์การค้านี้ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) ในฐานะหน่วยงานหลักที่รับผิดชอบการพัฒนาและส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ มีเป้าหมายที่จะศึกษาวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงาน เพื่อใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงานของอาคารประเภทศูนย์การค้าในประเทศไทย ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ประกอบการทราบถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของตนเองและสามารถเปรียบเทียบลักษณะการใช้พลังงานกับสถานประกอบการอื่นได้ รวมถึงทำการประเมินศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อนำไปสู่การนำเสนอแนวทางการส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในอาคารศูนย์การค้าดังกล่าว

เอกสารฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์ในการเผยแพร่ผลการศึกษาของโครงการ ซึ่งประกอบไปด้วย ภาพรวมของศูนย์การค้า การจำแนกประเภทศูนย์การค้า การใช้พลังงานและข้อมูลด้านเศรษฐกิจ ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อพื้นที่ใช้สอยของอาคารศูนย์การค้า ดัชนีการใช้พลังงานของระบบต่างๆ มาตรการการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมสำหรับอาคารศูนย์การค้า รวมถึงศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานและแผนในการสนับสนุนส่งเสริมให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในกลุ่มอาคารศูนย์การค้า ซึ่งคณะผู้จัดทำหวังว่าจะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องและผู้สนใจในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

# สารบัญ

	หน้า
<b>1 ภาพรวมอาคารศูนย์การค้า.....</b>	<b>1</b>
1.1 อาคารศูนย์การค้า	1
1.2 ภาพรวมด้านเศรษฐกิจ	2
1.3 ภาพรวมการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า	3
<b>2 การจัดประเภทอาคารศูนย์การค้า.....</b>	<b>6</b>
<b>3 ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า.....</b>	<b>9</b>
3.1 ดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอย (SEC)	10
3.2 ดัชนีการใช้พลังงานแยกตามระบบ	13
3.3 ความเข้มของการใช้พลังงานและความยืดหยุ่นของการใช้พลังงาน	14
<b>4 มาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารศูนย์การค้า .....</b>	<b>16</b>
4.1 แนวคิดการออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงาน	16
4.2 การบริหารจัดการพลังงานในอาคาร	20
4.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง	23
4.4 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ	26
4.5 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบตู้แช่	34
<b>5 แนวทางส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้า.....</b>	<b>37</b>
5.1 ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้าตัวอย่าง 22 แห่ง	38
5.2 แนวทางการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้า	38
<b>6 บทสรุป .....</b>	<b>42</b>
6.1 ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า	42
6.2 ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอาคารศูนย์การค้า	43

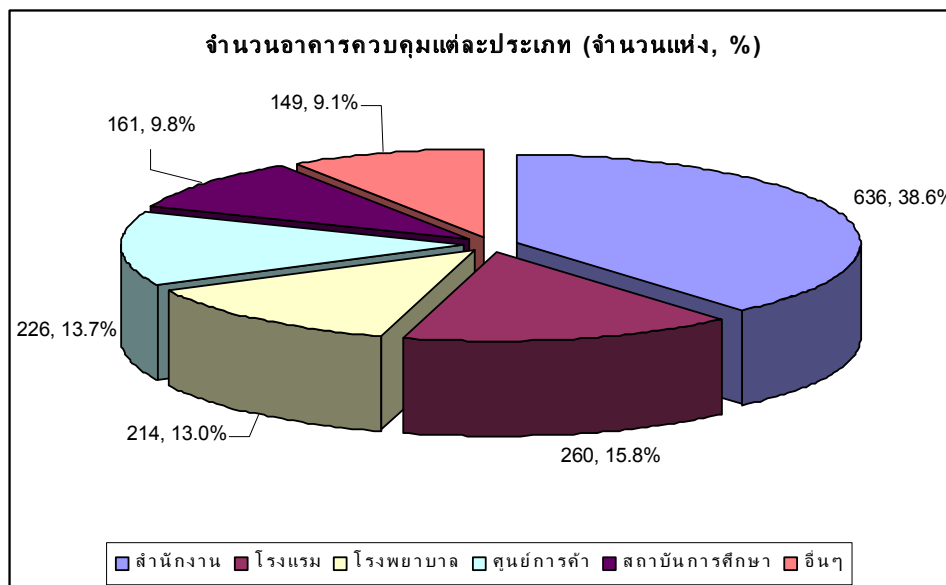
# 1

## ภาพรวมอาคารศูนย์การค้า

### 1.1 อาคารศูนย์การค้า

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ศูนย์การค้า หมายถึง “แหล่งรวมสินค้าเพื่อจำหน่าย มีร้านขายสินค้านานาชนิด มีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ให้แก่ผู้มาซื้อสินค้า เช่น ที่จอดรถ ร้านอาหาร”

อาคารที่ควบคุมการใช้พลังงานตามกฎหมายอนุรักษ์พลังงาน มีจำนวนทั้งสิ้นประมาณ 1,646 อาคาร มีอยู่ทั่วประเทศ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้จำแนกอาคารควบคุมออกเป็น 6 ประเภท ได้แก่ สำนักงาน โรงแรม โรงพยาบาล ศูนย์การค้า สถาบันการศึกษา และอื่นๆ ศูนย์การค้านับว่าเป็นอาคารที่มีการใช้พลังงาน โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้าอยู่ในเกณฑ์สูง ซึ่งส่วนใหญ่เป็นการใช้พลังงานเพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่กลุ่มลูกค้าที่มาใช้บริการภายในอาคารศูนย์การค้าดังกล่าว โดยจากการรวบรวมข้อมูลจำนวนอาคารที่เข้าข่ายเป็นอาคารควบคุม ตาม พรบ.การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 พบว่าจำนวนอาคารควบคุมทั้งหมดประมาณ 1,646 แห่ง มีอาคารควบคุมที่เป็นอาคารศูนย์การค้าอยู่ประมาณ 226 แห่ง คิดเป็น 13.7% ของจำนวนอาคารที่เป็นอาคารควบคุมการใช้พลังงานทั่วประเทศ



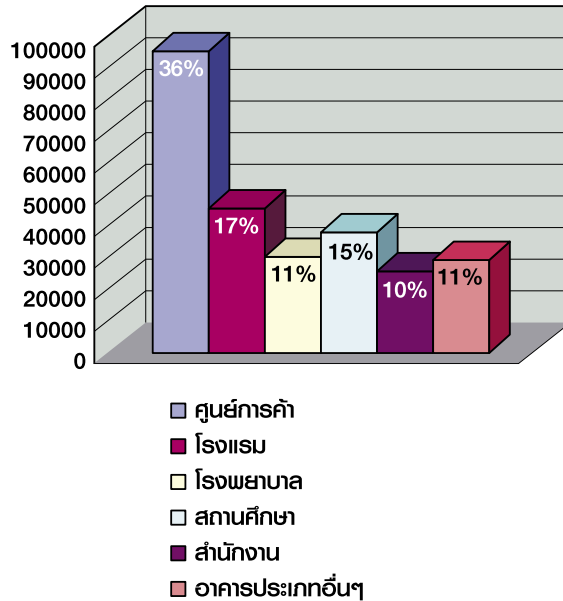
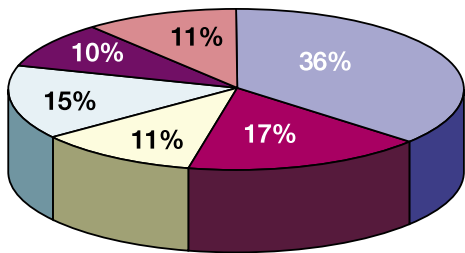
ที่มา : โครงการปรับปรุงข้อกำหนดการใช้พลังงานในอาคารควบคุม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

รูปที่ 1 สัดส่วนจำนวนอาคารควบคุมประเภทต่างๆ

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า เทียบกับอาคารควบคุมประเภทอื่นๆ พบว่าอาคารศูนย์การค้าเป็นอาคารควบคุมที่มีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงที่สุด โดยมีปริมาณการ

ใช้พลังงานคิดเป็นประมาณ 36% ของปริมาณการใช้พลังงานในอาคารควบคุมทั้งหมด อาคารศูนย์การค้าจึงนับว่าเป็นอาคารกลุ่มเป้าหมายหลักที่ควรมีการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานต่างๆ เพื่อให้เกิดผลการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นรูปธรรม

การใช้พลังงานตามประเภทอาคารธุรกิจ



ที่มา : กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

รูปที่ 2 สัดส่วนการใช้พลังงานของอาคารควบคุม

## 1.2 ภาพรวมด้านเศรษฐกิจ

จากการรวบรวมข้อมูลทางเศรษฐกิจของประเทศ พบว่า ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ (Gross Domestic Product: GDP) ของธุรกิจค้าส่งและค้าปลีก ซึ่งสัมพันธ์โดยตรงกับธุรกิจศูนย์การค้ามีมูลค่าอยู่ที่ประมาณ 492,000 ล้านบาท/ปี และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกๆ ปี ซึ่งเมื่อเทียบกับมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมทั้งประเทศ (GDP) ซึ่งมีมูลค่าอยู่ที่ประมาณ 4,044,000 ล้านบาท/ปี พบว่า ค่าเฉลี่ยในช่วงปี พ.ศ.2544-2549 ของมูลค่า GDP ภาคธุรกิจค้าส่งและค้าปลีกมีค่าเป็นสัดส่วนประมาณ 13.3% ของ GDP รวมทั้งประเทศ

โดยแนวโน้มของค่า GDP ของทั้งประเทศและ GDP ของธุรกิจค้าส่งและค้าปลีก จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกัน แต่สัดส่วนของค่า GDP ของธุรกิจค้าส่งและค้าปลีกเทียบกับค่า GDP รวมทั้งประเทศ กลับมีแนวโน้มลดลง แสดงว่าอัตราการเติบโตของธุรกิจค้าส่งและค้าปลีกมีอัตราการเติบโตที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับอัตราการเติบโตของธุรกิจโดยรวมทั้งประเทศ สรุปได้ดังนี้

- $\% \Delta \text{GDP-Thailand}$  มีค่าเฉลี่ย 5.3 % ต่อปี
- $\% \Delta \text{GDP-Wholesale and Retail Trade}$  มีค่าเฉลี่ย 3.2 % ต่อปี
- สัดส่วน GDP-Wholesale and Retail Trade ต่อ GDP-Thailand มีค่าเฉลี่ย 13.3%

ตารางที่ 1 มูลค่า GDP ของทั้งประเทศ และสาขาค้าส่งและค้าปลีก

ปี	GDP-Thailand		GDP-Wholesale and Retail Trade		สัดส่วน GDP-WS & RT GDP-Thailand
	Millions of Baht @ 1988 Price	% $\Delta$ GDP/yr	Millions of Baht @ 1988 Price	% $\Delta$ GDP/yr (WS & RT)	
2544	3,073,601	-	431,769	-	14.05%
2545	3,237,042	5.05%	440,494	1.98%	13.61%
2546	3,468,166	6.66%	453,963	2.97%	13.09%
2547	3,685,944	5.91%	473,696	4.17%	12.85%
2548	3,851,295	4.29%	492,124	3.74%	12.78%
2549	4,043,552	4.75%	-	-	-
เฉลี่ย	3,559,933	5.33%	458,409	3.21%	13.27%

ที่มา : สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ

### 1.3 ภาพรวมการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า

จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารศูนย์การค้า เทียบกับการใช้พลังงานของทั้งประเทศ สรุปได้ว่าศูนย์การค้ามีปริมาณการใช้ไฟฟ้าคิดเป็นสัดส่วนประมาณ 2.5% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ โดยการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารศูนย์การค้ามีอัตราการเพิ่มขึ้นใกล้เคียงกับการเพิ่มขึ้นของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ ที่ประมาณ 6.2% ต่อปี

ตารางที่ 2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าของทั้งประเทศ และในสวนอาคารศูนย์การค้า

ปี	การใช้พลังงานไฟฟ้ารวม ทั้งประเทศ (GWh)		การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคาร ศูนย์การค้า (TSIC 62101)		สัดส่วน การใช้พลังงานไฟฟ้าศูนย์การค้า การใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ
	GWh	% $\Delta$ การใช้ พลังงานไฟฟ้า ทั้งประเทศ/ปี	GWh	% $\Delta$ การใช้พลังงาน ไฟฟ้าศูนย์การค้า/ปี	
2545	100,173	-	2,471.64	-	2.47%
2546	106,959	6.34%	2,704.28	8.60%	2.53%
2547	115,044	7.03%	2,834.78	4.60%	2.46%
2548	121,229	5.10%	2,999.04	5.48%	2.47%
เฉลี่ย	110,851	6.16%	2,752.43	6.23%	2.48%

ที่มา : การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

จากการรวบรวมรายชื่ออาคารศูนย์การค้าที่เข้าข่ายอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 โดยเป็น อาคารที่มีการติดตั้งหม้อแปลงรวมขนาดตั้งแต่ 1,175 kVA หรือ 1,000 kW ขึ้นไป หรือมีการใช้พลังงานรวมตั้งแต่ 20 ล้าน MJ ต่อปี พบว่ามีอาคารศูนย์การค้า (TSIC ID 62101) ที่เข้าข่ายอาคารควบคุมจำนวน 277 อาคาร โดยสามารถจำแนกเป็นประเภทศูนย์การค้าต่างๆ ได้ดังนี้ (รายละเอียดการจัดกลุ่มประเภทอาคารศูนย์การค้า แสดงในบทที่ 2)

ตารางที่ 3 จำแนกอาคารศูนย์การค้าที่เข้าข่ายอาคารควบคุม จำนวน 277 แห่ง

ประเภทศูนย์การค้า	จำนวน (แห่ง)
1. Department Store	99
2. Discount Store	131
3. Shopping Plaza	47
<b>รวม</b>	<b>277</b>

ที่มา: ฐานข้อมูลการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

ผลการรวม และประมวลข้อมูลอาคารควบคุมประเภทอาคารศูนย์การค้า ที่มีข้อมูลการใช้พลังงานและขนาดพื้นที่ใช้สอยครบถ้วนของปี พ.ศ. 2546 - 2548 แสดงดังตาราง

ตารางที่ 4 การรวบรวมข้อมูลอาคารศูนย์การค้าซึ่งเข้าข่ายอาคารควบคุม

ประเภท	จำนวนอาคารที่มีข้อมูลครบถ้วน			การใช้พลังงานรวม (GWh/yr)			พื้นที่ใช้สอยรวม (x 10 <sup>3</sup> m <sup>2</sup> )		
	2546	2547	2548	2546	2547	2548	2546	2547	2548
Department Store	55	60	54	957	1,069	946	3,843	4,425	3,923
Discount Store	95	96	103	747	735	801	2,191	2,149	2,297
Shopping Plaza	29	32	30	269	310	321	1,245	1,528	1,452
<b>รวม</b>	<b>179</b>	<b>188</b>	<b>187</b>	<b>1,974</b>	<b>2,113</b>	<b>2,067</b>	<b>7,279</b>	<b>8,102</b>	<b>7,672</b>

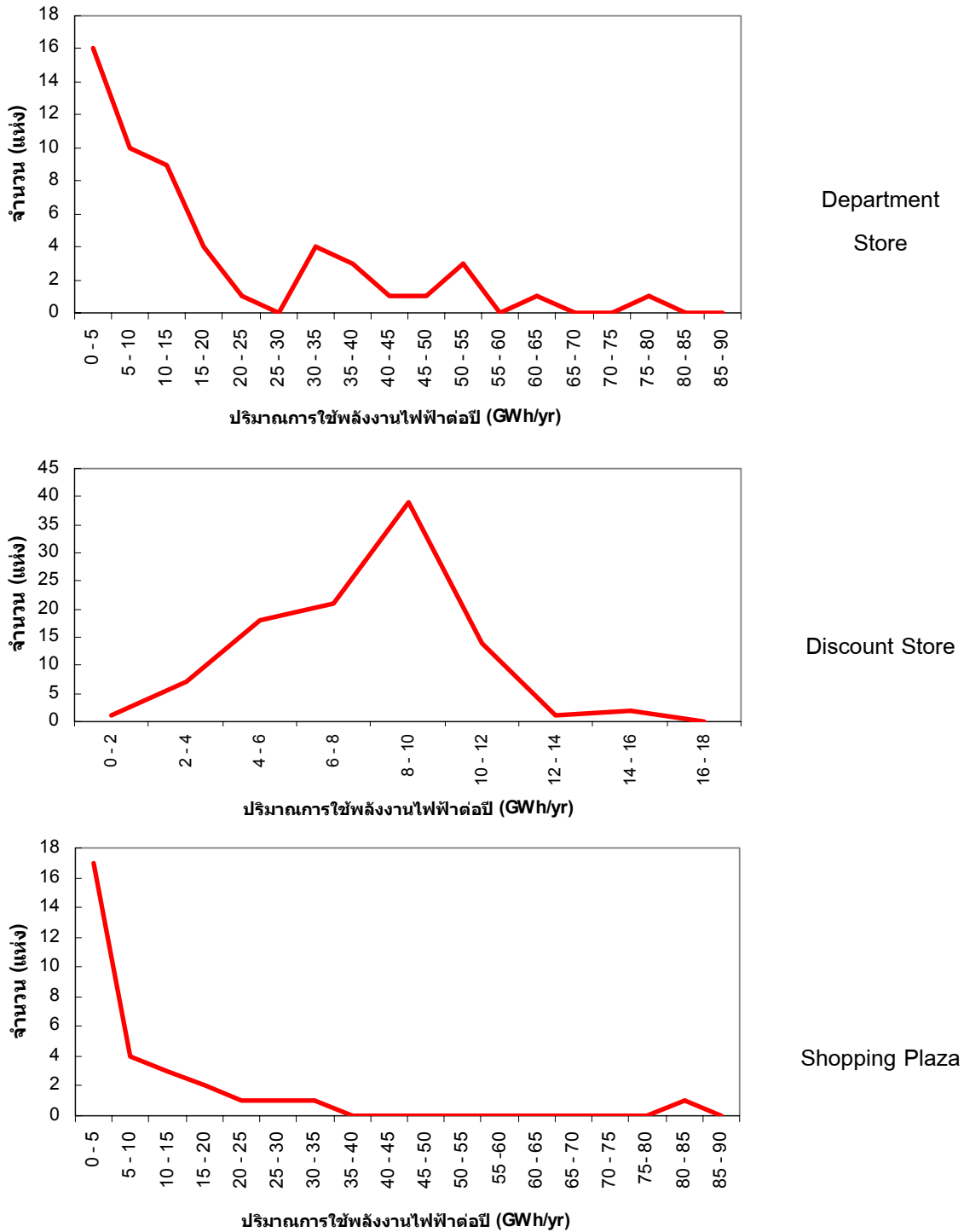
ที่มา: ฐานข้อมูลการอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารประเภทศูนย์การค้าที่เป็นอาคารควบคุม พบว่าศูนย์การค้าประเภท Department Store จะมีปริมาณการใช้พลังงานรวมต่อปี (GWh/ปี) สูงที่สุดในกลุ่ม รองลงมาได้แก่ศูนย์การค้าประเภท Discount Store และ Shopping Plaza ตามลำดับ โดยเมื่อพิจารณาลักษณะการกระจายตัวของจำนวนอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท ตามปริมาณการใช้พลังงานต่อปี แสดงได้ดังนี้

- **Department Store** จะมีการใช้พลังงานต่อแห่งส่วนใหญ่ (ประมาณ 30%) ที่ระดับน้อยกว่า 5 GWh/ปี และมีจำนวนอาคารที่ใช้พลังงานในช่วง 5-10 และ 10-15 GWh/ปี ใกล้เคียงกัน เป็นจำนวนรองลงมา (ช่วงละประมาณ 17-18%)



- **Discount Store** อาคารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ (ประมาณ 38%) จะมีการใช้พลังงานในช่วง 8–10 GWh/ปี รองลงมาจะใช้พลังงานในช่วง 6–8 GWh/ปี (ประมาณ 20%)
- **Shopping Plaza** โดยส่วนใหญ่ประมาณ 57% มีการใช้พลังงานน้อยกว่า 5 GWh/ปี รองลงมาจะมีการใช้พลังงานในช่วง 5-10 GWh/ปี และ 10-15 GWh/ปี (ประมาณ 13% และ 10% ตามลำดับ)



รูปที่ 3 ลักษณะการกระจายตัวของการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท

# 2

## การจัดประเภทอาคารศูนย์การค้า

โดยจากการรวบรวมคำจำกัดความ และคำอธิบายลักษณะธุรกิจของศูนย์การค้าต่างๆ พบว่าสามารถจำแนกลักษณะศูนย์การค้า ได้เป็น

### 1) ดิสเคาท์สโตร์ (Discount Store)

มีลักษณะเป็นร้านค้าปลีก (Retail) สมัยใหม่ (Modern Trade) มีการจัดวางสินค้าเป็นหมวดหมู่ เพื่อความสะดวก และเป็นระเบียบ ลักษณะของธุรกิจ จะเน้นการจัดจำหน่ายสินค้าอุปโภคบริโภคที่หลากหลาย ราคาประหยัด และมีคุณภาพสินค้าตั้งแต่คุณภาพปานกลางจนถึงคุณภาพสูง โดยส่วนใหญ่ประมาณ 60% จะเน้นสินค้าที่เป็นอาหาร ลูกค้านักช้อปปิ้งเป้าหมาย จะเป็นกลุ่มระดับปานกลางลงมา ตัวอย่างของผู้ประกอบการประเภทนี้ ได้แก่ เซ็น บิ๊กซี เทสโก้ โลตัส คาร์ฟูร์ เป็นต้น

นอกจากนี้ ในการศึกษา ยังได้รวมลักษณะศูนย์การค้าที่เป็น ร้านค้าส่งแบบร้านค้าเงินสดและบริการตนเอง (Cash & Carry) ซึ่งมีลักษณะเป็นธุรกิจเพื่อจำหน่ายสินค้าให้แก่ร้านค้าย่อย หรือบุคคลที่ต้องการซื้อสินค้าคราวละจำนวนมากในราคาขายส่ง หรือราคาค่อนข้างต่ำ เพื่อเอื้ออำนวยให้ร้านค้าปลีกรายย่อย สามารถมาหาสินค้าไปจำหน่ายในร้านได้ นอกจากนี้ลูกค้ายังสามารถสมัครเป็นสมาชิก เพื่อรับข่าวสารเป็นประจำ ที่สำคัญ ลูกค้าต้องบริการตัวเอง จึงมีพนักงานไม่มากนัก ผู้ประกอบการประเภทนี้ ได้แก่ แม็คโคร (Makro)



### 2) ห้างสรรพสินค้า (Department Store)

มีลักษณะเป็นร้านค้าปลีกขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นศูนย์รวมสินค้าทุกชนิดเพื่อจำหน่ายให้ลูกค้าจำนวนมากแบบครบวงจร ในลักษณะ One Stop Shopping การจัดวางสินค้า จะมีการแบ่งเป็นแผนก (Department) หรือหมวดหมู่สินค้าที่ชัดเจน เพื่อสะดวกในการค้นหาและเลือกซื้อ โดยเน้นสินค้าที่เป็นสินค้าอุปโภคบริโภคเสื้อผ้า เครื่องแต่งกาย เครื่องสำอาง เครื่องใช้ในบ้าน ฯลฯ และมีการให้เช่าพื้นที่ภายในอาคารศูนย์การค้า (ส่วนพื้นที่ Plaza) เพื่อจัดตั้งร้านค้าเช่า

เพื่อจำหน่ายสินค้าของแบรนด์ต่างๆ ลูกค้าย่อมเป้าหมายส่วนใหญ่ จะเป็นกลุ่มที่มีฐานะและรายได้ปานกลางขึ้นไป และสถานที่ตั้งส่วนใหญ่ จะอยู่ในบริเวณที่เป็นชุมชนและบริเวณประกอบกิจการพาณิชย์ ตัวอย่างผู้ประกอบการประเภทนี้ ได้แก่ ห้างสรรพสินค้าเซ็นทรัล เดอะมอลล์ พารากอน โรบินสัน ตั้งฮั่วเส็ง พาต้า เป็นต้น

### 3) ซ็อบปีงพลาซ่า (Shopping Plaza) หรือ พื้นที่ให้เช่า

มีลักษณะเป็นอาคารที่เปิดพื้นที่เกือบทั้งหมดให้ร้านค้าย่อยต่างๆ มาเช่าพื้นที่ เพื่อจัดจำหน่ายสินค้า ซึ่งสินค้าที่แต่ละร้านนำมาจัดจำหน่าย จะมีทั้งประเภทที่จัดจำหน่ายสินค้าหลากหลายชนิด หรือจัดจำหน่ายเฉพาะสินค้าในประเภทและชนิดที่มีลักษณะการใช้งานใกล้เคียงกัน แต่ราคาและยี่ห้อแตกต่างกัน โดยนำมาจัดวางประชันเพื่อให้ลูกค้าได้เปรียบเทียบคุณภาพและราคาสินค้า ผู้ประกอบการประเภทนี้ ได้แก่ ศูนย์การค้าดิโอลด์สยามพลาซ่า ศูนย์การค้าพันธุ์ทิพย์พลาซ่า เป็นต้น



### 4) ซูเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket)

มีลักษณะเป็นร้านค้าปลีกที่เน้นจำหน่ายสินค้าอุปโภคบริโภคที่เป็นสินค้าสดใหม่ โดยเฉพาะอาหารสดจำพวก เนื้อสัตว์ ผักและผลไม้ อาหารสำเร็จรูปต่างๆ ตลอดจนถึงสินค้าอุปโภคบริโภคจำเป็นต่อชีวิตประจำวันทำเลที่ตั้งส่วนใหญ่ จะตั้งเป็นอาคารเดี่ยวพร้อมที่จอดรถบริเวณชานเมืองของกรุงเทพมหานคร ซึ่งอยู่ใกล้พื้นที่อยู่อาศัยหรือตั้งอยู่ด้านล่างของห้างสรรพสินค้า เพื่อความสะดวกขนถ่ายสินค้า ตัวอย่างผู้ประกอบการประเภทนี้ ได้แก่ ทีโอเอส ซูเปอร์มาร์เก็ต ฟู๊ดแลนด์ เป็นต้น



จากการรวบรวมข้อมูล พบว่ามีจำนวนอาคารศูนย์การค้าทั่วประเทศอย่างน้อย 326 แห่ง (ข้อมูล ณ เดือนพฤษภาคม 2550) ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มประเภทศูนย์การค้าออกเป็น 4 ประเภท ตามลักษณะการดำเนินธุรกิจได้ ดังนี้

1) **ดีสเคาท์สโตร์ (Discount Store)**

มีจำนวนทั้งสิ้น 193 แห่ง ประกอบด้วย

- (1) บริษัท บิ๊กซี ซูเปอร์เซ็นเตอร์ จำกัด (มหาชน) จำนวน 47 สาขา
- (2) บริษัท เอกชัย ดิสทริบิวชั่น ซิสเทม จำกัด (เทสโก้ โลตัส) จำนวน 93 สาขา
- (3) บริษัท เซ็นคาร์ จำกัด (คาร์ฟูร์) จำนวน 22 สาขา
- (4) บริษัท สยามแม็คโคร จำกัด (มหาชน) จำนวน 31 สาขา

2) **ห้างสรรพสินค้า (Department Store)**

มีจำนวนทั้งสิ้น 53 แห่ง ประกอบด้วย

- (1) บริษัท ห้างสรรพสินค้าโรบินสัน จำกัด (มหาชน) จำนวน 11 สาขา
- (2) บริษัท ซีอาร์ (ประเทศไทย) จำกัด (เครือเดียวกับโรบินสัน แต่จะเป็นผู้ถือหุ้นที่อยู่ต่างจังหวัด) จำนวน 8 สาขา
- (3) บริษัท สรรพสินค้าเซ็นทรัล จำกัด จำนวน 14 สาขา
- (4) บริษัท เดอะมอลล์กรุ๊ป จำกัด จำนวน 6 สาขา
- (5) ห้างสรรพสินค้า อื่นๆ จำนวน 14 แห่ง

3) **ช้อปปิ้งพลาซ่า (Shopping Plaza) หรือ พื้นที่ให้เช่า**

มีจำนวนทั้งสิ้น 17 แห่ง กระจายอยู่ทั่วประเทศ

4) **ซูเปอร์มาร์เก็ต (Supermarket)**

มีจำนวนทั้งสิ้น 63 แห่ง ประกอบด้วย

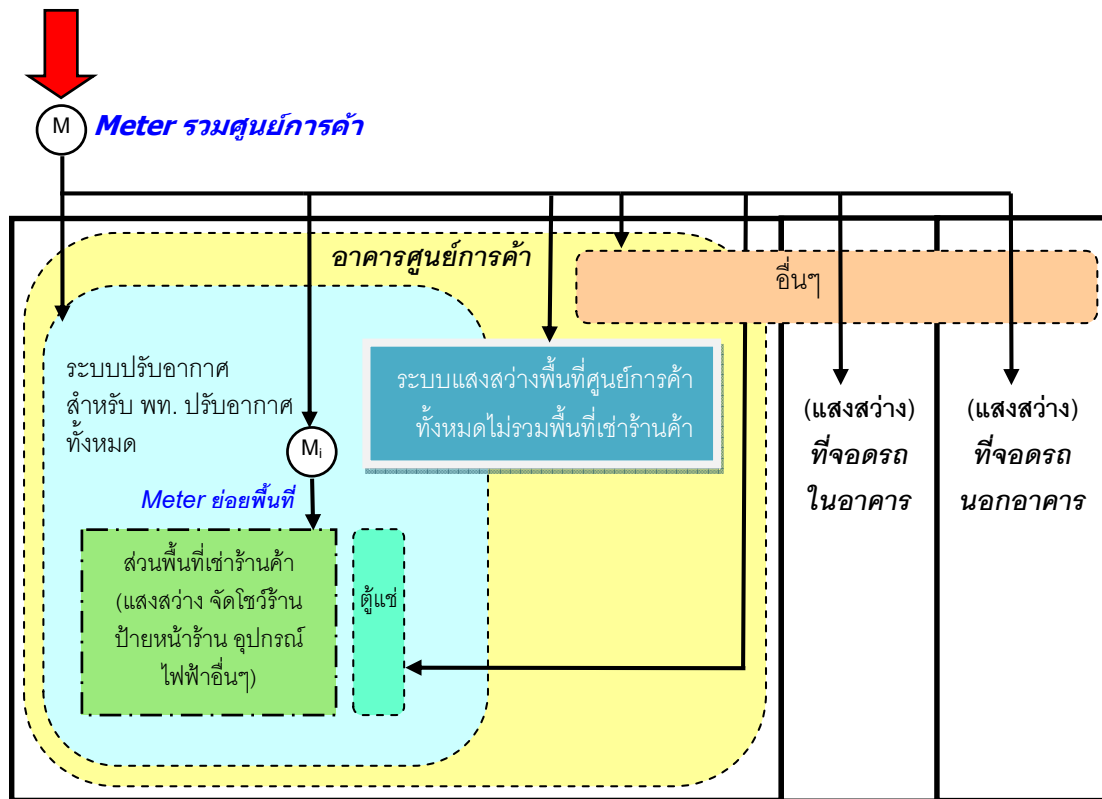
- (1) บริษัท เซ็นทรัล ฟู้ด รีเทล จำกัด (ทีโอปัส ซูเปอร์มาร์เก็ต) 47 สาขา
- (2) บริษัท ฟู้ดแลนด์ ซูเปอร์มาร์เก็ต จำกัด 10 สาขา
- (3) บริษัท สยามจัสโก้ จำกัด 6 สาขา

# 3

## ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า

จากการสำรวจลักษณะการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า สามารถจำแนกลักษณะการใช้พลังงานในกิจกรรมต่างๆ ภายในบริเวณพื้นที่ส่วนต่างๆ ของศูนย์การค้า โดยสามารถแสดงเป็น Diagram รูปแบบการใช้พลังงานสำหรับศูนย์การค้า ได้ดังนี้

พลังงานไฟฟ้าจาก Grid

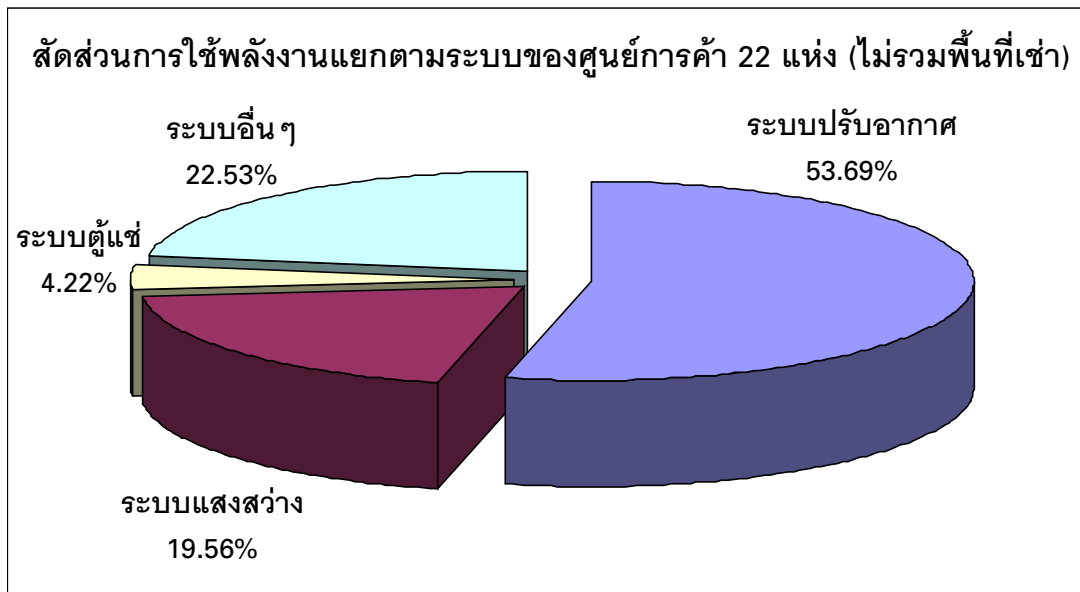


รูปที่ 4 รูปแบบการใช้พลังงานในศูนย์การค้า

ผลการสำรวจการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้าตัวอย่าง 22 แห่ง พบว่ามีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบหลัก (ไม่รวมพื้นที่เช่า) ได้แก่ ระบบปรับอากาศ (53.7%) ระบบอื่นๆ (22.5%) ระบบแสงสว่าง (19.6%) ระบบตู้แช่ (4.2%) อย่างไรก็ตามสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้าดังกล่าว จะมีค่าแตกต่างกันขึ้นกับลักษณะการประกอบธุรกิจ รวมถึงการออกแบบอาคารและระบบต่างๆ ของแต่ละศูนย์การค้า โดยสามารถสรุปสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภทที่ได้เข้าดำเนินการสำรวจในโครงการได้ดังนี้

ตารางที่ 5 สัดส่วน (%) การใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท (ไม่รวมพื้นที่เช่า)

ประเภทศูนย์การค้า	ระบบปรับอากาศ	ระบบแสงสว่าง	ระบบตู้แช่	ระบบอื่นๆ
Department Store	55.32	19.77	1.93	22.98
Discount Store	47.48	20.75	11.26	20.51
Shopping Plaza	57.74	13.60	4.01	24.66
Supermarket	35.93	19.89	27.10	17.09



รูปที่ 5 สัดส่วนการใช้พลังงานแยกตามระบบของศูนย์การค้า 22 แห่ง ที่เช่าสำรวจ

### 3.1 ดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอย (SEC)

การวิเคราะห์หาค่าดัชนีเกณฑ์การใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า ได้ดำเนินการโดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารควบคุมประเภทศูนย์การค้าของ พพ. (บพอ.1) และข้อมูลผลการสำรวจการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าตัวอย่างจำนวน 22 แห่ง ซึ่งทำการตรวจวัดการใช้พลังงานแยกตามระบบ เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบตู้แช่ เป็นต้น พร้อมทั้งพิจารณาตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อดัชนี เพื่อต้องการให้ค่าดัชนีการใช้พลังงานมีความถูกต้องมากที่สุด ตัวแปรดังกล่าว ได้แก่ ชั่วโมงการเปิดใช้งานของศูนย์การค้า และปริมาตรของอาคาร ดังนั้นดัชนีการใช้พลังงาน





เบื้องต้นที่ทำการศึกษาระกอบด้วย ดัชนีการใช้พลังงานทั้งหมด จำนวน 10 ค่า ดังแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 สรุปค่าดัชนีการใช้พลังงานรวม และดัชนีการใช้พลังงานของระบบต่างๆ ที่ดำเนินการศึกษา

การใช้พลังงาน	ค่าดัชนี	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ
การใช้พลังงานรวม	ดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด	SEC	$\left(\frac{kWh / yr}{m^2}\right)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• บิลค่าไฟฟ้า 1 ปี (2549)</li> <li>• ขนาดพื้นที่ใช้สอยอาคาร ไม่รวมที่จอดรถ</li> </ul>
	ดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อชั่วโมงการทำงานใน 1 ปีต่อพื้นที่ใช้สอยทั้งหมด	SEC <sub>OH</sub>	$\left(\frac{kWh / yr}{m^2 \cdot hr / yr}\right)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• บิลค่าไฟฟ้า 1 ปี (2549)</li> <li>• ขนาดพื้นที่ใช้สอยอาคาร ไม่รวมที่จอดรถ</li> <li>• ชั่วโมงการทำงานใน 1 ปี</li> </ul>
การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศ	SEC-AC <sub>AREA</sub>	$\left(\frac{kWh / yr}{m^2}\right)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ตรวจสอบการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ</li> <li>• ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ</li> </ul>
	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศต่อปริมาตรปรับอากาศ	SEC-AC <sub>VOL</sub>	$\left(\frac{kWh / yr}{m^3}\right)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ตรวจสอบการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ</li> <li>• ขนาดปริมาตรปรับอากาศ</li> </ul>
	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศต่อชั่วโมงทำงานใน 1 ปีต่อพื้นที่ปรับอากาศ	SEC-AC <sub>AREA-OH</sub>	$\left(\frac{kWh / yr}{m^2 \cdot hr / yr}\right)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ตรวจสอบการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ</li> <li>• ขนาดพื้นที่ปรับอากาศ</li> <li>• ชั่วโมงการทำงานใน 1 ปี</li> </ul>
	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศต่อชั่วโมงทำงานใน 1 ปีต่อปริมาตรปรับอากาศ	SEC-AC <sub>VOL-OH</sub>	$\left(\frac{kWh / yr}{m^3 \cdot hr / yr}\right)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ตรวจสอบการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ</li> <li>• ขนาดปริมาตรปรับอากาศ</li> <li>• ชั่วโมงการทำงานใน 1 ปี</li> </ul>
การใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างต่อพื้นที่ใช้สอย โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถและพื้นที่เช่า	SEC-LT	$\left(\frac{kWh / yr}{m^2}\right)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ตรวจสอบการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง</li> <li>• ขนาดพื้นที่ใช้สอย ไม่รวมที่จอดรถและพื้นที่เช่า</li> </ul>
	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างต่อชั่วโมงทำงานใน 1 ปีต่อพื้นที่ใช้สอย โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถและพื้นที่เช่า	SEC-LT <sub>OH</sub>	$\left(\frac{kWh / yr}{m^2 \cdot hr / yr}\right)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ตรวจสอบการใช้พลังงานในระบบแสงสว่าง</li> <li>• ขนาดพื้นที่ใช้สอย ไม่รวมที่จอดรถและพื้นที่เช่า</li> </ul>

การใช้พลังงาน	ค่าดัชนี	สัญลักษณ์	หน่วย	ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ
				<ul style="list-style-type: none"> <li>ชั่วโมงการทำงานใน 1 ปี</li> </ul>
การใช้พลังงานในระบบตู้แช่	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบตู้แช่ต่อปริมาตรตู้แช่	SEC-RF	$\left(\frac{kWh / yr}{m^3}\right)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>ตรวจวัดการใช้พลังงานในระบบตู้แช่</li> <li>ขนาดปริมาตรตู้แช่</li> </ul>
	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบตู้แช่ต่อชั่วโมงทำงานใน 1 ปีต่อปริมาตรตู้แช่	SEC-RF <sub>OH</sub>	$\left(\frac{kWh / yr}{m^3 \cdot hr / yr}\right)$	<ul style="list-style-type: none"> <li>ตรวจวัดการใช้พลังงานในระบบตู้แช่</li> <li>ขนาดปริมาตรตู้แช่</li> <li>ชั่วโมงการทำงานใน 1 ปี</li> </ul>

จากผลการวิเคราะห์ดัชนีการใช้พลังงานทั้ง 10 ค่า ได้ทำการคัดเลือกดัชนีการใช้พลังงานที่เหมาะสมต่อการนำเสนอประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า และสามารถเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานให้ครอบคลุมประเภทอาคารศูนย์การค้าต่างๆ ได้ ซึ่งได้ใช้เกณฑ์ในการพิจารณาจาก

- (1) ดัชนีการใช้พลังงานต้องเป็นค่าที่นิยมใช้เป็นมาตรฐาน เช่น การใช้พลังงานต่อพื้นที่ เป็นต้น
- (2) ดัชนีการใช้พลังงานต้องประกอบด้วยระบบที่มีการใช้พลังงานมากในศูนย์การค้า
- (3) เมื่อนำค่าการใช้พลังงานรวม พลังงานที่ใช้ในระบบต่างๆ และพื้นที่ใช้สอยมาคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานด้วยวิธี Linear Regression ค่าดัชนีดังกล่าวต้องมีค่าความเชื่อมั่นสูง ( $R^2$  ใกล้เคียง 1)

โดยสรุปค่าดัชนีการใช้พลังงาน (Specific Energy Consumption: SEC) ที่เหมาะสมในการนำเสนอลักษณะการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า สามารถกำหนดได้ 4 ค่า ดังนี้

**ตารางที่ 7** ดัชนีที่ใช้ในการนำเสนอลักษณะการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า

ดัชนีการใช้พลังงาน	สัญลักษณ์	การคำนวณ	หน่วย
1. ดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อพื้นที่ใช้สอยทั้งหมดไม่รวมพื้นที่จอดรถ	SEC	$\frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดต่อปี}}{\text{พื้นที่ใช้สอยอาคารไม่รวมพื้นที่จอดรถ}}$	$\left(\frac{kWh / yr}{m^2}\right)$
2. ดัชนีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ต่อพื้นที่ปรับอากาศ	SEC-AC <sub>AREA</sub>	$\frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบปรับอากาศต่อปี}}{\text{พื้นที่ปรับอากาศภายในอาคาร}}$	$\left(\frac{kWh / yr}{m^2}\right)$
3. ดัชนีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างต่อพื้นที่ใช้สอย โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถและพื้นที่เช่า	SEC-LT	$\frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่างต่อปี}}{\text{พื้นที่ใช้สอยอาคารไม่รวมพื้นที่จอดรถและไม่รวมพื้นที่เช่า}}$	$\left(\frac{kWh / yr}{m^2}\right)$



ดัชนีการใช้พลังงาน	สัญลักษณ์	การคำนวณ	หน่วย
4. ดัชนีการใช้พลังงานในระบบตู้แช่ต่อปริมาตรตู้แช่	SEC-RF	$\frac{\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในตู้แช่ต่อปี}}{\text{ปริมาตรตู้แช่}}$	$\left(\frac{kWh / yr}{m^3}\right)$

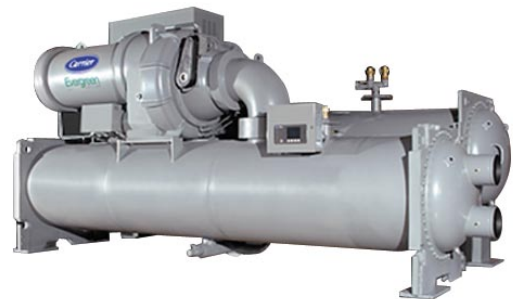
สรุปค่าดัชนีการใช้พลังงานที่เหมาะสมต่อการแสดงพฤติกรรมการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 8 ดัชนีการใช้พลังงานรวมต่อพื้นที่ใช้สอย (SEC) ของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท

ประเภท	จำนวนข้อมูล	ดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอย $\left(\frac{kWh}{yr.m^2}\right)$	ที่มาข้อมูล
Department Store	169	240.6	ฐานข้อมูล บพอ.1
Discount Store	294	336.4	ฐานข้อมูล บพอ.1
Shopping Plaza	91	204.2	ฐานข้อมูล บพอ.1
Supermarket	3	418.4	ผลสำรวจในโครงการ

### 3.2 ดัชนีการใช้พลังงานแยกตามระบบ

ดัชนีการใช้พลังงานที่เหมาะสมต่อการนำเสนอประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระบบต่างๆ ของอาคารศูนย์การค้า ได้ประเมินจากผลการสำรวจและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานโดยละเอียด ในอาคารศูนย์การค้าตัวอย่าง 22 แห่ง ที่เข้าร่วมโครงการ ซึ่งสามารถสรุปผลค่าดัชนีการใช้พลังงานของระบบต่างๆ ได้ดังนี้



ตารางที่ 9 สรุปค่าดัชนีการใช้พลังงานของระบบต่างๆ (จากผลการตรวจวัดศูนย์การค้า 22 แห่ง)

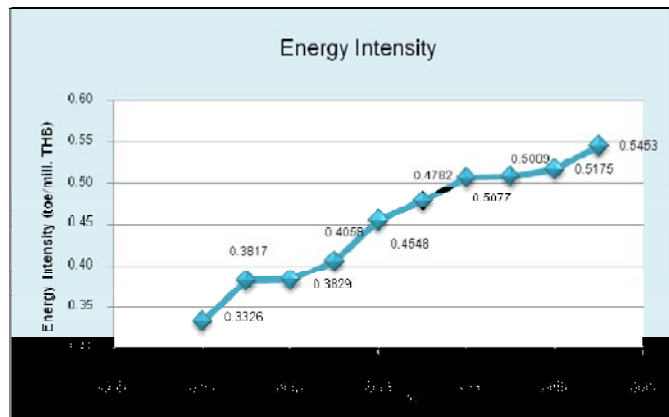
ลำดับ	ดัชนีการใช้พลังงาน	สัญลักษณ์	SEC (เฉลี่ย)	ช่วงค่า SEC	หน่วย
1	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศ	SEC-AC <sub>AREA</sub>	144.4	109.7 – 284.5	$\left(\frac{kWh / yr}{m^2}\right)$
2	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างต่อพื้นที่ใช้สอย โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถและพื้นที่เช่า	SEC-LT	56.3	17.8 – 149.2	$\left(\frac{kWh / yr}{m^2}\right)$
3	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบตู้แช่ต่อปริมาตรตู้แช่	SEC-RF	11,548	6,959 – 19,601	$\left(\frac{kWh / yr}{m^3}\right)$

### 3.3 ความเข้มของการใช้พลังงานและความยืดหยุ่นของการใช้พลังงาน

ความเข้มของการใช้พลังงาน (Energy Intensity: EI) เป็นดัชนีที่แสดงภาพรวมของประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่อการสร้างมูลค่าเพิ่มทางด้านเศรษฐกิจ โดยพิจารณาค่าความเข้มของการใช้พลังงานในสาขาธุรกิจศูนย์การค้า (ธุรกิจค้าส่งและค้าปลีก) ในประเทศไทย พบว่าในช่วงปี พ.ศ. 2540-2549 มีแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของค่า EI ในสาขาธุรกิจศูนย์การค้าอย่างต่อเนื่อง แสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพลดลงในการดำเนินธุรกิจของศูนย์การค้า

$$EI = \frac{E}{\text{GDP (wholesale \& retail trade)}}$$

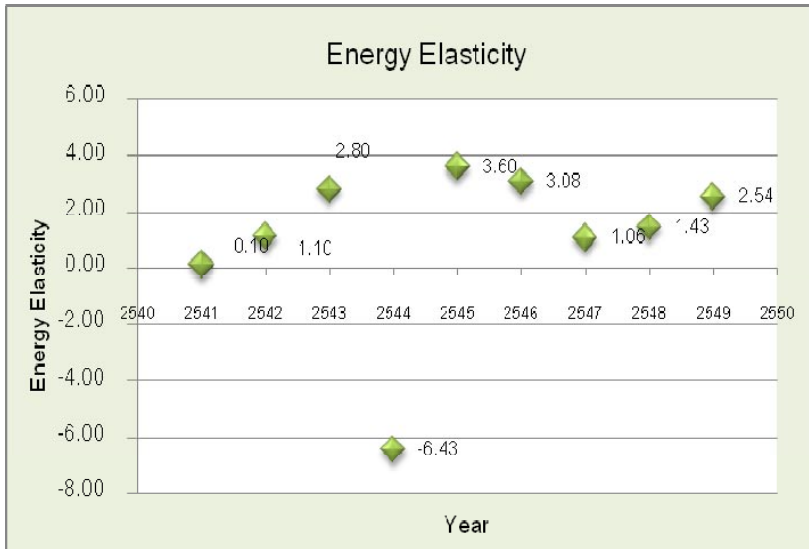
เมื่อ  $E$  คือ ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (หน่วย toe)  
 $\text{GDP (wholesale \& retail trade)}$  คือ มูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมในสาขาขายส่งและขายปลีกสำหรับธุรกิจศูนย์การค้า (หน่วย: ล้านบาท คิดอัตราแลกเปลี่ยน ณ ปีฐาน คศ.1988)



รูปที่ 6 ความเข้มการใช้พลังงาน (EI) พ.ศ. 2540-2549



และเมื่อพิจารณาค่าความยืดหยุ่นการใช้พลังงาน (Energy Elasticity: EE) ซึ่งเป็นสัดส่วนที่แสดงถึงอัตราการเติบโตของการใช้พลังงาน ( $\frac{\Delta E}{E}$ ) ต่ออัตราการเติบโตทางเศรษฐกิจ ( $\frac{\Delta \text{GDP}}{\text{GDP}}$ ) โดยใช้การประมาณการปริมาณการใช้ไฟฟ้าในช่วงปี พ.ศ. 2540 - 2549 จะได้ว่า ค่า EE ของอาคารศูนย์การค้าในช่วงปี พ.ศ. 2541-2548 มีค่าประมาณ 1.96 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าธุรกิจศูนย์การค้าในปัจจุบัน มีการใช้พลังงานในอัตราที่เพิ่มขึ้น สูงกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของมูลค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมจากการประกอบธุรกิจศูนย์การค้าดังกล่าว ทั้งนี้ในทางเศรษฐกิจค่า EE ควรมีค่าต่ำกว่า 1 เพื่อลดความอ่อนไหวของความต้องการบริโภคพลังงานเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มในทางเศรษฐกิจ ดังนั้นกลุ่มอาคารศูนย์การค้าดังกล่าว จึงควรมีมาตรการสนับสนุน และส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานในสถานประกอบการอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 7 ความยืดหยุ่นการใช้จ่ายพลังงาน (EE) ของธุรกิจศูนย์การค้า

# 4

## มาตรการอนุรักษ์พลังงาน สำหรับอาคารศูนย์การค้า

เทคโนโลยีหรือมาตรการการอนุรักษ์พลังงาน ที่เหมาะสมสำหรับอาคารประเภทศูนย์การค้า และมีศักยภาพสำหรับนำไปขยายผลให้กับอาคารศูนย์การค้าต่างๆ สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มมาตรการและแนวคิดได้ ดังนี้

- ❖ การออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงาน
- ❖ การบริหารจัดการพลังงานในอาคาร
- ❖ การอนุรักษ์พลังงานในระบบหลักของอาคารศูนย์การค้า ได้แก่
  - การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง
  - การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ
  - การอนุรักษ์พลังงานในระบบตู้แช่

ทั้งนี้รายละเอียดของแต่ละกลุ่มมาตรการและแนวคิดการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารศูนย์การค้า มีดังนี้

### 4.1 แนวคิดการออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงาน

องค์ประกอบหลักของแนวทางการออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงาน จะประกอบด้วยแนวทางต่างๆ ดังนี้

- 1) การเลือกที่ตั้งอาคาร (Site Selection) การออกแบบรูปทรงของอาคารและการจัดวางอาคาร (Building Configuration and Placement) ให้เหมาะสม
- 2) การออกแบบกรอบอาคาร (Building Envelope) เพื่อป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์ โดยเลือกใช้วัสดุ (Material) ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อกันป้องกันความร้อน การออกแบบอุปกรณ์กันแสงแดด (Shading) และการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ (Day Lighting)
- 3) การออกแบบระบบ HVAC ให้เหมาะสมกับสภาวะความต้องการการปรับอากาศ และให้ระบบมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูง
- 4) การออกแบบระบบเชิงกลอื่นๆ เช่น ระบบลิฟท์ บันไดเลื่อน หรือระบบทำน้ำร้อน ฯลฯ (Other Mechanical systems) ให้เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูง

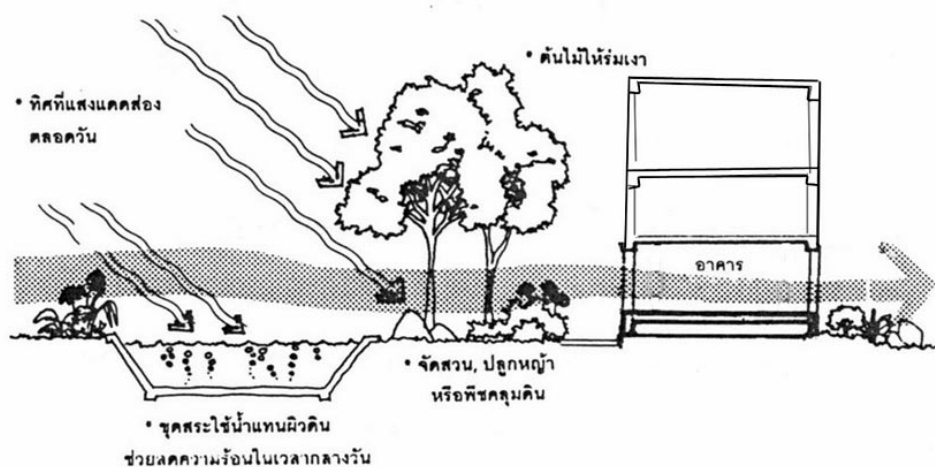
- 5) การเลือกเครื่องใช้ อุปกรณ์ (Appliances and Equipment) ภายในอาคารที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง
- 6) การเลือกใช้พลังงานทดแทนอื่นๆ เป็นต้น

### 1) ที่ตั้งและสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร

การใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมโดยรอบบริเวณที่ตั้งอาคาร หรือการปรับแต่งสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร เป็นขั้นตอนแรกๆ ที่ผู้ออกแบบควรพิจารณาโดยมีแนวคิดที่สำคัญคือ การทำให้สภาวะแวดล้อมโดยรอบภายนอกอาคาร (Microclimate) มีอุณหภูมิลดต่ำกว่าสภาพภูมิอากาศปกติ และลดผลกระทบที่เกิดจากความร้อนของรังสีอาทิตย์ในเวลากลางวัน ซึ่งจะมีผลทำให้สามารถลดภาระในการทำความเย็นให้กับตัวอาคารได้ โดยมีตัวแปรต่างๆ ที่ควรพิจารณาใช้ ได้แก่ ต้นไม้ พุ่มไม้ พืชคลุมดิน แหล่งน้ำ กระแสลม ความลาดเอียงของพื้นดิน เป็นต้น

ตำแหน่งการปลูกต้นไม้ใหญ่และไม้พุ่มที่เหมาะสมในงานภูมิสถาปัตยกรรม มีผลต่อการประหยัดพลังงานในอาคารมากกว่าจำนวนต้นไม้ โดยทิศทางที่เหมาะสมต่อการปลูกพืชพันธุ์ คือ ทิศตะวันออก ทิศตะวันตก และทิศใต้ ซึ่งเป็นทิศที่ได้รับแสงแดดและกระแสลมเป็นประจำ แนวทางการปลูกพืชพันธุ์และงานภูมิสถาปัตยกรรมเพื่อออกแบบอาคารประหยัดพลังงาน ได้แก่

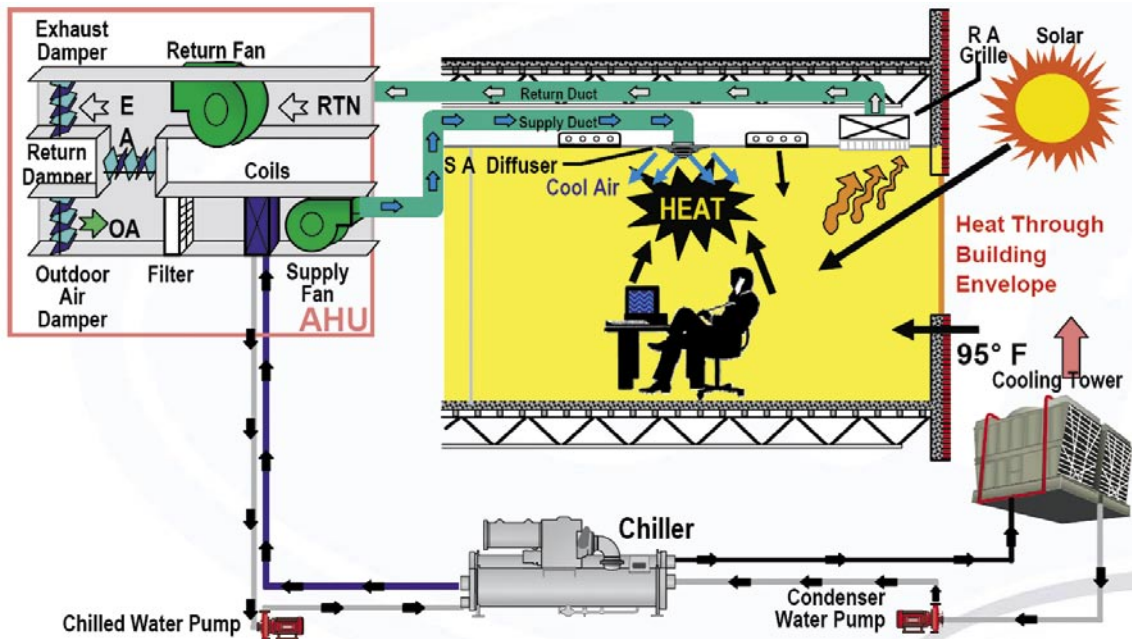
- ปลูกต้นไม้ขนาดใหญ่ที่มีทรงแผ่กว้างและพุ่มใบโปร่งบริเวณรอบๆ อาคาร เพื่อให้ร่มเงาช่วยลดความร้อนที่เกิดจากรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Sun)
- ใช้ไม้พุ่มเพื่อสร้างสภาพแวดล้อมที่เย็น โดยให้มีลมพัดผ่านทำให้เกิดการระเหยน้ำ
- ปลูกหญ้าหรือพืชคลุมดินเพื่อป้องกันความร้อนให้กับดิน และทำให้อุณหภูมิผิวของสภาพแวดล้อมเย็นลง



รูปที่ 8 การใช้ประโยชน์จากปัจจัยต่างๆ ของที่ตั้งและสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร

## 2) การออกแบบกรอบอาคาร (Building Envelope)

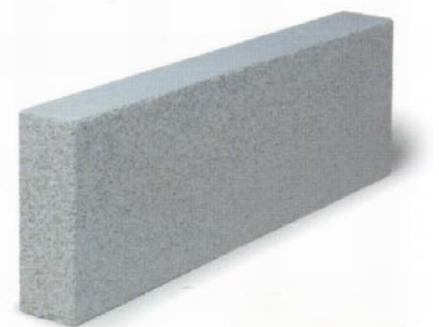
ภาระการทำคามเย็นของอาคารส่วนใหญ่ (ประมาณมากกว่า 60%) จะมาจากความร้อนที่ผ่านวัสดุกรอบอาคาร (Building Envelope) เข้ามาภายในอาคาร ดังนั้นการออกแบบอาคารให้สามารถลดปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารจึงเป็นปัจจัยหลักที่ช่วยลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของอาคารได้ วัสดุกรอบอาคารโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ วัสดุทึบแสง (Opaque) และวัสดุโปร่งแสง (Transparent) ซึ่งนำมาใช้เป็นส่วนหนึ่งของผนัง ช่องเปิด และหลังคาของอาคาร



รูปที่ 9 แหล่งที่มาของความร้อนเข้าสู่อาคาร และการปรับอากาศภายในอาคาร

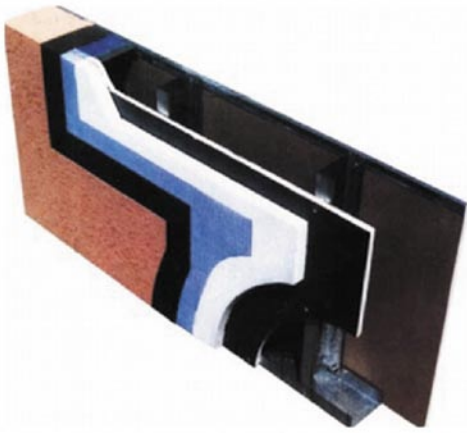
### แนวคิดในการลดความร้อนผ่านผนังภายนอกอาคาร สรุปได้ดังนี้

- เพิ่มความสามารถในการต้านทานความร้อนให้กับผนัง (ค่า R สูง) หรือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน (U value) ต่ำ เช่น การติดตั้งหรือบุฉนวนกันความร้อนที่ผนัง ด้านนอกของอาคาร หรือใช้ผนัง 2 ชั้นมีช่องว่างอากาศ (Air Gap) ระหว่างชั้นของผนังเป็นอากาศหรือติดตั้งฉนวน
- หลีกเลี่ยงรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (Direct Solar Radiation) ที่จะส่องผ่านช่องเปิดของอาคาร โดยเฉพาะอาคารปรับอากาศควรมีหน้าต่างน้อยที่สุด หรือมีเฉพาะด้านทิศเหนือและใต้ของอาคาร
- พิจารณาให้มีสัดส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผิวของอาคาร (Window-to-Wall Ratio; WWR) เฉพาะเท่าที่จำเป็น
- มีส่วนยื่น ชายคา กันสาด หรือปลูกต้นไม้เพื่อบังแสงแดดให้กับช่องเปิดต่างๆ ทิศ โดยเฉพาะหน้าต่าง ประตู หรือผนังกระจกด้านทิศตะวันออกและตะวันตก





- สีของผนังภายนอกอาคารควรเป็นสีอ่อนหรือใช้วัสดุผิวมันเพื่อสะท้อนความร้อน
- ในกรณีของอาคารขนาดใหญ่ที่มีความหนาของผนังบริเวณแกน (Core) หรือช่องลิฟท์หนามาก ควรให้อยู่ในทิศตะวันตกเพื่อใช้เป็นส่วนป้องกันความร้อน (Buffer Zone) ที่ร้อนจัดในช่วงบ่าย
  - ทำที่บังแดดเพื่อให้ผนังอยู่ในร่มเงาตลอดทั้งวัน โดยเว้นช่องว่างระหว่างที่บังแดดกับผนังเพื่อลดการสะสมความร้อน
  - ออกแบบผนังที่มีพื้นผิว (Texture) เพิ่มพื้นที่ผิวเพื่อลดผลกระทบจากความร้อน



#### แนวคิดในการลดความร้อนผ่านหลังคาอาคาร สรุปได้ดังนี้

- พิจารณาออกแบบขนาดของอาคารให้มีความเหมาะสม โดยลดผลการส่งผ่านความร้อนทางหลังคา เพราะหลังคาเป็นส่วนที่รับความร้อนตลอดทั้งวันและมีอิทธิพลต่อภาวะการปรับอากาศในอาคารเป็นอย่างมาก
- ออกแบบเป็นหลังคาจั่วเพื่อเพิ่มช่องว่างอากาศใต้หลังคา หรือทำเป็นหลังคา 2 ชั้น หรือหลังคาทรงสูงระบายอากาศร้อนออกด้านบน หลีกเลี่ยงการออกแบบหลังคาให้เป็นหลังคาแบนและหนา
- เพิ่มความสามารถในการต้านทานความร้อนให้กับหลังคา (ค่า R สูง) โดยการติดตั้งหรือบุฉนวนกันความร้อนใต้หลังคาหรือระหว่างชั้นฝ้าเพดานกับหลังคา
- ติดตั้งแผ่นฟิล์มอลูมิเนียม (Reflective Aluminum Film) บางๆ ที่สะท้อนความร้อนได้ดีไว้ที่ด้านล่างของหลังคา
- เลือกใช้หลังคาสีอ่อนเพื่อสะท้อนรังสีอาทิตย์
- หลีกเลี่ยงการทำช่องแสงบนหลังคา (Skylight)

#### ตัวอย่างฉนวนป้องกันความร้อนชนิดต่างๆ ที่ใช้ในปัจจุบันได้แก่



- โยแก้วหรือไฟเบอร์กลาสมีคุณสมบัติในการกันความร้อนได้ดี มีค่าการกั้นไฟได้สูงถึง 300 องศาเซลเซียส และกันเสียงได้ด้วย แต่ไม่ทนต่อความชื้น
- ร็อควูล (Rockwool) กันความร้อนเทียบเท่าฉนวนโยแก้ว แต่ทนไฟได้ดีกว่า และดูดซับเสียงได้ดี แต่ไม่ทนต่อความชื้น

- โฟมชนิดต่างๆ มีคุณสมบัติในการกันความร้อนได้ดี (ใกล้เคียงกับฉนวนใยแก้วและรีโฟล) และกันน้ำได้ แต่ไม่ทนต่อรังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) และความร้อนสูงๆ (จุดหลอมเหลวมักต่ำกว่า 100 องศาเซลเซียส)
- เซลลูโลสกันความร้อนดีพอๆ กับใยแก้วและรีโฟล ต้องใส่สารกันไฟลาม เพราะทำจากเยื่อไม้หรือกระดาษ
- อลูมิเนียมพอยล์ให้มีประสิทธิภาพในการกันความร้อน ต้องทำให้มีช่องว่างอากาศระหว่างแผ่นพอยล์กับฝ้าเพดานไม่น้อยกว่า 1 นิ้วเพื่อเพิ่มค่าความเป็นฉนวน

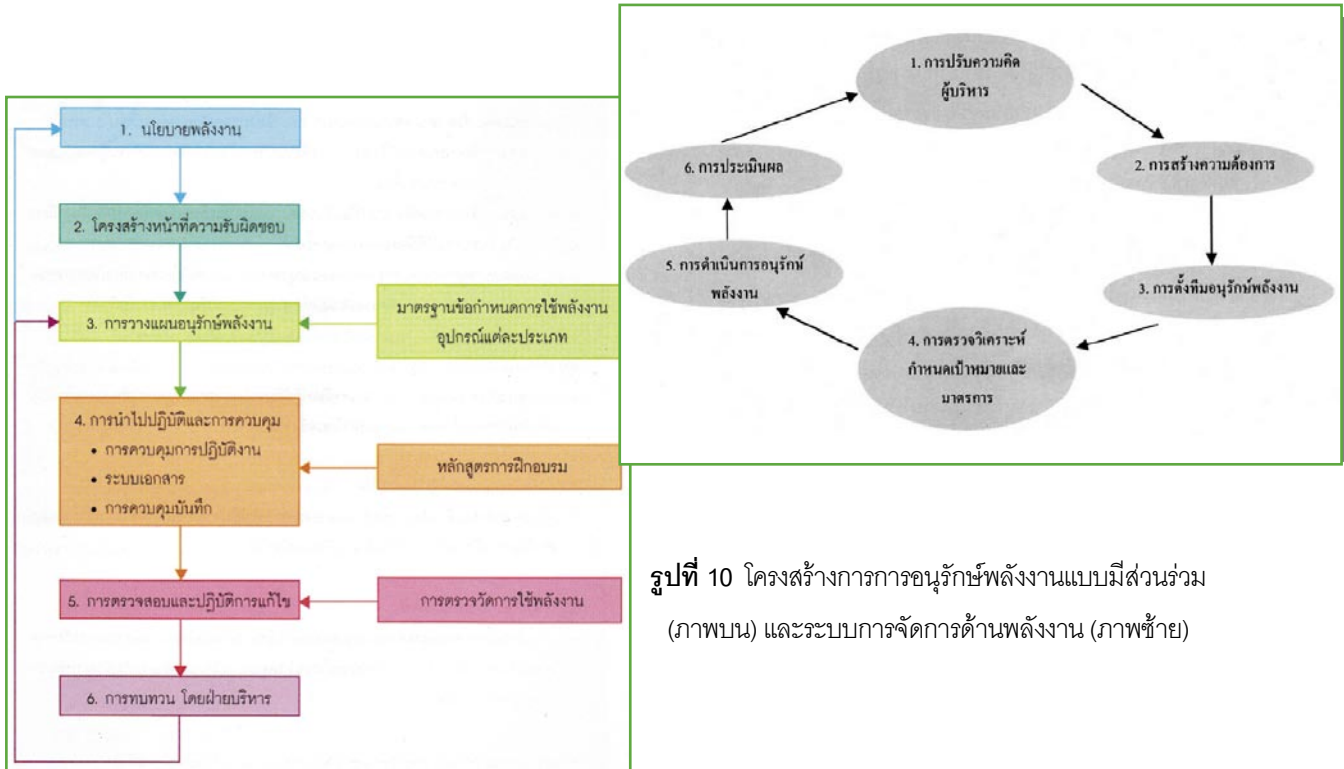
#### การเลือกใช้กระจกเพื่อการประหยัดพลังงาน มีดังนี้

- ใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient; SC) ต่ำเพื่อลดปริมาณรังสีอาทิตย์ (คลื่นสั้น) ที่ผ่านกระจกเข้าสู่ภายในอาคารและเปลี่ยนเป็นความร้อน
- ใช้กระจกที่มีค่าการส่องผ่านของแสง (Light Transmittance; LT) ในช่วงคลื่นที่จำเป็นต่อการมองเห็น (Visible Light) สูงมากพอที่จะนำแสงธรรมชาติมาใช้ประโยชน์ในอาคารได้ (LT ไม่ควรน้อยกว่า 20%)
- ควรพิจารณากระจกที่มีค่าอัตราส่วน LSG (Light-to-Solar-Gain Ratio) สูง ซึ่งเป็นค่าที่ใช้เปรียบเทียบปริมาณของแสงสว่างกับปริมาณความร้อนที่ผ่านกระจก (LT/SC) ซึ่งค่า LSG ที่มากกว่า 1 แสดงว่ามีแสงสว่างผ่านเข้ามาภายในอาคารมากกว่าความร้อน และเป็นกระจกที่เหมาะสมสำหรับนำแสงธรรมชาติเข้ามาใช้ในอาคาร
- ใช้กระจกที่มีค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U) ต่ำ เพื่อลดปริมาณความร้อนที่เกิดจากการนำ (Conduction) จากภายนอกเข้าสู่ภายในอาคาร เช่น กระจก 2 ชั้น (Double Glazing) หรือ 3 ชั้น (Triple Glazing) เป็นต้น
- ควรเลือกวัสดุกระจกที่มีค่า SHGC (Solar Heat Gain Coefficient) ต่ำ ค่า SHGC เป็นผลรวมของรังสีอาทิตย์ที่ส่องผ่านกระจกกับส่วนของรังสีที่ถูกดูดซับอยู่ภายในกระจก

## 4.2 การบริหารจัดการพลังงานในอาคาร

เนื่องจากการอนุรักษ์พลังงานในสถานประกอบการต่างๆ จำเป็นต้องอาศัยบุคลากรภายในองค์กร และระบบการจัดการต่างๆ เพื่อเอื้ออำนวยต่อการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และมีการจัดการด้านพลังงานอย่างเป็นระบบ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำทั้งระบบการจัดการด้านพลังงาน และระบบการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม มาประยุกต์ใช้ในสถานประกอบการต่างๆ

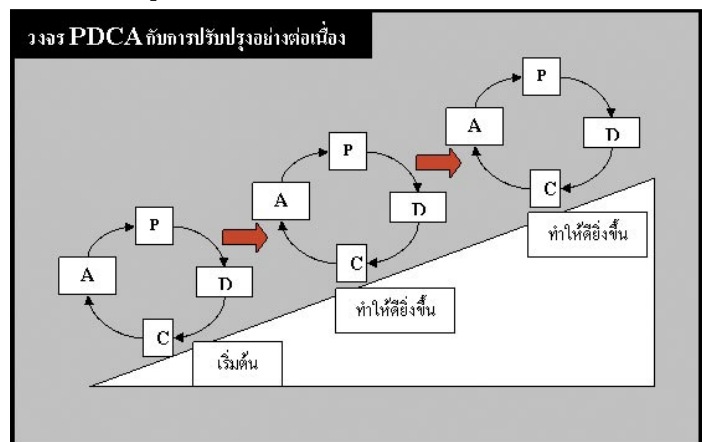




รูปที่ 10 โครงสร้างการการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม (ภาพบน) และระบบการจัดการด้านพลังงาน (ภาพซ้าย)

โดยสรุปแล้วทั้งระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management System) และระบบการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม ก็คือการประยุกต์นำวงจรเดมมิ่ง (Demming Cycle) ซึ่งเป็น แนวความคิดในการแก้ไขปัญหา (Problem Solving) และการพัฒนากระบวนการทำงานอย่างต่อเนื่อง (Process Continuous Improvement) โดยนำมาใช้กับระบบจัดการด้านการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในสถานประกอบการต่างๆ กระบวนการแก้ปัญหาดำเนินการตามแนวทางวงจรเดมมิ่ง ประกอบด้วย

- ✓ **การวางแผนและเตรียมการ (Plan)** ซึ่งจะครอบคลุมถึงการ กำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมาย วิธีการแก้ไขและจัดทำแผนดำเนินงาน จากนั้นจึงนำไปสู่ขั้นตอนที่สอง
- ✓ **การลงมือปฏิบัติตามแผน (Do)**
- ✓ **การตรวจสอบ (Check)** ผลลัพธ์ที่เกิดจากการลงมือปฏิบัติตามแผนงาน เพื่อให้สามารถเข้าใจปัญหาที่เกิดขึ้นและดำเนินการแก้ไขจนได้กระบวนการหรือวิธีการปฏิบัติงานที่สามารถกำหนดเป็นมาตรฐานได้
- ✓ **การปฏิบัติการใดๆ ตามผลลัพธ์จากการตรวจสอบ (Action)** หากผลลัพธ์ไม่เป็นไปตามเป้าหมายจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไข ในกรณีผลลัพธ์เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ให้จัดทำเป็นมาตรฐาน ซึ่งเรียกขั้นตอนนี้ว่า การนำไปปฏิบัติและกำหนดเป็น



## 1) ตัวอย่างการจัดการและบำรุงรักษาระบบปรับอากาศและระบบทำความเย็น

- การบำรุงรักษา ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเย็น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น และการตั้งเทอร์โมสแตทให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมอยู่เสมอ
- ตรวจสอบปริมาณสารทำความเย็นในระบบให้มีปริมาณที่เหมาะสม
- ทำความสะอาดแผงกรองอากาศ (Filter) แผงท่อทำความเย็น (Cooling Coil) ของเครื่องส่งลมเย็น (AHU, FCU) เพื่อป้องกันการอุดตัน การเกาะตัวของคราบสกปรกฝุ่นละออง ซึ่งจะส่งผลให้มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนลดลง
- การตรวจสอบลมรั่วของระบบส่งจ่ายลมเย็น
- ควบคุมคุณภาพน้ำหล่อเย็น ไม่ให้มีค่าความกระด้างหรือแร่ธาตุสูงเกินไป ซึ่งจะส่งผลให้มีตะกรันเกิดขึ้นเกาะตามผิวท่อและส่งผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน
- ทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ (Condenser) หรือแผงระบายลมร้อน เพื่อลดการจับตัวของฝุ่น (นอกท่อคอนเดนเซอร์) และลดการเกาะตัวของตะกรัน (ในท่อคอนเดนเซอร์) และคราบสกปรกต่างๆ
- ตรวจสอบการรั่วของท่อน้ำเย็นที่เชื่อมต่อ ท่อน้ำ หรือที่ปั้มน้ำเย็นอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งการตรวจสอบและซ่อมแซมสภาพฉนวนหุ้มท่อน้ำเย็นให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสม
- ตรวจสอบการหล่อลื่นของพัดลม ปั้มน้ำ หรือมอเตอร์ต่างๆ รวมทั้งสภาพความตึงของสายพานที่มี ให้อยู่ในสภาพการใช้งานที่เหมาะสม

## 2) ตัวอย่างการจัดการและบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

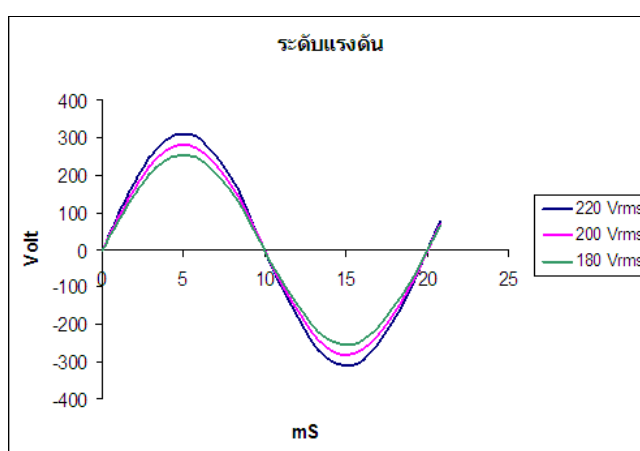
- การจัดการระบบแสงสว่างให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การลดจำนวนหลอดไฟฟ้าในพื้นที่ที่มีความสว่างสูงกว่าค่าที่กำหนด หรือการชดเชยแสงด้วยการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงเพิ่มเติม
- การเปลี่ยนระบบวิธีการให้แสงสว่าง จากการให้กระจายทั่วทั้งพื้นที่ เป็นเฉพาะบริเวณที่มีการทำงาน
- การควบคุมการปิด-เปิด ระบบแสงสว่าง
- การบริหาร จัดการเปลี่ยนหลอดไฟให้เหมาะสมตามช่วงเวลา และปริมาณงานที่ต้องดำเนินการ เช่น การเปลี่ยนหลอดไฟใหม่เป็นจุด (Spot Re-lamping) หรือการเปลี่ยนหลอดไฟใหม่เป็นกลุ่ม (Group Re-lamping) เป็นต้น
- การทำความสะอาดโคมไฟ หลอดไฟ ผนัง และพื้นสะท้อนแสง อย่างสม่ำเสมอ เพื่อคงประสิทธิภาพการส่องสว่าง

## 4.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง

### 1) เทคโนโลยีควบคุมแสงสว่างหลอดดิสชาร์จความเข้มสูง (High Intensity Discharge, HID)

หลอดดิสชาร์จความเข้มสูง (หลอด HID) เป็นหลอดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงและให้ความสว่างมากเหมาะกับการใช้งานในพื้นที่ที่มีระยะความสูงจากพื้น-เพดาน มากกว่า 3.5 เมตรขึ้นไป ตัวอย่างของหลอด HID ได้แก่ หลอดไฮปรอทความดันสูงหรือหลอดแสงจันทร์ (High Pressure Mercury) หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide) และหลอดโซเดียมความดันสูง (High Pressure Sodium) เป็นต้น หลอด HID ที่ใช้ในอาคารศูนย์การค้ามีศักยภาพการประหยัดพลังงานโดยวิธีการหรี่ไฟ เนื่องจากช่วงเวลาดำเนินการของศูนย์การค้าที่มีลูกค้ามาใช้บริการไม่มาก สามารถลดระดับความเข้มแสงของหลอด HID เพื่อประหยัดพลังงานได้

การควบคุมแสงสว่างหลอด HID ทำได้ **ด้วยการใช้ระบบควบคุมลดแรงดันไฟฟ้า** ที่ง่ายให้กับวงจรหลอดและบัลลาสต์ (Lighting Power Controller, LPC) โดยระบบควบคุมเป็นแบบที่ควบคุมจากแหล่งจ่ายไฟต้นทาง ซึ่งประกอบด้วยหน่วยควบคุมแรงดัน ชุดควบคุมการทำงานแบบอนาล็อกหรือดิจิทัล และนาฬิกาที่โปรแกรมได้ ระบบควบคุมจะปรับและเปลี่ยนค่าแรงดันไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอด โดยทั่วไปอุปกรณ์ชนิดนี้จะมีสมรรถนะการทำงานดังต่อไปนี้



- (1) สามารถลดกำลังไฟฟ้าได้ประมาณ 30–40% ขึ้นอยู่กับชนิดของหลอดไฟ
- (2) การควบคุมการประหยัดพลังงานให้หรี่ไฟได้หลายระดับ เช่น ที่แรงดันเต็ม (ความสว่างเต็ม 100%) และแรงดันต่าง ๆ ซึ่งมีความสว่างลดลง
- (3) สามารถทำงานได้ปกติในสภาวะอากาศเมื่อบรรยากาศร้อน ความชื้นและอุณหภูมิสูง
- (4) ไม่ทำให้เกิดการรบกวนหรือเปลี่ยนแปลงรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้า
- (5) ไม่มีผลต่อค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของดวงโคม



ลักษณะการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแสงสว่างหลอด HID สามารถติดตั้งที่แผงไฟฟ้าโดยมีผลการตรวจวัดกำลังไฟฟ้า ก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมหลอด High Pressure Sodium และผลประหยัดที่เกิดขึ้น แสดงดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการตรวจวัดผลประหยัดจากการติดตั้งระบบควบคุมแสงสว่างหลอด HID

รายละเอียด	กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์)	กำลังไฟฟาลดลง	ค่าความสว่างเฉลี่ย (ลักซ์)
ก่อนติดตั้งอุปกรณ์	4.21	-	12
ปรับระดับที่ 1	3.71	12 %	10
ปรับระดับที่ 2	3.46	18 %	9
ปรับระดับที่ 3	3.10	26 %	8
ปรับระดับที่ 4	2.96	30 %	7

ลำดับ	รายละเอียด	ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง	ผลประหยัด	ผลประหยัด (%)
1	พลังงานไฟฟ้า(kWh/year)	70,300	50,470	19,830	28 %
2	ค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	204,000	146,000	58,000	

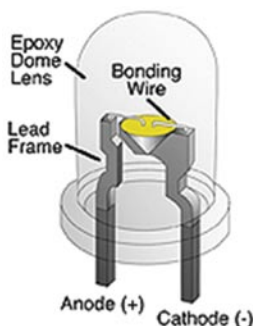
- ❖ เงินลงทุน 130,400 บาท
- ❖ ผลประหยัด 58,000 บาท/ปี
- ❖ ระยะเวลาคืนทุน 2.24 ปี

2) หลอด LED (Light Emitting Diode)

LED ย่อมาจาก Light Emitting Diode หรือ ไดโอดเปล่งแสง จัดเป็น อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำอย่างหนึ่ง ในจำพวกไดโอดที่สามารถเปล่งแสงในช่วงสเปกตรัมแคบ โดยสีของแสงที่เปล่งออกมานั้นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุที่กึ่งตัวนำที่ใช้



ส่วนใหญ่หลอด LED จะใช้สาร อลูมิเนียมกัลเลียม อาร์เซไนด์ เป็นสารกึ่งตัวนำ และถ้ายังไม่ได้ใส่สารเจือปน พันธะในอะตอมจะเกาะกันอย่างแข็งแรง ไม่มีอิเล็กตรอนอิสระจึงไม่ค่อยนำกระแส แต่เมื่อมีการกระตุ้น (Doping) หรือการเติมสารเจือปนจะทำให้ความสมดุลของวัสดุเปลี่ยนไป และทำให้สามารถควบคุมการนำไฟฟ้าได้มากขึ้นตามต้องการ ด้วยการใส่สารเจือปนลงไปแล้วทำให้อิเล็กตรอนอิสระในสารกึ่งตัวนำเพิ่มขึ้น



หลักการทำงานของไดโอดเปล่งแสง

แสงเกิดขึ้นจากพลังงานที่ปลดปล่อยจากอะตอม ภายในอะตอม อิเล็กตรอนจะโคจรรอบนิวเคลียสและมีวงโคจรหลายวง แต่ละวงมีระดับพลังงานที่แตกต่างกัน วงนอกมีพลังงานมากกว่าวงใน ถ้าอะตอมได้รับพลังงานจากภายนอกอิเล็กตรอนจะกระโดดจากวงโคจรในออกสู่วงโคจร

นอก ในทางกลับกัน ถ้าอิเล็กทรอนิกส์กระโดดจากวงโคจรนอกเข้าสู่วงโคจรใน ก็จะปลดปล่อยพลังงานออกมา ในรูปของแสงหรือโฟตอน โดยมนุษย์จะสามารถเห็นแสงได้ก็ต่อเมื่อความถี่ของพลังงานดังกล่าวอยู่ในช่วง ความถี่ของแสงที่ตามนุษย์มองเห็น

ทั้งนี้เนื่องจากหลอด LED ไม่ต้องใช้การเผาไหม้ของไส้หลอดเพื่อให้แสงสว่าง จึงทำให้มีอายุการใช้งานนานกว่าหลอดแบบไส้ รวมทั้งมีประสิทธิภาพในการแปลงพลังงานให้เป็นแสงสว่างที่สูงกว่าหลอดแบบไส้ เนื่องจากมีการสูญเสียพลังงานในรูปความร้อน น้อยมาก อีกทั้งปัจจุบันราคาหลอด LED ได้มีราคาลดลง จึงมีศักยภาพและความเป็นไปได้สูงที่จะนำมาทดแทนการ ใช้หลอดไฟแบบไส้แบบเดิม







### ข้อดีของหลอด LED



- ประหยัดค่าไฟฟ้า เนื่องจากพลังไฟฟ้าไม่สูญเสียไปกับความร้อน
- สีของแสงที่ได้เหมือนแสงช่วงกลางวัน
- ใช้พลังงานน้อย เพียงประมาณ 2 วัตต์/หลอด
- อายุการใช้งานนาน มากกว่า 35,000 ชั่วโมง
- ไม่ส่งผลให้อุณหภูมิในห้องสูงขึ้น
- สามารถใช้แทนหลอดไส้และหลอดฮาโลเจนได้ทันที

### ตารางที่ 11 ตัวอย่างคุณสมบัติหลอด LED

Power (W)	Cap/Base	Voltage (V)	Beam Angle	Luminous Flux (Lm)	Lifetime (Hours)
1.5	MR16GU53	12	12	50	50,000
1.5	GU10	120/240	12	50	50,000
3.5	GU10	120/240	12	80	50,000
1.5	E27	120/240	12	50	50,000
3.5	E27	120/240	12	80	50,000

Light Source	Light-Source Efficacy	Coefficient of Utilization	Fixture Efficacy
CFL	 65 lm/W	 54%	35 lm/W
XLamp XR-E Neutral White	 58 lm/W	 77%	44 lm/W

รูปที่ 11 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของหลอด LED กับหลอด Compact Fluorescent (CFL)

**ตัวอย่างการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนการใช้หลอด LED แทนหลอดฮาโลเจน**

หลอด ฮาโลเจน	= 50	วัตต์/หลอด
หลอด LED	= 2	วัตต์/หลอด
จำนวน	= 1	หลอด
จำนวนชั่วโมงการใช้งาน	= 4,380	ชั่วโมง/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= ((50-2)/1000)x4,380	
	= 210.24	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน	= 3.30	บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	= 210.24 x 3.30	
	= 694	บาท/ปี/หลอด
ราคาหลอด LED	= 250	บาท/หลอด
ระยะเวลาคืนทุน	= 250 / 694	
	= 0.36	ปี

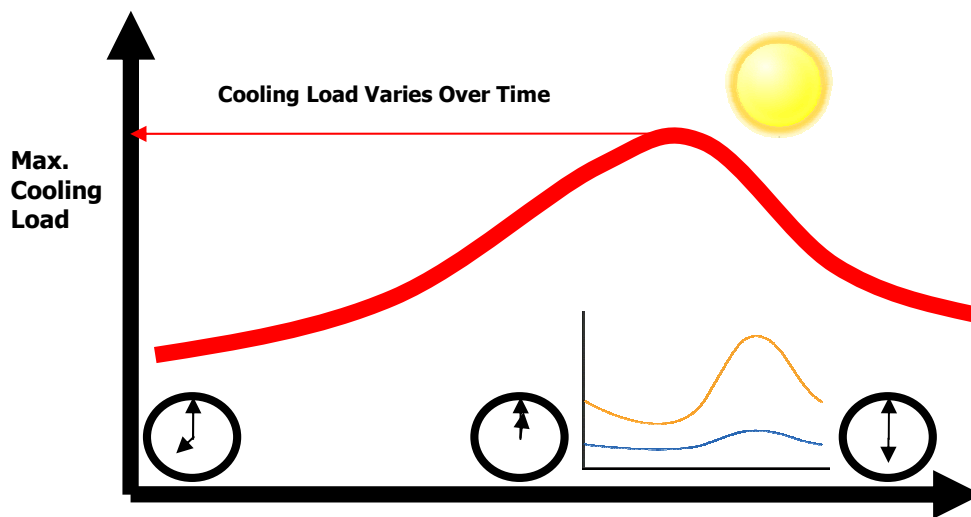
#### 4.4 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

1) การออกแบบและเลือกใช้ระบบปรับอากาศให้เหมาะสมกับ Load Profile

ในปัจจุบันการวิเคราะห์เรื่องการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศเป็นสิ่งที่สนใจกันอย่างกว้างขวาง การวิเคราะห์ค่า kW/Ton ค่า EER (Energy Efficiency Ratio) หรือค่า COP (Coefficient of Performance) ที่จุดทำงาน Full Load มักเป็นค่าที่ถูกนำมาพิจารณาในการคัดเลือกชนิด และขนาด เครื่องปรับอากาศ เพื่อใช้กับอาคาร



อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาสถานะความต้องการในการปรับอากาศจริงของแต่ละอาคาร จะพบว่าความต้องการการปรับอากาศของอาคาร จะแปรเปลี่ยนไปตามเวลา ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยทางสถานะ อุณหภูมิแวดล้อมภายนอกอาคาร จำนวนคนที่เข้ามาภายในอาคาร ความแรงของรังสีแสงอาทิตย์และมุมตกกระทบของแสงอาทิตย์ต่ออาคาร ซึ่งปัจจัยต่างๆ ทั้งหมดที่กล่าวข้างต้น จะแปรผันตามเวลาของแต่ละวัน ตามลักษณะตัวอย่าง Cooling Load ที่ต้องการของอาคารดังรูป



รูปที่ 12 Cooling Load Variation (ใน 1 วัน)

ในทางปฏิบัติเมื่อวิศวกรผู้ออกแบบได้กำหนดขนาดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เพื่อใช้ในการติดตั้ง จะนำค่าความต้องการทำความเย็นสูงสุด (Maximum Cooling Load) รวมกับค่าเผื่อในการออกแบบ (Safety Factor) ซึ่งได้เป็นขนาดการทำความเย็นทั้งหมดของระบบปรับอากาศที่จะทำการติดตั้ง (Installed Cooling Capacity) ซึ่งจะเห็นได้ว่าโอกาสที่อาคารจะเดินระบบปรับอากาศที่สถานะ Full Load จึงมีน้อยมาก ดังนั้นการใช้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพื่อทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (kW/Ton) ที่สถานะ Full Load ของเครื่องปรับอากาศ มาคำนวณค่าใช้จ่ายด้านพลังงานตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Energy Cost) เพื่อใช้เปรียบเทียบในการคัดเลือกขนาด เทคโนโลยี และชนิดของระบบ Chiller ที่จะดำเนินการติดตั้ง จึงมีความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง ทั้งนี้ในปัจจุบันผู้ผลิต Chiller ได้มีการเลือกใช้เทคโนโลยีต่างๆ เพื่อใช้ในการเดินระบบ Chiller ที่สถานะ Part Load ซึ่งจะมีประสิทธิภาพแตกต่างกัน ดังนี้

- Multiple Compressor เป็นการใส่คอมเพรสเซอร์หลายชุดสำหรับ Chiller 1 ชุด และใช้การหยุดการทำงานของคอมเพรสเซอร์แต่ละชุด เมื่อต้องการเดินเครื่องที่สถานะ Part Load
- Un Loader ใช้หลักการ By-Pass สารทำความเย็นเพื่อไม่ให้ถูกอัดในคอมเพรสเซอร์ นิยมใช้สำหรับคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) และแบบสกรู (Screw Compressor)

- Inlet Guide Vane ใช้หลักการหรี่ปริมาณน้ำยาที่จะป้อนเข้าคอมเพรสเซอร์ในช่วงการเดิน Part Load นิยมใช้กับคอมเพรสเซอร์แบบ Centrifugal
- Slide Valve ใช้หลักการเลื่อนตัว Slide เพื่อปล่อยให้ น้ำยาไหลเข้าแต่ละ Port ทางเข้า นิยมใช้กับคอมเพรสเซอร์แบบสกรู
- Inverter ใช้หลักการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ขับคอมเพรสเซอร์ เพื่อลดปริมาณการไหลของน้ำยาทำความเย็น

หน่วยงาน ARI (The Air Conditioning and Refrigeration Institute) ซึ่งเป็นสถาบันกลางทำหน้าที่กำหนดมาตรฐานงานด้านระบบปรับอากาศและระบบทำความเย็นของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้คำนึงถึงความสำคัญของประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่สภาวะ Part Load โดยได้กำหนดมาตรฐาน AIR Standard 550/590-98 ซึ่งได้นิยามการคำนวณค่าอ้างอิงที่ใช้แสดงถึงประสิทธิภาพของ Chiller ที่สภาวะ Part Load ดังนี้

- IPLV (Integrated Part Load Value) เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของ Chiller ที่แต่ละสภาวะ % Load ต่างๆ ดังนี้

% Load	1992 Standard (ARI) % Weight Factor	1998 Standard (ARI) % Weight Factor
100%	17%	1%
75%	39%	42%
50%	33%	45%
25%	11%	12%

โดยในการคำนวณประสิทธิภาพของ Chiller ที่สภาวะ IPLV สามารถคำนวณได้จากสูตร

$$IPLV = \frac{1}{\frac{1\%}{A} + \frac{42\%}{B} + \frac{45\%}{C} + \frac{12\%}{D}}$$

เมื่อ A, B, C และ D เป็นประสิทธิภาพการทำความเย็นของ Chiller (kW/Ton) ที่สภาวะ 100%, 75%, 50% และ 25% Load ตามลำดับ

- NPLV (Non-Standard Part Load Value) ในบางกรณี เช่น การใช้งานเครื่องทำความเย็นของประเทศไทย สภาวะการทำงานจะไม่ตรงตามสภาวะมาตรฐานที่กำหนดไว้ของ ARI (สภาวะมาตรฐานของประเทศสหรัฐอเมริกา) ค่า NPLV จะสามารถนำมาใช้อ้างอิงได้ โดยใช้สูตรการคำนวณเช่นเดียวกันกับ IPLV ดังนี้

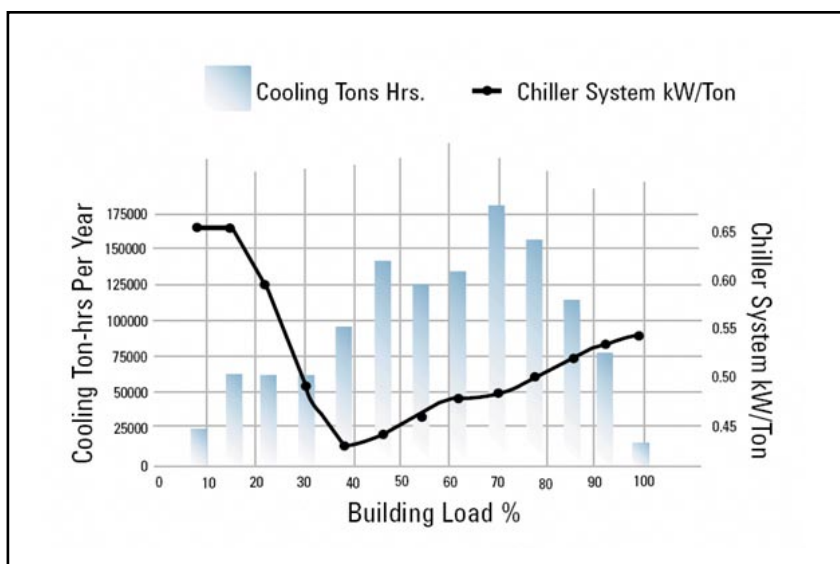
$$NPLV = \frac{1}{\frac{1\%}{A} + \frac{42\%}{B} + \frac{45\%}{C} + \frac{12\%}{D}}$$



เมื่อ A, B, C และ D เป็นประสิทธิภาพการทำความเย็นของ Chiller (kW/Ton) ที่สภาวะ 100%, 75%, 50% และ 25% Load ตามลำดับ ที่สภาวะการทำงานต่างๆ (Non-ARI Standard) ตามที่จะกำหนดไว้ โดยในกรณีประเทศไทย วิศวกรผู้ออกแบบส่วนใหญ่จะใช้ สภาวะมาตรฐานสำหรับการออกแบบระบบปรับอากาศ ดังนี้

Part-Load Conditions for Rating		
	IPLV	NPLV (for Thailand)
<i>Evaporator</i>		
100% load Leav. Water Temp.	44.0 °F	45.0 °F
0% load Leav. Water Temp.	44.0 °F	45.0 °F
Flow Rate	2.4 gpm/ton	2.4 gpm/ton
Fouling Factor Allowance	0.0001 h·ft <sup>2</sup> ·°F/Btu	0.0001 h·ft <sup>2</sup> ·°F/Btu
<i>Condenser</i>		
100% load Ent. Water Temp.	85.0 °F	90.0 °F
75% load Ent. Water Temp.	75.0 °F	77.5 °F
50% load Ent. Water Temp.	65.0 °F	65.0 °F
25% load Ent. Water Temp.	65.0 °F	65.0 °F
Flow Rate	3.0 gpm/ton	3.0 gpm/ton
Fouling Factor Allowance	0.0025 h·ft <sup>2</sup> ·°F/Btu	0.0025 h·ft <sup>2</sup> ·°F/Btu

- SPLV (System Part Load Value) เป็นค่าที่แสดงประสิทธิภาพของระบบ Chiller (Chiller หลายชุด) ซึ่งจะคำนวณตามจำนวน และขนาดทำความเย็นของระบบ Chiller ตามสภาพการใช้งานและติดตั้งจริงของแต่ละโครงการ



รูปที่ 13 ประสิทธิภาพระบบ Chiller ที่แต่ละ สภาวะ Load

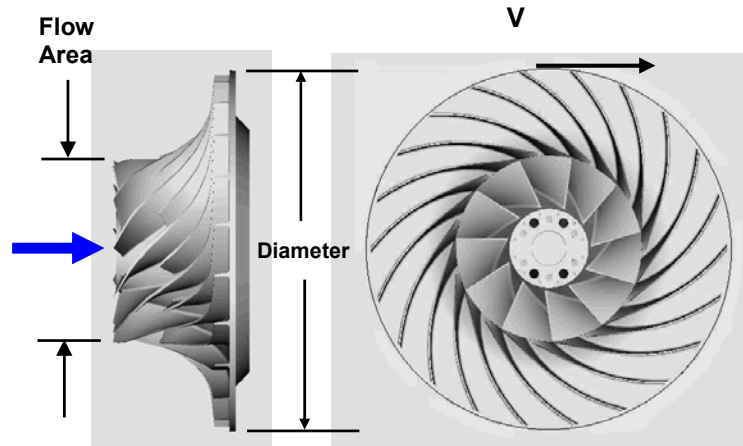
## 2) การใช้เครื่องปรับความเร็วรอบกับ Rotating Machine

หลักการประหยัดพลังงาน ด้วยการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์โดยใช้อุปกรณ์ ประเภท Inverter หรือ VSD (Vary Speed Drive) จะเป็นไปตามกฎของการไหลของเครื่องจักรประเภท Centrifugal Machine ดังนี้

อัตราการไหล (Flow)  $\propto$  ความเร็วรอบ (V) และขนาดพื้นที่การไหล (A)

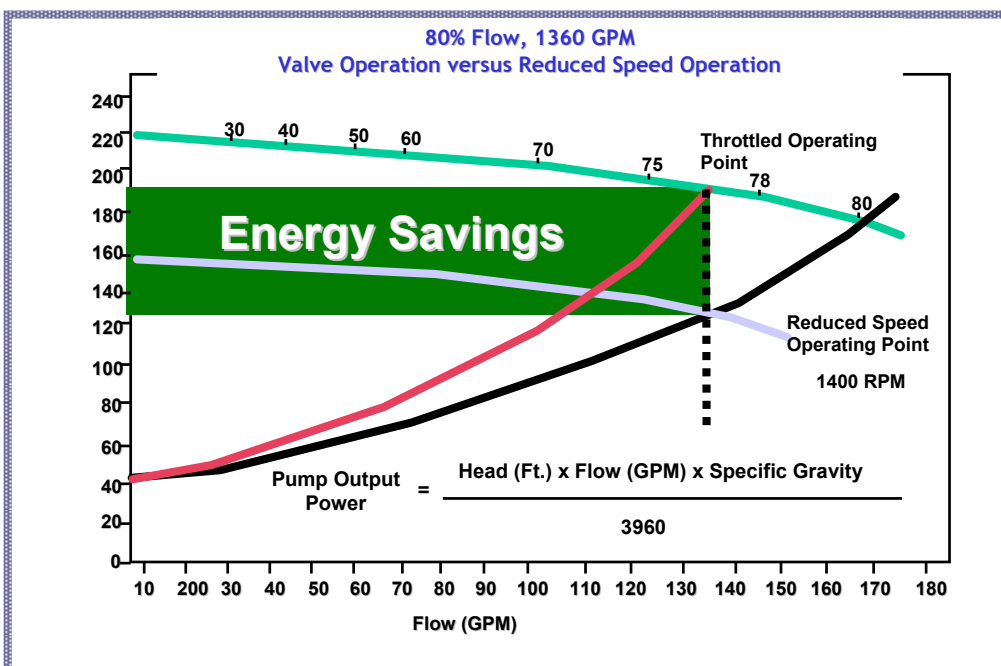
ความแตกต่างของแรงดัน (Head หรือ Lift)  $\propto$  ความเร็วรอบ<sup>2</sup> (V<sup>2</sup>)

กำลังที่ต้องใช้ (Power)  $\propto$  ความเร็วรอบ<sup>3</sup> (V<sup>3</sup>)



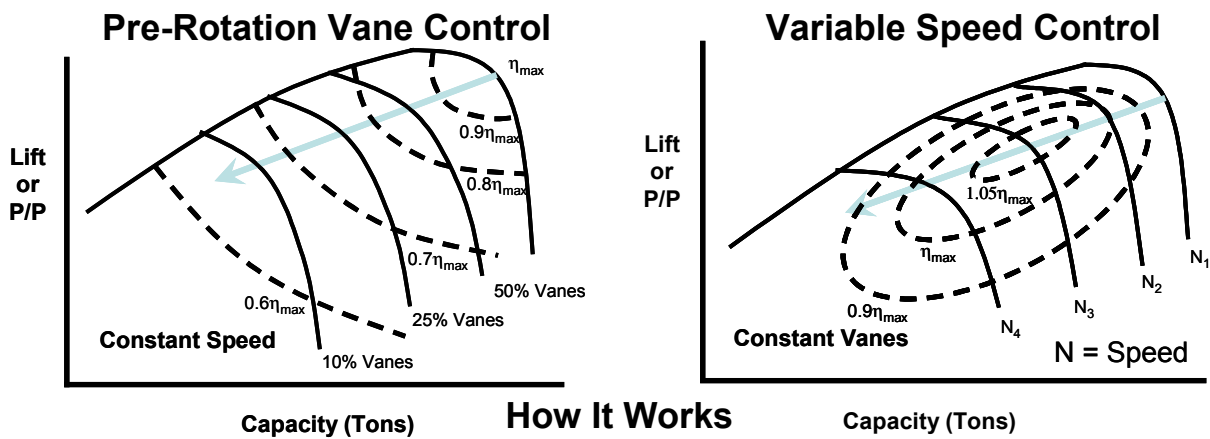
จากกฎของการไหลดังกล่าว จะเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงอัตราการไหล จะส่งผลให้กำลังที่ต้องใช้ขับเคลื่อนเครื่องจักรที่ใช้งานกับของไหลดังกล่าว แปรเปลี่ยนไปในอัตราส่วนยกกำลังสาม เช่น ถ้าอัตราการไหลลดลงเหลือ 50% กำลังไฟฟ้าที่ต้องการการใช้จะลดลงเหลือ 12.5% ของกำลังพิกัดที่ใช้ที่สภาวะ Full Load ตัวอย่างในการประยุกต์ใช้เครื่องปรับความเร็วรอบกับอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบปรับอากาศ ได้แก่

- Rotary Chiller (เช่น Centrifugal Chiller)
- เครื่องสูบน้ำ ในระบบน้ำเย็นหรือน้ำหล่อเย็น (Chilled Water & Cooling Water System)
- พัดลม (Fan) เครื่องจ่ายลมเย็น (Air Handling Unit: AHU)



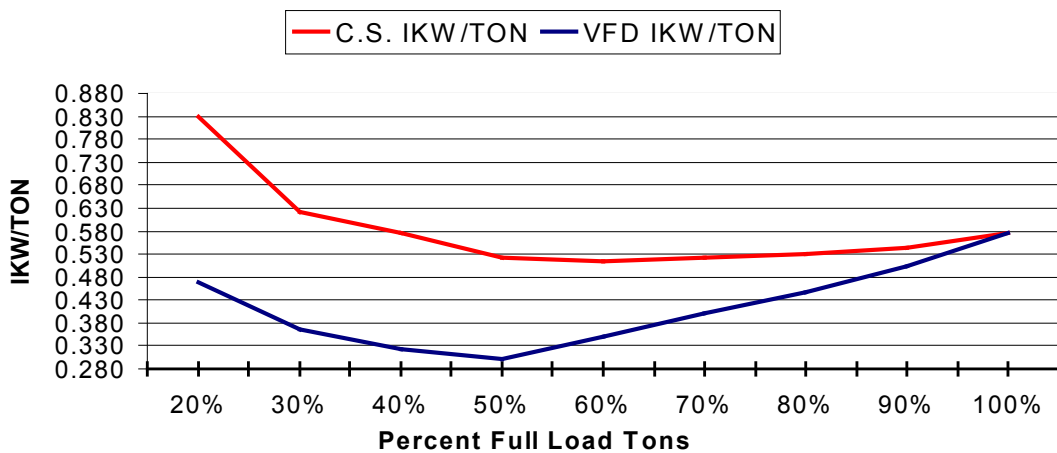
รูปที่ 14 ตัวอย่างการประหยัดพลังงานด้วยการติดตั้ง VSD กับเครื่องสูบน้ำ

ในกรณีการประยุกต์ใช้เครื่องปรับความเร็วรอบกับ Rotary Chiller เช่น Centrifugal Chiller เพื่อใช้ในการลดภาระการทำงาน (Load) ของ Chiller ในสภาวะ Part Load เพื่อช่วยลดพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นระหว่างการลดภาระการทำงานของ Chiller ด้วยการปรับ Inlet Guide Vane (กรณีไม่ติด VSD) ซึ่งจะช่วยลดความต้านทานของกรไหลของน้ำยาและยังช่วยให้ Chiller ยังคงทำงานที่ย่านประสิทธิภาพสูงที่สภาวะ Part Load ดังกล่าว ดังแสดงในรูปที่ 15



รูปที่ 15 หลักการทำงานของ Centrifugal Chiller

**Variable Speed Vs. Constant Speed Centrifugals**



รูปที่ 16 Variable Speed VS Constant Speed Centrifugal Chiller

3) Emerging Technology: Variable Speed Tri-Rotor Screw Compressor

สกูคอมเพรสเซอร์ (Screw Compressor) ได้ถูกพัฒนาและใช้งานในระบบทำความเย็นและระบบปรับอากาศมาเป็นระยะเวลาประมาณ 30 ปี โดยสกูคอมเพรสเซอร์จัดเป็นอุปกรณ์เพิ่มแรงดันประเภท Positive Displacement เช่นเดียวกับคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor) โดยภายในสกูคอมเพรสเซอร์จะมีแกนขับ (Drive Rotor) ซึ่งต่อเข้ากับมอเตอร์ ทำหน้าที่หมุนฟันเฟืองบนแกนขับให้ส่งถ่ายกำลังไปยังแกนหมุน (Driven Rotor) ซึ่งในขณะที่หมุนแกนเฟืองของทั้งคู่ การเปลี่ยนแปลงช่องว่างระหว่างฟันเฟืองทั้งสองจะส่งผลให้สารทำความเย็นภายใน Compressor มีแรงดันที่สูงขึ้นเพื่อถูกส่งต่อไปใน

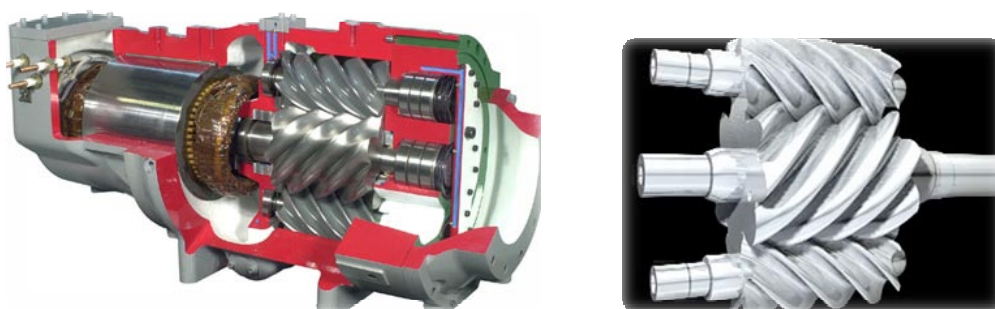
ระบบทำความเย็น โดยทั่วไป Screw Compressor จะถูกออกแบบให้มี 2 แกน (Drive Rotor และ Driven Rotor) ดังแสดงในรูปที่ 17



รูปที่ 17 Twin Rotor Screw Compressor

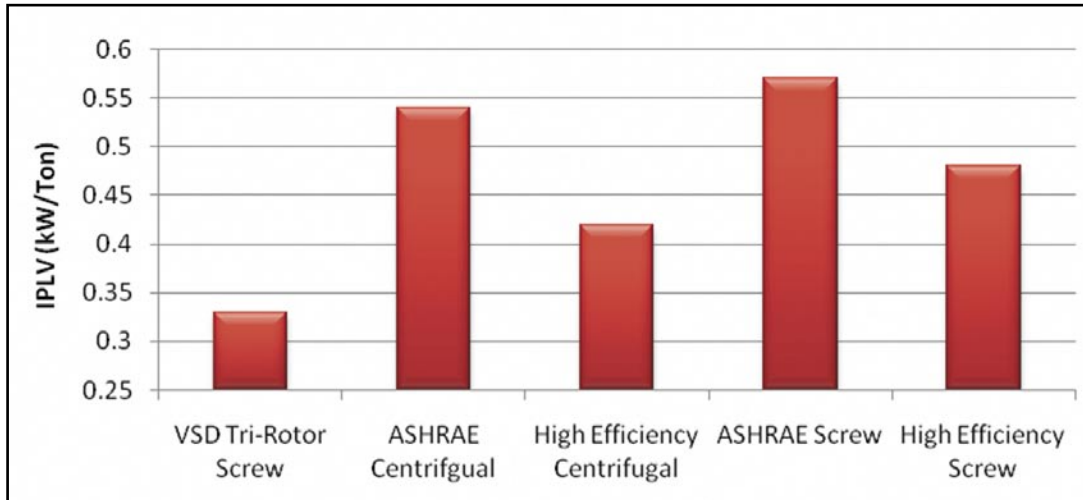
ทั้งนี้เนื่องจากระหว่างการทำงานของ Compressor แรงที่กระทำบนฟันเฟืองเพื่อส่งถ่ายกำลังไปใช้ในการอัดก๊าซนั้น จะมีแรงปฏิกิริยา (ในทิศทางตรงกันข้ามและมีขนาดเท่ากัน) ที่กระทำด้านทานกลับมายังแกนหมุนทั้งสอง ส่งผลให้ตลับลูกปืนที่ใช้ในการรองรับแกนหมุดดังกล่าวต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอเพื่อรองรับแรงกระทำดังกล่าว และต้องมีระบบการหล่อลื่นแกนหมุนที่ดีพอ

ได้มีการออกแบบและผลิต Screw Compressor ที่ประกอบด้วยแกนหมุน 3 แกน (Tri-Rotor Screw Compressor) ซึ่งจะมีกระบวนการอัดก๊าซเกิดขึ้นพร้อมกัน 2 ตำแหน่ง ที่มีการขบกันของฟันเฟือง ซึ่งการใช้แกนหมุน 3 แกน จะทำให้แรงอัดที่กระทำกับเฟืองชุดบนและเฟืองชุดล่าง มีขนาดเท่ากันในทิศทางตรงกันข้ามและส่งผลให้แรงที่กระทำต่อตลับลูกปืนลดลงมาก ดังนั้นจึงไม่ต้องการการหล่อลื่นมากเท่ากับ Screw Compressor แบบทั่วไป และยังส่งผลให้การสูญเสียต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการแรงเสียดทานและระบบหล่อลื่นลดน้อยลง



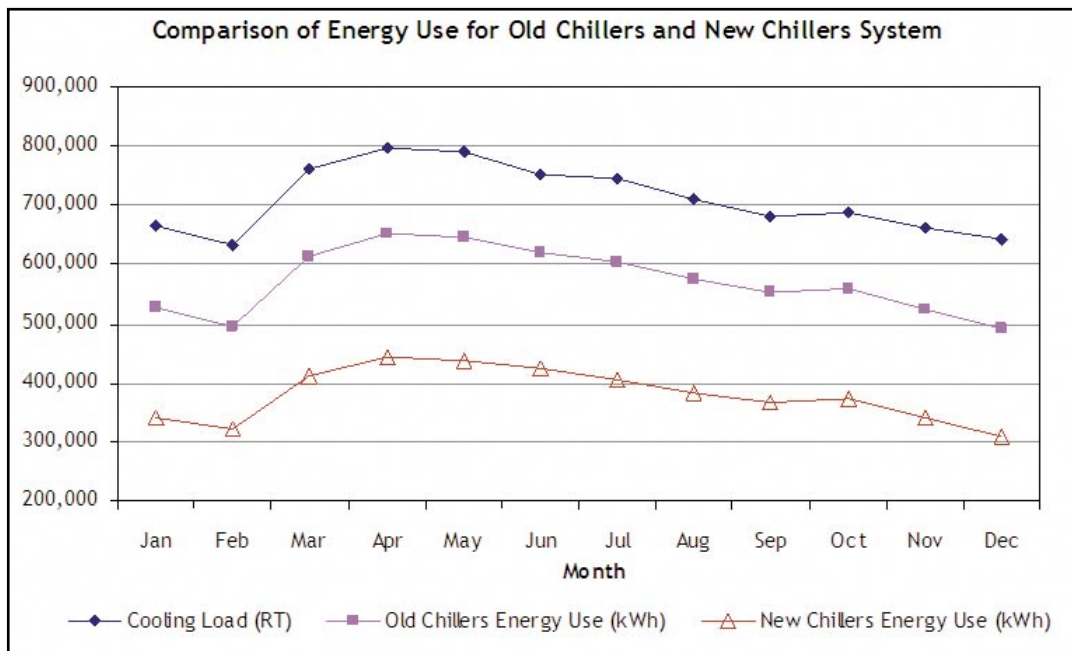
รูปที่ 18 Tri-Rotor Screw Compressor

โดยเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบ (Inverter หรือ VSD) เข้ากับ Tri-Rotor Screw Compressor ดังกล่าวแล้ว จะยังช่วยทำให้คอมเพรสเซอร์สามารถตอบสนองการทำงานที่สภาวะ Part Load ได้ดีขึ้น อีกทั้งยังมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้นที่สภาวะ Part Load โดยประสิทธิภาพการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (kW/Ton) ที่สภาวะ IPLV ของเทคโนโลยี Tri-Rotor Screw Compressor ดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพการทำงานที่ความเย็นสูงกว่า Screw Compressor และ Centrifugal Compressor ดังแสดงในรูปที่ 19



รูปที่ 19 เปรียบเทียบประสิทธิภาพ (kW/Ton) ของแต่ละเทคโนโลยี

**กรณีตัวอย่างการเปลี่ยน Chiller ประสิทธิภาพสูง**



รูปที่ 20 เปรียบเทียบการใช้พลังงานของระบบ Chiller (เก่าและใหม่)

จากการวิเคราะห์เงินลงทุนและผลตอบแทนการลงทุนเบื้องต้น สามารถสรุปผลตอบแทนการลงทุนจากมาตรการเปลี่ยน Chiller ได้ดังนี้

(1) เงินลงทุนระบบ Chiller ใหม่ (Tri-Rotor Screw Chiller 500 RT + Centrifugal Chiller 2x500 RT)	15,000,000 บาท
(2) การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากมาตรการเปลี่ยน Chiller	2,311,965 kWh/ปี
(3) มูลค่าผลประโยชน์ลดพลังงานไฟฟ้า	6,935,895 บาท/ปี
(4) ระยะเวลาคืนทุนอย่างง่าย (Simple Payback Period)	2.16 ปี

#### 4.5 มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบตู้แช่

เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานในระบบตู้แช่ สามารถดำเนินการได้ด้วยการประยุกต์ใช้ระบบควบคุมที่เหมาะสม เพื่อควบคุมการทำงานของระบบคอมเพรสเซอร์ พัฒนาระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างในตู้แช่ ระบบ Rail Heater (ป้องกันการเกาะตัวของหยดน้ำ) และระบบควบคุมการทำงานในช่วงกลางคืน (Night Setback) โดยได้มีผู้ศึกษาว่าศักยภาพในการประหยัดพลังงานในส่วนต่างๆ ของตู้แช่ จะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงาน ได้ดังนี้

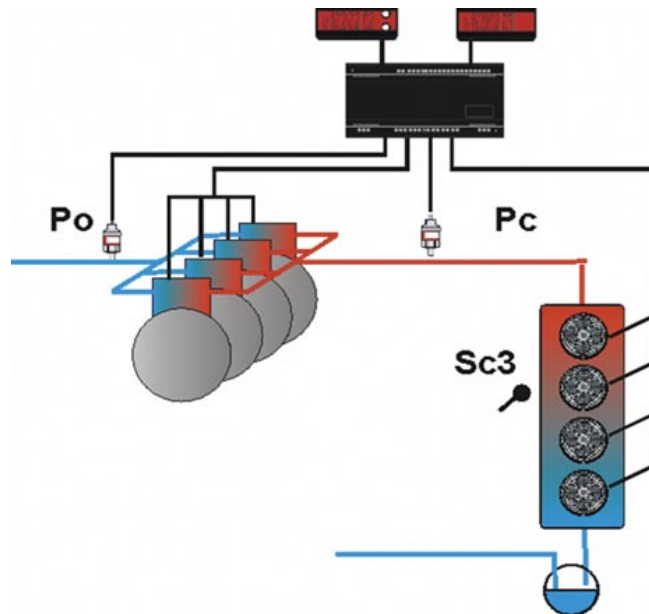
##### ศักยภาพการประหยัดพลังงาน

1) Floating Discharge Pressure:	2-3%
2) Floating Suction Pressure	5-10%
3) Inverter on Condenser Fans	2-3%
4) Light Control	2-3%
5) Night Setback	2-3%
<b>Total</b>	<b>13-15%</b>

ทั้งนี้ตู้แช่ที่วางอยู่ในศูนย์การค้า ส่วนใหญ่จะมีลักษณะที่เป็นตู้แช่ฝังติดผนัง และตู้แช่ลอยที่วางอยู่ระหว่างทางเดิน ซึ่งภายในตู้แช่จะเป็นส่วนของ Evaporator ซึ่งมีพัดลมภายในตู้แช่ทำหน้าที่พัดลมเย็นผ่านคอยล์เย็นของ Evaporator เพื่อรักษาระดับอุณหภูมิภายในตู้แช่ โดยภายในคอยล์เย็นจะมีสารทำความเย็น (Refrigerant) ซึ่งจะต่อเข้ากับชุดคอมเพรสเซอร์ ซึ่งตั้งอยู่บริเวณห้องเครื่องด้านนอกทำหน้าที่อัดไอสารทำความเย็นที่ออกจาก Evaporator ซึ่งมีความดันต่ำ ไประบายความร้อนที่ Condenser ซึ่งมีความดันสูง โดยใช้พัดลมที่ติดกับ Condenser ทำหน้าที่ระบายความร้อนจากสารทำความเย็นไปกับบรรยากาศ

ด้วยการติดตั้งระบบติดตามและควบคุม (Monitoring & Control System) เพื่อตรวจสอบความดันของสารทำความเย็นด้านดูดของคอมเพรสเซอร์ (Suction Pressure, Po) และความดันสารทำความเย็นด้านขาออกคอมเพรสเซอร์ (Discharge Pressure, Pc) จะช่วยให้การควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์มีการตอบสนองที่ดีและรวดเร็วขึ้น และช่วยลดสภาพการทำคามเย็นมากเกินไป ในช่วง Part Load



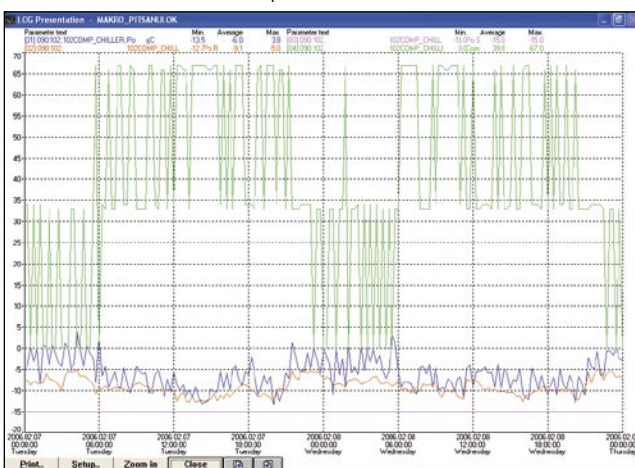


รูปที่ 21 รูปแบบการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม

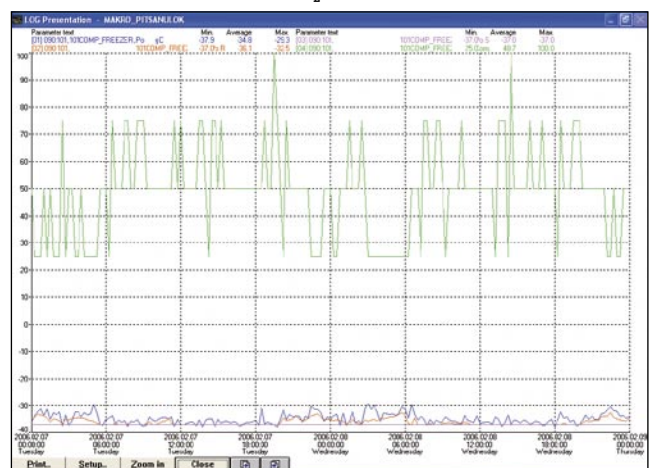
ด้วยการควบคุมความดันด้านดูดน้ำยา (Po) ของคอมเพรสเซอร์ ด้วยการปรับเพิ่ม Po ในช่วง Part Load (อุณหภูมิน้ำยาด้าน Evaporator สูงขึ้น) จะส่งผลต่อ

- ประหยัดพลังงานโดยเฉพาะในช่วง Part Load ของตู้แช่ เช่น ในช่วงที่มีการเปิด-ปิดตู้แช่ น้อย เป็นต้น
- เพิ่มประสิทธิภาพการทำความเย็น (COP) ของระบบทำความเย็น
- ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และยืดอายุการใช้งานของคอมเพรสเซอร์ เนื่องจากการใช้งานคอมเพรสเซอร์ที่สภาวะ Load ต่ำ

ผลการควบคุมความดันน้ำยา (Po) ต่อการประหยัดพลังงาน สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 22



Part Load



Full Load

Part Load

Po	Pc	Qo	Pe	COP
-15	45	44.82	20.28	2.21
-10	45	55.98	22.12	2.53
		+20%	+8.3%	+12.65%

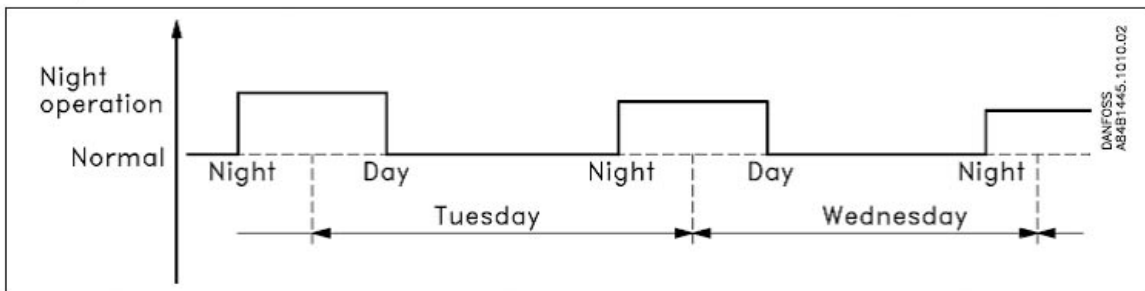
Full Load

Po	Pc	Qo	Pe	COP
-38	45	24.28	22.69	1.07
-35	45	27.39	23.61	1.16
		+11.35%	+3.9%	+7.75%

รูปที่ 22 ผลการติดตั้งอุปกรณ์เพื่อควบคุม Po

สำหรับระบบ Night Setback จะเป็นฟังก์ชันการควบคุมการตั้งค่าอุณหภูมิที่เหมาะสม ในช่วงเวลา กลางคืน (ช่วงปิดศูนย์การค้า) ซึ่งไม่ได้มีการใช้งานตู้แช่และมีภาระการทำงานที่น้อย โดยจะปรับเพิ่มค่า ตั้งของอุณหภูมิ (Set Point Temperature) ที่ไปควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ เพื่อลดภาระการ ทำงานของคอมเพรสเซอร์และลดพลังงานไฟฟ้าที่ต้องใช้

Principle



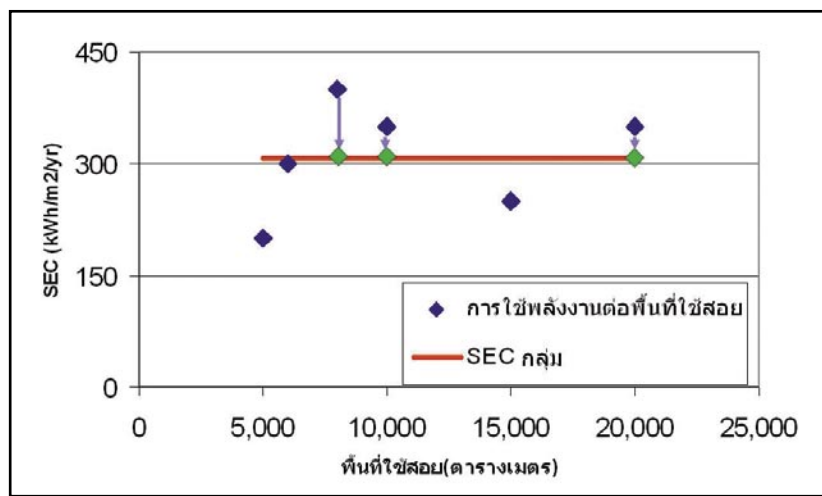
รูปที่ 23 หลักการทำงานของ Night Setback Operation



# 5

## แนวทางส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้า

เมื่อพิจารณาเป้าหมายและศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงาน ของอาคารประเภท โดยอ้างอิงผลการคำนวณหาค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอย (SEC) จากฐานข้อมูลอาคารศูนย์การค้าที่เป็นอาคารควบคุมของ พพ. เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ โดยได้ใช้สมมติฐานที่ว่า ศูนย์การค้าที่มีศักยภาพในการประหยัดพลังงาน คือ กลุ่มอาคารศูนย์การค้า ที่มีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอย (SEC) สูงกว่าค่าเฉลี่ย SEC ในกลุ่มอาคารศูนย์การค้าประเภทเดียวกัน



รูปที่ 24 ศักยภาพการประหยัดพลังงานในอาคารศูนย์การค้าอ้างอิงตามค่า SEC

โดยกำหนดให้ค่า SEC ดังกล่าวเป็นค่า Benchmark ของเกณฑ์การใช้พลังงานของแต่ละกลุ่มประเภทศูนย์การค้า และใช้แนวคิดของการประเมินศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานของอาคารศูนย์การค้า ดังกล่าวข้างต้น สามารถกำหนดจำนวนอาคารศูนย์การค้าที่มีค่า SEC สูงกว่าค่าเฉลี่ยในกลุ่ม ปริมาณพลังงานที่ใช้ในแต่ละกลุ่ม และประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานของแต่ละกลุ่มประเภทศูนย์การค้าได้ดังนี้

ตารางที่ 12 การประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานของอาคารศูนย์การค้า

ประเภท	การใช้พลังงาน (kWh/yr)	จำนวนอาคาร (แห่ง)	จำนวนอาคารที่มีค่า SEC สูงกว่าค่าเฉลี่ยของกลุ่ม (แห่ง)	ศักยภาพการประหยัด (kWh/yr)	(%) ของศักยภาพการประหยัดพลังงานเทียบกับการใช้พลังงานแต่ละกลุ่ม
Department Store	945,541,321	54	28	124,840,924	13.2%
Discount Store	800,581,688	103	67	96,872,713	12.1%
Shopping Plaza	321,328,649	30	18	90,370,999	28.1%
<b>รวม</b>	<b>2,067,451,658</b>	<b>187</b>	<b>113</b>	<b>312,084,635</b>	<b>15.1%</b>

หมายเหตุ : ใช้ข้อมูล บพอ.1 ของอาคารควบคุมที่เป็นศูนย์การค้าเฉพาะในปี พ.ศ. 2548 เท่านั้น

## 5.1 ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้าตัวอย่าง 22 แห่ง

จากการสำรวจอาคารศูนย์การค้าตัวอย่างทั้ง 22 แห่ง ที่ปรึกษา ได้สรุปศักยภาพของการอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารศูนย์การค้าแต่ละแห่ง สรุปได้ว่าอาคารศูนย์การค้าที่เข้าดำเนินการสำรวจการใช้พลังงานทั้ง 22 แห่ง ยังมีศักยภาพเบื้องต้นสำหรับการอนุรักษ์พลังงานอีกอย่างน้อยรวม 11,169,938 kWh/ปี หรือคิดเป็นศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานในมาตรการที่เหมาะสมและสามารถดำเนินการได้โดยทันที ประมาณ 3.08% ของปริมาณการใช้พลังงานในปัจจุบัน หรือคิดเป็นมูลค่าผลประโยชน์พลังงานประมาณ 37.4 ล้านบาท/ปี ทั้งนี้เมื่อพิจารณาผลอนุรักษ์พลังงานตามประเภทของศูนย์การค้า สามารถแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 13 คาดการณ์ผลอนุรักษ์พลังงานสำหรับอาคารศูนย์การค้า 22 แห่ง แยกตามประเภทศูนย์การค้า

ลำดับ	ประเภท	จำนวน (แห่ง)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้		ผลประหยัด		
			(kWh/ปี)	(kWh/ปี/แห่ง)	(kWh/ปี)	เฉลี่ย (kWh/ปี/แห่ง)	% ผลประหยัด เทียบกับ ปริมาณที่ใช้
1	Discount Store	6	56,847,860	9,474,643	2,695,701	449,284	4.74
2	Department Store	9	278,898,722	30,988,747	6,059,518	673,280	2.17
3	Shopping Plaza	4	21,895,692	5,473,923	2,016,694	504,174	9.21
4	Supermarket	3	5,303,672	1,767,891	398,025	132,675	7.50
	รวม (แห่ง)	22	362,945,946	16,497,543	11,169,938	507,724	3.08

## 5.2 แนวทางการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้า

จากการศึกษาศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้า ได้ดำเนินการศึกษาใน 2 แนวทาง ดังนี้

- 1) การประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานของอาคารศูนย์การค้าโดยใช้ค่าศักยภาพการประหยัดพลังงานเฉลี่ยของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภทที่ได้จากตัวอย่างอาคารศูนย์การค้า 22 แห่ง มาคำนวณศักยภาพการประหยัดพลังงานสำหรับอาคารศูนย์การค้าทั่วประเทศ

จากผลการศึกษาพบว่าในกลุ่มอาคารควบคุมที่เป็นอาคารศูนย์การค้าจำนวน 187 แห่ง จะมีศักยภาพการประหยัดพลังงานได้รวม 88 GWh/ปี หรือคิดเป็น 5.38% ของการใช้พลังงานในปี พ.ศ.2548

ตารางที่ 14 การประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานของอาคารศูนย์การค้า

ประเภท	การใช้พลังงาน (kWh/yr)	อาคาร (แห่ง)	ศักยภาพการประหยัด (kWh/yr)	(%) ศักยภาพการประหยัด พลังงานของอาคารศูนย์การค้า แต่ละประเภท (ผลการสำรวจ 22 อาคาร)
Department Store	945,541,321	54	20,612,801	2.18%
Discount Store	800,581,688	103	37,947,572	4.74%
Shopping Plaza	321,328,649	30	29,594,369	9.21%
<b>รวม</b>	<b>2,067,451,658</b>	<b>187</b>	<b>88,154,741</b>	<b>5.38%</b>

หมายเหตุ : ใช้ข้อมูลในปี พ.ศ. 2548

- 2) การประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานของอาคารศูนย์การค้าโดยใช้ดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ (SEC) มากำหนดเป็นเกณฑ์มาตรฐาน (Benchmark) สำหรับกำหนดเป้าหมายประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าแต่ละแห่ง

ผลการศึกษาพบว่าศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอาคารศูนย์การค้าที่เป็นอาคารควบคุม จะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ถึงประมาณ 310 GWh/ปี หรือคิดเป็นความสามารถในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 15% ของการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าในปัจจุบัน (รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 11)

ดังนั้นหากประเมินตัวเลขศักยภาพจากการศึกษาในทั้ง 2 แนวทางดังกล่าว พบว่า**ควรกำหนดเป้าหมายไว้ที่ค่ากลางคือ 10%** โดยสามารถกำหนดแผนส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้าแบ่งเป็นเป้าหมายของการอนุรักษ์พลังงานเป็น ระยะสั้น ระยะปานกลาง และระยะยาว ตามรายละเอียดดังต่อไปนี้

ตารางที่ 15 เป้าหมายแผนส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้า

แผนส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้า	เป้าหมายการประหยัด (% การใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้าทั้งหมด)	ประหยัดพลังงาน (kWh/ปี)	มูลค่าผลประหยัด (บาท/ปี)
ระยะสั้น (1-2 ปี)	3%	62,023,550	186,070,649
ระยะปานกลาง (3-5 ปี)	5%	103,372,583	310,117,749
ระยะยาว (> 5 ปี)	10%	206,745,166	620,235,497

หมายเหตุ: คำนวณมูลค่าผลประหยัดที่อัตราค่าไฟฟ้า 3.0 บาท/kWh และข้อมูลปริมาณการใช้ไฟฟ้าของอาคารศูนย์การค้าประเภทอาคารควบคุม ณ ปี พ.ศ. 2548

ทั้งนี้รายละเอียดแผนส่งเสริมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้า ระยะสั้น ระยะกลาง และระยะยาว มีดังนี้

#### **มาตรการระยะสั้น (1-2 ปี) ประกอบด้วย**

- การฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างศักยภาพให้แก่เจ้าหน้าที่ควบคุมอาคารอย่างต่อเนื่อง ครอบคลุมทุกอาคารศูนย์การค้า
- การประชาสัมพันธ์ สร้างจิตสำนึกแก่ผู้ประกอบการ และผู้บริหารของศูนย์การค้า ในเรื่อง ความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม สภาวะโลกร้อน
- การให้ความช่วยเหลือจากภาครัฐเพื่ออุดหนุนค่าที่ปรึกษา ไปให้ความช่วยเหลือในการจัดตั้ง ระบบการบริหารการใช้พลังงาน และการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร
- การกำกับดูแลให้อาคารควบคุมจัดส่งแบบรายงาน บพอ.1 และ บพอ.2 และรายงาน เป้าหมายและแผนฯ อย่างสม่ำเสมอ และถูกต้อง และปรับปรุงฐานข้อมูลพลังงานของ อาคารควบคุมให้มีความถูกต้อง ครบถ้วน สมบูรณ์ สะดวกต่อการใช้งาน
- การสนับสนุนด้านบุคลากรและเครื่องมือวัดการใช้พลังงานแก่อาคาร
- การสนับสนุน และเผยแพร่ข้อมูลข่าวสารต่างๆ ที่สำคัญจากภาครัฐเพื่อเป็นประโยชน์ต่อ ผู้ประกอบการ

#### **มาตรการระยะกลาง (3-5 ปี) ประกอบด้วย**

- การให้ความช่วยเหลือจากภาครัฐเพื่ออุดหนุนเงินลงทุนในอุปกรณ์และมาตรการอนุรักษ์ พลังงาน ที่มีผลพิสูจน์ทราบแล้ว (Proven Technology) และเทคโนโลยีใหม่ (Emerging Technology) เพื่อให้เกิดการขยายผลในการส่งเสริมการนำมาตรการดังกล่าวมาประยุกต์อย่าง แพร่หลาย โดยใช้กลไกการสนับสนุนด้านการเงินที่หลากหลาย เพื่อให้เกิดทางเลือกหลาย ทางเลือกสำหรับผู้ประกอบการ เช่น การสนับสนุนดอกเบี้ย การสนับสนุนเงินลงทุน เป็นต้น
- การพัฒนาระบบการออกฉลาก (Label) อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม เพื่อเป็น กิจกรรมที่กระตุ้นให้เกิดการตรวจสอบการใช้และจัดการด้านพลังงานในอาคารอย่าง สม่ำเสมอ โดยจะให้มีการตรวจสอบและรับรองการใช้พลังงานในแต่ละปี และออกฉลาก เพื่อแสดงระดับประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน และระดับการปลดปล่อยก๊าซ CO<sub>2</sub> ที่ เกี่ยวข้องกับการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ในสถานประกอบการ
- การศึกษา เพื่อพัฒนา กฎหมายและข้อกำหนดต่างๆ เพื่อส่งเสริม ควบคุมดูแลให้มีการ ออกแบบอาคารที่ประหยัดพลังงาน
- การสร้างเครือข่าย ความร่วมมือและการให้ความช่วยเหลือด้านข้อมูล ข่าวสาร จากภาครัฐ สู่อุผู้ประกอบการต่างๆ โดยได้รับความร่วมมือจากอาคารศูนย์การค้าต่างๆ มาร่วมกัน

แบ่งปันความรู้ และประสบการณ์ในการดำเนินกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานในองค์กรของตนเอง

**มาตรการระยะยาว (ตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป) ประกอบด้วย**

- การดำเนินการตรวจสอบการใช้พลังงานในอาคาร และออกฉลาก (Label) อาคารอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อม
- การกำกับดูแลอาคารควบคุมให้ดำเนินการตามกฎหมาย หรือข้อกำหนด ควบคุมดูแลการใช้พลังงานสำหรับอาคาร

### 6.1 ดัชนีการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า

การวิเคราะห์ดัชนีเกณฑ์การใช้พลังงาน โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลการใช้พลังงานในอาคารควบคุมประเภทศูนย์การค้าของ พพ. และข้อมูลจากการสำรวจการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าจำนวน 22 แห่ง ผลการศึกษาพบว่าอัตราส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ใช้สอยภายในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่จอดรถสามารถใช้เป็นค่าดัชนีหลักเพื่อใช้ในการวิเคราะห์พฤติกรรมการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท โดยสามารถสรุปผลค่าดัชนีการใช้พลังงาน (SEC) สำหรับศูนย์การค้าแต่ละประเภท ได้ดังนี้

ตารางที่ 16 ดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอย (SEC) ของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท

ประเภท	จำนวนข้อมูล	ดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอย (SEC) $\left(\frac{kWh}{yr.m^2}\right)$	ที่มาข้อมูล
Department Store	169	240.6	ฐานข้อมูล บพอ.1
Discount Store	294	336.4	ฐานข้อมูล บพอ.1
Shopping Plaza	91	204.2	ฐานข้อมูล บพอ.1
Supermarket	3	418.4	ผลสำรวจในโครงการ

นอกจากนี้ ผลการศึกษาได้นำเสนอดัชนีการใช้พลังงานแยกตามรายระบบต่างๆ ที่สำคัญ ที่มีการใช้พลังงานสูงในอาคารศูนย์การค้า ซึ่งวิเคราะห์ค่าดัชนีได้จากการผลการสำรวจการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้าตัวอย่างจำนวน 22 แห่ง ซึ่งมีค่าเป็น

ตารางที่ 17 สรุปค่าดัชนีการใช้พลังงานของระบบต่างๆ (จากผลการตรวจวัดศูนย์การค้า 22 แห่ง)

ลำดับ	ดัชนีการใช้พลังงาน	สัญลักษณ์	SEC (เฉลี่ย)	ช่วงค่า SEC	หน่วย
1	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศต่อพื้นที่ปรับอากาศ	SEC-AC <sub>AREA</sub>	144.4	109.7 – 284.5	$\left(\frac{kWh}{yr}\right)$ $m^2$
2	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบแสงสว่างต่อพื้นที่ใช้สอย โดยไม่รวมพื้นที่จอดรถและพื้นที่เช่า	SEC-LT	56.3	17.8 – 149.2	$\left(\frac{kWh}{yr}\right)$ $m^2$
3	ดัชนีการใช้พลังงานในระบบตู้แช่ต่อปริมาตรตู้แช่	SEC-RF	11,548	6,959 – 19,601	$\left(\frac{kWh}{yr}\right)$ $m^3$

## 6.2 ศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอาคารศูนย์การค้า

เมื่อกำหนดค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อพื้นที่ใช้สอย (SEC) ของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท เป็นเกณฑ์มาตรฐานการใช้พลังงาน (Benchmark) โดยตั้งสมมติฐานที่ว่าอาคารศูนย์การค้าที่มีค่าดัชนีการใช้พลังงานสูงกว่าค่าเกณฑ์มาตรฐาน ถือเป็นอาคารที่มีศักยภาพที่จะส่งเสริมให้เกิดการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีศักยภาพของการอนุรักษ์พลังงานเท่ากับส่วนของดัชนีการใช้พลังงานในปัจจุบันกับค่าเกณฑ์มาตรฐาน การใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าแต่ละประเภท ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานของอาคารศูนย์การค้าที่เป็นอาคารควบคุมทั่วประเทศ จะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ถึงประมาณ 310 GWh/ปี หรือคิดเป็นความสามารถในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 15% ของการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้าในปัจจุบัน

นอกจากนี้จากผลการศึกษาถึงศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้าตัวอย่างทั้ง 22 แห่ง ตามมาตรการอนุรักษ์พลังงานต่างๆ ที่สามารถดำเนินการได้ทันที โดยที่หากขยายผลไปยังอาคารศูนย์การค้าที่เป็นอาคารควบคุมทั่วประเทศแล้ว จะมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้รวมประมาณ 88 GWh/ปี หรือคิดเป็น 5.38% ของการใช้พลังงานของอาคารศูนย์การค้า

ทั้งนี้เมื่อประมวลถึงความเป็นไปได้ในศักยภาพของการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้า ผลการศึกษาสามารถสรุปได้ว่าศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้ายังมีอีกอย่างน้อย 10% ของการใช้พลังงานในปัจจุบัน ซึ่งประเมินเป็นค่าพลังงานที่สามารถประหยัดได้ประมาณ 206.7 GWh/ปี หรือคิดเป็นมูลค่าพลังงานประมาณ 620 ล้านบาท/ปี โดยสามารถกำหนดแผนส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้าแบ่งเป็นเป้าหมายของการอนุรักษ์พลังงานเป็น ระยะสั้น ระยะปานกลาง และระยะยาว ตามรายละเอียดที่แสดงไว้ในบทที่ 5

อย่างไรก็ตาม จากผลการศึกษาสถานภาพและการสำรวจการการใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า ตัวอย่างทั้ง 22 แห่ง แนวทางเร่งด่วนที่ควรดำเนินการ เพื่อส่งเสริมให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในอาคารศูนย์การค้าต่างๆ มีดังนี้

- ❖ ควรมีการส่งเสริมการเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานมากที่มีประสิทธิภาพต่ำให้มีประสิทธิภาพสูงมากยิ่งขึ้นเช่นในระบบปรับอากาศ ระบบตู้แช่ เป็นต้น
- ❖ ควรมีการประกาศหรือรณรงค์ให้ศูนย์การค้าดำเนินการปรับปรุงกรอบอาคารให้มีค่าการถ่ายเทความร้อนเข้าอาคารให้มีค่าต่ำกว่ามาตรฐานอย่างจริงจัง เช่น บริเวณประตูเข้าออกทุกจุดของศูนย์การค้า เพื่อลดการสูญเสียพลังงานในระบบปรับอากาศ
- ❖ ควรติดตามศูนย์การค้าให้ดำเนินการส่ง บพอ.1 และจัดทำ บพอ.2 ให้ครบถ้วน หรือให้ที่ปรึกษา AC ทำการสุ่มตรวจสอบการจัดทำ บพอ.2 ของศูนย์การค้า เพื่อให้เป็นจุดเริ่มต้นของการจัดการด้านพลังงานอย่างเป็นระบบ



- ❖ เร่งรัดการดำเนินโครงการอนุรักษ์พลังงานสำหรับระบบปรับอากาศโดยเฉพาะในศูนย์การค้า ซึ่งเป็นระบบที่ใช้พลังงานมากที่สุด
- ❖ รณรงค์ให้ศูนย์การค้าเปลี่ยนมาใช้หลอด LED แทนหลอดฮาโลเจน ซึ่งใช้ในตู้โชว์สินค้าต่างๆ เป็นจำนวนมาก ซึ่งจะสามารถช่วยลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการส่องสว่าง และลดปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นในอาคาร ซึ่งส่งผลต่อภาระการปรับอากาศภายในอาคารศูนย์การค้า





เลขที่ 17 ถนนพระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330  
โทรศัพท์ 02-223 0021-9 โทรสาร 02-225 3785  
[www.dede.go.th](http://www.dede.go.th)