

تأثير المساحة الفاصلة بين الشقق على سرعة انتشار الحريق في الأبنية السكنية العالية

ريا حقي إسماعيل

طالبة ماجستير، هندسة العمارة، جامعة الموصل، العراق
rayahaqqi@gmail.com

عمر حازم خروفة

استاذ مساعد، هندسة العمارة، جامعة الموصل، العراق
omar.kharufa@uomosul.edu.iq

ملخص البحث

ان حوادث نشوب الحرائق في الأبنية السكنية العالية يؤدي الى خسائر كبيرة في الأرواح والممتلكات، ويشكل تهديد خطير لصعوبة الإخلاء الآمن لوجود مواد مختلفة قابلة للاشتعال وكثافة سكانية عالية، لذا فهناك تحديات كبيرة تواجه المماريين والمختصين من اجل تحسين وتطوير طرق التصميم للحماية من الحريق وتقليل الخسائر. ان المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية ممكن ان تكون عاملاً مؤثراً في انتشار الحريق وتطوره وسرعة انتقاله في الأبنية السكنية العالية، ولتوضيح ذلك تم متابعة انتشار الحريق رأسياً وبشكل منهجي من خلال محاكاة خصائص انتشار الحريق لمبني مكون من 12 طابق باستخدام برنامج pyrosim. ولقد بينت نتائج المحاكاة أن خطر انتشار الحريق في الأبنية السكنية العالية يزداد بازدياد المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية وان تأثير عمق المساحة يكون اكثر وضوحاً كلما كان عرض المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية اكبر، لذلك توصي الدراسة ولغرض التقليل من سرعة انتشار الحريق باختيار المساحة الأقل والعرض الأقل للمساحات الفاصلة، وبذلك يمكن للبحث أن يساهم في اختيار التصميم الأمثل لزيادة فرصة الإخلاء الآمن في حالة نشوب الحريق في الأبنية السكنية العالية.

الكلمات المفتاحية: المباني العالية، المساحة الفاصلة، بيروسيم، انتشار الحريق.

Effect of Separating-Area between Apartments on the Speed of Fire Spread in High Rise Residential Buildings

Raya Haqqi Ismail

Master's Student, Architecture, University of Mosul, Iraq
rayahaqqi@gmail.com

Omar H. Kharufa

Assistant Professor, Architecture, University of Mosul, Iraq
omar.kharufa@uomosul.edu.iq

ABSTRACT

Fire accidents in high-rise residential buildings lead to great loss of life and property and constitute a serious threat to the difficulty of safe evacuation due to the presence of various flammable materials and high population density, so there are great challenges facing architects and specialists in order to improve and develop design methods to protect from fire and reduce losses. The space separating apartments can be a factor influencing the spread of fire, its development, and the speed of its transmission in tall residential buildings. To clarify this, the spread of fire was followed vertically and systematically by simulating the characteristics of fire spread for a 12-story building using the pyrosim program. The simulation results showed that the risk of fire spreading in tall residential buildings increases with the space separating apartments and that the effect of the depth of space is more obvious the greater the width of the space separating apartments. For separating spaces, and thus the research can contribute to choosing the optimal design to increase the chance of safe evacuation in the event of a fire in high-rise residential buildings.

Keywords: High rise buildings, Separation area, Pyrosim, Fire spread

1- المقدمة

اصبحت المباني العالي المقياس الحقيقي للتطور والنهضة العمرانية والانشائية للشعوب وذلك لما حققته من رفاهية ومردود اقتصادي جيد، فالتقدم التكنولوجي في صناعة البناء، واختراع المصاعد

الرأسية، إضافة الى تناقص المعروض من الأرض الصالحة للبناء وارتفاع ثمنها، و التضخم السكاني الهائل جعلت الانطلاق بالمباني إلى ارتفاعات عالية ضرورة ملحة وأمرًا ممكنًا و التي تحوي أعداداً كثيرة من المستخدمين تكاد تكون هي النمط المعماري الغالب^[1]. ممكن لحرائق ان تحدث لاسباب طبيعية او بشرية مقصودة وغير مقصودة^[2]، و الحريق يمكن أن ينتشر عموديا بسرعة كبير وبأساليب مختلفة^[3,4]، وتكمن مخاطر الحريق التي تواجهنا في المباني العالية بصعوبة الوصول السريع الى الطابق الموجود به الحريق، كذلك صعوبة الاخلاء حيث ان الزمن اللازم لاخلاء المبنى العالي يزداد بزيادة ارتفاع المبنى والكثافة السكانية العالية وذلك حسب درجة مقاومة المبنى للحريق. وحيث أن هنالك تقصير واضح في تطبيق انظمة الامان واجراءاتها في المجمعات السكنية التي بنيت، كما أن نسبة من المجمعات السكنية لا تتوفر فيها وسائل الامان بالشروط اللازمة لتحقيق الامان للسكان^[5]. لذا اصبحت الاحتياطات التي يتم اتخاذها لمنع أو الحد من احتمال وقوع الحريق التي قد تؤدي الى تضحيات بشرية ومادية، والعمل على تنبيه الساكنين في المبنى إلى وجود حريق في حالة نشوبه ضرورة ملحة لتشمل تدابير الامان من الحرائق التي يتم التخطيط لها خلال تصميم المبنى وتنفيذه وعلى المصممين مراعات المتغيرات التصميمية المؤثرة في انتشار الحريق عند اعداد التصاميم، لم تتطرق الدراسات المتاحة الى تأثير المساحات الفاصلة بين الشقق السكنية على التحكم في انتشار الحريق عمودياً ولمحاكاة مباني عالية مفروشة والتي تمثل نماذج مختلفة للمساحات الفاصلة بين الشقق السكنية، فقد تؤدي النماذج المختلفة لهذه المساحات إلى سلوكيات مختلفة للحريق، فالغرض من الدراسة هو مقارنة تأثيرات نماذج مختلفة من تلك المساحات على سرعة انتشار الحريق وانتقاله إلى الطوابق العليا و استدامته. وذلك باستخدام نفس ظروف المحاكاة لإبراز تأثير المساحات الفاصلة بين الشقق السكنية على تقدم الحريق وانتشاره الرأسي. تتكون الدراسة من مقدمة، ومراجعة للأدبيات المتعلقة بمشكلة الدراسة، ووصف لمنهجية الدراسة. ثم تحليل النتائج ومناقشتها، وكذلك اختتام الدراسة بالاستنتاجات والتوصيات. وأظهرت النتائج ان خطر انتشار الحريق في الأبنية السكنية العالية يزداد مع زيادة المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية والعكس صحيح، وانه كلما كان عرض المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية أكبر فان تأثير عمق المساحة يكون أكثر وضوحا والعكس صحيح. لذلك توصي الدراسة باختيار المساحة الأقل او العرض الأقل للمساحات الفاصلة وذلك للتقليل من سرعة انتشار الحريق، الذي قد يؤدي إلى فرصة أكبر للإخلاء بالإضافة إلى تقليل خسائر الممتلكات.

2- الدراسات السابقة

ان الحريق يمكن أن ينتشر عموديا بسرعة كبيرة وبأساليب مختلفة، هنالك عدة دراسات تناولت التجاوب المعدلة لاغراض الاضاءة او التهوية وتأثيرها على اداء تطور وانتشار الحريق في المباني العالية.

فقد ذكر Chow^[6] إن خطر الحريق في الواجهة المزدوجة هو مصدر قلق حيث تم تحديد سيناريو وجود حريق في غرفة وميض مجاور للواجهة وستحتجز الحرارة والكتلة في تجويف الواجهة، حيث تمت محاكاة انتشار الغاز الساخن في تجويف الواجهة تحت معدلات إطلاق حرارة مختلفة مع تحديد ثلاث مراحل من انتشار اللهب وأشارت النتائج إلى أن عمق تجويف الهواء الأوسع سيكون أكثر خطورة مع زيادة خطر كسر الزجاج الداخلي العلوي. و بين Yan وآخرون^[7] ان المباني التي تحتوي على تصميمات للواجهة على شكل حرف U لأغراض معينة مثل الإضاءة فان هذا التصميم الهندسي من شأنه أن يزيد من مخاطر الحريق للمباني، وان العامل الهندسي على شكل حرف U الذي يمثل نسبة عمق التجويف المتغير بقيم 0 سم و 20 سم و 40 سم و 60 سم و 80 سم الى عرض التجويف الثابت والذي مقداره 60 سم وبينت النتائج ان معدل انتشار اللهب وارتفاعه يزداد مع زيادة العامل الهندسي وبالتالي يجب أن يتوخى المهندسين الحذر في تصميمات جدران هذه الواجهة. وضح Yan وآخرون^[8] تأثير وجود التجويف في الواجهة على شكل حرف U من عدمه اضافة الى دراسة حالتين للتجويف الاولى متطابقة العمق لجهتي التجويف والثانية متباينة العمق لجهتي التجويف على سرعة انتشار الحريق ومن خلال اجراء التجارب بينت النتائج ان الحالة الاكثر انخفاض في معدل انتشار الحريق حالة عدم وجود تجويف ثم في حالة تباين العمق في جهتي التجويف مقارنة بالحالة المتطابقة . بين Zhao وآخرون^[9] تأثير المسافة الفاصلة بين الجدران الستائرية المتوازية على معدل انتشار اللهب الصاعد، و اظهرت النتائج من خلال اجراء التجارب ان ارتفاع اللهب يزداد مع زيادة المسافة الفاصلة بين الجدران المتوازية ثم يصل الى قيمة ثابتة وبعدها يتناقص. أجريت دراسة تجريبية ومحاكاة عددية من قبل Wasan وآخرون^[10,11] للتحقق من تأثير مسافة الفصل بين اللوح القابل للاحتراق والجدار الساتر. كان الجدار الجانبي في التجربة بارتفاع 2.5 متر وعرض 0.4 متر، والمسافات الفاصلة كانت 10.5 سم و 30.5 سم. وجد أنه مع زيادة مسافة الفصل، ينخفض معدل انتشار اللهب الصاعد وتنخفض درجة حرارة اللهب ثم تزداد. أجرى An وآخرون^[12] دراسة تجريبية للمسافة الفاصلة بين الجدران، كان الجدار الجانبي في التجربة بعرض 0.5 م وكانت مسافات الفصل 4 سم، 6 سم، 8 سم، وبينت النتائج أن معدل انتشار اللهب زاد أولاً ثم انخفض مع زيادة مسافة الفصل. تناول Huang وآخرون^[13] تأثير العامل الهندسي الذي يمثل نسبة العمق الذي كان متغير بقيم 0 سم و 4 سم و 6 سم و 8 سم و 12 سم و 14 سم الى العرض بقيمة ثابتة مقدارها 4 سم على انتشار اللهب فوق لوح البوليسترين عند الاشتعال، أظهرت النتائج التجريبية أنه كان معدل انتشار اللهب هو الأسرع عندما كانت قيمة العامل الهندسي اصغر من 1.5 بينما عندما يكون العامل الهندسي أكبر من 1.5 كان معدل انتشار اللهب هو الاقل. بين Gai وآخرون^[14] تأثير نسبة العمق الى العرض للقناة الرأسية المغلقة على خصائص انتشار اللهب للوح البوليسترين المبثوق واطهرت نتائج التجارب أن سرعة انتشار اللهب تزداد مع زيادة نسبة العمق الى

العرض . تعد دراسة تأثير المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية على سرعة انتشار الحريق نادرًا جدًا ، وان الدراسات المتاحة لم تحدد تأثير المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية في السيطرة على انتشار الحريق عموديا بصورة دقيقة، وأن المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية يمكن أن تغير سلوك النار فقد تؤدي المساحات المختلفة الفاصلة بين الشقق السكنية إلى سلوكيات حريق مختلفة. وبالتالي ، من الضروري إجراء أبحاث عن تلك المساحات والتي يمكن أن تقدم اقتراحات مفيدة لتصميم الحماية والامان من الحرائق للمباني السكنية العالية.

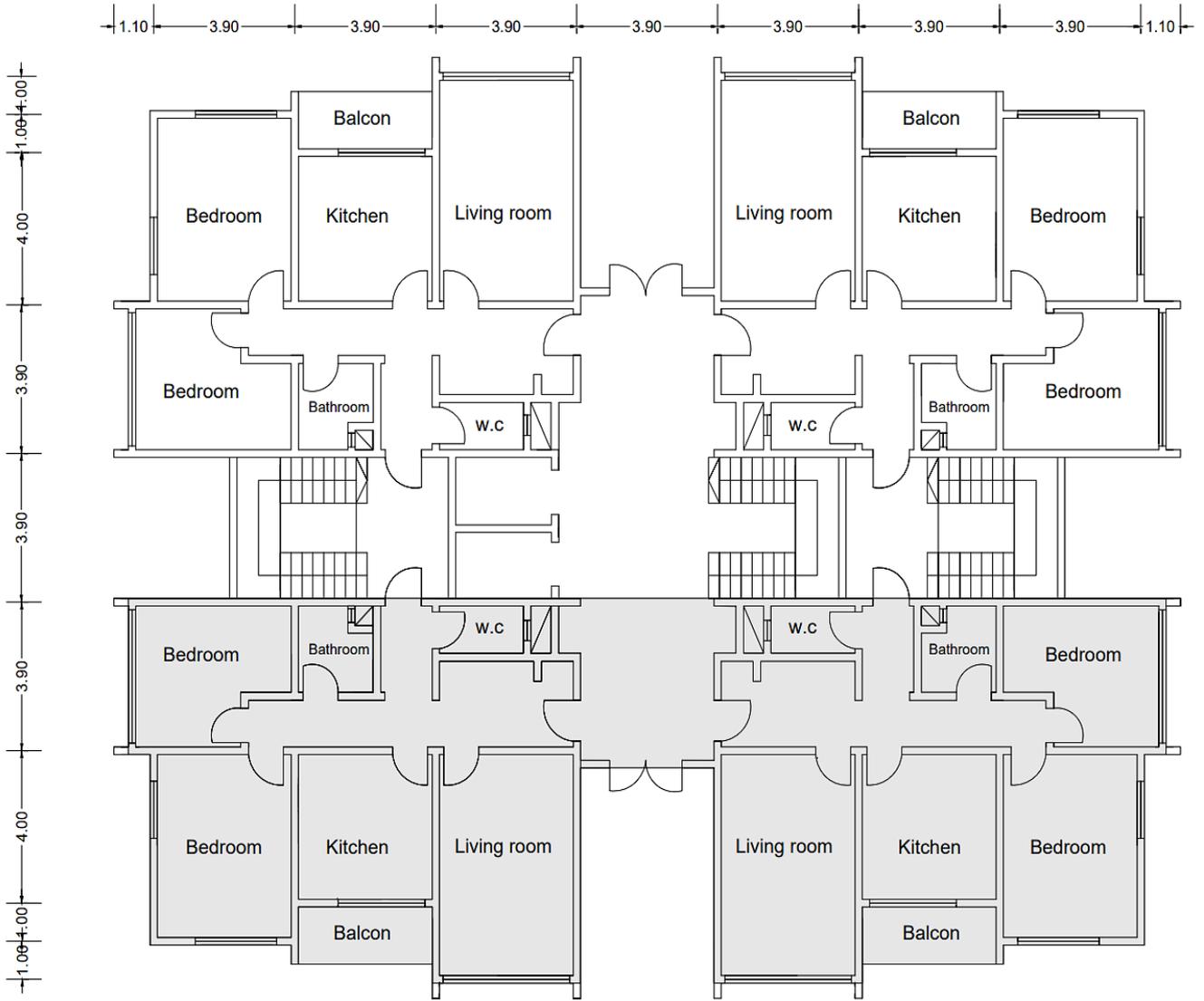
3- المنهجية

لغرض مقارنة تأثير النماذج المختلفة للمساحات الفاصلة بين الشقق السكنية على سرعة انتشار الحريق ، تم استخدام تقنيات محاكاة الكمبيوتر (FDS) FireDynamics Simulator ، حيث يمكن لنماذج FDS التنبؤ بالدخان ودرجة الحرارة وأول أكسيد الكربون والمواد الأخرى أثناء الحرائق ، مع برنامج PyroSim الذي يمثل واجهة مستخدم رسومية لـ FDS ويتم رسم النماذج بواسطته ، ويتم عرض النتائج بواسطة برنامج Smokeview [15,16,17]. تم دمج كل من برامج التصور FDS و Smokeview بشكل وثيق في PyroSim. توفر واجهة PyroSim ملاحظات إدخال فورية وتضمن التنسيق الصحيح لملف إدخال FDS [18]. تعد محاكاة النار من أدوات النمذجة الحاسوبية القوية التي يمكن استخدامها لتقديم إجابات للأسئلة التي قد لا توفرها طرق التحليل التقليدية [19، 20] ودون تكبد تكاليف عالية للاختبار التجريبي [4]. يمكن استخدام المحاكاة لتقديم توصيات لتعليم الناس ما يجب القيام به في حالة نشوب الحريق من أجل الامان [19].

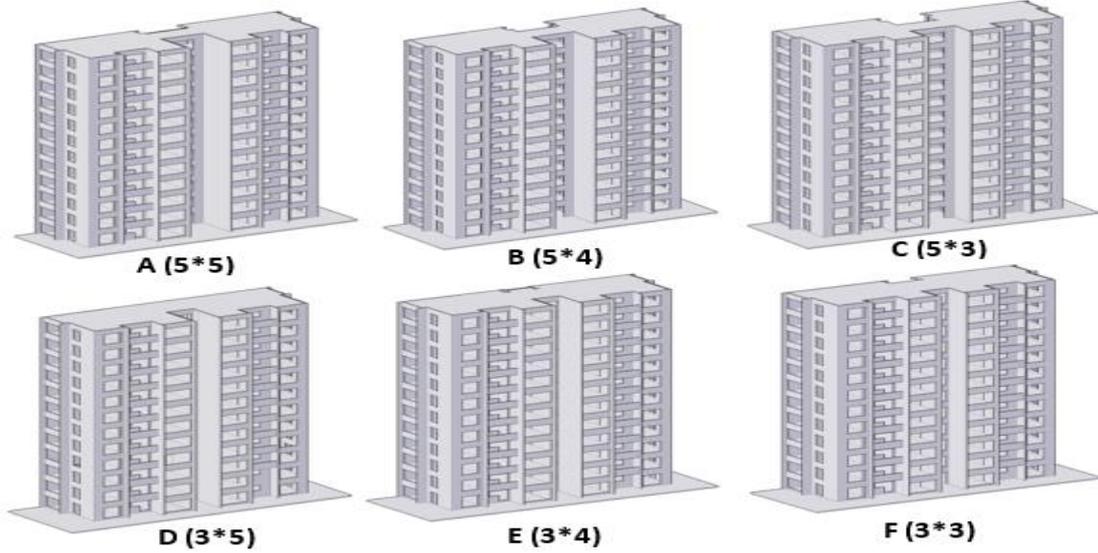
3-1 تصميم المبنى بنماذج مختلفة للمساحات الفاصلة بين الشقق السكنية

في هذا البحث، تم أخذ مبنى سكني عالي كمثال. يتكون المبنى من 12 طابقا ويبلغ ارتفاع كل طابق 3.0 متر. يحتوي كل طابق على اربعة شقق. المحاكاة الحاسوبية لتطور الحريق في المبنى هي عملية تستغرق وقتا طويلا جدا وذلك لحجم المبنى الكبير، لذا تم الاقتصار على شقتين لتوضيح تأثير المساحة الفاصلة بينهما وتتكون كل شقة من خمسة غرف هي غرفة معيشة وغرفتين نوم ومطبخ وحمام في كل طابق، والبناء المحيط بالشقة يقع على جانبيها. وفي منتصف كل طابق يوجد درج ومصعد للركاب. ويعرض الشكل (1) مخطط الطابق للمبنى السكني. وقد تم متابعة المحاكاة الحاسوبية لتطور الحريق لستة نماذج لأشكال المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية، والشكل (2) يعرض نماذج مختلفة ثلاثية الابعاد لجميع الطوابق للمساحات الفاصلة بين الشقق السكنية [A، B، C، D، E، F] كما يعرض

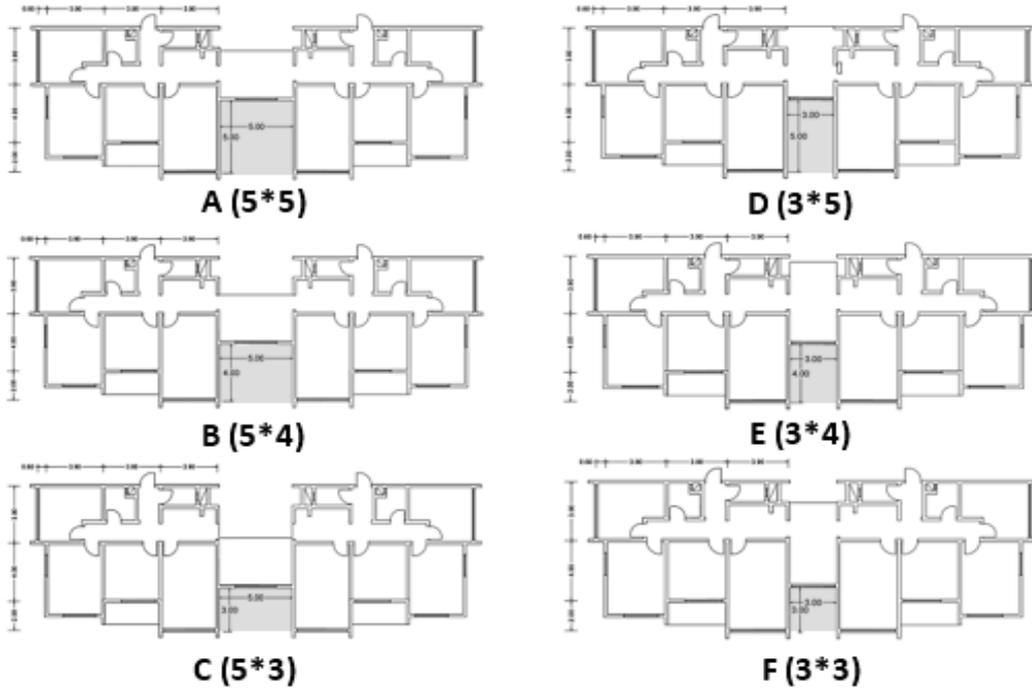
الشكل (3) المخططات الأفقية لهذه النماذج، ان مساحة البناء المعرضة للمعرضة كفضاء للحريق ثابتة في جميع النماذج.



