

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การใช้ประโยชน์จากวัสดุเหลือใช้

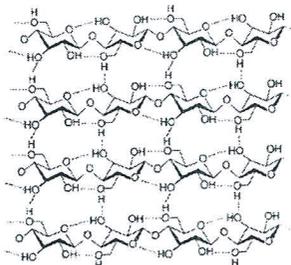
2.1.1 ขี้เลื่อย

ขี้เลื่อย (อังกฤษ: Sawdust or wood dust) เป็นผลพลอยได้จากการเลื่อยไม้ มีลักษณะเป็นผงไม้ละเอียด เป็นของเสียในโรงงานที่เป็นพิษ โดยเฉพาะการทำให้เกิดอาการอักเสบ แต่ก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อีกหลายประการ ขี้เลื่อยมีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบจำนวนมาก (เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน) ที่มีหมู่โพลีฟีนอลซึ่งสามารถจับกับโลหะหนักได้ด้วยกลไกต่างกัน



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะของขี้เลื่อย

เซลลูโลส ($C_6H_{10}O_5$)_n เป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดจากกลูโคสประมาณ 50,000 โมเลกุลมาเชื่อมต่อกันเป็นสายยาว แต่ละสายของสายของเซลลูโลสเรียงขนานกันไป มีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างสาย ทำให้มีลักษณะเป็นเส้นใย สวมไว้ในพืช ไม่พบในเซลล์สัตว์ เซลลูโลสไม่ละลายน้ำและร่างกายของมนุษย์ไม่สามารถย่อยสลายได้ แต่ในกระเพาะของวัว ควาย ม้า และสัตว์ที่แทะมีกีบ มีแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสให้เป็นกลูโคสได้ ถึงแม้ว่าร่างกายของมนุษย์จะย่อยเซลลูโลสไม่ได้ แต่เซลลูโลสจะช่วยให้การกระตุ้นลำไส้ใหญ่ให้เคลื่อนไหว เส้นใยบางชนิดสามารถดูดซับน้ำได้ดี จึงทำให้อุจจาระอ่อนนุ่ม ขับถ่ายง่าย ท้องไม่ผูก ลดโอกาสการเกิดโรคริดสีดวงทวาร เซลลูโลสเมื่อถูกย่อยจะแตกตัวออก ให้น้ำตาลกลูโคสจำนวนมาก



ภาพที่ 2.2 แสดงลักษณะของเซลลูโลสของพืช

เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ (polysaccharide) โมเลกุลของเฮมิเซลลูโลส เป็น heteropolysaccharide ที่ประกอบด้วยน้ำตาลหลายชนิด มีน้ำตาลไซโลส (xylose) เชื่อมต่อกันด้วยพันธะไกลโคไซด์ (glycosidic bond) ที่ตำแหน่ง บีตา (1-4) เป็นโซ่หลัก อาจมีน้ำตาลแมนโนส (mannose) กาแล็กโทส (galactose) หรือกลูโคส (glucose) มาต่อกันเป็นโซ่หลักด้วย และมีน้ำตาลชนิดอื่นมาต่อกันเป็นโซ่สาขา หรือโซ่แขนง ได้แก่ น้ำตาลอะราบินโนส (arabinose) กรดกลูคูโรนิก (glucuronic acid) เฮมิเซลลูโลส จัดเป็นเส้นใยอาหาร (dietary fiber) ที่ไม่ละลายน้ำ ไม่สามารถย่อยได้ด้วยเอนไซม์ ใน ระบบทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์กระเพาะเดี่ยว สามารถละลายได้ในสารละลายต่างเจือจาง สมบัติทางกายภาพที่สำคัญคือ มีความสามารถในการอุ้มน้ำ (water holding capacity) และแลกเปลี่ยนไอออนประจุบวก (cation exchange) เมื่ออยู่ในกระเพาะอาหารและลำไส้ของมนุษย์

ลิกนิน (lignin) เป็นคาร์โบไฮเดรต (carbohydrate) ซึ่งประกอบด้วยโซ่โมเลกุลของออกซิเจนเตตเตตฟีนิลโพรเพน (oxygenated phenyl propane) มีน้ำหนักโมเลกุลระหว่าง 1,000-4,500 สังเคราะห์จากอนุพันธ์ ของแอลกอฮอล์ชนิดต่างๆ ได้แก่ คูมาริล (coumaryl) โคนิเฟอริล (coniferyl) และไซนาพิล (sinapyl) ไม่สลายทั้งในกรดและด่างแก่ ลิกนิน เป็นส่วนประกอบที่สำคัญของ เนื้อเยื่อพืช โดยพบในส่วนของ ผนังเซลล์ ทำให้ผนังเซลล์พืชแข็งแรง อยู่ร่วมกับเซลลูโลส (cellulose) และ hemicellulose เป็นส่วนประกอบของเปลือก ชัง หรือส่วนที่เป็นเยื่อใยของราก ลำต้น และจะถูกสร้างจากส่วนโคนต้น ไปสู่ยอด เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น ปริมาณลิกนิน จะเพิ่มมากขึ้นด้วย พบมากในผลไม้สุก มากกว่าผลไม้ดิบ การย่อยในทางเดินอาหารของมนุษย์และสัตว์ ลิกนินเป็นสารที่ไม่สามารถย่อยได้ในร่างกายมนุษย์ และ ไม่มีสัตว์ชนิดใดใช้ประโยชน์ได้เลย ลิกนิน ทำให้การย่อยได้ของเซลลูโลส และ hemicellulose ลดลงด้วย

2.2 สารประกอบโพลีเมอร์

2.2.1 พอลิเมอร์ (อังกฤษ: polymer) ความหมายของพอลิเมอร์นั้นก็มาจากรากศัพท์กรีกสำคัญ 2 คำ คือ *Poly* (จำนวนมาก) และ *Meros* (ส่วน หรือ หน่วย) พอลิเมอร์เป็นสารโมเลกุลขนาดใหญ่ (Macromolecule) พอลิเมอร์จะประกอบไปด้วยหน่วยซ้ำกัน (repeating unit) ของมอนอเมอร์ (Monomer) หลายๆหน่วยมาทำปฏิกิริยากัน มอนอเมอร์นี้จัดเป็นสารไมโครโมเลกุล (Micromolecule) ชนิดหนึ่ง พอลิเมอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยย่อยหรือมอนอเมอร์ชนิดเดียวกันทั้งหมดจัดเป็นโฮโมพอลิเมอร์ (Homopolymer) แต่ถ้ามีมอนอเมอร์ต่างกันตั้งแต่ 1 ชนิดขึ้นไป จัดเป็นโคพอลิเมอร์ (Copolymer) สารบางอย่างที่มีสมบัติอย่างพอลิเมอร์ เช่น สารพวกไขมันที่มีแต่ละหน่วยที่ไม่ซ้ำกันนั้นจะเป็นเพียงแค่สารแมโครโมเลกุล เท่านั้น ไม่จัดเป็นพอลิเมอร์ พอลิเมอร์มีทั้งที่เกิดเองในธรรมชาติ (Natural polymer) และพอลิเมอร์สังเคราะห์ (Synthetic polymer) ตัวอย่างของ โพลีเมอร์ธรรมชาติ ได้แก่ แป้ง เซลลูโลส โปรตีน กรดนิวคลีอิก และยางธรรมชาติ ส่วนพอลิเมอร์สังเคราะห์

เช่น พลาสติก เส้นใย โฟม และกาว พอลิเมอร์ทั้งสองชนิดนี้เข้ามามีบทบาทมากในชีวิตประจำวัน เราต้องใช้ประโยชน์จากพอลิเมอร์ และพอลิเมอร์แต่ละชนิดมีสมบัติต่างกัน จึงนำหน้าที่หรือนำไปใช้งานที่ต่างกันได้

พอลิเมอร์ที่เป็นที่นิยมใช้มากที่สุดคือพลาสติก ซึ่งเป็นคำที่ใช้อ้างถึงกลุ่มของวัสดุธรรมชาติและสังเคราะห์กลุ่มใหญ่ที่มี คุณสมบัติและการใช้งานต่างกัน พอลิเมอร์ธรรมชาติเช่นเซลลูลอสและแป้งที่ใช้มาเป็นเวลากว่าศตวรรษ พอลิเมอร์ชีวภาพ เช่น โปรตีนและกรดนิวคลีอิกที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการทางชีวภาพ พอลิเมอร์ธรรมชาติอื่นๆ เช่นเซลลูโลสที่เป็นองค์ประกอบหลักของกระดาษและไม้ พอลิเมอร์สังเคราะห์ที่เป็นที่รู้จักกันดี ได้แก่ บากาไลต์, นีโอพรีน, ไนลอน, พีวีซี, พอลิสไตรีน, พอลิเอทิลีน, และพีวีซี การศึกษาเกี่ยวกับพอลิเมอร์ได้แก่ เคมีพอลิเมอร์, ฟิสิกส์พอลิเมอร์และวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์ พอลิเมอร์สังเคราะห์ในปัจจุบันมีการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเกือบทุกชนิด พอลิเมอร์มีการใช้ในการยึดเกาะและการหล่อขึ้นอย่างกว้างขวาง เช่นเดียวกับการใช้เป็นโครงสร้างตั้งแต่ของเด็กเล่นจนถึงยานอวกาศ มีการใช้เป็นยาทางชีวภาพในฐานะเป็นตัวขนส่งยาในสิ่งมีชีวิต พอลิเมอร์เช่น พอลิ เมทิล เมทาคริเลต ที่ใช้ในกระบวนการโฟโตเรซิสในอุตสาหกรรมกึ่งตัวนำ และสารไดอิเล็กทริกโพลีเอทิลีนสำหรับใช้ในคอมพิวเตอร์สมรรถนะสูง ปัจจุบันยังมีการพัฒนาพอลิเมอร์ที่ยืดหยุ่นได้สำหรับอิเล็กทรอนิกส์

การเรียกชื่อพอลิเมอร์แบบมาตรฐาน มีการเรียกชื่อพอลิเมอร์หลายวิธี พอลิเมอร์ที่ใช้ทั่วไปส่วนใหญ่ใช้ชื่อสามัญที่เคยใช้ในอดีตมากกว่าชื่อที่ตั้งตามแบบมาตรฐาน ทั้งสมาคมเคมีอเมริกันและไอยูแพคได้กำหนดการตั้งชื่อแบบมาตรฐานซึ่งมีความ คล้ายคลึงกันแต่ไม่เหมือนกันทั้งหมด ชื่อที่เป็นมาตรฐานทั้งสองระบบเป็นชื่อที่แสดงถึงชนิดของหน่วยย่อยที่ประกอบ เป็นพอลิเมอร์มากกว่าจะบอกลักษณะของหน่วยที่ซ้ำกันในสาย ตัวอย่างเช่น พอลิเมอร์ที่สังเคราะห์จากเอทิลีนเรียกว่าพอลิเอทิลีน ยังคงลงท้ายด้วย -อิน แม้ว่าพันธะคู่จะหายไประหว่างกระบวนการเกิดพอลิเมอร์

พอลิเมอร์ที่พบไม่ว่าจากในธรรมชาติ และที่สังเคราะห์ขึ้น มีโครงสร้างได้หลายรูปแบบ ทั้งนี้ขึ้นกับการเข้าเกาะของมอนอเมอร์ จึงทำให้พอลิเมอร์มีโครงสร้างอยู่ 3 รูปแบบด้วยกัน คือ

1.พอลิเมอร์สายตรง (Linear polymer) พอลิเมอร์ชนิดนี้จะเป็นโซ่ตรงยาว ถ้าให้ A และ B แทนมอนอเมอร์ โครงสร้างอย่างง่ายของโฮโมพอลิเมอร์จะเป็นดังนี้

A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A linear homopolymer ส่วนโคพอลิเมอร์มีรูปแบบดังนี้

1.A-B-A-B-A-B-A-B Alternating copolymer (เป็นพอลิเมอร์ ที่มีมอนอเมอร์ A และ B เรียงสลับกันเป็นช่วง หน่วยต่อหน่วย)

2.A-A-B-B-B-A-A-A-A Block copolymer (เป็นกลุ่มของมอนอเมอร์ A และ B ที่เรียงสลับกันเป็นกลุ่ม)

3.A-A-A-B-A-B-A-A-B-B Random copolymer (เป็นมอนอเมอร์ A และ B เรียงสลับกัน
อย่างอิสระ)

2.พอลิเมอร์กิ่งสาขา (graft polymer) พอลิเมอร์ชนิดนี้จะมีส่วนประกอบสองส่วน คือ ส่วน
ที่เป็นโซ่หลัก และส่วนที่เป็นโซ่กิ่ง โดยโซ่หลักจะต้องประกอบด้วยมอนอเมอร์ชนิดเดียวเท่านั้น ส่วน
มอนอเมอร์อีกชนิด จะเป็นโซ่กิ่ง

3.พอลิเมอร์ร่างแห (Cross-link polymer) เป็นพอลิเมอร์ที่เป็นร่างแหมีสายหลายสาย
เชื่อมต่อกัน ซึ่งเป็นได้ทั้งโฮโมพอลิเมอร์และโคพอลิเมอร์

พอลิเมอร์สังเคราะห์ การสังเคราะห์พอลิเมอร์เป็นกระบวนการของการรวมโมเลกุลขนาดเล็กๆ
ที่เป็นหน่วยย่อยเข้าด้วยกันด้วยพันธะโควาเลนต์ ในระหว่างกระบวนการเกิดพอลิเมอร์ หมู่ทาง
เคมีบางตัวจะหลุดออกจากหน่วยย่อย หน่วยย่อยในพอลิเมอร์จะเป็นหน่วยซ้ำๆกัน

การสังเคราะห์ในห้องแล็บ วิธีการในห้องแล็บแบ่งได้เป็นสองกลุ่มคือการสังเคราะห์แบบ
ควบแน่นและการสังเคราะห์แบบเติม อย่างไรก็ตาม วิธีการที่ใหม่กว่าเช่นการสังเคราะห์แบบของเหลว
ไม่สามารถจัดเข้าในกลุ่มใดได้ ปฏิกิริยาการสังเคราะห์พอลิเมอร์อาจเกิดขึ้นโดยมีหรือไม่มีตัวเร่งก็ได้ ใน
ปัจจุบันมีการศึกษาทางด้านการสังเคราะห์พอลิเมอร์ธรรมชาติ เช่นโปรตีนในห้องแล็บ

การสังเคราะห์ทางชีวภาพ พอลิเมอร์ธรรมชาติมีสามกลุ่มคือ พอลิแซ็กคาไรด์ พอลิเพปไทด์
และพอลินิวคลีโอไทด์ ในเซลล์ พอลิเมอร์เหล่านี้ถูกสังเคราะห์ด้วยเอนไซม์ เช่นการสร้างดีเอ็นเอด้วย
เอนไซม์ดีเอ็นเอ พอลิเมอเรส การสังเคราะห์โปรตีนเกี่ยวข้องกับการใช้เอนไซม์ที่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับ
การถอดรหัสทางพันธุกรรมในดีเอ็นเอ แล้วจึงถ่ายทอดรหัสจากดีเอ็นเอเป็นข้อมูลของลำดับกรดอะ
มิโน โปรตีนอาจถูกดัดแปลงหลังจากการแปลรหัสเพื่อให้มีโครงสร้างเหมาะสมกับการทำงาน

การดัดแปลงพอลิเมอร์ธรรมชาติ พอลิเมอร์ที่มีความสำคัญในทางการค้าหลายชนิดสังเคราะห์
จากการดัดแปลงพอลิเมอร์ธรรมชาติทางเคมี ตัวอย่างเช่นปฏิกิริยาระหว่างกรดไนตริกกับเซลลูโลส
เกิดเป็นไนโตรเซลลูโลส และการทำให้ยางธรรมชาติแข็งตัวโดยการเติมกำมะถัน

รูปแบบการใช้งานของพอลิเมอร์ พอลิเมอร์ที่เรามีการใช้งานในชีวิตประจำวันนั้น สามารถแบ่ง
ออกตามลักษณะทางกายภาพได้ออกมากว้าง ๆ ได้ 4 แบบ ก็คือ

เส้นใย เป็นพอลิเมอร์กลุ่มที่แข็งแรงที่สุด เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของ เส้นใยนั้นมีขนาดเล็ก
มาก ตัวพอลิเมอร์เองจึงจำเป็นต้องรับแรงในแนวแกนเส้นใยให้ได้สูงสุด เส้นใยจึงมีลักษณะทาง
กายภาพที่ดูเบาบาง แต่มีความแข็งแรงสูง

พลาสติก มีความแข็งแรงรองจากเส้นใย แม้ว่าการใช้งานพลาสติกนั้น จะมีมิติความกว้าง ยาว
สูง มากกว่าเส้นใยหลายเท่า ทำให้ดูเหมือนว่าแข็งแรงกว่าเส้นใย แต่ถ้าลองนำพลาสติกไปฉีกให้มีความ
บางเท่าเส้นใย จะพบว่ามันแข็งแรงน้อยกว่ามาก

ยาง มีจุดเด่นคือความยืดหยุ่นสูง เราจึงไม่เปรียบเทียบเรื่องความแข็งแรง แต่มักจะคำนึงถึงค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวก่อนขาด (elongation at break) และแรงดึงที่จุดขาด (load at break) แทน นอกจากนี้พอลิเมอร์ในกลุ่มนี้จำเป็นต้องมีการคืนตัวกลับได้ดีด้วย (recovery property) จึงต้องมีการเพิ่มแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโซ่โมเลกุลด้วยการเชื่อมขวาง (crosslink) ซึ่งจุดที่เชื่อมขวางนี้ควรจะอยู่ห่างกันในระยะที่เหมาะสม เนื่องจากหากถี่เกินไป ยางที่ได้จะมีลักษณะแข็งไม่ยืดหยุ่น ในขณะที่ถ้าห่างเกินไป ก็จะได้ยางที่มีลักษณะนิ่มเกินไป

สารละลายและลาเทกซ์ ใช้งานในรูปของพอลิเมอร์ที่กระจายตัวในของเหลวอื่น ๆ ไม่ว่าจะเป็นเป็นตัวทำละลายของพอลิเมอร์เอง หรือกระจายตัวเป็นอิมัลชันในน้ำ ลักษณะการใช้งานคือเป็น กาว สีทาบ้าน เซลล์เคลือบ หรือ สารเคลือบผิวอื่น ๆ พอลิเมอร์ในกลุ่มนี้ควรจะกระจายตัวได้ดี และมีความสามารถในการเชื่อมขวางได้ในสภาวะที่มีแสง หรือแก๊สออกซิเจนได้ หรือไม่ก็สามารถที่จะนำตัวเองไปเกี่ยวพัน (entanglement) กับวัสดุอื่น ๆ ได้

2.2.2 ชนิดของพอลิเมอร์ (แบ่งตามโครงสร้างโมเลกุล) เมื่อพิจารณาการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุล (crosslinking) เราสามารถแบ่งชนิดของพอลิเมอร์ได้เป็น 3 ชนิด ดังนี้

Thermoplastic polymers เป็นพอลิเมอร์สายตรงหรือกึ่ง ไม่มีการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุล ส่งผลให้สายโซ่โมเลกุลขยับตัวง่ายเมื่อได้รับแรงหรือความร้อน สามารถหลอมและไหลได้เมื่อได้รับความร้อน เป็นส่วนประกอบหลักในพลาสติกอ่อน เช่น Polyethylene ในถุงพลาสติก

Elastomers เป็นพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุลเล็กน้อย ซึ่งทำหน้าที่ดึงสายโซ่โมเลกุลกลับมาให้อยู่ในสภาพเดิม เมื่อปล่อยแรงกระทำ

Thermosetting polymers เป็นพอลิเมอร์ที่มีการเชื่อมโยงระหว่างสายโซ่โมเลกุลอย่างหนาแน่น ส่งผลให้สายโซ่โมเลกุลขยับตัวยากเมื่อได้รับแรงหรือความร้อน วัสดุที่มีพอลิเมอร์ชนิดนี้เป็นองค์ประกอบหลัก จึงรับแรงได้ดี และไม่หลอมเหลวเมื่อได้รับความร้อน อย่างไรก็ตาม เมื่อความร้อนสูงถึงอุณหภูมิสลายตัว (Degradation temperature) วัสดุจะสลายตัวไปเนื่องจากพันธะเคมีแตกหัก พอลิเมอร์ชนิดนี้ เป็นส่วนประกอบหลักในพลาสติกแข็ง เช่น ถ้วยชามเมลามีน หลังกาไฟเบอร์ (Thermosets เสริมใยแก้ว)

2.2.3 โครงสร้างของพอลิเมอร์ คุณสมบัติทางโครงสร้างของพอลิเมอร์เกี่ยวข้องกับการจัดตัวทางกายภาพของ ลำดับโมโนเมอร์ตลอดแกนหลักของสาย โครงสร้างมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติอื่นๆ ของพอลิเมอร์ ตัวอย่างเช่น พอลิเมอร์สายตรงอาจจะละลายหรือไม่ละลายในน้ำขึ้นกับว่าหน่วยย่อยนั้นมีขั้วหรือไม่ แต่ในกรณีของยางธรรมชาติ ยางธรรมชาติสองชนิดอาจจะแสดงความทนทานต่างกันแม้จะมีหน่วยย่อยเหมือนกัน นักวิทยาศาสตร์พอลิเมอร์พยายามพัฒนาวิธีการเพื่ออธิบายทั้งธรรมชาติของหน่วยย่อยและการจัดเรียงตัว

2.2.4 การจำแนกหน่วยย่อย การจำแนกหน่วยย่อยที่ประกอบเป็นพอลิเมอร์เป็นลักษณะแรก

และสำคัญที่สุดของ พอลิเมอร์ หน่วยที่ซ้ำกันจะพบซ้ำๆตลอดสายและใช้ในการจำแนกพอลิเมอร์ พอลิเมอร์ที่มีหน่วยย่อยเหมือนกันหมดเรียกว่าโฮโมพอลิเมอร์ ส่วนพอลิเมอร์ที่มีหน่วยย่อยหลายชนิดผสมกันเรียกโคพอลิเมอร์ พอลิสไตรีนเป็นตัวอย่างของโฮโมพอลิเมอร์ เอทิลีน-ไวนิลอะซีเตตเป็น ตัวอย่างของโคพอลิเมอร์ พอลิเมอร์ทางชีวภาพบางชนิดประกอบด้วยหน่วยย่อยต่างกันแต่มีโครงสร้างใกล้เคียงกันเช่นพอลินิวคลีโอไทด์ที่มีหน่วยย่อยเป็นนิวคลีโอไทด์ พอลิเมอร์ที่มีหน่วยย่อยที่มีประจุจะเรียกว่าพอลิอิเล็กโทรไลต์ หน่วยย่อยของพอลิเมอร์ชนิดนี้เรียก ไอออนเมอร์

2.2.5 คุณสมบัติของพอลิเมอร์ ชนิดของคุณสมบัติของพอลิเมอร์แบ่งอย่างกว้างๆได้เป็นหลายหมวดขึ้นกับความ ละเอียด ในระดับนาโนหรือไมโครเป็นคุณสมบัติที่อธิบายลักษณะของสาย โดยตรงโดยเฉพาะโครงสร้างของพอลิเมอร์ ในระดับกลาง เป็นคุณสมบัติที่อธิบายสัญญาณของพอลิเมอร์เมื่ออยู่ในที่ว่าง ในระดับกว้างเป็นการอธิบายพฤติกรรมโดยรวมของพอลิเมอร์ ซึ่งเป็นคุณสมบัติในระดับการใช้

2.2.6 คุณสมบัติในการขนส่ง เป็นคุณสมบัติของอัตราการแพร่หรือโมเลกุลเคลื่อนไปได้เร็วเท่าใดในสารละลาย ของพอลิเมอร์ มีความสำคัญมากในการนำพอลิเมอร์ไปใช้เป็นเยื่อหุ้ม จุดหลอมเหลว คำว่าจุดหลอมเหลวที่ใช้กับพอลิเมอร์ไม่ใช่การเปลี่ยนสถานะจากของแข็งเป็นของเหลวแต่เป็นการเปลี่ยนจากรูปผลึกหรือกึ่งผลึกมาเป็นรูปของแข็ง บางครั้งเรียกว่าจุดหลอมเหลวผลึก ในกลุ่มของพอลิเมอร์สังเคราะห์ จุดหลอมเหลวผลึกยังเป็นที่เกี่ยวข้องในกรณีของเทอร์โมพลาสติก เช่นเทอร์โมเซตพอลิเมอร์ที่สลายตัวในอุณหภูมิสูงมากกว่าจะหลอมเหลว

พฤติกรรมการผสม โดยทั่วไปส่วนผสมของพอลิเมอร์มีการผสมกันได้น้อยกว่าการผสมของโมเลกุลเล็กๆ ผลกระทบนี้เป็นผลจากข้อเท็จจริงที่ว่าแรงขับเคลื่อนสำหรับการผสมมักเป็นแบบ ระบบปิด ไม่ใช่แบบใช้พลังงาน หรืออีกอย่างหนึ่ง วัสดุที่ผสมกันได้ที่เกิดเป็นสารละลายไม่ใช่เพราะปฏิสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุลที่ชอบทำปฏิกิริยากันแต่เป็นเพราะการเพิ่มค่าเอนโทรปีและ พลังงานอิสระที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มปริมาตรที่ใช้งานได้ของแต่ละส่วน ประกอบ การเพิ่มขึ้นในระดับเอนโทรปีขึ้นกับจำนวนของอนุภาคที่นำมาผสมกัน เพราะโมเลกุลของพอลิเมอร์มีขนาดใหญ่กว่าและมีความจำเพาะกับปริมาตรเฉพาะ มากกว่าโมเลกุลขนาดเล็ก จำนวนของโมเลกุลที่เกี่ยวข้องในส่วนผสมของพอลิเมอร์มีค่าน้อยกว่าจำนวนใน ส่วนผสมของโมเลกุลขนาดเล็กที่มีปริมาตรเท่ากัน ค่าพลังงานในการผสมเปรียบเทียบได้ต่อหน่วยปริมาตรสำหรับส่วนผสมของพอลิเมอร์ และโมเลกุลขนาดเล็ก มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นของพลังงานอิสระใน การผสมสารละลายพอลิเมอร์และทำให้การละลายของพอลิเมอร์เกิดได้น้อย สารละลายพอลิเมอร์ที่เข้มข้นพบน้อยกว่าที่พบในสารละลายของโมเลกุลขนาดเล็ก ในสารละลายที่เจือจาง คุณสมบัติของพอลิเมอร์จำแนกโดยปฏิกิริยาระหว่างตัวทำละลายและพอลิเมอร์ ในตัวทำละลายที่ดี พอลิเมอร์จะพองและมีปริมาตรมากขึ้น แรงระหว่างโมเลกุลของตัวทำละลายกับหน่วยย่อยจะสูงกว่าแรงภายในโมเลกุล ในตัวทำละลายที่ไม่ดี แรงภายในโมเลกุลสูงกว่าและสายจะหดตัว ในตัว

ทำละลายแบบรีติดา หรือสถานะที่สารละลายพอลิเมอร์ซึ่งมีค่าของสัมประสิทธิ์วิเรียลที่สองเป็น ศูนย์ แรงผลักระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์กับตัวทำละลายเท่ากับแรงภายในโมเลกุล ระหว่างหน่วยย่อย ในสภาวะนี้ พอลิเมอร์อยู่ในรูปเกลียวอุดมคติ

การแตกกิ่ง การแตกกิ่งของสายพอลิเมอร์มีผลกระทบต่อคุณสมบัติทั้งหมดของพอลิเมอร์ สาย ยาวที่แตกกิ่งจะเพิ่มความเหนียว เนื่องจากการเพิ่มจำนวนของความซับซ้อนต่อสาย ความยาวอย่างสุ่ม และสายสั้นจะลดแรงภายในพอลิเมอร์เพราะการรบกวนการจัดตัว โซ่ข้างสั้นๆลดความเป็นผลึกเพราะ รบกวนโครงสร้างผลึก การลดความเป็นผลึกเกี่ยวข้องกับเพิ่มลักษณะโปร่งใสแบบกระจกเพราะ แสง ผ่านบริเวณที่เป็นผลึกขนาดเล็ก ตัวอย่างที่ดีของผลกระทบนี้เกี่ยวข้องกับขอบเขตของลักษณะทาง กายภาพของพอลิเอทิลีน พอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูงมีระดับการแตกกิ่งต่ำ มีความแข็งและใช้เป็น เหยือกนม พอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำ มีการแตกกิ่งขนาดสั้นๆจำนวนมาก มีความยืดหยุ่นกว่าและ ใช้ในการทำฟิล์มพลาสติก ดัชนีการแตกกิ่งของพอลิเมอร์เป็นคุณสมบัติที่ใช้จำแนกผลกระทบของการ แตกกิ่ง สายยาวต่อขนาดของโมเลกุลที่แตกกิ่งในสารละลาย เดนไดรเมอร์เป็นกรณีพิเศษของพอลิเมอร์ ที่หน่วยย่อยทุกตัวแตกกิ่ง ซึ่งมีแนวโน้มลดแรงระหว่างโมเลกุลและการเกิดผลึก พอลิเมอร์แบบเดนด ริติกไม่ได้แตกกิ่งอย่างสมบูรณ์แต่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับ เดนไดรเมอร์เพราะมีการแตกกิ่งมาก เหมือนกัน

การเติมพลาสติกซีเซอร์ การเติมพลาสติกซีเซอร์มีแนวโน้มเพิ่มความยืดหยุ่นของพอลิเมอร์ พลาสติก ซีเซอร์โดยทั่วไปเป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่มีคุณสมบัติทางเคมีคล้ายกับพอลิเมอร์และเข้าเติมในช่องว่าง ของพอลิเมอร์ที่เคลื่อนไหวได้ดีและลดปฏิกิริยา ระหว่างสาย ตัวอย่างที่ดีของพลาสติกซีเซอร์เกี่ยวข้องกับพอลิไวนิลคลอไรด์หรือพีวีซี พีวีซีที่ไม่ได้เติมพลาสติกซีเซอร์ใช้ทำท่อ ส่วนพีวีซีที่เติมพลาสติกซีเซอร์ใช้ ทำผ้าเพราะมีความยืดหยุ่นมากกว่า

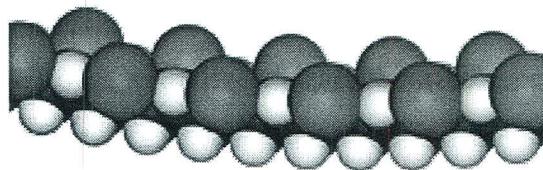
2.3 พอลิไวนิลคลอไรด์

พอลิไวนิลคลอไรด์ (Polyvinyl chloride; IUPAC: Polychloroethene) มีชื่อย่อที่ใช้กัน ทั่วไปว่า พีวีซี (PVC) เป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่ง

การใช้งาน ในด้านการค้า พอลิไวนิลคลอไรด์ เป็นสินค้าที่มีคุณค่ามากในอุตสาหกรรมเคมี มากกว่า 50% ของพอลิไวนิลคลอไรด์ที่ผลิตได้ทั่วโลกถูกใช้ในอุตสาหกรรมก่อสร้าง เป็นส่วนหนึ่งของ ตัวอาคาร ทั้งนี้เพราะพอลิไวนิลคลอไรด์มีราคาถูกราคาถูก คงทนและง่ายต่อการขึ้นรูป ในช่วงเวลาไม่ นานมานี้พีวีซีถูกนำมาใช้เพื่อแทนที่ไม้, คอนกรีต และดินด้วย อย่างไรก็ตามกระบวนการผลิตพอลิไ วนิลคลอไรด์ ยังส่งผลในด้านลบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพของมนุษย์

พอลิไวนิลคลอไรด์ถูกประยุกต์ใช้งานที่หลากหลาย ในรูปแบบของพลาสติกแข็ง เช่น ขอบกัน กระแทก, ตัวบัตรต่างๆ , ท่อ และในปัจจุบันได้มีการนำ พอลิไวนิลคลอไรด์มาปรับปรุงคุณสมบัติให้ เหมือนกับไม้เพื่อใช้แทนไม้จาก ธรรมชาติอย่างแพร่หลาย

การเตรียม Polyvinyl chloride พอลิไวนิลคลอไรด์เรซิน มีลักษณะเป็นผงสีขาว มาจากกระบวนการพอลิเมอไรเซชัน ของมอนอเมอร์ไวนิลคลอไรด์ โดยกว่า 57% เป็นน้ำหนักของคลอรีน (Chlorine, Cl) ทำให้พอลิไวนิลคลอไรด์มีส่วนผสมของปิโตรเลียมน้อยกว่าพอลิเมอร์ชนิดอื่น



ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะของโมเลกุลของ Polyvinyl chloride

เนื่องจากพอลิไวนิลคลอไรด์เรซินไม่มีคุณสมบัติการเกาะตัวกันทำให้ไม่สามารถ ขึ้นรูปได้ ทำให้เวลานำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต้องผ่านการเติมสารเติมแต่งต่างๆ เพื่อให้สามารถขึ้นรูปและได้คุณสมบัติที่ต้องการ

คุณสมบัติทางฟิสิกส์

ความหนาแน่น 1380 kg/m³

Young's modulus (E) 2900-3300 MPa

Tensile strength (σ_t) 50-80 MPa

Elongation @ break 20-40%

Notch test 2-5 kJ/m²

Glass temperature 87 °C

Melting point 212 °C

Vicat B1 85 °C

Heat transfer coefficient (λ) 0.16 W/(m·K)

Effective heat of combustion 17.95 MJ/kg

Linear expansion coefficient (α) 8 10⁻⁵/K

Specific heat (c) 0.9 kJ/(kg·K)

Water absorption (ASTM) 0.04-0.4

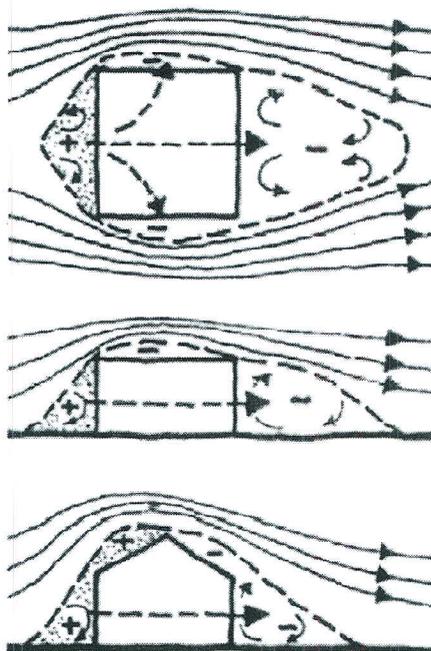
2.4 การวิเคราะห์ทิศทางการกระแสลม และการระบายอากาศ

2.4.1 การเกิดการแสลม

กระแสลม คือ อากาศที่เคลื่อนไหวผ่านร่างกาย ในที่นี้จะกล่าวถึงแต่ลมเย็นที่ช่วยให้ร่างกายถ่ายเทความร้อนได้เร็วขึ้น และเพิ่มความสบาย ซึ่งในการพัดผ่านตัวอาคารของกระแสลมนั้น ช่วยแก้ปัญหาในเขตร้อนชื้น ได้หลายประการ เช่น การเคลื่อนที่ของลมทำให้เกิดความสดชื่น เพราะเป็นการเพิ่มการระบายของเหงื่อให้กลายเป็นไอ ทำให้อุณหภูมิของผิวหนังลดลงในการลดอุณหภูมิโดยวิธีการพัดผ่านของลมจะเกิดผลก็ต่อเมื่ออุณหภูมิอากาศ มีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิที่ผิวร่างกาย เพราะถึงแม้ว่าลมจะทำให้เกิดการระเหยก็ไม่สมดุลกับความชื้น ที่ได้รับจากอุณหภูมิสูงได้ ดังนั้นเราจึงใช้ลมแก้ปัญหาได้ในเขตร้อนชื้น แต่ตรงข้ามกับเขตร้อนแห้งที่ต้องป้องกันไม่ให้ลมพัดเข้าไปในอาคารตอนกลางวัน (สมสิทธิ์ นิตยะ 2541 : 119)

2.4.2 การเกิดกระแสลมหรือการเคลื่อนไหวของอากาศในพื้นที่ทั่วไปนั้นเกิดขึ้นได้จาก

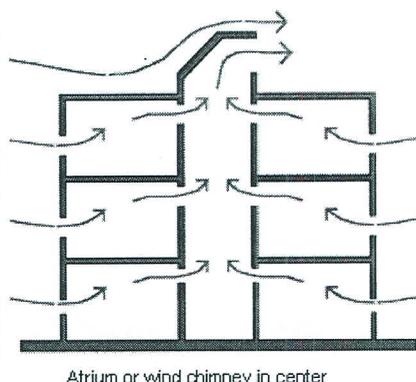
1. ความแตกต่างของความกดอากาศ โดยธรรมชาติอากาศจะไหลจากความกดอากาศสูงไปสู่ความกดอากาศต่ำ และเมื่อลมพัดผ่านอาคารมันจะพัดโอบรอบอาคาร ทำให้เกิดเป็นความกดอากาศสูงและต่ำ โดยทั่วไปเขตที่มีความกดอากาศสูง คือส่วนที่ลมพัดมาปะทะกับผนังส่วนที่มีความกดอากาศต่ำ ซึ่งอาจเรียกว่า Wind Shadow คือลมในเขตด้านหลังของอาคาร



ภาพที่ 2.4 แสดงการเกิดกระแสลมเนื่องจากความแตกต่างของความกดอากาศ

ที่มา : Allan Konya, Design Primer for Hot Climates (London : Architectural Press, 1980)

2. ความแตกต่างของอุณหภูมิ ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศ (ลม) เช่นกัน แต่โดยธรรมชาติจะเกิดเป็นส่วนน้อย กระแสลมจึงเกิดจากบริเวณความกดอากาศที่ต่างกันมากกว่าอุณหภูมิที่ต่างกัน ถ้ามีช่องทางเข้าของลมอยู่ด้านเดียวของห้องในทิศทางที่รับลม ก็จะไม่เกิดผลแต่อย่างใด เพราะผนังด้านตรงข้ามกับหน้าต่างทางลมเข้านั้น จะขวางกั้นลมอยู่ ทำให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูงในอาคารและถ้าห้องนั้น อยู่ตรงข้ามกับด้านที่รับลมก็จะเกิดบริเวณความกดอากาศต่ำเพื่อที่จะเกิดการถ่ายเทของอากาศ จะต้องออกแบบให้เกิดบริเวณความกดอากาศสูงและความกดอากาศต่ำต่อเนื่องกัน ที่สำคัญกว่าคือ จะต้องมียช่องทางเข้าทางด้านบริเวณความกดอากาศสูง



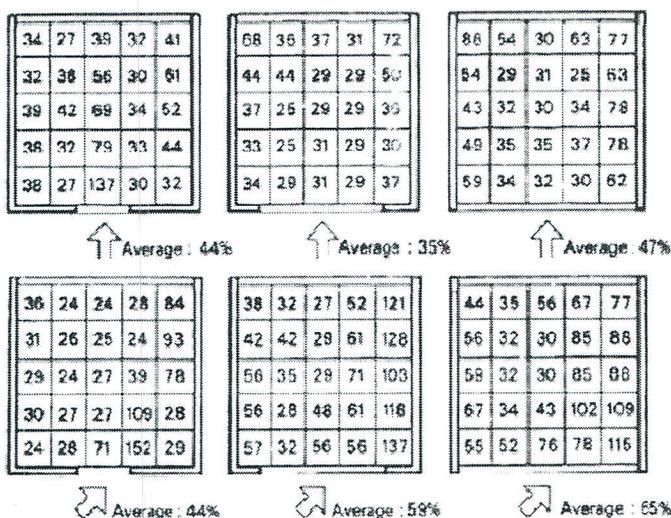
ภาพที่ 2.5 แสดงการเกิดกระแสลมเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ

ที่มา : Allan Konya, Design Primer for Hot Climates (London : Architectural Press, 1980)

อาคารที่กระแสลมพัดผ่านความเร็วลมจะลดลง ทำให้ด้านปะทะลมเกิดบริเวณความกดอากาศสูง และเกิดบริเวณความกดอากาศต่ำด้านประชิดของด้านที่ปะทะลม รวมทั้งด้านใต้ของลมก็เกิดความกดอากาศต่ำเช่นเดียวกัน เพราะลมไหลเข้าไป ซึ่งความดันอากาศที่ต่างกันของทั้งสองด้านดังกล่าว ทำให้เกิดการไหลของอากาศภายในอาคารดังนั้น การวางตำแหน่งของทางเปิดเข้าของอากาศจะได้ผลดีที่สุดที่ตำแหน่งความกดอากาศสูง และทางออกที่ตำแหน่งความกดต่ำของอากาศ (สมสิทธิ์ นิตยยะ 2541 : 120) อัตราการไหลเข้าแทนที่ของอากาศขึ้น อยู่กับ ความแตกต่างของความดันอากาศและประสิทธิภาพของการเปิดช่องให้อากาศเข้าออก อัตราการไหลเข้าแทนที่ของอากาศ ความเร็วสม่ำเสมอและทางเข้าและทางออกเท่ากัน

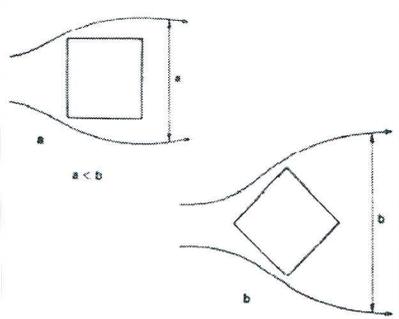
2.4.3 การเคลื่อนไหวของลม

เมื่อกระแสลมปะทะอาคารโดยตรง เป็นมุม 90 องศาแล้วจะเกิดบริเวณความกดอากาศสูงขึ้นที่บริเวณนี้ หากเปลี่ยนให้กระแสลมปะทะกับผนังอาคารเป็นมุม 45 องศา แล้ว ความกดอากาศสูงนี้จะลดลงไปเหลือ 50% ในการเปิดช่องลมหรือทำช่องหน้าต่างให้ดักลมได้มากที่สุด ได้มีการทำรายงานทดสอบกระแสลม โดยถือว่าความเร็วลมที่เข้าปะทะกับอาคารเป็น 100% และทำการวัดที่ระดับสูงจากพื้น 1.2 เมตร กระแสลมที่ปะทะอาคารเป็นมุม 45 องศา จะช่วยให้กระแสลมที่พัดเข้าภายในอาคารและมีการกระจายลมดีกว่า ดังแสดงในแผนภาพที่ 3



ภาพที่ 2.6 ทิศทางและปริมาณกระแสลมที่มีผลกับช่องเปิด

ที่มา : Koenigsberger et al., Manual of Tropical Housing and Building (London: Longman, 1974), 123.



ภาพที่ 2.7 เงาของลมที่มีผลต่อความเร็วลม

ที่มา : Koenigsberger et al., Manual of Tropical Housing and Building (London : Longman, 1974), 124.

การศึกษาของ Konya (1980 : 52) พบว่ากระแสลมที่มาปะทะกับตัวอาคารแล้วทำให้เกิดเงาของลมนั้น มีลักษณะของกระแสลมที่คล้ายตามกัน คือเมื่อแนวลมปะทะอาคารที่ 45 องศา แนวเงาของลมด้านหลังกว้างกว่าแนวลมที่ปะทะอาคาร 90 องศา ในการวางอาคารนั้น จำเป็นต้องเลือกระหว่างทิศของตะวันกับทิศของทางลม ซึ่งผลที่ออกมาก็มักจะเลือกเอาทิศตะวันที่สูง และตกแน่นอนทุกวัน ในการป้องกันความร้อนให้กับอาคาร

2.5 ทิศทางกระแสลมและการระบายอากาศในอาคาร

การระบายอากาศ คือการเปลี่ยนเอาอากาศเก่าภายในห้องออกไปและมีอากาศใหม่ซึ่งสดชื่นกว่ามาแทนที่การออกแบบอาคารในเขตร้อนชื้น ถ้าไม่ใช่เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์มาช่วย เช่น พัดลม เครื่องปรับอากาศ ก็ต้องคำนึงถึงการถ่ายเทอากาศตามวิถีธรรมชาติให้มากที่สุด และให้ลมพัดผ่านเข้ามาในห้องโดยรอบร่างกายผู้ที่อยู่อาศัย เพื่อเพิ่มความสบายให้แก่ร่างกาย ทำให้ได้รับอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกห้อง ช่วยลดความร้อนและความชื้น ประเทศในเขตร้อนชื้น ส่วนใหญ่ต้องการลมตลอดปี แม้แต่ประเทศในเขตอบอุ่นก็ต้องการกระแสลมในหน้าร้อนเช่นเดียวกัน การออกแบบช่องเปิดในตัวอาคารจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการที่จะให้ผู้อยู่อาศัยได้รับความสบาย

การถ่ายเทอากาศเกิดจากความแตกต่างกันของความดันอากาศ แต่จะได้ผลก็ต่อเมื่อมีการเปิดช่องเปิดทางลมเข้าและทางลมออก อีกทั้ง อากาศภายในจะมีความใกล้เคียงกันได้ ก็ต่อเมื่อทิศทางของลมตามปกติมากระทบอาคารแล้วเข้าออกช่องเปิดที่มีขนาดเท่ากัน อย่างไรก็ตามในฤดูร้อนความเร็วของกระแสลมที่มีเพียงพอก็สำคัญมากกว่าจำนวนการไหลเวียนของอากาศภายใน ส่วนความเร็วลมภายในบริเวณช่องเปิดทางลมเข้าจะมากที่สุด ก็ต่อเมื่อช่องเปิดทางเข้ามีขนาดเล็กและช่องเปิดทางออกมีขนาดใหญ่

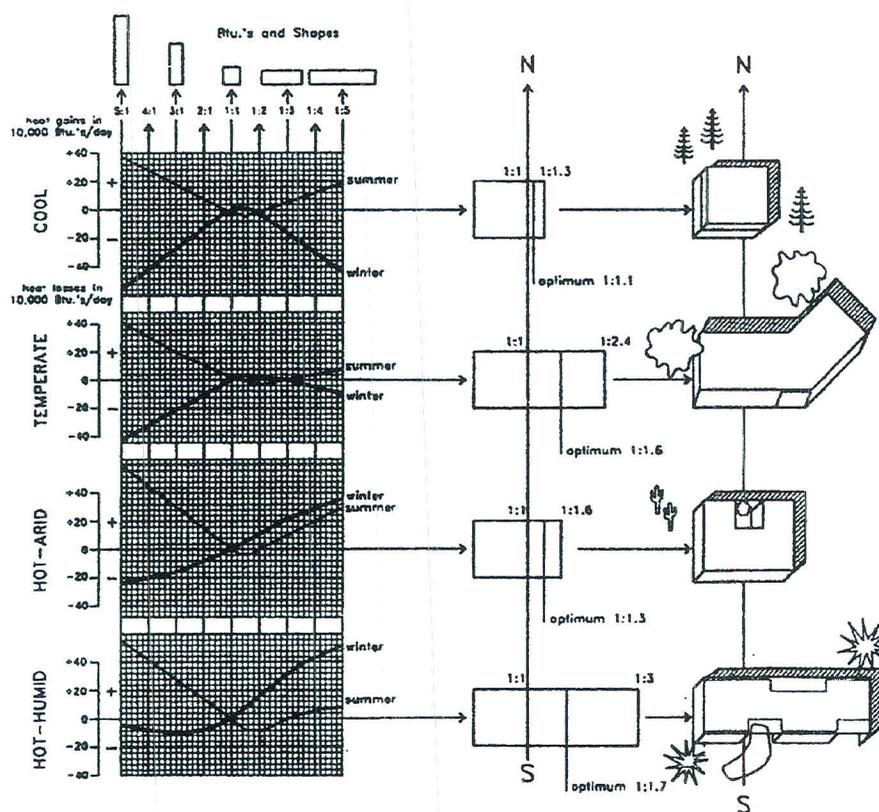
ถ้าทางเข้าและทางออกของลมเท่ากัน โดยอยู่ในระดับเดียวกันแรงลมภายในอาคารจะเป็นเส้นตรง โดยแรงดันด้านนอกจะเท่ากัน และถ้าใช้ช่องเปิดขนาดไม่เท่ากันในตำแหน่งที่ตรงกันจะเกิดความดันที่แตกต่างกันขึ้น กระแสลมที่เข้ามาภายในอาคารในลักษณะตั้งฉากจะมีลักษณะเหมือนลมก่อนเข้าโดยจะมีแรงเฉื่อยเกิดขึ้น ทิศทางกระแสลมจะไม่สมมาตร ถ้าช่องเปิดทางออกอันใดอันหนึ่งถูกบังคับอยู่ เช่น การปิดหน้าต่างถ้าเป็นช่องเปิดที่มีขนาดใหญ่ตรงกลางของห้องกระแสลมจะเป็นเส้นตรง โดยต้องระวังในส่วนของความเร็วลมจะลดลง และจะเปลี่ยนทิศทางถ้ามีสิ่งกีดขวาง เช่น เฟอร์นิเจอร์ หรือผนังกันภายใน ดังนั้น ในการวางสิ่งใดในส่วนต่างๆ ของห้อง ควรจะจัดวางโดยคำนึงถึงกระแสลมเป็นหลักด้วย

การระบายอากาศโดยใช้อุณหภูมิต่างกันระหว่างภายในห้องกับภายนอกห้องมีผลกับการระบายอากาศไม่เหมือนกัน โดยถ้าเป็นกระแสลมอบอุ่นจะลอยตัวขึ้น และถูกแทนที่โดยอากาศเย็น อุณหภูมิที่ต่างกันจะสูงขึ้น เมื่อเกิดความแตกต่างของขนาดช่องเปิดทางเข้าและทางออกมากๆ และจะใช้ได้ผลมากกับแบบระบายอากาศทางปล่อง สรุปได้ว่า ช่องเปิดที่ดีไม่ใช่เพียงแค่มียานที่มีมากหรือขนาดใหญ่โตเพียงอย่างเดียวเท่านั้น แต่ต้องคำนึงถึงการเจาะช่องเปิดให้สัมพันธ์กับทิศทางกระแสลมเข้าและออก จึงจะเกิดประโยชน์สูงสุด ในการทำให้เกิดการระบายอากาศที่ดี และช่วยให้เกิดความสบายขึ้น ในอาคารลมที่พัดผ่านนั้นเป็นได้ทั้ง ตัวพาความเย็นและพาความร้อนเข้ามาสู่อาคาร ขึ้นอยู่กับช่วงเวลาและทิศทางของอาคาร ดังนั้น การใช้ลมพัดผ่านก็ควรศึกษาคุณลักษณะของลมด้วย เพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการเลือกใช้

ตามหลักการนั้น การทำให้เกิด Cross Ventilation ที่ทำให้ลมเข้ามาภายในอาคารได้เต็มทีนั้น จะต้องวางอาคารให้ตั้งฉากกับทิศทางลม โดยมีช่องลมเข้าและออก แต่เนื่องจากทิศทางของลมประจำถิ่นของประเทศไทยนั้น ส่วนมากจะมาทางเดียวกับแสงแดด ได้แก่ ทิศตะวันตกเฉียงใต้ หรือ ตะวันตก และทางทิศใต้ ดังนั้น ในการออกแบบอาคารจึงควรมีวิธีป้องกันความร้อนที่จะเข้ามาที่ลมด้วย เช่น การใช้ชายคาบ้าน หรือการวางอาคารทำมุมกับ ทิศทางลม และการลดความร้อนบริเวณรอบอาคาร

2.6 รูปร่าง สัดส่วน ของอาคาร ที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศและสัมพันธ์กับทิศทางกระแสลม

ในการทดสอบเปรียบเทียบขนาดและสัดส่วนของอาคารขนาดเดียวกันของ Olgay (1969 : 89) ในลักษณะภูมิอากาศที่ต่างกันในสหรัฐอเมริกาโดยเปรียบเทียบเมืองต่างๆ ที่อยู่ในภูมิอากาศที่แตกต่างกัน คือ เขตหนาวจัด เขตอบอุ่น เขตร้อนแห้ง และเขตร้อนชื้น ซึ่งได้ผลการทดลองว่าสัดส่วนรูปร่างที่เหมาะสมของอาคารในแต่ละสภาวะอากาศ ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 การเปรียบเทียบขนาดและสัดส่วนของอาคารขนาดเดียวกันในลักษณะภูมิอากาศที่ต่างกัน

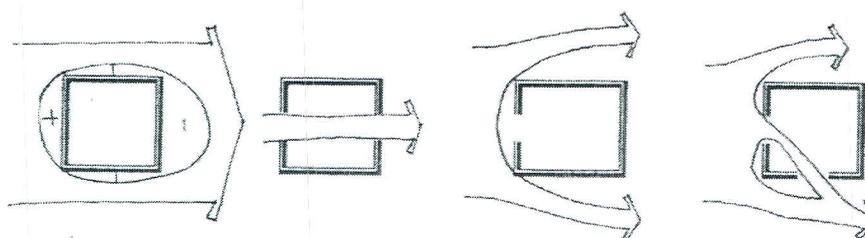
ที่มา : M. David Egan, Concepts in Thermal Comfort

(Englewood Cliffs : Prentice Hall, 1975), 25.

ภาพที่ 2.8 แสดงให้เห็นถึงสัดส่วนรูปร่างที่เหมาะสมของอาคารในภูมิอากาศที่ต่างกัน ดังนี้ สัดส่วนรูปร่างของอาคารในเขตหนาว ควรเป็น 1:1.3 สัดส่วนที่เป็น Optimum คือ 1:1.1 สัดส่วนรูปร่างของอาคารในเขตอบอุ่น ควรเป็น 1:2.4 สัดส่วนที่เป็น Optimum คือ 1:1.6 สัดส่วนรูปร่างของอาคารในเขตร้อนแห้ง ควรเป็น 1:1.6 สัดส่วนที่เป็น Optimum คือ 1:1.3 สัดส่วนรูปร่างของอาคารในเขตร้อนชื้น ควรเป็น 1:3 สัดส่วนที่เป็น Optimum คือ 1:1.7 ซึ่งประเทศไทยจัดอยู่ในเขตร้อนชื้น ดังนั้น รูปร่าง สัดส่วน ของอาคารที่เหมาะสมกับลักษณะภูมิอากาศ ควรเป็น 1 : 3 โดยสัดส่วนที่เหมาะสมที่สุด (Optimum) คือ 1 : 1.7 โดยให้อาคารด้านยาวเป็นด้านที่รับกระแสลม (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 29)

2.6.1 การระบายอากาศแบบ Cross Ventilation

การระบายอากาศแบบ Cross Ventilation เป็นการระบายอากาศแบบตรงกันข้าม ที่มีประสิทธิภาพ โดยมีช่องลมออกอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกันและมีขนาดช่องเปิดใกล้เคียงกัน

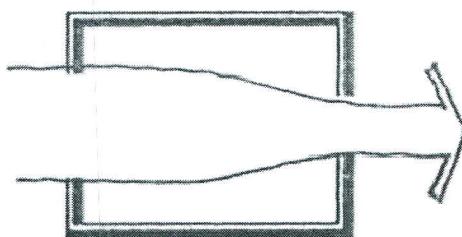


ภาพที่ 2.9 แสดงลักษณะการระบายอากาศแบบ Cross Ventilation

ที่มา : อ.วรากร สงวนทรัพย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

2.6.2 ขนาดช่องเปิดที่มีผลต่อกระแสลมภายในอาคาร

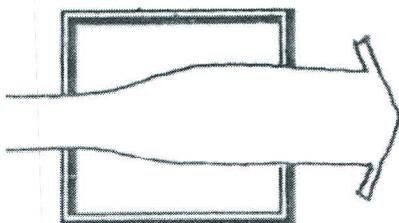
ในกรณีที่ช่องทางเข้าของลมขนาดใหญ่กว่าช่องทางออก จะทำให้มีความเร็วลมมากขึ้นบริเวณช่องทางออก



ภาพที่ 2.10 แสดงช่องลมออกขนาดเล็ก ช่องลมเข้าขนาดใหญ่

ในกรณีที่ช่องทางเข้าของลมขนาดเล็กกว่าช่องทางออก จะทำให้เกิดการคอดตัวของลมทำให้กระแสลมมีความเร็วสูงขึ้นภายในอาคาร

ที่มา : อ.วรากร สงวนทรัพย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

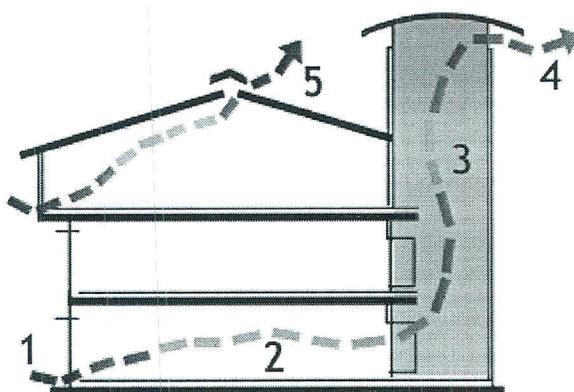


ภาพที่ 2.11 แสดงช่องลมออกขนาดใหญ่ ช่องลมเข้าขนาดเล็ก

ที่มา : อ.วรากร สงวนทรัพย์ คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การระบายอากาศแบบ Cross Ventilation สามารถทำให้ผู้ใช้อาคารเกิดความรู้สึกสบายได้ดีกว่าการระบายอากาศแบบ Stack Effect ซึ่งความเร็วลมภายในไม่เพียงพอกับการทำให้รู้สึกเย็น และการทำความเย็นให้กับโครงสร้างอย่างมีประสิทธิภาพ การระบายอากาศแบบ Cross Ventilation สามารถแบ่งออกตามประโยชน์ใช้งานได้เป็น 2 ประเภท แบบแรกเป็นการอาศัยความเร็วลมที่มากพอที่จะทำให้ผู้อยู่อาศัยภายในอาคารรู้สึกเย็นโดยการพัดพาเอาความชื้นบนร่างกายและรอบๆตัวไป เรียกว่า Comfort Ventilation

ส่วนอีกแบบเป็นการระบายอากาศในช่วงเวลาเดียว เพื่อทำความเย็นให้กับโครงสร้างอาคาร ซึ่งในช่วงเวลากลางวันโครงสร้างที่สะสมความเย็นไว้จะช่วยรักษาอุณหภูมิภายในและสร้างความเย็นให้กับภายใน (Heat Sink) วิธีการระบายอากาศประเภทนี้เรียกว่า Nocturnal Ventilative Cooling แต่วิธีการนี้จะเหมาะกับภูมิอากาศแบบร้อนแห้ง อุณหภูมิตอนกลางวันสูงตอนกลางคืนต่ำ ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดในแต่ละวันสูง ซึ่งไม่สามารถใช้ลมร้อนในช่วงเวลากลางวันสร้างความสบายให้แก่ผู้ใช้อาคารได้



ภาพที่ 2.12 แสดง Nocturnal Ventilative Cooling

ที่มา <http://gaia.lbl.gov/hpbf/picture/casestudy/inland/inlanddia3.jpg>

2.7 การระบายอากาศแบบ Comfort Ventilation

เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดในการสร้างความสบายให้กับผู้ใช้อาคาร โดยลมที่มีความเร็วพอประมาณจะช่วยพัดพาเอาความชื้น บนร่างกายและรอบๆตัวออกไป ทำให้เกิดความรู้สึกที่เย็นขึ้นทั้งที่อุณหภูมิอากาศยังเท่าเดิม หรือเพิ่มมากขึ้น กว่าเดิมก็ตามเพราะความร้อนได้ถูกพัดพาออกไปพร้อมกับความชื้น ด้วย ความรู้สึกเช่นนี้ เรียกว่า Physiological Cooling ปฏิกริยาเช่นนี้จะเกิดขึ้นในสภาพภูมิอากาศที่มีความชื้น สูงและมีความเร็วลมพอสมควร ลมที่พัดพาเอาความชื้น ที่มีความเร็วลมมากก็จะช่วยให้มนุษย์รู้สึกสบายมากขึ้น เนื่องจากความชื้นและความร้อนสามารถถ่ายเทออกไปได้อย่างรวดเร็ว

ในบางช่วงเวลาและบางสถานการณ์ลมที่เรานำมาใช้ในการระบายอากาศนั้น จะเป็นการเพิ่มอุณหภูมิภายในก็ตาม แต่ในหลักการของ Physiological Cooling ที่มีลมมาพัดพาเอาความชื้นออกไปไม่ว่าลมนั้นจะเป็นลมร้อนก็ตามจะทำให้เกิดประสิทธิภาพมากกว่าไม่มีการระบายอากาศ แต่อุณหภูมิภายนอกก็ไม่ควรสูงเกินไปประมาณ 30 - 32 องศาเซลเซียส และความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุดของแต่ละวันไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นลักษณะของภูมิอากาศแบบร้อนชื้น แต่หากในบางช่วงเวลาไม่สามารถที่จะใช้การระบายอากาศได้ ก็ควรเปิดพัดลมเพื่อช่วยในการพัดพาความชื้นด้วย

2.8 การป้องกันความร้อนเพิ่มจากการเจาะช่องเปิด

ในการเจาะช่องเปิดนั้นมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับปริมาณความร้อนที่จะเข้าสู่อาคารมาก ดังนั้นในการเจาะช่องเปิดจึงควรมีการป้องกันความร้อนที่จะเข้าสู่อาคาร ซึ่งมีอยู่หลายวิธี เช่น

- ทิศทางของด้านที่เจาะช่องเปิด ในทิศตะวันตกเป็นด้านที่ไม่เหมาะสมในการเจาะช่องเปิดชนิดต่างๆ เพราะเป็นด้านที่ได้รับแสงแดดแรงโดยตรง เป็นเวลานาน ส่วนด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้มีการเจาะช่องเปิดได้บ้าง เพื่อให้รับกับมุมเบี่ยงของดวงอาทิตย์ในตอนเช้าของฤดูหนาวส่องถึงได้ ทำให้ภายในอาคารมีความอบอุ่นมากขึ้น และควรเลือกทิศทางในการเปิดช่องเปิดให้สัมพันธ์กับทิศทางของลมด้วย

- การเจาะช่องเปิด ถ้าหากไม่จำเป็นไม่ควรเปิดถึงพื้นเพราะอาจทำให้แสงแดด ทั้งโดยตรงและทางอ้อมเข้าสู่ตัวอาคารได้ ทั้งนี้จะต้องมีการออกแบบชายคาและรูปแบบสถาปัตยกรรมโดยรอบอาคารอย่างดี ถึงแม้ว่าจะมีการวางทิศทางของอาคารที่ดีแล้วก็ตาม

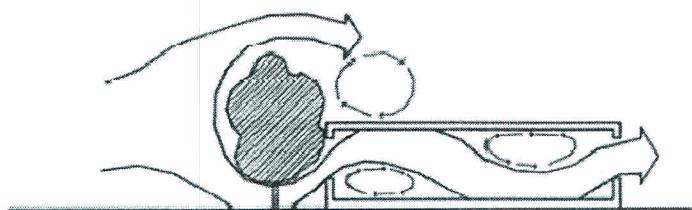
- นอกจากการออกแบบอุปกรณ์บังแดดไม่ให้แสงแดดกระทบกับช่องเปิดโดยตรง ซึ่งเป็นสิ่งที่จำเป็นมากแล้ว การป้องกันไม่ให้อุปกรณ์บังแดดแผ่ความร้อนเข้าสู่ภายในอาคารทางช่องเปิดก็มีความจำเป็นเช่นกัน ซึ่งอาจทำได้โดยการแยกให้อุปกรณ์บังแดดอยู่ห่างจากช่องเปิดออกมา และให้มีลมพัดผ่านเป็นการระบายอากาศให้กับอุปกรณ์บังแดดได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ควรมีการออกแบบเพื่อป้องกันการสะท้อนของอุปกรณ์บังแดด ซึ่งจะสะท้อนแสงอาทิตย์ด้วยมุมที่พอเหมาะแล้วเข้าสู่ภายในอาคารได้เช่นกัน (สมสิทธิ์ นิตยะ 2541 : 168 - 169)

สิ่งแวดล้อมที่อยู่ใกล้อาคาร ไม่ว่าจะเป็นการปลูกต้นไม้ในบริเวณใกล้อาคารจะมีผลต่อการไหลของกระแสลม ทำให้ลมเปลี่ยนแปลงทิศทางรวมทั้งความเร็วที่จะเข้าสู่อาคารได้มากขึ้นหรือน้อยลง แต่ต้นไม้จะมีผลทำให้ลมที่พัดผ่านเข้าไปในอาคารเย็นขึ้น และยังทำให้การไหลของกระแสลมภายในอาคารเปลี่ยนไปอีกด้วย ทั้งนี้ต้นไม้ที่อยู่ด้านทางออกของลม จะมีผลต่อกระแสลมเพียงเล็กน้อยหรือแทบไม่มีเลย นอกจากต้นไม้จะกั้นขวางลมตรงทางออกพอดี จึงจะส่งผลต่อกระแสลม ทั้งนี้เพราะส่วนประกอบต่างๆของภูมิสถาปัตยกรรม รวมทั้งต้นไม้พุ่ม ผนัง รั้ว สามารถทำให้เกิดแหล่งความกดอากาศต่ำและความกดอากาศสูงรอบๆตัวอาคารได้” (สมสิทธิ์ นิตยะ 2541 : 101)

ดังนั้นการจัดสวน ปลูกต้นไม้ ตลอดจนการจัดวางส่วนประกอบต่างๆรวมถึงสิ่งแวดล้อม นอกจากความสวยงาม ช่วยบังแดดเพิ่มความร่มรื่น เกิดความสบายแก่ผู้อยู่อาศัย แล้วยังทำให้ภายนอกอาคารสดชื่นน่าอยู่ ตำแหน่งและขนาดของต้นไม้ ก็ยังช่วยทำให้ลมพัดผ่านเข้าอาคารได้ตามต้องการ (ตรึงใจ บุรณสมภพ 2539 : 75) แต่ต้องทำด้วยความระมัดระวังไม่ไปลดปริมาณลมที่จะเข้าไปในอาคาร โดยการจัดวางตำแหน่งที่ดีและถูกต้อง

การไหลของกระแสลมที่เกิดจากพืชหลายชนิดรวมกัน ผลของการทดลองพบว่า พืชให้ผลกับกระแสลมที่พัดผ่านและรอบๆอาคาร รวมทั้งทำให้เกิดการเปลี่ยนทิศทางในการพัดผ่านภายในอาคาร ส่วนพืชทางด้านปลายลมมีผลกระทบบกกับกระแสลมน้อยมาก หรือไม่ส่งผลเลย นอกจากจะอุดอยู่ปากทางออกของกระแสลมเท่านั้น ในส่วนของตำแหน่งของพืชอาจส่งผลให้เกิดการลดหรือเพิ่มของการไหลของกระแสลมผ่านอาคาร (สมสิทธิ์ นิตยะ 2541 : 10 - 13) ดังแสดงในแผนภาพที่ 6 ในกรณีนี้จะแสดงเฉพาะผลของกระแสลมกับต้นไม้ใหญ่ ที่มีความสูงประมาณ 30 ฟุต เนื่องจากในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีเพียงต้นไม้ใหญ่ดังกล่าวเท่านั้นที่เข้ามามีอิทธิพลกับกระแสลมที่กระทำกับตัวอาคารทั้งภายนอกและภายใน

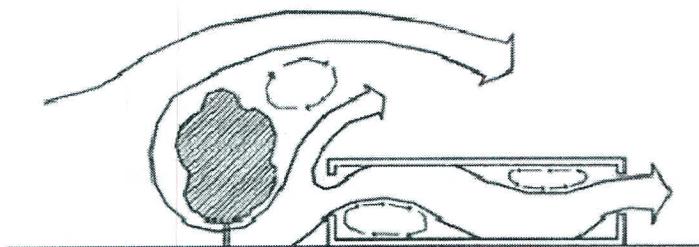
ภาพที่ 2.13 และจากการศึกษาของ Egan (1975 : 43) และการศึกษาของ Moore (1993 : 66) แสดงให้เห็นคล้ายตามกันว่า ถ้าหากมีความต้องการจัดสวน หรือปลูกต้นไม้ ซึ่งในกรณีนี้เป็นต้นไม้ยืนต้น แล้วจะทำให้มีผลกระทบบกทิศทาง ปริมาณ และความเร็วลมที่มากกระทำทั้งภายนอกและภายในอาคารน้อยที่สุด ควรปลูกต้นไม้ใหญ่นั้นให้ห่างจากตัวอาคารประมาณ 30 ฟุต เป็นอย่างน้อย



ภาพที่ 2.13 แสดงการปลูกต้นไม้ระยะห่าง 5 ฟุต

ที่มา : สมสิทธิ์ นิตยะ, การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

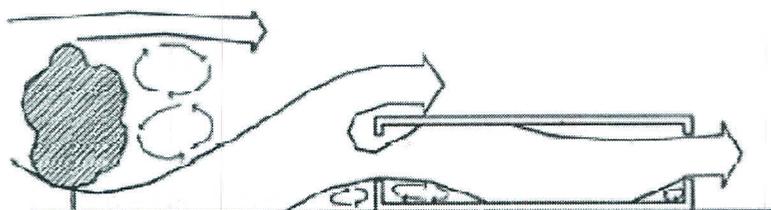
(กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541), 107



ภาพที่ 2.14 แสดงการปลูกต้นไม้ระยะห่าง 10 ฟุต

ที่มา : สมสิทธิ์ นิตยะ, การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

(กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541), 107.



ภาพที่ 2.15 แสดงการปลูกต้นไม้ระยะห่าง 30 ฟุต

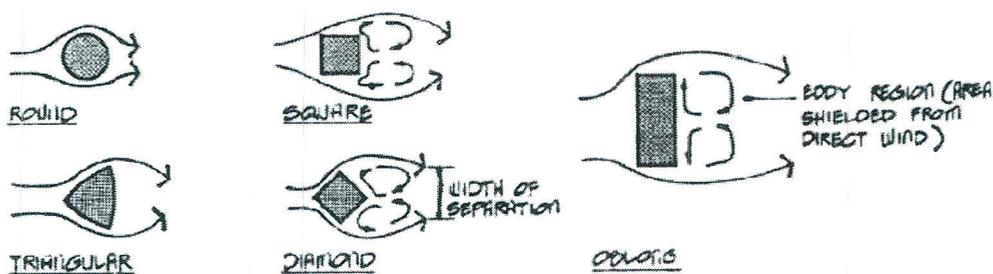
ที่มา : สมสิทธิ์ นิตยะ, การออกแบบอาคารสำหรับภูมิอากาศเขตร้อนชื้น

(กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2541), 107.

การออกแบบช่องเปิดในอาคารก็เพื่อต้องการให้ลมพัดผ่านเข้ามาภายในอาคาร เพื่อช่วยในการระบายอากาศ แต่ปริมาณความต้องการกระแสลมจะขึ้นอยู่กับฤดูกาลและกิจกรรมทำอยู่ในแต่ละห้อง และเพื่อให้ได้ความเร็วของกระแสลมตามความต้องการสามารถนำปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการเบี่ยงเบนและการพัดพาของกระแสลมมาพิจารณาและประยุกต์ใช้ได้ มีดังนี้

2.9 รูปทรงของอาคาร

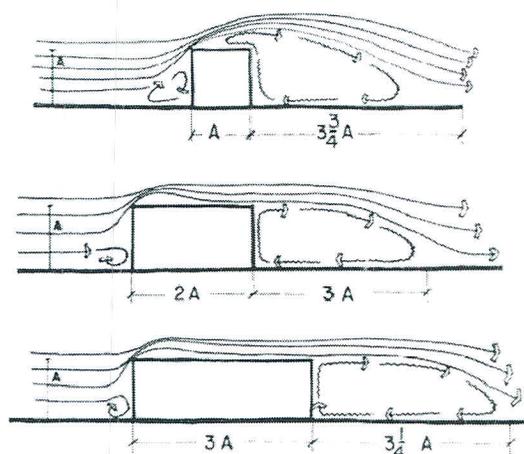
ลักษณะของรูปทรงอาคารมีผลกับทิศทางของกระแสลม เพราะทำให้เกิดความกดอากาศที่ต่างกัน ดังเช่นที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น คือ การเกิดกระแสลมนั้นเกิดขึ้นได้จากความแตกต่างของความกดอากาศ คือด้านที่ลมปะทะจะมีความกดอากาศสูงและด้านหลังเกิดความกดอากาศต่ำ



ภาพที่ 2.16 ทิศทางกระแสลมที่มากกระทบกับอาคารที่มีรูปทรงต่างกัน

ที่มา : M. David Egan, Concepts in Thermal Comfort

(Englewood Cliffs : Prentice Hall, 1975), 39



ภาพที่ 2.17 ทิศทางกระแสลมที่มากกระทบกับด้านข้างอาคารที่มีรูปทรงสี่เหลี่ยมแต่ขนาดต่างกัน

ที่มา : Michael G Malaragns, Wind in Architectural and Environmental Design

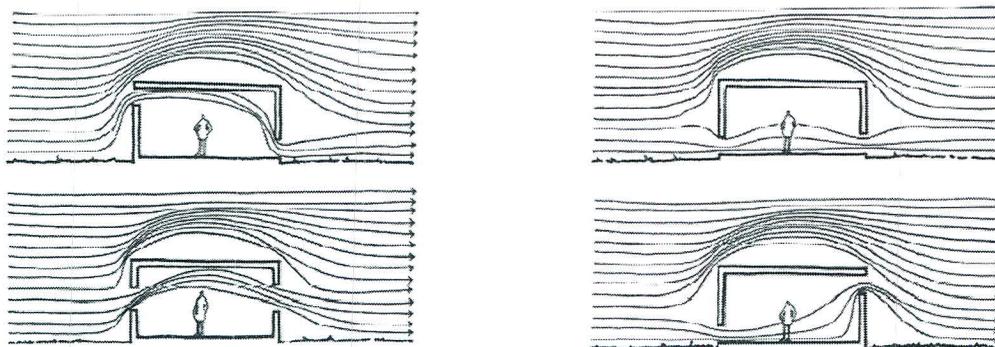
(New York : Van Nostrand Reinhold, 1982), 348.

2.10 ตำแหน่งของช่องเปิด

ตำแหน่งของช่องเปิดมีความสำคัญกับการระบายอากาศภายในอาคาร นอกจากเป็นตัวควบคุมให้เกิดความแตกต่างของความกดอากาศ แล้วยังส่งผลไปถึงความเร็ว ปริมาณ และทิศทางที่จะเข้ามาภายในห้องอีกด้วย ถ้าตำแหน่งของช่องเปิดอำนวยต่อการถ่ายเทความร้อนกระแสลมก็จะสามารถนำความร้อนออกไปได้มาก และลมเย็นภายนอกก็จะไหลเวียนเข้ามาแทนที่ได้มากด้วย

การออกแบบช่องเปิดควรให้ตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้าอยู่ในตำแหน่งที่ลมพัดผ่านอยู่เป็นประจำ และหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดที่มีทางเข้าและทางออกของลมอยู่ในผนังด้านเดียว เพราะลมจะไม่เข้าไปภายในอาคาร หากเข้าก็เพียงแค่ว่าบริเวณใกล้ๆกับช่องเปิด เพราะภายในห้องจะมีความกดอากาศสูงนั่นเอง ถึงแม้ว่าจะเป็นทิศทางที่ลมพัดเป็นประจำก็ตาม และหลีกเลี่ยงการเจาะช่องเปิดในตำแหน่งที่ชิดกับอาคารข้างเคียง เพราะลมจะเข้าไม่ถึงภายในอาคาร หากเข้าก็เพียงเล็กน้อยเท่านั้น การเจาะช่องเปิดที่ดีควรอยู่ในระดับร่างกาย หรือระดับที่มีการใช้งานตามลักษณะของอาคารนั้นๆ ตำแหน่งที่เหมาะสมคือทางเข้าอยู่ในระดับร่างกายทางออกอยู่เหนือระดับร่างกาย เพราะจะเกิดการไหลเวียนของอากาศที่ดี และต้องคำนึงถึงองค์ประกอบอื่นๆด้วย เช่น การกั้นผนังภายใน ตำแหน่งของเฟอร์นิเจอร์ กันสาด ลักษณะและชนิดของช่องเปิด และรูปทรงอาคาร ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 93, 95)

ดังแผนภาพที่ 2.17 และการศึกษาของ Konya (1980 : 53) การศึกษาของ Malaragns (1982 : 331) และ Koenigsberger (1974 : 125) มีความสอดคล้องกันว่า “ตำแหน่งของช่องเปิดนั้นเป็นตัวควบคุมทำให้เกิดความแตกต่างของความกดอากาศ ซึ่งมีผลไปถึงความเร็วลม ปริมาณและทิศทางของกระแสลม ที่จะเข้ามาภายในห้อง” (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 93)



ภาพที่ 2.18 ลักษณะของลมที่เข้ามาในช่องเปิดทางเข้าและออกในตำแหน่งต่างๆกัน
มีผลกับกระแสลมที่เข้ามาภายในห้อง

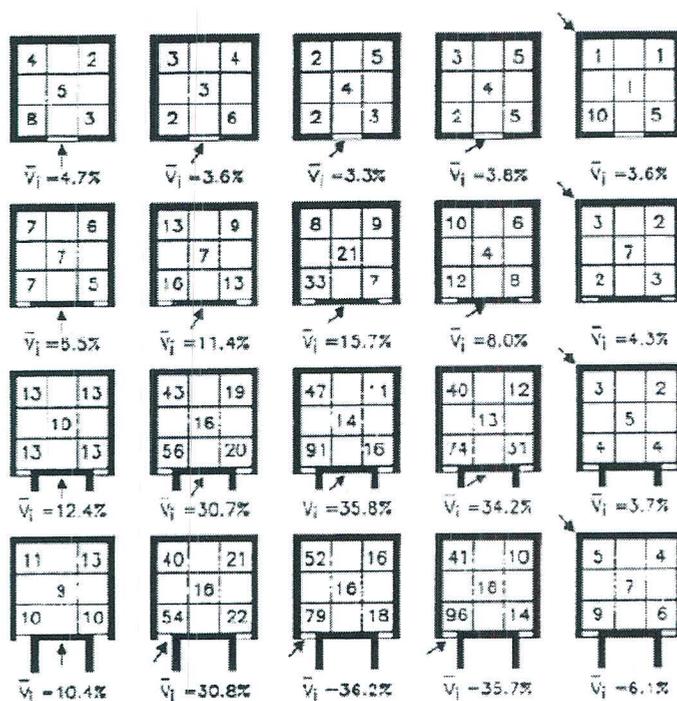
ที่มา : Fuller Moore, Environmental Control Systems

(n.p. : McGraw Hill, 1993), 184.

การเจาะช่องลมให้ได้ประโยชน์สูงสุดควรให้ลมพัดผ่านผู้ใช้สอยภายในให้มากที่สุด จากรูปข้างต้นจะเห็นว่าตำแหน่งช่องเปิดทางเข้าและทางออกของลมอยู่ด้านบน ลมจะไม่พัดผ่านในระดับความสูงของร่างกายเลย หากตำแหน่งช่องเปิดทางเข้าและทางออกของลมอยู่ด้านล่าง จะเกิดการพัดผ่านของกระแสลมที่ดีและลมจะพัดผ่านในระดับร่างกาย หากตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้าอยู่ด้านล่าง ทางออกอยู่ด้านบน จะทำให้กระแสลมอยู่ในระดับต่ำ ลมพัดผ่านในระดับที่มีการใช้งาน และหากตำแหน่งของช่องเปิดทางเข้าอยู่ด้านบน ทางออกอยู่ด้านล่าง จะทำให้กระแสลมอยู่ในระดับเพดานและไม่พัดผ่านพื้นที่ที่มีการใช้งานเช่นเดียวกับตำแหน่งช่องเปิดทางเข้าและทางออกอยู่ด้านบน แต่จะเป็นประโยชน์ในด้านของการระบายความร้อนบริเวณเพดานห้องซึ่งมีมาก เนื่องจากรับความร้อนมาจากหลังคานั้นเอง

2.11 ทิศทางการไหลของกระแสลมเมื่อมีสิ่งประกอบบริเวณช่องเปิดทางเข้าและทางออก

ลักษณะ ขนาด และตำแหน่งของสิ่งประกอบมีผลต่อการไหลของกระแสลมที่เข้ามาภายในห้องว่าจะมากหรือน้อย

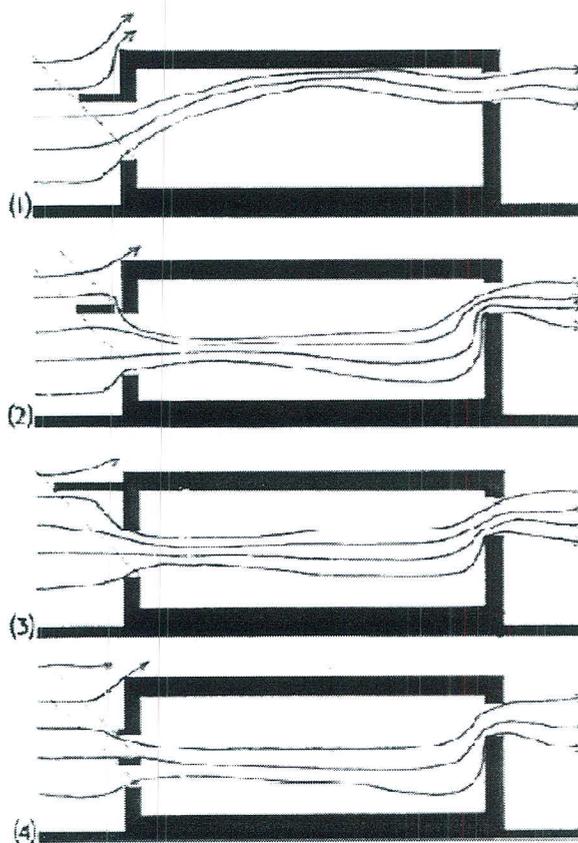


ภาพที่ 2.19 ผลการทดสอบประสิทธิภาพในการใช้สิ่งประกอบช่องเปิดแนวตั้ง
ต่อความเร็วลมภายใน (V_i = ความเร็วลมภายใน)

ที่มา: Baruch Givoni, *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*

(New York : Van Nostrand Reinhold, 1994), 46

จากภาพที่ 2.19 วิเคราะห์ได้ว่า ความเร็วลมภายในห้องและทิศทางของลมที่สัมพันธ์กับช่องเปิดนั้น สำหรับห้องที่มีช่องเปิดอยู่เพียงด้านเดียวนั้น จะมีการระบายอากาศไม่ดี เพราะความกดอากาศระหว่างภายนอกกับภายในมีความแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ส่วนการเปิดช่องเปิดข้างเดียวกัน ลมจะเข้ามาภายในห้องได้น้อยมากหรือแทบไม่มีเลย แต่หากมีสิ่งประกอบทางตั้งมาใช้กับช่องเปิดก็จะสามารถช่วยให้กระแสลมที่มาปะทะเข้ามาภายในห้องได้มากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากสิ่งประกอบนั้น จะช่วยให้เกิดความกดอากาศที่ต่างกันมากขึ้น บนช่องเปิดทั้ง 2 อย่างชัดเจน หากลมที่มาปะทะผนังห้องทำมุม 45 องศา โดยมีสิ่งประกอบทางตั้งของช่องเปิดมาช่วยบังคับทิศทางก็สามารถทำให้ปริมาณ และความเร็วของลมเข้ามาภายในห้องมากขึ้นได้ (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 112)



ภาพที่ 2.20 การใช้สิ่งประกอบช่องเปิดแนวอนที่มีลักษณะต่างกัน
และส่งผลต่อกระแสลมภายในต่างกัน

ที่มา : Martin Evans, Housing, Climate and Comfort

(London : Architectural Press, 1980), 129.

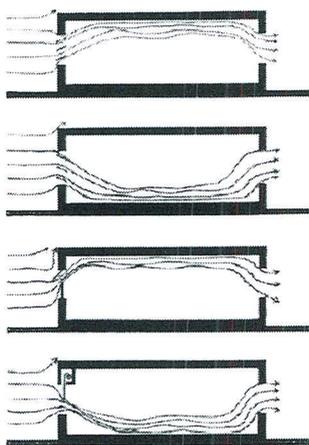
ภาพที่ 2.20 และจากการศึกษาของ Konya (1980 : 54) มีความคล้ายตามกันทำให้วิเคราะห์ได้ว่า การออกแบบให้สิ่งประกอบทางแนวอนอยู่ห่างจากตัวอาคารเล็กน้อย จะทำให้ลมเข้ามาภายในห้องและพัดผ่านบริเวณการใช้งานภายใน (Body Zone) ได้ดีกว่าอยู่ชิดกับตัวอาคาร เนื่องจากผนังที่อยู่ห่างจากสิ่งประกอบทำให้เกิดความแตกต่างของความกดอากาศทำให้กระแสลมที่มาปะทะสามารถไหลเวียนได้ ทำให้ลมด้านที่ชิดกับสิ่งประกอบเกิดแรงดันขึ้น กระแสลมก็จะเปลี่ยนทิศทางและเข้ามาภายในห้องมากและแรงขึ้น โดยเฉพาะบริเวณผนังใกล้สิ่งประกอบ จะเห็นความแตกต่างได้อย่างชัดเจน (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 110 - 111)

2.11.1 ชนิดของบานเปิดที่ส่งผลต่อกระแสลมที่เข้ามาภายในห้อง

ทิศทาง ขนาดปริมาณของกระแสลมที่จะเข้ามาภายในอาคารนั้นก็ขึ้นอยู่กับชนิดของบานเปิดด้วยเช่นกัน เพราะจะทำให้ลักษณะของลมภายในอาคารแตกต่างกันออกไป ซึ่งต่อไปนี้เป็นตัวอย่าง

รูปแบบพื้นฐานของช่องเปิดที่มีผลต่อการระบายอากาศ และสามารถนำหลักการดังกล่าวไปพิจารณาในเลือกใช้รูปแบบของช่องเปิดที่เหมาะสมต่อไป

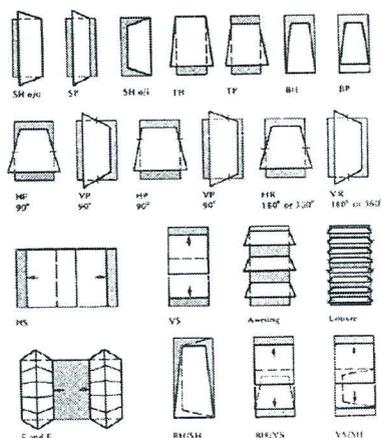
ตั้งในภาพที่ 2.21 และจากการศึกษาของ Koenigsberger (1974 : 126) และ Konya (1980 : 54) มีความคล้ายตามกันจึงวิเคราะห์ได้ว่า ทิศทางและความเร็วของกระแสลมจะเปลี่ยนไปตามชนิดของบานเปิดเมื่อลมมากระทบ ซึ่งหน้าต่างบานเกล็ดและบานกระทุ้งมีผลกับการเบี่ยงเบนทิศทางของกระแสลมมากกว่าบานเปิดหรือบานเฟี้ยม โดยจะทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของกระแสลมในแนวตั้งอีกด้วย (มาลินี ศรีสุวรรณ 2543 : 113 - 114)



ภาพที่ 2.21 ลักษณะกระแสลมภายในที่เกิดจากการใช้บานเปิดชนิดต่างกัน

ที่มา : Martin Evans, Housing, Climate and Comfort

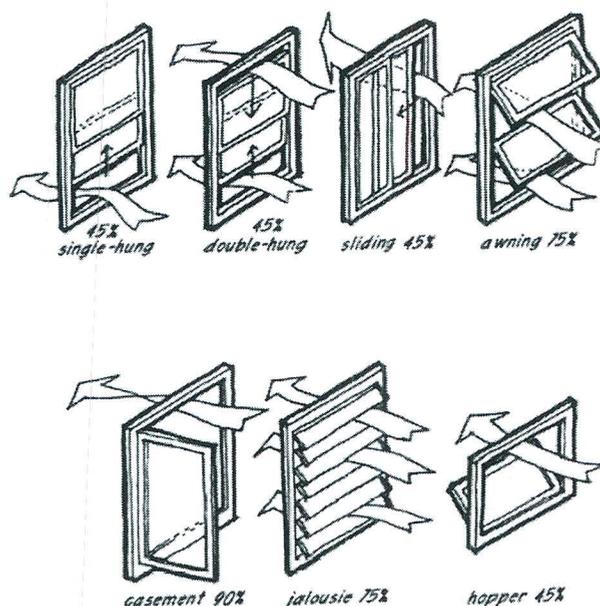
(London : Architectural Press, 1980), 130.



ภาพที่ 2.22 ลักษณะการเปิดของบานเปิดชนิดต่าง

ที่มา: Ian D. Collin and Eric J. Collins, Window Selection A Guide for Architect and

Designers (London : Newnes - Butterworths, 1977), 20.



ภาพที่ 2.23 สัดส่วนพื้นที่ของบานเปิดแบบต่างๆ

ที่มา : Fuller Moore, Environmental Control Systems
(n.p. : McGraw Hill, 1993), 193.

จากแผนภาพที่ 2.24 ได้แสดงถึงสัดส่วนพื้นที่ของบานเปิดแบบต่างๆและสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้ หน้าต่างบานกระทุ้งคู่ใช้เพื่อให้ได้ระดับความสูงของการระบายอากาศ เนื่องจากบานกระทุ้งจะเป็นตัวส่งกระแสลมขึ้นข้างบนใช้ควบคุมการปรับกระจายกระแสลมในแนวตั้งได้ แต่ไม่สามารถควบคุมระดับและทิศทางลมภายในได้มากจะมีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดประมาณ 75% หน้าต่างบานเลื่อน มีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดในการรับลมน้อยที่สุด ประมาณ 45 % ประสิทธิภาพในการควบคุมระดับและทิศทางของลมภายในน้อยกว่าแบบแรก เนื่องจากทิศทางเคลื่อนที่ของอากาศในระนาบทางนอนมีมากกว่าทางตั้ง

หน้าต่างบานเปิด หากเราเปิดตั้งฉากด้านเดียวจะทำหน้าที่เป็นทางลมเข้าและลมออกได้ แต่หากเปิดพร้อมกันทั้ง 2 บาน อาจเกิดการแทรกสอดของลมทำให้ลมเข้าสู่อาคารได้น้อย แต่ตัวบานเปิดนั้นจะทำหน้าที่คล้ายสิ่งประกอบทางตั้ง คือสามารถใช้เหนี่ยวนำกระแสลมได้ด้วยบานเปิดของตัวเอง และบานเปิดชนิดนี้จะมีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดในการรับลมมากที่สุด ประมาณ 90 % สามารถใช้เหนี่ยวนำกระแสลมได้

หน้าต่างบานเกล็ด ลักษณะคล้ายกับบานกระทุ้งแต่สามารถควบคุมลมทางตั้งได้ ปรับมุมสูงต่ำได้เพื่อให้เกิดทิศทางและการกระจายตัวของลมที่สอดคล้องกับกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในอาคารได้อย่างเหมาะสม แต่มีข้อเสียในด้านมุมมองและมีสัดส่วนของพื้นที่ช่องเปิดประมาณ 75%

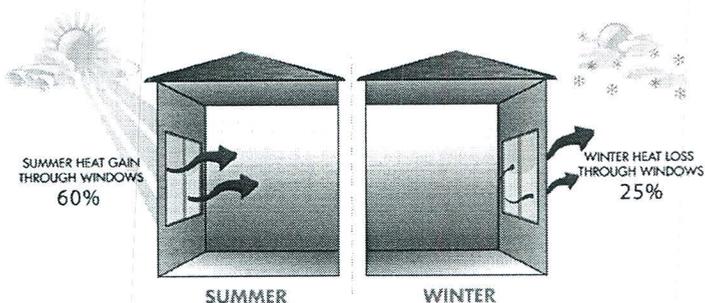
2.11.2 การถ่ายเทความร้อนในอาคาร

พฤติกรรมความร้อนในอาคารโดยพื้นฐานแล้วส่วนหนึ่งของการกำหนดรูปร่างของสถาปัตยกรรม การก่อสร้าง วัสดุที่ใช้ในการก่อสร้าง สภาพแวดล้อมรอบๆอาคารทั้งในสเกลใหญ่และเล็ก โดยทั่วไปโครงสร้างของอาคารประกอบด้วยส่วนประกอบที่มีความสามารถในการนำพาความร้อนแตกต่างกัน แต่ผลโดยรวมของวัสดุต่างๆ จะเป็นตัวกำหนดความร้อนในตัวอาคาร การคำนวณ อาจจะแยกเป็นแต่ละส่วนของอาคาร เช่น ส่วนผนังกระจก ส่วนพื้นคอนกรีต ส่วนหลังคาเหล็กกรีด เป็นต้น คุณสมบัติของวัสดุแต่ละตัวจะถูกถึงในแง่ของค่า R หรือ ค่า U ซึ่งเป็นค่าที่บอกถึงความสามารถ ในการต้านทานหรือปล่อยผ่านความร้อนเข้าสู่อาคาร ในกรณีที่ต้องการศึกษาในเชิงลึกหรือในอาคารที่ซับซ้อน อาจจะต้องใช้โปรแกรมทางคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการคำนวณอาคารทั้งหลังอาจจะถูกนำมาคำนวณจากส่วนประกอบต่างๆ ความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ความร้อนจากดวงอาทิตย์ อากาศภายนอก กระจก และอื่น ๆ ดังนั้นพื้นฐานที่ทำให้เกิดการรับความร้อนเข้ามาสู่อาคารหรือการที่ความร้อนไหลออกจากอาคารจะต้องถูกนำมาพิจารณา เป็นไปได้ที่จะสามารถคำนวณหาสภาพอากาศภายในที่เหมาะสมสำหรับการอยู่อาศัยหรือใช้งาน หรือหาค่าความต้องการในการติดตั้งระบบปรับอากาศ

2.13.3 Heat Loss and Gain

เป็นที่ประจักษ์กันดีว่าอาคารพาณิชย์หรืออาคารสำนักงานทั้งหลายความต้องการในการทำความเย็นเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดแม้แต่ในเมืองหนาว เป็นเพราะว่าอาคารเหล่านี้มีอุปกรณ์ไฟฟ้าหรือ แสงที่ทำให้เกิดความร้อนภายในมากมาย แม้แต่จากตัวผู้ใช้อาคารเอง ในขณะที่อาคารที่พักอาศัย หรือบ้าน จะมีความสอดคล้องกับอากาศภายนอกมากกว่า

เมื่อพิจารณาถึงความร้อนของอาคารจะต้องพิจารณาแหล่งต่างๆ ที่ส่งผลถึงการเกิดความร้อนทั้งหมดภายในอาคารเองและภายนอก (Heat Gain) และนำมาลบออกจากความร้อนที่สูญเสียออกไป จากอาคาร (Heat Loss) ถ้าความร้อนที่รับเข้ามามากกว่าที่สูญเสียออกไปจะทำให้อาคารร้อนขึ้น จึง ต้องการแหล่งความเย็นเข้ามาทำให้เกิดสภาวะน่าสบายสำหรับผู้ใช้อาคาร ในขณะเดียวกัน หาก ความร้อนที่สูญเสียออกไปมากกว่าความร้อนที่รับเข้ามา อาจจะเนื่องจากอากาศภายนอกที่เย็นกว่า จะทำให้อาคารเย็นลง ส่วนนี้อาจจะต้องการความร้อนเข้ามาทำให้เกิดความสบายในการอยู่อาศัย เช่นเดียวกัน



ภาพที่ 2.24 แสดงการรับความร้อนและคลายความร้อนของอาคาร

ที่มา : Fuller Moore, Environmental Control Systems

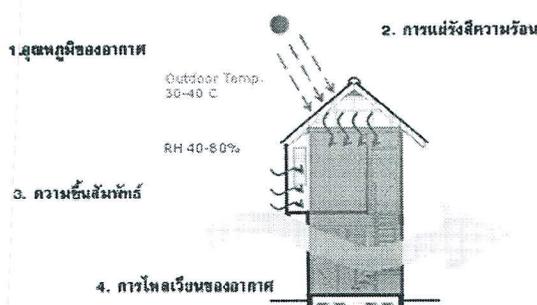
(n.p. : McGraw Hill, 1993), 193.

ดังนั้นการที่จะเข้าใจว่าอาคารควรจะเป็นอย่างไรในสถานะที่แตกต่างและทำให้เกิดการใช้พลังงานสำหรับสร้างความพอดีในการอยู่อาศัยหรือใช้งาน จะต้องเข้าใจพฤติกรรมของการไหลเวียนของ ความร้อนภายในอาคารเป็นสำคัญ

2.11.4 Energy Flow Path

การไหลเวียนของพลังงานในอาคารประกอบไปด้วย

- Long-wave Radiation เป็นพลังงานความร้อนที่แผ่ออกมาจากวัตถุหนึ่งซึ่งมีความร้อนต่ำกว่า 100 เซลเซียส แต่ละองค์ประกอบทั้งภายในและภายนอกอาคารมีการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยการแผ่รังสีอยู่ตลอดเวลาเมื่อมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน ดังนั้นผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงการแผ่รังสีของโครงสร้างที่อยู่ใกล้ๆ กัน พื้นทางเดิน พื้นที่จอดรถ หรือพื้นผิวสีเข้มซึ่งเก็บความร้อนมากๆ ที่อยู่ใกล้กับอาคาร พื้นผิวสีเข้มสามารถรับความร้อนจากดวงอาทิตย์และทำให้อุณหภูมิสูงมากกว่า 50 เซลเซียสได้



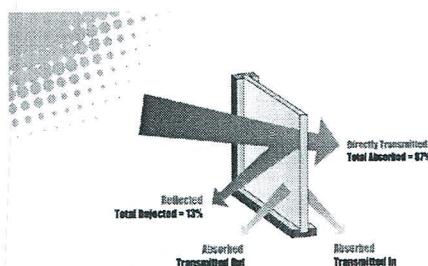
ภาพที่ 2.25 แสดงการไหลเวียนของความร้อนกับอาคาร

ที่มา : Fuller Moore, Environmental Control Systems

(n.p. : McGraw Hill, 1993), 193.

- Short-wave Radiation โดยพื้นฐานแล้วเป็นรังสีที่มาจากดวงอาทิตย์ในรูปของรังสีอินฟราเรด และแสงที่มองเห็นได้ (Infrared and visible light) หน้าต่างกระจกเป็นวัสดุที่รังสีความร้อน

ประเภทนี้ สามารถลอดผ่านได้ การเพิ่มแผงกันแดดหรือการเพิ่มการซึมซับ สะท้อนรังสีนี้แก่หน้าต่างจึงจำเป็น



ภาพที่ 2.26 แสดงการส่องผ่านความร้อนผ่านแผ่นกระจกอาคาร

ที่มา : Fuller Moore, Environmental Control Systems

(n.p. : McGraw Hill, 1993), 193.

แต่ในขณะเดียวกันในเมืองหนาวอาจใช้ประโยชน์จากการลอดผ่านของรังสีนี้มาเป็นแหล่งพลังงานความร้อนให้แก่อาคารในหน้าหนาว

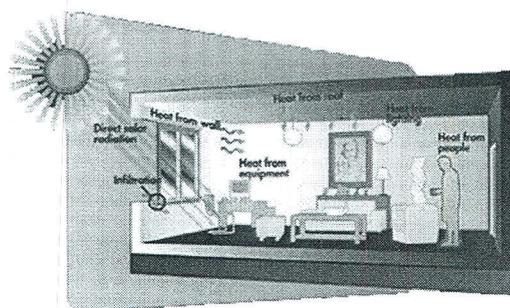
2.11.5 การไหลของอากาศ

การไหลของอากาศทั้งเข้าสู่อาคารหรือออกจากอาคารเกิดขึ้นได้โดยผ่านทางช่องระบายอากาศ หน้าต่าง ประตู หรือรอยต่อของส่วนเปลือกอาคารต่างๆ ขนาดของช่องเปิดต่างๆ เหล่านี้เป็นสิ่งที่ส่งผลกระทบต่อที่สุดต่อการไหลของอากาศนี้ นอกเหนือจากนี้ก็เป็นรายละเอียดของการก่อสร้างและทิศทางของกระแสลมในแต่ละพื้นที่ กระแสการไหลของอากาศสามารถเกิดขึ้นจากความแตกต่างของอุณหภูมิ เช่น Stack Effect ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ มักจะเกิดขึ้นในบริเวณเป็นพื้นที่โล่งสูง เช่น ส่วนโถงอาคาร ช่องลิฟท์

อย่างไรก็ดีผู้ออกแบบต้องมีความเข้าใจในปรากฏการณ์เพราะบางกรณีอาจจะเป็นผลเสีย เช่น จะทำให้เกิดการรวมตัวของอากาศร้อนในส่วนชั้นบนของอาคาร หรือทำให้เกิดกระแสลมภายในบริเวณการทำงาน เป็นต้น

2.11.6 Casual Gains

เป็นความร้อนที่เกิดขึ้นเนื่องจากแสงไฟหรือระบบอุปกรณ์ต่างๆภายในอาคารเอง รวมทั้งความร้อนที่เกิดจากผู้ใช้อาคารเอง แสงไฟฟ้าในอาคารสำนักงานจะเกิดความร้อนประมาณ 20 วัตต์ต่อตารางเมตร ในขณะที่พนักงานจะเพิ่มความร้อนประมาณ 70 วัตต์ต่อคน ความร้อนมีสองรูปแบบคือ Sensible Heat และ Latent Heat



ภาพที่ 2.27 แสดงความร้อนที่เกิดขึ้นจากสิ่งต่าง ๆ
ที่มา : Fuller Moore, Environmental Control Systems
(n.p. : McGraw Hill, 1993), 193.

2.11.7 Climate

พฤติกรรมของความร้อนเกิดขึ้นโดยหลักการต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว สภาพภูมิอากาศต่างๆ เกิดขึ้นเนื่องด้วยธรรมชาติ โดยเฉพาะความร้อนจากดวงอาทิตย์กับพื้นที่ตั้งบนพื้นโลกที่แต่ละช่วงเวลาของปี การออกแบบจะต้องคำนึงถึงความร้อนในแต่ละฤดู เช่น ในหน้าร้อนหน้าต่างบานใหญ่อาจจะมีความต้องการเพื่อจะระบายอากาศอากาศร้อนออกจากอาคาร ในขณะที่ต้องการบังความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้าสู่อาคาร หน้าหนาวอากาศภายนอกมีอุณหภูมิต่ำ มีความต้องการที่จะเก็บความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารไว้ จึงไม่ต้องการเปิดอาคารมาก รวมทั้งอาจจะใช้ความร้อนจากดวงอาทิตย์เข้ามาช่วยเพิ่มความร้อนภายในอาคารโดยวิธีต่างๆ

2.11.8 HVAC & Other Plant

หน้าที่ของ HVAC (Heating, Ventilation and Air-conditioning) คือ การพยายามสร้างความ สมดุลของสภาพอากาศภายในอาคารให้มีความสบายในการทำงานหรืออยู่อาศัย สำหรับผู้ออกแบบ แล้ว หน้าที่หลักคือ การที่ทำให้อาคารไม่ใช้พลังงานอย่างสูญเปล่าโดยการออกแบบอาคารที่มีพื้นที่ใหญ่เกินกว่าความต้องการ มีการวางตำแหน่งอาคารที่เหมาะสม ลดขนาดความต้องการของ HVAC

เหล่านี้ไม่ใช่เรื่องง่ายแค่การเป่าลมร้อนเข้าไปในอาคารในหน้าหนาวหรือเป่าลมเย็นเข้าสู่อาคารในหน้า ร้อน ในขณะที่คนนั่งทำงานในส่วนติดหน้าต่างรู้สึกสบายกับอากาศ ส่วนคนที่นั่งติดกับส่วนกลาง อาคารรู้สึกหนาวก็ไม่ใช่สิ่งที่ถูกต้องในการสร้างความสมดุลของความร้อนในอาคาร สถานการณ์ เหล่า นี้ทำให้ต้องแบ่งโซนของการปรับอากาศ แบ่งเขตการเป่าลมเย็น ซึ่งคงไม่น่าแปลกใจที่สถาปนิกหลายๆ ท่าน ทั้งไทยและต่างประเทศไม่เคยรับรู้มาก่อน สถาปนิกมักจะยื่นแบบทางสถาปัตยกรรมให้วิศวกร งานระบบเพื่อให้เขาสร้างสภาพน่าอยู่ให้เกิดขึ้นด้วยเครื่องจักรกล สิ่งที่สถาปนิกไม่ได้รับรู้ในขั้นตอนการออกแบบคือ อากาศเย็นที่ถูกเป่าให้คนที่นั่งส่วนริมหน้าต่างอาจจะมี

3. ให้กรอบอาคารได้รับร่มเงา ซึ่งอาจจะเป็นร่มเงาจากแผงบังแดด จากส่วนอื่นของอาคาร หรือจากต้นไม้ใหญ่ ทั้งนี้เพราะอุณหภูมิที่ผิววัสดุที่โดนแดดกับที่อยู่ในที่ร่มจะแตกต่างกันมาก

4. ใช้วัสดุที่ไม่สะสมความร้อนและกันความร้อนได้ดี หรือมีฉนวนกันความร้อนระหว่างผนัง และหลังคา กับฝ้าเพดาน

5. ใช้วัสดุที่มีผิวสะท้อนความร้อนหรือผิวที่มีสีอ่อน

6. เพิ่มมวลหรือความหนาของวัสดุซึ่งจะทำให้ความร้อนผ่านสู่ภายในได้ช้าลง และทำให้อุณหภูมิในที่เดียวกันแตกต่างกันได้

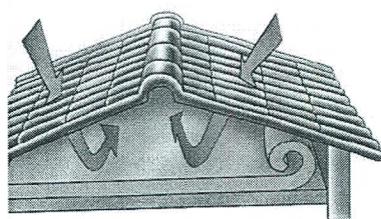
7. ลดปริมาณการใช้กระจกในด้านที่รับแดด การใช้แสงธรรมชาติช่วยส่องสว่าง ควรจำกัด ส่วนโปร่งใสของผนัง หรือหลังคาให้แสงอาทิตย์เข้าได้เท่าที่จำเป็นสำหรับการส่องสว่างอย่างมีประสิทธิภาพ

8. ใช้ที่ว่างสำหรับให้อากาศเป็นตัวป้องกันความร้อนหรือพาความร้อนออกไปโดยอาจจะทำ หลังคา หรือผนังสองชั้นมีช่องว่างตรงกลางให้อากาศช่วยดักความร้อน หรือให้อากาศระบายถ่ายเท ออกได้โดยมีช่องเปิดทำให้ระบายอากาศโดยรอบฝ้าชายคาบ้านด้วยการตีระแนงไม้โปร่ง หรือทำช่องลมระบายอากาศร้อนออกทางหน้าจั่ว

9. หลีกเลี่ยงวัสดุปูพื้นที่เป็นพื้นแข็ง (Hard Scape) ในบริเวณภายนอกอาคาร

2.13 ฉนวนกันความร้อน

2.13.1 ฉนวนความร้อน คือ วัสดุหรือวัสดุที่มีความสามารถในการสกัดกั้นความร้อนไม่ให้ส่งผ่านจากด้านใดด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้ง่าย ฉนวนกันความร้อนที่ดีจะทำหน้าที่ต้านทานหรือป้องกันมิให้พลังงานความร้อนส่งผ่านจากด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งได้สะดวกการติดตั้งฉนวนให้แก่ผนังและหลังคาอาคารเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการลดการใช้พลังงานและลดค่าไฟฟ้า อาคารที่ได้รับการปกป้องจากฉนวนจะช่วยยับยั้งการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกอาคารและช่วยเก็บความเย็นไม่ให้รั่วไหล เมื่อความร้อนในอาคารน้อยลง



ภาพที่ 2.29 แสดงการสะท้อนความร้อนของฉนวนอาคาร

ที่มา: Baruch Givoni, *Passive and Low Energy Cooling of Buildings*

(New York : Van Nostrand Reinhold, 1994), 46

ระบบปรับอากาศก็จะใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง ซึ่งจะช่วยลดการผลิตก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ อันเป็นสาเหตุของภาวะเรือนกระจก ดังนั้นฉนวนจึงสามารถช่วยลดทั้งค่าใช้จ่ายของคุณและยังช่วยรักษาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ฉนวนความร้อนในปัจจุบันมีให้เลือกมากมายหลาย ฉนวนกันความร้อนที่ใช้กันอยู่ทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ฉนวนแบบมีมวลและฉนวนแบบสะท้อนความร้อน

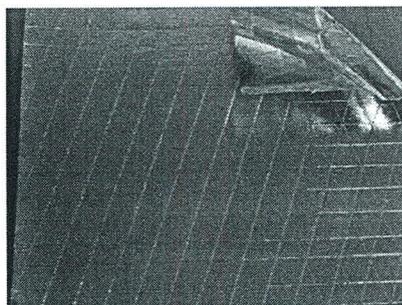
2.13.2 ฉนวนกันความร้อนแบบมีมวล (Mass Insulation) หมายถึง วัสดุที่ใช้ป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุ โดยอาศัยความเป็นฉนวนของวัสดุที่มีคุณสมบัติการต้านทานความร้อนที่สูงของตัววัสดุเอง วัสดุส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นเส้นใย มีโพรง หรือช่องกลาง อาทิ ฉนวนใยแก้ว (Fiber Glass), ฉนวนใยหิน (Rock Fiber), ฉนวนใยเซลลูโลส (Cellulose Fiber), โฟมโพลียูรีเทน (Polyurethane Foam/PU), โฟมโพลีเอทิลีน (Polyethelene Foam/PE)



ภาพที่ 2.30 แสดงภาพฉนวนกันความร้อนแบบมีมวล

ที่มา: <http://www.microglassinsulation.com>

2.13.3 ฉนวนกันความร้อนแบบสะท้อนความร้อน (Reflective Sheet) หมายถึง วัสดุที่ใช้ป้องกันความร้อนที่ถ่ายเทผ่านวัสดุ โดยอาศัยคุณสมบัติการสะท้อนรังสีความร้อนของวัสดุ เพื่อที่จะลดค่าพลังงานความร้อนไม่ให้ถูกดูดซับ และทะลุผ่านเข้าไปในวัสดุ ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นแผ่นบาง หรือมีผิวที่มีการสะท้อนสูง เช่น แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ (Aluminum Foil Sheet) เซรามิคโค้ทติ้ง (Ceramic Coating) เป็นต้น



ภาพที่ 2.31 แสดงภาพฉนวนกันความร้อนแบบสะท้อนความร้อน

ที่มา: <http://www.microglassinsulation.com/>

2.14 ตำแหน่งและขนาดของหน้าต่างและช่องเปิด

ในการออกแบบผนังอาคารนั้น หากมีพื้นที่กระจกหรือให้ผนังมีช่องเปิดมากๆ ก็จะทำให้พลังงานความร้อนจากรังสีอาทิตย์ถ่ายเทเข้าสู่อาคารสะดวกกว่าผนังทึบ ซึ่งหากเป็นอาคารที่ปรับอากาศก็จะทำให้ต้องใช้เครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ และสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในการปรับอากาศอีกด้วย ดังนั้นการออกแบบอาคารควรจะต้องเลือกลักษณะสถาปัตยกรรมที่เหมาะสมเป็นข้อแรกเพื่อหลีกเลี่ยงหรือลดความร้อนจากรังสีอาทิตย์ที่จะถ่ายเทเข้าสู่อาคาร เช่น ไม่ควรเจาะช่องเปิดหรือให้อัตราส่วนของพื้นที่กระจกต่อพื้นที่ผนังทั้งหมดมีมากนักหรือหากจำเป็นต้องมีช่องเปิดเพื่อความสวยงามของอาคารแล้ว ก็ควรที่จะหลีกเลี่ยงในการเจาะช่องเปิดในทิศทางที่มีค่ารังสีอาทิตย์ที่มีประมาณมากๆ เช่น ทิศใต้ ทิศตะวันออก หรือทิศตะวันตกหรือหากไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงในการเจาะช่องเปิดในทิศทางดังกล่าวได้ ก็ควรจะออกแบบให้บริเวณช่องเปิดมีอุปกรณ์บังแดด หรือเลือกใช้กระจกที่มีคุณสมบัติที่ลดหรือสะท้อนความร้อนได้ดี เพื่อก่อให้เกิดการประหยัดพลังงานที่จำเป็นต้องใช้ในอาคาร

พลังงานความร้อนที่ผ่านกระจกเข้าสู่อาคารนั้นมี 2 ลักษณะ คือ

1. พลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารด้วยวิธีนำความร้อน ปริมาณความร้อนที่เข้าสู่อาคารในส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติการนำความร้อนของกระจก และค่าอุณหภูมิแตกต่างภายใน และภายนอกของอาคาร
2. พลังงานความร้อนที่เข้าสู่อาคารด้วยวิธีส่งผ่านความร้อนของรังสีอาทิตย์เข้าสู่อาคารซึ่งปริมาณความร้อนส่วนนี้จะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์การบังแดด (Shading Coefficient) ของกระจก อุปกรณ์บังแดดภายนอกอาคาร และค่ารังสีอาทิตย์ในแต่ละทิศทางที่กระจกบังรังสีอาทิตย์

การออกแบบอาคารที่ต้องการควบคุมสภาวะแวดล้อมควรเลือกใช้กระจกที่เหมาะสมเป็นส่วนประกอบของเปลือกอาคารในขนาดที่จำเป็น โดยคำนึงถึงทิศทางอาคารของด้านที่จะใช้กระจกด้วย และใช้กระจกที่มีประสิทธิภาพในการลดปริมาณความร้อนที่ส่งผ่าน นอกจากนี้ควรมีการติดตั้งอุปกรณ์บังแดดให้กับกระจกเพื่อให้ร่มเงา การใช้พื้นที่กระจกที่มีขนาดเหมาะสมจะเป็นการช่วยลดภาระการทำความเย็นในแก่อาคาร

2.14.1 การเลือกใช้กระจก

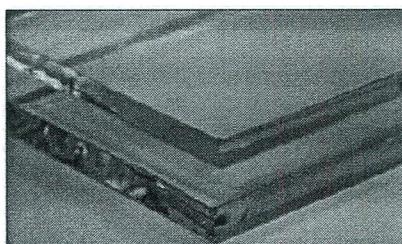
วัสดุกระจกที่ใช้ควรมีค่าการส่องผ่านของแสง (Visible Transmittance) ที่สูง เพื่อให้แสงธรรมชาติสามารถเข้ามาภายในอาคารได้ดี และมีค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านรังสีความร้อน (Solar Heat Gain Coefficient) ที่ต่ำ เพื่อลดปริมาณความร้อนที่จะเข้ามาในอาคาร

ในปัจจุบันได้มีทางเลือกหลายประการให้กับผู้ออกแบบและยังผสมผสานศักยภาพในตัวมันเอง ระบบกระจกมีทั้งกระจกใส กระจกสี เคลือบ ติดฟิล์ม หรือผสมผสานหลายรูปแบบ ซึ่งหน้าต่างอาจเป็นแบบกระจกชั้นเดียว กระจกหลายชั้น กระจกอัดแก๊ส กระจกอัดอากาศ มีการเพิ่มระบบการหยุด

การส่งผ่านความร้อน ทั้งทางด้านวัสดุ เทคนิค เทคนิค ซึ่งหลากหลายที่จะประยุกต์ใช้เป็นการสร้างลักษณะเฉพาะตัวของระบบกระจกแต่ละชนิด

กระจกที่ใช้ในอาคารมีหลายประเภท โดยแต่ละประเภทมีระดับของพลังงานความร้อนและแสงสว่างที่ส่งผ่านกระจกเข้ามาในอาคารแตกต่างกันไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกระจกและทิศทางการรับแสงอาทิตย์ของกระจก กระจกที่ใช้กันอย่างแพร่หลายมีดังต่อไปนี้

กระจกใส (Clear Glass) คือกระจกโปร่งแสงที่สามารถมองผ่านได้อย่างชัดเจน และให้ภาพสะท้อนที่สมบูรณ์ไม่บิดเบี้ยว กระจกชนิดนี้ยอมให้แสงผ่านประมาณ 75-92% ของแสงที่ตกกระทบ ซึ่งขึ้นอยู่กับความหนาของกระจก กระจกใสยังเป็นกระจกพื้นฐานสำหรับนำไปผลิตเป็นกระจกประเภทต่าง ๆ เช่น กระจกนิรภัยเทมเปอร์ กระจกนิรภัยลามิเนต กระจกฉนวนกันความร้อนและกระจกเคลือบผิว เป็นต้น กระจกใสมีคุณสมบัติที่ยอมให้แสงผ่านเข้ามาได้มาก และยอมให้รังสีความร้อนทะลุผ่านเข้ามาเช่นกัน ผิวกระจกที่ถูกรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบมีความร้อนที่ผิวน้อย เนื่องจากกระจกใสมีความสามารถในการดูดซับความร้อนต่ำ กระจกใสมีค่าการสะท้อนแสงน้อย ทำให้การมองเห็นจากภายนอกเข้ามาภายในอาคารสามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน



ภาพที่ 2.32 แสดงลักษณะแผ่นกระจกใส

ที่มา: <http://www.glasseffexts.com>

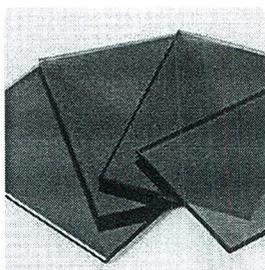
กระจกสี (tinted Glass) หรือกระจกดูดซับความร้อน (Heat Absorbing Glass) ผลิตขึ้นโดยการผสมโลหะออกไซด์เข้าไปในส่วนผสม (Batch Mix) ในขั้นตอนการผลิตกระจก ทำให้กระจกมีสีสีน รวมถึงคุณสมบัติในการดูดซับความร้อนจากแสงอาทิตย์ที่ส่องมากระทบผิวกระจก และลดปริมาณแสงที่ผ่านกระจก ปริมาณแสงที่ทะลุผ่านกระจกขึ้นอยู่กับความเข้มของสี ความหนาและสีของกระจก กระจกสีหรือกระจกดูดซับความร้อนมีคุณสมบัติในสกัดกั้นความร้อนจากแสงอาทิตย์ได้ดีกว่ากระจกใส แต่ในขณะเดียวกันก็ตัดแสงให้เข้ามาภายในอาคารได้น้อยลงด้วย ผิวกระจกสีจะมีความร้อนขึ้นเมื่อถูกรังสีดวงอาทิตย์ตกกระทบ เนื่องจากสีของเนื้อกระจกเป็นตัวดูดซับความร้อน และทำให้ความร้อนจากผิวกระจกแผ่รังสีเข้าหาผู้อาศัยในอาคาร เราอาจเลือกใช้กระจกสีช่วยลดความจ้าของแสงที่ส่งผ่านกระจกสี ทำให้ได้แสงที่นุ่มนวลและเกิดความสบายตาในการมอง



ภาพที่ 2.33 แสดงลักษณะแผ่นกระจกสี

ที่มา: <http://www.glasseffexts.com>

กระจกสะท้อนแสง (Reflective Glass) ได้จากการนำกระจกแผ่นใสมาเคลือบด้วยออกไซด์ของโลหะบนผิวกระจก เพื่อให้เกิดการสะท้อนแสงและความร้อนจากแสงอาทิตย์ สามารถแบ่งตามรูปแบบของการเคลือบผิวได้ 2 ชนิด คือ Soft Coating และ Hard Coating กระจกสะท้อนแสงมีคุณสมบัติในการต้านทานการไหลผ่านของปริมาณความร้อนได้ดีกว่ากระจกใสและกระจกดูดซับความร้อน ทำให้แสงจากดวงอาทิตย์และรังสีความร้อนผ่านเข้ามาในอาคารได้น้อย ช่วยประหยัดพลังงานในการใช้เครื่องปรับอากาศ กระจกสะท้อนแสงมีคุณสมบัติด้านการสะท้อนแสงได้ดี ดังนั้นเมื่อมองจากภายนอก อาคารจะดูคล้ายกระจกเงา ซึ่งหากติดตั้งในตำแหน่งที่ไม่เหมาะสมกระจกสะท้อนแสงนี้อาจทำความรบกวนกับอาคารและบริเวณข้างเคียง

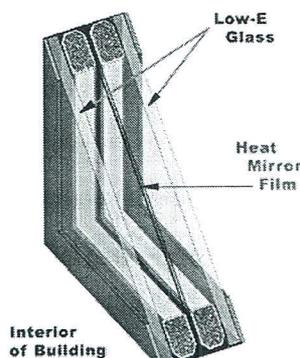


ภาพที่ 2.34 แสดงลักษณะแผ่นกระจกสะท้อนแสง

ที่มา: <http://www.glasseffexts.com>

กระจกฉนวนกันความร้อน (Insulated Glass) เป็นการนำกระจกมาดัดแปลงหรือปรุงแต่งด้วยกระบวนการ (Process) ต่างๆ โดยใช้กระจก 2 แผ่นหรือมากกว่าวางคู่ขนานกัน มีระยะห่างพอสมควร ขอบกระจกทุกด้านมีสารจำพวกการบรรจุอยู่เพื่อให้กระจกคงรูป และป้องกันอากาศชื้นจากภายนอกที่จะเข้ามาในช่องว่างระหว่างแผ่นกระจก ทำให้กระจกมีความสามารถที่จะเป็นฉนวนกันอุณหภูมิที่แตกต่างกันระหว่างกระจกทั้งสองด้าน ประสิทธิภาพในการลดปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านกระจกขึ้นอยู่กับ การเลือกใช้อุณหภูมิของกระจก ในบางกรณีอาจใช้ร่วมกับกระจกที่เคลือบสาร Low-E ซึ่งจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการสะท้อนรังสีความร้อน (Long Wave Radiation) แต่ยอมให้

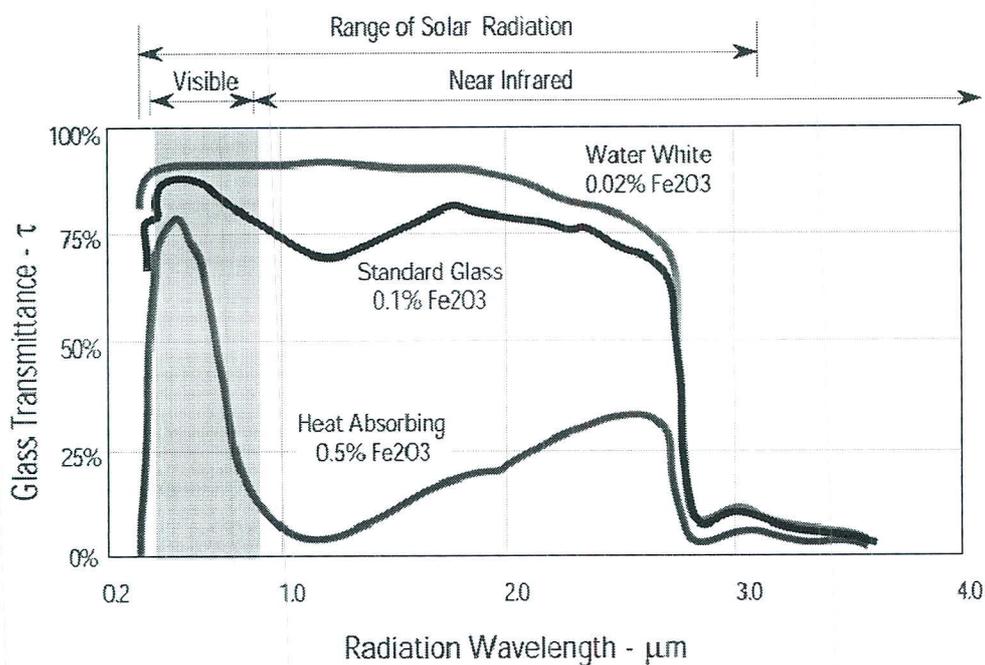
แสงสว่างผ่านเข้ามาในอาคารได้ดี นอกจากนี้กระจกฉนวนกันความร้อนยังช่วยลดเสียงรบกวนจากภายนอกอาคารได้ดีกว่ากระจกธรรมดา



ภาพที่ 2.35 แสดงลักษณะแผ่นกระจกแบบมีฉนวนกันความร้อน

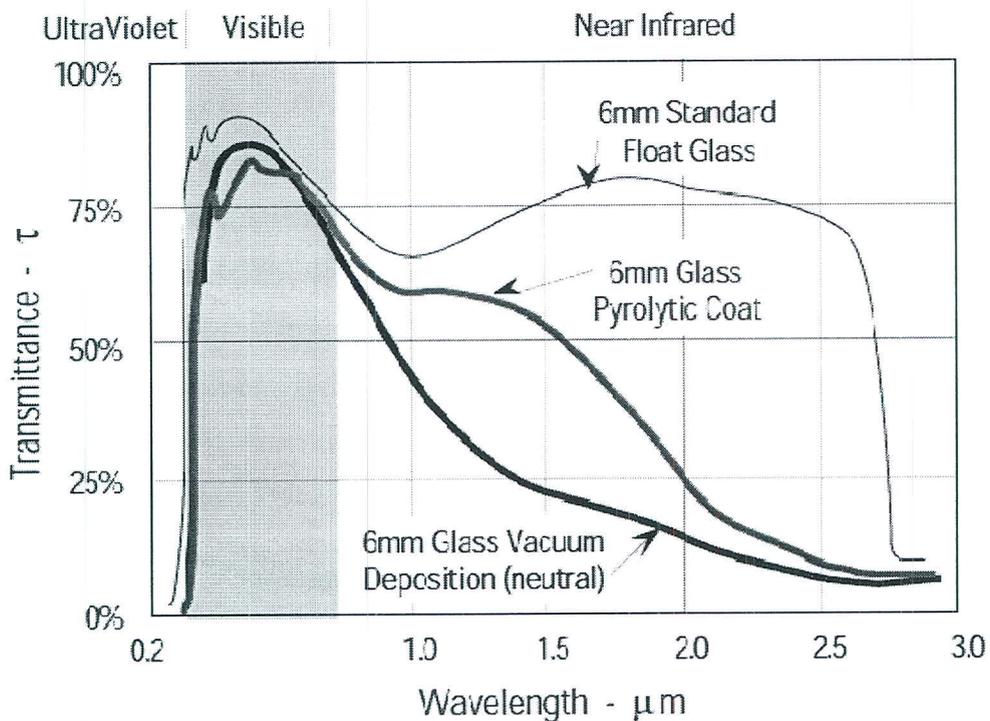
ที่มา: <http://www.glasseffexts.com>

ในปัจจุบันบางอาคารมีการใช้กระจกชนิดพิเศษ คือ Electro chromic glass ซึ่งสามารถปรับเปลี่ยนคุณสมบัติของตัวกระจกด้วยการลดหรือเพิ่มความตันของกระแสไฟฟ้า โดยปรับเปลี่ยนจากสภาพของกระจกใสเป็นกระจกทึบแสง ซึ่งทำให้สามารถควบคุมปริมาณแสงสว่างและความร้อนที่จะเข้ามาสู่อาคารได้



ภาพที่ 2.36 แสดงลักษณะคลื่นรังสี

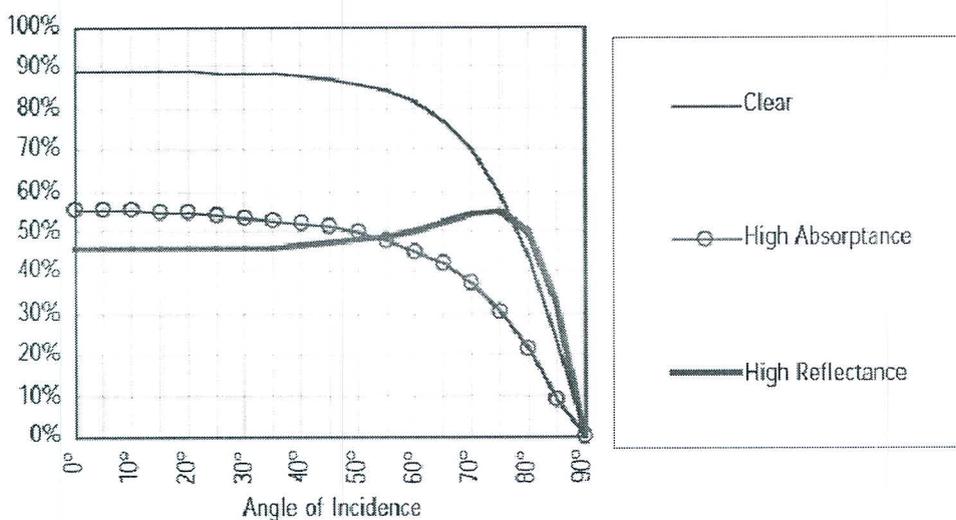
ที่มา: <http://www.glasseffexts.com>



ภาพที่ 2.37 แสดงการส่งผ่านรังสีดวงอาทิตย์ของกระจกประเภทต่างๆ

ที่มา: <http://www.glasseffexts.com>

Solar Transmittance of Various Glasses



ภาพที่ 2.38 แสดงการส่งผ่านรังสีดวงอาทิตย์ของกระจกประเภทต่างๆ

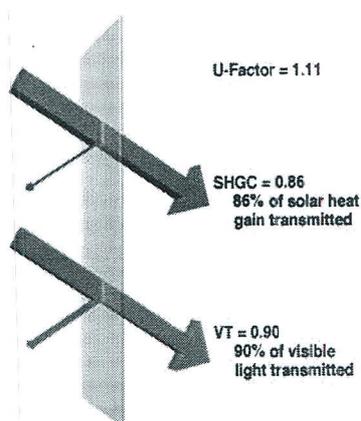
ที่มา: <http://www.glasseffexts.com>

Solar Heat Gain (SHG) Factor คือ อัตราส่วนของพลังงานแสงอาทิตย์ทั้งหมดที่ผ่านกระจก
เข้ามาในอาคารต่อปริมาณแสงที่ตกกระทบกระจกทั้งหมด

ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของกระจก-Shading Coefficient (SC) คือ อัตราส่วนของค่าปริมาณรังสี
ความร้อนผ่านกระจก (Solar Heat Gain) เมื่อเปรียบเทียบกับกระจกใสมาตรฐานหนา 3 มม.

$$SC = \frac{\text{Solar heat Gain Factor ของกระจกที่ต้องการวัด}}{\text{Solar heat Gain Factor ของกระจกใสหนา 3 มม.}}$$

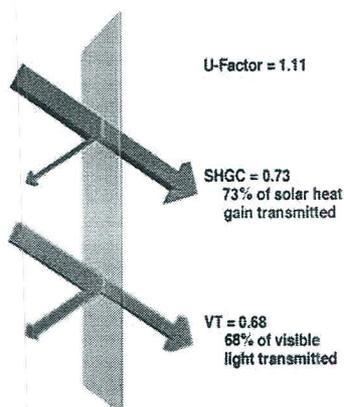
Solar heat Gain Factor ของกระจกใสหนา 3 มม.



ภาพที่ 2.39 แสดงค่าการส่องผ่านแสง (VT)

และค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านความร้อน (SHGC) ของกระจกใส (Clear Glass)

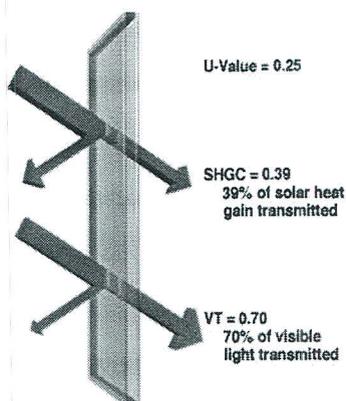
ที่มา: <http://www.glasseffexts.com>



ภาพที่ 2.40 แสดงค่าการส่องผ่านแสง (VT)

และค่าสัมประสิทธิ์การส่องผ่านความร้อน (SHGC) ของกระจกสี (Tinted Glass)

ที่มา: <http://www.glasseffexts.com>



ภาพที่ 2.41 แสดงค่าการส่องผ่านแสง (VT)

และค่าสัมประสิทธิ์การส่งผ่านความร้อน (SHGC) ของกระจกฉนวนกันความร้อน (Insulated Glass)

ที่มา: <http://www.glasseffexts.com>

2.14.2 อุปกรณ์บังแดด (Sun Shading Devices)

การรับแสงอาทิตย์ผ่านหน้าต่างเป็นส่วนประกอบหลักของการรับความร้อนของอาคาร การลดแหล่งความร้อนผ่านทางการใช้เครื่องมือกำบัง เป็นความสำคัญเบื้องต้นของสภาพอากาศร้อนทุกชนิด ประสิทธิภาพของการให้ร่มเงาในการลดผลกระทบของแสงอาทิตย์เช่นเดียวกับการลดประสิทธิภาพของการวางทิศหน้าต่าง ดังรูป

อุปกรณ์บังแดดสามารถถูกจำแนกเป็น 2 ประเภท ตามตำแหน่งของอุปกรณ์ ได้แก่ อุปกรณ์บังแดดที่ถูกติดตั้งภายในและภายนอกอาคาร อุปกรณ์บังแดดที่ติดตั้งนอกอาคารให้ผลในการบังแดดได้ดีกว่าอุปกรณ์บังแดดภายในอาคาร เนื่องจากอุปกรณ์บังแดดนอกอาคารจะสะท้อนและดูดกลืนรังสีอาทิตย์ ซึ่งเป็นการบังไม่ให้รังสีอาทิตย์เข้าสู่อาคารโดยตรง อุปกรณ์บังแดดในแนวนอน (horizontal shading device) นิยมใช้บังรังสีดวงอาทิตย์เมื่อดวงอาทิตย์มีมุมเงยสูง และใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเมื่อถูกติดตั้งบนกรอบอาคารในทิศเหนือและใต้ เนื่องจากผนังด้านดังกล่าวไม่ได้รับรังสีอาทิตย์ในช่วงดวงอาทิตย์ขึ้นในตอนเช้าและตกในตอนเย็น อุปกรณ์บังแดด ในแนวนอนในรูปที่ 3.6 ซึ่งไม่ค่อยมีการใช้กันในประเทศไทย จะให้ผลดีกว่าอุปกรณ์บังแดดในรูปที่ 3.7 ซึ่งมีการใช้กันทั่วไป อุปกรณ์บังแดดในกรณีแรกมีสมรรถนะในการบังรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ได้ดีแต่ยังให้ รังสีกระจายและแสงธรรมชาติจากท้องฟ้าผ่านเข้าได้ดี ในขณะที่อุปกรณ์บังแดดในรูปที่ 3.7 บังรังสีตรงได้ไม่สมบูรณ์แต่บังวิสัยทัศน์และรังสีกระจายของท้องฟ้ามากกว่าอุปกรณ์บังแดดทุกชนิดบังทิศทางท้องฟ้าไปได้บางส่วน การออกแบบอุปกรณ์บังแดดที่ที่จะต้องสามารถลดอิทธิพลของรังสีอาทิตย์ได้

2.5 แผ่นวัสดุทดแทนไม้หรือแผ่นไม้ประกอบ (Wood composite) ที่เกี่ยวข้อง

แผ่นวัสดุทดแทนไม้หรือแผ่นไม้ประกอบ (Wood composite) ชนิดแผ่นไม้อัดหรือ แผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดหรือแผ่นใยไม้อัดเป็นแผ่นไม้อัดที่ผลิตจากไม้หรือแผ่นวัสดุที่ให้เส้นใยอื่นที่มีขนาดเล็ก

ซึ่งจะถูกลดลงเป็นชิ้นขนาดเล็กๆหรือเส้นใยแล้วผสมกับกาว หรือสารเติมแต่งอื่นๆแล้วนำไปอัดให้ติดกันเป็นแผ่นภายใต้แรงอัดและความร้อนในเครื่องอัดลม เพื่อให้เกิดการยึดตัวกันระหว่างชิ้นไม้หรือเส้นใยเล็กๆจนเป็นแผ่นไม้ประกอบตามต้องการ อาจจะมีการผสมสารอื่นๆเพื่อปรับปรุงให้แผ่นไม้ประกอบมีคุณสมบัติพิเศษบางประการ แผ่นประกอบนี้ใช้แทนไม้แปรรูปได้ในหลายกรณี โดยเฉพาะการผลิตเฟอร์นิเจอร์ชิ้นต่อไป (การประชุมกรรมป่าไม้ ประจำปี 2545: หน้า145)

2.15 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประชุมกรรมป่าไม้ ประจำปี 2545: หน้า145 ได้กล่าวว่า โครงการวิจัยและพัฒนาการผลิตแผ่นไม้ประกอบ เป็นหนึ่งในหลายโครงการของกลุ่มพัฒนาอุตสาหกรรมป่าไม้ ส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตผลป่าไม้ ได้เล็งเห็นถึงความจำเป็นในการหาแหล่งวัตถุดิบใหม่ เพื่อรองรับอุตสาหกรรมแผ่นไม้ประกอบในอนาคต ตลอดจนการพัฒนาประยุกต์ใช้อีกต่อหนึ่ง หรือหาวิธีใหม่ๆ ซึ่งเป็นกระบวนการที่สามารถผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมต่อไป โดยจะทำการศึกษาค้นคว้าเบื้องต้น ทั้งคุณสมบัติต่างๆของความเป็นไปได้ในการนำไม้ขนาดเล็กจากสวนป่าหรือไม้ผลที่ให้ผลเก็บเกี่ยวต่ำจากสวนเกษตรมาใช้ แล้วสร้างขั้นตอนและสภาวะที่เหมาะสมในกระบวนการผลิต เพื่อพัฒนาไปสู่การผลิตในระบบอุตสาหกรรม เพื่อยกระดับขีดความสามารถ การผลิต และนำไปสู่การเพิ่มผลผลิตและการสร้างมูลค่าเพิ่มต่อไป

การประชุมกรรมป่าไม้ประจำปี 2545:145 กล่าวว่านอกจากนี้ยังมีเศษวัสดุจากพืชเกษตรอื่น ได้แก่ เศษวัสดุพืชหลังการเก็บเกี่ยว เช่น ต้นมันสำปะหลัง ต้นและก้านในของต้นปาล์มน้ำมัน ต้นข้าวฟ่าง ต้นปอกระสาและปออื่นๆ ไม้ตายชุก ฟางข้าวและหญ้าชนิดต่างๆ รวมทั้งเศษวัสดุจากอุตสาหกรรมพืชเกษตร เช่น ชานอ้อย กากมันสำปะหลัง แกลบ ทะลายเปล้าของผลปาล์มน้ำมัน ชุ่ยและใยกาบมะพร้าว ชังข้าวโพด เป็นต้น เศษวัสดุพืชเกษตรเหล่านี้จะเหลือใช้ในปริมาณมหาศาล แม้จะนำมาประดิษฐ์เป็นผลิตภัณฑ์มูลค่าเพิ่มในลักษณะต่างๆ รวมทั้งนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงแล้ว ก็ยังเหลือทิ้งอยู่อีกมาก (การประชุมกรรมป่าไม้ประจำปี 2545:145)

การประชุมกรรมป่าไม้ประจำปี 2545:251-254 ได้กล่าวว่า ไม้ประกอบพลาสติก เป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการนำไม้และพลาสติกมาประสานรวมกัน ซึ่งทั้งไม้และพลาสติกต่างเป็นวัสดุประเภทพอลิเมอร์ (Polymer) เช่นเดียวกันแต่ต่างกันตรงที่ไม้เป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากธรรมชาติ ในขณะที่พลาสติกเป็นพอลิเมอร์ที่ได้จากการสังเคราะห์ พลาสติกที่นำมาใช้ประกอบกับไม้ได้ เช่น Polystyrene(PS) Polyethylene(PE) Polyvinyl chloride (PVC) และ Polypropylene(PP) เป็นต้น คุณสมบัติของไม้พลาสติกเกิดจากการเอาไม้และพลาสติกมารวมกัน จึงทำให้สมบัติเดิมของไม้และพลาสติกเปลี่ยนไป สมบัติข้อดีของไม้พลาสติก คือ การทนทานต่อความชื้นได้ดีกว่าไม้ ทนทานต่อเชื้อราและแมลงที่เป็นศัตรูของไม้ต่างๆได้ดีกว่าไม้ ทนทานต่อสภาวะแวดล้อมและแสงแดดได้นานกว่าไม้หรือพลาสติก สามารถผลิตให้มีรูปร่างต่างๆได้โดยไม่เหลือเศษวัสดุและ

สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ สามารถรับแรงได้มากกว่าไม้และพลาสติก ส่วนข้อเสีย คือ น้ำหนักและความหนาแน่นมากกว่าไม้ มีการหดหรือขยายตัวได้มากกว่าไม้หรือพลาสติก (การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2545:251-254)

จรัส ช่วยนะ และคณะ ได้ทำการวิจัยเรื่อง การผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ดจากไม้ค้ายันเหลือทิ้ง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหากรรมวิธีที่เหมาะสมในการผลิตแผ่นปาร์ติเคิลบอร์ด ซึ่งผลการวิจัยพบว่าเศษไม้ค้ายันเหลือทิ้งสามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเคิลได้โดยใช้กาวในการอัดแผ่น 3 ชนิด คือ กาวยูเรียฟอร์มัลดีไฮด์ กาวฟีนอลฟอร์มัลดีไฮด์ และกาวไอโซไซยาเนต ในปริมาณที่เหมาะสมจะทำให้ได้แผ่นปาร์ติเคิลที่มีความแข็งแรงสูงสุด ใช้ต้นทุนในการผลิตต่ำ ตามเกณฑ์มาตรฐาน (การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2545:177-182)

พรพิมล อมรโชติ และคณะ ได้ทำการวิจัยเรื่อง การศึกษาศักยภาพการใช้ประโยชน์ของเศษไม้ยางพารา ซึ่งผลการวิจัยพบว่าเศษไม้ยางพาราที่เหลือจากโรงงานอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ โดยเฉพาะชิ้นเลื่อยสามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นปาร์ติเคิลใช้ทดแทนไม้ได้ (การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2545:183-192)

นิศากร เจริญดี ได้ทำการวิจัยเรื่อง การผลิตแผ่นไม้อัดจากผักตบชวา เนื่องจากผักตบชวาเป็นพืชน้ำที่ทนทานต่อสภาพแวดล้อม และมีการขยายพันธุ์ได้รวดเร็ว จึงทำให้เกิดความเสียหายต่อสภาพเศรษฐกิจ สังคมและสิ่งแวดล้อม ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ผักตบชวาสามารถนำมาผลิตเป็นแผ่นไม้อัดได้ (การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2545:218-225)

ศิริระ จันทรสวาสดี และคณะ ได้ทำการวิจัยเรื่อง กระบวนการผลิตเฟอร์นิเจอร์จากไม้ปาร์ติเคิลพบว่าแผ่นปาร์ติเคิลสามารถนำไปใช้งานได้หลายประเภททั้งงานอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ในงานก่อสร้างและใช้ตกแต่งภายใน โดยการนำไปใช้งานเฟอร์นิเจอร์ได้ดี เนื่องจากเป็นแผ่นใหญ่ตัดขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรได้ง่าย การทำเป็นโครงเฟอร์นิเจอร์สามารถยึดได้ด้วยอุปกรณ์จับยึดได้ดีมีความแข็งแรงเหมือนไม้จริงในธรรมชาติ (การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2545 : 256-267)

วิไลพร เจตน์จันทร์ และคณะ ได้ทำการวิจัยเรื่อง “ไวโนลูด : นวัตกรรมใหม่สำหรับงานตกแต่งและก่อสร้าง” กล่าวถึงการทำวัสดุทดแทนไม้ด้วยการใช้วัสดุที่ทำจากพีวีซีผสมผงไม้ ทำให้ได้ไวโนลูดที่มีคุณสมบัติ ด้านการทนทานความชื้น ทนทานต่อการทำลายของปลวกและแมลง ทนไฟ ฉนวนกันความร้อน น้ำหนักเบา สวยงาม และราคาไม่แพง มีความยืดหยุ่นสูงในการใช้งาน ติดตั้งง่าย สามารถออก เลื่อย ไส ดัดกาวได้ ซึ่งสามารถนำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยกระบวนการอัดรีด ทำเป็น บานประตู วงกบ บานชิงค์ ฝาบ้าน บัว ระแนง และวัสดุทดแทนหวาย (การประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2545: หน้า 210-217)

วรรณธรรม อุจน์จิตติชัย และคณะ ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การประเมินศักยภาพของวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร” กล่าวถึง วัสดุที่เหลือใช้ทางการเกษตรโดยใช้ส่วนลำต้นมาย่อยละเอียดแล้วอัดเป็น

แผ่นวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติ ซึ่งได้ทดลองใช้ที่ซต่างๆ เช่น กล้วย มะม่วง กล้วยาแฝก ฟาง ข้าว ข้าวโพด มันสำปะหลัง ถั่วลิสง มะพร้าว มาผลิตเป็นแผ่นวัสดุทดแทนไม้ที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับไม้จริงทุกประการ (การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2545:238-246)

บริษัท แสตนไพศาล จำกัด ได้ทำการวิจัยเรื่อง วัสดุชนิดใหม่ใช้ทดแทนไม้ โดยได้ทดลองใช้วัสดุที่เหลือจากธรรมชาติ เช่น ชี้เลื่อย ซากต้นไม้ ยางพาราแผ่น เม็ดพลาสติก มาผสมกับสารเคมีจนได้วัสดุที่มีคุณสมบัติทดแทนไม้ วัสดุที่ผลิตขึ้นมาใหม่นี้สามารถนำมาใช้ทดแทนวัสดุหลายอย่าง เช่น ใช้ทดแทนคอนกรีต ทดแทนพลาสติก ทำกระเบื้องหลังคา ผนังห้อง ฝ้าเพดาน บานประตู บานหน้าต่าง วงกบประตู วงกบหน้าต่าง ฝาบาน ทำพื้นบ้าน บันไดบ้าน ไม้เสียบ้าน คิ้วและบัว วัสดุตกแต่งบ้านทุกชนิดที่ใช้ไม้ทำได้ทุกอย่าง (การประชุมการป่าไม้ประจำปี 2545:278-280)

บริษัท แสตนไพศาล จำกัด ได้ทำการวิจัยเรื่อง “วัสดุชนิดใหม่ทดแทนไม้” โดยได้ทดลองประดิษฐ์ชนิดใหม่จากยางพาราแผ่น เม็ดพลาสติก ชี้เลื่อย รากของต้นไม้ต่างๆ ผสมกับสารเคมีจนออกมาเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติใช้ทดแทนคอนกรีต ทดแทนพลาสติก ทำกระเบื้องหลังคา ทำผนังห้อง ฝ้า เพดาน บานประตู บานหน้าต่าง วงกบประตู วงกบหน้าต่าง ฝาบาน พื้นบ้าน ไม้เสียบ้าน คิ้วและบัว และวัสดุต่างๆที่ใช้ไม้ทำได้ทุกชนิด (การประชุมการป่าไม้ ประจำปี 2545 : หน้า 278) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของนักวิชาการกรมป่าไม้ จากแนวคิดดังกล่าวผู้วิจัยและคณะจึงมีแนวความคิดที่จะนำวัสดุทดแทนไม้จากชี้เลื่อยมาผลิตเป็นไม้พลาสติกมาสร้างบ้านพักตากอากาศ ทดแทนการใช้ไม้จริงอันจะเป็นการช่วยลดการใช้เครื่องปรับอากาศและประหยัดพลังงาน

ธารทิพย์ เชิดชูชาติ, 2552 ศึกษาความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการสร้างบ้านสำเร็จรูปโดยใช้โครงสร้างเหล็ก และเพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ออกแบบบ้านสำเร็จรูปโดยใช้โครงสร้างเหล็กให้ได้ตรงกับความต้องการของผู้บริโภคต่อไป กลุ่มตัวอย่าง คือผู้บริโภคที่มีความต้องการสร้างบ้านสำเร็จรูปโดยใช้โครงสร้างเหล็ก จำนวน 52 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบสำรวจความต้องการของผู้บริโภคที่ต้องการสร้างบ้านสำเร็จรูปโดยใช้โครงสร้างเหล็ก การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป สถิติที่ใช้ คือ ค่าความถี่ ค่าร้อยละ และการประเมินผลของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค พบว่า เพศชาย 61.54% เพศหญิง 38.46 % ส่วนใหญ่มีอายุระหว่าง 36 - 45 ปี ส่วนใหญ่มีสถานภาพโสด มีระดับการศึกษาปริญญาตรี เป็นพนักงานบริษัท มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 35,001 - 45,000 บาท และมีสมาชิกในครอบครัว 1 - 3 คน มีความต้องการบ้านสำเร็จรูปโดยใช้โครงสร้างเหล็กที่สามารถเคลื่อนย้าย และถอดประกอบได้ มีพื้นที่การใช้สอยภายในบ้าน มากกว่า 55 ตารางเมตร มีจำนวน 1 ห้องนอน 1 ห้องน้ำ มีห้องรับแขก ห้องครัวสำหรับทำอาหาร มีพื้นที่ระเบียง ราคาของบ้านสำเร็จรูปโดยใช้โครงสร้างเหล็ก ควรีราคา 14,000 บาท/ตารางเมตร แบบบ้านสำเร็จรูปที่ใช้โครงสร้างเหล็กที่ผู้วิจัยออกแบบมีพื้นที่ทั้งหมด 57 ตารางเมตร มี 1 ห้องนอน 1 ห้องน้ำ 1 ห้องครัว 1 ห้องนั่งเล่น 1 ห้องทำงาน พร้อมระเบียงและสวนหย่อมเล็กๆ บริเวณรอบบ้าน ราคาสิ่งก่อสร้างอยู่ที่

15,000 บาท/ตารางเมตร หลังคาทำด้วยโครงสร้างเหล็กกรัดร้อนขึ้นรูป ประกอบยึดกันด้วยน๊อคและประกอบ ผนัง ประตู หน้าต่าง โดยใช้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานมีความมั่นคงแข็งแรง สามารถโยกเคลื่อนย้ายด้วยเครื่องจักรได้และผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ได้ประเมินแบบบ้านสำเร็จรูปโดยใช้โครงสร้างเหล็กว่ามีความสอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

กิตติยา สอนเผือก, 2548 ศึกษาถึงพฤติกรรมโครงสร้างของรอยต่อระหว่างคานและเสาสำเร็จรูปคอนกรีตเสริมเหล็ก โดยการทดสอบด้วยตัวอย่างคานเสาที่มีขนาดเท่าของจริงกำหนดให้ความหนาของแผ่นเหล็กเป็นตัวแปรหลัก สำหรับตัวอย่างคานเสาคอนกรีตเสริมเหล็กสำเร็จรูป โดยมีความหนา 4 มม. และ 6 มม. และตัวอย่างคานเสาคอนกรีตเสริมเหล็กหล่อเป็นเนื้อเดียวกัน การศึกษาจะเน้นถึงพฤติกรรมของโครงสร้าง เช่น กำลังของรอยต่อและลักษณะของการวิบัติ ผลการศึกษาพบว่าการเพิ่มความหนาของเหล็ก มีอิทธิพลต่อการเพิ่มความสามารถในการรับโมเมนต์ นอกจากนี้ลักษณะการวิบัติของรอยต่อคานเสาสำเร็จรูปจะมีลักษณะเป็นแบบเหนียว (Ductile) ส่วนรอยต่อคานเสาหล่อเป็นเนื้อเดียวกันมีลักษณะแบบเปราะ (Brittle)

นพพันธ์ ทองเกลี้ยง, 2545 กระบวนการออกแบบที่อยู่อาศัยแบบมีส่วนร่วมของชุมชนไบเล่ย์-หลังจวนฯ จังหวัด : ชุมชนไบเล่ย์-หลังจวนฯ เพื่อที่จะนำไปสู่การออกแบบที่อยู่อาศัยที่สอดคล้องกับความต้องการของชุมชน กระบวนการเริ่มต้นที่ 1) กระบวนการมีส่วนร่วมในการวัดและการนับ ให้ชาวชุมชนได้เรียนรู้การวัดและการเขียนผังบ้านตนเอง เป็นการสร้างความรู้พื้นฐานในการเขียนผังบ้านนำไปสู่กระบวนการมีส่วนร่วมในการออกแบบบ้านตนเองได้ 2) กระบวนการมีส่วนร่วมในการเขียนแผนที่ชุมชนและชุมชนโดยรอบให้ชาวชุมชนเข้าใจถึงสภาพที่ตั้งปัจจุบันและปัญหา 3) กระบวนการสำรวจทรัพยากร 4) กระบวนการสำรวจศักยภาพชุมชนที่เกี่ยวกับการก่อสร้าง การสำรวจดังกล่าวนำไปสู่กระบวนการออกแบบ 5) การถ่ายทอดความรู้ประสบการณ์และรูปแบบที่อยู่อาศัยในชุมชนอื่นให้ชาวชุมชนได้เรียนรู้รูปแบบอาศัยนำไปสู่การออกแบบบ้านตนเอง และการออกแบบที่อยู่อาศัยร่วมกัน 6) กระบวนการเรียนรู้สภาพที่ตั้งโครงการและข้อจำกัดของที่ตั้งและ 7) กระบวนการมีส่วนร่วมในการออกแบบให้ชาวชุมชนได้ออกแบบบ้านตนเอง ผลของกระบวนการที่ได้นำไปสู่กระบวนการออกแบบที่อยู่อาศัยร่วมกันและวางผังชุมชนร่วมกัน งานวิจัยนี้ทำการศึกษากการออกแบบที่อยู่อาศัยโดยการมีส่วนร่วม นอกจากจะได้รูปแบบที่อยู่อาศัยที่เหมาะสมแล้ว กระบวนการดังกล่าวยังเป็นกระบวนการเรียนรู้ร่วมกันระหว่างชาวชุมชนและผู้วิจัย ก่อให้เกิดการรวมตัวในการตัดสินใจของชาวชุมชนเอง ตามแนวทางการสร้างชุมชนเข้มแข็งและพึ่งพาตนเองกระตุ้นให้เกิดการรวมตัว รวมถึงได้ศึกษาถึงการออกแบบกระบวนการมีส่วนร่วม ปัญหาที่พบในการดำเนินการ

มามี โดบาร์มีกุล, 2540 ได้ทำการศึกษาระบบการก่อสร้างอาคารสำเร็จรูป และได้สรุปความหมายของการก่อสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปว่าเป็นวิธีการก่อสร้างโดยการผลิตส่วนประกอบ (Precast Elements) ของอาคารสำเร็จรูปในโรงงาน แล้วนำมาประกอบเป็นอาคารโดยใช้อุปกรณ์ยก

ในการศึกษาของ มามี (2540) ได้แสดงรูปแบบของโครงสร้างอาคารระบบสำเร็จรูปเป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

1. ระบบโครงเฟรม (Framed Structure System)

ระบบโครงเฟรม (Framed Structure System) เป็นลักษณะโครงสร้างที่รับน้ำหนักลงบนคาน ส่งผ่านน้ำหนักไปยังเสา และลงสู่ฐานรากตามลำดับโดยเน้นที่โครงสร้างคานและเสาเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูป

2. ระบบพาเนล (Panel System)

ระบบพาเนล (Panel System) เป็นลักษณะโครงสร้างที่รับน้ำหนักจากแผ่นพื้นส่งผ่านน้ำหนักไปยังผนัง และลงสู่ฐานรากตามลำดับ ในโครงสร้างระบบที่เน้นที่โครงสร้างแผ่นพื้นและแผ่นผนังรับแรงเป็นชิ้นส่วนสำเร็จรูปหลัก ขนาดของแผ่นพาเนลขึ้นอยู่กับความสามารถของเครื่องจักรที่ใช้ในการขนส่งและการติดตั้ง สำหรับโครงสร้างระบบนี้ ขนาดและน้ำหนักของแผ่นพาเนลเป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องพิจารณาในการผลิต การขนส่ง และการติดตั้ง

3. ระบบโมดูลาร์ (Modular System)

ระบบโมดูลาร์ (Modular System) เป็นลักษณะโครงสร้างที่ใช้ชิ้นส่วนสำเร็จรูปที่มีลักษณะเป็นกล่อง 3 มิติ ในแต่ละโมดูลาร์เป็นโครงสร้างที่มีเสถียรภาพในตัวเอง บางโมดูลาร์อาจมีการทำงานสถาปัตยกรรมและงานระบบมาเรียบร้อย แล้วนำมาติดตั้งเป็นโครงสร้างรวมของอาคาร แต่ละโมดูลาร์อาจมีลักษณะที่แตกต่าง เช่น เป็นรูปตัว U เป็นรูปตัว C รูปประฆัง รูปกล่อง สี่เหลี่ยม เป็นต้น ข้อจำกัดของระบบนี้อยู่ที่ขนส่งและการยกติดตั้งซึ่งต้องพิจารณาทั้งขนาดของรถขนส่ง ความสามารถในการรับน้ำหนักของถนน และเครื่องจักรที่ทำการยกติดตั้ง เนื่องจากชิ้นส่วนสำเร็จรูปมีขนาดใหญ่และน้ำหนักมาก

นอกจากนี้ ยังสามารถแบ่งรูปแบบของการก่อสร้างแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป ได้เป็น 2 แบบ ดังนี้

1. รูปแบบชิ้นส่วนกึ่งสำเร็จรูป (Semi Prefabrication)

เป็นระบบการก่อสร้างที่พัฒนาขึ้นมาโดยไม่ใช่เพียงสำเร็จรูปเท่านั้น แต่ใช้ระบบคานสำเร็จรูปเข้ามาทดแทนการผูกขาด เข้าแบบหล่อ และเทคอนกรีตคานในที่ ข้อดีของระบบนี้เนื่องจากเป็นการทำงานที่ง่ายและอยู่ระดับพื้นดิน แต่อาจต้องเพิ่มค่าใช้จ่ายค่าเครื่องจักรในการติดตั้ง และค่าขนส่งชิ้นส่วนสำเร็จรูปไปยังหน่วยงาน นอกจากนี้สามารถลดเวลาในการก่อสร้างส่วนโครงสร้างลง เนื่องจากเหลือเพียงเสารอยต่อปลายคาน และพื้นที่ที่ต้องการกันน้ำเท่านั้นที่มีการหล่อใน

ในขั้นตอนของการออกแบบโครงสร้างนั้นเหมือนการออกแบบโครงสร้างคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไป คือ สามารถนำแบบโครงสร้างมาทำการจัดคานเป็นกลุ่ม และเตรียมการหล่อไว้ล่วงหน้า เมื่อทำการหล่อเสาบริเวณหน้างานเสร็จ สามารถนำคานขึ้นมาติดตั้งได้ทันที และเมื่อชิ้นส่วนโครงสร้างต่างๆ

ถูกเชื่อมและทำรอยต่อเข้าด้วยกัน โครงสร้างจะมีความสามารถในการรับแรงเหมือนอาคารคอนกรีตเสริมเหล็กทั่วไปทุกประการ

2. รูปแบบชิ้นส่วนสำเร็จรูป (Fully Prefabrication)

เป็นระบบการก่อสร้างซึ่งในแง่ของโครงสร้างแล้วถือว่าสำเร็จทั้งหมด คือ ชิ้นส่วนที่รับแรงในแนวตั้ง และชิ้นส่วนในแนวราบทั้งระบบโครงสร้างที่ถูกออกแบบไว้ด้วยวิธีการเชื่อมหรือยึดด้วยสลักเกลียว และคอนกรีตหุ้มรอยต่อที่บ่ออีกชั้นหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามเสาเข็มและงานฐานรากยังคงต้องทำการหล่อในที่ตามขั้นตอนปกติ นอกจากนี้ อาจรวมถึงส่วนประกอบงานสถาปัตยกรรม เช่น ผนังสำเร็จรูป และช่องเปิดของประตูหน้าต่างในผนัง เป็นต้น

Mahdi, 2004 กล่าวถึงรูปแบบการวางแผนการดำเนินงานที่เป็นที่นิยมแพร่หลายและสามารถนำมาใช้กับโครงการก่อสร้างที่อยู่อาศัย ได้แก่ แผนภูมิแท่ง วิธีสายงานวิกฤติ (Critical Path Method, CPM) เส้นดุลยภาพ (Line of Balance, LOB) และการวางแผนการดำเนินงานเชิงเส้น (Linear Scheduling Method, LSM) ซึ่งรูปแบบการวางแผนการดำเนินงาน ดังกล่าวสามารถจำแนกออกอย่างเป็น 3 ประเภท ได้แก่ แผนภูมิแท่ง วิธีวางแผนการดำเนินงานแบบโครง วิธีวางแผนแบบเส้นดุลยภาพ และเชิงเส้น

สำหรับการเลือกรูปแบบสำหรับวางแผนการดำเนินงานนั้น Mahdi:2004 เสนอว่า การเลือกรูปแบบการวางแผนวางแผนการดำเนินงานขึ้นอยู่กับขนาดโครงการ ความซับซ้อนของการก่อสร้าง ระยะเวลาที่ไปในการทำงานก่อสร้าง ความต้องการของเจ้าของงาน และระดับของการทำซ้ำ

Yang and Loannou , 2004 กล่าวถึงการวางแผนงานด้วยวิธีสายงานวิกฤติว่า มีแนวโน้มเกิดการ ทำงานซ้อนทับพื้นที่การทำงานของแรงงาน เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมเพียงลักษณะเดียว ซึ่งยากต่อการสะท้อนหรือเป็นตัวแทนของลักษณะการปฏิบัติงานโครงการประเภทซ้ำได้ทั้งหมด

Yang and Loannou , 2001 ได้กล่าวถึงการก่อสร้างบ้านพักอาศัยแบบจัดสรรซึ่งเป็นหนึ่งในงานที่อยู่ในรูปแบบของการทำซ้ำ (Repetitive Work) นอกเหนือจากการก่อสร้างอาคารสูง ทางหลวง และท่อประปา ซึ่งการศึกษาได้แบ่งประเภทของงานประเภททำซ้ำไว้เป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ประเภทหน่วยของการทำซ้ำที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete)
2. ประเภทหน่วยงานของการทำซ้ำที่ต่อเนื่อง(Continuous)

โดยการก่อสร้างบ้านพักอาศัยแบบจัดสรรจัดเป็นทำซ้ำประเภทที่ 1 คือประเภทหน่วยของการทำซ้ำที่ไม่ต่อเนื่องกัน ซึ่งมีลักษณะเฉพาะของการทำงาน คือ กิจกรรมงานที่เป็นส่วนย่อยของการซ้ำนี้อาจไม่เริ่มต้นจากพื้นที่การทำงานเดียวกัน หรือดำเนินตามขั้นตอนเดียวกันในกรณีที่ไม่ติดขัดปัญหา ด้านเทคนิคในการทำงาน

Bashford et al, 2003 กล่าวถึงรูปแบบการก่อสร้างโครงการบ้านพักอาศัยว่าเป็นการทำงานที่คล้ายกับการผลิตในระบบอุตสาหกรรม การก่อสร้างโครงการบ้านพักอาศัยให้ประสบความสำเร็จต้องให้การวางแผนการดำเนินงานที่มีความน่าเชื่อถือ และมีความคลาดเคลื่อนน้อย โดย (Tommeien et al, 1999) ได้กล่าวถึงลักษณะของโครงการก่อสร้างประเภททำซ้ำว่า เป็นการทำงานที่คล้ายคลึงกับการผลิตในระบบอุตสาหกรรมแตกต่างตรงที่สำหรับการก่อสร้างแรงงานและเครื่องจักรเคลื่อนที่ไปทำงานบนพื้นที่แตกต่างกันแต่การทำงานในระบบอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จะเคลื่อนที่ไปตามสถานีการทำงานที่มีแรงงานและเครื่องจักรทำงานอยู่

Mattila and Park, 2003 พบว่าการวางแผนงานโดยวิธีสายงานวิกฤติในโครงการประเภททำซ้ำ มักขาดการจัดการให้ทรัพยากรทำงานอย่างต่อเนื่อง และไม่สะดวกในการวางแผนการดำเนินงานหากโครงการนั้นประกอบด้วยกิจกรรมจำนวนมาก นอกจากนี้ยังไม่มี การแสดงถึงอัตราการผลิตของโครงการ ไม่สะท้อนสภาพการทำงานที่แท้จริง และไม่แสดงถึงตำแหน่งพื้นที่ในโครงการสำหรับกิจกรรมที่ดำเนินอยู่

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางการใช้ประโยชน์เศษไม้ และเศษเหลือทางการเกษตรอื่นเพื่อผลิตเป็นอุตสาหกรรมมีความเจริญก้าวหน้าสูง สามารถใช้เศษไม้ ปลายไม้ ไม้ขนาดเล็กหรือกิ่งใหญ่ และวัสดุเส้นใยจากพืชการเกษตร มาย่อยละเอียดและอัดเป็นวัสดุทดแทนไม้ โดยมีคุณสมบัติใกล้เคียงไม้ธรรมชาติทุกประการ ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับมากกว่าวัสดุที่มาจากวัสดุอื่น เช่น เหล็กหรือพลาสติก เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาตินี้ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรมการผลิตแผ่นปาร์ติเคิล (Particleboard) หรือแผ่นเอ็มดีเอฟ (MDF board) และแผ่นไม้อัดซีเมนต์ (Wood-cement board) จำเป็นต้องมีการศึกษาถึงศักยภาพของเศษวัสดุแต่ละชนิด เช่น ไม้แต่ละชนิด ป่าน ปอ ใผ่ หญ้า วัชพืช ชานอ้อย ฟางข้าว แกลบ ต้นมันสำปะหลัง ต้นข้าวฟ่าง เป็นต้น ซึ่งโดยธรรมชาติที่แตกต่างกันในแต่ละชนิด ทั้งคุณสมบัติของวัตถุดิบเองและความเป็นไปได้เชิงพาณิชย์ว่าจะนำมาใช้ในการผลิตเป็นอุตสาหกรรมได้หรือไม่เพียงใด เพื่อที่จะได้ปรับปรุง ขบวนการผลิตให้เหมาะสมกับวัตถุดิบที่ใช้เป็นปัจจัยสำคัญในการดำเนินงาน

2.16 การนำวัสดุไม้พลาสติกมาสร้างเป็นบ้านประกอบง่ายเพื่อการประหยัดพลังงาน

การนำวัสดุไม้พลาสติกมาสร้างเป็นบ้านพักตากอากาศโดยวิธีประกอบชิ้นส่วนต่างๆของโครงสร้างบ้าน เป็นการต่อยอดในการนำวัสดุไม้พลาสติก ให้ใช้ประโยชน์ให้กว้างขวางขึ้น โดยอาศัยวิธีการออกแบบรอยต่อให้มีประสิทธิภาพ และอาศัยผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการตรวจสอบ ประสิทธิภาพ จะสามารถสร้างบ้านที่ถอดประกอบได้ที่มีคุณภาพและมั่นคงปลอดภัย เป็นบ้านตัวอย่างในการขยายผลต่อไปในภาคอุตสาหกรรม