บทที่ 5
สรุปผลวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ได้แยกการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นการวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานงานไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศในอาคารพาณิชย์ที่มีการติดตั้งหลังคาเขียวและไม่ได้มีการติดตั้งหลังคาเขียว และส่วนที่สองเป็นการศึกษาหาความคุ้มทุนสำหรับอาคารพาณิชย์ในการติดตั้งหลังคาเขียว ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์และประเมินค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานงานไฟฟ้าเพื่อการปรับอากาศในอาคารพาณิชย์ที่มีการติดตั้งหลังคาเขียวและไม่ได้มีการติดตั้งหลังคาเขียว

จากการเก็บข้อมูลยูนิตที่อยู่ตรงกลางของแบบจำลองอาคารอ้างอิง (กรณีด้านหน้าและด้านหลังมีลักษณะช่องเปิดเหมือนกัน,อัตราส่วนหน้าต่างต่อผนังทึบWWR 20-80) ในการหันทิศทางต่างๆ ได้ผล คือ ยูนิตตรงกลางอาคารทิศทางที่ได้รับผลกระทบมากที่สุด คือ ยูนิตที่มีการหันหน้าด้านทิศตะวันออกและตะวันตก จะมีภาระค่าใช้จ่ายในการปรับอากาศมากที่สุด แต่เมื่อมีการติดตั้งหลังคาเขียวเข้าไปจะสามารถช่วยลดค่าไฟฟ้าได้มากกว่าร้อยละ20 ต่อปีขึ้นไปที่ WWR80 และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เมื่อติดตั้งหลังคาเขียวเข้าไปในยูนิตที่มีค่า WWR ลดลง

จากการเก็บข้อมูลยูนิตที่อยู่ด้านริมของแบบจำลองอาคารอ้างอิง(กรณีด้านหน้า ด้านข้างและด้านหลังมีลักษณะช่องเปิดเหมือนกัน,อัตราส่วนหน้าต่างต่อผนังทึบWWR 20-80) ในการหันทิศทางต่างๆ ผลที่ได้ คือ ยูนิตที่อยู่ด้านริมอาคารทิศทางที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ ยูนิตที่มีการหันหน้าด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้และตะวันตกเฉียงเหนือ โดยด้านข้างของยูนิตจะเป็นส่วนที่หันไปทางด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้ จะมีภาระค่าใช้จ่ายในการปรับอากาศมากที่สุด แต่เมื่อมีการติดตั้งหลังคาเขียวเข้าไปจะสามารถช่วยลดค่าไฟฟ้าได้มากกว่าร้อยละ 10 ต่อปีขึ้นไปที่ WWR80 และจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆเมื่อติดตั้งหลังคาเขียวเข้าไปในยูนิตที่มีค่า WWR ลดลง

จากการวิเคราะห์และประเมินแบบจำลองอาคารกรณีศึกษาทางด้านการป้องกันความร้อนที่เข้าทางด้านหลังคาอาคาร จะทำให้พบว่ามีส่วนใดบ้างที่มีผลต่อการช่วยป้องกันความร้อนที่เข้าสู่อาคารและการใช้พลังงานภายในอาคาร นอกจากการหันทิศทางของอาคารแล้ว วัสดุที่ใช้ในแต่ละชั้นก็เป็นส่วนหนึ่งที่มีผลต่อการช่วยป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารแต่ทั้งนี้ทั้งนั้นการที่จะลงทุนกับ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

วัสดุที่ใช้ต้องคิดถึงเรื่องราคาต่อหน่วยที่จะต้องจ่ายต่อการคุ้มทุนทำให้จำเป็นต้องมีการศึกษาการประเมินการคุ้มทุนของการลงทุนโครงการ (Life Cycle Assessment)

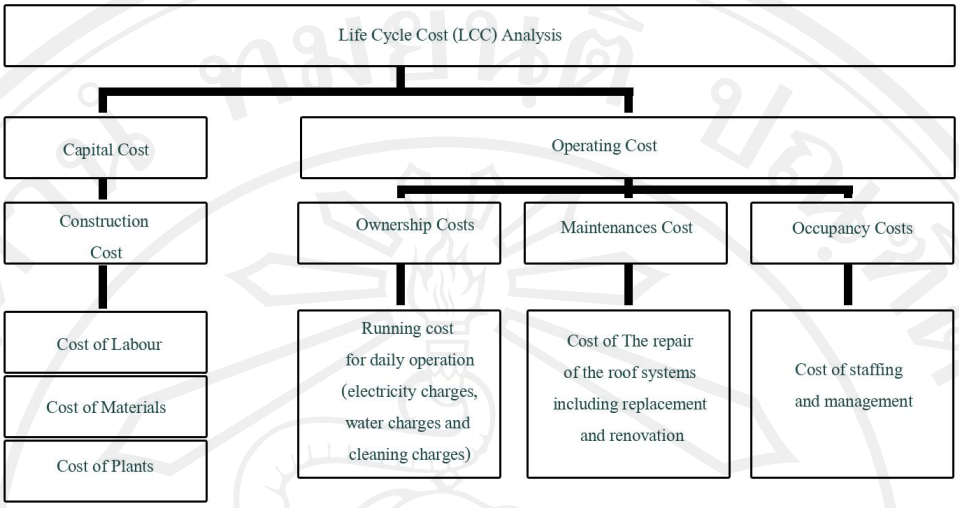
5.2 การประเมินความคุ้มทุนของการลงทุนโครงการ (Life Cycle Assessment)

การประเมินแบบ Life Cycle Cost นี้เป็นวิธีที่ใช้ในการประเมินความคุ้มทุนของการลงทุนของโครงการต่างๆ โดยการวิเคราะห์นี้จะเป็นการคิดการลงทุนของอุปกรณ์ชนิดหนึ่ง (ซึ่งในที่นี้คือหลังคาเขียว) ตลอดอายุการใช้งานของอุปกรณ์นั้นๆ (Life Cycle) เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบทางเลือกที่เหมาะสม ในการศึกษาเพื่อปรับปรุงหลังคาดาดฟ้าอาคารนั้นค่าใช้จ่ายของอาคารอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลัก คือ ค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน โดยค่าใช้จ่ายที่ไม่ใช่ค่าพลังงาน จะได้แก่ เงินลงทุนเบื้องต้นของอุปกรณ์ที่พิจารณา ค่าติดตั้ง และค่าเปลี่ยนอุปกรณ์ เป็นต้น และค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานจะเป็นค่าใช้จ่ายที่จะต้องจ่ายในแต่ละปีเพื่อซื้อพลังงานในรูปแบบต่างๆ นำมาใช้ในอาคาร เพื่อเดินเครื่องอุปกรณ์ต่างๆ ในอาคารนั้นๆ (ศุภกิจ วรศิลป์ชัย, 2549) โดยในการศึกษานี้จะเน้นไปที่การศึกษาการปรับปรุงหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์ด้วยวิธีการติดตั้งหลังคาเขียว (Green Roof) ต่อความคุ้มค่าทางด้านพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ดั้งนั้นการศึกษานี้จึงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนหลัก คือ

1.) **ส่วนเงินลงทุนเบื้องต้น (Capital Cost)** หมายถึงค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง ซึ่งคือ ค่าแรงในการติดตั้ง ค่าวัสดุ และราคาของพืชพรรณที่ใช้ในงานออกแบบ
2.) **ค่าใช้จ่ายส่วนอื่นๆ** ในที่นี้คือค่าใช้จ่ายในส่วนของ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำความเย็นในอาคาร ค่าใช้จ่ายในการรดน้ำ และค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา

ผลของการประเมินความคุ้มทุนของการลงทุนโครงการจะแสดงออกมาเป็นจำนวนปีที่คุ้มทุน (Payback period-years) สำหรับอาคารที่มีการติดตั้งหลังคาเขียวในลักษณะต่างๆ ณ WWR 20% - 80% เพื่อใช้ในเป็นข้อมูลในการประกอบการตัดสินใจของผู้ที่สนใจ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved



ภาพที่ 5.1 แสดงแผนผังการประเมินความคุ้มทุนของการลงทุนโครงการ (Life Cycle Assessment)

ที่มา : Lui Shiu Ting Elsa, 2008, Life Cycle Assessment of Green Roof Systems in Hong Kong P.94

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าใช้จ่ายของวัสดุ Roof Garden ที่นำมาประกอบเปลือกอาคาร

1.) ส่วนเงินลงทุนเบื้องต้น (Capital Cost)

Components of Extensive Green Roof	**Material**	**Construction Cost (Baht/Sqm.)**
Roof Barrier	PVC	210
Drainage Layer	Polystyrene	600
Geotextile	-	150
Growing Media	Mix Soils	20
Plant	Grass	50
	Total (Baht/Sqm.)	1030
	Total for 48 Sqm. (Baht/Sqm.)	49,440

*ค่าใช้จ่ายในการก่อสร้าง (Construction Cost) ซึ่งรวมถึง ค่าแรงในการติดตั้ง ค่าวัสดุ และราคาของพืชพรรณที่ใช้ในงานออกแบบ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

2.) ค่าใช้จ่ายส่วนอื่นๆ

2.1) ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการทำความเย็นในอาคาร

ตารางที่ 5.2 แสดงแบบจำลองอาคารอ้างอิงที่เก็บข้อมูลยูนิตที่อยู่ตรงกลาง (กรณีด้านหน้า และด้านหลังมีลักษณะช่องเปิดเหมือนกัน,อัตราส่วนหน้าต่างต่อผนังทึบ, WWR 20-80) ในการหันทิศทาง ตะวันออก (E)-ตะวันตก(W)

อัตราส่วนหน้าต่างต่อผนังทึบ (WWR) ยูนิตหันทิศทาง E-W	ค่าไฟดาดฟ้าธรรมดา (บาท/ปี)	ค่าไฟ Green Roof (บาท/ปี)	ส่วนต่างค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (ร้อยละ)
20	19,310.69	12,907.09	6403.59	33
30	21,028.05	14,624.46	6403.59	30.5
40	22,745.42	16,341.83	6403.59	28
50	24,462.79	18,059.20	6403.59	26
60	26,180.16	19,776.57	6403.59	24.5
70	27,897.53	21,493.94	6403.59	23
80	29,614.90	23,211.31	6403.59	21.5

ตารางที่ 5.3 แสดงแบบจำลองอาคารอ้างอิงที่เก็บข้อมูลยูนิตที่อยู่ด้านริม (กรณีด้านหน้า ด้านข้าง และด้านหลังมีลักษณะช่องเปิดเหมือนกัน, อัตราส่วนหน้าต่างต่อผนังทึบ, WWR 20-80)

อัตราส่วนหน้าต่างต่อผนังทึบ (WWR) ยูนิตหันทิศทาง SE-SW-NW	ค่าไฟดาดฟ้าธรรมดา (บาท/ปี)	ค่าไฟGreen Roof (บาท/ปี)	ส่วนต่างค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (ร้อยละ)
20	31,956.68	25,553.09	6403.59	20
30	37,148.23	30,744.64	6403.59	17.2
40	42,236.65	35,833.06	6403.59	15
50	47,376.63	40,973.04	6403.59	13.5
60	52,516.62	46,113.03	6403.59	12.2
70	57,656.60	51,253.01	6403.59	11.1
80	62,796.59	56,939.00	6403.59	10.2

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ในการหันทิศทาง ตะวันออกเฉียงใต้ (SE)-ตะวันตกเฉียงใต้ (SW)-ตะวันตกเฉียงเหนือ (NW)

2.2) ค่าใช้จ่ายในการรดน้ำ ปริมาณน้ำที่เหมาะสมในการรดน้ำสนามหญ้า 1 ตารางเมตรคือ 7.35 ลิตร และ ความถี่ในการรดน้ำคือ 1-2 ครั้งต่อวัน (ริเริ่ม, 2549) ดังนั้นจะสามารถคำนวณปริมาตรน้ำที่ต้องการต่อเดือนได้คือ 110.25 ลิตรต่อเดือน (0.11025 ลบ.ม. ต่อเดือน) คิดเป็นเงิน 117.70 บาท ต่อเดือน หรือ 1412.40 บาทต่อปี

2.3) ค่าใช้จ่ายในการดูแลรักษา เนื่องจากสวนหลังคาดาดฟ้าที่ทำการศึกษาเลือกใช้พรรณไม้คลุมดินที่มีการดูแลต่ำ เช่น หญ้าซึ่งต้องการการตัดตกแต่งไม่บ่อยครั้งนัก เจ้าของบ้านสามารถดูแลเองได้ทั้งยังสามารถเป็นกิจกรรมในครอบครัวในยามว่างทำให้ค่าใช้จ่ายในส่วนของการดูแลรักษาพืชพรรณที่ใช้ในงานวิจัยนี้ไม่ได้นำมาคิดรวมเข้าไปในค่าใช้จ่ายที่จะต้องเสียไปแต่หากผู้ที่สนใจอยากนำผลการทดลองไปใช้กับหลังคาเขียวที่มีพื้นที่มากและมีพืชพรรณที่มีความต้องการการดูแลสูงที่ต้องการผู้ที่มีความเชี่ยวชาญเข้ามาดูแลเป็นครั้งคราว ในส่วนของค่าใช้จ่ายในการดูแลนี้อาจเพิ่มขึ้นตามสมควร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

สรุประยะเวลาในการคืนทุนของการติดตั้งหลังคาเขียวให้กับอาคารพาณิชย์สำหรับยูนิตกลางและยูนิตด้านริม

ตารางที่ 5.4 แสดงระยะเวลาในการคืนทุนของหลังคาเขียวสำหรับยูนิตกลาง

อัตราส่วนหน้าต่างต่อผนังทึบ (WWR) ยูนิตทันทิศทาง E-W	เงินลงทุนติดตั้งหลังคาเขียวเบื้องต้น (48 ตรม.)	ค่าใช้จ่ายในการรดน้ำ (บาท/ปี)	ค่าไฟดาดฟ้าธรรมดา (บาท/ปี)	ค่าไฟ หลังคาเขียว (บาท/ปี)	ส่วนต่างค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (ร้อยละ)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)
20	49,440	1412.40	19,310.68	12,907.09	6403.59	33	9.9
30	49,440	1412.40	21,028.05	14,624.46	6403.59	30.5	9.9
40	49,440	1412.40	22,745.42	16,341.83	6403.59	28	9.9
50	49,440	1412.40	24,462.79	18,059.20	6403.59	26	9.9
60	49,440	1412.40	26,180.16	19,776.57	6403.59	24.5	9.9
70	49,440	1412.40	27,897.53	21,493.94	6403.59	23	9.9
80	49,440	1412.40	29,614.90	23,211.31	6403.59	21.5	9.9

ตารางที่ 5.5 แสดงระยะเวลาในการคืนทุนของสวนหลังค่าดาดฟ้าสำหรับยูนิตด้านริมจะคุ้มทุน

อัตราส่วนหน้าต่างต่อผนังทึบ (WWR) ยูนิตทันทิศทาง SE-SW-NW	เงินลงทุนติดตั้งหลังคาเขียวเบื้องต้น (48 ตรม.)	ค่าใช้จ่ายในการรดน้ำ (บาท/ปี)	ค่าไฟดาดฟ้าธรรมดา (บาท/ปี)	ค่าไฟ หลังคาเขียว (บาท/ปี)	ส่วนต่างค่าไฟฟ้า (บาท/ปี)	ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (ร้อยละ)	ระยะเวลาคุ้มทุน (ปี)
20	49,440	1412.40	31,956.68	25,553.09	6403.59	20	9.9
30	49,440	1412.40	37,148.23	30,744.64	6403.59	17.2	9.9
40	49,440	1412.40	42,236.65	35,833.06	6403.59	15	9.9
50	49,440	1412.40	47,376.63	40,973.04	6403.59	13.5	9.9
60	49,440	1412.40	52,516.62	46,113.03	6403.59	12.2	9.9
70	49,440	1412.40	57,656.60	51,253.01	6403.59	11.1	9.9
80	49,440	1412.40	62,796.59	56,939.00	6403.59	10.2	9.9

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

5.3 ทางเลือกของการใช้หลังคาเขียวบนหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์เพื่อการประหยัดพลังงานเพื่อความคุ้มทุนในระยะเวลา 5 ปี

ในการเสนอทางเลือกของการใช้หลังคาเขียวบนหลังคาดาดฟ้าอาคารพาณิชย์เพื่อการประหยัดพลังงานเพื่อความคุ้มทุนในระยะเวลาหนึ่งนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงนั้นคือ อายุของอาคาร อาคารหนึ่งๆ อาจมีอายุการใช้งานนานถึง 30-50 ปี และอาจอยู่ได้ถึง 100 ปี ถ้ามีการบำรุงรักษาดูแลที่ดีและสม่ำเสมอ แต่อย่างไรก็ตามอาคารที่มีอายุมากย่อมจะเสื่อมโทรมชำรุดเสียหาย เป็นธรรมดา อาคารใหม่ๆ ที่มีคุณภาพตามมาตรฐานที่ควรเป็นใน 5 ปี แรก มักไม่ใคร่มีความชำรุดเสื่อมโทรมมาก ยกเว้นแต่อาคารที่มีปัญหา ฐานรากไม่แข็งแรงจึงจะเกิดรอยร้าวอย่างมากในผนัง หรือเกิดการวิบัติพังทลายได้ในช่วงนี้ ในช่วงอายุ 5-10 ปี อาคารเริ่มจะมีความชำรุดจากอุปกรณ์ที่ใช้ประจำวัน อาทิเช่น หลอดไฟ ก๊อกน้ำ ลูกบิดประตู เป็นต้น ในช่วงอายุ 10-20 ปี ระบบประกอบของอาคารอาจเริ่มมีปัญหา อาทิเช่น หลังคาอาคารอาจมีน้ำรั่วซึม ท่อน้ำประปาอาจรั่ว ท่อระบายเริ่มอุดตัน ผนังอิฐก่อฉาบปูนอาจเริ่มมีรอยแตกร้าวเล็กๆ และผนังส่วนที่เปียกชื้นเป็นประจำเริ่มจะมีร่องรอยการก่อนที่ผิวได้ สำหรับอาคารที่มีอายุเกิน 20 ปี ความชำรุดเสื่อมโทรมเริ่มจะมีมากขึ้น แม้กระทั่งโครงสร้างของอาคารก็อาจเริ่มมีปัญหาได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับคุณภาพการก่อสร้างอาคารตั้งแต่เริ่มต้น

ผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดเกี่ยวกับการเสนอระยะเวลาคุ้มทุนของหลังคาเขียวอยู่ที่ 5 ปี ซึ่ง อาคารเริ่มจะมีความชำรุดจากอุปกรณ์ที่ใช้ประจำวันและเป็นระยะเวลาที่ไม่นานเกินไปนัก โดยหากต้องการสร้างหลังคาเขียวให้มีประสิทธิภาพในการช่วยลดค่าไฟฟ้าจนถึงจุดคุ้มทุนในระยะเวลา 5 ปีนั้น จะต้องสร้างหลังคาเขียวให้ช่วยลดค่าไฟฟ้าจากเดิมที่ 6403.59 บาทต่อปีหรือ 533.6325 บาทต่อเดือน เพิ่มเป็น 9888.00 บาทต่อปีหรือ 824.00 บาทต่อเดือน ซึ่งหากต้องการประสิทธิภาพที่ช่วยลดค่าไฟฟ้าที่เพิ่มมากขึ้น อาจจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงชั้นวัสดุของหลังคาเขียว อาจทั้งด้านความหนาของชั้นวัสดุปลูก, ชนิดของวัสดุในแต่ละชั้น แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ น้ำหนักทีอาจเพิ่มมากขึ้นซึ่งจะเป็นภาระแก่โครงสร้างอาคาร และค่าใช้จ่ายเมื่อเปลี่ยนแปลงความหนาของวัสดุปลูกหรือชนิดของวัสดุชั้นอื่นๆ ซึ่งอาจเป็นค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นตามมา

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับการศึกษาวิจัยต่อไป

อาคารกรณีศึกษาที่นำมาศึกษาครั้งนี้เป็นอาคารพาณิชย์ที่มีการก่อสร้างแล้วในจังหวัดเชียงใหม่เท่านั้นหากมีการศึกษาที่สามารถนำไปใช้กับอาคารพาณิชย์ในจังหวัดอื่นๆ หรืออาคารบ้านจัดสรรที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็วในประเทศไทยน่าจะมีประโยชน์ต่อการแพร่หลายเพิ่มมมากขึ้น และการศึกษาเกี่ยวกับปัจจัยอื่นที่น่าจะมีผลต่อการช่วยลดความร้อนภายในอาคาร อาทิเช่นลักษณะการใช้พลังงานของผู้ใช้อาคารก็น่าจะเป็นส่วนหนึ่งที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานภายในอาคารด้วย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved