

**Autoreferat przedstawiający opis dorobku i osiągnięć naukowych,
w szczególności określonych w art. 16 ust. 2 ustawy o stopniach naukowych
i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki**

Waldemar Wnęk

**Szkoła Główna Służby Pożarniczej
Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego**

12 marzec 2019 r.

Spis treści

1. Imię i nazwisko	3
2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe	3
3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych	3
4. Wskazanie osiągnięcia naukowego	4
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	4
4.2. Omówienie celu naukowego pracy i osiągniętych wyników wraz z ich ewentualnym wykorzystaniem	5
4.2.1. Wprowadzenie	7
4.2.2. Wpływ rodzaju materiału palnego na czas zadziałania systemów zabezpieczeń	9
4.2.3. Wpływ instalacji wentylacji bytowej na czas zadziałania systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych	11
4.2.4. Wpływ rozwiązań konstrukcyjnych budynku i instalacji na czas uruchomienia urządzeń przeciwpożarowych	16
4.2.5. Wpływ środowiska na czas zadziałania czujek pożarowych z uwzględnieniem konstrukcji elementów detekcyjnych	32
4.2.6. Wpływ zmiany środowiska w obiekcie budowlanym na pracę elementów detekcyjnych systemów sygnalizacji pożarowej	40
4.2.7. Wpływ wentylacji pomieszczeń na stężenie gaśnicze urządzeń gaśniczych gazowych	43
4.2.8. Wpływ nieszczelności pomieszczeń na skuteczność działania instalacji inercyjnych	45
4.2.9. Wpływ sposobu napowietrzania klatek schodowych na oddymianie grawitacyjne obiektów budowlanych	48
4.3. Podsumowanie	53
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych	53

1. Imię i nazwisko

Waldemar Wnęk

2. Posiadane dyplomy i stopnie naukowe

- 2006: Doktor nauk technicznych w zakresie inżynierii środowiska, nadany uchwałą Rady Wydziału Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej. Tytuł rozprawy: *Wpływ parametrów lotnych produktów spalania na ich wykrywalność w instalacjach wentylacyjnych.*
Promotor pracy: prof. dr hab.inż. Bogdan Mizieliński, Politechnika Warszawska,
Recenzenci pracy: prof. dr hab. Jerzy Wolanin, Szkoła Główna Służby Pożarniczej
prof. dr hab.inż. Andrzej Teodorczyk, Politechnika Warszawska
- 1991: Magister inżynier pożarnictwa w zakresie specjalności profilaktycznej, Szkoła Główna Służby Pożarniczej
- 1986: Inżynier, specjalność aparatura elektroniczna, Wydział Elektroniki Politechniki Warszawskiej

3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych

Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego, Warszawa, od 1982r do dzisiaj

- kierownik Zakładu Technicznych Systemów Zabezpieczeń, Katedra Bezpieczeństwa Budowli – od wrzesień 1997r do kwietnia 2015r

- adiunkt, Zakładu Technicznych Systemów Zabezpieczeń, Katedra Bezpieczeństwa Budowli i Rozpoznawania Zagrożeń, od lipiec 2006r do teraz

- kierownik Katedry Bezpieczeństwa Budowli i Rozpoznawania Zagrożeń – 05 maja 2015r do 30 września 2018r

- od 1 października 2018r zatrudniony na umowę zlecenie do prowadzenia zajęć dydaktycznych na studiach I i II stopnia oraz studiach podyplomowych na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej

4. Wskazanie osiągnięcia naukowego

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Wpływ technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych na bezpieczeństwo obiektów budowlanych

Monografia, Wydawnictwo Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, Warszawa, 2018r.

ISBN: 978-83-950547-9-2

Recenzje wydawnicze monografii zostały opracowane przez:

- *dr hab. Marek Konecki, prof. SGSP*, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego, Szkoła Główna Służby Pożarniczej.
- *dr hab. inż. Zoja Bednarek*



Osiągnięcie habilitacyjne przedstawione zostało w postaci monografii pt. „Wpływ technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych na bezpieczeństwo obiektów budowlanych”, opisującej dorobek naukowy autora na podstawie przeprowadzonych w latach 2009-2018 badań doświadczalnych oraz obliczeń i symulacji numerycznych w odniesieniu do teorii oraz zgłębianych zagadnień merytorycznych w obszarze budownictwa.

Myślą przewodnią towarzyszącą monografii jest próba odpowiedzi na pytania, które mają wpływ na zwiększenie bezpieczeństwa obiektów budowlanych poprzez zastosowanie technicznych systemów zabezpieczeń. Jakie elementy tych systemów mają bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo obiektów budowlanych? Czy w dzisiejszych czasach można budować budynki bez zastosowania technicznych systemów zabezpieczeń? Coraz częściej odpowiadamy sobie na te pytania zdając sobie sprawę z odpowiedzialności za ludzi w nich przebywających, że nie można budować obiektów bez zastosowania technicznych systemów zabezpieczeń począwszy od zabezpieczeń biernych, a skończywszy na systemach czynnych. Stosując te zabezpieczenia mamy przekonanie o zwiększeniu bezpieczeństwa obiektów przez wydłużenie czasu funkcjonowania konstrukcji obiektu w czasie pożaru, a może przede wszystkim zwiększając bezpieczeństwo ludzi tam przebywających. Ma to zatem bezpośredni związek z dyscypliną nauki, jaką jest budownictwo. Szeroko rozumiana ochrona przeciwpożarowa w budownictwie powoduje ciągle poszukiwania niezawodnych i efektywnych technicznych systemów zabezpieczeń.

4.2. Omówienie celu naukowego prac i osiągniętych wyników wraz z ich ewentualnym wykorzystaniem

4.2.1. Wprowadzenie

Celem tej monografii jest próba podsumowania dorobku naukowego autora na podstawie przeprowadzonych prac badawczych w okresie 2009-2018, wraz z opisem najważniejszych badań doświadczalnych wspomaganych symulacjami numerycznymi w obszarze technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych stosowanych w obiektach budowlanych, mających na celu poprawę ich bezpieczeństwa pożarowego. Można zabezpieczyć obiekty budowlane poprzez użycie biernych zabezpieczeń przeciwpożarowych (odpowiednie wykonanie m.in. ścian, sufitów,

odpowiednie obudowanie materiałami izolującymi przed działaniem wysokiej temperatury elementów konstrukcyjnych budynku), ale to nie powoduje zmniejszenia strat pożarowych, przedłuża w czasie żywotność konstrukcji.

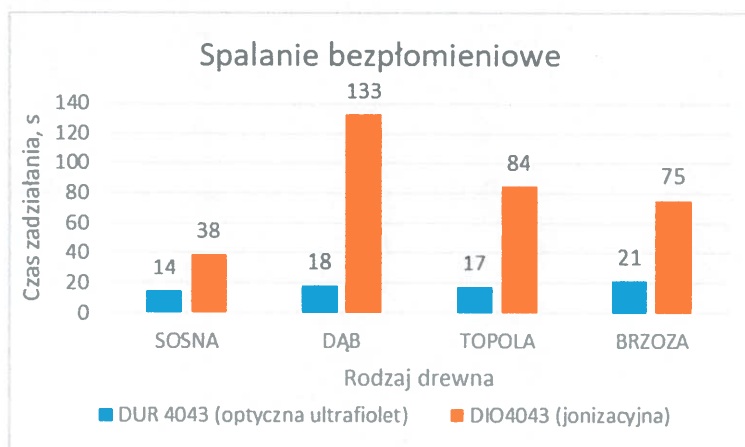
W monografii zadano sobie pytanie, czy można dzisiaj budować budynki bez czynnych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych, mających na celu wykrycie pożaru lub miejscowego zagrożenia, a następnie pozwolić osobom tam przebywającym na bezpieczną ewakuację, a następnie bez udziału Państwowej Straży Pożarnej przeciwdziałanie spalaniu materiałów palnych tam zgromadzonych. Jakość tego działania zależy od użytych tam systemów zabezpieczeń, których działanie jest uzależnione od warunków panujących w obiekcie. Począwszy od konstrukcji obiektu, poprzez zastosowane instalacje użytkowe, a skończywszy na prowadzonym procesie technologicznym wprowadzającym różnego rodzaju narażenia.

Monografia ta, stanowiąca zatem osiągnięcie naukowe na potrzeby postępowania habilitacyjnego, składa się z szesnastu rozdziałów, gdzie pierwszych sześć stanowi omówienie zagadnień związanych z podstawowymi pojęciami, związanymi z obiektami budowlanymi, badanymi instalacjami i ich efektywnością działania, czy dyskusją nad przebiegiem procesu inwestycji budowlanych ze wskazaniem etapów w których powinno się rozpatrywać konieczność zastosowania technicznych systemów zabezpieczeń, następnie zdefiniowano zależności opisujące fazy pożaru na tle działania technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych, omówiono charakterystykę badanych urządzeń przeciwpożarowych. Część badawczą rozpoczyna opis stanowisk i metodyki pomiarów stanowiący dodatkowy wkład mający na celu opracowanie modelowych stanowisk pomiarowych. Na początku zbadano wpływ materiałów będących wyposażeniem budynków na czas zadziałania wybranych zabezpieczeń, wpływ instalacji wentylacji bytowej na czas zadziałania zabezpieczeń, wykonując porównanie wyników symulacji komputerowej z wynikami uzyskanymi podczas badań jako element walidacji wybranego oprogramowania do analiz parametrów pożaru. Następnie zbadano wpływ konstrukcji budynku i instalacji użytkowych na czas zadziałania systemów zabezpieczeń porównując różne rozwiązania czujek pożarowych w celu ich oceny pod kątem efektywności działania. Podjęto też problem wpływu pyłów, aerozoli i pary wodnej na propozycję konstrukcji elementu detekcyjnego odpornego na te narażenia, dokonano badania wpływu wentylacji na urządzenia gaśnicze gazowe, następnie zbadano wpływ szczelności pomieszczeń na działanie instalacji inercyjnych. W ostatnim rozdziale w części badawczej wyznaczono wpływ napowietrzania klatek schodowych na

skuteczność działania systemu grawitacyjnego oddymiania budynku w trakcie działań Straży Pożarnej. Wszystkie rozdziały zawierające wyniki eksperymentów zawierają podsumowania określające najważniejsze wnioski szczegółowe. Monografię kończy rozdział zawierający podsumowanie zaprezentowanych wyników badań oraz wnioski mogące mieć wpływ na konstrukcje systemów zabezpieczeń, jak i metodykę prowadzenia akcji ratowniczej przez Państwową Straż Pożarną.

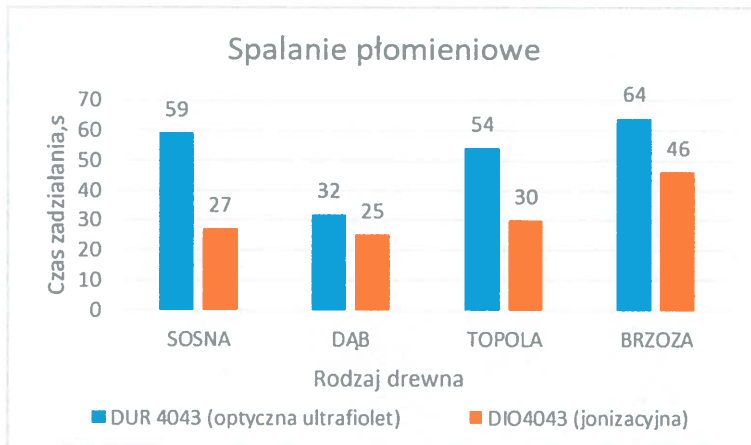
4.2.2. Wpływ rodzaju materiału palnego na czas zadziałania systemów zabezpieczeń

W monografii dokonano zbadania wpływu różnych materiałów na czas zadziałania systemów zabezpieczeń w obiekcie budowlanym. Są to różnego rodzaju materiały drewniane, jak i materiały sztuczne w postaci pianek przy spalaniu i rozkładzie termicznym. Porównywano konstrukcje czujek dymu stosując różne rozwiązania czujek dymu (jonizacyjna i optyczna na ultrafiolet lub podczerwień).



Rys. 1. Zależność czasu zadziałania czujek dymu od gatunku drewna przy bezpłomieniowym spalaniu (przepływ powietrza 1m/s)

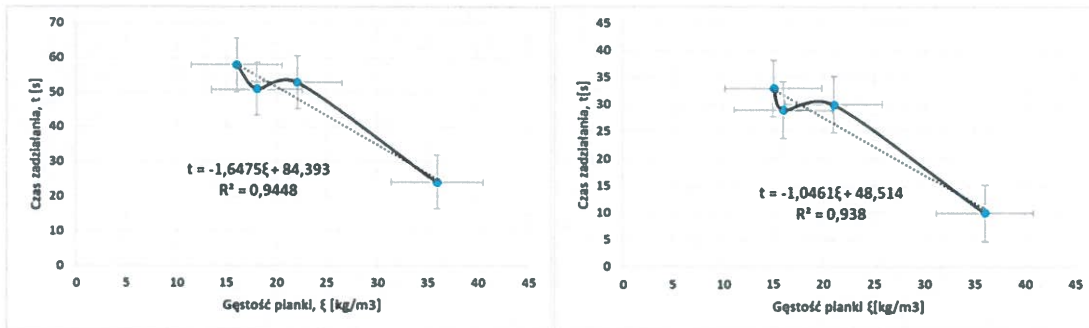
Najdłuższy czas zadziałania zmierzono w trakcie spalania bezpłomieniowego dębu dla czujki jonizacyjnej, która lepiej wykrywa dym w przypadku spalania płomieniowego. W przypadku wykrywania pożaru przy pomocy czujki optycznej czas zadziałania jest dość podobny – w granicach 20 s. Najkrótszy czas zadziałania w przypadku czujki jonizacyjnej zaobserwowano w przypadku spalania drewna sosnowego – 38 s.



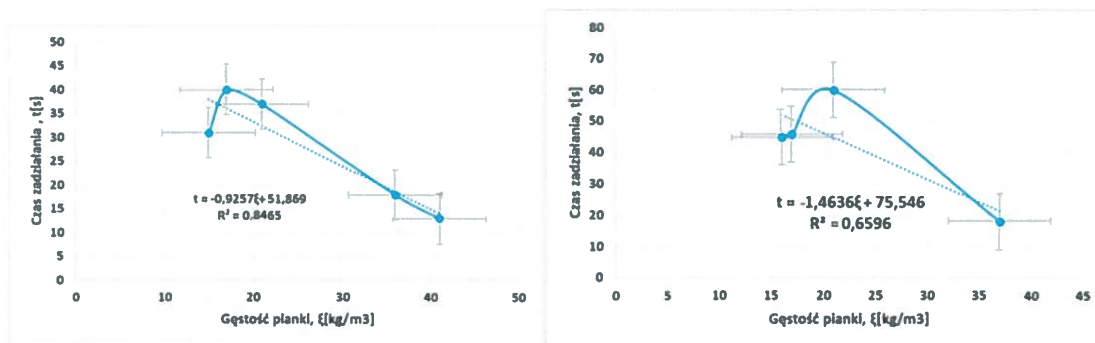
Rys. 2. Zależność czasu zadziałania czujek dymu od gatunku drewna przy płomieniowym spalaniu (przepływ powietrza 1m/s)

W przypadku spalania płomieniowego krótsze czasy zadziałania wykazuje czujka jonizacyjna. Biorąc pod uwagę właściwości czujki jonizacyjnej i optycznej rozproszeniowej na ultrafiolet, w tym badaniu zaobserwowano zbliżone czasy zadziałania. Największą różnicę zaobserwowano w przypadku spalania drewna sosnowego.

W przypadku tworzyw sztucznych wyznaczono wpływ gęstości pianki poliuretanowej na czas zadziałania czujki dymu, dla zobrazowania zależności wyznaczono linie trendu wraz z współczynnikiem determinacji R^2 w celu oceny dopasowania.



Rys. 3. Wpływ gęstości pianki na czas zadziałania czujki jonizacyjnej i optycznej przy spalaniu bezpłomieniowym (zaznaczono linię trendu, bł. standardowy)



Rys. 4. Wpływ gęstości pianki na czas zadziałania czujki jonizacyjnej i optycznej przy spalaniu płomieniowym (zaznaczono linię trendu, bł. standardowy)

Wszystkie charakterystyki zmiany czasów zadziałania dla małych gęstości wykazywały nieliniowy charakter, na co mogą mieć wpływ opory wejścia cząstek dymu do komór pomiarowych czujek. Wraz ze wzrostem gęstości pianek zmniejsza się czas zadziałania czujek. Jest to spowodowane tym, że pianki o większej gęstości mają mniejsze pęcherzyki wypełnione powietrzem, co powoduje, że spala się większa ilość materiału palnego.

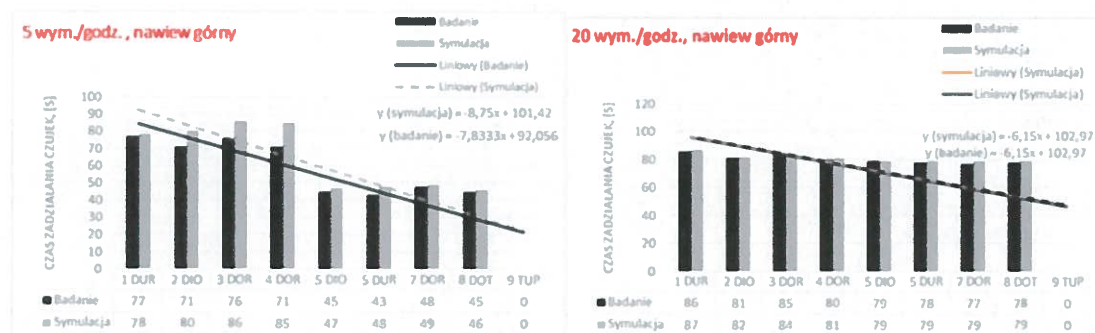
4.2.3. Wpływ instalacji wentylacji bytowej na czas zadziałania systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych

W tym rozdziale monografii oprócz zbadania wpływu instalacji wentylacji bytowej na czas zadziałania systemów zabezpieczeń dokonano walidacji oprogramowania powszechnie używanego do oceny warunków panujących w obiekcie budowlanym w trakcie pożaru z możliwością m.in. wpływu wentylacji na proces spalania znajdujących się tam materiałów palnych. Program Fire Dynamics Simulator (FDS) oparty o numeryczną mechanikę płynów, który został opracowany w amerykańskim Narodowym Instytucie Normalizacji i Technologii (ang. National Institute of Standards and Technology – NIST) pozwala ponadto na W wyniku wykonanej symulacji oszacowanie składu gazów pożarowych (para wodna, CO₂, CO, N₂), temperaturę, prędkość, ciśnienie, gęstość gazu, zasięg widzialności, rozkład dymu w pomieszczeniu, szybkość wydzielania ciepła z jednostki objętości. Program oblicza również wartości związane z przepływem energii między fazą gazową a ciałem stałym, a w szczególności temperaturę

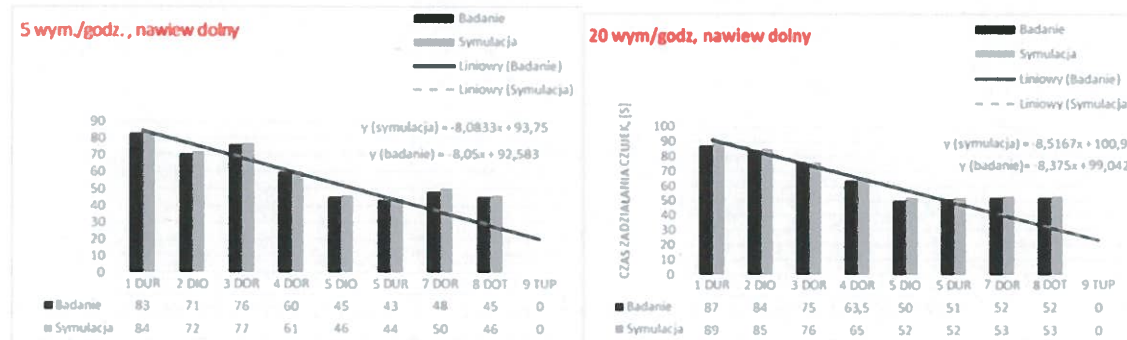
powierzchni, strumień ciepła (konwekcja, promieniowanie), temperaturę wewnątrz pomieszczenia, szybkość spalania, jak i ilość wody w masie przypadającą na jednostkę powierzchni.

Badania były wykonywane w komorze badawczej 5 x 5 x 2,75 m z przewodem wentylacyjnym i czujkami pożarowymi. W trakcie badań spalana była pianka poliuretanowa w postaci 3 mat o wymiarach 20 x 20 x 3 [cm]. Badania wykonano po 5, 10 i 20 wymianach powietrza przy załączaniu wyciągu oraz przy dolnym i górnym nawiewie powietrza do komory.

W monografii przedstawiono piktogramy z rozkładem dymu w komorze badawczej przy różnej ilości wymian powietrza z nawiewem powietrza z dołu i z góry komory badawczej w celu porównania wpływu wentylacji na czas zadziałania systemów zabezpieczeń.



Rys. 5. Porównanie wyników pomiarowych do symulacji PyroSim dla nawiewu górnego



Rys. 6. Porównanie wyników pomiarowych do symulacji PyroSim dla nawiewu dolnego

Na rys. 5 i 6 dokonano porównania czasów zadziałania czujek w stosunku do wykonanych symulacji przy wykorzystaniu programu PyroSim. Na rys. 5 ilość wymian przy nawiewie górnym powietrza jest zmienna. W przypadku 5 wym./godz. można zaobserwować większe różnice w czasach zadziałania w stosunku do czasów oszacowanych przy pomocy badań. Może to być

spowodowane małymi przepływami w stosunku do 20 wym./godz., co może skutkować większym wpływem czynników środowiska pożaru i warunków panujących w komorze typu wilgotność, temperatura, ciśnienie itp. W przypadku 20 wym./godz. mamy do czynienia z warunkami ustalonego przepływu mniej zależnego od czynników środowiskowych. Aby można było odnieść się do średnich czasów, na rysunku zaznaczono linię trendu, gdzie maksymalna różnica w czasach zadziałania jest oszacowano na ok. 10 s. Na rys 6 przedstawiono taką samą zależność czasów zadziałania uzyskanych w trakcie badań i symulacji tylko przy nadmuchu dolnym. Z otrzymanych danych wynika, że odwzorowanie wyników badań i symulacji jest większe. Krzywe trendu praktycznie się pokrywają, co w przypadku analizowanej komory badawczej powoduje, że w tym przypadku nie wymaga się korekt czasów wyznaczanych przy użyciu symulacji.

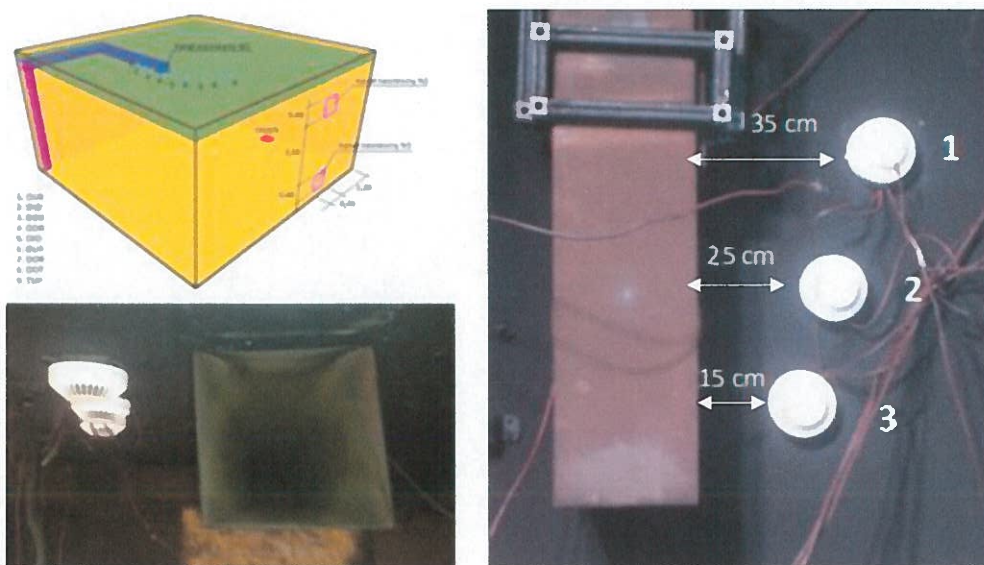
Wykrycie pożaru, a następnie uruchomienie urządzeń przeciwpożarowych ma wpływ na bezpieczeństwo osób ewakuowanych w trakcie zagrożenia, widzialność na drogach ewakuacji, osiąganą temperaturę, toksyczność czy promieniowanie temperaturowe.

Mając na uwadze wykonane badania, można sformułować następujące wnioski:

- dobór systemu wentylacji ma wpływ na czas zadziałania systemów zabezpieczeń,
- umieszczenie otworów wentylacyjnych powodujących przepływ boczny pod sufitem powoduje większe problemy z wykryciem pożaru niż w przypadku stosowania systemów napowietrzania pomieszczeń od dołu,
- wraz ze wzrostem krotności wymian powietrza dla napowietrzania pomieszczeń w górnych częściach wzrasta czas zadziałania elementów detekcyjnych pożaru,
- symulacje stosowane do analizy parametrów pożaru w pomieszczeniach wykazują coraz lepsze odwzorowanie w stosunku do wyników pomiarów.

4.2.4. Wpływ rozwiązań konstrukcyjnych budynku i instalacji na czas uruchomienia urządzeń przeciwpożarowych

W rozdziale monografii dokonano badań wpływu występujących w budynku elementów konstrukcyjnych na czas uruchomienia urządzeń przeciwpożarowych. Elementami tymi mogą być belki stropowe, czy elementy instalacji użytkowych. Na rys. 7 przedstawiono umiejscowienie czujek pożarowych za przewodem wentylacyjnym utrudniającym dotarcie produktów spalania i rozkładu termicznego do czujek pożarowych.

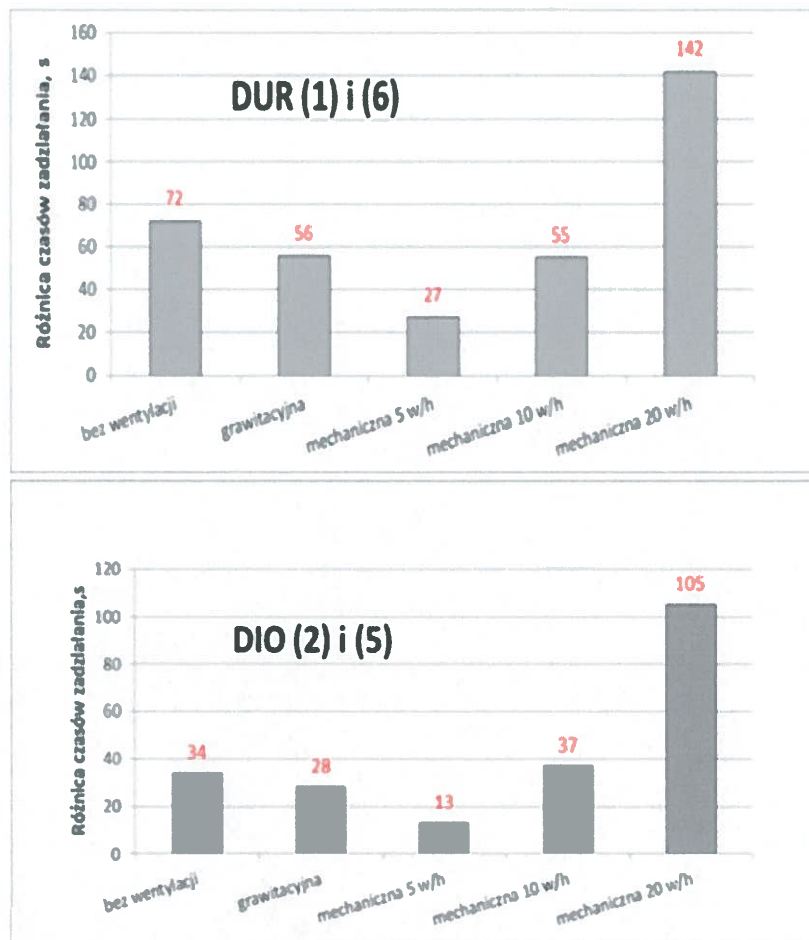


Rys. 7. Umieszczenie czujek pożarowych 1,2,3 za przewodem wentylacyjnym z określeniem odległości

Pozostałe czujki pożarowe umieszczono w tej samej odległości od źródła pożaru bez wpływu elementu konstrukcyjnego obiektu, co pozwoliło na oszacowanie wpływu przeszkód na czas zadziałania systemów zabezpieczeń. Dodatkowym elementem badań było wprowadzenie wentylacji w pomieszczeniu badawczym i wpływu umiejscowienia źródła pożaru w stosunku do wlotu instalacji wentylacyjnej (spalanie pod otworem zasysającym i w odległości 1,9m od otworu). Źródłem pożaru jest stos drewna sosnowego w postaci belek o wymiarach 25 cm x 2 cm x 1 cm w ilości 60 szt. ułożonych w stos o wymiarach 25 cm x 25 cm, co dało sumarycznie 1,6 kg drewna sosnowego.

Porównano różne rozwiązania czujek pożarowych przy różnym umiejscowieniu ich w komorze badawczej, wyniki zestawiono na kilku wykresach. Porównano różnice w czasach zadziałania.

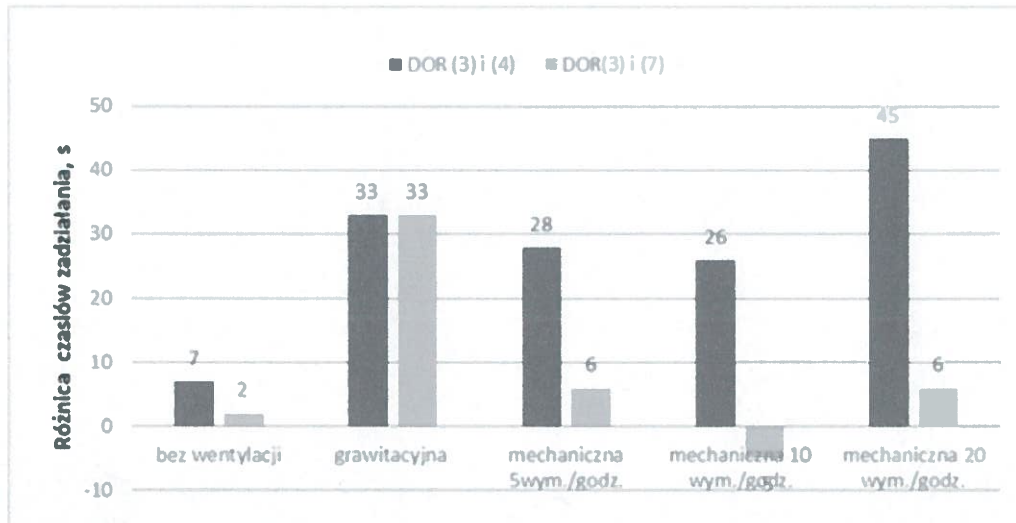
Na rys. 8 dokonano porównania działania wybranych czujek pożarowych na czas zadziałania od umiejscowienia w stosunku do przeszkody stropowej.



Rys. 8. Wyznaczenie różnicy czasów zadziałania czujek spowodowany przewodami wentylacyjnymi dla czujek rozproszeniowych na ultrafiolet DUR i czujek jonizacyjnych DIO

Porównując wyniki z rys. 8, należy zauważyć, że krótsze czasy uzyskujemy w przypadku czujek jonizacyjnych dymu. W obu przypadkach brak wentylacji powoduje dłuższy czas zadziałania w stosunku do wentylacji grawitacyjnej, jest to spowodowane szybszym wnikaniem dymu w przypadku wentylacji grawitacyjnej. W przypadku wariantu bez wentylacji mamy do czynienia tylko z unoszeniem dymu spowodowanym ciepłem od źródła pożaru. Należy pamiętać, że wzrost ilości wymian powoduje wydłużenie czasu zadziałania, jak to przedstawiono na rys. 8. W tym przypadku można zauważyć, że przy spalaniu płomieniowym lepiej sobie radzą czujki jonizacyjne, które mają mniejsze różnice w zadziałaniu.

Na rys. 9 porównano wpływ umiejscowienia na czas zadziałania dla przykładu czujek optycznych rozproszeniowych dymu DOR na podczerwień.



Rys. 9. Porównanie różnic zadziałania czujek optycznych rozproszeniowych dymu na podczerwień z uwzględnieniem odległości od instalacji wentylacyjnej

Porównując czujki optyczne DOR, można stwierdzić, że tu różnice czasów zadziałania są dość niewielkie, biorąc pod uwagę czujkę za przeszkodą i bez przeszkody, jaką jest przewód wentylacyjny czy belka stropowa.

Czujka DOR (4) jest bezpośrednio narażona na działanie instalacji wentylacyjnej w stosunku do oddalonej czujki DOR (7). Analizując czasy zadziałania zabezpieczeń, zauważono, że czujki optyczne rozproszeniowe wchodziły w stan zadziałania wcześniej niż czujki jonizacyjne i optyczne na ultrafiolet. Oceniając wpływ wentylacji na czas, zauważono, że czujka DOR(4) w stosunku do czujki DOR(7) wolniej wchodziła w stan zadziałania, co jest spowodowane bezpośrednim wpływem działania wentylacji mechanicznej. Zdarzył się przypadek skrócenia czasu zadziałania dla 10 wym./godz. Dla czujki DOR (7) te różnice czasowe były stosunkowo krótkie, do 10 sekund w przypadku wentylacji mechanicznej. Wentylacja grawitacyjna nie wnosi wg pomiarów różnicy w zadziałaniu – tu dym rozchodzi się po komorze w sposób bardzo spokojny, inaczej niż w przypadku 20 wym./godz., gdzie dochodzi do burzliwego przepływu.

Analizowano szczegółowo wpływ umiejscowienia źródła pożaru na czasy zadziałania systemów zabezpieczeń, wyniki zestawiono na rys.10.



Rys. 10. Porównanie czasów zadziałania czujek w zależności od wentylacji z krotnością 5 i 20 wym./godz. przy umiejscowieniu pożaru pod instalacją wentylacyjną i w odległości 1,9 m od miejsca zasysania powietrza, a. b – różne układy przedstawienia wyników pomiarów (oznaczenie: t1,9 – czas zadziałania czujek przy oddaleniu pożaru od otworu o 1,9 m, tbez – czas zadziałania czujek dla pożaru bezpośrednio pod otworem wentylacyjnym)

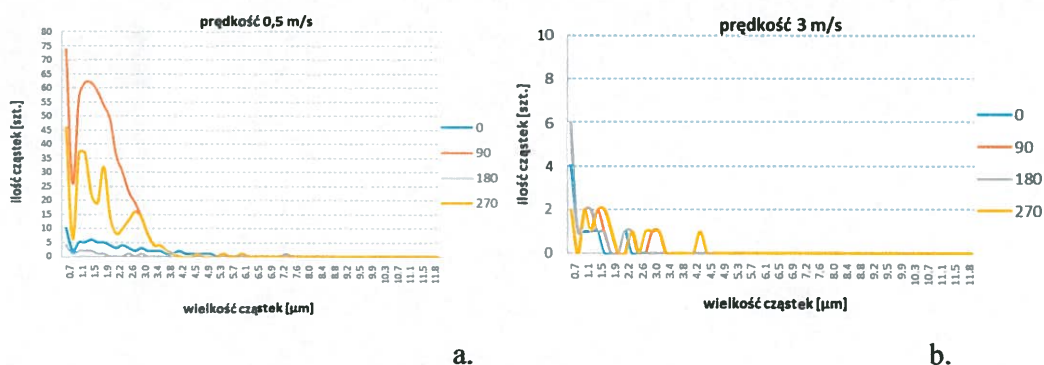
Rozpatrując czasy wykrycia pożaru w obecności wentylacji można stwierdzić, że wraz ze wzrostem ilości wymian wzrasta czas zadziałania, a umiejscowienie pożaru w stosunku do otworu zasysającego instalacji wentylacyjnej powoduje zmniejszenie czasu zadziałania czujek dla małych ilości wymian, gdy spalanie odbywa się pod otworami zasysającymi wentylacji. W przypadku spalania pod otworami zasysającymi przy dużej ilości wymian następuje wydłużenie czasu zadziałania czujek dymu, a skrócenie przy spalaniu w odległości 1,9 m.

4.2.5. Wpływ środowiska na czas zadziałania czujek pożarowych z uwzględnieniem konstrukcji elementów detekcyjnych

W rozdziale podjęto się przedstawić bardzo szczegółowo wpływ różnych czynników na pracę czujek pożarowych dymu uwzględniając kierunkowość przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej w stosunku do kierunku nadmuchu, porównania konstrukcji elementów detekcyjnych przy różnych sposobach spalania materiałów palnych.

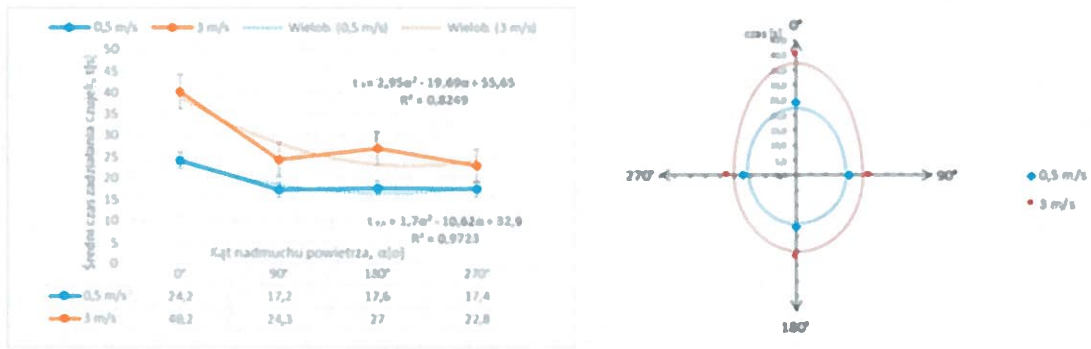
Dokonano zbadania tzw. kierunkowości czujek dymu znając rozkład cząstek dymu spalanego materiału palnego. Określono kierunkowość przy różnych prędkościach przepływu badając rozkłady cząstek na zewnątrz czujki i wewnątrz w celu porównania rozkładów, co ma bezpośredni wpływ na czas zadziałania systemów zabezpieczeń.

Przykładowy rozkład cząstek pokazano na rys. 11. z zaznaczeniem kąta nawiewu dymu do czujki.



Rys. 11. Porównanie rozkładów wielkości cząstek dymu od ich ilości dla przepływu powietrza a. 0,5 m/s i b. 3 m/s

W monografii przedstawiono bardziej szczegółowe rozkłady cząstek dymu z możliwością oceny wpływu prędkości i kąta nawiewu mieszaniny powietrzno-dymowej pozwalającej na obserwację ilości cząstek przy założonych przedziałach średnic. Porównano czasy zadziałania optycznych czujek dymu dla różnych prędkości. Na rys. 12 pokazano przykładowy rozkład czasów zadziałania czujki jonizacyjnej w zależności od kąta nawiewu.



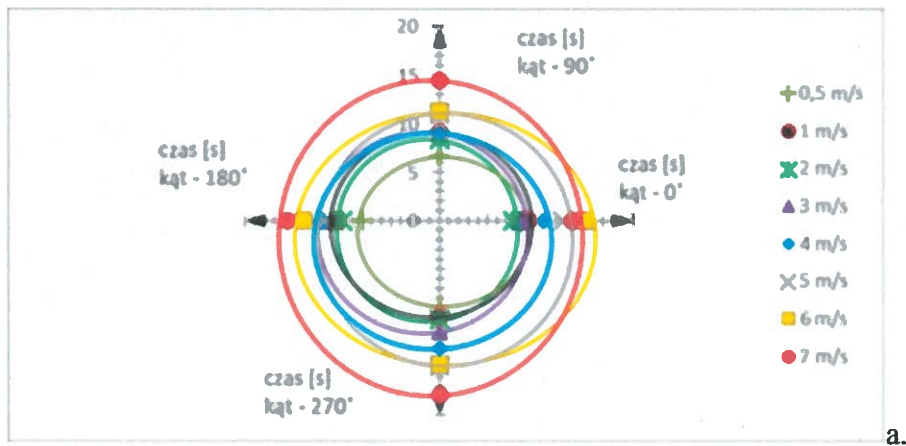
a.

b.

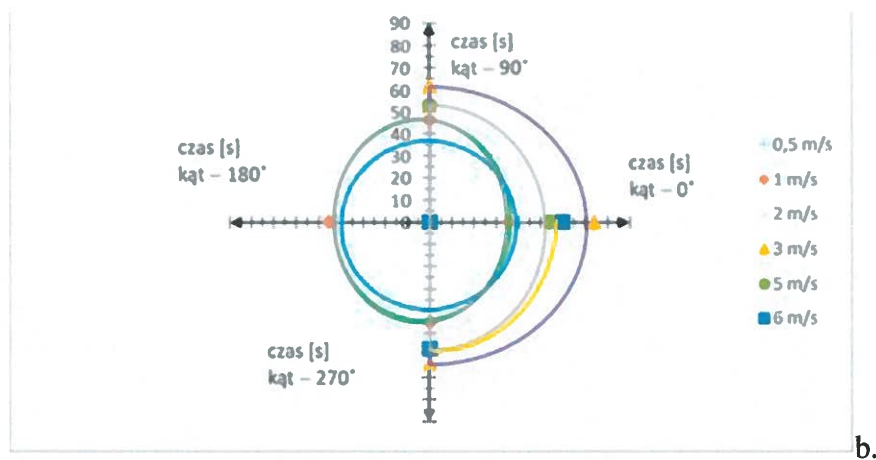
Rys. 12. Charakterystyka kierunkowa czasu zadziałania jonizacyjnej czujki dymu przy różnych prędkościach nawiewu, a. wykres liniowy, b. wykres kołowy

Największe różnice uzyskano dla umiejscowienia czujki jonizacyjnej w stosunku do nadmuchu mieszaniny powietrzno-dymowej dla 0° i 180°. Takie porównanie wykonano także dla czujek optycznych wykazujących wg pomiarów lepsze właściwości kierunkowości w stosunku do czujek jonizacyjnych.

Zbadano szczegółowe charakterystyki czasów zadziałania czujek dymu w funkcji prędkości i kąta nawiewu mieszaniny powietrzno dymowej.



a.

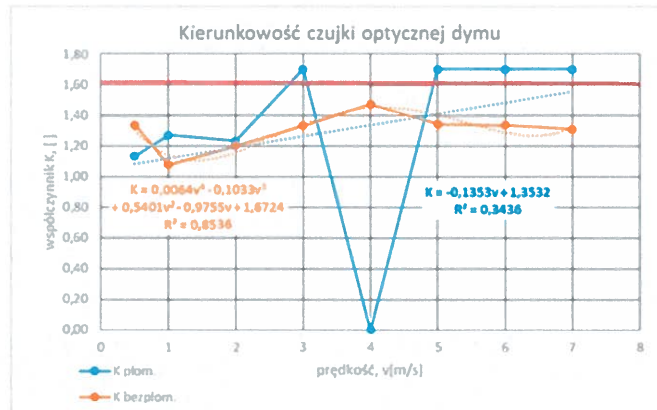


Rys. 13. Wykres zależności czasów zadziałania badanej czujki od kątów ustawienia czujki w przewodzie pomiarowym dla różnych prędkości przepływu dymu przy spalaniu bezpłomieniowym a/ i spalaniu płomieniowym b/ klocków dębowych

Dla spalania bezpłomieniowego możemy zaobserwować zależność wzrostu czasu zadziałania czujek pożarowych wraz ze wzrostem prędkości przepływu powietrza. Uzyskane wyniki potwierdzają, że lepsze właściwości detekcyjne przy bezpłomieniowym spalaniu drewna posiadają czujki optyczne dymu, a dowodem tego są uzyskane wyniki – nastąpiło zadziałanie czujek przy każdorazowym narażeniu czujki na działanie dymu. Najdłuższe czasy zadziałania uzyskano przy kącie narażenia 270°, a najkrótsze przy 90°. W przypadku spalania płomieniowego na rys.13 b. zauważamy kilka punktów pomiarowych, w których nie doszło do zadziałania czujki pożarowej. Po przekroczeniu 6 m/s zauważono brak zadziałania czujki bez względu na kąt nadmuchu mieszaniny powietrzno-dymowej. W tym przypadku badania dla spalania płomieniowego najgorsze ustawienie wystąpiło przy kącie narażenia 180°, gdzie powyżej 2 m/s czas zadziałania przekracza 180 s czasu pomiaru. Najgorzej należy ocenić prędkości 4 i 7 m/s – w tych przypadkach nie uzyskano zadziałania czujki optycznej dymu. Widać wyraźnie, że potrzebna jest większa ilość dymu w tunelu pomiarowym, co spowodowałoby większą gęstość optyczną dymu, a to skróciłoby czas zadziałania czujki. Niestety w takim przypadku pożar powinien być bardziej intensywny, co powoduje większe straty pożarowych.

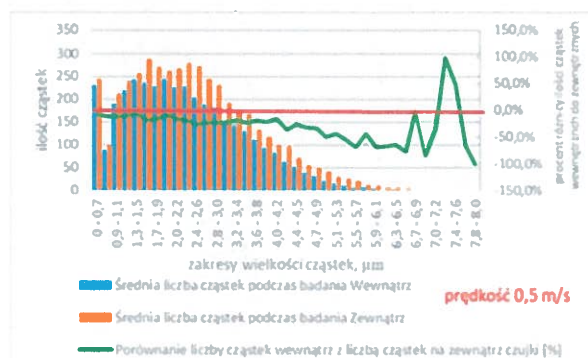
Wyznaczono kierunkowość czujki optycznej w funkcji prędkości przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej przy spalaniu płomieniowym i bezpłomieniowym.

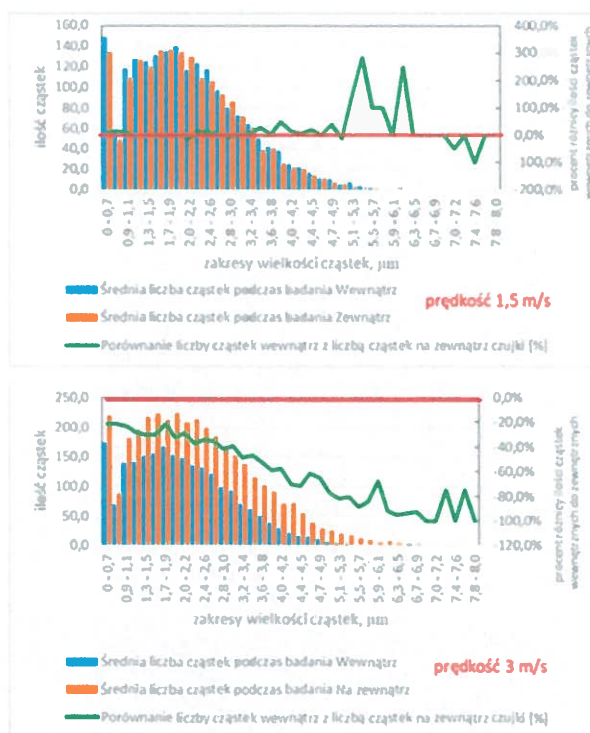
Jak można zaobserwować, w przypadku spalania bezpłomieniowego z definicji kierunkowości uzyskano wynik pozytywny, ale w przypadku niektórych prędkości dla spalania płomieniowego wynik był negatywny.



Rys.14. Porównanie współczynnika K dla różnych prędkości przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej dla różnych sposobów spalania ($K = t_{max}/t_{min}$ – współczynnik pomocniczy do oceny kierunkowości czujki przy określonej prędkości narażenia bez względu na kąt nawiewu mieszaniny powietrzno-dymowej, t_{max} , t_{min} - maksymalny i minimalny czas zadziałania czujek)

Badając kierunkowość czujek dokonano oceny wpływu prędkości mieszaniny powietrzno-dymowej na rozkład cząstek dymu wewnątrz komory czujki pożarowej dymu w stosunku do rozkładu na zewnątrz czujki. Badań takich jak do tej pory nie prowadzono z bezpośrednim pomiarem rozkładów cząstek wewnątrz i na zewnątrz czujki.



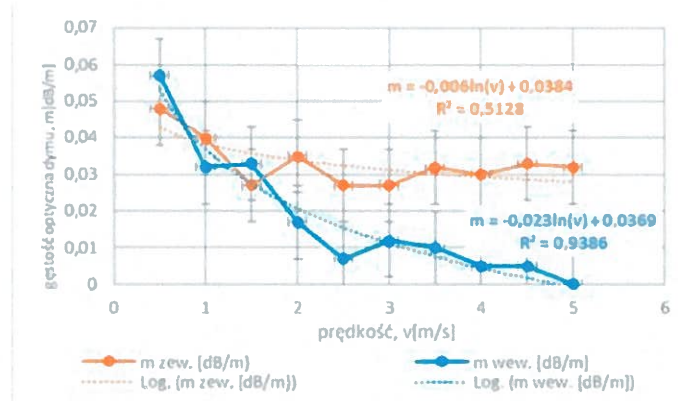


Rys.15. Porównanie wpływu prędkości mieszaniny powietrzno-dymowej na ilość cząstek wewnątrz i na zewnątrz czujki (prędkości opisane na rysunkach szczegółowych – 0,5, 1,5 i 3 m/s)

Dla porównania różnic w ilościach cząstek na rys.15 zestawiono wyniki pomiarów dla prędkości 0,5, 1,0 i 3,0 m/s z zaznaczeniem na tle rozkładów charakterystyki zmian procentowych ilości cząstek zmierzonych wewnątrz komory do ilości cząstek zmierzonych na zewnątrz. Wynik dodatni określa, że ilość cząstek wewnątrz jest większa o dany procent od ilości cząstek na zewnątrz czujki. Wynik ujemny ma znaczenie odwrotne – na zewnątrz jest więcej o dany procent od pomiaru wewnątrz czujki.

Na rys. zaznaczono granicę 0%, aby zauważyć, gdzie następuje zrównanie ilości cząstek. Dla prędkości 0,5 m/s różnica dochodzi do 30% w przypadku cząstek do 5 μm , potem nawet do 100% w zależności od średnicy cząstek. W przypadku prędkości 1,5 m/s dochodzi do zrównania ilości cząstek (dokładniejsze zrównanie przy prędkości pomiędzy 1,5 do 1,6 m/s), dla 3 m/s następuje zmiana w stosunku do poprzednich rozkładów = więcej jest cząstek na zewnątrz komory w stosunku do ilości wewnątrz od 20% do nawet 100% w zależności od zakresu wielkości cząstek.

Wyznaczono gęstość optyczną dymu przy pomiarze ilości cząstek wewnątrz i na zewnątrz komory czujki.

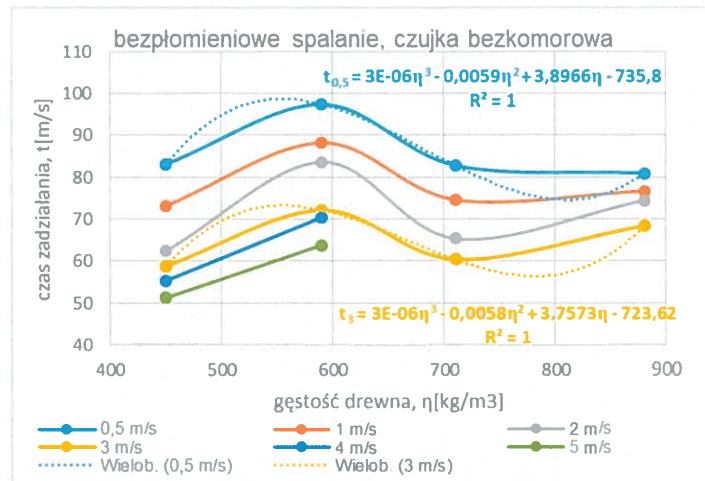


Rys.16. Porównanie gęstości optycznej dymu przy pomiarze ilości cząstek wewnątrz i na zewnątrz komory czujki

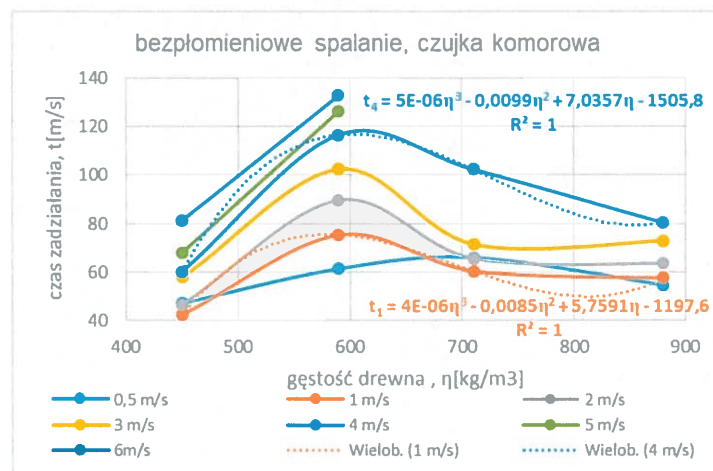
Na rys.16 przedstawiono gęstość optyczną dymu zmierzoną podczas pomiarów dla zobrazowania zmian przy dokonaniu pomiarów na zewnątrz i wewnątrz komory czujki. Zauważalna jest zwiększająca się różnica tego parametru wraz ze wzrostem prędkości przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej, co w efekcie ma wpływ na wykonywane pomiary. Przy oszacowanym poziomie niepewności dla $m = 0,01 \text{ dB/m}$, $v = 0,1 \text{ m/s}$ wyznaczone charakterystyki równania regresji w przypadku pomiarów wewnętrznych wykazały bardzo dobre dopasowanie, oceniając współczynnik determinacji $R^2 > 0,9$, ale w przypadku charakterystyki dla pomiarów zewnętrznych dopasowanie okazało się słabe przy R^2 w zakresie 0,5–0,6, choć charakterystyka mieści się w założonym przedziale niepewności pomiarowej.

Na zakończenie rozdziału dokonano szczegółowego podsumowania w monografii, ale ogólnie można stwierdzić, że przy małych prędkościach przepływu może okazać się, że komora czujki działa jak pułapka dla cząstek dymu, a przy większych prędkościach cząstki nie zdążą wejść do komory ze względu na zbyt dużą prędkość. Ten efekt wnikania dymu do komory może mieć wpływ w przypadku rozwiązań bezkomorowych na lepsze wykorzystanie wykrywanych cząstek dymu w przypadku detekcji z udziałem wentylacji. Dlatego podjęto się szczegółowego badania tych rozwiązań, czyli komorowych i bezkomorowych czujek dymu. Spalano płomieniowo i bezpłomieniowo różne materiały palne takie jak różne gatunki drewna, tworzywa sztuczne przy

różnych prędkościach przepływu. Biorąc pod uwagę gęstość drewna, czy pianki poliuretanowej. Daje to projektantom systemów zabezpieczeń informacje wpływ takiego parametru na czas zadziałania czujek, czyli włączenia systemów zabezpieczeń.



Rys. 17. Czas zadziałania optycznej czujki dymu bezkomorowej w zależności od gęstości pianki dla różnych prędkości przepływu powietrza i spalania płomieniowego



Rys. 18. Czas zadziałania optycznej czujki dymu komorowej w zależności od gęstości pianki dla różnych prędkości przepływu powietrza i spalania płomieniowego

Dla porównania wpływu gęstości drewna na czas zadziałania na rys.17 i rys.18 przedstawiono wyniki pomiaru czasu zadziałania dla różnych prędkości przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej. W przypadkach obu rodzajów czujek kształt charakterystyki czasu ich zadziałania w

funkcji gęstości drewna ma podobny charakter zmian. Najpierw następuje wzrost wartości, a następnie zmniejszenie wartości czasu zadziałania wraz ze wzrostem gęstości drewna. Prędkość przepływu ma wpływ na czas zadziałania dla bezkomorowego rozwiązania – im mniejsza szybkość mieszaniny powietrzno-dymowej, tym dłuższy czas zadziałania, dla rozwiązania komorowego czym wyższa prędkość tym dłuższy czas zadziałania.

Dla charakterystyk pełnych, czyli takich, które posiadają czas zadziałania przy wszystkich gęstościach drewna, wyznaczono równania regresji i współczynniki determinacji świadczące o bardzo dobrym dopasowaniu krzywych ($R^2=1$).

W dalszej części rozdziału dokonano podobnych badań z czujkami optycznymi różniącymi się tylko długością fali promieniowania zastosowanego w czujce do wykrywania cząstek dymu (podczerwień i ultrafiolet). Spalaniu podlegały próbki drewna różnego rodzaju, wyniki porównywano do wyników uzyskiwanych przy badaniu czujek jonizacyjnych.

Biorąc pod uwagę badania czujek komorowych i bezkomorowych można stwierdzić, że:

- czas zadziałania czujek optycznych zależy od wielu czynników, ale podstawowym jest sposób spalania materiału palnego,
- w przypadku spalania płomieniowego materiałów lepsze właściwości wykazują czujki jonizacyjne, w przypadku spalania bezpłomieniowego czujki optyczne rozproszeniowe,
- w przypadku spalania bezpłomieniowego dla drewna miękkiego (mała gęstość, np. sosna) lepiej wykrywają pożar czujki optyczne DOR na podczerwień, w przypadku drewna o dużej gęstości (buk, dąb, azjatyckie kempas) lepiej wykrywa czujka na ultrafiolet DUR,
- gęstość drewna ma wpływ na stabilność pracy czujek (definiowanej jako płynne wejście czujek w stan zadziałania w funkcji zmian prędkości przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej; powodem może być rozkład wielkości, kształt cząstek dymu),
- dla drewna o dużej gęstości najlepsze właściwości przy spalaniu bezpłomieniowym wykazała czujka optyczna na ultrafiolet, przy spalaniu płomieniowym czujka jonizacyjna,
- w przypadku czujek komorowych czas zadziałania rośnie wraz ze wzrostem prędkości przepływu powietrza, dla czujek bezkomorowych zależność jest odwrotna – wraz ze wzrostem prędkości maleje czas zadziałania,
- podczas badania czujki komorowej otrzymano dłuższe czasy zadziałania dla drewna o większej gęstości, a mniejsze dla drewna o mniejszej gęstości,

- w przypadku użycia czujki bezkomorowej otrzymano dłuższe czasy dla drewna o dużej gęstości, a krótsze dla drewna o mniejszej gęstości, podobnie jak dla czujki komorowej,
- dla małych prędkości przepływu komora czujki działa jak pułapka dla cząstek dymu, a przy większych prędkościach cząstki przemieszczają się obok wejść do komory, w tym przypadku dla małych prędkości czujka bezkomorowa ma dłuższy czas zadziałania od czujki komorowej, ale wraz ze wzrostem prędkości zmniejsza się czas dla czujki bezkomorowej, osiągając lepsze właściwości od czujki komorowej. Dla dużych prędkości lepsze są czujki bezkomorowe, a dla małych lepsza jest czujka komorowa.

W rozdziale monografii zbadano różne czujki wielodetektorowe w porównaniu do czujek optycznych rozproszeniowych, jonizacyjnych w celu określenia najbardziej przydatnej czujki, a konkretnie najbardziej uniwersalnej czujki do wykrywania pożaru płomieniowego. Działania takie podjęto z uwagi na poszukiwania zamienników czujek jonizacyjnych ze względu na wykorzystane do budowy promieniowania jonizującego, gdzie źródłem jest ameryk 241.

Badano czujki z detektorami CO, ciepła i płomienia. W monografii zamieszczono szczegółowe zestawienia charakterystyk tych elementów przy różnym spalaniu, różnych materiałach spalanych w trakcie badań. Porównywano wpływ umiejscowienia pożaru na czas zadziałania systemów zabezpieczeń.

Na uwagę zasługują badania wykonane w trakcie spalania materiałów poliestrowych z domieszkami zmniejszającymi palność (antypireny). Nie wykonywano do tej por takich badań wyznaczając czasy zadziałania czujek pożarowych przy spalaniu modyfikowanych polimerów. Jest to dość istotna wiedza zwłaszcza w przypadku zabezpieczania magazynów z takim materiałami.

Spalano materiały polimerowe w układzie pomiarowym jak na rys. 19.



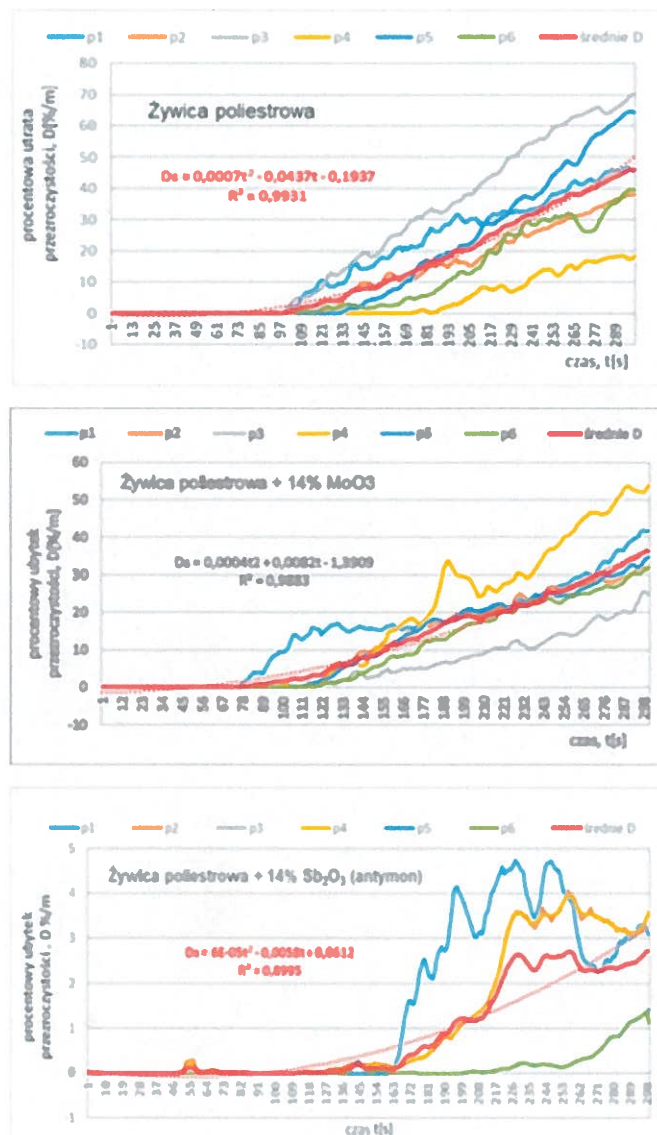
Rys.19. Schemat układu pomiarowego zastosowanego podczas badania spalania tworzyw sztucznych polimerowych wraz ze źródłem testowym (układ połączeń płyt, sposób ustawienia na tacy i wygląd spalania)

Do badań wykorzystano tworzywo polimerowe posiadające wiązania estrowe w swoich łańcuchach głównych w postaci żywicy poliestrowej typu Polimal 1033 APy w odmianach :

- żywica poliestrowa niemodyfikowana,
- żywica poliestrowa modyfikowana 14% wag. MoO₃ (tritylenek molibdenu),
- żywica poliestrowa modyfikowana 14% wag. Sb₂O₃ (tritylenek antymonu).

W monografii zamieszczono szczegółowe wyniki pomiarów wykonane podczas 6 prób spalania płomieniowego materiałów.

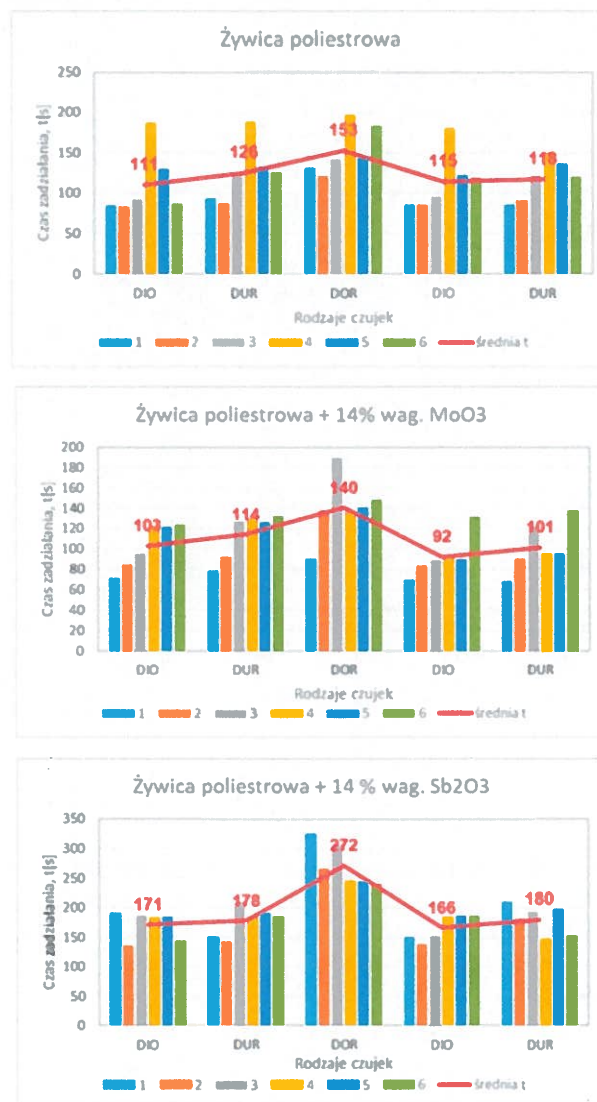
Na rys. 20 przedstawiono wyniki procentowego ubytku przezroczystości w funkcji czasu dla różnych materiałów badanych (p od 1 do 6 oznaczają kolejne próby, dla możliwości porównania wyników badań).



Rys. 20. Zestawienie wyników pomiarów dla różnych żywic w układzie przedstawiającym charakterystyki pięciu pomiarów dla każdej żywicy oddzielnie z wyznaczeniem charakterystyki średniej (zaznaczono rodzaj żywicy na rysunkach szczegółowych oraz średnią wartość D linią przerywaną koloru czerwonego)

Domieszka antymonu powoduje, że średni współczynnik D zmniejsza się w stosunku do żywicy bez domieszek po czasie 195 s. Do tego czasu współczynniki są tej samej wartości. Dodatek antymonu powoduje kilkukrotne obniżenie współczynnika D w stosunku do żywicy bez dodatków.

Po przyjęciu ubytku przezroczystości na poziomie 3%/m, czujka optyczna o takiej czułości weszłaby teoretycznie w stan zadziałania przy żywicy bez domieszek po 119 s, z antymonem po 118 s, a w przypadku dodatku z molibdenu czujka nie osiąga 3%/m, gdyż w tym przypadku maksymalna wartość $D = 2,7\%/m$ w 254 s. Dla detekcji dymu w pożarze tworzyw sztucznych jest to zależność odwrotna – im więcej dymu, tym szybsze zadziałanie czujek. Dla otrzymanych charakterystyk określono równania regresji oraz sprawdzono dopasowanie, określając wsp. R^2 , który jest na poziomie bardzo dobrego dopasowania.



Rys. 21. Zestawienie czasów zadziałania czujek dla poszczególnych prób z podziałem na spalany rodzaj żywicy poliestrowej (zaznaczono na rysunkach szczegółowych rodzaj żywicy)

Na rys. 21. wykonano ostatnie zestawienie z obliczeniem średnich wartości czasów zadziałania dla poszczególnych czujek pożarowych. Można ocenić czasy zadziałania w zależności od domieszki dodanej do żywicy poliestrowej. Takich badań nie wykonywano do tej pory, co pozwala na szczegółowe określenie przydatności czujek, ale także określenie średnich czasów zadziałania systemów zabezpieczeń. Wyniki otrzymane w trakcie spalania żywicy bez domieszki znajdują się w większości przypadków poniżej średniej wartości czasu zadziałania czujek wyznaczonej z wszystkich prób dla danej żywicy. Wyraźnie tylko pomiar 4 co do wartości przewyższa wartość średnią. W przypadku innych żywic zmiany czasów zadziałania sięgają nawet 30%. W przypadku dodatku tritlenku molibdenu otrzymujemy krótsze czasy detekcji, co może świadczyć o większej gęstości dymu otrzymywanego podczas spalania płomieniowego w stosunku do tritlenku antymonu. Jest to oczywiście zależność odwrotna od dymotwórczości materiałów palnych.

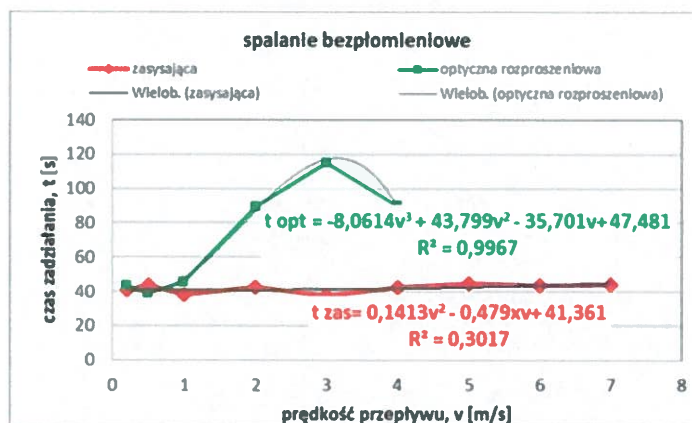
Z punktu widzenia detekcji pożaru dodatki generalnie mają wpływ na właściwości palne i dymotwórczość, co jest właściwością poszukiwaną przez badaczy procesów spalania, ale z punktu wykrywania pożaru okazało się, że – porównując czasy palenia żywicy bez dodatków do żywicy z antymonem – właściwości detekcyjne pogorszyły się w stosunku do czasów uzyskiwanych przy spalaniu płomieniowym żywicy bez dodatków.

Najlepszą czujką okazała się czujka jonizacyjna, a następnie czujka rozproszeniowa na ultrafiolet. Należy pamiętać, że czujki na ultrafiolet wymagają pomieszczeń o dużej czystości. W końcowej części rozdziału porównano czułość czujek zasysających do czujek punktowych w celu zbadania najlepszego rozwiązania czujki pożarowej dymu do wykrywania dymu w dużych przepływach powietrza. Zbadano rozkłady maksymalnej gęstości dymu przy spalaniu płomieniowym i rozkładzie termicznym różnych materiałów zamieszczając w monografii charakterystyki gęstości optycznej dymu w funkcji prędkości wykrywane przez różne czujki optyczne dymu przy spalaniu drewna i tworzyw sztucznych. Porównano czasy zadziałania czujek optycznych przy spalaniu bezpłomieniowym i czujek jonizacyjnych przy spalaniu płomieniowym do czasu zadziałania czujek zasysających.

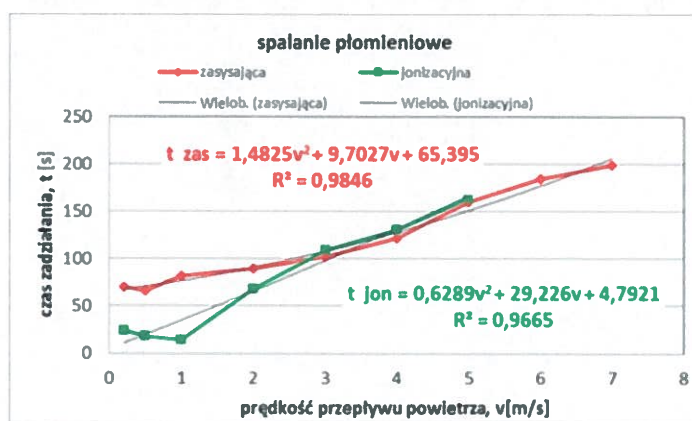
. Na wykresach (rys. 22 i 23) przedstawiono zależność czasu zadziałania czujek zasysających i punktowych czujek dymu w funkcji prędkości przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej.

Zestawiono czasy zadziałania czujki zasysającej dla spalania płomieniowego z czujką jonizacyjną, a dla spalania bezpłomieniowego z czujką optyczną rozproszeniową.

Na rys.22 w przedziale prędkości przepływu powietrza od 0,2 m/s do 1 m/s czujka optyczna rozproszeniowa uzyskała podobny czas zadziałania. Przy prędkościach przepływu powietrza



Rys. 22. Rozkład czasu zadziałania czujek zasysającej i optycznej rozproszeniowej w funkcji prędkości przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej – spalanie bezpłomieniowe



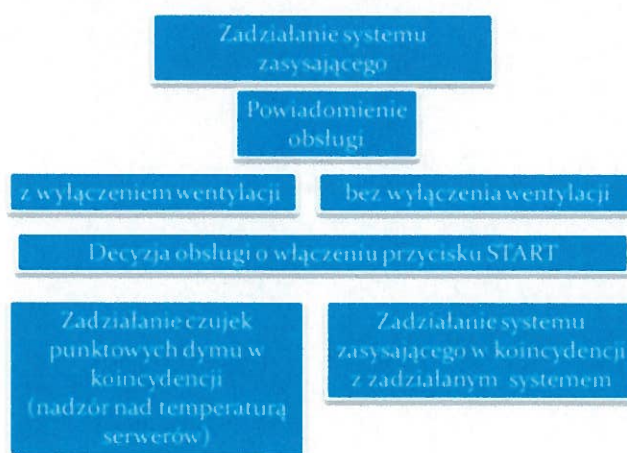
Rys. 23. Rozkład czasu zadziałania czujek zasysającej i jonizacyjnej dymu w funkcji prędkości przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej – spalanie płomieniowe

większych niż 4 m/s stwierdzono brak detekcji pożaru testowego przez czujkę optyczną rozproszeniową, natomiast czas zadziałania czujki zasysającej dymu wzrastał z prędkością przepływu powietrza w sposób zbliżony do liniowego. Czujka ta wykazała bardzo małą zależność czasu zadziałania od prędkości przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej. Czujka optyczna była nieprzydatna powyżej 4 m/s.

W przypadku spalania płomieniowego należy pamiętać, że czujki z zastosowaniem detekcji polegającej na rozpraszaniu promieniowania gorzej wykrywają pożary płomieniowe, dlatego pomiarów dokonano z czujką jonizacyjną dymu.

Na wykresie (rys. 23) porównano czujkę zasysającą z jonizacyjną czujką dymu. Tu w przedziale prędkości przepływu powietrza do 3 m/s lepszą czujką okazała się czujka jonizacyjna, zaś powyżej tej prędkości – czujka zasysająca. Czujka jonizacyjna jest nie przydatna powyżej 5 m/s, gdzie czujka zasysająca jeszcze wykrywa pożar. Porównując spalanie płomieniowe do bezpłomieniowego, zauważyć można, że w przypadku czujki optycznej czy jonizacyjnej jest prędkość maksymalna dla tych rozwiązań, a w przypadku rozwiązania czujki zasysającej takich ograniczeń nie ma w zakresie badanych prędkości. W przypadku spalania bezpłomieniowego czujka zasysająca nie wykazywała zmian czasu zadziałania w funkcji prędkości przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej. Ten efekt jest zjawiskiem bardzo przydatnym przy wykrywaniu pożarów bezpłomieniowych (zastosowania przy detekcji pożaru w serwerowniach).

W podsumowaniu do badań czujek zasysających podano szczegółowe wnioski, które mają wpływ na proces projektowania pomieszczeń wyposażonych w wentylację, czy wręcz klimatyzację wykorzystującą duże przepływy powietrza powyżej 5 wym./godz.. Metodologia opracowana przez autora monografii jest już stosowana w zabezpieczeniach serwerowni wykorzystano tu algorytm doboru czujek pożarowych, jak i wymagania dla central sterowania nie opisywanych w monografii. Na rys. 24 przedstawiono algorytm doboru czujek pożarowych dla detekcji i uruchamiania stałych urządzeń gaśniczych gazowych w pomieszczeniach np. serwerowni.



Rys.24. Przykład algorytmu działania układu sterowania z zastosowaniem systemu zasysającego

Dla uruchomienia urządzeń gaśniczych gazowych istnieje potrzeba zadziałania co najmniej dwóch elementów detekcyjnych, aby mieć pewność o konieczności uruchomienia urządzenia gaśniczego w określonym pomieszczeniu (koincydencja liniowa, strefowa). Koniecznym rozwiązaniem detekcji pożaru w pomieszczeniach serwerowni staje się układ: czujki punktowe dymu i system zasysający lub układ samych czujek zasysających.

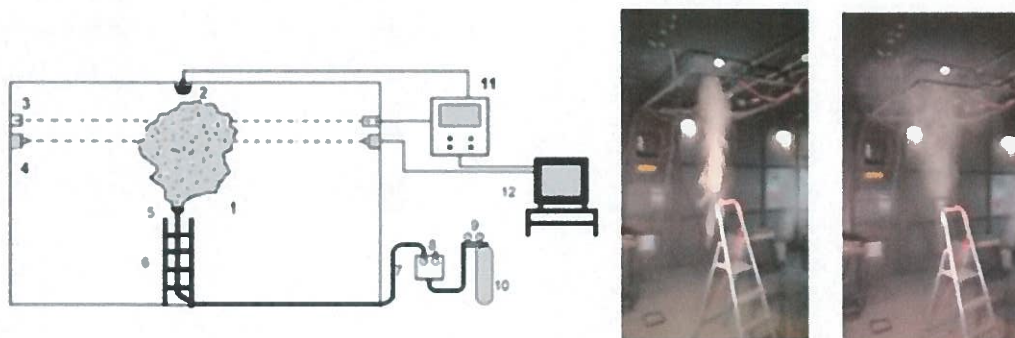
W przypadku czujek punktowych dymu i systemu zasysającego następuje wykrycie pożaru przez system zasysający, co powoduje załączenie alarmu I stopnia, wezwanie ochrony i sprawdzenie pomieszczenia. Tu mogą być dwa przypadki: z i bez wyłączenia wentylacji. Bez wyłączenia decyzja o załączeniu urządzenia gaśniczego spoczywa na obsłudze. Gdy po wykryciu zostaje wyłączona wentylacja, to układ detekcji z systemem zasysającym w koincydencji oczekuje na zadziałanie czujek punktowych dymu. W momencie dotarcia dymu do czujek punktowych następuje uruchomienie procesu gaszenia wraz z alarmowaniem. W momencie dotarcia ochrony przed zadziałaniem systemu osoba dokonująca przeglądu pomieszczenia decyduje o załączeniu urządzenia gaśniczego przez wciśnięcie przycisku start. W trakcie wyłączenia wentylacji należy nie zapominać o konieczności nadzorowania temperatury urządzeń czy samego pomieszczenia. W takim przypadku trzeba dobrać system sterowania gaszeniem, który ma temperatury, a po jej przekroczeniu ponownego załączenia wentylacji w celu schłodzenia urządzeń. Nowoczesne systemy sterowania gaszeniem posiadają dzisiaj takie możliwości np. poprzez pomiar temperatury przy użyciu czujników PT 100. W sytuacji braku obsługi w takim przypadku należy podjąć decyzję o automatycznym załączeniu urządzenia gaśniczego.

W przypadku braku możliwości wyłączenia wentylacji najbardziej przydatnym byłby układ system zasysający – system zasysający. Rozwiązanie z detekcją dwóch systemów zasysających na suficie przez systemy zasysające jest dość trudne z uwagi na dużą czułość takiego rozwiązania (problemy z doбором czułości: kurz, samo przegrzanie komputerów może być czynnikiem uruchamiającym urządzenie gaśnicze). Lepszym rozwiązaniem jest stosowanie układu o różnych czułościach systemów zasysających. Autor monografii proponuje, aby jeden układ detekcyjny dobierać w klasie A wg EN 54-20, a drugi w klasie C (zbliżona do działania czujek punktowych dymu).

4.2.6. Wpływ zmiany środowiska w obiekcie budowlanym na pracę elementów detekcyjnych systemów sygnalizacji pożarowej

W obiektach budowlanych prowadzone są różnego rodzaju procesy technologiczne mające na celu wytwarzanie, przetwarzanie, magazynowanie różnych materiałów. W trakcie takich czynności, należy przygotować obiekt budowlany do użytkowania dbając o jego poziom bezpieczeństwa także pożarowego. Uruchomienie systemów zabezpieczeń może nastąpić pod wpływem tzw. alarmów zwodniczych, które doprowadzają do nieuzasadnionego uruchomienia urządzeń. Podjęto się w tym rozdziale monografii znalezienia najlepszego rozwiązania elementu detekcyjnego, które ma być odporne na wpływ pojawiającego się pyłu w pomieszczeniu. Pył, para wodna, różnego rodzaju aerozole traktowane są jako cząstki dymu.

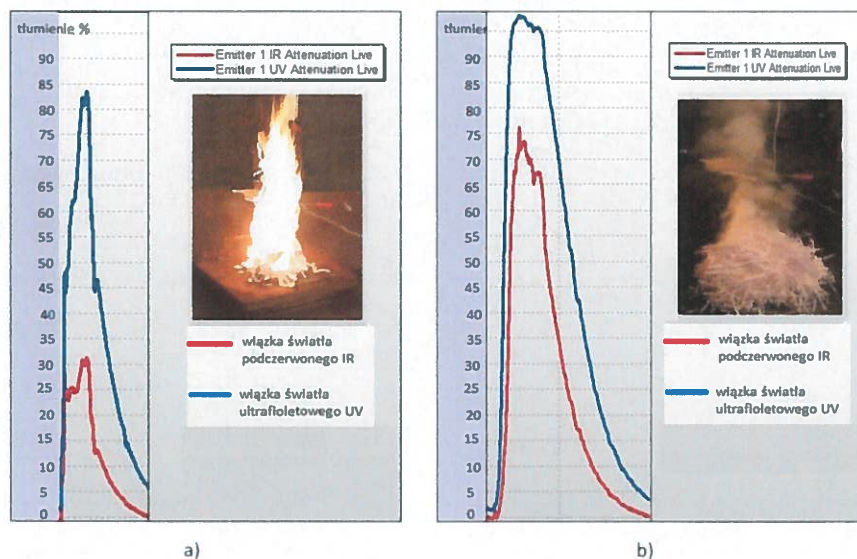
Opracowano stanowisko pomiarowe umieszczone w komorze badawczej o wymiarach zbliżonych do pomieszczenia w dużej skali 5mx5mx2,8m, jak to przedstawiono na rys, 25.



Rys. 25. Schemat stanowiska badawczego do badania wpływu pyłów: 1– obłok pyłowy, 2– czujka dymu i ciepła, 3– czujka liniowa dymu (podczerwień), 4– czujka liniowa dymu (podczerwień i ultrafiolet) OSID, 5– pojemnik wyrzutowy na pył, 6– drabinka, 7– przewód wysokociśnieniowy, 8– sterownik, 9– reduktor, 10– butla stalowa, 11– centrala sygnalizacji pożarowej, 12– komputer z oprogramowaniem specjalistycznym. Widok rozpylanego pyłu po 2 s i 5 s od chwili wydmuchu przez sprężone powietrze pod ciśnieniem 1,5 bar.

Elementami badanymi była czujka wielodetektorowa dymu i ciepła (DUT) umieszczona na suficie nad źródłem pyłu, liniowa czujka dymu na podczerwień (DOP) wraz z reflektorem zamocowane na przeciwległych ścianach oraz liniowa czujka dymu na podczerwień i ultrafiolet (OSID), gdzie nadajnik oraz odbiornik umieszczono na przeciwległych ścianach komory badawczej. Badania rozpoczęto od działania pyłu celulozowego na czujki. Dla porównania wpływu dymu na czujki, a zwłaszcza czujkę liniową OSID dokonano pomiaru sygnałów pochłaniania promieniowania podczerwonego i ultrafioletowego. Czujka wchodzi w stan zadziałania przy założonej różnicy pomiędzy tłumieniem sygnałów w zakresie podczerwieni a ultrafioletu.

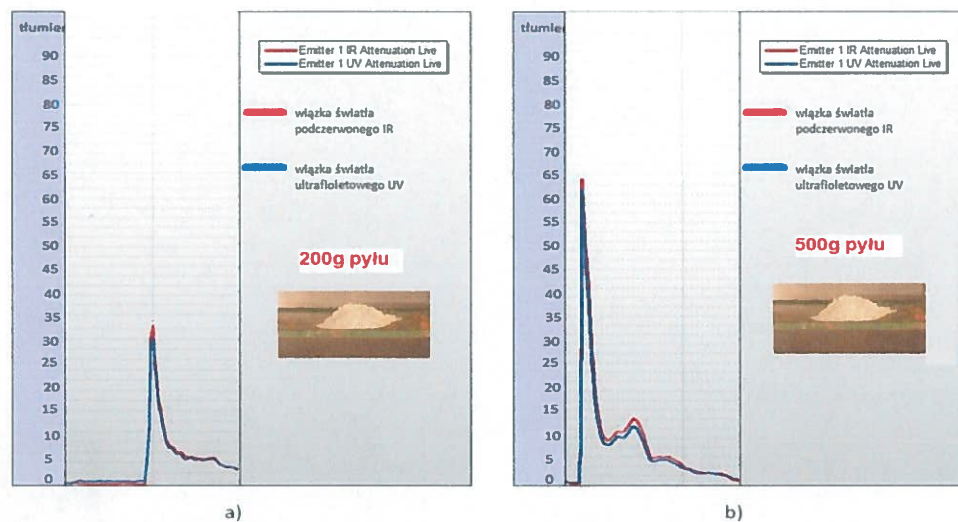
Na rys. 26 pokazano sygnały pochłaniania promieniowania.



Rys. 26. Wykresy zmian tłumienia dla czujki dwupasmowej a) płomieniowo, b) bezpłomieniowo

Przy spalaniu płomieniowym, w którym powstają małe cząstki dymu, poziom tłumienia fal krótszych – UV jest znacznie większy niż fal dłuższych – IR (rys. 26 a). Wynikiem jest szybki wzrost niebieskiej linii do wartości ok. 85%, gdzie tłumienie dla czerwonej linii wynosi w tym czasie ok. 30%. Przy spalaniu bezpłomieniowym obydwa pasma promieniowania były intensywnie tłumione (rys. 26 b), przy czym ponownie pasmo UV do wartości bliskiej 100%, natomiast IR do ok. 75%. Analizując przebieg zmian tłumienia promieniowania, można stwierdzić, że układ detekcyjny czujki bezzwłocznie reaguje na dym, natomiast opóźnienie w sygnalizowaniu pożaru wynika z procesu decyzyjnego przebiegającego w czujce, mającego ocenić, czy dane zjawisko

należy uznać za pożar, stąd proste układy jednopasmowe w takich sytuacjach będą w sposób naturalny szybsze. Podstawą do wejścia dwupasmowej czujki w stan alarmu jest osiągnięcie określonej różnicy pomiędzy tłumieniem w podczerwieni i ultrafiolecie.

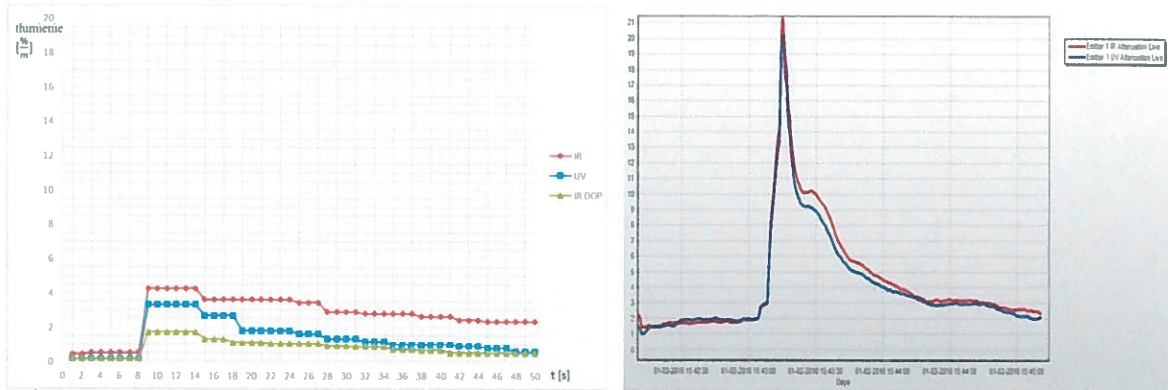


Rys. 27. Rozkład tłumienia promieniowania w czujce dwupasmowej dla różnych ilości pyłu celulozowego a) 200g, b) 500g

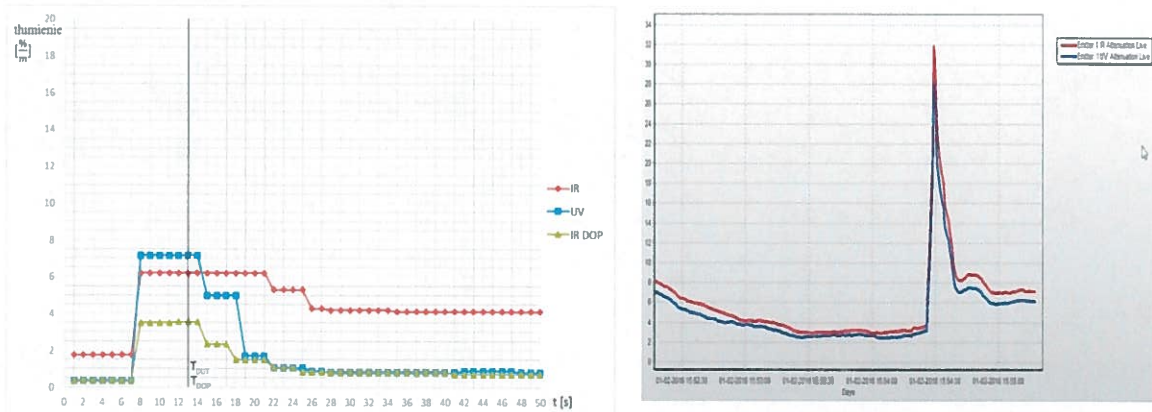
Na rysunku 27 przedstawiono rozkład tłumienia promieniowania w czujce dwupasmowej dla różnych ilości pyłu celulozowego 200g i 500g. W pierwszym przypadku uzyskano maksymalne pochłanianie na poziomie 35%, a w drugim 65%. Jest to zależność wynikająca z ogólnych zasad pochłaniania – czym więcej pyłu, tym większe pochłanianie promieniowania. Najważniejszą rzeczą jednak jest identyczne pochłanianie promieniowania co do charakteru zmian, jak i wartości dla obu długości fali – IR i UV. Taki efekt jest bardzo pozytywnym zjawiskiem mówiącym o tym, że jeżeli różnica pochłaniania w jednostce czasu jest identyczna dla wszystkich długości fali, to w ten sposób można zabezpieczyć czujki dymu przed wpływem pyłu na detekcję pożaru. W takim przypadku należało zbadać wpływ wielkości cząstek pyłu i rodzaju materiału, z którego wykonany jest pył na tłumienie promieniowania.

W dalszej części monografii dokonano pomiaru wpływu pyłów z drewna sosnowego, dębowego i bukowego o różnej granulacji 100, 200 i 500 um. Porównano dwa rozwiązania mierząc tłumienie promieniowania dla czujek OSID (pochłanianie w podczerwieni i ultrafiolecie) i DUT (rozpraszanie promieniowania w podczerwieni i ultrafiolecie).

Na rys.28. przedstawiono wyniki pomiarów dla 100 i 500um.



a) wykresy tłumienia dla pyłu sosnowego o średnicy 500 μm



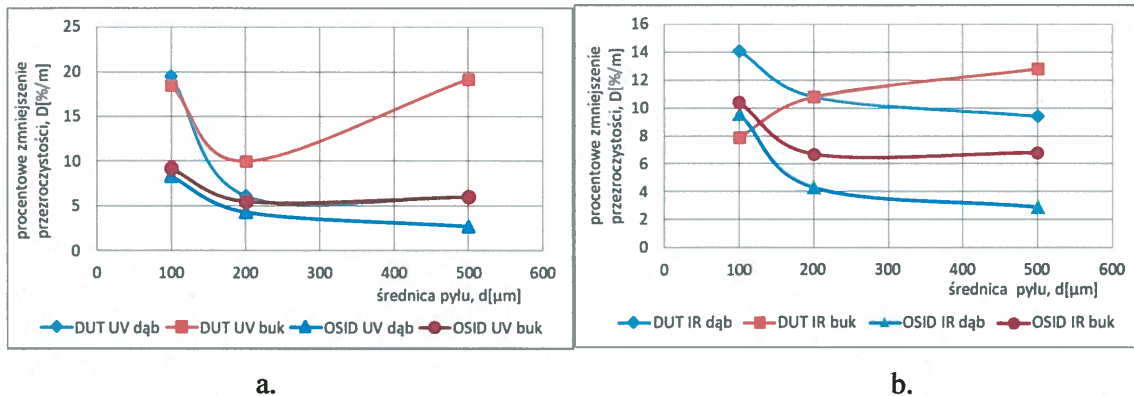
b) wykresy tłumienia dla pyłu sosnowego o średnicy 100 μm

Rys. 28. Wykresy tłumienia promieniowania wraz z wydrukiem tłumienia z programu do analizy działania czujki OSID

Oceniając działanie czujek żadna czujka nie weszła w stan zadziałania dla dużych cząstek 500um, w przypadku najmniejszej wielkości 100um weszły w stan zadziałania wszystkie czujki oprócz czujki linowej OSID. Tak sam scenariusz został powtórzony przy narażeniu pyłem dębowym.

Porównując wpływ różnych pyłów na działanie czujek można zaobserwować, jak zachowuje się parametr gęstości optycznej dymu czy procentowe zmniejszenie widzialności na drodze 1 m dla czujek OSID i DUT, czujek gdzie wykorzystano dwa rodzaje zjawisk w pierwszej pochłanianie

promieniowania emitowanego w układzie czujki i rozpraszania w zakresie podczerwieni i ultrafioletu.

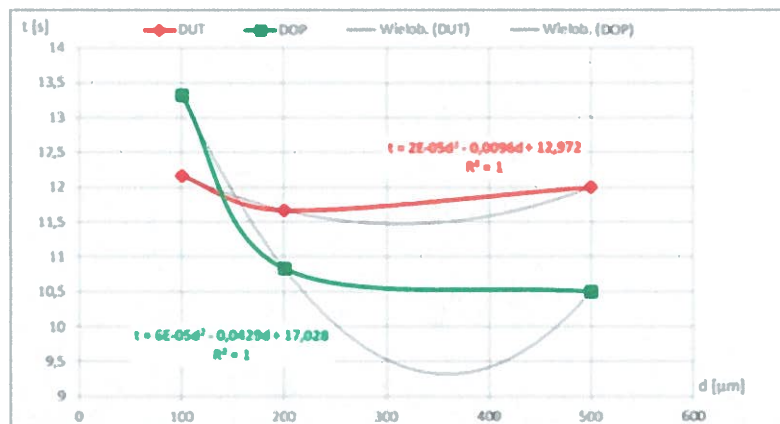


Rys. 29. Charakterystyki maksymalnych wartości procentowego zmniejszenia przezroczystości D z detektorów czujek OSID i DUT w zależności od rodzaju drewna i długości fali promieniowania, a. przy promieniowaniu UV, b. przy promieniowaniu IR

Są to współczynniki D, przy których czujki te weszły w stan zadziałania na skutek pojawienia się pyłu z odpowiedniego drewna. Większe tłumienie przez pył osiągnięte jest w przypadku promieniowania z zakresu UV w porównaniu z promieniowaniem IR. Dla lepszej możliwości analizy charakterystyki na obu zestawieniach wykresów oznaczono tymi samymi kolorami gatunek użytego w badaniach drewna Dąb został oznakowany na różne odcienie koloru niebieskiego, a buk – odcienie koloru brązowego. Porównując rozkłady parametru D dla OSID, możemy zobaczyć podobieństwo w kształcie rozkładów – przy małych średnicach otrzymujemy małe różnice współczynnika D pomiędzy dębem a bukiem, rzędu 1–2%/m, a przy największej średnicy uzyskano różnicę wynoszącą 3–4%/m. W przypadku czujki DUT podobnie jest dla małych cząstek, bowiem przy promieniowaniu z zakresu UV różnica pomiędzy D dla dębu i buku jest niewielka, przy dużych cząstkach sięga 14%/m, dla promieniowania IR przy 100 μm różnica D wynosi 8%/m, a przy 500 μm wynosi 3 %/m.

Generalnie należy stwierdzić, że w obu przypadkach długości promieniowania większe współczynniki D osiągnięte były dla czujki DUT w stosunku do czujki OSID. Będzie to miało wpływ na czas zadziałania czujki DUT.

Dokonano (rys.30) wyznaczenia czasu zadziałania czujek w funkcji wielkości cząstek pyłu bez rozgraniczenia gatunku drewna.

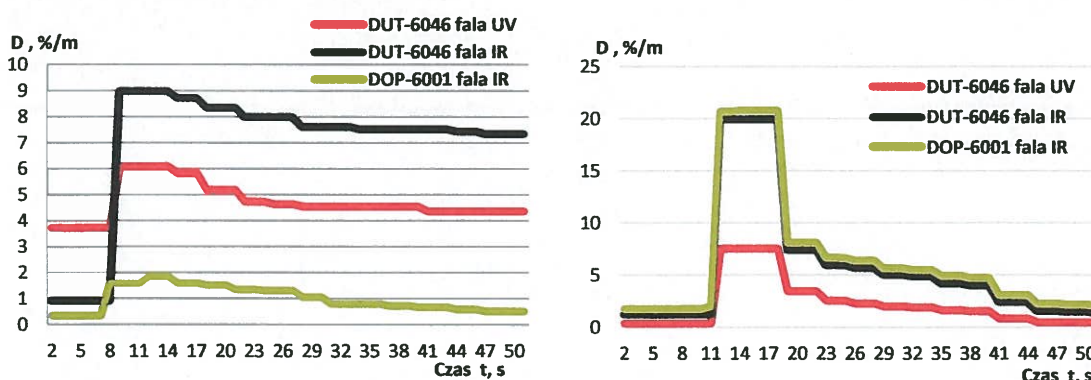


Rys. 30. Wykresy zależności czasu zadziałania czujek w funkcji wielkości cząstek pyłu drzewnego

Czasy różnią się od siebie nieznacznie, bo o 2–3 sekundy, a wraz ze wzrostem średnicy cząstek pyłu maleje czas zadziałania czujek. Jak stwierdzono wcześniej, dłuższe czasy zadziałania uzyskano w przypadku czujki DUT wykorzystującej zjawisko rozpraszania promieniowania IR i UV. Krótszy czas uzyskano dla czujki liniowej DOP, gdzie detekcja odbywa się poza obudową czujki, nie wymaga ona wnikania dymu do wnętrza komory detekcyjnej, jak to mamy w przypadku czujki DUT, co może mieć wpływ na czas wykrycia.

Takie same badania dokonano na pyłe z tworzyw sztucznych. Jako badane tworzywo sztuczne wybrano sproszkowany polimetakrylan metylu PMMA (szkło organiczne) o gradacji 1000 µm, 500 µm i 200 µm.

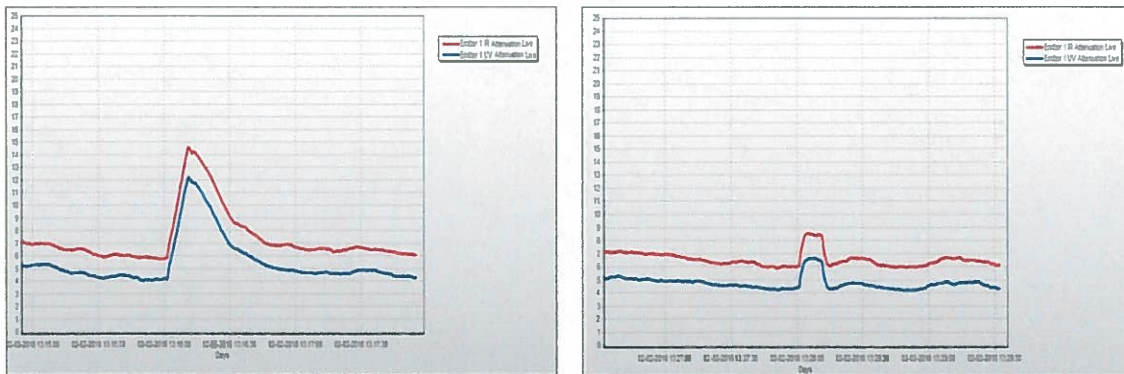
Wyznaczono absorpcję promieniowania IR i UV (rys.31) w czujkach w celu wyznaczenia czasu zadziałania od wielkości cząstek.



Rys. 31. Absorpcja promieniowania IR i UV zarejestrowana przez czujki DOP i DUT podczas badania pyłu z PMMA 200 µm i 1000 µm (ilość 3 g)

Dla 200 μm maksymalne pochłanianie wyniosło ok. 9%/m dla czujki DUT i 1,8%/m dla czujki DOP, a dla 1000 μm wyniosło odpowiednio 20 i 21%/m. W przypadku promieniowania z zakresu ultrafioletu dla pyłu o średnicy 200 μm pochłanianie promieniowania wyniosło 6,1%/m, a dla pyłu o średnicy 1000 μm ok. 7,5%/m. Czujka punktowa DUT weszła w stan alarmu pożarowego dla każdej wielkości cząstek. Czujka DOP nie weszła w ten stan przy 1000 μm bez względu na ilość pyłu, dla 500 μm zadziaływanie czujki zależało od ilości pyłu, a dla 200 μm czujka zadziaływała bez względu na ilość pyłu w powietrzu.

Czujka OSID jak poprzednio poradziła sobie z pyłem z tworzywa sztucznego, nie doszło do zadziaływania na skutek działania pyłu. Charakterystyki są podobne do poprzednich (rys.32).



Rys. 32. Absorpcja promieniowania IR i UV zarejestrowana przez czujkę OSID podczas badania pyłu z PMMA 200 μm i 1000 μm (ilość 3 g)

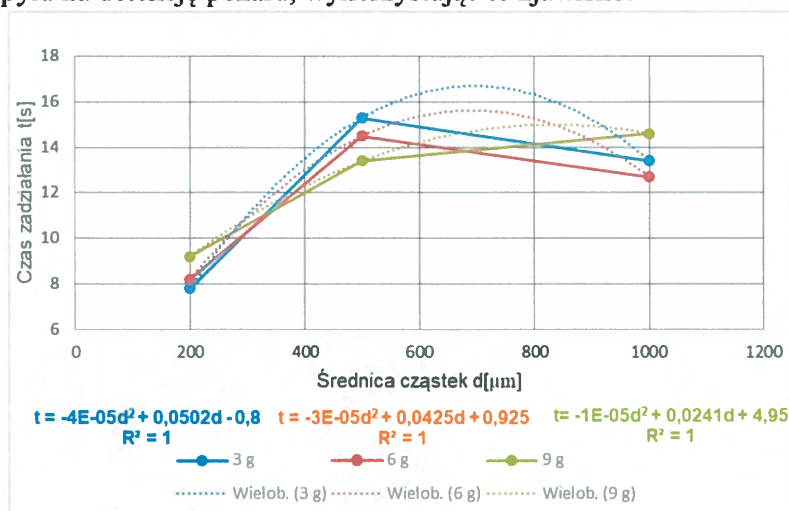
Wyznaczono jak poprzednio wpływ wielkości cząstek na czas zadziaływania dla czujki DUT (rozpraszanie podczerwień i ultrafiolet). Wyniki przedstawiono na rys.33.

Czas zadziaływania czujki DUT oscyluje bez względu na ilość pyłu pomiędzy 8 a 15 s podobnie jak to miało miejsce w przypadku pyłu drzewnego.

W monografii wyznaczono wpływ aerozoli i pary wodnej, gdzie uzyskano podobne wyniki do pyłu drzewnego i z tworzyw sztucznych.

Podsumowując badania uzyskane przy wyznaczaniu wpływu pyłów, aerozoli czy pary wodnej, że przy zjawisku pochłaniania promieniowania z zakresu podczerwieni i ultrafioletu jest ich identyczne pochłanianie (co do charakteru zmian tłumienia, jak i wartości) dla obu długości fali – IR i UV. Taki efekt jest bardzo pozytywnym zjawiskiem mówiącym o tym, że jeżeli rozkład pochłaniania w jednostce czasu jest identyczny dla wszystkich długości fali, to różnica

wskaźników tłumienia promieniowania dąży do zera, a to powoduje, że można czujki zabezpieczyć przed wpływem pyłu na detekcję pożaru, wykorzystując to zjawisko.



Rys. 33. Wpływ wielkości i ilości cząstek pyłu na czas zadziałania czujki dymu DUT

Okazało się, że przy dużej wielkości cząstek czujki nie weszły w stan zadziałania, a przy średnich i małych cząstkach weszły w stan zadziałania tylko czujka liniowa na podczerwień DOP i wielodetektorowa czujka dymu i ciepła DUT. Wraz ze zmniejszeniem się wielkości cząstek pyłu zwiększa się czas zadziałania czujek, jest to zjawisko tzw. pełniejszego wypełnienia przestrzeni pomiarowej czujek, co powoduje zwiększenie współczynnika pochłaniania promieniowania zarówno w paśmie IR, jak i UV. Dla czujek liniowych dymu pracujących jako czujki na tzw. światło pochłonięte tym większe tłumienie, im mniejsza cząstka pyłu. Dla czujek wykorzystujących rozpraszanie promieniowania zasada jest trochę inna, polegająca na tym, że dla dużych cząstek lepsze tłumienie uzyskujemy dla członu z zastosowaniem promieniowania na podczerwień, ale przy małych cząstkach lepsze pochłanianie wykazują czujki z członem na rozpraszanie promieniowania w ultrafiolecie.

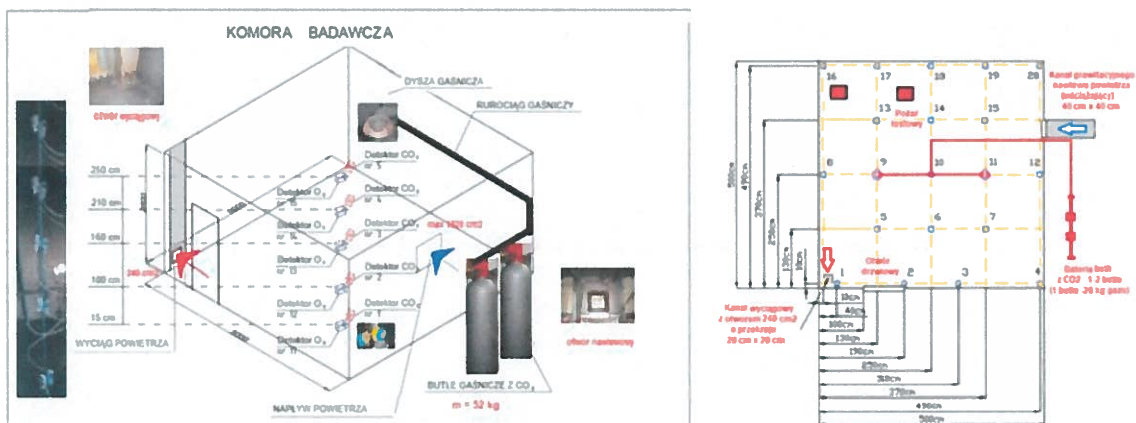
W porównaniu do czujki OSID, czujka DUT wykazuje powtarzalność rozkładu pochłaniania promieniowania w zakresie IR i UV, jak to jest w przypadku czujki OSID. Jest także stała różnica we współczynniku D [%/m], ale tu może być tylko problem wynikający z różnicy tych sygnałów dla pochłaniania w paśmie IR i UV. Jest to sprawa do ustalenia poprzez

odpowiednie ustalenie tzw. jednostek względnych już w samej czujce DUT. Wg autora monografii jest to podejście nowego rozumowania zabezpieczające czujkę przed wpływem narażenia pyłowego, ale tę kwestię należy pozostawić już producentowi sprzętu.

4.2.7. Wpływ wentylacji pomieszczeń na stężenie gaśnicze urządzeń gaśniczych gazowych

Problemem badawczym w pomieszczeniach zabezpieczonych stałymi urządzeniami gaśniczymi jest konieczność pozbycia się gazu z pomieszczenia po ukończeniu procesu gaszenia. Tym problemem często projektanci obarczają właścicieli obiektów budowlanych. Problemu nie ma w przypadku stosowania gazów bezpiecznych dla życia i zdrowia ludzi, gdzie sprowadza się to do otworzenia otworów okiennych i wywietrzeniu pomieszczenia. Prowadząc wszelkie szkolenia dla projektantów i konserwatorów instalacji gazowych, zwraca się uwagę na wprowadzenie czwartej fazy uruchamiania stałych urządzeń gaśniczych, którą ma być mechaniczne wypompowanie gazu do bezpiecznej strefy poza obiekt zabezpieczony. W trakcie badań

badań w komorze gazowej zaopatrzonej w układ pomiarowy zaprojektowany przez autora monografii jest możliwość pomiaru gazów O_2 , CO_2 i temperatur na różnych wysokościach tak jak to pokazano na rys. 34.



Rys.34. Wygląd stanowiska pomiarowego do określenia właściwości urządzeń gaśniczych gazowych

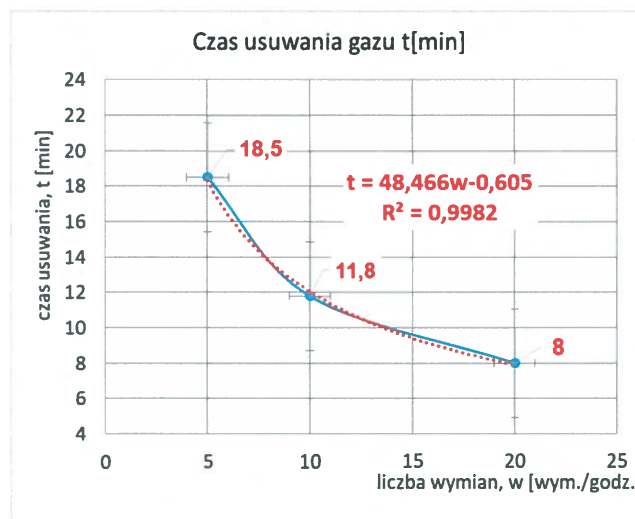
Na rys. 35 przedstawiono wykresy rozkładu CO₂ na różnych wysokościach podczas wyładowania i wentylowania pomieszczenia badawczego dla różnych krotności wymian powietrza.



Rys. 35. Wykresy zmian CO₂ w czasie wyładowania przy włączeniu po określonym czasie wentylacji z intensywnością 5 i 20 wymian/godzinę

Dla oceny funkcjonowania urządzeń gaśniczych na CO₂ dokonano w monografii pomiaru tlenu, który jako podstawowy parametr ma bezpośredni wpływ na proces gaszenia w trakcie pożaru.

W przypadku dwutlenku węgla określono zależność czasu usuwania gazu z pomieszczenia w zależności od ilości wymian. Zależność tę przedstawiono na rys. 36.



Rys. 36. Zależność czasu usuwania dwutlenku z pomieszczenia przy odpowiedniej krotności wymian na godzinę

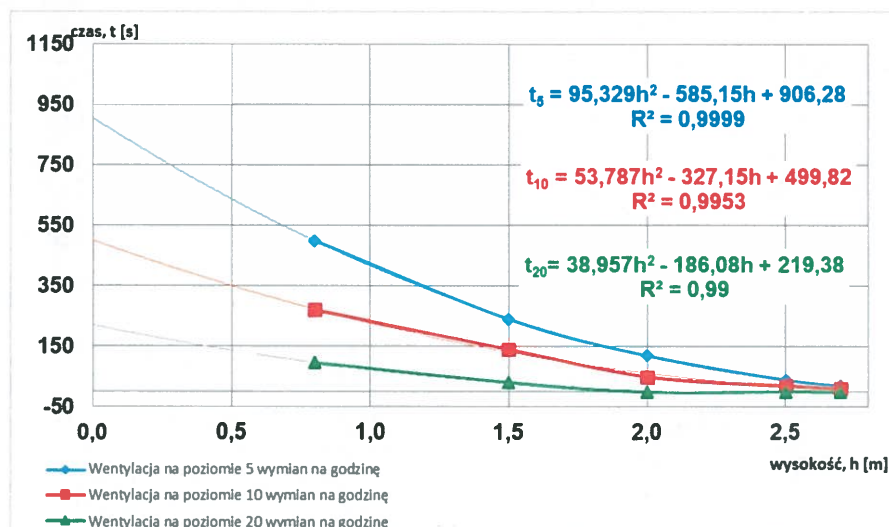
Określono równanie regresji z bardzo dobrym dopasowaniem przy współczynniku determinacji na poziomie $R^2 = 0,9982$.

$$t = 48,47 w^{-0,61}$$

gdzie: w – ilość wymian na godzinę.

Zależność ta pozwala na analizę czasu wypompowywania gazu z pomieszczenia, co daje możliwość projektantom instalacji zaproponować system wentylowania pomieszczeń o określonych parametrach.

W monografii przedstawiono rozkład temperatur, który ma wpływ na potencjalnie znajdujące się w pomieszczeniu urządzenia, sprzęt, a także wpływ na konstrukcję obiektu budowlanego, w którym zamontowany został system gaśniczy, a następnie wyznaczono wpływ liczby wymian powietrza na czas obniżania się temperatury na określonych wysokościach komory badawczej.



Rys. 37. Wpływ ilości wymian powietrza na czas obniżania się temperatury w komorze z CO_2 na poszczególnych wysokościach pomieszczenia

Efekt studzenia ma wpływ na bezpieczeństwo obiektu budowlanego zwłaszcza w trakcie trwania pożaru w pomieszczeniu. Samo wyładowanie dwutlenku węgla powoduje w czasie pożaru szybkie schładzanie elementów konstrukcji, wyposażenia pomieszczeń, co może mieć wpływ na te elementy. Znając zjawiska zachodzące podczas wyładowania takiego gazu dano możliwość

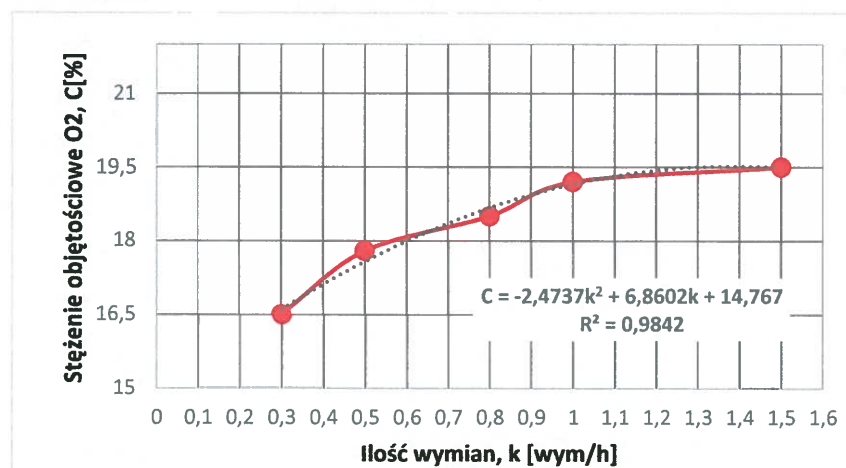
konstruktorom obiektów na możliwość analizy panujących warunków w trakcie gaszenia, a projektantom aranżacji pomieszczeń możliwość zastanowienia się nad wpływem temperatur na elementy wyposażenia.

4.2.8. Wpływ szczelności pomieszczeń na skuteczność działania instalacji inercyjnych

Nadal jest mała wiedza na temat działania w obiektach budowlanych urządzeń inercyjnych, których ogólnie jeszcze nie ma zbyt dużo w użytkowaniu, ale mogą być preferowanym urządzeniem zabezpieczającym w pomieszczeniach o ograniczonej możliwości przebywania ludzi (np. duże serwerownie bezobsługowe, stacje transformatorowe czy centrale telefoniczne). Układ ogólnie działa na zasadzie uzyskiwania z powietrza azotu, który wpompowywany do pomieszczenia powoduje obniżenie tlenu, co powoduje niemożliwość podtrzymywania procesu spalania z uwagi na brak tlenu (poniżej 15%).

Celem tego rozdziału monografii jest wskazanie wpływu szczelności pomieszczeń na efektywność działania urządzeń inercyjnych. Pomiary wykonywano w pomieszczeniu zbliżonym do warunków rzeczywistych o wymiarach 5x5x2,8 [m].

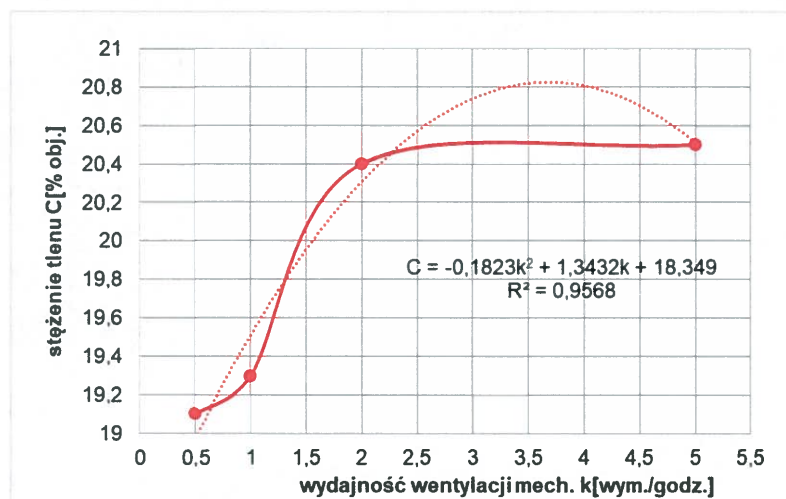
Po wykonaniu badań wyznaczono charakterystykę stężenia tlenu w funkcji krotności wymian wynikających z wielkości otworów szczelności. Wyniki zestawiono na wykresie przedstawionym na rys.38.



Rys. 38. Wykres rozkładu stężenia O₂ w komorze do wyznaczenia maksymalnej krotności wymian, przy której można utrzymać jego założone stężenie

Biorąc pod uwagę składowany materiał w pomieszczeniu badawczym, który jest zabezpieczony przed zapaleniem przy stężeniu tlenu w pomieszczeniu na poziomie 17% obj. jest możliwe tylko przy nieszczelnościach powodujących maksymalnie do 0,38 wym./ godz. (dla założonej wydajności układu inercyjnego).

Badania działania urządzeń inercyjnych były także prowadzone przy wykorzystaniu wentylacji mechanicznej. Analizując wyniki badań przy małych krotnościach wymian powietrza można przewidywać, że są podobne do pracy urządzeń z rozszczelnieniem grawitacyjnym. Należy określić ilość wymian, która nie będzie mieć znaczenia dla zapewnienia skutecznej ochrony przeciwpożarowej pomieszczeń. Zbadano stężenie tlenu (rys. 39.) w pomieszczeniu z układem inercyjnym (o założonej wydajności) w funkcji wymian powietrza na godzinę, aby można było określić odpowiednie stężenie tlenu. Uzyskiwane stężenia mieszczą się w przedziale



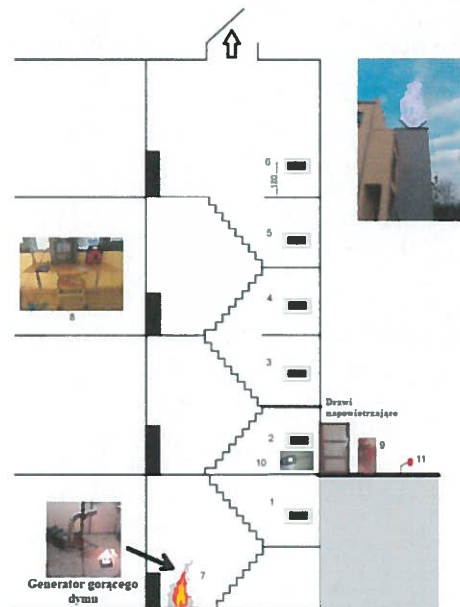
Rys. 39. Zależność uzyskiwanych stężeń przy wentylacji mechanicznej w pomieszczeniu z instalacją inercyjną o założonej wydajności

19–20,5% obj. tlenu w pomieszczeniu, co przy założeniach z poprzednich badań – utrzymaniu stężenia 17% obj. tlenu w pomieszczeniu – przy takiej wydajności urządzenia jest niemożliwe. Potwierdzają się wyniki uzyskane przy nieszczelnościach tzw. grawitacyjnych.

4.2.9. Wpływ sposobu napowietrzania klatek schodowych na oddymianie grawitacyjne obiektów budowlanych

Oddymianie grawitacyjne obiektów budowlanych polega na usunięciu dymu z przestrzeni, w której występuje zadymienie poprzez skuteczne unoszenie dymu w kolumnie konwekcyjnej do górnej części pomieszczenia i swobodnym wypływie poprzez otwarte klapy czy okna oddymiające na zewnątrz obiektu.

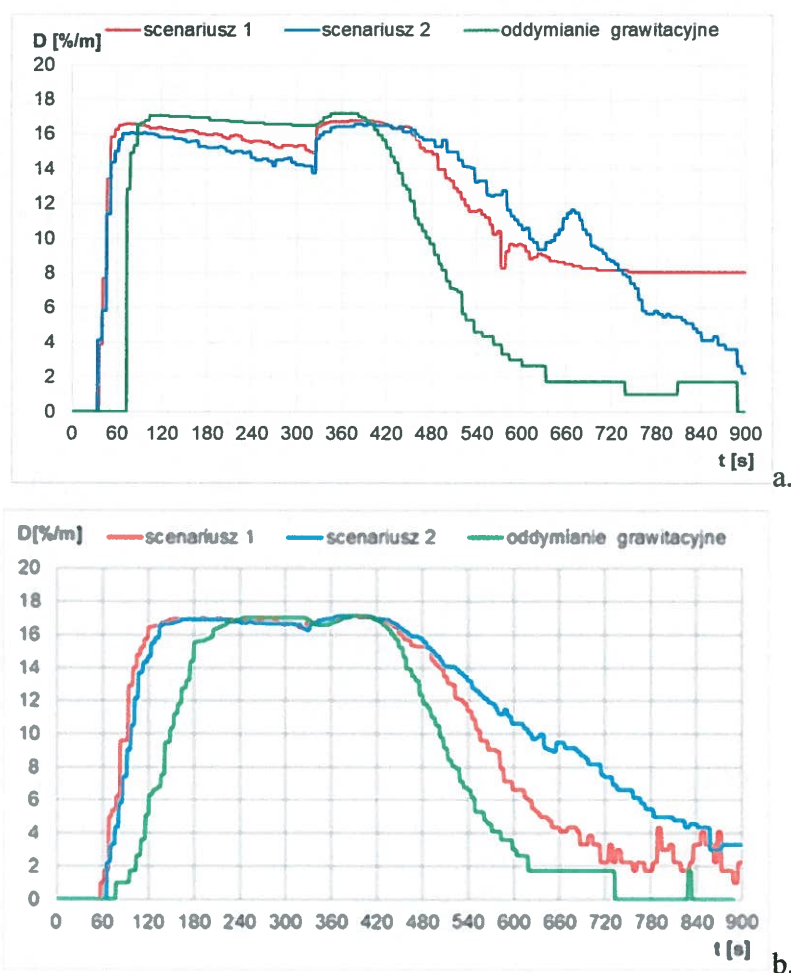
Według projektu autora monografii zbudowano instalację oddymiającą (rys. 40) w pełnej skali z pełnym oprzyrządowaniem pomiarowym (pomiar temperatur, gęstości optycznej dymu na każdym piętrze) w obiekcie średniowysokim o wysokości 14,7 m. Jest to obiekt czterokondygnacyjny (piwnica i 3 piętra ze spacznikami między piętrami). Założono dość trudny scenariusz pożaru, który powstaje w piwnicy. Do pomiarów wykorzystano generator gorącego dymu z możliwością regulacji ilości dymu i mocy pożaru. Pomiar był wykonywany w układzie: otwarte drzwi bez wspomaganie (napowietrzanie grawitacyjne), otwarte drzwi, a w nich wentylator o znanej charakterystyce (napowietrzanie mechaniczne wentylator w drzwiach – scenariusz 1) i otwarte drzwi z wentylatorem odsuniętym od drzwi o 2 m (napowietrzanie mechaniczne z odsuniętym wentylatorem – scenariusz 2).



Rys. 40. Widok stanowiska pomiarowego oddymiania klatki schodowej z umiejscowieniem elementów pomiarowych

1,2,3,4,5,6 – czujki optyczne dymu wraz z termoparami, umieszczone na wysokości 1,8 m; 7 – źródło pożaru, 8 – Centrala Sygnalizacji Pomiarowej wraz z modułami termopar i stanowiskiem komputerowym, 9 – wentylator oddymiający, 10 – Anemometr 30m/h, 11 – termopara umieszczona na zewnątrz obiektu

W trakcie badań porównano temperatury, gęstość optyczną dymu, jak i czas oddymiania dla różnych sposobów napowietrzania klatki schodowej. Podjęto się analizy rozkładu temperatur, gęstości optycznej dymu na różnych kondygnacjach, co pozwala na ocenę sposobu napowietrzania klatki schodowej.



Rys. 41. Wykresy gęstości optycznej dymu D na parterze a. i pierwszym piętrze b. przy różnych sposobach napowietrzania klatki schodowej

Gęstość optyczna osiągnęła na parterze (rys.4 1a) poziom ok. 16–17%/m. Po otwarciu drzwi i włączeniu wentylatora zauważalny jest wzrost gęstości, a następnie po pewnym czasie jej spadek. Taki efekt jest zauważalny tylko w przypadku użycia wentylatora. Najlepsze właściwości uzyskane były przy wentylacji grawitacyjnej, gdzie gęstość optyczna spadała z prędkością 5,2%/mmin do ok. 2%/m, przy wentylatorze w drzwiach (scenariusz 1) z prędkością ok. 3%/mmin do gęstości 8%/m. W przypadku scenariusza 2 (wentylator 2 m od drzwi) prędkość wynosiła 2,5%/mmin, ale uzyskano gęstość ok. 2%/m. Z punktu widzenia osiągniętego zadymienia najlepiej poradziła sobie na parterze wentylacja grawitacyjna, a następnie wentylator 2 m od drzwi.

Czas oddymiania do gęstości 2%/m w przypadku oddymiania grawitacyjnego trwał 220 s, a w przypadku wentylatora umieszczonego 2 m od drzwi wynosił ok. 400 s. Dla wentylatora w drzwiach czas nie jest możliwy do określenia.

Dla oddymiania na poziomie pierwszego piętra (rys. 41b) osiągane są podobne stężenia maksymalne gęstości optycznej dymu, inaczej wygląda poziom końcowy zadymienia po 900s pomiaru. Porównując szybkości oddymiania, dla I piętra uzyskano podobne szybkości dla oddymiania grawitacyjnego (7,1%/m min) i w przypadku wentylator w drzwiach (3,6%/m min), natomiast najwolniej oddymianie przebiegało w przypadku umieszczenia wentylatora 2 m od drzwi (1,9 %/m min). W przypadku napowietrzania grawitacyjnego oddymianie do gęstości 2 %/m trwało praktycznie najkrócej, a wynosiło 180 s, w przypadku wentylatora w drzwiach 300 s, a przy wentylatorze 2 m od drzwi także 300 s, ale problemem jak poprzednio staje się czas oddymiania całkowitego przestrzeni klatki schodowej. W przypadku oddymiania bez wentylatora i z wentylatorem 2 m od drzwi praktycznie następuje oddymianie całkowite, w przypadku wentylatora w drzwiach dym pozostaje przez dłuższy czas na określonym poziomie.

Podsumowując wyniki uzyskane w trakcie badań, w naszym przypadku najlepiej z oddymianiem poradziła sobie wentylacja grawitacyjna bez wentylatora wspomagającego. W przypadku wprowadzenia wentylatora, szybciej oddymiana była klatka z wentylatorem w drzwiach, ale nie dochodziło do całkowitego oddymiania. W tym przypadku pozostawała pewna ilość dymu dochodząca do 2 %/m. Dla wspomaganie wentylacji grawitacyjnej poprzez wentylator oddalony 2 m od drzwi czas był nieco dłuższy od przypadku wentylatora w drzwiach, ale klatka była oddymiana równomiernie aż do całkowitego oddymiania.



4.3. Podsumowanie

W monografii pt. „Wpływ technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych na bezpieczeństwo obiektów budowlanych”, stanowiącej osiągnięcie naukowe na potrzeby postępowania habilitacyjnego, przedstawiono podsumowanie dorobku naukowego autora na podstawie przeprowadzonych przez niego prac badawczych w latach 2009÷2018 wraz z opisem najważniejszych badań doświadczalnych oraz symulacji numerycznych w obszarze technicznych systemów zabezpieczeń stosowanych, w tym elementów mających wpływ na bezpieczeństwo pożarowe obiektów budowlanych poprzez dobór odpowiedniego rozwiązania. W monografii zwrócono dużo uwagi na aspekt wpływu wybranych rozwiązań konstrukcyjnych, instalacji użytkowych budynków na skuteczność systemów zabezpieczeń.

Niejednokrotnie w trakcie wykonywania badań należało opracować nową procedurę badawczą mającą na celu jak najlepsze odwzorowanie warunków panujących w budynkach. Badania wykonywane były na przestrzeni kilku lat w różnych warunkach środowiskowych, przy różnych temperaturach, wilgotności czy ciśnieniu panującym na zewnątrz i wewnątrz pomieszczeń badawczych, co pozwoliło na dokonanie uśrednienia otrzymanych wyników pomiarowych wraz z zmniejszeniem wpływu tych czynników na wyniki pomiarów. Wychodząc z definicji zawartych w Eurokodzie 1 czyli dokumencie interpretacyjnym dyrektywy 89/106/EEC dotyczącej wyrobów budowlanych określających charakterystyki rozwoju pożaru w funkcji czasu, a skończywszy na współczesnej krzywej pożaru wewnętrznego ukazującej etap pożaru kontrolowanego przez paliwo (KPP) i przez wentylację (KPW) określono zależności pomiędzy parametrami pożaru tworząc wstępne warunki wykonywanych badań.

Otrzymane wyniki badań, przedstawione w monografii, wskazują wpływ technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych na bezpieczeństwo obiektów budowlanych (m.in. poprzez ograniczenie możliwości osiągnięcia wysokich temperatur, powstawania mniejszej ilości produktów spalania i rozkładu termicznego powstałych w trakcie spalania materiałów, wpływu temperatur w trakcie wylądowania gazów obniżających temperaturę w pomieszczeniu na konstrukcję, wyposażenie budynku). Dla procesu ochrony budynku przed pożarem bardzo ważnym czynnikiem wpływającym na skracanie czasu zadziałania zabezpieczeń jest system sygnalizacji pożarowej, którego zadaniem jest uruchomienie systemów zabezpieczeń.

Dokonano oceny wpływu instalacji użytkowych, w tym wentylacji bytowej (rozkład, wartość prędkości powietrza w pomieszczeniu, miejsce spalania materiałów w stosunku do instalacji wentylacyjnych), wykonania pomieszczeń ze zwróceniem uwagi na umiejscowienie elementów budowlanych (wykształceń na sufitach w postaci belek, podciągów, instalacji) oraz szczelności pomieszczeń.

W monografii przedstawiono wykonane dla potrzeb prowadzenia badań autorskie stanowiska pomiarowe poszerzające właściwości pomiarowe znane z obowiązującej wiedzy technicznej zawartej w normach, opracowaniach innych badaczy, często unikalne co do budowy i procedury badawczej. Na uwagę zasługuje wykonany tunel pomiarowy, komora badawcza w pełnej skali z oprzyrządowaniem czy metodyka badania wpływu pyłów, aerozoli na czas zadziałania czujek pożarowych.

Elementem mającym wpływ na treści zawarte w monografii jest sformułowanie kilku wniosków, które mogą mieć wpływ na proces projektowania zabezpieczeń przeciwpożarowych w obiektach budowlanych, ale także ich konstrukcje mające na celu zwiększenie efektywności tych urządzeń wraz z ograniczeniem fałszywych alarmów spowodowanych tzw. czynnikami zwodniczymi (symulacja dymu, ciepła i płomienia). Poniżej przedstawiono wnioski ogólne wynikające z wykonanych przez autora badań:

1. Wskazano na konstrukcję elementu wykrywającego spalanie płomieniowe w zamian za stosowane do tej pory czujki jonizacyjne zawierające źródło promieniowania jonizującego alfa.. Wykonane badania wykazały, że właściwości detekcyjne (porównując przy spalaniu płomieniowym z jonizacyjną czujką dymu) spełnia wielodetektorowa czujka dymu (zastosowanie rozwiązania rozproszeniowego na podczerwień i ultrafiolet w tzw. koincydencji) wspomagana detektorem ciepła.
2. Rozpatrując czasy wykrycia pożaru w obecności wentylacji można stwierdzić, że wraz ze wzrostem ilości wymian wzrasta czas zadziałania, a umiejscowienie pożaru w stosunku do otworu zasysającego instalacji wentylacyjnej powoduje zmniejszenie czasu zadziałania czujek dla małych ilości wymian, gdy spalanie odbywa się pod otworami zasysającymi wentylacji. W przypadku spalania pod otworami zasysającymi przy dużej ilości wymian następuje wydłużenie czasu zadziałania czujek dymu.
3. Porównując czujki komorowe i bezkomorowe określono wpływ prędkości przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej na czas zadziałania. Dla małych prędkości przepływu

komora czujki działa jak pułapka dla cząstek dymu, a przy większych prędkościach cząstki nie wnikają do komory ze względu na zbyt dużą prędkość. Efekt braku konieczności wnikania dymu do komory w przypadku czujek bezkomorowych może mieć wpływ na lepsze wykorzystanie wykrywanych cząstek dymu w przypadku detekcji z udziałem wentylacji. Dla czujek komorowych czas zadziałania rośnie wraz ze wzrostem prędkości przepływu powietrza, a dla czujek bezkomorowych zależność jest odwrotna – wraz ze wzrostem prędkości maleje czas zadziałania.

4. Analizując otrzymane wyniki badań nad czujkami wielodetektorowymi, nie jest rzeczą prostą zaproponować uniwersalne rozwiązanie zamiast czujki jonizacyjnej przy spalaniu płomieniowym. Wszystkie właściwości otoczenia i spalanych materiałów mogą mieć wpływ na czas zadziałania systemów zabezpieczeń.

- *czujki dymu z członem płomienia* bezwzględnie przy spalaniu bezpłomieniowym lepsze właściwości wykazywały rozwiązania wielodetektorowe z członem rozproszeniowym. Dla spalania płomieniowego zawsze we wszystkich pomiarach bardziej skuteczna od czujki jonizacyjnej okazywała się czujka z członem płomienia.

- *czujki z członem dymu i ciepła* lepiej wykrywała pożary płomieniowe czujka jonizacyjna, a przy spalaniu bezpłomieniowym, gdzie wykorzystywany był detektor dymu na podczerwień, lepiej wykrywała czujka z członem ciepła.

- *czujki wielodetektorowe z członem CO* występuje silna zależność czasu zadziałania od rodzaju spalanego materiału, co wskazuje na małą przydatność przy spalaniu tworzyw sztucznych.

5. Badając palność materiałów sztucznych w postaci żywicy poliestrowej niemodyfikowanej i modyfikowanej różnymi domieszkami w celu doprowadzenia ich do stopnia co najmniej trudno zapalności, określono, że w przypadku dodatku tritlenku molibdenu otrzymujemy krótsze czasy detekcji, co może świadczyć o większej gęstości dymu otrzymywanego podczas spalania płomieniowego w stosunku do tritlenku antymonu. Dodatki mają wpływ na właściwości palne, także na dymotwórczość, co jest właściwością poszukiwaną przez badaczy procesów spalania, ale z punktu widzenia wykrywania pożaru okazało się (porównując czasy uzyskiwane dla żywicy bez dodatków do żywicy z dodatkami), że czasy zadziałania wydłużają się nawet do 30%. Przy spalaniu płomieniowym takich materiałów zamiennikiem czujki jonizacyjnej może być czujka rozproszeniowa na ultrafiolet, gdzie czasy zadziałania różnią się tylko o kilka sekund.

6. Porównano różne rozwiązania konstrukcyjne mające wpływ na szybkość zadziałania systemów zabezpieczeń, co pozwoliło na stwierdzenie, że najlepszym rozwiązaniem w systemach wentylacyjnych jest zasysająca czujka dymu, której charakterystyka czułości jest mniej wrażliwa na prędkość przepływu mieszaniny powietrzno-dymowej zwłaszcza przy rozkładzie termicznym materiałów palnych w stosunku do czujek punktowych dymu.
7. Najlepszym rozwiązaniem mającym wpływ na pracę elementów detekcyjnych w obiektach budowlanych narażonych na działanie pyłu i aerozoli są elementy liniowe wykorzystujące zjawisko pochłaniania promieniowania w zakresie długości fali IR i UV. Wykorzystuje się efekt identyczności pochłaniania w jednostce czasu promieniowania w zakresie IR i UV, co pozwala – oceniając różnicę sygnałów uzyskiwanych przy pochłanianiu promieniowania – na dobre zabezpieczenie czujek dymu przed wpływem pyłów.
8. Nieszczelności w pomieszczeniach, jak i wentylacja bytowa mają wpływ na działanie w obiektach budowlanych zabezpieczeń przeciwpożarowych. Zastosowane rozwiązania zabezpieczające jak instalacje inercyjne czy stałe urządzenia gaśnicze gazowe mogą nie osiągnąć zaprojektowanych parametrów stężeń tlenu w przypadku inercji lub stężeń gazu w przypadku urządzeń gaśniczych gazowych. Zwrócić należy uwagę na bezpieczeństwo spadku temperatury w trakcie wyładowania niektórych urządzeń gaśniczych gazowych na bezpieczeństwo konstrukcji, wyposażenia budynku.
9. Oddymianie obiektów budowlanych z zastosowaniem tzw. wentylacji taktycznej (nadciśnieniowej) w tym przypadku klatek schodowych w trakcie działań ratowniczych Państwowej Straży Pożarnej wymaga podejścia systemowego. Prowadząc badania w obiekcie średniowysokim, wykazano niezadowalającą skuteczność oddymiania przy użyciu wentylatorów wspomagających proces oddymiania. Stosując tego typu wspomaganie oddymiania, należy każdorazowo brać pod uwagę zaprojektowane dla obiektu strefy oddymiania, aby stosując tę metodykę, nie doprowadzić do pogorszenia warunków oddymiania mającego bezpośredni wpływ na ewakuację.

Reasumując, można stwierdzić, że cele określone na początku monografii zostały zrealizowane, a zgromadzony materiał pozwoli na wyjaśnienie niektórych aspektów wiedzy niezbędnej podczas projektowania instalacji przeciwpożarowych w budynkach. Przedstawiona ocena rozwiązań konstrukcyjnych w różnych warunkach obiektowych pozwoliła na zwiększenie

niezawodności stosowanych zabezpieczeń w budynkach. Zawarte w monografii wyniki badań, często niewykonywanych do tej pory, pomogą wyjaśnić, w jaki sposób powinny być dobierane zabezpieczenia przeciwpożarowe, biorąc pod uwagę konstrukcję budynku i zastosowane instalacje użytkowe.

Autor monografii prowadzi dalsze prace zmierzające do opracowania modelowego rozwiązania czujki punktowej dymu odpornej na działanie pyłów, aerozoli czy pary wodnej w celu obniżenia fałszywych alarmów przekazywanych poprzez monitoring pożarowy do jednostek Państwowej Straży Pożarnej. Zebrane badania stanowią wytyczne do zaprojektowania takich rozwiązań przez krajowych producentów systemów sygnalizacji pożarowej, jako wdrożenie wyników badań do produkcji.

W kwietniu br zostanie podpisana umowa wdrożenia wytycznych projektowania systemów sygnalizacji pożarowej do wykorzystania przez Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwożarowej Państwowy Instytut Badawczy im. Tuliszkowskiego w Józefowie na kursach prowadzonych z zakresu Projektowania, konserwacji systemów sygnalizacji pożarowej.

Prowadzone są prace nad wykrywaniem pożarów w przypadku nowych materiałów budowlanych, systemów oddymiania z wykorzystaniem wentylatorów drzwiowych, co może mieć wpływ na doprecyzowanie wytycznych projektowych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych, jak i działań ratowniczych straży pożarnej.

Materiał zgromadzony w monografii może mieć wpływ w obszarze nauk technicznych w dyscyplinie **budownictwo na bezpieczeństwo pożarowe obiektów budowlanych.**

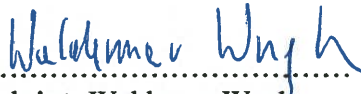
5. Omówienie pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych

Wynikiem mojej pracy naukowej po uzyskaniu stopnia doktora nauk technicznych jest łącznie **30 publikacji**, z czego 7 publikacji w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (lista A MNiSW) oraz **23 publikacje** w czasopismach naukowych z tzw. listy „B” czasopism naukowych MNiSW.

1. **Wnęk W.**, Wpływ pyłu z tworzyw sztucznych na działanie zabezpieczeń przeciwpożarowych, *Przemysł Chemiczny*, vol.96, n. 6, p.1284-1287 (2017), Impact factor: 0,399, Liczba punktów MNiSW: 15,
2. **Wnęk W.**, Kubica P., Boroń S., Niedziółka K.: Przewietrzanie pomieszczeń po gaszeniu gazem. *Przemysł Chemiczny*, vol. 94, n. 5, p. 793-796 (2015), Impact factor: 0,399, Liczba punktów MNiSW: 15,
3. Porowski R., **Wnęk W.**: Tłumienie wybuchów w przemyśle chemicznym - przegląd stanu wiedzy. *Przemysł Chemiczny* 94/4 (2015), 605-607, Impact factor: 0,399, Liczba punktów MNiSW: 15,
4. **Wnęk W.**, Boroń S.: Wpływ prędkości przepływu dymu na parametry systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych. *Przemysł Chemiczny*, n. 93(11), p. 1946-1952 (2014) Impact factor: 0,399, Liczba punktów MNiSW: 15 ,
5. Kubica P., **Wnęk W.**: Distribution of oxygen concentration during fire suppression in closed spaces with inert gases. (Rozkład stężeń tlenu podczas gaszenia pożaru w pomieszczeniach gazem obojętnym). *Przemysł Chemiczny*, n. 9, 1557- 1561 (2014) Impact factor: 0,399, Liczba punktów MNiSW: 15,
6. Półka M., Kukfisz B., **Wnęk W.**, Dytrych M.: Analiza parametrów wybuchowości pyłów ziół w przemyśle farmaceutycznym. *Przemysł Chemiczny*, vol. 93, n. 11, p. 1942-1945 (2014) Impact factor: 0,399 Liczba punktów MNiSW: 15,
7. Gałaj, J., Półka, M., **Wnęk, W.** Wpływ antypirenów addytywnych na wybrane właściwości palne materiałów epoksydowych. *Przemysł Chemiczny*, 91(7), pp. 1000-1006 (2012), Impact factor: 0,344 Liczba punktów MNiSW: 15.
8. R Porowski, **W Wnęk**, Wskazówki do przygotowania scenariuszy pożarowych, *Rynek Instalacyjny*, 3,s.24-28, (2017), Liczba punktów MNiSW: 6,

9. Porowski R., **Wnęk W.**: Scenariusze pożarowe. Podstawy prawne i zasady tworzenia. Rynek Instalacyjny, 1, 88-90, 2017, Liczba punktów MNiSW: 6,
11. Porowski R., **Wnęk W.**, Wdowiak T., Janik N.: Wpływ rodzaju drewna na czas działania liniowych czujek dymu. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 42, n. 3, (2016) Liczba punktów MNiSW: 13,
12. Kubica P., **Wnęk W.**, Boroń S.: Wybrane zasady tworzenia scenariuszy pożarowych. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, vol. 42, n. 2, p. 173-178 (2016) Liczba punktów MNiSW: 13,
13. Domżał A., **Wnęk W.**, Prokop M., Zależność rozdziału wody od współczynnika przepływu dla wybranych tryskaczy ESFR., Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, vol. 43, n. 3, p. 63-72 (2016) Liczba punktów MNiSW: 13,
14. **Wnęk W.**, Porowski R., Jargieło M.: Wpływ pyłów pochodzenia drzewnego na działanie czujek pożarowych dymu. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, vol. 42, n. 2 p.43-55(2016) Liczba punktów MNiSW: 13.,
15. **Wnęk W.**, Mostowik N., Dubicki J., Wpływ prędkości przepływu powietrza na czas zadziałania czujek zasysających dymu, Zeszyty Naukowe SGSP 59(3), s.5-19 (2016), Liczba punktów MNiSW: 7,
16. **Wnęk W.**, Wybrane zabezpieczenia przeciwpożarowe w obiektach przemysłowych. Nowoczesne Hale, n. 2, p. 38-41 (2015) Liczba punktów MNiSW: 2.
17. **Wnęk W.**, Kubica P., Porowski R.: Zabezpieczenie przeciwpożarowe serwerowni poprzez obniżenie poziomu tlenu. Elektro Info, n. 10, p.72-74 (2015) Liczba punktów MNiSW:5.
18. Porowski R., **Wnęk W.**: Wybrane aspekty projektowania wentylacji pożarowej tuneli drogowych. Rynek Instalacyjny, vol. 9, p. 58-63(2015) Liczba punktów MNiSW: 6.
19. Porowski R. **Wnęk W.**: Scenariusz pożarowy dla obiektu handlowego. Nowoczesne Hale nr.3, 50-54, 2015 Liczba punktów MNiSW: 2 .
20. **W.Wnęk**, Sterowanie instalacjami do odprowadzania dymu i ciepła: zasady projektowania, Elektro Info nr.4, 22-25 (2014), Liczba punktów MNiSW: 5.
21. **W.Wnęk**, A.Domżał, S.Boroń, P.Kubica, M. Graba, Wpływ ciśnienia na rozdział wody dla wybranych elementów wylotowych instalacji tryskaczowych, Materiały budowlane, 10, s.125-126, 2014, Punkty MNiSW – 6.

22. **Wnęk W.**, Boroń S., Agata D., Kubica P., Grzegorz K., Bogusław M.: Badanie wpływu wykształceń na suficie na czas zadziałania czujek pożarowych. Materiały Budowlane nr.10, 122-124(2014) Liczba punktów MNiSW: 6.
23. **Wnęk W.**, Boroń S., Kuziora Ł.: Stałe urządzenia gaśnicze gazowe a czas użytkowania pomieszczeń. Materiały Budowlane nr.10,116-118(2014) Liczba punktów MNiSW: 6.
24. **Wnęk W.**, Domżał A., Boroń S., Kubica P., Graba M.: Wpływ ciśnienia na rozdział wody dla wybranych elementów wylotowych instalacji tryskaczowych. Materiały Budowlane nr.10,125-126(2014) Liczba punktów MNiSW: 6
25. **Wnęk W.**, Aktywne zabezpieczenia przeciwpożarowe w przestrzeniach tuneli kablowych, czasopismo Elektroinfo, nr.5,18-23(2013) Liczba punktów MNiSW: 5.
26. Kubica P., **Wnęk W.**, Tuzimek Zb., Domżał A., Wpływ wybranych warunków atmosferycznych na czas retencji gazów gaśniczych. Zeszyty Naukowe SGSP nr 47(3), s.196-211, 2013 Liczba punktów MNiSW: 4.
27. **Wnęk W.**, Kubica P., Basiak M., Standardy projektowania urządzeń tryskaczowych – porównanie głównych parametrów, Zeszyty Naukowe CNBOP PIB Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, vol.27/3/12, s.83-97, Józefów 2012 Liczba punktów MNiSW: 7.
28. Kubica P., **Wnęk W.**, Boroń S., Burda M., Analiza możliwości zastosowania mechanicznego nawiewu kompensacyjnego w systemach grawitacyjnego usuwania dymu z klatek schodowych. Zeszyty Naukowe SGSP nr 44, 5-23, 2012 Liczba punktów MNiSW: 4.
29. P.Kubica, **Wnęk W.**, Analiza rozkładu stężeń tlenu podczas gaszenia pomieszczenia azotem, kwartalnik CNBOP PIB "Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza", 1895-8443. 2011, nr 4, s. 65-70 Liczba punktów MNiSW: – 7,
30. **Wnęk W.**, Wpływ gęstości drewna na właściwości detekcyjne pożarowych czujek dymu, Materiały Budowlane, nr.12, 39-40 (2008) Liczba punktów MNiSW: 0


.....
dr inż. Waldemar Wnęk