

Jarosław Tępiński<sup>a)</sup>, Wojciech Klapsa<sup>a)</sup>, Krzysztof Cygańczuk<sup>a)</sup>, Piotr Lesiak<sup>a)</sup>, Michał Wojciech Lewak<sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

<sup>b)</sup> *Warsaw University of Technology, Faculty of Chemical and Process Engineering / Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Chemicznej i Procesowej*

\* *Corresponding author / Autor korespondencyjny: jtepinski@cnbop.pl*

## Testing of Large Scale Pool Fire of Technical Ethanol

### Badania pożaru powierzchniowego etanolu technicznego w dużej skali

#### ABSTRACT

**Aim:** The aim of this article is to determine the characteristics of a pool fire, including the temperatures and thermal radiation densities caused by it. Mappings of pool fires occurring in actual emergency events were conducted by performing large-scale polygon tests.

**Project and methods:** Experimental study of pool fire of technical ethanol was carried out on a specially built test stand in the training area of the Training Centre in Pionki of the Regional Headquarters of the State Fire Service in Warsaw. The pool fire test stand consisted of a test tray, with a test chamber with the diameter of 300 cm, founded on a reinforced concrete slab. Using a developed measurement system with data acquisition that included measurement sensors mounted at defined locations relative to the fire, temperatures and thermal radiation densities were measured at various distances/locations relative to the fire. Metrological data such as air temperature, atmospheric pressure, humidity, wind direction and speed were monitored and recorded using the weather station. The height of the fire flame was measured by comparing it to racks set up nearby with marked scales of specific lengths.

**Results:** A polygon stand that was built to study pool fires, equipped with a temperature and thermal radiation density measuring system with measuring sensors distributed in defined locations, is discussed. A study of a pool fire resulting from the combustion of dehydrated, fully contaminated ethanol was conducted. The study measured temperatures, thermal radiation densities, and flame heights. The average and maximum values of temperatures and thermal radiation densities during the steady-state combustion stage (i.e., phase II of the fire) were determined.

**Conclusions:** Based on the presented results of temperature and thermal radiation density measurements at various distances/locations relative to the pool fire site, there was a significant effect of wind direction and speed on these values. Higher temperature and heat radiation density were recorded at the sensors on the leeward side than on the windward side. As the wind speed decreased, there was an increase in the temperature values recorded on the thermocouples located above the centre of the bottom of the tray test chamber due to the flame, which, when not blown away, was allowed to rise vertically upward and fully sweep the temperature sensors.

**Keywords:** pool fire, field tests, technical ethanol, temperature, thermal radiation

**Type of article:** original scientific article

---

Received: 07.03.2022; Reviewed: 11.04.2022; Accepted: 11.04.2022;

Authors' ORCID ID's: J. Tępiński – 0000-0002-5005-2795; W. Klapsa – 0000-0002-6481-587X; K. Cygańczuk – 0000-0003-1550-5880; P. Lesiak – 0000-0001-8465-2169; M.W. Lewak – 0000-0001-9012-8347;

Percentage contribution: J. Tępiński – 50%; W. Klapsa – 20%; K. Cygańczuk – 10%; P. Lesiak – 10%; M.W. Lewak – 10%;

Please cite as: SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 96–109, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.5>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

---

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem artykułu jest określenie charakterystyki pożaru powierzchniowego, w tym temperatur i gęstości promieniowań cieplnych przez niego wywoływanych. Odwzorowania pożarów powierzchniowych mających miejsce w rzeczywistych zdarzeniach awaryjnych przeprowadzono poprzez wykonanie poligonowych badań w dużej skali.

**Projekt i metody:** Badanie doświadczalne pożaru powierzchniowego etanolu technicznego zrealizowano na specjalnie do tego celu zbudowanym stanowisku badawczym na terenie poligonu Ośrodka Szkolenia w Pionkach Komendy Wojewódzkiej Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie. W skład stanowiska do badania pożarów powierzchniowych wchodziła taca badawcza, o średnicy komory badawczej wynoszącej 300 cm, posadowiona na płycie żelbetowej. Przy pomocy opracowanego układu pomiarowego z akwizycją danych, w skład którego wchodziły czujniki pomiarowe zamontowane w zdefiniowanych lokalizacjach względem pożaru, dokonano pomiarów temperatur i gęstości promieniowań cieplnych w różnych odległościach/lokalizacjach względem miejsca pożaru. Za pomocą stacji pogodowej monitorowano i rejestrowano dane metrologiczne, takie jak temperatura powietrza,

ciśnienie atmosferyczne, wilgotność, kierunek i prędkość wiatru. Pomiaru wysokości płomienia pożaru dokonano przez jego porównanie z ustawionymi w pobliżu stojakami z zaznaczonymi podziałkami o określonych długościach.

**Wyniki:** Omówiono poligonowe stanowisko, które zostało zbudowane do badania pożarów powierzchniowych, wyposażone w układ pomiarowy temperatur i gęstości promieniowań cieplnych z czujnikami pomiarowymi rozmieszczonymi w zdefiniowanych lokalizacjach. Przeprowadzono badania pożaru powierzchniowego powstałego w wyniku spalania etanolu odwodnionego, całkowicie skażonego. W ramach badań dokonano pomiarów temperatur, gęstości promieniowań cieplnych oraz wysokości płomienia. Wyznaczono średnie i maksymalne wartości temperatur i gęstości promieniowań cieplnych w etapie ustalonego spalania (tzn. II faza pożaru).

**Wnioski:** Na podstawie przedstawionych wyników pomiarów temperatur i gęstości promieniowań cieplnych w różnych odległościach/lokalizacjach względem miejsca pożaru powierzchniowego, odnotowano znaczący wpływ kierunku i prędkości wiatru na te wartości. Wyższą temperaturę i gęstość promieniowań cieplnych rejestrowano na czujnikach po stronie zawietrznej niż po stronie nawietrznej. Na skutek spadku prędkości wiatru następował wzrost wartości temperatur rejestrowanych na termoparach umieszczonych nad środkiem dna komory badawczej tacy, co było spowodowane przez płomień, który niezdmuchiwany, mógł unosić się pionowo do góry i w pełni omiać czujniki temperatury.

**Słowa kluczowe:** pożar powierzchniowy, badania poligonowe, etanol techniczny, temperatura, promieniowanie ciepłe

**Typ artykułu:** oryginalny artykuł naukowy

**Przyjęty:** 07.03.2022; **Zrecenzowany:** 11.04.2022; **Zaakceptowany:** 11.04.2022;

Identyfikatory ORCID autorów: J. Tępiński – 0000-0002-5005-2795; W. Kłapsa – 0000-0002-6481-587X; K. Cygańczuk – 0000-0003-1550-5880; P. Lesiak – 0000-0001-8465-2169; M.W. Lewak – 0000-0001-9012-8347;

Procentowy wkład merytoryczny: J. Tępiński – 50%; W. Kłapsa – 20%; K. Cygańczuk – 10%; P. Lesiak – 10%, M.W. Lewak – 10%;

**Proszę cytować:** SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 96–109, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.5>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

## Introduction

Fire is an uncontrolled combustion process taking place outside the place intended for this purpose. It is characterized by the presence of harmful factors, such as: flame, rise of temperature, smoke, toxic products of combustion. The most common type of fire in the industry is a pool fire. It is formed by the ignition of released flammable vapours from the surface of a spill formed on a solid substrate as a result of a leakage of a flammable substance [1–2]. A flammable substance is a constant supply of flammable vapours, formed by heat delivered to the surface of the liquid from the flame [1–2]. The main hazards caused by a pool fire are temperature rise, thermal radiation and toxic gaseous products emitted as smoke. Depending on the fire situation (e.g. the area of the spillway), the intensity of these factors will vary, and high temperature and thermal radiation are the main factors that threaten living organisms, including the rescuers [3].

Over the years, various experimental studies have been carried out on the problem of the pool fires [1, 4–6], most often with the aim of developing or verifying mathematical models to estimate the consequences of failure. Experimental studies were carried out at different scales – from small laboratory to large field scale. A detailed understanding of the phenomenon of liquid combustion in spills has allowed the development of effective methods for estimating its effects, enabling the correct assessment of the risk of an accident associated with it. Based on the results obtained from the field tests, the researchers also verified already existing mathematical models describing the flame characteristics [7–8]. This allowed to determine their level of accuracy or validity in the light of an increasing number of results from experimental studies.

