TẠP CHÍ PHÒNG CHÁY VÀ CHỮA CHÁY ĐIỆN TỬ
JOURNAL OF FIRE ONLINE
E-ISSN xxxx-xxxx

Ngày nhận bài: 17/12/2024; Ngày thẩm định: 19/12/2024; Ngày duyệt đăng: 02/01/2025

MÔ PHỎNG ĐÁNH GIÁ HIỆU QUẢ CHỮA CHÁY CỦA HỆ THỐNG CHỮA CHÁY TỰ ĐỘNG BẰNG NƯỚC SPRINKER CHO NHÀ KHO CÓ CHIỀU CAO XẾP HÀNG TRÊN 5,5 MÉT

Thượng tá, TS Nguyễn Đức Ánh
Trưởng phòng Quản lý Nghiên cứu khoa học, Trường Đại học PCCC
*Tác giả liên hệ: Nguyễn Đức Ánh (anhpchp@gmail.com)

***Tóm tắt**: Bài báo trình bày mô hình và kết quả mô phỏng khả năng làm việc của hệ thống chữa cháy tự động bằng nước Sprinkler cho nhà kho có chiều cao xếp hàng trên 5,5m theo tiêu chuẩn NFPA 13:2022. Kết quả mô phỏng cho thấy hệ thống đáp ứng tốt khả năng chữa cháy theo phương án thiết kế đã đặt ra. Hiệu quả chữa cháy của hệ thống phụ thuộc chủ yếu vào chủng loại, thông số và phương pháp lắp đặt các đầu phun nước tự động Sprinkler.*

***Từ khoá**: hệ thống chữa cháy Sprinkler, chiều cao xếp hàng trên 5,5 mét.*

***Abstract**: This article presents the model and simulation results of the operational capacity of an automatic fire sprinkler system using water designed for warehouses with stacking heights exceeding 5.5 meters, in accordance with NFPA 13:2022 standards. The simulation results demonstrate that the system meets the required fire suppression performance based on the proposed design plan. The effectiveness of the system is primarily impacted by the type, specifications, and installation method of the automatic sprinkler heads.*

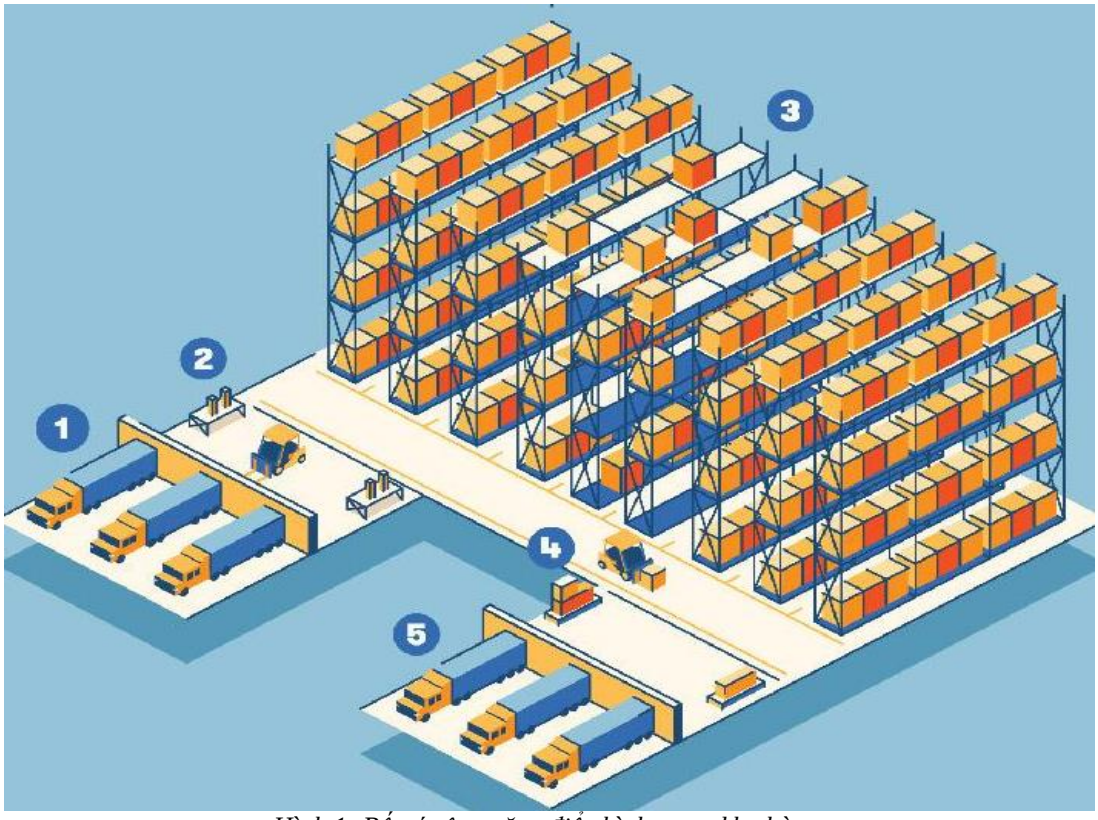
***Keywords**: fire sprinkler system, stacking height of over 5.5 meters.*

1. Đặt vấn đề

Sự phát triển mạnh mẽ của các ngành sản xuất công nghiệp, cũng như các sàn thương mại điện tử gần đây với các doanh nghiệp lớn như: Shopee, Lazada, Tiki… đang là động lực cho xu hướng đầu tư xây dựng và phát triển hạ tầng kho vận tại Việt Nam. Bởi lẽ, hạ tầng kho vận ngày nay không chỉ là nơi lưu giữ hàng hóa, nguyên vật liệu phục vụ sản xuất, kinh doanh mà còn đóng vai trò là nơi gom, nhận đơn hàng, chia nhỏ hàng, đóng gói và phân phối đơn hàng…. Các số liệu khảo sát cho thấy, nhu cầu về nhà kho ở Việt Nam đang là rất lớn và xu thế sẽ tiếp tục được đầu tư xây dựng với số lượng, quy mô lớn hơn, hiện đại hơn, mức độ tự động hóa ngày càng cao hơn nhằm đáp ứng sự phát triển của các nhà bán lẻ, ngành thương mại điện tử, và hỗ trợ ngành công nghiệp sản xuất….

Với mục tiêu tối đa hóa hiệu quả sử dụng đất, các nhà kho đang dần được xây dựng có chiều cao lớn hơn, đồng thời bố trí các giá kệ cao tầng để gia tăng khối lượng hàng hóa lưu trữ. Xu hướng thuê mặt bằng nhà kho lưu trữ hàng hóa trên giá kệ cao tầng có diện tích dưới 1.000m^2 đang gia tăng, diện tích này nhỏ hơn khá nhiều so với diện tích thuê nhà kho truyền thống trước kia.

Công năng điển hình của nhà kho hiện nay gồm 05 khu vực như hình 1:



Hình 1: Bố trí công năng điển hình trong kho hàng.
1. Khu vực bốc dỡ; 2. Khu vực tiếp nhận; 3. Khu vực lưu trữ hàng hóa trên các giá kệ; 4. Khu vực kiểm tra, đóng gói chuẩn bị xuất hàng; 5. Khu vực chuyển hàng.

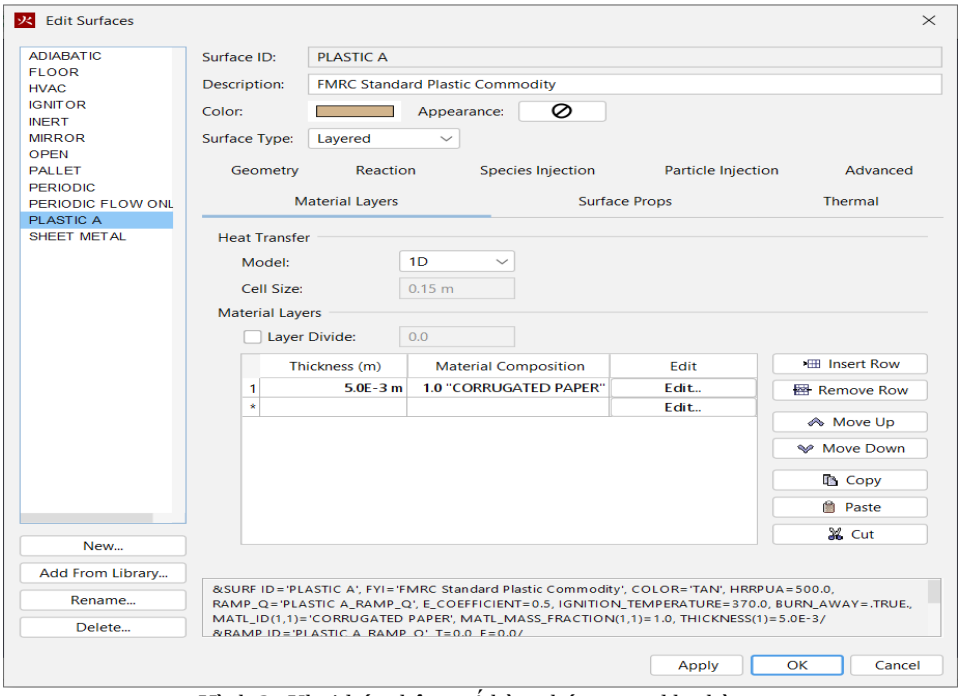
Đối với các nhà kho được xây dựng để lưu trữ hàng hóa, phục vụ trực tiếp quá trình sản xuất tại phân xưởng liền kề thì việc bố trí mặt bằng công năng có thể được rút gọn đi một số khu vực như: khu vực tiếp nhận và lấy hàng; khu vực bốc dỡ và chuyển hàng có thể được thay đổi thành hệ thống các băng chuyền tự động kết nối trực tiếp giữa nhà kho và xưởng sản xuất thay vì việc vận chuyển bằng phương tiện cơ giới…. Việc bố trí công năng và đặc điểm kiến trúc, xây dựng của các nhà kho có chiều cao xếp hàng lớn đòi hỏi việc thiết kế các hệ thống PCCC, trong đó có hệ thống chữa cháy tự động Sprinkler phải áp dụng các tiêu chuẩn quốc tế, bởi TCVN 7336 - 2021 chỉ áp dụng cho hệ thống chữa cháy Sprinkler đối với gian phòng có chiều cao đến 20m và chiều cao xếp hàng đến 5,5m. Vì vậy, việc nghiên cứu mô phỏng, đánh giá hiệu quả của các giải pháp bố trí hệ thống Sprinkler cho các kho hàng với chiều cao xếp hàng lớn hơn 5,5m so với phạm vi điều chỉnh của tiêu chuẩn Việt Nam trong quá trình thiết kế, thẩm duyệt là rất cần thiết.

2. Mô hình mô phỏng hệ thống chữa cháy tự động Sprinkler cho nhà kho có chiều cao xếp hàng lớn hơn 5,5m

- Công cụ mô phỏng: chọn phần mềm mô phỏng đám cháy Pyrosim, là phần mềm phát triển trên nền tảng FDS (Fire Dynamics Simulation) của Viện Tiêu chuẩn Quốc gia Hoa Kỳ (NIST).... Phần mềm có thể tích hợp với AutoCAD (DXF) hay Revit (FBX) cho việc tạo dựng các mô hình phức tạp. Pyrosim được khai thác chủ yếu để giải quyết các bài toán thực tế trong công tác đảm bảo an toàn cháy cho nhà và công trình. Bên cạnh đó, nó cũng được khai thác như một công cụ phục vụ cho nghiên cứu cơ bản về sự cháy và mô phỏng động lực học đám cháy.

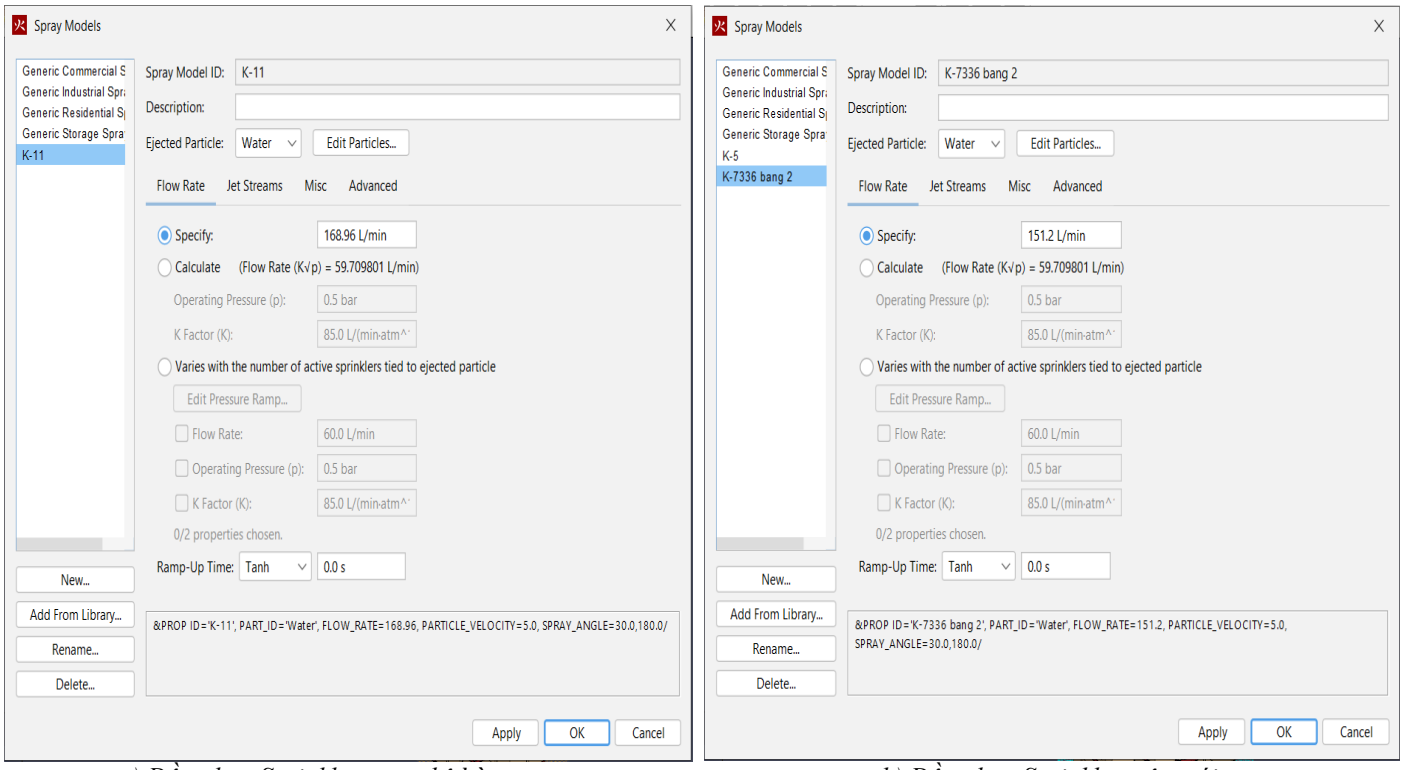
- Nhà kho sử dụng mô phỏng có kích thước: dài 10m, rộng 8m, cao 25m.

- Đặc điểm sắp xếp hàng hóa trên kệ hàng: vật liệu chứa trong nhà kho là nhựa nhóm A, được xếp trong các thùng carton kích thước (1,35x1,35x1,35)m và xếp trên pallet; các kệ hàng được đặt cách nhau 1,2m; chiều cao xếp hàng 22,35m. Thông số hàng hóa của nhà kho được khai báo như hình 2:



Hình 2: Khai báo thông số hàng hóa trong kho hàng.

- Đầu phun Sprinkler sử dụng cho nhà kho là loại Sprinkler phản ứng nhanh, có chỉ số thời gian phản ứng nhiệt RTI ≤ 50 $(m.s)^{0.5}$. Thông số kỹ thuật của đầu phun lắp đặt trong giá kệ hàng và đầu phun lắp đặt trên mái (ngưỡng tác động nhiệt, hệ số lưu lượng K, hướng lắp đặt, đặc tính phân bố nước…) được lấy theo NFPA13:2022, theo các phương án khác nhau và được khai báo trên phần mềm như hình 3:

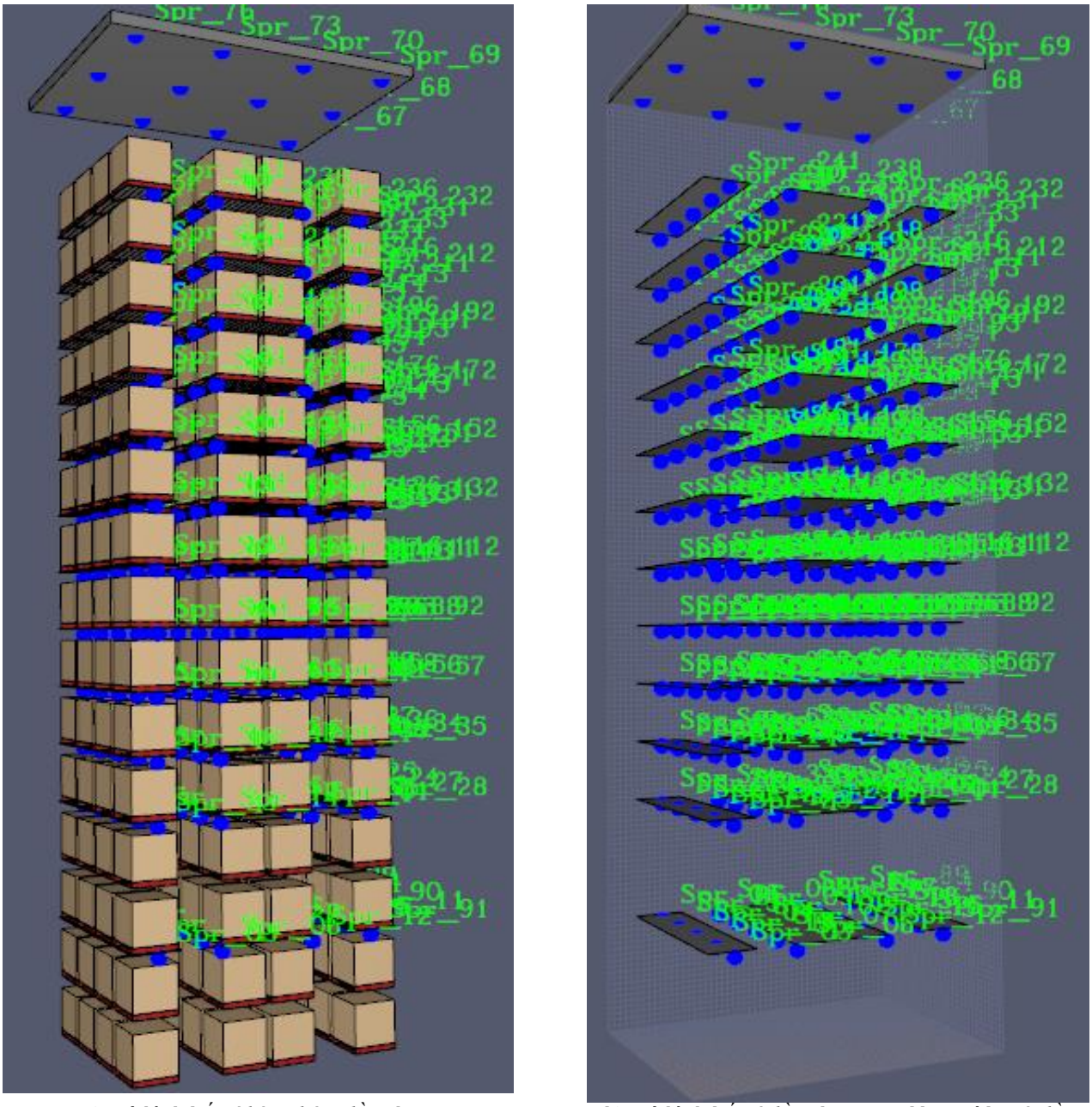


a) Đầu phun Sprinkler trong kệ hàng. *b) Đầu phun Sprinkler trên mái.*

Hình 3: Khai báo thông số đầu phun Sprinkler.

- Giữa các giá kệ hàng hóa sử dụng các tấm chắn ngang để chia hàng hóa thành nhiều tầng khác nhau. Theo quy định của NFPA 13:2022, khoảng cách giữa tấm chắn đầu tiên và sàn nhà kho không được quá 3,0m; khoảng

cách giữa tấm chắn đầu và tấm chắn thứ 2 không quá 3m; khoảng cách giữa các tấm chắn còn lại không quá 1,5m khoảng cách giữa các đầu phun trong giá kệ là 1,5m với kệ hàng đơn, 2,85m với kệ hàng đôi. Các đầu phun được đặt dưới tấm chắn dạng đặc bằng thép có độ dầy 0,78mm. Mô hình bố trí hàng hóa và đầu phun Sprinkler trong giá kệ hàng và Sprinkler trên mái với nhà kho có chiều cao xếp hàng trên 5,5m như hình 4:



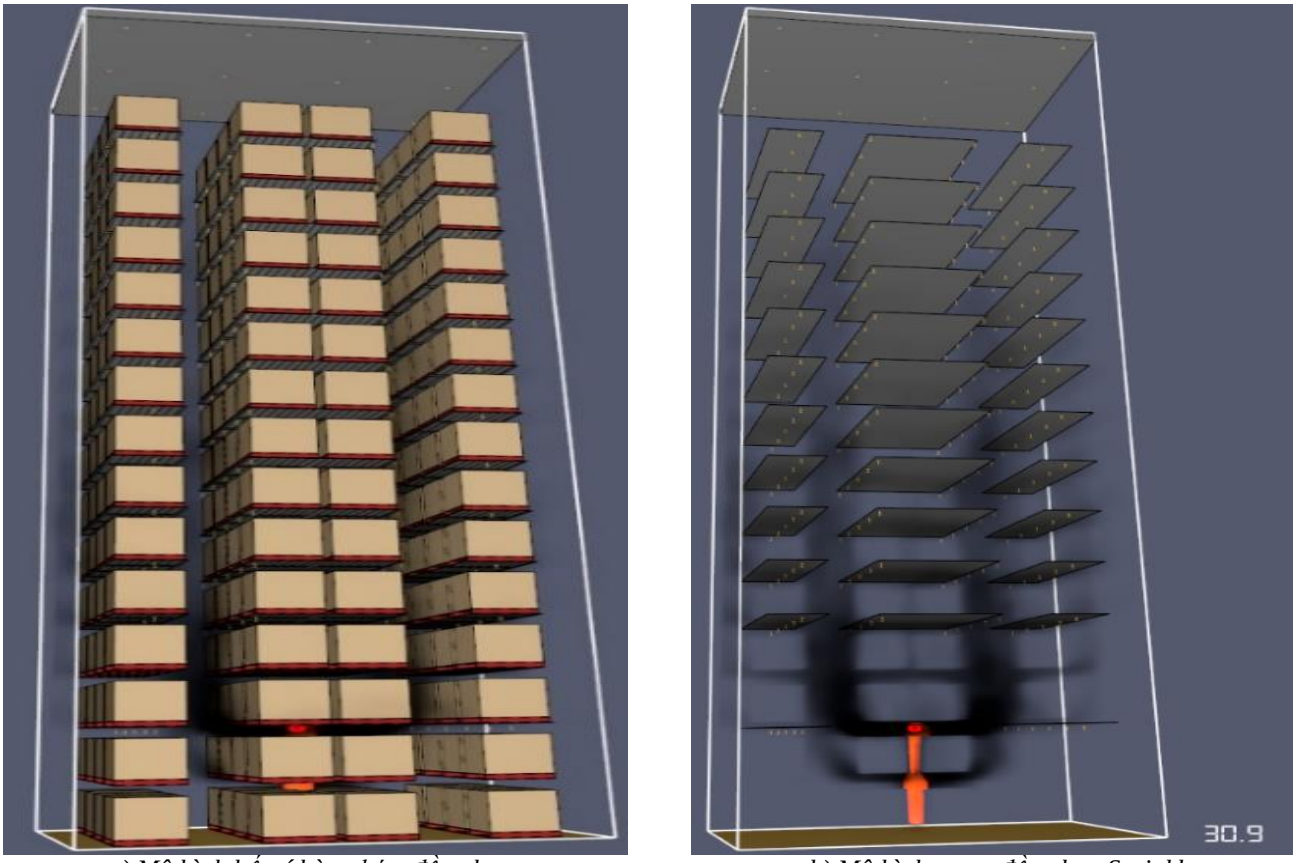
a) Mô hình bố trí hàng hóa, đầu phun.

b) Mô hình bố trí đầu phun Sprinkler giá kệ và đầu phun Sprinkler mái.

Hình 4: Mô hình bố trí hàng hóa và đầu phun Sprinkler.

3. Kết quả mô phỏng

Với cách bố trí hàng hóa và mạng đầu phun Sprinkler trong giá kệ, Sprinkler trên mái như hình 4, thời gian thực hiện mô phỏng 3600s. Kết quả mô phỏng như sau:

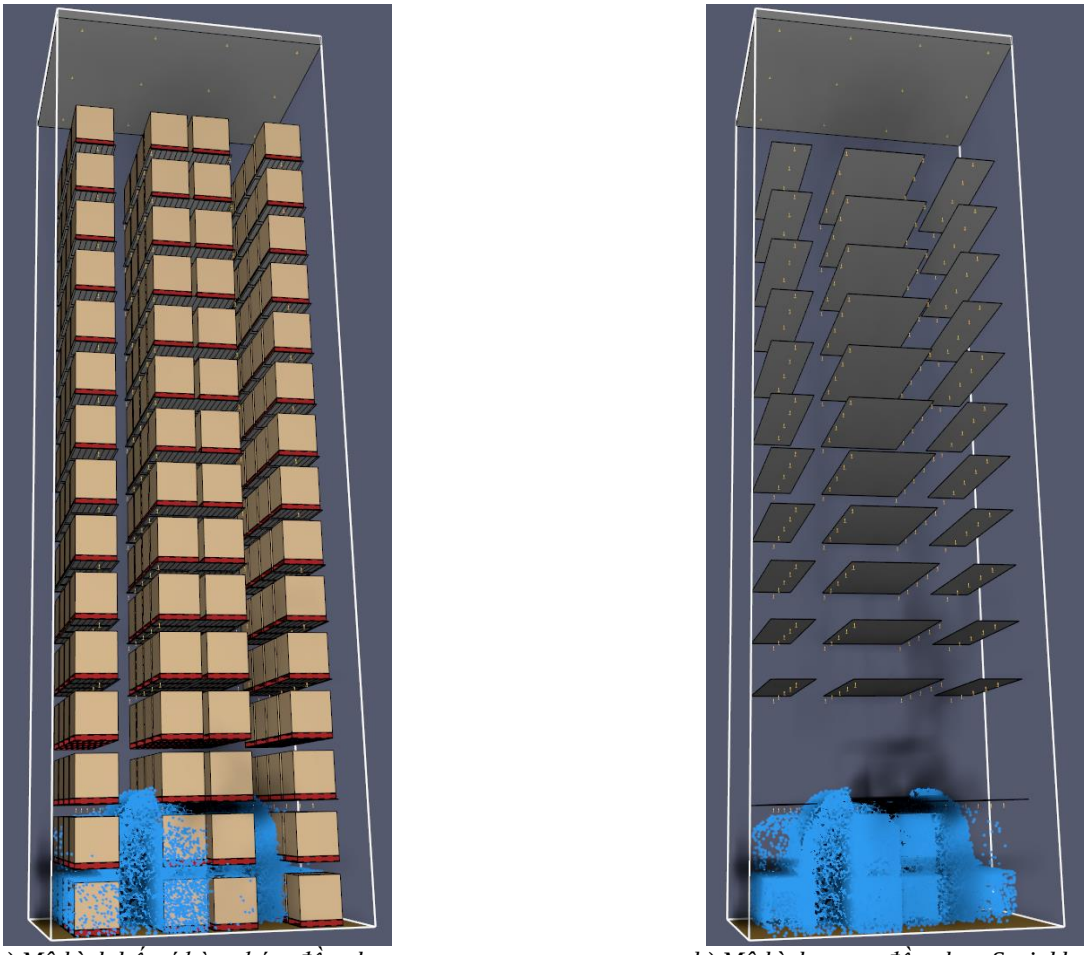


a) Mô hình bố trí hàng hóa, đầu phun. *b) Mô hình mạng đầu phun Sprinkler.*

Hình 5: Kết quả mô phỏng giai đoạn đám cháy mới phát sinh.

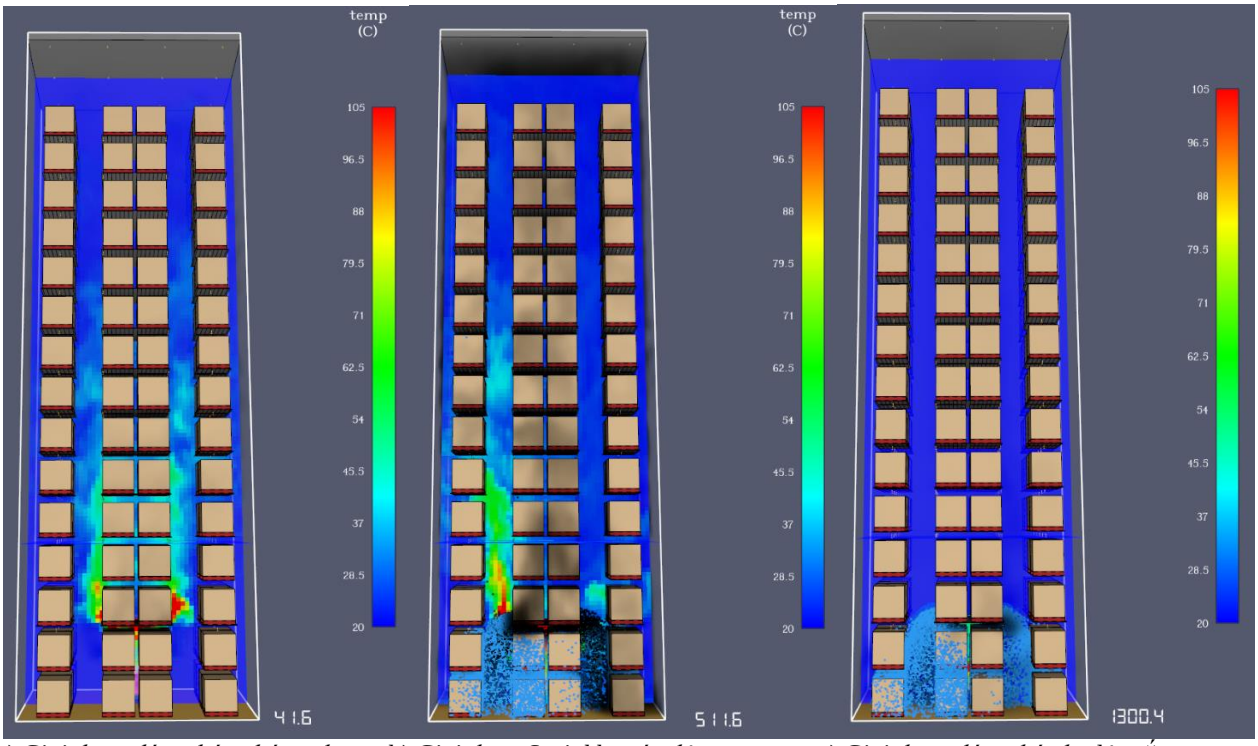
a) Mô hình bố trí hàng hóa, đầu phun. *b) Mô hình mạng đầu phun Sprinkler.*

Hình 6: Kết quả mô phỏng giai đoạn khi đầu phun Sprinkler bắt đầu kích hoạt.



a) Mô hình bố trí hàng hóa, đầu phun. *b) Mô hình mạng đầu phun Sprinkler.*

Hình 7: Kết quả mô phỏng giai đoạn đám cháy bị dập tắt.



a) Giai đoạn đám cháy phát sinh. *b) Giai đoạn Sprinkler tác động.* *c) Giai đoạn đám cháy bị dập tắt.*

Hình 8: Giản đồ phân bố nhiệt độ các giai đoạn của đám cháy.

Kết quả mô phỏng cho thấy, ở giai đoạn ban đầu (tại thời điểm 30,9s) đám cháy phát sinh, phát triển và bắt đầu lan rộng, khói lan theo các khe, khoảng hở dịch chuyển lên trên, nhiệt độ tại vị trí lắp đầu phun Sprinkler trên giá kệ đang tăng dần, tuy nhiên chưa đạt ngưỡng tác động nên đầu phun chưa bị kích hoạt.

Tại thời điểm 165,2s như trong hình 6, có 05 đầu phun đã bị tác động phun nước chữa cháy, khói đen bao phủ dày đặc nhà kho. Tuy nhiên, vùng tác động nhiệt của đám cháy đã được kiểm soát, thu hẹp dần.

Tại thời điểm 1300,4s với 06 đầu phun đã được kích hoạt chữa cháy, đám cháy được dập tắt hoàn toàn. Giản đồ phân bố nhiệt độ trên hình 8 cho thấy nhiệt độ vùng cháy đã giảm xuống dưới nhiệt độ duy trì sự cháy, lượng khói sinh ra từ đám cháy đã giảm đáng kể, duy trì tầm nhìn bình thường.

4. Kết luận

Việc áp dụng các Tiêu chuẩn nước ngoài được chấp thuận ở Việt Nam để giải quyết các bài toán bảo vệ an toàn PCCC cho các kho lưu trữ hàng hóa trên kệ hàng cao trên 5,5m là cần thiết trong bối cảnh phạm vi điều chỉnh của các tiêu chuẩn hiện hành tại Việt Nam chưa đầy đủ. Tuy nhiên, để đảm bảo hiệu quả chữa cháy của các giải pháp, việc lựa chọn phương án thiết kế và chọn đúng chủng loại đầu phun Sprinkler đóng vai trò rất quan trọng. Do đó, các đơn vị tư vấn thiết kế cũng như lực lượng Cảnh sát PCCC&CNCH làm công tác thẩm duyệt cần sử dụng thêm các công cụ mô phỏng để kiểm tra, đánh giá hiệu quả của các giải pháp để áp dụng một cách chính xác, mang lại hiệu quả bảo vệ cao.■

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Bộ Công an (2023), *Quyết định số 4158/QĐ-BCA-PCCC&CNCH về việc chấp thuận tiêu chuẩn nước ngoài, tiêu chuẩn quốc tế về phòng cháy chữa cháy ở Việt Nam*, Hà Nội.

2. Bộ Khoa học và Công nghệ (2021), *TCVN 7336:2021 Phòng cháy chữa cháy - Hệ thống chữa cháy tự động bằng nước, bọt - Yêu cầu thiết kế và lắp đặt*, Hà Nội.

3. National Fire Protection Association (2022), *NFPA 13:2022 Standard for the Installation of Sprinkler Systems.*

4. Nguyễn Hữu An (2023), *Báo cáo Tổng hợp đề tài khoa học "Nghiên cứu giải pháp lắp đặt hệ thống chữa cháy tự động bằng nước sprinkler cho nhà kho có chiều cao trên 20m", mã số SCN.2022.T06.11*, Hà Nội.