



ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์หลักคือ เพื่อทำการศึกษาค่าพลังงานสะสมรวมในอาคารประเภทต่างๆและวัสดุก่อสร้างประเภทต่างๆ โดยวิธีการวิเคราะห์หาค่า Energy เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานของอาคารที่จะสร้างในอนาคต

3.1 รูปแบบอาคารกรณีศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

อาคารกรณีศึกษา แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

กลุ่มที่ 1 อาคารกรณีศึกษาที่ใช้ในการประเมินค่า Energy ของกระบวนการก่อสร้าง ในกลุ่มนี้จะจัดแบ่งอาคารเป็น 4 ประเภท

ประเภทที่ 1 อาคารพักอาศัย¹

กรณีศึกษา	ลักษณะอาคาร	ปี
1.1	พักอาศัย 2 ชั้น 64.9 ตร.ม.(ตอกเข็มไม้) ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1996
1.2	พักอาศัย 2 ชั้น 78.8 ตร.ม. (ตอกเข็มไม้) ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1996
1.3	พักอาศัย 2 ชั้น 116 ตร.ม. (ตอกเข็มไม้) ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1996
1.4	พักอาศัย 1 ชั้น 118.4 ตร.ม. (ตอกเข็มไม้) ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1996
1.5	พักอาศัย 2 ชั้น 149.1 ตร.ม. (ตอกเข็มคสล.) ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1996
1.6	พักอาศัย 3 ชั้น 400 ตร.ม. ระบบผนังEIFS	2000
1.7	อาคารชุดพักอาศัย 22 ชั้น 46616 ตร.ม. ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1992

ประเภทที่ 2 สถานศึกษา²

กรณีศึกษา	ลักษณะอาคาร	ปี
2.1	สถานศึกษา 229.5 ตรม. 2ชั้นใต้ถุนโล่ง ผนังก่ออิฐฉาบปูน	2000
2.2	สถานศึกษา 248.4 ตรม. 2ชั้นใต้ถุนโล่ง ผนังก่ออิฐฉาบปูน	2000
2.3	สถานศึกษา 302.4 ตรม. 2ชั้นใต้ถุนโล่ง ผนังก่ออิฐฉาบปูน	2000
2.4	สถานศึกษา 526.4 ตร.ม. 3 ชั้น ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1999
2.5	สถานศึกษา 840 ตร.ม. 2ชั้น ระบบผนังอิฐดินซีเมนต์	2001

¹ อาคารพักอาศัย คือ อาคารที่มีประโยชน์ใช้สอยในการพักอาศัย

² สถานศึกษา คือ อาคารที่มีประโยชน์ใช้สอยเพื่อการศึกษา

กรณีศึกษา	ลักษณะอาคาร	ปี
2.6	สถานศึกษา 14975 ตร.ม. 20ชั้น ผนังก่ออิฐฉาบปูน	2000

ประเภทที่ 3 อาคารสำนักงาน³

กรณีศึกษา	ลักษณะอาคาร	ปี
3.1	สำนักงาน 2 ชั้น 382 ตร.ม. ฐานรากเสาเข็ม ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1998
3.2	สำนักงาน 2 ชั้น 536 ตร.ม. ผนังก่ออิฐฉาบปูน	2000
3.3	สำนักงาน 2 ชั้น 896 ตร.ม. เข็มคอนกรีต ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1995
3.4	สำนักงาน 2 ชั้น 1144 ตร.ม. เข็มคอนกรีต ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1995
3.5	สำนักงาน 12 ชั้น 11650 ตร.ม. ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1997

ประเภทที่ 4 โรงพยาบาล⁴

กรณีศึกษา	ลักษณะอาคาร	ปี
4.1	โรงพยาบาล 595.1 ตร.ม. 1 ชั้น ตอกเข็มคอร. ผนังก่ออิฐฉาบปูน	2001
4.2	โรงพยาบาล 2244 ตร.ม. 3 ชั้น ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1990
4.3	โรงพยาบาล 4313 ตร.ม. 5 ชั้น ตอกเข็มคอร. ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1997
4.4	โรงพยาบาล 4746 ตร.ม. 6 ชั้น ผนังก่ออิฐฉาบปูน	1997

กลุ่มที่ 2 อาคารกรณีศึกษาที่ใช้ในการประเมินค่า Emergy ของกระบวนการรีไซเคิล

เนื่องจากอาคารในกลุ่มนี้มีปริมาณค่อนข้างน้อยและไม่มีการเก็บข้อมูลที่อ้างอิง

ในภาคเอกชนดังนั้นจึงเลือกใช้ข้อมูลจาก กรมโยธาธิการ เพื่อทำการศึกษา

ในกลุ่มนี้มีอาคารเพียงประเภทเดียว คือ

ประเภท อาคารสำนักงาน

โดยมีรูปแบบอาคาร 2 รูปแบบคือ

รูปแบบที่ 1 อาคารโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็ก

รูปแบบที่ 2 อาคารโครงสร้างไม้-คอนกรีต (Half-Timber)

กรณีศึกษา	ลักษณะอาคาร	ปี
1.	สำนักงาน 1,100 ตร.ม. 3 ชั้น โครงสร้างไม้-คอนกรีต	2000
2.	สำนักงาน 1,515 ตร.ม. 3 ชั้น โครงสร้างคอนกรีต	2000
3.	สำนักงาน 3,995 ตร.ม. 4 ชั้น โครงสร้างคอนกรีต	2000

³ อาคารสำนักงาน คือ อาคารที่มีประโยชน์ใช้สอยเพื่อการทำธุรกิจแต่ไม่อยู่ในรูปของการพาณิชย์โดยตรง

⁴ โรงพยาบาล คือ อาคารที่มีประโยชน์ใช้สอยเพื่อการพยาบาลผู้ป่วย

3.2 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในขั้นตอนการดำเนินการวิจัย มีข้อมูลที่ต้องการใช้ในการประเมินด้านเศรษฐกิจศาสตร์คือ ค่า Energy/Money Ratio ของประเทศไทย

- Energy/Money Ratio ของประเทศไทย

ค่า Energy/Money Ratio สำหรับประเทศต่างๆ คำนวณได้มาจากการใช้ค่าผลรวมของ Solar Energy ทั้งหมดที่ใช้ภายในประเทศหารด้วย ผลิตภัณฑ์มวลรวมประชาชาติ (GNP) ของปีนั้นๆ ค่า Ratio ที่เป็นตัวอย่างส่วนมากเป็นค่า solar energy ต่อ เหรียญสหรัฐฯ แต่ค่า energy (emjoules) ต่อหน่วยเงินของประเทศอื่นๆ ก็สามารถคำนวณได้เมื่อนำมาแปลงค่าด้วยอัตราแลกเปลี่ยนของปีนั้นๆ

โดยมากค่า Energy/Money Ratio ของจะมีค่าลดลงในแต่ละปีส่วนมากจะเนื่องมาจากอัตราเงินเฟ้อ จากการพัฒนาประเทศ (ซึ่งทำให้มีกระแสเงินไหลในระบบมากขึ้นในระบบการใช้ทรัพยากรเท่าเดิม) หรือมีการใช้ทรัพยากรอย่างรู้คุณค่ามากขึ้น โดยมากจะต้องนำข้อมูลสถิติที่เกี่ยวข้องกับ ค่า energy ทั้งหมดของประเทศมาใช้ในการคำนวณ ทุกๆปี แต่เนื่องจากการเก็บข้อมูลเป็นไปได้ยาก การคำนวณจึงใช้ในระบบเทียบเคียงจาก ปัจจัยที่มีผลกระทบมากต่อการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปี ได้แก่ ค่า GNP และอัตราการใช้เชื้อเพลิงของประเทศ

การคำนวณได้มาจาก

$$\frac{\text{Energy of that year} + \text{total fuel consumption of that year}}{\text{GNP of that year}} = \text{energy/money ratio}$$

การประเมินจากข้อมูลประเทศไทยเป็นดังนี้

ตารางที่ 3.1 EMERGY Flow ของประเทศไทย ปีพ.ศ.2538 (1995)⁵

ลำดับ	รายละเอียด	หน่วย	Input Resource Energy 1.00E+17	Solar Transformity (sej/หน่วย) 1.00E+00	Solar Emergy (sej) 1.00E+20
Renewable Sources					
1	แสงแดด	J/yr	6.51E+00	1.00E+00	0.01
2	ฝืน,chemical	J/yr	5.15E+01	1.54E+04	795.81
3	ฝืน,geological	J/yr	5.37E+00	8.89E+03	47.70
4	ลม	J/yr	2.64E+02	6.63E+02	174.96
5	คลื่น	J/yr	2.85E-07	2.59E+04	0.00
6	กระแสไฟฟ้า	J/yr	2.85E-07	2.36E+04	0.00
7	น้ำในแม่น้ำ	-	-	-	-
8	earth cycle	J/yr	5.14E+00	2.90E+04	149.06
9	ไฟฟ้าพลังน้ำ	J/yr	2.42E-01	1.59E+05	38.49
10	การบริโภคไม้	J/yr	4.22E-03	3.49E+04	0.15
Imports and Outside Sources					
11	น้ำมันปิโตรเลียมดิบ	J/yr	1.05E+01	5.30E+04	555.84
12	ผลิตภัณฑ์น้ำมันอื่นๆ	J/yr	5.07E+00	6.60E+04	334.92
13	โลหะและผลิตภัณฑ์	g	4.36E-05	4.15E+09	180.76
14	สินค้าและบริการ	บาท	1.73E-05	5.06E+10	873.61
Nonrenewable Sources from Within Thailand					
15	การผลิตน้ำมัน	J/yr	5.46E-01	5.40E+04	29.51
16	การบริโภคน้ำมัน	J/yr	2.93E+00	5.40E+04	158.10
17	การผลิตก๊าซธรรมชาติ	J/yr	4.41E-10	4.80E+04	0.00
18	การใช้ก๊าซธรรมชาติ	J/yr	3.73E-10	4.80E+04	0.00
19	การใช้ไฟฟ้า	J/yr	2.57E+00	1.59E+05	408.37
20	การผลิตหินปูน	g	4.56E-04	1.59E+05	0.07
21	การใช้หินปูน	g	5.02E-04	6.70E+06	3.37
22	การผลิตลิกไนต์	J/yr	5.86E+00	3.98E+04	233.11
23	การใช้ลิกไนต์	J/yr	5.88E+00	3.98E+04	234.06
24	การผลิตยิปซัม	g	8.53E-05	1.00E+09	85.33
25	การใช้ยิปซัม	g	1.94E-05	1.00E+09	19.39
26	Earth Loss	g	1.60E-04	1.71E+09	274.23

⁵ รายการคำนวณประกอบตาราง ดูภาคผนวก ก.

ตารางที่ 3.2 EMERGY of Exports and Other Flows ของประเทศไทย ปีพ.ศ.2538 (1995)⁶

ลำดับ	รายละเอียด	หน่วย	Input Resource Energy 1.00E+00	Solar Transformity (sej/หน่วย) 1.00E+00	Solar Emergy (sej) 1.00E+00	Value (baht/yr)
Exports						
1	ข้าว	g	6.20E+12	9.70E+08	6.01E+21	4.86E+10
2	ยาง	J/yr	3.64E+16	2.10E+04	7.65E+20	6.13E+10
3	กุ้ง	J/yr	2.92E+12	1.28E+07	3.74E+19	5.03E+10
4	มันสำปะหลัง	g	4.08E+12	9.70E+08	3.96E+21	1.83E+10
5	น้ำตาล	J/yr	3.59E+03	8.40E+04	3.01E+08	2.88E+10
6	อะไหล่คอมพิวเตอร์	บาท	9.85E+09	5.06E+10	4.98E+20	9.85E+09
7	วงจรไฟฟ้า	บาท	4.83E+10	5.06E+10	2.44E+21	4.83E+10
8	ผลิตภัณฑ์น้ำมันอื่นๆ	J/yr	2.97E+16	5.30E+04	1.58E+21	5.76E+09
9	ก๊าซธรรมชาติ	J/yr	3.71E+15	4.80E+04	1.78E+20	2.58E+08
10	สินค้าและบริการ	บาท	1.13E+12	5.06E+10	5.70E+22	1.13E+12
Baht Flows						
11	Gross national product	บาท	4.12E+12	5.06E+10	2.09E+23	
	รวม				2.75E+23	

ตารางที่ 3.3 EMERGY Storages ของประเทศไทย ปีพ.ศ.2538 (1995)⁷

ลำดับ	รายละเอียด	หน่วย	Input Resource Energy 1.00E+00	Solar Transformity (sej/หน่วย) 1.00E+00	Solar Emergy (sej) 1.00E+00
1	ถ่านหิน	J/yr	7.00E+19	3.98E+04	2.78E+24
2	Topsoil	J/yr	1.50E+19	6.30E+04	9.44E+23
3	Groundwater	J/yr	1.03E+19	4.10E+04	4.21E+23
4	Wood biomass	J/yr	2.20E+18	5.30E+04	1.17E+23
5	น้ำมัน	J/yr	1.30E+10	4.80E+04	6.23E+14
6	ก๊าซธรรมชาติ	J/yr	1.25E+09	4.80E+04	5.99E+13
7	ประชากร	people/yr	4.19E+12	5.06E+10	2.12E+23
8	Economic assets	บาท	4.19E+12	5.06E+10	2.12E+23
	รวม				1.91E+24

⁶ รายการคำนวณ ดูที่ภาคผนวก ก.

⁷ รายการคำนวณ ดูที่ภาคผนวก ก.

ตารางที่ 3.4 Summary Flows สำหรับประเทศไทย ปีพ.ศ.2538 (1995)

ตัวย่อ	รายละเอียด	Solar Emergy (sej/yr)	Baht (Baht/yr)	
R	Renewable Sources used	4.770E+01		
N	Nonrenewable sources flow within Thailand	9.445E+23		
	N0 Dispersed rural source	9.445E+23		
	N1 Concentrated use	4.534E+02		
	N2 Exported without use	2.132E+11		
F	Imported Fuel and Minerals	1.072E+03	1.060E+11	
G	Imported Goods	1.808E+02	5.11E+10	
I	Baht paid for Imports		1.73E+12	
P2I	Emergy value of goods and services imports	2.634E+23		
I3	Baht paid for Imports minus goods		1.569E+12	
P2I3	Imports services	2.394E+23		
E	Baht paid for Exports		1.400E+12	
P1E	Emergy value of goods and services exports	1.236E+23		2.20E+12 Sej/\$
B	Exported products transformed within Thailand	2.653E+11		8.83E+10 Sej/฿
E3	Baht paid for Exports minus goods		1.187E+12	
P1E3	Exports services	1.048E+23		
X	Gross National Product		4.124E+12	3.801E+12 Sej/\$
P2	World Emergy/ Baht ratio, used for imports	1.526E+11		4.014E-02 \$/฿
P1	Thailand Emergy/Baht ratio, used for Thailand and exports	2.870E+11		Sej/฿
หมายเหตุ				
P1	Total Emergy used, U	N0+N1+R+F+G+P2I3	1.184E+24	
	GNP		4.124E+12	

ตารางที่ 3.5 Solar emjoules/฿ ของประเทศไทยในปีต่างๆกัน

(ประมาณการจากการวิเคราะห์ในปี 1995(2538) ค่าที่เปลี่ยนแปลงขึ้นกับ การใช้เชื้อเพลิงและ GNP)

พ.ศ.	Year	Fuel Use J/yr	A(Sej/yr)	Solar Emery use Sej/yr	GNP Baht/yr	Solar Emery/฿ Sej/฿ 1.00E+11	B Sej/yr	C Sej/yr
2521	1978	5.77E+17	3.12E+22	1.18E+24			2.74E+22	1.13E+24
2522	1979	5.94E+17	3.21E+22	1.18E+24			2.74E+22	1.12E+24
2523	1980	6.16E+17	3.33E+22	1.18E+24			2.74E+22	1.12E+24
2524	1981	5.85E+17	3.16E+22	1.18E+24			2.74E+22	1.12E+24
2525	1982	5.36E+17	2.89E+22	1.18E+24			2.74E+22	1.13E+24
2526	1983	6.00E+17	3.24E+22	1.18E+24	9.14E+11	1.29E+01	2.74E+22	1.12E+24
2527	1984	6.30E+17	3.40E+22	1.18E+24	9.77E+11	1.21E+01	2.74E+22	1.12E+24
2528	1985	6.04E+17	3.26E+22	1.18E+24	1.04E+12	1.14E+01	2.74E+22	1.12E+24
2529	1986	6.39E+17	3.45E+22	1.18E+24	1.11E+12	1.07E+01	2.74E+22	1.12E+24
2530	1987	6.94E+17	3.75E+22	1.18E+24	1.28E+12	9.27E+00	2.74E+22	1.12E+24
2531	1988	7.94E+17	4.29E+22	1.18E+24	1.54E+12	7.71E+00	2.74E+22	1.11E+24
2532	1989	9.45E+17	5.10E+22	1.18E+24	1.83E+12	6.46E+00	2.74E+22	1.11E+24
2533	1990	1.12E+18	6.05E+22	1.18E+24	2.16E+12	5.49E+00	2.74E+22	1.10E+24
2534	1991	1.19E+18	6.44E+22	1.18E+24	2.47E+12	4.79E+00	2.74E+22	1.09E+24
2535	1992	1.31E+18	7.06E+22	1.18E+24	2.77E+12	4.27E+00	2.74E+22	1.09E+24
2536	1993	1.47E+18	7.93E+22	1.18E+24	3.17E+12	3.73E+00	2.74E+22	1.08E+24
2537	1994	1.63E+18	8.81E+22	1.18E+24	3.63E+12	3.26E+00	2.74E+22	1.07E+24
2538	1995	1.85E+18	9.98E+22	1.18E+24	4.12E+12	2.87E+00		
2539	1996	1.99E+18	1.08E+23	1.18E+24	4.19E+12	2.82E+00	2.74E+22	1.05E+24
2540	1997	1.99E+18	1.08E+23	1.18E+24	4.62E+12	2.56E+00	2.74E+22	1.05E+24
2541	1998	1.80E+18	9.74E+22	1.18E+24	4.74E+12	2.50E+00	2.74E+22	1.06E+24
2542	1999	1.80E+18	9.72E+22	1.18E+24	4.63E+12	2.56E+00	2.74E+22	1.06E+24
2543	2000	2.62E+18	1.42E+23	1.18E+24	4.83E+12	2.45E+00	2.74E+22	1.01E+24
2544	2001	2.76E+18	1.49E+23	1.18E+24	5.04E+12	2.35E+00	2.74E+22	1.01E+24
2545	2002	2.76E+18	1.49E+23	1.18E+24	5.04E+12	2.35E+00	2.74E+22	1.01E+24

หมายเหตุ 1. ปี2538(1995) เป็นปีที่ใช้ในการคำนวณโดยละเอียด

2. Emery รวมในแต่ละปีของประเทศไทย มาจากผลรวมของ Solar Emery ใน A (ดูสูตรด้านล่าง)
บวกค่า B และ C จากการศึกษา Emery ของประเทศไทยในปี 2538 (1995)

สูตร

$$A+B+C$$

A การใช้เชื้อเพลิงของประเทศ ใน Column C x ค่า Transformity ของน้ำมัน (5.4E+4 Sej/J)

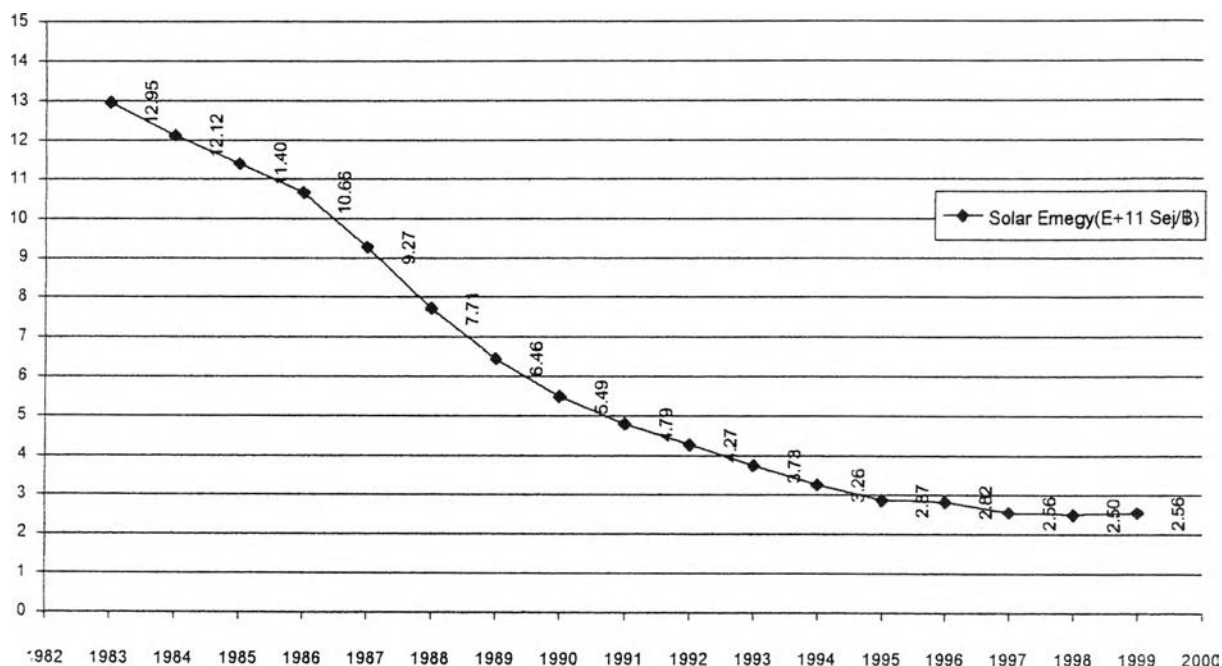
sej/yr

B Renewable and soil use (4.77E+01+274.23E+20 sej/yr)= 2.74E+22

C Other Continuing input Total-renewable, soil loss, fuel uses

สูตร การคำนวณ Money Ratio ของประเทศไทย = Total Solar Emery use(Sej/J) / GNP ของปีนั้นๆ

แผนภูมิที่ 3.1 แสดงค่า Energy / Money Ratio ของประเทศไทย



- การพิจารณาข้อมูลเพื่อกำหนดขอบเขตของระบบและกำหนดประเภทของวัสดุก่อสร้างที่ใช้ในการคำนวณ

การพิจารณาข้อมูลรายการวัสดุของอาคารกรณีศึกษาแต่ละประเภท โดยแบ่งตามขั้นตอนการก่อสร้าง ได้ 15 งาน คือ

1. งานฐานราก - โครงสร้าง
2. งานหลังคา⁸
3. งานบันไดโครงสร้าง⁹
4. งานฝ้าเพดาน
5. งานผนังและผิวผนัง
6. งานพื้นและผิวพื้น
7. งานผิวบันได¹⁰
8. งานประตู- หน้าต่าง
9. งานสี
10. งานสุขภัณฑ์

⁸ ในกรณีที่เป็นการอาคารสูงและหลังคาเป็น หลังคาเรียบ (flat slab) งานหลังคาจะรวมอยู่ในงานฐานราก-โครงสร้าง

⁹ ในกรณีที่มีการแยกคิดงานบันไดโครงสร้าง

¹⁰ ในกรณีที่มีการแยกงานผิวบันได

11. งานประปา-สุขาภิบาล
12. งานไฟฟ้า
13. งานเบ็ดเตล็ด¹¹
14. งานเครื่องกล
15. แรงงาน¹²

ครอบคลุมเฉพาะตัวอาคารและระบบอาคารไม่รวมงานที่อยู่นอกบริเวณอาคาร เพื่อกำหนดขอบเขตของงานวิจัย วิทยานิพนธ์นี้ จำกัดขอบเขตวัสดุก่อสร้างเป็นวัสดุก่อสร้างหลักที่ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง โดย

1. เป็นวัสดุก่อสร้างหลักตามหลักเกณฑ์ในการใช้วัสดุก่อสร้างของประเทศไทยโดย วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย (วสท.) และเป็นวัสดุที่มีใช้แพร่หลายในตลาด
2. ในการจัดรายการในตารางประเมินมีหลักเกณฑ์การแบ่งประเภทดังนี้ วัสดุที่มีอายุการใช้งานนาน เรียก โครงสร้าง วัสดุที่มีอายุการใช้งานสั้น เรียก วัสดุตกแต่ง งานระบบได้แก่ ส่วนที่ส่งเสริมอาคารที่ไม่ใช่วัสดุโครงสร้างและวัสดุตกแต่ง แรงงาน คือ แรงงานทั้งหมดที่ใส่เข้าไปในระบบ เป็นมูลค่าเงิน
3. ข้อมูลที่ได้มาจากแบบประเมินราคาจากหน่วยงานประเมินราคาทางราชการ และ ผู้รับเหมาก่อสร้างเอกชนโดยเป็นข้อมูลจากสถานที่จริง
4. ในกรณีที่ข้อมูลเกี่ยวกับวัสดุนั้นไม่เพียงพอหรือหาไม่ได้จะใช้ข้อมูลจากต่างประเทศ

ขั้นตอนที่ 1 การคำนวณปริมาณงานในอาคารกรณีศึกษา

นำแบบประเมินราคาของอาคารกรณีศึกษามาทำการแยก เป็น

- ปริมาณงานตามขั้นตอนการก่อสร้าง
- ค่าการบริการตามขั้นตอนการก่อสร้าง

โดยข้อมูลในส่วนที่ไม่สามารถคำนวณเป็นปริมาณได้ จะใช้มูลค่าของวัสดุในการคำนวณ

ต่อไป

ขั้นตอนที่ 2 การคำนวณปริมาณวัสดุและมูลค่าการบริการของระบบในอาคารกรณี

ศึกษา

1. นำปริมาณแต่ละประเภทในขั้นตอนที่ 1 มาจำแนกเป็นรายการวัสดุตั้งต้นที่ใช้ในการคำนวณ และจัดหมวดหมู่แยกตาม คุณสมบัติของวัสดุ ได้แก่

¹¹ งานอื่นๆที่ไม่สามารถจัดเป็นหมวดหมู่ได้ หรืองานเพิ่มเติมตามรายการแบบประมาณราคา

¹² เป็นค่าแรงงาน การบริการทั้งหมดที่ใส่เข้าไปในระบบ

- Renewable- resource - ในที่นี้ได้แก่ วัสดุ โครงสร้าง
- Non-renewable resource - ในที่นี้ได้แก่ วัสดุ ตกแต่ง
- Products & goods - ในที่นี้ได้แก่ งานระบบ
- Services & Labours - ในที่นี้ได้แก่ แรงงาน

ซึ่งสามารถครอบคลุมประเภทของวัสดุและระบบในอาคารกรณีศึกษาทั้งหมด วัสดุทั้งหมดต้องแปลงค่าให้อยู่ในหน่วย ความจุพลังงาน(จุล) น้ำหนัก (กรัม) และมูลค่า (บาท) โดยการแยกส่วนประกอบเพื่อหาวัสดุตั้งต้นเพื่อใช้ในการคำนวณต่อไป

ขั้นตอนที่ 3 จัดทำเป็น ไดอะแกรมอย่างง่าย เพื่อแสดงการไหลของวัสดุและพลังงาน

จัดทำเป็น Diagram ของระบบที่วัสดุแต่ละชนิดผ่านกระบวนการเพื่อให้เกิดความเข้าใจ และเป็นตัวแทนของการไหลของพลังงานในทุกขั้นตอนของวงจรชีวิตของวัสดุ เพื่อช่วยในการมองภาพรวมของกระบวนการและช่วยในการเปรียบเทียบระหว่างวัสดุ

ขั้นตอนที่ 4 จัดทำตารางประเมิน Energy

สร้างตารางการประเมิน energy โดยรายการวัสดุที่ได้จากขั้นตอนจาก Diagram จะถูกนำมาประเมิน energy เรียงตามแถวในตารางโดยคำนวณค่าของ Transformities Energy และ emmoney ของแต่ละวัสดุและกระบวนการ

ขั้นตอนที่ 5 จัดทำไดอะแกรมสรุป (3-Arms Diagram)

นำข้อมูลจากตารางประเมินมาสรุปในรูปไดอะแกรมสรุป

ขั้นตอนที่ 6 ศึกษาหาความสัมพันธ์ของ ค่า Energy

การศึกษาแบ่งออกเป็น

- ค่า Energy ต่อตารางเมตร
- มูลค่า Embaht / ตารางเมตร
- โครงสร้างต่อตารางเมตร
- ระบบต่อตารางเมตร
- ตกแต่งต่อตารางเมตร
- แรงงานต่อตารางเมตร

ของอาคารกรณีศึกษาแต่ละประเภท

ขั้นตอนที่ 7 สรุปผลและจัดทำเป็นดัชนีเพื่อใช้วิเคราะห์ค่า Energy ของอาคารในอนาคต

การจัดทำ energy index และการคำนวณแสดงในรูปที่ 3.1 โดยแบ่งออกเป็น

1. Energy yield ratio (EYR) แสดงค่า Energy ของระบบ / Energy ที่ต้องการใช้ในระบบ ค่า EYR จะสูงเมื่อวัสดุประเภท renewable ที่ใช้มี

Energy มาก โดยจะส่งผลให้ทราบถึงความคุ้มค่าที่ได้รับจากการลงทุนใน
ทรัพยากร ยิ่งค่ามากแสดงถึงความคุ้มค่ามาก

สูตร Energy Yield Ratio: EYR = Y/F

2. Energy investment ratio (IR) เป็นค่า energy ของเศรษฐกิจ/ energy
ของ สภาพแวดล้อม ซึ่งจะเป็นตัวชี้วัดความชัดเจนของความสัมพันธ์ใน
กระบวนการต่อ competing process ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี แสดงถึงต้องมีการลง
ทุนในด้านทรัพยากรมาก

สูตร Energy Investment Ratio: EIR = $F/(N+R)$

3. Energy Sustainability Index (ESI) เป็นค่าดัชนี energy ของความสามารถ
ด้าน Sustainability ของระบบที่นำมาประเมิน ค่ายิ่งมากยิ่งดี

สูตร Energy Sustainability Index: ESI = $(Y/F) / [(N+F)/R]$

4. Environmental Loading (ELR) เป็นค่าดัชนี energy ของภาระของระบบ
นั้นต่อสภาพแวดล้อม คือสัดส่วนการใช้ Nonrenewable ต่อ Renewable
resource นั้นเอง โดย ค่ายิ่งน้อยยิ่งดี

สูตร Environmental Loading :ELR = $(N+F)/R$

5. Environmental Loading (ELR) เป็นค่าดัชนี energy ของความสามารถใน
การนำทรัพยากรที่ได้จากระบบนั้นกลับมาใช้ใหม่ โดย ค่ายิ่งมากยิ่งดี

สูตร Renewability R = $(RY) \times 100$