As part of the project entitled “Programme for the evaluation of the risk of accidents in industrial facilities posing a hazard

## Wprowadzenie

Pożar to niekontrolowany proces spalania zachodzący poza miejscem do tego celu przeznaczonym, charakteryzujący się występowaniem czynników szkodliwych, takich jak: płomień, wzrost temperatury, dym, toksyczne produkty spalania. Najczęściej występującym w przemyśle rodzajem pożaru jest pożar powierzchniowy. Powstaje on w wyniku zapłonu uwalnianych par palnych z powierzchni rozlewiska, utworzonego na podłożu stałym w wyniku wycieku substancji palnej [1–2]. Substancja palna stanowi stały dopływ par palnych, powstających w wyniku ciepła dostarczanego do powierzchni cieczy od płomienia [1–2]. Głównymi zagrożeniami powodowanymi przez pożar powierzchniowy jest wzrost temperatury, promieniowanie ciepłe oraz wydobywające się w postaci dymu toksyczne produkty gazowe. W zależności od sytuacji pożarowej (np. powierzchni rozlewiska) intensywność oddziaływania tych czynników będzie różna, a wysoka temperatura i promieniowanie ciepłe to główne czynniki zagrażające organizmom żywym, w tym ratownikom [3].

Na przestrzeni wielu lat prowadzone były różne badania eksperymentalne nad problematyką pożarów powierzchniowych [1, 4–6], najczęściej w celu opracowania lub weryfikacji modeli matematycznych służących do szacowania skutków awarii. Badania doświadczalne prowadzono w różnej skali – od małej laboratoryjnej do dużej poligonowej. Szczegółowe poznanie zjawiska spalania cieczy w rozlewiskach pozwoliło na opracowanie efektywnych metod szacowania jego skutków, umożliwiających prawidłową ocenę ryzyka awarii z nim związanej. Na podstawie wyników otrzymywanych z badań poligonowych, badacze dokonywali również weryfikacji już istniejących modeli matematycznych opisujących charakterystykę płomienia [7–8]. Pozwoliło to na określenie poziomu ich dokładności lub aktualności w świetle przybywającej liczby wyników z badań eksperymentalnych.

outside their premises” [9–10] akronym EVARIS (Evaluation of Risk), implemented in the area of defence and national security, financed by the National Centre for Research and Development (agreement No. DOB-BIO7/09/03/2015), large-scale experimental studies of pool fires were carried out. They were performed on a purpose-built test stand located on the training ground of the Training Centre in Pionki of the Regional Headquarters of the State Fire Service in Warsaw. The aim of the experimental study was to carry out verification and validation of the IT programme RAT-if (Risk Assessment Toolbox AT Hazardous Industrial Facilities Posing Threat Outside their Area) [9–10], which is the main output of the EVARIS project for carrying out a comprehensive risk assessment of accidents at industrial facilities posing threats outside their area. The final version of the RAT-if programme will provide comprehensive support for the officers of the State Fire Service and the authorities of the Environmental Protection Inspectorate in the process of issuing opinions on the conditions of development around industrial establishments, including in the vicinity of establishments with an increased or high risk of a major industrial accident.

The results of the research presented in this article, allowed to determine the characteristics of pool fire, including temperatures and thermal radiation density caused by it. The study used technical ethanol, which has a wide range of applications in domestic and industrial use and is a highly flammable liquid that poses great risks to human life and health, among other things. The presented research extends the literature on large-scale technical ethanol pool fire experiments and advances the knowledge of the hazards and effects caused by pool fires occurring in real emergency incidents.

### Field test stand for pool fires

The pool fire test stand (see Figure 1) consisted of, among other things, a test tray with supporting elements, which was founded on a reinforced concrete slab. The slab was made in such a way as to protect the soil, ground water and underground water from the negative effects of combustion products and extinguishing water during the test. A technical drawing of the test tray, with a test chamber with the diameter of 300 cm, is shown in Figure 2. The tray was made of materials resistant to testing factors, including heat radiation and temperature shocks. Water was used to cool the tray, which was placed in a ring-shaped chamber located around the test chamber.

W ramach projektu pt. „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem” [9–10] akronym EVARIS (ang. *Evaluation of Risk*), realizowanego w zakresie obronności i bezpieczeństwa państwa, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (umowa nr DOB-BIO7/09/03/2015), przeprowadzono poligonowe badania doświadczalne pożarów powierzchniowych w dużej skali. Wykonano je na specjalnie do tego celu zbudowanym poligonowym stanowisku badawczym zlokalizowanym na terenie poligonu Ośrodka Szkolenia w Pionkach Komendy Wojewódzkiej Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie. Celem badań doświadczalnych było przeprowadzenie weryfikacji i walidacji programu informatycznego RAT-if (ang. *Risk Assessment Toolbox AT Hazardous Industrial Facilities Posing Threat Outside their Area*) [9–10], będącego głównym efektem projektu EVARIS, służącego do przeprowadzenia kompleksowej oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem. Finalna wersja programu RAT-if zapewni kompleksowe wsparcie dla funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej i organów Inspekcji Ochrony Środowiska w procesie opiniowania warunków zabudowy wokół zakładów przemysłowych, w tym w sąsiedztwie zakładów o zwiększonym lub dużym ryzyku wystąpienia poważnej awarii przemysłowej.

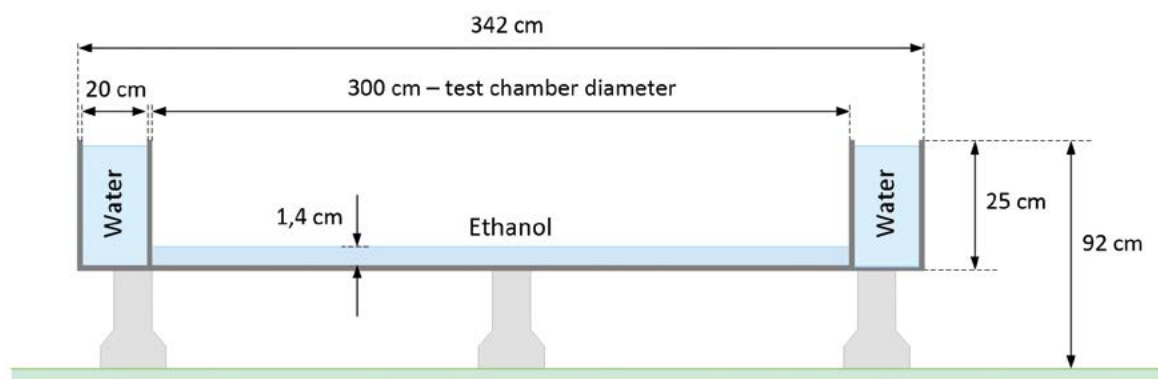
Przedstawione w niniejszym artykule wyniki badań pozwoliły na określenie charakterystyki pożaru powierzchniowego, w tym temperatur i gęstości promieniowań cieplnych przez niego wywoływanych. W badaniach wykorzystano etanol techniczny, znajdujący szeroki zakres zastosowań w użytku domowym i przemysłowym, będący wysoce łatwopalną cieczą stwarzającą duże zagrożenia m.in. dla życia i zdrowia ludzi. Zaprezentowane badania rozszerzają literaturę dotyczącą eksperymentów w zakresie pożarów powierzchniowych etanolu technicznego w dużej skali i pogłębiają wiedzę z zakresu zagrożeń oraz skutków powodowanych przez pożary powierzchniowe mające miejsce w rzeczywistych zdarzeniach awaryjnych.

### Poligonowe stanowisko do badania pożarów powierzchniowych

W skład stanowiska do badania pożarów powierzchniowych (zob. ryc. 1) wchodziła m.in. taca badawcza wraz z elementami wsporczymi, którą posadowiono na płycie żelbetowej. Płytę wykonano w taki sposób, aby podczas badania zapewniała ochronę gruntu, wód gruntowych i podziemnych przed negatywnym oddziaływaniem produktów spalania oraz wód gaśniczych. Rysunek techniczny tacy badawczej, o średnicy komory badawczej wynoszącej 300 cm, przedstawiono na rycinie 2. Tacę wykonano z materiałów odpornych na czynniki badawcze, w tym promieniowanie cieplne oraz szoki temperaturowe. Do chłodzenia tacy wykorzystano wodę, którą umieszczono w komorze o kształcie pierścienia znajdującej się wokół komory badawczej.



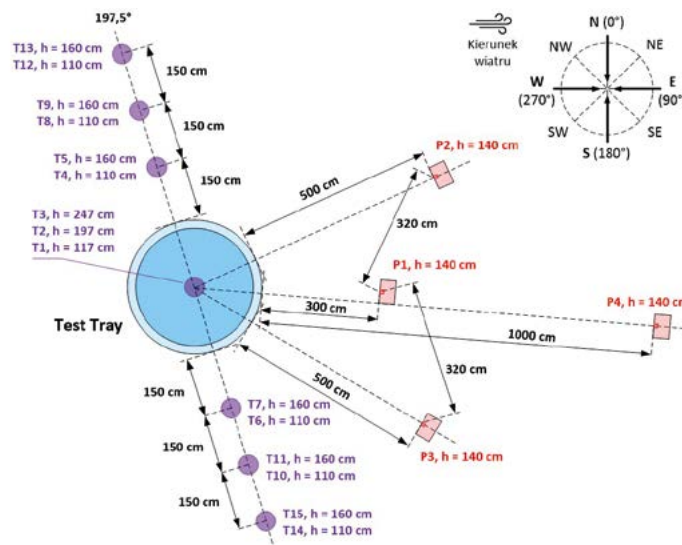
**Figure 1.** Pool fire test stand  
**Rycina 1.** Stanowisko do badania pożarów powierzchniowych  
**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.



**Figure 2.** Technical drawing of a test tray  
**Rycina 2.** Rysunek techniczny tacy badawczej  
**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.

As part of the study of a pool fire resulting from the combustion of technical ethanol, measurements of temperature, thermal radiation density and flame height were assumed. The arrangement of the temperature and heat radiation density sensors on the test stand is shown in Figure 3. The thermocouples T4–T15 (see Figure 3) were aligned to provide a distance dependence of temperature values and facilitate comparison with computational models.

W ramach badań pożaru powierzchniowego, powstałego w wyniku spalania etanolu technicznego, założono przeprowadzenie pomiarów temperatur, gęstości promieniowań cieplnych oraz wysokości płomienia. Sposób rozmieszczenia czujników temperatury i gęstości promieniowania cieplnego na stanowisku badawczym przedstawiono na rycinie 3. Termopary T4–T15 (zob. ryc. 3) ustawiono w jednej linii, co dało możliwość uzyskania zależności wartości temperatury od odległości i ułatwiło porównanie z modelami obliczeniowymi.



**Figure 3.** Technical drawing of the arrangement of temperature and thermal radiation density sensors on the test stand; T – thermocouple, P – thermal radiation density sensor

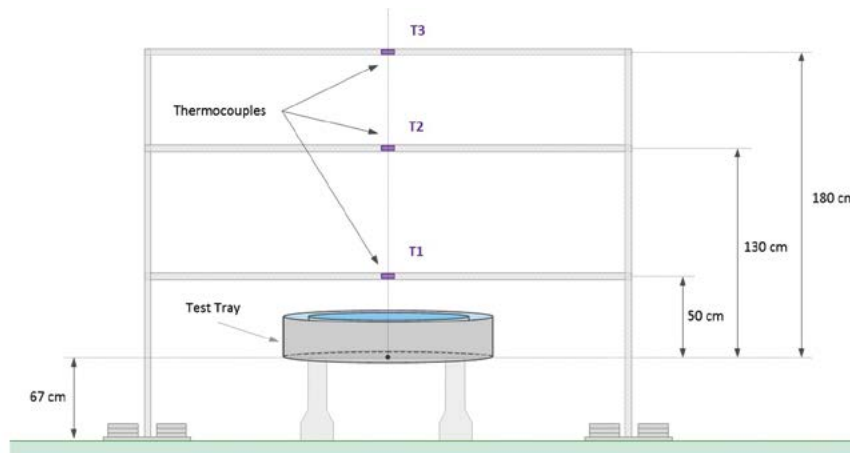
**Rycina 3.** Rysunek techniczny rozmieszczenia czujników temperatury i gęstości promieniowania ciepłego na stanowisku badawczym; T – termopara, P – czujnik gęstości promieniowania ciepłego

**Source:** Own elaboration.

**Źródło:** Opracowanie własne.

The temperature measuring system consisted of 15 thermocouples (12 type K and 3 type N class 1 according to PN-EN 60584-2), National Instruments controller type cDAQ 9174 equipped with NI 9214 input module with TB-9214 connection block [11], portable computer with SignalExpress software. Temperature values were recorded by the measuring system at a frequency of 0.5 Hz. To measure the temperatures above the test chamber of the tray, a heat-resistant steel stand (see Figure 4) was used, to which three N-type thermocouples were mounted, at heights: 50 cm, 130 cm and 180 cm above the centre of the tray bottom. The temperature sensors and 12 K-type thermocouples were mounted at the heights of 110 cm and 160 cm above the ground surface, using six heat-resistant steel stands (see Figure 5).

Układ pomiarowy temperatury składał się z 15 termopar (12 typu K i 3 typu N klasy 1 wg PN-EN 60584-2), kontrolera National Instruments typu cDAQ 9174 wyposażonego w moduł wejść NI 9214 z blokiem połączeniowym TB-9214 [11], przenośnego komputera z oprogramowaniem SignalExpress. Wartości temperatur były rejestrowane przez układ pomiarowy z częstotliwością 0,5 Hz. Do pomiaru temperatur nad komorą badawczą tacy wykorzystano stojak (zob. ryc. 4) ze stali żaroodpornej, do którego zamontowano trzy termopary typu N, na wysokościach: 50 cm, 130 cm i 180 cm nad środkiem dna tacy. Czujniki temperatury i 12 termopar typu K zamontowano na wysokościach 110 cm i 160 cm nad powierzchnią ziemi, przy wykorzystaniu sześciu stojaków (zob. ryc. 5) ze stali żaroodpornej.

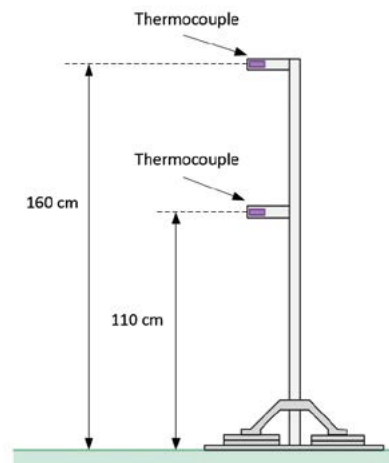


**Figure 4.** Heat-resistant steel stand for mounting thermocouples N-type

**Rycina 4.** Stojak ze stali żaroodpornej do montażu termopar typu N

**Source:** Own elaboration.

**Źródło:** Opracowanie własne.



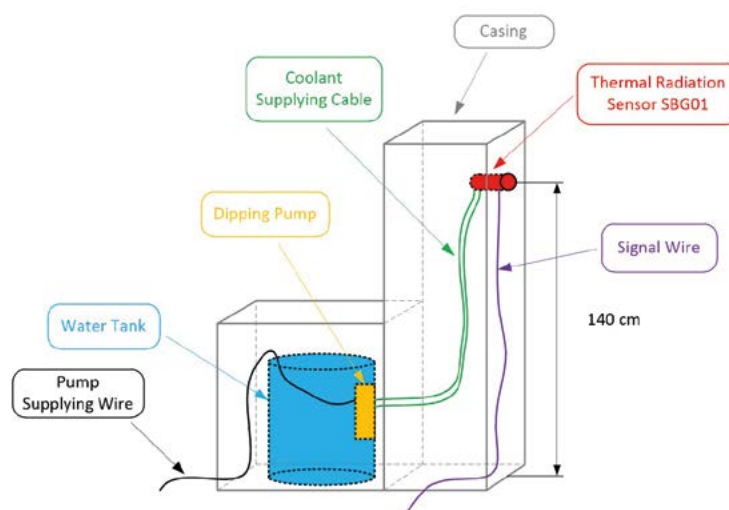
**Figure 5.** Heat-resistant steel stand for mounting thermocouples K-type  
**Rycina 5.** Stojak ze stali żaroodpornej do montażu termopar typu K

**Source:** Own elaboration.

**Źródło:** Opracowanie własne.

The thermal radiation measurement system consisted of 4 Schmidt-Boelter thermal radiation density sensors model SBG01 [12], a DATAQ DI-2008 data acquisition module [13] and a portable computer with WINdaq software. The operating principle of the Schmidt-Boelter SBG01 thermal radiation density sensor is based on the change in voltage produced by the amount of energy absorbed on the sensitive element [12]. The measuring system ensured the recording of values of the thermal radiation density at a frequency of 2 Hz. Dedicated closed water cooling systems were used to cool the SBG01 thermal radiation density sensors, which include submersible pumps to provide the required water pressure and flow, and 20 dm<sup>3</sup> coolant tanks. Construction schematic of a closed water cooling system for radiation density sensors is shown in Figure 6.

W skład układu pomiarowego promieniowań cieplnych wchodziły 4 czujniki gęstości promieniowania cieplnego typu Schmidt-Boelter model SBG01 [12], moduł akwizycji danych DATAQ DI-2008 [13] oraz przenośny komputer wraz z oprogramowaniem WINdaq. Zasada działania czujnika gęstości promieniowania cieplnego Schmidt-Boelter SBG01 opiera się na zmianie napięcia wytwarzanego w skutek ilości zaabsorbowanej energii na elemencie czułym [12]. Układ pomiarowy zapewniał rejestrowanie wartości gęstości promieniowań cieplnych z częstotliwością 2 Hz. W celu chłodzenia czujników gęstości promieniowania cieplnego SBG01 wykorzystano dedykowane zamknięte wodne układy chłodzące, w skład których wchodzi m.in. pompy zanurzeniowe, zapewniające wymagane ciśnienie i przepływ wody oraz zbiorniki na ciecz chłodzącą o pojemności 20 dm<sup>3</sup>. Schemat konstrukcyjny zamkniętego wodnego układu chłodzenia czujników gęstości promieniowania przedstawiono na rycinie 6.



**Figure 6.** Thermal radiation density sensor with a water cooling system  
**Rycina 6.** Czujnik gęstości promieniowania cieplnego z układem chłodzenia wodą

**Source:** Own elaboration.

**Źródło:** Opracowanie własne.

## Pool fire testing of technical ethanol

EU dehydrated fully denatured ethanol (ESOLL) (hereafter referred to as technical ethanol) was used in the study, the chemical composition of which is shown in Table 1.

**Table 1.** Specification of the mixture  
**Tabela 1.** Specyfikacja mieszaniny

Chemical composition / Skład chemiczny	Units / Jednostki	Limits / Tolerancje
Ethanol dehydrated / Etanol odwodniony	% m/m	max. 98.0
Isopropanol / Izopropanol	% m/m	min. 1.0
Methyl ethyl ketone / Metyloetyloketon	% m/m	min. 1.0
Denatonium benzoate / Denatonium benzoate	% m/m	min. 0.001

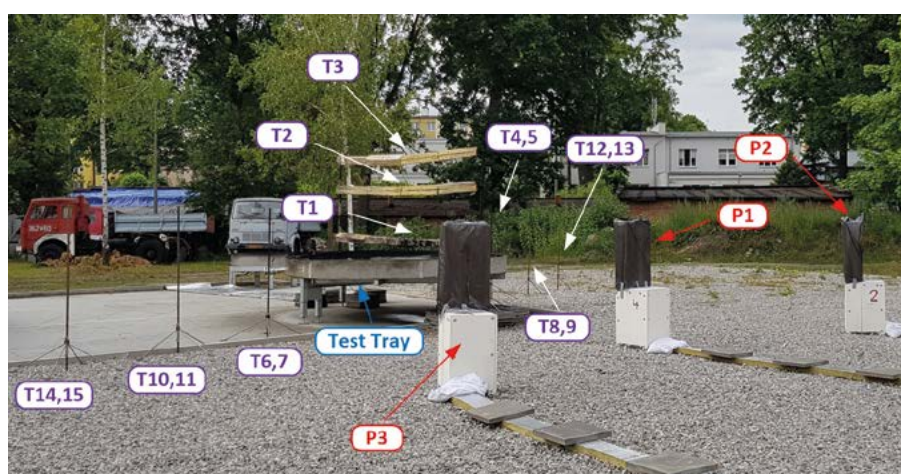
**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.

The field test stand prepared for pool fire testing of technical ethanol is shown in Figure 7. Temperature and thermal radiation density were measured using a developed measuring system with data acquisition, which included measuring sensors mounted in the defined locations relative to the fire (see Figure 3).

## Badania pożaru powierzchniowego etanolu technicznego

W badaniu wykorzystano etanol (ESOLL) odwodniony całkowicie skażony metodą EU (zwany dalej etanolem technicznym), którego skład chemiczny przedstawiono w tabeli 1.

Poligonowe stanowisko badawcze przygotowane do badań pożaru powierzchniowego etanolu technicznego przedstawiono na rycinie 7. Pomiarów temperatur i gęstości promieniowań cieplnych dokonano przy pomocy opracowanego układu pomiarowego z akwizycją danych, w skład którego wchodziły czujniki pomiarowe zamontowane w zdefiniowanych lokalizacjach względem pożaru (zob. ryc. 3).



**Figure 7.** Pool fire test stand prepared for testing: T – thermocouple, P – thermal radiation density sensor  
**Rycina 7.** Stanowisko do badania pożarów powierzchniowych przygotowane do badań: T – termopara, P – czujniki gęstości promieniowania cieplnego

**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.

Metrological data such as air temperature, atmospheric pressure, humidity, wind direction and speed were monitored and recorded using the weather station. During the tests, changes in wind speed at 106 s, 138 s and 168 s and wind direction at 106 s

Za pomocą stacji pogodowej monitorowano i rejestrowano dane metrologiczne, takie jak temperatura powietrza, ciśnienie atmosferyczne, wilgotność, kierunek i prędkość wiatru. W trakcie badań zarejestrowano zmiany prędkości wiatru w 106 s, 138 s

and 138 s were recorded (see Table 2). For further considerations, the wind direction is taken as the direction from which the wind is blowing. The wind diagram (wind programme, wind rose) is shown in Figure 3.

**Table 2.** Metrological conditions during field tests

**Tabela 2.** Warunki metrologiczne podczas badań poligonowych

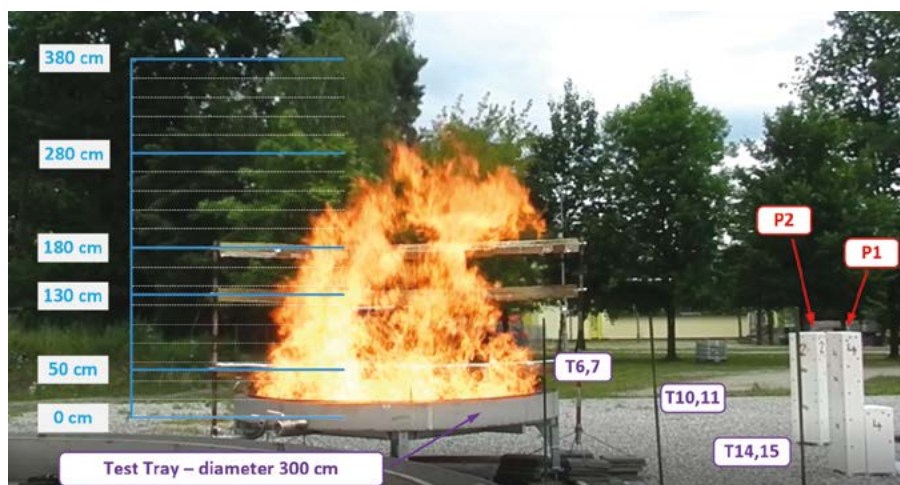
Temperature / Temperatura		22°C
Air pressure / Ciśnienie powietrza		1017.6 hPa
Humidity / Wilgotność		56%
Wind speed / Prędkość wiatru	Time: / Czas: (0 s. 106 s)	0.4 m/s
	Time: / Czas: (106 s. 138 s)	0.9 m/s
	Time: / Czas: (138 s. 168 s)	0.1 m/s
	Time: / Czas: (168 s. 360 s)	0.4 m/s
Wind direction / Kierunek wiatru	Time: / Czas: (0 s. 106 s)	WNW – 292.5°
	Time: / Czas: (106 s. 138 s)	NNW – 337.5°
	Time: / Czas: (138 s. 360 s)	W – 270°

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

The size of the pool fire flame, determined from the average reading of the video recording from 26 s to 210 s of the test, was 286 cm. The height was estimated by comparing the height of the flame with racks set up nearby with marked graduations of specific lengths. Figure 8 shows a photograph of the site with the height measurement plotted scale, which was taken during the survey.

Rozmiar płomienia pożaru powierzchniowego, wyznaczony ze średniej odczytów z zapisu wideo od 26 s do 210 s badania, wyniósł 286 cm. Oszacowania wysokości dokonano przez porównanie wysokości płomienia z ustawionymi w pobliżu stojakami z zaznaczonymi podziałkami o określonych długościach. Na rycinie 8 przedstawiono zdjęcie stanowiska z naniesioną skalą pomiarową wysokości, które wykonano w trakcie realizacji badania.



**Figure 8.** Pool fire test stand during the test

**Rycina 8.** Stanowisko do badania pożarów powierzchniowych w trakcie realizacji badań

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.



The results of the measurements of instantaneous temperature values and thermal radiation densities carried out during the field fire test are shown in Figures 9–13. The mean and maximum values of the temperatures and heat radiation densities recorded on the measuring sensors are shown in Figure 14. The mean values were determined as time averages of the readings of the instantaneous values during the steady burning stage of the fire (i.e. phase II of the fire), the duration of which was assumed to be between 26 s and 210 s (see Figures 9–13). The time interval over which the average values were determined does not take into account phase I of the fire – from ignition to maximum fire energy/efficiency – and phase III of the fire, i.e. fire extinction. In the course of the test, a significant effect of wind on the values of the recorded temperatures and heat radiation densities on the sensors was observed. Deflecting the flame to the leeward side caused the flame to approach thermocouples T6, T7, T10, T11, T14, T15 and to move away from thermocouples T4, T5, T8, T9, T12 and T13. The results of the recorded temperature values and thermal radiation densities (see Figures 9–13) are higher on sensors placed closer to the leeward side than on sensors placed closer to the windward side. For example, the mean temperature values at thermocouples T7 and T6 were 71.0°C and 52.8°C, respectively, while those at thermocouples T5 and T4 were 41.4°C and 37.8°C (see Figure 14).

During the test, between 106 s and 138 s, the highest wind speed of 0.9 m/s was recorded, which blew from a north-north-westerly direction (NNW, 337.5°). The impact of the northwest wind, caused the flame to deflect directly in a straight line onto thermocouples T6, T7, T10, T11, T14 and T15, resulting in an increase in the temperature values recorded on them (see Figures 10–12). For example, thermocouples T6 and T7 recorded an increase in the temperature values from 72.7°C and 61.0°C to 161.3°C and 69.3°C, respectively. At the same time, thermocouples mounted on the opposite side of the test tray indicated slight decreases in temperature values.

At the lowest wind speed prevailing during the test, 0.1 m/s, there was an increase in the temperature values recorded at thermocouples T1, T2 and T3 (see Figure 9). This was caused by a flame that, when not blown out, could rise vertically upwards and fully sweep the temperature sensors located above the centre of the bottom of the tray test chamber.

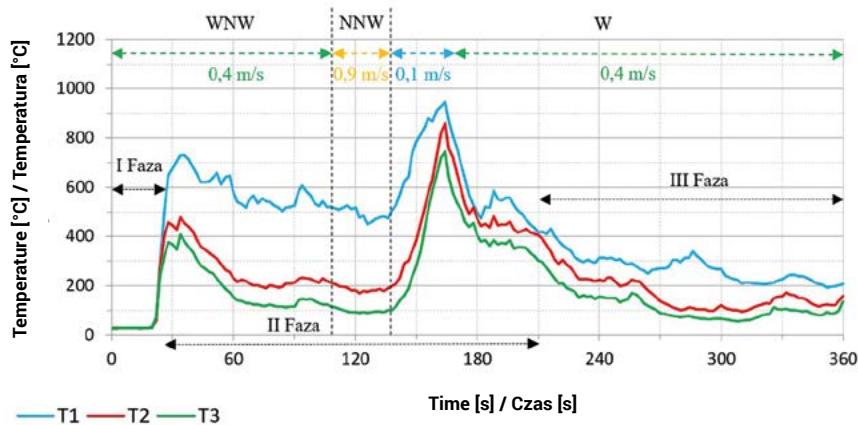
During the experiment, the thermal radiation generated by the flame, which is one of the most important heat transport mechanisms in the fire environment, was also recorded [14]. The set up heat radiation density sensors monitored the immediate zone of influence, where the emitted heat could lead to changes in the fire situation and endanger people. The maximum values that were recorded (see Figure 13) on sensors P1 and P3 can cause pain after 15–20 s, burns after 30 s [14]. Analysing the graph, also in this case, a strong influence of the wind direction on the magnitude of the recorded thermal radiation density is noticeable. The second aspect affecting this value is the distance itself from the surface of the burning liquid. For methanol combustion, a distance of 10 m or more, for fires with a spill area diameter of up to 3 m, may be considered safe. The radiation density values during the experiment at the P4 sensor location did not exceed 1 kW/m<sup>2</sup>.

Wyniki pomiarów chwilowych wartości temperatur i gęstości promieniowań cieplnych, przeprowadzonych w trakcie poligonowego badania pożaru, przedstawiono na rycinach 9–13. Wartości średnie i maksymalne temperatur oraz gęstości promieniowań cieplnych, zarejestrowanych na czujnikach pomiarowych, przedstawiono na rycinie 14. Wartości średnie wyznaczono jako średnie w czasie z odczytu wartości chwilowych w etapie ustalonego spalania pożaru (tzn. w II fazie pożaru), którego czas trwania przyjęto od 26 s do 210 s (zob. ryc. 9–13). Przedział czasu, w którym dokonano wyznaczenia wartości średnich, nie uwzględnia I fazy pożaru – od zapłonu do osiągnięcia maksymalnej energii/wydajności pożaru – oraz fazy III pożaru, czyli wygaszania pożaru. W trakcie badań zaobserwowano znaczący wpływ wiatru na wartości rejestrowanych temperatur oraz gęstości promieniowań cieplnych na czujnikach. Odchylenie płomienia w kierunku zawietrznej powodowało, że płomień zbliżał się do termopar T6, T7, T10, T11, T14, T15, a oddalał się od termopar T4, T5, T8, T9, T12 i T13. Wyniki zarejestrowanych wartości temperatur i gęstości promieniowań cieplnych (zob. ryc. 9–13) są wyższe na czujnikach umieszczonych bliżej strony zawietrznej niż na czujnikach umieszczonych bliżej strony nawietrznej. Przykładowo, wartości średnie temperatur na termoparach T7 i T6 wynosiły odpowiednio 71,0°C i 52,8°C, podczas gdy na termoparach T5 i T4 wynosiły 41,4°C i 37,8°C (zob. ryc. 14).

W trakcie badania, pomiędzy 106 s a 138 s zarejestrowano najwyższą, wynoszącą 0,9 m/s, wartość prędkości wiatru, który wiał z kierunku północno-północno-zachodniego (NNW, 337,5°). Oddziaływanie północno-zachodniego wiatru, powodowało odchylenie płomienia bezpośrednio w linii prostej na termopary T6, T7, T10, T11, T14 i T15, w wyniku czego nastąpił wzrost wartości temperatur na nich rejestrowanych (zob. ryc. 10–12). Przykładowo, na termoparach T6 i T7 zarejestrowano wzrost wartości temperatur odpowiednio z 72,7°C i 61,0°C do 161,3°C i 69,3°C. W tym samym czasie termopary zamontowane po przeciwnej stronie tacy badawczej wskazały niewielkie spadki wartości temperatur.

Przy najniższej prędkości wiatru panującej podczas badania, wynoszącej 0,1 m/s, nastąpił wzrost wartości temperatur rejestrowanych na termoparach T1, T2 i T3 (zob. ryc. 9). Było to spowodowane przez płomień, który niezdmuchiwany, mógł unosić się pionowo do góry i w pełni omiatać czujniki temperatury umieszczone nad środkiem dna komory badawczej tacy.

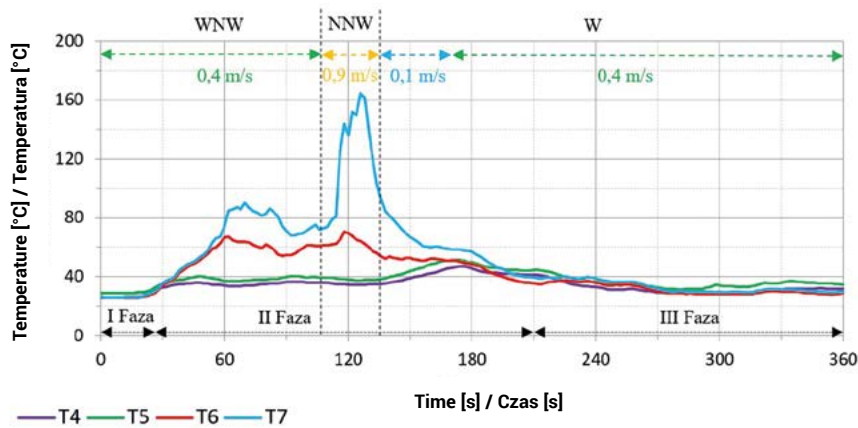
W trakcie eksperymentu dokonano rejestracji promieniowania cieplnego generowanego przez płomień, które jest jednym z ważniejszych mechanizmów transportu ciepła w środowisku pożaru [14]. Rozstawione czujniki gęstości promieniowania cieplnego monitorowały bezpośrednią strefę oddziaływania, w której wydzielające się ciepło może doprowadzić do zmian w sytuacji pożaru i zagrozić ludziom. Maksymalne wartości jakie rejestrowano (zob. ryc. 13) na czujnikach P1 i P3 mogą powodować ból po 15–20 s, oparzenia – po 30 s [14]. Analizując wykres, również i w tym przypadku zauważalny jest silny wpływ kierunku wiatru na wielkość rejestrowanej gęstości promieniowania cieplnego. Drugim aspektem wpływającym na tę wartość jest sama odległość od powierzchni spalanej cieczy. W przypadku spalania się metanolu odległość wynosząca 10 m i więcej, dla pożarów o średnicy powierzchni rozlewiska do 3 m, może być uznana za bezpieczną. Wartości gęstości promieniowania w czasie eksperymentu w miejscu ustawienia czujnika P4 nie przekraczały 1 kW/m<sup>2</sup>.



**Figure 9.** Graph of changes in temperature values as a function of time, indicated by thermocouples T1, T2 and T3 located above the bottom of the test tray  
**Rycina 9.** Wykres zmian wartości temperatur w funkcji czasu, wskazywanych przez termopary T1, T2 i T3 umieszczone nad dnem tacy badawczej

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

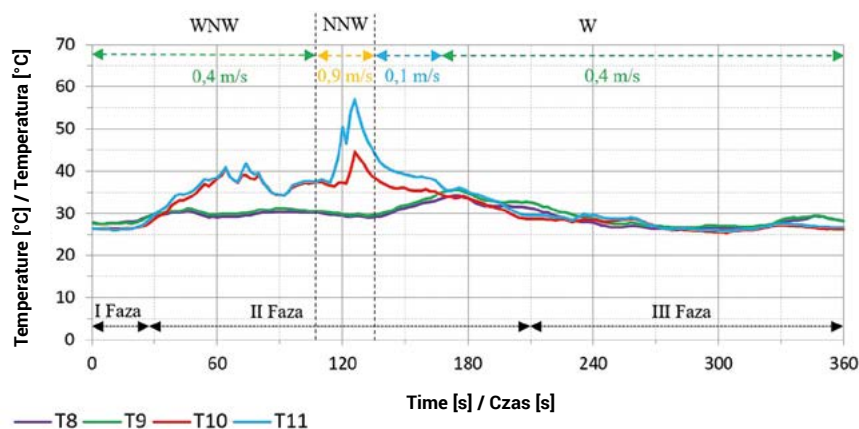


**Figure 10.** Graph of changes in temperature values as a function of time, indicated by thermocouples T4, T5, T6 and T7

**Rycina 10.** Wykres zmian wartości temperatur w funkcji czasu, wskazywanych przez termopary T4, T5, T6 i T7

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

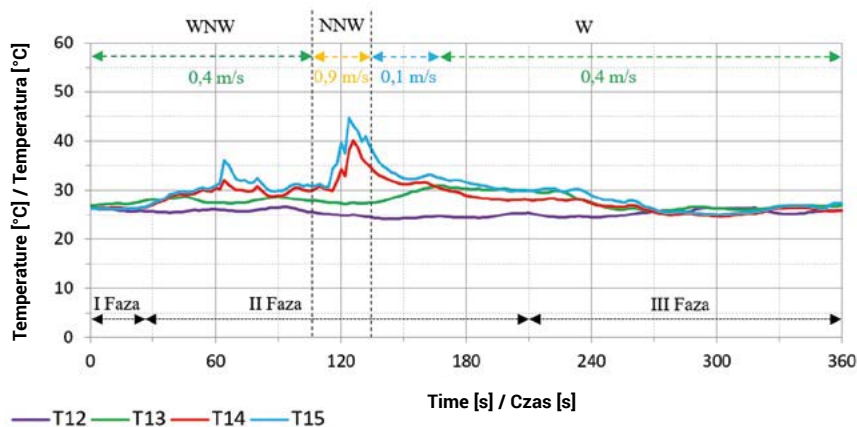


**Figure 11.** Graph of changes in temperature values as a function of time, indicated by thermocouples T8, T9, T10 and T11

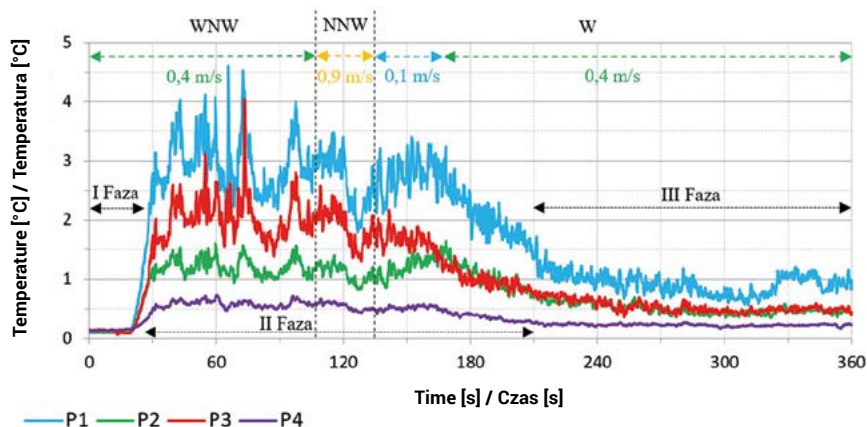
**Rycina 11.** Wykres zmian wartości temperatur w funkcji czasu, wskazywanych przez termopary T8, T9, T10 i T11

Source: Own elaboration.

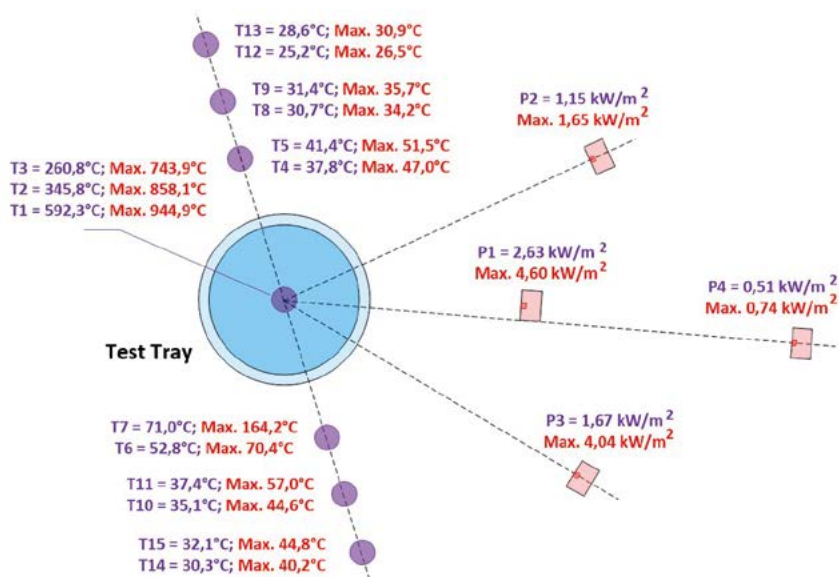
Źródło: Opracowanie własne.



**Figure 12.** Graph of changes in temperature values as a function of time, indicated by thermocouples T12, T13, T14 and T15  
**Rycina 12.** Wykres zmian wartości temperatur w funkcji czasu, wskazywanych przez termopary T12, T13, T14 i T15  
**Source / Źródło:** Own elaboration. / Opracowanie własne.



**Figure 13.** Graph of changes in the value of thermal radiation density as a function of time, indicated by sensors P1, P2, P3 and P4  
**Rycina 13.** Wykres zmian wartości gęstości promieniowań ciepłych w funkcji czasu, wskazywanych przez czujniki P1, P2, P3 i P4  
**Source / Źródło:** Own elaboration. / Opracowanie własne.



**Figure 14.** Average and maximum values of temperatures and thermal radiation density registered during the test  
**Rycina 14.** Wartości średnie i maksymalne temperatur i gęstości promieniowań ciepłych zarejestrowane podczas badania  
**Source / Źródło:** Own elaboration. / Opracowanie własne.

## Conclusion

Some of the most common fires are pool fires, which are characterised by high temperatures and associated high thermal radiation. In order to determine the temperatures thermal radiation densities caused by a pool fire, polygon tests were carried out. During the tests, temperatures and thermal radiation densities were measured at various distances/locations relative to the pool fire site of technical ethanol using a developed measuring system that included measuring sensors mounted at defined locations. During the tests, a significant effect of the wind on the recorded values was observed. Higher values of temperature and heat radiation density were recorded at the sensors on the leeward side than on the windward side. The decrease in wind speed caused an increase in the temperature values recorded on the thermocouples located above the centre of the bottom of the tray test chamber, which was caused by the flame that, when not blown away, could rise vertically upwards and fully sweep the temperature sensors. Therefore, an important aspect of rescue and firefighting operations is to approach the fire from the windward side. At the same time, it has been demonstrated that it is quite safe to stay within 10 m of methanol spill fires with diameters up to 3 m, while undertaking firefighting activities from a distance of less than 10 m requires the use of personal protective equipment.

The test results presented in this article have allowed to determine the characteristics of a pool fire. The large-scale research contributes to a better knowledge of the hazards and effects caused by the pool fires in real emergency events.

\*\*\*

This publication has been prepared under the project number DOB-BI07/09/03/2015 entitled "Programme for the evaluation of the risk of accidents in industrial facilities posing a hazard outside their premises" funded by the National Centre for Research and Development.

## Podsumowanie

Jednymi z najczęściej występujących pożarów są pożary powierzchniowe, które cechują się wysoką temperaturą i związanym z nią wysokim promieniowaniem cieplnym. W celu określenia temperatur i gęstości promieniowań cieplnych wywoływanych przez pożar powierzchniowy, przeprowadzono badania poligonowe. Podczas wykonywania badań przy pomocy opracowanego układu pomiarowego, w skład którego wchodziły czujniki pomiarowe zamontowane w zdefiniowanych miejscach, dokonano pomiarów temperatur i gęstości promieniowań cieplnych w różnych odległościach/lokalizacjach względem miejsca pożaru powierzchniowego etanolu technicznego. W trakcie testów zaobserwowano znaczący wpływ wiatru na wartości rejestrowanych wielkości. Wyższe wartości temperatur i gęstości promieniowań cieplnych rejestrowano na czujnikach po stronie zawietrznej niż po stronie nawietrznej. Spadek prędkości wiatru powodował wzrost wartości temperatur rejestrowanych na termoparach umieszczonych nad środkiem dna komory badawczej tacy, co było spowodowane przez płomień, który niezdmuchiwany, mógł unosić się pionowo do góry i w pełni omiatać czujniki temperatury. Dlatego ważnym aspektem działań ratowniczych i gaśniczych jest podchodzenie do pożaru od strony nawietrznej. Jednocześnie wykazano, że przebywanie w odległości 10 m od pożarów rozlewisk metanolu o średnicach do 3 m jest dość bezpieczne, natomiast podejmowanie działań gaśniczych z odległości mniejszych niż 10 m wymaga użycia indywidualnych środków zabezpieczających.

Przedstawione w niniejszym artykule wyniki badań pozwoliły na określenie charakterystyki pożaru powierzchniowego. Badania przeprowadzone w dużej skali przyczyniają się do pogłębienia wiedzy z zakresu zagrożeń oraz skutków powodowanych przez pożary powierzchniowe mające miejsce w rzeczywistych zdarzeniach awaryjnych.

\*\*\*

Publikacja została opracowana w ramach projektu nr DOB-BI07/09/03/2015 pt. „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

## Literature / Literatura

- [1] Tępiński J., Połec B., Klapsa W., Lesiak P., *Badania pożarów powierzchniowych i strumieniowych w dużej skali*, [w:] *Badania na rzecz poprawy bezpieczeństwa w zakładach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem*, J. Tępiński, B. Połec (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2020, 45–67.
- [2] <https://pse-safety.com/podstawowe-rodzaje-pozarow/> [dostęp: 2 marca 2022].
- [3] Klapsa W., Suchecki S., Bąk D., Dziechciarz A., *Czynniki narażenia podczas pożarów*, [w:] *Czerwona Księga Pożarów Tom I*, P. Guzowski, D. Wróblewski, D. Małozieć (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2016, 275–292.
- [4] Blanchat T., Figueroa V., *Large-scale open pool experimental data and analysis for fire model validation and development*, "Fire Safety Science" 2008, 9, 105–115, <https://doi.org/10.3801/IAFSS.FSS.9-105>.
- [5] Zhen C., Xiaolin W., *Analysis for combustion properties of crude oil pool fire*, "Procedia Engineering" 2014, 84, 514–523, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.10.463>.
- [6] Hamins A., Klassen M. S., Kashiwagi T., *Heat feedback to the fuel surface in pool fires*, "Combustion Science and Technology" 1994, 97, 37–62, <https://doi.org/10.1080/00102209408935367>.

- [7] Bubbico R., Dusserre G., Mazzarotta B., *Calculation of the flame size from burning liquid pools*, "Chemical Engineering Transactions" 2016, 53, 67–72, <https://doi.org/10.3303/CET1653012>.
- [8] Munoz M., Arnaldos J., Casal J., Planas E., *Analysis of the geometric and radiative characteristics of hydrocarbon pool fires*, "Combustion and Flame" 2004, 139, 263–277, <https://doi.org/10.1016/j.combustflame.2004.09.001>.
- [9] Tępiński J., Wawrzyńczak A., Siess G., Cygańczuk K., *Program informatyczny do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych*, „Przemysł Chemiczny” 2021, 4, 356–361, <https://doi.org/10.15199/62.2021.4.8>.
- [10] Połeć B., Tępiński J., *Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych – założenia projektu systemu a praktyczne zastosowanie*, [w:] *Metody i narzędzia wspomagające proces oceny ryzyka awarii w zakładach przemysłowych*, B. Połeć, J. Tępiński (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2019, 147–164, <https://doi.org/10.17381/2019.2>.
- [11] <https://www.ni.com/pdf/manuals/372838e.pdf> [dostęp: 2 marca 2022].
- [12] [https://www.hukseflux.com/uploads/product-documents/SBG01\\_manual\\_v2023\\_0.pdf](https://www.hukseflux.com/uploads/product-documents/SBG01_manual_v2023_0.pdf) [dostęp: 2 marca 2022].
- [13] <https://www.dataq.com/resources/pdfs/manuals/di-2008-usb-voltage-thermocouple-daq.pdf> [dostęp: 2 marca 2022].
- [14] Klapsa W., Lesiak P., Tępiński J., Połeć B., *Pomiary promieniowania cieplnego i temperatury pożarów rozlewisk cieczy oraz pożarów strumieniowych – założenia koncepcyjne do badań w dużej skali*, [w:] *Badania na rzecz poprawy bezpieczeństwa w zakładach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem*, J. Tępiński, B. Połeć (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2020, 13–44, <https://doi.org/10.17381/2020.1>.

**JAROSŁAW TĘPIŃSKI, PH.D. ENG.** – graduated from the Faculty of Electrical Engineering of the Warsaw University of Technology with a specialization in Automation and Computer Engineering. In 2016, at the same faculty, he obtained a doctoral degree in technical sciences. Currently, he is an assistant professor at the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute in Józefów and a head of a research and scientific project entitled “A program for assessing the risk of accidents in industrial facilities posing a threat outside their premises”. Specialty – electrical engineering, automation and technical fire protection systems.

**JUNIOR BRIG. WOJCIECH KLAPSA, M.SC. ENG.** – a graduate of the Main School of Fire Service in Warsaw and the Military University of Technology in Warsaw, Faculty of Chemistry. Currently, he serves at Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute in the Laboratory of Combustion Processes and Explosions as a manager. Author or co-author of articles on fire safety and flammable properties of building materials. At CNBOP-PIB, he deals with the subject of technical expertise of buildings, court opinions in the field of determining the causes of fires and research in the field of reaction to fire of construction products, as well as determining the explosive parameters of flammable substances. A speaker at national and international conferences, as well as a lecturer during exercises, workshops and training during training courses and other course.

**COL. RET. KRZYSZTOF CYGAŃCZUK, PH.D. ENG.** – he completed his master’s studies at the University of Szczecin and doctoral studies at the War Art Academy in Warsaw, as well as postgraduate studies in foreign service at the National Defense Academy, data protection and information security at the Cardinal Stefan Wyszyński University in Warsaw and crisis management at NATO Defense College (Rome) and NATO School (Oberammergau). In 2004–2008 he was a liaison officer of the NATO Office (NLO) in Kyiv, in 2008–2010 he was a consul at the Consulate General of the Republic of Poland in Lviv. He is an assistant professor at the Department of Studies and Scientific Projects at CNBOP-PIB in Józefów. Specialty – environmental engineering, safety science.

**DR INŻ. JAROSŁAW TĘPIŃSKI** – w 2008 r. ukończył studia o specjalności Automatyka i Inżynieria Komputerowa na Wydziale Elektrycznym Politechniki Warszawskiej. Na tym samym wydziale w 2016 r. uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych. Obecnie jest adiunktem w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie oraz kierownikiem projektu badawczo-naukowego pt. „Program do oceny ryzyka wystąpienia awarii w obiektach przemysłowych stwarzających zagrożenie poza swoim terenem”. Specjalność – elektrotechnika, automatyka oraz techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych.

**MŁ. BRYG. MGR INŻ. WOJCIECH KLAPSA** – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie i Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie Wydziału Chemii. Obecnie pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości na stanowisku Kierownika. Autor lub współautor artykułów o tematyce bezpieczeństwa pożarowego oraz właściwości palnych materiałów budowlanych. W CNBOP-PIB zajmuje się tematyką ekspertyz technicznych budynków, opinii sądowych w zakresie ustalania przyczyn pożarów oraz badaniami w zakresie reakcji na ogień wyrobów budowlanych, a także wyznaczaniem parametrów wybuchowych substancji palnych. Prelegent na konferencjach krajowych i zagranicznych, a także wykładowca podczas ćwiczeń oraz warsztatów i treningów na szkoleniach i kursach.

**PŁK REZ. DR INŻ. KRZYSZTOF CYGAŃCZUK** – ukończył studia magisterskie na Uniwersytecie Szczecińskim oraz studia doktoranckie w Akademii Sztuki Wojennej w Warszawie, a także studia podyplomowe z zakresu służby zagranicznej w Akademii Obrony Narodowej, ochrony danych i bezpieczeństwa informacji na Uniwersytecie Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie oraz zarządzania kryzysowego w NATO Defence College (Rzym) i NATO School (Oberammergau). W latach 2004–2008 był oficerem łącznikowym Biura NATO (NLO) w Kijowie, z kolei w latach 2008–2010 był konsulem w Konsulacie Generalnym RP we Lwowie. Jest adiunktem w Dziale Prac Studialnych i Projektów Naukowych w CNBOP-PIB w Józefowie. Specjalność – inżynieria środowiska, nauki o bezpieczeństwie. Przedstawiciel

Representative of the Technical Committee No. 176 for Military Technology and Supply in the Polish Committee for Standardization.

**JUNIOR BRIG. PIOTR LESIAK, M.SC. ENG.** – he graduated from the Main School of Fire Service in Warsaw in 2002. A graduate of engineering studies in Chemistry at the Military University of Technology, he completed his post-graduate studies in Business Process Safety at the Lodz University of Technology. He works at the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute in Józefów as a Deputy Manager at the Laboratory of Combustion Processes and Explosions.

**MICHAŁ WOJCIECH LEWAK, PH.D. ENG.** – in 2005, he began doctoral studies at the Faculty of Chemical and Process Engineering of the Warsaw University of Technology. In 2011, he obtained a doctorate with honors, specializing in chemical engineering. Since 2011, he has been a research and teaching worker at the Warsaw University of Technology. He works as a lecturer at the Division of Kinetics and Process Thermodynamics at the Faculty of Chemical and Process Engineering. He deals with mathematical modeling of mass, heat and energy transport phenomena in physicochemical systems with particular emphasis on methods related to computational fluid mechanics. In addition, he deals with process safety issues in chemical reactors, mathematical modeling related to jet fire and contamination spreading.

Komitetu Technicznego nr 176 ds. Techniki Wojskowej i Zaopatrzenia w Polskim Komitecie Normalizacyjnym.

**ML. BRYG. MGR INŻ. PIOTR LESIAK** – w 2002 r. ukończył studia w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Absolwent studiów inżynierskich na kierunku chemia w Wojskowej Akademii Technicznej oraz studiów podyplomowych Bezpieczeństwo Procesów Przemysłowych na Politechnice Łódzkiej. Pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej PIB w Józefowie na stanowisku Zastępcy Kierownika w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości.

**DR. INŻ. MICHAŁ LEWAK** – W roku 2005 rozpoczął studia doktorskie na Wydziale Inżynierii Chemicznej i Procesowej Politechniki Warszawskiej. W roku 2011 uzyskał z wyróżnieniem stopień doktora specjalność inżynieria chemiczna. Od 2011 roku jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Politechniki Warszawskiej. Pracuje na stanowisku adiunkta w Zakładzie Kinetyki i Termodynamiki Procesowej na Wydziale Inżynierii chemicznej i Procesowej. Zajmuje się modelowaniem matematycznym zjawisk transportu masy, ciepła i energii w układach fizykochemicznych. Ze szczególnym uwzględnieniem metod związanych z obliczeniową mechaniką płynów. Ponadto zajmuje się problemami bezpieczeństwa procesowego w reaktorach chemicznych, modelowaniem matematycznym związanym z pożarem strumieniowym i rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń.