



AIR LAB
ul. Dobra 13, Łomna Las
05-152 Czosnów

ANALIZA SKUTECZNOŚCI PRACY WENTYLACJI POŻAROWEJ I BYTOWEJ W GARAŻU PODZIEMNYM

Adres inwestycji	Garaż podziemny pod budynkiem mieszkalnym wielorodzinnym ul. Kościelniaka, Ustka dz. nr ew. 2880 obręb 0001 Ustka kompleks A
Zakres opracowania	Analiza numeryczna CFD systemu wentylacji pożarowej i bytowej dla garażu podziemnego pod budynkiem mieszkalnym wielorodzinnym przy ul. Kościelniaka w Ustce

Analiza została przygotowana w oparciu o charakterystyki i profile pracy urządzeń AERECO.
Analiza nie może być stosowana do innych modeli urządzeń bez zgody autora analizy.

Autorzy opracowania

Opracowanie:

mgr inż. Robert Siedlec

Podpis

Miejsce opracowania:

Warszawa

Data opracowania:

SIERPIEŃ 2023

Numer opracowania:

23.E.59.1.1

Weryfikacja:

mgr inż. Adam Dorsz

Podpis

SPIS TREŚCI:

1. CEL I PRZEDMIOT OPRACOWANIA	3
2. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU	4
3. OPIS INSTALACJI WENTYLACJI POŻAROWEJ	6
4. SCENARIUSZE POŻAROWE	8
5. OPIS INSTALACJI WENTYLACJI BYTOWEJ.....	11
6. KRYTERIA OCENY SKUTECZNOŚCI PRACY SYSTEMU WENTYLACJI.....	14
7. CZAS EWAKUACJI.....	15
8. NARZĘDZIE OBLICZENIOWE.....	17
9. ZAŁOŻENIA DO MODELU CFD	18
10. WYNIKI SYMULACJI	20
10.1. Scenariusz pożarowy SD.1.1.1	20
10.2. Scenariusz pożarowy SD.1.1.2	29
10.3. Scenariusz pożarowy SD.1.2.1	38
10.4. Scenariusz pożarowy SD.1.2.2	47
10.5. Scenariusz pożarowy SD.2.1	56
10.6. Scenariusz pożarowy SD.2.2.1	65
10.7. Scenariusz pożarowy SD.2.2.2	74
10.8. Scenariusz pożarowy T.1.1	83
10.9. Scenariusz pożarowy T.2.1	84
10.10. Scenariusz bytowy B.1.1	85
10.11. Scenariusz bytowy B.2.1	86
11. PODSUMOWANIE I WNIOSKI.....	87
12. PODSTAWY MERYTORYCZNE.....	90

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

1. CEL I PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest analiza skuteczności pracy wentylacji oddymiającej i bytowej w podziemnym garażu zamkniętym pod budynkiem mieszkalnym wielorodzinnym przy ul. Kościelniaka w Ustce, dz. nr ew. 2880 obręb 0001 Ustka.

Opracowanie jest przygotowywane w odniesieniu do obowiązku stosowania wentylacji oddymiającej w strefie pożarowej garażu zamkniętego uruchamianej za pomocą systemu wykrywania dymu, w przypadku gdy ta strefa nie posiada bezpośredniego wjazdu lub wyjazdu z budynku lub gdy jej powierzchnia przekracza 1500 m² (§ 277. ust. 4 Obwieszczenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2019, poz. 1065) [1]

Zgodnie z § 270. ust 1. pkt. 1 Obwieszczenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2019, poz. 1065) „Instalacja wentylacji oddymiającej powinna: usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych, nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację.” [1]

Celem analizy jest weryfikacja scenariuszy pożarowych w odniesieniu do warunków panujących na drogach ewakuacyjnych oraz warunków panujących podczas działań ekip ratowniczo-gaśniczych.

W myśl rozumienia Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków i innych obiektów budowlanych i terenów z dnia 7.06.2010, Dz. U. 109, poz 719 § 2. ust. 1 pkt. 10 za zabezpieczenie poziomych dróg ewakuacyjnych uznaje się zabezpieczenie przed utrzymywaniem się na drogach ewakuacyjnych dymu w ilości, która ze względu na ograniczenie widoczności lub toksyczności uniemożliwiałaby bezpieczną ewakuację”

Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem metod obliczeniowej mechaniki płynów (CFD z ang. Computational Fluid Dynamics), umożliwiających modelowanie zjawisk fizycznych zachodzących podczas pożaru oraz pracy systemu wentylacji oddymiającej. Szczegółowa analiza przy wykorzystaniu metod obliczeniowej mechaniki płynów stanowi rozbudowane narzędzie w inżynierii bezpieczeństwa pożarowego pozwalające na przewidywanie rozchodzenia się dymu i ciepła w rozważanym obiekcie.

Podstawę merytoryczną do sporządzenia opracowania stanowią wymagania zawarte w polskich wytycznych: „Systemy wentylacji pożarowej garaży, Projektowanie, ocena, odbiór” wydane przez Instytut Techniki Budowlanej w 2015 roku w Warszawie [8].

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

2. CHARAKTERYSTYKA OBIEKTU

Garaż obejmuje 1 kondygnację stanowiącą 2 strefy pożarowe, w której wyodrębniono 4 strefy detekcji dymu.

Garaż przeznaczony jest dla samochodów osobowych. Dostępna liczba miejsc parkingowych wynosi 242 miejsca zaś powierzchnia całkowita garaży wynosi ok 6980 m². Dane dotyczące liczby dostępnych miejsc parkingowych, powierzchni całkowitej oraz wysokości garażu zostały przedstawione w poniższej tabeli:

	Kondygnacja -1
Liczba miejsc postojowych [-]:	202
Wysokość minimalna [m]:	2,8
Wysokość maksymalna [m]:	3,3
Powierzchnia [m ²]	7382*

*wraz z powierzchnią komórek lokatorskich

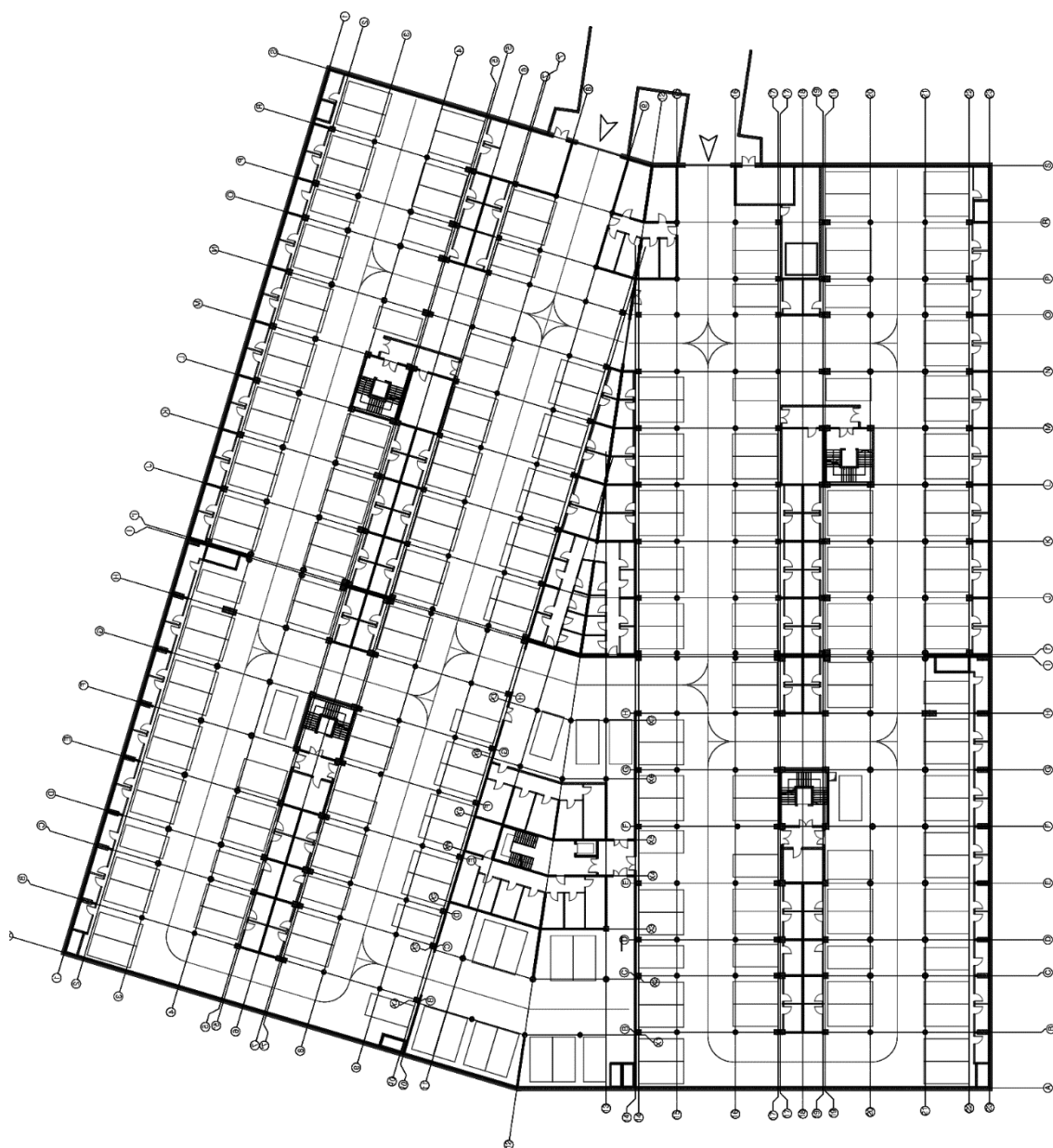
W garażu zaprojektowano 4 strefy detekcji dymu SD.1.1, SD.1.2, SD.2.1 oraz SD.2.2, których powierzchnia wynosi około:

	SD.1.1	SD.1.2	SD.2.1	SD.2.2
Powierzchnia stref detekcji [m ²]	1989*	1935*	1270*	2188*

*wraz z powierzchnią komórek lokatorskich

Ze stref pożarowych istnieje możliwość ewakuacji przez 11 wyjść ewakuacyjnych. W strefie detekcji dymu SD.1.1 przez 4 wyjścia ewakuacyjne, w strefie detekcji dymu SD.1.2 przez 2 wyjścia ewakuacyjne, w strefie detekcji dymu SD.2.1 przez 3 wyjścia ewakuacyjne oraz w strefie detekcji dymu SD.2.2 przez 2 wyjścia ewakuacyjne. Użytkownikami garażu są przede wszystkim mieszkańcy, osoby zaznajomione z planem garażu. Dostęp do wyjść ewakuacyjnych nie jest ograniczony. Rzut rozważanego garażu został przedstawiony na rys. 1.

W garażu przewidziano bezkanałowy mechaniczny system wentylacji wykorzystujący wentylatory indukcyjne do transportu powietrza od punktów nawiewnych do punktów wyciągowych powodując jednocześnie rozcieńczanie i przetłaczanie zanieczyszczonego powietrza oraz wentylatory wyciągowe do usuwania powietrza zanieczyszczonego na zewnątrz budynku.



Rys. 1 Rzut garażu, kondygnacja -1

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

3. OPIS INSTALACJI WENTYLACJI POŻAROWEJ

W garażu został zaprojektowany bezkanałowy mechaniczny system wentylacji firmy AERECO EXIT GP. System w celu transportu gazów pożarowych wykorzystuje wentylatory indukcyjne rozmieszczone pod stropem garażu oraz wentylatory wyciągowe służące do usuwania dymu oraz gazów pożarowych na zewnątrz budynku. Wentylatory indukcyjne oprócz transportu dymu oraz gazów pożarowych od punktów nawiewnych do punktów wyciągowych powodują jednocześnie mieszanie ich z powietrzem.

System ten oparty jest na zastosowaniu równoległego układu, zamontowanych w podstropowej przestrzeni garażu wentylatorów osiowych transferowych (indukcyjnych) typ EGP.TUC wyposażonych w tłumiki po stronie wlotowej i wylotowej. Powietrze przetłaczane jest w kierunku głównych szachtów wyciągowych.

Dla garażu zaprojektowano dwie strefy pożarowe, dla których przewiduje się cztery strefy detekcji dymu. W skład systemu oddymiania wchodzi wentylatory oddymiające EGP.AFL o łącznej wydajności 180 000 m³/h, wentylatory indukcyjne EGP.TUC. Zarówno wentylatory wyciągowe jak i indukcyjne zostały wykonane w klasie odporności ogniowej F400₁₂₀.

Wentylatory indukcyjne uruchomione zostaną po czasie niezbędnym do ewakuacji użytkowników z przestrzeni garażowej.

Nawiew odbywać się będzie przez bramę wjazdową sterowaną systemem z SSP zgodnie z przyjętym scenariuszem pożarowym, otwieraną w czasie pożaru oraz poprzez punkty kompensacji naturalnej.

Na rysunku 2 przedstawiono ideowy schemat działania instalacji wentylacji pożarowej zastosowanej w rozważanym garażu podziemnym. Oznaczenia na schemacie odnoszą się do: PKN - punkt kompensacji naturalnej, PWM – punkt wentylacji mechanicznej, WE – wyjście ewakuacyjne, WI – wentylator indukcyjny, KD – kurtyna dymowa, KO – kurtyna opuszczana, BP – brama pożarowa



Rys. 2 Schemat działania instalacji wentylacji pożarowej na kondygnacji -1

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

4. SCENARIUSZE POŻAROWE

Dla każdej ze stref detekcji dymu w symulacji przyjęto odrębny scenariusz pożarowy zakładający przedstawioną poniżej sekwencję zdarzeń:

POŻAR STREFA SD.1.1

Obiekt	Wydajność [m³/h]	Tryb pracy	Czas uruchomienia względem początku pożaru (symulacja) [s]	Czas uruchomienia względem detekcji II stopnia (matryca sterowań) [s]
PWM.1.1	180 000	wyciąg	60	0
WI.-1.1	bieg II	-	360	300
WI.-1.2	bieg II	-	360	300
WI.-1.3	bieg II	-	360	300
WI.-1.4	bieg II	-	360	300
WI.-1.5	bieg II	-	360	300
WI.-1.6	bieg II	-	360	300
WI.-1.7	bieg II	-	360	300
WI.-1.8	bieg II	-	360	300
WI.-1.9	bieg II	-	360	300
WI.-1.10	bieg II	-	360	300
WI.-1.11	bieg II	-	360	300
WI.-1.12	bieg II	-	360	300
WI.-1.13	bieg II	-	360	300
WI.-1.14	bieg II	-	360	300
PKN.1.1	-	otwarty	0	0
PKN.1.2	-	otwarty	0	0
PKN.1.3	-	brama otwarta	60	0
PKN.1.4	-	otwarty	0	0
BP.1.1	-	brama zamknięta	60	0
BP.1.2	-	brama zamknięta	60	0

POŻAR STREFA SD.1.2

Obiekt	Wydajność [m³/h]	Tryb pracy	Czas uruchomienia względem początku pożaru (symulacja) [s]	Czas uruchomienia względem detekcji II stopnia (matryca sterowań) [s]
PWM.1.2	180 000	wyciąg	60	0
WI.-1.1	bieg II	-	360	300
WI.-1.2	bieg II	-	360	300
WI.-1.3	bieg II	-	360	300
WI.-1.4	bieg II	-	360	300

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

WI.-1.6	bieg II	-	360	300
WI.-1.8	bieg II	-	360	300
WI.-1.9	bieg II	-	360	300
WI.-1.10	bieg II	-	360	300
WI.-1.11	bieg II	-	360	300
WI.-1.12	bieg II	-	360	300
WI.-1.13	bieg II	-	360	300
PKN.1.1	-	otwarty	0	0
PKN.1.2	-	otwarty	0	0
PKN.1.3	-	brama otwarta	60	0
PKN.1.4	-	otwarty	0	0
BP.1.1	-	brama zamknięta	60	0
BP.1.2	-	brama zamknięta	60	0
KO.1.1	-	kurtyna opuszczona	60	0

POŻAR STREFA SD.2.1

Obiekt	Wydajność [m³/h]	Tryb pracy	Czas uruchomienia względem początku pożaru (symulacja) [s]	Czas uruchomienia względem detekcji II stopnia (matryca sterowań) [s]
PWM.2.1	180 000	wyciąg	60	0
WI.2.1	bieg II	-	360	300
WI.2.2	bieg II	-	360	300
WI.2.3	bieg II	-	360	300
WI.2.4	bieg II	-	360	300
WI.2.5	bieg II	-	360	300
WI.2.6	bieg II	-	360	300
WI.2.7	bieg II	-	360	300
WI.2.8	bieg II	-	360	300
WI.2.9	bieg II	-	360	300
WI.2.10	bieg II	-	360	300
WI.2.11	bieg II	-	360	300
WI.2.12	bieg II	-	360	300
WI.2.13	bieg II	-	360	300
WI.2.14	bieg II	-	360	300
WI.2.15	bieg II	-	360	300
PKN.2.1	-	otwarty	0	0
PKN.2.2	-	otwarty	0	0
PKN.2.3	-	brama otwarta	60	0
PKN.2.4	-	otwarty	0	0
PKN.2.5	-	otwarty	0	0

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

BP.1.1	-	brama zamknięta	60	0
BP.1.2	-	brama zamknięta	60	0

POŻAR STREFA SD.2.2

Obiekt	Wydajność [m³/h]	Tryb pracy	Czas uruchomienia względem początku pożaru (symulacja) [s]	Czas uruchomienia względem detekcji II stopnia (matryca sterowań) [s]
PWM.2.2	180 000	wyciąg	60	0
WI.2.1	bieg II	-	360	300
WI.2.2	bieg II	-	360	300
WI.2.3	bieg II	-	360	300
WI.2.5	bieg II	-	360	300
WI.2.6	bieg II	-	360	300
WI.2.8	bieg II	-	360	300
WI.2.9	bieg II	-	360	300
WI.2.10	bieg II	-	360	300
WI.2.11	bieg II	-	360	300
WI.2.12	bieg II	-	360	300
WI.2.13	bieg II	-	360	300
WI.2.14	bieg II	-	360	300
WI.2.15	bieg II	-	360	300
PKN.2.1	-	otwarty	0	0
PKN.2.2	-	otwarty	0	0
PKN.2.3	-	brama otwarta	60	0
PKN.2.4	-	otwarty	0	0
PKN.2.5	-	otwarty	0	0
BP.1.1	-	brama zamknięta	60	0
BP.1.2	-	brama zamknięta	60	0
KO.2.1	-	kurtyna opuszczona	60	0

Przyjęte skróty odnoszą się do: PWM – punkt wentylacji mechanicznej, PKN - punkt kompensacji naturalnej, WI – wentylator indukcyjny.

W dalszej części opracowania dla scenariuszy pożarowych odnoszących się do wszystkich stref dymowych rozważono przypadki odpowiadające różnym lokalizacjom projektowych pożarów, zgodnie z rozdziałem 9.

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

5. OPIS INSTALACJI WENTYLACJI BYTOWEJ

W garażu został zaprojektowany bezkanałowy mechaniczny system wentylacji firmy AERECO EXIT GP. System w celu transportu zanieczyszczonego powietrza wykorzystuje wentylatory indukcyjne rozmieszczone pod stropem garażu oraz główny wentylator wyciągowy służący do usuwania zanieczyszczonego powietrza na zewnątrz budynku. Wentylatory indukcyjne oprócz transportu powietrza od punktów nawiewnych do punktów wyciągowych powodują jednocześnie rozcieńczanie zanieczyszczeń.

System ten oparty jest na zastosowaniu równoległego układu zamontowanych w podstropowej przestrzeni garażu wentylatorów osiowych transferowych (indukcyjnych) wyposażonych w tłumiki po stronie wlotowej i wylotowej. Powietrze przetłaczane będzie w kierunku punktu wyciągowego wentylacji bytowej.

Wentylacja bytowa będzie sterowana w funkcji progów określanych przez detektory CO lub LPG oraz czasowo zgodnie z funkcją godzinową i tygodniową. Nastawy czasowe mogą być dostosowane do indywidualnych wymagań administracji garażu.

Wyrzut powietrza z garażu jest realizowany za pomocą wyrzutni zlokalizowanej na dachu budynku. Systemysterowany jest na podstawie poniższego scenariusza działania dla II progu detekcji:

STREFA DETEKCJI

B.1.1

Obiekt	Wydajność [m³/h]	Tryb pracy
PWM.1.3	12 000	wyciąg
PWM.1.4	12 000	wyciąg
WI.-1.1	bieg II	-
WI.-1.2	bieg II	-
WI.-1.3	bieg II	-
WI.-1.4	bieg II	-
WI.-1.5	bieg II	-
WI.-1.6	bieg II	-
WI.-1.7	bieg II	-
WI.-1.8	bieg II	-
WI.-1.9	bieg II	-
WI.-1.10	bieg II	-
WI.-1.11	bieg II	-
WI.-1.12	bieg II	-
WI.-1.13	bieg II	-
WI.-1.14	bieg II	-
PKN.1.1	-	otwarty
PKN.1.2	-	otwarty
PKN.1.3	-	ażur
PKN.1.4	-	otwarty

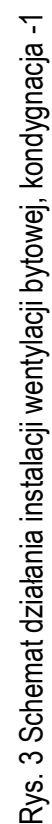
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

STREFA DETEKCJI

B.2.1

Obiekt	Wydajność [m³/h]	Tryb pracy
PWM.2.3	12 000	wyciąg
PWM.2.4	12 000	wyciąg
WI.-1.1	bieg II	-
WI.-1.2	bieg II	-
WI.-1.3	bieg II	-
WI.-1.4	bieg II	-
WI.-1.5	bieg II	-
WI.-1.6	bieg II	-
WI.-1.7	bieg II	-
WI.-1.8	bieg II	-
WI.-1.9	bieg II	-
WI.-1.10	bieg II	-
WI.-1.11	bieg II	-
WI.-1.12	bieg II	-
WI.-1.13	bieg II	-
WI.-1.14	bieg II	-
WI.-1.15	bieg II	-
PKN.2.1	-	otwarty
PKN.2.2	-	otwarty
PKN.2.3	-	ażur
PKN.2.4	-	otwarty
PKN.2.5	-	otwarty

Na rysunku 3 przedstawiono ideowy schemat działania instalacji wentylacji bytowej zastosowanej w rozważanym garażu podziemnym. Oznaczenia na schemacie odnoszą się do: PKN - punkt kompensacji naturalnej, PWM – punkt wentylacji mechanicznej, WI – wentylator indukcyjny,



6. KRYTERIA OCENY SKUTECZNOŚCI PRACY SYSTEMU WENTYLACJI

Pożarowej

W celu oceny skuteczności pracy wentylacji pożarowej zostają ocenione parametry pod kątem możliwości: zapewnienia bezpiecznej ewakuacji osobom znajdującym się w przestrzeni objętej pożarem, prowadzenia działań ekip ratowniczo-gaśniczych oraz niezawodności działania systemu wentylacji.

W wymaganym czasie bezpiecznej ewakuacji weryfikacji podlegają parametry:

- Temperatura gazów pożarowych w warstwie podstropowej nad drogami ewakuacyjnymi powinna być niższa niż 200 °C.
- Temperatura powietrza w przestrzeni dróg ewakuacyjnych do wysokości 1,8 m nie powinna być wyższa niż 60 °C.
- Zasięg widzialności znaków ewakuacyjnych i elementów konstrukcyjnych budynku na wysokości 1,8 m od poziomu posadzki drogi ewakuacyjnej nie powinien być mniejszy niż 10 m.
- Wartość strumienia promieniowania cieplnego nie powinna przekraczać 2,5 kW/m²

W czasie prowadzenia działań ekip ratowniczo-gaśniczych analizowane są parametry:

- Temperatura na wysokości 1,5 m od poziomu posadzki w odległości 15 m od źródła pożaru powinna być niższa od 120 °C
- Wartość strumienia promieniowania cieplnego nie powinna: przekraczać 15 kW/m² w odległości 5 m od źródła pożaru oraz 5 kW/m² w odległości 15 m od źródła pożaru

Niezawodność działania systemu wentylacji pożarowej podlega analizie poprzez sprawdzenie:

- Temperatury na wysokości montażu wentylatorów strumieniowych nie powinna przekraczać 400 °C w czasie trwania symulacji.
- Temperatury na wlocie do szachtu wyciągowego, która nie powinna przekraczać 400 °C w czasie trwania symulacji.

Bytowej

Ocena skuteczności działania systemu wentylacji bytowej podlega analizie poprzez sprawdzenie:

- Wartości rozkładu prędkości na wysokości 0,2 m nad posadzką, która powinna być większa niż 0,18 m/s w trakcie działania instalacji wentylacji bytowej.
- Wartości rozkładu prędkości na wysokości 1,4 m nad posadzką, która powinna być większa niż 0,18 m/s w trakcie działania instalacji wentylacji bytowej.

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

7. CZAS EWAKUACJI

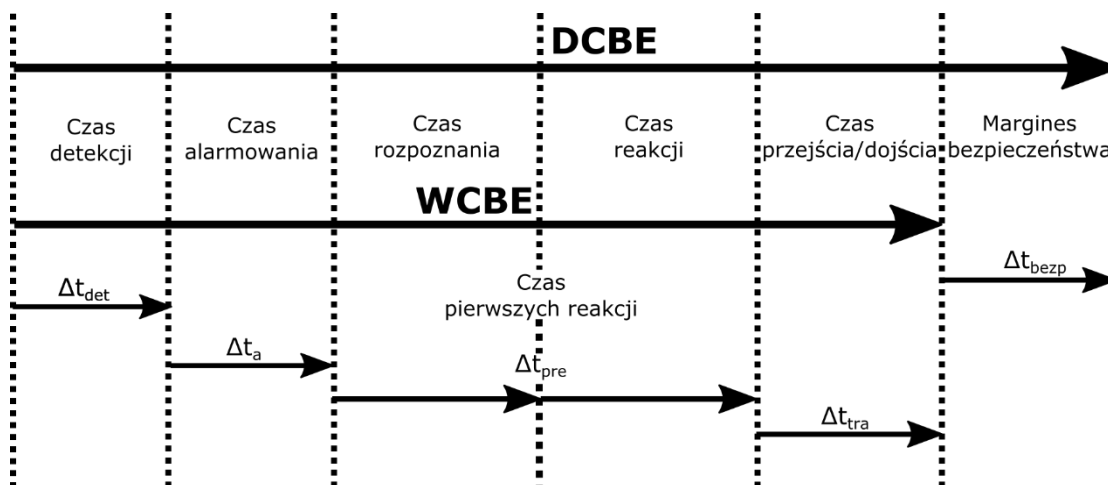
Do wyznaczenia czasu bezpiecznej ewakuacji posłużono się brytyjskimi wytycznymi zawartymi w dokumencie PD 7974-6:2004. Zakłada on porównanie ze sobą dwóch parametrów: dostępnego czasu bezpiecznej ewakuacji (DCBE) oraz wymaganego czasu bezpiecznej ewakuacji (WCBE). Dostępny czas bezpiecznej ewakuacji jest to czas, w którym warunki panujące na drogach ewakuacyjnych umożliwiają bezpieczną ewakuację. Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji jest to niezbędny czas na ewakuację ludzi z danego obiektu. Kryterium bezpieczeństwa ewakuacji uznaje się za spełnione jeśli poniższa zależność jest prawdziwa [4], [9], [17]:

$$DCBE > WCBE \quad (1)$$

Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji zostaje wyznaczony w oparciu o algorytm będący sumą czasów niezbędnych na detekcję, alarmowanie, rozpoznanie, reakcję, czas przejścia zgodnie ze wzorem:

$$t_{WCBE} = \Delta t_{det} + \Delta t_a + (\Delta t_{pre} + \Delta t_{tra}) \quad (2)$$

Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji oraz dostępny czas ewakuacji zostały porównane na diagramie przedstawionym na rysunku 4.



Rys. 4 Diagram porównujący wymagany i dostępny czas bezpiecznej ewakuacji wg [5], [10], [18]

Zgodnie z założeniami wytycznych PD 7974-6:2004 rozważanemu garażowi przypisane zostały kategorie odpowiadające za:

- projektowe scenariusze zachowań, rodzaje użytkowania – A,
- jakość systemu sygnalizacji pożarowej zastosowanej w garażu – A2,
- złożoność garażu – B1,
- jakość systemu zarządzania garażem – M2.

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

Na podstawie powyższych kategorii wyznaczony został czas reakcji pierwszych osób $\Delta t_{pre(1\%)} = 60$ s oraz czas reakcji ostatnich osób $\Delta t_{pre(99\%)} = 180$ s. Sumaryczny czas reakcji dla wszystkich użytkowników garażu wynosi $\Delta t_{pre} = 240$ s.

Założenia dotyczące przewidywanego czasu ewakuacji:

- Detekcja pożaru nastąpi po 60 s od pojawienia się pożaru poprzez koincydencje zadziałania dwóch czujek dymowych $\Delta t_{det} = 60$ s.
- System alarmowania o zaistniałym pożarze zostaje wyzwolony bezzwłocznie $\Delta t_a = 0$ s.
- Z uwagi na możliwość użytkowania garażu przez osoby o różnych zdolnościach ruchowych maksymalny czas przejścia ewakuacyjnego wynosi $\Delta t_{tra} = 60$ s.
- Osoby ewakuujące się z przestrzeni garażowej będą ewakuować się do najbliższych drzwi ewakuacyjnych w przeciwną stronę do miejsca wystąpienia pożaru.
- Znajomość rozmieszczenia wyjść ewakuacyjnych przez użytkowników garażu oraz znikoma liczba użytkowników mogąca jednocześnie przebywać w garażu pozwala zakładać, że powstały pożar zostanie zauważony zdecydowanie wcześniej i reakcja użytkowników o podjęciu ewakuacji nastąpi po krótszym czasie niż to wynika z obliczeń normowych.

Wobec powyższych założeń wymagany czas bezpiecznej ewakuacji dla wszystkich stref detekcji dymu wynosi: $t_{WCBE} = 360$ s.

8. NARZĘDZIE OBLICZENIOWE

W opracowaniu posłużono się dedykowanym oprogramowaniem do analizy zagadnień związanych z inżynierią bezpieczeństwa pożarowego jakim jest program FDS w wersji 6.1.1. Fire Dynamics Simulator jest oprogramowaniem, opracowanym przez amerykański instytut naukowo-badawczy NIST (National Institute of Standards and Technology) przy współpracy fińskiego instytutu VTT Technical Research Centre of Finland oraz The Society of Fire Protection Engineers (SFPE). Program posiada liczne eksperymenty walidacyjne i weryfikacyjne szerzej opisane w [24], [25].

Program FDS został wskazany przez Biuro Rozpoznawania Zagrożeń Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej jako program właściwy do szacowania wpływu pożaru na ludzi i mienie w dokumencie: „Procedury organizacyjno-techniczne w sprawie spełnienia wymagań w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w inny sposób niż to określono w przepisach techniczno-budowlanych, w przypadkach wskazanych w tych przepisach, oraz stosowania rozwiązań zamiennych, zapewniających nie pogorszenie warunków ochrony przeciwpożarowej, w przypadkach wskazanych w przepisach pożarowych”

Program FDS korzysta z modeli obliczeniowej mechaniki płynów (CFD z ang. Computational Fluid Dynamic) do rozwiązania zagadnień ciepłno-przepływowych. Umożliwia rozwiązanie równań Navier-Stokes’a wprost (DNS – Direct Numerical Simulation) lub za pomocą modelu turbulencji LES – Large Eddy Simulation.

Program FDS używa szeregu modeli opisujących fizykę procesów zachodzących podczas pożaru, których dokładny opis znajduje się w [6]:

Model hydrodynamiczny zastosowany w programie FDS bazuje na rozwiązaniach równania Naviera-Stokesa zoptymalizowanych dla przepływów o małych prędkościach ze szczególnym uwzględnieniem rozprzestrzeniania się dymu i wymiany ciepła od pożaru. W skład równań Naviera-Stokesa wchodzi równania wyrażające zasadę zachowania masy, zasadę zachowania energii oraz zasadę zachowania pędu

Model reakcji chemicznej spalania to model spalania wg. „prostej reakcji chemicznej” zakładającej, że w pojedynczej skończonej objętości obliczeniowej znajduje się analizowany składnik, który jest opisany udziałem masowym odniesionym do całej pojedynczej objętości skończonej. Spalanie postępuje według „prostej reakcji chemicznej”, w której skład wchodzi tylko paliwo i tlen.

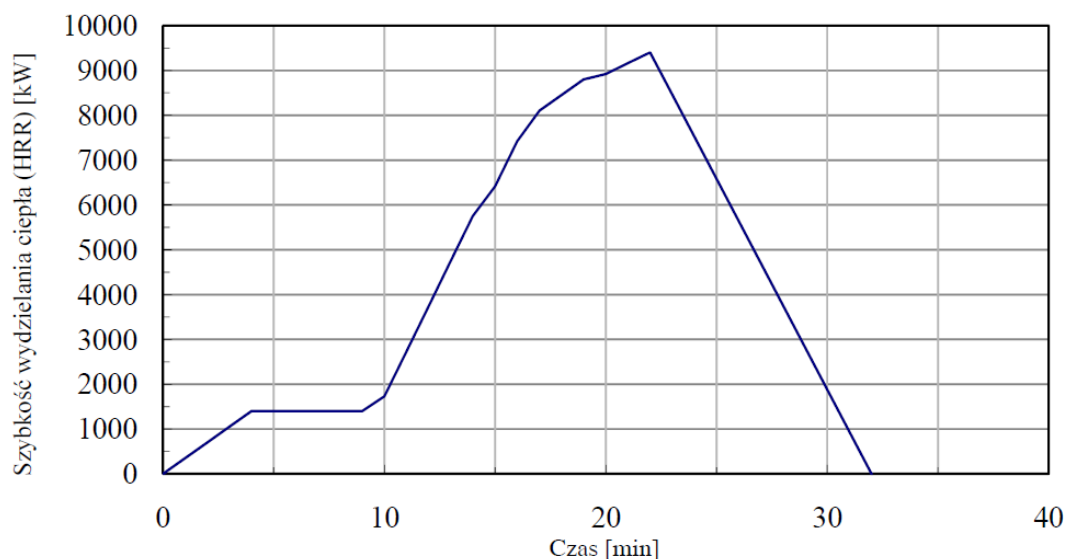
Wykorzystany model promieniowania cieplnego jest modelem szerokopasmowym zakładającym porównywalną zdolność do emisji i absorpcji promieniowania cieplnego przez fale należące do określonego pasma. Całe widmo jest wstępnie podzielone na odpowiednie pasma o różnych długościach.

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

9. ZAŁOŻENIA DO MODELU CFD

W analizie skuteczności pracy wentylacji pożarowej za pomocą metod CFD dokonano szeregu założeń warunkujących powstanie prawidłowego modelu.

- Do założeń umożliwiających zbudowanie trójwymiarowego modelu geometrycznego wykorzystano: projekt budynku mieszkalnego wielorodzinnego przy ul. Kościelniaka w Ustce, 2880, obręb 0001 Ustka, kompleks A.
- Rozważono 9 reprezentatywnych scenariuszy pożarowych odnoszących się do stref dymowych przewidzianych w obiekcie. Opis scenariuszy pożarowych został zamieszczony w rozdziale 4.
- Rozwój scenariusza pożarowego zakłada najbardziej niekorzystny, prawdopodobny przypadek lokalizacji pożaru.
- Model przestrzeni obliczeniowej został podzielony za pomocą sześcienniej strukturalnej siatki obliczeniowej o rozdzielczości 0,2 m (aspect ratio =1).
- Model przepływu turbulentnego przyjmowany w symulacji to modelu turbulencji LES (Large Eddy Simulation).
- Zastosowany model SGS to model Deardorffa.
- Modelowym źródłem pożaru jest powierzchniowe źródło o zmiennej mocy w czasie wg holenderskiej normy NEN 6098:2010



Rys. 5 Krzywa rozwoju pożaru wg normy holenderskiej NEN 6098:2010 dla 3 samochodów osobowych

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

- Wartość przyjętego współczynnika generacji sadzy wynosi $Y_s = 0,1 \text{ g/g}$.
- W modelu pożaru przyjęto wartość ciepła spalania, uśrednioną dla samochodu osobowego wynoszącą 25 MJ/kg .
- Moc maksymalna modelowanego pożaru wynosi $9,4 \text{ MW}$.
- Udział ciepła wymienianego na drodze konwekcji wynosi 70% a na drodze promieniowania 30% .
- Czas trwania symulacji wynosi 1320 s .
Wentylatory indukcyjne zostają uruchomione w 300 s .
Wentylatory wyciągowe bezzwłocznie po wykryciu pożaru w 60 s .
Czas do osiągnięcia wydajności znamionowej wentylatorów indukcyjnych wynosi 10 s .
Czas do osiągnięcia wydajności znamionowej wentylatorów wyciągowych wynosi 60 s .
- Łączna wydajność wentylatorów oddymiających wynosi $\sim 180\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ dla wszystkich stref, zaś wentylatorów indukcyjnych jednokierunkowych $\sim 1,28 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Lokalizacja wentylatorów strumieniowych
WI.-1.1 - WI.-1.14 ($2,2 \text{ m}^*$), WI.-2.1 - WI.-2.15 ($2,2 \text{ m}^*$),
* Umieszczenie dolnej krawędzi wentylatora indukcyjnego nad posadzką [m]
- Właściwości materiałów budowlanych:

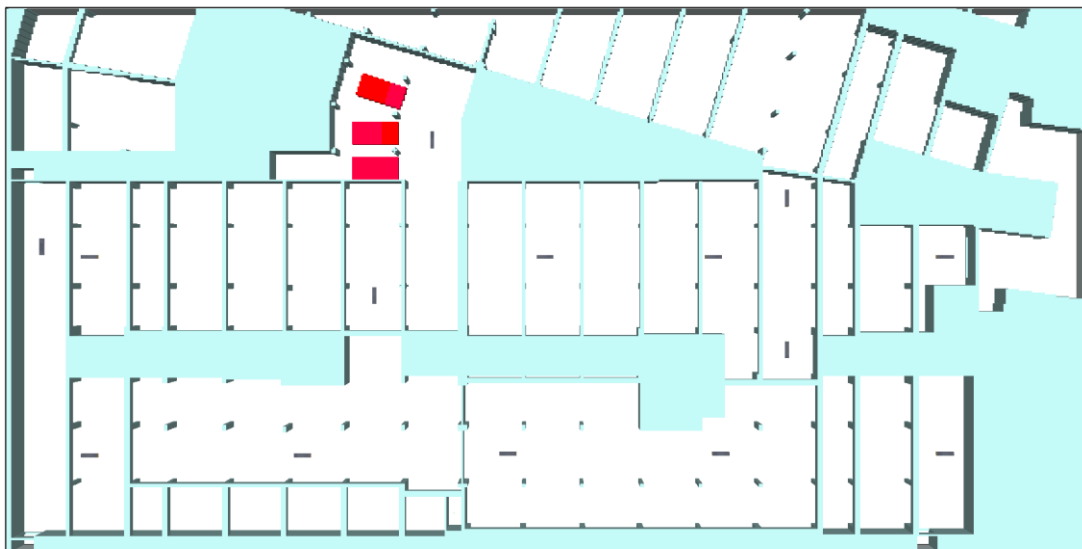
Materiał	Współczynnik emisyjności	Gęstość [kg/m^3]	Ciepło właściwe [kJ/kgK]	Przewodność cieplna [W/mK]
<i>Beton</i>	<i>0,9</i>	<i>2280</i>	<i>1,04</i>	<i>1,8</i>
<i>Stal</i>	<i>0,95</i>	<i>7850</i>	<i>0,46</i>	<i>45,8</i>

- Parametry początkowe otoczenia:
Temperatura otoczenia – $20 \text{ }^\circ\text{C}$,
Ciśnienie otoczenia – $1,01325 \text{ bar}$,
Udział masowy tlenu w powietrzu – $0,232378$,
Udział masowy dwutlenku węgla – $5,95 \cdot 10^{-4}$,
Wilgotność względna – 40% ,
Współczynnik widzialności - 3,
Siła grawitacji – $9,81 \text{ m/s}^2$,

10. WYNIKI SYMULACJI

10.1. Scenariusz pożarowy SD.1.1.1

Scenariusz zakłada występowanie urządzeń wchodzących w skład wentylacji pożarowej garażu według opisu z rozdziału 3 i 4. Rzut modelu 3D został pokazany na rysunku 6 z zaznaczonym projektowanym miejscem pożaru. Modelowy pożar zgodnie z założeniami symulacji został odwzorowany jako powierzchniowe źródło ciepła i dymu, oznaczony na poniższym rysunku kolorem czerwonym.

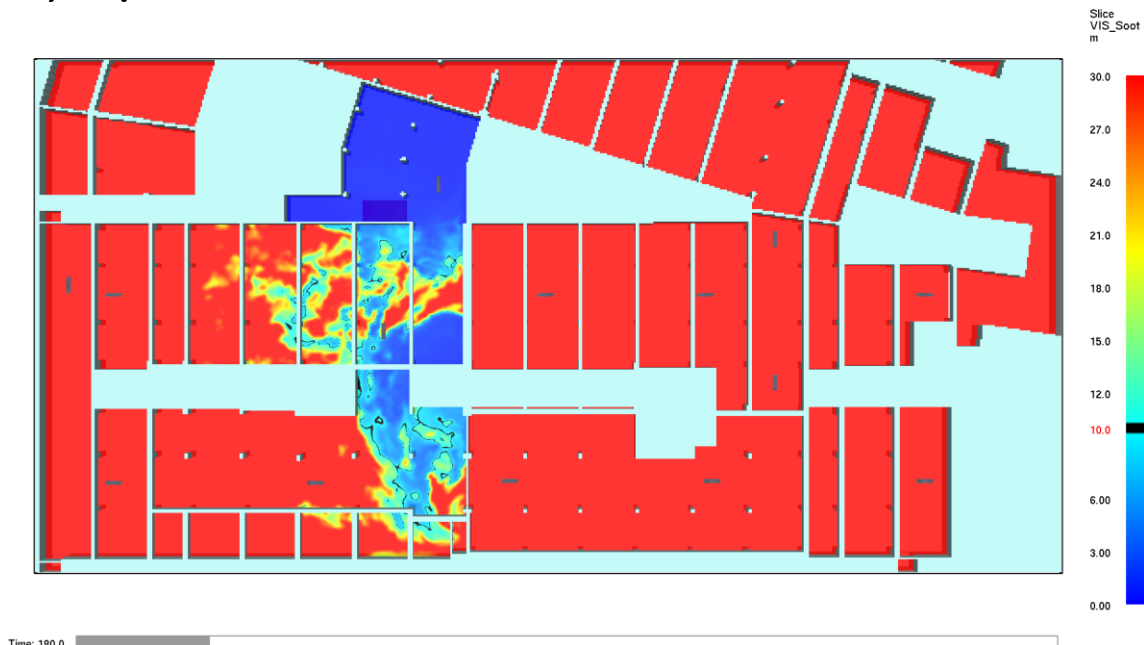


Rys. 6 Usytuowanie pożaru dla scenariusza pożarowego SD.1.1.1

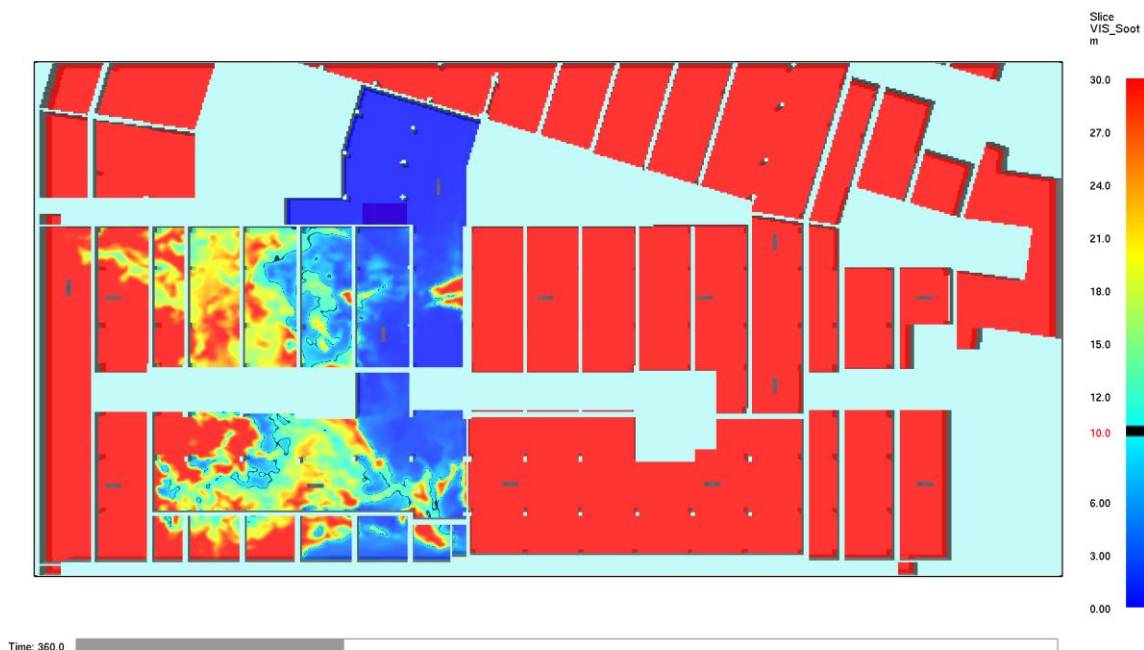
W oparciu o kryteria analizy skuteczności pracy wentylacji pożarowej opisane w rozdziale 6 przedstawione zostały rozkłady parametrów podlegających analizie.

Rozkłady widzialności scenariusz SD.1.1.1

Kolor niebieski odnosi się do widzialności poniżej 10 m, kolor czarny oznacza widzialność równą 10 m, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do widzialności powyżej 10 m zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

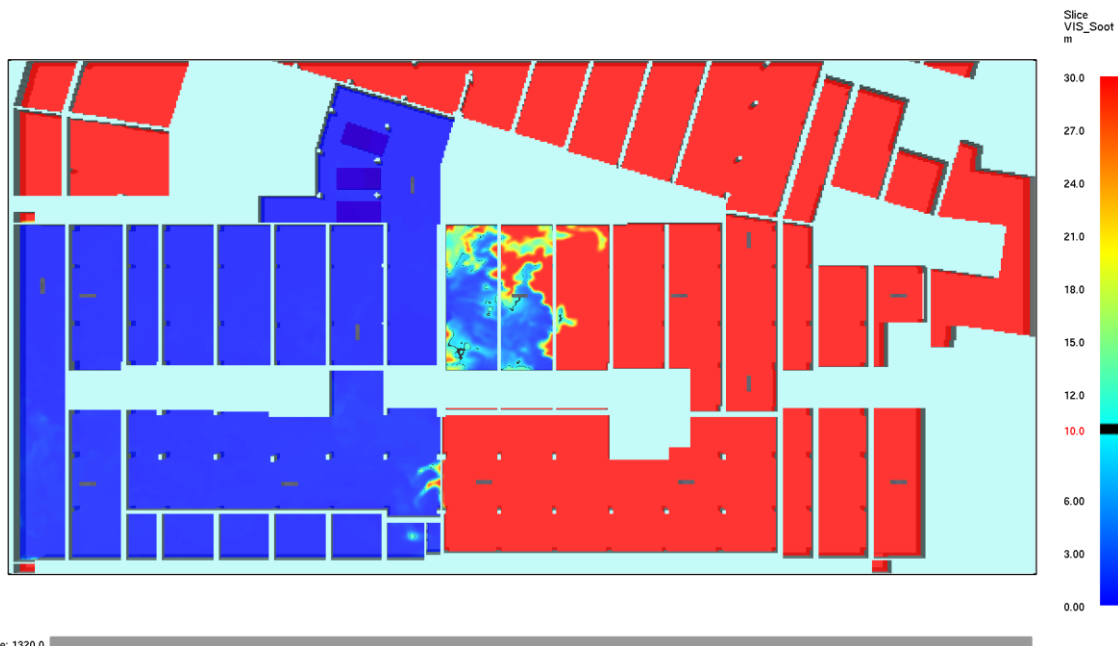


Rys. 7 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu



Rys. 8 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

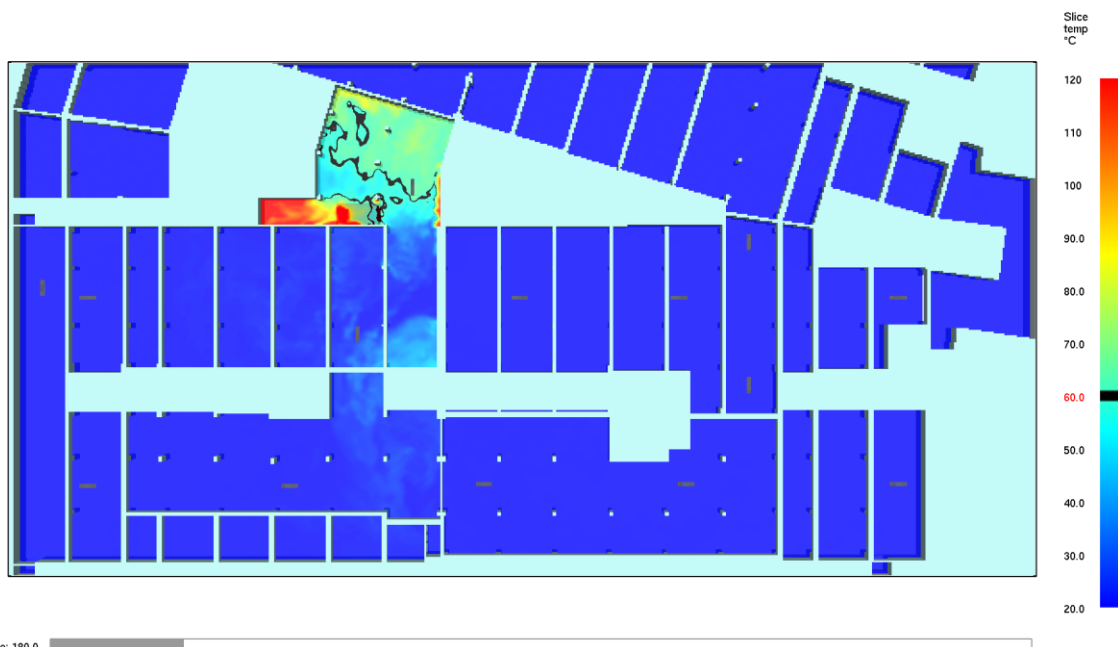
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 9 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w DCBE

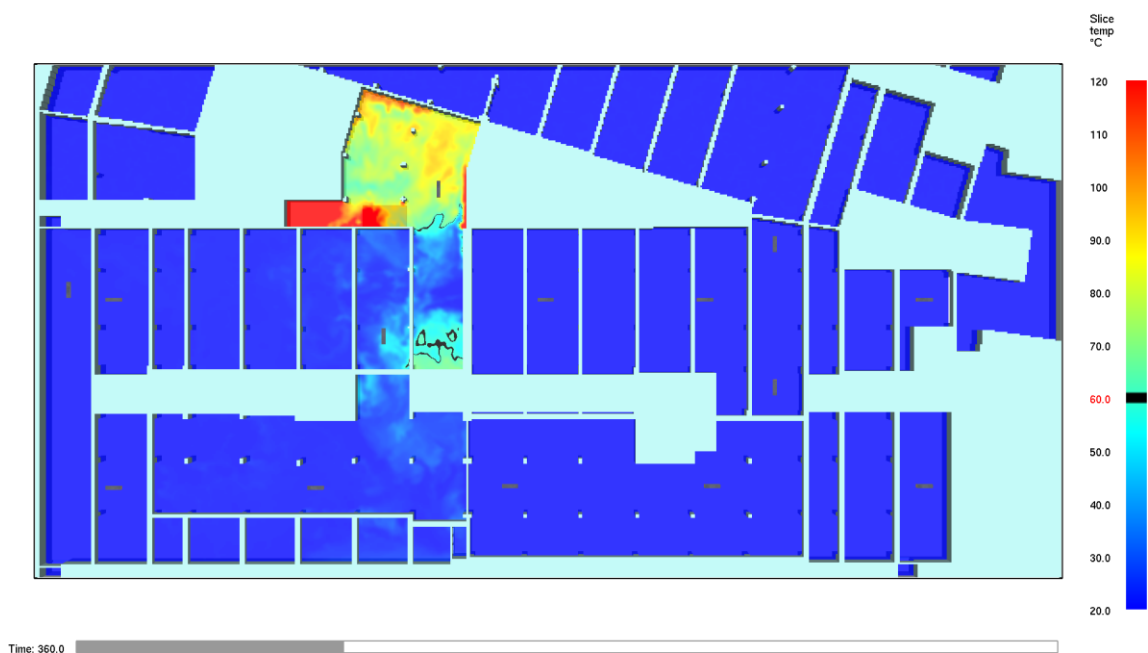
Rozkład temperatury scenariusz SD.1.1.1

Kolor niebieski i błękitny odnosi się do temperatury poniżej 60 °C, kolor czarny oznacza temperaturę równą 60 °C, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do temperatury powyżej 60 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą dla rysunków 10 i 11.

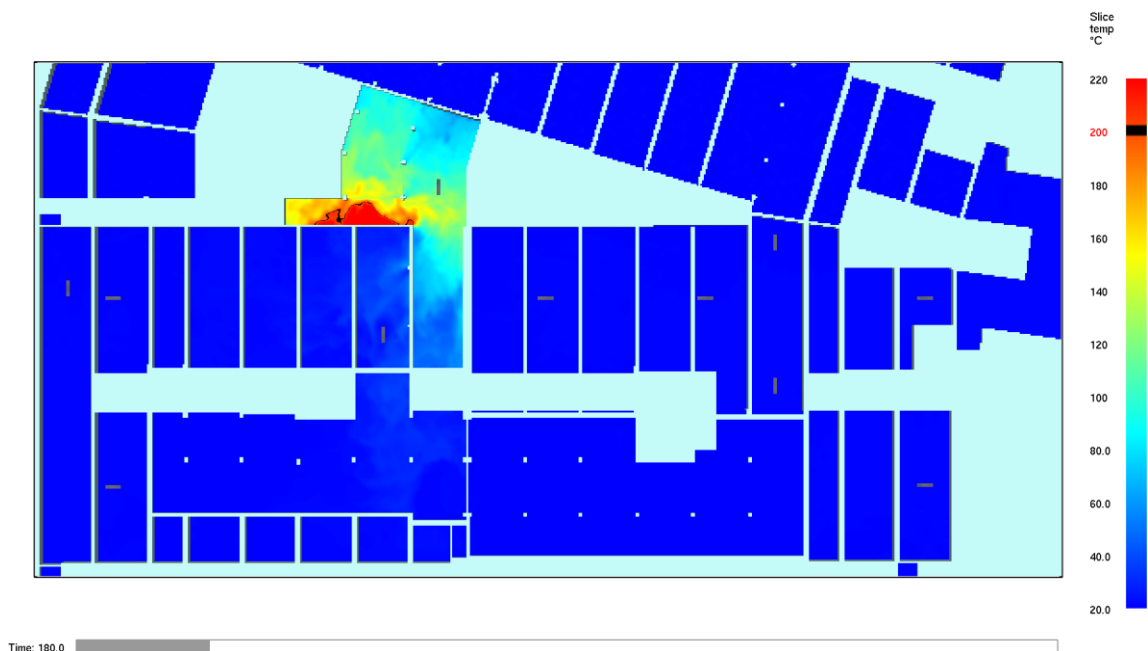


Rys. 10 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

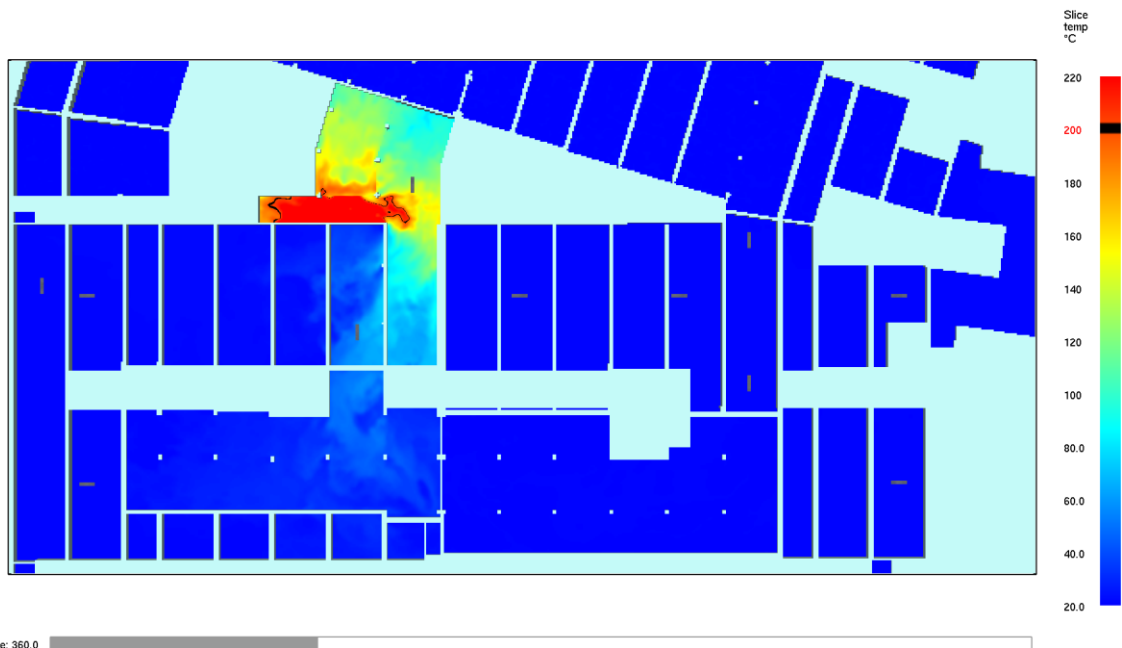
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 11 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu



Rys. 12 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu



Rys. 13 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

Rozkład promieniowania ciepłego scenariusz SD.1.1.1

Na rys. 14 i rys. 15 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji odpowiednio pierwszych osób z garażu oraz ostatnich osób. Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego $2,5 \text{ kW/m}^2$, czerwony odnosi się do wartości powyżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 14 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

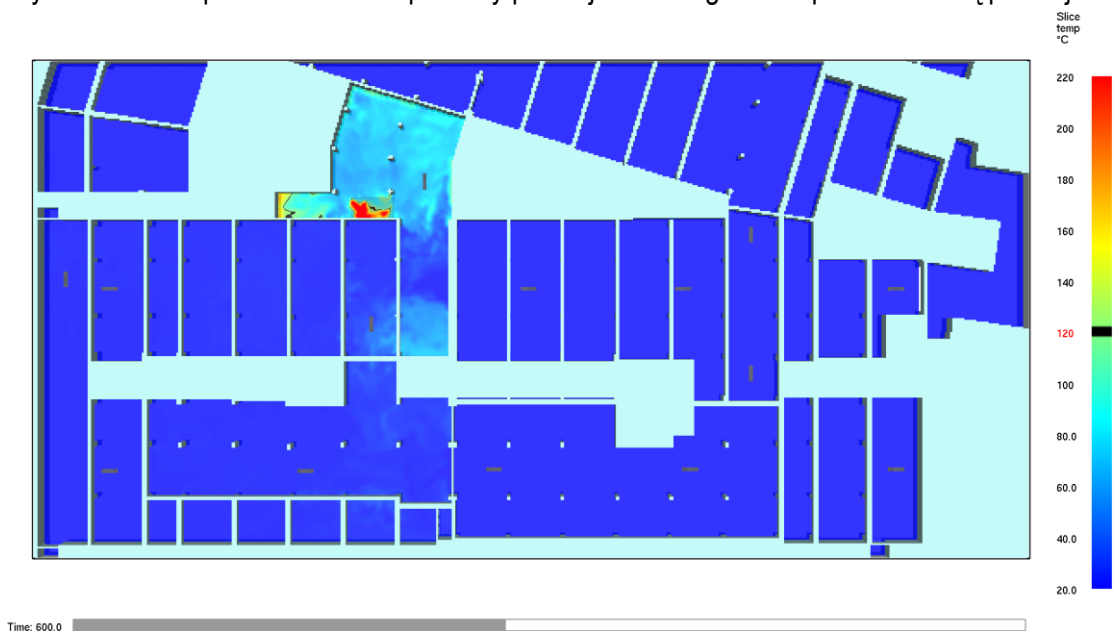
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 15 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

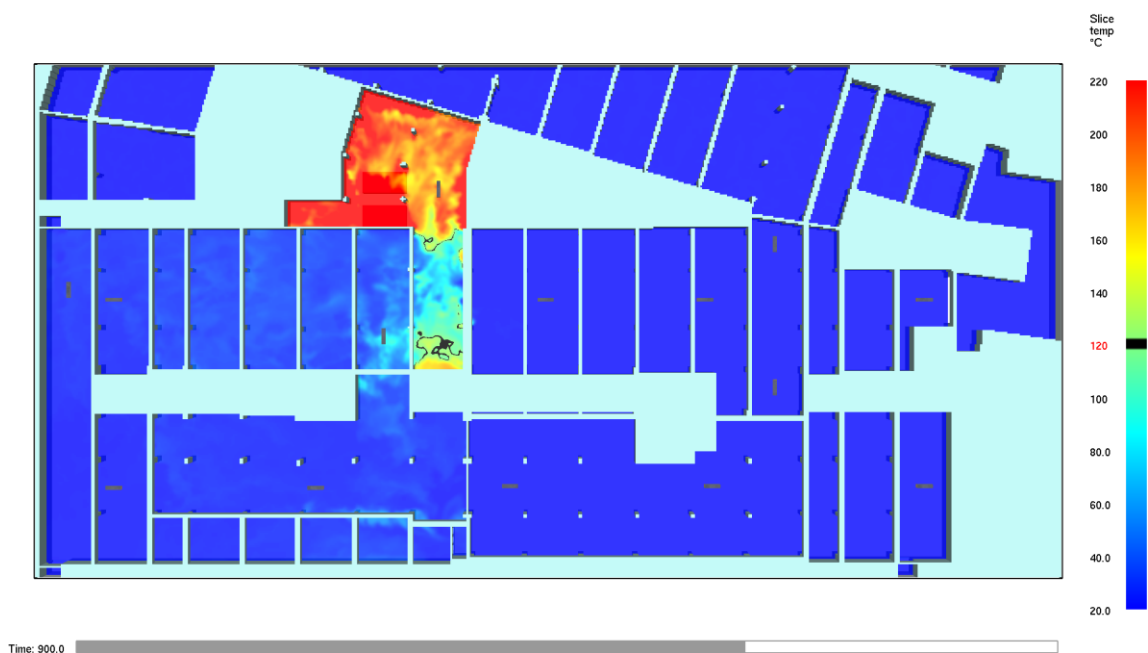
Rozkłady parametrów podczas prowadzenia działań ekip ratowniczo-gaśniczych, scenariusz SD.1.1.1

Poniżej przedstawiono wyniki dotyczące przewidywanego rozkładu temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki dla 10,15 i 22 minuty pożaru (rys. 16 - 18). Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 120°C, kolor czerwony, pomarańczowy, żółty oznacza temperaturę powyżej 120 °C, kolor błękitny i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 120 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

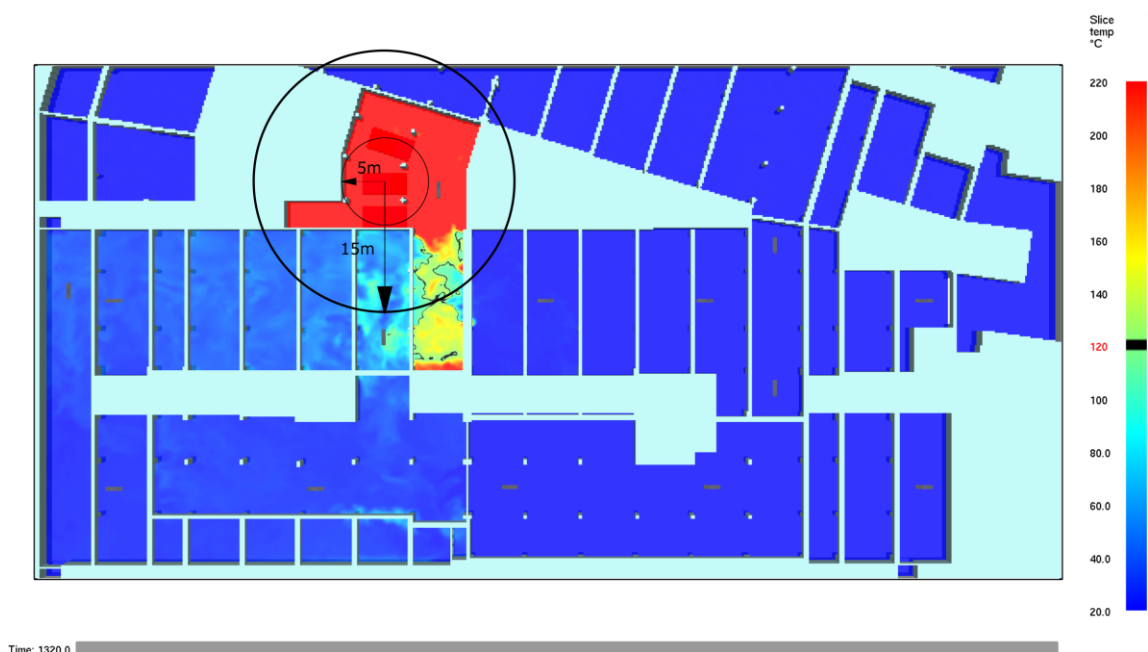


Rys. 16 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 10 minuty od początku pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



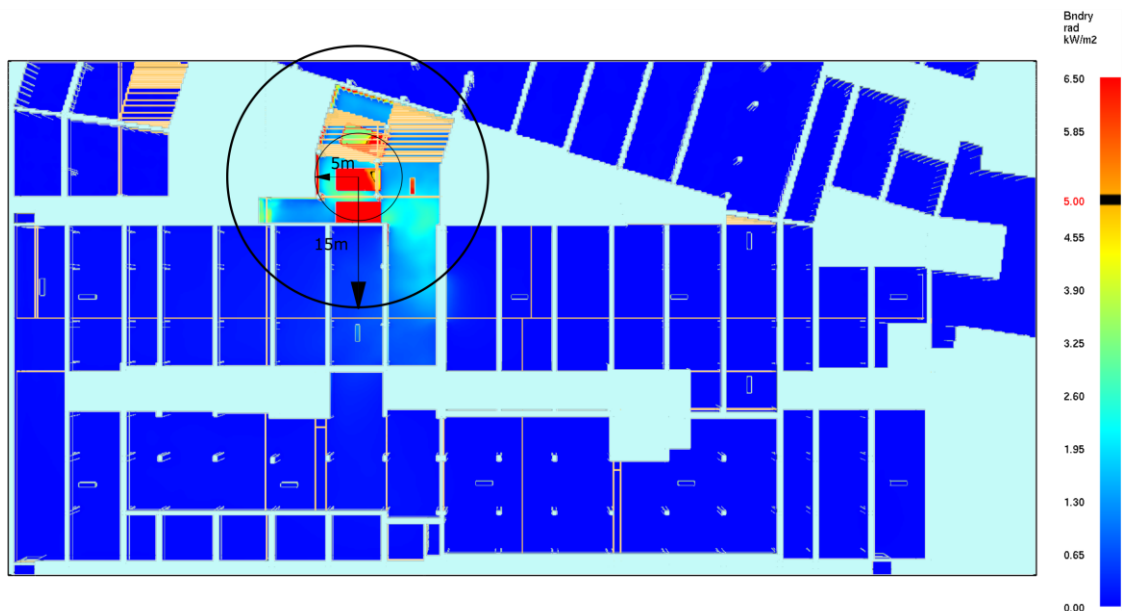
Rys. 17 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 15 minut od początku pożaru



Rys. 18 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

Na rys. 19 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej (tj. 22 minucie). Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego 5 kW/m^2 , czerwony i pomarańczowy odnosi się do wartości powyżej 5 kW/m^2 zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej 5 kW/m^2 zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

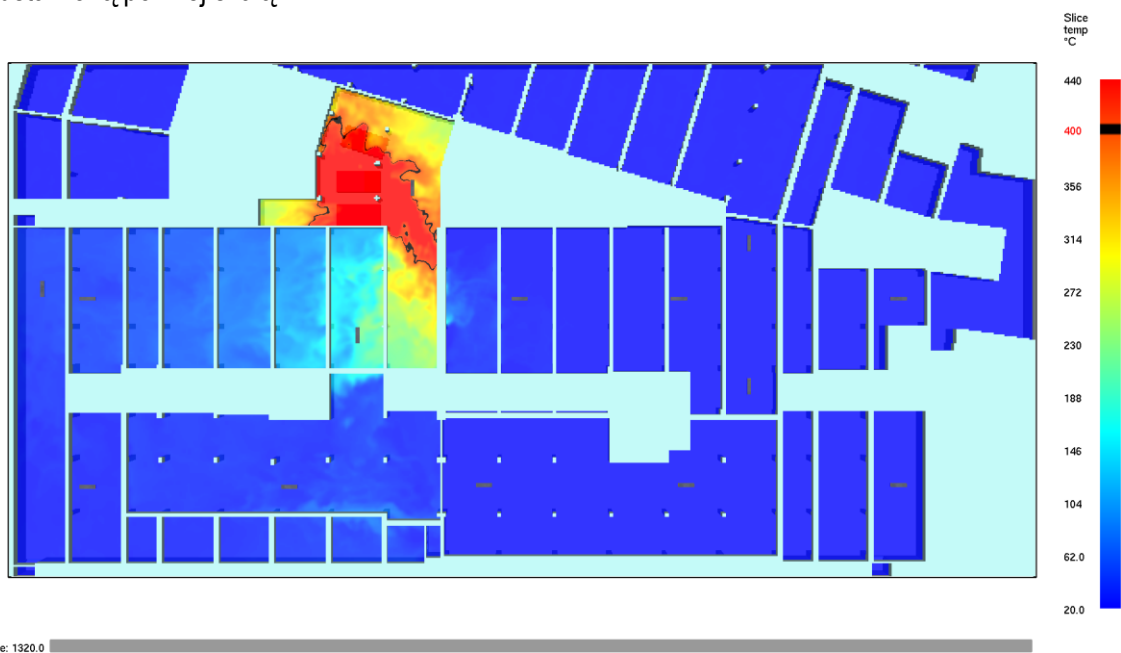


Time: 1320.0

Rys. 19 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

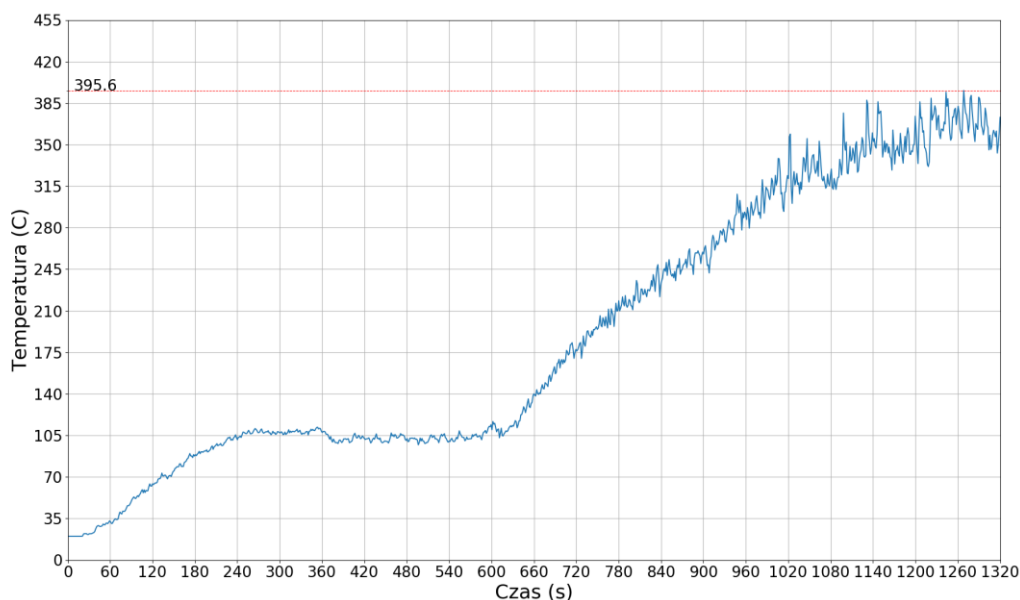
Analiza klasy odporności temperaturowej wentylatorów indukcyjnych, scenariusz SD.1.1.1

Rozkład przewidywanej temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w momencie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej został przedstawiony na rys. 20. Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 400 °C, kolor czerwony oznacza temperaturę powyżej 400 °C, kolor pomarańczowy, zielony i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 400 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Time: 1320.0

Rys. 20 Rozkład temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

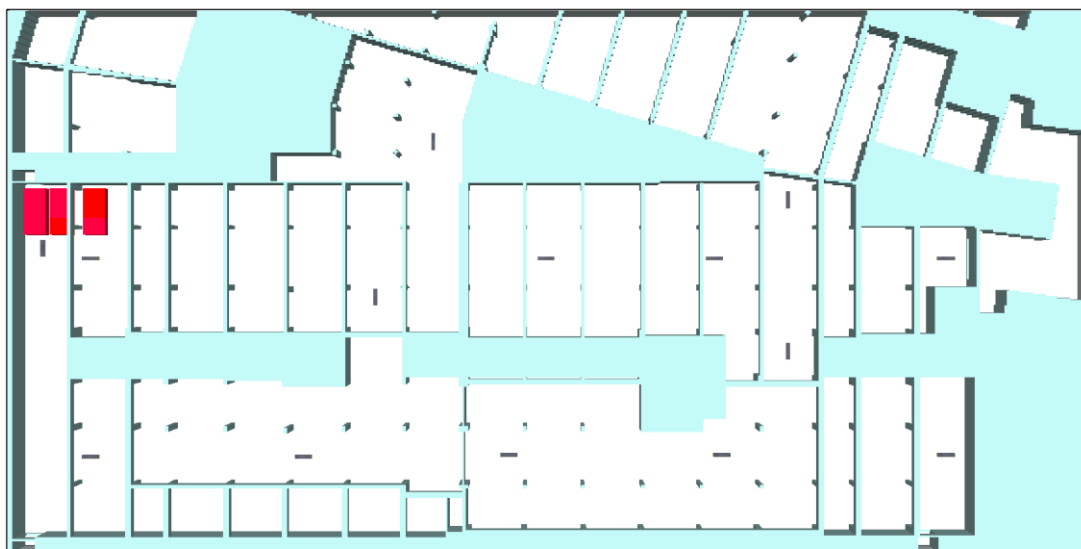


Rys. 21 Wykres przewidywalnej temperatury oddziaływującej na najbardziej zagrożony wentylator indukcyjny podczas modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

10.2. Scenariusz pożarowy SD.1.1.2

Scenariusz zakłada wystawienie urządzeń wchodzących w skład wentylacji pożarowej garażu według opisu z rozdziału 3 i 4. Rzut modelu 3D został pokazany na rysunku 22 z zaznaczonym projektowanym miejscem pożaru. Modelowy pożar zgodnie z założeniami symulacji został odwzorowany jako powierzchniowe źródło ciepła i dymu, oznaczony na poniższym rysunku kolorem czerwonym.

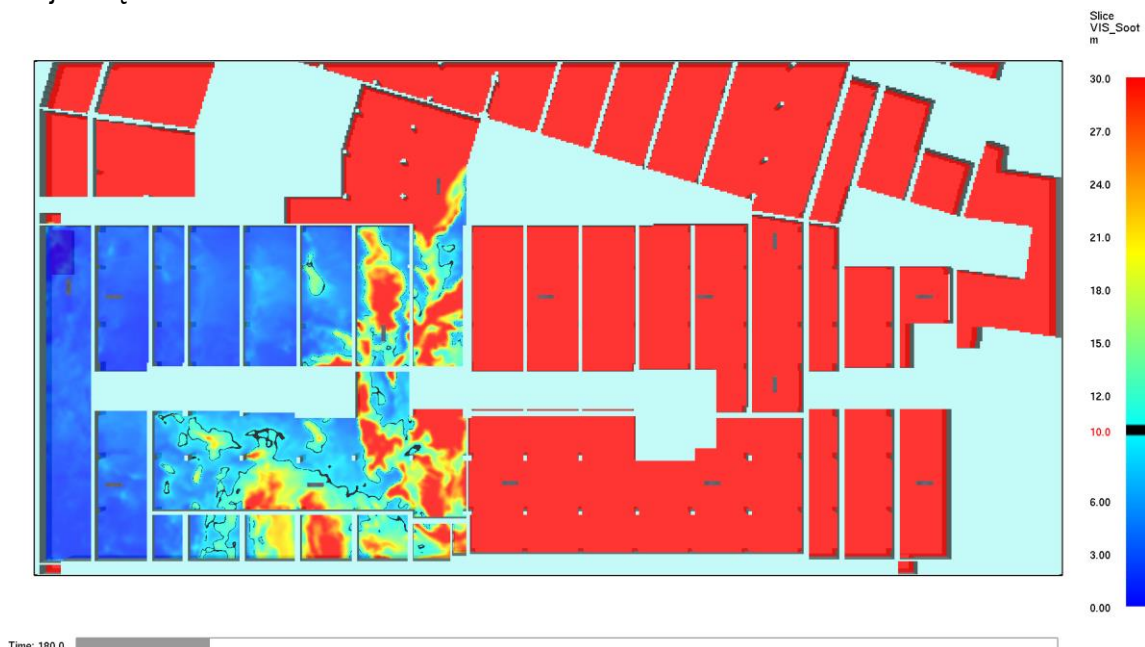


Rys. 22 Usytuowanie pożaru dla scenariusza pożarowego SD.1.1.2

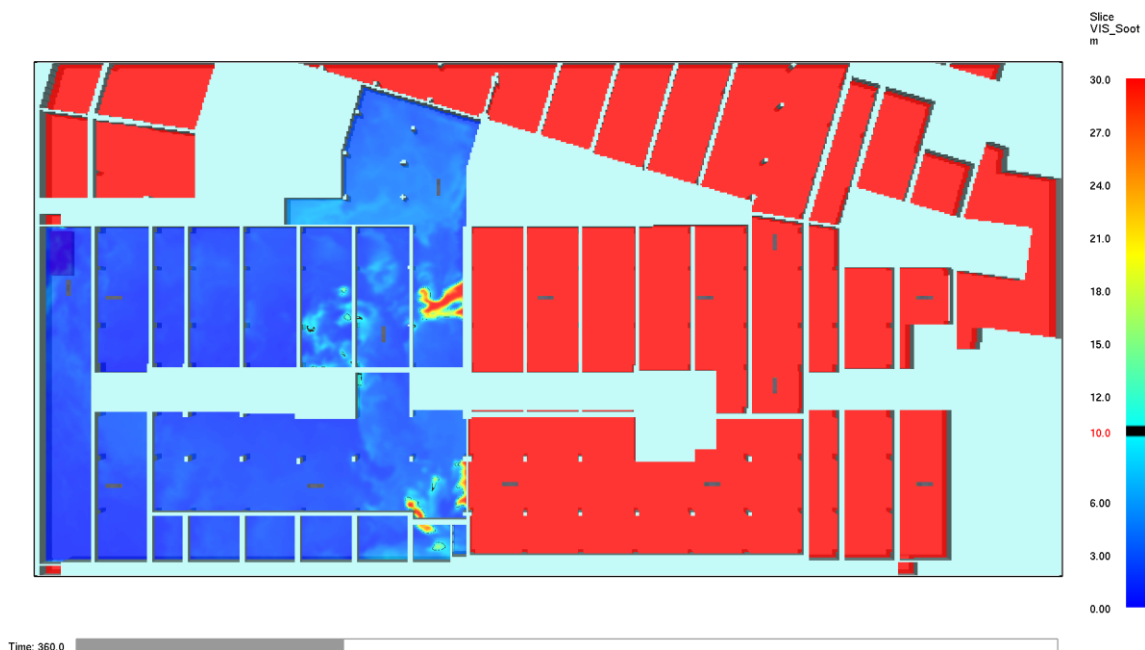
W oparciu o kryteria analizy skuteczności pracy wentylacji pożarowej opisane w rozdziale 6 przedstawione zostały rozkłady parametrów podlegających analizie.

Rozkłady widzialności scenariusz SD.1.1.2

Kolor niebieski odnosi się do widzialności poniżej 10 m, kolor czarny oznacza widzialność równą 10 m, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do widzialności powyżej 10 m zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

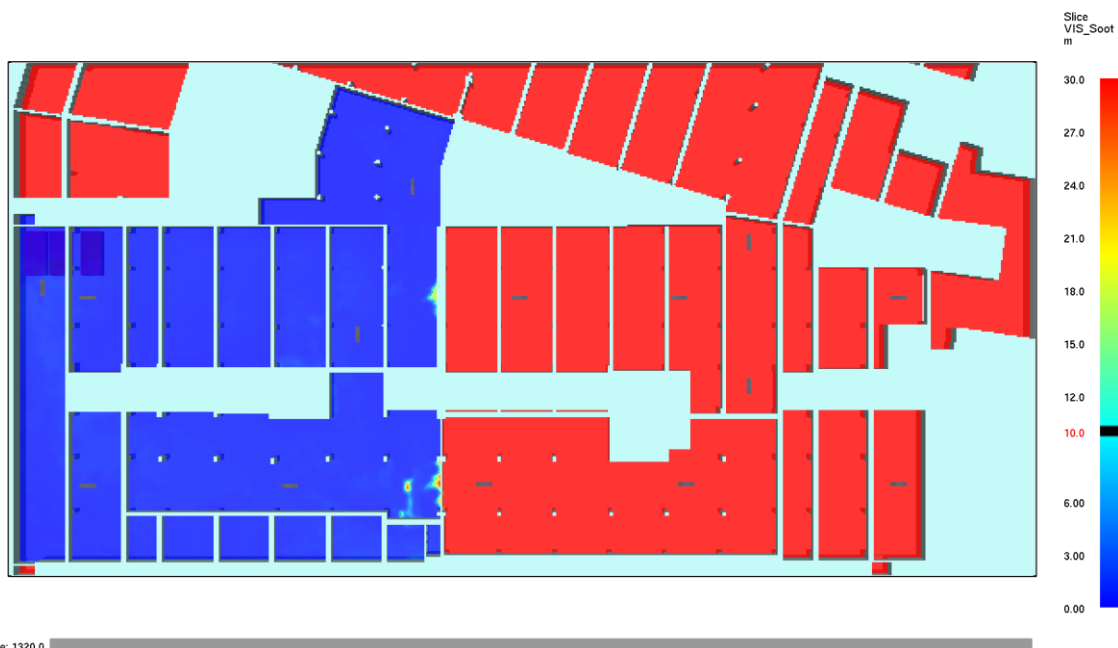


Rys. 23 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu



Rys. 24 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

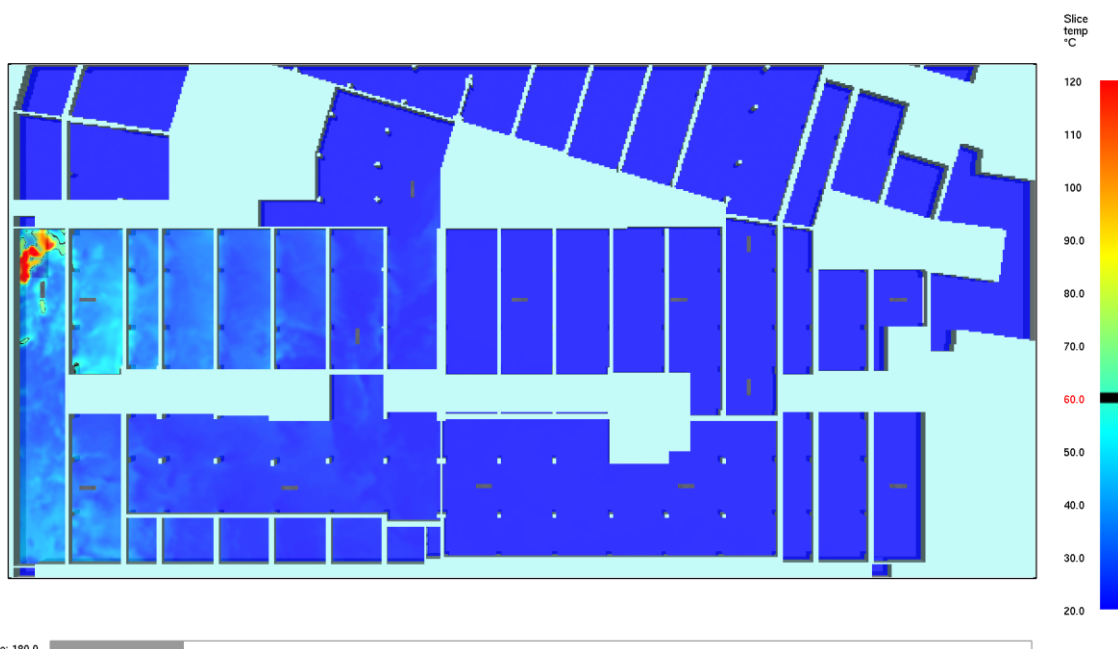
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 25 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w DCBE

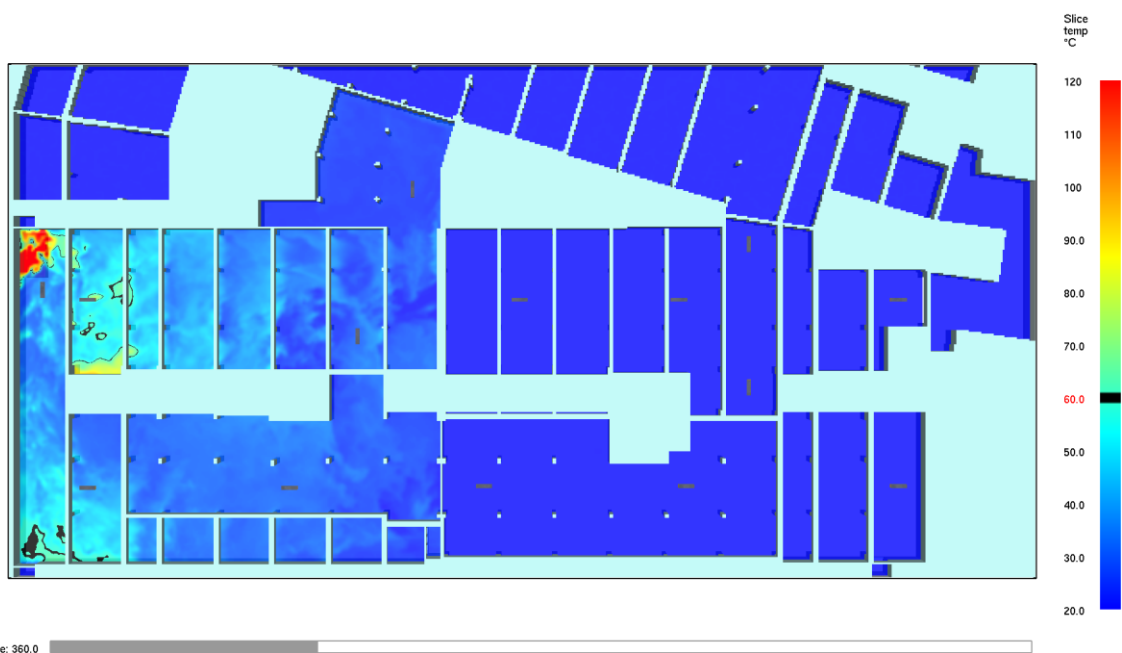
Rozkład temperatury scenariusz SD.1.1.2

Kolor niebieski i błękitny odnosi się do temperatury poniżej 60 °C, kolor czarny oznacza temperaturę równą 60 °C, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do temperatury powyżej 60 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą dla rysunków 26 i 27.

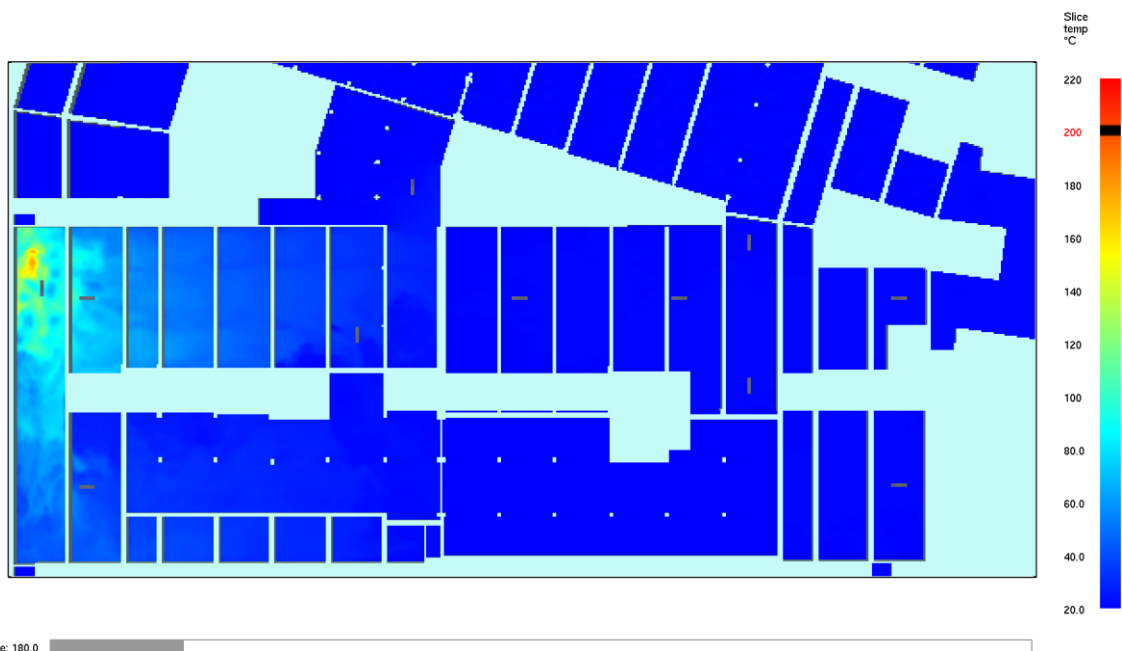


Rys. 26 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

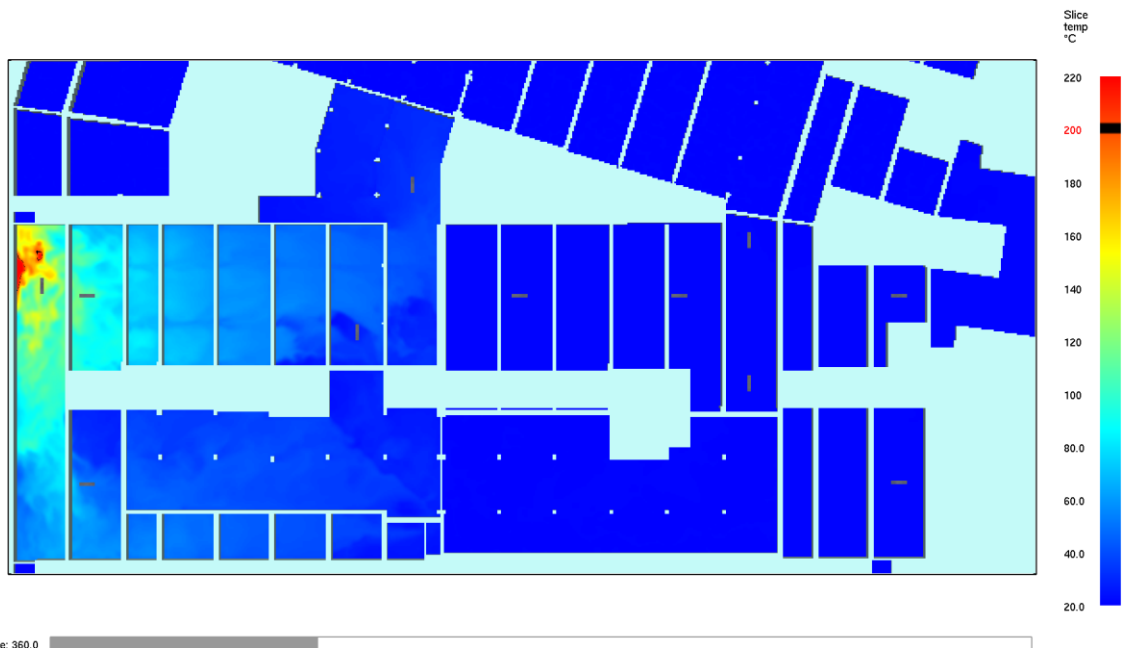


Rys. 27 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu



Rys. 28 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 29 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

Rozkład promieniowania ciepłego scenariusz SD.1.1.2

Na rys. 30 i rys. 31 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji odpowiednio pierwszych osób z garażu oraz ostatnich osób. Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego $2,5 \text{ kW/m}^2$, czerwony odnosi się do wartości powyżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 30 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

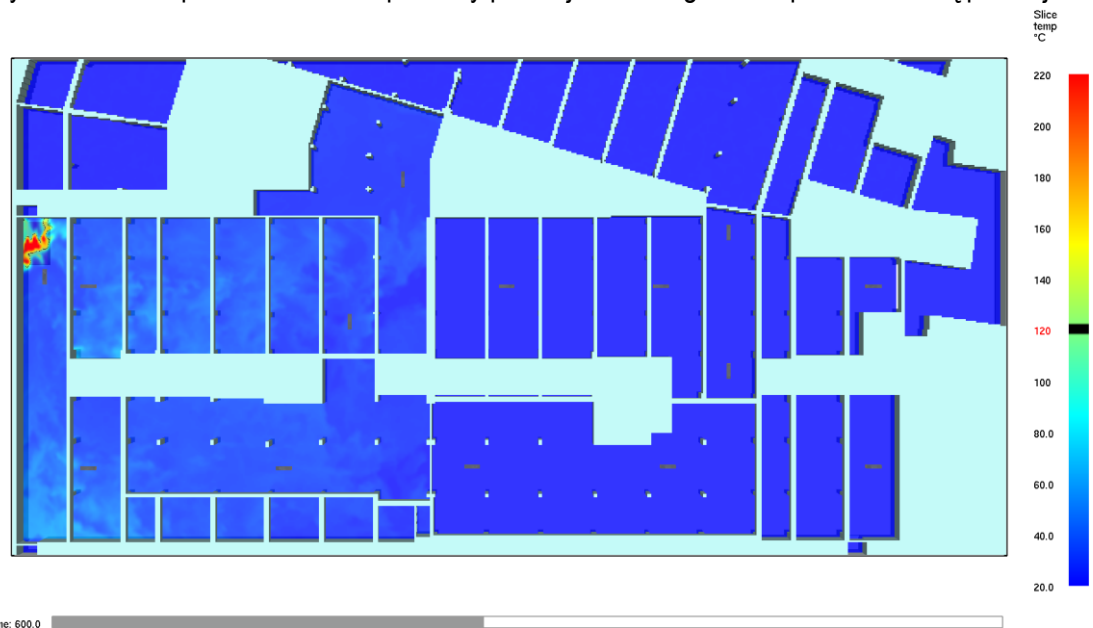
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 31 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

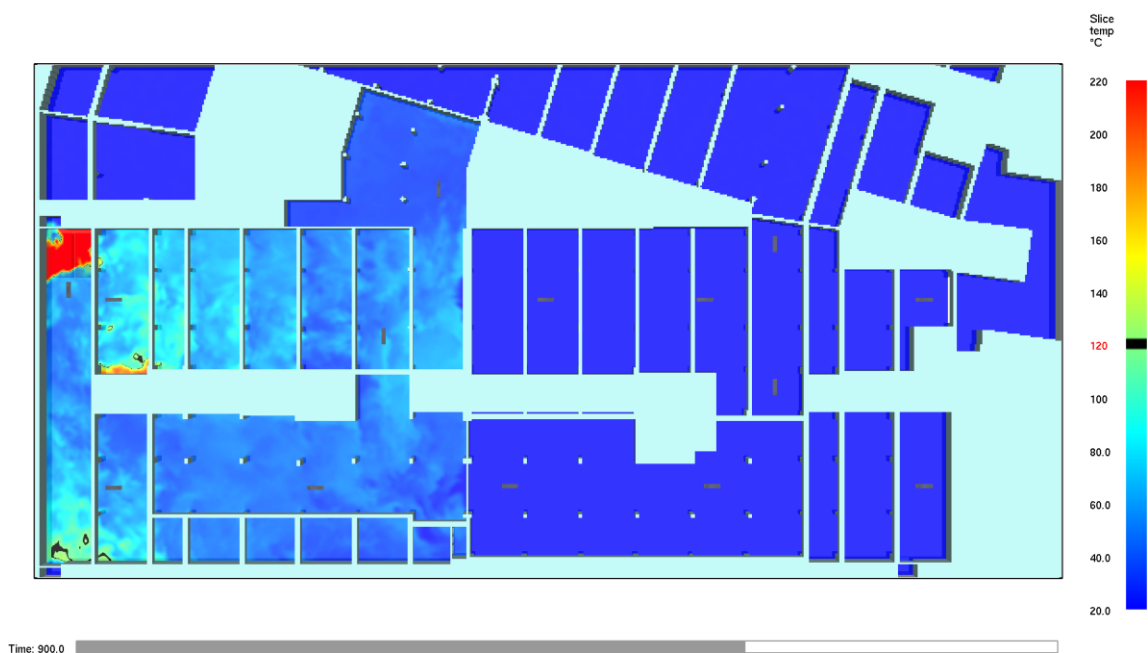
Rozkłady parametrów podczas prowadzenia działań ekip ratowniczo-gaśniczych, scenariusz SD.1.1.2

Poniżej przedstawiono wyniki dotyczące przewidywanego rozkładu temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki dla 10, 15 i 22 minuty pożaru (rys. 32 - 34). Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 120°C, kolor czerwony, pomarańczowy, żółty oznacza temperaturę powyżej 120 °C, kolor błękitny i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 120 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

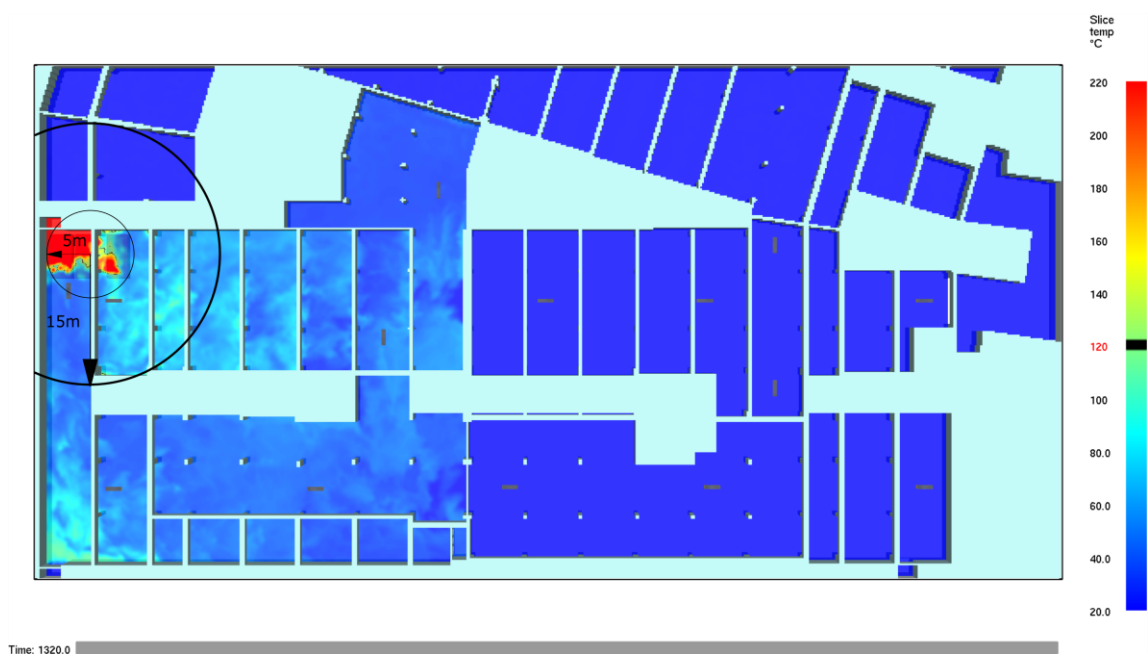


Rys. 32 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 10 minut od początku pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



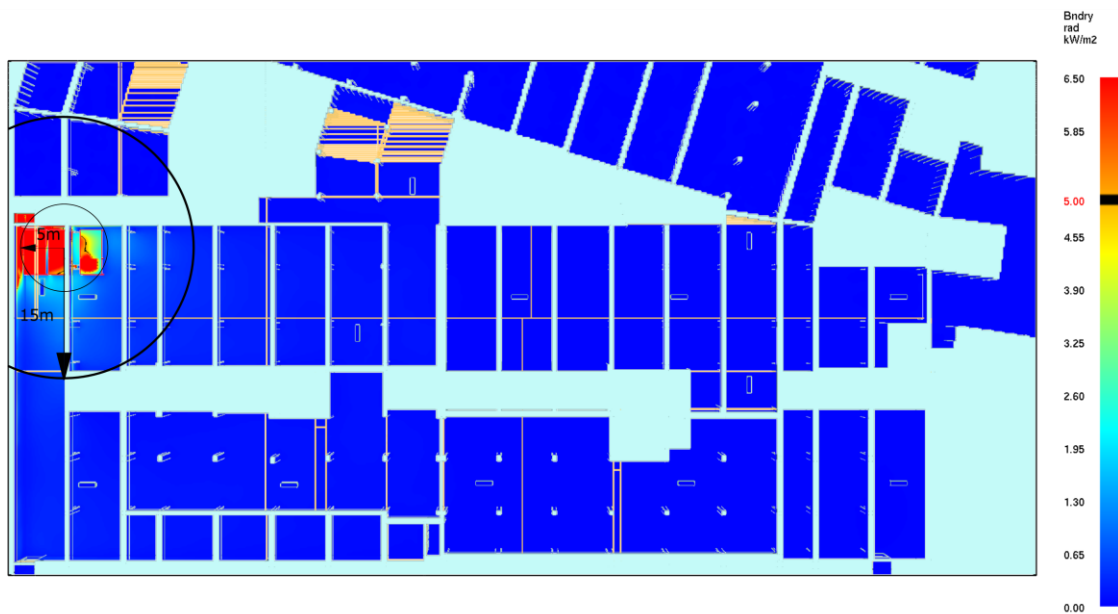
Rys. 33 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 15 minut od początku pożaru



Rys. 34 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

Na rys. 35 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej (tj. 22 minucie). Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego 5 kW/m^2 , czerwony i pomarańczowy odnosi się do wartości powyżej 5 kW/m^2 zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej 5 kW/m^2 zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

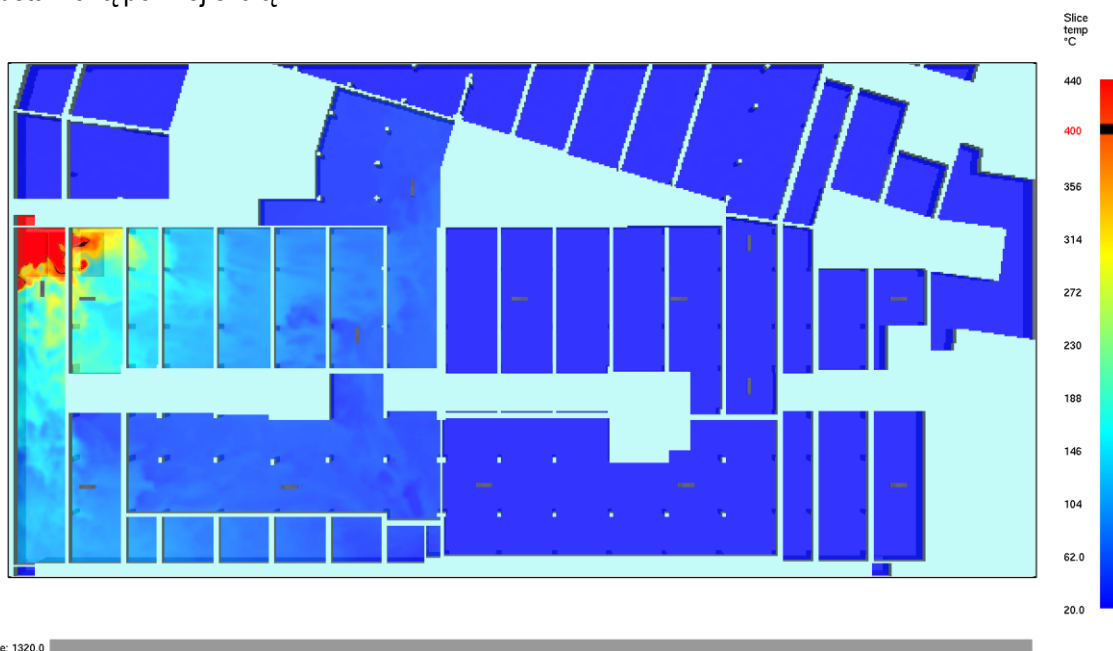


Time: 1320.0

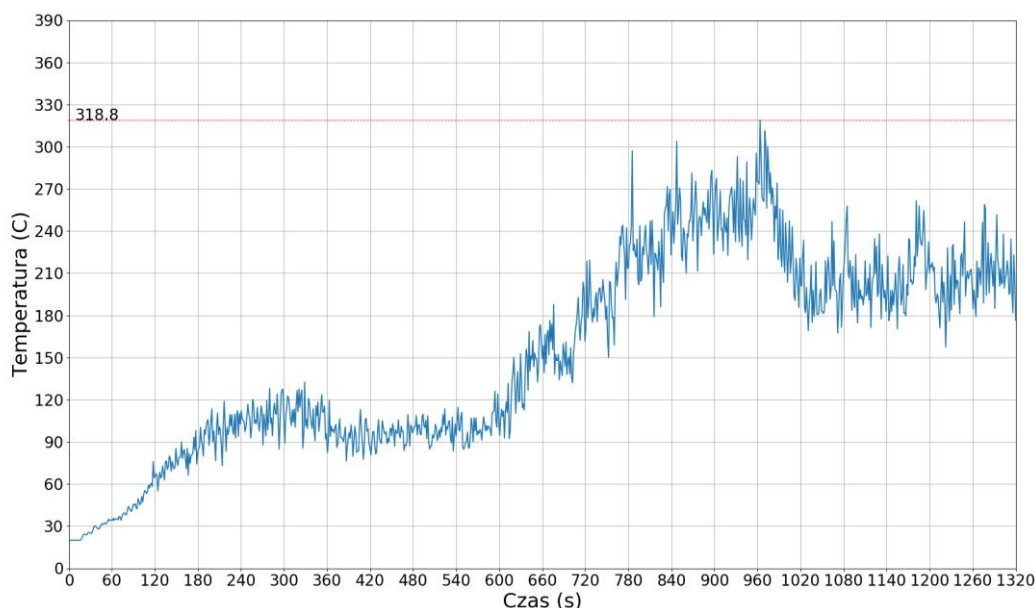
Rys. 35 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

Analiza klasy odporności temperaturowej wentylatorów indukcyjnych, scenariusz SD.1.1.2

Rozkład przewidywanej temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w momencie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej został przedstawiony na rys. 36. Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 400 °C, kolor czerwony oznacza temperaturę powyżej 400 °C, kolor pomarańczowy, zielony i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 400 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 36 Rozkład temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru



Rys. 37 Wykres przewidywalnej temperatury oddziałującej na najbardziej zagrożony wentylator indukcyjny podczas modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

10.3. Scenariusz pożarowy SD.1.2.1

Scenariusz zakłada wystawienie urządzeń wchodzących w skład wentylacji pożarowej garażu według opisu z rozdziału 3 i 4. Rzut modelu 3D został pokazany na rysunku 38 z zaznaczonym projektowanym miejscem pożaru. Modelowy pożar zgodnie z założeniami symulacji został odwzorowany jako powierzchniowe źródło ciepła i dymu, oznaczony na poniższym rysunku kolorem czerwonym.

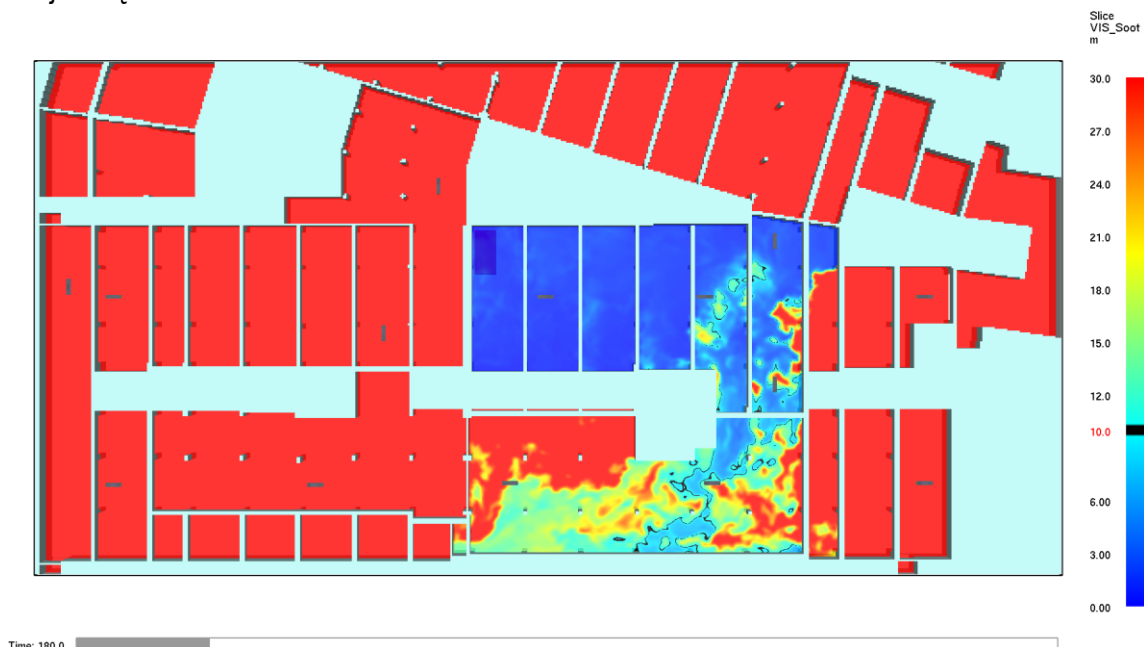


Rys. 38 Usytuowanie pożaru dla scenariusza pożarowego SD.1.2.1

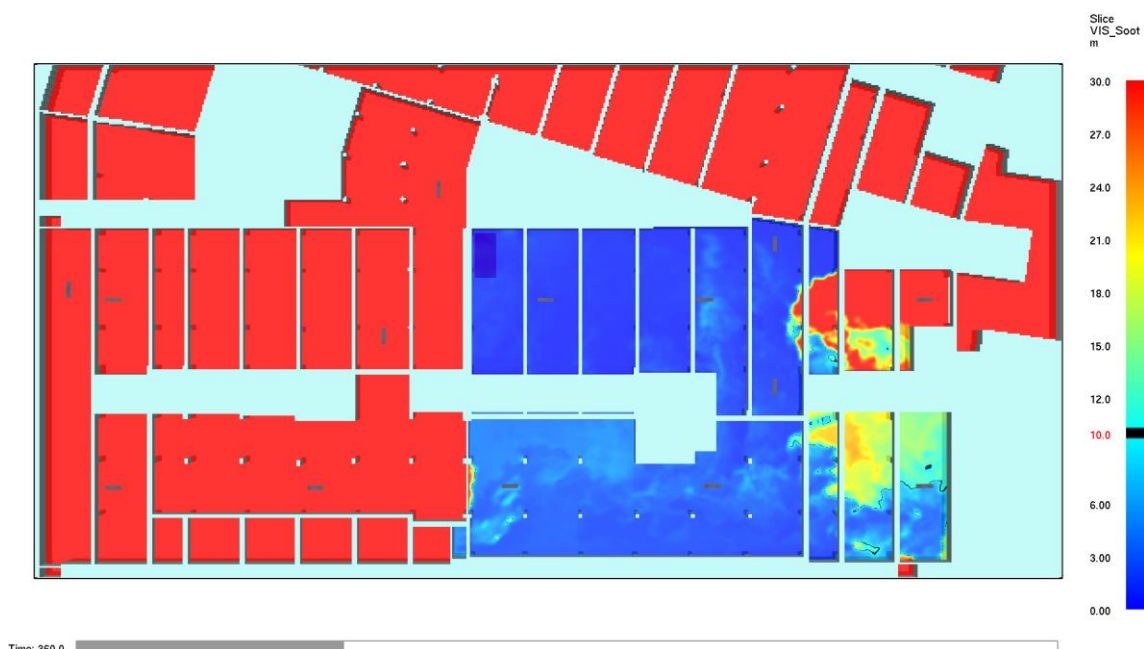
W oparciu o kryteria analizy skuteczności pracy wentylacji pożarowej opisane w rozdziale 6 przedstawione zostały rozkłady parametrów podlegających analizie.

Rozkłady widzialności scenariusz SD.1.2.1

Kolor niebieski odnosi się do widzialności poniżej 10 m, kolor czarny oznacza widzialność równą 10 m, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do widzialności powyżej 10 m zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

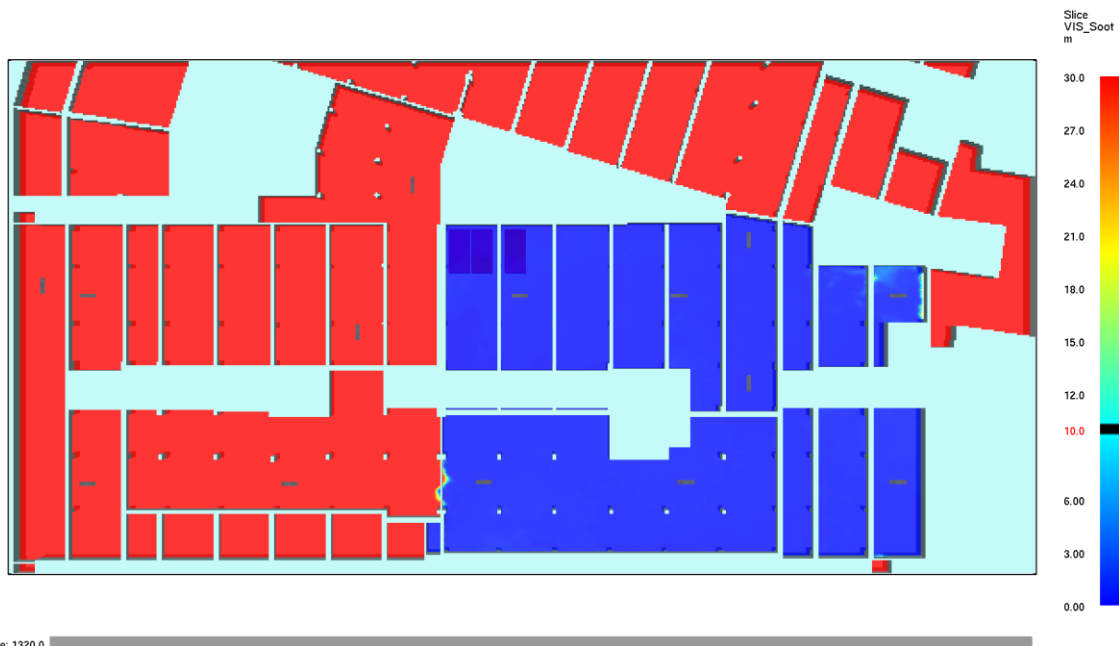


Rys. 39 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu



Rys. 40 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

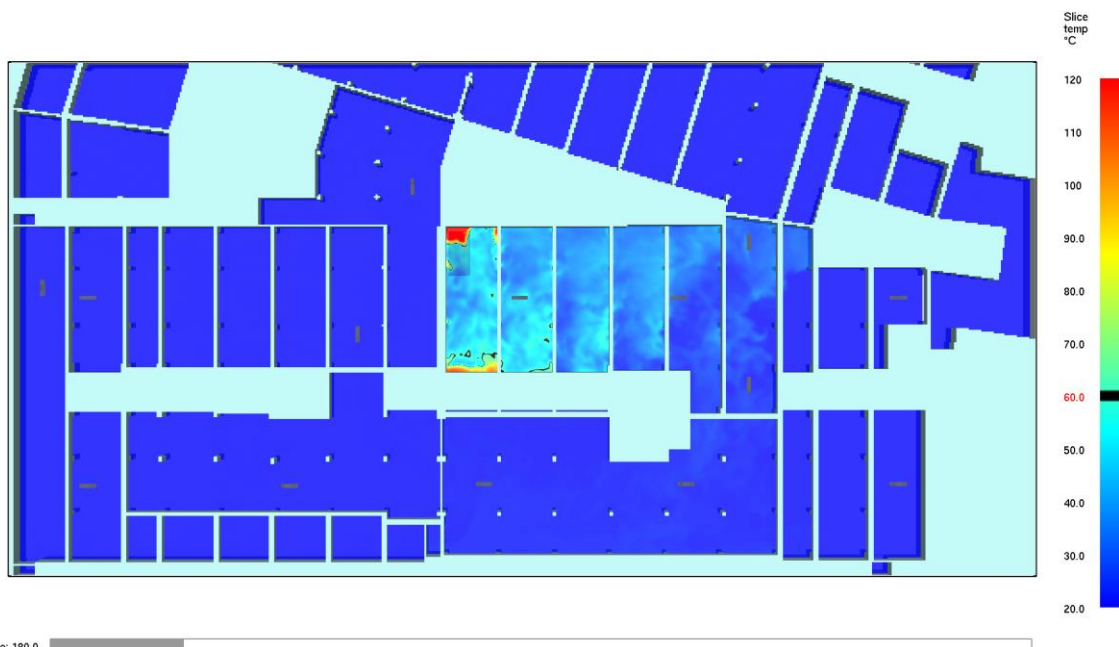
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 41 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w DCBE

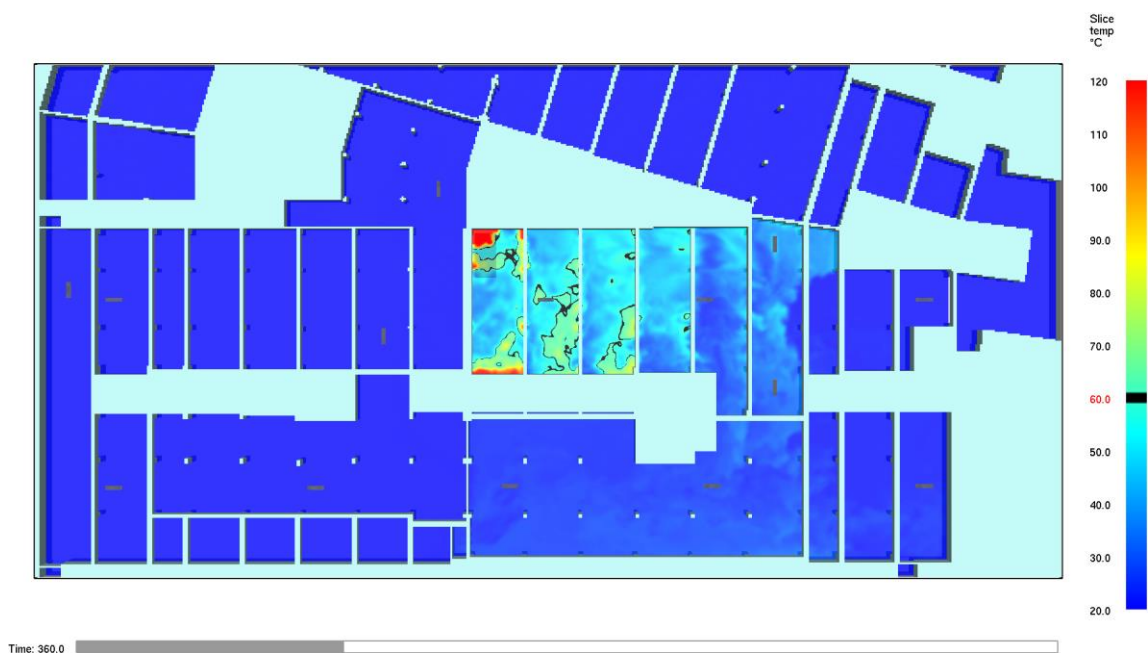
Rozkład temperatury scenariusz SD.1.2.1

Kolor niebieski i błękitny odnosi się do temperatury poniżej 60 °C, kolor czarny oznacza temperaturę równą 60 °C, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do temperatury powyżej 60 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą dla rysunków 42 i 43.

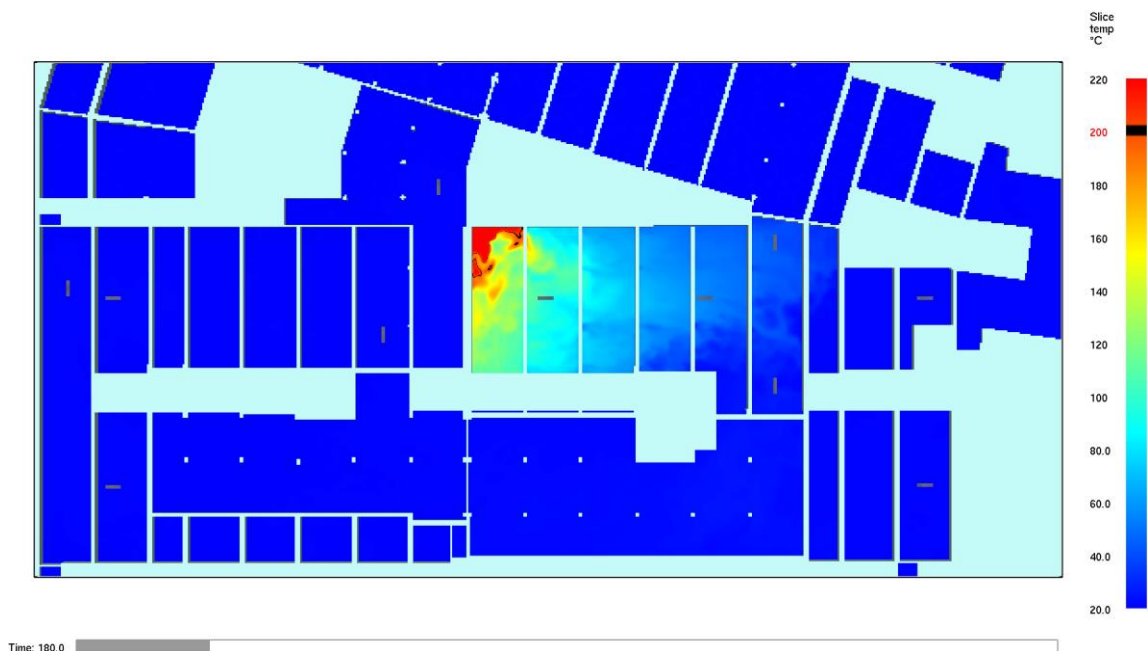


Rys. 42 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

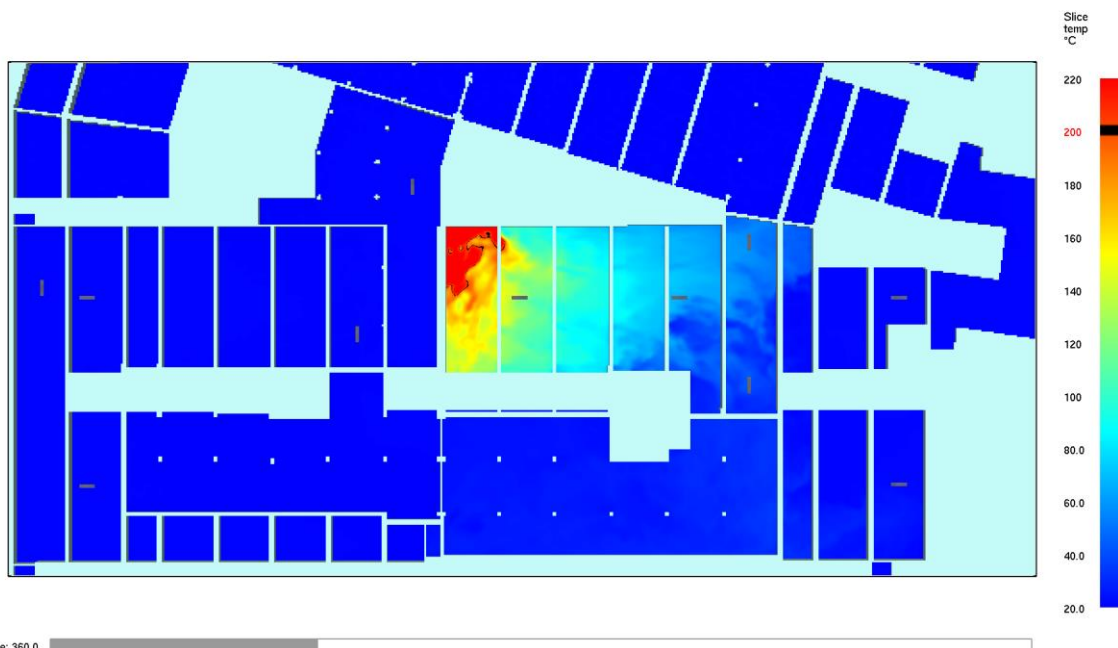


Rys. 43 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu



Rys. 44 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

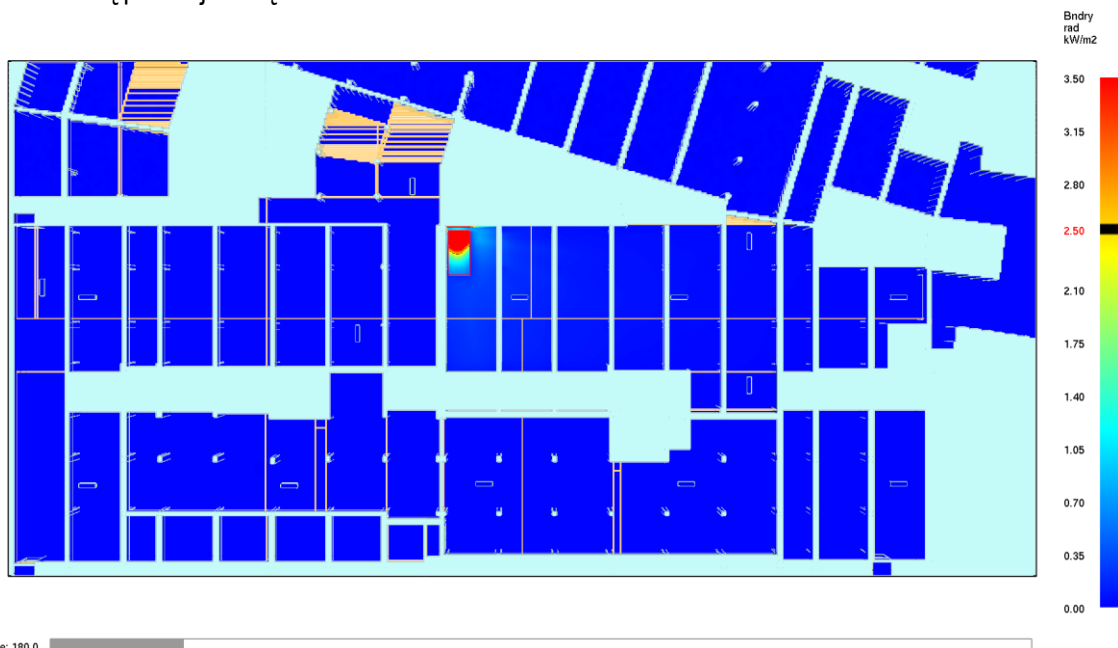
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 45 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

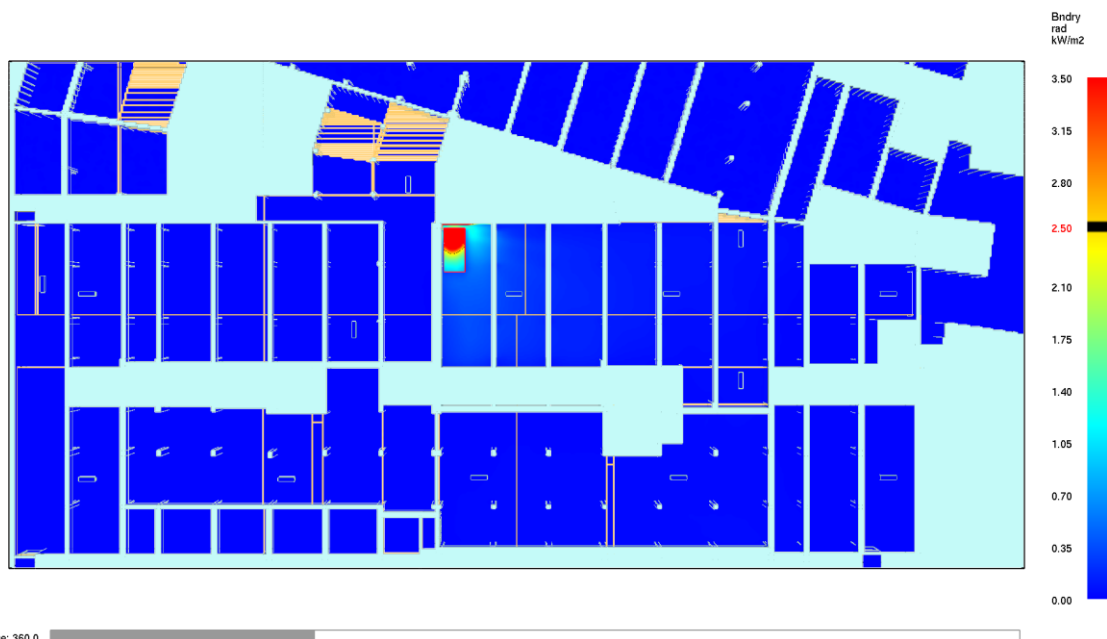
Rozkład promieniowania ciepłego scenariusz SD.1.2.1

Na rys. 46 i rys. 47 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji odpowiednio pierwszych osób z garażu oraz ostatnich osób. Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego $2,5 \text{ kW/m}^2$, czerwony odnosi się do wartości powyżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 46 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

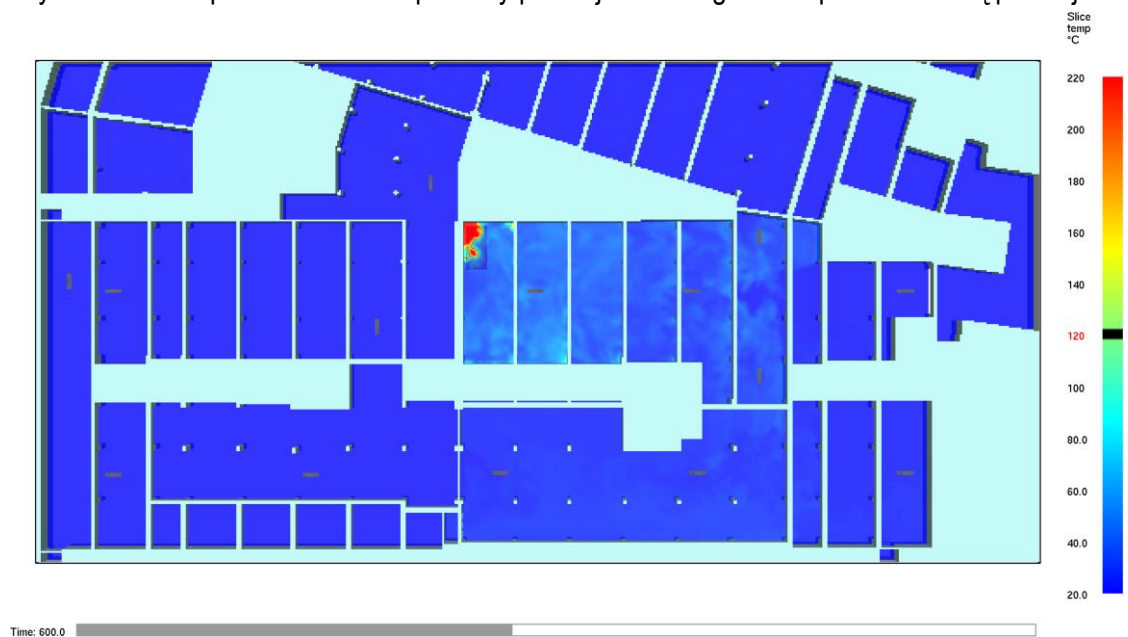
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 47 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

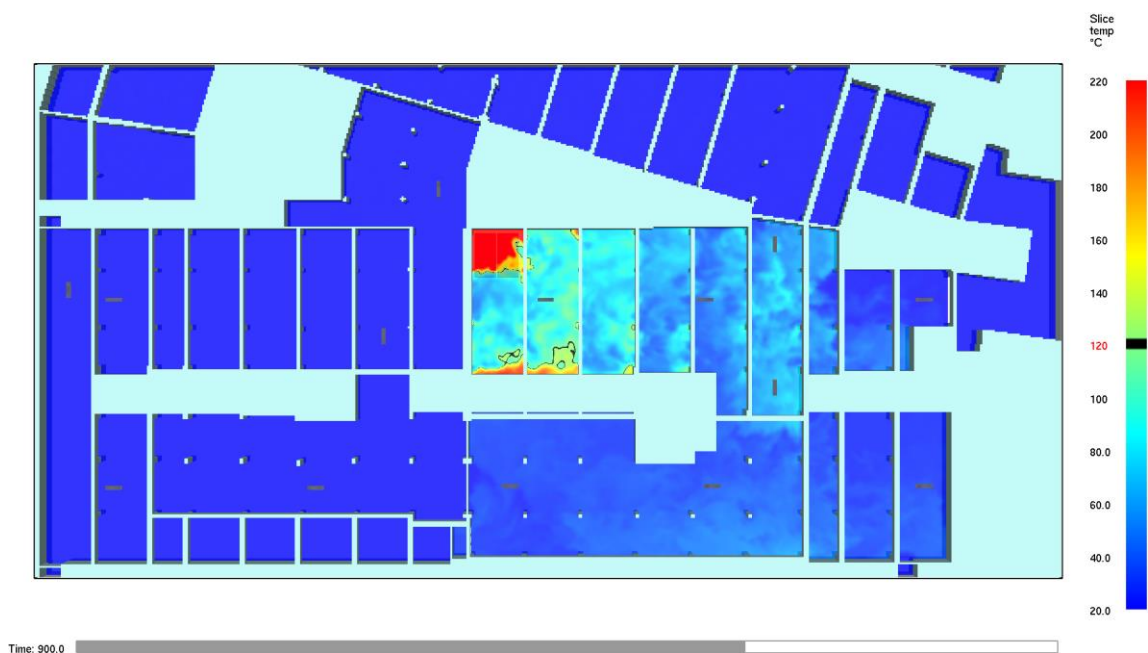
Rozkłady parametrów podczas prowadzenia działań ekip ratowniczo-gaśniczych, scenariusz SD.1.2.1

Poniżej przedstawiono wyniki dotyczące przewidywanego rozkładu temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki dla 10, 15 i 22 minuty pożaru (rys. 48 - 50). Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 120°C, kolor czerwony, pomarańczowy, żółty oznacza temperaturę powyżej 120 °C, kolor błękitny i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 120 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

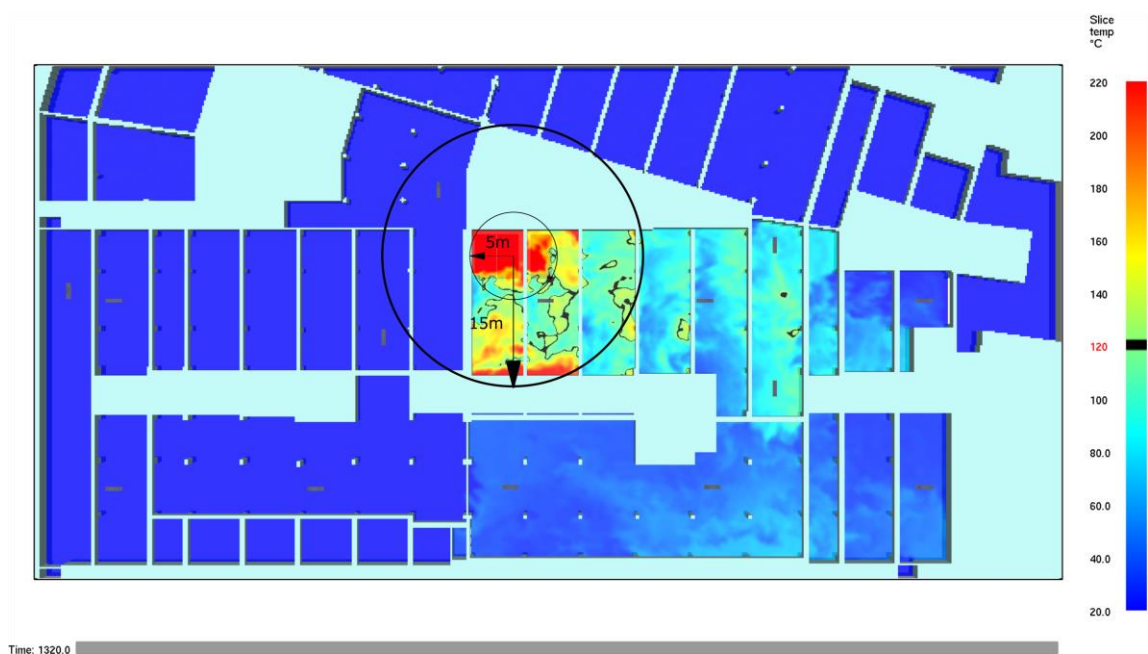


Rys. 48 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 10 minuty od początku pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



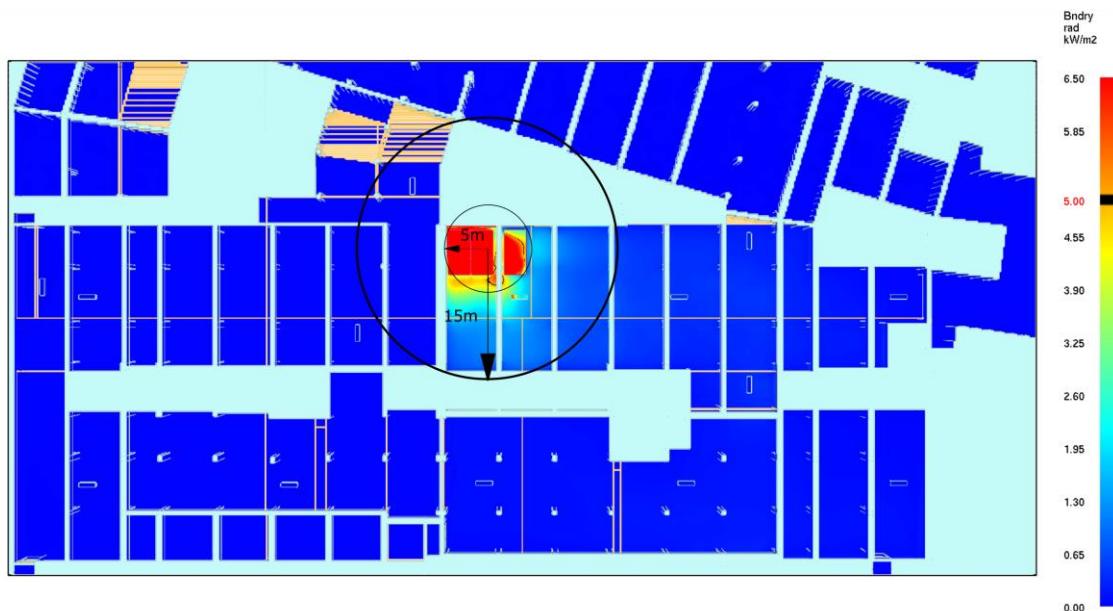
Rys. 49 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 15 minut od początku pożaru



Rys. 50 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

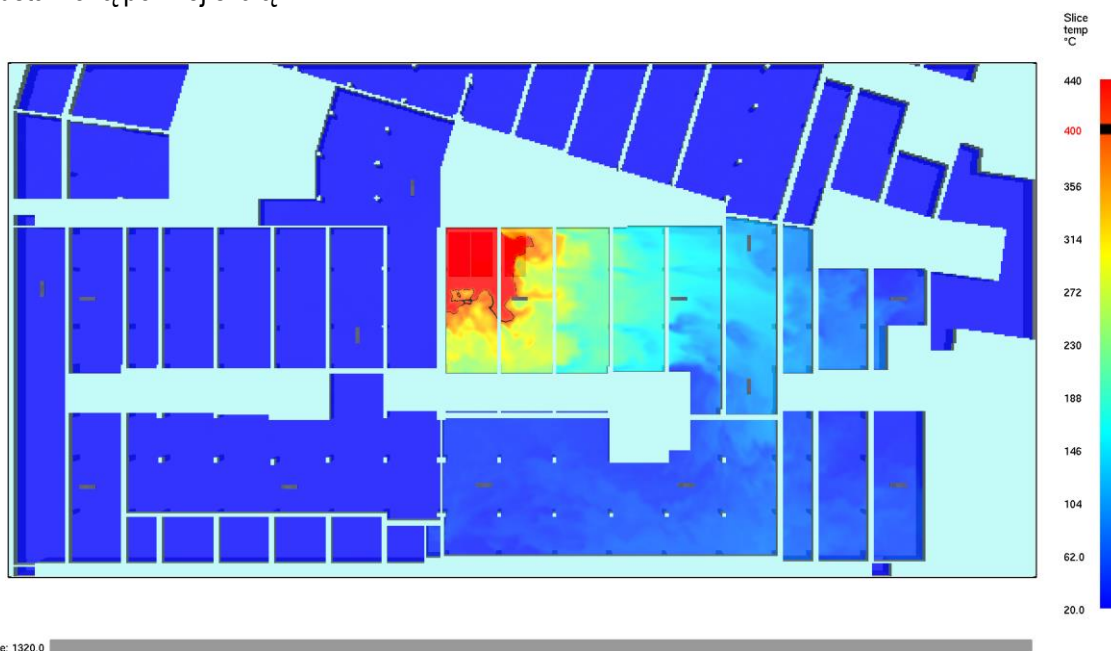
Na rys. 51 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej (tj. 22 minucie). Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego 5 kW/m^2 , czerwony i pomarańczowy odnosi się do wartości powyżej 5 kW/m^2 zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej 5 kW/m^2 zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 51 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

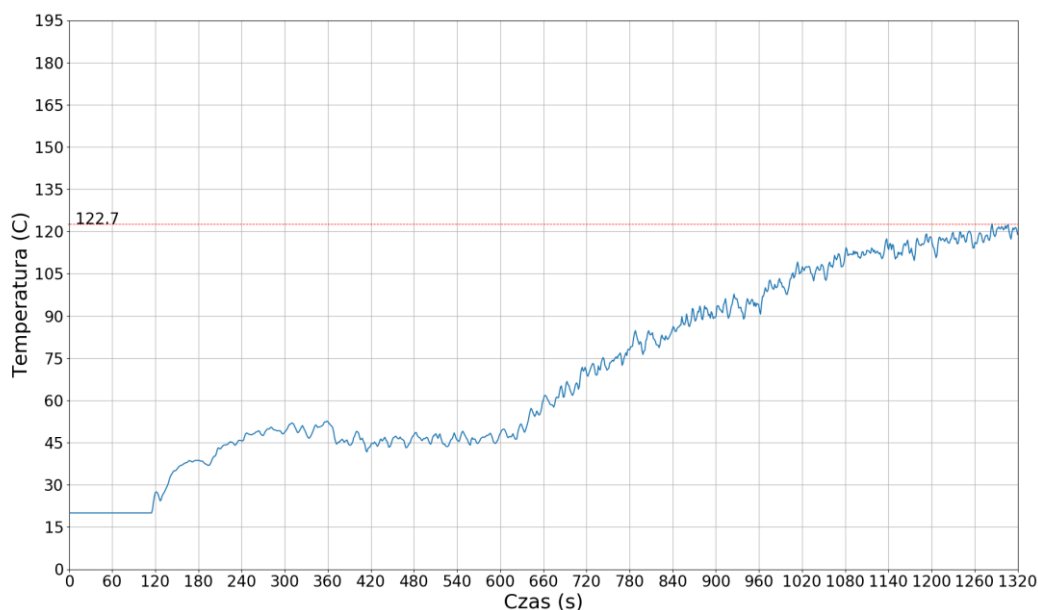
Analiza klasy odporności temperaturowej wentylatorów indukcyjnych, scenariusz SD.1.2.1

Rozkład przewidywanej temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w momencie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej został przedstawiony na rys. 52. Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 400 °C, kolor czerwony oznacza temperaturę powyżej 400 °C, kolor pomarańczowy, zielony i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 400 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Time: 1320.0

Rys. 52 Rozkład temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

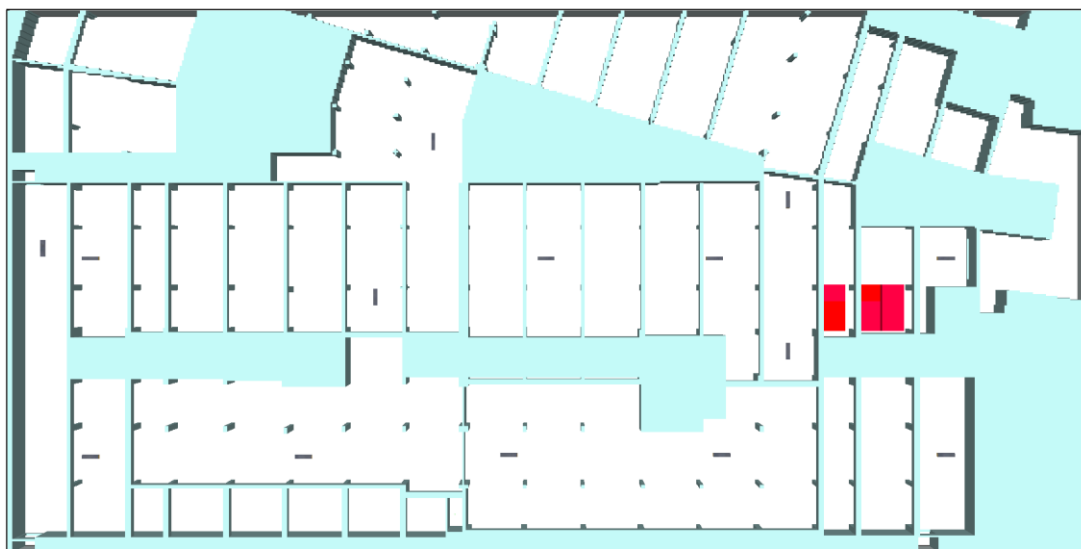


Rys. 53 Wykres przewidywalnej temperatury oddziałującej na najbardziej zagrożony wentylator indukcyjny podczas modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

10.4. Scenariusz pożarowy SD.1.2.2

Scenariusz zakłada wystawienie urządzeń wchodzących w skład wentylacji pożarowej garażu według opisu z rozdziału 3 i 4. Rzut modelu 3D został pokazany na rysunku 54 z zaznaczonym projektowanym miejscem pożaru. Modelowy pożar zgodnie z założeniami symulacji został odwzorowany jako powierzchniowe źródło ciepła i dymu, oznaczony na poniższym rysunku kolorem czerwonym.

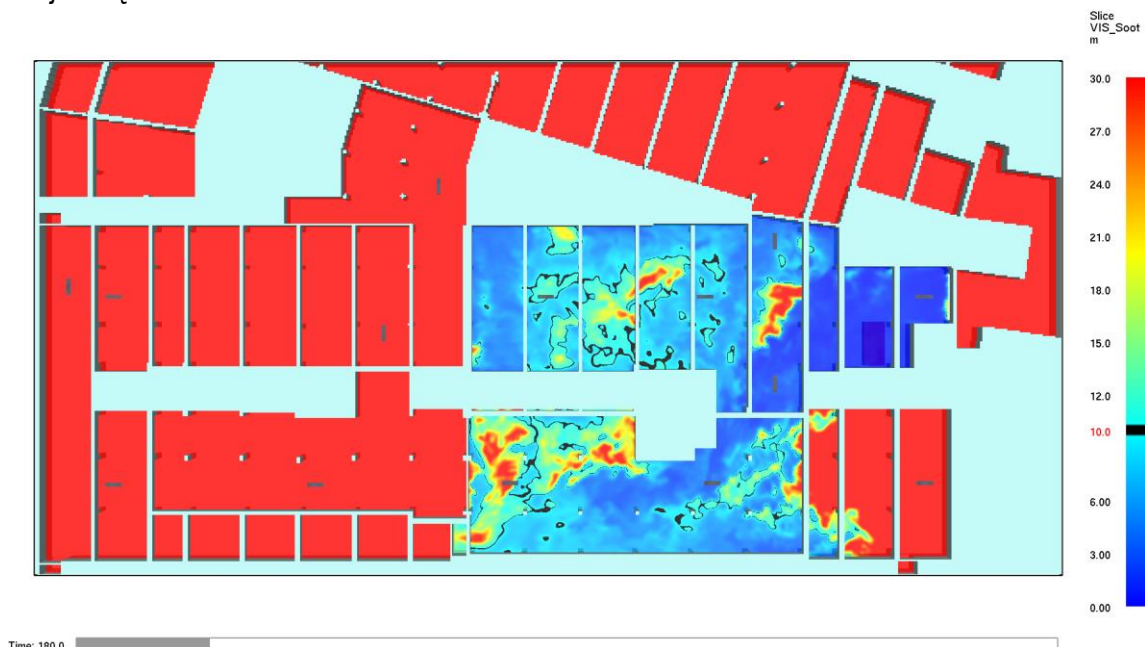


Rys. 54 Usytuowanie pożaru dla scenariusza pożarowego SD.1.2.2

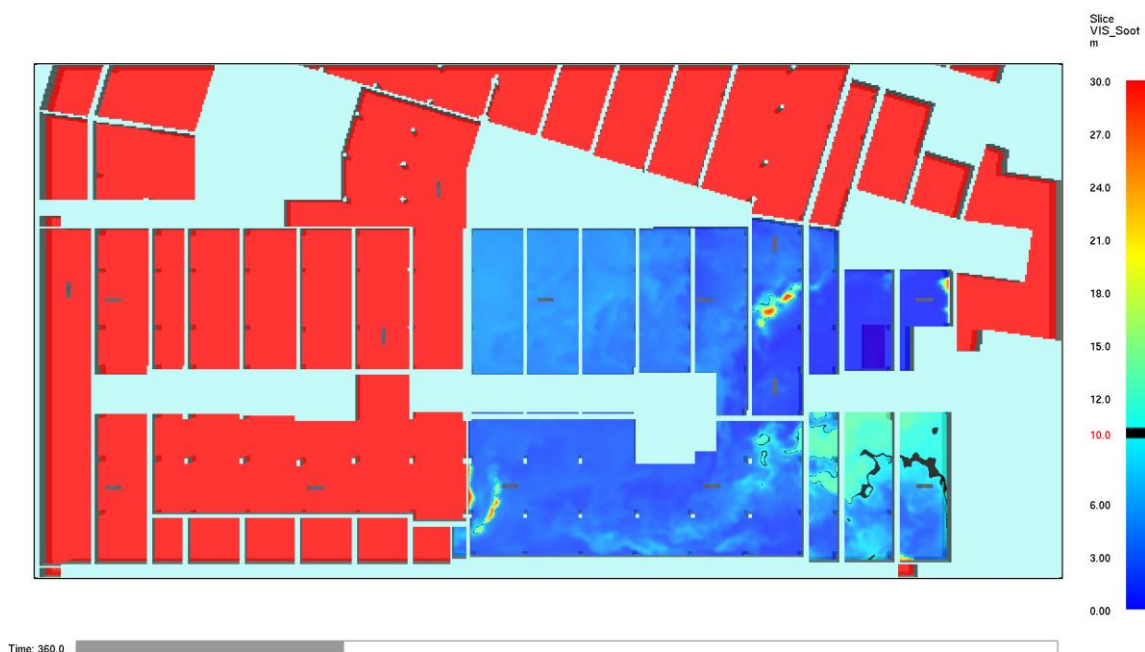
W oparciu o kryteria analizy skuteczności pracy wentylacji pożarowej opisane w rozdziale 6 przedstawione zostały rozkłady parametrów podlegających analizie.

Rozkłady widzialności scenariusz SD.1.2.2

Kolor niebieski odnosi się do widzialności poniżej 10 m, kolor czarny oznacza widzialność równą 10 m, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do widzialności powyżej 10 m zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

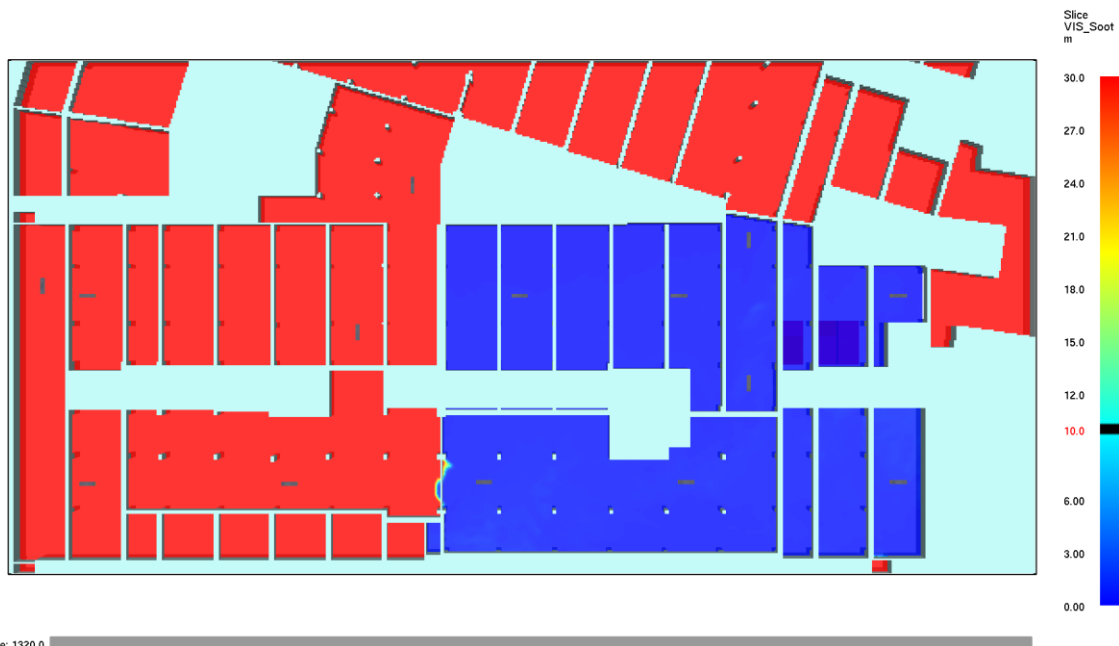


Rys. 55 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu



Rys. 56 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

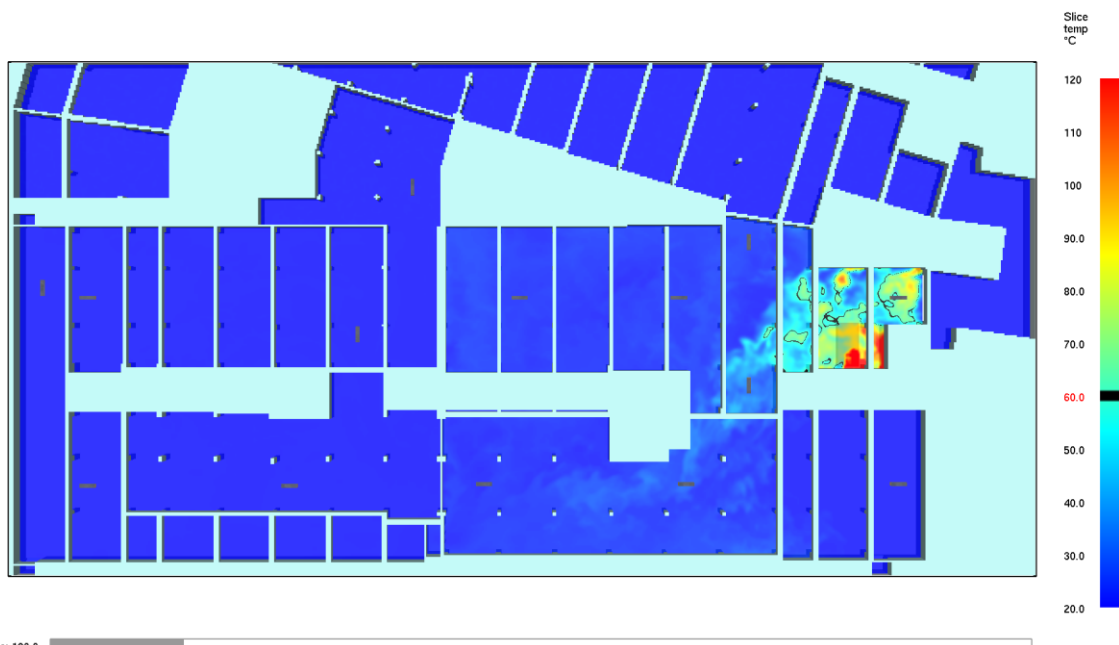


Time: 1320.0

Rys. 57 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w DCBE

Rozkład temperatury scenariusz SD.1.2.2

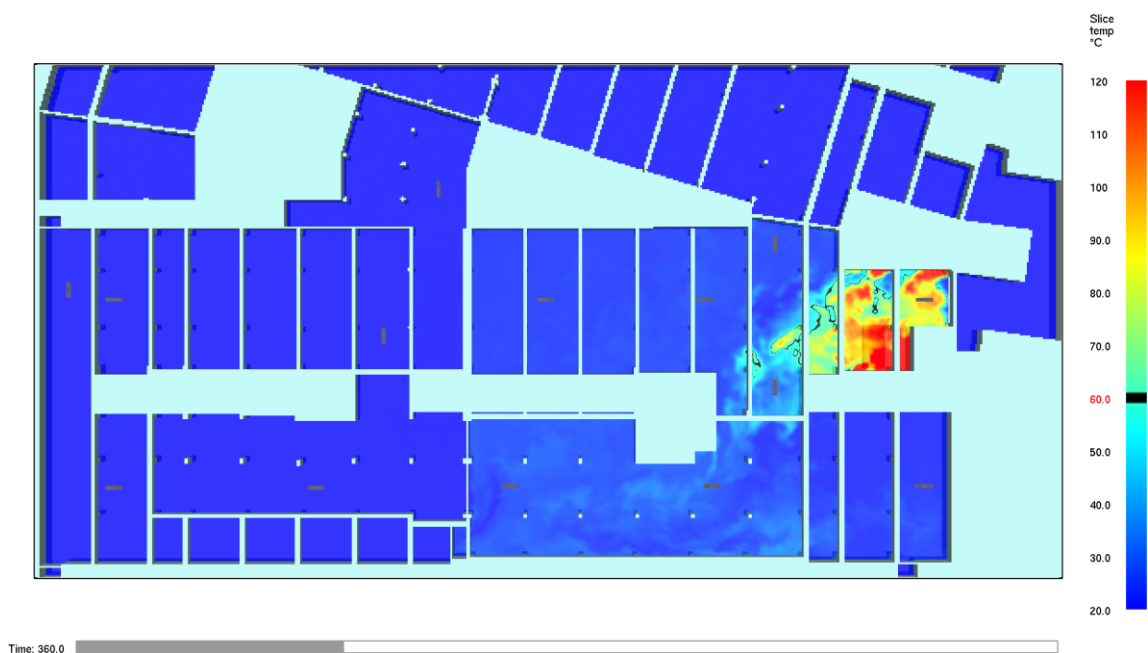
Kolor niebieski i błękitny odnosi się do temperatury poniżej 60 °C, kolor czarny oznacza temperaturę równą 60 °C, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do temperatury powyżej 60 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą dla rysunków 58 i 59.



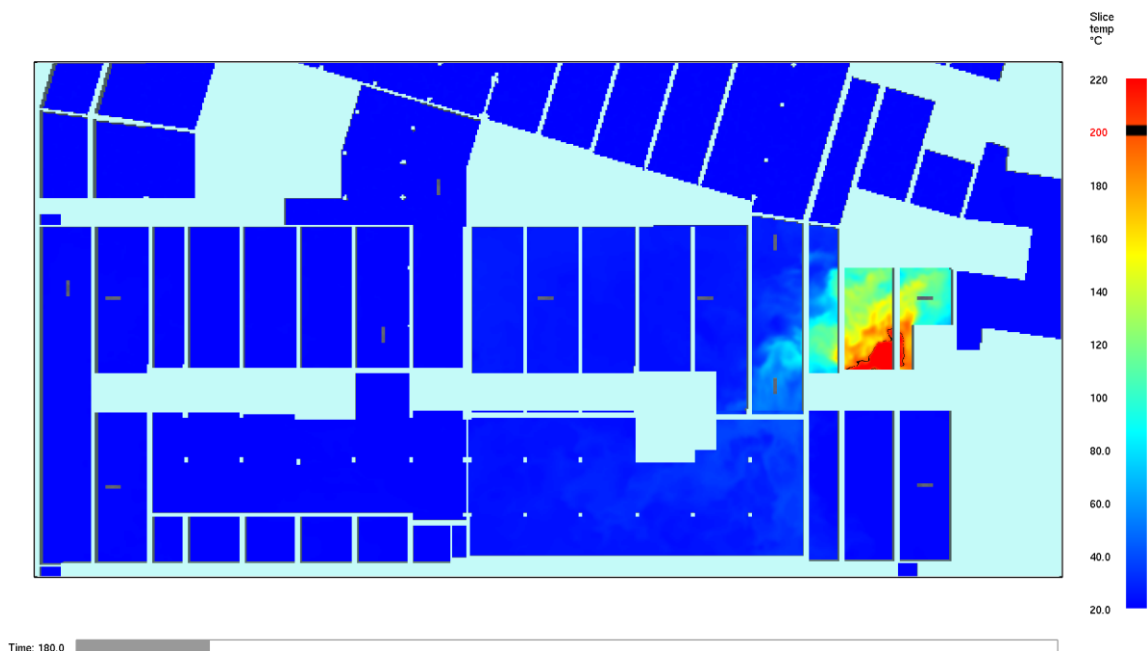
Time: 180.0

Rys. 58 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

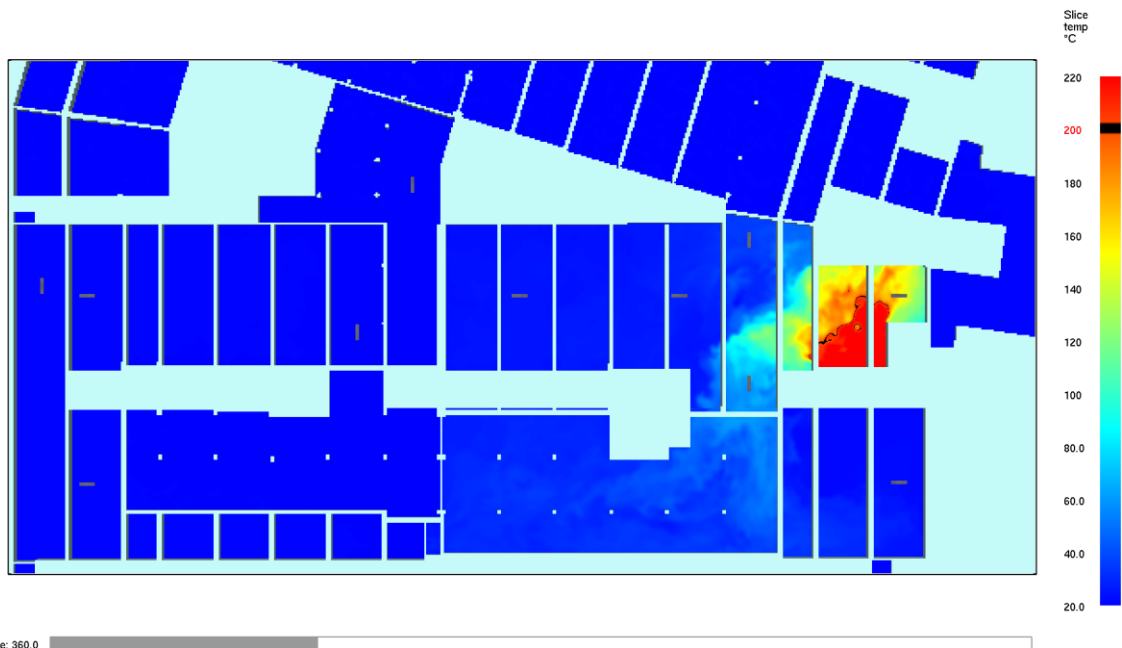


Rys. 59 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu



Rys. 60 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

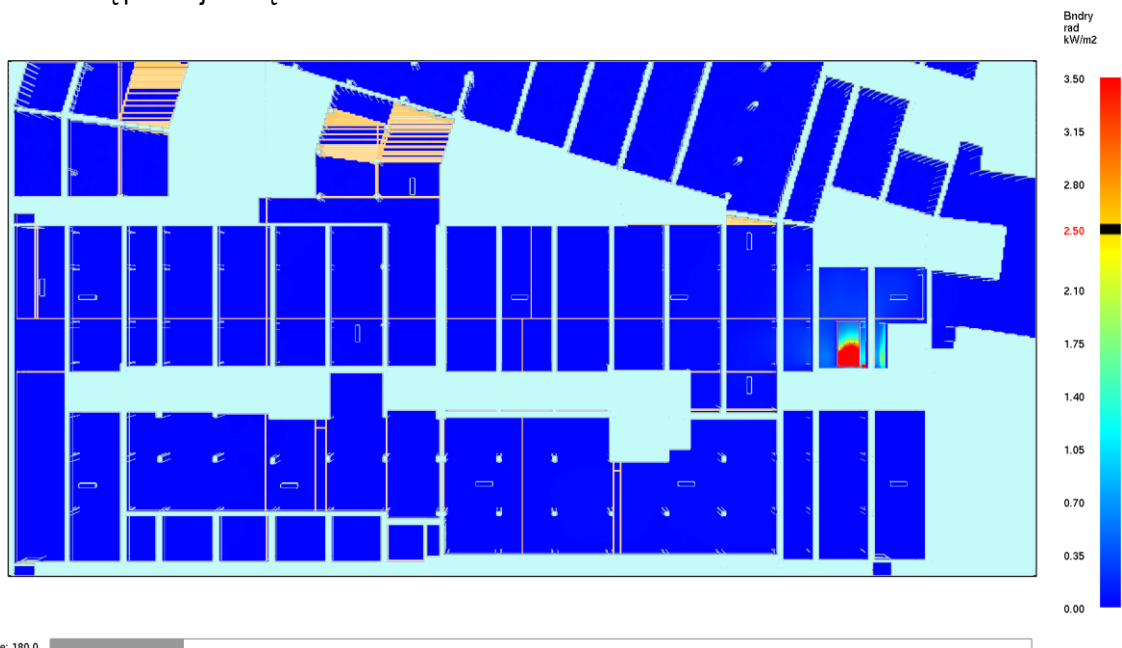
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 61 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

Rozkład promieniowania ciepłego scenariusz SD.1.2.2

Na rys. 62 i rys. 63 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji odpowiednio pierwszych osób z garażu oraz ostatnich osób. Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego $2,5 \text{ kW/m}^2$, czerwony odnosi się do wartości powyżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 62 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

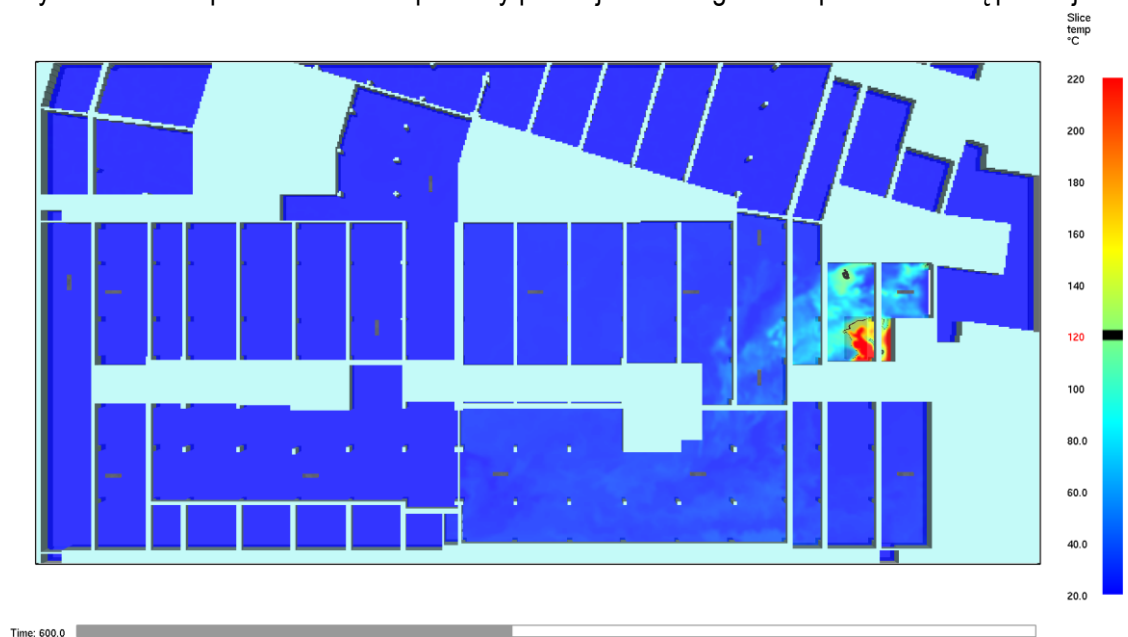
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 63 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

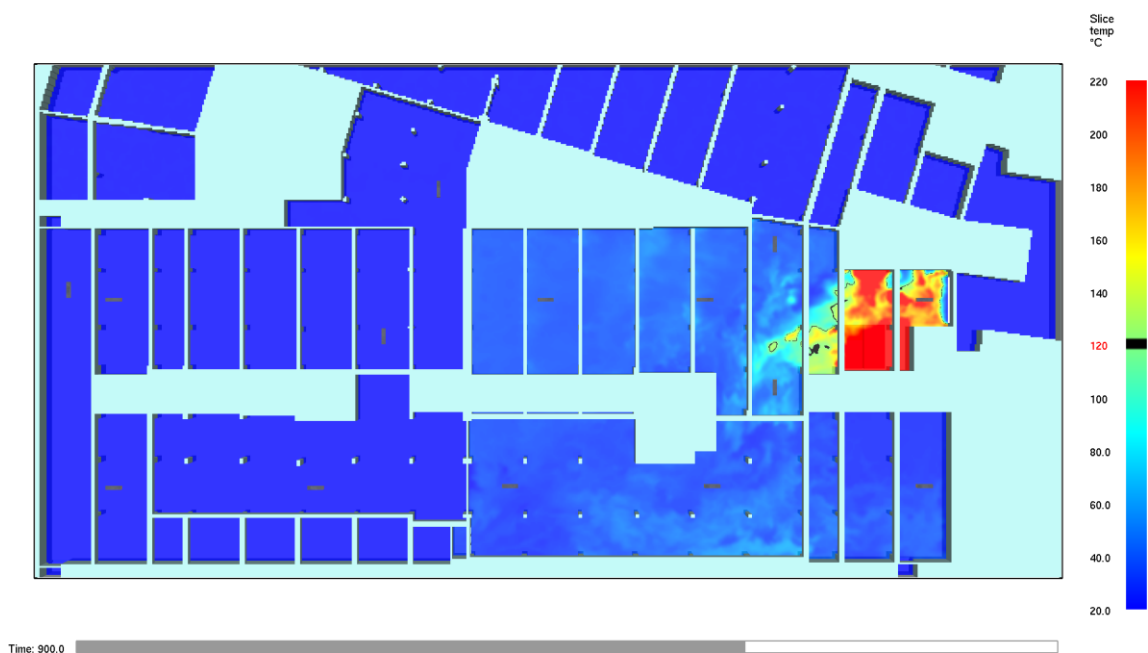
Rozkłady parametrów podczas prowadzenia działań ekip ratowniczo-gaśniczych, scenariusz SD.1.2.2

Poniżej przedstawiono wyniki dotyczące przewidywanego rozkładu temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki dla 10, 15 i 22 minuty pożaru (rys. 64 - 66). Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 120°C, kolor czerwony, pomarańczowy, żółty oznacza temperaturę powyżej 120 °C, kolor błękitny i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 120 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

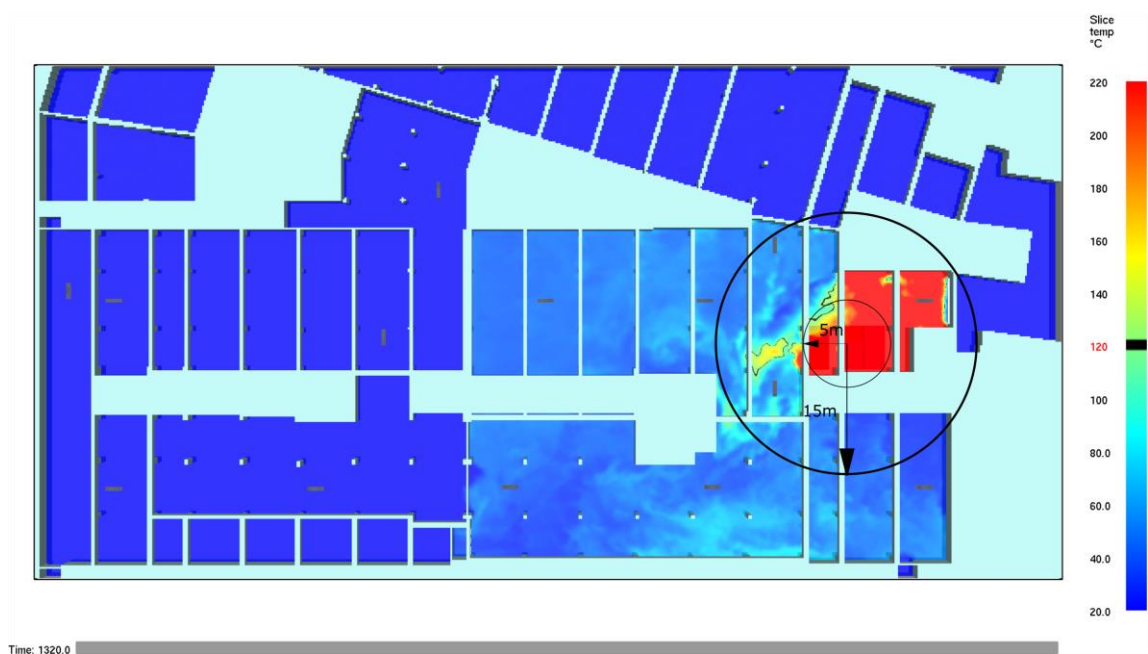


Rys. 64 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 10 minuty od początku pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



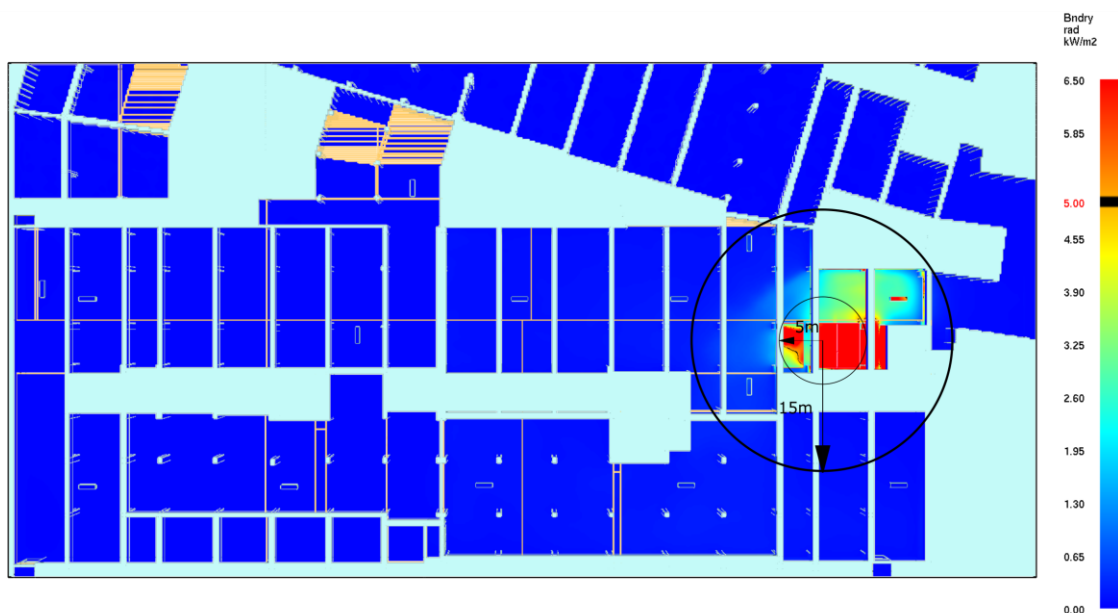
Rys. 65 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 15 minut od początku pożaru



Rys. 66 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

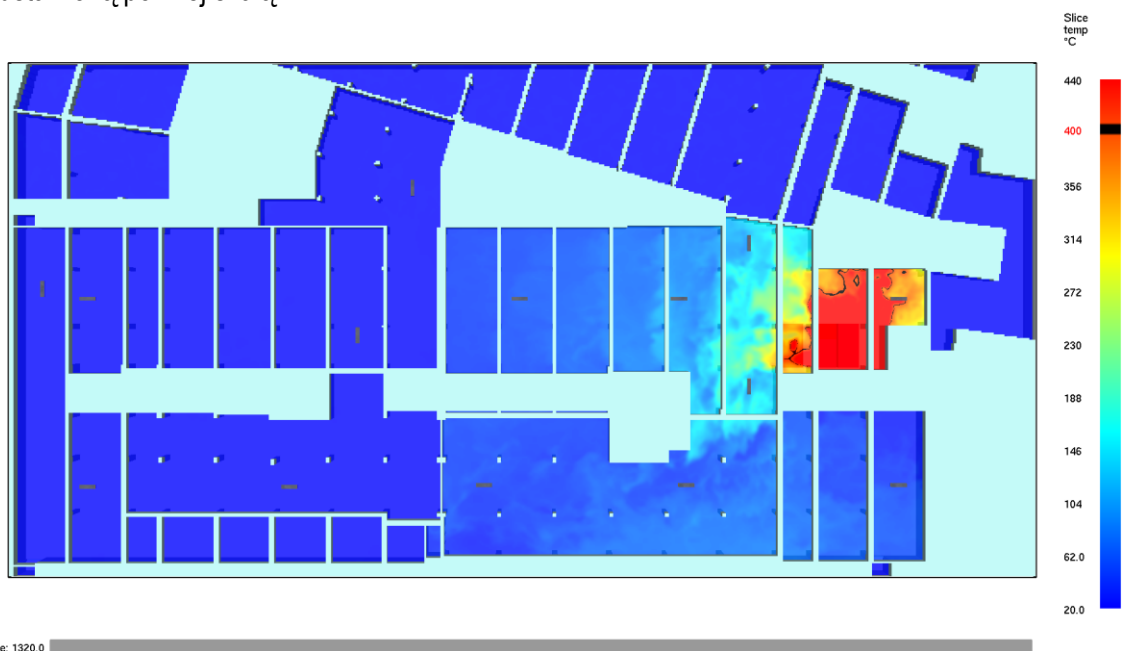
Na rys. 67 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej (tj. 22 minucie). Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego 5 kW/m^2 , czerwony i pomarańczowy odnosi się do wartości powyżej 5 kW/m^2 zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej 5 kW/m^2 zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 67 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

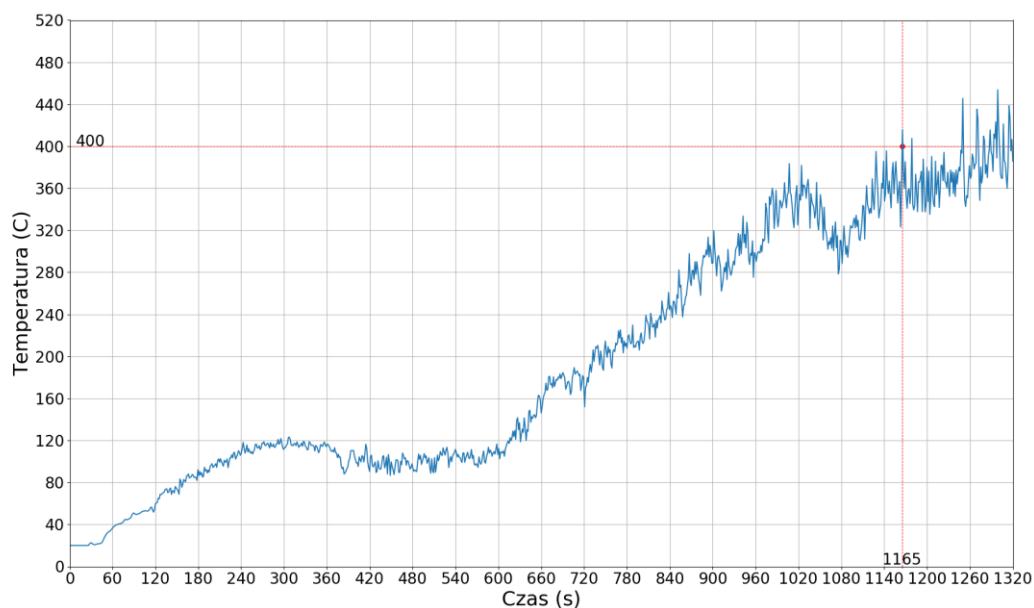
Analiza klasy odporności temperaturowej wentylatorów indukcyjnych, scenariusz SD.1.2.2

Rozkład przewidywanej temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w momencie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej został przedstawiony na rys. 68. Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 400 °C, kolor czerwony oznacza temperaturę powyżej 400 °C, kolor pomarańczowy, zielony i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 400 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Time: 1320.0

Rys. 68 Rozkład temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

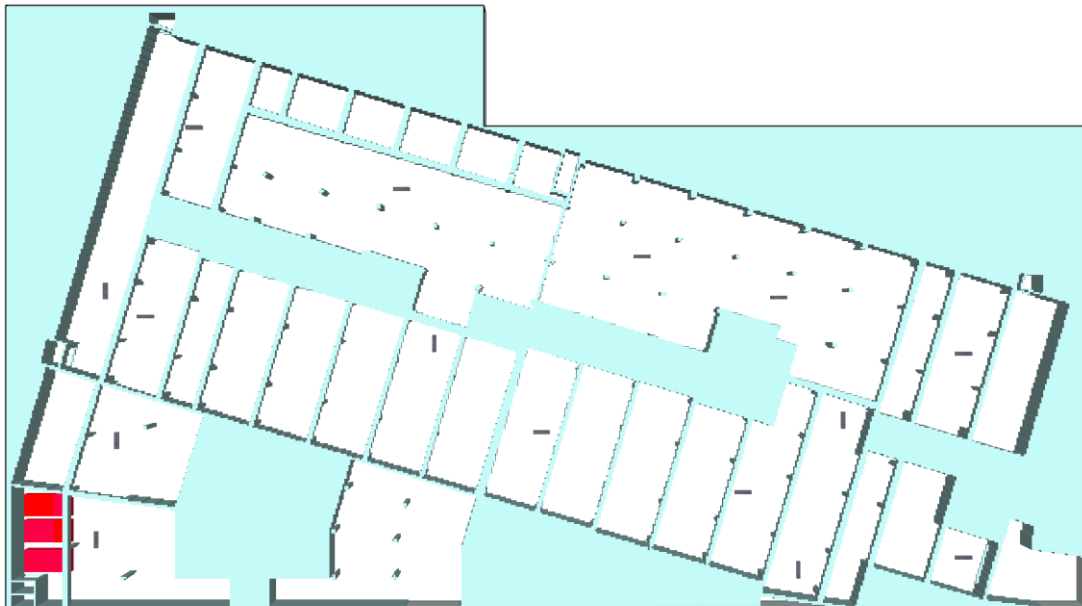


Rys. 69 Wykres przewidywalnej temperatury oddziałującej na najbardziej zagrożony wentylator indukcyjny podczas modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

10.5. Scenariusz pożarowy SD.2.1

Scenariusz zakłada wystawienie urządzeń wchodzących w skład wentylacji pożarowej garażu według opisu z rozdziału 3 i 4. Rzut modelu 3D został pokazany na rysunku 70 z zaznaczonym projektowanym miejscem pożaru. Modelowy pożar zgodnie z założeniami symulacji został odwzorowany jako powierzchniowe źródło ciepła i dymu, oznaczony na poniższym rysunku kolorem czerwonym.

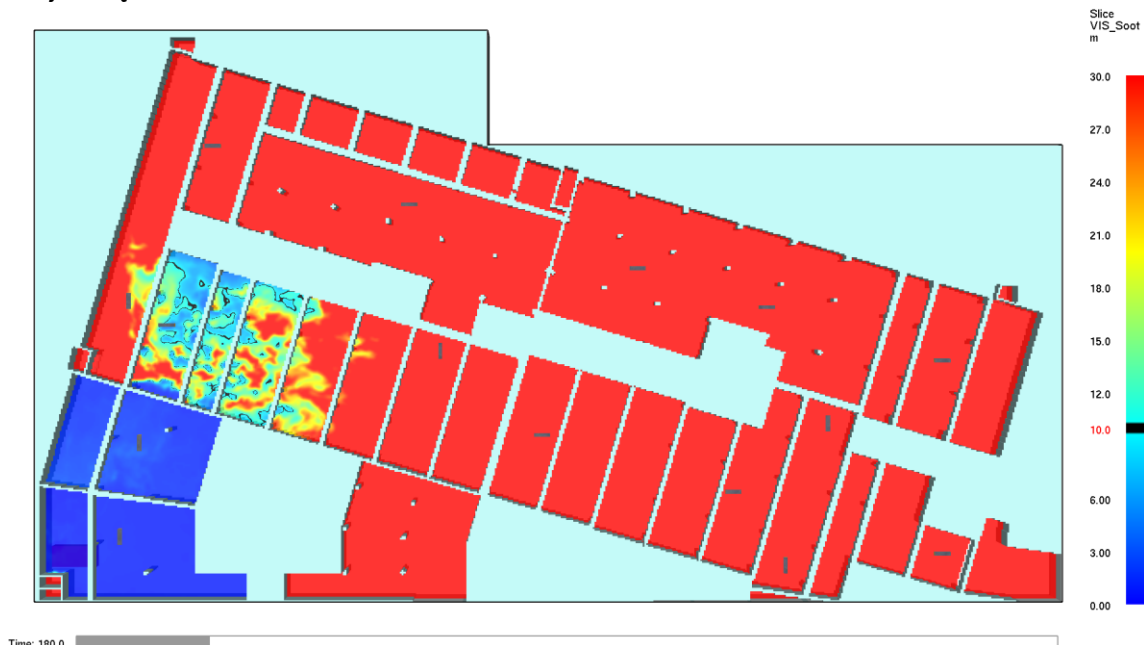


Rys. 70 Usytuowanie pożaru dla scenariusza pożarowego SD.2.1

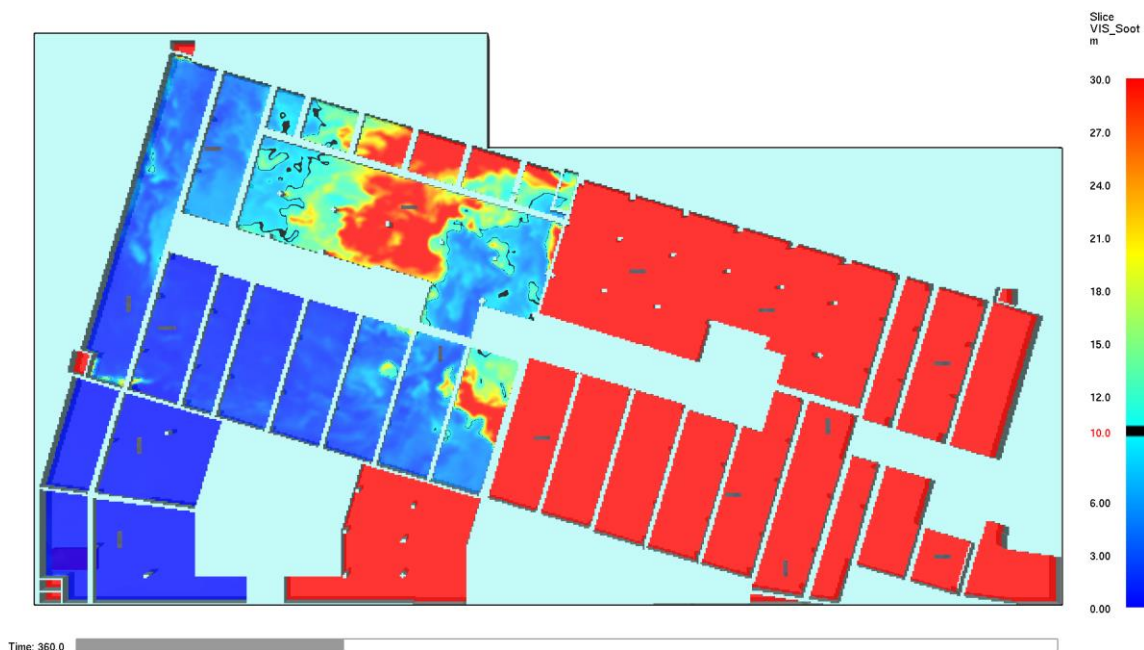
W oparciu o kryteria analizy skuteczności pracy wentylacji pożarowej opisane w rozdziale 6 przedstawione zostały rozkłady parametrów podlegających analizie.

Rozkłady widzialności scenariusz SD.2.1

Kolor niebieski odnosi się do widzialności poniżej 10 m, kolor czarny oznacza widzialność równą 10 m, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do widzialności powyżej 10 m zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

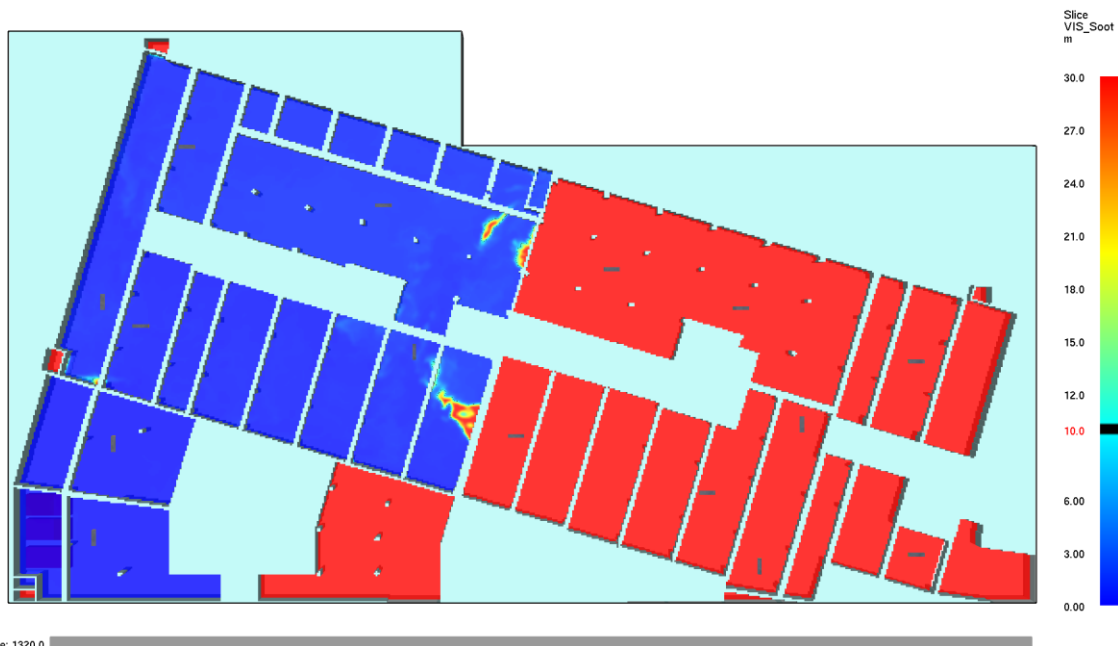


Rys. 71 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu



Rys. 72 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

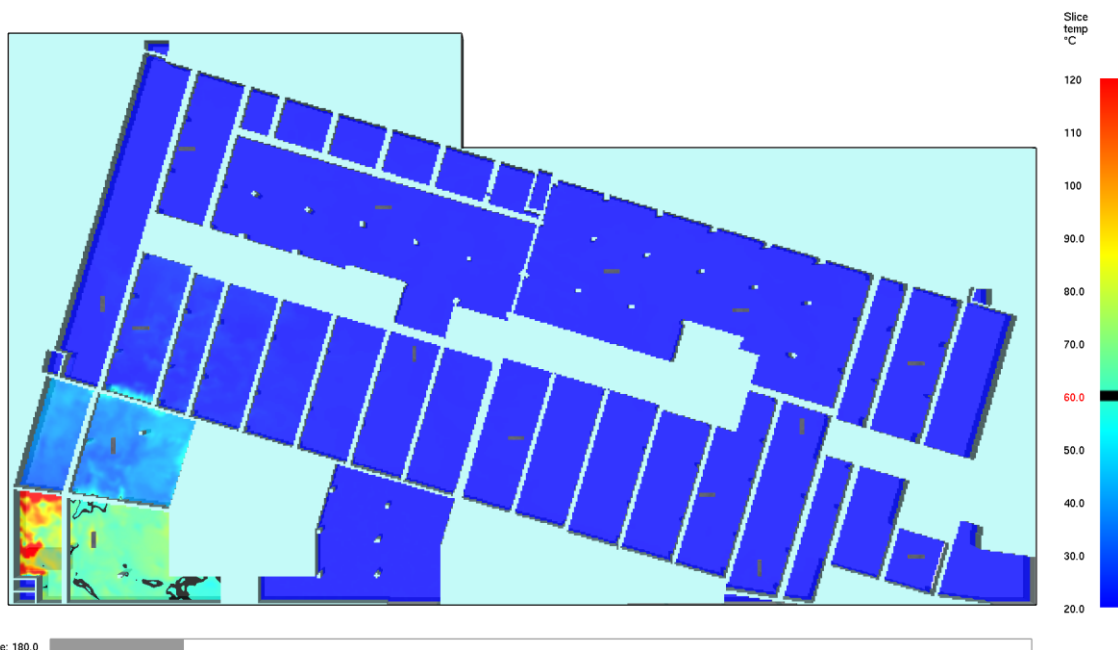
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 73 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w DCBE

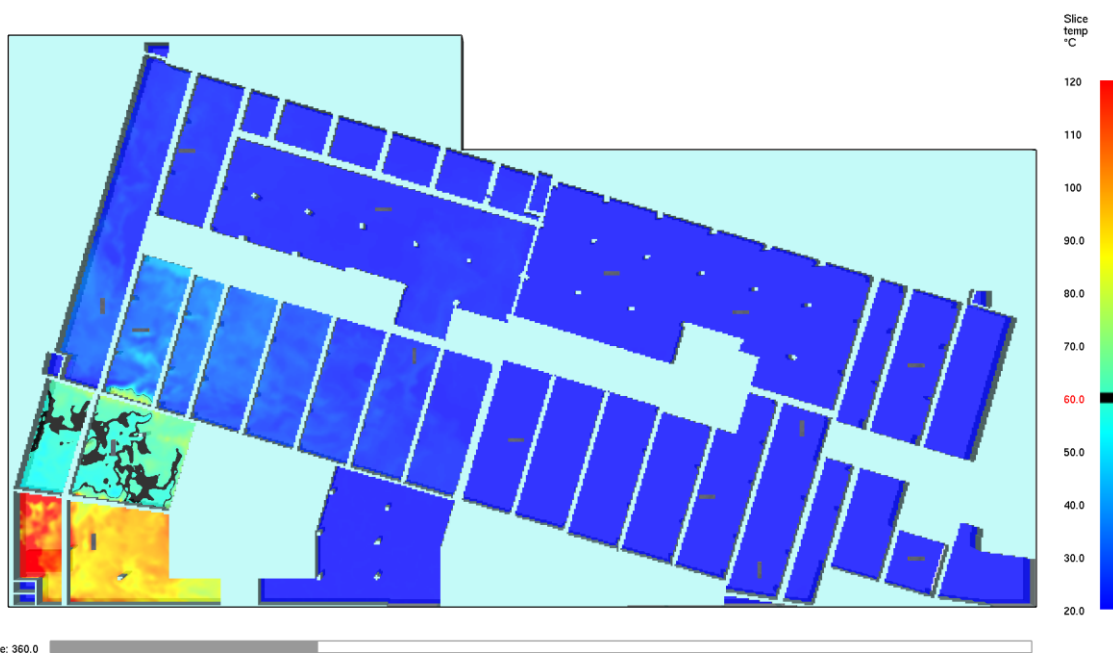
Rozkład temperatury scenariusz SD.2.1

Kolor niebieski i błękitny odnosi się do temperatury poniżej 60 °C, kolor czarny oznacza temperaturę równą 60 °C, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do temperatury powyżej 60 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą dla rysunków 74 i 75.

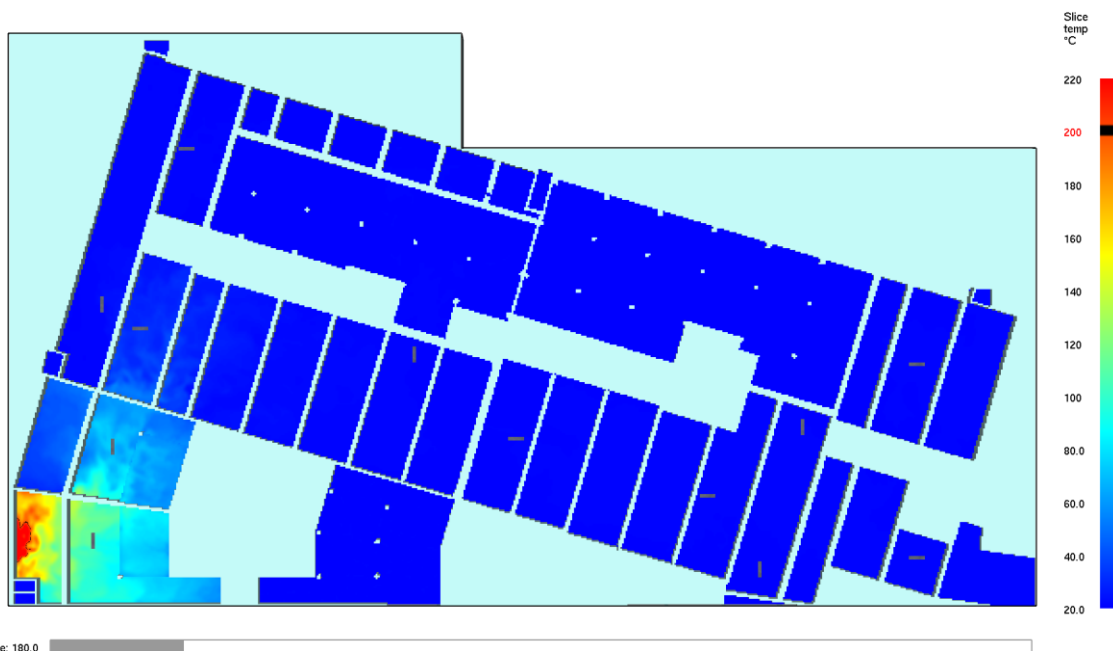


Rys. 74 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

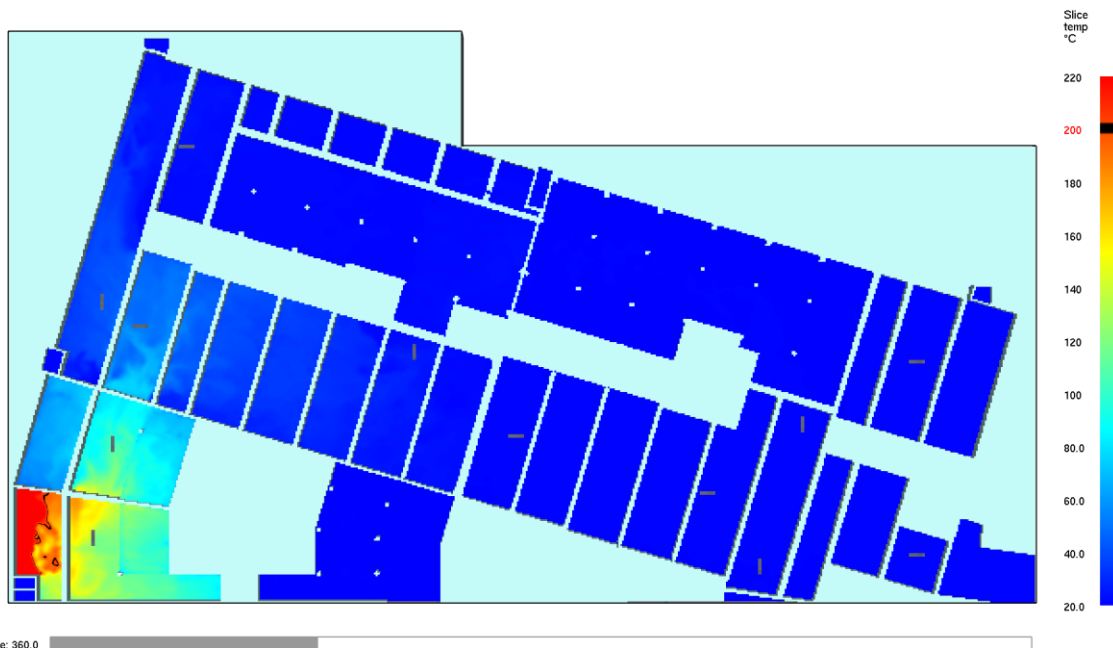


Rys. 75 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu



Rys. 76 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

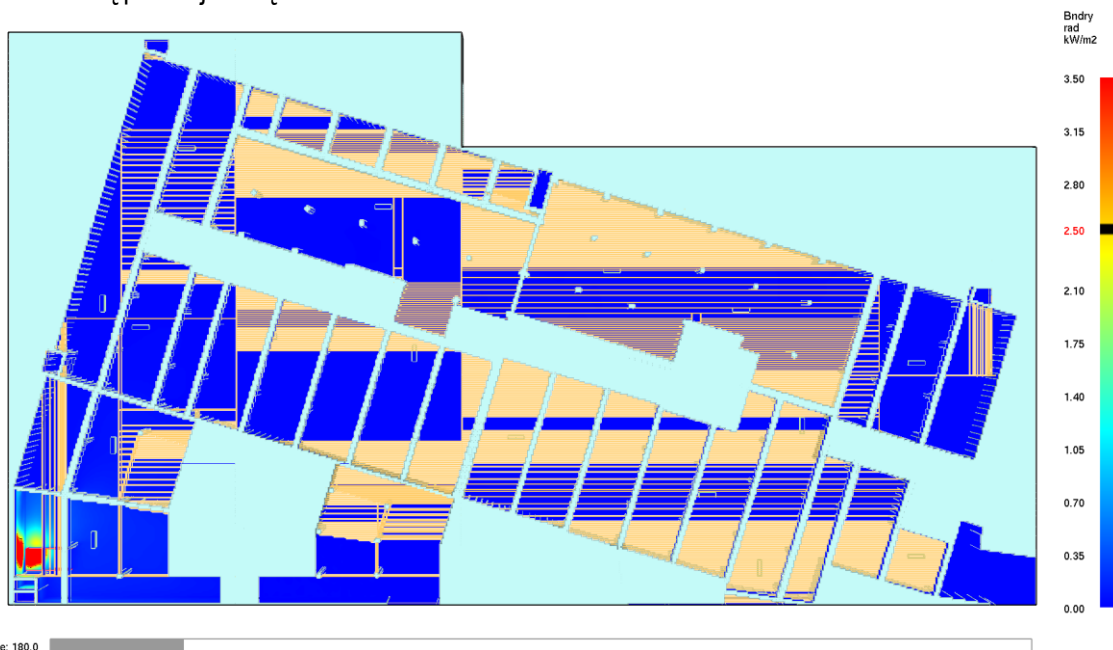
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 77 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

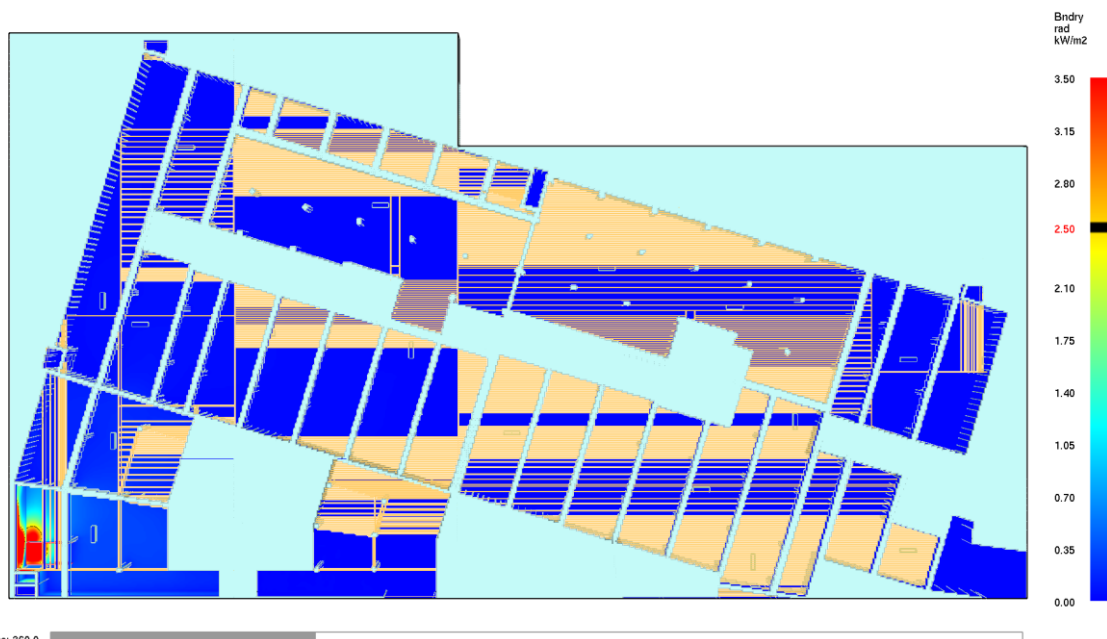
Rozkład promieniowania ciepłego scenariusz SD.2.1

Na rys. 78 i rys. 79 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji odpowiednio pierwszych osób z garażu oraz ostatnich osób. Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego $2,5 \text{ kW/m}^2$, czerwony odnosi się do wartości powyżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 78 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

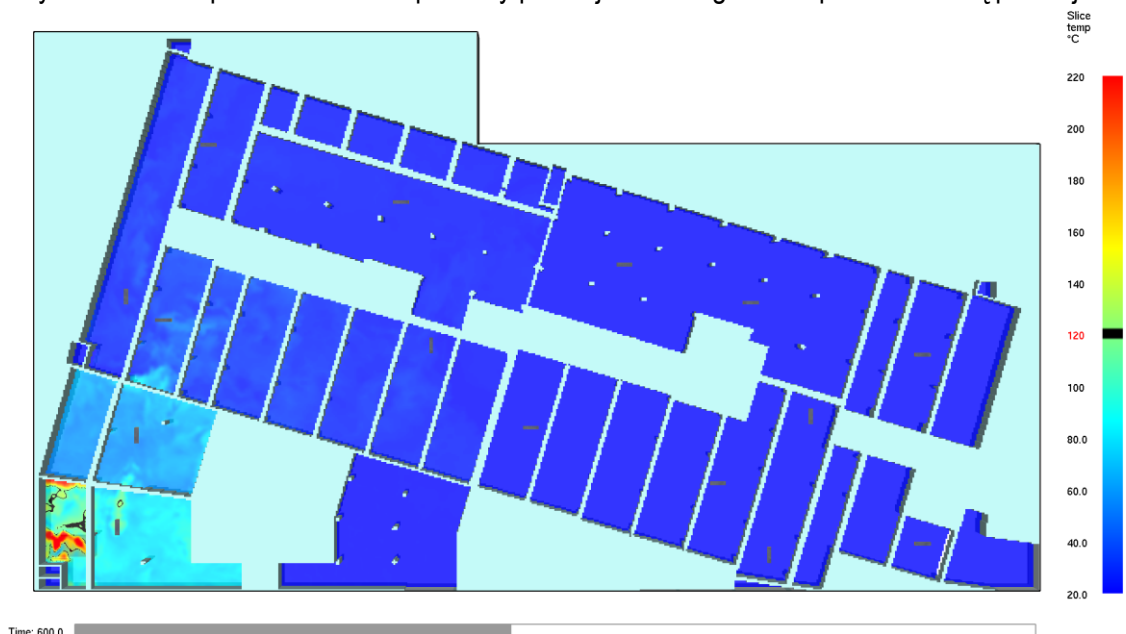
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 79 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

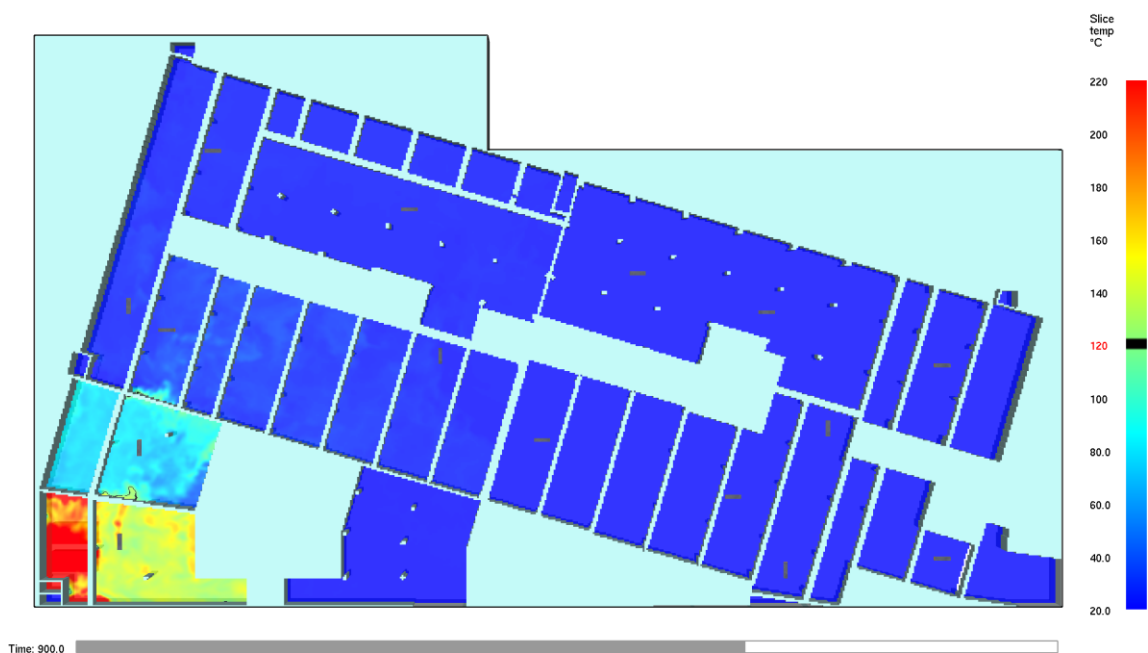
Rozkłady parametrów podczas prowadzenia działań ekip ratowniczo-gaśniczych, scenariusz SD.2.1

Poniżej przedstawiono wyniki dotyczące przewidywanego rozkładu temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki dla 10, 15 i 22 minuty pożaru (rys. 80 - 82). Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 120°C, kolor czerwony, pomarańczowy, żółty oznacza temperaturę powyżej 120 °C, kolor błękitny i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 120 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

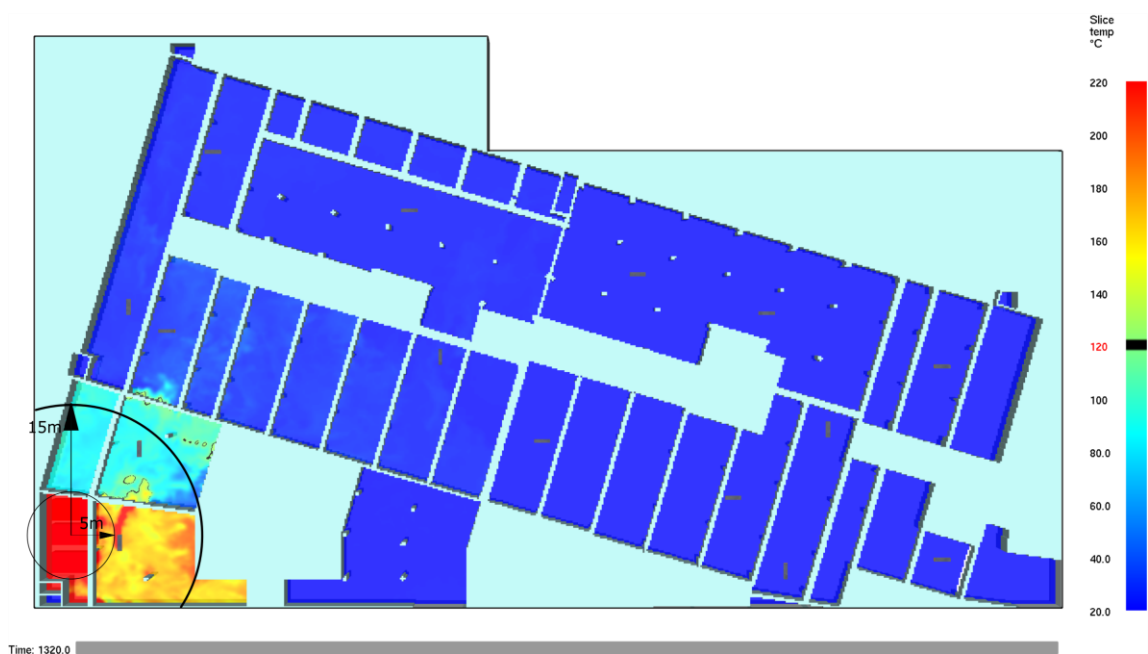


Rys. 80 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 10 minuty od początku pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



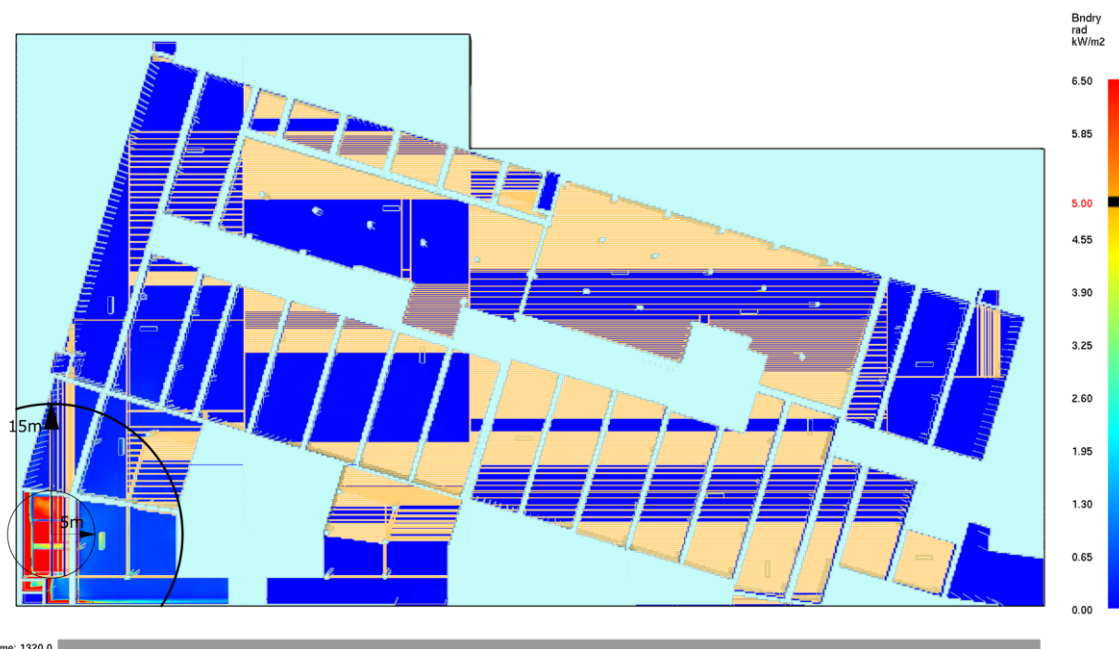
Rys. 81 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 15 minut od początku pożaru



Rys. 82 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

Na rys. 83 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej (tj. 22 minucie). Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego 5 kW/m^2 , czerwony i pomarańczowy odnosi się do wartości powyżej 5 kW/m^2 zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej 5 kW/m^2 zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

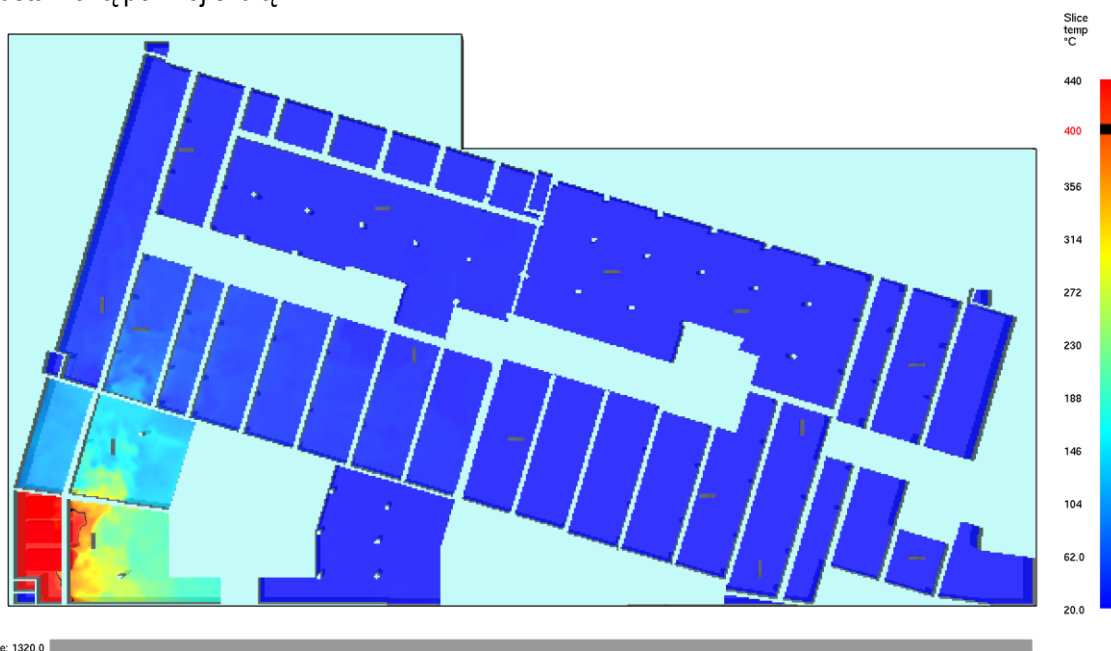


Time: 1320.0

Rys. 83 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

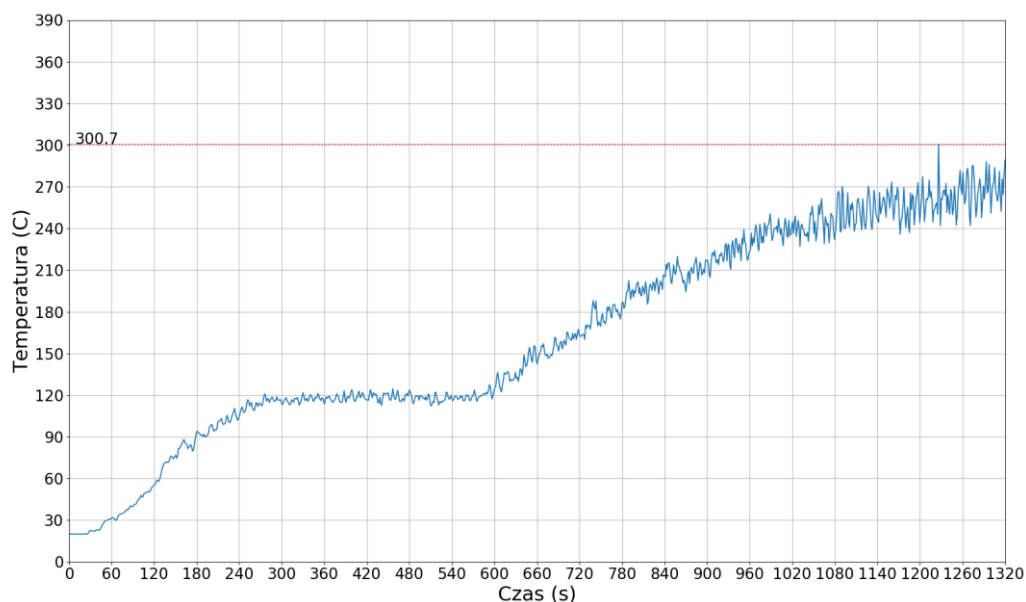
Analiza klasy odporności temperaturowej wentylatorów indukcyjnych, scenariusz SD.2.1

Rozkład przewidywanej temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w momencie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej został przedstawiony na rys. 84. Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 400 °C, kolor czerwony oznacza temperaturę powyżej 400 °C, kolor pomarańczowy, zielony i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 400 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Time: 1320.0

Rys. 84 Rozkład temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

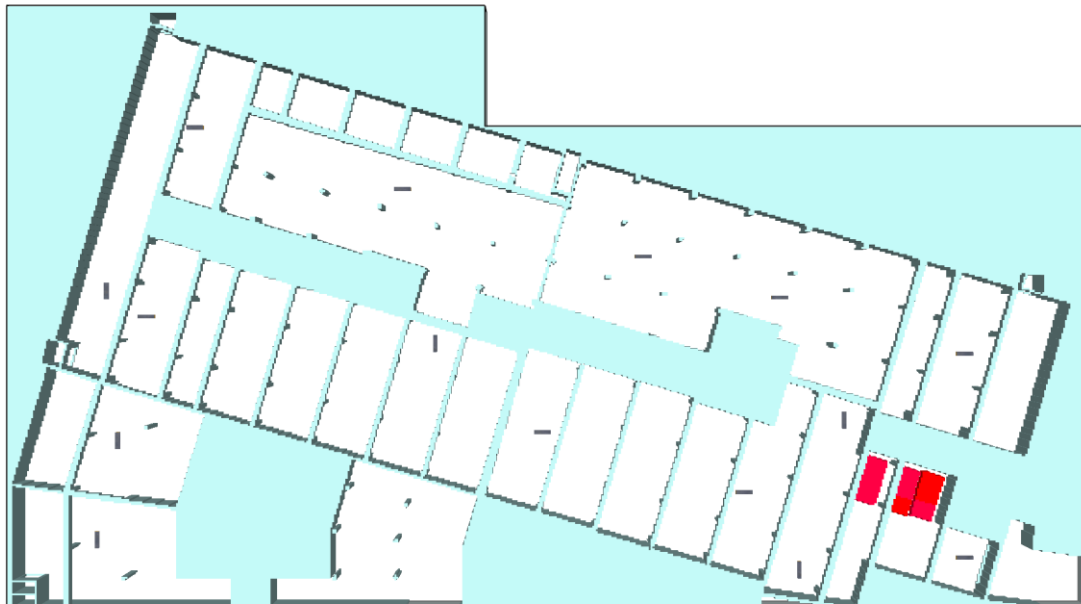


Rys. 85 Wykres przewidywalnej temperatury oddziaływującej na najbardziej zagrożony wentylator indukcyjny podczas modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

10.6. Scenariusz pożarowy SD.2.2.1

Scenariusz zakłada wystawienie urządzeń wchodzących w skład wentylacji pożarowej garażu według opisu z rozdziału 3 i 4. Rzut modelu 3D został pokazany na rysunku 86 z zaznaczonym projektowanym miejscem pożaru. Modelowy pożar zgodnie z założeniami symulacji został odwzorowany jako powierzchniowe źródło ciepła i dymu, oznaczony na poniższym rysunku kolorem czerwonym.

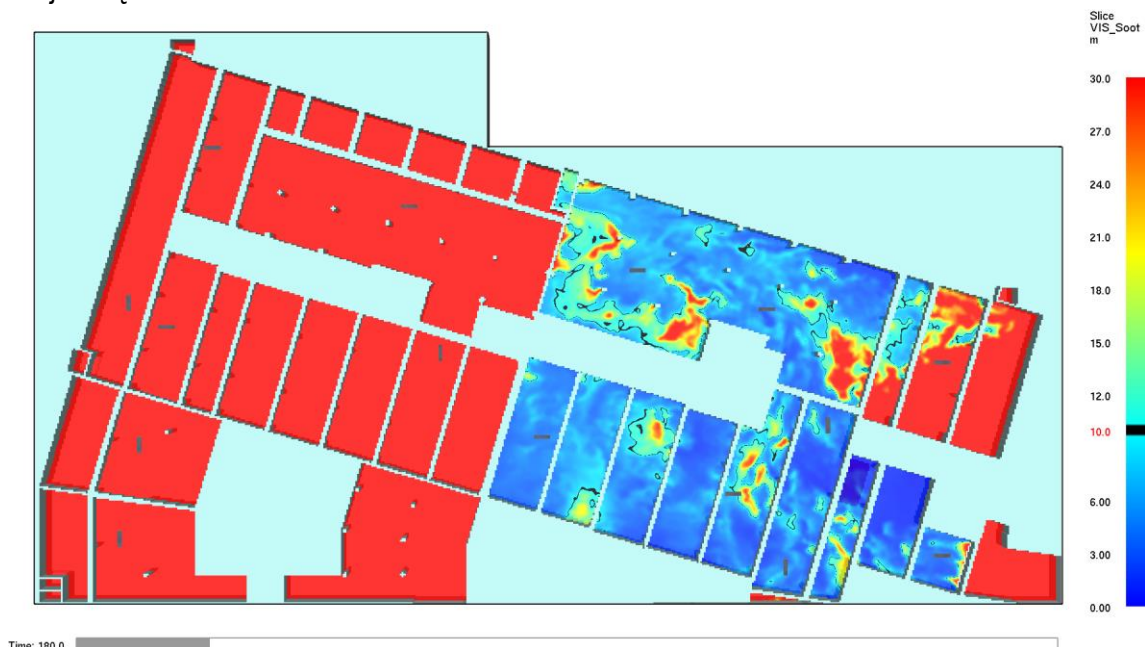


Rys. 86 Usytuowanie pożaru dla scenariusza pożarowego SD.2.2.1

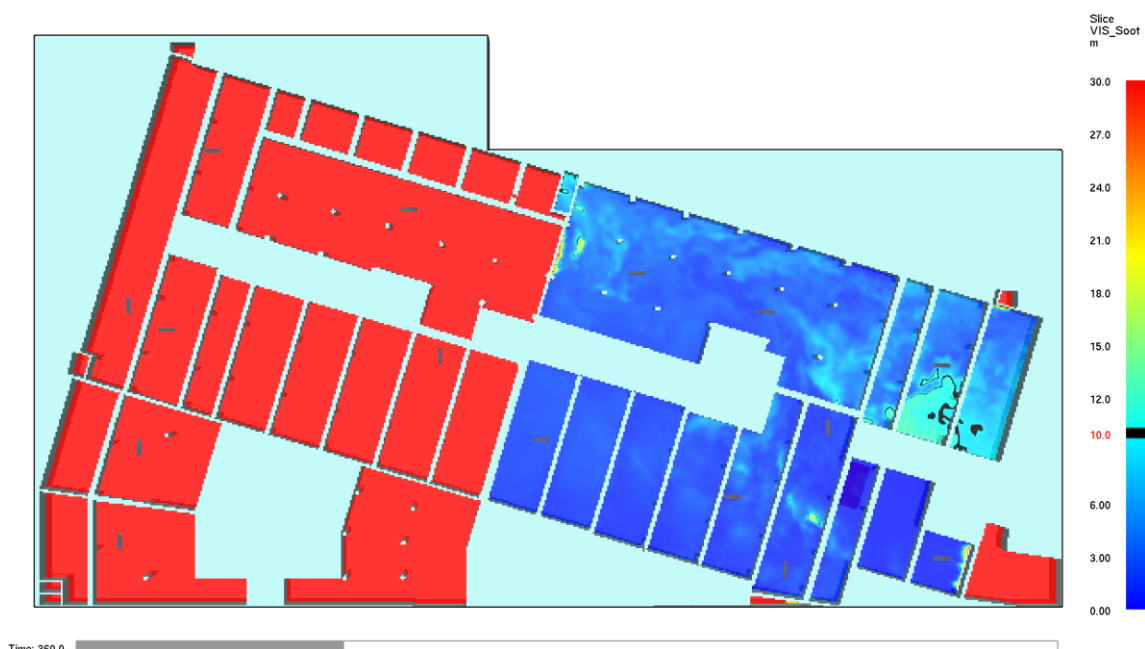
W oparciu o kryteria analizy skuteczności pracy wentylacji pożarowej opisane w rozdziale 6 przedstawione zostały rozkłady parametrów podlegających analizie.

Rozkłady widzialności scenariusz SD.2.2.1

Kolor niebieski odnosi się do widzialności poniżej 10 m, kolor czarny oznacza widzialność równą 10 m, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do widzialności powyżej 10 m zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

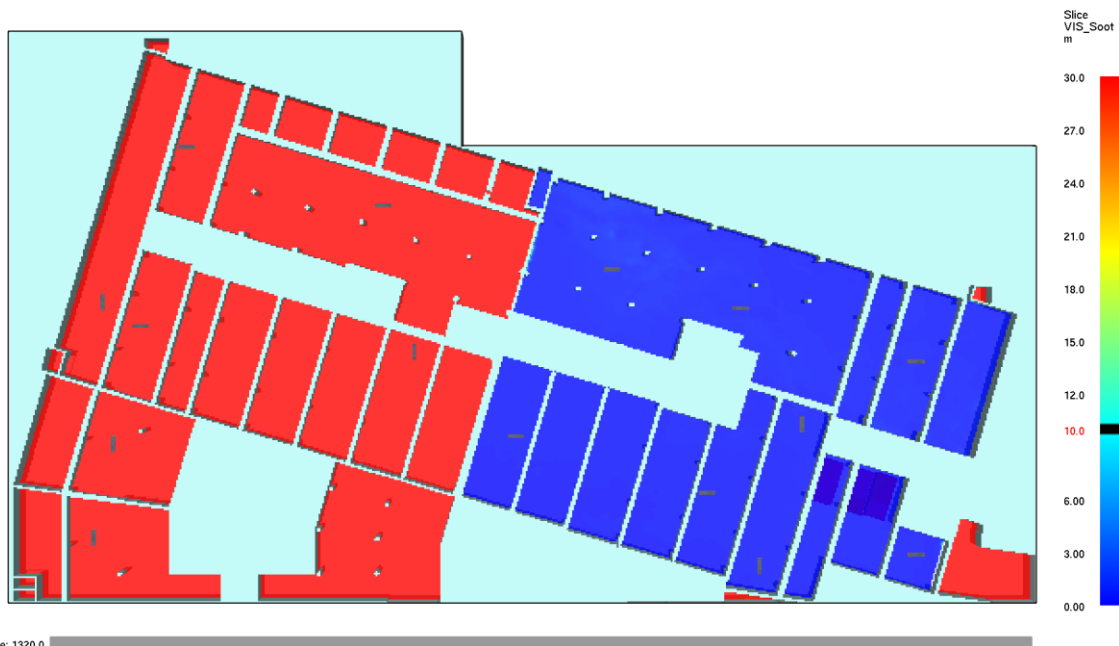


Rys. 87 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu



Rys. 88 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

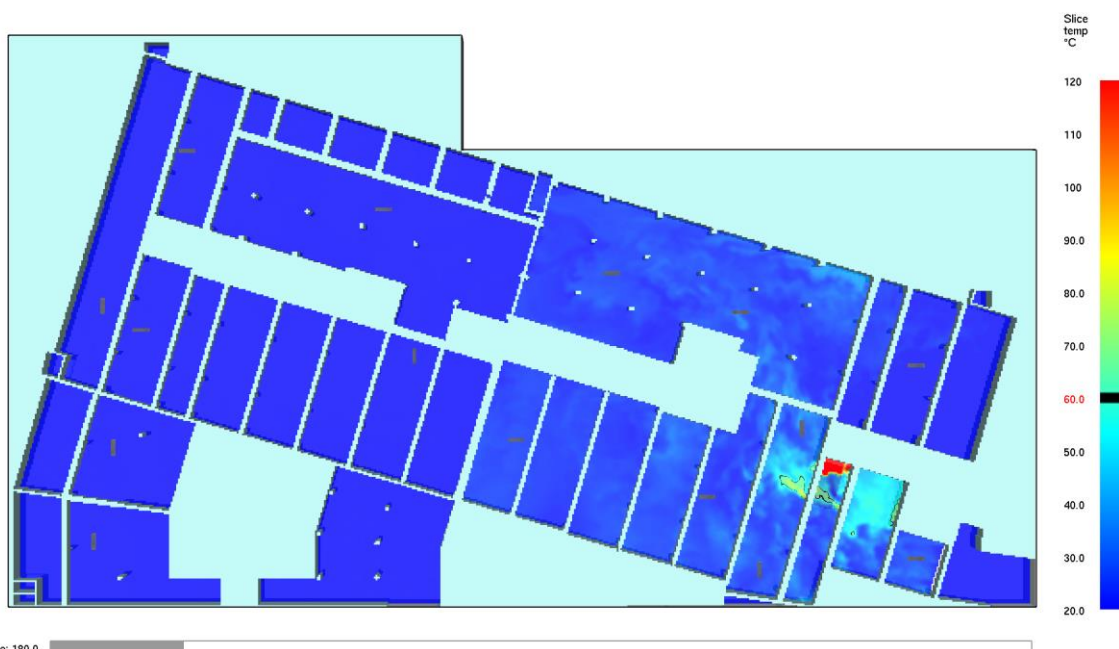
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 89 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w DCBE

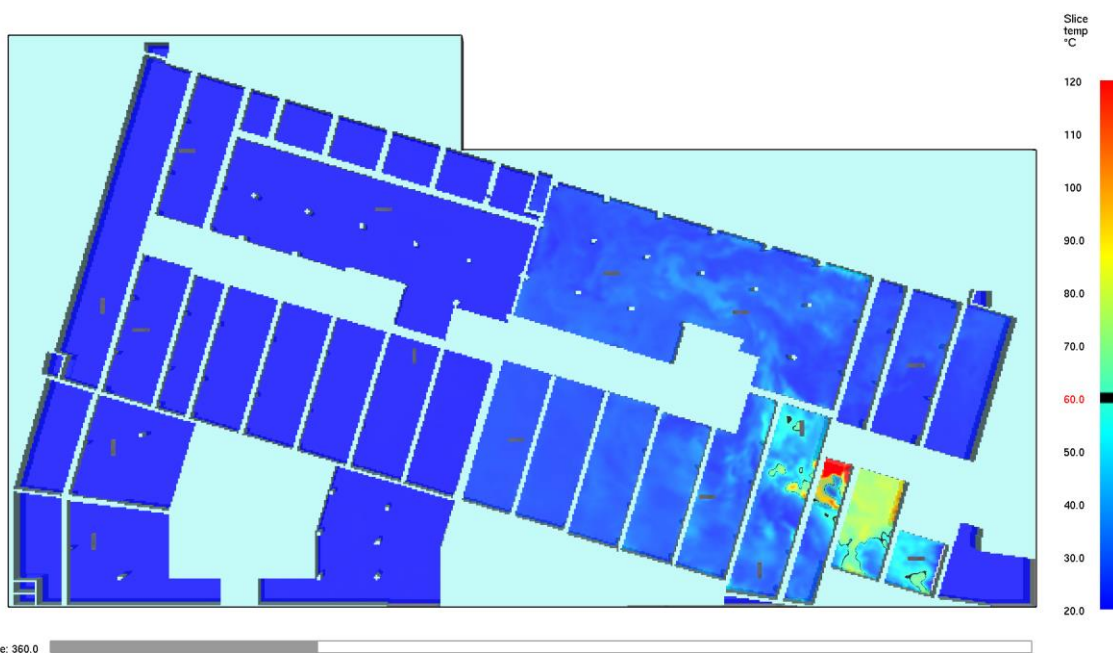
Rozkład temperatury scenariusz SD.2.2.1

Kolor niebieski i błękitny odnosi się do temperatury poniżej 60 °C, kolor czarny oznacza temperaturę równą 60 °C, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do temperatury powyżej 60 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą dla rysunków 90 i 91.

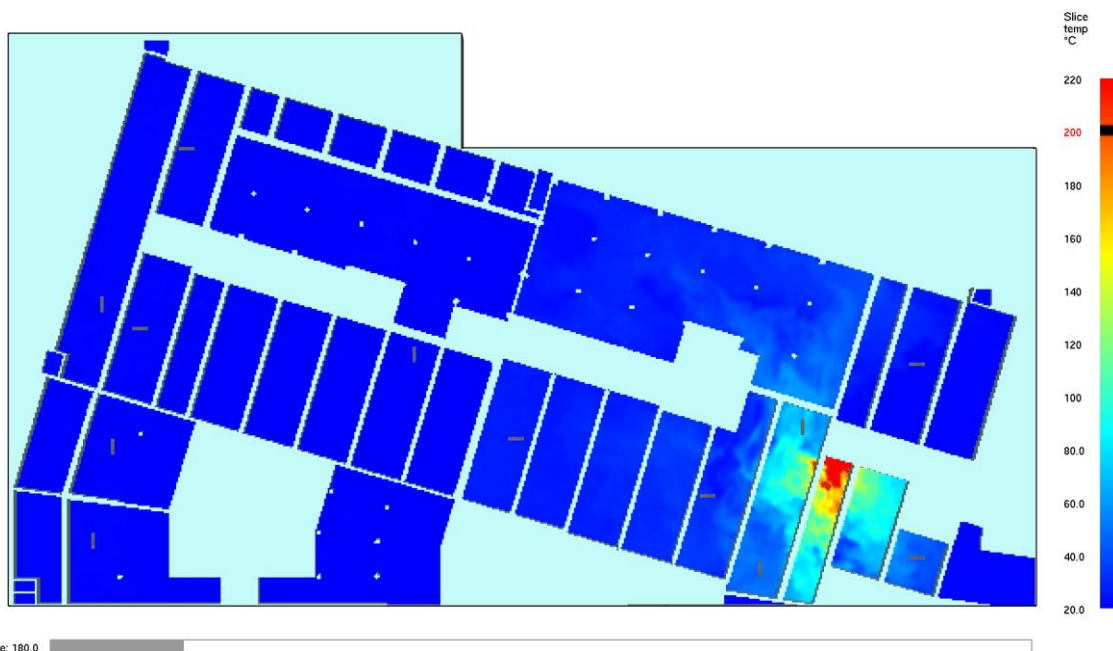


Rys. 90 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

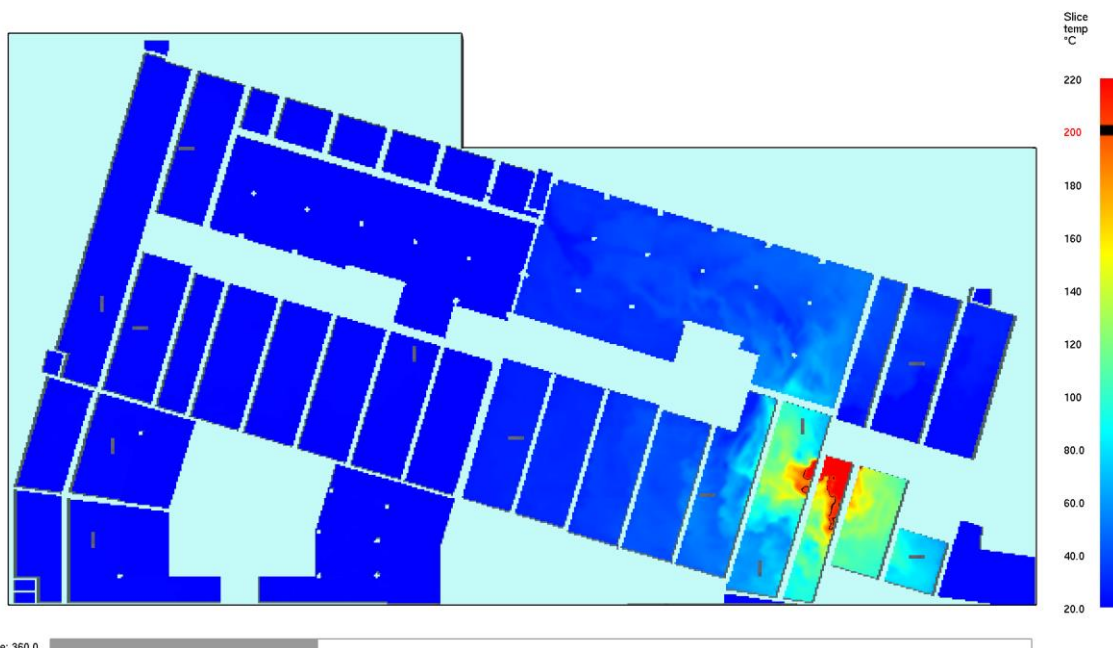


Rys. 91 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu



Rys. 92 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

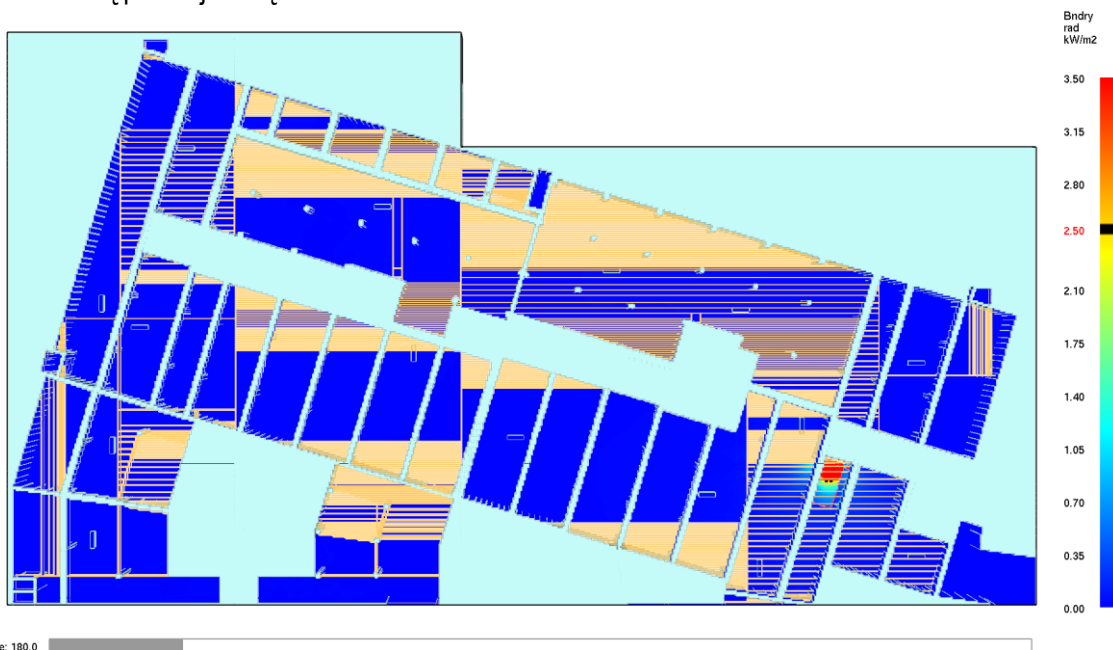
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 93 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

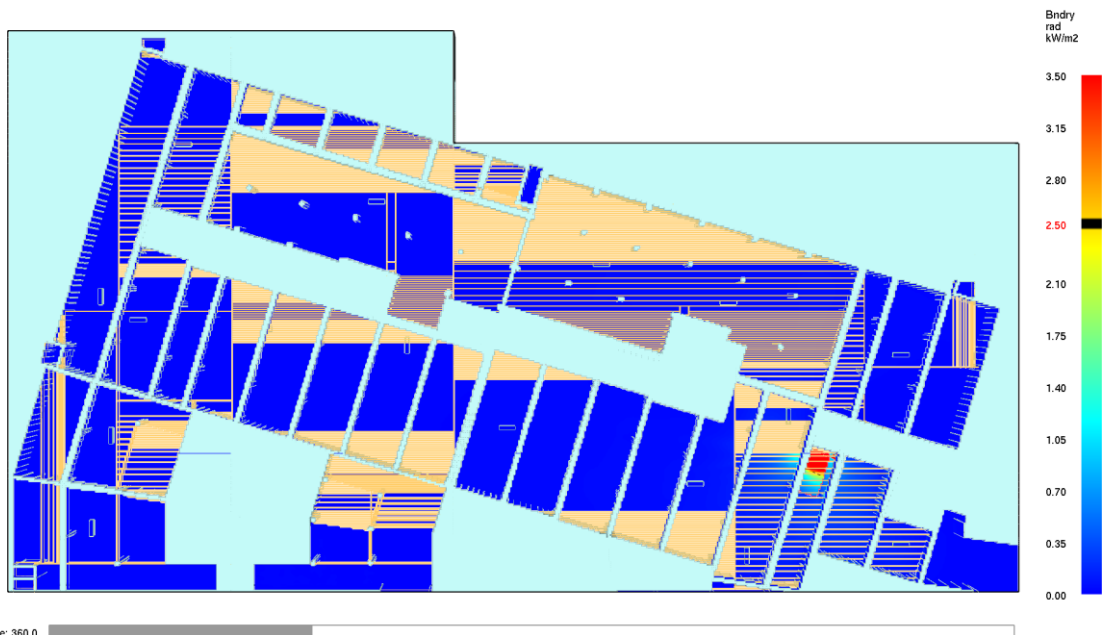
Rozkład promieniowania ciepłego scenariusz SD.2.2.1

Na rys. 94 i rys. 95 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji odpowiednio pierwszych osób z garażu oraz ostatnich osób. Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego $2,5 \text{ kW/m}^2$, czerwony odnosi się do wartości powyżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 94 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

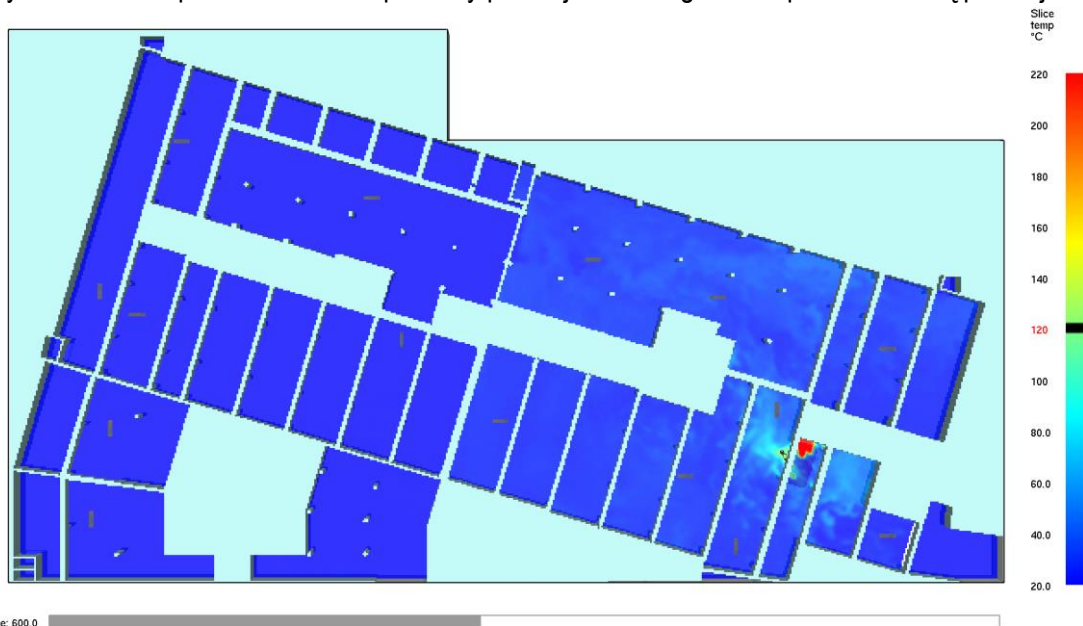
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 95 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

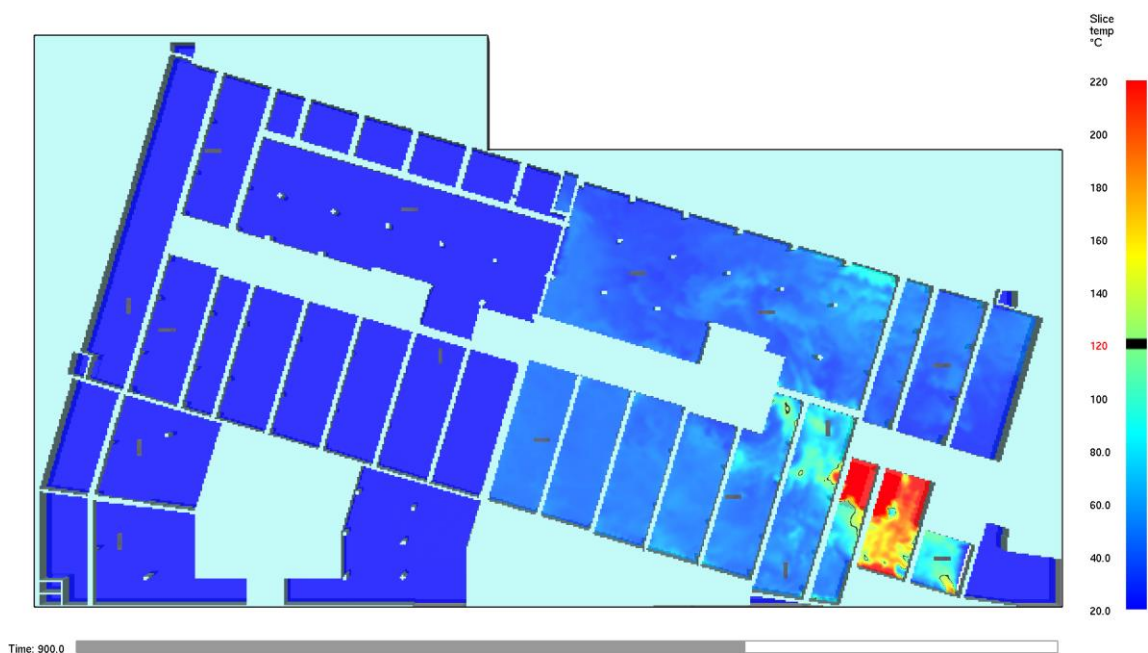
Rozkłady parametrów podczas prowadzenia działań ekip ratowniczo-gaśniczych, scenariusz SD.2.2.1

Poniżej przedstawiono wyniki dotyczące przewidywanego rozkładu temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki dla 10,15 i 22 minuty pożaru (rys. 96 - 98). Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 120°C, kolor czerwony, pomarańczowy, żółty oznacza temperaturę powyżej 120 °C, kolor błękitny i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 120 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

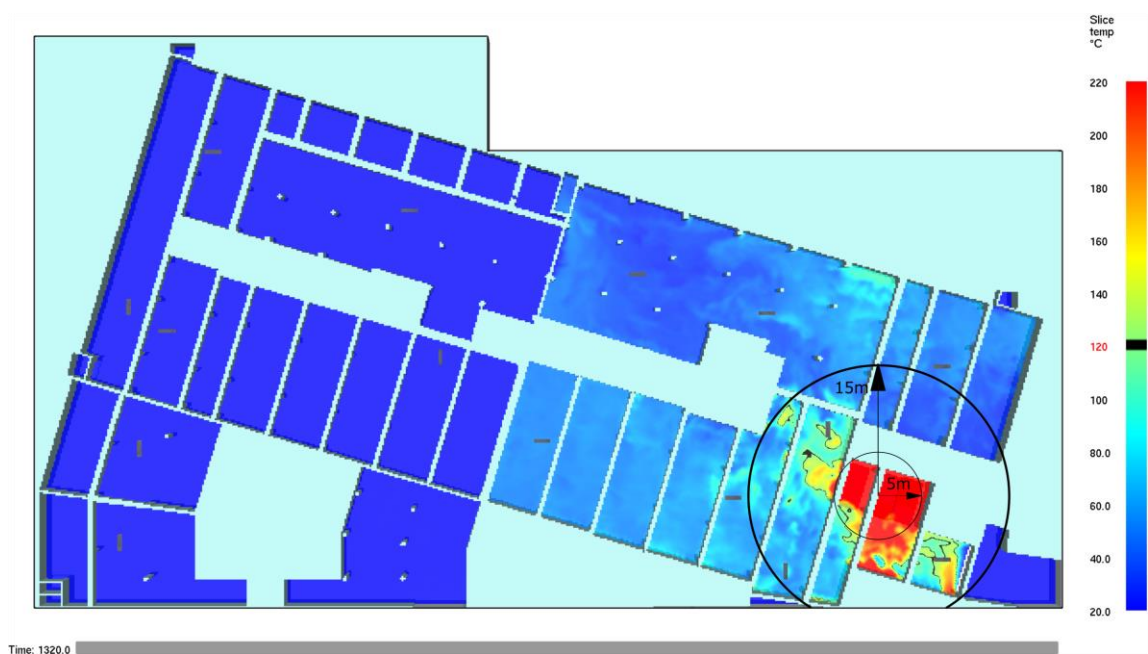


Rys. 96 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 10 minut od początku pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



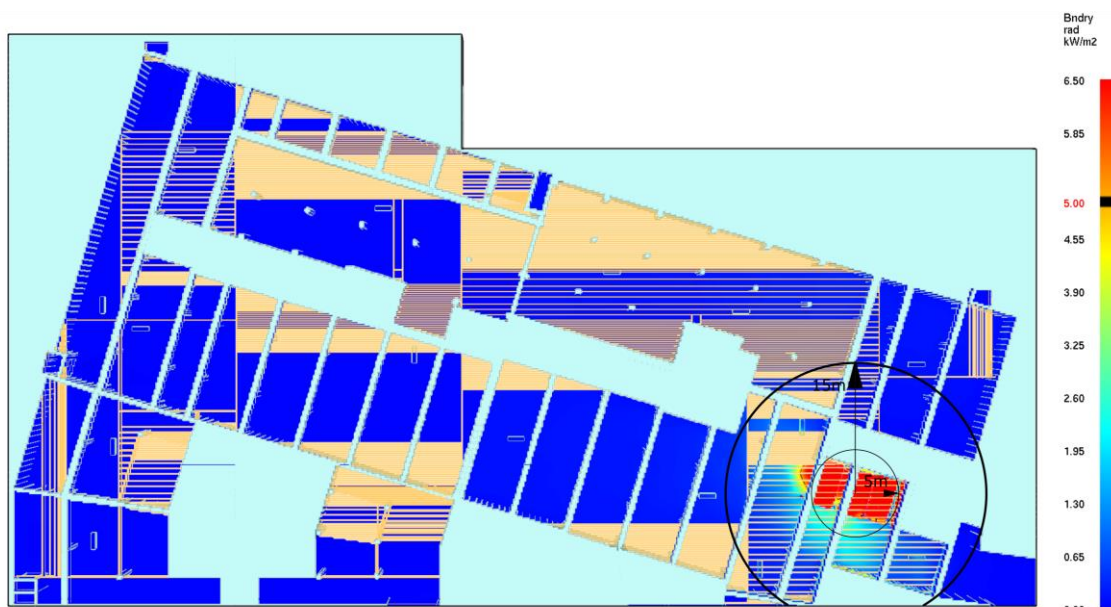
Rys. 97 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 15 minut od początku pożaru



Rys. 98 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

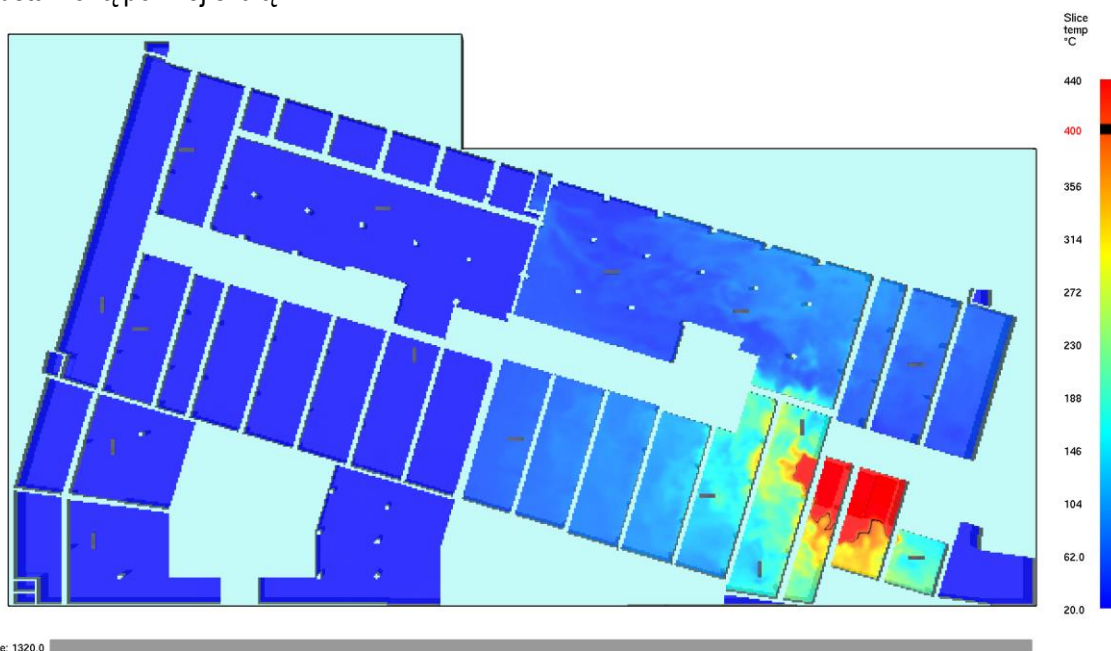
Na rys. 99 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej (tj. 22 minucie). Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego 5 kW/m^2 , czerwony i pomarańczowy odnosi się do wartości powyżej 5 kW/m^2 zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej 5 kW/m^2 zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 99 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

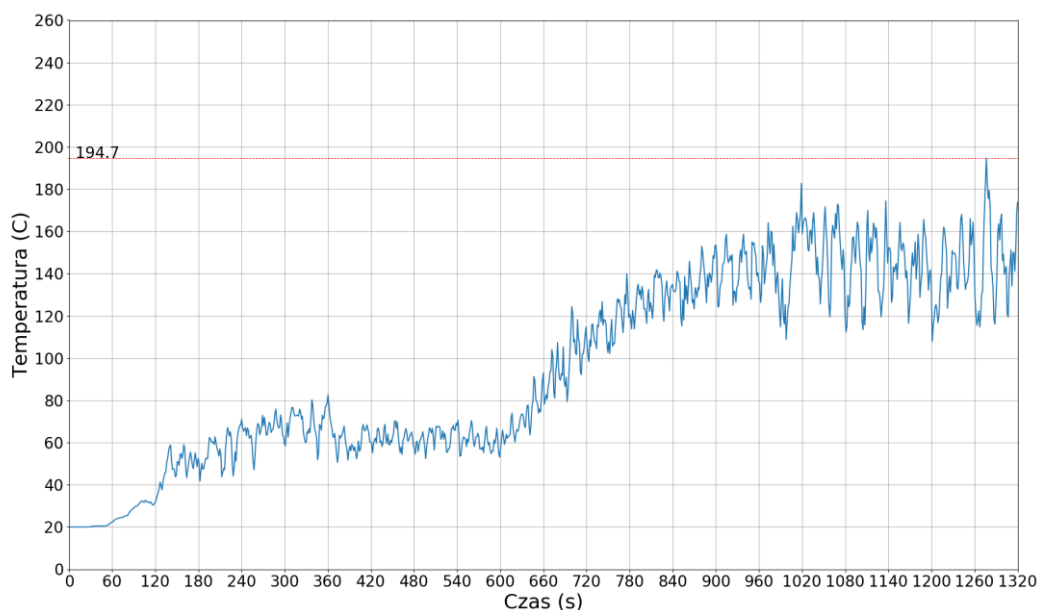
Analiza klasy odporności temperaturowej wentylatorów indukcyjnych, scenariusz SD.2.2.1

Rozkład przewidywanej temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w momencie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej został przedstawiony na rys. 100. Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 400 °C, kolor czerwony oznacza temperaturę powyżej 400 °C, kolor pomarańczowy, zielony i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 400 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Time: 1320.0

Rys. 100 Rozkład temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

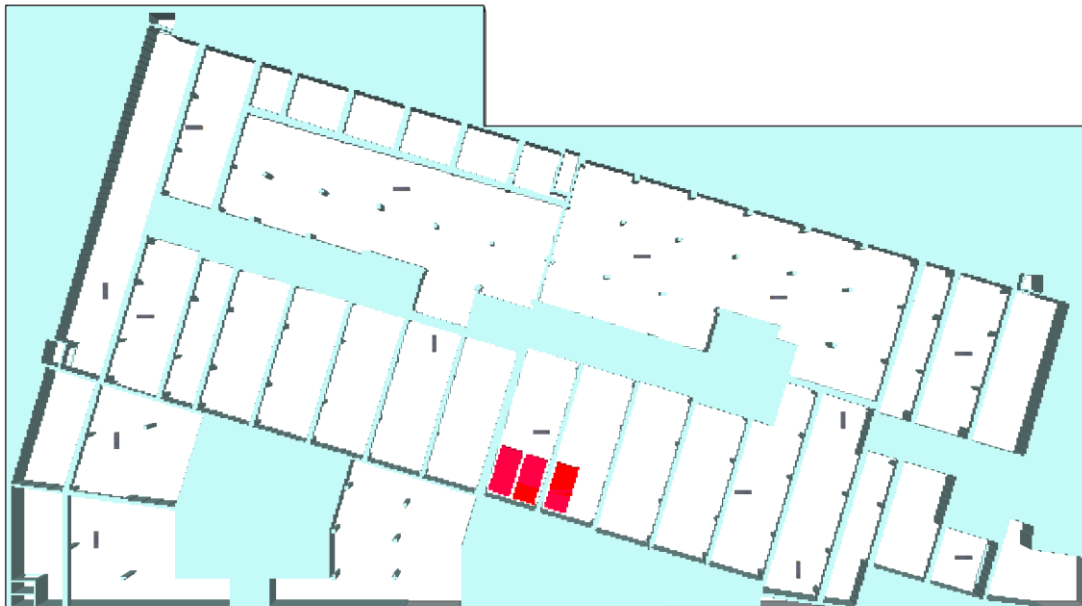


Rys. 101 Wykres przewidywalnej temperatury oddziałującej na najbardziej zagrożony wentylator indukcyjny podczas modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

10.7. Scenariusz pożarowy SD.2.2.2

Scenariusz zakłada występowanie urządzeń wchodzących w skład wentylacji pożarowej garażu według opisu z rozdziału 3 i 4. Rzut modelu 3D został pokazany na rysunku 102 z zaznaczonym projektowanym miejscem pożaru. Modelowy pożar zgodnie z założeniami symulacji został odwzorowany jako powierzchniowe źródło ciepła i dymu, oznaczony na poniższym rysunku kolorem czerwonym.

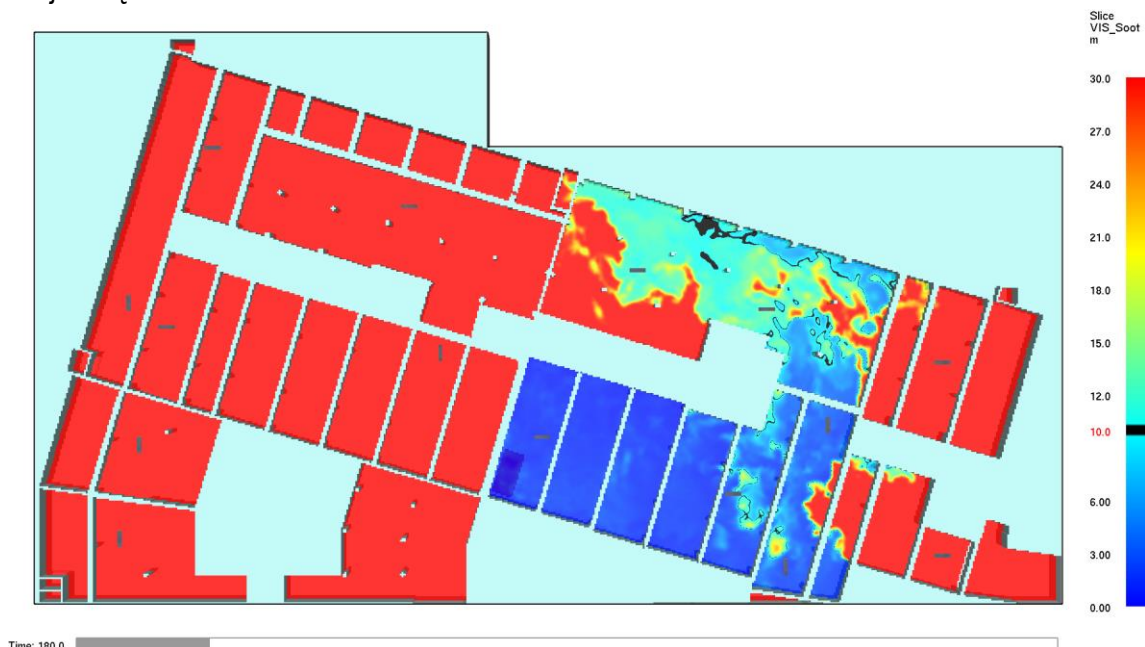


Rys. 102 Usytuowanie pożaru dla scenariusza pożarowego SD.2.2.2

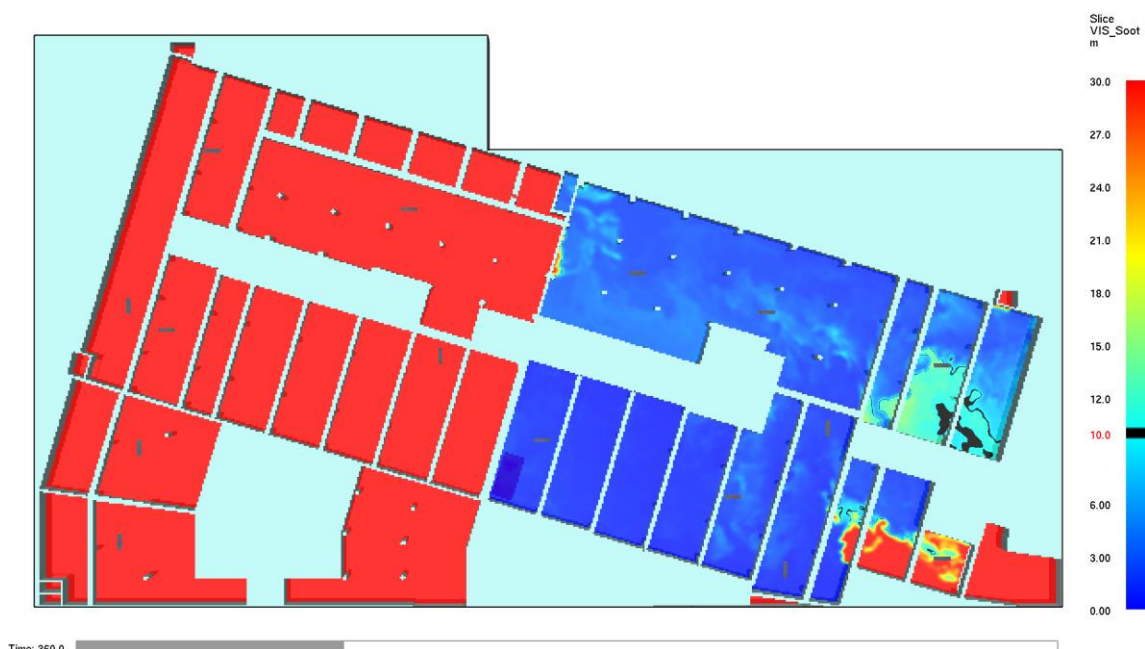
W oparciu o kryteria analizy skuteczności pracy wentylacji pożarowej opisane w rozdziale 6 przedstawione zostały rozkłady parametrów podlegających analizie.

Rozkłady widzialności scenariusz SD.2.2.2

Kolor niebieski odnosi się do widzialności poniżej 10 m, kolor czarny oznacza widzialność równą 10 m, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do widzialności powyżej 10 m zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

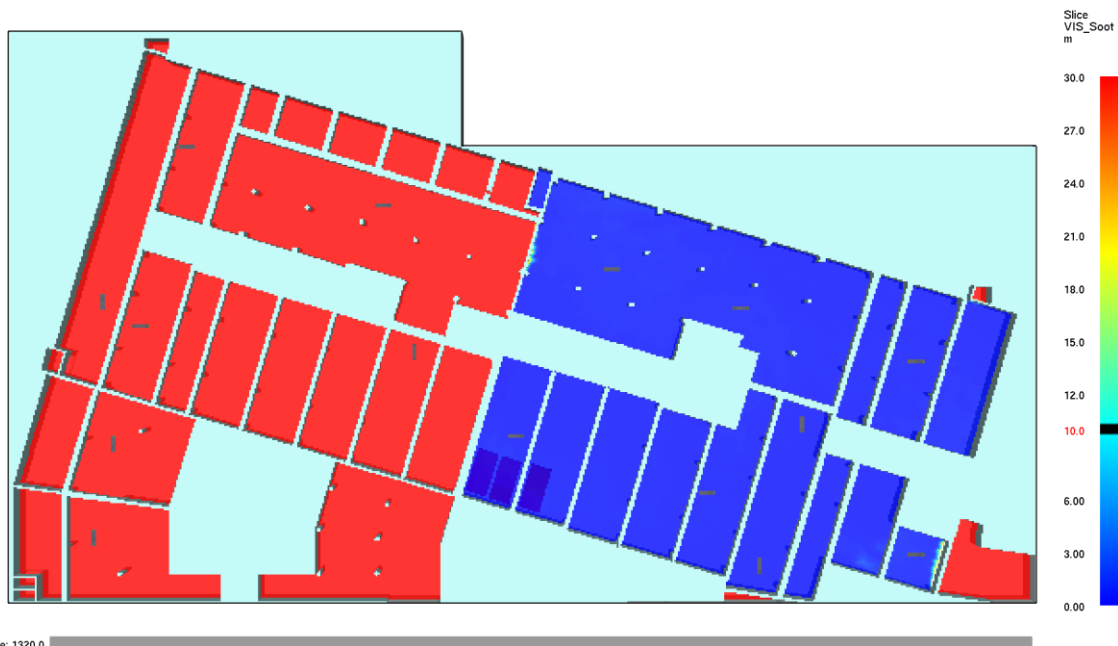


Rys. 103 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu



Rys. 104 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

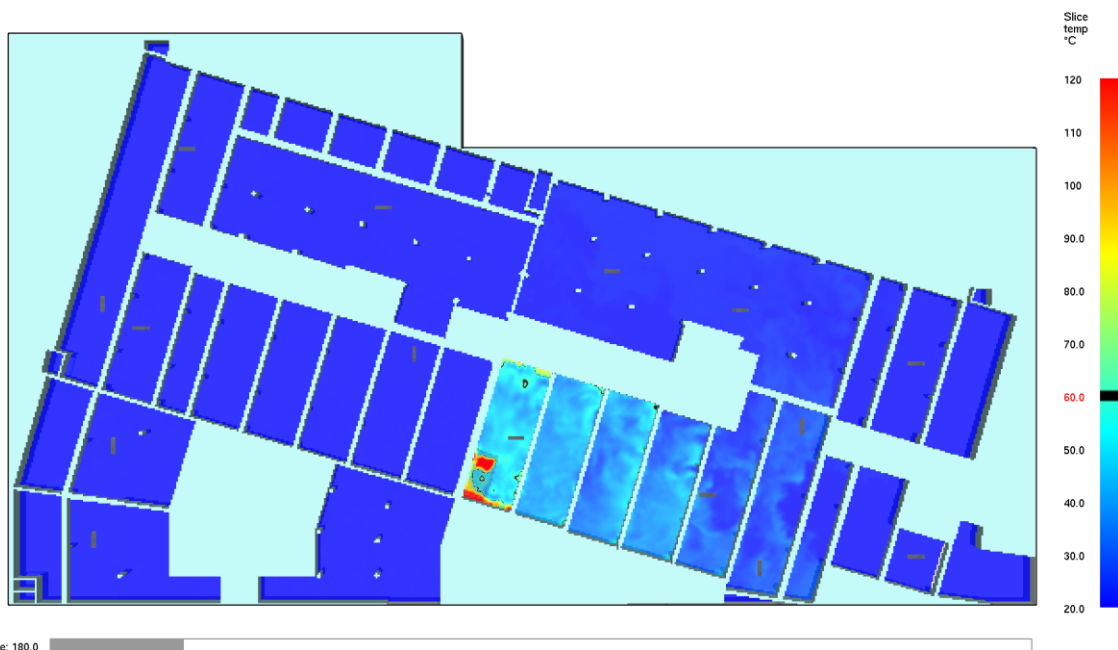
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 105 Rozkład widzialności na wysokości 1,8 m od posadzki w DCBE

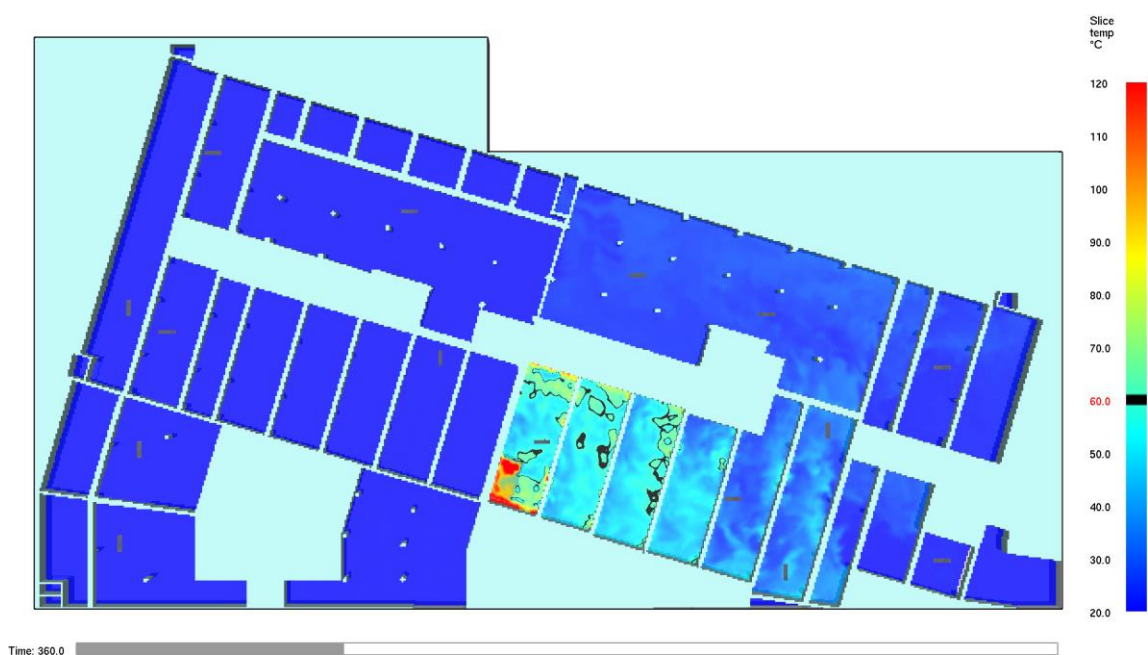
Rozkład temperatury scenariusz SD.2.2.2

Kolor niebieski i błękitny odnosi się do temperatury poniżej 60 °C, kolor czarny oznacza temperaturę równą 60 °C, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do temperatury powyżej 60 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą dla rysunków 106 i 107.

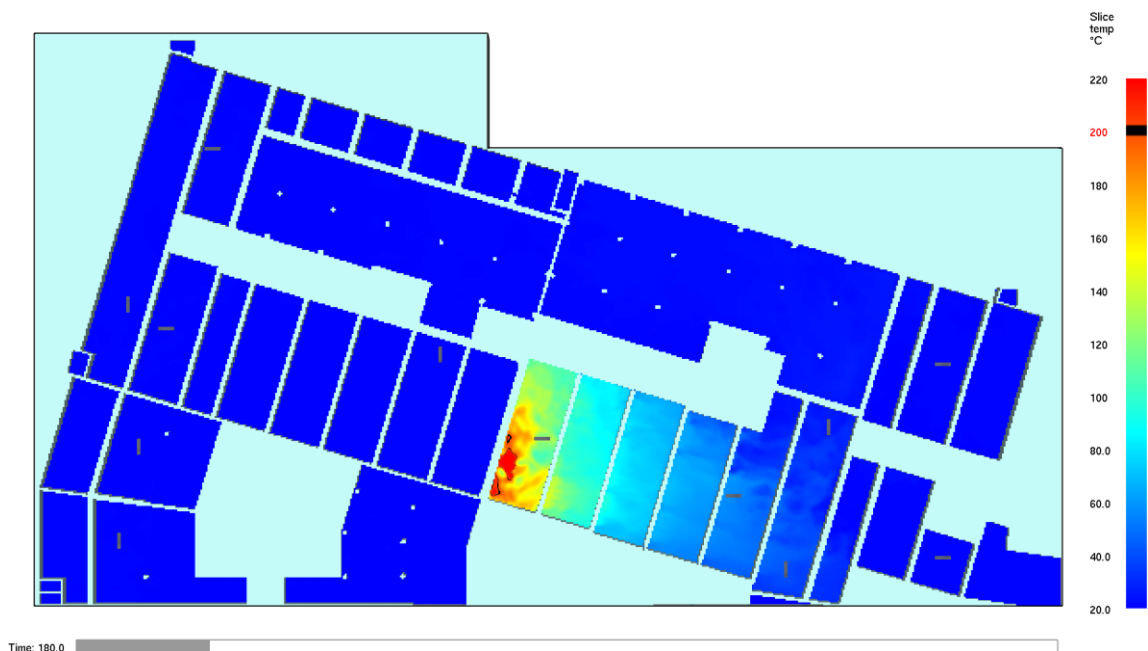


Rys. 106 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

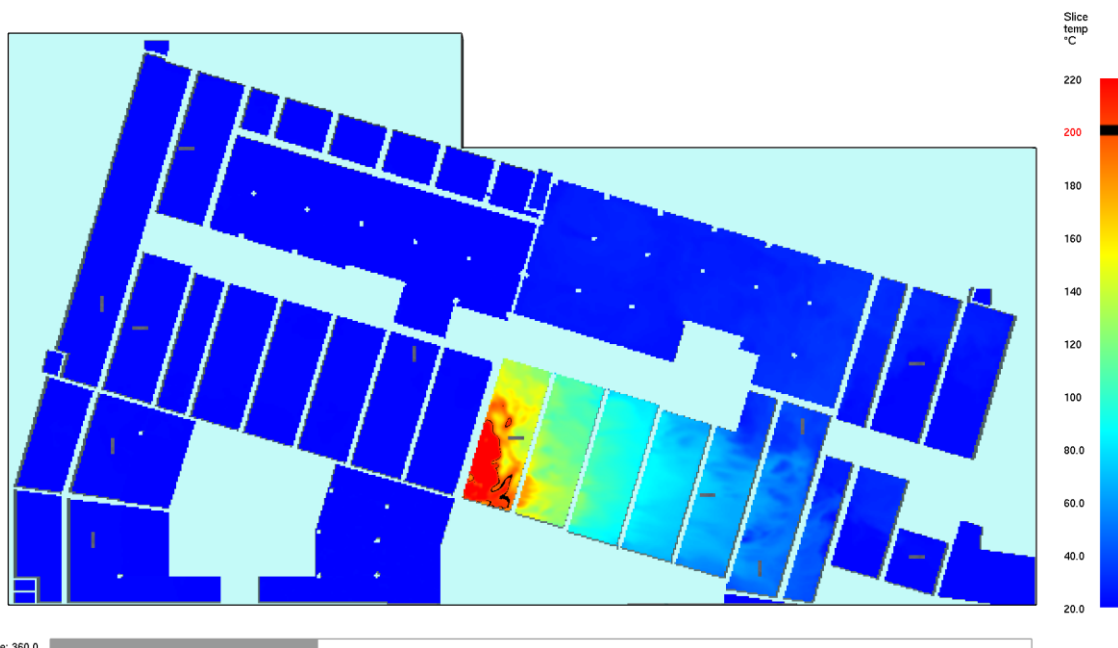


Rys. 107 Rozkład temperatury na wysokości 1,8 m od posadzki w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu



Rys. 108 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

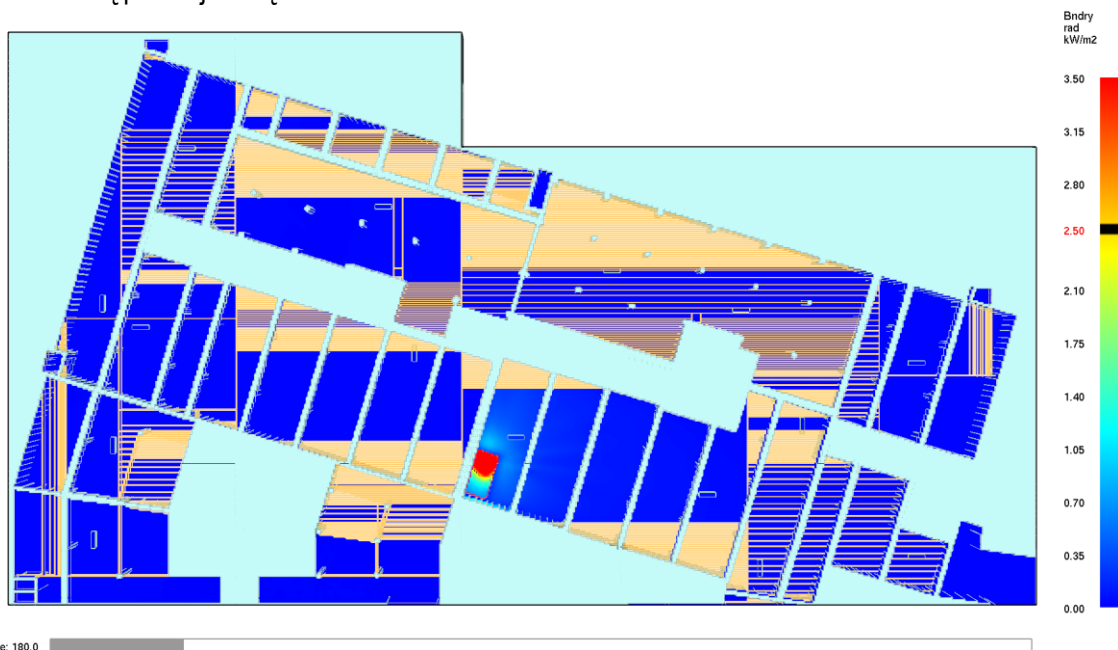
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 109 Rozkład temperatury pod stropem w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

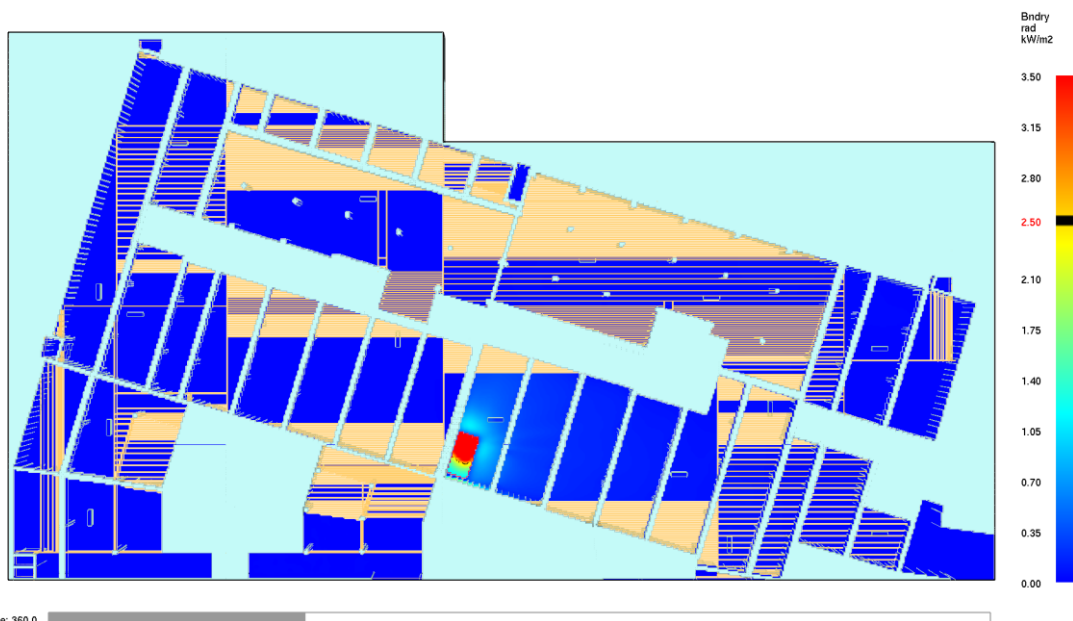
Rozkład promieniowania ciepłego scenariusz SD.2.2.2

Na rys. 110 i rys. 111 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji odpowiednio pierwszych osób z garażu oraz ostatnich osób. Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego $2,5 \text{ kW/m}^2$, czerwony odnosi się do wartości powyżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej $2,5 \text{ kW/m}^2$ zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 110 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji pierwszych osób z przestrzeni garażu

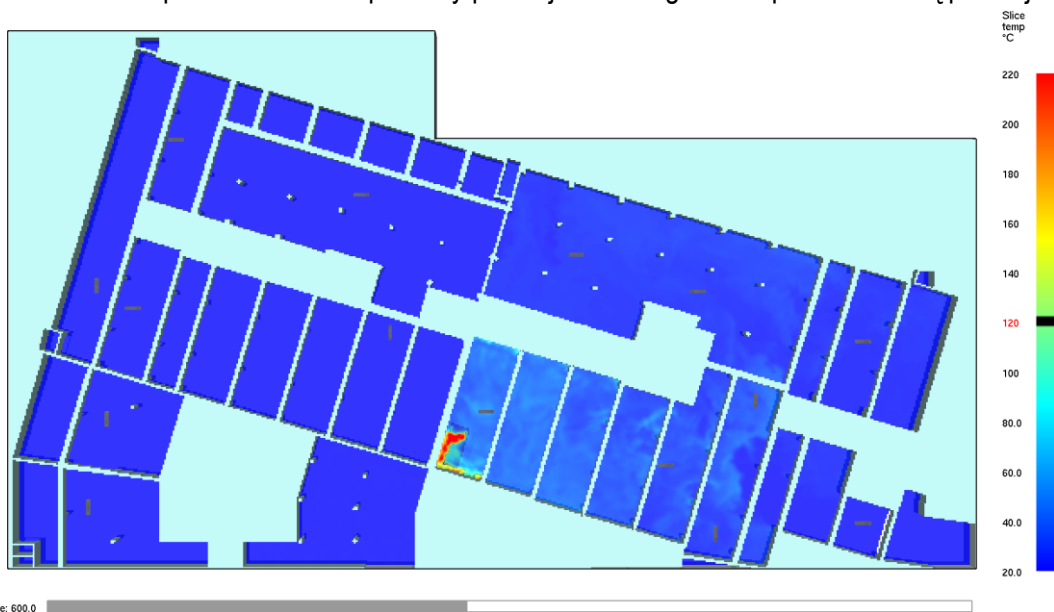
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



Rys. 111 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie ewakuacji ostatnich osób z przestrzeni garażu

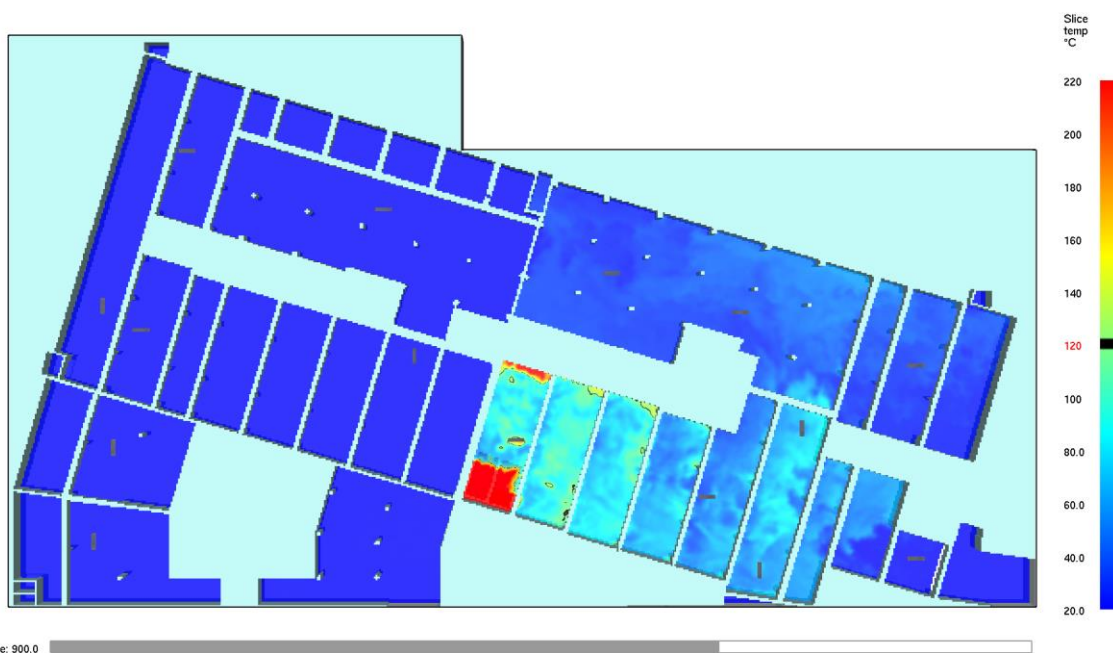
Rozkłady parametrów podczas prowadzenia działań ekip ratowniczo-gaśniczych, scenariusz SD.2.2.2

Poniżej przedstawiono wyniki dotyczące przewidywanego rozkładu temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki dla 10,15 i 22 minuty pożaru (rys. 112 - 114). Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 120°C, kolor czerwony, pomarańczowy, żółty oznacza temperaturę powyżej 120 °C, kolor błękitny i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 120 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.

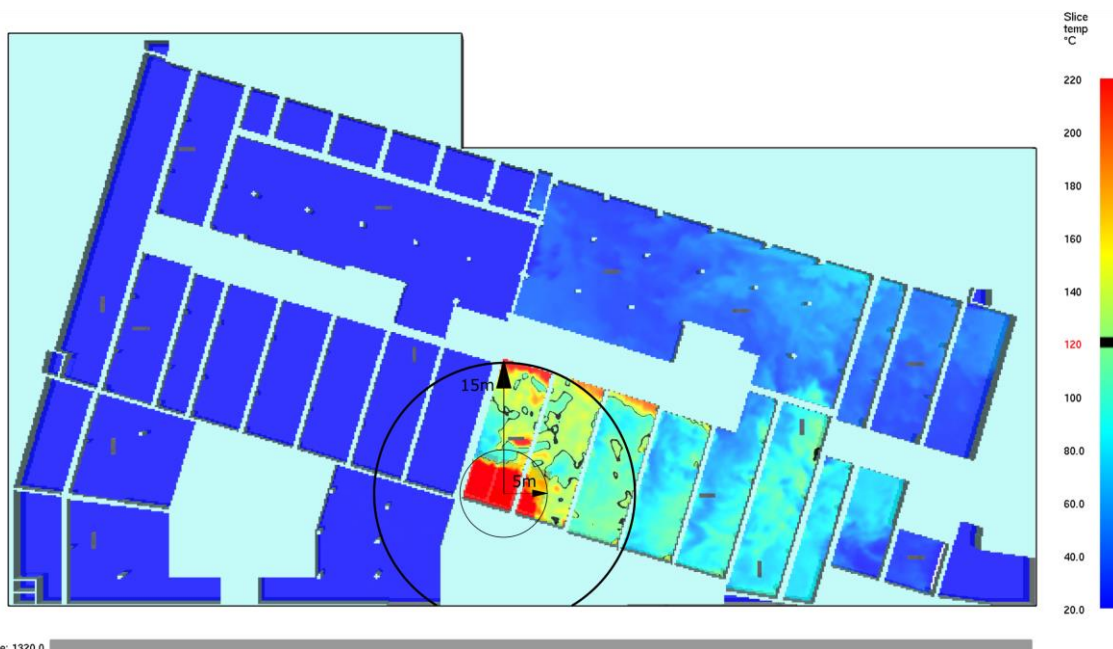


Rys. 112 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 10 minuty od początku pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.



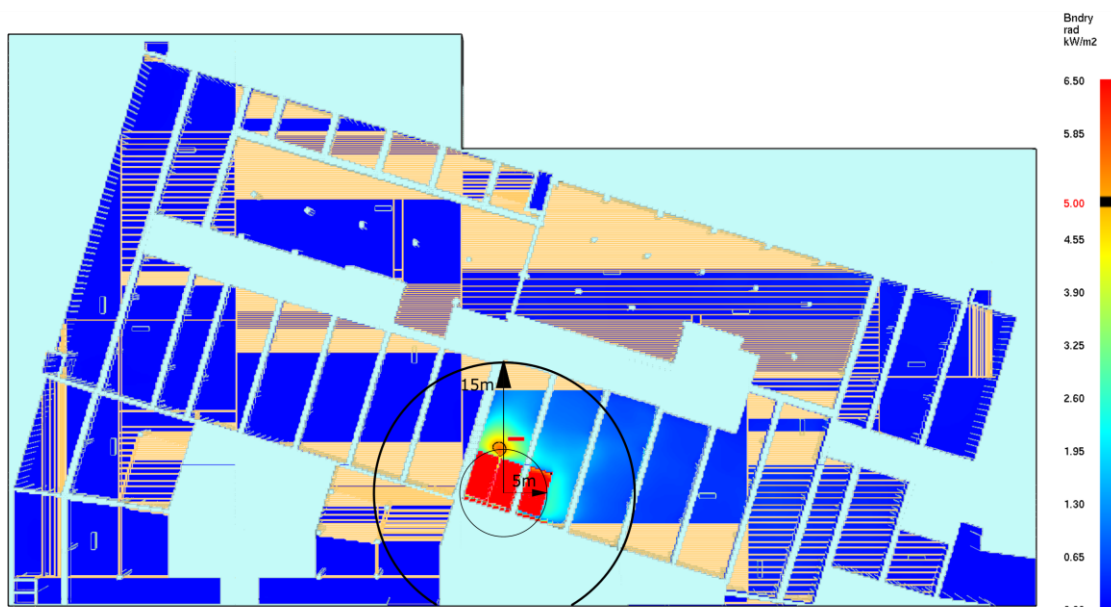
Rys. 113 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie 15 minuty od początku pożaru



Rys. 114 Rozkład temperatury na wysokości 1,5 m od posadzki w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

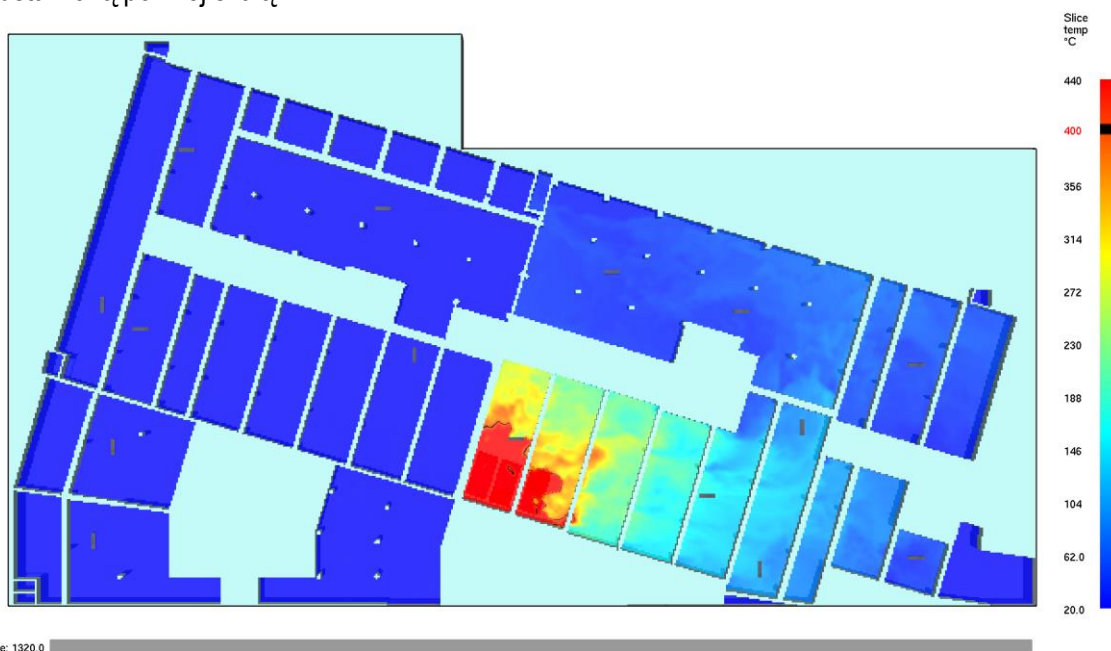
Na rys. 115 przedstawiony został przewidywany rozkład promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej (tj. 22 minucie). Kolor czarny odpowiada wartości strumienia promieniowania ciepłego wynoszącego 5 kW/m^2 , czerwony i pomarańczowy odnosi się do wartości powyżej 5 kW/m^2 zaś kolory żółty, zielony i niebieski do wartości poniżej 5 kW/m^2 zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 115 Rozkład strumienia promieniowania ciepłego w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

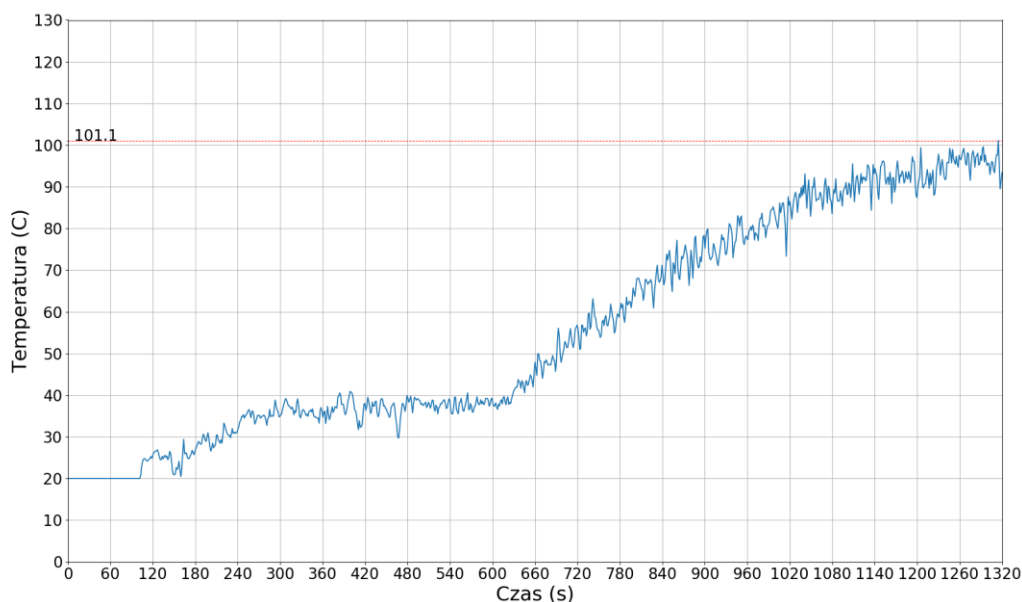
Analiza klasy odporności temperaturowej wentylatorów indukcyjnych, scenariusz SD.2.2.2

Rozkład przewidywanej temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w momencie osiągnięcia przez pożar mocy maksymalnej został przedstawiony na rys. 116. Kolor czarny odnosi się do temperatury wynoszącej 400 °C, kolor czerwony oznacza temperaturę powyżej 400 °C, kolor pomarańczowy, zielony i niebieski odpowiednio do temperatury poniżej 400 °C zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Time: 1320.0

Rys. 116 Rozkład temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych w czasie osiągnięcia maksymalnej mocy modelowego pożaru

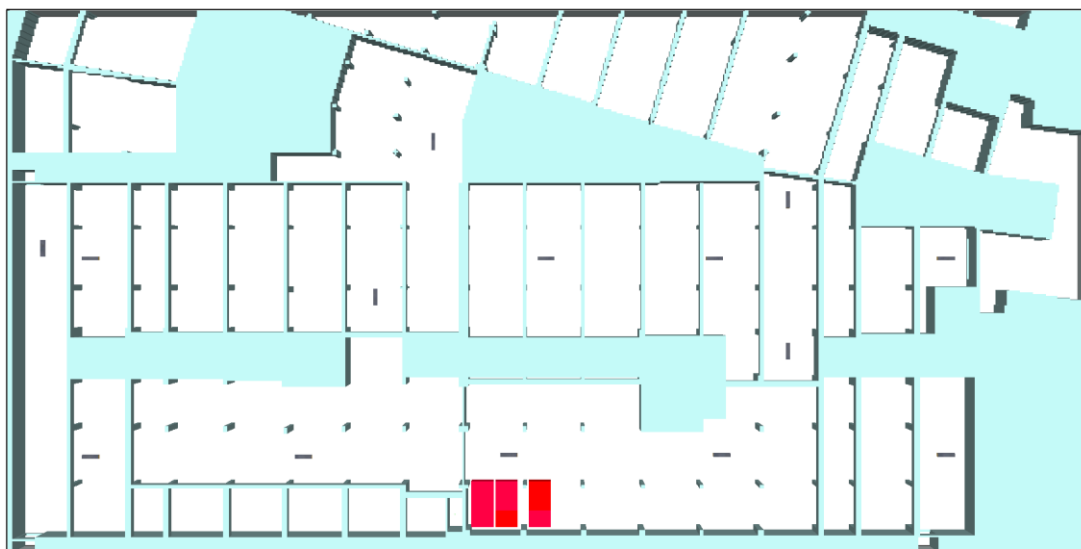


Rys. 117 Wykres przewidywalnej temperatury oddziałującej na najbardziej zagrożony wentylator indukcyjny podczas modelowego pożaru

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

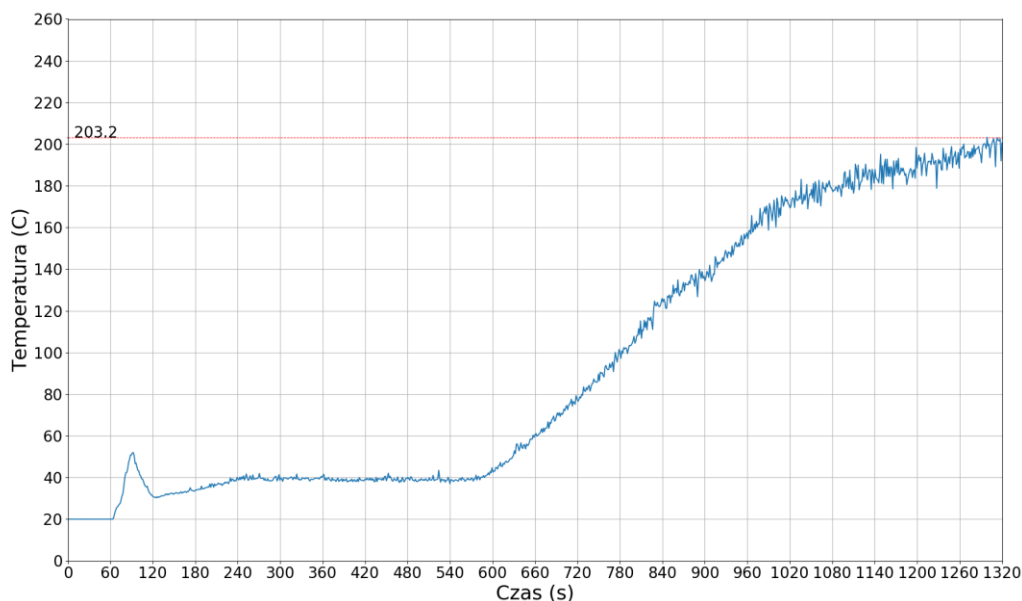
10.8. Scenariusz pożarowy T.1.1

W celu analizy odporności temperaturowej wentylatorów wyciągowych rozważono odrębny scenariusz T.1.1 odnoszący się do prawdopodobnej, najgorszej lokalizacji pożaru, która została przedstawiona na rys. 118. W scenariuszu T.1.1 system wentylacji pożarowej funkcjonuje tj. dla scenariusza SD.1.2.



Rys. 118 Lokalizacja modelowego pożaru w scenariuszu T.1.1

W rozważanym scenariuszu T.1.1 przewidywana temperatura mieszaniny powietrza z gorącym dymem usuwana przez punkt wentylacji mechanicznej PWM.1.2 w czasie modelowego pożaru wynosi maksymalnie ok. 203 °C

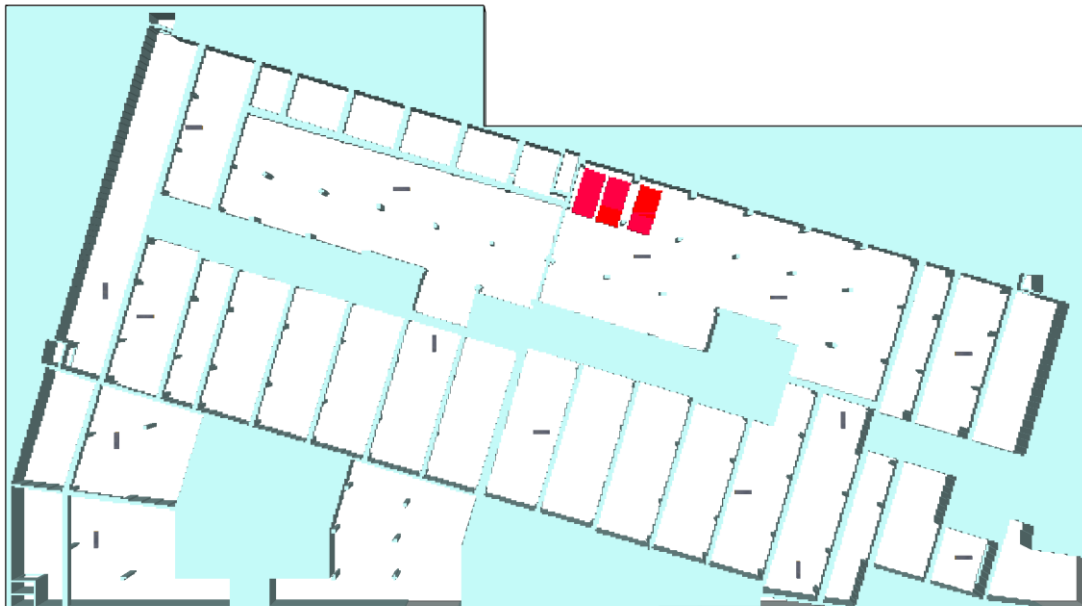


Rys. 119 Temperatura mieszaniny powietrza z gorącym dymem usuwana przez PWM.1.2 podczas trwania modelowego pożaru wg scenariusza T.1.1

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

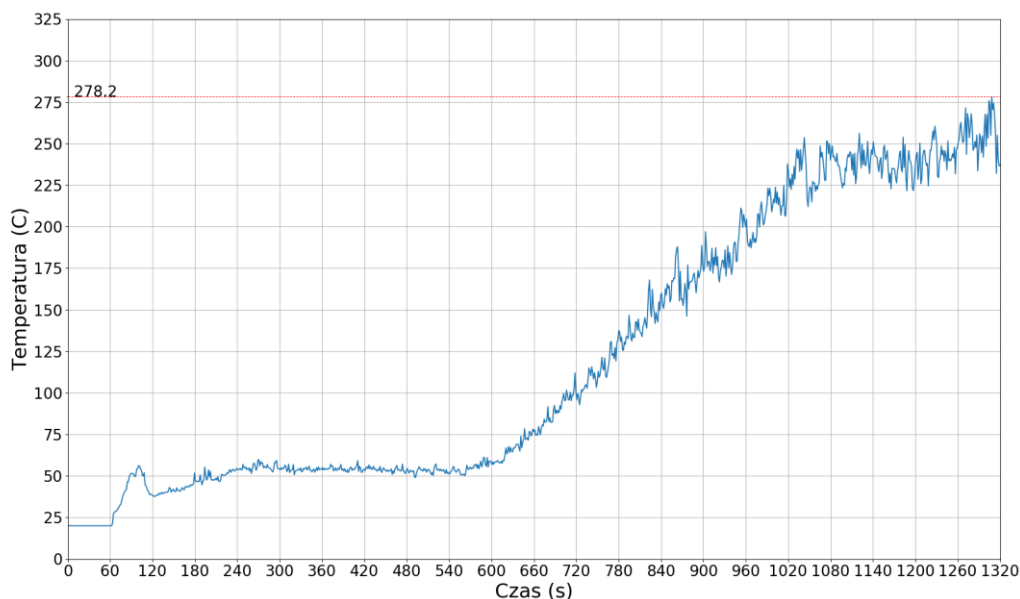
10.9. Scenariusz pożarowy T.2.1

W celu analizy odporności temperaturowej wentylatorów wyciągowych rozważono odrębny scenariusz T.2.1 odnoszący się do prawdopodobnej, najgorszej lokalizacji pożaru, która została przedstawiona na rys. 120. W scenariuszu T.2.1 system wentylacji pożarowej funkcjonuje tj. dla scenariusza SD.2.2.



Rys. 120 Lokalizacja modelowego pożaru w scenariuszu T.2.1

W rozważanym scenariuszu T.2.1 przewidywana temperatura mieszaniny powietrza z gorącym dymem usuwana przez punkt wentylacji mechanicznej PWM.2.2 w czasie modelowego pożaru wynosi maksymalnie ok. 278 °C

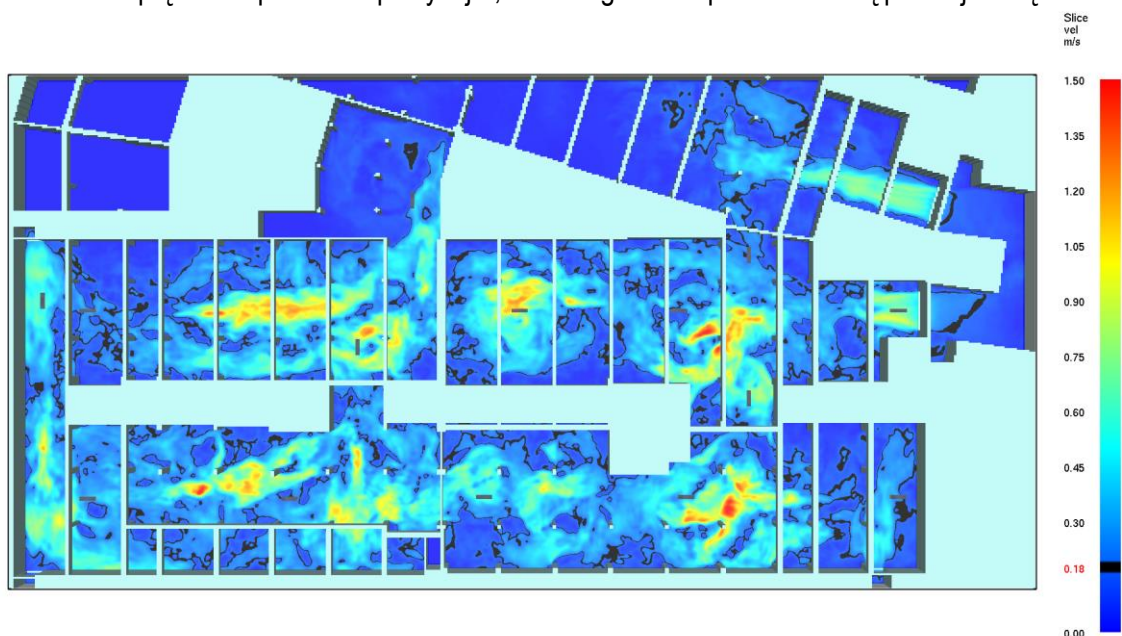


Rys. 121 Temperatura mieszaniny powietrza z gorącym dymem usuwana przez PWM.2.2 podczas trwania modelowego pożaru wg scenariusza T.2.1

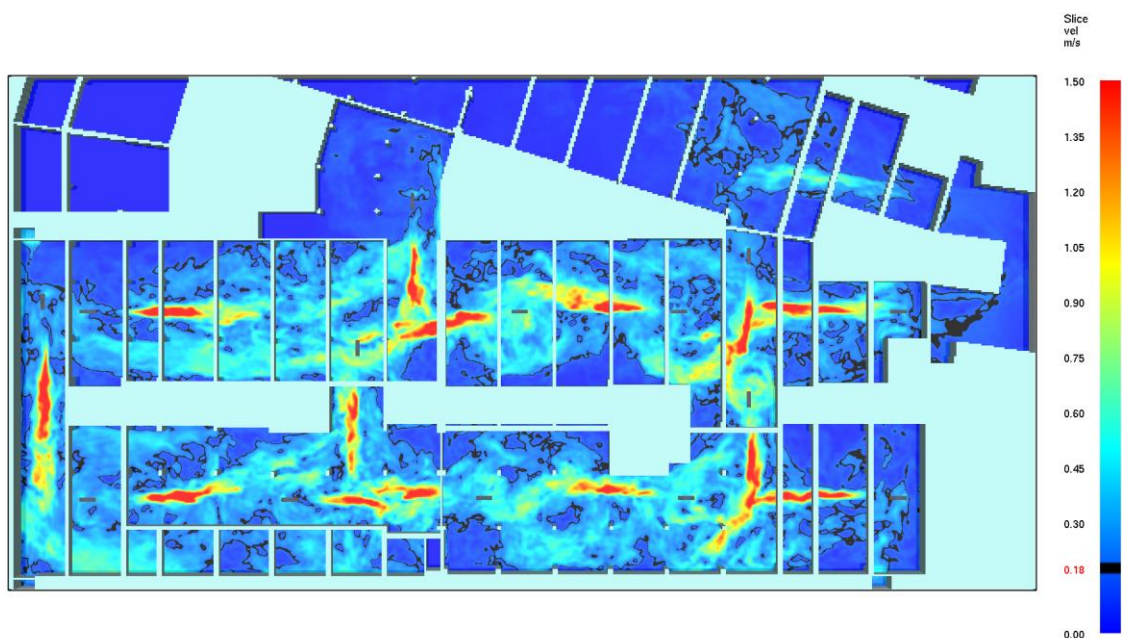
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

10.10. Scenariusz bytowy B.1.1

W celu oceny skuteczności pracy systemu wentylacji bytowej przeanalizowane zostały rozkłady profili prędkości w rozważanym garażu. Kolor niebieski odnosi się do prędkości powietrza poniżej 0,18 m/s, kolor czarny oznacza prędkość powietrza równą 0,18 m/s, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do prędkości powietrza powyżej 0,18 m/s zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 122 Rozkład prędkości na wysokości 0,2 m od posadzki w trakcie działania instalacji w trybie wentylacji bytowej

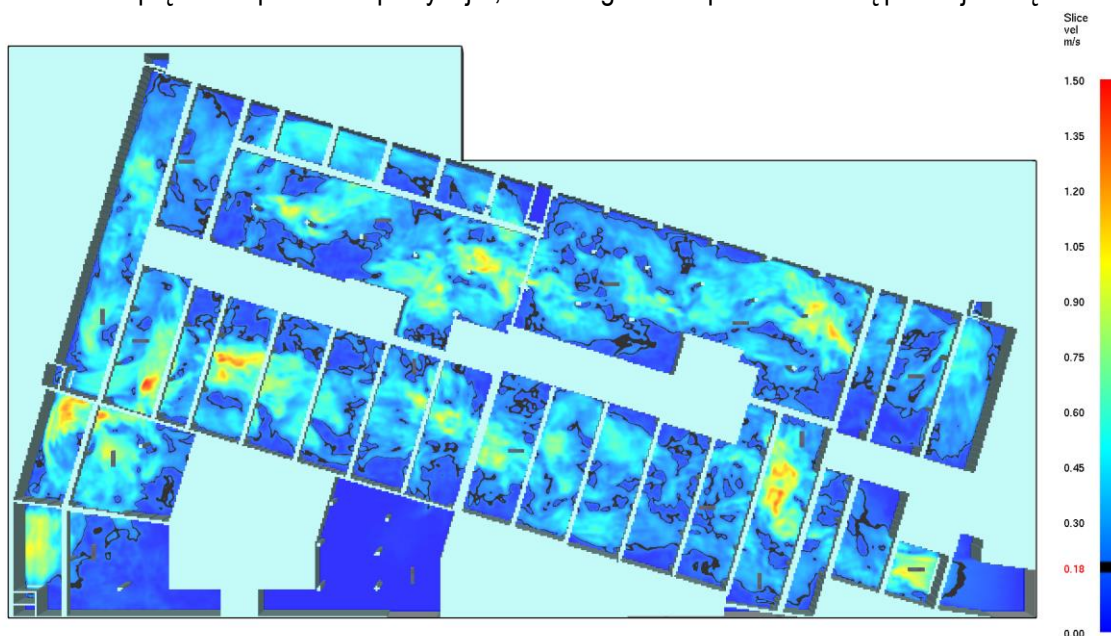


Rys. 123 Rozkład prędkości na wysokości 1,4 m od posadzki w trakcie działania instalacji w trybie wentylacji bytowej

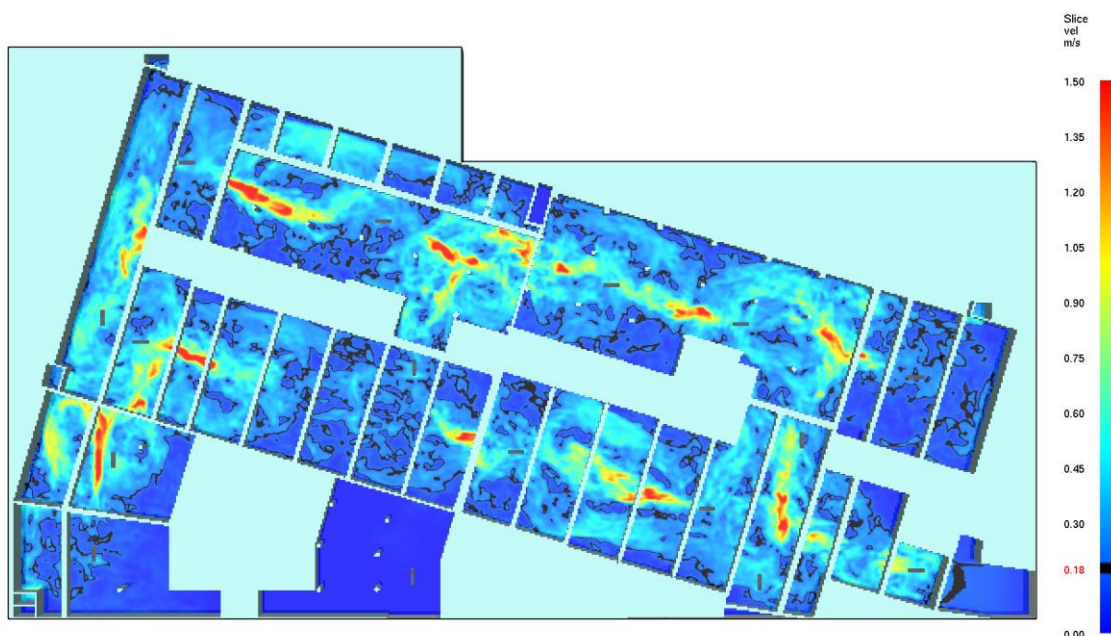
Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

10.11. Scenariusz bytowy B.2.1

W celu oceny skuteczności pracy systemu wentylacji bytowej przeanalizowane zostały rozkłady profili prędkości w rozważanym garażu. Kolor niebieski odnosi się do prędkości powietrza poniżej 0,18 m/s, kolor czarny oznacza prędkość powietrza równą 0,18 m/s, kolor zielony, żółty i czerwony odpowiednio do prędkości powietrza powyżej 0,18 m/s zgodnie z przedstawioną poniżej skalą.



Rys. 124 Rozkład prędkości na wysokości 0,2 m od posadzki w trakcie działania instalacji w trybie wentylacji bytowej



Rys. 125 Rozkład prędkości na wysokości 1,4 m od posadzki w trakcie działania instalacji w trybie wentylacji bytowej

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

11. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

W wyniku przeprowadzonej analizy CFD skuteczności pracy wentylacji pożarowej i bytowej garażu podziemnego otrzymano wyniki przedstawiające rozkłady parametrów, podlegających ocenie dla każdej z projektowych stref dymowych. Głównym celem skutecznie działającej wentylacji pożarowej jest zapewnienie odpowiednich warunków panujących na drogach ewakuacyjnych z garażu podziemnego umożliwiających bezpieczną ewakuację.

Obliczeniowy, wymagany czas bezpiecznej ewakuacji dla wszystkich stref detekcji dymu w rozważanym garażu wynosi ok. 360 s, w których skutecznie pracująca wentylacja pożarowa zapewni odpowiednie warunki ewakuacji.

Dostępny czas bezpiecznej ewakuacji będący krytycznym czasem, w którym warunki bezpiecznej ewakuacji są zachowane został przedstawiony dla poszczególnych stref detekcji w poniższej tabeli.

Scenariusz pożarowy	Wymagany czas bezpiecznej ewakuacji [s]	Dostępny czas bezpiecznej ewakuacji [s]	Margines bezpieczeństwa ewakuacji [s]
SD.1.1.1	360	1320	960
SD.1.1.2	360	1320	960
SD.1.2.1	360	1320	960
SD.1.2.2	360	1320	960
SD.2.1	360	1320	960
SD.2.2.1	360	1320	960
SD.2.2.2	360	1320	960

Na podstawie kryterium widzialności, w przypadku poniższych scenariuszy rozwoju pożaru przedstawiono dostępne wyjścia ewakuacyjne dla osób ewakuujących się z przestrzeni garażu w wymaganym czasie bezpiecznej ewakuacji oraz dostępnym czasie bezpiecznej ewakuacji.

Scenariusz pożarowy	Wyjścia ewakuacyjne WCBE	Wyjścia ewakuacyjne DCBE
SD.1.1.1	WE.1.4, WE.1.5, PE.1.2	WE.1.4, WE.1.5, PE.1.2
SD.1.1.2	WE.1.4, WE.1.5, PE.1.2	WE.1.4, WE.1.5, PE.1.2
SD.1.2.1	WE.1.1, WE.1.2, WE.1.3, WE.1.6, PE.1.1	WE.1.1, WE.1.2, WE.1.3, WE.1.6, PE.1.1
SD.1.2.2	WE.1.1, WE.1.2, WE.1.3, WE.1.6, PE.1.1	WE.1.1, WE.1.2, WE.1.3, WE.1.6, PE.1.1
SD.2.1	WE.2.5, WE.2.6, PE.1.2	WE.2.5, WE.2.6, PE.1.2
SD.2.2.1	WE.2.1, WE.2.2, WE.2.3, PE.1.1	WE.2.1, WE.2.2, WE.2.3, PE.1.1
SD.2.2.2	WE.2.1, WE.2.2, WE.2.3, PE.1.1	WE.2.1, WE.2.2, WE.2.3, PE.1.1

Dla kryterium widzialności, w przypadku przeanalizowanych scenariuszy rozwoju pożaru zostaje spełniony warunek $DCBE > WCBE$ na podstawie, którego należy uznać wentylację pożarową działającą w powyższych strefach detekcji za skuteczną. Ocena możliwości ewakuacji na podstawie przewidywanego rozkładu widzialności znaków ewakuacyjnych, w trakcie przemieszczania się osób do

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

wyjść ewakuacyjnych, pozwala stwierdzić, iż na drogach ewakuacyjnych zostają zapewnione warunki bezpiecznej ewakuacji.

W przypadku kryterium temperaturowego możliwość ewakuacji osób przebywających w garażu zostaje określona na podstawie rozkładu temperatury powietrza podczas pożaru na wysokości 1,8 m. Analizując zmiany temperatury podczas pożaru, dla badanych scenariuszy rozwoju pożaru stwierdzono, że w obliczeniowym, wymaganym czasie bezpiecznej ewakuacji temperatura przekracza wartości krytyczne jedynie lokalnie w pobliżu miejsca występowania pożaru nie wpływając na możliwość ewakuacji. Tym samym temperatura występująca na poziomie 1,8 m nad posadzką oraz pod stropem garażu umożliwia bezpieczną ewakuację. Dostępny czas bezpiecznej ewakuacji w przypadku kryterium temperaturowego na wysokości 1,8 m nad posadzką jest zdecydowanie dłuższy niż ma to miejsce w przypadku kryterium widzialności dlatego nie stanowi przedmiotu szczegółowej analizy.

Warunki panujące podczas projektowych pożarów wg rozważanych scenariuszy pożarowych w trakcie działań ekip ratowniczo-gaśniczych zarówno dla 10, 15 jak i 22 minucie pożaru, po której projektowy pożar osiąga swoją moc maksymalną, nie przekraczają wartości granicznych. Temperatura na wysokości 1,5 m od poziomu posadzki nie przekracza 120 °C od strony nawierzchni, w odległości większej niż 15 m od źródła pożaru tym samym umożliwiony jest dostęp do źródła pożaru.

Przewidywane parametry oceny możliwości działań ekip ratowniczo-gaśniczych pozwalają sądzić, iż zastosowany system wentylacji pożarowej zapewnia właściwe warunki prowadzenia akcji gaśniczo-ratowniczej.

Analiza przewidywanej temperatury na wysokości montażu wentylatorów indukcyjnych pozwala sądzić, że wentylatory indukcyjne będą sprawnie działać w czasie modelowego pożaru (22 minuty). Najbardziej narażony na oddziaływanie wysokiej temperatury wentylator indukcyjny dla poszczególnych scenariuszy pożarowych został przedstawiony w poniższej tabeli:

Scenariusz pożarowy	Wentylator indukcyjny	Przewidywana temperatura omywającego powietrza [°C]	Czas osiągnięcia przewidywanej temperatury omywającego powietrza równej 400 °C [s]
SD.1.1.1	WI.-1.14	~ 395 °C	> 1320
SD.1.1.2	WI.-1.12	~ 318 °C	> 1320
SD.1.2.1	WI.-1.4	~ 122 °C	> 1320
SD.1.2.2	WI.-1.2	> 400 °C	~ 1165
SD.2.1	WI.-2.13	~ 300 °C	> 1320
SD.2.2.1	WI.-2.3	~ 194 °C	> 1320
SD.2.2.2	WI.-2.3	~ 101 °C	> 1320

Tym samym zakłada się, że wentylatory strumieniowe wykonane w klasie odporności temperaturowej wynoszącej 400 °C będą działać właściwie w czasie modelowego pożaru. Największe ryzyko uszkodzenia wentylatorów indukcyjnych podczas modelowych pożarów występuje dla wentylatora WI.-1.2.

Wentylacja bytowa

W wyniku przeprowadzonej analizy skuteczności pracy wentylacji bytowej dla garażu, scenariusz bytowy B.1.1 oraz B.2.1, należy zauważyć, że zarówno na poziomie 0,2 m jak i 1,4 m nad posadzką garażu w większości przestrzeni garażu prędkość powietrza podczas pracy instalacji wentylacji bytowej umożliwia skuteczne wymieszanie powietrza znajdującego się w garażu. Dla scenariusza B.1.1, dla poziomu 0,2 m nad posadzką powietrze w garażu jest skutecznie mieszane w ok. 78 % przestrzeni, zaś dla poziomu 1,4 m jest to odpowiednio ok. 80 %. Dla scenariusza B.2.1, dla poziomu 0,2 m nad posadzką powietrze w garażu jest skutecznie mieszane w ok. 79 % przestrzeni, zaś dla poziomu 1,4 m jest to odpowiednio ok. 79 %. Tym samym zostaje zmniejszone stężenie szkodliwych substancji powstałych w wyniku eksploatacji samochodów w garażu.

Analiza klasy odporności temperaturowej

Przewidywana temperatura mieszaniny powietrza z gorącym dymem usuwana przez punkt wentylacji mechanicznej PWM.1.2 (rys.2) nie przekracza 203 °C dla rozważanego scenariusza pożarowego T.1.1.

Przewidywana temperatura mieszaniny powietrza z gorącym dymem usuwana przez punkt wentylacji mechanicznej PWM.2.2 (rys.2) nie przekracza 278 °C dla rozważanego scenariusza pożarowego T.2.1.

Przyjęte scenariusze zakładają prawdopodobną, najbardziej niekorzystną lokalizację pożaru. Klasa odporności temperaturowej wentylatorów wyciągowych F400₁₂₀ w przypadku wystąpienia modelowego pożaru wg niniejszych scenariuszy jest wystarczająca.

12. PODSTAWY MERYTORYCZNE

- [1] Obwieszczenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 8 kwietnia 2019 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 2019, poz. 1065)
- [2] Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków i innych obiektów budowlanych i terenów z dnia 7.06.2010, Dz. U. 109, poz 719
- [3] PD 7974:2002 The application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Part 2: Spread of smoke and toxic gases within an beyond the enclosure of origin
- [4] PD 7974-6:2004 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings – Part 6: Human factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behavior and condition.
- [5] Procedury organizacyjno-techniczne w sprawie spełnienia wymagań w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w inny sposób niż to określono w przepisach techniczno-budowlanych, w przypadkach wskazanych w tych przepisach, oraz stosowania rozwiązań zamiennych, zapewniających nie pogorszenie warunków ochrony przeciwpożarowej, w przypadkach wskazanych w przepisach pożarowych. Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej.
- [6] McGrattan K.B., Hostikka S., Floyd J., Baum H., Rehm R., Mell W., McDermot R., Fire Dynamics Simulator (Version 6) Technical Reference Guide Volume 1: Mathematical Model, NIST Special Publication 1018-6, NIST, July 2014.
- [7] Projekt budynku mieszkalnego wielorodzinnego przy ul. Kościelniaka w Ustce, dz. nr ew. 2880 obręb 0001 Ustka, kompleks A.
- [8] Węgrzyński W., Krajewski G., Systemy wentylacji pożarowej garaży. Projektowanie, ocena, odbiór. Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2015
- [9] Maciak T., Czajkowski P., Modelowanie pożaru w pomieszczeniach zamkniętych
- [10] D. Stroup and A. Lindeman. Verification and Validation of Selected Fire Models for Nuclear Power Plant Applications. NUREG-1824, supplement 1, United States Nuclear Regulatory Commission, Washington, DC, 2013. EPRI 1011999. 37
- [11] Department for Communities and Local Government, Fire Spread in Car Parks, BD2552, December 2010

Opracowanie nr 23.E.59.1.1 ważne jest tylko przy zastosowaniu urządzeń AERECO uwzględnionych w analizie, ich aktualnego rozmieszczenia oraz architektury garażu. Wszelkie zmiany w analizie CFD wymagają ponownej weryfikacji autora analizy. Opracowanie nr 23.E.59.1.1 jest chronione prawami autorskimi zgodnie z ustawą o prawie autorskim i prawach pokrewnych z dnia 4 lutego 1994 r.

- [12] NEN 6098:2010 Rookbeheersingssystemen voor mechanisch geventileerde parkeergarages;
- [13] Drysdale D. An introduction to fire dynamics, Wiley, 2011
- [14] McGrattan K., Overholt K., Weinschenk C., McDermott, R. Floyd J, Hostikka S.; Fire Dynamics Simulator User Guide, NIST Special Publication 1019. Washington: NIST Special Publication, 2014,
- [15] Quinterie J. G. Fundamentals of Fire Phenomena, John Wiley & Sons Ltd., England 2006
- [16] Clapa I., Porowski R., Dziubiński M., Wybrane modele obliczeniowe czasów ewakuacji, CNBOP
- [17] Poh W., Tenability criteria for design of smoke hazard management systems, Ecolibrium, 2011
- [18] BS 7346-7:2013 Components for smoke and heat control systems – Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks;
- [19] S.T.G.D. Hegeman, Smoke movement in fire situations, CFD-utilization in car park Fleeerde, Technische Universiteit Eindhoven, December 2008
- [20] NFPA 92:2012 - Standard for Smoke Control Systems;
- [21] McGrattan K., Overholt K., Weinschenk C., McDermott, R. Floyd J, Hostikka S.; Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Volume 3: Validation, NIST Special Publication 1018. Washington: NIST Special Publication, 2014
- [22] McGrattan K., Overholt K., Weinschenk C., McDermott, R. Floyd J, Hostikka S.; Fire Dynamics Simulator Technical Reference Guide Volume 2: Verification, NIST Special Publication 1018. Washington: NIST Special Publication, 2014