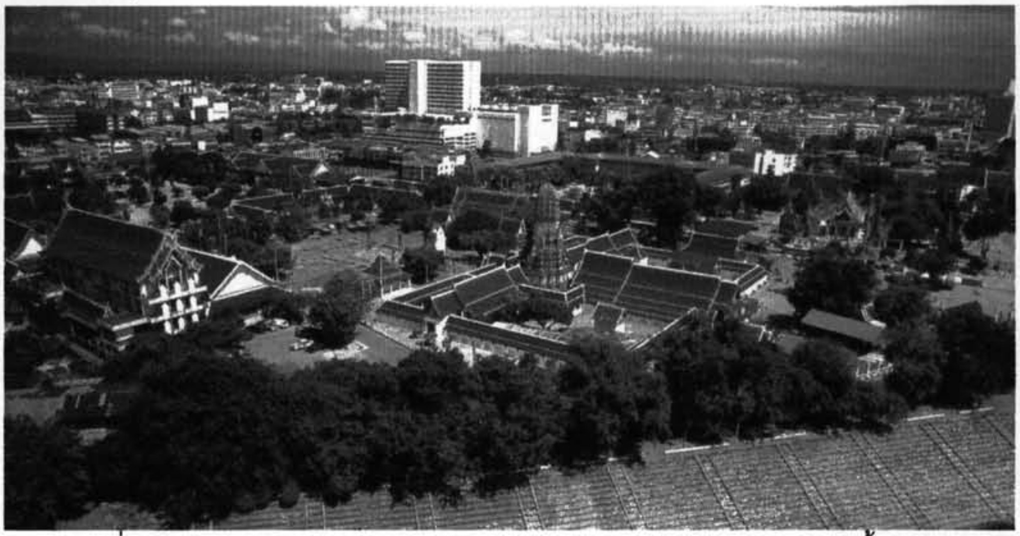
บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิทยานิพนธ์นี้ เป็นงานวิจัยที่ต้องมีการศึกษาถึงประวัติ แนวความคิด ทฤษฎี รวมไปถึงรายละเอียดการคำนวณในหัวข้อต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ประวัติวัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร[1]

วัดพระศรีรัตนมหาธาตุ วัดนี้มีชื่อเต็มว่า วัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร ชาวบ้านส่วนใหญ่คุ้นเคย และมักเรียกขานกันว่า "วัดพระศรี" หรือ "วัดใหญ่" จนติดปาก แม้นพระประธานองค์ใหญ่ที่ประดิษฐานในวิหาร คือ "พระพุทธชินราช" ชาวเมืองพิษณุโลกนิยมเรียกกันอย่างสนิทคุ้นเคยว่า "หลวงพ่อใหญ่" ตามไปด้วย วัดใหญ่นับว่าเป็นพระอารามหลวงที่สำคัญของจังหวัดพิษณุโลก เพราะเป็นศูนย์รวมทางจิตใจของชาวพิษณุโลก และชาวไทยทั้งประเทศ วัดพระศรีฯ หรือ วัดใหญ่ ตั้งอยู่ริมฝั่งน่านทางทิศตะวันออกตรงข้ามกับศาลากลางจังหวัดพิษณุโลก ปัจจุบันนี้วัดพระศรีฯ หรือ วัดใหญ่ เป็นพระอารามหลวง ชั้นเอก "วรมหาวิหาร" สร้างขึ้นในสมัยพระมหาธรรมราชาลิไทแห่งกรุงสุโขทัย หรือ พระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎกมาสร้างเมืองสองแคว ใน ปี พ.ศ. 1900 พร้อมกับสร้างวัดพระศรีรัตนมหาธาตุในปีเดียวกัน ในวัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร ยังมีโบราณวัตถุล้ำค่ามากมาย



รูปที่ 2.1 แสดงภาพรวมของวัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหารมุมมองจากแม่น้ำน่าน[2]

---

[1]พระมหาบุญเลิศ อินฺทปญฺโญ, พระไพรเวศน์ จิตฺตทนฺโต, เกื้อ ชัยภูมิ และจักนรินทร์ เหลืองอ่อน, <u>วิทยาลัยสงฆ์พุทธชินราช</u>, (ม.ป.ท.), หน้า 20-25.

[2]พระเทพรัตนกวี และคณะ, <u>พระพุทธชินราช วัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร จังหวัดพิษณุโลก</u>, พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพมหานคร: บางกอกสาส์น, 2548), หน้า 45.

พระพุทธชินราช เป็นพระพุทธรูปองค์ประธานปางมารวิชัย ขนาดใหญ่หล่อด้วยทองสัมฤทธิ์ ขนาดตักกว้าง 5 ศอก 1 คืบ 5 นิ้ว สูง 7 ศอก พระพุทธลักษณะงดงามที่สุดในประเทศ เส้นรอบนอกพระวรกายอ่อนช้อย พระพักตร์ค่อนข้างกลม พระขนงโก่ง พระเกตุมาลาเป็นรูปเปลวเพลิง มีลักษณะพิเศษที่เรียกว่าทีฆงคุลี คือ ที่ปลายนิ้วทั้งสี่ยาวเสมอกัน ซุ้มเรือนแก้วทำด้วยไม้แกะสลักสร้างในสมัยอยุธยา แกะสลักเป็นรูปตัวมกร (ลำตัวคล้ายมังกร และมีงวงคล้ายช้าง) อยู่ตอนปลายซุ้ม และตัวเหรา (คล้ายจรเข้) อยู่ตรงกลางซุ้ม และมีเทพอสุราคอยปกป้ององค์พระอยู่ 2 องค์ คือ ท้าวเวสสุวัณ และอารวกยักษ์ โดยตำนานการสร้างพระพุทธชินราชจะกล่าวถึงในลำดับต่อไป

รูปที่ 2.2 พระพุทธชินราชที่ประดิษฐานในพระวิหารวัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร[3]

บานประตูประดับมุก พระวิหารอันเป็นที่ประดิษฐานพระพุทธชินราช หรือ หลวงพ่อใหญ่ทางเข้าบริเวณพระวิหารด้านหน้ามีบานประตูขนาดใหญ่สวยงามประดับมุก สร้างขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2299 โดยฝีมือช่างหลวง สมัยอยุธยาตอนปลาย ในรัชสมัยของสมเด็จพระบรมโกศ ตรงกลางประตูมีสันอกเลาประดับลวดลาย "พุ่มข้าวบิณฑ์" สองข้างเป็นลายกนก ก้านแย่งในช่วงกลางของอกเลามีรูปสี่เปลี่ยมขนมเปียกปูน เรียกว่า "นมอกเลา" ประดิษฐานเป็นรูปบุษบก มีรูปพระอุณาโลมซึ่งเป็นสัญลักษณ์ของพระพุทธองค์ประดิษฐานบนบัลลังก์อยู่ในบุษบก สองข้างเป็นรูป ชุมสายซึ่งเป็นเครื่องสูงชนิดหนึ่ง เป็นรูปฉัตร 3 ชั้น ใต้ฐานบุษบก มีรูปหนุมานแบกฐานไว้ส่วนเชิงล่างของอกเลาทำเป็นรูปกุมภัณฑ์ ยืนถือกระบองท่าสำแดงฤทธิ์ ส่วนลวดลายบานประตูประดับมุกบานนี้

---

[3]พระเทพรัตนกวี และคณะ, <u>พระพุทธชินราช วัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร จังหวัดพิษณุโลก</u>, พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพมหานคร: บางกอกสาส์น, 2548), หน้า 107.

เป็นลายกนกที่มีภาพสัตว์หิมพานต์ เช่น ราชสีห์ คชสีห์ เหมราช ครุฑ กินรีรำ และภาพสัตว์อื่นๆ นอกจากลายกนกแล้ว ยังมีลวดลาย "อีแปะ" ด้านละ 9 วงมีดนกหูช้างประกอบช่องไฟระหว่างวงกลม หรือ วงกลมเป็น ลายกรุยเชิง มีลายประจำยามก้ามปู ประดับขอบรอบบานประตู เดิมบานประตูแระดับมุกเสร็จ บานประตูเก่านำไปประดับประตูวิหารพระแท่นศิลาอาสน์ จังหวัดอุตรดิตถ์

รูปที่ 2.3 บานประตูประดับมุกทางเข้าพระวิหารวัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร[4]

พระเหลือ หลังจากการสร้างพระพุทธชินราช พระพุทธชินสีห์ และพระศรีศาสดาแล้ว พระยาลิไทรับสั่งให้ช่างนำเศษทองสัมฤทธิ์ที่เหลือนำมารวมกันหล่อพระพุทธรูปางมารวิชัย ขนาดเล็ก หน้าตัก กว้าง 1 ศอกเศษ เรียกชื่อพระพุทธรูปนี้ว่า "พระเหลือ" เศษทองยังเหลืออยู่อีกจึงได้หล่อพระสาวกยืนอยู่ 2 องค์ ส่วนอิฐที่ก่อเตาสำหรับหลอมทองในการหล่อพระพุทธรูปนำมารวมกันบนชุกชี (ฐานชุกชี) พร้อมกับปลูกต้นมหาโพธิ์ 3 ต้น ลงบนชุกชี เรียกว่า โพธิ์สามเส้า ระหว่างต้นโพธิ์ได้สร้างวิหารน้อยขึ้นมา 1 หลัง อัญเชิญพระเหลือกับสาวกเข้าไปประดิษฐานอยู่เรียกว่า "วิหารพระเหลือ" ปัจจุบันนี้ยังคงมีอยู่

---

[4]พระเทพรัตนกวี และคณะ, พระพุทธชินราช วัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร จังหวัดพิษณุโลก, พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพมหานคร: บางกอกสาส์น, 2548), หน้า 38.

