

dr inż. Renata Dobrzyńska¹⁾
ORCID: 0000-0001-5469-5045

Zagrożenie pożarowe powodowane przez nawierzchnie sportowe z tworzyw sztucznych

Fire hazard caused by plastics sports surfaces

DOI: 10.15199/33.2022.09.13

Streszczenie. W artykule przedstawiono wybrane czynniki zagrożenia pożarowego stwarzanego przez nawierzchnie sportowe z tworzyw sztucznych. Zaprezentowano wyniki badań reakcji na ogień przeprowadzonych metodami stosowanymi do klasyfikacji tego typu materiałów zgodnie z PN-EN 13501-1:2019. Wykonano również dodatkowe badania na kalorymetrze stożkowym w celu wyznaczenia innych właściwości palnych materiałów, które mogą wpływać na bezpieczeństwo ludzi znajdujących się w strefie objętej pożarem.

Słowa kluczowe: zagrożenie pożarowe; badania reakcji na ogień materiałów.

Abstract. The article presents selected factors of fire hazard posed by sports surfaces made of plastics. The results of reaction to fire tests carried out with the method used for the classification of this type of materials in accordance with the PN-EN 13501-1:2019 standard are presented. Additional tests were also carried out on the cone calorimeter to determine other flammable properties of materials that may affect the safety of people in the fire zone.

Keywords: fire hazard; reaction to fire tests of materials.

Tworzywa sztuczne coraz powszechniej wykorzystywane są do produkcji różnego rodzaju nawierzchni sportowych, takich jak systemy sztucznej trawy czy bezspoinowe nawierzchnie poliuretanowe. Tego typu rozwiązania mają wiele zalet: są odporne na działanie czynników atmosferycznych i na uszkodzenia mechaniczne oraz amortyzują upadki, co zapobiega kontuzjom i stłuczeniom u użytkowników. Dodatkową zaletą jest możliwość ich wytworzenia z wykorzystaniem odpadów gumowych przede wszystkim na bazie kauczuku etylenowo-propylenowo-dienowego (EPDM) lub kauczuku butadienowo-styrenowego (SBR), których recykling jest obecnie bardzo skomplikowany. Najczęściej odpady tego typu są przetwarzane na drodze recyklingu mechanicznego m.in. przez produkcję kompozytów polimerowych lub zmiełenie zwulkanizowanych odpadów do postaci granulatów [1].

Poliuretanowe nawierzchnie sportowe (fotografia 1) mogą się różnić konstrukcją, a tym samym składem. Stosowane są nawierzchnie jednowarstwowe z EPDM lub wielowarstwowe, w któ-



Fot. 1. Przykładowa nawierzchnia poliuretanowa
Źródło: <https://pixabay.com/pl/photos/lekkoatletyka-sportowych-aren-grunt-1867053/>

Photo 1. An example of a polyurethane surface

rych dolna warstwa to elastyczny podkład, najczęściej z granulatu gumowego SBR oraz z warstwy użytkowej wykonanej w całości z granulatu EPDM i kleju poliuretanowego. Skład poszczególnych mieszanek jest z reguły zastrzeżony przez producenta.

Podstawowymi elementami systemu sztucznej trawy jest trawa z polietylenu na spodzie lateksowym lub tkanym (fotografia 2) i zasyp, czyli wypełnienie, którym może być: czysty piasek kwarcowy; piasek kwarcowy i granulaty gumowy jako górna warstwa; mieszanina piasku i granulatu.

System sztucznej trawy może być ułożony bezpośrednio na podłożu lub na podkładzie amortyzującym np. z SBR ewentualnie macie elastycznej z polietylenu. W praktyce stosowane są włókna ze sztucznej trawy o róż-



Fot. 2. Trawa syntetyczna

Źródło: <https://pixabay.com/pl/photos/dywan-trawnik-sztuczna-murawa-trawa-475928/>

Photo 2. Synthetic grass

nej wysokości, a także różne ilości zasypu oraz różne proporcje piasku i granulatu.

Czynniki zagrożenia pożarowego

Najbardziej istotne czynniki decydujące o przebiegu procesu rozwoju pożaru [2], to:

- zapalność materiałów;
- szybkość rozprzestrzeniania płomieni;
- wydzielanie ciepła;
- wydzielanie dymu i toksycznych gazów.

Czynniki te w dużej mierze zależą od składu chemicznego materiałów, ich odporności na oddziaływanie źródeł podpalenia i od warunków końcowego zastosowania, dlatego też do badania wła-

¹⁾ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie; Wydział Techniki Morskiej i Transportu; renata.dobrzyńska@zut.edu.pl

ściwości materiałów palnych powinny być zastosowane odpowiednie metody badawcze, a próbki do badań być reprezentatywne do końcowego zastosowania. Czasem wydawałoby się, że mało istotna zmiana w składzie materiału nie wpłynie na zmianę jego właściwości palnych, ale wyniki badań palności wskazują, że może mieć to znaczenie. W związku z tym badania reakcji na ogień systemu sztucznej trawy wykonuje się w przypadku konkretnego zastosowania.

Badania reakcji na ogień nawierzchni sportowych

Nawierzchnie sportowe, które mają być zastosowane w budynkach lub **tyczasowych obiektach budowlanych (np. w hali namiotowej)**, powinny spełniać wymagania **rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie** [3] Zgodnie z tym rozporządzeniem materiały stosowane na posadzkach nie mogą być łatwo zapalne i intensywnie dymiące. Określeniom tym są przypisane klasy reakcji na ogień zgodne z normą PN-EN 13501-1:2019 [4], czyli materiały łatwo zapalne są sklasyfikowane jako D_n , E_n i F_n , natomiast intensywnie dymiące oznaczone są jako s2. Badania reakcji na ogień materiałów podłogowych powinny być wykonane zgodnie z normami PN-EN ISO 9239-1:2010 oraz PN-EN ISO 11925-2:2020 [5 – 6], ale w przypadku systemów sztucznej trawy, w których stosuje się zasyp w postaci piasku lub warstw piasku i granulatu, nie ma możliwości wykonania badań reprezentatywnych próbek metodą wg PN-EN ISO 11925-2:2020, ze względu na pionowe ich usytuowanie na stanowisku badawczym. **Wymienione wymagania rozporządzenia [3] nie dotyczą nawierzchni sportowych znajdujących się na otwartej przestrzeni (np. boiska typu Orlik, place zabaw, tereny rekreacyjne). Zdarza się jednak, że inwestorzy, w trosce o bezpieczeństwo pożarowe, życzą sobie, aby stosowane tam nawierzchnie były co najmniej klasy C_n-s1 .**

W celu oceny zagrożenia pożarowego wykonano badania poliuretanowych nawierzchni sportowych oraz systemów sztucznej trawy, podczas których wy-

znaczono krytyczny strumień promieniowania (CHF) w kW/m^2 oraz całkowite osłabienie strumienia światła w $\% \times \text{min}$. CHF oznacza wartość strumienia ciepłego odpowiadającego największemu zasięgowi rozprzestrzeniania płomienia na powierzchni próbki, czyli im ta wartość jest mniejsza, tym badany materiał bardziej rozprzestrzenia płomień i stwarza większe zagrożenie podczas pożaru. Widok próbki podczas badań przedstawiono na fotografii 3. Wartość całkowitego osłabienia strumienia światła jest natomiast miarą wydzielenia dymu przez badany materiał – im jest ona większa, tym więcej dymu może pojawić się w strefie pożarowej.

W tabeli 1 zestawiono otrzymane wyniki badań stanowiące średnią arytmetyczną z pomiarów trzech próbek tego samego rodzaju. Podczas badań stwierdzono, że pod wpływem oddziaływania promiennika gazowego na ba-



Fot 3. Widok próbki podczas badań wg PN-EN ISO 9239-1:2010 [Fot. Autor]
Photo 3. View of the sample during tests according to PN-EN ISO 9239-1:2010

dany system, sztuczna trawa topi się jeszcze przed opuszczeniem na nią palnika pilotowego. Wynika z tego, że największy wpływ na zagrożenie pożarowe powodowane przez systemy sztucznej trawy ma górna warstwa zasypu, a **nie rodzaj zastosowanych włókien i ich zagęszczenie**. W przypadku systemów z zasypem z piasku kwarcowego (próbki 5 i 6 w tabeli 1) płomień nie był w dużym stopniu rozprzestrzeniany po badanej powierzchni, stąd otrzymano klasę B_n-s1 . Natomiast, gdy zasyp stanowią

Tabela 1. Wyniki badań reakcji na ogień wybranych materiałów wg PN-EN ISO 9239-1:2010
Table 1. Results of reaction to fire tests of selected materials according to PN-EN ISO 9239-1:2010

Numer próbki	Opis badanych próbek	Krytyczny strumień promieniowania CHF [kW/m^2]	Całkowite osłabienie strumienia światła [% min]	Klasa wg PN-EN 13501-1
Nawierzchnie poliuretanowe				
1.	trójwarstwowa nawierzchnia poliuretanowa zawierająca dwuskładnikowy system poliuretanowy oraz granulatu EPDM (całkowita grubość ok. 15 mm)	6,0	276	C_n-s1
2.	trójwarstwowa nawierzchnia poliuretanowa zawierająca dwuskładnikowy system poliuretanowy oraz granulatu EPDM (całkowita grubość ok. 15 mm)	6,3	298	C_n-s1
3.	dwuwarstwowa nawierzchnia kauczukowa, z warstw zwulkanizowanych na etapie produkcji (całkowita grubość ok. 13 mm)	8,6	79	B_n-s1
4.	trójwarstwowa nawierzchnia sportowa, składająca się z warstwy dolnej z granulatu SBR (grubość 10 mm) połączonego lepiszczem poliuretanowym, szpachli poliuretanowej i górnej warstwy wylewki poliuretanowej z wypełnieniem granulatem EPDM (grubość 5 mm)	5,2	346	C_n-s1
Systemy sztucznej trawy				
5.	sztuczna trawa (włókna PE, wysokość całkowita włókna 32 mm, wysokość włókna ponad zasypem ok. 10 mm), zasyp: piasek kwarcowy (ok. 15 kg/m^2), elastyczna mata grubości 25 mm	11,0	16	B_n-s1
6.	sztuczna trawa (włókna PE, wysokość całkowita włókna ok. 30 mm, wysokość włókna ponad zasypem ok. 10 mm), zasyp: piasek kwarcowy (ok. 13 kg/m^2), elastyczna mata grubości 25 mm	8,4	34	B_n-s1
7.	sztuczna trawa (włókna PE, wysokość całkowita włókna 60 mm, wysokość włókna ponad zasypem ok. 10 mm) na spodzie lateksowym, zasyp: piasek kwarcowy (ok. 17 kg/m^2), granulatu EPDM (ok. 15 kg/m^2)	6,4	257	C_n-s1
8.	sztuczna trawa (włókna PE, wysokość całkowita włókna 45 mm, wysokość włókna ponad zasypem ok. 10 mm), zasyp: piasek kwarcowy (ok. 20 kg/m^2), granulatu EPDM (ok. 7 kg/m^2), elastyczna mata grubości 12 mm	7,6	73	C_n-s1
9.	sztuczna trawa (włókna PE, wysokość całkowita włókna 60 mm, wysokość włókna ponad zasypem ok. 10 mm), zasyp: piasek kwarcowy (ok. 18 kg/m^2), granulatu EPDM (ok. 18 kg/m^2)	10,9	200	B_n-s1
10.	sztuczna trawa (włókna PE, wysokość całkowita włókna 60 mm, wysokość włókna ponad zasypem ok. 10 mm), zasyp: piasek kwarcowy (ok. 29 kg/m^2) oraz granulatu EPDM (ok. 12 kg/m^2), mata elastyczna o grubości 25 mm	4,7	124	C_n-s1

warstwy piasku i granulatu (próbki nr 7 – 10 w tabeli 1), na rozprzestrzenianie płomienia wpływa głównie rodzaj zastosowanego granulatu. W celu potwierdzenia tej tezy wykonano badania samego granulatu i porównano z wynikami całego systemu. Otrzymane wyniki zestawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Porównanie wyników badań systemów sztucznej trawy i stosowanych w nich granulatów

Table 2. Comparison of test results for artificial grass systems and the granules used in them

Numer próbki wg tabeli 1	System		Granulat	
	krytyczny strumień promieniowania CHF [kW/m ²]	całkowite osłabienie strumienia światła [% min]	krytyczny strumień promieniowania CHF [kW/m ²]	całkowite osłabienie strumienia światła [% min]
7.	6,4	257	6,7	237
8.	7,6	73	7,4	65
9.	10,9	200	11,0	124
10.	4,7	124	4,8	103

W celu wyznaczenia innych czynników zagrożenia pożarowego wykonano badania wybranych materiałów za pomocą kalorymetru stożkowego wg ISO 5660-1 [7]. Metoda ta nie jest wymagana do klasyfikacji materiałów budowlanych, ale może być wykorzystana do szacowania klasy materiałów w przypadku małych próbek. Podczas badań można m.in. wyznaczyć maksymalną intensywność wydzielania ciepła, całkowite ciepło wydzielone, maksymalną szybkość emisji dymu, całkowitą szybkość wydzielania dymu, maksymalną szybkość ubytku masy badanego materiału, maksymalny ubytek O₂, emisję właściwą CO i emisję właściwą CO₂. Są to parametry w istotny sposób wpływające na zagrożenie pożarowe. Do badań wybrano nawierzchnie sportowe wymienione w tabeli 1 jako próbki 1 – 4 oraz dwa rodzaje granulatów EPDM wyko-

rzystanych w systemach sztucznej trawy oznaczonych w tabeli 1 numerami 7 i 9. Wyniki badań będące średnimi arytmetycznymi wyników otrzymanymi w przypadku trzech próbek materiałów tego samego rodzaju zestawiono w tabeli 3.

Na podstawie otrzymanych wyników badań wykonanych metodą kaloryme-

tru stożkowego stwierdzono, że próbka nr 3 nawierzchni sportowej oraz granulatu zastosowany w systemie sztucznej trawy oznaczony numerem 9 stwarzają najmniejsze zagrożenie w przypadku wystąpienia pożaru spośród materiałów wybranych do badań. Wydzielają one najmniej ciepła, dlatego też ich ewentualne spalanie nie będzie powodować dużego wzrostu temperatury wywołującego nagrzewanie się materiałów sąsiednich. Całkowita ilość wydzielonego dymu przez te materiały też jest najmniejsza, dzięki temu nie będzie on utrudniał ewakuacji. Podczas spalania materiały te zużyły najmniej tlenu, co ma znaczenie zarówno dla przebiegu pożaru, jak i wydzielania toksycznych produktów spalania materiałów biorących udział w pożarze. Same również wydzielają mniej CO i CO₂, na co wskazują wartości emisji właściwej. Emisja właściwa

oznacza, jaka masa gazu została wydzielona podczas spalania lub rozkładu termicznego jednostki masy materiału. Na podstawie wartości emisji właściwej można obliczyć, ile materiału należy zastosować w obiekcie, aby podczas pożaru nie zostało przekroczone stężenie śmiertelne dla ludzi.

Podsumowanie

Nawierzchnie sportowe z tworzyw sztucznych mogą powodować duże zagrożenie podczas pożaru. Wyniki badań wskazują, że rodzaj zastosowanych materiałów, ich skład oraz konstrukcja mogą wpływać na czynniki zagrożenia pożarowego. W przypadku systemów sztucznej trawy największy wpływ na reakcję na ogień ma górna warstwa zasypu. Jeśli jest nią piasek lub dobrej jakości granulatu, to płomień w mniejszym stopniu rozprzestrzenia się po powierzchni, najczęściej sam gaśnie i nie stwarza dużego zagrożenia pożarowego. Badania dodatkowe przeprowadzone metodą kalorymetru stożkowego potwierdzają również, że materiały klasy B_n-s1 nie wydzielają znacznej ilości ciepła i dymu, a także nie emitują gazów toksycznych o stężeniu śmiertelnym dla ludzi.

Literatura

- [1] Pypeć K, Piesowicz E, Paszkiewicz S, Irška I. Wpływ recyklatowego pyłu EPDM na właściwości mechaniczne mieszanek kauczukowych. Przemysł Chemiczny. 2021-11; DOI: 10.15199/62.2021.11.9.
- [2] Kolbrecki A. Badania zapalności do oceny rozwoju pożaru. Materiały Budowlane. 2021; DOI: 10.15199/33.2021.07.02.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie; tekst jednolity Dz.U. 2022 poz. 1225.
- [4] PN-EN 13501-1:2019 Klasyfikacja ogniowa wyrobów budowlanych i elementów budynków. Część 1: Klasyfikacja na podstawie badań reakcji na ogień.
- [5] PN-EN ISO 9239-1:2010 Badania reakcji na ogień posadzek. Część 1: Określanie właściwości ogniowych metodą płyty promieniującej.
- [6] PN-EN ISO 11925-2:2020 Badania reakcji na ogień. Zapalność wyrobów poddawanych bezpośredniemu działaniu płomienia. Część 2: Badania przy działaniu pojedynczego płomienia.
- [7] ISO 5660-1: 2015 Reaction-to-fire tests – Heat release, smoke production and mass loss rate – Part 1: Heat release rate (cone calorimeter method) and smoke production rate (dynamic measurement).

Przyjęto do druku: 18.07.2022 r.

Tabela 3. Wyniki badań reakcji na ogień wybranych materiałów wg ISO 5660-1:2015

Table 3. Results of reaction to fire tests of selected materials according to ISO 5660-1:2015

Nazwa zmierzonej wielkości	Próbki nawierzchni sportowych (numer próbki wg tabeli 1)				Próbki granulatów z systemów sztucznej trawy (numer próbki wg tabeli 1)	
	1	2	3	4	7	9
Maksymalna intensywność wydzielania ciepła (HRR) [kW]	1,34	1,25	1,00	1,71	1,12	0,62
Całkowite ciepło wydzielone (QA) [MJ/m ²]	149	124	68	147	79	36
Maksymalna średnia intensywność wydzielania ciepła (MARHE) [kW/m ²]	124	113	62	129	80	33
Maksymalna szybkość emisji dymu (SPR) [m ³ /s]	0,035	0,039	0,049	0,065	0,168	0,127
Całkowita ilość wydzielonego dymu (S.C.) [m ³]	23	21,3	11,3	35,5	27,8	13,4
Maksymalna szybkość ubytku masy [g/s]	8,33	2,74	8,66	1,37	2,86	2,08
Maksymalny ubytek O ₂ [%]	0,55	0,5	0,39	0,74	0,43	0,23
Emisja właściwa CO [kg/kg]	0,03	0,03	0,01	0,06	0,08	0,06
Emisja właściwa CO ₂ [kg/kg]	2,56	2,16	1,19	3,33	1,98	0,93