

Zagrożenia stwarzane przez materiały polimerowe zawierające dodatek środków opóźniających palność

Monika Borucka

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
monika.borucka@ciop.pl

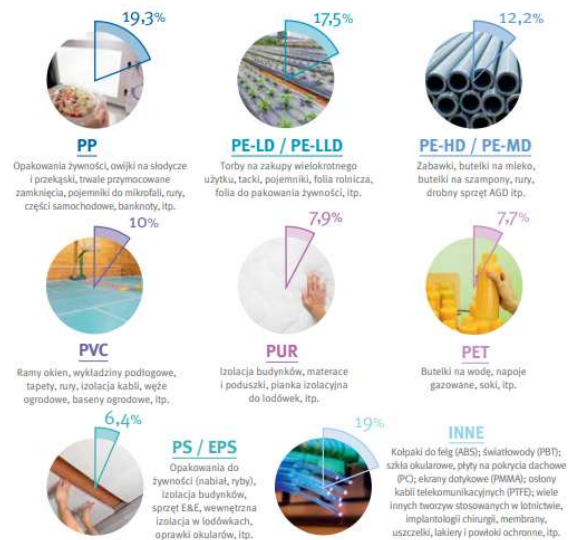
CIOP  PIB **75** LAT

Materiały polimerowe

Zapotrzebowanie na tworzywa ze strony przetwórców w głównych segmentach zastosowań



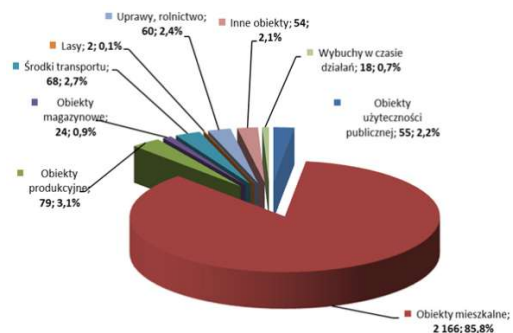
Główne segmenty zastosowań tworzyw wg typów polimerów



ŹRÓDŁO: PlasticsEurope; Market Research Group (PEMRG) / Conversio Market & Strategy GmbH

CIOP  PIB **75** LAT

Pożary z udziałem tworzyw sztucznych



Liczba pożarów z osobami poszkodowanymi wg grup obiektów

<https://www.mercurynews.com/2019/04/09/a-growing-problem-after-california-wildfires-toxic-chemicals/>
<https://www.istockphoto.com/pl/zdjeczenie/palenie-house-gml73940094-9761763>
<https://firstamerica.com/features/burning-train-shoibhushan-pandey.html>

CIOP  PIB 75 LAT

Pożary z udziałem tworzyw sztucznych

Można stwierdzić, że praktycznie każdy pożar w dzisiejszych czasach to pożar z udziałem tworzyw sztucznych

- duża różnorodność i powszechność tworzyw sztucznych,
- stosowanie dodatków zmieniających właściwości tworzyw m.in. plastyfikatory, stabilizatory, zmiękczacze, napęniacze, barwniki, środków opóźniających proces zapłonu,
- zmienne warunki przebiegu procesu spalania,
- efekt synergistyczny $1+1 = 4$

Mieszanka
niebezpiecznych
substancji
chemicznych



CIOP  PIB 75 LAT

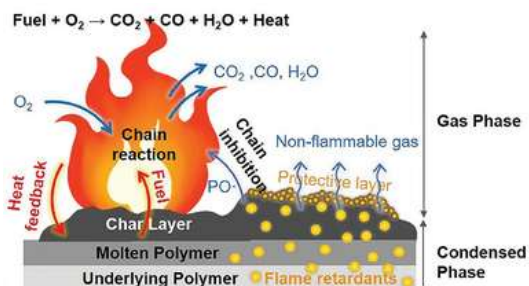
Środki ograniczające palność

Środki ograniczające palność to substancje chemiczne, które dodaje się do tworzyw sztucznych i innych materiałów, w celu zwiększenia ognioodporności tych materiałów lub zmodyfikowaniu ich zachowania podczas spalania.

Nazywa się je również: **uniepalniaczami, środkami uniepalniającymi, antypirenami lub inhibitorami spalania (ang. flame retardant).**

Główne zadanie środków ograniczających palność to:

- **utrudnienie zapłonu** (w kontakcie z otwartym płomieniem, wysoką temperaturą, iskrą),
- **spowolnienie rozprzestrzeniania ognia**,
- **zmniejszenie wydzielania ciepła**,
- **tworzenie ochronnej warstwy**, która izoluje materiał od płomienia.



Przebieg procesu spalania tworzyw sztucznych zawierających środki opóźniające zapłon

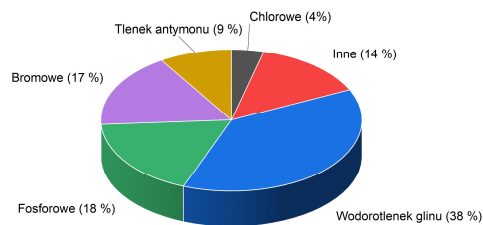
Feng Jiabing i wsp. Advanced Materials 2024

CIOP  PIB 75 LAT

Środki ograniczające palność

Wyróżnia się różne rodzaje środków ograniczających palność, m.in.:

- **Związki nieorganiczne** (np. związki metali),
- **Związki halogenowe** (zawierające chlor lub brom – bardzo skuteczne, ale często toksyczne),
- **Związki fosforowe i azotowo-fosforowe** (pomagają tworzyć grubą warstwę zwęgliny),
- **innowacyjne nanonapełniacze** (np. montmorillonit), które działają skutecznie w małych ilościach i są mniej szkodliwe dla środowiska.



Światowe zużycie antypirenów w 2019 r. z podziałem na typy, %

CIOP  PIB 75 LAT

Halogenowe środki ograniczające palność



CIOP  **LAT**

Halogenowe środki ograniczające palność

Categories	Fire safety standard
Consumer equipment and household appliances	IEC 60335 (International); EN 60065 (Europe)
Wire & cables	ISO 6722 (International); ASTM D2863 (US); EN 50265; EN 50266 (Europe)
Fire Hazard Tests for Electrotechnical Products	IEC 60695-2-10; IEC 60695-2-12; IEC 60695-2-13 (International)
Evaluation of Materials for Electrical End Products	UL 746A (US); ASTM D 3638-85 (US); IEC 112 (International)
Heat and Smoke release	UL 2043 (US)
Corrosion Damages	IEC 60695-5 (International)
General for E&E equipment	UL 94

CIOP  **LAT**

W praktyce środki ograniczające palność są bardzo szeroko stosowane w materiałach i produktach:

- **Budownictwie**, jako:
 - impregnaty ogniochronne w drewnie konstrukcyjnym,
 - dodatki do farb i tynków,
 - dodatek do izolacji termicznych (np. pianki poliuretanowe czy pianki poliizocyjanurowe),
- **Przemśle tekstylnym i meblarskim**:
 - tkaniny zasłonowe i obiciowe, dywany i wykładziny, materace,
 - odzież ochronna (np. dla strażaków, spawaczy, pracowników przemysłu chemicznego),
- **Elektronice i elektryce**:
 - obudowy komputerów, telewizorów, telefonów, izolacje przewodów i kabli,
 - elementy plastikowe w urządzeniach domowych i przemysłowych,
- **Transporcie**:
 - materiały wewnętrzne w: samochodach, pociągach, samolotach i statkach,
- **Oraz w innych zastosowaniach**:
 - zabawkach (zgodne z normami bezpieczeństwa),
 - węzłach gaśniczych i inne elementy systemów przeciwpożarowych.



Fotografia przedstawiająca poglądowo zastosowanie środków zmniejszających palność w przedmiotach codziennego użytku

<https://www.ewg.org/news-insights/news/flame-retardants-why-theyre-our-homes-and-how-avoid-them>

CIOP  PIB 75 LAT

Zagrożenia pożarowe tworzyw sztucznych

Spośród wszystkich zgonów w wyniku pożarów:

- 51 % jest spowodowana wyłącznie toksycznym oddziaływaniem produktów rozkładu i spalania,
- 23 % umiera w wyniku poparzeń i zatrucia dymem,
- 25 % z powodu poparzeń odniesionych w wyniku pożaru

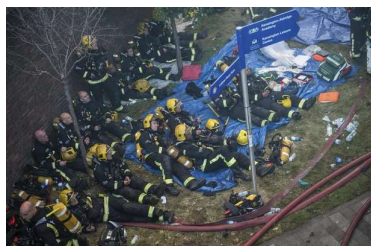
Rodzaj toksycznych produktów rozkładu i spalania	Gazowy produkt spalania	Wartości LC ₅₀ (wg ISO 13344)	Jednostka
Duszące	O ₂	5.4	%
	CO ₂	–	–
	CO	5700	ppm
	HCN	165	ppm
Drażniące	HF	2900	ppm
	HCl	3800	ppm
	HBr	3800	ppm
	NO _x	170	ppm
	SO ₂	1400	ppm
	Formaldehyd	750	ppm
	Akroleina	150	ppm

CIOP  PIB 75 LAT

A.A. Stec, T.R. Hull, Building and Energy, 2010

Požary z udziałem tworzyw sztucznych

Pożar wieżowca Grenfell Tower w Londynie 14 lipca 2017 r.



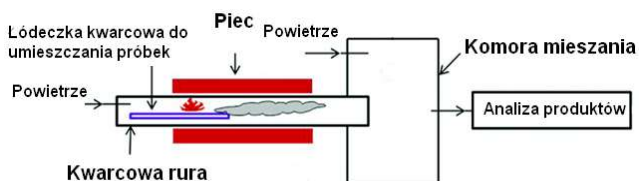
https://en.wikipedia.org/wiki/Grenfell_Tower_fire

- wieżowiec palił się ponad 60 h;
- zginęły 72 osoby, ponad 70 rannych;
- ponad 250 strażaków i 70 wozów strażackich;
- 21 września 2018 r. coroner zaniepokojona stanem zdrowia ofiar i pracowników służb ratowniczych narażonych na dym i pył podczas pożaru i późniejszego sprzątanania. *Osoby mogą być bardziej narażone na choroby, takie jak: rak, pylica azbestowa, POChP i astma;*
- 2019 r. – A. Stec i wsp., *Chemosphere, znaczące skażenie środowiska*, w glebie i budynkach w okolicy wykryto: znaczne stężenia benzenu, benzo(a)pirenu, fosforu i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych;
- 4 września 2024 r. – Końcowy raport z dochodzenia w sprawie pożaru, medyczna przyczyna śmierci większości ofiar: *Wdychanie dymów pożarowych* (duszące gazy: CO i HCN).

CIOP  PIB 75 LAT

Metoda analiza substancji niebezpiecznych podczas spalania

Ta metoda umożliwia zastosowanie różnych warunków temperatury i dostępności tlenu w różnych stadiach rozwoju pożaru, co pozwala na wygenerowanie próbek gazów i dymów pożarowych odpowiadających rzeczywistym warunkom spalania.



Schemat ideowy stacjonarnego pieca rurowego

ISO/TS 19700:2007



Zdjęcie stacjonarnego pieca rurowego (tzw. Piec Pursera)

CIOP  PIB 75 LAT

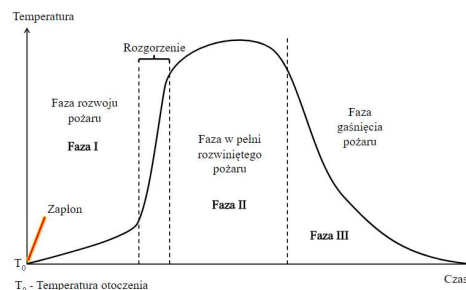
Metoda analiza substancji niebezpiecznych podczas spalania

Ilość i skład chemiczny produktów rozkładu termicznego i spalania tworzyw sztucznych zależą od:

- właściwości fizycznych i chemicznych materiału,
- warunków w jakich przebiega pożar (rodzaj spalania, wentylacja, geometria pomieszczenia).

Ogólna klasyfikacja pożaru na podstawie PN-EN 60695-7-1

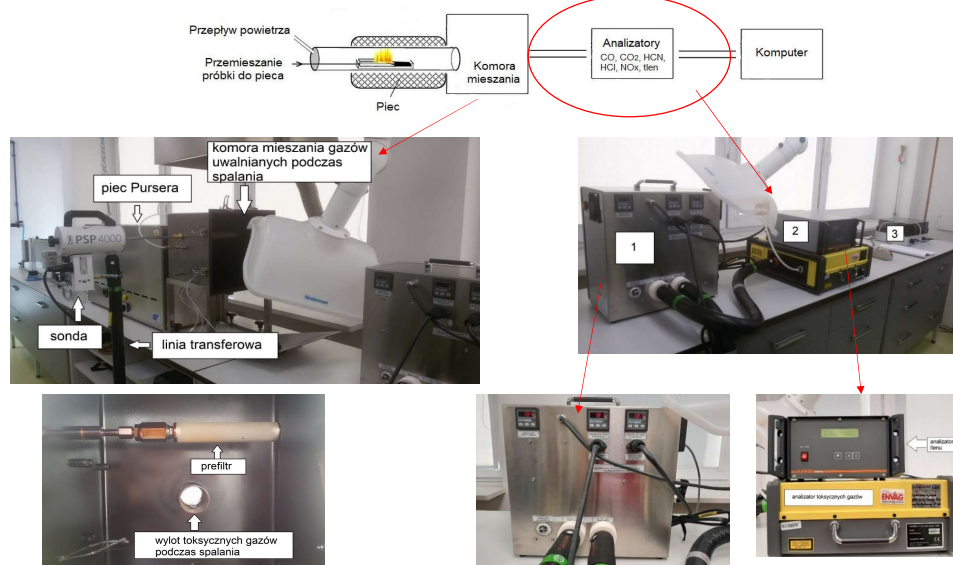
Faza pożaru	Tlen %	Stosunek CO/CO ₂	Temp. °C	Natężenie promieniowania kW/m ²	
FAZA 1	Rozkład bezpłomieniowy				
	Tlenie (samopodtrzymujące)	21	Nie dotyczy	< 100	Nie dotyczy
	Bezpłomieniowy utleniający	5 do 10	Nie dotyczy	< 500	< 25
FAZA 2	Bezpłomieniowy (pirolityczny)	< 5	Nie dotyczy	< 1000	Nie dotyczy
	Pożar rozwijający się (palący się płomieniem)	10 do 15	100 do 200	400 do 600	20 do 40
FAZA 3	Pożar całkowicie rozwinięty (palący się płomieniem)				
	Względnie małe przewietrzenie	1 do 5	< 10	600 do 900	40 do 70
	Względnie duże przewietrzenie	5 do 10	< 100	600 do 1200	50 do 150



Model rozwoju pożaru pomieszczenia według PN-EN 60695-7-1

CIOP  LAT

Metoda analizy gazów duszących i drażniących



CIOP  LAT

Metoda analizy lotnych związków organicznych

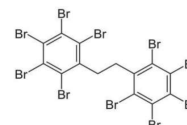


CIOP  PIB 75 LAT

Materiały polimerowe zawierające dodatek halogenowych substancji niepalniających

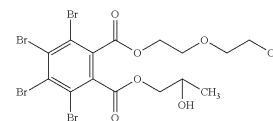
Charakterystyka środków opóźniających zapłon zawierające podstawniki halogenowe

Lp.	Nazwa chemiczna/ Akronim	CAS	Liczba zidentyfikowanych produktów rozkładu	Wykryte gazy duszące i drażniące	Główne zidentyfikowane produkty rozkładu
1	1,2-bis(pentabromofenyl)etan/ DBDPE	84852-53-9	16	CO, N ₂ O, NO, NO ₂	C ₂ H ₄ , Br ₂ , HBr, bromowane węglowodory (aromatyczne i alifatyczne)
2	Diol tetrabromofalanu/ PHT4-DIOL	77098-07-8	57	CO, N ₂ O, NO, NO ₂ , NH ₃ , CHO, HCN	CH ₄ , C ₂ H ₆ , C ₂ H ₄ , C ₃ H ₈ , HBr, węglowodory (aromatyczne i alifatyczne), wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, bromowane węglowodory (aromatyczne i alifatyczne), bromowane wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne, fenol, bromowane fenole



DBDPE

(1,2-bis(pentabromofenyl)etan)



PHT4-DIOL

Tetrabromophthalate Diol

CIOP  PIB 75 LAT

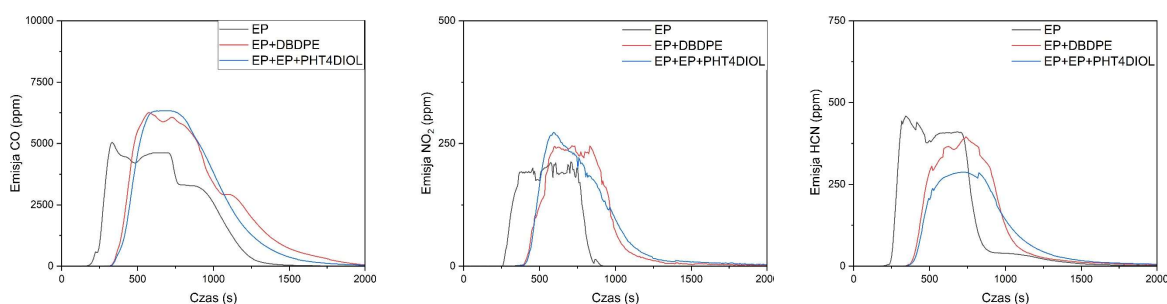
Materiały polimerowe zawierające dodatek halogenowych substancji uniepalniających

Charakterystyka próbek i przebiegu procesu spalania materiałów polimerowych zawierających halogenowe środki opóźniające palność

Nazwa robocza próbki	Faza rozwoju pożaru	Temperatura spalania [°C]	Natężenie przepływu powietrza [L/min]	Masa próbki [g]	Masa pozostałości [g]	Obserwacje podczas procesu spalania
EP	FAZA 2	650	10/40	39.4	0.5	Spalanie płomieniowe $D_{O_2}=3.07\%$
EP+DPDPE	FAZA 2	650	10/40	46.6	0.5	Spalanie płomieniowe $D_{O_2}=2.77\%$
EP+PH4-DIOL	FAZA 2	650	10/40	35.75	-	Spalanie płomieniowe $D_{O_2}=2.77\%$

CIOP  LAT

Materiały polimerowe zawierające dodatek halogenowych substancji uniepalniających – Emisja gazów duszących i drażniących



Przykładowy przebieg emisji wybranych gazów duszących i drażniących podczas spalania żywicy epoksydowej EP oraz żywicy z dodatkiem diolu tetrabromoftalanu (EP+PH4DIOL) i 1,2-bis(pentabromofenyl)etanu (EP+DPDPE) w temperaturze 650 °C

CIOP  LAT

Materiały polimerowe zawierające dodatek halogenowych substancji niepalniących – Emisja gazów duszących i drażniących

Zestawienie łącznych ilości substancji emitowanych podczas spalania materiałów polimerowych zarejestrowane w czasie 5 min stabilnego rozkładu płomieniowego odzwierciedlającego fazę 2 rozwoju pożaru

Nazwa próbki	Emisja produktów rozkładu [ppm]								
	CO ₂	CO	N ₂ O	NO	NO ₂	NH ₃	HCl	CH ₂ O	HCN
EP	1906	4645	1,86	84,5	150	0	8,43	27,9	307
EP+DPDPE	64330	3368	1,44	21,5	85,3	0	0,02	6,32	163
EP+PH4DIOL	74930	6275	2,2	61	237	0	0	12,7	274

Nazwa próbki	Produkty termicznego rozkładu i spalania [ppm]				
	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₂ H ₄	C ₃ H ₈	C ₆ H ₁₄
EP	1935	756	313	0	0
EP+DPDPE	913	305	96,2	0	0
EP+PH4DIOL	1788	633	312	0	0

CIOP  LAT

Materiały polimerowe zawierające dodatek halogenowych substancji niepalniących – Emisja gazów duszących i drażniących

Zestawienie łącznych ilości substancji emitowanych podczas spalania materiałów polimerowych zarejestrowane w czasie 5 min stabilnego rozkładu p

Nazwa próbki	CO ₂	CO	N ₂ O	NO	NO ₂	NH ₃	HCl	CH ₂ O	HCN
	EP	1906	4645	1,86	84,5	150	0	8,43	27,9
EP+DPDPE	64330	3368	1,44	21,5	85,3	0	0,02	6,32	163
EP+PH4DIOL	74930	6275	2,2	61	237	0	0	12,7	274

Nazwa próbki	Produkty termicznego rozkładu i spalania [ppm]	
	CH ₄	C ₂ H ₆
EP	1935	756
EP+DPDPE	913	305
EP+PH4DIOL	1788	633

Tlenek węgla (CO) – jeden z najbardziej niebezpiecznych składników gazów pożarowych i główna przyczyna śmiertelnych zatruc podczas pożarów.

- Jest bezbarwny, bezwonny, bez smaku – człowiek nie jest w stanie go wyczuć zmysłami.
- Wiąże się z hemoglobiną w krwi około 200–250 razy silniej niż tlen, tworząc karboksyhemoglobinę (HbCO), blokując transport tlenu do tkanek i narządów, co prowadzi do hipoksji (niedotlenienia).

Stężenie [ppm]	Czas wdychania i rozwój objawów
35	Maksymalne dopuszczalne stężenie przy ciągłym narażeniu przez okres 8 h zgodnie z OSHA
150	Lekki ból głowy po 1,5 h
200	Lekki ból głowy, zmęczenie, zawroty głowy, nudności po 2-3 h
400	Ból z przodu głowy po 1-2 h, zagrożenie życia po 3 h
800	Zawroty głowy, nudności i konwulsje po 45 min. Utrata przytomności w ciągu 2 h. Śmierć w ciągu 2-3 h
1 600	Ból głowy, zawroty głowy i nudności w ciągu 20 min. Śmierć w ciągu 1 h
3 200	Ból głowy, zawroty głowy i nudności w ciągu 5-10 min. Śmierć w ciągu 25-30 min
6 400	Ból głowy, zawroty głowy i nudności w ciągu 1-2 min. Śmierć w ciągu 10-15 min
12 800	Śmierć w ciągu 1-3 min

CIOP  LAT

Materiały polimerowe zawierające dodatek halogenowych substancji niepalniących – Emisja gazów duszących i drażniących

Zestawienie łącznych zarejestrowane w czasie 5 m... Cyjanowódor (HCN) – silnie trujący gaz, jest w przybliżeniu dwadzieścia pięć razy bardziej toksyczny od tlenku węgla. ...merowych ... 2 rozwoju pożaru

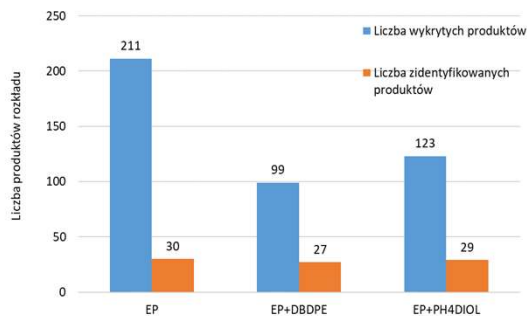
Nazwa próbki	Dział toksycznie na poziomie komórkowym – blokuje enzymy w mitochondriach odpowiedzialne za wykorzystywanie tlenu (oksydazę cytochromową), co uniemożliwia komórkom oddychanie i powoduje gwałtowne niedotlenienie (hipoksję histotoksyczną), nawet przy prawidłowym poziomie tlenu we krwi.							HCN	
EP	64330	3368	1,44	21,5	85,3	0	0,02	6,32	307
EP+DPDPE	74930	6275							163
EP+PH4DIOL								12,7	274

Nazwa próbki	Stężenie [ppm]	Czas wdychania i rozwój objawów
	20-40	Ból głowy, senność, zawroty głowy, słaby i szybki puls, przyspieszony oddech
	100	Śmierć w przeciągu 1 h
	135	Śmierć w przeciągu 30 min
	180	Śmierć w przeciągu 10 min
	270	Natychmiastowa śmierć

Nazwa próbki	1788	633	312	0	0
EP					
EP+DPDPE					
EP+PH4DIOL					

CIOP  LAT

Materiały polimerowe zawierające dodatek halogenowych substancji niepalniących – lotne związki organiczne



Zestawienie liczby produktów spalania żywicy epoksydowej w temperaturze 650°C przy zastosowaniu metody GC-MS

Nazwa produktu	CAS	Obecność w dymach emitowanych podczas spalania:		
		EP	EP+DBDPE	EP+PH4DIOL
Benzen	71-43-2	+	+	+
Toluen	108-88-3	+	+	+
2,4-Pentadienonitril	1615-70-9	+	+	+
3-Metylopirydyna	108-99-6	+	-	-
Styren	100-42-5	+	+	+
Bromobenzen	108-86-1	-	-	+
Benzaldehyd	100-52-7	+	-	+
Benzonitryl	100-47-0	+	+	+
Fenol	108-95-2	+	+	+
Alkohol benzylowy	100-51-6	+	-	-
p-kresol	106-44-5	+	+	+
Naftalen	91-20-3	+	+	+
1,2-Dibromobenzen	583-53-9	-	-	+
4,7-Dimetylobenzofuran	28715-26-6	+	+	+
2-Etenylobenzofuran	7522-79-4	+	+	+
2,3-Dihydrobenzofuran	496-16-2	+	-	-
Bifenyl	92-52-4	+	+	+
Acenaftylen	208-96-8	+	+	+
1,2,4-Tribromobenzen	615-54-3	-	+	+
2-Bromonaftalen	580-13-2	-	+	+
1-Izocyjanonaftalen	09-04-1984	+	+	+
Dibenzofuran	132-64-9	+	+	+
1,2,4-Tribromo-5-metylobenzen	3278-88-4	-	+	+
Fluoren	86-73-7	+	+	+
5-Bromo-1,2-dihydro-acenaftylen	2051-98-1	-	+	+
1,2,4,5-Tetrabromobenzen	636-28-2	-	+	+
Fenantren	85-01-8	+	+	+
2,4,4'-Tribromodifenilo eter	41318-75-6	-	+	+
Fluoranten	206-44-0	+	+	+

CIOP  LAT

Materiały polimerowe zawierające dodatek halogenowych substancji niepalniących – lotne związki organiczne

Lotne związki organiczne w dymach pożarowych są poważnym zagrożeniem zdrowotnym. Mają działanie drażniące, toksyczne, a wiele z nich jest rakotwórczych. Najbardziej niebezpieczne są benzen, formaldehyd i styren

Średniolotne związki organiczne są niebezpieczne zarówno dla zdrowia ludzi, jak i dla środowiska). W dymach pożarowych są **szczególnie niebezpieczne**, ponieważ:

- łączą w sobie toksyczność ostrą i przewlekłą,
- wykazują działanie rakotwórcze, mutagenne i teratogenne,
- odkładają się w środowisku i organizmach żywych,
- mogą działać wiele lat po pożarze.

Nazwa produktu	CAS	Obecność w dymach emitowanych podczas spalania:		
		EP	EP+DBDPE	EP+PH4DIOL
Benzen	71-43-2	+	+	+
Toluen	108-88-3	+	+	+
2,4-Pentadienonitril	1615-70-9	+	+	+
3-Metylopirydyna	108-99-6	+	-	-
Styren	100-42-5	+	+	+
Bromobenzen	108-86-1	-	-	+
Benzaldehyd	100-52-7	+	-	+
Benzonitryl	100-47-0	+	+	+
Fenol	108-95-2	+	+	+
Alkohol benzylowy	100-51-6	+	-	-
p-kresol	106-44-5	+	+	+
Naftalen	91-20-3	+	+	+
1,2-Dibromobenzen	583-53-9	-	-	+
4,7-Dimetylobenzofuran	28715-26-6	+	+	+
2-Etenylobenzofuran	7522-79-4	+	+	+
2,3-Dihydrobenzofuran	496-16-2	+	-	-
Bifenyl	92-52-4	+	+	+
Acenaftylen	208-96-8	+	+	+
1,2,4-Tribromobenzen	615-54-3	-	+	+
2-Bromonaftalen	580-13-2	-	+	+
1-izocyjanonaftalen	09-04-1984	+	+	+
Dibenzofuran	132-64-9	+	+	+
1,2,4-Tribromo-5-metylobenzen	3278-88-4	-	+	+
Fluoren	86-73-7	+	+	+
5-Bromo-1,2-dihydro-acenaftylen	2051-98-1	-	+	+
1,2,4,5-Tetrabromobenzen	636-28-2	-	+	+
Fenantren	85-01-8	+	+	+
2,4,4'-Tribromodifenilo eter	41318-75-6	-	+	+
Fluoranten	206-44-0	+	+	+

CIOP 

Materiały polimerowe zawierające dodatek halogenowych substancji niepalniących – lotne związki organiczne

Chlorowane i bromowane węglowodory aromatyczne to jedne z najbardziej toksycznych i trwałych zanieczyszczeń. Działają rakotwórczo, uszkadzają układ hormonalny i odpornościowy, a także kumulują się w środowisku i w organizmach żywych.

Nazwa produktu	CAS	Obecność w dymach emitowanych podczas spalania:		
		EP	EP+DBDPE	EP+PH4DIOL
Benzen	71-43-2	+	+	+
Toluen	108-88-3	+	+	+
2,4-Pentadienonitril	1615-70-9	+	+	+
3-Metylopirydyna	108-99-6	+	-	-
Styren	100-42-5	+	+	+
Bromobenzen	108-86-1	-	-	+
Benzaldehyd	100-52-7	+	-	+
Benzonitryl	100-47-0	+	+	+
Fenol	108-95-2	+	+	+
Alkohol benzylowy	100-51-6	+	-	-
p-kresol	106-44-5	+	+	+
Naftalen	91-20-3	+	+	+
1,2-Dibromobenzen	583-53-9	-	-	+
4,7-Dimetylobenzofuran	28715-26-6	+	+	+
2-Etenylobenzofuran	7522-79-4	+	+	+
2,3-Dihydrobenzofuran	496-16-2	+	-	-
Bifenyl	92-52-4	+	+	+
Acenaftylen	208-96-8	+	+	+
1,2,4-Tribromobenzen	615-54-3	-	+	+
2-Bromonaftalen	580-13-2	-	+	+
1-izocyjanonaftalen	09-04-1984	+	+	+
Dibenzofuran	132-64-9	+	+	+
1,2,4-Tribromo-5-metylobenzen	3278-88-4	-	+	+
Fluoren	86-73-7	+	+	+
5-Bromo-1,2-dihydro-acenaftylen	2051-98-1	-	+	+
1,2,4,5-Tetrabromobenzen	636-28-2	-	+	+
Fenantren	85-01-8	+	+	+
2,4,4'-Tribromodifenilo eter	41318-75-6	-	+	+
Fluoranten	206-44-0	+	+	+

CIOP 

Niewidzialne Zagrożenie: Toksyczne skutki spalania tworzyw ze środkami opóźniającymi palność ZALECENIA PREWENCYJNE

(Ulotka informacyjna dla zakładów przemysłowych i służb ratowniczych)

Najwyższe dopuszczalne stężenie (NDS) – wartość średnia ważona stężenia, którego oddziaływanie na pracownika w ciągu 8-godzinnego dobowego i przeciętnego tygodniowego wymiaru czasu pracy, określonego w ustawie z dnia 26 czerwca 1974 r.

PAC (Protective Action Criteria) – wytyczne dotyczące dopuszczalnego narażenia na substancje chemiczne, stosowane w sytuacjach kryzysowych związanych z niebezpiecznymi chemikaliami w powietrzu, aby chronić społeczeństwo przed negatywnymi skutkami krótkotrwałego narażenia.

IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) – określa stężenie substancji chemicznej, które może powodować nieodwracalne negatywne skutki dla zdrowia, zaburzenia funkcjonowania lub być bezpośrednio śmiertelne

Nazwa substancji chemicznej	Numer CAS	NDS (mg/m ³)	NDSch (mg/m ³)	PAC-1 (ppm)	PAC-2 (ppm)	PAC-3 (ppm)	IDLH (ppm)
tlenek węgla	630-08-0	23	117	75	83	330	1200
dittlenek węgla	124-38-9	9000	27000	54000	72000	90000	40000
dittlenek azotu	10102-44-0	0,7	1,5	0,5	12	20	20
tlenek azotu	10102-43-9	2	-	0,16	24	92	100
chlorowódór	7647-01-0	5	10	1,8	22	100	50
bromowódór	10035-10-6	-	-	1	40	120	30
cyjanowódór	74-90-8	1	-	2	7,1	15	50
pentatlenek fosforu	1314-56-3	1	2	1	10	50	-
formaldehyd	50-00-0	0,37	0,74	0,9	14	56	20
akroleina	107-02-8	0,05	0,1	0,03	0,1	1,4	2
benzen	71-43-2	1,6	-	50	150	1000	500
acenaftylen	208-96-8	-	-	10	110	660	-
antracen	120-12-7	-	-	48	530	3200	-
fluoren	86-73-7	-	-	6,6	72	430	-
naftalen	91-20-3	20	50	15	83	500	250
styren	100-42-5	50	-	17	320	760	700
toluen	108-88-3	100	200	67	560	3700	500

CIOP 

Niewidzialne Zagrożenie: Toksyczne skutki spalania tworzyw ze środkami opóźniającymi palność ZALECENIA PREWENCYJNE

(Ulotka informacyjna dla zakładów przemysłowych i służb ratowniczych)

Minimalizowanie ryzyka toksyczności dymów i gazów pożarowych:

- Szkolenia z ochrony osobistej
- Świadomość zagrożeń pożarowych
- Systematyczny monitoring zdrowia
- Badania przesiewowe
- Szybkie reagowanie na objawy



CIOP  **PIB 75** LAT

Niewidzialne Zagrożenie: Toksyczne skutki spalania tworzyw ze środkami opóźniającymi palność ZALECENIA PREWENCYJNE

(Ulotka informacyjna dla zakładów przemysłowych i służb ratowniczych)

- W Polsce i wielu innych krajach brak przepisów dotyczących pomiaru toksycznych substancji powstających podczas spalania materiałów.
- Dla bezpieczeństwa pracowników i społeczności należy odpowiedzialnie dobrać materiały i technologie, zwracając uwagę na ich zachowanie w warunkach pożaru – palność i emisję substancji niebezpiecznych.
- Uwzględnianie aspektów bezpieczeństwa pożarowego i toksykologicznego już na etapie projektowania to inwestycja korzystna dla przemysłu i społeczeństwa.



CIOP 

Materiał informacyjny dot. zanieczyszczeń powstających w trakcie spalania środków ograniczających palność (przeznaczony do udostępnienia w serwisie internetowym)

Skład tworzywa	Produktu rozkładu/ spalania	
	Gazy duszące i drażniące	Pozostałe produkty rozkładu
PIR	CO, CO ₂	Izocyjaniiny, poliole (żółte dymy), organo-nitryle
PUR	HCN, HCl	diizocyjanian toluenu, alkiłowane benzeny i alkohole alifatyczne chlorowane związki fosforoorganiczne anilina, benzonitryl 2-metoksy-4-winylofenol, podstawione fenole, styren
Elastyczne PUR	CO, CO ₂ , HCN, NO _x	metan, etylen, acetylene, etan, propylen, etanol, acetaldehyd, propanol, 2,4-diisocyjano- metylenodifenylu, propanonitryl, dicyjanobenzen, styren, benzonitryl, propanonitryl, metylopirydyna, inden,
Komercyjne elastyczne PUR (pianka trudnopalna)	CO, CO ₂ , HCN, NO ₂ , CHOH, HCl	formaldehyd, benzen, toluen, styren, etylobenzen, acetofenon, akrylonitryl, kwas octowy, benzaldehyd, izocyjanian fenylu, benzonitryl, fenol, izocyjanian 4-metylofenylu, 2,4-diisocyjano- metylenodifenylu (TDI), chinolina, bifenyli, naftalen, 1-izocyjanonaftalen, fosforan 1-chloro-2-propylu (TCPP)
Żywice poliestrowe	CO, CO ₂ , NO ₂ , HCN, HCl	metan, etan, etylen, propan, heksan, formaldehyde, 2,3-butanodion, kwas fenylopropionowy, benzaldehyd
Bisfelon A z melaminą	-	bisfenol A, 4,4'-(cyklopropano-1,1-diylo)difenol, 4-izopropylfenol, 4-izopropenylfenol, fenol, benzofuran
Bisfenol A	CO, CO ₂	fenol, p-izopropylfenol, p-benzochinon, hydrochinon
Bromowane żywice epoksydowe (BER)	CO, CO ₂ , HBr	bromek metylu, akroleina, aceton, propen-1-ol, fenol, bromopropen, (metyloetenylu) fenol, bromoaceton, bezwodnik ftalowy, 2-bromofenol, izopropenylfenylowy eter glicydylowy, bisfenol A, 2,6-dibromofenol, dibromo(etylo)metylofenol, tribromobisfenol A
Żywice epoksydowe	CO, CO ₂ , HCN, HCl	metan, etan, heksan, formaldehyd

CIOP 

Opracowano i wydano na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego
pn. „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”,
finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej.

Zadanie nr 3.ZS.09, pt. *Analiza zanieczyszczeń powstających w trakcie spalania tworzyw sztucznych zawierających
środki uniepalniające*

Koordinator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy