บทที่ 6
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองของแนวทางในการออกแบบปรับปรุงความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูงสามารถนำมาสรุปผลและข้อเสนอแนะเพื่อนำไปสู่การสร้างแนวทางการออกแบบให้เกิดสภาวะน่าสบายในการใช้งานพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูงและเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายอากาศโดยวิธีธรรมชาติ(natural ventilation) โดยสามารถสรุปผลได้ดังนี้

6.1 สรุปผลการวิจัย

เมื่อวิเคราะห์ผลการจำลองสภาพด้วยคอมพิวเตอร์มีค่าใกล้เคียงกับค่าจริงที่วัดได้จากพื้นที่กรณีศึกษาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย แบบจำลองอาคารที่ได้ทำการศึกษานี้ก็สามารถนำมาใช้วิเคราะห์สภาวะน่าสบายภายในพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูงของอาคารกรณีศึกษานี้ได้ จากการจำลองโดยใช้โปรแกรม CFD โดยใช้ความเร็วลมที่ 1.7 m/s เนื่องจากเป็นช่วงความเร็วของกระแสลมในกรุงเทพมหานครที่มีความถี่มากที่สุด จากอาคารจำลองที่ได้ทำการศึกษาสภาพปัญหาพบว่าอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 6 ชั้นขึ้นไป จะมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ใต้ถุนอาคารมากกว่าค่าสภาวะน่าสบายที่เหมาะสมกับการทำกิจกรรมและการพักผ่อนที่กำหนดไว้ 3.0 m/s โดยมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยประมาณ 3.0-6.0 m/s ความสูงอาคารที่ทำการทดลอง 4 ชั้น หรือ 12 เมตร จะมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยเพิ่มขึ้นประมาณ 1.0 m/s ซึ่งจะทำให้รบกวนการใช้งานในพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูง เริ่มทำให้วัตถุที่มีน้ำหนักเบาๆเริ่มปลิว และทำให้ศูนย์เสียพื้นที่ในการใช้งานของอาคาร

จากผลการจำลองสภาพอาคารโดยใช้โปรแกรม CFD สามารถประเมินสภาพปัญหาสภาวะน่าสบายในพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูง และการระบายอากาศโดยใช้แนวทางการปรับปรุงอาคารเพื่อลดความเร็วลมพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูงและปรับเข้าสู่สภาวะน่าสบายได้โดยสรุปดังนี้

การปรับปรุงอาคารแบบที่ 1

ปรับปรุงโดยการเพิ่มองค์ประกอบอาคารโดยการติดตั้งแผงดักลม 1 ด้าน ความกว้าง 1.0 เท่าของความสูงพื้นที่ใต้ถุนอาคาร ขนานไปตลอดทางด้านยาวเปิดช่องเหนือแผงดักลมเพื่อบังคับให้กระแสลมผ่านไปบริเวณด้านบนของพื้นที่ใต้ถุนอาคาร เพื่อใช้ในการระบายอากาศในพื้นที่ใต้ถุนอาคารโดยทดลองกับอาคารที่มีสัดส่วนอาคาร 1:2 ซึ่งเป็นอาคารที่มีปัญหาความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูงมากที่สุด

การจำลองโดยใช้ความเร็วลมที่ 1.7 m/s พบว่ากระแสลมในบริเวณพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูงมีค่าความเร็วลมเฉลี่ยที่มีค่าสม่ำเสมอมากขึ้น โดยอาคารทดลองมีความสูงอาคารเป็น 4 ชั้น 8 ชั้น 12 ชั้น 16 ชั้นและ 20 ชั้น มีค่าความเร็วลมอยู่ในช่วง 2.54-3.51 m/s ค่าความเร็วลดลงประมาณ 5% -42 % ขึ้นอยู่กับความสูงอาคาร โดยอาคารที่มีความสูงมากค่าความเร็วลมก็จะลดลงมาก ค่าความเร็วลมที่ได้จากการปรับปรุงอาคารมีค่าใกล้เคียงกับค่าความเร็วลมของสภาวะน่าสบายที่กำหนดไว้และเหมาะสมกับการใช้งานและทำกิจกรรมตลอดทั้งปี

การปรับปรุงอาคารแบบที่ 2

ปรับปรุงอาคารด้วยการเพิ่มองค์ประกอบอาคารด้วยแผงดักลมในอาคาร 2 ด้าน ความกว้าง 1.0 เท่าของความสูงใต้ถุนอาคาร ขนานไปตลอดแนวยาวของอาคารทดลอง โดยติดตั้งให้อยู่ระหว่างด้านบนของพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูง

กระแสลมที่ที่ผ่านเข้ามาในพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูงด้วยความเร็วลมเฉลี่ย 1.7 m/s กระแสลมปะทะอาคารที่มีแผงดักลมทั้ง 2 ด้าน บังคับให้ลมที่มีความเร็วลมสูงผ่านในส่วนบนของพื้นที่ใต้ถุนอาคารทำให้ในบริเวณใช้งานด้านล่างของพื้นที่มีความเร็วลมลดลง จากการทดลองกับอาคารที่มีระดับความสูงต่างๆ กระแสลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 2.58-3.5 m/sและมีค่าความเร็วลมลดลงจากอาคารที่ไม่ได้ทำการปรับปรุง 3.37% -43 % จากผลการวิเคราะห์ผลการจำลองพบว่าอาคารที่มีความสูง 4-10 ชั้นหรือความสูงไม่เกิน 30 เมตรค่าความเร็วลมอยู่ในช่วงของสภาวะน่าสบายอาคารที่มีความสูงตั้งแต่ 10ชั้น ขึ้นไปมีค่าความเร็วลม 3.2-3.5 m/s ซึ่งยังรบกวนการใช้งานเล็กน้อยแต่ทำให้ปัญหาในพื้นที่ใต้ถุนอาคารลดน้อยลง และยังเหมาะสมกับการใช้งานและทำกิจกรรม

การปรับปรุงอาคารแบบที่ 3

จากแนวทางการปรับปรุงอาคารแบบที่ 1 และแบบที่ 2 พบว่าความเร็วลมในอาคารบางส่วนยังมีค่าเกินสภาวะน่าสบายที่กำหนดไว้ ดังนั้นแนวทางการปรับปรุงอาคารแบบที่ 3 จึงได้นำแนวทางที่ 2 มาปรับปรุงสภาพแวดล้อมของอาคารด้วยแนวต้นไม้เพื่อชะลอความเร็วก่อนที่จะเข้าสู่พื้นที่ใต้ถุนอาคาร โดยมีระยะห่างจากแนวอาคาร 1.5 เท่าของความสูงของพื้นที่ใต้ถุนอาคาร

เมื่อจำลองสภาพแนวทางการปรับปรุงอาคารด้วยความเร็วลม 1.7 m/s กระแสลมที่ผ่านแนวต้นไม้ที่มีความสูง 5 เมตรผ่านเข้าสู่พื้นที่ใต้ถุนอาคารความเร็วลมเฉลี่ย 2.48-3.46 m/s ระดับความเร็วลมมีค่าลดลง 43.64 %ในอาคารที่มีความสูง 20 ชั้น อาคารที่มีความสูง 4-16 ชั้นมีค่า

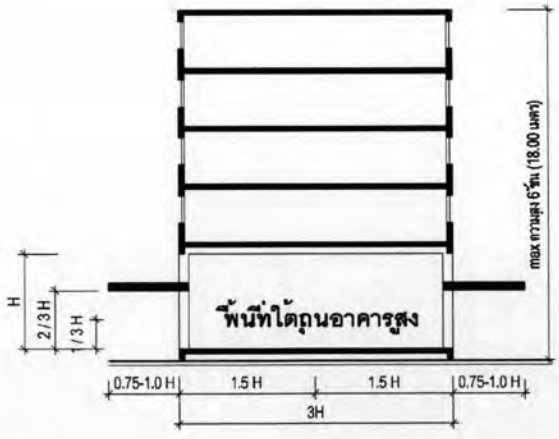
คามเร็วลมลดลง 7.11-12.50 % อาคารที่มีความสูง 4-12 ชั้น ความเร็วลมในบริเวณพื้นที่ใต้ถุนอาคารมีค่าอยู่ในช่วงของสภาวะน่าสบายตลอดทั้งปี อาคารที่มีความสูง 16-20 ชั้น มีความเร็วลมประมาณ 3.46 m/s ซึ่งมีความเร็วลมเกินกว่าสภาวะน่าสบายที่กำหนดไว้

การปรับปรุงอาคารแบบที่ 4

แนวทางที่ 4 ที่ได้ทำการจำลองโดยนำแนวทางการปรับปรุงแบบที่ 1 มาปรับปรุงภูมิทัศน์ด้วยเนินดินความสูง 3 เมตร ผลการจำลองสภาพทำให้กระแสลมเมื่อปะทะเนินดินแล้วเข้าสู่พื้นที่ใต้ถุนอาคาร ค่าความเร็วลมมีค่าเฉลี่ย 3.55 m/s ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับอาคารจำลองแบบที่ 1 ค่าความเร็วลมไม่ลดลง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแนวทางนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ปรับปรุงวามเร็วลมให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายได้

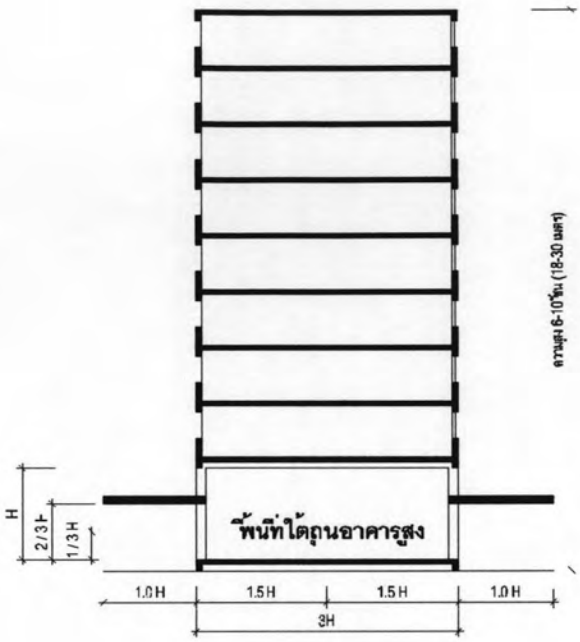
จากการจำลองสภาพอาคารสามารถสรุปได้ว่าแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคารเพื่อลดความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารให้เข้าสู่สภาวะน่าสบายสามารถสรุปได้เป็นแนวทางดังนี้

1. อาคารสูงไม่เกิน 6 ชั้น (18m.)ความเร็วลมเฉลี่ยอยู่ในเขตสภาวะน่าสบายแต่จะมีปัญหาลมกรรโชกแรง จึงควรคิดตั้งแผงดักลมความกว้าง 0.75-1.00 เท่าของความสูงพื้นที่ใต้ถุนอาคารเพื่อควบคุมทิศทางและความเร็วลม



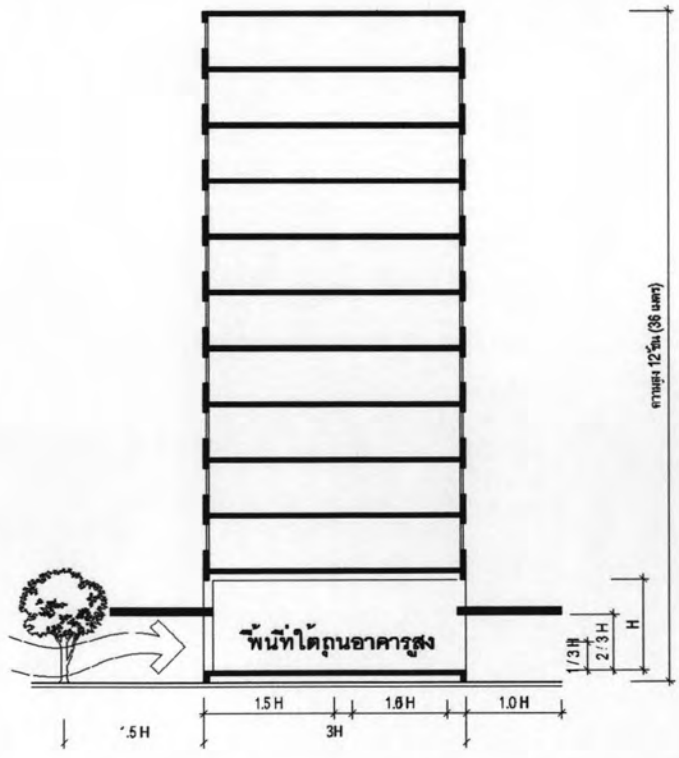
รูปที่ 6.1 แสดงแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร ความสูงไม่เกิน 6 ชั้น

2. อาคารสูง 6-10ชั้นควรติดตั้งแผงดักลมความกว้าง 1เท่าของความสูงพื้นที่ใต้ถุนอาคารทั้ง 2 ด้านตลอดแนวอาคารเพื่อปรับให้กระแสลมอยู่ในสภาวะน่าสบาย



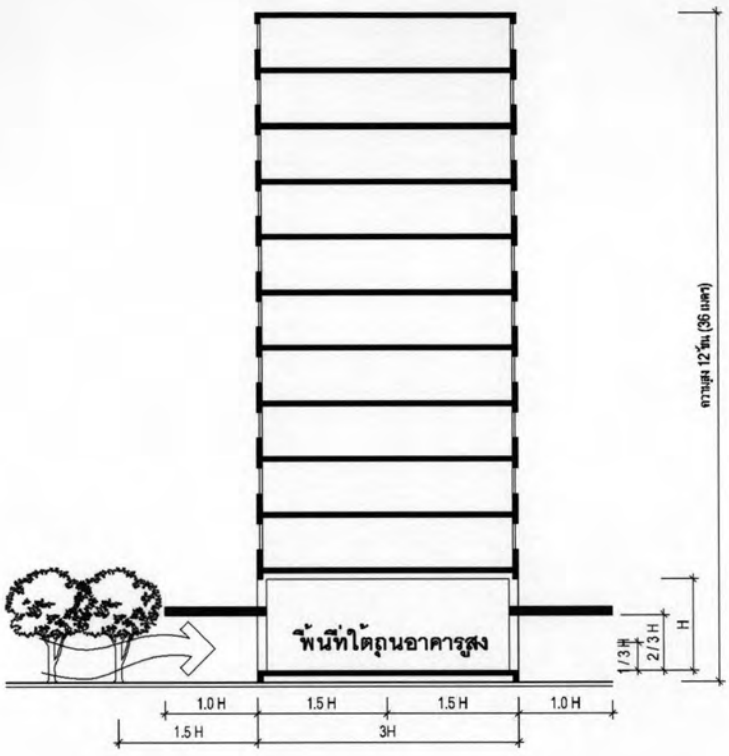
รูปที่ 6.2 แสดงแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร ความสูง 6-10 ชั้น

3. อาคารสูง 12 ชั้นต้องใช้แนวต้นไม้ที่ความหนาแน่น 50%เพื่อชะลอความเร็วลมร่วมกับแผงดักลมกว้าง 1 เท่าของความสูงเพื่อปรับให้ความเร็วลมเข้าสู่สภาวะน่าสบาย



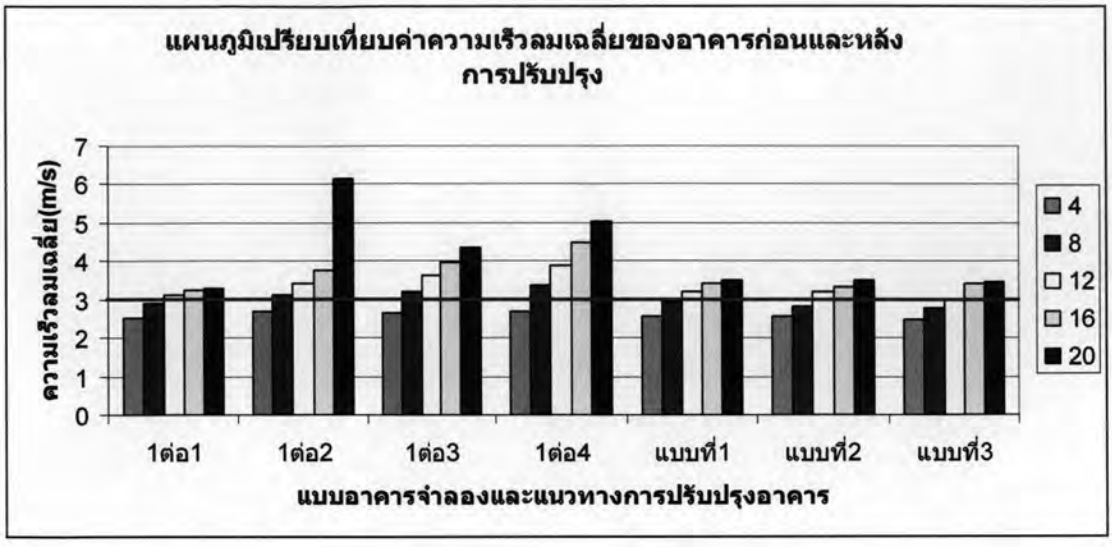
รูปที่ 6.3 แสดงแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร ความสูง 12 ชั้น

4. อาคารสูงมากกว่า 12 ชั้นควรติดตั้งแผงดักลมทั้ง 2 ด้านร่วมกับแนวต้นไม้ระยะห่างจากอาคารไม่เกิน 1.5 เท่าของความสูงใต้ถุนอาคาร และควรสร้างแนวต้นไม้ 2 แนวสลับกันเพื่อลดความเร็วลมให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น



รูปที่ 6.4 แสดงแนวทางการออกแบบปรับปรุงอาคาร ความสูงมากกว่า 12 ชั้น

ผลการปรับปรุงอาคารด้วยแนวทางทั้ง 2 แนวทางนี้สามารถที่จะลดความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารลงได้ ประมาณ 43% ในอาคารที่มีความสูง 20 ชั้น และ 7-13% ในอาคารที่มีความสูง 4-16 ชั้น ความเร็วลมจะมีความสม่ำเสมอมากขึ้นและปรับเข้าสู่สภาวะน่าสบายเหมาะสมกับการใช้งานและทำกิจกรรม



แผนภูมิที่ 6.1 แผนภูมิเปรียบเทียบค่าความเร็วลมเฉลี่ยของอาคารก่อนและหลังการปรับปรุง

6.2 สรุปผลการศึกษาประสิทธิภาพแนวทางการออกแบบปรับปรุง

จากการปรับปรุงอาคารด้วยแนวทางต่างๆ เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิภาพในการลดความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูงจึงได้ทำการศึกษาเพิ่มเติมถึงขนาดและระยะที่เหมาะสมของการปรับปรุงอาคารในการควบคุมความเร็วลมให้เข้าสู่สภาวะน่าสบาย จากผลการจำลองสภาพด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ CFD สามารถสรุปได้ดังนี้

ประสิทธิภาพการออกแบบแผงดักลม

ผลการจำลองสภาพอาคารจำลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพแผงดักลมที่มีขนาดความกว้าง 0.75 ,1.00 ,1.25 ,1.50 เท่าของความสูงพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูง ลมเมื่อเข้าสู่อาคารด้วยความเร็วลม 1.7 m/s แผงดักลมที่มีความกว้าง 0.75เท่าและ 1.0 เท่ามีความเร็วลม 3.53 m/sและ 3.48 m/s ค่าความเร็วลมลดลง 43.32 % แผงดักลมขนาดความกว้าง 1.25 เท่าและ 1.50 เท่ามีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 4.43m/sและ3.41m/s จะเห็นได้ว่าแผงดักลมที่มีความกว้างมากกว่า 1.0 เท่าของความสูงอาคารมีประสิทธิภาพในการลดความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารลดลง ดังนั้นแผงดักลมที่มีประสิทธิภาพในการลดความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารควรมีขนาดความกว้างตั้งแต่ 1.0-1.25 เท่าของความสูงอาคารซึ่งสามารถลดความเร็วลมลงได้ 43-45%

ประสิทธิภาพระยะแนวต้นไม้

ประสิทธิภาพในการลดความเร็วลมของแนวต้นไม้ที่มีระยะห่างจากแนวอาคาร 1.00,1.50 และ 2.0 เท่าของความสูงพื้นที่ใต้ถุนอาคาร จากผลการจำลองสภาพพบว่า แนวต้นไม้ที่มีระยะห่างจากแนวอาคาร 1.0 เท่า กระแสลมมีค่าความเร็วลมเฉลี่ย 3.71 m/s ค่าความเร็วลมลดลง 39.57% ค่าความเร็วลมของแนวต้นไม้ที่ระยะห่าง 1.5-2.0 เท่าค่าความเร็วลม 3.84-3.91m/s ลดลง 36.31% - 37.45% จากผลการวิเคราะห์พบว่าแนวต้นไม้ที่มีระยะใกล้กับแนวอาคารจะมีประสิทธิภาพในการลดความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารได้มากกว่าแนวต้นไม้ที่มีระยะห่างมากกว่าโดยจากการทดลองพบว่าแนวต้นไม้ที่มีระยะห่าง 1 เท่าสามารถความเร็วลมลงได้มากที่สุด 39.57 %

ประสิทธิภาพระยะแนวต้นไม้ร่วมกับแผงดักลม

อาคารที่ทำการปรับปรุงด้วยแผงดักลมและแนวต้นไม้ที่มีระยะห่างจากแนวอาคาร1.00, 1.50 และ 2.0 เท่าของความสูงพื้นที่ใต้ถุนอาคาร ผลการจำลองสภาพด้วยโปรแกรม CFD สรุปว่าแผงดักลมและแนวต้นไม้ที่มีระยะห่าง 1.0 เท่า สามารถลดความเร็วลมได้มากที่สุด 45.92% โดยมีความเร็วลมเฉลี่ยในพื้นที่ใต้ถุนอาคาร 3.32 m/s ซึ่งมีประสิทธิผลในการลดความเร็วลมได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับระยะ 1.5 และ 2.0 เท่าที่ลดความเร็วลมได้ 41.36% และ 43.64%

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการลดความเร็วลมของแนวทางการออกแบบแนวทางต่างๆจะพบว่าแนวทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดคือการใช้แผงดักลมที่มีความกว้าง 1.0-1.25 เท่าของความสูงอาคารร่วมกับแนวต้นไม้เพื่อชะลอความเร็วลมก่อนเข้าสู่พื้นที่ใต้ถุนอาคารในระยะห่างจากแนวอาคารที่ 1.0-1.5 เท่า จะมีประสิทธิภาพในการลดความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารและปรับสู่สภาวะน่าสบายได้

ในบทสรุปนี้จะเห็นว่าวิธีการจำลองอาคารด้วยคอมพิวเตอร์ที่มีการปรับความถูกต้องกับข้อมูลจริง (Computerized Building Energy Simulation – CBES) แบบงานวิจัยนี้จะนำประโยชน์ต่อผู้ออกแบบปรับปรุงอาคารและผู้ดูแลอาคารอย่างมาก เพราะนอกจากจะช่วยวิเคราะห์ปัญหาและประเมินประสิทธิภาพของอาคารปัจจุบันแล้ว ยังช่วยวิเคราะห์อาคารล่วงหน้าว่าควรจะดำเนินการปรับปรุงส่วนใดของอาคารก่อนนำไปก่อสร้างจริงที่ต้องใช้งบประมาณในการลงทุนสูงและไม่อาจทราบถึงผลของการปรับปรุงว่าจะประสบความสำเร็จหรือไม่ สำหรับอาคารกรณีศึกษานี้แนวทางการปรับปรุงอาคารที่ได้จากผลการวิเคราะห์ ซึ่งได้แก่การระบายอากาศและสภาวะน่าสบายควร จะได้ทำการศึกษาโดยละเอียดในอนาคตต่อไป

6.3 ข้อเสนอแนะ

6.3.1 การปรับปรุงที่นำเสนอนี้เป็นแนวทางการปรับปรุงอันเนื่องมาจากการศึกษาปัญหาของสภาวะน่าสบายด้านความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูงของอาคารที่เกิดขึ้นจริงจากอาคารกรณีศึกษาในพื้นที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยแล้วนำไปสร้างแบบจำลองอันเป็นตัวแทนของอาคาร ดังนั้นเพื่อความถูกต้องในการใช้งานจริงในอนาคตจึงควรนำไปสร้างแบบจำลองของอาคารจริงที่ทำการปรับปรุงเพื่อให้ผลที่มีความถูกต้องแม่นยำในการแก้ไขปัญหาในอนาคต

6.3.2 ควรมีการศึกษาผลกระทบเกี่ยวกับความร้อนที่ตามมาจากกระแสลมภายนอก โดยเฉพาะเกี่ยวกับสภาวะน่าสบายด้านอุณหภูมิของพื้นที่ใต้ถุนอาคารสูงของผู้ใช้อาคารที่เกิดขึ้นพร้อมกับกระแสลมที่เข้ามาในพื้นที่ใต้ถุนอาคาร

6.3.3 การศึกษาครั้งนี้ไม่ได้ทำการศึกษาถึงลักษณะทรงพุ่มความกว้างความสูงชนิดของต้นไม้ที่มีความเหมาะสมในการใช้เพื่อนำมาลดความเร็วลม ในพื้นที่ใต้ถุนอาคารได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.3.4 ควรศึกษาแนวทางการปรับปรุงอาคารด้วยแนวต้นไม้ที่ผลต่อ สภาวะน่าสบายทางด้านอุณหภูมิของผู้ใช้อาคารในพื้นที่ใต้ถุนอาคารนอกเหนือจากด้านความเร็วลมที่เข้าสู่พื้นที่ใต้ถุนอาคารสูงก่อนและหลังทำการปรับปรุงอาคาร

6.3.5 เนื่องจากในการจำลองสภาพอาคารในครั้งนี้ไม่ได้ทำการศึกษาผลกระทบของอาคารข้างเคียงที่มีผลต่อสภาวะน่าด้านความเร็วลมในพื้นที่ใต้ถุนอาคารดังนั้นจึงควรศึกษาเพิ่มเติมในอาคารที่มีลักษณะเป็นกลุ่มอาคารเพื่อให้ทราบถึงปัญหาและแนวทางแก้ไขที่ถูกต้องในอนาคต

6.3.6 ขอบเขตการวิจัยนี้มุ่งศึกษาปัญหาลมที่มีต่อสภาวะน่าสบายในพื้นที่ใต้ถุนอาคารจึงไม่ได้ทำการศึกษาผลกระทบเรื่องฝนสาดและละอองฝนซึ่งอยู่นอกขอบเขตการศึกษา ควรทำการศึกษาต่อไปในอนาคต

6.3.7 เนื่องจากการศึกษาครั้งนี้มุ่งศึกษาโดยใช้ค่าความเร็วลมเฉลี่ย 1.7 m/s ซึ่งมีโอกาสเกิดได้มากกว่า แต่ควรทำการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากค่าความเร็วลมเฉลี่ย 8.0 m/s ซึ่งเป็นค่าความเร็วลมสูงเพื่อสร้างแนวทางการออกแบบแก้ไขต่อไป