الشكل (1) مخطط الطابق للمبنى السكني



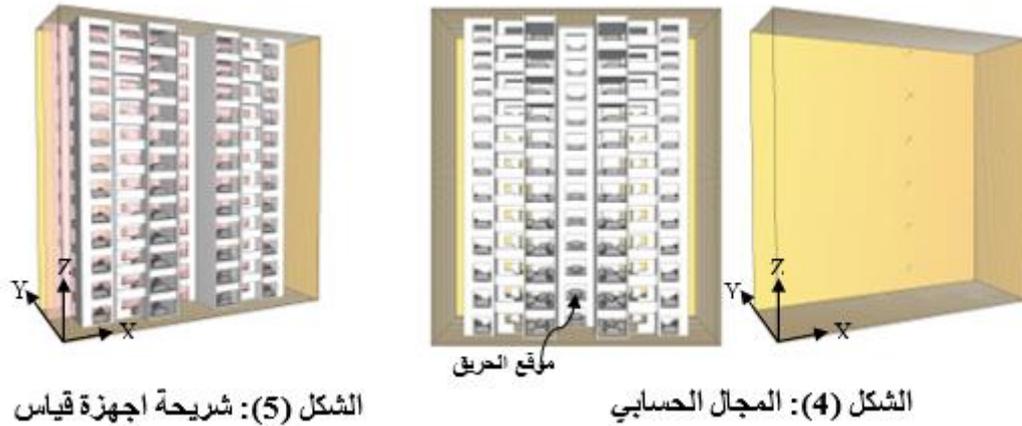
الشكل (2): النماذج المختلفة للمساحات الفاصلة بين الشقق السكنية ثلاثي الأبعاد لجميع الطوابق [F، E، D، C، B، A]



الشكل (3): المخططات الأفقية للنماذج المختلفة للمساحة الفاصلة بين الشقق السكنية [F، E، D، C، B، A]

2-3 تصميم مشهد الحريق

تم اختيار موقع الحريق الذي يحتوي مخاطر أكبر، وعليه فقد تم تحديد موقع الحريق في الممر بين الشقتين بالطابق الثاني. منطقة مصدر الحريق 0.5×0.5 م ، ومعدل إطلاق الحرارة لمصدر الحريق هو 1000 كيلو وات / م²، شبكة كائن المحاكاة في المجال الحسابي مقسمة إلى $140 \times 51 \times 144$ ، وحجم الخلية $0.25 \times 0.25 \times 0.25$ م، وبذلك يكون العدد الإجمالي للخلايا 1028160. زمن المحاكاة بحدود 300 ثانية، والشكل 4 يعرض المجال الحسابي، وقد تم وضع المزدوجات الحرارية عند X مقدارها 20.5 م وعند Y مقدارها 8.5 م وذلك في الطوابق الثاني والرابع والسادس والثامن والعاشر والثاني عشر وذلك لقياس تغير درجة الحرارة مع الزمن. وقد تم استخدام شريحة عند Y مقدارها 8.5 م لاجهزة القياس وكما مبينة في الشكل 5. وتكون مادة تفاعل الاحتراق عبارة عن رغوة البولي يوريثان. وان الأثاث والمفروشات تختلف في كل شقة سكنية عن الأخرى. ولغرض التبسيط في محاكاة الكمبيوتر تم استخدام نفس الأثاث في المبنى بأكمله. ويرد أدناه وصف عام لنموذج الحاسوب: ● جدار خرساني بسمك 20 سم كمادة افتراضية لجدران تشييد المباني. ● تم استخدام مواد التنجيد (قماش 2 ملم و 10 سم من الإسفنج) كمادة افتراضية لجميع الأرائك في هذا البحث. ● درجات الحرارة الأولية 44 °C والرطوبة النسبية 24%.



4- تحليل النتائج ومناقشتها

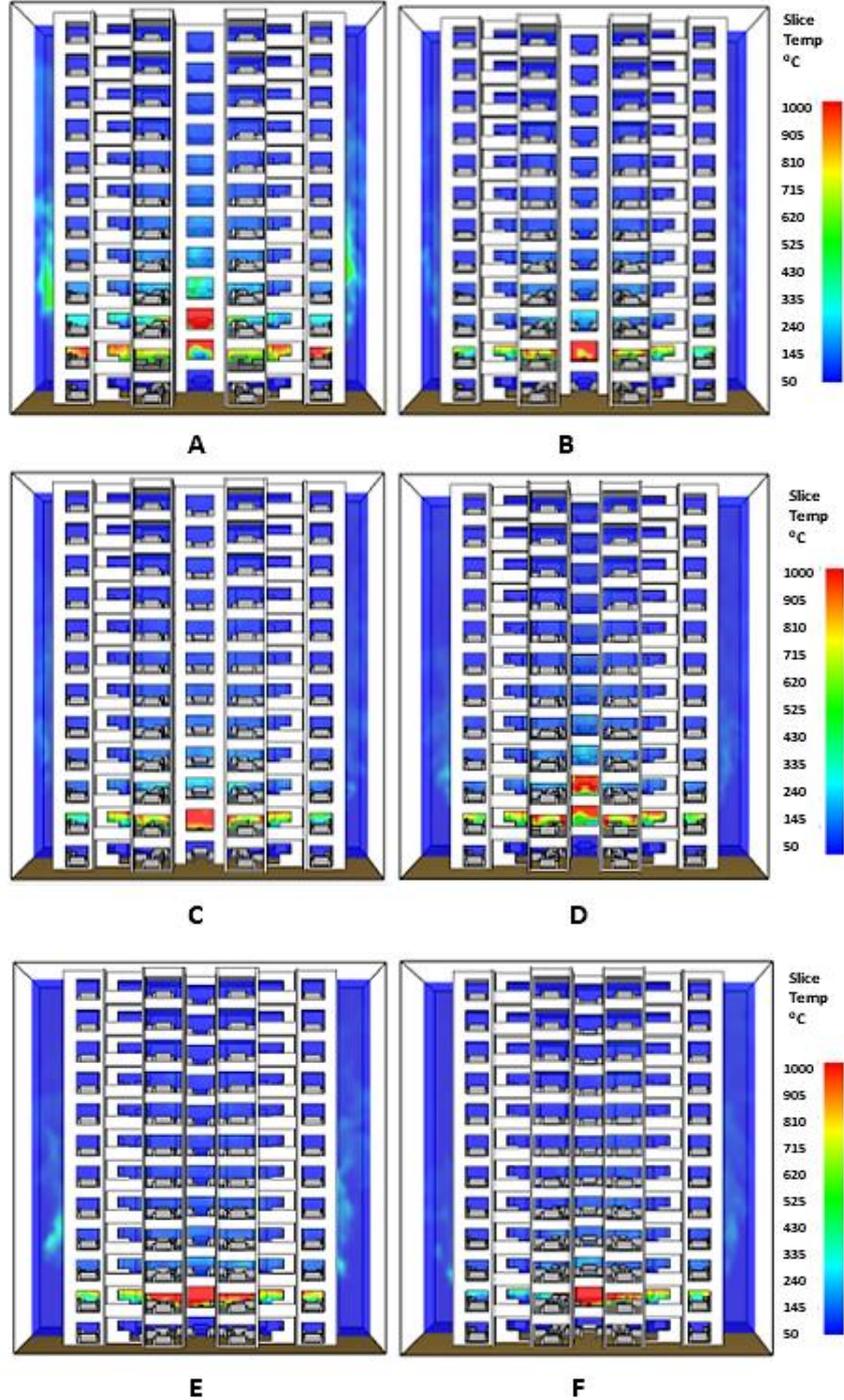
استغرقت عملية المحاكاة بحدود 90 ساعة لكل من النماذج المختلفة للمساحات الفاصلة بين الشقق السكنية [A, B, C, D, E, F] وذلك لتأمين زمن محاكاة بحدود 300 ثانية.

4-1 نمط توزيع درجات الحرارة عند زمن محاكاة مقداره 100 ثانية

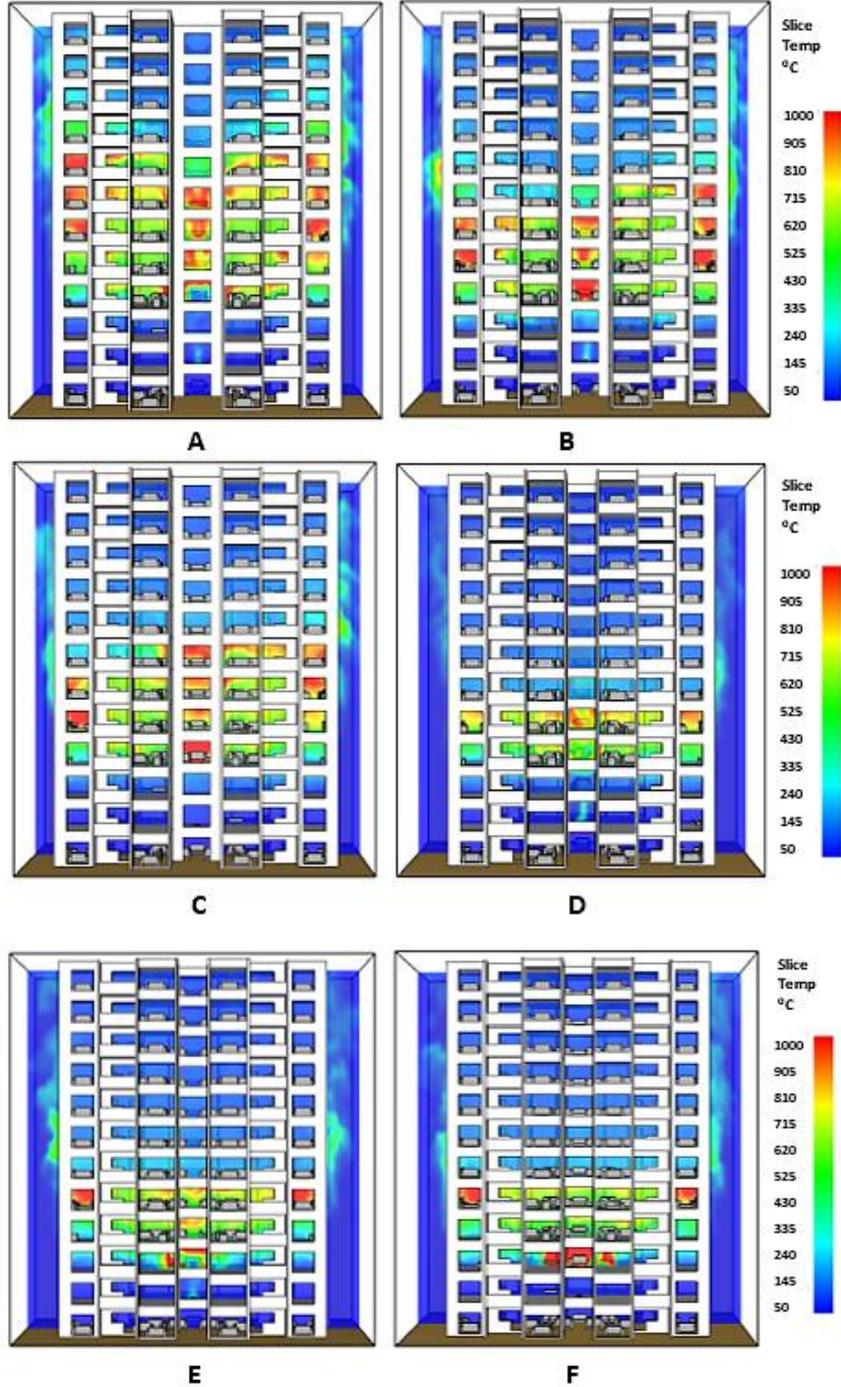
الشكل (6) يعرض نمط توزيع درجات الحرارة عمودياً في المشهد الامامي لمجموعة من النماذج المختلفة للمساحة الفاصلة بين الشقق السكنية [A, B, C, D, E, F] عند زمن محاكاة 100 ثانية. ويتبين من الشكل ان انتشارالحريق في جميع النماذج قد غطى الطابق الثاني عدا النموذج A حيث الحريق انتشر في الطابق الثالث وهناك ارتفاع طفيف في الطابق الرابع أيضاً، وفي أغلب النماذج هنالك ارتفاع طفيف في درجات الحرارة في الطابق الثالث.

4-2 نمط توزيع درجات الحرارة عند زمن محاكاة مقداره 200 ثانية

الشكل (7) يعرض نمط توزيع درجات الحرارة عمودياً في المشهد الامامي لمجموعة من النماذج المختلفة للمساحة الفاصلة بين الشقق السكنية [A, B, C, D, E, F] عند زمن محاكاة 200 ثانية، يتبين من الشكل في حالة النموذج A ان تقدم انتشار الحريق قد غطى الطابق الثامن وبدأ انتشار الحريق في الطابق التاسع وقد تلاشى تماماً في الطابق الثاني والثالث، أما في حالة النموذج B فقد غطى انتشار الحريق الطابق السابع وتلاشى تماماً في الطابق الثاني والثالث، وفي حالة النموذج C ايضاً قد غطى انتشار الحريق الطابق السابع وتلاشى تماماً في الطابق الثاني والثالث، وفي حالة النموذج D فقد غطى انتشار الحريق الطابق الخامس وتلاشى في الطابق الثاني والثالث أيضاً، اما النموذجين E و F فقد انتشر الحريق في كلاهما حتى الطابق الخامس وتلاشى تماماً في الطابق الثاني.



الشكل 6: نمط توزيع درجات الحرارة عمودياً عند زمن محاكاة 100 ثانية في الواجهة الامامية لاشكال المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية [A, B, C, D, E, F].

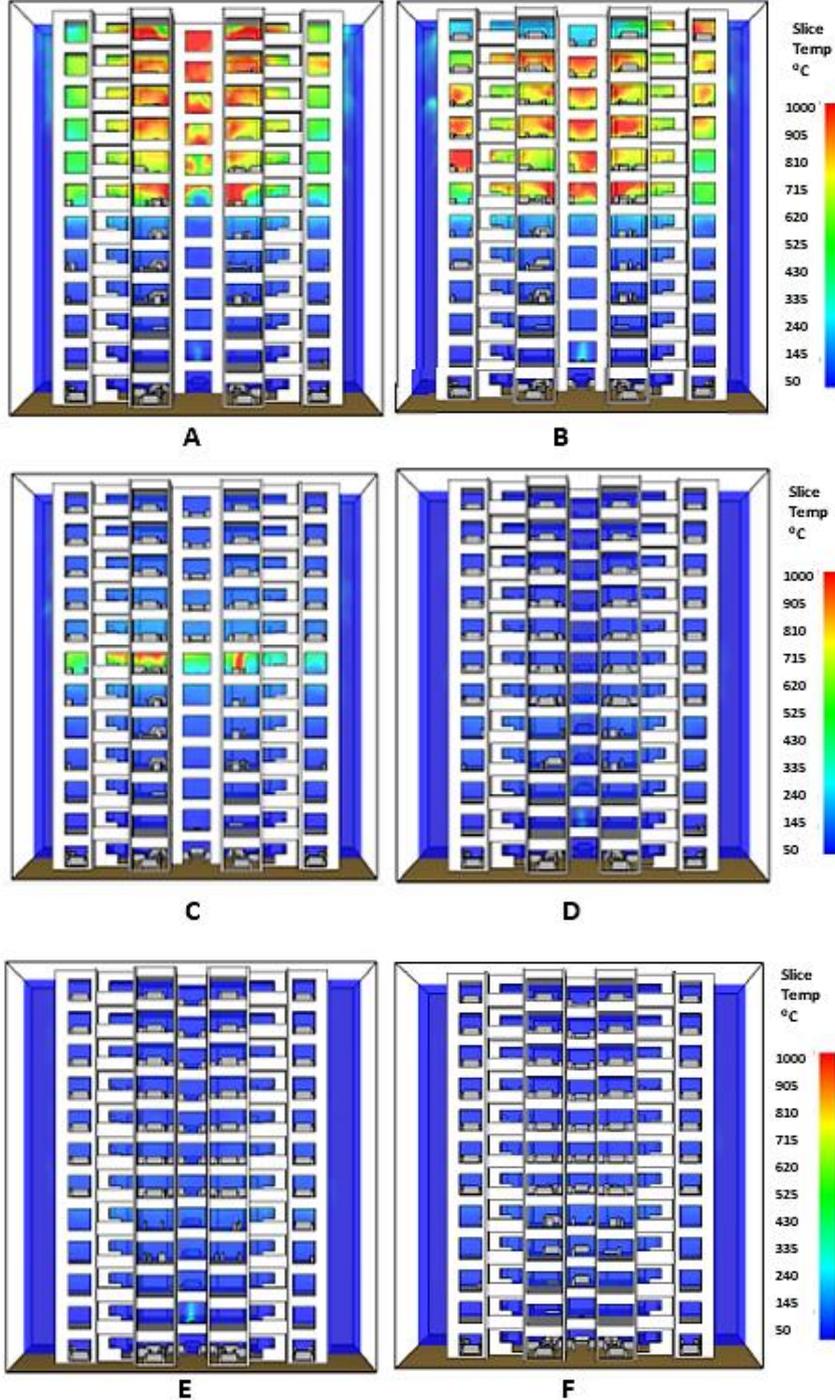


الشكل 7: نمط توزيع درجات الحرارة عمودياً عند زمن محاكاة 200 ثانية في الواجهة الامامية لاشكال المساحة بين الشقق السكنية [A، B، C، D، E، F].

3-4 نمط توزيع درجات الحرارة عند زمن محاكاة مقداره 300 ثانية

الشكل (8) يعرض نمط توزيع درجات الحرارة عموديا في المشهد الامامي لمجموعة من النماذج المختلفة للمساحة الفاصلة بين الشقق السكنية [A، B، C، D، E، F] عند زمن محاكاة 300 ثانية، يتبين من الشكل في حالة النموذج A قد غطى انتشار الحريق الطابق الثاني عشر وتلاشى تماما في الطوابق السفلى حتى الطابق السادس اما في حالة النموذج B فقد غطى انتشار الحريق الطابق الحادي عشر وبدا بالانتشار في الطابق الثاني عشر وقد تلاشى ايضا في الطوابق السفلى حتى الطابق السادس، اما في حالة النموذج C استمر انتشار الحريق في الطوابق السفلية حتى الطابق السادس، وفي حالة النماذج (D و E و F) فان الحريق قد تلاشى في الطوابق الخمسة السفلية تماما والتي نشب فيها الحريق. ومن متابعة المحاكاة لجميع النماذج المختلفة للمساحة الفاصلة بين الشقق السكنية حتى اعلى طابق يصله الحريق تبين ان الحريق وصل الى الطابق الثاني عشر عند زمن محاكاة بحدود 232 ثانية و300 ثانية على التوالي في النموذجين A و B وزمن محاكاة مقداره 200 ثانية عند وصول الحريق الى الطابق السابع في النموذج C و زمن محاكاة مقداره 140 ثانية و 155 ثانية و153 ثانية عند وصول الحريق الطابق الخامس وذلك للنماذج (D و E و F) على التوالي، وبذلك يكون معدل الزمن الذي استغرقه انتشار الحريق في الطابق الواحد هو بحدود 19 ثانية في النموذج A و 25 ثانية في النموذج B و 29 ثانية في النموذج C و 28 ثانية في النموذج D و 31 ثانية في النموذج E و 31 ثانية في النموذج F.

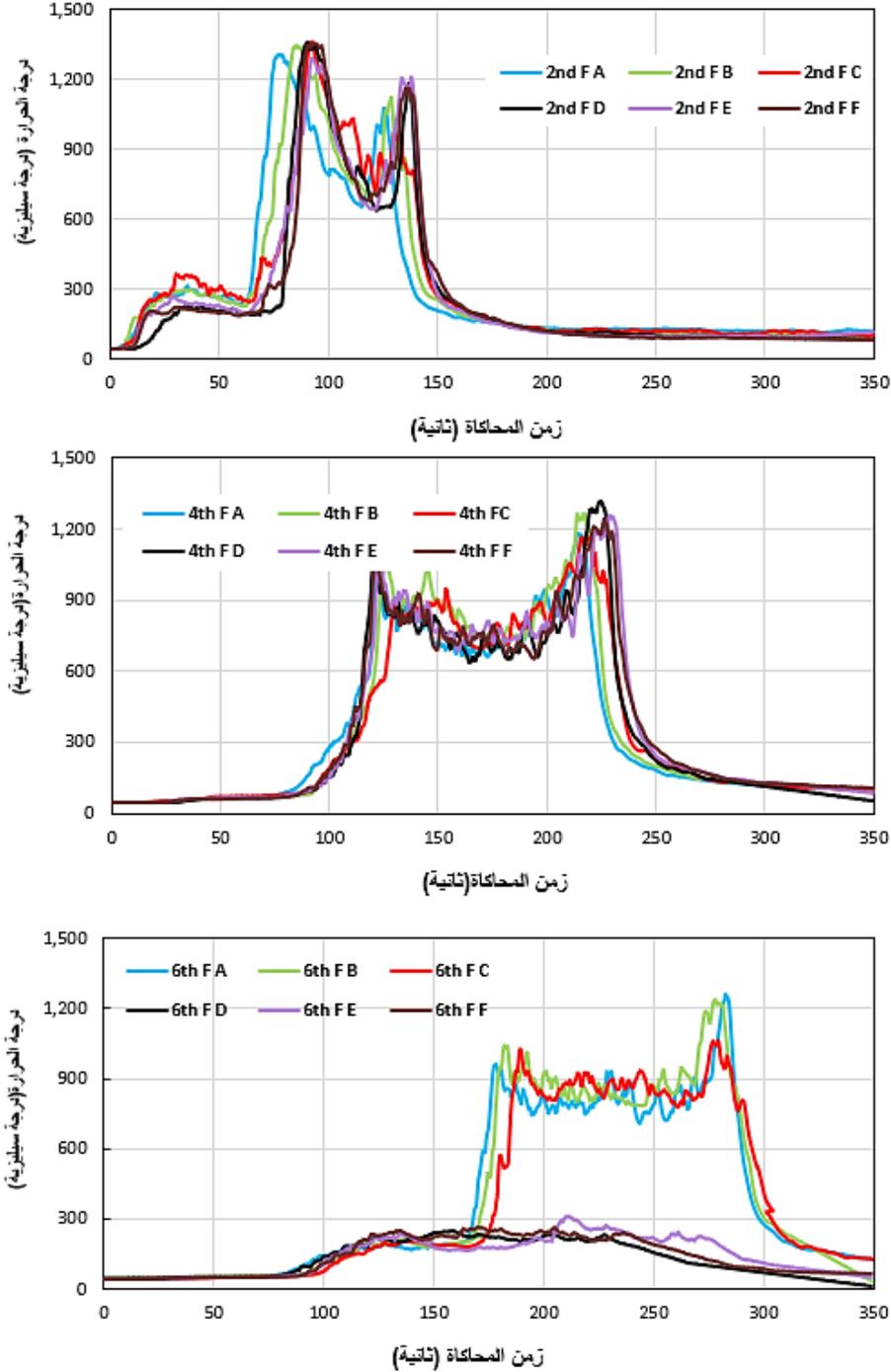
مما تقدم يتوضح ان سرعة انتشار الحريق كانت الأكبر في النموذج A ويبي ذلك في B ثم في النموذج C و الفرق بينهم واضح ثم يليهم الطوابق D و E و F حيث سرعة انتشار الحريق فيهم متقاربة، اي عندما يكون عرض المساحة الفاصلة أكبر فإن تأثير عمقها يكون واضح والعكس صحيح. عامة فان سرعة الحريق تزداد مع زيادة المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية. ومن مقارنة سرعة انتشار الحريق في النموذجين C و D حيث المساحة الفاصلة نفسها ان سرعة انتشار الحريق تناسب طردياً مع نسبة العرض الى العمق للمساحة الفاصلة. وهذه الفروقات ناتجة عن حركة الهواء حيث ان كل من مساحة الفضاء الذي يحدث فيه الحريق والاثاث متطابقة في جميع النماذج.



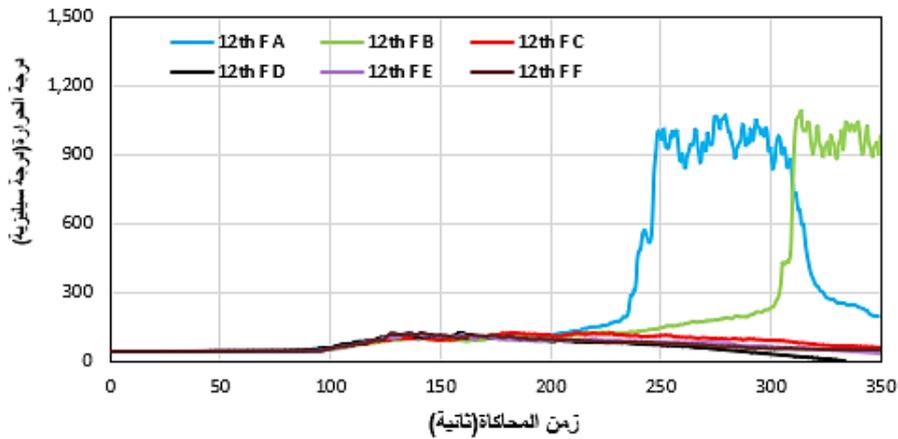
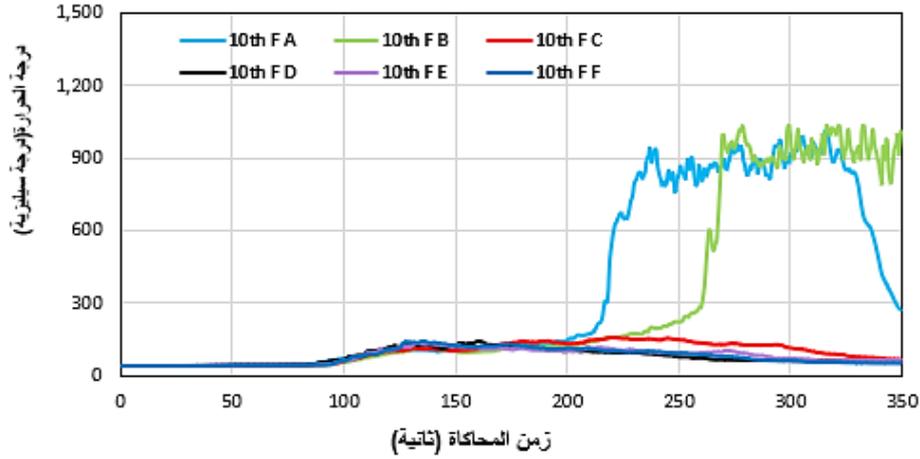
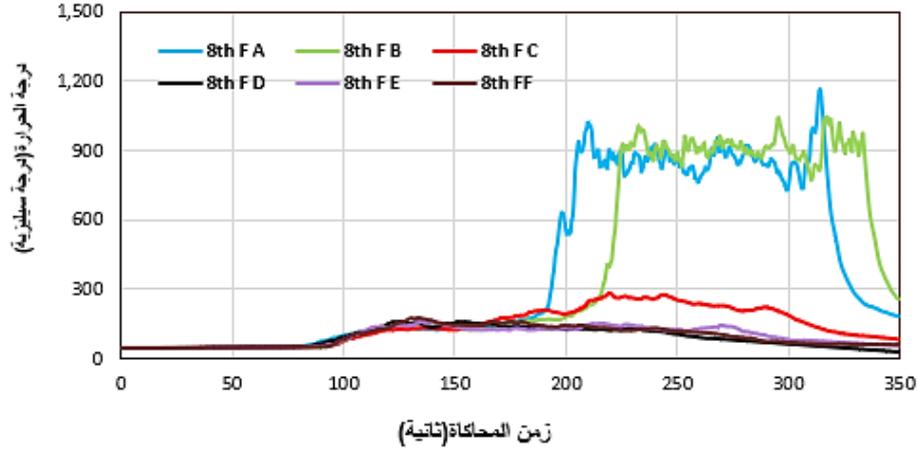
الشكل 8: نمط توزيع درجات الحرارة عمودياً عند زمن محاكاة 300 ثانية في الواجهة الامامية لاشكال المساحة بين الشقق السكنية السكنية [A، B، C، D، E، F].

4-4 تغير درجة الحرارة مع الزمن

يعرض الشكلان 9 و10 تغير درجات الحرارة مع الزمن لعدة طوابق لنماذج المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية [A، B، C، D، E، F] والتي تم قياسها، على مستوى الطابق الثاني فإن نمط تغير درجة الحرارة مع تقدم الزمن متماثل لجميع النماذج حيث بداية الحريق متقاربة في هذا الطابق لجميع النماذج وهي عند زمن محاكاة من 60 ثانية الى 90 ثانية. وعلى مستوى الطابق الرابع كذلك نمط تغير درجات الحرارة متماثل لجميع النماذج مع بداية متقاربة لنشوب الحريق في هذا الطابق لجميع النماذج حيث تتراوح عند زمن محاكاة 120 ثانية الى 130 ثانية. وعلى مستوى الطابق السادس فإن نمط تغير درجة الحرارة عامّةً متماثل بين النماذج A، B، C حيث نشوب وانتشار الحريق عند زمن محاكاة 170 ثانية الى 180 ثانية وكذلك متماثل بين النماذج D، E، F حيث هنالك ارتفاع في درجة الحرارة ولكن لم يصل الى الاتقاد ونشوب حريق في هذا الطابق لهذه النماذج. وعلى مستوى الطابق الثامن فإن نمط تغير درجة الحرارة عامّةً متماثل بين النموذجين A و B مع تفاوت وصول الحريق الى الطابق في النموذجين حيث نشوب وانتشار الحريق عند زمن محاكاة مقداره 200 ثانية في النموذج A وعند زمن محاكاة مقداره 225 ثانية في النموذج B، اما النموذج C فهنالك ارتفاع طفيف في درجات الحرارة ولكن لم يصل الى الاتقاد ونشوب حريق في هذا الطابق لهذا النموذج وعلى مستوى الطابق العاشر فإن نمط تغير درجة الحرارة عامّةً متماثل بين النموذجين A و B مع زيادة التفاوت بين نمطي تغير درجة الحرارة حيث نشوب وانتشار الحريق عند زمن محاكاة مقداره 220 ثانية في النموذج A وعند زمن محاكاة مقداره 260 ثانية في النموذج B. وأخيراً على مستوى الطابق الثاني عشر فإن نمط تغير درجة الحرارة عامّةً متماثل ايضاً بين النموذجين A و B مع زيادة التفاوت اكثر بين نمطي تغير درجة الحرارة حيث نشوب وانتشار الحريق عند زمن محاكاة مقداره 240 ثانية في النموذج A وعند زمن محاكاة مقداره 320 ثانية في النموذج B، ان التفاوت في سرعة انتشار الحريق وعبر الطوابق بين النماذج المختلفة نتيجة تطور اداء الحريق وتأثره بحركة تيارات الهواء المختلفة باختلاف النماذج.



الشكل (9): تغير درجة الحرارة مع زمن المحاكاة عند الطوابق الثاني والرابع والسادس لنماذج المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية [A، B، C، D، E، F].



الشكل (10): تغير درجة الحرارة مع زمن المحاكاة عند الطوابق الثامن والعاشر والثاني عشر لنماذج المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية [A, B, C, D, E, F].

5- الاستنتاجات والتوصيات

طبقاً لمحددات الدراسة ومن خلال تحليل ومناقشة النتائج تم استنتاج الآتي:

- 1- ان سرعة انتشار الحريق كانت الأكبر في النموذج A ويلى ذلك في B ثم في النموذج C و الفرق بينهم واضح ثم يليهم الطوابق D و E و F حيث سرعة انتشار الحريق فيهم متقاربة.
- 2- عند مقارنة المساحات الفاصلة بين الشقق السكنية والمتطابقة فإن سرعة انتشار الحريق تتناسب طردياً مع نسبة العرض الى العمق للمساحة الفاصلة.
- 3- ان معدل زمن المحاكاة لانتشار الحريق في طابق واحد لكل من النماذج [C، D، E، F] يزيد بمقدار 50% و 20% عن ما هو عليه في النموذجين A و B على التوالي.
- 4- كلما كان عرض المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية أكبر فان تأثير عمق المساحة يكون اكثر وضوحا والعكس صحيح.
- 5- عامة ان سرعة انتشار الحريق تزداد مع زيادة المساحة الفاصلة بين الشقق السكنية والعكس صحيح.

وطبقاً لهذه الاستنتاجات يوصي البحث:

1. اختيار المساحة الأقل للمساحات الفاصلة للتقليل من سرعة انتشار الحريق.
2. اختيار العرض الأقل للمساحات الفاصلة للتقليل من سرعة انتشار الحريق

المراجع

- [1] محمد حسن، نوبي. "العمران الرأسي وأمراض الإنسان"، أسيوط، 2001 م.
- [2] H. O. Hamouda, "Evaluation of the safety and security means in high-rise residential buildings Gaza city case study", Master Thesis, Islamic University of Gaza, 2012.
- [3] M. P. Giraldo, J. Avellaneda, A. Lacasta AND C. Burgos, "Numerical-simulation research on building-facade geometry and its effect on fire propagation in wooden facades", In WCTE 2014: World Conference on Timber Engineering: Quebec City, Canada, August 10-14, 2014: Proceedings (pp. 1-8)2014.
- [4] A. A. Alfakhry, "A Comparative Analytical Study of Some External Finishing (Cladding) Material in Terms of Their Ability to Spread Fire in Multi-story Building Facades in Iraq", Journal homepage: <http://iieta.org/journals/ijsse>, 10(5), pp.647-654, 2020.

- [5] M. S. ALI." Regulations and Procedures in Safety on Residential Complexes Against Fire:Case Study (Al Reel Residential ComplexTower) ",M.Sc. Thesis, Sudan University of Science and Technology, 2015.
- [6] C.L. Chow," Numerical studies on smoke spread in the cavity of a double-skin façade", Journal of Civil Engineering and Management, 17(3), 371-392,2011.
- [7] W. YAN, L. JIANG, W. ANc, Y. ZHOUD AND J. SUNb. "Large scale experimental study on the fire hazard of buildings' U-shape façade wall geometry." *Journal of Civil Engineering and Management* 23, no. 4: 455-463,2017.
- [8] W. Yan, J. Li , Y. Shen AND K. Wang, "Experimental investigations on the flame spread of building's vertical U-shape façade." *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry* 147, no. 10: 5961-5971, 2022.
- [9] Z. Zhao, F.Tang, L. Chen, J. Zhang and J. Wen, "Effect of parallel curtain walls on upward flame spread characteristics and mass loss rate over PMMA", *Fire Technology*, 1-20, 2021.
- [10] S. R. Wasan, P. V. Hees and B. Merci, "Study of pyrolysis and upward flame spread on charring materials—Part I: Experimental study." *Fire and Materials* 35, no. 4: 209-229,2011.
- [11] S. R. Wasan, P. Rauwoens, J. Vierendeels, and B. Merci, " Study of vertical upward flame spread on charring materials-Part II: numerical simulations", *Fire Mater.*35: 261-273,2011.
- [12] An, J. T., Y. Jiang, R. Qiu, and Y. Wang. "Numerical study of polyurethane foam fire between narrow vertical parallel walls." *J Saf Sci Technol* 8 (2012): 5-9.
- [13] X. HUANG,J. GAO, Z. ZHOU, J. HU, Y. WU and P. ZHANG, "Research on thermal and central flame spread behaviors over insulation material EPS in different concave structure cases." *Thermal Science* 00: 16-16,2022.
- [14] M. Gai, S.Chen , Y. Tanga , Q, Li and W, An. "Study on the influence of enclosed vertical channels on downward flame spread over XPS thermal insulation materials." *Case Studies in Thermal Engineering* 14: 100486,2019.
- [15] K.M. Grattan, S. Hostikka , J. Floyd, R.McDermott ,and M. Vanella, *Fire Dynamics Simulator User's Guide, Special Publication (NIST SP), (2022).*
<http://dx.doi.org/10.6028/NIST.SP.1019>

-
- [16] Eng, ThunderHead. PyroSim user manual. The RJA Group Inc, Chicago, USA (2022).
<https://support.thunderheadeng.com/docs/pyrosim/2020-2/user-manual/>
- [17] A. M. M. Ahmed, A. F. Mohamed and M. R. Ahmed. "Improving The Fire Performance Of High-Rise Buildings'façade With Nano-Thermal Insulating Materials." Journal of Al-Azhar University Engineering Sector 16, no. 58: 22-33, 2021.
- [18] PyroSim user manual, Thunderhead engineering, 2012.
- [19] D'Orazio, L. Grossi, D.Ursetta, G.Carbotti, and L. Poggi, "Egress from a hospital ward during fire emergency", International Journal of Safety and Security Engineering, Vol. 10, No. 1, (2020). pp. 1-10 <https://doi.org/10.18280/ijssse.100101>.
- [20] E. TRULLI, E.C. RADA, F. CONTI, N. FERRONATO, M. RABONI, L. TALAMONA, and V. TORRETTA "Fire simulation in a full-scale bilevel rail car: experimental analysis to assess passenger safety". International Journal of Safety and Security Engineering, Vol. 8, No. 1, pp.110–120, 2018.