ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)

ปริญญา

วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย | โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา

สาขา | **ภาควิชา**

เรื่อง การพัฒนาโปรแกรมคำนวณระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ กรณีใช้ลิฟต์เพื่อการอพยพหนีไฟ

Pressurization System Program Development for Elevator Lobby in Case Using for Evacuation

นามผู้วิจัย นายณัฐพล ประชาเสรี

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก .....

(อาจารย์อภิชาต แจ้งบำรุง, Ph.D.)

ประธานสาขาวิชา .....

(รองศาสตราจารย์สุรชัย รดาการ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

.....

(รองศาสตราจารย์กัญจนา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ ..... **เดือน** ..... **พ.ศ.** .....

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ กรณีใช้ลิฟต์เพื่อการอพยพหนีไฟ

Pressurization System Program Development for Elevator Lobby in Case Using for Evacuation

โดย

นายณัฐพล ประชาเสรี

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย)
พ.ศ. 2552

ณัฐพล ประชาเสรี 2552: การพัฒนาโปรแกรมคำนวณระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ กรณีใช้ลิฟต์เพื่อการอพยพหนีไฟ ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย) สาขาวิชาวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัย โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์อภิชาต แจ้งบำรุง, Ph.D. 121 หน้า

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมช่วยในการคำนวณปริมาณอากาศอัดเข้าโถงลิฟต์ซึ่งมีการใช้ลิฟต์วิ่งขึ้นลงเพื่ออพยพหนีไฟ โดยใช้โปรแกรม Visual Basic ซึ่งใช้กันแพร่หลาย ทำให้สามารถคำนวณปริมาณอากาศที่ใช้อัดสร้างแรงดันป้องกันการแพร่กระจายควันเข้ามายังบริเวณโถงลิฟต์ดับเพลิง การคำนวณปริมาณอากาศที่ต้องใช้อัดเข้าสู่โถงลิฟต์ให้ถูกต้อง ในทางปฏิบัติการคำนวณที่สลับซับซ้อนจะมีข้อผิดพลาดได้ จึงจำเป็นต้องสร้างโปรแกรมช่วยในการคำนวณ โดยความสามารถของโปรแกรม ทำให้เรากำหนด จำนวนและตำแหน่งประตูที่เปิดหรือเปิด ในขณะหนีไฟ ทำให้เราสามารถวิเคราะห์สมมุติฐานการเปิดปิดประตูหลายแบบได้อย่างรวดเร็ว ความสามารถของโปรแกรมเมื่อกรอกค่าลักษณะกายภาพของโถงลิฟต์ตามที่กำหนด ลักษณะการเปิดปิดประตูโถงลิฟต์ โปรแกรมจะทำการคำนวณแรงดันจากปรากฏการณ์ลูกสูบและทำการเขียนกราฟ ต่อจากนั้นจะคำนวณปริมาณอากาศ อัดอัดเข้าโถงลิฟต์ที่ต้องใช้ในแต่ละชั้น และแสดงปริมาณอากาศ อัดเข้าโถงลิฟต์และแสดงปริมาณอากาศ อัดเข้าโถงลิฟต์รวมทั้งหมด

เมื่อทดลองใช้โปรแกรมกับอาคารที่มีความสูงแตกต่างกันจำนวน 3 อาคาร ผลการคำนวณพบว่าหากพิจารณาการเปิดปิดประตูทั้งอาคาร A,B,C จะเห็นได้ว่าการเปิดประตูเพื่อเข้าออกในชั้นล่างๆ จะมีผลให้ต้องอัดอากาศมากกว่าชั้นบน ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากแรงดันตกคร่อมของโถงลิฟต์กับอาคารชั้นล่างจะต้องมากกว่าชั้นบนเสมอ เมื่อพิจารณาปริมาณอากาศที่อัดรักษาแรงดันประตูชั้นล่างชุดที่ปล่อยคนออกจากอาคาร อาคาร C ซึ่งมีความสูงที่สุดก็จะใช้ปริมาณอากาศมากที่สุด และเมื่อคำนวณเปรียบเทียบกับสมการที่ใช้กันในปัจจุบัน ซึ่งไม่สามารถกำหนดจำนวนประตูที่เปิดปิดพร้อมกันกับโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น อาคาร A สมการที่ใช้อยู่ปัจจุบันคำนวณได้ 21,000 cfm ซึ่งน้อยกว่าค่าที่คำนวณด้วยโปรแกรมที่กำหนดประตูเปิดเพียง 1 ประตูเท่านั้น ยิ่งหากมีการเปิดประตูมากกว่า 1 ประตู จะทำให้ปริมาณอากาศไม่เพียงพอทันทีสมการที่นิยมใช้ยังไม่ละเอียดพอที่จะนำไปใช้

การคำนวณระบบอัดอากาศ ต้องคำนวณอย่างละเอียดเพราะแต่ละอาคารมีลักษณะเฉพาะตัวของอาคารเอง ซึ่งระบบอัดอากาศเป็นระบบช่วยชีวิตใดยามฉุกเฉินเกี่ยวข้องกับชีวิตคนมากมาย การใช้โปรแกรมช่วยคำนวณเป็นการสร้างระบบที่ให้ความปลอดภัยได้อย่างแท้จริง

_____ _____ ___ / ___ / ___

ลายมือชื่อนิสิต ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Nuttapon Prachaseree 2009: Pressurization System Program Development for Elevator Lobby in Case Using for Evacuation. Master of Engineering (Fire Protection Engineering), Major Field: Fire Protection Engineering, Interdisciplinary Graduate Program.
Thesis Advisor: Mr. Apichart Changbamrung, Ph.D. 121 pages.

This research is Development Program Pressurization System For Elevator Lobby by using popular program of Visual Basic which can calculate flow rate of pressurization system by protecting smoke migration through fireman elevator lobby. Nowadays we know that smoke is the most dangerous in case of during fire. Therefore, the area of refuse are full of many people. Because the calculation of pressurization system is rather complex and may cause an error in calculation so we have to create the program which support the designers in computation. The program grants user's abilities to analyze in every condition of fire stair door and fireman lift lobby door in fire accident situation. When user inputs physical characteristic of fire man lift lobby and the condition of door opening, the program will calculate pressure from piston effect then plot the result in graph and display the air flow needed for each lift lobby in each floor and total air flow.

We have tested the program to calculate volume of air flow that need for fireman life lobby in three different building; Building A has 20 storey, Building B has 40 storey and Building C has 60 storey in different condition

In trial of Program Pressurization System for different 3 buildings. The result of calculation for building A,B,C has shown that airflow rate for the opened door of lower floor is more than the higher floor due to pressure different of the lower floor are more than the higher floor. By the way, if we mention about airflow rate of the first floor found that Building C is more than Building A,B which shown that the height of building has been effected with airflow rate. If we use the simple formula to calculate building A,B,C we will found lot of mistakes such as Building A- the result of simple formula is 27,000 cfm. If Building A has been opened the fire door more than 1 door, airflow can not protect smoke migration.

The calculation of Pressurization System have to analyzes carefully and should have the program to calculate to get the correct and efficiency result.

_____ _____ ___ / ___ / ___

Student's signature Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ดร.อภิชาต แจ้งบำรุง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำและตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ภรรยา น้อง และ พี่ๆ เพื่อนๆ ทุกท่านที่ให้กำลังใจสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงได้

ณัฐพล ประชาเสรี

กันยายน 2552

สารบัญ

หน้า

สารบัญ (1)

สารบัญตาราง (2)

สารบัญภาพ (3)

คำนำ 1

วัตถุประสงค์ 3

การตรวจเอกสาร 5

อุปกรณ์และวิธีการ 41

- อุปกรณ์ 41
- วิธีการ 41

ผลและวิจารณ์ 49

- ผล 49
- วิจารณ์ 68

สรุปและข้อเสนอแนะ 71

- สรุป 71
- ข้อเสนอแนะ 73

เอกสารและสิ่งอ้างอิง 74

ภาคผนวก 76

- ภาคผนวก ก แผนผังโปรแกรม Program Pressurization System For Elevator Lobby 77
- ภาคผนวก ข Codeโปรแกรม Program Pressurization System For Elevator Lobby 80
- ภาคผนวก ค ตรวจผลการคำนวณจากโปรแกรม Program Pressurization System For Elevator Lobby 115

ประวัติการศึกษา และการทำงาน 121

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่า ΔP ต่ำสุดเพื่อป้องกันควันในขณะที่ประตูปิด (ΔPmin)	14
2	แสดงค่า ΔP สูงสุดเป็น INWG (Pa) เพื่อให้คนเปิดประตูได้โดยใช้แรงดัน ในการเปิดประตูไม่เกิน 30 lb ตรงลูกบิด (ΔPmax)	15
3	Critical Air Velocity เพื่อป้องกัน Smoke Back Flow (Vk)	15
4	ค่าแนะนำความดันบันไดสูงสุด(in.wg.)	16
5	ค่าแนะนำความดันบันไดต่ำสุด (in.wg.)	16
6	Pressure Across Elevator Doors of Building 1 (all elevator doors closed)	24
7	Pressure in Wings C of Building 2 with All Smoke Control System Operating	25
8	Pressure in Wings C of Building 2 with only the Elevator Shaft Pressization	26
9	Pressure in Wings B and D of Building 2	27
10	Pressure Differences from Building 3	28
11	Pressure Differences from Building 4	30
12	Pressure Differences from Building 5	31
13	Pressure Differences from Building 6	32
14	Data used for evacuation calculations of the White North Building	35
15	Evacuation times for combinations of Elevator and Stairwell Use for evacuation of the White North Building	36
16	Data used for evacuation calculations of the Seattle Building	37
17	Evacuation times for combinations of Elevator and Stairwell Use for evacuation of the Seattle Building	38
18	สรุปผลการคำนวณปริมาณอากาศอัดทั้ง 4กรณีของ อาคารA	56
19	สรุปผลการคำนวณปริมาณอากาศอัดทั้ง 4กรณีของ อาคารB	60
20	สรุปผลการคำนวณปริมาณอากาศอัดทั้ง 4กรณีของ อาคารC	65
21	สรุปผลการคำนวณปริมาณอากาศอัดจากสมการมาตรฐานระบบ ควบคุมควันไฟ	68

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	การเคลื่อนตัวของอากาศเนื่องจากปรากฏการณ์ลมลอยตัว	6
2	รอยแยกแบบขนาน	9
3	รอยแยกแบบอนุกรมและความเร็วของแก๊สที่ตำแหน่งต่างๆ	9
4	รอยแยกแบบผสม	10
5	ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคารขนาดเล็ก	11
6	ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟแบบจ่ายลมหลายจุด พัดลมอยู่ด้านล่าง	12
7	ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟแบบจ่ายลมหลายจุด พัดลมอยู่ด้านบน	12
8	ประตูปิดแต่มี ΔP สูงพอ	13
9	ประตูเปิดแต่ความเร็วลมต่ำกว่า Vk	13
10	ประตูเปิด ความเร็วลมสูงกว่า Vk	14
11	แผนผังการทำงานของโปรแกรม	23
12	การเคลื่อนที่ของอากาศเมื่อลิฟต์เคลื่อนที่	33
13	กราฟแรงดันตกคร่อมโถงลิฟต์กับอาคารขณะเกิดปรากฏการณ์ลูกสูบ	33
14	กราฟแรงดันตกคร่อมโถงลิฟต์กับอาคารในกรณีมีลิฟต์หลายตัว	34
15	แสดงผลของงานวิจัย	39
16	ภาพตัดอาคาร A	44
17	ภาพโถงลิฟต์อาคาร A	44
18	ภาพตัดอาคาร B	45
19	ภาพโถงลิฟต์อาคารB	45
20	ภาพตัดอาคารC	46
21	ภาพโถงลิฟต์อาคารC	47
22	หน้าแรกของโปรแกรม	49
23	หน้าที่2 ของโปรแกรม	50
24	หน้าที่3 ของโปรแกรม	51
25	หน้าที่4 ของโปรแกรม	51

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
26	กราฟแสดงแรงดันตกคล่อมโถงลิฟต์กับอาคารขณะเกิดปรากฏการณ์ลูกสูบ อาคาร A	52
27	ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟทั้งอาคารเปิดพร้อมกันหมดอาคารA	53
28	ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟทั้งอาคารปิดหมดยกเว้นประตูชั้นล่างสุด เปิดสู่อาคารภายนอกอาคารA	54
29	ผลการคำนวณกรณี ประตูหนีไฟภายในอาคารเปิดตั้งแต่กึ่งกลางอาคาร ลงมาจนถึงชั้นล่างสุด อาคารA	54
30	ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟภายในอาคารปิด 3 ชั้น เว้น 3 ชั้นแต่ประตูชั้นล่างสุดเปิดออกสู่ภายนอก อาคารA	55
31	กราฟแสดงปริมาณอัดอากาศทั้ง 4 กรณีของ อาคาร A	57
32	กราฟแสดงแรงดันตก คร่อมโถงลิฟต์กับอาคารขณะเกิดปรากฏการณ์ลูกสูบ อาคาร B	57
33	ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟทั้งอาคารเปิดพร้อมกันหมดอาคารB	58
34	ผลการคำนวณกรณี ประตูหนีไฟทั้งอาคารปิดหมดยกเว้นประตูชั้นล่างสุด เปิดสู่อาคารภายนอกอาคารB	58
35	ผลการคำนวณกรณี ประตูหนีไฟภายในอาคารเปิดตั้งแต่กึ่งกลางอาคาร ลงมาจนถึงชั้นล่างสุด อาคารB	59
36	ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟภายในอาคารปิด 3 ชั้น เว้น 3 ชั้นแต่ประตูชั้นล่างสุดเปิดออกสู่ภายนอก อาคารB	59
37	กราฟแสดงปริมาณอัดอากาศทั้ง 4 กรณีของ อาคาร B	62
38	กราฟแสดงแรงดันตก คร่อมโถงลิฟต์กับอาคารขณะเกิดปรากฏการณ์ลูกสูบ อาคาร C	62
39	ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟทั้งอาคารเปิดพร้อมกันหมดอาคารC	63
40	ผลการคำนวณกรณี ประตูหนีไฟทั้งอาคารปิดหมดยกเว้นประตูชั้นล่างสุดเปิดสู่ อาคารภายนอกอาคารC	63

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		**หน้า**
41	ผลการคำนวณกรณี ประตูหนีไฟภายในอาคารเปิดตั้งแต่กึ่งกลางอาคาร ลงมาจนถึงชั้นล่างสุด อาคารC	64
42	ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟภายในอาคารปิด 3 ชั้น เว้น 3 ชั้นแต่ประตูชั้นล่างสุดเปิดออกสู่ภายนอก อาคารC	64
43	กราฟแสดงปริมาณอัดอากาศทั้ง 4 กรณีของ อาคาร C	67

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ กรณีใช้ลิฟต์เพื่อการอพยพหนีไฟ

Pressurization System Program Development for Elevator Lobby in Case Using for Evacuation

คำนำ

ปัจจุบันอาคารสูงในเขตกรุงเทพมหานคร ได้เกิดขึ้นเป็นจำนวนมากกว่า 4000 อาคาร ในช่วงเวลา 10 ปีที่ผ่านมา และยังคงมีการสร้างอาคารมากขึ้น และแข่งขันด้านความสูงของอาคาร โดยเฉพาะ 5 ปีให้หลังอาคารสูงส่วนใหญ่จะเป็นที่พักอาศัย เช่น คอนโดมิเนียมตามเส้นทางรถไฟฟ้า ทำให้การดูแลและการป้องกันอัคคีภัยในอาคารเหล่านี้ สำคัญมากขึ้น หากเกิดเหตุอัคคีภัย การอพยพ คนในอาคารต้องรวดเร็ว และปลอดภัยในอดีต จนถึงปัจจุบันการอพยพคนในอาคารจะใช้บันไดหนีไฟเป็นหลัก ซึ่งหากอาคารมีความสูงมากๆ การอพยพคนในอาคารจะทำได้ช้า รวมถึงผู้ใช้อาคารที่ไม่สามารถช่วยเหลือตัวเองได้เช่นผู้ป่วยผู้พิการและอาคารบางประเภทเช่น โรงพยาบาล การใช้ลิฟต์ขนส่งคนในเวลาปกติมาใช้เพื่อการอพยพหนีไฟในสภาวะอาคารเกิดอัคคีภัย (ปัจจุบันหากเกิดอัคคีภัยลิฟต์ขนส่งคนจะเคลื่อนลงมาชั้นล่างสุดแล้วหยุดเปิดประตูค้างไว้ ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้) ดูเหมือนจะเป็นทางออกของการแก้ปัญหาได้ ในประเทศไทยเริ่มมีการศึกษากันในการจะนำลิฟต์มาใช้อพยพหนีไฟ ซึ่งในต่างประเทศมีการเริ่มใช้กันอย่างกว้างขวาง แต่เราจะมั่นใจในการใช้ลิฟต์เพื่อการอพยพหนีไฟอย่างปลอดภัยได้อย่างไร เมื่อเกิดอัคคีภัยผู้ใช้อาคารสามารถใช้ลิฟต์เพื่อการอพยพหนีไฟ ย่อมจะเลือกใช้และจะไปยืนรออย่างหนาแน่นในโถงลิฟต์ ซึ่งโถงลิฟต์จะต้องเป็นเขตปลอดภัยทุกๆด้านก่อสร้างเป็นกำแพงทนไฟ รวมถึงต้องปลอดควันไฟด้วย เพราะควันไฟเป็นนักฆ่าอันดับหนึ่งในกรณีเกิดอัคคีภัย ผู้โชคร้ายที่เสียชีวิตในเพตุเพลิงไหม้ส่วนใหญ่เสียชีวิตจากการสำลักควัน ทั้งนี้ผลการเคลื่อนของลิฟต์จะทำให้เกิดปรากฏการลูกสูบ ดูดควันเข้ามาพุ่งกระจายในโถงลิฟต์นอกเหนือจากแรงลอยตัวที่ทำให้ควันไฟพุ่งกระจาย การออกแบบระบบอัดอากาศปล่องลิฟต์ในปัจจุบัน ออกแบบ ให้อัดอากาศสร้างสภาวะแรงดันอากาศให้เป็นบวกในโถงลิฟต์ ให้คิดจากสมมติฐานที่ลิฟต์เคลื่อนที่เพียงหนึ่งตัวเท่านั้นในสภาวะเกิดอัคคีภัย เนื่องจากการคำนวณต้องใช้สมการซับซ้อน ในประเทศไทยจึงมีการสร้างสมการอย่างง่ายเพื่อให้ใช้คำนวณได้สะดวกแต่เป็นค่าที่ไม่แม่นยำนัก เนื่องจากการคำนวณจากสมการอย่างง่าย

และกำหนดการอัดแรงดันไว้ค่าหนึ่งที่สามารถให้คนเปิดประตูได้ แต่ไม่ได้วิเคราะห์ละเอียดหากมีการเปิดประตูพร้อมๆ กันจำนวนมาก อาจไม่สามารถควบคุมแรงดันอากาศให้เป็นบวกเพื่อป้องกันควันไฟได้โถงลิฟต์ รวมถึงไม่สามารถใช้ได้ในกรณีใช้ลิฟต์ทั้งหมดของอาคารเพื่อการอพยพหนีไฟ เนื่องด้วยการคำนวณในกรณีที่ใช้ ลิฟต์ทั้งหมดของอาคารเพื่อการอพยพหนีไฟ จะซับซ้อนและมีสมการที่ยากแก่การเข้าใจ เกี่ยวข้องกับสมการมากมาย หากการคำนวณด้วยมือจะต้องเป็นผู้เชี่ยวชาญเท่านั้น แต่ถึงกระนั้นอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่ายมาก รวมถึงหากจำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ผลในกรณีที่อาคารมีการเปิดประตูหนีไฟหลายลักษณะจำเป็นต้องคำนวณซ้ำกันหลายครั้ง จึงจำเป็นต้องมีการพัฒนาโปรแกรมคำนวณระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ ในกรณีใช้ลิฟต์ทั้งหมดในอาคารเพื่อการอพยพหนีไฟ เป็นการป้องกันความเสี่ยงที่เกิดขึ้นและสามารถหาค่าที่ซับซ้อนถูกต้องจนการคิดด้วยมือไม่สามารถทำได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ปริมาณอากาศที่ใช้สร้างแรงดันโถงลิฟต์ป้องกันควัน โดยโถงลิฟต์มีลิฟต์ในปล่องลิฟต์เดียวกันไม่เกิน 3ตัว มีปล่องลิฟต์ไม่เกิน2ปล่องในโถงลิฟต์ จำนวนชั้นของอาคารไม่เกิน 60ชั้น

2. เพื่อพัฒนาโปรแกรมคำนวณระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ ในกรณีใช้ลิฟต์เพื่อการอพยพหนีไฟ ช่วยในการออกแบบระบบอัดอากาศปล่องลิฟต์ ที่สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย

3. เพื่อเป็นการลดความผิดพลาดในการคำนวณ ลดเวลาที่ใช้ และได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำกว่าสมการที่นิยมใช้กันในประเทศไทย

4. เพื่อให้การพัฒนาโปรแกรมนี้เป็นจะนำไปสู่การใช้ลิฟต์เพื่อการอพยพหนีไฟ สร้างมาตรฐานความปลอดแก่ผู้ใช้อาคารที่ยังสามารถช่วยเหลือตัวเองได้ และผู้ใช้อาคารไม่สามารถช่วยเหลือตัวเอง

5. สามารถคำนวณ และวิเคราะห์ ให้กับระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ ที่มีอยู่แล้วเพื่อเป็นการปรับปรุงระบบเดิม ให้สามารถปรับปรุงลิฟต์ปกติเพื่อให้เป็นลิฟต์ที่ในการอพยพหนีไฟ ได้อย่างปลอดภัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รู้ถึงการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ Autocad และ Visual Baisc Version 6.0

2. มีการพัฒนาโปรแกรมคำนวณระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ เพื่อใช้ในการออกแบบอาคารใหม่หรือใช้ปรับปรุงอาคารเก่า และ เป็นส่วนหนึ่งในการบริหารงานป้องกันอัคคีภัยในอาคารสูง

3. คาดหวังว่างานวิจัยนี้ช่วยให้สามารถใช้ลิฟต์เพื่อการอพยพหนีไฟ เพื่อลดจำนวนผู้บาดเจ็บหรือเสียชีวิตของผู้ใช้อาคาร หรือเจ้าหน้าที่ป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย ในกรณีเกิดเหตุเพลิงไหม้

4. ส่งเสริมทักษะงานวิจัยด้านวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยเชิงประสิทธิผล (Performance Base) เพื่อเป็นแนวทางสู่การพัฒนาความปลอดภัยด้านอัคคีภัย

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของการศึกษาวิจัยครั้งนี้ เพื่อให้การศึกษาดำเนินไปตามวัตถุประสงค์ จำเป็นต้องกำหนดขอบเขตการศึกษาครั้งนี้

1. ระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ ในกรณีใช้ลิฟต์เพื่อการอพยพหนีไฟ โดยที่ปล่องลิฟต์เดียวกันไม่เกิน 3ตัว มีปล่องลิฟต์ไม่เกิน2ปล่องในโถงลิฟต์ จำนวนชั้นของอาคารไม่เกิน 60ชั้น

2. ระบบอัดอากาศอัดเข้าสู่โถงลิฟต์โดยตรงแบบ Muti injection

3. ลิฟต์เพื่อการอพยพหนีไฟเคลื่อนที่ขึ้นลงพร้อมกันทุกตัวในปล่องลิฟต์

4. ในการศึกษาได้ศึกษาโปรแกรมVisual basic version 6 โดยศึกษาความสามารถในการคำนวณและวิเคราะห์ปริมาณอากาศขั้นต่ำที่ต้องใช้อัดเข้าปล่องลิฟต์ได้ รวมถึงสมการที่เกี่ยวข้องในการคำนวณ

5. โปรแกรมคำนวณระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ การคำนวณและวิเคราะห์หา ปริมาณอากาศขั้นต่ำที่ต้องใช้อัดเข้าโถงลิฟต์ โปรแกรมต้องสามารถ คำนวณ และวิเคราะห์ ให้กับระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ ที่มีอยู่แล้วเพื่อเป็นการปรับปรุงระบบเดิม ให้สามารถปรับปรุงลิฟต์ปกติเพื่อการอพยพหนี

การตรวจเอกสาร

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ทฤษฎีการเคลื่อนที่ของควันไฟ การไหลของอากาศ

ปัจจัยที่มีผลต่อการเคลื่อนที่ของควันไฟ อันเนื่องมาจากเพลิงไหม้ มีค่าตัวแปรซึ่งมีผลต่อการเคลื่อนที่ของควัน คือ

- ปรากฏการณ์ลมลอยตัว (stack effect)
- การลอยตัวของแก๊สเผาไหม้
- การขยายตัวของแก๊สเผาไหม้
- อิทธิพลของลมภายนอกตัวอาคาร
- ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

1.1 ปรากฏการณ์ลมลอยตัว (stack effect)

เป็นปรากฏการณ์เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ โดยเมื่อเกิดเพลิงไหม้ อุณหภูมิภายในอาคารจะสูงขึ้นและสูงกว่าอุณหภูมิภายนอก มีผลทำให้อากาศหรือควันลอยขึ้น โดยจะลอยตัวไปตามความสูงของช่องเปิดในแนวดิ่ง เช่น ช่องลิฟต์ ช่องบันได ช่องต่อต่างๆ เป็นต้น ซึ่งมีผลให้การแพร่ของควันไปยังส่วนต่างๆ ของอาคารเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว สมการการเคลื่อนตัวของอากาศ เนื่องจากปรากฏการณ์ลมลอยตัว คือ

$$\Delta P = K_S \left(\frac{1}{T_o} - \frac{1}{T_i} \right) H \qquad (1)$$

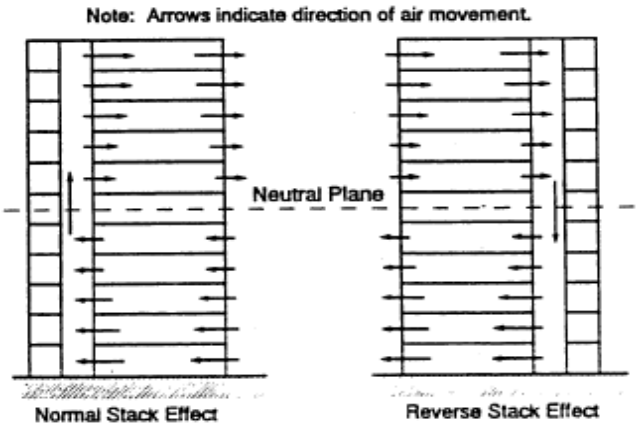
ΔP = ผลต่างของความดันระหว่างช่องท่อและภายนอกอาคาร (inH_2O)

ΔT_o = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศภายนอกอาคาร, R

ΔT_i = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศภายในอาคาร, R

K_S = ค่าคงที่ 7.64

H = ระยะแนวดิ่งวัดจากระนาบสะเทิน ภายในช่องท่อ, ft



ภาพที่ 1 การเคลื่อนตัวของอากาศเนื่องจากปรากฏการณ์ลมลอยตัว

ที่มา: John (1992)

1.2 การลอยตัวของแก๊สเผาไหม้

เมื่อเกิดเพลิงไหม้ควันอุณหภูมิสูงเกิดจากเพลิงไหม้ จะมีแรงยกตัวได้มาก อันเนื่องมาจากความหนาแน่นของอากาศที่ลดลง การวิเคราะห์หาความดันที่เกิดขึ้น สามารถทำได้เช่นเดียวกับปรากฏการณ์ลมลอยตัวในสมการ (1)

1.3 การขยายตัวของแก๊สเผาไหม้

นอกจากการลอยตัวของแก๊สเผาไหม้และพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นจากการเผาไหม้ จะทำให้อากาศขยายตัวอย่างรวดเร็ว ให้ห้องที่เกิดเพลิงไหม้มีประตูเปิดเข้าออกเพียงหนึ่งประตู และให้สมบัติทางความร้อนของควันเหมือนกับของอากาศธรรมดาแล้ว อัตราการไหลของอากาศจะแปรตามอุณหภูมิสัมบูรณ์ ดังนั้นอากาศเย็นจะเคลื่อนที่เข้าไปภายในห้อง และควันร้อนจะเคลื่อนที่ออกจากห้องตามสมการทางอุณหพลศาสตร์ คือ

$$Q_o/Q_i = T_o/T_i \qquad (2)$$

เมื่อ Q_o = อัตราการเคลื่อนที่ของควันร้อนออกจากห้อง, Fpm

Q_i = อัตราการเคลื่อนที่ของอากาศเข้าไปในห้อง, Fpm

T_o = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของควันร้อนที่ออกจากห้อง, R

T = อุณหภูมิสัมบูรณ์ของอากาศเย็นที่เข้าไปในห้อง, R

1.4 อิทธิพลของลมภายนอกอาคาร

ลมภายนอกอาคาร อาจจะมีผลที่สำคัญต่อการเคลื่อนที่ของควันที่เกิดจากเพลิงไหม้ได้ โดยเฉพาะถ้ามีหน้าต่างแตกในระดับซึ่งลมมีความเร็วสูงทั่วไปความเร็วของลมจะเพิ่มขึ้นตามความสูงจากพื้นดิน ซึ่งอาจจะแทนได้ด้วยสมการ

$$V = V_0\left[\frac{Z}{Z_0}\right]^n \qquad (3)$$

เมื่อ V = ความเร็วลมที่ระดับความสูง z เมตร, fpm

V_o = ความเร็วลมที่ระดับความสูงอ้างอิง z_o เมตร, fpm

n = สัมประสิทธิ์ลม

เมื่อลมปะทะกับอาคาร ความดันลมซึ่งกระทำต่อแรงในแนวดิ่ง สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$P_W = K_W/C_W V^2 \qquad (4)$$

P_W = ความดันลมที่กระทำต่อผิวอาคาร, (inH_2O)

K_W = สัมประสิทธิ์, 4.8 x 10^(-4)

C_W = สัมประสิทธิ์ความดันลม

V = ความเร็วลม, mph

1.5 ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

ในขณะที่เกิดเพลิงไหม้ ควันอาจจะแพร่ไปยังพื้นที่ต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วผ่านทางท่อลมของระบบปรับอากาศและระบายอากาศ ดังนั้นในภาวะที่เกิดเพลิงไหม้ระบบปรับอากาศอาจจะต้องปรับเปลี่ยนสถานะ การทำงานจากการจ่ายลมเย็นตามปรกติไปเป็นอย่างใดอย่างหนึ่งต่อไปนี้คือ หยุดระบบการจ่ายลมและดูดลมกลับ หรือปรับเปลี่ยนการทำงานเป็นการดูดลมกลับออกไปทิ้งนอกอาคารแทนการส่งเข้าชุดส่งลมเย็น เพื่อลดปริมาณควันลง อย่างไรก็ตามเพื่อลดความเป็นไปได้ของการแพร่ควันออกไปสู่ส่วนต่างๆ ของอาคาร ระบบท่อลมเหล่านี้จึงต้องได้รับการออกแบบให้มี fire damper อยู่ ในตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่งสามารถปิดได้โดยอัตโนมัติเมื่ออุปกรณ์ควบคุมได้ตรวจพบว่าลมที่ผ่านเข้ามามีควันปะปนเข้ามาด้วย

1.5.1 ทฤษฎีการไหลของอากาศผ่านช่องรูหรือรอยแยก

อาคารที่เกิดเพลิงไหม้ มักจะมีปล่องไฟปกคลุมพุ่งกระจายไปทั่วทั้งอาคาร การเคลื่อนที่ของควันไฟผ่านช่องแยกต่างๆ เป็นปัจจัยสำคัญที่ต้องศึกษาเพื่อจะควบคุม สมการอัตราการไหลผ่านช่อง คือ

$$Q = K_f A(\Delta P)^{1/2} \quad (5)$$

Q = อัตราไหล (ปริมาตร), CFM

K_f = ค่าคงที่, 2610

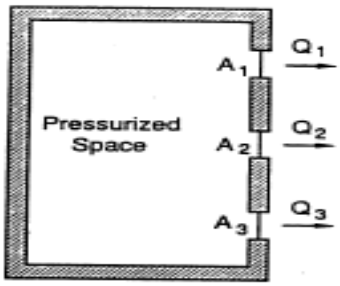
A = พื้นที่ไหลผ่าน, ft^2

ΔP = ความดันแตกต่างหรืออากาศรวมช่อง , in H_2O

การวิเคราะห์การเคลื่อนตัวของควัน มีลักษณะการไหลได้ 3 แบบดังนี้

1) รอยแยกแบบขนาน

รอยแยกแบบขนาน ความดันตกคร่อมแต่ละรอยแยกเท่ากันและปริมาณการไหลรวมเท่ากับผลรวมของปริมาณรอยแยก



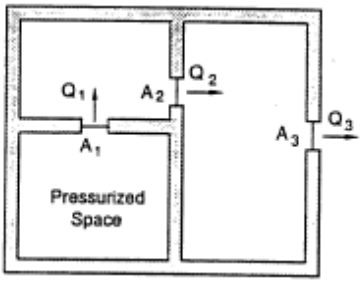
ภาพที่ 2 รอยแยกแบบขนาน

ที่มา: John (1992)

$$A_e = A_1 + A_2 + A_3 \quad (6)$$

2) รอยแยกแบบอนุกรม

รอยแยกแบบอนุกรม ปริมาณการไหลผ่านแต่ละรอยแยกเท่ากันและความดันอากาศร่วมรวมเท่ากับผลรวมของความดันอากาศคร่อมแต่ละรอยแยก



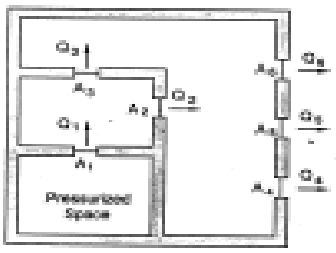
ภาพที่ 3 รอยแยกแบบอนุกรม

ที่มา: John (1992)

$$Ae = \frac{A_1 A_2}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2}} \quad (7)$$

3) รอยแยกแบบผสม

รอยแยกแบบผสม เส้นรอยแยกที่ผสมระหว่างแบบขนานและแบบอนุกรม เข้าด้วยกัน โดยใช้สมการ (6) และ (7) มาประยุกต์และแยกรอยใดเป็นแบบขนานหรืออนุกรม



ภาพที่ 4 รอยแยกแบบผสม

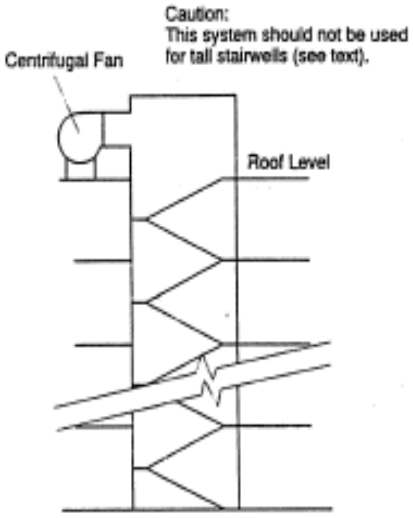
ที่มา: John (1992)

$$Ae = \left[\frac{1}{A_1^2} + \frac{1}{A_{23e}^2} + \frac{1}{A_{456e}^2} \right]^{-1/2} \qquad (8)$$

1.5.2 หลักการเบื้องต้นของระบบอัดอากาศช่องลิฟต์และบันไดหนีไฟ

รูปที่ 5, 6 และ 7 แสดงหลักการทำงานของระบบอัดอากาศโถงช่องลิฟต์หรือบันไดหนีไฟประกอบไปด้วยโถงบันได พัดลมอัดอากาศ ช่องอัดอากาศ และประตูกันไฟนี้จะต่อเชื่อมโถงบันไดเข้ากับชั้นต่างๆ ของอาคารทุกชั้น โดยปกติประตูจะเปิดได้ด้านเดียว คือ เปิดเข้าสู่โถงเท่านั้น ยกเว้นชั้นบนและชั้นล่าง หรือชั้นที่กำหนด ประตูชั้นล่างของโถงบันได ควรต่อเชื่อมกับทางเข้าออกจากอาคารที่สะดวก เพื่อให้คนหนีออกจากอาคารได้ง่าย หรือเพื่อให้พนักงานดับเพลิงเข้าถึงได้ง่าย การอัดอากาศจะอัดเข้ามาโถงบันไดเลยโดยตรง หรืออัดผ่านช่องลม หรือท่อลมก็ได้ รูปที่ 5 เป็นระบบขนาดเล็กเหมาะสำหรับอาคารที่มีความสูงไม่เกิน 8 ชั้น การจ่ายลมเป็นแบบจุดเดียว (Single Injection) อากาศถูกอัดเข้ามาภายในโถงบันไดเลยโดยตรง ไม่ผ่านท่อลม ระบบแบบนี้จะไม่สามารถทำงานได้ดี ถ้าประตูชั้นบนๆ ใกล้กับจุดจ่ายลมเปิดออก อาคารสูงทุกหลังควรมี

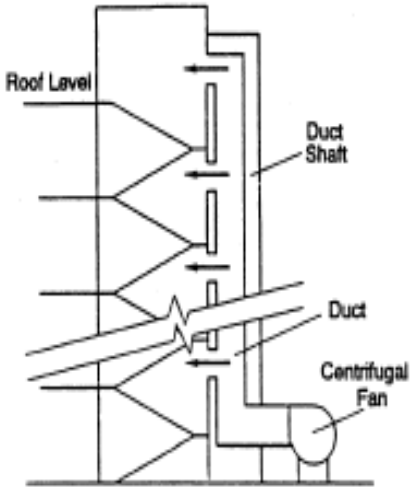
ระบบการจ่ายลมแบบหลายจุด (Multiple Injection) การอัดลมทำโดยอัดผ่านช่องลม หรือท่อลม ก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 4 และ 5



ภาพที่ 5 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟของอาคารขนาดเล็ก

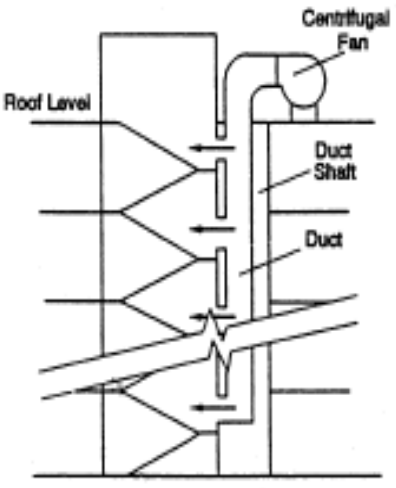
ที่มา: NFPA 92A (2002)

พัดลม จะตั้งอยู่ที่ชั้นใดก็ได้ แต่ต้องระวังอย่าให้ช่องลมดูดของพัดลมอยู่ใกล้กับบริเวณที่อาจมีควันเวลาเกิดเพลิงไหม้ พัดลมควรตั้งอยู่ชั้นล่างถ้าเป็นไปได้เพราะควันมีแนวโน้มที่จะลอยขึ้น ถ้าจำเป็นต้องตั้งพัดลมที่ชั้นดาดฟ้า ต้องระวังอย่าให้ช่องดูดลมอยู่ใกล้กับช่อง Exhaust, ช่องเปิดจาก Smoke Shaft, Roof Smoke และ Heat Vent, ช่องเปิดของปล่องลิฟต์ หรือช่องอื่นใดที่อาจมีควันไฟเล็ดลอดออกมาในขณะเกิดเพลิงไหม้



ภาพที่ 6 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟแบบจ่ายลมหลายจุด พัดลมอยู่ด้านล่าง

ที่มา: NFPA 92A (2002)



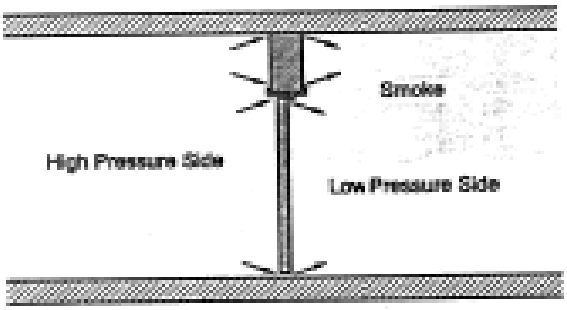
ภาพที่ 7 ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟแบบจ่ายลมหลายจุด พัดลมอยู่ด้านบน

ที่มา: NFPA 92A (2002)

ในระบบแบบ Multiple Injection มีหัวจ่ายลมหนึ่งหัวที่ทุกชั้น ในขณะที่ผู้ออกแบบหลายคนคิดว่าไม่จำเป็นและใช้หัวจ่ายหัวเดียว สำหรับ 3 ชั้น หรือมากกว่าขนาดของช่องอัดลมนั้น ส่วนมากจะนิยมให้มีความกว้างเท่ากันกับความกว้างของโถงบันไดและมีความหนาประมาณ 50 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 6 ความจริงแล้ว ขนาดของช่องอัดลมนี้จะเป็นเท่าใดก็ได้ มิได้มีมาตรฐานใดๆ เป็นตัวกำหนด

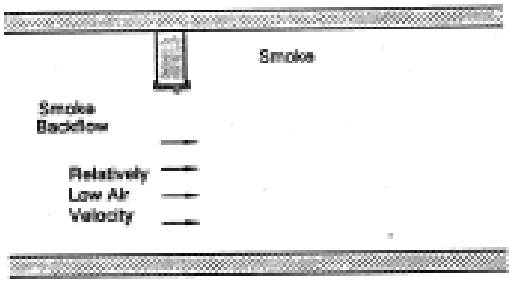
1.5.3 การป้องกันควันแพร่กระจายโดยใช้แรงผลักที่ทำให้ควันเคลื่อนตัว

แรงผลักดันที่ทำให้ควันเคลื่อนตัวมีทั้งแรงธรรมชาติที่เกิดจาก Stack effect, แรงลอยตัวที่เกิดจากการเผาไหม้ของก๊าซ, การขยายตัวของก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้, แรงลม, ระบบส่งลมที่ใช้พัดลมและความดันจากการเคลื่อนที่ของลิฟต์ (Elevator piston effect)



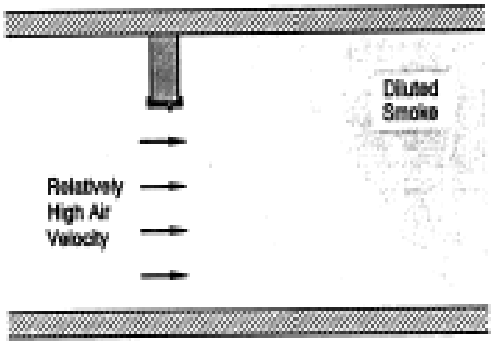
ภาพที่ 8 ประตูปิดแต่มี ΔP สูงพอ

ที่มา: John (1992)



ภาพที่ 9 ประตูเปิดแต่ความเร็วลมต่ำกว่า Vk

ที่มา: John (1992)



ภาพที่ 10 ประตูเปิด ความเร็วลมสูงกว่า Vk

ที่มา: John (1992)

ตารางที่ 1 แสดงค่า ΔP ต่ำสุดเพื่อป้องกันควันในขณะที่ประตูปิด (ΔPmin)

ชนิดของระบบดับเพลิง ในบริเวณโถงหน้าบันไดหนีไฟ	**ความสูงของเพดาน (เมตร)**	**ΔP ต่ำสุด INWG (Pa)**
มี Sprinkler	เท่าใดก็ได้	0.05 (12.4)
ไม่มี Sprinkler	2.7	0.10 (24.9)
ไม่มี Sprinkler	4.6	0.14 (34.8)
ไม่มี Sprinkler	6.6	0.18 (44.8)

ที่มา: NFPA 92A (2002)

ตารางที่ 2 แสดงค่า ΔP สูงสุดเป็น INWG (Pa) เพื่อให้คนเปิดประตูได้โดยใช้แรงดันในการเปิดประตูไม่เกิน 30 lb ตรงลูกบิด (ΔPmax)

แรงต้านของ	Door Width (Inch)				
Door Closer (lbs)	**32**	**36**	**40**	**44**	**56**
6	0.45 (112.0)	0.40 (99.5)	0.37 (92.1)	0.34 (84.6)	0.31 (77.1)
8	0.41 (102.0)	0.37 (92.1)	0.34 (84.6)	0.31 (77.1)	0.28 (69.7)
10	0.37 (92.1)	0.34 (84.6)	0.30 (74.6)	0.28 (69.7)	0.26 (64.7)
12	0.34 (84.6)	0.30 (74.6)	0.27 (67.2)	0.25 (62.2)	0.23 (57.2)
14	0.30 (74.6)	0.27(67.2)	0.24 (59.7)	0.22 (54.7)	0.21 (52.2)

ที่มา: NFPA 92A (2002)

รูปที่ 8, 9 และ 10 แสดงให้เห็นถึงการป้องกันควันไม่ให้เล็ดลอดเข้าสู่โถงบันได ด้วย ΔP และความเร็วลม ในรูปที่ 8 ในขณะที่ประตูปิด ถ้ามี ΔP เกินค่าที่กำหนดในตารางที่ 1 ควันจะไม่ลอดประตูเข้ามา ในรูปที่ 9 ในขณะที่ประตูเปิด ถ้าความเร็วลมมีค่าไม่สูงพอ ควันจะวิ่งสวนลม (Smoke Back Flow) ลอดประตูเข้ามาในโถงบันไดได้ ในรูปที่ 10 ในขณะที่ประตูเปิด และลมที่มีความเร็วสูงพอ ควันจะไม่สามารถวิ่งสวนลมเข้ามาได้ ความเร็วลมต่ำสุดที่ควันจะไม่วิ่งสวนลมเข้ามาได้นี้เรียกว่า Critical Air Velocity (Vk) ค่าของ Vk โดยประมาณ แสดงอยู่ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Critical Air Velocity เพื่อป้องกัน Smoke Back Flow (Vk)

กรณีที่	**Vk (fpm)**
มี Sprinkler บริเวณหน้าประตู	50-250
ไม่มี Sprinkler และมีความร้อนปล่อยออกมาในบริเวณหน้าประตูไม่มากนัก	300
ไม่มี Sprinkler และมีความร้อนปล่อยออกมาในบริเวณหน้าประตูมาก	800

ที่มา: NFPA 92A (2002)

1.5.4 การคำนวณหาปริมาณอากาศที่อัด

ระบบอัดอากาศจะใช้งานได้ผลดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับ ปริมาณอากาศที่อัดเข้าโถงลิฟต์หรือบันได การควบคุมแรงอัดอากาศขณะประตูปิดและเปิด, ตำแหน่งที่ติดตั้งพัดลมอัดอากาศ, ขนาดช่องระบายอากาศที่มีขนาดเหมาะสม ตามมาตรฐาน NFPA92A แนะนำว่าจะต้องควบคุมความดันภายในบันไดไว้ให้ได้ไม่ว่าบันไดนั้นจะเปิดหรือปิด เพราะในขณะที่บันไดปิดอยู่และไม่มีการควบคุมความดัน จะทำให้ความดันภายในบันไดสูงขึ้นจนทำให้ไม่สามารถออกแรงเปิดประตูได้ และในทางกลับกันเมื่อประตูถูกเปิดออกความดันภายในบันไดจะลดลงเป็นอย่างมาก ซึ่งหากไม่มีการควบคุมความดันแล้วอาจทำให้ควันที่ร้อนและมีความดันสูงกว่าความดันของบันไดขณะนั้นๆ ไหลย้อนกลับเข้าสู่บันไดอีก ตารางที่ 4 และ 5 เป็นค่าแนะนำที่ได้จากมาตรฐาน NFPA92A

ตารางที่ 4 ค่าแนะนำความดันบันไดสูงสุด(in.wg.)

แรงบิดประตู (ปอนด์)	ความกว้างของประตู(นิ้ว)				
	30	36	40	44	46
6	0.45	0.40	0.37	0.34	0.31
8	0.41	0.37	0.34	0.31	0.28
10	0.37	0.34	0.30	0.28	0.26
12	0.34	0.30	0.27	0.25	0.23
14	0.30	0.27	0.24	0.22	0.21

ที่มา: NFPA92A (2002)

ตารางที่ 5 ค่าแนะนำความดันบันไดต่ำสุด (in.wg.)

ประเภทอาคาร	ความสูงของเพดาน (ฟุต)	ความดันของบันได (in.wg)
มีระบบ Sprinkler	ทุกความสูง	0.05
ไม่มีระบบ Sprinkler	9	0.10
ไม่มีระบบ Sprinkler	15	0.14
ไม่มีระบบ Sprinkler	21	0.18

1.5.5 ปริมาณอากาศที่อัดเข้าโถงลิฟต์ขณะประตูปิด

การเข้าใจเกี่ยวกับความดันที่เกิดขึ้นภายในอาคารจะทำให้เห็นภาพที่ชัดเจนมากขึ้น ในการวิเคราะห์เรื่องของการไหลของอากาศภายในบันไดหนีไฟที่ปิดอยู่นั้นโดยปกติเมื่อบันไดยังปิดอยู่การไหลของอากาศในแนวดิ่งมีค่าน้อยมากจนไม่ต้องนำมาคิดได้ ดังนั้นการไหลของอากาศที่เกิดขึ้นจะเป็นอากาศที่ถูกอัดให้รั่วผ่านช่องว่างที่มีอยู่รอบๆ บันได เช่น ช่องว่างที่วงกบประตู เป็นต้น เมื่อไม่นำการไหลของอากาศในแนวดิ่งมาคิดแล้วผลต่างความดันบันไดกับภายนอกจะมีความสัมพันธ์กับความสูงของบันไดดังนี้

$$\Delta P_{SOy} = \Delta P_{SOb} + bY \qquad (9)$$

$$b = 7.64(1/T_0 - 1/Ts) \qquad (10)$$

ΔP_{Soy} = ผลต่างความดันบันไดกับภายนอกที่ความสูง Y : in.WG
ΔP_{Sob} = ผลต่างความดันบันไดกับภายนอกที่จุดต่ำสุดของบันได : in.WG
b = ตัวแปรอุณหภูมิ : in.WG/ft
Y = ระดับความสูง Y วัดจากจุดต่ำสุดของบันได : ft
T_0 = อุณหภูมิอากาศภายนอกสัมบูรณ์ : $^{\circ}R$
Ts = อุณหภูมิอากาศในบันไดสัมบูรณ์ : $^{\circ}R$

ในการไหลของอากาศจากบันไดเข้าสู่อาคารและทะลุผ่านผนังด้านนอกนั้นพื้นที่ที่อากาศไหลผ่านทั้งหมดจะถูกเรียกว่าพื้นที่การไหลหวังผล (Effective Flow Area) ซึ่งหาได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$A_{SBOe} = A_{SB}A_{BO}/(A^2_{SB}+A^2_{BO})^{1/2} \qquad (11)$$

A_{SBOe} = พื้นที่การไหลหวังผลระหว่างบันไดกับภายนอก ; ft^2
A_{SB} = พื้นที่การไหลระหว่างบันไดกับอาคาร ; ft^2
A_{BO} = พื้นที่การไหลระหว่างอาคารกับภายนอก ; ft^2

เช่นเดียวกับผลต่างความดันบันไดกับอาคารจะมีความสัมพันธ์กับความสูงของบันได และมีความสัมพันธ์กับผลต่างความดันบันไดกับภายนอกดังนี้

$$\Delta P_{SBy} = \Delta P_{SBb} + bY/\{1+(A_{SB}/A_{BO})^2\} \quad (12)$$

$$\Delta P_{SB} = \Delta P_{SO}/\{1+(A_{SB}/A_{BO})^2\} \quad (13)$$

ΔP_{SBy} = ผลต่างความดันบันไดกับอาคารที่ความสูง Y:in.WG
ΔP_{SBb} = ผลต่างความดันบันไดกับอาคารที่จุดต่ำสุดของบันได Y:in.WG
ΔP_{SB} = ผลต่างความดันบันไดกับอาคาร ; in.WG
ΔP_{SO} = ผลต่างความดันบันไดกับภายนอก; in.WG

ในกรณีของการอัดอากาศเข้าสู่บันไดปิด ปริมาณอากาศทั้งหมดที่ไหลจากบันไดผ่านเข้าสู่อาคารทะลุผนังด้านนอก (Q_{SBO}) สามารถคำนวณได้จาก

$$Q_{SBO} = 2^{3/2}NCA_{SBOe}(\Delta P^{3/2}_{SOt}-\Delta P^{3/2}_{SOb})/\{3\rho^{1/2}(\Delta P_{SOt}-\Delta P_{SOb})\} \quad (14)$$

N = จำนวนชั้นบันได
C = ค่าคงที่
ΔP_{SOt} = ผลต่างความดันบันไดกับภายนอกที่จุดสูงสุดของบันได ; in.WG
ΔP_{SOb} = ผลต่างความดันบันไดกับภายนอกที่จุดต่ำสุดของบันได ; in.WG
ρ = ความหนาแน่นของอากาศ ; lb/ft^3

เนื่องจาก ΔP_{SB} กับ ΔP_{SO} มีความสัมพันธ์กันตามสมการที่ 13 ดังนั้นสมการที่ 14 สามารถเขียนได้ในเทอมของผลต่างความดันบันไดกับอาคาร โดยแทนค่า C=0.65 จะได้ดังนี้

$$Q_{SB} = 475NA_{SB}(\Delta P^{3/2}_{SBt}-\Delta P^{3/2}_{SBb})/\{\rho^{1/2}(\Delta P_{SBt}-\Delta P_{SBb})\} \quad (15)$$

Q_{SB} = ปริมาณอากาศที่ไหลจากบันไดสู่อาคาร ; cfm
N = จำนวนชั้นบันได

A^{SB} = พื้นที่การไหลระหว่างบันไดกับอาคาร(ประตูปิด);ft^2

ΔP_{SBt} = ผลต่างความดันบันไดกับอาคารที่จุดสูงสุดของบันได (ประตูปิด) ; in.WG

ΔP_{SBb} = ผลต่างความดันบันไดกับอาคารที่จุดต่ำสุดของบันได (ประตูปิด) ; in.WG

ρ = ความหนาแน่นของอากาศ

จากสมมติฐานไว้ข้างต้นที่ว่าไม่มีอากาศไหลแนวดิ่งเกิดขึ้นภายในอาคาร ดังนั้น $Q_{SB}= Q_{SO}$ อากาศจำนวนนี้จะเป็นอากาศที่อัดเข้าสู่บับไดหนีไฟในปริมาณที่จำเป็นเพื่อที่จะรักษาผลต่างความดันΔP_{SBb} ที่จุดต่ำสุดและΔP_{SBt} ที่จุดสูงสุดของบันไดขณะที่ประตูปิดตามลำดับ

ข้างต้นทั้งหมดผลต่างความดันของบันไดจะเปลี่ยนตามความสูงของอาคาร นั่นคือที่ชั้นล่างผลต่างความดันจะมากและจะลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น มีการกำหนดค่ากลางขึ้นมาเพื่อใช้เป็นตัวแทนผลต่างความดันของผลต่างดันบันไดดังกล่าว ค่ากลางจะให้ความรู้สึกได้ว่าความดันที่ควบคุมไว้มีค่าเท่าไร ค่ากลางดังกล่าวเรียกว่าผลต่างความดันเฉลี่ย ($\overline{\Delta P}$) หาได้จาก

$$\overline{\Delta P} = 0.5(\Delta P_t + \Delta P_b) \quad (15)$$

ΔP_t = ผลต่างความดันบันไดกับอาคาร (หรือภายนอก) ที่จุดสูงสุดของบันได ; in.WG

ΔP_b = ผลต่างความดันบันไดกับอาคาร (หรือภายนอก) ที่จุดต่ำสุดของบันได ; in.WG

นอกจากผลต่างความดันแล้วอุณหภูมิอากาศภายนอกอาคารและอากาศที่อยู่ภายในบันไดก็มีผลต่อระบบอัดอากาศทั้งนั้น เพราะจะเป็นตัวกำหนดว่าที่ค่าผลต่างความดันและอุณหภูมิดังกล่าวนั้นจะเพียงพอสำหรับความสูงบันไดขนาดนั้นหรือไม่

$$H_m = K_m(\Delta P_{Max} + \Delta P_{Min})/|1/T_0 - 1/T_B| \quad (16)$$

H_m = ความสูงจำกัดของระบบอัดอากาศ ; ฟุต
(ระบบอัดอากาศจะสร้างความดันที่เพียงพอถ้า H_m มากกว่าความสูงของบันได)

ΔP_{Max} = ผลต่างความดันบันไดกับอาคารสูงสุดของที่ยอมรับได้ ; in.WG

ΔP_{Min} = ผลต่างความดันบันไดกับอาคารต่ำสุดของที่ยอมรับได้ ; in.WG

K_m = ค่าคงที่ ; 0.131

T_0 = อุณหภูมิอากาศภายนอกสัมบูรณ์ ; $^\circ R$

T_B = อุณหภูมิอากาศบันไดสัมบูรณ์ ; $^\circ R$

สำหรับเมืองไทยอุณหภูมิภายนอก 95°F (555°R) และอุณหภูมิภายในอาคารปรับอากาศ 76°F (363°R) และถ้าต้องการควบคุมความดันต่ำสุดและสูงสุดที่ 0.15 และ 0.40 in.WG ตามลำดับนั้น จะพบว่าได้ค่าความสูงจำกัด 513 ฟุต (155 เมตร) เทียบเท่าอาคารสูงประมาณ 40-45 ชั้นตามลำดับ สำหรับเมืองร้อนเรื่องความสูงจำกัดนี้คงไม่มีปัญหามากนักในเรื่องของการรักษาผลต่างความดัน แต่ในเมืองหนาวที่อุณหภูมิภายนอกต่ำมากๆ จะเกิดปัญหานี้

1.5.6 ระบบอัดอากาศในบันไดขณะประตูเปิด

ในหัวข้อ 1.5.6 เป็นเรื่องของระบบอัดอากาศในบันไดที่ประตูปิดในความเป็นจริงแล้วขณะเกิดเพลิงไหม้ประตูของบันไดหนีไฟจะถูกเปิดเพื่อใช้หนีไฟ จำนวนการเปิดจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับจำนวนคนที่อยู่ในอาคาร มีประตู 2 จุดที่จะต้องนำมาพิจารณาคือ ประตูหนีไฟที่รับคนจากอาคารเข้าสู่บันไดและประตูหนีไฟที่ระบายคนจากบันไดสู่ภายนอก ประตูส่วนแรกที่เปิดรับคนที่อยู่ในอาคารจะทำให้อากาศที่อัดโดยพัดลมอัดอากาศไหลออกทางประตูปริมาณหนึ่งเข้าสู่ในอาคารและหาทางเพื่อออกจากอาคารสู่ภายนอกให้ได้ อากาศจำนวนนี้จะทำให้ผลต่างความดันที่ประตูลดลง อย่างไรก็ตามถ้าประตูที่เปิดระบายคนออกสู่ภายนอกถูกเปิด ปริมาณอากาศที่ไหลออกทางประตูนี้จะมากกว่าอากาศที่ไหลผ่านประตูภายในอาคาร เนื่องจากอากาศที่ไหลภายในอาคารจะมีความต้านทานการไหลมากกว่าเพราะต้องผ่านรอยแยกต่างๆ ก่อนที่จะออกสู่ภายนอก เปรียบเทียบกับประตูที่เปิดออกสู่ภายนอกการไหลของอากาศจะไม่มีความต้านทานใดๆ ทั้งสิ้น

สมการที่ 14 และ 15 ใช้ได้เมื่อพื้นที่การไหลหวังผลระหว่างบันไดกับอาคารมีค่าเหมือนๆ กันในแต่ละชั้น สมการที่ 14 และ 15 สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในแต่ละส่วนที่เปิดหรือปิดตลอดความสูงของบันไดโดยที่ค่าของ A_{SB} และ A_{BO} ในแต่ละส่วนที่เปิดหรือปิดมีค่าเดียวกันในแต่ละชั้น เมื่อแทนค่า C=0.65 และความหนาแน่นของอากาศด้วย 0.075 ปอนด์ต่อลูกบาศก์ฟุตแล้วสมการที่ 14 และ 15 สามารถเขียนอยู่ในรูปทั่วไปได้ดังนี้

$$Q = GNA_e \quad (17)$$

Q = ปริมาณอากาศที่ไหลออกจาก Section ของบันไดที่กำลังพิจารณา : cfm

N = จำนวนชั้นใน Section ของบันไดที่กำลังพิจารณา

A_e = พื้นที่การไหลหวังผลใน Section ของบันไดที่กำลังพิจารณาจากบันไดต่อชั้น : ft^2

G = ตัวประกอบความเร็วของอากาศ: fpm

$$G = K_g((\Delta P^{3/2}_t - \Delta P^{3/2}_b)/(\Delta P_t - \Delta P_b) \quad (18)$$

ΔP_1 = ผลต่างของความดันที่จุดสูงสุดของ Section ที่กำลังพิจารณา; in . WG

ΔP_n = ผลต่างของความดันที่จุดต่ำสุดของ Section ที่กำลังพิจารณา; in . WG

K_g = ค่าคงที่ ; 1740

สมการที่ (11) และ (12) สามารถใช้คำนวณหาได้ทั้ง Q_{SB} และ Q_{SO} โดยใช้ค่าความดันที่สอดคล้องกัน เช่น เมื่อต้องการหา Q_{SB} ค่าพื้นที่การไหลหวังผลและผลต่างความดันจะต้องเป็นค่าที่เกิดขึ้นระหว่างบันไดกับอาคาร และเมื่อต้องการหา Q_{SO} ค่าพื้นที่การไหลหวังผลและผลต่างความดันก็เป็นค่าที่เกิดขึ้นระหว่างบันไดกับภายนอก

สำหรับปริมาณการไหลของอากาศออกสู่ภายนอกโดยตรงก็จะมีการคิดที่แตกต่างออกไปจากบันไดสู่อาคาร การไหลผ่านประตู, ช่องระบายอากาศหรือช่องเปิดขนาดใหญ่ออกสู่ภายนอกคำนวณได้ดังนี้

$$Q_{SO} = 1.414K_0(CA_{SO}(\Delta P_{SO}/\rho)^{1/2} \quad (19)$$

Q_{SO} = ปริมาณการไหลของอากาศออกสู่ภายนอก; cfm
C = ค่าคงที่; 0.65
A_{SO} = พื้นที่การไหลระหว่างบันไดกับภายนอก; ft^2
ΔP_{SO} = ผลต่างความดันบันไดกับภายนอก; in. WG
ρ = ความหนาแน่นของอากาศ: lb/ft^3
K_c = ค่าคงที่ : 776

ผลต่างของความดันทีเกิดขึ้นบนช่องเปิดจะไม่คงที่ตลอดความสูงของช่องเปิด ดังนั้นผลต่างความดันบันไดกับภายนอกควรใช้ค่าที่เกิดขึ้นตรงกลางของความสูงของช่องเปิด เมื่อรวมปริมาณอากาศจากการที่ประตูปิด, ประตูเปิดภายในและประตูเปิดภายนอกจะเป็นปริมาณอากาศรวมสำหรับบันไดนั้นๆ

1.5.7 การคำนวณหาปริมาณอากาศที่อัดจากสมการแนะนำ ตามมาตรฐานควบคุมควันไฟ

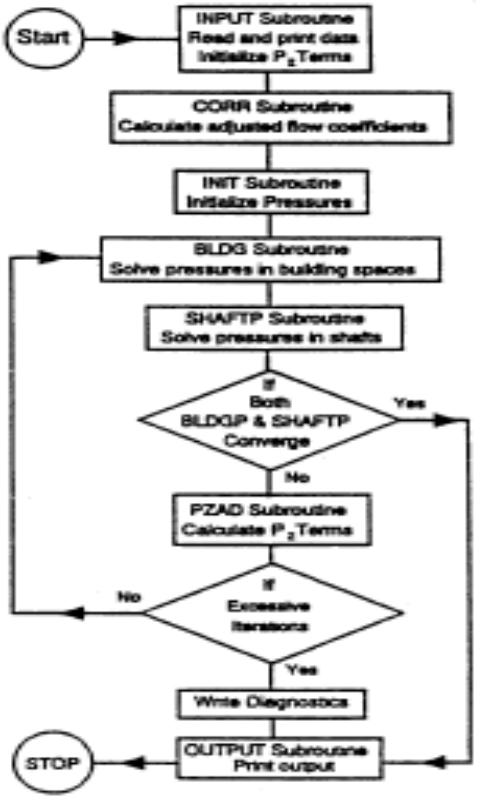
เนื่องจากความซับซ้อนในการคำนวณปริมาณอากาศอัดเข้าโถงลิฟต์ มาตรฐานควบคุมควันไฟของ วิศวกรรมสถาน จึงมีการกำหนดสมการอย่างง่ายในการคำนวณและนิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันดังนี้

$$Q = 15{,}000D + 300N \quad (20)$$

Q = ปริมาณอากาศอัดเข้าสู่โถงลิฟต์; cfm
D = จำนวณประตูที่เปิดตลอดเวลาออกสู่ภายนอก
N = จำนวนชั้นของอาคาร

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอัดอากาศในปล่องลิฟต์ มีกันอย่างแพร่หลายในต่างประเทศ โดย John (1981) ได้ทำการออกแบบโปรแกรมใช้คำนวณและวิเคราะห์ เมื่อมีการทำการอัดอากาศปริมาณต่างๆ เข้าไปในปล่องลิฟต์ ทำให้เกิดแรงดันภายในโถงลิฟต์ดับเพลิง ศึกษาการกระจายตัวของแรงดันในแต่ละชั้น โดยทำการทดลองใช้โปรแกรมกับอาคารสูง 10 ชั้น การคำนวณของโปรแกรมจะมีสมมุติฐานให้การรั่วไหลของผนังต่างๆ เป็นการรั่วแบบปานกลาง อุณหภูมิอากาศภายนอกคงที่ ปริมาณอากาศอัดจะถูกเฉลี่ยเท่าๆ กันทุกชั้น และแรงดันที่สร้างจากพัดลมอัดอากาศจะลดลงตามค่าความสูญเสียที่เกิดจากปล่องลิฟต์ รวมถึงนำค่าแรงดันที่เกิดจากความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นตามความสูงของอากาศ ซึ่งมีแผนผังการทำงานของโปรแกรมและผลการทดลองดังนี้



ภาพที่ 11 แผนผังการทำงานของโปรแกรม

ที่มา: John (1981)

John (1983) ได้ทำการวิเคราะห์และนำเสนอให้มีการอัดอากาศเข้าปล่องลิฟท์เพื่อสร้างแรงดัน ให้มีค่าเป็นบวก เมื่อเทียบกับพื้นที่ภายนอก เป็นการป้องกันควันไฟไม่ให้เข้ามาภายในโถงลิฟต์ โดยทำการทดสอบอาคารที่มีลักษณะแต่ต่างกันจำนวน 6 ตึก ทำการอัดอากาศและวัดค่าแรงดันจริงที่เกิดขึ้น โดยในแต่ละตึกก็มีการอัดอากาศแตกต่างกันดังนี้

อาคาร 1 ทำการอัดอากาศ ปริมาณ 4300 cfm 1/8 in H2O Static ทำการปิดประตูในสนิททุกชั้น จะพบว่าสามารถรักษาแรงดันในโถงลิฟต์อยู่ในช่วง 3.0 ถึง 5.0 ตามตารางที่ 1 และจะเห็นว่าแรงดันจะสูงที่สุดที่ชั้นล่างและลดไปตามความสูงอากาศ

ตารางที่ 6 Pressure Across Elevator Doors of Building 1 (all elevator doors closed)

Floor	Differential Pressure	
	(Pa)	(in H_2O)
3	3.0	0.012
2	3.8	0.015
1	3.8	0.015
4	5.0	0.020
Indoor temperature -24°C (75 °F)		
Outdoor temperature -26°C (78 °F)		

ที่มา: John (1983)

อาคาร 2 เป็นอาคารโรงแรมตามลักษณะอาคารจะมี 4 ปีก โดยปีก A เป็นอาคารชั้นเดียว ปีก B,C,D จะเป็นห้องพักแขก โดยปีก B,D มีจำนวน 7 ชั้น และปีก C เป็นอาคาร 4 ชั้น ซึ่งปีก B,C, และ D มีการอัดอากาศที่บันไดหนีไฟ อัดอากาศที่ทางเดินและโถงลิฟต์ อาคาร C จะมีการใช้พัดลมหลังคา (Root Mounted Propeller) เป็นพัดลมในการอัดอากาศที่บริเวณโถงทางเดิน (4,000 cfm) และโถงลิฟท์ 4,800 cfm บันไดหนีอัดอากาศ 4,000 cfm อาคาร 2 ปีก C จะทำการเปิดระบบอากาศทั้งหมด ผลตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 Pressure in Wings C of Building 2 with All Smoke Control System Operating

Floor	Elevator		Stairwell	
	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)
4	16 [a]	0.065 [a]	67	0.27
3	16	0.065	72	0.29
2	12	0.050	62	0.25
1	16 [b]	0.065 [b]	67	0.27
Indoor temperature -25°C (77 °F)				
Outdoor temperature -23°C (74 °F)				

ที่มา: John (1983)

พบว่าอากาศอัดจากพัดลมทำให้เกิดแรงดันเป็นบวกทั้งในโถงลิฟต์และบันไดหนีไฟ ซึ่งจะเห็นค่าปริมาณอากาศอัดในลิฟต์ จะเท่ากับอากาศที่ใช้อัดของอาคาร 1 แต่ทำให้เกิดแรงดันในโถงลิฟต์ได้ไม่เท่ากัน อธิบายได้ว่า อาคาร 1 มีรอยรั่วมากกว่าอาคาร 2 จากจุดนี้มีความสงสัยว่า ระบบอัดอากาศที่บันไดหนีไฟ จะมีผลต่อระบบอัดอากาศปล่องลิฟต์หรือไม่ เช่นมีการเปิดประตูเพื่อเข้าโถงลิฟต์ แรงดันของบันไดหนีไฟจะอัดเข้าไปภายในโถงลิฟต์

การทดลองในปีก C จึงทำการปิดระบบอัดอากาศบริเวณทางเดินลง ซึ่งมีผลการเปลี่ยนแปลงแรงดันในแต่ละอันไปบ้าง แต่ถ้าเป็นค่าเพียงเล็กน้อยเท่านั้น จะเห็นได้ว่าการอัดอากาศบริเวณทางเดินไม่ส่งผลกระทบกับระบบอัดอากาศบริเวณบันไดหนีไฟและลิฟต์

หลังจากการทดลองปิดระบบอัดอากาศทางเดินของปีก C อาคาร 2 แล้วนั้น จึงทำการทดลองต่อโดยการปิดระบบอัดอากาศที่บันไดหนีไฟ จะได้ผลตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 Pressure in Wings C of Building 2 with only the Elevator Shaft Pressization

Floor	Elevator		Stairwell	
	(Pa)	(inH2O)	(Pa)	(inH2O)
4	13	0.053	-1.2	-0.005
3	15	0.06	0	0
2	15	0.06	0.25	0.001
1	16	0.065	0	0

ที่มา: John (1983)

จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า จะมีผลต่อแรงดันในบันไดหนีไฟทันที ฉะนั้นจากการทดลองในอาคาร2จะพบว่าภายในอาคารการไหลของอากาศมีการเชื่อมต่อกันและส่งผลกระทบถึงกัน ซึ่งจะมีการวิจัยความสัมพันธ์กันในภายหลัง

ปีก B และปีก Cทำการเดินระบบอัดอากาศทั้งโถงลิฟต์และบันไดหนีไฟ โดยได้ผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 Pressure in Wings B and D of Building 2

Floor	Elevator B Wing		Elevator D Wing		Stairwell 3		Stairwell 4		Stairwell 5		Stairwell 6	
	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)
7	5.0	0.020	10.0	0.040	37	0.15	37	0.15	75	0.30	25	0.10
6	2.0	0.008	5.0	0.020	35	0.12	37	0.15	72	0.29	25	0.10
5	7.0	0.028	4.5	0.018	-	-	-	-	-	-	-	-
4	6.2	0.025	8.2	0.033	32	0.13	42	0.17	67	0.27	16	0.065
3	8.2	0.033	9.5	0.038	-	-	-	-	-	-	-	-
2	8.7	0.035	11.0	0.045	35	0.14	42	0.17	75.	0.30	14	0.055
1	10.0	0.040	11.0	0.043	35	0.14	-	-	77	0.31	-	-

Indoor temperature -24°C (76 °F)

Outdoor temperature -24°C (75 °F)

ที่มา: John (1983)

จะเห็นว่าชั้น 6 ในปีก B เป็นจุดที่มีแรงดันน้อยที่สุด ที่เป็นเช่นนี้สาเหตุเนื่องมาจากแรงลมภายนอกมีอิทธิพล ทำให้แรงดันภายในชั้น 6 มีปัญหา

อาคาร 3 จำนวน 20 ชั้น เป็นอาคารหอพักนักเรียน มีลิฟต์ 2 ชุด ทำการอัดอากาศ 17,000 CFM ที่ 0.25 in H2O และอัดอากาศบริเวณทางเดินที่ 30,000 CFM @2.25 in H2O โดยใช้พัดลมที่ติดตั้งบนหลังคา (Top Roof Propeller Fan) ทำการทดสอบโดยอัดอากาศในโถงลิฟต์ เทียบกับการไม่ใช้ระบบอัดอากาศ

ตารางที่ 10 Pressure Differences from Building 3

Floor	Elevator Unpressurized		Elevator pressurized	
	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)
21	2.5	0.010	8.7	0a035
20	2.5 [a]	0.010 [a]	7.5	0.030
19	0.75	0.003	6.2 [b]	0.025 [b]
18	1.2 [a]	0.005 [a]	5.5	0.022
17	0.75	0.003	4.0	0.016
16	0.75	0.003	3.2	0.013
15	0.75	0a003	3.0	0.012
14	+0	+0	2.7	0.011
12	+0	+0	2.5	0.010
11	0	0	2.0	0.008
10	1.2	0.005	5.0	0 a020
9	0	0	3.0	0.012
8	1.2	0.005	5a0	0.020
7	0	0	1.5	0.006
6	0	0	2.2	0.009
5	-0	-0	1.2	0.005
4	+0	+0	12	0.005
3	-0.75	-0.003	3.7	0.015
2	-0	-0	1.2	0.005
1	-8.7 [c]	-0.035 [c]	-4.0d	-0.016 [d]
B	-6.2	-0a025	-2.0	-0.008

Indoor temperature -25°C (77 °F)

Outdoor temperature -27°C (81 °F)

ที่มา: John (1983)

เนื่องจากพัดลมอัดอากาศอยู่บนตัวหลังคา จะเห็นได้ว่าชั้นไกลจากพัดลม (ชั้นล่างๆ) แรงดันอากาศจะลดลงและเป็นค่าลบ ซึ่งไม่สามารถรักษาแรงดันอากาศในชั้นล่างให้เป็นบวก หากเกิดเหตุไฟไหม้โถงลิฟต์จะไม่ปลอดภัยจากควันไฟ โดยสรุปจำนวนชั้นสูงมากๆ อาจจะต้องมีจุดอัดแรงดันอากาศมากกว่า 1 จุด

อาคาร 4 เป็นอาคารจำนวน 12 ชั้น เป็นอพาร์ทเมนท์ มีลิฟต์จำนวน 2 ชุด มีระบบอัดอากาศลิฟต์และบันไดหนีไฟ โดยใช้พัดลมหอยโข่งอยู่ชั้นล่างทำการอัดอากาศแต่ละบันไดและโถงลิฟต์ บริเวณลม 930 ที่ 1.5 in H2O จะเห็นได้ว่าปริมาณอากาศอัดน้อยมาก นอกจากนั้นยังมีระบบระบายควันบริเวณทางเดินด้วยพัดลม 4,300 CFM ที่ 3/8 in H2O การทำงานของระบบควบคุมควันในกรณีเกิดไฟไหม้จะเป็นดังนี้

1. ให้ระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟทำงาน
2. ให้ระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ทำงาน
3. ให้พัดลมระบายควันทำงาน
4. เปิด Computer ของพัดลมระบายควันซึ่งปกติจะปิด

เราทำการโยกคันโยก ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้แบบคันโยก (Pull Box) ที่ชั้น 5 ให้ระบบทำงานจะได้ผลดังตาราง 11

ตารางที่ 11 Pressure Differences from Building 4

Floor	4th Floor		5th Floor		6th Floor	
	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)
Elevator lobby door 1 (lobby pressurized)	0.75	0.003	6.2	0.025	-	-
Elevator door with both lobby doors closed	-2.5	-0.010	-0.75	-0.003	0	0
Stairwell 1 door	0	0	6.2	0.025	1.2	0.005
Indoor temperature -23°C (73 °F)						
Outdoor temperature -24°C (75 °F)						

ที่มา: John (1983)

จะเห็นได้ว่าไม่สามารถรักษาแรงดันในแต่ละพื้นที่ปิดได้ เนื่องจากแรงดันของพัดลมที่บันไดหนีไฟมีค่าสูงมาก ทำให้ส่งผลไปยังพื้นที่อื่นๆ

อาคาร 5 เป็นอาคาร 3 ชั้น เป็นอาคารสำนักงานมีที่จอดรถอยู่ด้านล่าง ซึ่งอาคารนี้จะมีระบบลิฟต์ความเร็วสูงเปิดประตูทุกชั้น ซึ่งใช้เพื่อหนีไฟเรียกว่า “Life Safety Core” ระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ ใช้ปริมาณลม 128,000 cfm พัดลมอยู่ที่ชั้นพื้นดินและระบบอัดอากาศบันไดหนีไฟ นอกจากนี้อาคารยังทำการอุดรอยรั่วซึมบริเวณประตูไม่ให้มีการรั่วไหลผ่านช่องประตู

ตารางที่ 12 Pressure Differences from Building 5

Floor	Elevator to lobby		Stairwell 2 to lobby		Lobby in rental space	
	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)
36	22	0.09	12	0.05	40	0.16
30	27	0.011	5	0.02	30	0.12
21	25	0.10	12	0.05	27	0.11
20	45	0.18	25	0.10	12	0.05
10	25	0.10	12	0.05	25	0.10
3	30	0.12	12	0.05	12	0.05
main lobby	27	0.11	- -	- -		- -
Average building temperature 25°C (77 °F)						
Outside temperature 17°C (63 °F) at start of test and 21°C (70 °F) at end of test						

ที่มา: John (1983)

จากผลการวัดพบว่าการควบคุมแรงดันเป็นไปอย่างดีในกรณีที่ประตูทุกบานปิด แต่สิ่งที่จะเกิดขึ้นคือ หากมีการเปิดประตูหลายๆ บานจะทำให้แรงดันภายในพื้นที่นั้นลดลง ซึ่งจะต้องทำการศึกษาต่อไป

อาคาร 6 จำนวนชั้น 22 ชั้น มีระบบอัดอากาศ 18,000 Cfm โดยใช้พัดลมหอยโข่งและบันไดหนีไฟก็ใช้พัดลมชนิดเดียวกันอัดอากาศ บันไดละ 10,000 Cfm 2 บันไดมีบานระบายแรงดัน (Barometric Relief damper) อยู่ด้านบนสุด ทำการเดินระบบอัดอากาศโดยวัดค่าที่ Main Lobby ชั้น 11 และชั้น 19

ตารางที่ 13 Pressure Differences from Building 6

Floor	Elevator to Corridor		Corridor to Apartment		North Stairwell to Corridor		South Stairwell to Corridor	
	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)	(Pa)	(in H_2O)
19	72	0.29	30	0.12	72	0.29	75	0.30
11	45	0.18	10	0.04	105	0.42	100	0.40
main lobby	55	0.22[a]	35	0.14 [a]	77	0.31 [a]	122	0.49 [b]

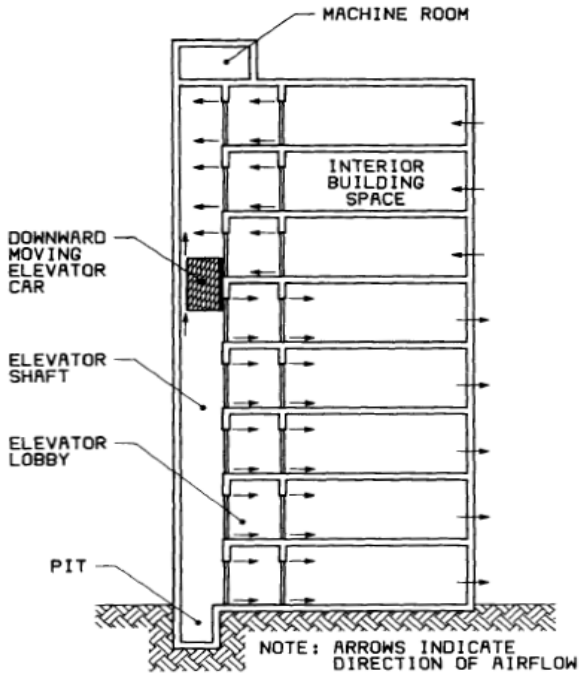
Average building temperature 25°C (77 °F)

Outside temperature 19°C (66 °F)

ที่มา: John (1983)

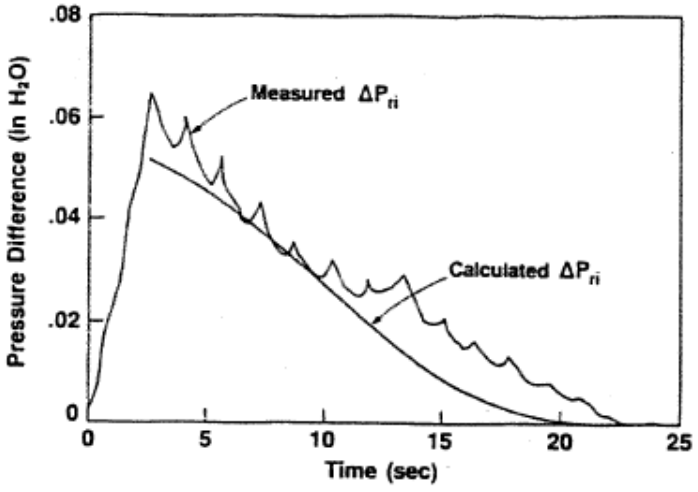
พบว่าสามารถควบคุมแรงดันที่สูงและแรงดันที่จะตกในกรณีประตูเปิด จากการทดลองทั้ง 6 อาคาร ทำให้เราทราบถึงพฤติกรรมของแรงดันภายในโถงลิฟต์ การติดตั้งและลักษณะของระบบอัดอากาศแต่ต่างกันมีผลโดยตรงกับการควบคุมแรงดันภายในโถงลิฟต์ทั้งสิ้น

John and George (1986) ทำการศึกษาปรากฏการณ์ลูกสูบ เมื่อลิฟต์มีการเคลื่อนที่ขึ้นลง การเคลื่อนที่ขึ้นลงนี้เองทำให้เกิดแรงดันลบ ที่ส่งผลต่อแรงดันที่ควบคุมภายในโถงลิฟต์ดับเพลิง และได้เสนอสมการที่ใช้คำนวณแรงดันที่เกิดจากปรากฏการณ์ลูกสูบ ดังรูป



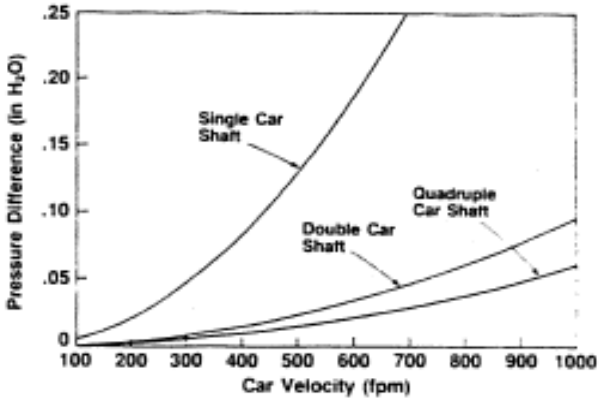
ภาพที่ 12 การเคลื่อนที่ของอากาศเมื่อลิฟต์เคลื่อนที่

ที่มา: John (1986)



ภาพที่ 13 กราฟแรงดันตกคล่อมโถงลิฟต์กับอาคารขณะเกิดปรากฏการณ์ลูกสูบ

ที่มา: John (1986)



ภาพที่ 14 กราฟแรงดันตกคล่อมโถงลิฟต์กับอาคารในกรณีมีลิฟต์หลายตัว

ที่มา: John (1986)

จากตารางที่13ได้ว่าสมการที่ใช้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้จริง และยังมีการหาค่าจากสมการสำหรับลิฟต์ที่มีจำนวนห้องลิฟต์เท่ากับ 1 ห้อง, 2 ห้อง และ 4 ห้อง โดยสรุปค่า Cc สำหรับลิฟต์ห้องเดี่ยวเท่ากับ 0.83 และ 0.94 สำหรับ 2 ห้องและ 4 ห้อง

หลังจากนั้นในปี 1992 เริ่มมีการศึกษาอย่างจริงเกี่ยวการใช้ลิฟต์เป็นอีกทางในการหนีไฟ โดยมีงานวิจัยที่เกี่ยวคือ J.H. Kolte ทำการวิจัยเรื่อง Feasibility and Design Considerations of Emergency Evacuation by elevator ซึ่งเป็นการทดลอง การเปรียบเทียบความรวดเร็วในการใช้ทางหนีด้วยบันไดหนีไฟเทียบการใช้ลิฟต์หนีไฟที่ชั้นที่สูงแล้วจึงใช้บันไดต่อจะทำให้ผู้อพยพหนีไฟได้รวดเร็วที่สุด และมีข้อน่าสังเกตว่าการใช้ลิฟต์หนีไฟ100% จะอพยพ คนได้ช้ากว่าการใช้บันไดหนีไฟ 100%โดยมีผลการวิจัยดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 Data used for evacuation calculations of the White North Building

Item	Quantity
Floor to Floor Height	3.4 m (11.17 ft)
People per Floor	68
Width of Elevator Doors	1.07 (42 in)
Elevator Car Velocity	2.54 m/s (500 fpm)
Elevator Car Acceleration	1.22 (4 m/s^2)
Number of People in a Full Elevator Car	16
Stair Riser	0.18 (7.0 in)
Stair Tread	0.30 m (11.5 in)
Stair Width	1.1 m (44 in)
Stair Door Width	0.97 m (38 in)

ที่มา: John (1992)

ตารางที่ 15 Evacuation times for combinations of Elevator and Stairwell Use for evacuation of the White North Building

Floors Evacuated by Stairs	**Time Required (min)**	**Floors Evacuated by Elevator**	**Time Required (min)**	**Building Evacuation Time (min)**
18-2	14.3	None		14.3
17-2	13.5	18	7.1	13.5
16-2	12.8	18-17	8.8	12.8
15-2	12.0	18-16	10.5	12.0*
14-2	11.2	18-15	12.1	12.1
13-2	10.4	18-14	13.7	13.7
12-2	9.6	18-13	15.2	15.2
11-2	8.8	18-12	16.7	16.7
10-2	8.1	18-11	18.1	18.1
9-2	7.3	18-10	19.4	19.4
8-2	6.5	18-9	20.8	20.8
7-2	5.7	18-8	22.0	22.0
6-2	4.9	18-7	23.3	23.3
5-2	4.1	18-6	24.4	24.4
4-2	3.4	18-5	25.5	25.5
3-2	2.6	18-4	26.6	26.6
2	1.8	18-3	27.7	27.7
none		18-2	28.6	28.6

ที่มา: John (1992)

นอกจากนั้นยังมีการศึกษาและวิจัยถึงสัดส่วนในกรณีที่ใช้ทั้งลิฟต์และบันไดหนีไฟอพยพคนเพื่อให้ใช้เวลาน้อยที่สุด โดยผู้อพยพจะไม่มีการใช้ทางหนีไฟร่วมกันเหมือนการทดลองในตอนแรกที่มีการใช้ลิฟต์แล้วมาใช้บันไดหนีต่อ ซึ่งได้ผลตามตาราง จะเห็นได้ว่าการใช้ ลิฟต์หรือบันไดหนีไฟอย่างใดอย่างหนึ่งไม่ได้ทำให้เวลาที่ใช้ในการหนีไฟน้อยที่สุด กลับเป็นการใช้ทั้งลิฟต์และบันไดหนีไฟ ร่วมกันโดยแบ่งคนในสัดส่วน ลิฟต์ 65% บันไดหนีไฟ35%

ตารางที่ 16 Data used for evacuation calculations of the Seattle Building

Item	Quantity
Floor to Floor Height	3.81 m (12.5 ft)
People per Floor	76
Width of Elevator Doors	1.07 (42 in)
Low Rise Elevator Car Velocity	3.05 m/s (600 fpm)
Mid Rise Elevator Car Velocity	5.08 m/s (1000 fpm)
High Rise Elevator Car Velocity	5.08 m/s (1000 fpm)
Low Rise Elevator Car Acceleration	1.22 m/s^2 ($4ft/s^2$)
Mid Rise Elevator Car Acceleration	1.83 m/s^2 ($6ft/s^2$)
High Rise Elevator Car Acceleration	1.83 m/s^2 ($4ft/s^2$)
Number of People in a Full Elevator Car	16
Stair Riser	0.18 (7 in)
Stair Tread	0.28 m (1.1 in)
Stair Width	1.10 m (43.5 in)
Stair Door Width	0.91 m (36 in)

ที่มา: John (1992)

ตารางที่ 17 Evacuation times for combinations of Elevator and Stairwell Use for evacuation of the Seattle Building

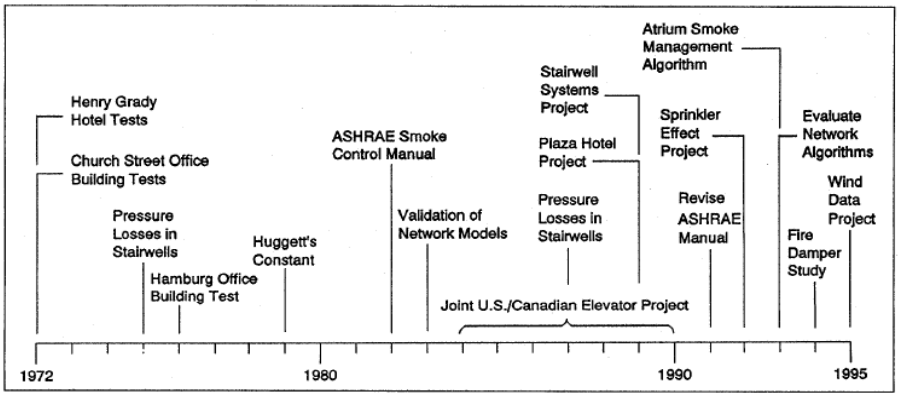
Evacuees Using Elevators* (%)	Stairwell Time (min)	Mid-Rise Elevator Time (min)	High-Rise Elevator Time (min)	Building Evacuation Time (min)
100	NA	16.5	16.2	16.5
97	7.5	16.4	16.1	16.4
95	7.8	16.3	16.0	16.3
90	8.6	16.0	15.8	16.0
85	9.5	15.9	15.7	15.9
80	10.3	13.5	13.3	13.5
75	11.1	13.2	13.0	13.2
70	12.9	12.9	12.8	12.9
65	12.8	12.8	12.6	12.8
60	13.6	10.5	10.3	13.6
55	14.4	10.2	10.0	14.4
50	15.3	9.8	9.7	15.3
45	16.1	9.7	9.6	16.1
40	16.9	7.3	7.2	16.9
35	17.8	7.1	7.0	17.8
30	18.6	6.8	6.8	18.6
25	19.4	6.5	6.6	19.4
20	20.3	4.3	4.2	20.3
15	21.1	4.0	4.0	21.1
10	21.9	3.8	3.8	21.9
5	22.7	3.5	3.6	22.7
3	23.1	3.4	3.5	23.1

*This is the percentage of evacuees using elevator from the mind and high rise floors. For this evacuation approach the rest of the evacuees from these floors used stairs. Floors 11

ที่มา: John (1992)

ปี1995 ระบบลิฟต์ฉุกเฉินที่ใช้เพื่อหนีไฟก็ถูกกำหนดคำเฉพาะคือ EEES ซึ่งย่อมาจาก emergency elevator evacation system ในปีเดียวกันนี้การศึกษาแนวทางการใช้ลิฟต์เพื่อการหนีไฟมีกันอย่างแพร่หลายโดยนาย Bernard M Levin และ Norman E Groner ก็นำเสนออุปกรณ์ประกอบกันเข้ากับระบบ EEES คือ อุปกรณ์การสื่อสารและควบคุมเพื่อใช้ลิฟต์มีความปลอดภัยในการใช้งาน

ขณะเดียวกันนาย J.H. Kolte ซึ่งเป็นผู้ทำวิจัยเกี่ยวกับเรื่อง EEES มาไม่น้อยกว่า 14 ปี ตลอดระยะเวลา 14 ปี และยังมีผู้อื่นที่ได้ทำวิจัยและเสนอแนวทางไว้มาก นาย J.H. Kolte จึงทำการสรุปงานวิจัยของนักวิจัยต่างๆ ที่ทำการวิจัยเกี่ยวกับการควบคุมควันไฟ ซึ่งผลของงานวิจัยถูกไปกำหนดเป็นมาตรฐาน NFPA อย่างมากมาย



ภาพที่ 15 แสดงผลของงานวิจัย

ที่มา: John (1992)

และหลังจากปี 1995 ดูเหมือนการวิจัยเกี่ยวกับ EEES จะได้ข้อมูลจากการวิจัยและสมการที่ใช้ในการออกแบบอย่างเพียงพอ และแม่นยำ การศึกษาหลังปี 1995 จะเป็นการวิจัยเกี่ยวกับการสร้างความปลอดภัยให้กับผู้ใช้ระบบ EEES ไม่ว่าจะเป็นการกำหนดโครงสร้างของตัวลิฟต์ ระบบควบคุมลิฟต์ ระบบสื่อสาร อันตรายของควันไฟ

ซึ่งในประเทศไทยก็มีการประกาศใช้กฎกระทรวงฉบับที่ 33 (พ.ศ 2553) กำหนดให้มีระบบอัดอากาศช่องบันไดและโถงลิฟต์ดับเพลิง ซึ่งส่วนใหญ่จะคัดลอกมาจากมาตรฐาน NFPA 92A

สมการที่ใช้คำนวณตามมาตรฐาน วสท เป็นสมการอย่างง่ายที่กำหนดขึ้นเพื่อให้ง่ายแก่การคำนวณและใช้อย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน แต่เนื่องจากสมการการคำนวณที่ใช้อยู่ในเมืองไทยไม่ได้คำนึงถึงปัจจัยเฉพาะตัวของแต่ละอาคาร เช่น ปัจจัยเรื่องของปรากฏการณ์ลูกสูบ ความสูงอาคาร อุณหภูมิ นักวิจัยของไทยก็มีการวิจัยเกี่ยวกับเรื่องนี้ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา ได้นำโปรแกรมคอมพิวเตอร์มาคำนวณให้เห็นว่าสมการอย่างง่ายๆ ที่ใช้กันอยู่นั้นเมื่อนำมาวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่า เกิดความไม่ปลอดภัยขึ้นอย่างชัดเจน จึงควรมีการคำนวณอย่างละเอียดกว่าที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. คอมพิวเตอร์ แบบชนิดพกพา Intel Core ™ 2 Duo processor T5600 (1.83 GHz,667 MHz , 2MB L2 cache) / 120 GB HDD / 1 GB Hyper Memory

2. โปรแกรม Visual Basic Version 6 ซึ่งใช้เป็นโปรแกรมสำเร็จรูปที่นำมาเขียนโปรแกรมคำนวณระบบอัดอากาศโถงลิฟท์ดับเพลิง

3. แบบแปลนปล่องลิฟท์และภาพตัดอาคารทั้ง 3 อาคารเพื่อใช้เป็นอาคารตัวอย่างทดสอบการคำนวณด้วยโปรแกรม

4. กล้องถ่ายภาพดิจิตอล (Digital Camera)

วิธีการ

1. การตรวจเอกสาร (Literature Review) เพื่อศึกษางานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องรวมถึงศึกษามาตรฐานต่างๆ ของต่างประเทศที่เกี่ยวข้อง

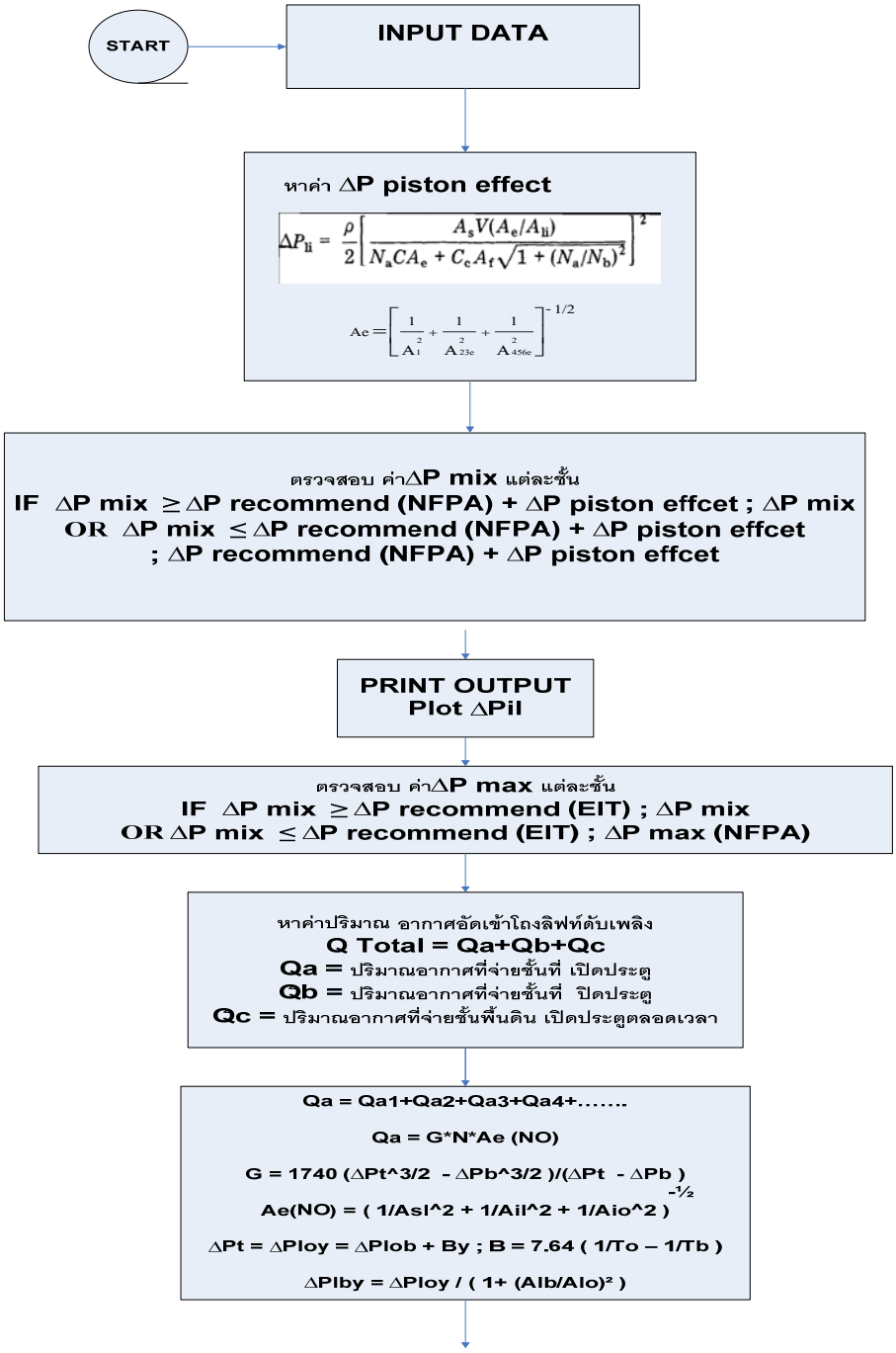
2. ทำการรวบรวมสมการต่างๆ ที่ต้องใช้ในการคำนวณเพื่อทำการสร้างแผนผังในการเขียนโปรแกรมดังนี้

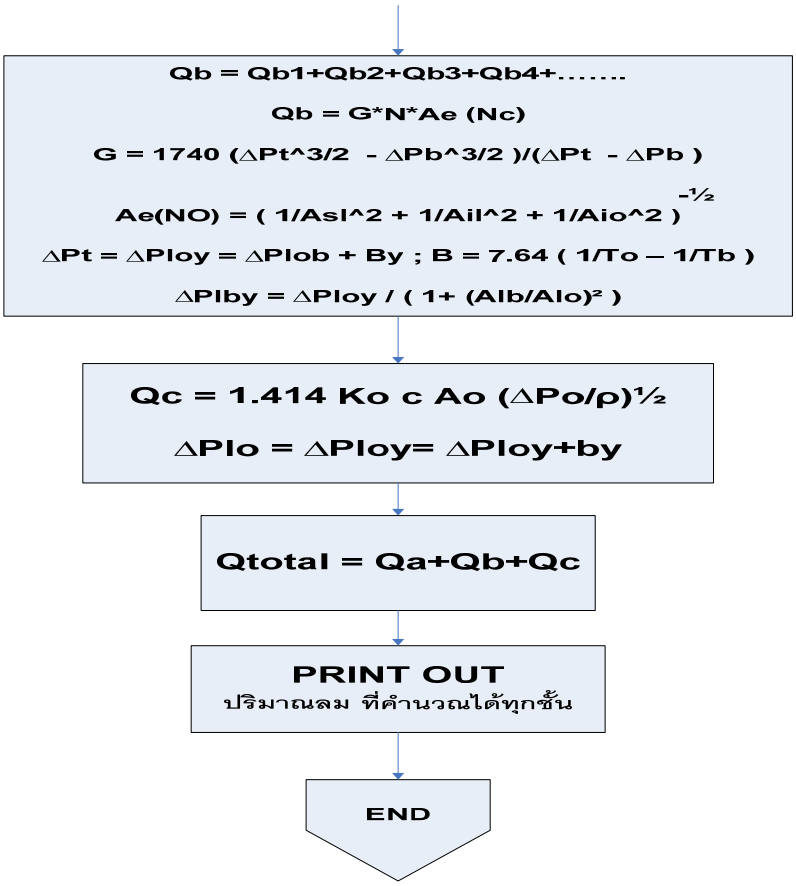
2.1 รวบรวมข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็นในการคำนวณเพื่อกำหนดเป็นข้อมูลที่ต้องป้อนให้กับโปรแกรม

2.2 สมการเกี่ยวข้องกับการหาแรงดันที่มีผลเนื่องจากปรากฏการณ์ลูกสูบซึ่งเกิดจากการเคลื่อนที่ของลิฟต์ขึ้นลงทำให้เกิดแรงดันให้โถงลิฟต์

2.3 กำหนดค่าแรงดันต่ำสุดที่ต้องควบคุมในชั้นบนสุดโดยแรงดันต่ำสุดต้องสามารถป้องกันควันไฟแพร่เข้ามาในโถงลิฟต์และต้องป้องกันปรากฏการณ์ลูกสูบได้จากนั้นคำนวณแรงดันที่ต้องการในแต่ละชั้น

2.4 ทำการคำนวณอากาศที่ต้องการอัดเข้าแต่ละชั้นโดยพิจารณาการเปิดปิดประตูเพื่ออพยพหนีเหตุเพลิงไหม้ตามแต่ลักษณะเฉพาะตัวของอาคารนั้นโดยมีขั้นตอนดังนี้





3. ทำการทดสอบโปรแกรมที่ทำการเขียนเสร็จสิ้นแล้วเทียบกับรายการคำนวณที่หาค่าคำตอบด้วยมือเปรียบเทียบกันว่ามีข้อบกพร่องหรือไม่

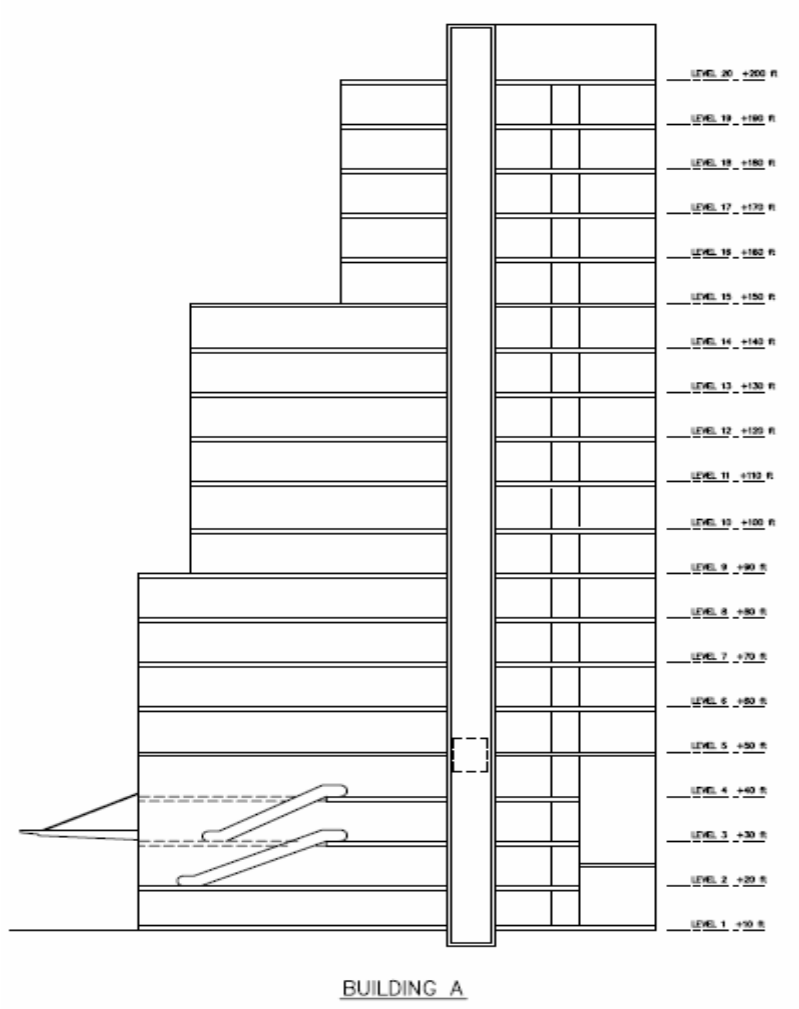
4. ทำการการใช้โปรแกรมคำนวณ อาคาร 3 อาคาร ที่มีความแตกต่างกัน โดยมีจำนวนชั้นของอาคารคือ 20 ชั้น 40ชั้น และ 60 ชั้นตามลำดับ ซึ่งกำหนดให้อาคารแต่ละอาคารมีลักษณะการเปิดประตูหนีไฟเข้าโถงลิฟต์ดับเพลิงแตกต่างกันดังนี้

4.1 ประตูหนีไฟทั้งอาคารเปิดพร้อมกันหมด

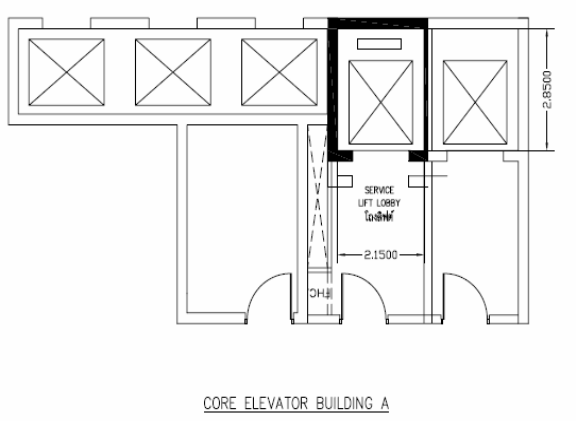
4.2 ประตูหนีไฟทั้งอาคารปิดหมดยกเว้นประตูชั้นล่างสุดเปิดสู่อาคารภายนอก

4.3 ประตูหนีไฟภายในอาคารเปิดตั้งแต่กึ่งกลางอาคารลงมาจนถึงชั้นล่างสุด

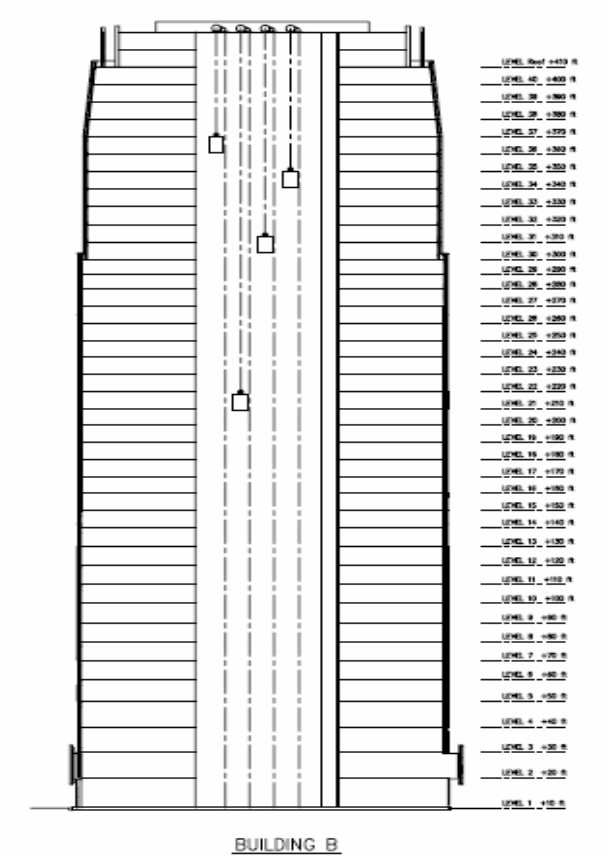
4.4 ประตูหนีไฟภายในอาคารปิด 3 ชั้น เว้น 3 ชั้นแต่ประตูชั้นล่างสุดเปิดออกสู่ภายนอก



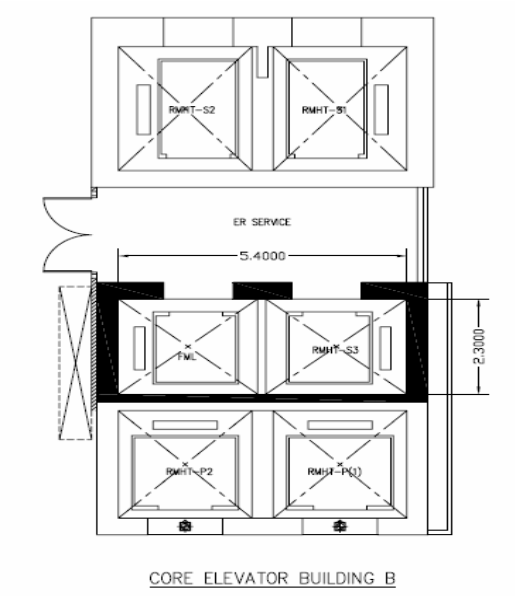
ภาพที่ 16 ภาพตัดอาคาร A



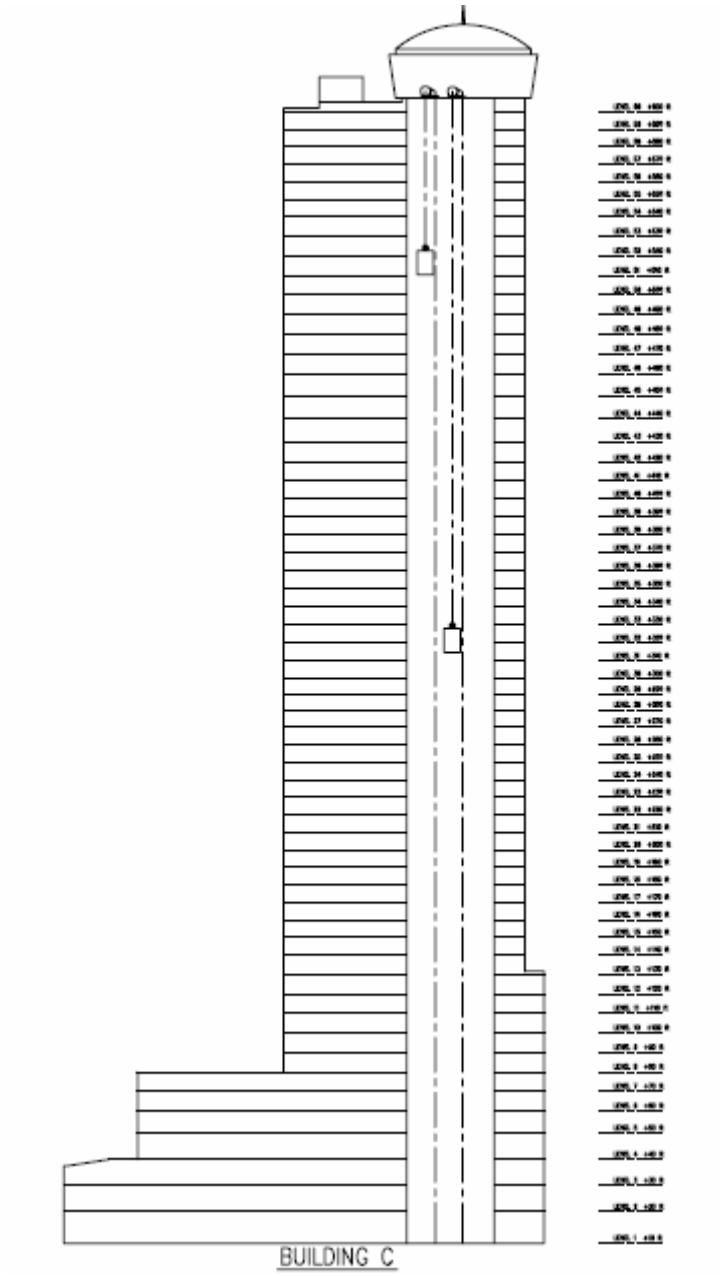
ภาพที่ 17 ภาพโถงลิฟต์อาคาร A



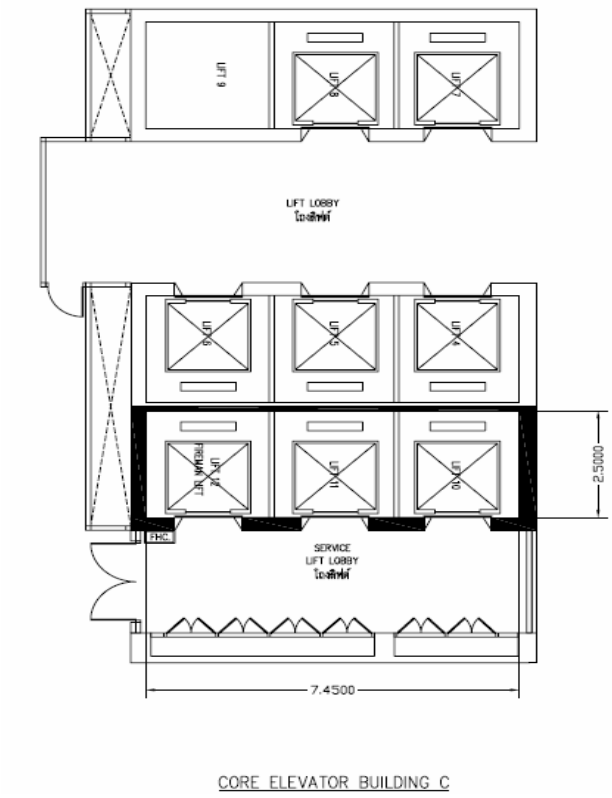
ภาพที่ 18 ภาพตัดอาคาร B



ภาพที่ 19 ภาพโถงลิฟต์อาคาร B



ภาพที่ 20 ภาพตัดอาคาร C



ภาพที่ 21 ภาพโถงลิฟต์อาคาร C

5. ทำการรวบรวมที่ได้จากการคำนวณจากข้อกำหนดการอพยพหนีไฟทั้ง 4 ลักษณะ โดยทำการคำนวณทั้ง 3 อาคารเปรียบเทียบกันเองและเปรียบเทียบสมการมาตรฐานที่ใช้กันในปัจจุบัน

6. ทำการวิเคราะห์ผลการคำนวณและทำการสรุปผลเพื่อให้เป็นแนวทางในการออกแบบกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ การวิเคราะห์ผลและออกแบบระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ที่มีความปลอดภัยได้

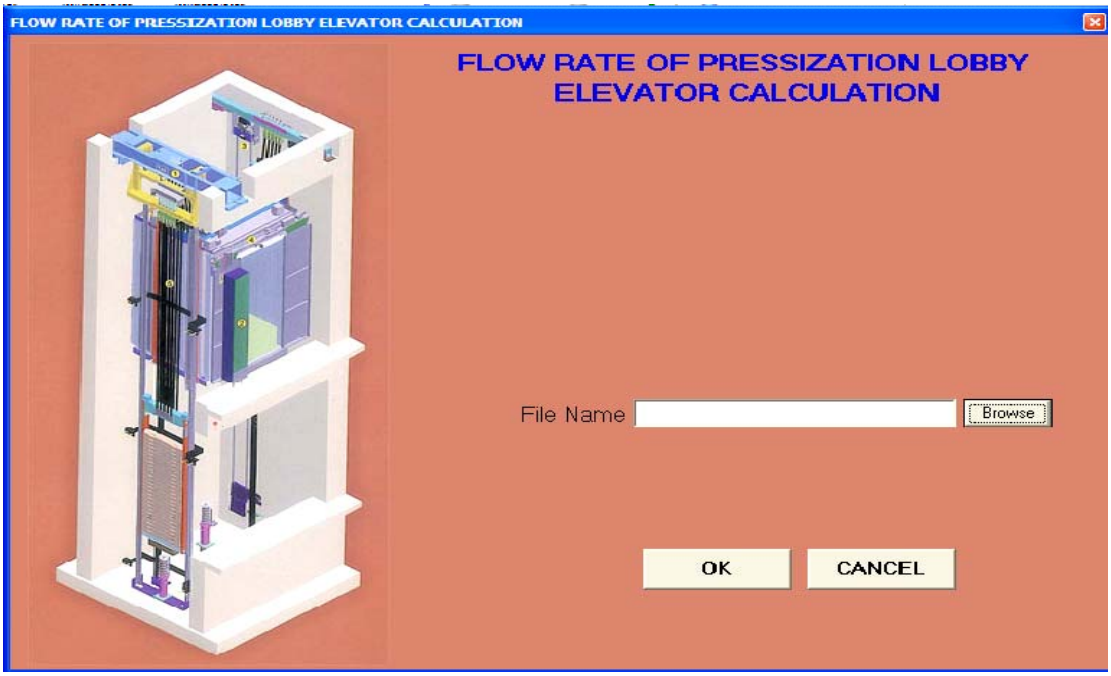
สถานที่ทำการวิจัย

การศึกษาและวิจัยนี้การศึกษาและวิจัยนี้ใช้อาคารสูง (ไม่สามารถเปิดเผยชื่ออาคาร) จำนวน 3 อาคาร เป็นอาคารสูงตามกฎหมายซึ่งสูงกว่า 23 เมตรทุกอาคาร ซึ่งเป็นอาคารแรกเป็นอาคารโรงพยาบาล มีความสูง 20 ชั้น อาคารที่สองเป็นอาคารสำนักงานให้เช่า มีความสูง 40 ชั้น อาคารที่สามเป็นอาคารโรงแรม มีความสูง 60 ชั้น

ผลและการวิจารณ์

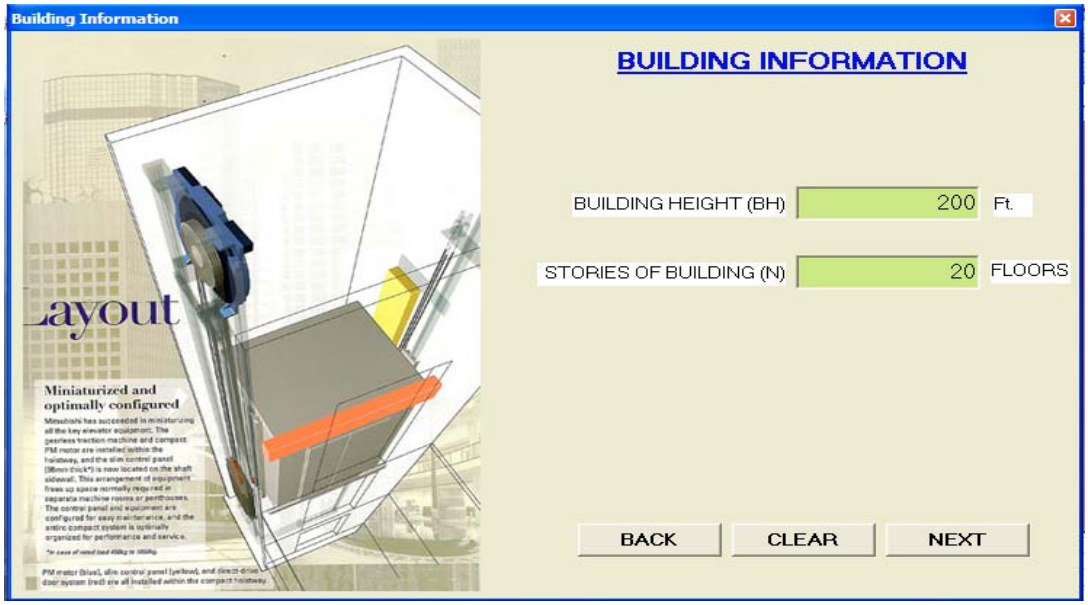
ผล

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณระบบอัดอากาศโถงลิฟต์นั้นจำเป็นต้องตรวจสอบความแม่นยำของโปรแกรมที่ได้ทำการเขียนขึ้นมาเสียก่อนนำไปใช้งานโดยดำเนินการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ทราบค่าแล้วจึงทำการคำนวณเปรียบเทียบกับการคำนวณด้วยมือซึ่งพบว่าได้ค่าที่แม่นยำสามารถใช้โปรแกรมเพื่อการคำนวณ เริ่มการใช้โปรแกรมทำการเปิดโปรแกรมเลือกตั้งชื่อไพล์ดังภาพที่ 22



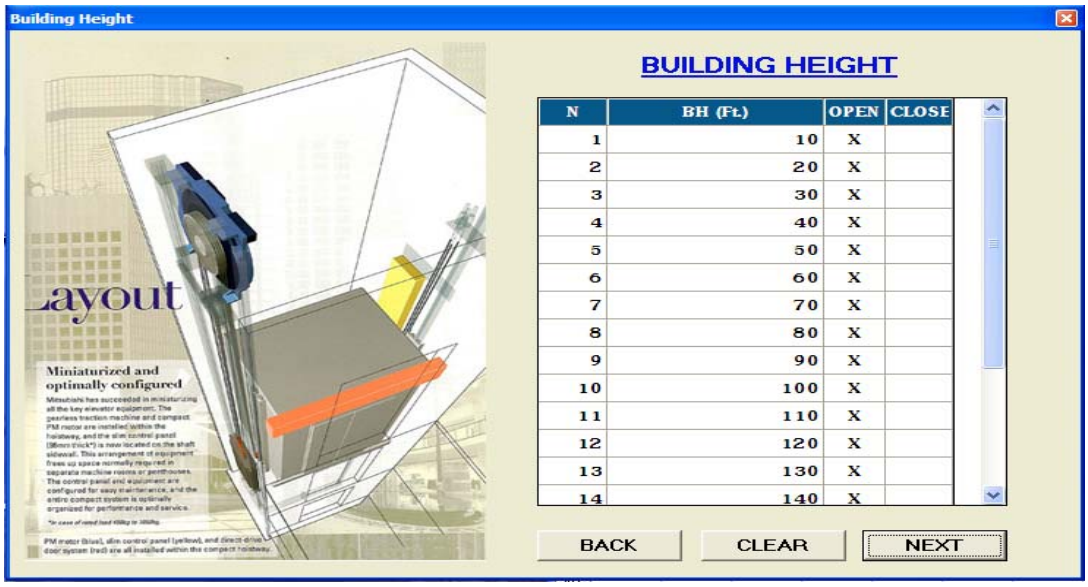
ภาพที่ 22 หน้าแรกของโปรแกรม

ซึ่งในหน้าแรกของโปรแกรมจะสามารถเลือกไฟล์ฟเก่าที่เคยทำไว้ออกมาได้ เมื่อเลือกตั้งไฟล์ใหม่ตั้งชื่อแล้วจะเข้าสู่หน้าสอง จะเป็นหน้าที่ถามข้อมูลจำนวนและความสูงอาคารหลังจากนั้นทำการกรอกข้อมูลตามหน้าจอของโปรแกรม



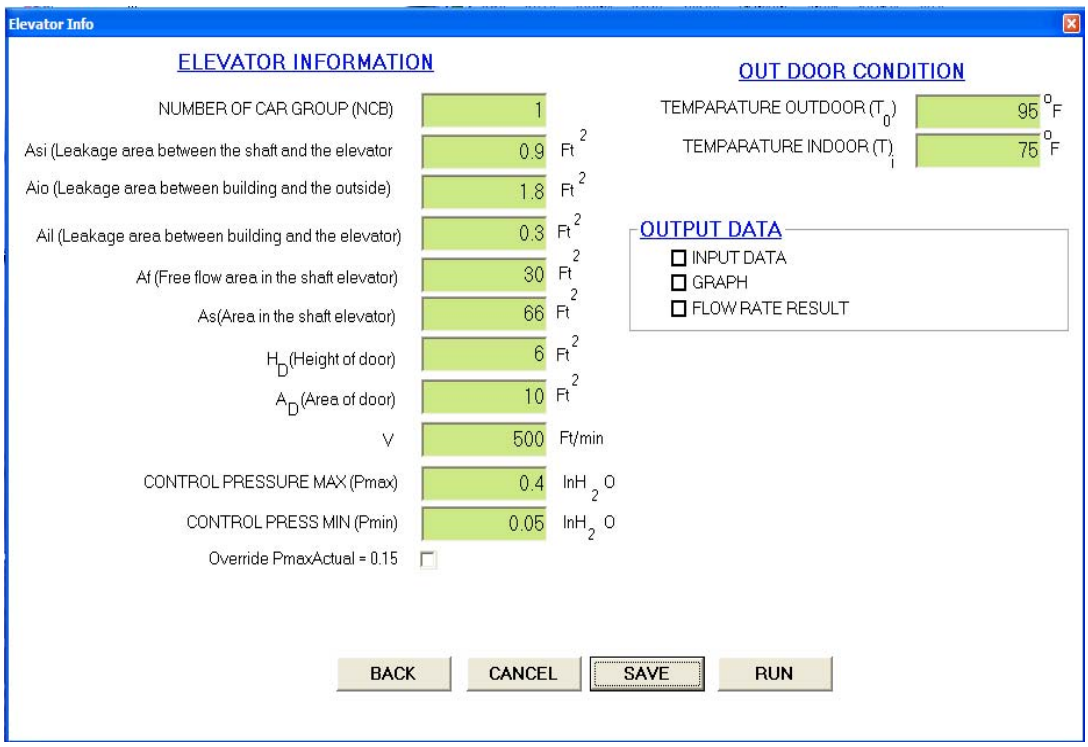
ภาพที่ 23 หน้าที่2 ของโปรแกรม

เมื่อกรอกข้อมูลในหน้าสองของโปรแกรม หน้า สามของโปรแกรมก็จะเช่นเดียวกันคือต้องกรอกข้อมูลแต่เป็นรายละเอียดความสูงแต่ละชั้นและการกำหนดการเปิด-ปิดประตูหนีไฟในเวลาพร้อมกันซึ่งโปรแกรมสามารถย้อนหน้ากลับไปสู่หน้าแรก โดยกดปุ่ม “BACK” และสามารถลบข้อมูลทั้งหมดโดยกดปุ่ม “CLEAR” หากไม่กรอกข้อมูลทั้งหมดจะไม่สามารถข้ามไปหน้าอื่นได้



ภาพที่ 24 หน้าที่ 3 ของโปรแกรม

หน้าสี่ของโปรแกรมคือการกรอกข้อมูลรายละเอียดของลิฟต์และโถงลิฟต์เป็นข้อมูลทางกายภาพของลิฟท์ทั้งหมดที่ต้องใช้ในการคำนวน



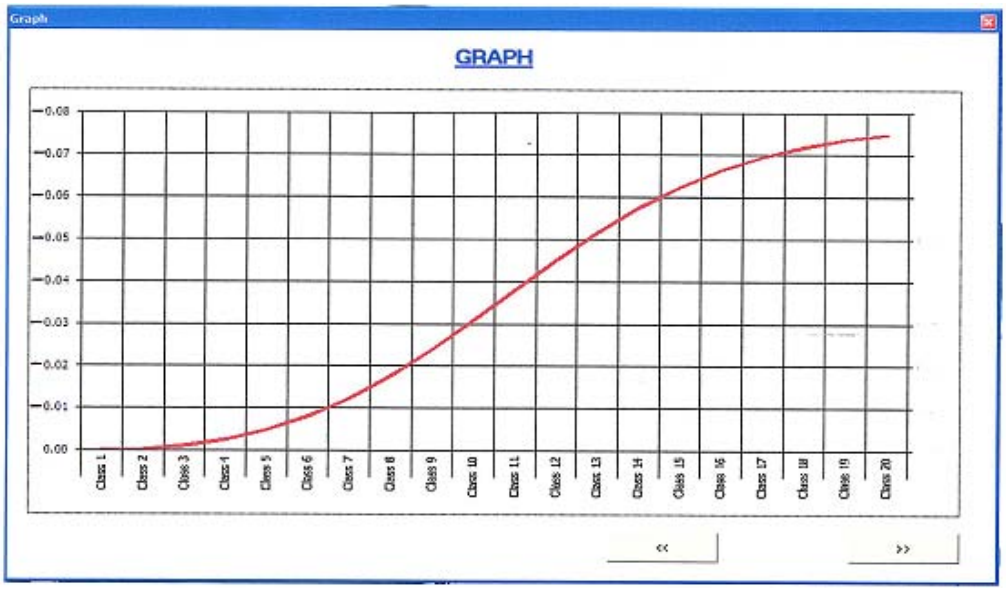
ภาพที่ 25 หน้าที่4 ของโปรแกรม

เมื่อกรอกข้อมูลถึงหน้านี้จะเป็นการกำหนดการแสดงผลการคำนวณ ซึ่งมี 3 ช่องสามารถเลือกให้แสดงผลได้ โดยสามารถเลือกให้แสดงค่าข้อมูลที่กรอกทั้งหมด กราฟแรงดันเนื่องจากปรากฏการณ์ลูกสูบ และสุดท้ายก็คือปริมาณอากาศอัดที่ต้องการ

ตามที่กำหนดอาคารทั้ง 3 ลักษณะซึ่งมีทางกายภาพแตกต่างกันลักษณะความสูงแตกต่างกัน โดยกำหนดให้อาคารแรกคืออาคาร A มีความสูง 20 ชั้น (200 ft) อาคาร B มีความสูง 40 ชั้น (400 ft) อาคาร C มีความสูง 60 ชั้น (600 ft) ใช้เป็นตัวแทนอาคารที่มีความหลากหลายในประเทศไทย โดยเฉพาะความสูงของอาคารจะมีอิทธิพลมากต่อระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ ทำการทดลองใช้โปรแกรมตามลักษณะอาคารที่กำหนดไว้ 4 แบบคือ

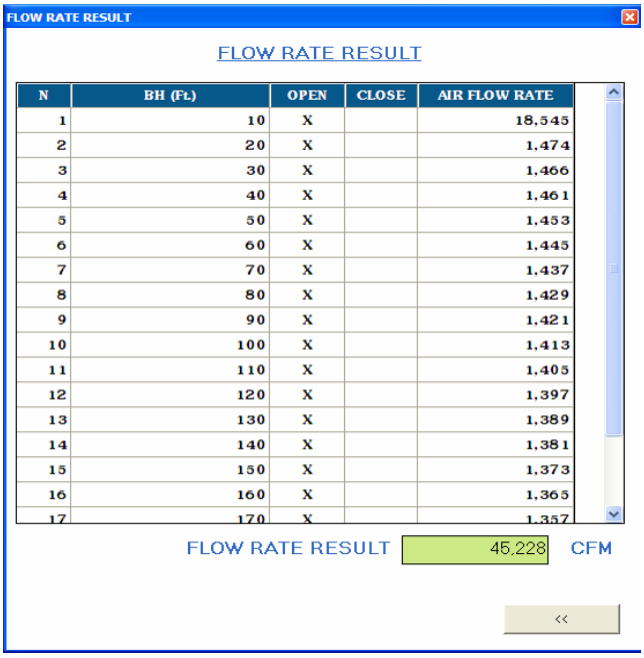
1 ประตูหนีไฟทั้งอาคารเปิดพร้อมกันหมด
2 ประตูหนีไฟทั้งอาคารปิดหมดยกเว้นประตูชั้นล่างสุดเปิดสู่อาคารภายนอก
3 ประตูหนีไฟภายในอาคารเปิดตั้งแต่กึ่งกลางอาคารลงมาจนถึงชั้นล่างสุด
4 ประตูหนีไฟภายในอาคารปิด 3 ชั้น เว้น 3 ชั้นแต่ประตูชั้นล่างสุดเปิดออกสู่ภายนอก

จะได้ตารางดังต่อไปนี้

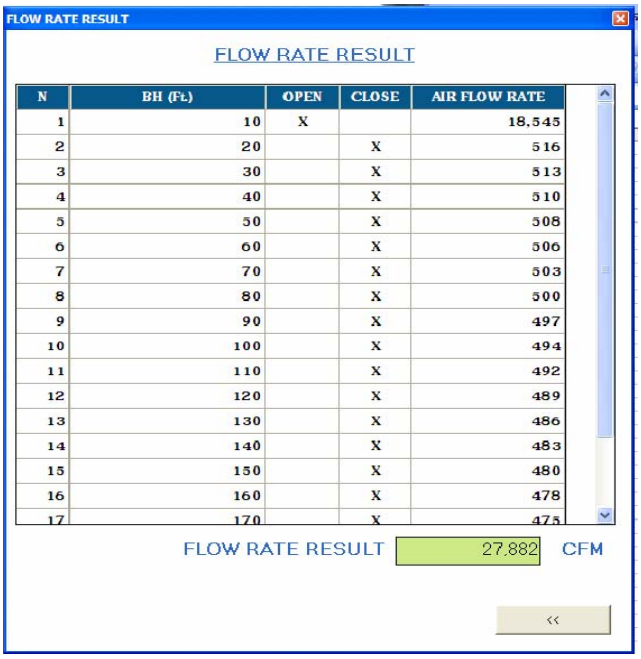


ภาพที่ 26 กราฟแสดงแรงดันตก คร่อมโถงลิฟต์กับอาคารขณะเกิดปรากฏการณ์ลูกสูบ อาคาร A

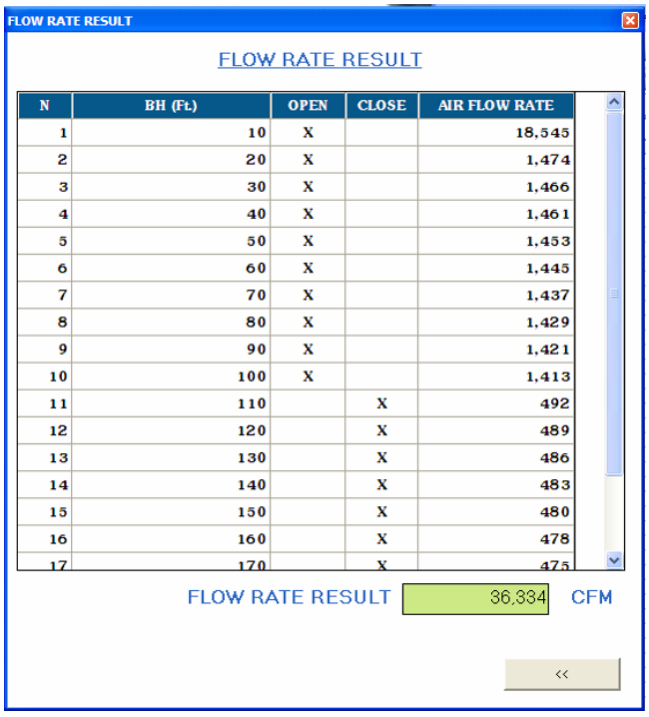
แรงดันที่มีผลจากปรากฏการลูกสูบ สามรถอ่านค่าสูงสุดจากกราฟ ได้ 0.074 นิ้วน้ำ จะเห็นได้แรงดันนี้สามารถดูดควันไฟเข้ามาได้อย่างไม่ยากเย็น หากเรากำหนดแรงดันในโถงลิฟต์ต้องพิจารณา ค่าแรงดันที่มีผลจากปรากฏการลูกสูบด้วย โดยโปรแกรมจะทำค่าของปรากฏการณ์ลูกสูบไปรวมกับแรงดันขั้นต่ำที่กำหนดซึ่งกำหนดไว้ 0.4 inwg ทำให้แรงดันที่ควบคุมที่ชั้นบนสูงไม่น้อยกว่า 0.474 inwg และโปรแกรมถูกกำหนดไม่ให้ควบคุมแรงดันน้อยกว่าที่กฎหมายกำหนดไว้คือ 0.15 inwg จากนั้นทำการคำนวณปริมาณอากาศอัด ทั้ง 4 กรณี จะได้ผลดังนี้



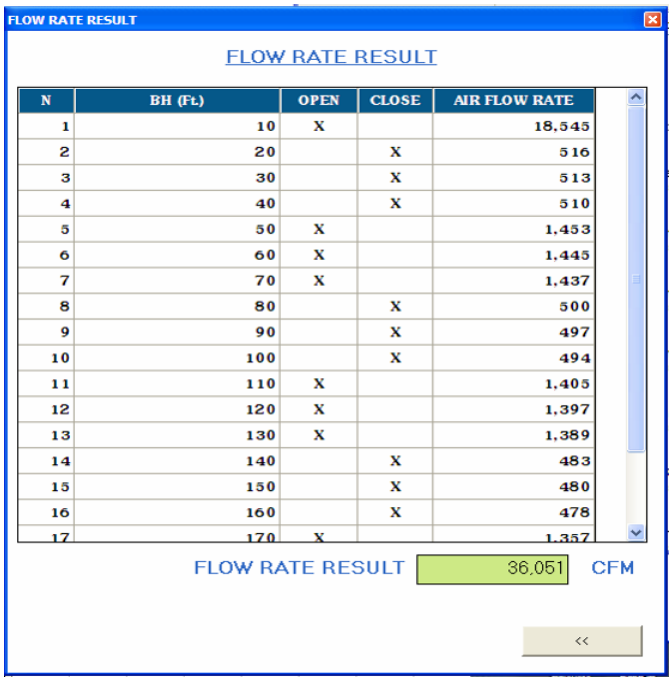
ภาพที่ 27 ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟทั้งอาคารเปิดพร้อมกันหมดอาคารA



ภาพที่ 28 ผลการคำนวณกรณี ประตูหนีไฟทั้งอาคารปิดหมดยกเว้นประตูชั้นล่างสุดเปิดสู่อาคารภายนอกอาคารA



ภาพที่ 29 ผลการคำนวณกรณี ประตูหนีไฟภายในอาคารเปิดตั้งแต่กึ่งกลางอาคารลงมาจนถึงชั้นล่างสุด อาคารA



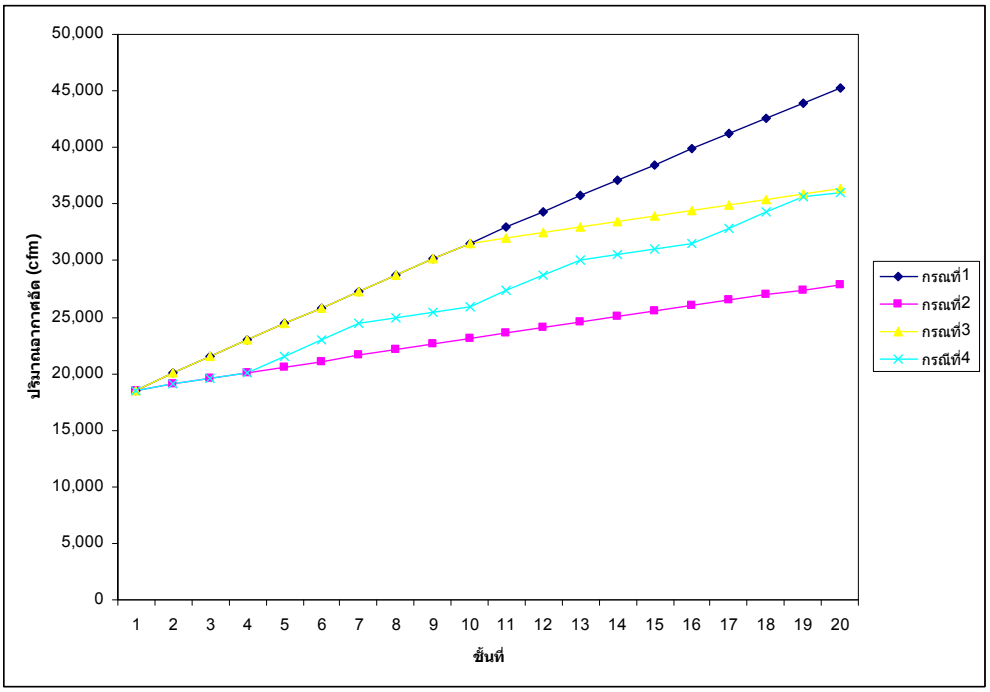
ภาพที่ 30 ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟภายในอาคารปิด 3 ชั้น เว้น 3 ชั้นแต่ประตูชั้นล่างสุด เปิดออกสู่ภายนอก อาคารA

เมื่อผลการคำนวณทั้ง 4 กรณีของอาคาร A มาสรุปเป็นตารางจะได้ผลดังตารางที่ 18

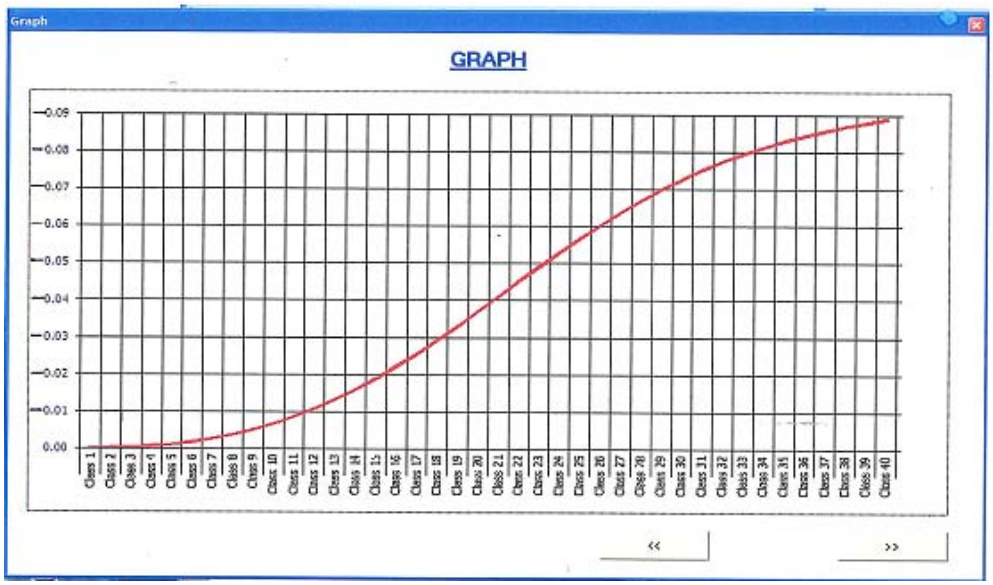
ตารางที่ 18 สรุปผลการคำนวณปริมาณอากาศอัดทั้ง 4กรณีของ อาคารA

กรณีที่1				กรณีที่2				กรณีที่3				กรณีที่4			
ชั้นที่	ประตูหนีไฟเปิด	ประตูหนีไฟปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟเปิด	ประตูหนีไฟปิด	ปริมาณลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟเปิด	ประตูหนีไฟปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟเปิด	ประตูหนีไฟปิด	ปริมาณลมอัดอากาศ (cfm)
1			18,545	1			18,545	1			18,545	1			18,545
2			1,474	2			516	2			1,474	2			516
3			1,466	3			513	3			1,466	3			513
4			1,461	4			510	4			1,461	4			510
5			1,453	5			508	5			1,453	5			1,453
6			1,445	6			506	6			1,445	6			1,445
7			1,437	7			503	7			1,437	7			1,437
8			1,429	8			500	8			1,429	8			500
9			1,421	9			497	9			1,421	9			497
10			1,413	10			494	10			1,413	10			494
11			1,405	11			492	11			492	11			1,405
12			1,397	12			489	12			489	12			1,397
13			1,389	13			486	13			486	13			1,389
14			1,381	14			483	14			483	14			483
15			1,373	15			480	15			480	15			480
16			1,365	16			478	16			478	16			478
17			1,357	17			475	17			475	17			1,357
18			1,347	18			472	18			472	18			1,347
19			1,339	19			469	19			469	19			1,339
20			1,331	20			466	20			466	20			466
TOTAL			45,228	TOTAL			27,882	TOTAL			36,334	TOTAL			36,051

หลังจากนั้นเริ่มคำนวณกับอาคาร Bแรงดันที่มีผลจากปรากฏการลูกสูบ สามรถอ่านค่าสูงสุดจากกราฟ ได้ 0.089 นิ้วน้ำ ซึ่งค่าที่มากกว่าอาคาร A ดังภาพที่ 31

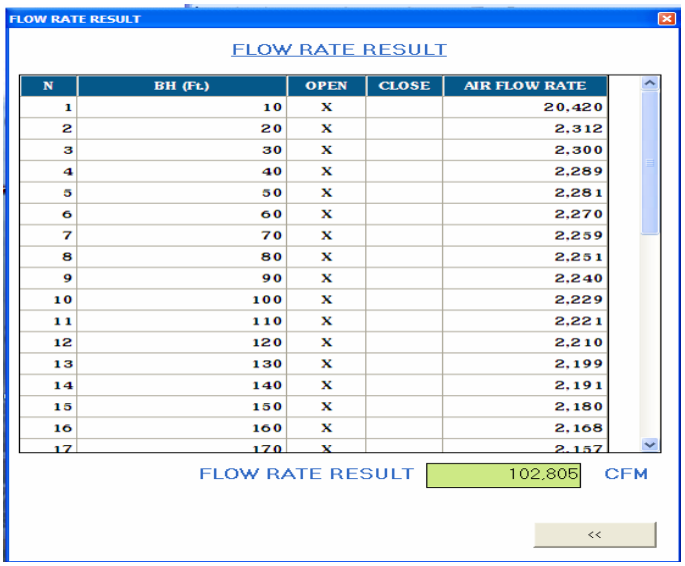


ภาพที่ 31 กราฟแสดงปริมาณอัดอากาศทั้ง 4 กรณีของ อาคาร A

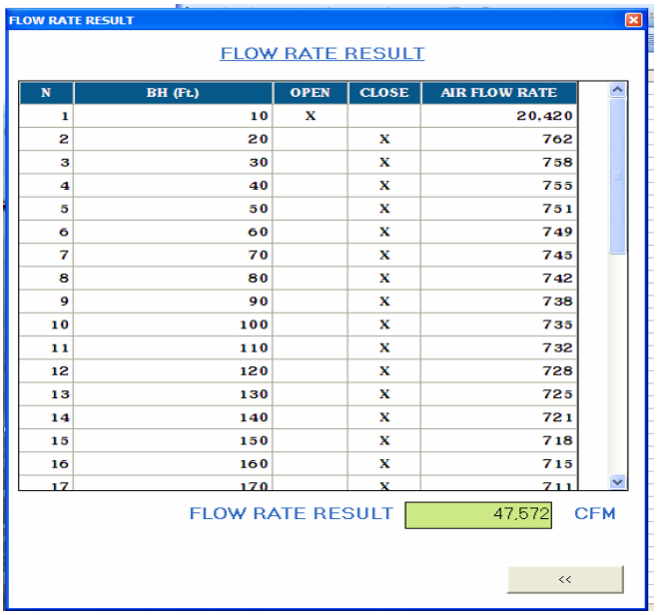


ภาพที่ 32 กราฟแสดงแรงดันตกคล่อมโถงลิฟต์กับอาคารขณะเกิดปรากฏการณ์ลูกสูบ อาคาร B

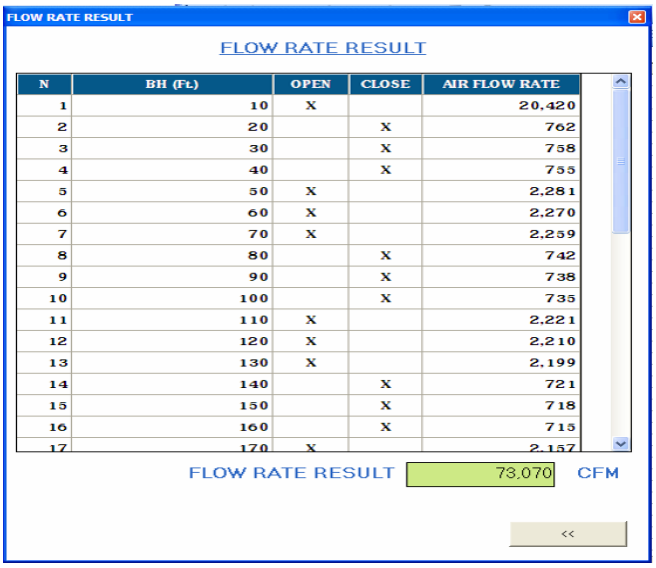
จากนั้นทำการคำนวณปริมาณอากาศอัด ทั้ง 4 กรณี จะได้ผลดังนี้



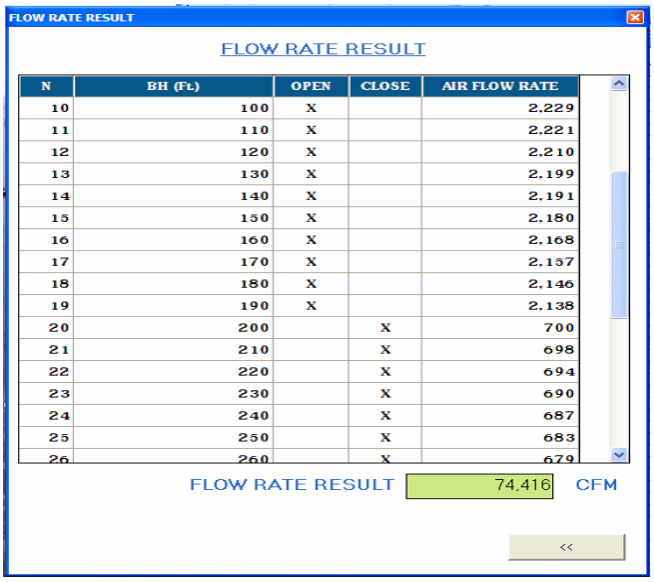
ภาพที่ 33 ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟทั้งอาคารเปิดพร้อมกันหมดอาคารB



ภาพที่ 34 ผลการคำนวณกรณี ประตูหนีไฟทั้งอาคารปิดหมดยกเว้นประตูชั้นล่างสุดเปิดสู่อาคารภายนอกอาคารB



ภาพที่ 35 ผลการคำนวณกรณี ประตูหนีไฟภายในอาคารเปิดตั้งแต่กึ่งกลางอาคารลงมาจนถึงชั้นล่างสุด อาคารB



ภาพที่ 36 ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟภายในอาคารปิด 3 ชั้น เว้น 3 ชั้นแต่ประตูชั้นล่างสุดเปิดออกสู่ภายนอก อาคารB

เมื่อผลการคำนวณทั้ง 4 กรณีของอาคาร B มาสรุปเป็นตารางจะได้ผลดังตารางที่ 19

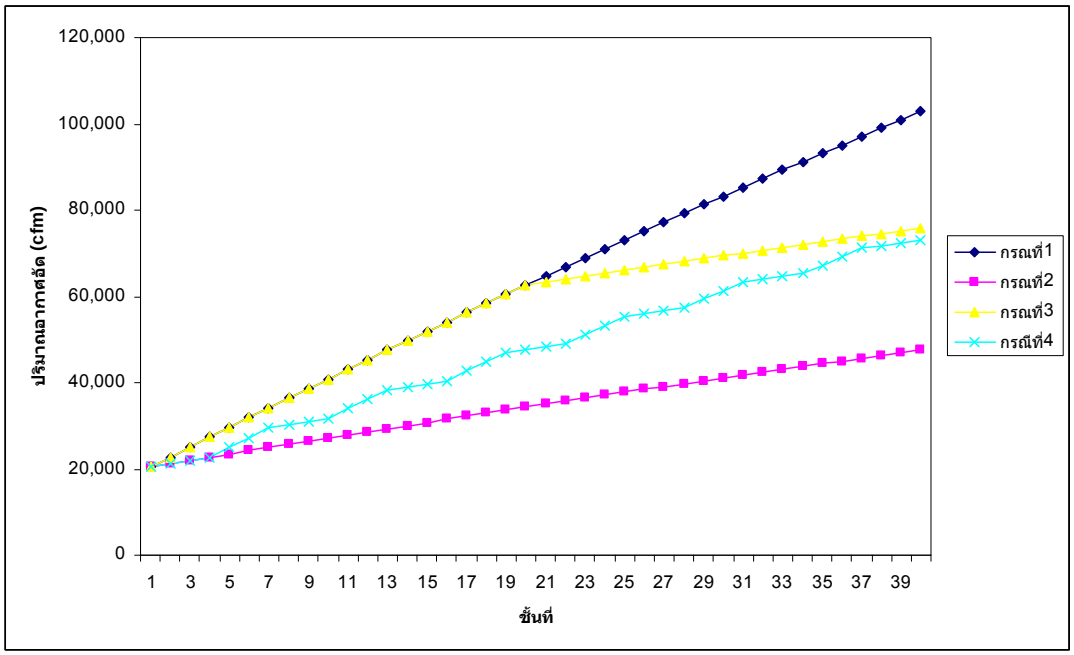
ตารางที่ 19 สรุปผลการคำนวณปริมาณอากาศอัดทั้ง 4กรณีของ อาคารB

กรณีที่1				กรณีที่2				กรณีที่3				กรณีที่4			
ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)
1			20,420	1			20,420	1			20,420	1			20,420
2			2,312	2			762	2			2,312	2			762
3			2,300	3			758	3			2,300	3			758
4			2,289	4			755	4			2,289	4			755
5			2,281	5			751	5			2,281	5			2,281
6			2,270	6			749	6			2,270	6			2,270
7			2,259	7			745	7			2,259	7			2,259
8			2,251	8			742	8			2,251	8			742
9			2,240	9			738	9			2,240	9			738
10			2,229	10			735	10			2,229	10			735
11			2,221	11			732	11			2,221	11			2,221
12			2,210	12			728	12			2,210	12			2,210
13			2,199	13			725	13			2,199	13			2,199
14			2,191	14			721	14			2,191	14			721
15			2,180	15			718	15			2,180	15			718
16			2,168	16			715	16			2,168	16			715
17			2,157	17			711	17			2,157	17			2,157
18			2,146	18			708	18			2,146	18			2,146
19			2,138	19			704	19			2,138	19			2,138
20			2,127	20			700	20			2,127	20			700
21			2,116	21			698	21			698	21			698
22			2,104	22			694	22			694	22			694
23			2,093	23			690	23			690	23			2,093
24			2,082	24			687	24			687	24			2,082
25			2,074	25			683	25			683	25			2,074
26			2,063	26			679	26			679	26			679
27			2,052	27			675	27			675	27			675
28			2,040	28			673	28			673	28			673
29			2,029	29			669	29			669	29			2,029

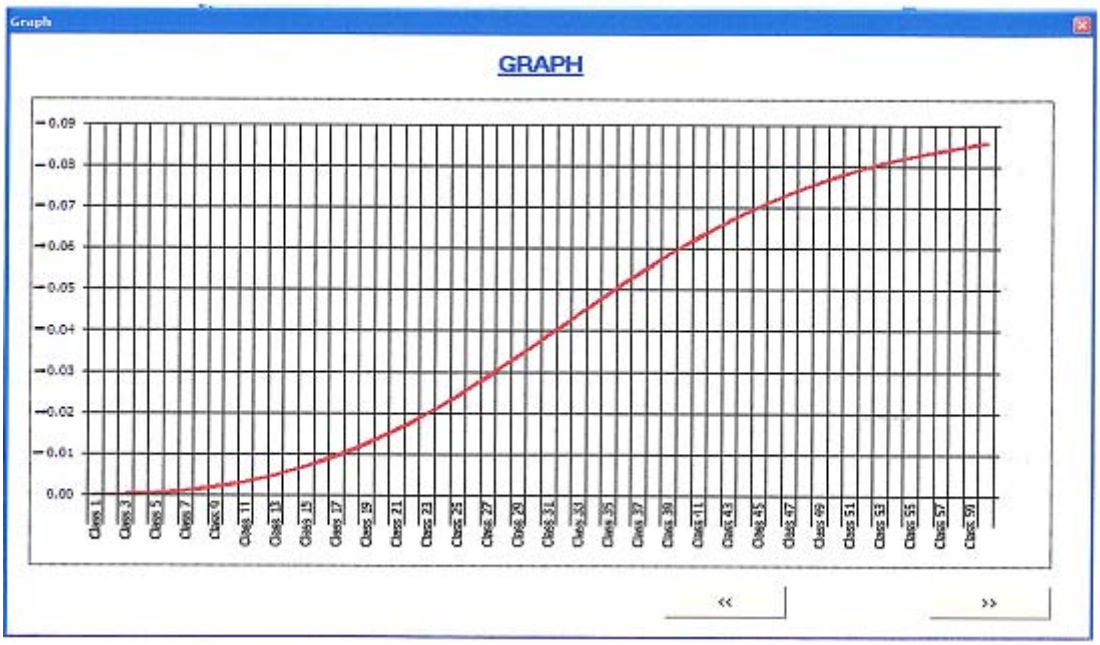
ตารางที่ 19 (ต่อ)

กรณีที่1				กรณีที่2				กรณีที่3				กรณีที่4			
ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)
30			2,018	30			665	30			665	30			2,018
31			2,007	31			661	31			661	31			2,007
32			1,995	32			657	32			657	32			657
33			1,984	33			653	33			653	33			653
34			1,973	34			650	34			650	34			650
35			1,961	35			646	35			646	35			1,961
36			1,950	36			643	36			643	36			1,950
37			1,939	37			639	37			639	37			1,939
38			1,924	38			635	38			635	38			635
39			1,912	39			631	39			631	39			631
40			1,901	40			627	40			627	40			627
TOTAL			102,805	TOTAL			47,572	TOTAL			75,843	TOTAL			73,070

หลังจากนั้นคำนวณกับอาคารC แรงดันที่มีผลจากปรากฏการลูกสูบ สามรถอ่านค่าสูงสุดจากกราฟ ได้ 0.087 นิ้วน้ำ ซึ่งค่าที่มากกว่าอาคาร A ดังภาพที่ 36

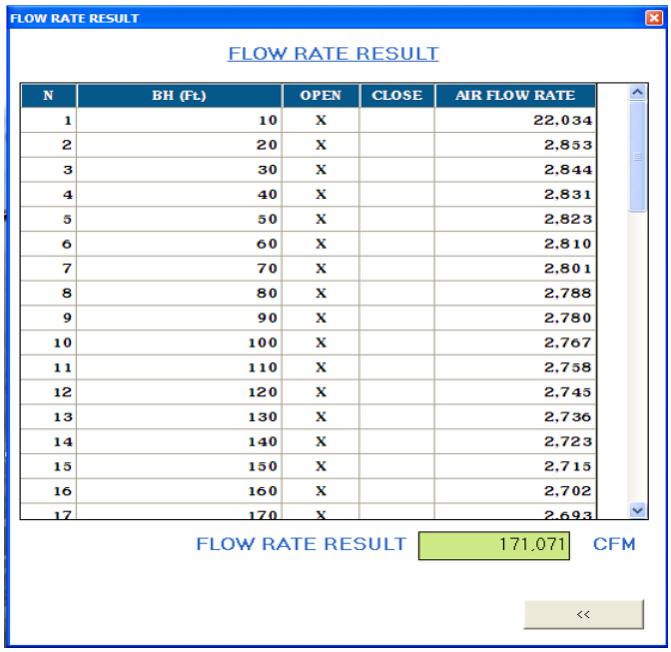


ภาพที่ 37 กราฟแสดงปริมาณอัดอากาศทั้ง 4 กรณีของ อาคาร B



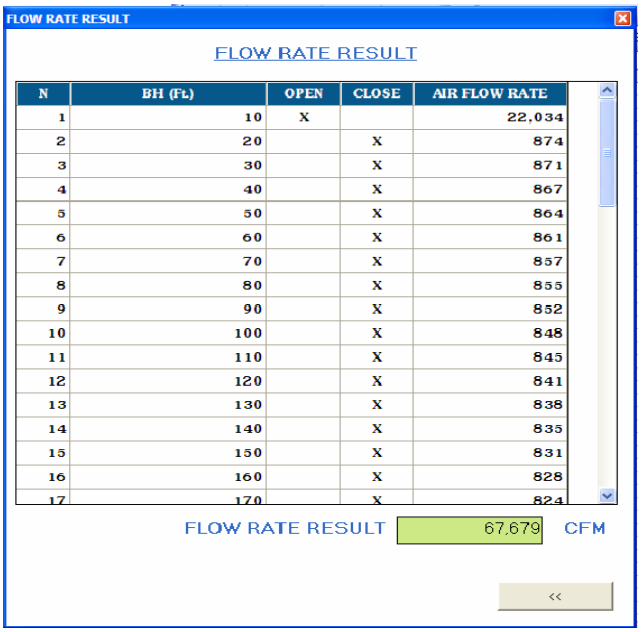
ภาพที่ 38 กราฟแสดงแรงดันตกคล่อมโถงลิฟต์กับอาคารขณะเกิดปรากฏการณ์ลูกสูบ อาคาร C

จากนั้นทำการคำนวณปริมาณอากาศอัด ทั้ง 4 กรณี จะได้ผลดังนี้



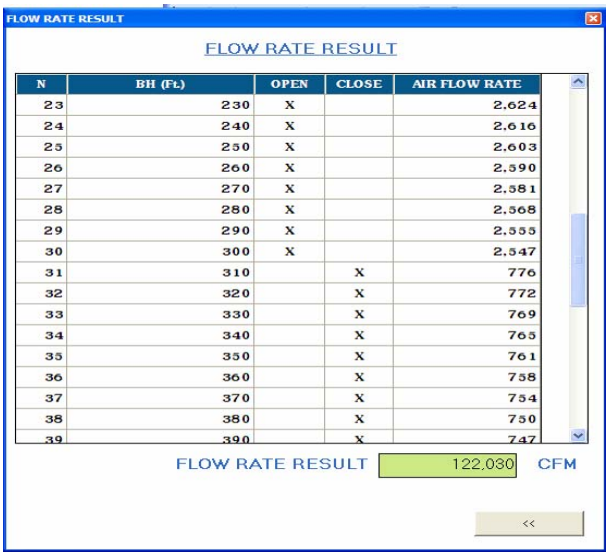
N	BH (Ft.)	OPEN	CLOSE	AIR FLOW RATE
1	10	X		22,034
2	20	X		2,853
3	30	X		2,844
4	40	X		2,831
5	50	X		2,823
6	60	X		2,810
7	70	X		2,801
8	80	X		2,788
9	90	X		2,780
10	100	X		2,767
11	110	X		2,758
12	120	X		2,745
13	130	X		2,736
14	140	X		2,723
15	150	X		2,715
16	160	X		2,702
17	170	X		2,693

ภาพที่ 39 ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟทั้งอาคารเปิดพร้อมกันหมดอาคารC

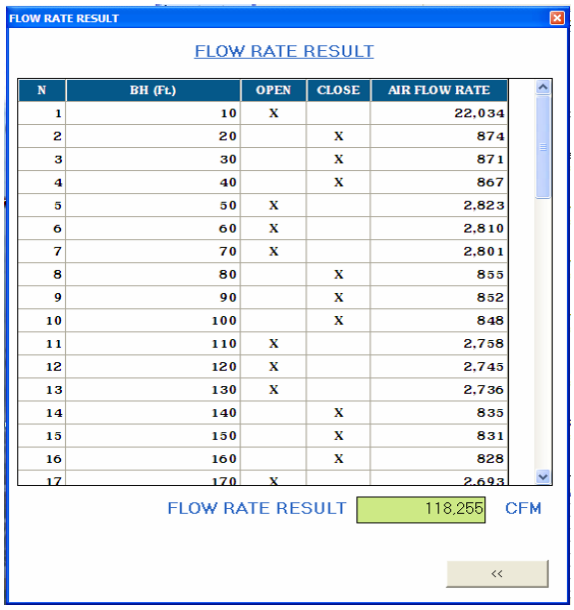


N	BH (Ft.)	OPEN	CLOSE	AIR FLOW RATE
1	10	X		22,034
2	20		X	874
3	30		X	871
4	40		X	867
5	50		X	864
6	60		X	861
7	70		X	857
8	80		X	855
9	90		X	852
10	100		X	848
11	110		X	845
12	120		X	841
13	130		X	838
14	140		X	835
15	150		X	831
16	160		X	828
17	170		X	824

ภาพที่ 40 ผลการคำนวณกรณี ประตูหนีไฟทั้งอาคารปิดหมดยกเว้นประตูชั้นล่างสุดเปิดสู่อาคารภายนอกอาคารC



ภาพที่ 41 ผลการคำนวณกรณี ประตูหนีไฟภายในอาคารเปิดตั้งแต่กึ่งกลางอาคารลงมาจนถึงชั้นล่างสุด อาคารC



ภาพที่ 42 ผลการคำนวณกรณีประตูหนีไฟภายในอาคารปิด 3 ชั้น เว้น 3 ชั้นแต่ประตูชั้นล่างสุดเปิดออกสู่ภายนอก อาคารC

ตารางที่ 20 สรุปผลการคำนวณปริมาณอากาศอัดทั้ง 4กรณีของ อาคารC

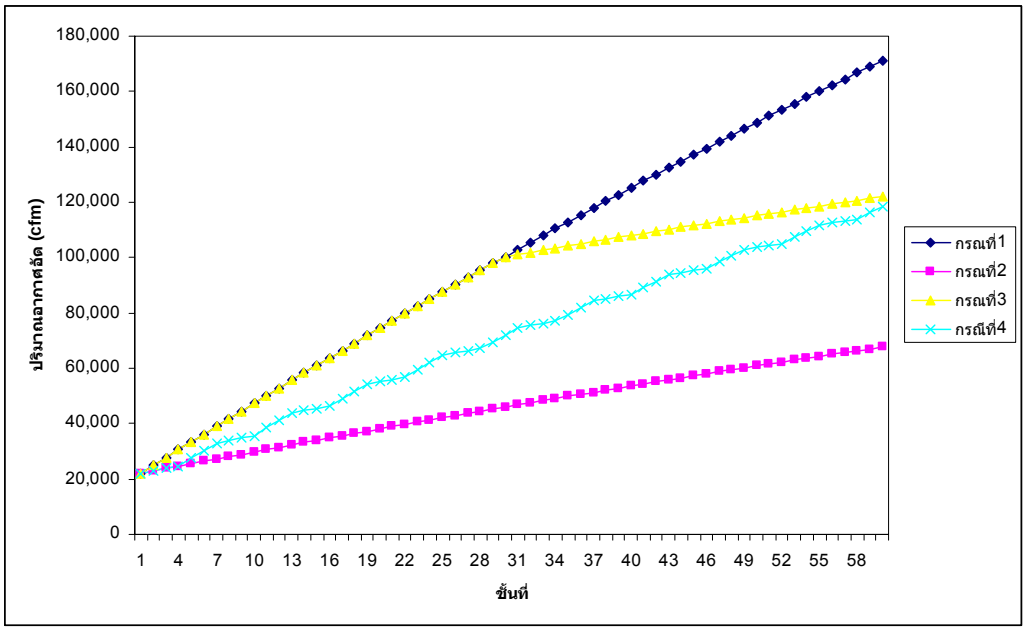
กรณีที่1				กรณีที่2				กรณีที่3				กรณีที่4			
ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)
1			22,034	1			22,034	1			22,034	1			22,034
2			2,853	2			874	2			2,853	2			874
3			2,844	3			871	3			2,844	3			871
4			2,831	4			867	4			2,831	4			867
5			2,823	5			864	5			2,823	5			2,823
6			2,810	6			861	6			2,810	6			2,810
7			2,801	7			857	7			2,801	7			2,801
8			2,788	8			855	8			2,788	8			855
9			2,780	9			852	9			2,780	9			852
10			2,767	10			848	10			2,767	10			848
11			2,758	11			845	11			2,758	11			2,758
12			2,745	12			841	12			2,745	12			2,745
13			2,736	13			838	13			2,736	13			2,736
14			2,723	14			835	14			2,723	14			835
15			2,715	15			831	15			2,715	15			831
16			2,702	16			828	16			2,702	16			828
17			2,693	17			824	17			2,693	17			2,693
18			2,680	18			822	18			2,680	18			2,680
19			2,672	19			817	19			2,672	19			2,672
20			2,659	20			815	20			2,659	20			815
21			2,650	21			811	21			2,650	21			811
22			2,637	22			808	22			2,637	22			808
23			2,624	23			804	23			2,624	23			2,624
24			2,616	24			801	24			2,616	24			2,616
25			2,603	25			797	25			2,603	25			2,603

ตารางที่ 20 (ต่อ)

กรณีที่1				กรณีที่2				กรณีที่3				กรณีที่4			
ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)
26			2,590	26			794	26			2,590	26			794
27			2,581	27			790	27			2,581	27			790
28			2,568	28			787	28			2,568	28			787
29			2,555	29			783	29			2,555	29			2,555
30			2,547	30			780	30			2,547	30			2,547
31			2,534	31			776	31			776	31			2,534
32			2,521	32			772	32			772	32			772
33			2,512	33			769	33			769	33			769
34			2,499	34			765	34			765	34			765
35			2,486	35			761	35			761	35			2,486
36			2,474	36			758	36			758	36			2,474
37			2,465	37			754	37			754	37			2,465
38			2,452	38			750	38			750	38			750
39			2,439	39			747	39			747	39			747
40			2,426	40			743	40			743	40			743
41			2,413	41			739	41			739	41			2,413
42			2,400	42			736	42			736	42			2,400
43			2,392	43			732	43			732	43			2,392
44			2,379	44			728	44			728	44			728
45			2,366	45			724	45			724	45			724
46			2,353	46			720	46			720	46			720
47			2,340	47			717	47			717	47			2,340
48			2,327	48			713	48			713	48			2,327
49			2,314	49			709	49			709	49			2,314
50			2,301	50			705	50			705	50			705

ตารางที่ 20 (ต่อ)

กรณีที่1				กรณีที่2				กรณีที่3				กรณีที่4			
ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)	ชั้นที่	ประตูหนีไฟ เปิด	ประตูหนีไฟ ปิด	ปริมาณ ลมอัดอากาศ (cfm)
51			2,288	51			700	51			700	51			700
52			2,275	52			696	52			696	52			696
53			2,262	53			692	53			692	53			2,262
54			2,249	54			689	54			689	54			2,249
55			2,237	55			685	55			685	55			2,237
56			2,224	56			681	56			681	56			681
57			2,211	57			677	57			677	57			677
58			2,198	58			673	58			673	58			673
59			2,181	59			669	59			669	59			2,181
60			2,168	60			665	60			665	60			2,168
TOTAL			171,071	TOTAL			67,679	TOTAL			122,030	TOTAL			118,255



ภาพที่ 43 กราฟแสดงปริมาณอัดอากาศทั้ง 4 กรณีของ อาคาร C

ตารางที่ 21 สรุปผลการคำนวณปริมาณอากาศอัดจากสมการมาตรฐานระบบควบคุมควันไฟ (สมการที่ 20)

อาคาร	จำนวนชั้น	ปริมาณลมที่คำนวณจากสมการมาตรฐานระบบควบคุมควันไฟ (cfm)
A	20	21,000
B	40	27,000
C	60	33,000

วิจารณ์

จากผลการคำนวณอาคาร A, B, C จะมีข้อมูลที่สามารถเปรียบเทียบกันได้ดังนี้

1. ปริมาณอากาศที่ต้องใช้สำหรับประตูชั้นล่าง (ประตูเปิดออกนอกอาคารเพื่ออพยพหนีไฟ)

อาคาร A =18,545 cfm.
อาคาร B =20,420 cfm.
อาคาร C =22,034 cfm.
มาตรฐานควบคุมควันไฟ (สมการที่ 20) กำหนดให้ใช้ 15,000 cfm/ประตู

เห็นได้ว่าอาคารแต่ละอาคารใช้ปริมาณอากาศอัดสำหรับประตูชั้นล่างสุดที่เปิดออกนอกอาคารไม่เท่ากัน ทั้งนี้เนื่องจากแรงดันที่ต้องใช้อาคารที่มีความสูงมากกว่าจะต้องใช้แรงดันมากกว่าทำให้ปริมาณอากาศอัดแปรผันตรง หากเปรียบเทียบกับสมการที่ 20 ก็จะเห็นว่าการกำหนด 15,000 cfm/ประตู ไม่มีรายละเอียดพอเนื่องจากอาคารมีความสูงแตกต่างกันมาก

2. ปริมาณอากาศที่ใช้ในกรณีประตูหนีไฟเปิด

อาคาร A,B,C จะแสดงผลที่ตาราง 18, 19, 20 กรณีที่ 1 จะเห็นได้ว่าทุกชั้น เนื่องจากกำหนดให้มีความสูงขนาดประตูเท่ากัน ปริมาณอากาศของอาคาร C มากที่สุด อาคาร B รองลงมา และอาคาร A น้อยที่สุด ที่เป็นอย่างนี้ก็เกิดจากแรงดันเป็นสำคัญรวมถึงรอยรั่วต่างๆ ของอาคาร ซึ่งตามลักษณะของอาคาร แต่จะเห็นได้ว่าปริมาณอากาศที่ใช้ในชั้นล่างจะมากกว่าชั้นบน

เชิงเปรียบเทียบกับสมการที่ 20 จะกำหนดการอากาศเพื่อรอยรั่วต่างๆแต่ละชั้น 300 cfm. โดยไม่คำนึงการประตูเปิดหรือปิด จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้แตกต่างกันมากยิ่งอาคารยิ่งสูงชั้นจำนวนชั้นมากขึ้นยิ่งผิด

3. ปริมาณอากาศที่ใช้ในกรณีประตูหนีไฟเปิด

อาคาร A,B,C จะแสดงผลที่ตาราง 18, 19, 20 กรณีที่2 ซึ่งผลก็จะได้ลักษณะเดียวกับข้อ 2 แต่จะเห็นว่าหากเปรียบเทียบปริมาณอากาศสำหรับใช้ในกรณีประตูเปิดกับใช้ในกรณีประตูปิด อาคาร A แตกต่างประมาณ 900 cfm ต่อชั้น, อาคาร B 1,400 cfm ต่อชั้น, อาคาร C 2,000 cfm. เป็นที่ชัดว่าการเปิดประตูพร้อมจะมีผลมากต่ออากาศอัดที่ต้องการ

การคำนวณปริมาณอากาศอัดระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอาคารที่มีความสูงมากๆ หรือมีผู้ใช้อาคารอยู่จำนวนมากเช่น โรงแรม โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า การคำนวณต้องแม่นยำจึงจะสามารถสร้างระบบที่มีประสิทธิภาพเกิดความปลอดภัยอย่างแท้จริง ซึ่งอาคารสูงในปัจจุบันมีการสร้างขึ้นมากมายในแต่ละอาคารมีลักษณะเฉพาะตัวแตกต่างกันไม่ว่าจะเป็นทางกายภาพหรือการใช้งานอาคาร ทำให้การคำนวณปริมาณอากาศอัดของระบบอัดอากาศโถงลิฟต์ไม่สามารถทำได้ง่ายหรือใช้สมการที่ 20 สมการอย่างง่ายที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน กล่าวคือ สมการที่ 20 เป็นสมการที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันยังไม่ถูกต้องเท่าไรนัก ปริมาณอากาศอัดจากสมการที่นิยมใช้กันในปัจจุบันนั้นจะเกิดข้อผิดพลาดมากขึ้นหากกำหนดให้มีการเปิดประตูเพื่ออพยพหนีเหตุเพลิงไหม้พร้อมๆ กันจำนวนหลายประตู ซึ่งในเหตุการณ์จริงการอพยพหนีเหตุเพลิงไหม้นั้นมักเกิดความโกลาหลผู้คนในอาคารเร่งรีบหนีออกจากตัวอาคารพร้อมๆ กันจำนวนมาก และยังรวมถึงหากอาคารมีความสูงมากปริมาณอากาศอัดจากสมการที่ 20ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันก็ยิ่งทำให้เกิดข้อผิดพลาดมากขึ้นตามความสูงอาคาร หากแต่จะทำการคำนวณด้วยมือก็อาจจะเกิดข้อผิดพลาดและสิ้นเปลืองเวลามากเพราะเป็นการทำซ้ำ การกำหนดเงื่อนไขอพยพแตกต่างกันหลายกรณีเพื่อวิเคราะห์ค่าที่เหมาะสมยิ่งทำให้การคำนวณด้วยมือไม่สามารถทำได้

การพัฒนาโปรแกรมคำนวณการอัดอากาศโถงลิฟต์ก็จะสามารถแก้ปัญหาข้อผิดพลาดในการคำนวณ การกำหนดเงื่อนไขที่ต้องทำซ้ำมากๆ การใช้โปรแกรมจะช่วยลดเวลาในการคำนวณได้มากเมื่อเรามีโปรแกรมเราสามารถกำหนดเงื่อนไขหลายๆ แบบเพื่อวิเคราะห์ลักษณะการหนีเหตุ

เพลิงไหม้ของแต่ละอาคารที่ต้องการออกแบบเป็นลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละอาคารนั้นได้อย่างแม่นยำช่วยสร้างความปลอดภัยให้กับผู้ใช้อาคารมากขึ้น

สรุป และ ข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่าคำนวณด้วยมือแล้ว พบว่าถูกต้องและแม่นยำและใช้เวลาในการคำนวณสั้นกว่ามาก เมื่อทดสอบการใช้โปรแกรมโดยคำนวณกับอาคารที่มีลักษณะแตกต่างกัน 3 อาคารคือ อาคาร A มีความสูง 20 ชั้น อาคาร B มีความสูง 4 ชั้น อาคาร C มีความสูง 60 ชั้น เมื่อทดสอบอาคาร A, B, C โดยกำหนดค่าต่างๆ ตามลักษณะของปล่องลิฟต์ของอาคาร A, B, C แล้วกำหนดการเปิดปิดประตูแตกต่างกันในทุกกรณี ประตูชั้นล่างสุดจะถูกเปิดไว้ตลอดเวลาเพื่ออพยพหนีออกนอกอาคาร กำหนดให้มีการเปิด-ปิดประตูแตกต่างกัน 4 กรณีคือ

1. เปิดประตูทุกชั้น
2. ปิดประตูทุกชั้น
3. เปิดตั้งแต่กึ่งกลางอาคารลงมาถึงชั้นล่างสุด
4. ปิด 3 ชั้น เว้น 3 ชั้น

ซึ่งจะได้ผลตามตาราง โดยตารางที่ 18 จะเป็นของอาคาร A ตารางที่ 19 เป็นผลของอาคาร B ตารางที่ 20 เป็นผลของอาคาร C ตามลำดับ

นำผลการคำนวณมาวิเคราะห์จะเห็นได้ว่า โปรแกรมจะกำหนดให้ชั้นบนสุดของอาคารแรงดันต้องไม่น้อยกว่าแรงดันที่ต้องดันควันรวมกับแรงดันของปรากฏการณ์ลูกสูบ และต้องไม่น้อยกว่าแรงดันที่กำหนดโดยกฎหมาย แรงดันแตกต่างของโถงลิฟต์และอาคารด้านบนจะต่ำสุดและสูงขึ้นเรื่อยๆเมื่อความสูงน้อยลง ถ้าจะเห็นจาก PLON ทำให้ปริมาณอากาศที่ใช้รักษาแรงดันชั้นล่างจะสูงกว่าชั้นบนเสมอ สอดคล้องทั้ง 3 อาคารไม่ว่าประตูจะเปิดหรือปิด

วิเคราะห์ผลของประตูชั้นล่างสุดที่เปิดตลอดเวลาจะใช้ปริมาณอากาศอัดดังนี้ อาคารA 18,545 cfm อาคารB 20,420 cfm อาคาร C 22,304 cfm จะเห็นได้ว่าอาคารที่มีความสูงมากกว่าจะมีปริมาณอากาศที่ต้องใช้อัดเข้าโถงลิฟต์สูงกว่า เนื่องจากแรงดันแตกต่างของโถงลิฟต์กับอาคารสำหรับอาคารที่ความสูงจะมีค่ามากกว่าอาคารที่สูงน้อยกว่า สอดคล้องทั้ง 3 อาคาร

กรณีการเปิด-ปิดประตูจะเห็นได้ชัดเจนว่าประตูภายในอาคารประตูที่เปิดจะต้องมีการอัดอากาศมากกว่าประตูที่ปิดเสมอมื่อนำสมการที่20 ที่นิยมใช้กันในปัจจุบันตามมาตรฐานควบคุมควันไฟของสมาคมวิศวกรรมสถาน นำมาคำนวณกับอาคาร A, B, C จะได้ค่าดังตารางที่ 3 เมื่อนำค่ามาเปรียบเทียบกับอาคาร A ปริมาณอากาศที่ใช้อัดจากสมการที่นิยมใช้ได้เพียง 21,000 cfm เท่านั้น โดยไม่สามารถกำหนดจำนวนประตูเปิด-ปิด พร้อมกัน เทียบกับตารางที่ 1 ซึ่งคำนวณโดยใช้โปรแกรมพบว่าในกรณีที่ประตูภายในอาคารปิดทั้งหมดมีเพียงประตูชั้นล่างเปิดนั้น ปริมาณอากาศที่ใช้อัดคือ 27,883 cfm มากกว่าค่าที่ได้จากสมการที่ 20 ซึ่งจะเห็นว่าหากเปิดประตูเพียง 1 ประตูพร้อมกัน ปริมาณอากาศที่คำนวณได้จากสมการที่นิยมใช้ก็ไม่สามารถควบคุมควันไม่ให้เข้ามาในโถงลิฟต์เสียแล้ว อากาศอัดมากที่สุดที่ใช้ก็คือในกรณีที่ประตูเปิดทั้งหมดคือ 45,288 cfm และน้อยที่สุดก็คือในกรณีปิดทั้งหมด 27,883 cfm ซึ่งทั้งสองกรณีเป็นไปได้ ซึ่งค่าแตกต่าง ก็จะเป็นปริมาณอากาศที่จะไหลผ่านลิ้นระบายอากาศที่ติดตั้งไว้ที่ชั้นล่างสุดทำหน้าที่รักษาแรงดันไม่ให้สูงเกินเหตุที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากสมการอย่างง่ายปัจจุบันที่นิยมใช้ กันมิได้วิเคราะห์ผลถึงความสูงของอาคาร อุณหภูมิ ซึ่งมีผลโดยตรง

หากเปรียบแบบเดียวกับอาคาร A กับอาคาร B และ C พบว่าปริมาณอากาศอัดที่คำนวณจากสมการอย่างง่ายไม่สามารถใช้ได้แม้ในกรณีที่ประตูปิด เนื่องจากปริมาณอากาศจากสมการที่ 20 ใช้น้อยกว่ามาก โดยอาคารยิ่งสูงสมการที่ 20ใช้ยิ่งผิดพลาดไปมาก เนื่องจากการคำนวณไม่ได้นำแรงดันมาคำนวณโดยตรง

การกำหนดปริมาณอากาศอัดที่ใช้สร้างแรงดันให้โถงลิฟต์จะเห็นได้ว่า ข้อกฎหมายมิได้มีกำหนดว่าระบบอัดอากาศจะต้องทำได้สมบูรณ์ในระหว่างที่มีการเปิดประตูพร้อมกันกี่บาน ซึ่งการที่จะกำหนดได้นั้นเป็นลักษณะเฉพาะของอาคารขึ้นกับผู้ออกแบบต้องการ จากตาราง 1, 2, 3 ลองทำการสมมุติการเปิดปิดประตูในหลายรูปแบบจะเห็นว่าปริมาณอากาศอัดที่คำนวณได้ย่อมมีค่าแตกต่างกันมาก เนื่องด้วยปัจจัยมีผู้ใช้อาคารจำนวนมากในหนึ่งอาคารการเปิดประตูพร้อมกันจะมีผลมาก แต่ไม่ว่าจะเลือกกำหนดแบบใดก็จะสามารถคำนวณปริมาณอากาศที่ระบายออกในกรณีที่ประตูปิดหมดเพื่อไม่ใช้แรงดันมากจนประตูปิดไม่ได้ ซึ่งที่ใช้กันไม่ได้มีการคำนวณในการระบายอากาศออก สามารถคำนวณตามลักษณะของอาคารนั้น

โปรแกรมที่ทำการพัฒนาสามารถใช้งานได้แม่นยำสามารถใช้งานได้ง่ายซึ่งจะมีประโยชน์ในการออกแบบรวมถึงวิเคราะห์แก้ไขปัญหาอาคารที่มีอยู่แล้ว

ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาโปรแกรมการคำนวณระบบอัดอากาศในโถงลิฟต์ จะมีข้อจำกัดในเรื่องความสู.ของอาคารที่กำหนดไว้60 ชั้น และมีจำนวนลิฟต์3ตัวต่อหนึ่งโถงลิฟต์ มีโถงลิฟต์ไม่เกิน 2 โถง แม้จะครอบคลุมอาคารส่วนใหญ่ในปัจจุบัน แต่ต่อไปในอนาคต เทคโนโลยีการก่อสร้างพัฒนาไป การก่ออาคารที่มีความสูงมากกว่านี้คงเกิดขึ้นอีกมาก การพัฒนาขยายศักดิ์ภาพของโปรแกรมในการคำนวณจะเป็นประโยชน์มาก เพราะยิ่งอาคารยิ่งสูงระบบอัดอากาศในโถงลิฟต์ มีผลกับชีวิตคนในอาคาร ความปลอดภัยของพนักงานดับเพลิงที่เข้าสู่อาคารต้องมีความแม่นยำสูง การคำนวณต้องวิเคราะห์ตามลักษณะของอาคารแต่ละอาคารเนื่องจากอาคารมีการก่อสร้างใช้วัสดุใช้งานแตกต่างกัน และในอนาคตอาคารที่มีความสูงมากๆ การหนีไฟทางบันไดใช้เวลามาก การใช้ลิฟต์เป็นช่องทางที่ทำให้อพยพคนได้อย่างรวดเร็ว การพัฒนาโปรแกรมช่วยการคำนวณที่ซับซ้อนช่วยการวิเคราะห์ในหลายๆกรณี สร้างความมั่นใจให้กับระบบการอัดอากาศ ปริมาณที่เพียงพอป้องกันการลามของควันเป็นการสร้างความปลอดภัยให้กับผู้ใช้อาคารทุกคน

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ประกาศกระทรวงมหาดไทย. **มาตรฐานความปลอดภัยตาม, ปว.103.**

พิชญะ จันทรานุวัฒน์. 2547. กฎหมายควบคุมอาคารแบบเชิงประสิทธิผล, น.16-31. ใน **เอกสารประกอบการประชุมทางวิชาการของวิศวกรรมป้องกันอัคคีภัยแห่งชาติ ครั้งที่1**. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย. ณ ศูนย์นิทรรศการและประชุมไบเทคบางนา, กรุงเทพฯ

Buchanan, A.H. 1994. **Fire Engineering Design Guide.** Center of Advanced Engineering, University of Canterbury, New Zealand.

Burden, R. L., J. D. Faires and A. C. Reynolds. 1981. **Numerical analysis, Prindle, Weber & Schmidt.** Boston.

Evan, D. D. 1995. Ceiling jet flow. pp. 2-33 – 2-39. In Nation Fire Protection Association. **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. United State of America.

Jukka, H., H. Simo and V. Jukka. 2004. **FDS Simulation of the fire spread comparison of model results with experiment data**. VTT Working paper 4**.** Available Source: http://www.vtt.fi/inf/pdf, September 14, 2005.

Klote, J. H. 1982. A computer program for analysis of smoke control systems. **Nat. Bur. Stand. (U. S.)** NBSIR 82-2512, June.

_____. 1984. Smoke control for elevators. **ASHRAE J.** 26(4): 23-33.

_____. and J. W. 1983. **Fothergill, Design of smoke control systems for buildings, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers**. Atlanta, GA.

Klote, J. H. and G. T. Tamura. 1986. Smoke control and fire evacuation by elevators. **ASHRAE Trans.** 92(1A): 231-245.

_____. and G. T. Tamura. n.d. **Elevator piston effect and the smoke problem.** Fire Safety J., to be published.

Nation Fire Protection Association. 2002. **Standard for Smoke and Heat Venting**. NFPA204**.**

_____. 2002. **Guide for Smoke Management System in Malls, Atria , and Large Areas** . NFPA92B.

Strakosch, G. R. 1983. **Vertical transportation: Elevators and Escalators.** Wiley & Sons, NY.

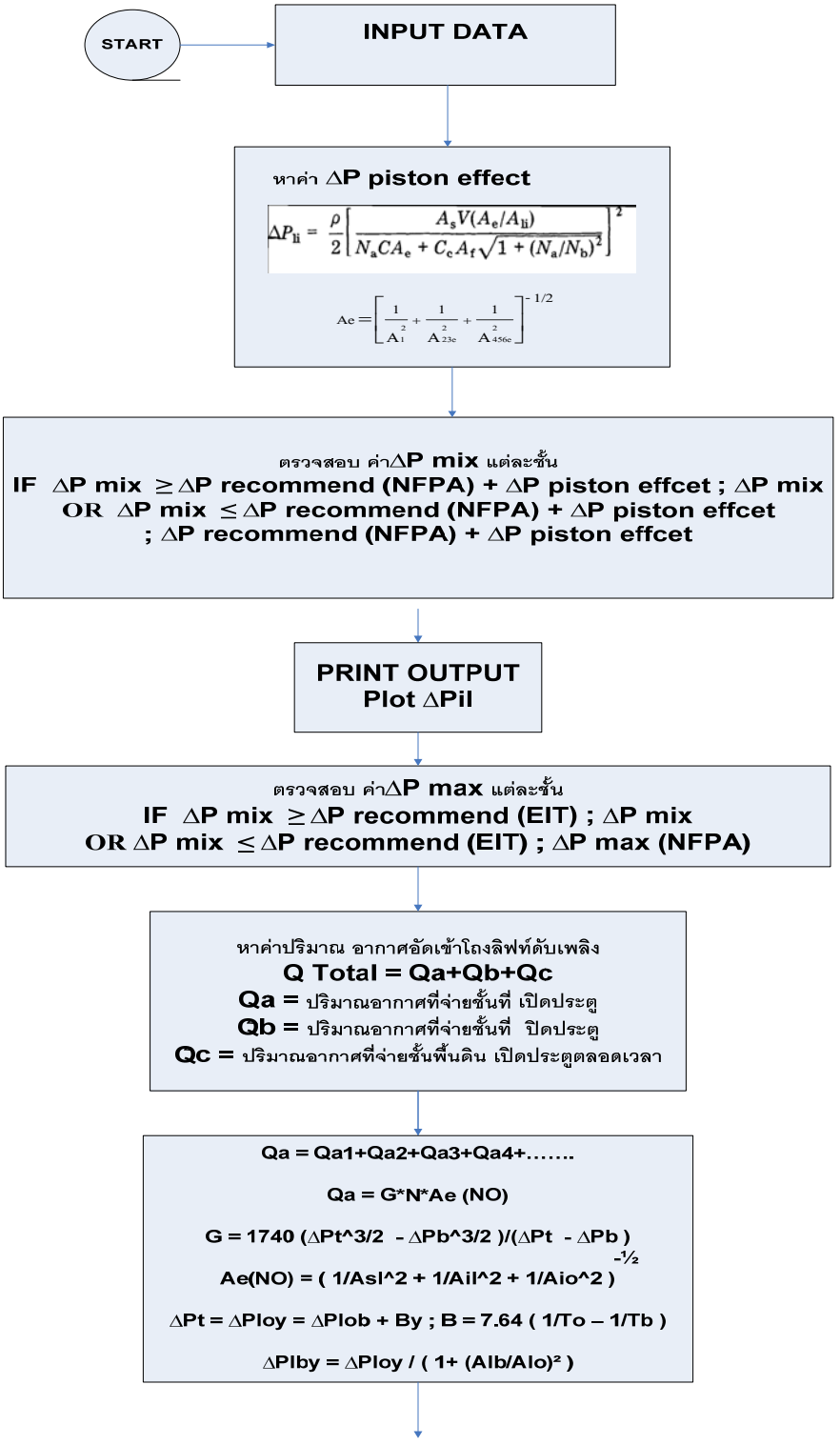
Tamura, G. T. and C **.** Y. Shaw. 1976. Air leakage data for the design of elevator and stair shaft pressurization systems. **ASHRAE Trans.** 83(2): 179-190.

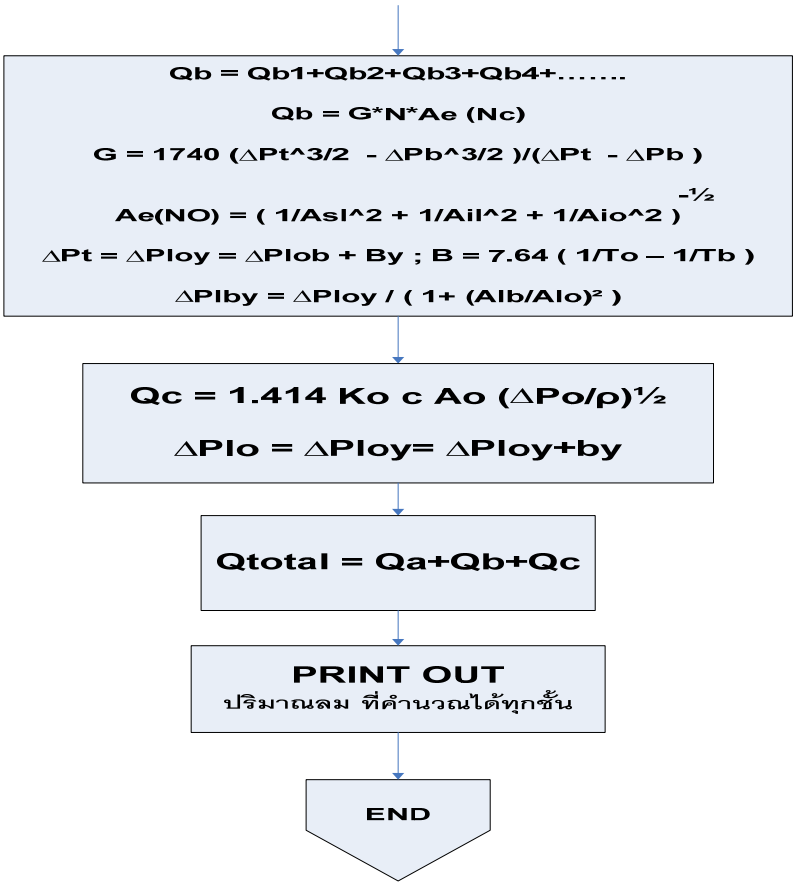
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

แผนผังโปรแกรม Program Pressurization System For Elevator Lobby

แผนผังโปรแกรม Program Pressurization System For Elevator Lobby




Qb = Qb1+Qb2+Qb3+Qb4+.....
Qb = G*N*Ae (Nc)
G = 1740 (△Pt^3/2 - △Pb^3/2)/(△Pt - △Pb)
Ae(NO) = (1/Asl^2 + 1/Ail^2 + 1/Aio^2)^-½
△Pt = △Ploy = △Plob + By ; B = 7.64 (1/To – 1/Tb)
△Plby = △Ploy / (1+ (Alb/Alo)²)
Qc = 1.414 Ko c Ao (△Po/ρ)½
△Plo = △Ploy= △Ploy+by
Qtotal = Qa+Qb+Qc
PRINT OUT
ปริมาณลม ที่คำนวณได้ทุกชั้น
END

ภาคผนวก ข

Codeโปรแกรม Program Pressurization System For Elevator Lobby

Code โปรแกรม Program Pressurization System For Elevator Lobby

```
Private Sub txtBH_KeyPress(KeyAscii As Integer)
   Select Case KeyAscii
      Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
      Case Else
         Beep
         KeyAscii = 0
   End Select
End Sub

Private Sub txtNFloors_Change()

End Sub

Private Sub txtNFloors_KeyPress(KeyAscii As Integer)
   Select Case KeyAscii
      Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
      Case Else
         Beep
         KeyAscii = 0
   End Select
End Sub

Private Sub cmdBack_Click()
   frmBuildingInfo.Show
   Unload Me
End Sub

Private Sub cmdClear_Click()
```

```
tbBH.Rows = 1
tbBH.Rows = gsNfloors + 1
For li_row = 1 To gsNfloors
   tbBH.TextMatrix(li_row, 0) = li_row
Next li_row
End Sub

Private Sub cmdOK_Click()
   Dim li_row As Integer
   Dim lde_tmp_height
   With tbBH

      lde_tmp_height = 0
      tbBH.Rows = gsNfloors + 1
      For li_row = 1 To gsNfloors
         .Row = li_row
         If Not IsNumeric(.TextMatrix(.Row, 1)) Then
            MsgBox "Please input all building height   ", vbCritical + vbOKOnly
            Exit Sub
         End If
         If CDbl(.TextMatrix(.Row, 1)) <= lde_tmp_height Then
            MsgBox "Please input right building height   ", vbCritical + vbOKOnly
            Exit Sub
         End If
         lde_tmp_height = .TextMatrix(.Row, 1)
         If Trim(tbBH.TextMatrix(.Row, 2)) = "" And Trim(tbBH.TextMatrix(.Row, 3)) = "" Then
            MsgBox "Please input Open door or Close door   ", vbCritical + vbOKOnly
            Exit Sub
         End If
      Next li_row
```

```
        For li_row = 1 To .Rows - 1
            If IsNumeric(.TextMatrix(li_row, 1)) Then
                gsFH(li_row) = .TextMatrix(li_row, 1)
                If Trim(.TextMatrix(li_row, 2)) = "X" Then
                    gsFlgDoor(li_row) = "O"
                Else
                    gsFlgDoor(li_row) = "C"
                End If
            End If
        Next li_row

    End With
    Unload Me
    frmElevatorInfo.Show
End Sub

Private Sub Command2_Click()

End Sub

Private Sub Command1_Click()

End Sub

Private Sub Form_Load()
    Call GenTbBH

End Sub
```

```
Private Sub GenTbBH()
   Dim li_row As Integer
   With tbBH
      tbBH.Rows = gsNfloors + 1
      For li_row = 1 To gsNfloors
         .Row = li_row
         .TextMatrix(.Row, 0) = li_row
         If gsFH(li_row) > 0 Then
            .TextMatrix(.Row, 1) = gsFH(li_row)
         End If
         If gsFlgDoor(li_row) = "O" Then
            .TextMatrix(.Row, 2) = "X"
         ElseIf gsFlgDoor(li_row) = "C" Then
            .TextMatrix(.Row, 3) = "X"
         End If
      Next li_row
   End With
End Sub

Private Sub tbBH_Click()
   If tbBH.Col = 1 Then
      tbBH.Editable = flexEDKbdMouse
   Else
      tbBH.Editable = flexEDNone
      If tbBH.Col = 2 Then
         If tbBH.TextMatrix(tbBH.Row, tbBH.Col) = "" Then
            tbBH.TextMatrix(tbBH.Row, tbBH.Col) = "X"
            tbBH.TextMatrix(tbBH.Row, 3) = ""
         ElseIf tbBH.TextMatrix(tbBH.Row, tbBH.Col) = "X" Then
            tbBH.TextMatrix(tbBH.Row, tbBH.Col) = ""
```

```
        End If
    ElseIf tbBH.Col = 3 Then
        If tbBH.TextMatrix(tbBH.Row, tbBH.Col) = "" Then
            tbBH.TextMatrix(tbBH.Row, tbBH.Col) = "X"
            tbBH.TextMatrix(tbBH.Row, 2) = ""
        ElseIf tbBH.TextMatrix(tbBH.Row, tbBH.Col) = "X" Then
            tbBH.TextMatrix(tbBH.Row, tbBH.Col) = ""
        End If
    End If
  End If
End Sub

Private Sub tbBH_KeyPressEdit(ByVal Row As Long, ByVal Col As Long, KeyAscii As
Integer)
Select Case KeyAscii
  Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
  Case Else
    Beep
    KeyAscii = 0
  End Select
End Sub
Private Sub cmdBack_Click()
  frmMain.Show
  Unload Me
End Sub

Private Sub cmdClear_Click()
txtBH.Text = ""
txtNFloors.Text = ""
End Sub
```

```
Private Sub cmdOK_Click()
   If Not IsNumeric(txtBH.Text) Then
      MsgBox "Please Input Building Hight!!  ", vbCritical + vbOKOnly
      Exit Sub
   End If
   If Not IsNumeric(txtNFloors.Text) Then
      MsgBox "Please Input Stories of Building!!  ", vbCritical + vbOKOnly
      Exit Sub
   End If
   If CDbl(txtNFloors.Text) > 80 Then
      MsgBox "Please Not Input Stories of Building more than 80 Floors!!  ", vbCritical +
vbOKOnly
      Exit Sub
   End If
   gsBH = CDbl(txtBH.Text)
   gsNfloors = CDbl(txtNFloors.Text)
   Unload Me
   frmBuildingHeight.Show
End Sub

Private Sub Command2_Click()

End Sub

Private Sub Command1_Click()

End Sub

Private Sub Form_Load()
If gsBH > 0 Then
```

```
    txtBH.Text = gsBH
End If
If gsNfloors > 0 Then
    txtNFloors.Text = gsNfloors
End If
End Sub

Private Sub txtBH_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
        Case Else
            Beep
            KeyAscii = 0
    End Select
End Sub

Private Sub txtNFloors_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
        Case Else
            Beep
            KeyAscii = 0
    End Select
End Sub
Private Sub chkOverRidePmaxActual_Click()
If chkOverRidePmaxActual.Value = 1 Then
    chkGraph.Value = 0
    chkGraph.Enabled = False
End If
If chkOverRidePmaxActual.Value = 0 Then
```

```
    chkGraph.Value = 0
    chkGraph.Enabled = True
End If
End Sub

Private Sub cmdBack_Click()
frmBuildingHeight.Show
Unload Me
End Sub

Private Sub cmdClear_Click()
txtNCB.Text = ""
txtAsi.Text = ""
txtAio.Text = ""
txtAil.Text = ""
txtAf.Text = ""
txtAs.Text = ""
txtHd.Text = ""
txtAd.Text = ""
txtV.Text = ""
txtPmax.Text = ""
txtPmin.Text = ""
chkOverRidePmaxActual.Value = 0
txtTo.Text = ""
txtTi.Text = ""
chkInputData.Value = 0
chkGraph.Value = 0
chkGraph.Enabled = True
chkResult.Value = 0
End Sub
```

```
Private Sub cmdOK_Click()
    If Not IsNumeric(txtNCB.Text) Then
        MsgBox "Please input NCB!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtAsi.Text) Then
        MsgBox "Please input asi!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtAio.Text) Then
        MsgBox "Please input Aio!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtAil.Text) Then
        MsgBox "Please input Ail!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtAf.Text) Then
        MsgBox "Please input Af!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtAs.Text) Then
        MsgBox "Please input As!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtHd.Text) Then
        MsgBox "Please input HD!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtAd.Text) Then
```

```
        MsgBox "Please input AD!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtV.Text) Then
        MsgBox "Please input V!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
'   If Not IsNumeric(txtA.Text) Then
'       MsgBox "Please input a!!  ", vbCritical + vbOKOnly
'       Exit Sub
'   End If
    If Not IsNumeric(txtPmax.Text) Then
        MsgBox "Please input Pmax!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    'If Not IsNumeric(txtPmin.Text) Then
    '   MsgBox "Please input Pmin!!  ", vbCritical + vbOKOnly
    '   Exit Sub
    'End If
    If Not IsNumeric(txtTo.Text) Then
        MsgBox "Please input To!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtTi.Text) Then
        MsgBox "Please input Ti!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    gsNCB = CDbl(txtNCB.Text)
    gsAsi = CDbl(txtAsi.Text)
    gsAio = CDbl(txtAio.Text)
```

```
    gsAil = CDbl(txtAil.Text)
    gsAf = CDbl(txtAf.Text)
    gsAs = CDbl(txtAs.Text)
    gsHD = CDbl(txtHd.Text)
    gsAD = CDbl(txtAd.Text)
    gsV = CDbl(txtV.Text)
'    gsA = CDbl(txtA.Text)
    gsPmax = CDbl(txtPmax.Text)
    gsPmin = CDbl(txtPmin.Text)
    gsTo = CDbl(txtTo.Text)
    gsTi = CDbl(txtTi.Text)

    'If Not ConnectDatabase Then
     '   MsgBox "ºÑ¹·Ö¡¢éÍÁÙÅ¼Ô´¾ÅÒ´    ", vbCritical + vbOKOnly
      '  Exit Sub
    'End If

    Dim strSql As String
    Dim strFileName As String

    'strFileName = "temp"

    'strSql = " delete from tbElevatorInfo"
    'CN.Execute (strSql)

    'strSql = " insert into tbElevatorInfo
(fileName,BH,Nfloors,NCB,Asi,Aio,Ail,Af,xAs,HD,AD,V,Pmax,Pmin,xTo,Ti) "
    'strSql = strSql & " values('" & strFileName & "'," & gsBH & "," & gsNfloors & "," & gsNCB
& " ," & gsAsi & " ," & gsAio & "," & gsAil & "," & gsAf & "," & gsAs & "," & gsHD & "," &
gsAD & "," & gsV & "," & gsPmax & "," & gsPmin & "," & gsTo & " , " & gsTi & ") "
```

```
'CN.Execute (strSql)



Dim ii As Integer

If gsNCB = 1 Then
   gsCc = 0.94
Else
   gsCc = 0.83
End If

Dim tmpUp As Double
Dim tmpDown As Double

gsPmaxGraph = 0
gsPminGraph = 0
gsAe = ((1 / (gsAsi ^ 2)) + (1 / (gsAil ^ 2)) + (1 / (gsAio ^ 2))) ^ -(1 / 2)
gsAeOpen = ((1 / (gsAsi ^ 2)) + (1 / 20) + (1 / (gsAio ^ 2))) ^ -(1 / 2)
gsPiL(1) = 0
For ii = 2 To gsNfloors
   gsNa(ii) = gsNfloors - ii
   gsNb(ii) = ii - 1
   'gsPiL(ii) = (0.075 / 2) * (1.66 * (10 ^ (-6))) * (((gsAs * gsV * (gsAe / gsAil)) / ((gsNa(ii) *
gsCc * gsAe) + (gsCc * gsAf * (Sqr(1 + (gsNa(ii) / gsNb(ii)) ^ 2))))) ^ 2)
   tmpUp = gsAs * gsV * (gsAe / gsAil)

   tmpDown = (gsNa(ii) * (0.65) * gsAe) + gsCc * gsAf * (Sqr(1 + (gsNa(ii) / gsNb(ii)) ^ 2))
```

```
    gsPiL(ii) = (0.075 / 2) * (1.66 * (10 ^ (-6))) * ((tmpUp / tmpDown) ^ 2)
    If gsPiL(ii) > gsPmaxGraph Then
        gsPmaxGraph = gsPiL(ii)
    End If
Next ii

If chkOverRidePmaxActual.Value = 1 Then
    gsPminActual = 0.15
Else
    If gsPmax > 0.05 + gsPmaxGraph Then
        gsPminActual = gsPmax
    Else
        gsPminActual = 0.05 + gsPmaxGraph
    End If
    If gsPminActual < 0.15 Then
        gsPminActual = 0.15
    End If
End If

delPLOT = gsPminActual * (1 + ((gsAil / gsAio) ^ 2))

gsB = 7.64 * ((1 / (gsTo + 456.4)) - (1 / (gsTi + 456.4)))

gsDeltaPl0 = delPLOT - (gsB * gsBH)

For ii = 1 To gsNfloors
    gsDeltaPl0n(ii) = gsDeltaPl0 + (gsB * gsFH(ii))
Next ii

'gsDeltaPlB = gsDeltaPl0n(ii) / (1 + ((gsAil / gsAio) ^ 2))
```

```
    For ii = 1 To gsNfloors
        gsDeltaPlBn(ii) = gsDeltaPl0n(ii) / (1 + ((gsAil / gsAio) ^ 2))
    Next ii

    Const conKo = 776
    Const conC = 0.65
    gsDeltaPl01 = gsDeltaPl0n(1) + (gsB * gsHD)
    gsQn(1) = (1.414) * conKo * conC * gsAD * ((Round(gsDeltaPl01, 5) / 0.075) ^ (1 / 2))
    For ii = 2 To gsNfloors
        If gsFlgDoor(ii) = "O" Then
            gsFpmOpen(ii) = 1740 * (Round((gsDeltaPl0n(ii) ^ (3 / 2)) - (gsDeltaPl0n(ii - 1) ^ (3 / 2)),
5) / Round((gsDeltaPl0n(ii)) - (gsDeltaPl0n(ii - 1)), 5))
            gsQn(ii) = Round(gsFpmOpen(ii) * gsAeOpen, 0)
        ElseIf gsFlgDoor(ii) = "C" Then
            gsFpmClose(ii) = 1740 * (Round((gsDeltaPlBn(ii) ^ (3 / 2)) - (gsDeltaPlBn(ii - 1) ^ (3 /
2)), 5) / Round((gsDeltaPlBn(ii)) - (gsDeltaPlBn(ii - 1)), 5))
            gsQn(ii) = Round(gsFpmClose(ii) * gsAe, 0)
        End If
    Next ii

   'strSql = "delete from tbBuildingInfo"
   'CN.Execute (strSql)
    'For ii = 1 To gsNfloors
     '   strSql = " insert into tbBuildingInfo (fileName,nFloor,FH,FlgDoor,AirFlowRate) "
      '  strSql = strSql & " values('" & strFileName & "'," & ii & " ," & gsFH(ii) & ", '" &
gsFlgDoor(ii) & "'," & gsQn(ii) & ")"
        '
        'CN.Execute (strSql)
    'Next ii
```

```
gbChkInputData = False
gbChkGraph = False
gbChkResult = False

If chkInputData.Value = 1 Then
   gbChkInputData = True
End If
If chkGraph.Value = 1 Then
   gbChkGraph = True
End If
If chkResult.Value = 1 Then
   gbChkResult = True
End If
If gbChkInputData = True Then
   'frmRptInputData.Show
   frmInputData.Show
   Unload Me
   Exit Sub
End If
If gbChkGraph = True Then
   frmGraph.Show
   Unload Me
   Exit Sub
End If
If gbChkResult = True Then
   frmFlowRateResult.Show
   'frmRptResult.Show
   Unload Me
   Exit Sub
End If
```

```
End Sub

Private Sub Command1_Click()

End Sub

Private Sub cmdSave_Click()
On Error GoTo HandleErr
Dim strFileName As String
Dim FSO As New Scripting.FileSystemObject
Dim iii As Integer

   If Not IsNumeric(txtNCB.Text) Then
      MsgBox "Please input NCB!!  ", vbCritical + vbOKOnly
      Exit Sub
   End If
   If Not IsNumeric(txtAsi.Text) Then
      MsgBox "Please input asi!!  ", vbCritical + vbOKOnly
      Exit Sub
   End If
   If Not IsNumeric(txtAio.Text) Then
      MsgBox "Please input Aio!!  ", vbCritical + vbOKOnly
      Exit Sub
   End If
   If Not IsNumeric(txtAil.Text) Then
      MsgBox "Please input Ail!!  ", vbCritical + vbOKOnly
      Exit Sub
   End If
   If Not IsNumeric(txtAf.Text) Then
      MsgBox "Please input Af!!  ", vbCritical + vbOKOnly
```

```
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtAs.Text) Then
        MsgBox "Please input As!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtHd.Text) Then
        MsgBox "Please input HD!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtAd.Text) Then
        MsgBox "Please input AD!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    If Not IsNumeric(txtV.Text) Then
        MsgBox "Please input V!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
'   If Not IsNumeric(txtA.Text) Then
'       MsgBox "Please input a!!  ", vbCritical + vbOKOnly
'       Exit Sub
'   End If
    If Not IsNumeric(txtPmax.Text) Then
        MsgBox "Please input Pmax!!  ", vbCritical + vbOKOnly
        Exit Sub
    End If
    'If Not IsNumeric(txtPmin.Text) Then
    '   MsgBox "Please input Pmin!!  ", vbCritical + vbOKOnly
    '   Exit Sub
    'End If
```

```
If Not IsNumeric(txtTo.Text) Then
   MsgBox "Please input To!!  ", vbCritical + vbOKOnly
   Exit Sub
End If
If Not IsNumeric(txtTi.Text) Then
   MsgBox "Please input Ti!!  ", vbCritical + vbOKOnly
   Exit Sub
End If
gsNCB = CDbl(txtNCB.Text)
gsAsi = CDbl(txtAsi.Text)
gsAio = CDbl(txtAio.Text)
gsAil = CDbl(txtAil.Text)
gsAf = CDbl(txtAf.Text)
gsAs = CDbl(txtAs.Text)
gsHD = CDbl(txtHd.Text)
gsAD = CDbl(txtAd.Text)
gsV = CDbl(txtV.Text)

gsPmax = CDbl(txtPmax.Text)
gsPmin = CDbl(txtPmin.Text)
gsTo = CDbl(txtTo.Text)
gsTi = CDbl(txtTi.Text)
If chkOverRidePmaxActual.Value = 1 Then
   flgOverRidePmaxActual = True
Else
   flgOverRidePmaxActual = False
End If
CommonDialog.Filter = "Flow Rate Result (*.frr)|*.frr"
CommonDialog.ShowSave
```

```
strFileName = CommonDialog.fileName
If FSO.FileExists(strFileName) = False Then
   Set fs = FSO.CreateTextFile(strFileName, True)
Else
   FSO.DeleteFile (strFileName)
   Set fs = FSO.CreateTextFile(strFileName, True)
End If
fs.WriteLine "[InputData]"
fs.WriteLine "BH=" & gsBH
fs.WriteLine "Nfloors=" & gsNfloors
For iii = 1 To gsNfloors
   fs.WriteLine "FH" & iii & "=" & gsFH(iii)
Next iii
For iii = 1 To gsNfloors
   fs.WriteLine "FlgDoor" & iii & "=" & gsFlgDoor(iii)
Next iii
fs.WriteLine "NCB=" & gsNCB
fs.WriteLine "Asi=" & gsAsi
fs.WriteLine "Aio=" & gsAio
fs.WriteLine "Ail=" & gsAil
fs.WriteLine "Af=" & gsAf
fs.WriteLine "As=" & gsAs
fs.WriteLine "HD=" & gsHD
fs.WriteLine "AD=" & gsAD
fs.WriteLine "V=" & gsV
fs.WriteLine "Pmax=" & gsPmax
fs.WriteLine "Pmin=" & gsPmin
fs.WriteLine "To=" & gsTo
fs.WriteLine "Ti=" & gsTi
fs.WriteLine "OverRidePmaxActual=" & flgOverRidePmaxActual
```

```
    MsgBox "Save data successful   ", vbInformation + vbOKOnly
'   If Not iniWrite("InputData", "BH", CStr(gsBH), strFileName) Then
'      MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'      Exit Sub
'   End If
'   If Not iniWrite("InputData", "Nfloors", CStr(gsNfloors), strFileName) Then
'      MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'      Exit Sub
'   End If
'   For iii = 1 To gsNfloors
'      If Not iniWrite("InputData", "FH" & iii & "", CStr(gsFH(iii)), strFileName) Then
'         MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'         Exit Sub
'      End If
'   Next iii
'   For iii = 1 To gsNfloors
'      If Not iniWrite("InputData", "FlgDoor" & iii & "", CStr(gsFlgDoor(iii)), strFileName) Then
'         MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'         Exit Sub
'      End If
'   Next iii
'   If Not iniWrite("InputData", "NCB", CStr(gsNCB), strFileName) Then
'      MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'      Exit Sub
'   End If
'   If Not iniWrite("InputData", "Asi", CStr(gsAsi), strFileName) Then
'      MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'      Exit Sub
'   End If
```

```
'   If Not iniWrite("InputData", "Aio", CStr(gsAio), strFileName) Then
'      MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'      Exit Sub
'   End If
'   If Not iniWrite("InputData", "Af", CStr(gsAf), strFileName) Then
'      MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'      Exit Sub
'   End If
'   If Not iniWrite("InputData", "As", CStr(gsAs), strFileName) Then
'      MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'      Exit Sub
'   End If
'   If Not iniWrite("InputData", "HD", CStr(gsHD), strFileName) Then
'      MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'      Exit Sub
'   End If
'   If Not iniWrite("InputData", "V", CStr(gsV), strFileName) Then
'      MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'      Exit Sub
'   End If
'   If Not iniWrite("InputData", "Pmax", CStr(gsPmax), strFileName) Then
'      MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'      Exit Sub
'   End If
'   If Not iniWrite("InputData", "Pmin", CStr(gsPmin), strFileName) Then
'      MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'      Exit Sub
'   End If
'   If Not iniWrite("InputData", "To", CStr(gsTo), strFileName) Then
'      MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
```

```
'       Exit Sub
'   End If
'   If Not iniWrite("InputData", "Ti", CStr(gsTi), strFileName) Then
'       MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
'       Exit Sub
'   End If
Exit Sub
HandleErr:
MsgBox "Error save data   ", vbCritical + vbOKOnly
End Sub

Private Sub Form_Load()
If gsNCB > 0 Then
   txtNCB.Text = gsNCB
End If
If gsAsi > 0 Then
   txtAsi.Text = gsAsi
End If
If gsAio > 0 Then
   txtAio.Text = gsAio
End If
If gsAil > 0 Then
   txtAil.Text = gsAil
End If
If gsAf > 0 Then
   txtAf.Text = gsAf
End If
If gsAs > 0 Then
   txtAs.Text = gsAs
End If
```

```
If gsHD > 0 Then
   txtHd.Text = gsHD
End If
If gsAD > 0 Then
   txtAd.Text = gsAD
End If
If gsV > 0 Then
   txtV.Text = gsV
End If
If gsA > 0 Then
   txtA.Text = gsA
End If
If gsPmax > 0 Then
   txtPmax.Text = gsPmax
End If
If gsPmin > 0 Then
   txtPmin.Text = gsPmin
End If
If gsTo > 0 Then
   txtTo.Text = gsTo
End If
If gsTi > 0 Then
   txtTi.Text = gsTi
End If
If flgOverRidePmaxActual = True Then
   chkOverRidePmaxActual.Value = 1
Else
   chkOverRidePmaxActual.Value = 0
End If
End Sub
```

```
Private Sub Label20_Click()

End Sub

Private Sub Label29_Click()

End Sub

Private Sub txtA_KeyPress(KeyAscii As Integer)
   Select Case KeyAscii
      Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
      Case Else
         Beep
         KeyAscii = 0
   End Select
End Sub

Private Sub txtNCB_KeyPress(KeyAscii As Integer)
   Select Case KeyAscii
      Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
      Case Else
         Beep
         KeyAscii = 0
   End Select
End Sub
```

```
Private Sub txtPmax_KeyPress(KeyAscii As Integer)
   Select Case KeyAscii
      Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
      Case Else
         Beep
         KeyAscii = 0
   End Select
End Sub

Private Sub txtPmin_KeyPress(KeyAscii As Integer)
   Select Case KeyAscii
      Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
      Case Else
         Beep
         KeyAscii = 0
   End Select
End Sub

Private Sub txtSi_KeyPress(KeyAscii As Integer)
   Select Case KeyAscii
      Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
      Case Else
         Beep
         KeyAscii = 0
   End Select
End Sub

Private Sub txtSo_KeyPress(KeyAscii As Integer)
   Select Case KeyAscii
      Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
```

```
        Case Else
            Beep
            KeyAscii = 0
    End Select
End Sub

Private Sub txtTi_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
        Case Else
            Beep
            KeyAscii = 0
    End Select
End Sub

Private Sub txtTo_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
        Case Else
            Beep
            KeyAscii = 0
    End Select
End Sub

Private Sub txtV_KeyPress(KeyAscii As Integer)
    Select Case KeyAscii
        Case Asc("0") To Asc("9"), Asc("."), 8
        Case Else
            Beep
            KeyAscii = 0
```

```
    End Select
End Sub
Private Sub GenTbBH()
    Dim li_row As Integer
    Dim sumQ As Double
    With tbBH
        sumQ = 0
        tbBH.Rows = gsNfloors + 1
        For li_row = 1 To gsNfloors
            .Row = li_row
            .TextMatrix(.Row, 0) = li_row
            .TextMatrix(.Row, 1) = gsFH(li_row)
            If gsFlgDoor(li_row) = "O" Then
                .TextMatrix(.Row, 2) = "X"
                .TextMatrix(.Row, 3) = ""
            Else
                .TextMatrix(.Row, 3) = "X"
                .TextMatrix(.Row, 2) = ""
            End If
            .TextMatrix(.Row, 4) = Format(gsDeltaPl0n(li_row), "###,####,##0.00")
            .TextMatrix(.Row, 5) = Format(gsDeltaPlBn(li_row), "###,####,##0.00")
            .TextMatrix(.Row, 6) = Format(gsQn(li_row), "###,####,##0")
            sumQ = sumQ + CDbl(gsQn(li_row))

        Next li_row
        txtBH.Text = Format(sumQ, "###,####,##0")

    End With
End Sub
```

```
Private Sub cmdBack_Click()
If gbChkGraph = True Then
   frmGraph.Show
   Unload Me
   Exit Sub
ElseIf gbChkInputData = True Then
   frmInputData.Show
   Unload Me
   Exit Sub
Else
   frmElevatorInfo.Show
   Unload Me
   Exit Sub
End If
End Sub

Private Sub Form_Load()
GenTbBH
End Sub
Private Sub PlotGraph()
   'MSChart1.RowCount = gsNfloors
   'MSChart1.ColumnCount = 1
   'For Row = 0 To gsNfloors
   '        For Column = 1 To 1
   '           MSChart1.Column = Column
   '           MSChart1.RowLabel = "class" & Row
   '           MSChart1.Data = gsPiL(Row)
   '        Next Column
   'Next Row
```

```
    MSChart1.RowCount = gsNfloors                '----- ¢éÍÁÙÅ¨Ó¹Ç¹ 3 ¨Ø´ -----
    MSChart1.ColumnCount = 1                     '----- ¨Ø´ÅÐ 3 ¢éÍÁÙÅ -----
    For Row = 1 To gsNfloors


      'Select Case Row
        'Case 1
          'For Column = 1 To 1
            MSChart1.Row = Row
            MSChart1.Column = 1
            MSChart1.RowLabel = "Class " & Row
            MSChart1.Data = gsPiL(Row)
          'Next Column
        'Case 2
        '   For Column = 1 To 1
        '     MSChart1.Row = Row
        '     MSChart1.Column = Column
        '     MSChart1.RowLabel = "Fep"
        '     MSChart1.Data = (Column + Row + 1) * 0.1
        '   Next Column
        'Case 3
        '   For Column = 1 To 1
        '     MSChart1.Row = Row
        '     MSChart1.Column = Column
        '     MSChart1.RowLabel = "Mar"
        '     MSChart1.Data = (Column + Row + 3) * 0.1
        '   Next Column
      'End Select
    Next Row
End Sub
```

```
Private Sub cmdBack_Click()
If gbChkInputData = True Then
   frmInputData.Show
   Unload Me
   Exit Sub
Else
   frmElevatorInfo.Show
   Unload Me
   Exit Sub
End If

End Sub

Private Sub cmdNext_Click()
   frmFlowRateResult.Show
   Unload Me
End Sub

Private Sub Command2_Click()
     MSChart1.EditCopy
     DoEvents   ' may be needed for large datasets
     Printer.Print " "
     Picture1.PaintPicture Clipboard.GetData(), 50, 50
     'Picture1.PaintPicture(
     Printer.EndDoc

End Sub

Private Sub Form_Load()
If gbChkResult = False Then
```

```
    cmdNext.Enabled = False
End If
PlotGraph
End Sub
Private Sub cmdBack_Click()
    frmElevatorInfo.Show
    Unload Me
End Sub

Private Sub cmdNext_Click()
    If gbChkGraph = True Then
        frmGraph.Show
        Unload Me
        Exit Sub
    End If
    If gbChkResult = True Then
        frmFlowRateResult.Show
        Unload Me
        'frmRptResult.Show
    End If

End Sub

Private Sub Form_Load()
    If gbChkGraph = False And gbChkResult = False Then
        cmdNext.Enabled = False
    End If
    txtBH.Text = gsBH
    txtNFloors.Text = gsNfloors
    txtNCB.Text = gsNCB
```

```
    txtAsi.Text = gsAsi
    txtAio.Text = gsAio
    txtAil.Text = gsAil
    txtAf.Text = gsAf
    txtAs.Text = gsAs
    txtHd.Text = gsHD
    txtAd.Text = gsAD
    txtV.Text = gsV
    txtA.Text = gsA
    txtPmax.Text = gsPmax
    txtPmin.Text = gsPmin
    txtTo.Text = gsTo
    txtTi.Text = gsTi

    Call GenTbBH
End Sub

Private Sub GenTbBH()
    Dim li_row As Integer
    With tbBH
        tbBH.Rows = gsNfloors + 1
        For li_row = 1 To gsNfloors
            .Row = li_row
            .TextMatrix(.Row, 0) = li_row
            .TextMatrix(.Row, 1) = gsFH(li_row)
            If gsFlgDoor(li_row) = "O" Then
                .TextMatrix(.Row, 2) = "X"
                .TextMatrix(.Row, 3) = ""
            Else
                .TextMatrix(.Row, 3) = "X"
```

```
            .TextMatrix(.Row, 2) = ""
        End If

    Next li_row
  End With
End Sub
Private Sub cmdOpen_Click()


CommonDialog.Filter = "Flow Rate Result (*.frr)|*.frr"
CommonDialog.ShowOpen
If Trim(CommonDialog.fileName) <> "" Then
  txtProjectFile.Text = Trim(CommonDialog.fileName)
End If
End Sub

Private Sub cmdOK_Click()
On Error GoTo HandleErr
  Dim strFileName As String
  Dim ii As Integer
  If Trim(txtProjectFile.Text) <> "" Then
    strFileName = CommonDialog.fileName
    gsBH = iniGet("InputData", "BH", strFileName)
    gsNfloors = iniGet("InputData", "Nfloors", strFileName)
    For ii = 1 To gsNfloors
      gsFH(ii) = iniGet("InputData", "FH" & ii & "", strFileName)
    Next ii
    For ii = 1 To gsNfloors
      gsFlgDoor(ii) = iniGet("InputData", "FlgDoor" & ii & "", strFileName)
    Next ii
```

```
        gsNCB = iniGet("InputData", "NCB", strFileName)
        gsAsi = iniGet("InputData", "Asi", strFileName)
        gsAio = iniGet("InputData", "Aio", strFileName)
        gsAil = iniGet("InputData", "Ail", strFileName)
        gsAf = iniGet("InputData", "Af ", strFileName)
        gsAs = iniGet("InputData", "As ", strFileName)
        gsHD = iniGet("InputData", "HD ", strFileName)
        gsAD = iniGet("InputData", "AD", strFileName)
        gsV = iniGet("InputData", "V ", strFileName)
        gsPmax = iniGet("InputData", "Pmax", strFileName)
        gsPmin = iniGet("InputData", "Pmin ", strFileName)
        gsTo = iniGet("InputData", "To", strFileName)
        gsTi = iniGet("InputData", "Ti ", strFileName)
        flgOverRidePmaxActual = iniGet("InputData", "OverRidePmaxActual ", strFileName)
    End If
    Unload Me
    frmBuildingInfo.Show 1
    Exit Sub
HandleErr:
    MsgBox "Error Read data", vbCritical + vbOKOnly
End Sub

Private Sub Command2_Click()
    End
End Sub
```

ภาคผนวก ค

ตรวจผลการคำนวณจากโปรแกรม Program Pressurization System For Elevator Lobby

ตรวจผลการคำนวณจากโปรแกรม Program Pressurization System For Elevator Lobby

ทำการตรวจสอบผลลัพธ์ค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรมกับผลลัพธ์ที่ได้จากากรคำนวณบนกระดาษ โดยนำการคำนวณกรณีประตู อาคาร A มาทำการเปรียบเทียบ

ข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

NCB = 1.0

AoD = 20 sqft

ASi = 0.9 sqft

Ao = 10 sqft

Aio = 1.8 sqft

AiL = 0.3 sqft

AF = 30 sqft

As = 66 sqft

V = 500 fpm

Pmax = 0.4 inwg

Pmin = 0.15 inwg

To = 95 °F = 554.67 R

Ti = 75° F = 534.67 R

NA = จำนวนชั้นเหนือลิฟท์

NB = จำนวนชั้นใต้ลิฟท์

HN = /200 ft

= 0.75 x 1.66x10

C = 0.65

Cc = 0.96

เริ่มดำเนินการคำนวณ

หาค่า Ae ClOSE = ($1/Asi^2$ + $1/Aio\text{^}2^2$ + $1/Ail^2$)

= ($1/0.9^2$ + $1/1.8^2$ + $1/0.3^2$)

= 0.2811

$$\Delta Pa = \rho/2 \times ((As\ V\ (Ae/Ail))/(NaCAe + (CcAf\sqrt{(1+(NA/NB)^{\wedge}2))^2}$$

เนื่องจากค่า Na และ Nb เป็นค่าที่เปลี่ยนไปตามการเคลื่อนที่ของลิฟท์ จึงขอแสดงผลในรูปของตารางดังนี้

ITEM	NA	NB	Δpa (inwg)
1	20	0	0.0000
2	19	1	0.0002
3	18	2	0.0009
4	17	3	0.0021
5	16	4	0.0040
6	15	5	0.0068
7	14	6	0.0105
8	13	7	0.0150
9	12	8	0.0205
10	11	9	0.0266
11	10	10	0.0331
12	9	11	0.0397
13	8	12	0.0460
14	7	13	0.0518
15	6	14	0.0569
16	5	15	0.0612
17	4	16	0.0647
18	3	17	0.0675
19	2	18	0.0696
20	1	19	0.0711
21	0	20	0.0722

พบว่าค่า Δ Pa คือค่าแรงดันที่เกิดจากปรากฏการณ์ลูกสูงถูกต้อง แต่โปรแกรมจะตรวจสอบค่า Δ Pa หากมากกว่าค่าที่กฎหมายกำหนด แรงดันต่ำสุดในโถงลิฟท์ดับเพลิงคือ 0.15 inng จะใช้ค่านั้น แต่หาก Δ Pa น้อยกว่าค่าที่กฎหมายกำหนดจะใช้ 0.15 inng เลย ในกรณีนี้จะใช้ 0.15 inng

ทำการคำนวณหาปริมาณอากาศอัดในโถงลิฟท์

โดยค่า Ae ClOSE = 0.2811

Ae ClOSE = (1/Asi² + 1/Aod^2² + 1/Aio²)

= (1/0.9² + 1/2.0² + 1/1.8²)

= 0.8043

การค่าปริมาณอากาศอัดเข้าโถงลิฟท์ จะแบ่งได้ 3 ส่วนดังนี้

1) ปริมาณอากาศอัดจ่ายประตูชั้นล่างสุดเปิดตลอดเวลา (Q1)
2) ปริมาณอากาศอัดจ่ายประตูชั้นที่เปิด
3) ปริมาณอากาศอัดจ่ายประตูชั้นที่เปิด

1) ปริมาณอากาศอัดจ่ายประตูชั้นล่างสุดเปิดตลอดเวลา

Q1 = 1.414 ρAe(ΔPo/P)½

ΔPo ชั้นที่1 = ΔPLoy=ΔPLoy + By ; y = 6 FT (1 st Floor)

จาก Pmin = 0.40 inwg

ΔPo (TOP) = Pmin (1+(Ail/Asi)²

= 0.4 (1+ (0.3/0.18)²

= 0.454167

หาค่า ΔPo = ΔPo(TOP) + By ; y = 200 FT

= 0.454167 – (-0.000515 x 200)

= 0.50388

ค่า B = 7.64 (1/T0 -1/Ts)

= 7.64 (1/554.67 - 1/533.67)

= -0.000515

$$\Delta Po = \Delta Po + By \ ; y = 6.5 \text{ FT}$$

$$= 0.50388 + (-0.000515))6.5)$$

$$= 0.498727 \text{ inwg}$$

$$Q1 = 1.414 \times 776 \times 0.65 \times 10 \ (0.498/0.075)^{½}$$

$$= 18{,}430 \text{ CFM}$$

2) ทำการหาปริมาณอากาศอัดที่ต้องการในชั้นที่เปิดประตู การหาค่าเฉพาะชั้นที่เปิดประตูจะทำยากต้องทำทุกชั้น แล้วจึงเลือกปริมาณตามชั้น โดยที่สมการดังนี้

$$\Delta Po = \Delta Po + By \ ; y = \text{ความสูงอาคาร FT}$$

และ $Q2 = G \times N \times Ae$

โดยที่ $Gy = 1740 \ ((\Delta Ploy^{(3/2)} - \Delta Ploy\text{-}1^{(3/2)}) / (\Delta Ploy - \Delta ploy\text{-}1))$

โดยทำการสรุปค่าในรูปแบบตารางได้ดังนี้

ITEM	FLOOR	Δploy (inwg)	HN (FT)	G	Q2(CFM)
1	1	0.498727	10	Q1	Q1
2	2	0.493575	20	1,838	1,479
3	3	0.488423	30	1,829	1,471
4	4	0.483270	40	1,819	1,463
5	5	0.478118	50	1,810	1,455
6	6	0.472966	60	1,800	1,448
7	7	0.467813	70	1,790	1,440
8	8	0.462661	80	1,780	1,432
9	9	0.457509	90	1,770	1,424
10	10	0.452357	100	1,760	1,416
11	11	0.447204	110	1,750	1,408
12	12	0.442052	120	1,740	1,400

ITEM	FLOOR	Δploy (inwg)	HN (FT)	G	Q2(CFM)
13	13	0.436900	130	1,730	1,392
14	14	0.431747	140	1,720	1,384
15	15	0.426595	150	1,710	1,375
16	16	0.421443	160	1,700	1,367
17	17	0.416290	170	1,689	1,359
18	18	0.411138	180	1,679	1,350
19	19	0.405986	190	1,668	1,342
20	20	0.400833	200	1,658	1,333
TOTAL					26,737

ทำการเลือกเฉพาะชั้นที่ต้องการคือตั้งแต่ชั้น

3) การหาค่าประตูที่เปิดตลอดเวลา

วิธีการทำเช่นเดียวกับ Q2 เพียงหาค่า Ae ต้องเป็นค่า Ae open ในกรณีไม่มีการเปิดประตู จึงสรุปผลได้ดังนี้คือ

Q1 + Q2 +Q3 = 18.430 +26,737

= 45,167 CFM

ปริมาณอากาศอัดทั้งหมด 45,167 CFM (ค่าที่โปรแกรมคำนวณได้ คือ 45,228 CFM) เป็นไปตามที่โปรแกรมคำนวณได้

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ –นามสกุล	นายณัฐพล ประชาเสรี
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 11 มกราคม 2522
สถานที่เกิด	จังหวัดสงขลา
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต (เครื่องกล)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	วิศวกรเครื่องกลอาวุโส
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	บริษัท อีอีซี เอ็นจิเนียรริ่งเน็กเวิร์ค จำกัด