รายงานการศึกษาส่วนบุคคล

(Individual Study)

โครงการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง
เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

จัดทำโดย นายคมสัน วิสาวะโท
ตำแหน่ง วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มงานออกแบบ
สำนักงานเลขานุการ สำนักวัฒนธรรม กีฬา และการท่องเที่ยว

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการฝึกอบรม
หลักสูตรนักบริหารมหานครระดับกลาง รุ่นที่ ๑๕
สถาบันพัฒนาข้าราชการกรุงเทพมหานคร
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๘

รายงานการศึกษาส่วนบุคคล
(Individual Study)

โครงการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง
เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า

จัดทำโดย นายคมสัน วิสาวะโท
ตำแหน่ง วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มงานออกแบบ
สำนักงานเลขานุการ สำนักวัฒนธรรม กีฬา และการท่องเที่ยว

หลักสูตรนักบริหารมหานครระดับกลาง รุ่นที่ ๑๕
สถาบันพัฒนาข้าราชการกรุงเทพมหานคร
ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๘

รายงานนี้เป็นความคิดเห็นเฉพาะบุคคลของผู้ศึกษา

สารบัญ

บทสรุปสำหรับผู้บริหาร
กิตติกรรมประกาศ

หลักการและเหตุผล	๑
วัตถุประสงค์	๘
เป้าหมาย	๘
ปัจจัยความสำเร็จ	๙
ขั้นตอนการปฏิบัติการและผู้รับผิดชอบ	๑๐
งบประมาณ และระยะเวลาในการดำเนินงาน	๑๒
แนวทางการบริหารความเสี่ยง	๑๓
การประเมินผล	๑๕
ข้อเสนอแนะ	๑๕
ภาคผนวก	๑๖
ประวัติผู้เขียนเอกสารรายงานการศึกษาส่วนบุคคล	๓๕

บทสรุปผู้บริหาร

ปัจจุบันเป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าปัญหาอุบัติภัยภิบัติทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นนั้นมีความถี่ของการเกิดสูงขึ้นและมีอัตราความรุนแรงเพื่อมากขึ้น ซึ่งหนึ่งในสาเหตุนั้นมีผลมาจากการเพิ่มขึ้นของปริมาณการใช้พลังงาน มีการใช้ทรัพยากรในการผลิต การปลดปล่อยความร้อน การปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกออกสู่สิ่งแวดล้อมเพิ่มขึ้น อีกทั้งราคาพลังงานก็มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง และส่งผลกระทบในหลายด้านทั้งต่อภาระค่าใช้จ่ายของผู้ใช้พลังงาน ต่อความสามารถในการแข่งขันใน เชิงเศรษฐกิจ และดุลการค้าระหว่างประเทศ ดังนั้นแนวทางการแก้ไขปัญหาจึงควรใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ คณะรัฐมนตรีในการประชุมเมื่อวันที่ ๒๐ มีนาคม ๒๕๕๕ จึงได้มีมติให้หน่วยงานราชการดำเนิน มาตรการลดใช้พลังงานลงให้ได้อย่างน้อย ๑๐% เพื่อเป็นตัวอย่างให้กับภาคเอกชน ภาคประชาชน ในการช่วยลดรายจ่ายของประเทศ โดยลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ

กรุงเทพมหานคร โดยสำนักวัฒนธรรม กีฬาและการท่องเที่ยว มีนโยบายสร้างห้องสมุดของกรุงเทพมหานครเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ให้แก่เยาวชนและประชาชนโดยทั่วไป หลายแหล่ง ซึ่งมีรูปแบบที่ดูทันสมัยน่าเข้ามาใช้บริการ เป็นอาคารสูง ๓ ชั้นขนาดอาคารกว้างประมาณ ๑๓ เมตร ยาวประมาณ ๒๓ เมตร ภายในประกอบด้วย พื้นที่สำหรับรับรอง พื้นที่อ่านหนังสือสำหรับเด็ก พื้นที่สำหรับหนังสือความรู้ พื้นที่ค้นหาความรู้ทางอินเตอร์เนท นอกจากนี้ยังมีพื้นที่สำหรับชมวีดีทัศน์ภาพยนต์ ซึ่งในแต่ละวันจะมีผู้มาใช้บริการเป็นจำนวนมาก เนื่องจากที่ตั้งส่วนใหญ่อยู่ใกล้แหล่งชุมชน สถานศึกษา ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูงถึง ๔-๕ หมื่นบาทต่อเดือน และหากรวมค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับห้องสมุดรูปแบบนี้จะมีค่าใช้จ่ายประมาณปีละ ๖-๗ ล้านบาท

เมื่อพิจารณาถึงแนวทางในการประหยัดการใช้พลังงานนั้นจะมีความหมาย ๒ นัย คือ (๑) การประหยัดหรือการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น และ (๒) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานซึ่งหมายถึงการทำงานที่ได้ ผลลัพธ์เท่าปกติแต่ใช้พลังงานน้อยกว่าปกติ สำหรับอาคารหนึ่งๆ ที่มีระบบปรับอากาศ สัดส่วนการใช้พลังงานของอาคาร ๖๐ % เป็นการใช้พลังงานในการปรับอากาศ โดยภาระการปรับอากาศเป็นผลจากปัจจัยภายนอก อันได้แก่ ความร้อนที่การถ่ายเทจากภายนอกอาคารเข้าสู่ตัวอาคาร และจากปัจจัยภายใน อันได้แก่ ความร้อนที่เกิดจากภายในตัวอาคารเอง โดยปกติแล้ว ความร้อนจากที่ถ่ายเทจากภายนอกจะมีสัดส่วนสูงกว่าความ ร้อนที่เกิดขึ้นจากภายใน คิดเป็น ๕๗% ของภาระการปรับอากาศ ดังนั้นการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารเพื่อป้องกันความร้อนเข้ามายังอาคารจึงป็นแนวทางในการประหยัดพลังงานที่ต้นเหตุ และมีประสิทธิภาพคุ้มค่าสูงสุด

ระบบกรอบอาคารโดยทั่วไปประกอบด้วยผนังและหลังคา เป็นเสมือนเกราะป้องกันความร้อนไม่ให้ถ่ายเทเข้ามาภายในอาคารได้ง่าย กรอบอาคารมีลักษณะที่หลากหลายขึ้นกับการออกแบบ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกรอบอาคารยังขึ้นกับปัจจัยอื่นอีกจำนวนมาก ปกติเราจะเลือกใช้วิธีการคำนวณเพื่อประเมินปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคารรวมถึงวิเคราะห์ สมรรถนะของกรอบอาคาร ซึ่งวิธีการหนึ่งที่ใช้กันมานานอย่างต่อเนื่องและเป็นที่รู้จักกันดี คือ การคำนวณค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร OTTV และ ค่าการถ่ายเทความร้อนของหลังคาอาคาร RTTV

จากการคำนวณค่า OTTV ของอาคารห้องสมุด เท่ากับ ๗๑.๒๘๐ W/m^2 และค่า RTTV เท่ากับ ๔๙.๖๑๐W/m^2 ซึ่งพบว่าเป็นค่าที่สูงมาก (จากประกาศกระทรวงพลังงาน เมื่อวันที่ ๑๔ กรกฎาคม พ.ศ. ๒๕๕๒กำหนดค่าOTTV ของอาคารไม่เกิน ๕๐ และค่า OTTV ของอาคารไม่เกิน ๑๕ สำหรับอาคารสำนักงานที่มีขนาดอยู่ภายใต้การควบคุม) สำหรับแนวทางการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวางนั้นจะดำเนินการในส่วนของติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา ๒ " ที่ฝ้า

เพดานใต้หลังคา การทาสีหลังคาให้มีสีอ่อน การติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่ผนังกระจก การติดตั้งอุปกรณ์ในการบังแดดภายนอกอาคาร และเมื่อคำนวณค่า OTTV ของอาคารห้องสมุดหลังการดำเนินการแล้ว พบว่ามีค่า OTTV เท่ากับ ๔๗.๒๕๑ W/$m^{๒}$ และค่า RTTV เท่ากับ ๑๐.๘๒๖ W/$m^{๒}$ และเมื่อคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลงเนื่องจากการปรับปรุงแล้วพบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้ปีละ ๓๓,๘๔๕.๕๘๖ kw. เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละปี หรือคิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลง (คิดยูนิตละ ๓ บาท) เป็นเงิน ๑๐๑,๕๓๖.๗๕ บาทต่อปี สำหรับค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการดำเนินการปรับปรุงประมาณการเบื้องต้นเป็นเงินจำนวน ๓๗๖,๖๐๐ บาท (สามแสนเจ็ดหมื่นหกพันหกร้อยบาทถ้วน) ซึ่งพบว่าการดำเนินการมีจุดคุ้มทุนที่ ๓ ปี ๘ เดือน

จะเห็นได้ว่าโครงการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง เพื่อลดการใช้พลังงาน เป็นโครงการที่มีความสนใจในการดำเนินการเพราะนอกจากจะได้อัตราผลตอบแทนสูงถึง ๒๖.๙๖% หรือมีจุดคุ้มทุนที่ ๓ ปี ๘ เดือน แล้ว ยังสามารถลดการใช้พลังงาน ซึ่งมีส่วนช่วยความมั่นคงด้านพลังงานของประเทศ ลดการปลดปล่อยก๊าซที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก และเป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อกรุงเทพมหานครให้เป็นหน่วยงานที่เป็นผู้นำด้านการลดการใช้พลังงานและรักษาสิ่งแวดล้อม ให้เป็นไปตามนโยบายของรัฐ และหากผู้บริหารของกรุงเทพมหานคร นำมาตรการการประหยัดพลังงานโดยการปรับปรุงสมรรถนะของกรอบอาคาร รวมกับมาตรการการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานของผู้ใช้อาคารเพื่อการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น อย่างจริงจังและต่อเนื่องแล้ว จึงน่าเชื่อได้ว่าจะสามารถลดการใช้พลังงานของอาคารห้องสมุดรูปแบบเดียวกันนี้ ได้เป็นจำนวนมาก

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการศึกษาส่วนบุคคล (Individual Study) เรื่องโครงการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง เพื่อลดการใช้พลังงานเป็นส่วนหนึ่งของการฝึกอบรม หลักสูตรนักบริหารมหานครระดับกลาง รุ่นที่ ๑๕ ของสถาบันพัฒนาข้าราชการกรุงเทพมหานคร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.๒๕๕๘ ซึ่งข้าพเจ้ามีความประทับใจในหลักสูตรการอบรมนี้เป็นอย่างยิ่ง ข้าพเจ้าต้องขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ วิทยากรที่บรรยายในวิชาต่างๆ และสถาบันพัฒนาข้าราชการกรุงเทพมหานครที่ประศาสตร์ความรู้ด้านต่างๆ ให้ข้าพเจ้าเป็นอย่างมาก และผู้บริหารของสำนักวัฒนธรรม กีฬา และการท่องเที่ยว ที่ให้โอกาสและฝึกทักษะในการปฏิบัติงานเพื่อเป็นนักบริหารที่ดี และขอขอบคุณผู้เข้าอบรมทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือซึ่งกันและกัน มีสามัคคีในการดำเนินกิจกรรมด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสำนักงานวิศวกรรมจราจร สำนักการจราจรและขนส่ง นายสุธน อาณากุล ที่ได้ให้หลักคิด และสอนแนวทางในด้านวิชาการของการดำเนินรายงานการศึกษาส่วนบุคคล (Individual Study) พร้อมทั้งชี้แนะในการดำเนินโครงการจนสำเร็จด้วยดี

ท้ายที่สุดขอกราบขอบพระคุณท่านปลัดกรุงเทพมหานคร นายสัญญา ชีนิมิตร ที่เปิดโอกาสให้ข้าพเจ้าได้รับการอบรม และเป็นแบบอย่างในการปฏิบัติหน้าที่ข้าราชการของกรุงเทพมหานคร

นายคมสัน วิสาวะโท

โครงการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง เพื่อลดการใช้พลังงาน

<u>หลักการและเหตุผล</u>

ประเทศไทยซึ่งเป็นประเทศกำลังพัฒนา มีความต้องการ พลังงานเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองความต้องการของประชาชน ทั้งภาคธุรกิจและภาคอุตสาหกรรม แต่เนื่องจากทรัพยากรพลังงานภายในประเทศมีค่อนข้างจำกัด และมิได้มีแหล่งพลังงานเชิงพาณิชย์ภายในประเทศที่มากพอกับความต้องการ ทำให้ต้องพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ มีนำเข้าพลังงานจากต่างประเทศกว่าครึ่งหนึ่งของความต้องการปัจจุบันมีมูลค่ากว่า ๕ แสนล้านบาท และสัดส่วนการพึ่งพาพลังงานจากต่างประเทศมีแนวโน้ม สูงขึ้นเป็นลำดับ ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อความมั่นคงในการจัดหาพลังงานในอนาคต นอกจากนี้ราคาพลังงานก็มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้เป็นภาระต่อผู้ใช้พลังงาน ต่อความสามารถในการแข่งขันใน เชิงเศรษฐกิจ และดุลการค้าระหว่างประเทศ นอกจากปัญหาด้านพลังงานแล้ว ประเทศไทยยังต้องเผชิญกับ ความท้าทายด้านผลกระทบสิ่งแวดล้อม ที่เป็นผลมาจากการใช้พลังงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศอันเนื่องมาจากสภาวะโลกร้อน ซึ่งมีข้อตกลงระหว่างนานาประเทศที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งแรงกดดันจากประเทศคู่ค้าที่มีนโยบายลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่เข้มข้น ซึ่งเป็นปัจจัยส่วนสำคัญที่ทำให้ระบบพลังงานของประเทศต้องเปลี่ยนผ่านไปสู่ระบบลดคาร์บอน (Low-carbon energy system)

ปัจจุบันเป็นที่ยอมรับในทางสากลว่าการอนุรักษ์และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานเป็นมาตรการ ที่สำคัญที่จะเผชิญกับประเด็นความท้าทาย โดยรัฐบาลไทยได้มีมาตรการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานมาตั้งแต่เริ่มมีพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. ๒๕๓๕ โดยเฉพาะอย่างยิ่งได้มีการใช้กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานสนับสนุนการดำเนินมาตรการต่างๆ ภายใต้แผนส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานที่ใช้มาแล้ว ๓ ระยะๆ ละ ๕ ปี ตัวอย่างมาตรการที่ได้ดำเนินการแล้ว ได้แก่ การบังคับใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานเพื่อส่งเสริมการจัดการพลังงานในโรงงาน และอาคารควบคุม การส่งเสริมให้ติดฉลากแสดงประสิทธิภาพพลังงานของอุปกรณ์/เครื่องใช้ไฟฟ้า การจูงใจด้วยมาตรการทางภาษีและเงินกู้ดอกเบี้ยต่ำ การพัฒนาธุรกิจจัดการพลังงาน (ESCO) และการรณรงค์ สร้างจิตสำนึกการใช้พลังงานอย่างประหยัด เป็นต้น การทบทวนผลการดำเนินมาตรการต่างๆพบว่า บางมาตรการมีผลการประหยัดพลังงานที่น่าพอใจ ขณะที่บางมาตรการยังมีอุปสรรคในการดำเนินการ โดยเฉพาะการดำเนินงานข้ามหน่วยงาน ความต่อเนื่องของนโยบายและการจัดสรรงบประมาณ ดังนั้นแนวทางสำคัญที่จะช่วยลดอัตราการเพิ่มความต้องการใช้พลังงานของประเทศคือการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดในทุกภาคส่วน คณะรัฐมนตรีในการประชุมเมื่อวันที่ ๒๐ มีนาคม ๒๕๕๕ จึงได้มีมติให้หน่วยงานราชการดำเนิน มาตรการลดใช้พลังงานลงให้ได้อย่างน้อย ๑๐% เพื่อเป็นตัวอย่างให้กับภาคเอกชน ภาคประชาชน ในการช่วยลดรายจ่ายของประเทศโดยลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ

นอกจากนี้รัฐบาลยังเล็งเห็นว่าในอนาคต ปัญหาเรื่องราคาพลังงาน การแย่งชิงทรัพยากรพลังงานระหว่างประเทศ ปัญหาสิ่งแวดล้อม และการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศซึ่งเป็นผลพวงของการผลิตและใช้พลังงาน จะเป็นปัญหาที่จะมีความรุนแรง ยิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อสวัสดิภาพของประชาชน และความสามารถในการแข่งขันเชิงเศรษฐกิจอย่างหลีกเลี่ยงมิได้ กอปรกับผู้นำ

รัฐบาลได้ให้สัตยาบันต่อผู้นำกลุ่มประเทศความร่วมมือทางเศรษฐกิจภาคพื้นเอเชียแปซิฟิก (เอเปค) เมื่อปี ๒๕๕๐ ว่าจะร่วมกันส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ดังนั้นการอนุรักษ์พลังงานจึงเป็นนโยบายที่สำคัญของรัฐบาล

การอนุรักษ์พลังงานในแผนงานนั้นมีความหมาย ๒ นัย คือ (๑) การประหยัดหรือการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น และ (๒) การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานซึ่งหมายถึงการทำงานที่ได้ผลลัพธ์เท่าปกติแต่ใช้พลังงานน้อยกว่าปกติ ไม่ว่าจะเป็นการส่องสว่าง การทำน้ำร้อน การทำความเย็น การขนส่ง หรือ การขับเคลื่อนเครื่องจักรกลในกระบวนการผลิต การอนุรักษ์พลังงานมีส่วนสำคัญในการเสริมสร้างความมั่นคงพลังงาน การลดค่าใช้จ่ายครัวเรือน การลดต้นทุนการผลิตและบริการ การลดการเสียดุลการค้าและการเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน ตลอดจนการลดการปล่อยมลพิษและก๊าซเรือนกระจกซึ่งเป็นต้นเหตุ ของการเกิดภาวะโลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ

นอกจากนี้ประเทศไทยยังได้มีการดำเนินงานในระดับเมืองด้วย เนื่องจากเมืองหลวงทั่วโลกมีการใช้พลังงานมากถึง ๓ ใน ๔ ส่วนของพลังงานที่ใช้ทั้งหมดของโลก ในส่วนของกรุงเทพมหาครซึ่งเป็นเมืองใหญ่เมืองหนึ่งของโลกได้เข้าร่วมประชุมสุดยอดของเมืองใหญ่ด้านสภาพภูมิอากาศ ครั้งที่ ๒ ณ กรุงนิวยอร์ก ประเทศสหรัฐอเมริกา จากการประชุมดังกล่าวกรุงเทพมหานครได้ทำแผนปฏิบัติงานเพื่อแก้ไขปัญหาโดยตั้งเป้าหมายในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกให้ได้ ๑๕ % ซึ่งประกอบด้วยยุทธศาสตร์ในการดำเนินการ ๕ ด้าน คือการพัฒนาระบบขนส่งมวลชน การส่งเสริมการใช้พลังงานทางเลือก การปรับปรุงอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า การจัดการขยะและน้ำเสีย และการเพิ่มพื้นที่สีเขียว อีกทั้งสังคมไทยให้ความสำคัญกับภาวะโลกร้อนมากยิ่งขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และมลพิษที่เพิ่มขึ้น กิจกรรมการดำเนินชีวิตของมนุษย์มีการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงานมากเกินความจำเป็น ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการแพร่กระจายก๊าซเรือนกระจกออกสู่บรรยากาศ กรุงเทพมหานครเป็นองค์กรที่มีส่วนช่วยผลักดันให้เกิดการแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยการส่งเสริมให้มีการลดการใช้ทรัพยากรธรรมชาติและพลังงาน เพื่อลดการแพร่กระจายคาร์บอน (Carbon Emission) ออกสู่บรรยากาศ ดังนั้นเพื่อให้การดำเนินการอนุรักษ์รักษาสิ่งแวดล้อมของกรุงเทพมหานครเป็นไปอย่างต่อเนื่อง และขยายผลการดำเนินการในวงกว้างโดยมุ่งเน้นผลสัมฤทธิ์อย่างยั่งยืนการเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานในสำนักงานเพื่อลดการใช้พลังงานจะเป็นวิธีการที่ไม่มีค่าใช้จ่าย หรือเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดแต่ให้ผลลัพธ์รวดเร็วและคุ้มค่า นอกจากนี้ยังจัดกิจกรรมที่เกี่ยวข้องเพื่อรักษาสิ่งแวดล้อม เช่น การลดปริมาณขยะโดยการลดการใช้ การนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ การรองน้ำฝนเพื่อนำมาใช้ การลดและเลิกการใช้สเปรย์ หรือสารเคมีที่เป็นอันตราย การเลือกซื้ออุปกรณ์สำนักงานที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม การลดปริมาณการใช้วัสดุและอุปกรณ์ในสำนักงาน โดยอาจใช้การสื่อสารประชาสัมพันธ์ผ่านทางแอปพริเคชั่น QR Code ซึ่งการเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานของประชาชนเป็นมาตรการประหยัดพลังงานที่ปลายเหตุ

สำหรับในส่วนของอาคารนั้น ระบบการปรับอากาศในอาคารในภูมิประเทศร้อนชื้นเช่นในประเทศไทย เพื่อให้เกิดความสะดวกสบายเชิงอุณหภาพแก่ผู้ใช้อาคาร ให้ผู้ใช้อาคารประกอบกิจกรรมได้อย่างมีสมาธิและมีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง แต่กลไกการปรับอากาศประกอบด้วยการลดอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ และอากาศที่จ่ายเข้าบริเวณปรับอากาศต้องรับภาระความร้อนและความชื้นจากอุปกรณ์และสิ่งแวดล้อมอื่นๆ ในบริเวณปรับอากาศ การปรับอากาศจึงต้องใช้พลังงานสูง ดังนั้นการกำหนดภาวะที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความสบายเชิงอุณหภาพจึงไม่ก่อให้เกิดการใช้พลังงานมากเกินความจำเป็นในการปรับอากาศซึ่งเป็นมาตรการประหยัดพลังงานที่ต้นเหตุ

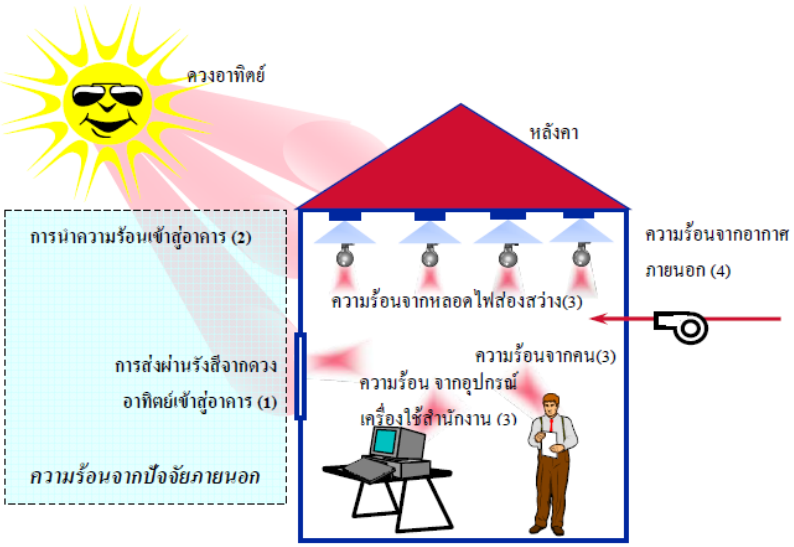
สำหรับอาคารหนึ่งๆ ที่มีระบบปรับอากาศ สัดส่วนการใช้พลังงานของอาคาร ๖๐ % เป็นการใช้พลังงานในการปรับอากาศ โดยภาระการปรับอากาศเป็นผลจากปัจจัยภายนอก อันได้แก่ ความร้อนที่การถ่ายเทจากภายนอกอาคารเข้าสู่ตัวอาคาร และจากปัจจัยภายใน อันได้แก่ ความร้อนที่เกิดจากภายในตัวอาคารเอง โดยปกติแล้ว ความร้อนจากที่ถ่ายเทจากภายนอกจะมีสัดส่วนสูงกว่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากภายใน คิดเป็น ๕๗% ของภาระการปรับอากาศ ตามรูปที่ ๑ แสดงแหล่งความร้อนต่างๆ ของภาระการปรับอากาศ ซึ่ง ประกอบด้วย

๑. การส่งผ่านรังสีจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคารโดยตรงผ่านพื้นผิวที่โปร่งแสง เช่น หน้าต่าง , หลังคาโปร่งแสง (Skylight)

๒. การนำความร้อนเข้าสู่อาคารโดยผ่านทางผนังภายนอก (ผนังทึบและผนังกระจก) พื้น และหลังคา

๓. ความร้อนที่เกิดขึ้นจากตัวคน , หลอดไฟส่องสว่างและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ที่อยู่ภายในอาคาร

๔. ความร้อนที่เกิดจากอากาศภายนอกที่นำเข้ามาเพื่อการระบายอากาศภายในหรือที่แทรกซึมเข้าสู่ อาคาร (เช่น อากาศที่ผ่านเข้าทางประตูหรือหน้าต่างในส่วนที่เปิดไว้)



รูปที่ ๑ แหล่งความร้อนต่างๆ ของภาระการปรับอากาศ

ในอาคารที่มีระบบปรับอากาศ กรอบอาคารซึ่งประกอบด้วยผนังและหลังคาเป็นเสมือนเกาะกำบังไม่ให้ความร้อนถ่ายเทเข้าอาคาร ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังและหลังคาเป็นดัชนีบ่งชี้ว่าอาคารหลังหนึ่งๆ มีประสิทธิภาพในการต้านทานการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อาคารซึ่งจะเป็นภาระแก่ระบบปรับอากาศต่อไป จากที่กล่าวข้างต้น ระบบปรับอากาศใช้พลังงานประมาณ ๖๐% ของการใช้พลังงานในอาคาร และภาระการปรับอากาศ ๕๗% เป็นความร้อนจากที่ถ่ายเทจากภายนอก ดังนั้นหากจะดำเนินการลดการใช้พลังงานให้ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพจึงควรปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคาร ซึ่งระบบกรอบอาคารจะประกอบด้วยผนังและหลังคา

ผนังอาคารสามารถแบ่งได้เป็น ๒ ลักษณะใหญ่ๆ คือ ผนังทึบและผนังกระจก ผนังทั้งสองนี้มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนทั้งในด้านกายภาพและกระบวนการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้น เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปวัสดุเปลือกอาคารที่ใช้นิยมกัน ได้แก่ ผนังก่ออิฐฉาบปูน แม้ว่าวัสดุที่ใช้ประกอบเป็น

ผนังทึบจะมีความหลากหลาย แต่หากพิจารณาโดยอาศัยเกณฑ์ในด้านการถ่ายเทความร้อนแล้ว วัสดุก่อสร้างในส่วนของผนังทึบอาจแบ่งได้เป็น ๒ กลุ่ม คือ

- วัสดุที่ไม่มีความเป็นฉนวนและ
- วัสดุที่มีความเป็นฉนวน

กระจกเป็นวัสดุกรอบอาคารที่ปัจจุบันได้รับความนิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย กระจกมีด้วยกันหลายประเภท นอกจากนี้ในแต่ละประเภทยังมีความหนาและค่าสมบัติทางความร้อนที่แตกต่างกัน กระจกที่ใช้ประกอบอาคารโดยทั่วไป ได้แก่ กระจกชั้นเดียวที่มีความหนาระหว่าง ๓-๖ มิลลิเมตร กระจกมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งต่อภาระความร้อนของอาคาร ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านผนังกระจก อาจมีค่าสูง ๕-๑๐ เท่า เมื่อเทียบกับผนังทึบ การเลือกใช้กระจกที่มีความสามารถในการป้องกันความร้อนจะสามารถลดภาระความร้อนของอาคารลงได้อย่างมาก สำหรับผนังกระจกยังต้องพิจารณาถึงการใช้ประโยชน์ จากแสงธรรมชาติของแสงแดด ด้วยเทคโนโลยีในปัจจุบัน เราสามารถผลิตกระจกที่มีความเหมาะสมมากขึ้น กล่าวคือ มีความสามารถในการป้องกันความร้อนได้ดี และในขณะเดียวกันก็สามารถนำเอาแสงธรรมชาติเข้า มาใช้งานภายในอาคารได้อย่างเหมาะสมด้วย

การถ่ายเทความร้อนผ่านกรอบอาคารเกิดขึ้นได้ ๓ ลักษณะ คือ การนำความร้อน (Conduction) การพา ความร้อน (Convection) และการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) โดยอาจเกิดจากวิธีใดวิธีหนึ่ง หรือหลายๆ วิธี พร้อมๆ กัน อย่างไรก็ตามกระบวนการถ่ายเทความร้อนจะดำเนินไปจนกระทั่งเข้าสู่สมดุลทางความร้อน

การนำความร้อน คือ ปรากฏการณ์ที่พลังงานความร้อนถ่ายเทภายในวัตถุหนึ่งๆ หรือระหว่างวัตถุสอง ชิ้นที่สัมผัสกันโดยที่ทิศทางของการเคลื่อนที่ของพลังงานความร้อนจากบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงไปยังบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า

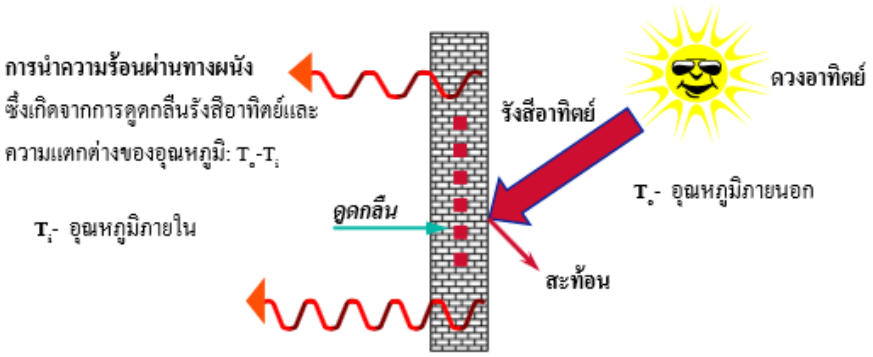
การพาความร้อนเป็นกระบวนการถ่ายเทพลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของมวลของของไหล เช่น อากาศ เมื่อของไหลสัมผัสกับพื้นผิวของวัตถุใดๆ ที่มีอุณหภูมิแตกต่างกันจะเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนขึ้น ในสภาพธรรมชาติเมื่อของไหลถูกทำให้ร้อนจะสามารถเคลื่อนที่จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ทำให้เกิดการไหลเวียนพาความร้อน โมเลกุลที่เย็นกว่าและหนักจะตกลงข้างล่าง ส่วนที่ร้อนกว่าจะเบาและลอยขึ้นด้านบน การพาความร้อนเกิดได้ ๒ ลักษณะ คือ การพาความร้อนโดยธรรมชาติ และการพาความร้อนโดยการบังคับ

การแผ่รังสีความร้อนเป็นการถ่ายเทความร้อนผ่านช่องว่างใดๆ ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากพื้นผิวที่มีอุณหภูมิสูงไปยังพื้นผิวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าในทุกทิศทุกทาง

รูปที่ ๒ แสดงภาพการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ จากรูปรังสีอาทิตย์ที่ตกกระทบบนผนังทึบ ส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนออกไป อีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนและสะสมไว้ และทำให้ผิวผนังด้านนอกมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในกรณีของผนังก่ออิฐฉาบปูน อุณหภูมิที่ผิวด้านนอกอาจสูงได้ถึง ๔๕°C ในวันที่แดดจัดและอุณหภูมิอากาศ แวดล้อมอยู่ในช่วง ๓๘-๔๐°C ในกรณีของหลังคากระเบื้องอุณหภูมิผิวสามารถสูงได้ถึง ๖๐°C การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อนของผนังเป็นผลจากทั้ง

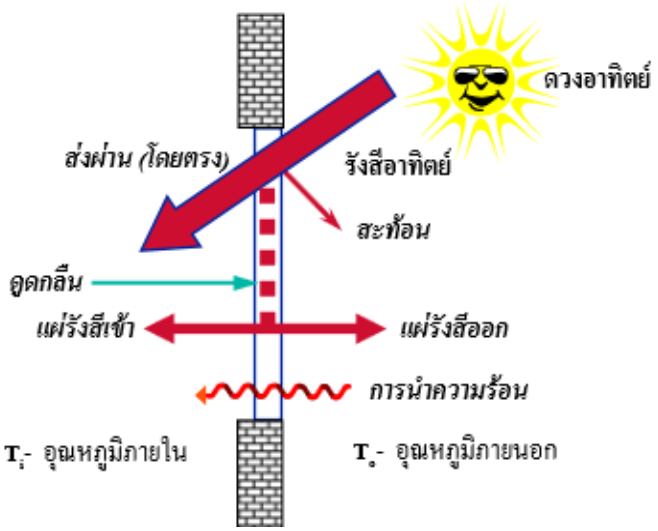
- พลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ผนังดูดกลืนไว้ และ
- ผลต่างระหว่างอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร

ในช่วงเวลากลางคืน เมื่ออุณหภูมิภายนอกลดต่ำลงผนังทึบจะมีการถ่ายเทความร้อนจากตัวผนังสู่สิ่งแวดล้อม การถ่ายเทความร้อนเหล่านี้ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ เช่น อุณหภูมิผนัง อุณหภูมิอากาศภายนอก ค่าสมบัติสภาพนำความร้อน (Conductivity) สภาพการแผ่รังสี (Emissivity) ฯลฯ



รูปที่ ๒ การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทึบ

รูปที่ ๓ แสดงการถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นกับกระจก เมื่อรังสีอาทิตย์จากดวงอาทิตย์ตกกระทบบนผิวกระจก รังสีอาทิตย์ส่วนหนึ่งจะสามารถส่งผ่านชั้นกระจกไปได้โดยตรง โดยส่วนหนึ่งจะถูกสะท้อนออกไป และ อีกส่วนหนึ่งจะถูกดูดกลืนไว



รูปที่ ๓ การถ่ายเทความร้อนผ่านผนังกระจก

รังสีอาทิตย์ที่ถูกดูดกลืนไว้จะทำให้อุณหภูมิของกระจกสูงขึ้นและเกิดการถ่ายเทความร้อนโดยส่วนหนึ่งเข้าสู่อาคารและส่วนที่เหลือสู่สิ่งแวดล้อมภายนอก นอกจากพลังงานความร้อนที่เกิดจากการส่งผ่านรังสีอาทิตย์โดยตรงผ่านกระจก และความร้อนที่ถูกดูดกลืนไว้และถ่ายเทเข้าสู่อาคาร ยังมีความร้อนอีกส่วนหนึ่งถ่ายเทผ่านกระจก ซึ่งเป็นการถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน อันเนื่องมาจากความแตกต่างของอุณหภูมิภายนอกและภายในอาคาร ในช่วงเวลากลางคืนความร้อนสามารถถ่ายเทผ่านกระจกไปยังสิ่งแวดล้อมได้เช่นเดียวกับกรณีของผนังทึบ

กรอบอาคารมีลักษณะที่หลากหลายขึ้นกับการออกแบบ ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทผ่านกรอบอาคารยังขึ้นกับปัจจัยอื่นอีกจำนวนมาก ปกติเราจะเลือกใช้วิธีการคำนวณเพื่อประเมินปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคารรวมถึงวิเคราะห์ สมรรถนะของกรอบอาคาร ซึ่งวิธีการหนึ่งที่ใช้กันมานานอย่างต่อเนื่องและเป็นที่รู้จักกันดี คือ การ คำนวณค่า OTTV และ RTTV ของกรอบอาคาร

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคารแต่ละด้าน (OTTVi)

$$OTTVi = (Uw)(1-WWR)(TDeq) + (Uf)(WWR)(\Delta T) + (WWR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

เมื่อ OTTVi คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านที่พิจารณา, W/m^2

Uw คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความรอ้นรวมของผนังทึบ, $W/m^2.°C$

WWR คือ อัตราส่วนพื้นทขี่องหน้าต่างโปร่งแสง และหรือของผนังโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของ ผนังด้านที่พิจารณา

TDeq คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า (temperature different equivalent) ระหว่างภายนอก และภายในอาคารซึ่งรวมถึงผลการดูดกลืนรังสีอาทิตย์ของผนังทึบ, °C

Uf คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความรอ้นรวมของผนังโปร่งแสง หรอืกระจก, $W/m^2.°C$

ΔT คือ ค่าความแตกต่างอุณหภูมริะหว่างภายในและภายนอกอาคาร

SHGC คือ ค่าสัมประสิทธิ์ ความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่ส่งผ่าน ผนังโปรง่แสงหรือกระจก

SC คือ สัมประสิทธิ์การบังแดดของอปุกรณ์บังแดด

ESR คือ ปริมาณรังสีอาทิตย์ตกกระทบที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังโปร่งแสง และ/ หรือ ผนังทึบแสง, W/m^2

ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคารแต่ละส่วน (RTTVni) ให้คำนวณจากสมการดังต่อไปนี้

$$RTTVni = (Ur)(1-SRR)(TDeq) + (Us)(SRR)(\Delta T) + (SRR)(SHGC)(SC)(ESR)$$

เมื่อ RTTVi คือ ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาส่วนที่พิจารณา W/m^2

Ur คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบแสง $W/(m^2.°C)$

SRR คือ อัตราส่วนพื้นที่ของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาส่วนที่พิจารณา

Us คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาโปร่งแสง $W/(m^2.°C$ ส่วนค่า TDeq ΔT SHGC SC และ ESR เป็นค่าที่นิยามเช่นเดียวกับในส่วนของ OTTV

ในการคำนวณหาค่า OTTV และค่า RTTV นั้นมีขั้นตอนค่อนข้างยุ่งยากซับซ้อนจึงขอให้เป็นหน้าที่ของวิศวกรและสถาปนิกผู้ออกแบบ

สำหรับกรุงเทพมหานคร โดยสำนักวัฒนธรรม กีฬาและการท่องเที่ยว มีนโยบายสร้างห้องสมุดของกรุงเทพมหานครเพื่อเป็นแหล่งเรียนรู้ให้แก่เยาวชนและประชาชนโดยทั่วไป หลายแหล่ง ซึ่งมีรูปแบบที่ดูทันสมัยน่าเข้ามาใช้บริการ เป็นอาคารสูง ๓ ชั้นขนาดอาคารกว้างประมาณ ๑๓ เมตร ยาวประมาณ ๒๓ เมตร ภายในประกอบด้วย พื้นที่สำหรับรับรอง พื้นที่อ่านหนังสือสำหรับเด็ก พื้นที่สำหรับหนังสือความรู้ พื้นที่ค้นหาความรู้ทางอินเตอร์เนท นอกจากนี้ยังมีพื้นที่สำหรับชมวีดีทัศน์ภาพยนต์ ซึ่งในแต่ละวันจะมีผู้มาใช้บริการเป็นจำนวนมาก เนื่องจากที่ตั้งส่วนใหญ่อยู่ใกล้แหล่งชุมชน สถานศึกษา ส่งผลให้มีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสูงถึง ๔-๕ หมื่นบาทต่อเดือน และหากรวมค่าใช้จ่ายด้านพลังงานสำหรับห้องสมุดรูปแบบนี้จะมีค่าใช้จ่ายประมาณปีละ ๖-๗ ล้านบาท

ดังนั้นหากสามารถเพิ่มสมรรถนะในการป้องกันความร้อนของกรอบอาคารในห้องสมุดรูปแบบดังกล่าวได้ จะช่วยลดภาระการปรับอากาศลงและกรุงเทพมหานครสามารถประหยัดพลังงานได้มากในแต่ละปี ซึ่งมีวิธีการทางเทคนิค ดังต่อไปนี้ สามารถนำไปใช้ เพื่อที่จะลดการใช้พลังงานและเพิ่มความสบายในการใช้อาคารได้ดังนี้

- ติดตั้งฉนวนที่หลังคา หรือบริเวณช่องว่างเหนือฝ้าเพดาน
- ติดตั้งอุปกรณ์ในการบังแดดภายนอกอาคาร ที่หน้าต่างที่แดดสามารถส่องได้
- ติดตั้งอุปกรณ์ในการบังแดดภายใน เช่น ม่านหรือมู่ลี่ที่หน้าต่างที่มีแดดส่องถึง
- ติดตั้งฟอล์ยสะท้อนแสงบริเวณหน้าต่างที่แดดส่องถึง
- เคลือบผิวของหลังคาให้มีการสะท้อนความร้อนได้
- ลดการแทรกซึมของอากาศจากภายนอกโดยการปิดอุดช่องว่างที่ประตู และหน้าต่างทั้งหมดและ เพิ่มระบบป้องกันอากาศไหลเข้า-ออก (Air Lock)ที่ประตูทางเข้า
- ทาสีตัวอาคารใหม่โดยให้เป็นสีอ่อน
- ปลูกต้นไม้เพื่อให้ร่มเงาแก่ผนัง (และหลังคาในกรณีของอาคารที่ไม่สูง)

จากการพิจารณารูปแบบอาคารพบว่าสามารถดำเนินการปรับปรุงสมรรถนะของกรอบอาคารได้ดังนี้

๑. ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา ๒ "
๒. ทาสีหลังคาให้มีสีอ่อน
๓. ติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่ผนังกระจก
๔. ติดตั้งอุปกรณ์ในการบังแดดภายนอกอาคาร

และเมื่อคำนวณประมาณค่าต่างๆ ของอาคารหลังการปรับปรุงแล้วได้ค่าดังนี้

ค่าOTTV ของอาคารก่อนปรับปรุง	๗๑.๒๘๐	W/m^2
ค่าOTTV ของอาคารหลังปรับปรุง	๔๗.๒๕๑	W/m^2
ผลต่างค่าOTTV	๒๔.๐๒๙	W/m^2
RTTV ของหลังคาคอนกรีตก่อนปรับปรุง	๔๙.๖๑๐	W/m^2
RTTV ของหลังคาคอนกรีตหลังปรับปรุง	๑๐.๘๒๖	W/m^2
ผลต่างค่าRTTV	๓๘.๗๘๔	W/m^2
พื้นที่ผนังที่นำความร้อนจากภายนอก	๗๕๔.๘๐๐	m^2
พื้นที่หลังคาที่นำความร้อนจากภายนอก	๒๙๙.๐๐๐	m^2
สัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำของเครื่องปรับอากาศ	๒.๘๒๐	
จำนวนชั่วโมงที่เปิดบริการ	๓,๒๑๐.๐๐๐	Hr/Year

ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงต่อปีจากการลดค่า OTTV	๒๐,๖๔๕.๔๑๐	KW
ปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลงต่อปีจากการลดค่า RTTV	๑๓,๒๐๐.๑๗๖	KW
รวมปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่ลดลง	๓๓,๘๔๕.๕๘๖	KW
ค่าไฟฟ้าที่ลดลง (คิดยูนิตละ ๓ บาท)	๑๐๑,๕๓๖.๗๕	บาท/ปี

ซึ่งพบว่าการดำเนินการมีจุดคุ้มทุนที่ ๓ ปี ๘ เดือนหรือมีอัตราผลตอบแทน ๒๖.๙๖%

<u>วัตถุประสงค์</u>

การปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง เพื่อลดการใช้พลังงาน โดยกรอบอาคารที่ดีควรสามารถป้องกันไม่ให้ความร้อนเข้ามาภายในตัวอาคารมากจนเกินไป เพื่อลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ และนำไปสู่การลดการใช้และค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน โดยปกติ ภาระการปรับอากาศที่เกิดจากความร้อนถ่ายเทจากภายนอกอาคารเข้าสู่ตัวอาคาร จะมีสัดส่วนสูงกว่าความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารเอง ดังนั้นโครงการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง เพื่อลดการใช้พลังงาน จะช่วยให้สามารถป้องกันความร้อนเหล่านั้นไม่ให้เข้ามาภายในอาคาร จึงมีวัตถุประสงค์ในการดำเนินดังนี้

๑. เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารห้องสมุดห้วยขวาง ซึ่งเป็นการลดภาระทางการคลังของกรุงเทพมหานคร
๒. เพื่อสนับสนุนนโยบายด้านการประหยัดพลังงานของประเทศ โดยเป็นมาตรการป้องกันที่ต้นเหตุแทนมาตรการแก้ไขที่ปลายเหตุ
๓. เพื่อเสริมสร้างเจตคติต่อการใช้พลังงานของบุคลากรในองค์กร สมาชิกและผู้รับบริการ และเสริมสร้างนิสัยในการใช้พลังงานและการใช้ทรัพยากรให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด
๔. เพื่อสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อกรุงเทพมหานครและเป็นส่วนหนึ่งของการร่วมรักษาสิ่งแวดล้อม ในการลดการใช้พลังงาน ลดการปลดปล่อยก๊าซที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก ลดภาวะโลกร้อน

<u>เป้าหมาย</u>

การเสริมสมรรถนะกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวางให้มีสมรรถนะสูงขึ้น ภายในกำหนดสามารถป้องกันความร้อนให้เข้ามาภายในตัวอาคารได้ยากขึ้น เป็นการลดภาระการทำความเย็นของระบบปรับอากาศ อีกทั้งใช้เป็นโครงการต้นแบบในการประหยัดพลังงานที่ใช้มาตรการป้องกันที่ต้นเหตุแทนมาตรการแก้ไขที่ปลายเหตุ เพื่อนำไปสู่การลดการใช้และค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน เป็นการสร้างภาพลักษณ์ที่ดีต่อกรุงเทพมหานครให้เป็นหน่วยงานที่เป็นผู้นำด้านการรักษาสิ่งแวดล้อม โดยการลดการใช้พลังงาน ลดการปลดปล่อยก๊าซที่เป็นสาเหตุของปรากฏการณ์เรือนกระจก ให้เป็นไปตามนโยบายของรัฐบาล

<u>ปัจจัยแห่งความสำเร็จ</u>

แนวทางการดำเนินโครงการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง เพื่อลดการใช้พลังงาน หากจะให้ประสบความสำเร็จต้องใช้ทฤษฎีการบริหารจัดการเข้ามาช่วยในการดำเนินโครงการให้เป็นรูปธรรมตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยการใช้หลักการบริหาร ๔ Ms เข้ามาจัดการโครงการดังนี้

๑. <u>เงินหรืองบประมาณ (Money)</u> ใช้งบประมาณในการดำเนินโครงการจำนวน ๓๗๖,๖๐๐ บาท (สามแสนเจ็ดหมื่นหกพันหกร้อยบาทถ้วน) ซึ่งต้องได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหารของกรุงเทพมหานคร เพื่อใช้ในการดำเนินการปรับปรุงกรอบอาคารในส่วนของผนังอาคารเพื่อให้ค่า OTTV ลดลง และปรับปรุงกรอบอาคารในส่วนของหลังคาเพื่อให้ค่า RTTV ลดลง ซึ่งหน่วยงานต้องนำเสนอถึงปัญหา อุปสรรคที่เกิดขึ้น ความจำเป็น และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เพื่อให้ผู้บริหารเห็นความสำคัญของการดำเนินโครงการ ประโยชน์และจุดคุ้มทุนของการดำเนินการ

๒. <u>บุคคลากร หรือคน (Man)</u> ซึ่งเป็นผู้ที่รับผิดชอบในภารกิจและการดำเนินโครงการฯ ซึ่งมี ๒ ส่วน คือ

๒.๑ ส่วนของเจ้าหน้าที่ของหน่วยงาน ต้องใช้เจ้าหน้าที่ที่มีความรู้ความสามารถของหน่วยงานในการดำเนินโครงการ ในทุกขั้นตอนตั้งแต่การออกแบบโดยสถาปนิกและวิศวกรผู้ออกแบบของหน่วยงาน ซึ่งต้องมีความรู้ความเข้าใจในการออกแบบเพื่อลดค่า OTTV และค่า RTTV ของอาคารที่จะดำเนินการ คณะผู้ควบคุมงานต้องมีทักษะในการประสานงานและควบคุมกำกับการดำเนินการโครงการให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

๒.๒ ส่วนของเจ้าหน้าที่ของผู้รับจ้าง ซึ่งต้องมีความเชี่ยวชาญชำนาญโดยเฉพาะ ในการดำเนิน การติดตั้งตามกรรมวิธีที่ผู้ผลิตกำหนดและตามรูปแบบรายการกำหนด เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในขณะดำเนินการทั้งต่อเจ้าหน้าที่และผู้ใช้บริการ และเพื่อให้อุปกรณ์ที่ติดตั้งสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพลดค่า OTTV และค่า RTTV ของอาคารตามที่คำนวณออกแบบไว้

๓. <u>วัสดุ อุปกรณ์ (Material)</u> หมายถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งตามรูปแบบรายการกำหนด โดยต้องเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ ที่มีคุณภาพ ได้มาตรฐานเพื่อจะได้ลดค่า OTTV และค่า RTTV ของอาคารตามที่คำนวณออกแบบไว้

๔. <u>การจัดการ (Management)</u> เป็นส่วนของการจัดการและควบคุมโครงการให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยนำ PDCA Cycle มาใช้ในกระบวนการปฏิบัติงาน เพื่อให้ได้ผลและมีประสิทธิภาพ มุ่งผลสัมฤทธิ์ของโครงการ ดังนี้

๔.๑ P (Plan) (Priority & Purpose & Plan) เป็นการวางแผนการทำงานซึ่งต้องรู้ว่าเราจะให้ใครมีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินงาน ทำอะไรบ้าง ทำที่ไหน ทำเมื่อไหร่ ทำอย่างไร งบประมาณเท่าไหร่ โดยมีการจัดลำดับความสำคัญของการดำเนินการ

และให้ได้ตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ โดยเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการเตรียมการ คำนวณ ออกแบบ จัดทำรูปแบบรายการ ขั้นตอนการวางแผนการดำเนินโครงการทุกขั้นตอนตลอดจนแผนการใช้จ่ายเงิน การดำเนินการขอจัดสรรงบประมาณ ขั้นตอนการจัดหาผู้รับจ้าง ขั้นตอนการจัดทำสัญญา การควบคุมงานก่อสร้างปรับปรุงต้องเป็นไปตามแผนงานเพื่อให้การทำงานแล้วเสร็จภายในเวลาที่กำหนด

๔.๒ D (Do) (Directing & Organizing) คือการลงมือทำการดำเนินการ ซึ่งเมื่อดำเนินงานตามแผนงานที่วางไว้ ตามความรับผิดชอบแต่ละส่วน พร้อมทั้งมีการจัดทีมงานที่รองรับการดำเนินโครงการ เช่น คณะผู้ออกแบบ คณะกรรมการจัดหาผู้รับจ้าง คณะผู้ควบคุมงาน และเจ้าหน้าที่ผู้ปฏิบัติงาน รวมถึงวิธีการดำเนินการต้องดำเนินการตามขั้นตอนที่กำหนดให้อยู่ในแผนงานที่วางไว้เพื่อมุ่งสู่เป้าหมายความสำเร็จของงาน

๔.๓ C (Check) (Check & Control & Continue)

หมายถึงการประเมินแผน ประเมินผล การดำเนินโครงการ ประเมินขั้นตอนตรวจสอบการดำเนินงานทุกๆ ขั้นตอนตามแผนที่ตั้งไว้ ซึ่งเป็นลักษณะการประเมินตนเองทั้งการดำเนินการจ้าง การดำเนินการติดตั้ง ให้ได้ตามแผน และตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ รวมถึงผลของการดำเนินการที่มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงาน

๔.๔ A (Act) (Adjust plan & Action to improvement)

การนำผลการประเมินมาพัฒนา ปรับปรุงแก้ไข ปรับแต่งเร่งรัดในส่วนที่ล่าช้า หรือยังไม่มีประสิทธิผล โดยนำผลการประเมินมาวิเคราะห์ว่ามีขั้นตอนใดที่ควรปรับปรุงหรือพัฒนาสิ่งที่ดีอยู่แล้วให้ดียิ่งขึ้นไป และสังเคราะห์รูปแบบการดำเนินการใหม่อย่างเหมาะสม เพื่อให้หน่วยงานและบุคลากรมีการพัฒนายิ่งๆ ขึ้นรวมถึงการพัฒนาความรู้ เทคนิคการการออกแบบและการดำเนินการ

<u>ขั้นตอนการปฏิบัติงาน และผู้รับผิดชอบ</u>

โครงการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง เพื่อลดการใช้พลังงาน ดำเนินการโดยสำนักวัฒนธรรม กีฬา และการท่องเที่ยว มีรายละเอียดของกระบวนการปฏิบัติงาน ดังนี้

<u>ขั้นตอนการเตรียมการ</u>

การดำเนินการโครงการสิ่งที่สำคัญ คือการวางแผนโครงการ ซึ่งต้องดำเนินการวางแผนการปฏิบัติในทุกขั้นตอนตั้งแต่ในช่วงเริ่มต้นโครงการ เช่น การดำเนินการขออนุมัติโครงการ ซึ่งหน่วยงานสำนักวัฒนธรรม กีฬาและก่อนท่องเที่ยว ต้องนำเสนอถึงหลักการและเหตุผล ของความจำเป็นและความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เพื่อให้ผู้บริหารเห็นถึงความสำคัญของการดำเนินโครงการ ประโยชน์ และจุดคุ้มทุน

การจัดทำแผนในขั้นตอนการดำเนินโครงการ ซึ่งประกอบด้วยการทำแผนในขั้นตอนการจัดหาผู้รับจ้าง และขั้นตอนในการดำเนินการตามสัญญา โดยมีรายละเอียด ดังนี้ ในขั้นตอนการจัดหาผู้รับจ้างต้องประกอบด้วยการการออกแบบจัดทำรูปแบบเพื่อให้ได้ค่าตามที่กำหนดไว้ การจัดทำ TOR ขั้นตอนการลงประกาศทางเวบไซด์ และอนุมัติ TOR ขั้นตอนการแต่งตั้งกรรมการพิจารณาผล การประกาศประกวดราคา การเสนอราคา และการขออนุมัติจ้าง เตรียมเอกสาร และ ตรวจร่างสัญญา และลงนามสัญญา ซึ่งต้องเกี่ยวเนื่องในหลายขบวนการภายในของหน่วยงานต้องกำกับดูแล ให้เป็นไปตามแผนงานและช่วงกำหนดเวลาที่ตั้งเป้าหมายไว้ โดยการจัดทำแผนทุกขั้นตอนเป็น BAR CHART ใช้กำกับดูแลควบคุมเวลาให้เป็นไปตามแผนงานที่กำหนด และจัดทำแผนขั้นตอนในการดำเนินการตามสัญญาซึ่งมีกำหนดเวลา ๑๒๐ วัน ต้องควบคุมผู้รับจ้างให้ดำเนินการติดตั้งเพื่อปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวางให้แล้วเสร็จภายในกำหนด ซึ่งต้องวางแผนร่วมกับผู้รับจ้าง โดยมีกระบวนการดำเนินงาน การจัดเตรียมอุปกรณ์ สำรวจพื้นที่ติดตั้ง ขั้นตอนเตรียมการติดตั้ง การติดตั้งและการปรับแก้

<u>ขั้นตอนในการดำเนินโครงการ</u>

การดำเนินการประกอบด้วยกระบวนการในการจัดหาผู้รับจ้าง และกระบวนการดำเนินการตามสัญญา ซึ่งต้องดำเนินการในแนวทางที่โปร่งใสตรวจสอบได้ โดยยึดระเบียบพัสดุเป็นหลักในการดำเนินการ ดังนี้

ในขั้นตอนการจัดหาตัวผู้รับจ้าง คณะกรรมการ TOR จะต้องดำเนินการตามระเบียบพัสดุของกรุงเทพมหานคร ในกระบวนการคณะกรรมการพิจารณาผล คณะกรรมการต้องระมัดระวังใช้ความรอบคอบในการตรวจทานเอกสาร ของผู้จะเสนอราคาแต่ละรายให้มีความถูกต้อง และเป็นไปตาม TOR ที่กำหนด เพื่อความยุติธรรมในการเสนอราคา หากเอกสารของผู้เสนอราคารายใดไม่ถูกต้อง จะไม่ผ่านการเสนอราคา ซึ่งเป็นการคัดกรอง ผู้ที่จะรับจ้างให้กรุงเทพมหานครได้บริษัทที่มีประสิทธิภาพ มีความสามารถที่จะดำเนินโครงการให้สำเร็จไปได้ด้วยดี กระบวนการจัดทำสัญญาจะเป็นกระบวนการการดำเนินงานของฝ่ายบริหารงานทั่วไป กองนันทนาการ ซึ่งเมื่อได้ผู้ชนะในการประกวดราคาแล้ว คณะกรรมการพิจารณาจะทำรายงานเสนอผู้สั่งจ้างเพื่อรายงานผลการประกวดราคา และฝ่ายบริหารงานทั่วไป กองนันทนาการสามารถทำงานคู่ขนานไปกับขั้นตอนการตรวจร่างสัญญา และการขออนุมัติจ้าง เพื่อเป็นการลดเวลาในกระบวนการทำงานและให้ผู้รับจ้างจัดเตรียมเอกสารเพื่อประกอบการลงนามสัญญา

กระบวนการในการดำเนินตามสัญญา หลังจากที่ผู้ชนะการประกวดราคาได้ลงนามในสัญญาเป็นผู้รับจ้างของกรุงเทพมหานครแล้ว ผู้รับจ้างต้องกำหนดแผนการติดตั้งร่วมกับผู้ควบคุมงานโดยให้ดำเนินการแล้วเสร็จภายใน ๑๒๐ วัน ซึ่งผู้ควบคุมงานและผู้รับจ้างร่วมกันสำรวจอาคาร ประเมินปัญหา อุปสรรค เพื่อเตรียมอุปกรณ์การติดตั้ง ทั้งนี้การดำเนินการต้องยึดสัญญาและระเบียบการพัสดุของกรุงเทพมานครเป็นหลัก ผู้ควบคุมงานและผู้รับจ้างต้องร่วมกันตรวสอบแผนการทำงานเพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้ตามแผนงาน ในขั้นตอนการทดสอบวัสดุอุปกรณ์ ผู้ควบคุมงานต้องทดสอบวัสดุอุปกรณ์ทุกชนิดตามที่กำหนด ตามรายการข้อกำหนดคุณสมบัติเฉพาะ ก่อนที่จะนำไปติดตั้งจริงที่จุดติดตั้ง ในขั้นตอนการติดตั้งผู้ควบคุมงานต้องกำกับผู้รับจ้างในการทำงานให้มีความปลอดภัย เนื่องจากต้องดำเนินการในบริเวณที่สูง ต้องระมัดระวังในด้านความปลอดภัย และผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นผู้ที่ใช้อาคารห้องสมุดที่ดำเนินการ

ขั้นตอนตรวจรับงาน

กรรมการตรวจการจ้างต้องดำเนินการตรวจสอบความถูกต้องความเรียบร้อยของงานให้เป็นไปตามรูปแบบรายการ สัญญา กำหนด เพื่อเป็นระบบการตรวจทานครั้งสุดท้ายจากการดำเนินการก่อสร้าง

งบประมาณ และระยะเวลาในการดำเนินงาน

โครงการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง เพื่อลดการใช้พลังงาน ใช้งบประมาณในการดำเนินการ จำนวน ๓๗๖,๖๐๐ บาท (สามแสนเจ็ดหมื่นหกพันหกร้อยบาทถ้วน)

	รายการ	ปริมาณ	หน่วย	ราคาต่อหน่วย	รวมเป็นเงิน
๑	ติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา ๒ "	๓๐๐	m^2	๒๕๐.๐๐	๗๕,๐๐๐.๐๐
๒	ทาสีหลังคา	๓๐๐	m^2	๑๐๐.๐๐	๓๐,๐๐๐.๐๐
๓	ติดตั้งฟิล์มกันความร้อน	๒๐๖	m^2	๑,๑๐๐.๐๐	๒๒๖,๖๐๐.๐๐
๔	ติดตั้งอุปกรณ์ในการบังแดดภายนอกอาคาร	๙๐	m^2	๕๐๐.๐๐	๔๕,๐๐๐.๐๐
	ประมาณการค่าใช้จ่ายการปรับปรุงสมรรถนะกรอบอาคาร			รวมเป็นเงิน	๓๗๖,๖๐๐.๐๐

โดยมีระยะเวลาในการดำเนินงานในการดำเนินโครงการ ๓๐๐ วัน แบ่งเป็นช่วงขั้นตอนในการเตรียมการ ประมาณ ๑๘๐ วัน และขั้นตอนในการติดตั้ง ประมาณ ๑๒๐ วัน

<u>แนวทางการบริหารความเสี่ยง</u>

ในการดำเนินงานโครงการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง เพื่อลดการใช้พลังงาน อาจมีปัญหาอุปสรรค หรือความเสี่ยงในด้านที่อาจจะทำให้โครงการไม่ประสบผลสำเร็จได้ ดังนี้

หัวข้อ	ความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น	แนวทางการบริหารความเสี่ยง
ปัจจัยภายใน	๑. ผู้บริหาร ขาดความเข้าใจ และมองไม่เห็นความสำคัญของโครงการ อาจไม่ได้รับการสนับสนุนงบประมาณในการดำเนินโครงการ	การดำเนินการขออนุมัติโครงการ ซึ่งสำนักวัฒนธรรม กีฬาและก่อนท่องเที่ยว ต้องนำเสนอถึงหลักการและเหตุผล ของความจำเป็น และความคุ้มค่าทางเศรษฐกิจ เพื่อให้ผู้บริหารเห็นถึงความสำคัญของการดำเนินโครงการ ประโยชน์ที่กรุงเทพมหานครจะได้รับ
	๒. ขั้นตอนการคำนวณออกแบบ การเลือกใช้วัสดุ การจัดทำรูปแบบรายละเอียด เพื่อให้ได้ผลตามที่ประมาณการ	ต้องให้ผู้ออกแบบเข้าใจถึงปัญหา ความจำเป็นของโครงการและต้องให้ความรู้ในการหาค่า OTTV และ RTTV รวมถึงเทคนิคการออกแบบ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการออกแบบเพื่อลดค่าดังกล่าว
	๓. ขั้นตอนการหาตัวผู้รับจ้าง	ส่วนราชการ ต้องดำเนินการขั้นตอนการหาตัวผู้รับจ้างตามกฎ ระเบียบ หนังสือสั่งการ ที่เกี่ยวข้องภายในกำหนด
	๔. ขั้นตอนการควบคุมงาน การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ การติดตั้งให้ตรงตามรูปแบบ	ผู้ควบคุมงานต้องเข้าใจถึงคุณสมบัติของวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่จะนำมาใช้ในโครงการ เพื่อให้สามารถเลือกใช้และติดตั้งได้ตรงตามที่กำหนด เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากนี้ยังต้องควบคุม กำกับดูแลการก่อสร้างของผู้รับจ้างให้เป็นไปตามแผนงานที่กำหนด

หัวข้อ	ความเสี่ยงที่จะเกิดขึ้น	แนวทางการบริหารความเสี่ยง
ปัจจัยภายนอก	1. การดำเนินงานของผู้รับจ้างไม่เป็นไปตามความคาดหมาย 1.1 ผู้รับจ้างทำงานล่าช้า	- หน่วยงานผู้รับผิดชอบโครงการฯจะต้องบริหารสัญญาจ้างและควบคุมงานจ้างเหมาฯให้เป็นไปตามระเบียบกรุงเทพมหานคร โดยมีการควบคุมงานติดตามตรวจสอบความก้าวหน้า รายงานสถานภาพของแผนงานโครงการฯ ให้เป็นข้อมูลปัจจุบันทุกวันและจัดทำบันทึกเอกสาร รายงานประจำสัปดาห์ รายงานประจำเดือน หากพบว่างานล่าช้ากว่าแผนงานให้แจ้งผู้รับจ้างให้เร่งรัดงานทันทีและติดตามผลและกรณีพบว่าโครงการฯเกิดมีปัญหางานล่าช้ามาก และอาจทำให้การบริหารการใช้งบประมาณต้องล่าช้า เกิดผลกระทบต่อแผนงานบริหารราชการ และนโยบายของกรุงเทพมหานครให้หน่วยงานมีการจัดทำรายงานและเสนอแผนมาตรการรองรับต่อผู้บริหารตามสายงานบังคับบัญชาโดยด่วน
	1.2 ผู้รับจ้างทิ้งงาน	-กรณีตรวจสอบและพิจารณาแล้วมีข้อเท็จจริงปรากฏชัดเจนเป็นที่เชื่อได้ว่าผู้รับจ้างไม่สามารถดำเนินงานโครงการฯให้แล้วเสร็จตามสัญญาได้ หน่วยงานผู้รับผิดชอบจะต้องดำเนินการดังนี้ 1)ดำเนินการในขั้นตอนบอกเลิกสัญญา และขั้นตอนประกาศให้ผู้รับจ้างเป็นผู้ทิ้งงานของราชการ ตามระเบียบกรุงเทพมหานคร และระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรี 2)ดำเนินการจัดหาผู้รับจ้างรายใหม่มาดำเนินงานต่อให้โครงการฯ แล้วเสร็จและแจ้งให้ผู้ทิ้งงานและผู้ค้ำประกัน ชำระความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องจากผิดสัญญาจ้างกับกรุงเทพมหานคร และหากผู้ทิ้งงาน/และหรือผู้ค้ำประกัน เพิกเฉยไม่ชำระค่าความเสียหาย ให้ดำเนินการทางกฎหมายโดยฟ้องร้องต่อศาลปกครองให้ผู้รับจ้างและผู้ค้ำประกัน ชดใช้ความเสียหายทั้งหมดต่อกรุงเทพมหานครตามกรณี

<u>การประเมินผล</u>

โครงการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง เพื่อลดการใช้พลังงาน มีตัวชี้วัดด้วยผลของการผลของการดำเนินงาน ให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลา ๓๐๐ วัน และสามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลงได้ปีละไม่น้อยกว่า ๓๓,๘๔๕.๕๘๖ kw.ปี เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละปีก่อนดำเนินการ หรือเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงไม่น้อยกว่า (คิดยูนิตละ ๓ บาท) ๑๐๑,๕๓๖.๗๕ บาทต่อ โดยมีเป้าหมายในการดำเนินการด้วยวิธีในการวัดผล ดังนี้

การวัดผลผลิต (OUT PUT) ด้วยการดำเนินการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง จะดำเนินการในส่วนของติดตั้งฉนวนใยแก้ว หนา ๒ " ที่ฝ้าเพดานใต้หลังคา การทาสีหลังคาให้มีสีอ่อน การติดตั้งฟิล์มกันความร้อนที่ผนังกระจก การติดตั้งอุปกรณ์ในการบังแดดภายนอกอาคาร ให้แล้วเสร็จภายในระยะเวลา ๓๐๐ วัน มีค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการดำเนินการปรับปรุงไม่เกิน ๓๗๖,๖๐๐ บาท

การวัดผลลัพธ์ (OUT COME) เมื่อดำเนินการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวางแล้วเสร็จ สามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลงได้ปีละ ๓๓,๘๔๕.๕๘๖ kw. เมื่อเทียบกับพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยในแต่ละปีก่อนดำเนินการ หรือเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลง (คิดยูนิตละ ๓ บาท)เป็นเงิน ๑๐๑,๕๓๖.๗๕ บาทต่อปี เพื่อให้มีจุดคุ้มทุนไม่เกิน ๓ ปี ๘ เดือน หรือมีอัตราผลตอบแทนไม่ต่ำกว่า ๒๖.๙๖% ตามที่ได้ประมาณการไว้

<u>ข้อเสนอแนะ</u>

เมื่อการปรับปรุงสมรรถนะของระบบกรอบอาคารห้องสมุดห้วยขวาง เพื่อลดการใช้พลังงานบรรลุตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่วางไว้แล้ว จึงควรจะนำเอามาตรการดังกล่าวไปปรับใช้กับห้องสมุดอื่นของกรุงเทพมหานครที่มีรูปแบบลักษณะเดียวกัน และนำเอาหลักการนี้ไปใช้กับอาคารอื่นๆ ของกรุงเทพมหานคร นอกจากมาตรการการประหยัดพลังงานโดยการปรับปรุงสมรรถนะของกรอบอาคาร แล้วยังควรใช้รวมกับมาตรการการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานของผู้ใช้อาคารเพื่อการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น อย่างจริงจังและต่อเนื่อง เพื่อให้สามารถลดการใช้ปริมาณพลังงานของอาคารของกรุงเทพมหานครให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด

ภาคผนวก

การหาค่า OTTV ก่อนปรับปรุง

รูปแบบผนัง		ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก
1	ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต		99.9		77.7
2	ผนังก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น ฉาบเรียบ ทาสี			99.9	
3	ผนังกระจก W1				118.4
4	ผนังกระจก W2		103.6		
5	ผนังกระจก W3				59.2
6	ผนังกระจก W4		51.8		
7	ผนังกระจก W5 ก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต	99.9			
8	ผนัง GLASSBLOCK	44.4			

ค่าสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุ

วัสดุ		ค่านำความร้อน	ความหนาแน่น	ความจุความร้อนจำเพาะ
1	คอนกรีต	1.442	2400	0.92
2	อิฐมวลเบา	0.476	1280	0.84
3	ปูนฉาบ	0.553	1568	0.84
4	กระจกเขียว	1.053	2512	0.88
5	GLASSBLOCK	0.2	600	0.84
6	อลูมิเนียมคอมโพสิต	0.06	1500	0.902

หาค่า U และ DSH ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต

โครงสร้าง	X/k	ความต้านทาน			
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044			
อลูมิเนียมคอมโพสิต	0.003/0.06	0.05	DSH	0.003*1500*0.902	4.059
ปูนฉาบ	0.01/0.533	0.019	DSH	0.01*1568*0.84	13.171
อิฐมวลเบา	0.12/0.476	0.252	DSH	0.12*1280*0.84	129.024
ปูนฉาบ	0.01/0.533	0.019	DSH	0.01*1568*0.84	13.171
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.12			
Rt		0.504		SUM DSH	159.425
Ut = 1 / Rt		1.986			

หาค่า U และ DSH ผนังก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น ฉาบเรียบ ทาสี

โครงสร้าง	X/k	ความต้านทาน			
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044			
ปูนฉาบ	0.01/0.533	0.019	DSH	0.01*1568*0.84	13.171
อิฐมวลเบา	0.06/0.476	0.126	DSH	0.06*1280*0.84	64.512
ปูนฉาบ	0.01/0.533	0.019	DSH	0.01*1568*0.84	13.171
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.12			
Rt		0.328		SUM DSH	90.854
Ut = 1 / Rt		3.053			

หาค่า U และ DSH ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น

โครงสร้าง	X/k	ความต้านทาน			
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044			
ปูนฉาบ	0.01/0.533	0.019	DSH	0.01*1568*0.84	13.171
อิฐมวลเบา	0.12/0.476	0.252	DSH	0.12*1280*0.84	129.024
ปูนฉาบ	0.01/0.533	0.019	DSH	0.01*1568*0.84	13.171
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.12			
Rt		0.454		SUM DSH	155.366

Ut = 1 / Rt 2.204

หาค่า U ของกระจกเขียว 6 มม.

โครงสร้าง	X/k	ความต้านทาน	ความต่างของอุณหภูมิ
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044	= 5 องศาเซลเซียส
กระจกเขียว 6 มม.	0.006/1.053	0.006	
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.12	
Rt		0.170	
Ut = 1 / Rt		5.893	

หาค่า U ของGLASSBLOCK

โครงสร้าง	X/k	ความต้านทาน			
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044			
GLASSBLOCK	0.1/0.2	0.500	DSH	0.1*1500*0.902	135.300
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.12			
Rt		0.664		SUM DSH	135.300
Ut = 1 / Rt		1.506			

ใช้ ส.ป.ส. 0.5

	TDeq	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก
1	ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต	12.31	14.55	14.47	12.81
2	ผนังก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น ฉาบเรียบ ทาสี	12.32	15.7	15.86	14.3
3	GLASSBLOCK	11.57	14.93	14.93	13.33

	ESR	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก
	ของกระจกเขียว 6 มม.	185.06	244.53	267.41	234.58

หาค่า OTTV ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต

พื้นที่กระจก	0	ตร.ม.	
พื้นที่ผนัง			
ทึบ	14.8	ตร.ม.	
WWR	0		
เหนือ	=		1.986 x 1 x 12.31
	=		24.443
ทิศ			
ตะวันออก	=		1.986 x 1 x 14.55
	=		28.891
ทิศใต้	=		1.986 x 1 x 14.47
	=		28.732
ทิศตะวันตก	=		1.986 x 1 x 12.87
	=		25.436

หาค่า OTTV ผนังก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น ฉาบเรียบ ทาสี

พื้นที่กระจก	0	ตร.ม.	
พื้นที่ผนัง			
ทึบ	14.8	ตร.ม.	
WWR	0		
เหนือ	=		3.053 x 1 x 12.32
	=		37.610
ทิศ			
ตะวันออก	=		3.053 x 1 x 15.70
	=		47.928
ทิศใต้	=		3.053 x 1 x 15.86
	=		48.417
ทิศตะวันตก	=		3.053 x 1 x 14.30
	=		43.654

หาค่า OTTV ผนังกระจก W5 ก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้นฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต

พื้นที่กระจก	1.65	ตร.ม.	
พื้นที่ผนัง			
ทึบ	14.8	ตร.ม.	
WWR	0.100		
เหนือ	=		(2.204*(1-0.10)*12.31)+(5.882*0.10*5)+(0.10*0.54*1*185.06)
	=		37.352
ทิศ			
ตะวันออก	=		(2.204*(1-.0.10)*14.55)+(5.882*0.10*5)+(0.10*0.54*1*244.53)
	=		45.007
ทิศใต้	=		(2.204*(1-.0.10)*14.47)+(5.882*0.10*5)+0.10*0.54*1*267.41)
	=		46.084
ทิศตะวันตก	=		(2.204*(1-.0.10)*12.87)+(5.882*0.10*5)+(0.10*0.54*1*234.58)
	=		41.137

หาค่า OTTV ผนังกระจก W1 ก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น ฉาบเรียบ

พื้นที่กระจก	43.2	ตร.ม.	
พื้นที่ผนัง			
ทึบ	16	ตร.ม.	
WWR	0.730		
เหนือ	=		(3.053*(1-0.730)*12.32)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*1*185.06)
	=		104.575
ทิศ			
ตะวันออก	=		(3.053*(1-0.730)*15.70)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*1*244.53)
	=		130.805
ทิศใต้	=		(3.053*(1-0.730)*15.86)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*1*267.41)
	=		139.956
ทิศตะวันตก	=		(3.053*(1-0.730)*14.30)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*1*234.58)
	=		125.728

หาค่า OTTV ผนังกระจก W2 ก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้นฉาบเรียบ

พื้นที่กระจก	37.8	ตร.ม.	
พื้นที่ผนังทึบ	14	ตร.ม.	
WWR	0.730		
เหนือ	=		(3.053*(1-0.730)*12.32)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*1*185.06)
	=		104.575
ทิศตะวันออก	=		(3.053*(1-0.730)*15.70)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*1*244.53)
	=		130.805
ทิศใต้	=		(3.053*(1-0.730)*15.86)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*1*267.41)
	=		139.956
ทิศตะวันตก	=		(3.053*(1-0.730)*14.30)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*1*234.58)
	=		125.728

หาค่า OTTV ผนังกระจก W3 ก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้นฉาบเรียบ

พื้นที่กระจก	28.8	ตร.ม.	
พื้นที่ผนังทึบ	30.4	ตร.ม.	
WWR	0.486		
เหนือ	=		(3.053*(1-0.486)*12.32)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*1*185.06)
	=		82.193
ทิศตะวันออก	=		(3.053*(1-0.486)*15.70)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*1*244.53)
	=		103.105
ทิศใต้	=		(3.053*(1-0.486)*15.86)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*1*267.41)
	=		109.361
ทิศตะวันตก	=		(3.053*(1-0.486)*14.30)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*1*234.58)
	=		98.297

หาค่า OTTV ผนังกระจก W4 ก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้นฉาบเรียบ

พื้นที่กระจก	25.2	ตร.ม.	
พื้นที่ผนัง			
ทึบ	26.6	ตร.ม.	
WWR	0.486		
เหนือ	=		(3.053*(1-0.486)*12.32)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*1*185.06)
	=		82.193
ทิศ			
ตะวันออก	=		(3.053*(1-0.486)*15.70)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*1*244.53)
	=		103.105
ทิศใต้	=		(3.053*(1-0.486)*15.86)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*1*267.41)
	=		109.361
ทิศตะวันตก	=		(3.053*(1-0.486)*14.30)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*1*234.58)
	=		98.297

หาค่า OTTV ของGLASSBLOCK

พื้นที่กระจก	0	ตร.ม.	
พื้นที่ผนัง			
ทึบ	14.8	ตร.ม.	
WWR	0		
เหนือ	=		1.506 x 1 x 11.57
	=		17.425
ทิศ			
ตะวันออก	=		1.506 x 1 x 14.93
	=		22.485
ทิศใต้	=		1.506 x 1 x 14.93
	=		22.485
ทิศตะวันตก	=		1.506 x 1 x 13.33
	=		20.075

	รูปแบบผนัง	ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก
1	ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต		99.9		77.7
2	ผนังก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น ฉาบเรียบ ทาสี			99.9	
3	ผนังกระจก W1				118.4
4	ผนังกระจก W2		103.6		
5	ผนังกระจก W3				59.2
6	ผนังกระจก W4		51.8		
7	ผนังกระจก W5 ก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต	99.9			
8	ผนัง GLASSBLOCK	44.4			
		144.3	255.3	99.9	255.3

ค่าOTTV ของอาคาร

ทิศเหนือ = ((99.9*37.352)+(44.4*17.425))/(99.9+44.4)

= 31.221

ทิศตะวันออก = ((99.9*28.891)+(103.6*130.805)+(51.8*103.105))/(99.9+103.6+51.8)

= 85.305

ทิศใต้ = ((99.9*48.417))/(99.9)

= 48.417

ทิศตะวันตก = ((77.7*25.436)+(118.4*125.728)+(59.2*98.297))/(77.7+118.4+59.2)

= 88.844

((144.3*31.221)+(255.3*85.305)+(99.9*48.417)+(255.3*88.844))/(144.3+255.3+99.9+255.3)

= 71.280

การหาค่า RTTV ก่อนปรับปรุง

ค่าสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุ

	วัสดุ	ค่านำความร้อน	ความหนาแน่น	ความจุความร้อนจำเพาะ
1	คอนกรีต	1.442	2400	0.92
2	อิฐมวลเบา	0.476	1280	0.84
3	ปูนฉาบ	0.553	1568	0.84
4	กระจกเขียว	1.053	2512	0.88
5	GLASSBLOCK	0.2	600	0.84
6	อลูมิเนียมคอมโพสิต	0.06	1500	0.902

หาค่า U และ DSH หลังคาคอนกรีต

โครงสร้าง	X/k	ความต้านทาน			
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.055			
คอนกรีต	0.1/1.442	0.069	DSH	0.1*2400*0.92	220.800
ช่องอากาศ		0.174	DSH	1.2*1.005*1.80	2.1708
ยิปซั่ม	0.009/0.191	0.047	DSH	0.009*800*1.09	7.848
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.162			
Rt		0.507		SUM DSH	230.819
Ut = 1 / Rt		1.971		ใช้ ส.ป.ส.	0.7
				ค่า TDeq	25.17

RTTV ของหลังคาคอนกรีต = 1.971*1*25.17

= **49.610**

การหาค่า OTTV หลังปรับปรุง

	รูปแบบผนัง	ทิศเหนือ	ทิศ ตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก
1	ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต		99.9		77.7
2	ผนังก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น ฉาบเรียบ ทาสี			99.9	
3	ผนังกระจก W1				118.4
4	ผนังกระจก W2		103.6		
5	ผนังกระจก W3				59.2
6	ผนังกระจก W4		51.8		
7	ผนังกระจก W5 ก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต	99.9			
8	ผนัง GLASSBLOCK	44.4			

ค่าสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุ

	วัสดุ	ค่านำความร้อน	ความหนาแน่น	ความจุความร้อนจำเพาะ
1	คอนกรีต	1.442	2400	0.92
2	อิฐมวลเบา	0.476	1280	0.84
3	ปูนฉาบ	0.553	1568	0.84
4	กระจกเขียว	1.053	2512	0.88
5	GLASSBLOCK	0.2	600	0.84
6	อลูมิเนียมคอมโพสิต	0.06	1500	0.902

หาค่า U และ DSH ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต

โครงสร้าง	X/k	ความต้านทาน			
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044			
อลูมิเนียมคอมโพสิต	0.003/0.06	0.05	DSH	0.003*1500*0.902	4.059
ปูนฉาบ	0.01/0.533	0.019	DSH	0.01*1568*0.84	13.171
อิฐมวลเบา	0.12/0.476	0.252	DSH	0.12*1280*0.84	129.024
ปูนฉาบ	0.01/0.533	0.019	DSH	0.01*1568*0.84	13.171
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.12			
Rt		0.504		SUM DSH	159.425
Ut = 1 / Rt		1.986			

หาค่า U และ DSH ผนังก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น ฉาบเรียบ ทาสี

โครงสร้าง	X/k	ความต้านทาน			
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044			
ปูนฉาบ	0.01/0.533	0.019	DSH	0.01*1568*0.84	13.171
อิฐมวลเบา	0.06/0.476	0.126	DSH	0.06*1280*0.84	64.512
ปูนฉาบ	0.01/0.533	0.019	DSH	0.01*1568*0.84	13.171
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.12			
Rt		0.328		SUM DSH	90.854
Ut = 1 / Rt		3.053			

หาค่า U และ DSH ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น

โครงสร้าง	X/k	ความต้านทาน			
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044			
ปูนฉาบ	0.01/0.533	0.019	DSH	0.01*1568*0.84	13.171
อิฐมวลเบา	0.12/0.476	0.252	DSH	0.12*1280*0.84	129.024
ปูนฉาบ	0.01/0.533	0.019	DSH	0.01*1568*0.84	13.171
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.12			
Rt		0.454		SUM DSH	155.366

Ut = 1 / Rt	2.204	

หาค่า U ของกระจกเขียว 6 มม.

โครงสร้าง	X/k	ความต้านทาน	ความต่างของอุณหภูมิ
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044	= 5 องศาเซลเซียส
กระจกเขียว 6 มม.	0.006/1.053	0.006	
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.12	
Rt		0.170	
Ut = 1 / Rt		5.893	

หาค่า U ของGLASSBLOCK

โครงสร้าง	X/k	ความต้านทาน			
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.044			
GLASSBLOCK	0.1/0.2	0.500	DSH	0.1*1500*0.902	135.300
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.12			
Rt		0.664		SUM DSH	135.300
Ut = 1 / Rt		1.506			

หาค่า OTTV ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต

พื้นที่กระจก	0	ตร.ม.	
พื้นที่ผนัง			
ทึบ	14.8	ตร.ม.	
WWR	0		
เหนือ	=		1.986 x 1 x 12.31
	=		24.443
ทิศ			
ตะวันออก	=		1.986 x 1 x 14.55
	=		28.891
ทิศใต้	=		1.986 x 1 x 14.47
	=		28.732
ทิศตะวันตก	=		1.986 x 1 x 12.87

= 25.436

หาค่า OTTV ผนังก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น ฉาบเรียบ ทาสี

พื้นที่กระจก 0 ตร.ม.

พื้นที่ผนัง

ทึบ 14.8 ตร.ม.

WWR 0

เหนือ = 3.053 x 1 x 12.32

= 37.610

ทิศ

ตะวันออก = 3.053 x 1 x 15.70

= 47.928

ทิศใต้ = 3.053 x 1 x 15.86

= 48.417

ทิศตะวันตก = 3.053 x 1 x 14.30

= 43.654

หาค่า OTTV ผนังกระจก W5 ก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้นฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต

พื้นที่กระจก 1.65 ตร.ม.

พื้นที่ผนัง

ทึบ 14.8 ตร.ม.

WWR 0.100

เหนือ = (2.204*(1-0.10)*12.31)+(5.882*0.10*5)+(0.10*0.54*1*185.06)

= 37.352

ทิศ

ตะวันออก = (2.204*(1-.0.10)*14.55)+(5.882*0.10*5)+(0.10*0.54*1*244.53)

= 45.007

ทิศใต้ = (2.204*(1-.0.10)*14.47)+(5.882*0.10*5)+0.10*0.54*1*267.41)

= 46.084

ทิศตะวันตก = (2.204*(1-.0.10)*12.87)+(5.882*0.10*5)+(0.10*0.54*1*234.58)

= 41.137

หาค่า OTTV ผนังกระจก W1 ก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น ฉาบเรียบ

พื้นที่กระจก 43.2 ตร.ม.

พื้นที่ผนังทึบ 16 ตร.ม.

WWR 0.730

เหนือ = (3.053*(1-0.730)*12.32)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*0.35*185.06)

= 57.158

ทิศตะวันออก = (3.053*(1-0.730)*15.70)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*0.35*244.53)

= 68.149

ทิศใต้ = (3.053*(1-0.730)*15.86)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*0.35*267.41)

= 71.437

ทิศตะวันตก = (3.053*(1-0.730)*14.30)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*0.35*234.58)

= 65.622

หาค่า OTTV ผนังกระจก W2 ก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้นฉาบเรียบ

พื้นที่กระจก 37.8 ตร.ม.

พื้นที่ผนังทึบ 14 ตร.ม.

WWR 0.730

เหนือ = (3.053*(1-0.730)*12.32)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*0.35*185.06)

= 57.158

ทิศตะวันออก = (3.053*(1-0.730)*15.70)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*0.35*244.53)

= 68.149

ทิศใต้ = (3.053*(1-0.730)*15.86)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*0.35*267.41)

= 71.437

ทิศตะวันตก = (3.053*(1-0.730)*14.30)+(5.882*0.730*5)+(0.730*0.54*0.35*234.58)

= 65.622

หาค่า OTTV ผนังกระจก W3 ก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้นฉาบเรียบ

พื้นที่

กระจก 28.8 ตร.ม.

พื้นที่ผนัง

ทึบ 30.4 ตร.ม.

WWR 0.486

เหนือ = (3.053*(1-0.486)*12.32)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*0.35*185.06)

= 50.625

ทิศตะวันออก = (3.053*(1-0.486)*15.70)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*0.35*244.53)

= 61.391

ทิศใต้ = (3.053*(1-0.486)*15.86)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*0.35*267.41)

= 63.744

ทิศ

ตะวันตก = (3.053*(1-0.486)*14.30)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*0.35*234.58)

= 58.281

หาค่า OTTV ผนังกระจก W4 ก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้นฉาบเรียบ

พื้นที่

กระจก 25.2 ตร.ม.

พื้นที่ผนัง

ทึบ 26.6 ตร.ม.

WWR 0.486

เหนือ = (3.053*(1-0.486)*12.32)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*0.35*185.06)

= 50.625

ทิศตะวันออก = (3.053*(1-0.486)*15.70)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*0.35*244.53)

= 61.391

ทิศใต้ = (3.053*(1-0.486)*15.86)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*0.35*267.41)

= 63.744

ทิศ

ตะวันตก = (3.053*(1-0.486)*14.30)+(5.882*0.486*5)+(0.486*0.54*0.35*234.58)

= 58.281

หาค่า OTTV ของGLASSBLOCK

พื้นที่กระจก 0 ตร.ม.

พื้นที่ผนัง

ทึบ 14.8 ตร.ม.

WWR 0

เหนือ = 1.506 x 1 x 11.57

= 17.425

ทิศตะวันออก = 1.506 x 1 x 14.93

= 22.485

ทิศใต้ = 1.506 x 1 x 14.93

= 22.485

ทิศตะวันตก = 1.506 x 1 x 13.33

= 20.075

ใช้ ส.ป.ส. 0.5

TDeq		ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก
1	ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต	12.31	14.55	14.47	12.81
2	ผนังก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น ฉาบเรียบ ทาสี	12.32	15.7	15.86	14.3
3	GLASSBLOCK	11.57	14.93	14.93	13.33

ESR		ทิศเหนือ	ทิศตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก
	ของกระจกเขียว 6 มม.	185.06	244.53	267.41	234.58

	รูปแบบผนัง	ทิศเหนือ	ทิศ ตะวันออก	ทิศใต้	ทิศตะวันตก
1	ผนังก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต		99.9		77.7
2	ผนังก่ออิฐมวลเบา 1 ชั้น ฉาบเรียบ ทาสี			99.9	
3	ผนังกระจก W1				118.4
4	ผนังกระจก W2		103.6		
5	ผนังกระจก W3				59.2
6	ผนังกระจก W4		51.8		
7	ผนังกระจก W5 ก่ออิฐมวลเบา 2 ชั้น ฉาบเรียบ กรุด้วยอลูมิเนียมคอมโพสิต	99.9			
8	ผนัง GLASSBLOCK	44.4			
		144.3	255.3	99.9	255.3

ค่าOTTV ของอาคาร

ทิศเหนือ = ((99.9*37.352)+(44.4*17.425))/(99.9+44.4)

= 31.221

ทิศตะวันออก = ((99.9*28.891)+(103.6*68.149)+(51.8*61.391))/(99.9+103.6+51.8)

= 51.416

ทิศใต้ = ((99.9*48.417))/(99.9)

= 48.417

ทิศตะวันตก = ((77.7*25.436)+(118.4*65.622)+(59.2*58.281))/(77.7+118.4+59.2)

= 51.689

((144.3*31.221)+(255.3*51.416)+(99.9*48.417)+(255.3*51.689))/(144.3+255.3+99.9+255.3)

= 47.251

เมื่อติดฟิล์มกันความร้อนที่มีค่า SC=0.5 และติดตั้งอุปกรณ์ในการบังแดดภายนอกอาคาร แบบแนวนอน

การหาค่า RTTV หลังปรับปรุง

ค่าสมบัติเชิงความร้อนของวัสดุ

	วัสดุ	ค่านำความร้อน	ความหนาแน่น	ความจุความร้อนจำเพาะ
1	คอนกรีต	1.442	2400	0.92
2	อิฐมวลเบา	0.476	1280	0.84
3	ปูนฉาบ	0.553	1568	0.84
4	กระจกเขียว	1.053	2512	0.88
5	GLASSBLOCK	0.2	600	0.84
6	อลูมิเนียมคอมโพสิต	0.06	1500	0.902
7	ฉนวนใยแก้ว หนา 2 "	0.042	12	0.96

โครงสร้าง	X/k	ความต้านทาน			
ฟิล์มอากาศด้านนอก		0.055			
คอนกรีต	0.1/1.442	0.069	DSH	0.1*2400*0.92	220.800
ช่องอากาศ		0.174	DSH	1.2*1.005*1.80	2.1708
ฉนวนใยแก้ว หนา 2 "	0.05/0.042	1.190	DSH	0.05*12*0.96	0.576
ยิปซั่ม	0.009/0.191	0.047	DSH	0.009*800*1.09	7.848
ฟิล์มอากาศด้านใน		0.162			
Rt		1.698		SUM DSH	231.395
Ut = 1 / Rt		0.589		ใช้ ส.ป.ส.	0.7
				ค่า TDeq	25.13

RTTV ของหลังคาคอนกรีต = 0.589*1*18.38

= **10.826**

ปรับปรุงโดยทาสีที่ดาดฟ้าเป็นสีอ่อนและฉนวนใยแก้ว หนา 2 "

ประวัติผู้เขียนเอกสารรายงานการศึกษาส่วนบุคคล

ชื่อ นายคมสัน วิสาวะโท

วันเดือนปีเกิด ๒๗ กันยายน พ.ศ. ๒๕๑๙

ตำแหน่ง วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มงานออกแบบ
สำนักงานเลขานุการ สำนักวัฒนธรรม กีฬา และการท่องเที่ยว

สถานที่ทำงานปัจจุบัน ศาลาว่าการกรุงเทพมหานคร ๒ อาคาร ๒ ชั้น ๔ ถนนมิตรไมตรี
แขวงดินแดง เขตดินแดง
กรุงเทพมหานคร ๑๐๔๐๐

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. ๒๕๔๑ ระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัญฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติรับราชการ

พ.ศ. ๒๕๔๒ วิศวกรโยธา ๓ กองออกแบบ สำนักการโยธา

พ.ศ. ๒๕๔๔ วิศวกรโยธา ๔ กองออกแบบ สำนักการโยธา

พ.ศ. ๒๕๔๖ วิศวกรโยธา ๕ กองออกแบบ สำนักการโยธา

พ.ศ. ๒๕๕๐ วิศวกรโยธา ๖ว กองออกแบบ สำนักการโยธา

พ.ศ. ๒๕๕๑ วิศวกรโยธา ๗วช. สำนักงานออกแบบ สำนักการโยธา

พ.ศ. ๒๕๕๖ วิศวกรโยธาชำนาญการพิเศษ หัวหน้ากลุ่มงานออกแบบ
สำนักงานเลขานุการ สำนักวัฒนธรรม กีฬา และการท่องเที่ยว

ผลงานที่ผ่านมา

สะพานข้ามทางแยก ๑๕ แห่ง
สะพานข้ามทางแยกลาดพร้าว
ปรับปรุงสะพานข้ามทางแยกกลุ่ม B
ทางยกระดับสุวินทวงศ์