รูปที่ 2.4 แสดงวิหารพระเหลือซึ่งตั้งอยู่บริเวณด้านหน้าพระวิหารพระพุทธชินราช[5]

ปรางค์ประธาน และพระอัฏฐารส พระปรางค์องค์นี้สร้างแบบสมัยอยุธยาตอนต้น ตั้งอยู่บนฐานย่อเหลี่ยมไม้ยี่สิบ สันนิษฐานว่า แต่เดิมคงจะเป็นสถาปัตยกรรมแบบสุโขทัยแท้ และต่อมาเจดีย์ทรงพุ่มข้าวบิณฑ์ถูกแปลงให้เป็นพระปรางค์ในสมัยอยุธยา ทรงด้านหน้าพระปรางค์มีพระปูนปั้นเรียกว่า พระอัฏฐารส หรือ ที่เรียกกันว่า เนินวิหารเก้าห้อง

รูปที่ 2.5 พระอัฏฐารสตั้งอยู่บริเวณด้านหลังพระวิหารพระพุทธชินราช[6]

---

[5]พระเทพรัตนกวี และคณะ, <u>พระพุทธชินราช วัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร จังหวัดพิษณุโลก</u>, พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพมหานคร: บางกอกสาส์น, 2548), หน้า 59.

[6]เรื่องเดียวกัน, หน้า 65.

2.2 ตำนาน และการสร้างพระพุทธชินราช

การสร้างพระพุทธชินราช ตามตำนานที่มีไว้แล้ว แย้งกันเป็น 2 นัยอยู่ นัยหนึ่งว่า สร้างเมื่อราวจุลศักราช 319 (พ.ศ. 1500) แต่อีกนัยกล่าวว่าสร้างเมื่อราวจุลศักราช 719 (พ.ศ. 1900) ตำนานที่อ้างถึงพระพุทธชินราชหล่อขึ้นในจุลศักราช 319 (พ.ศ. 1500) นั้น เป็นตำนานที่กล่าวไว้ในพงศาวดารเหนือ ปรากฏอยู่ในพระราชนิพนธ์ในพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชกาลที่ 4) ว่าด้วยเรื่องพระพุทธชินราช พระพุทธชินสีห์ และพระศรีศาสดา และพระราชปรารภของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว (รัชกาลที่ 5) เรื่องพระพุทธชินราช ความว่า

เมื่อพระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎกผู้ครองนครเชียงแสนได้ยกกองทัพลงมาตีเมืองศรีสัชนาลัย ซึ่งมีพระเจ้าพสุจราชปกครองอยู่ ทหารทั้งสองฝ่ายรบราฆ่าฟันกันตายลงเป็นอันมากมิได้ แพ้ชนะกัน พระพุทธโฆษาจารย์ซึ่งเป็นพระราชาคณะผู้ใหญ่ มีความเศร้าสลดใจในศึกครั้งนี้ จึงเข้าทำการไกล่เกลี่ยให้พระราชาทั้งสองนี้เป็นสัมพันธไมตรีกัน พระราชาทั้งสองก็ยอมปฏิบัติตาม พระเจ้าพสุจราชได้ทรงยกพระนางปทุมราชเทวีราชธิดา อภิเษกให้เป็นมเหสีแห่งพระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎก พระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎกมีพระราชโอรสด้วยพระนางปทุมราชเทวี 2 พระองค์ ทรงพระนามว่า เจ้าไกรสรราชกับเจ้าชาติสาคร พระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎกมีพระประสงค์จะป้องกันการรุกรานของชาติขอม ซึ่งขณะนั้นมอำนาจอยู่ทางละโว้ หรือ อีกนัยหนึ่งเป็น การแผ่ราชอาณาจักรให้ไพศาลออกไป จึงได้สร้างเมืองพิษณุโลก เพื่อให้ราชโอรสขึ้นครองเมือง

ตามพงศาวดารกล่าวว่าได้สร้างเมืองพิษณุโลกเมื่อจุลศักราช 315 (พ.ศ. 1496) เมื่อสร้างเสร็จแล้ว พระเจ้าศรีธรรมปิฎก ได้เสด็จลงมาอภิเษกเจ้าไกรสรราชขึ้นครองเมือง พระเจ้าศรีธรรมปิฎกนี้ทรงพระปรีชาสามารถรอบรู้แตกฉานพระไตรปิฎกมาก จึงได้รับเฉลิมพระนามาภิไธยดังนั้น ขณะที่เสด็จประทับอยู่ ณ เมืองพิษณุโลกที่ได้สร้างขึ้นใหม่ ก็มีพระประสงค์จะบำเพ็ญบุญกุศลทำนุบำรุงพระพุทธศาสนา และให้พระเกียรติศัพท์พระนามปรากฏในภายหน้า จึงตรัสสั่งให้สร้างวัดพระศรีรัตนมหาธาตุขึ้นเป็นคู่กับเมือง สร้างพระมหาธาตุเป็นรูปปรางค์สูงราว 8 วา ตั้งกลาง แล้วสร้างพระวิหารรอบปรางค์ทั้งสี่ทิศ มีระเบียง 2 ชั้น พระองค์ต้องการจะสร้างพระพุทธรูปขึ้น 3 องค์ เพื่อเป็นพระประธานในพระวิหาร

ในเวลานั้นที่เมืองศรีสัชนาลัย ทั้งสวรรคโลก และสุโขทัย เป็นที่เลื่องลือปรากฏในการฝีมือช่างต่างๆ ทั้งการทำพระพุทธรูปว่าฝีมือดียิ่งขึ้น จึงมีพระราชสาส์นไปยังกรุงศรีสัชนาลัยเพื่อขอช่างมาช่วยปั้นหุ่นพระพุทธรูป สมเด็จพระเจ้ากรุงศรีสัชนาลัยจึงส่งช่างพราหมณ์ที่ฝีมือดี 5 นาย ชื่อบาอินทร์ บาพราหมณ์ บาพิษณุ บาราชสิงห์ และบาราชกุศล พระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎกโปรดให้ช่างสวรรคโลกสมทบกับช่างชาวเชียงแสน และช่างหริภุญไชย ช่วยกันหล่อพระพุทธรูปขนาดใหญ่ทั้ง 3 องค์ มีทรวดทรงสัณฐานคล้ายกัน แต่ประมาณนั้นเป็น 3 ขนาด คือ

พระองค์ที่ 1 ตั้งพระนามเริ่มไว้ว่า "พระพุทธชินราช" มีขนาดหน้าตักกว้าง 5 ศอก 1 คืบ 5 นิ้ว มีเศษสูง 7 ศอก พระเกศสูง 15 นิ้ว เป็นปางมารวิชัย

พระองค์ที่ 2 ตั้งพระนามเริ่มไว้ว่า "พระพุทธชินสีห์" มีขนาดหน้าตักกว้าง 5 ศอก 1 คืบ 4 นิ้ว เป็นปางมารวิชัย

พระองค์ที่ 3 ตั้งพระนามเริ่มไว้ว่า "พระศรีศาสดา" มีขนาดหน้าตักกว้าง 4 ศอก 1 คืบ 6 นิ้ว เป็นปางมารวิชัย

พระศรีธรรมไตรปิฎกทรงเลือกลักษณะอาการตามชอบพระทัยให้ช่างทำ คือ สัณฐานอาการนั้นอย่างพระพุทธรูปเชียงแสน ไม่เอาอย่างพระพุทธรูปในเมืองศรีสัชนาลัย สวรรคโลก และเมืองสุโขทัยที่ทำนิ้วสั้นยาวไม่เสมอกันอย่างมือคน ทรงรับสั่ง ให้ทำนิ้วให้เสมอกันตามที่พระองค์ทราบว่าเป็นพุทธลักษณะ พระลักษณะอื่นๆ ก็ปนอย่างเชียงแสนบ้าง อย่างศรีสัชนาลัย และสวรรคโลก สุโขทัยบ้าง

จวบจนวันพฤหัสบดี ขึ้น 15 ค่ำ เดือน 4 ปีเถาะ สัปตศก จุลศักราช 317 ได้ มงคลฤกษ์กระทำพิธีเททองหล่อพระพุทธรูปทั้ง 3 องค์ และเมื่อเททองหล่อเสร็จแล้ว กระทำการแกะพิมพ์ออกมาปรากฏว่า พระองค์ที่ 2 คือ พระพุทธชินสีห์ และพระองค์ที่ 3 คือ พรศรีศาสดา องค์พระบริบูรณ์ดีมีน้ำทองแล่นติดตลอดเสมอกันสวยงาม 2 องค์เท่านั้น ส่วนพระพุทธชินราชนั้น ทองแล่นติดไม่เต็มองค์ ไม่บริบูรณ์ นับว่าเป็นอัศจรรย์ของช่าง และผู้มาร่วมพิธีเป็นอันมาก ช่างได้ช่วยกันทำหุ่น และเททองหล่ออีกถึง 3 ครั้ง ก็ไม่สำเร็จเป็นองค์พระได้ คือ ทองแล่นไม่ติดเต็มองค์

พระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎกทรงรู้สึกประหลาดพระทัยยิ่งนัก พระองค์จึงตั้งสัตยาธิษฐานเอาบุญบารมีของพระองค์เป็นที่ตั้ง อีกทั้งขอให้ทวยเทพเทวดาช่วยดลใจให้สร้างพระพุทธรูปสำเร็จตามพระประสงค์เถิด แล้วให้ช่างปั้นหุ่นใหม่อีกครั้งหนึ่ง ในครั้งหลังนี้ปรากฏว่ามีตาปะขาวคนหนึ่งไม่มีผู้ใดทรบว่าชื่ออะไรมาจากไหนเข้ามาช่วยปั้นหุ่น และช่วยเททอง ทำการงานอย่างแข็งแรงทั้งกลางวัน และกลางคืนจนเสร็จโดยไม่พูดจากับผู้ใด

ครั้นได้มหามงคลฤกษ์ ณ วันพฤหัสบดี ขึ้น 8 ค่ำ เดือน 6 ปีมะเส็ง นพศกจุลศักราช 319 (พุทธศาสนากาลล่วงแล้ว 1500 หย่อนอยู่ 7 วัน) ก็ประกอบพิธีเททองหล่อพระพุทธชินราช คราวนี้น้ำทองที่เทก็แล่นเต็มบริบูรณ์ตลอดทั่วองค์พระ พระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎกทรงปีติโสมนัสเป็นอย่างยิ่ง จึงตรัสสั่งให้ตาปะขาวผู้มาช่วยปั้นหุ่น และช่วยเททองนั้น แต่มิได้พบ ปรากฏว่าเมื่อหล่อพระเสร็จแล้ว ก็เดินทางออกประตูเมืองด้านทิศเหนือ พอถึงหมู่บ้านแห่งหนึ่งก็หายไปไม่มีใครพบเห็นอีก จึงพากันเข้าใจว่า ตาปะขาวผู้นั้น คือ เทพยดาแปลงกายมาหล่อพระพุทธชินราช อันเป็นเหตุทำให้ เลื่อมใสศรัทธาในพระพุทธรูปองค์นี้ยิ่งขึ้น ตำบลบ้านที่ตาปะขาวหายไปนั้นได้ชื่อว่า "บ้านตาปะขาวหาย" ต่อมาจนถึงทุกวันนี้

เมื่อแกะพิมพ์ออก หรือ กระเทาะหุ่นออกมาก็เป็นที่ประหลาดใจ และตื่นเต้นของชาวพุทธบริษัทเป็นอย่างยิ่ง คือ เมื่อกระเทาะหุ่นออกคราวนี้ ทองแล่นติดเต็มองค์พระงดงามสมบูรณ์ดั่งสวรรค์เนรมิต เนื้อทองสำริดสุกสกาวสดใส งามจนหาที่ติไม่ได้ จึงพากันเชื่อว่าพระพุทธชินราชองค์นี้น่าจะเป็นเทวดามาสร้างให้เป็นแน่แท้ ถึงได้มีพุทธลักษณะสวยงามที่สุดในแดนสยาม พระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎก โปรดฯ ให้อัญเชิญเข้าประดิษฐานไว้ในสถานที่ทั้ง 3 คือ พระพุทธชินราช อยู่ในพระวิหารใหญ่ผันพระพักตร์ไปทางทิศตะวันตก พระพุทธชินสีห์อยู่ทิศเหนือ และพระศรีศาสดาอยู่ทิศใต้ สำหรับพระวิหารใหญ่ทิศตะวันออกนั้น เป็นที่ฟังธรรมสักการะที่ถวายนมัสการพระมหาธาตุ และเป็นที่ชุมนุมสงฆ์

อนึ่ง เมื่อเวลาหล่อพระพุทธชินสีห์ และพระศรีศาสดาเสร็จแล้วนั้น ทองชลาบ และชนวนของพระพุทธรูปทั้ง 2 องค์ที่เหลืออยู่ พระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎกรับสั่งให้รวมลงในทองซึ่งจะหล่อพระพุทธชินราช หล่อองค์พระใหม่เรียกว่า "พระเหลือ" ส่วนชนวน และชลาบของพระที่เรียกว่าพระเหลือนั้นก็หล่อรูปพระสาวก 2 องค์ สำหรับพระเหลือนั่นเอง ครั้นเมื่อการหล่อพระเสร็จแล้ว จึงรับสั่งให้เก็บอิฐซึ่งก่อเป็นเตาหลอม และเตาสุม หุ้มหล่อพระทั้งปวงนั้นมาก่อเป็นชุกชี สูง 3 ศอก และให้ขุดดินที่อื่นมาผสมกับดินพิมพ์ที่ต่อยจากพระพุทธรูปถมในชุกชีนั้น แล้วทรงปลูกต้นมหาโพธิ์ 3 ต้น หันหน้าต่อทิศอุดรแล้วเชิญพระเหลือกับสาวกอีก 2 องค์ เข้าไว้ในที่นั้น ให้เป็นหลักฐานแสดงที่ซึ่งหล่อพระพุทธรูปทั้ง 3 องค์

รูปที่ 2.6 พระพุทธชินสีห์ และพระศรีศาสดา องค์จำลองที่ประดิษฐาน ณ วัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร ในปัจจุบัน[7]

[7]พระเทพรัตนกวี และคณะ, <u>พระพุทธชินราช วัดพระศรีรัตนมหาธาตุวรมหาวิหาร จังหวัดพิษณุโลก</u>, พิมพ์ครั้งที่ 2 (กรุงเทพมหานคร: บางกอกสาส์น, 2548), หน้า 48-49.

ที่กล่าวมาแล้วนี้เป็นความในพงศาวดารเหนือ ที่ปรากฏอยู่ในพระราชนิพนธ์ของพระบาทสมเด็จพระจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว และพระราชปรารภของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ส่วนอีกนับหนึ่งมีกล่าวว่า สร้างเมื่อประมาณ จุลศักราช 719 นั้น เป็นพระวิจารณ์แห่งพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว ทรงพระราชนิพนธ์ไว้ในหนังสือ "เที่ยวเมืองพระร่วง" มีความดังต่อไปนี้

เรื่องตำนานการสร้างเมืองพิษณุโลก และการสร้างพระพุทธชินราช พระพุทธชินสีห์นั้นสอบวนหลักฐานจะเห็นว่ารูปเรื่องจะเป็นดังกล่าวในพงศาวดารเหนือ แต่พงศาวดารเหนือลงนามเป็นของพระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎกนั้น มิใช่ผู้อื่น คือ พระมหาธรรมราชาลิไท รัชกาลที่ 4 ในราชวงศ์พระร่วงนั่นเอง

มีเรื่องในศิลาจารึกว่า เมื่อเป็นพระมหาราชครองเมืองศรีสัชนาลัย ก่อนจะได้รับราชสมบัติมีศัตรูยกกองทัพมาติดเมืองสุโขทัย ในเวลาที่พระบิดาประชวรหนัก จึงได้ครองราชอาณาจักร ตรงกับที่ว่าพระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎกยกทัพมาติดเมืองสวรรคโลกได้ราชสมบัติในเมืองนั้น และพระมหาธรรมราชาลิไท ทรงรอบรู้พระไตรปิฎกจึงสามารถแต่ง เรื่อง"พระไตรปิฎก" หรือ ไตรภูมิ ตรงกับที่เรียกว่าพระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎกมีแต่พระองค์เดียวเท่านั้น

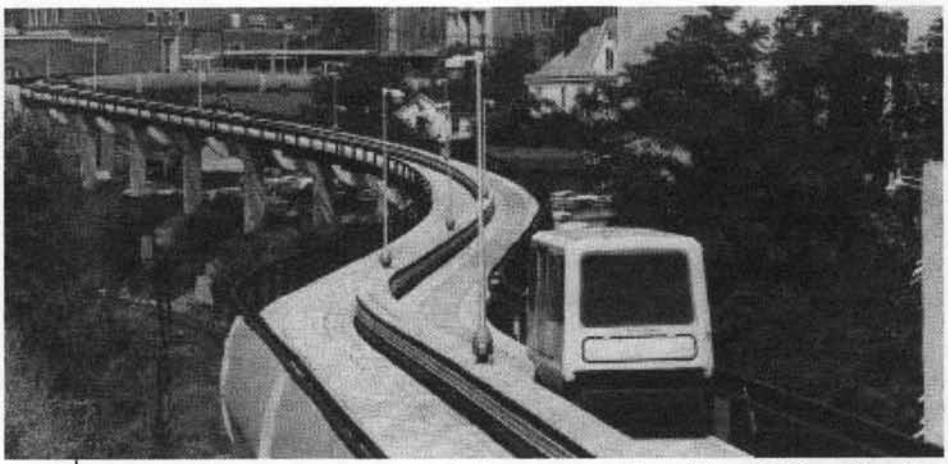
อีกประการหนึ่งโบราณวัตถุที่สร้างไว้ ณ เมืองพิษณุโลก เป็นแบบอย่างครั้งกรุงสุโขทัยเมื่อรับลัทธิพระพุทธศาสนาลังกาวงศ์มาแล้ว ยกตัวอย่างดังเช่น พระพุทธรูป พระชินราช พระชินสีห์ คงจะเชื่อได้ดังกล่าวในพงศาวดารเหนือว่า เป็นประชุมช่างอย่างวิเศษ ทั้งที่มณฑลพายัพ และในอาณาเขตสุโขทัยมาให้ช่วยกันถอดแบบอย่าง แต่พึงสังเกตได้ที่ทำปลายนิ้วพระหัตถ์เท่ากันทั้ง 4 นั้น เป็นความคิดที่เกิดขึ้นด้วยวินิจฉัยคัมภีร์มหาปุริสลักขณะกันอย่างถ้วนถี่ ในชั้นหลังพระพุทธรูปชั้นก่อนหาทำนิ้วพระหัตถ์เช่นนั้นไม่

ในที่สุดยังมีหลักฐานอีกอย่างหนึ่ง ด้วยในพงศาวดารเมืองเชียงแสนมิได้ปรากฏว่าพระเจ้าศรีธรรมไตรปิฎก หรือ พระเจ้าเชียงแสนองค์ใดได้ลงมาตีเมืองสวรรคโลกเหมือนอย่างกล่าวในพงศาวดารเหนือด้วยมีหลักฐานต่างๆ ดังกล่าวมา จึงสันนิษฐานว่า พรมหาธรรมราชาลิไทเป็นผู้สร้างเมืองสองแควขึ้นเป็นเมืองลูกหลวง และหล่อพระพุทธชินราช พระพุทธชินสีห์เมื่อราว พ.ศ. 1900

2.3 แนวความคิดเกี่ยวกับระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล

2.3.1 ประวัติ และความเป็นมาของระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล[8]

มีการศึกษามากมายเกี่ยวกับความเป็นไปได้ของระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล ย้อนกลับไปในปีพ.ศ. 2509 เมื่อการเคหะแห่งชาติ ประเทศสหรัฐอเมริกา (Housing and Urban Development, HUD)ได้ศึกษาระบบคมนาคมขนส่งประเภทนี้ ในรายงานเรื่อง "การคมนาคมขนส่งยุคหน้า" ซึ่งรายงานนี้ได้กระตุ้นให้ในช่วงต้นปี พ.ศ. 2513 เกิดการคิดค้นระบบคมนาคมขนส่งประเภทดังกล่าวขึ้น มีการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ และการทดลองมากมายเกี่ยวกับระบบเครือข่ายที่จะเกิดขึ้นนี้ เช่น ในกรณีบริษัทอัลตรา(Ultra) ได้สร้างรางจำลองเพื่อทดสอบสมรรถภาพและรูปแบบของยานพาหนะ เครือข่ายระบบคมนาคมขนส่งขนาดส่วนบุคคลสำหรับหลายๆเมืองในสหรัฐอเมริกา รวมถึง เมืองลอสแองเจอลิสที่ได้ถูกตีพิมพ์ในบทความเกี่ยวกับแนวคิดของรูปแบบยานพาหนะหลายๆรูปแบบขึ้น แนวความคิดในการออกแบบเหล่านี้ รวมถึง Monocab หรือ การออกแบบโดยใช้โครงสร้างแขวน และ TTI-Otis ผู้ที่เป็นเจ้าแรกในการใช้แรงดันลมและเทคโนโลยีระบบมอเตอร์สายตรง โดยระบบดังกล่าวได้ถูกออกแบบเพื่อนำมาใช้กับมหาวิทยาลัยเวอร์จิเนียตะวันตก(West Virginia) ในเมืองมอร์แกน ซึ่งได้ถูกพัฒนาและสร้างขึ้นในช่วง พ.ศ. 2513



รูปที่ 2.7 แสดงรูปแบบระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล มหาวิทยาลัยเวอร์จิเนียตะวันตก[9]

---

[8]Schneider, J. What is Personal Rapid Transit? [Online]. Washington: Komerska, R., 2002.

[9]Available from: http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/morg.htm [2007,March 19]

แม้ว่าที่นี่จะได้รับการยอมรับว่าเป็นแห่งแรกที่ใช้ระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล แต่ยานพาหนะก็ถูกออกแบบมาให้รองรับกับจำนวนคนมากถึง 21 คน ซึ่งมากกว่าที่จะเป็นยานพาหนะส่วนบุคคล

นอกไปจากประเทศสหรัฐอเมริกาแล้ว ประเทศต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น ญี่ปุ่น ฝรั่งเศส เยอรมันตะวันตก ได้มีการพัฒนาและออกแบบคาบิเนนแท็กซี่ (Cabinentaxi) ขึ้น ในเยอรมันตะวันตกเพื่อเป็นระบบคมนาคมขนส่งในเมืองฮัมบรูก (Hamburg) การพัฒนาระบบนี้ในปีพ.ศ. 2513 เพื่อจะนำมาใช้ในช่วงปี พ.ศ. 2523 แต่โชคร้าย ที่เกิดการตัดงบประมาณในส่วนนี้จากรัฐบาลทำให้ งานวิจัยของระบบนี้จึงเป็นเพียงงานวิจัยขึ้นหิ้งไป

ในหลายปีที่ผ่านมา ยังคงมีความพยายามต่อเนื่องในการทดลองระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล เพื่อแก้ปัญหาการคมนาคมในปัจจุบัน ซึ่งมีหลักฐานปรากฏในสหรัฐอเมริกาปีพ.ศ. 2536 บริษัทRaytheon ได้นำแนวคิดของระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคลของTAXI 2000 ชนะในการประกวดแบบ การคมนาคมขนส่งส่วนภูมิภาค อีลีนอยตะวันออกเฉียงเหนือ โดยเป็นการพัฒนาระบบคมนาคมในหมู่บ้านโรสมอน (Rosemont) TAXI 2000 คือ ระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคลที่ถูกพัฒนาขึ้นในมหาวิทยาลัย มินนิโซตา ในช่วงต้นปี พ.ศ.2523 และได้ปรับปรุงแก้ไขมากว่า 15 ปี โดย Dr.Edward Anderson ผู้เชี่ยวชาญทางด้านระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล ในเวลานั้นเอง แนวคิดดังกล่าวจึงเปรียบเสมือนตัวแทนความคิดของระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคลของสหรัฐอเมริกา

แม้ว่าระบบดังกล่าวจะยังไม่เคยมีการทดลองเต็มระบบก็ตาม ซึ่งในปัจจุบันเป็นจึงเป็นเครื่องหมายการค้าของบริษัทRaytheon ในชื่อว่า PRT 2000 และได้ทำการทดลองเต็มรูปแบบในปี พ.ศ.2538

เหตุผลที่ว่าทำไมระบบนี้จึงไม่ได้ถูกพัฒนา และไม่มีการศึกษาที่ถูกเผยแพร่ออกมานั้นอาจจะเกิดจากเหตุผลง่ายๆเกี่ยวกับเรื่องปัญหาเชิงเทคนิค ขาดความต้องการ การพิจารณาเกี่ยวกับค่าใช้จ่าย การเปลี่ยนแปลงระบบคมนาคมขนส่งที่ล่าช้า การขาดความสนับสนุนจากรัฐบาล และความสงสัยเกี่ยวกับกระแสวิพากษ์วิจารณ์ของสังคม ซึ่งที่ผ่านมา ได้มีกระแสวิพากษ์วิจารณ์เกี่ยวกับแนวความคิดของระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล ดังต่อไปนี้

1. ยานพาหนะขนาดเล็กที่ถูกออกแบบนั้นเหมาะสมกับการเดินทางที่มีความหนาแน่นน้อย และระบบนี้ยังมีความต้องการที่ซับซ้อน มีระบบไฟฟ้าควบคุมเส้นทาง ซึ่งน่าจะมีความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์กับการคมนาคมที่หนาแน่นมากกว่า
2. ระบบนี้ ไม่สามารถที่จะรองรับกับความจุของผู้โดยสารในช่วงเร่งด่วนได้

3. ระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล ต้องการพื้นที่จำนวนมากสำหรับเส้นทาง สถานี และที่เก็บยานพาหนะ ซึ่งพื้นที่เหล่านี้สามารถนำไปใช้อย่างอื่นได้มากกว่า

จึงทำให้มีการศึกษา และพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้มามากกว่า 20 ปี และเกิดระบบเสริมต่างๆขึ้น ดังต่อไปนี้

1. ระบบคอมพิวเตอร์ใช้คำนวณความจุ ความหนาแน่นของผู้ใช้งาน ซึ่งได้รับการพัฒนามาตั้งแต่ปีค.ศ. 1970
2. ระบบควบคุมอัตโนมัติ
3. LIM เทคโนโลยี ลดระยะเวลาในการเดินทาง
4. ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ที่ราคาถูก เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของระบบ ที่น่าเชื่อถือ และมีความปลอดภัย
5. ระบบเก็บค่าโดยสารอัตโนมัติ เพื่อลดค่าจ้างแรงงาน

ในปัจจุบันยังคงมีการศึกษาและวิจัยต่อเนื่อง เพื่อให้ระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคลเป็นระบบคมนาคมขนส่งที่ได้รับการยอมรับ

รูปที่ 2.8 แสดงรางทดลองระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล โดยบริษัทอัลตรา[10]

2.3.2 ความหมายของระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล

ระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล (Personal Rapid Transit, PRT) คือ ส่วนหนึ่งระบบคมนาคมที่ไม่ได้ถูกพัฒนา โดยรู้จักกันในชื่อว่า ระบบเคลื่อนย้ายมวลชนโดยอัตโนมัติ

---

[10]Available from: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/en/8/8f/ULTra_test_track.jpg [2007,March 19]

(Automated People Movers, APMs) โดยทั่วไประบบดังกล่าวจะประกอบด้วย ยานพาหนะซึ่งมีความจุระหว่าง 12-100 คน โดยจะวิ่งบนเส้นทางที่กำหนด มีกำหนดตารางเวลาตายตัว โดยตัวอย่างของระบบขนส่งชนิดนี้สามารถพบได้ที่ท่าอากาศยานในประเทศอเมริกา เช่น ซีแอทเทิล ดัลลาส ไมอามี่ แม้ว่าระบบนี้ค่อนข้างจะประสบความสำเร็จในลักษณะดังกล่าว ระบบเคลื่อนย้ายมวลชนโดยอัตโนมัติก็ยังไม่ได้รับการยอมรับและใช้กันในระดับเมืองด้วยสาเหตุหลายๆประการ ไม่ว่าจะเป็นการยึดติดกับระบบการคมนาคมในรูปแบบเดิม ความล่าช้าของการพัฒนา ขาดงานทดลอง และวิจัยที่เพียงพอ จึงยังไม่ได้เป็นที่ยอมรับ ยิ่งไปกว่านั้น นิยามของระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคลยังเป็นที่คลุมเครือมาเป็นเวลากว่า 30 ปี สมาคมพัฒนาระบบขนส่ง (Advanced Transit Association) ได้พยายามกำหนดขอบเขต และให้นิยามของระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคลที่แท้จริงขึ้น

โดยสรุป ขอบเขต และนิยามของระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคลควรประกอบด้วย

1. ระบบของยานพาหนะที่เป็นระบบอัตโนมัติโดยปราศจากคนขับ
2. ยานพาหนะจะวิ่งบนเส้นทางที่กำหนดไว้
3. ยานหาหนะมีขนาดเล็กใช้ส่วนบุคคล ตั้งแต่ 1-6 คนโดย สามารถเดินทางไปพร้อมกัน และตลอด 24 ชม.
4. รางมีขนาดเล็กซึ่งสามารถตั้งอยู่บนพื้นดิน ลอยฟ้า หรือใต้ดินก็ได้
5. ยานพาหนะสามารถใช้เส้นทางและสถานีทั้งหมดได้ในเครือข่าย
6. สามารถเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทางได้โดยตรง โดยไม่ต้องผ่านหรือหยุดที่สถานีใดๆ
7. การบริการสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามต้องการโดยจำเป็นต้องมีกำหนดตารางเวลาที่ตายตัว

รูปที่ 2.9 แสดงรูปแบบสมมติฐานของภายในยานพาหนะของระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล[11]

---

[11] Available from: http://faculty.washington.edu/~jbs/itrans/PRT/Background.html [2007,March 19]

ระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคลที่แท้จริงจะต้องประกอบด้วยนิยาม และขอบเขตดังกล่าว 3-7 ข้อ ซึ่ง ณ ปัจจุบัน ยังไม่มีระบบคมนาคมขนส่งใดในโลกที่ตรงตามนิยาม 3-7 ข้อดังกล่าวนี้ ระบบคมนาคมขนส่งของเมืองมอร์แกน ที่เชื่อมต่อระหว่างมหาวิทยาลัยแห่งเวอร์จิเนียตะวันตก และส่วนบริหารใจกลางเมืองมอร์แกน (Morgan Central Business District) ค่อนข้างจะใกล้เคียงกับนิยามข้างต้นมากที่สุด

ยกเว้นในเรื่องของความจุของยานพาหนะ และการใช้ส่วนบุคคลที่สูงกว่านิยามข้างต้น

ระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล เสนอข้อได้เปรียบที่เหนือกว่าระบบปัจจุบัน ดังตัวอย่างบางส่วน ต่อไปนี้

1. การเข้าถึงลูกค้าโดยเสนอการบริการตามความต้องการและไม่มีหยุด ทุกที่ในเครือข่ายโดยสามารถเดินทางได้ทั้งส่วนบุคคลหรือเป็นกลุ่ม
2. ยานพาหนะและระบบเก็บค่าโดยสารอัตโนมัติทำให้ลดค่าว่าจ้างแรงงาน
3. ลดการเดินทางที่ต้องหยุด-รอ เพื่อลดระยะเวลาในการเดินทาง
4. ลดขนาดของราง จากการใช้ขนาดของยานพาหนะที่เล็กกว่า และน้ำหนักที่ต่ำกว่า ซึ่งมีประโยชน์ในเรื่องของค่าก่อสร้าง และการบดบังของทัศนียภาพที่ลดลง
5. ลดขนาดของสถานีซึ่งเป็นผลมาจากยานพาหนะที่เล็กลง เพื่อลดค่าใช้จ่ายและการบดบังของทัศนียภาพ
6. เหนือกว่าด้วยเทคโนโลยี ระบบขับเคลื่อนที่ทันสมัย วัสดุที่มีน้ำหนักเบา ระบบไฟฟ้าที่เสถียร ระบบเก็บเงินและการควบคุม อัตโนมัติ
7. ความสามารถในการขยายเครือข่าย โดยเริ่มต้นจากรอบเดียว แล้วสามารถขยายไปได้ตามความต้องการ

จากข้อได้เปรียบดังกล่าวของระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล เมื่อนำมาเทียบกับนิยามของกระบวนทัศน์ใหม่แห่งระบบคมนาคมของPaul Hoffman เราจะพบว่าค่อนข้างสอดคล้องกันในหลายๆด้าน ซึ่งเราสามารถนำมาสรุปเป็นตารางเพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้น ได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงนิยามของกระบวนทัศน์ใหม่แห่งระบบคมนาคมในระดับเมือง เปรียบเทียบกับแนวทางการออกแบบที่ค่อนข้างตอบรับกับกระบวนทัศน์ดังกล่าวของระบบคมนาคมขนส่งส่วนบุคคล[12]

ความต้องการของระบบคมนาคมในอนาคต	แนวทางการออกแบบที่ตอบรับ
ความสะดวกรวดเร็ว	การบริการ 24 ชม. ตามความต้องการ
ค่าใช้จ่ายในการบริหารจัดการต่ำ	ลดค่าจ้างแรงงานโดยใช้ระบบอัตโนมัติ
ต้นทุนต่ำ	ลดขนาดสถานี ลดขนาดยานพาหนะ
ส่งคมนาคมของเมือง และเข้ากับเมืองได้ดี	ลดขนาดของฐานรากทำให้สอดประสานเข้ากับเมืองได้อย่างดี
ลดความแออัด	มีความรวดเร็ว และความเป็นส่วนตัวสูง
ลดมลภาวะ	เครื่องยนต์เดินเงียบ โดยใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน
ลดพลังงานที่ใช้	ยานพาหนะมีขนาดเล็ก ทำจากวัสดุที่มีน้ำหนักเบา และสามารถควบคุมได้ตลอดเวลา
เพิ่มความปลอดภัย	มีระบบควบคุมต่อเนื่องโดยมอนิเตอร์

2.4 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบาย และการคำนวณอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายที่ใช้ในการประกอบกิจกรรมต่างๆ

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับสภาวะน่าสบาย เกิดจากการศึกษาถึงสภาวะที่คนเราไม่มีความรู้สึกร้อน หรือ หนาวว่า “สภาวะน่าสบาย” โดยกำหนดช่วงหรือขอบเขตของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของมนุษย์เราไว้เป็นมาตรฐานเรียกว่า “เขตสบาย” (Comfort Zone) จากการศึกษาของ Fanger[13] เกี่ยวกับความรู้สึกสบายของคนเราโดยละเอียดพบว่า มีตัวแปรหรือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของคนเราโดยละเอียดพบว่า มีตัวแปรหรือปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความรู้สึกสบายของคนเราในสภาวะร่างกายปกติอยู่ถึง 6 ตัวแปรด้วยกัน ได้แก่

1. **อุณหภูมิอากาศ (Air Temperature)** หมายถึง อุณหภูมิอากาศที่สามารถวัดได้จากเทอร์โมมิเตอร์
2. **ความชื้นสัมพัทธ์** **(Relative Humidity)** หมายถึง สัดส่วนของความชื้นในอากาศเมื่อเทียบกับปริมาณความชื้นสูงสุดของอากาศ โดยปราศจากการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำ (Condensation) ความชื้นสัมพัทธ์จะมีความสำคัญในที่อากาศร้อน โดยการสูญเสียความร้อนจากการระเหยของเหงื่อ ความชื้นสัมพัทธ์ที่อยู่ในช่วงสภาวะน่าสบายนั้นอยู่ในช่วง 20 -80 เปอร์เซ็นต์

---

[12]Paul Hoffman, Personal Rapid Transit, <u>Strategies for Advancing the State of the Industry</u>[Computer file], Washington, D.C., January, 2007. Available from: http://faculty.washington.edu/jbs/itrans/prtquick.htm [2007,March 19]

[13]Fanger, O. P. <u>Thermal Comfort</u>, (New York: McGraw-Hill, 1972)

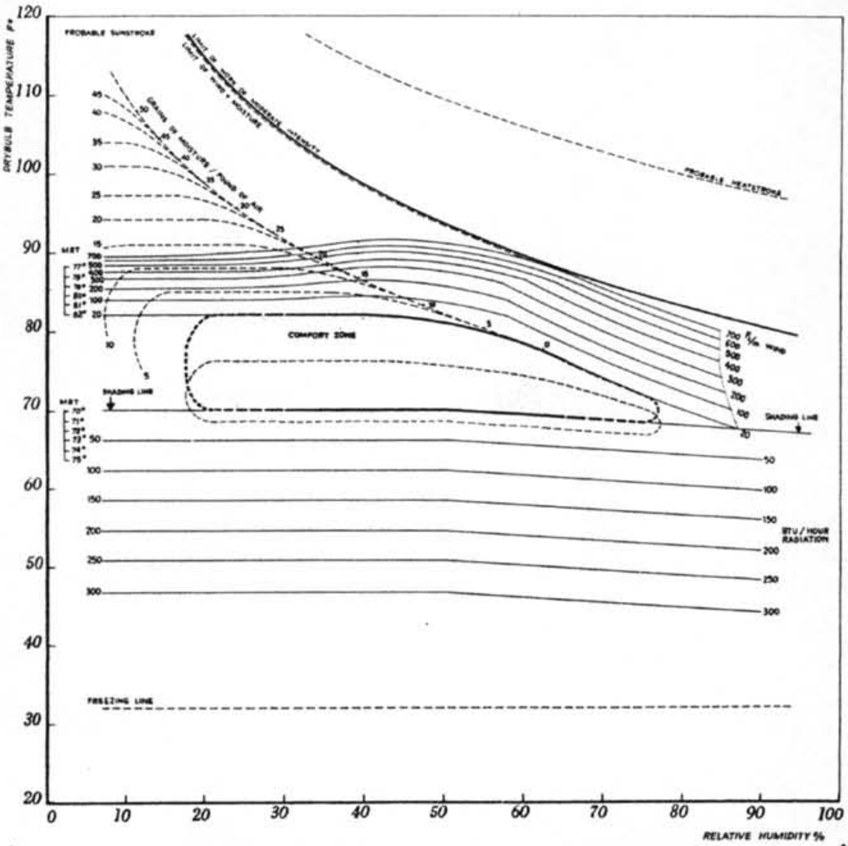
3. **อุณหภูมิเฉลี่ยของพื้นผิวโดยรอบ** (Mean Radiant Temperature) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของรังสีความร้อนที่มีอิทธิพลต่อสภาพแวดล้อมนั้นๆ ซึ่งรวมถึงแสงแดดโดยตรงด้วย MRT นั้นสามารถคำนวณจากอุณหภูมิพื้นผิวของด้านต่างๆของสภาพแวดล้อม และตำแหน่งที่วัด MRT นั้นโดยใช้มุมกระทำ (Solid Angel) ที่เกิดขึ้นระหว่างตำแหน่งที่วัดและขอบเขตของแต่ละพื้นผิวโดยหาค่าเฉลี่ย
4. **ความเร็วลม** (Air Velocity) ลมนปัจจัยที่ช่วยในการเพิ่มขอบเขตของความสบาย เนื่องจากเมื่อความเร็วลมพัดผ่านผิวกายมนุษย์ จะช่วยพัดพาความร้อนออกไปจากร่างกาย โดยการเพิ่มอัตราระเหยของเหงื่อ ทำให้ร่างกายสูญเสียความร้อนได้ดี ดังนั้นความเร็วลมที่เหมาะสมเป็นสิ่งสำคัญ หากความเร็วลมน้อยเกินไปก็ไม่ได้ช่วยในการระเหยของเหงื่อ ลมแรงเกินไปจะทำให้เกิดความรำคาญ และรบกวน
5. **เสื้อผ้าที่เราสวมใส่** (Clo Value) เสื้อผ้าที่สวมใส่ทำหน้าที่เหมือนฉนวน ซึ่งมีผลอย่างมากในการป้องกันความร้อนจากภายนอก และความร้อนที่ออกมาจากร่างกาย กับสภาพแวดล้อมภายนอก ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิอากาศและอุณหภูมิพื้นผิวรอบตัวสูง ผู้ที่สวมใส่เสื่อผ้าหนา หรือ หลายชั้นจะรู้สึกร้อน เนื่องจากเสื้อผ้าเป็นตัวที่ป้องกันการระเหยของเหงื่อออกจากร่างกาย ในสภาพอากาศแบบร้อนชื้นการสวมเสื้อผ้าที่เบาบางนั้นมีความเหมาะสม เพราะจะทำให้อัตราการระเหยของเหงื่อดีขึ้นเมื่อเทียบกับเสื้อผ้าที่มีความหนา และจำนวนหลายชั้น
6. **อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย** (Metabolism Rate) ร่างกายของมนุษย์ จะผลิตความร้อนออกมาตลอด และต่อเนื่อง ในกิจกรรมประจำวันของมนุษย์ เช่น การนอน การเดิน การวิ่ง หรือการออกกำลังกาย ความต้องการพลังงานของร่างกายมนุษย์นั้น ได้มาจากการย่อยอาหาร เครื่องดื่ม ที่เราได้รับประทานเข้าไป ขบวนการในการเปลี่ยนแปลงสารอาหาร ที่บริโภคเข้าไปให้เป็นพลังงานในร่างกาย โดยรายละเอียดการคำนวณจะกล่าวถึงในลำดับต่อไป

ซึ่งการวิเคราะห์สภาพภูมิอากาศโดยทั่วไปแล้วจะเริ่มต้นด้วยการสร้างแผนภูมิของเขตสบายโดยอาศัยแผนภูมิไบโอไคลเมตริก (Bioclimatic Chart) แผนภูมินี้จะแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์เพื่อแสดงขอบเขตของสภาวะที่คนเรารู้สึก

สบาย โดยมีข้อจำกัดให้เขตสบายของคนแสดงด้วยเส้นประในแผนภูมิ จากการศึกษาของVictor Olgyay[14] พบว่า **คนเราจะรู้สึกสบายเมื่อ**

อุณหภูมิอยู่ระหว่าง 71.6-80.6 องศาฟาเรนไฮต์ (22-27 องศาเซลเซียส)

ความชื้นสัมพัทธ์ระหว่าง 20-75 เปอร์เซ็นต์



แผนภูมิที่ 2.1 แผนภูมิไบโอไคลเมตริกแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์

เขตสบายดังกล่าวทั้งสองข้อ กำหนดขึ้นโดยมีเงื่อนไขดังนี้[15]

- ความเร็วลมค่อนข้างสงบ (ประมาณ 0-1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง หรือ 0.50 ฟุตต่อนาที)
- อุณหภูมิอากาศ และอุณหภูมิเฉลี่ยของผนังมีค่าเท่ากัน
- การแต่งกายเป็นแบบลำลองโดยสวมเสื้อผ้าสบายๆ
- บุคคลอยู่ในอิริยาบถปกติสบายๆ เช่น อ่านหนังสือ นั่งเล่น เป็นต้น

---

[14]Olgyay, V., Design with climate: Bioclimatic approach to architectural regionalism, 4th ed. (New Jersey: Printon University Press, 1973)

[15]สุนทร บุญญาธิการ, เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า, พิมพ์ครั้งที่ 2(กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542), หน้า 62-63.

โดยพบว่าเมื่อกระแสลมที่พัดผ่านผิวกายมีความเร็วเพิ่มขึ้น มนุษย์ราจะมีความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศที่วัดได้จริง ความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศนี้เป็นเพราะอัตราการระบายความร้อนออกจากผิวกายแปรผันตามความเร็วของกระแสลม กล่าวคือ ถ้ากระแสลมมีความเร็วสูงขึ้น ร่างกายจะระบายความร้อนจากผิวกายได้เร็วขึ้น จึงทำให้มีความรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศที่วัดได้จริง ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิที่วัดได้จริงกับความรู้สึกเมื่อมีลมพัดผ่านผิวกายนี้ (ในที่นี้จะเรียกว่าความรู้สึกเย็นลง) เมื่อนำมาวิเคราะห์เพื่อความสัมพันธ์โดยใช้สมการถดถอย สามารถเขียนสมการได้ดังนี้[16]

ความรู้สึกเย็นลง ($^{\circ}$C)= 0.381V+0.016RH **(1)**

เมื่อ V คือ ความเร็วลม (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

RH คือ ความชื้นสัมพัทธ์ (%)

โดยสมการข้างต้น ระดับความเชื่อถือได้ (R^2) = 0.94 และค่าความผิดพลาดมาตรฐาน (Standard Error, SE) = 0.457

อาจสรุปโดยคร่าวๆ ได้ว่า หากความเร็วลมเพิ่มขึ้น 1 กิโลเมตรต่อชั่วโมง มนุษย์จะรู้สึกเย็นลงกว่าอุณหภูมิอากาศจริงประมาณ 0.4 องศาเซลเซียส ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการออกแบบปรับปรุงผังใหม่ วิเคราะห์ความเร็วลม ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความรู้สึกร้อน-หนาวของผู้ใช้งานได้

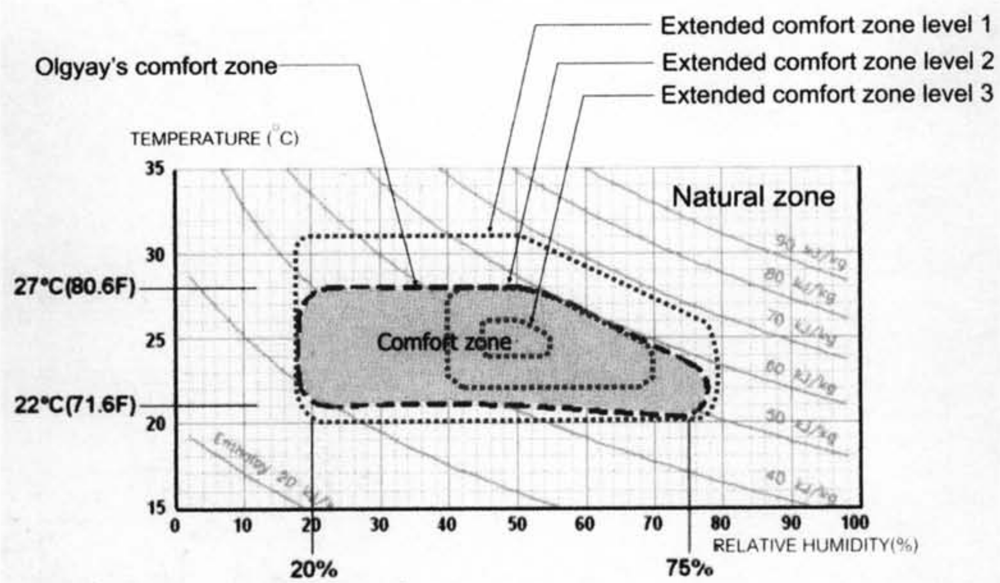
การขยายขอบเขตสภาวะน่าสบายด้วยการจัดกลุ่มกิจกรรม ได้มีการศึกษาเกี่ยวกับการแบ่งโซนกิจกรรม [17] คือ การจัดกลุ่มพื้นที่เข้าสำหรับกิจกรรมบางประเภทที่ไม่ต้องการการควบคุมสภาพอากาศมากนัก เช่น การรับประทานอาหาร การนั่งเล่น การอ่านนิตยสาร หรือวารสารที่ไม่จำเป็นต้องใช้สมาธิมาก เป็นต้น กิจกรรมเหล่านี้สามารถกระทำได้แม้ว่าสภาพอากาศจะมีความเปลี่ยนแปลง จึงไม่จำเป็นต้องควบคุมสภาพแวดล้อมภายในพื้นที่มากนัก ทำให้เสมือนว่าสามารถขยายเขตสบายออกจากขอบเขตเดิมที่ Olgyay กำหนดไว้ได้ในเบื้องต้นคาดว่าจะสามารถขยายเขตสบายขึ้นได้อีก 3 องศาเซลเซียส และเมื่อผสมผสานกับการใช้การไหลเวียน

---

[16]สุนทร บุญญาธิการ, <u>เทคนิคการออกแบบบ้านประหยัดพลังงานเพื่อคุณภาพชีวิตที่ดีกว่า</u>, พิมพ์ครั้งที่ 2(กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542), หน้า 62-63.

[17]สุนทร บุญญาธิการ, <u>การออกแบบประสานระบบ มหาวิทยาลัยชินวัตร</u>, พิมพ์ครั้งที่ 1(กรุงเทพมหานคร: โอเอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์, 2545), หน้า 62-67.

อากาศภายในพื้นที่จะยิ่งช่วยให้สามารถขยายสภาวะน่าสบายในพื้นที่ได้มากขึ้น ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 4 กลุ่ม ตามระดับความสบาย ดังนี้



แผนภูมิที่ 2.2 แผนภูมิไบโอไคลเมตริกที่แบ่งเขตสบายออกเป็น 4 กลุ่ม จากการวิเคราะห์อุณหภูมิ และความชื้นสัมพัทธ์ประกอบกัน[18]

1. เขตสบายระดับธรรมชาติ หรือสภาพแวดล้อมภายนอก (Natural Level) เป็นสภาพแวดล้อมโดยทั่วไปที่สภาพอากาศมีความเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา หมายถึง พื้นที่ทั้งหมดที่อยู่นอกเขตสบายใหม่ในแผนภูมิไบโอไคลเมติก พื้นที่ในโครงการที่มีการใช้งานท่ามกลางสภาพภูมิอากาศในระดับดังกล่าวเรียกว่า พื้นที่ธรรมชาติ (Natural Zone)
2. เขตสบายระดับที่ 1 (Extended Comfort Zone Level 1) เป็นสภาพแวดล้อมที่สภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าสภาพแวดล้อมธรรม เหมาะสำหรับกิจกรรมทั่วไปที่ไม่จำเป็นต้องใช้สมาธิมาก พื้นที่ในโครงการที่มีการใช้งานท่ามกลางสภาพภูมิอากาศในระดับดังกล่าวเรียกว่า พื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ (Passive Zone) โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-32 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 30-80 เปอร์เซ็นต์
3. เขตสบายระดับที่ 2 (Extended Comfort Zone Level 2) เป็นสภาพแวดล้อมที่สภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงน้อยกว่าเขตสบายในระดับที่1 เหมาะสำหรับ

---

[18]สุนทร บุญญาธิการ, <u>การออกแบบประสานระบบ มหาวิทยาลัยชินวัตร,</u> พิมพ์ครั้งที่ 1(กรุงเทพมหานคร: โอเอส. พริ้นติ้งเฮ้าส์, 2545), หน้า 62.

กิจกรรมที่มีการใช้สมาธิมากขึ้น พื้นที่ในโครงการที่มีการใช้งานดังกล่าวเรียกว่า พื้นที่กึ่งควบคุมสภาพแวดล้อม (Semi-passive Zone) โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 22-28 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 40-70 เปอร์เซ็นต์

4. เขตสบายระดับที่3 (Extended Comfort Zone Level 3) เป็นสภาพแวดล้อมที่สภาพอากาศมีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก เหมาะสำหรับกิจกรรมที่จำเป็นต้องใช้สมาธิมาก พื้นที่ในโครงการทีมีการใช้งานท่ามกลางสภาพภูมิอากาศในระดับดังกล่าวเรียกว่า พื้นที่ควบคุมสภาพแวดล้อมอย่างสมบูรณ์ (Control Zone) โดยมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 24-26 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 45-55 เปอร์เซ็นต์

โดยในโครงการปรับปรุงผังบริเวณในงานวิจัยนี้นี้จะเน้นไปที่เขตสบายระดับที่ 1 หรือพื้นที่ควบคุมด้วยระบบธรรมชาติ (Passive Zone) ที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 20-32 องศาเซลเซียส เนื่องจากเป็นการออกแบบปรับปรุงพื้นที่บริเวณภายนอกตัวอาคารที่ไม่สามารถควบคุม แสง ความชื้นสัมพัทธ์ ทิศทางลม ได้

การคำนวณอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย โดยทั่วไปการวิเคราะห์สภาวะน่าสบาย กิจกรรมที่ทำนั้นมีผลอย่างมาก เนื่องจากอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายจะเพิ่มขึ้นตามสัดส่วนของระดับการออกกำลังกาย โดยอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย จะเปลี่ยนแปลงเป็นช่วงกว้างซึ่งขึ้นอยู่กับกิจกรรม ตัวบุคคลนั้นๆ และสภาพในขณะที่ประกอบกิจกรรมเหล่านั้นอยู่

หน่วยที่ใช้วัดอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกาย คือ MET ซึ่งเป็นตัวย่อมาจากคำว่า Metabolic EquivalenT โดยหน่วย 1 MET จะเท่ากับพลังงานของผู้ใหญ่ที่ใช้ในขณะนั่ง นิ่งสงบ หรือ เท่ากับพลังงาน 1 กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว(กิโลกรัม)ต่อชั่วโมง

ในความเป็นจริง อัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายจะแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล การแปลงค่าจากหน่วย MET เป็นกิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ต่อชั่วโมงจำเป็นต้องรู้น้ำหนักส่วนตัวของบุคคล และใช้ความสัมพันธ์จากสมการ

1 กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ต่อชั่วโมง = 1 MET (2)

ตัวอย่างการคำนวณ ถ้ากิจกรรมที่มีอัตราการเผาผลาญในระดับ 8.3 MET ซึ่งผู้ประกอบกิจกรรมเป็นหญิงที่มีน้ำหนักเฉลี่ย 68 กิโลกรัม พลังงานที่ใช้ในการเผาผลาญจะเท่ากับ

$$8.3 \text{ MET} = \frac{8.3 \text{ กิโลแคลอรี} \times 68 \text{ กิโลกรัม}}{60 \text{ นาทีต่อชั่วโมง}} = 9.4 \text{ กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว(กิโลกรัม) ต่อนาที}$$

โดยในตารางที่ 2.2 จะแสดงรายการของกิจกรรมทั่วไปทั้งหน่วย MET และหน่วย กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ต่อชั่วโมงสำหรับผู้ใหญ่ ซึ่งค่าในตารางสามารถนำไปประกอบกับการออกกำลังกายได้ ตารางที่ 2.3 จะจัดชั้นระดับความเข้มข้นของกิจกรรมโดยคำนวณจากปริมาณการเผาผลาญของออกซิเจน ซึ่งค่าในตารางสามารถใช้ประมาณการระยะเวลาที่สามารถกระทำกิจกรรมนั้นได้อย่างต่อเนื่อง เช่น การขี่ม้าที่มีระดับการเผาผลาญที่ 0.05-0.13 กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ต่อนาที (ดูตารางที่ 2.2) จะสามารถขี่ม้าได้ 8 ชั่วโมงต่อวันในหลายสัปดาห์ (จากตารางที่2.3) ในขณะที่บางกิจกรรมที่ถูกจัดไว้ในชั้นที่มีปริมาณการเผาผลาญสูง เช่น การวิ่งในความเร็วที่ 6 นาทีต่อไมล์ ซึ่งมีระดับการเผาผลาญที่ 0.27 กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว (กิโลกรัม) ต่อนาที คนทั่วไปจะสามารถทนได้แค่ช่วงเวลาสั้นๆ เพียง 2-3 นาทีเท่านั้น ในขณะที่ผู้ที่ได้รับการฝึกฝน ออกกำลังกายสม่ำเสมอจะสามารถทนทานในการวิ่งด้วยความเร็วดังกล่าวได้ยาวนานกว่า และตารางที่ 2.4 เป็นตารางแสดงอัตราการเผาผลาญของร่างกายจากการดินบนทางลาด ที่ระดับความชันต่างๆ กัน

ตารางที่ 2.2 แสดงอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายจากการประกอบกิจกรรมต่างๆ[19]

ประเภทของกิจกรรม	ช่วงของ METs	กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว(กิโลกรัม) ต่อนาที
ยิงธนู	3-4	0.05-0.07
แบดมินตัน	4-9	0.07-0.15
บาสเกตบอล	7-12	0.12-0.20
ขี่จักรยาน ด้วยความเร็ว 10 ไมล์ต่อชั่วโมง	7	0.12
โบลลิ่ง	2-4	0.03-0.07
นั่งเรือแคนนู หรือ พายเรือคายัค	3-8	0.05-0.13
เต้นรำแอโรบิค	6-9	0.10-0.15
ฟุตบอล	6-10	0.10-0.17
ขับรถ	2-3	0.03-0.05
เดินโดยแบกสัมภาระ	4-7	0.07-0.12
ขี่ม้า	3-8	0.05-0.13
กระโดดเชือก	8-12	0.13-0.20
วิ่ง		
วิ่งด้วยความเร็ว 12 นาทีต่อไมล์	8.7	0.15
วิ่งด้วยความเร็ว 10 นาทีต่อไมล์	10.2	0.17
วิ่งด้วยความเร็ว 8 นาทีต่อไมล์	12.5	0.21

[19]Sharon A. Plowman and Denise L. Smith, Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance, 2nd ed. (San Francisco: Benjamin Cummings, 2003), p.138.

ตารางที่ 2.2 (ต่อ) แสดงอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายจากการประกอบกิจกรรมต่างๆ

ประเภทของกิจกรรม	ช่วงของ METs	กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว(กิโลกรัม) ต่อนาที
วิ่ง		
วิ่งด้วยความเร็ว 12 นาทีต่อไมล์	8.7	0.15
วิ่งด้วยความเร็ว 10 นาทีต่อไมล์	10.2	0.17
วิ่งด้วยความเร็ว 8 นาทีต่อไมล์	12.5	0.21
วิ่งด้วยความเร็ว 6 นาทีต่อไมล์	16.3	0.27
แล่นเรือใบ	2-5	0.03-0.08
เล่นสกี		
ลงเขา	5-8	0.08-0.13
ข้ามฝั่ง	6-12	0.10-0.20
สกีน้ำ	5-7	0.08-0.12
ปีนบันได	4-8	0.07-0.13
ว่ายน้ำ	4-8	0.07-0.13
ปิงปอง	3-5	0.05-0.08
เทนนิส	4-9	0.07-0.15
วอลเล่ย์บอล	3-6	0.05-0.10
เดิน		
เดินด้วยความเร็ว 35 นาทีต่อไมล์	2.3	0.04
เดินด้วยความเร็ว 30 นาทีต่อไมล์	2.4	0.04
เดินด้วยความเร็ว 23 นาทีต่อไมล์	2.9	0.05
เดินด้วยความเร็ว 20 นาทีต่อไมล์	3.3	0.06
เดินด้วยความเร็ว 17.5 นาทีต่อไมล์	3.6	0.06

หมายเหตุ 1 MET = 1 กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว(กิโลกรัม)ต่อชั่วโมง = 0.017 กิโลแคลอรีต่อกิโลกรัมต่อนาที (รายละเอียดเพิ่มเติมดูภาคผนวก)

ตารางที่ 2.3 แสดงความสัมพันธ์ของระดับความเข้มข้นของกิจกรรมกับระยะเวลาที่สามารถทำกิจกรรมนั้นได้อย่างต่อเนื่อง[20]

ระดับความเข้มข้นของกิจกรรม	กิโลแคลอรีต่อน้ำหนักตัว(กิโลกรัม)ต่อนาที*	ระยะเวลาที่สามารถทำกิจกรรมได้อย่างต่อเนื่อง
บางเบา		
อ่อน	ต่ำกว่า 0.06	ไม่จำกัด
พอประมาณ	0.07-0.11	8 ชั่วโมงต่อวัน
หนัก		
ดีที่สุด	0.12-0.15	8 ชั่วโมงต่อวันในบางสัปดาห์
เหนื่อย	0.16-0.18	4 ชั่วโมง 2-3 ครั้งต่อสัปดาห์
ทรมาน		
ขีดสุด	0.19-0.22	1-2 ชั่วโมง บางครั้งบางคราว
หมดกำลัง	สูงกว่า 0.22	2-3 นาที นานๆครั้ง

* คำนวณจากสมมติฐานที่ 68 กิโลกรัม โดยค่าที่แท้จริงจะแตกต่างออกไปขึ้นอยู่กับน้ำหนักตัว

ตารางที่ 2.4 แสดงอัตราการเผาผลาญพลังงานของร่างกายโดยประมาณ ในหน่วยMET จากการเดินบนพื้นราบและบนทางลาดที่มีความชันระดับต่างๆกัน[21]

%ของทางลาด	ความเร็วในการเดิน (ไมล์ต่อชั่วโมง)					
	1.7	2.0	2.5	3.0	3.4	3.75
0	2.3	2.5	2.9	3.3	3.6	3.9
2.5	2.9	3.2	3.8	4.3	4.8	5.2
5.0	3.5	3.9	4.6	5.4	5.9	6.5
7.5	4.1	4.6	5.5	6.4	7.1	7.8
10.0	4.6	5.3	6.3	7.4	8.3	9.1
12.5	5.2	6.0	7.2	8.5	9.5	10.4
15.0	5.8	6.6	8.1	9.5	10.6	11.7
17.5	6.4	7.3	8.9	10.5	11.8	12.9
20.0	7.0	8.0	9.8	11.6	13.0	14.2
22.5	7.6	8.7	10.6	12.6	14.2	15.5
25.0	8.2	9.4	11.5	13.6	15.3	16.8

---

[20]Sharon A. Plowman and Denise L. Smith, Exercise Physiology for Health, Fitness, and Performance, 2nd ed. (San Francisco: Benjamin Cummings, 2003), p.139.

[21]American College of Sports Medicine, Guidelines for Exercise Testing and Prescription, 3rd ed. (Philadelphia: Lea and Febiger, 1986)

2.5 การคำนวณพลังงานที่ใช้ในการคมนาคม

การคมนาคม หรือ การเดินทางจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง จำเป็นต้องบริโภคพลังงานทั้งสิ้นไม่ว่าจะเป็นการเดิน ซึ่งต้องใช้พลังงานจากสารอาหารไปสร้างพลังงานให้กับร่างกาย หรือ การขับรถยนต์ที่ต้องใช้พลังงานจากน้ำมันในการขับเคลื่อนเครื่องยนต์ เป็นต้น โดยตารางที่ 2.5 ได้ทำการแสดงค่าความจุพลังงานต่อ 1 ลิตรของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

ตารางที่ 2.5 แสดงค่าความจุพลังงานต่อ 1 ลิตรของพลังงานจากเชื้อเพลิงประเภทต่างๆ[22]

ประเภท	ความจุพลังงาน (Energy Content) ต่อ 1 ลิตร		
	บีทียู(Btu)	เมกะจูล(MJ)	กิโลแคลอรี(kcal)
น้ำมันดิบ	34,440	36.33	8,680
คอนเดนเสท	31,350	33.07	7,900
ก๊าซปิโตรเลียมเหลว	25,240	26.62	6,360
น้ำมันเบนซิน	29,840	31.48	7,520
น้ำมันเครื่องบิน	32,740	34.53	8,250
น้ำมันก๊าด	32,740	34.53	8,250
น้ำมันดีเซล	34,520	36.42	8,700
น้ำมันเตา	37,700	39.77	9,500
ยางมะตอย	39,050	41.19	9,840
เอทานอล	18,360	19.69	4,705
เมทานอล	14,012	14.78	3,532

จากตารางที่ 2.5 ที่แสดงค่าความจุพลังงานต่อ 1 ลิตรของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ สำหรับยานพาหนะที่ใช้ในการเดินทางสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการคำนวณหาพลังงานที่ใช้ในการได้ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณ[23] ชายคนหนึ่งเดินทางด้วยรถยนต์เป็นระยะทาง 50 กิโลเมตร ใช้น้ำมันเบนซินที่มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันประมาณ 10 กิโลเมตรต่อน้ำมัน 1 ลิตร อยากทราบว่าในการเดินทางครั้งนี้จะใช้พลังงานกี่บีทียู

อัตราการสิ้นเปลืองพลังงานน้ำมัน 10 กิโลเมตรต่อน้ำมัน 1 ลิตร แสดงว่าในการเดินทางระยะทาง 50 กิโลเมตร

จะต้องใช้น้ำมันประมาณ $= \frac{50}{10} = 5$ ลิตร

[22] พลังงาน, กระทรวง. กรมพัฒนาพลังงงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, รายงานพลังงานของประเทศไทย 2548. (กรุงเทพมหานคร: กลุ่มสถิติและข้อมูลพลังงาน, 2548), หน้า 32.

[23] สุนทร บุญญาธิการ และคณะ, พลังงานใกล้ตัว, (กรุงเทพมหานคร: เฟิร์ส ออฟเซท, 2545), หน้า 60.

จากตารางที่ 2.5 แสดงว่าน้ำมันเบนซิน 1 ลิตร มีค่าความจุพลังงานประมาณ 29,840 บีทียูต่อลิตร

ดังนั้นการเดินทางครั้งนี้จะใช้พลังงาน	=	29,840 x 5	บีทียู
	=	149,200	บีทียู
หรือ	=	$\frac{149{,}200}{3{,}412}$	วัตต์-ชั่วโมง
	=	43,728	วัตต์-ชั่วโมง

จากแนวทางที่ใช้ในการคำนวณพลังงานที่ใช้ในการเดินทางดังกล่าว สามารถเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ใช้สำหรับการเดินทางด้วยยานพาหนะประเภทต่างๆได้ดังนี้

ตารางที่ 2.6 แสดงประสิทธิภาพของระบบคมนาคมประเภทต่างๆ[24]

ประเภท	ความเร็ว (ไมล์ต่อชั่วโมง)	ความจุของผู้โดยสาร	สัดส่วนของผู้โดยสารโดยประมาณ(%)	อัตราส่วนของการสิ้นเปลืองน้ำมัน (คน*ไมล์ต่อแกลลอน)	พลังงานที่ใช้ในการเดินทางต่อ 1 ไมล์ (บีทียูต่อคนต่อไมล์)
ราง					
รถไฟด่วน	100	360	55	133	980
รถไฟทั่วไป	40	1,000	50	100	1,300
รถไฟข้ามเมือง	60	360	55	80	1,600
รถไฟใต้ดิน**	30	1000	50	75	1,700
ถนน					
รถเมล์	50	43	58	125	1,000
รถยนต์	67	4	25-50	16-32	8,100-4,100
รถจักรยาน	6-10				180
เดิน	3.5				800
ทางอากาศ					
เครื่องบินเจต	500	136	62	21	6,200
STOL***	200	99	55	18	7,200
SST	1,500	250	60	13.7	9,500
เฮลิคอปเตอร์	150	78	58	7.5	17,300

*คำนวณโดยสัดส่วน 130,000 บีทียูต่อแกลลอน

**คำนวณจากรถไฟใต้ดินในนิวยอร์ก โดยไม่ได้อยู่ในชั่วโมงเร่งด่วน

***Short-take-off-and-landing

---

[24]Gil Friend and David Morris, Kilowatt Counter, 2[nd] ed. (Minnesota: Alternative Sources of Energy, 1974), p.12.

ตารางที่ 2.5 แสดงประสิทธิภาพของระบบคมนาคมประเภทต่างกันซึ่งสามารถนำมาเปรียบเทียบประสิทธิภาพทางพลังงานที่ใช้ในการเดินทางต่อระยะทางได้ จากข้อมูลในตารางการจะเปรียบเทียบว่าระบบคมนาคมประเภทไหนที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ต่ำสุด สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือ โดยส่วนใหญ่ระบบคมนาคมขนส่งโดยทั่วไปไม่ได้ใช้งานเต็มรูปแบบเสมอ ยกตัวอย่างเช่น รถยนต์มักจะจุผู้โดยสารแค่ 1-2 คนเท่านั้น แต่หากมีการใช้อย่างเต็มรูปแบบ ประสิทธิภาพย่อมเปลี่ยนไป

การเดินเป็นการเดินทางที่มีประสิทธิภาพสูง แต่รถจักรยานกลับใช้พลังงานน้อยกว่า และสามารถจุผู้โดยสารได้ถึง 2 คน อีกทั้งยังเร็ว และไปได้ไกลกว่า ในขณะที่รถยนต์ก็สามารถไปได้ไกล และเร็วกว่าเช่นกัน แต่ใช้พลังงานสูงกว่า ดังนั้นเราจะพบว่าการใช้พลังงานในการเดินทางไม่ใช่เพียงแต่จะคำนึงถึงปัจจัยตัวใดตัวหนึ่ง แต่ต้องคำนึงถึงสิ่งที่เราต้องการในการเดินทางที่แท้จริง เช่น ความรวดเร็ว ประหยัดพลังงาน ประสิทธิภาพ ความปลอดภัย เป็นต้น จึงจะสามารถเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดได้