THE EFFECTS OF VOID COMBINATIONS AT RECTANGULAR PLAN HIGH RISE RESIDENTIAL BUILDING TO THE NATURAL VENTILATION PERFORMANCE

BY

LALOUI HAMZA

A thesis submitted in fulfillment of the requirement for the degree of Doctor of Philosophy (Built Environment)

Kulliyah of Architecture and Environmental Design
International Islamic University Malaysia

FEB 2022

ABSTRACT

The natural ventilation in living units of high-rise residential buildings are commonly assisted by mechanical ventilation systems to achieve desired indoor environment quality. The usage of mechanical ventilation is also due to different reasons like the climate condition and the overall buildings design. However, because of its disadvantages, such as the negative impacts on the occupants health and the overall energy consumption, there is a necessity to ameliorate natural ventilation performance as a passive cooling strategy. Improvement made through suitable design configurations to improve the internal environment quality may reduce heavy electricity consumption. Hence the research aims to investigate if the integration of voids combinations as passive design feature in high rise residential buildings can enhance the indoor air velocity in the living units of high-rise rectangular plan residential buildings. The hypothesis is good control of the configuration of voids combinations can lead to better naturally ventilated living units. The research evaluates the introduction of various horizontal voids sizes and positions, combined with the commonly used vertical voids to optimize natural ventilation. The methods used in this research are the field measurement as a full-scale experiment and the computational fluid dynamic (CFD) simulation using Ansys CFX. The results of the high-rise residential buildings inventory were used to determine the appropriate building for the field measurements. The validation of the CFD building model against the field measurements data ensures the reliability and the accuracy of the CFD simulation. CFD simulation includes three main experiments which are the CFD building validation against the field measurements data, the effects of voids combinations on the air velocity inside the voids of building models and finally the influence of the proposed voids combinations on the internal air velocity in the living units of the building models. The experiments are done in living units under different openings conditions located at different heights and orientations. This study found that the provision of double-sided horizontal voids larger by 50 % connected directly to central vertical void can improve the indoor air velocity (m/s) in the living units by 1.23 % to 0.179 m/s under north east (NE) and by 4.59 % to 0.165 m/s under east (E) wind directions. The suitable voids combinations were recommended to improve the natural ventilation performance. This study contributes to a better understanding of ventilation performance in high rise rectangular plan residential buildings designed with voids configurations. It also recommends the possible voids combinations as design strategy for indoor air velocity (m/s) performance in the living units of the high-rise rectangular plan residential buildings in Malaysian for adequate thermal comfort level.

ملخص البحث

عادةً ما يتم دعم التهوية الطبيعية في الوحدات السكنية الكائنة بالمباني الشاهقة بواسطة أنظمة تهوية ميكانيكية لتحقيق الجودة المرغوبة للبيئة الداخلية. وعادة ما تستخدم التهوية الميكانيكية بسبب الظروف المناخية وأيضًا بسبب التصميم العام للمباني. ولكن ونظرا لبعض العيوب التي تشوب التهوية الميكانيكية مثل أثارها السلبية على صحة السكان واستهلاكها للطاقة بشكل عام، وجب تحسين أداء التهوية الطبيعية كإستراتيجية تبريد سلبي. وقد يؤدي هذا التحسين الذي سيتم إجراؤه من خلال تحسين وتطوير مكونات التصميم لتحقيق جودة البيئة الداخلية وأيضا تقليل استهلاك الكهرباء، تهدف الدراسة الحالية إلى معرفة ما إذا كان دمج مجموعات الفراغات كميزة تصميم في المباني السكنية الشاهقة قد يعزز سرعة تدفق الهواء الداخلية في الوحدات السكنية المستطيلة الكائنة بالبنايات الشاهقة. أما عن فرضية الدراسة فتتمثل في أن التحكم الجيد في تكوين مجموعات الفراغات يمكن أن يؤدي إلى وحدات سكنية جيدة التهوية بشكل طبيعي. لقد قامت الدراسة الحالية بتقييم إدخال فراغات أفقية مختلفة المقاسات والمواضع، جنبًا إلى جنب مع الفراغات العمودية شائعة الاستخدام والتي تهدف إلى تحسين التهوية الطبيعية. أما عن الطريقة المنهجية التي استخدمتها الدراسة فقد تمثلت في القياس الميداني كتجربة كاملة النطاق وبرنامج محاكاة ديناميكية السوائل الحسابية وتم استخدام نتائج جرد المباني السكنية الشاهقة لتحديد المبنى المناسب للقياسات الميدانية. يضمن التحقق من صحة نموذج البناء مقابل بيانات القياسات الميدانية موثوقية ودقة المحاكاة. وتتضمن طريقة استخدام المحاكاة القيام بثلاث تجارب رئيسية وهي التحقق من صحة المبنى مقابل بيانات القياسات الميدانية، وتأثير مجموعات الفراغات على سرعة الهواء داخل الفراغات لنماذج البناء وأخيراً تأثير مجموعات الفراغات المقترحة على سرعة الهواء الداخلية في الوحدات السكنية في نماذج البناء. وقد تم إجراء هذه التجارب في وحدات سكنية تحت ظروف فتحات مختلفة تقع على ارتفاعات واتجاهات مختلفة. وقد توصلت هذه الدراسة إلى أن توفير فراغات أفقية على الوجهين أكبر بنسبة 50٪ متصلة مباشرة بالفراغ العمودي المركزي يمكنها أن تحسن سرعة الهواء الداخلية (م / ث) في الوحدات السكنية بنسبة 1.23٪ إلى 0.179 م / ث في الإتجاه شمال شرق. وبنسبة 4.59 ٪ إلى 0.165 م / ث تحت اتجاه الرياح الشرقية. لذلك توصي هذه الدراسة بتركيب الفراغات المناسبة لتحسين أداء التهوية الطبيعية. وقد تساهم هذه الدراسة في فهم أفضل للتهوية في المباني السكنية ذات التخطيط المستطيل الكائنة بالمباني الشاهقة والمصممة باستخدام الفراغات. كما توصي هذه الدراسة أيضا باستخدام تقنية الفراغات المحتملة كإستراتيجية تصميم من أجل تحسين سرعة تدفق الهواء الداخلي (م / ث) في الوحدات السكنية في المباني السكنية سالفة الذكر في ماليزيا للحصول على مستوى مناسب من الراحة الحرارية.

APPROVAL PAGE

The thesis of Laloui Hamza has been approved by the following:

_____
Noor Hanita Abdul Majid
Supervisor

_____
Aliyah Nur Zafirah Sanusi
Co-supervisor

_____
Abdul Razak Sapian
Internal Examiner

_____
Lim Yaik Wah
External Examiner

_____
Ali Sayigh
External Examiner

_____
Shahrul Na'im Sidek
Chairman

DECLARATION

I hereby declare that this thesis is the result of my own investigations, except where otherwise stated. I also declare that it has not been previously or concurrently submitted as a whole for any other degrees at IIUM or other institutions.

Laloui Hamza

Signature …… Date …10/10/2021……..

INTERNATIONAL ISLAMIC UNIVERSITY MALAYSIA

DECLARATION OF COPYRIGHT AND AFFIRMATION OF FAIR USE OF UNPUBLISHED RESEARCH

THE EFFECTS OF VOID COMBINATIONS AT RECTANGULAR PLAN HIGH RISE RESIDENTIAL BUILDING TO THE NATURAL VENTILATION PERFORMANCE

I declare that the copyright holders of this thesis are jointly owned by the student and IIUM.

No part of this unpublished research may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise without prior written permission of the copyright holder except as provided below

1. Any material contained in or derived from this unpublished research may be used by others in their writing with due acknowledgement.

2. IIUM or its library will have the right to make and transmit copies (print or electronic) for institutional and academic purposes.

3. The IIUM library will have the right to make, store in a retrieved system and supply copies of this unpublished research if requested by other universities and research libraries.

By signing this form, I acknowledged that I have read and understand the IIUM Intellectual Property Right and Commercialization policy.

Affirmed by Laloui Hamza

……..…….. ……10/10/2021……..

Signature Date

This thesis is dedicated to the sake of Allah, my Creator and my Master

To my father, Mr. Laloui Aissa and the whole family

ACKNOWLEDGEMENT

All glory is due to Allah, the Almighty, whose Grace and Mercies have been with me throughout the duration of my program. Although it has been tasking, His Mercies and Blessings on me ease the herculean task of completing this thesis.

I am most indebted to my supervisor, Assoc. Prof. Dr. Noor Hanita Abdul Majid , whose enduring disposition, kindness, promptitude, thoroughness, and friendship have facilitated the successful completion of my work. I put on a record and appreciate her detailed comments, useful suggestions and inspiring queries, which have considerably improved this thesis. Her brilliant grasp of the aim and content of this work led to his insightful comments, suggestions and queries which helped me a great deal. Despite her commitments, she took time to listen and attend to me whenever requested. The moral support he extended to me is in no doubt, a boost that helped in building and writing the draft of this research work. I am also grateful to my co-supervisor, Asst. Prof. Dr. Aliyah Nur Zafirah Sanusi , whose support and cooperation contributed to the outcome of this work. I would like to express the gratitude to Prof. Ar. Dr. Abdul Razak Sapian for giving the encouragement and sharing insightful suggestions and playing a major role in polishing my research skills. His endless guidance is hard to forget throughout my life.

Lastly, my gratitude goes to my family members; for their prayers, understanding and endurance while away.

Once again, we glorify Allah for His endless mercy on us one of which is enabling us to successfully round off the efforts of writing this thesis. Alhamdulillah

TABLE OF CONTENTS

LIST OF TABLES

LIST OF FIGURES