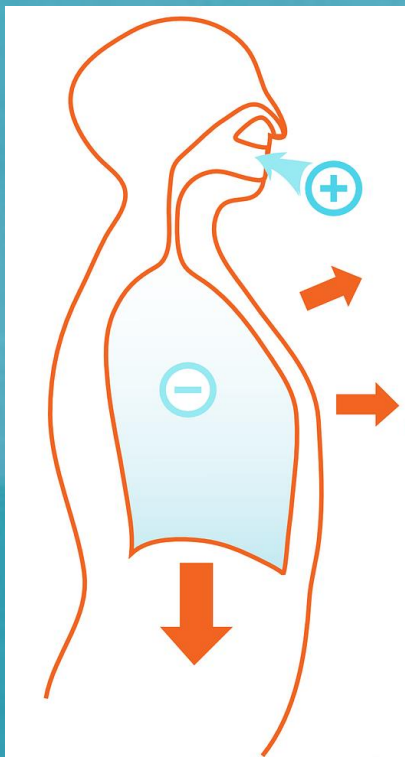


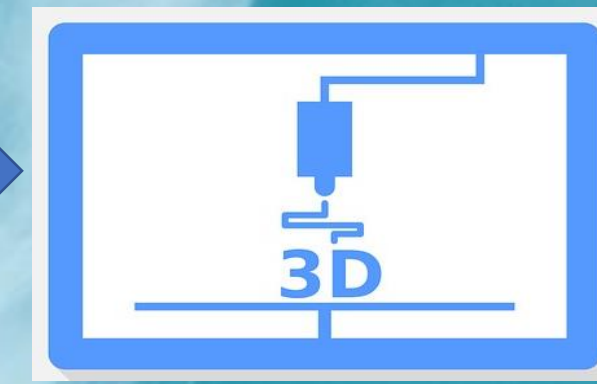
Zagrożenia chemiczne i pyłowe w technologiach przyrostowych

Elżbieta Dobrzyńska, Małgorzata Szewczyńska, Luiza Chojnacka-Puchta, Dorota Sawicka, Tomasz Jankowski, Adrian Okołowicz, Piotr Sobiech
Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa



Celem projektu jest rozpoznanie i analiza zagrożeń związanych ze stosowaniem różnego rodzaju materiałów w wybranej technologii druku 3D stosowanej w środowisku pracy oraz ocena ich toksycznego działania w badaniach in vitro na ludzkich komórkach płuc.

Filamenty,
np. ABS
PLA



Substancje
chemiczne
Cząstki stałe

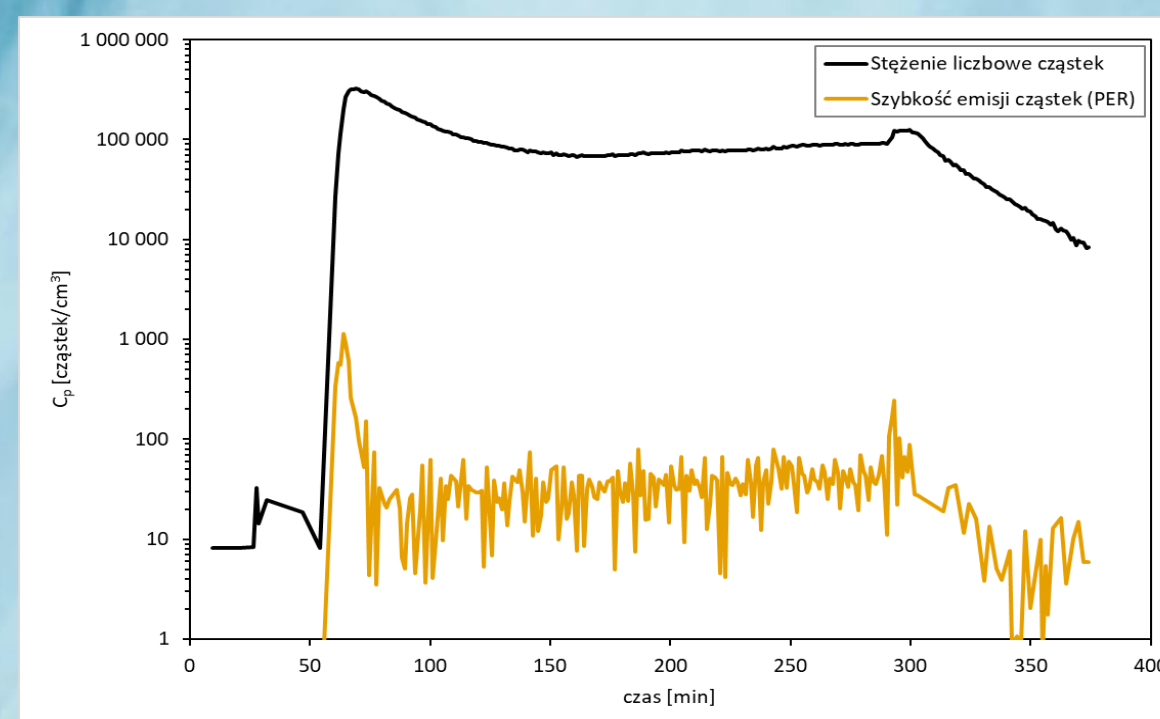
Pilotażowe badania emisji substancji chemicznych i cząstek stałych w komorze testowej prowadzono podczas pracy drukarki 3D w technologii osadzania topionego materiału (FDM, ang. fused deposition modelling) z zastosowaniem najbardziej popularnego filamentu ABS (akrylonitryl-butadien-styren).

Pomiary prowadzono w komorze testowej (100 x 100 x 77 cm) wyposażonej w zaprojektowany system nawiewu powietrza (plenum nawiewne) i system zapewniający wilgotność powietrza w określonym zakresie.

Pomiary emisji cząstek prowadzone były z wykorzystaniem systemu analizy wymiarowej cząstek SMPS (TSI Inc.) i APS (TSI Inc.) do określenia stężenia liczbowego oraz rozkładu wymiarowego cząstek w zakresie od 20nm do 20µm.



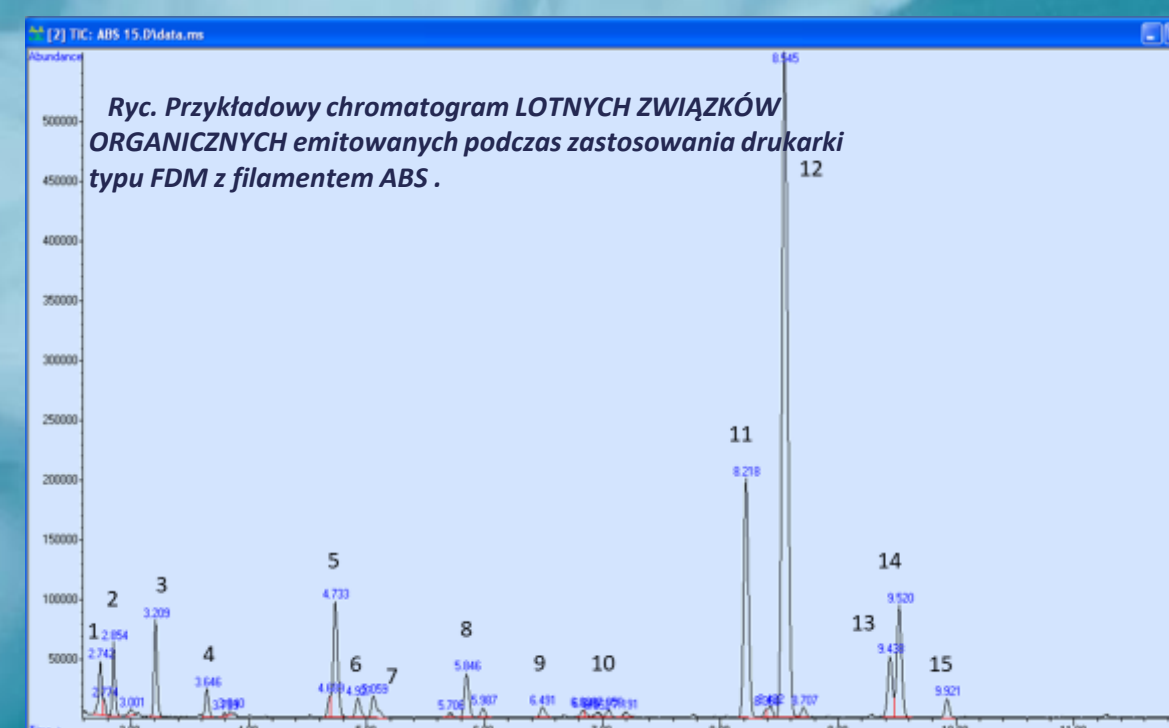
Nazwa urządzenia:	Original Prusa i3 MK3
Maks. Temperatura druku ustawiona	255°C
Temperatura stołu ustawiona	Pierwsza warstwa: 100°C Kolejne warstwy: 110°C
Powierzchnia robocza stołu	250x210 mm
Średnica filamentu [mm]	1,75 mm
Średnica dyszy [mm]	0,4
Szybkość wydruku	Obrys zewnętrzny: 25 mm/s Obrys wewnętrzny: 45 mm/s
Rodzaj oprogramowania	Wypełnienie: 80 mm/s PrusaSlicer 2.6.0
Komora	Otwarta



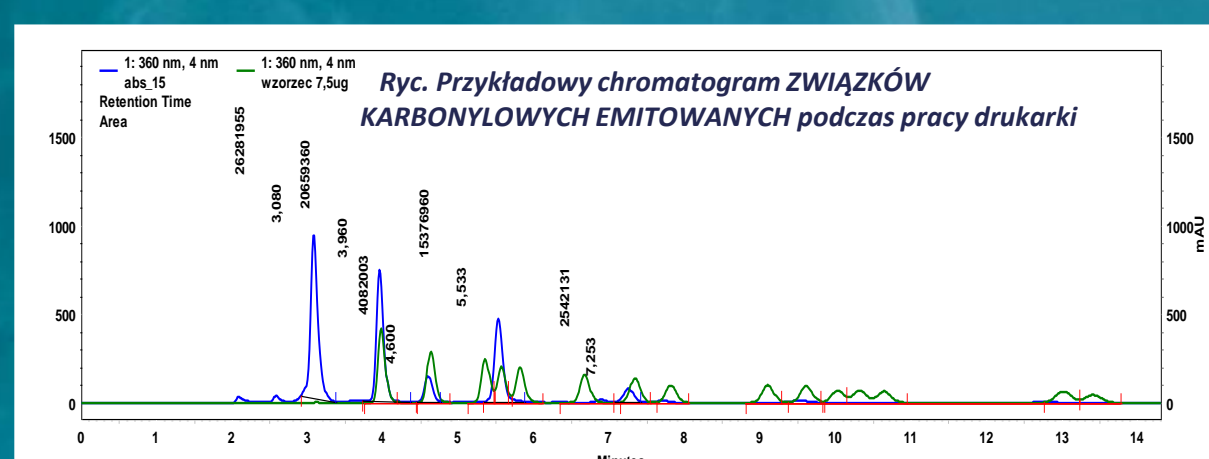
W wyniku realizowanych procesów drukowania przestrzennego następowała emisja cząstek i obserwowano wzrost ich stężenia liczbowego w stosunku do stężenia liczbowego cząstek tła. Podczas badań prowadzonych w czasie 4-godzinnej druku z użyciem filamentu ABS uzyskano wskaźnik emisji cząstek (ang. Total Particle Emission) na poziomie 7,65e5.

Do pobierania próbek powietrza zastosowano rurki z węglem aktywnym, żelazem krzemionkowym i łączone próbki zależnie od analizowanych substancji chemicznych. Do oznaczania lotnych związków organicznych, estrów kwasu ftalowego zastosowano technikę chromatografii gazowej (GC) z detekcją spektrometrii mas (MS), do związków karbonylowych technikę wysokosprawnej chromatografii cieczowej z detekcją diodową DAD.

Grupa związków chemicznych	Lotne związki organiczne	Estry kwasu ftalowego	Związki karbonylowe
próbnik	rurki pochłaniające z węglem aktywnym (100/50 mg)	łączone próbki (pianka poliuretanowa (PUF), filtr z włókna szklanego, żywica epoksydowa Amberlit XAD-2 (100/50))	rurki pochłaniające z żelazem krzemionkowym pokrytym 2,4-dinitrofenylohydrazyną (200/100 mg)
aspirator	Gillian LFS -113DC (Sensidyne) z przepływem 200 mL/min	GilAir Plus (Sensidyne) / Air Check Touch (SKC Inc.) z przepływem 2 L/min	AirCheck 2000 (SKC Inc.) z przepływem 45 L/h
Technika analityczna	GC/MS	GC/MS	HPLC/UV

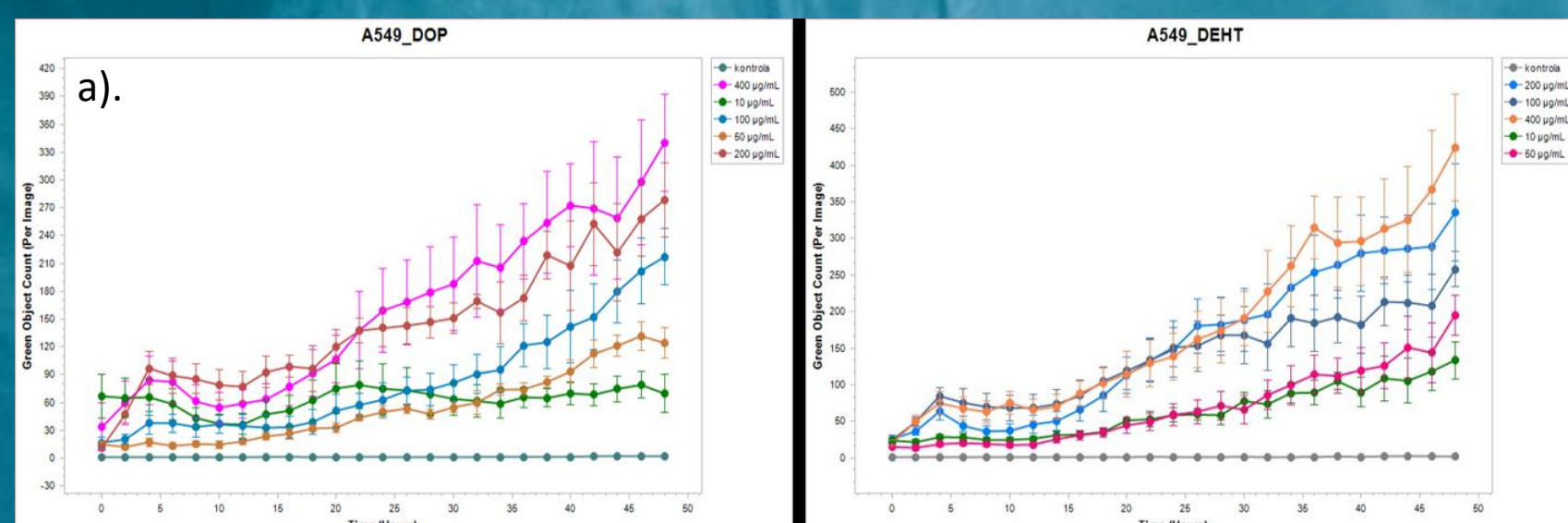


- 2,742 min 2-metyloheksan
- 2,861 min 3-metyloheksan
- 3,213 min heptan
- 3,649 min metylocykloheksan
- 4,731 min toluen
- 4,926 min 3-metyloheptan
- 5,063 min dimetylocykloheksan
- 5,846 min oktan
- 6,492 min octan butylu
- 7,055 min Etylocykloheksan
- 8,212 min Etylobenzen
- 8,541 min p-ksylen
- 9,434 min Styren
- 9,513 min m-ksylen
- 9,917 min Nonan



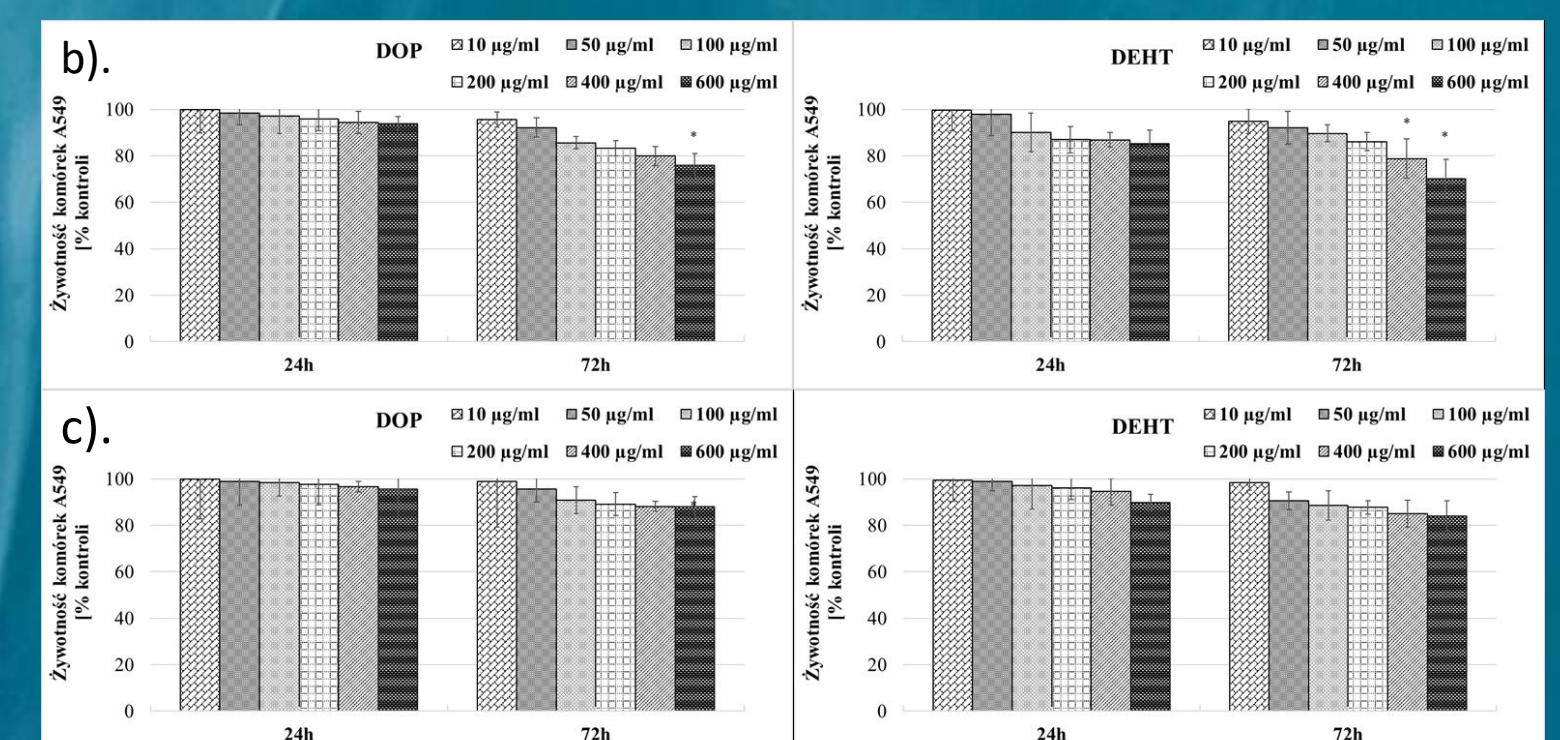
Związki chemiczne uwalniane do powietrza podczas pracy drukarki 3D, są wynikiem termicznej degradacji polimeru zastosowanego jako materiał do druku, jak również obecności dodatków chemicznych, które w temperaturze druku mogą być łatwo rozkładane.

Ocena toksyczności in vitro substancji z grupy ftalanów (będących komponentami stosowanych filamentów) w ludzkiej linii komórek płuc (A549).



Ryc. a. Aktywność kaspazy 3/7 w komórkach A549 eksponowanych na działanie DOP lub DEHT w stężeniu 10-400 µg/ml przez 48 h. Każdy punkt reprezentuje średnią i odchylenie standardowe z 3 niezależnych doświadczeń.

- Uzyskane wyniki świadczą o zdolności badanych związków do zmniejszenia przeżywalności komórek, jak również do zwiększenia aktywności kaspazy 3/7.
- Zarówno analizy EZ4U (ryc. b), jak i NRU (ryc. c) wykazały nieznacznie większą toksyczność DEHT w porównaniu do DOP w komórkach A549 traktowanych 400 lub 600 µg/ml DEHT po 72 h.
- Zaobserwowano większą aktywność kaspazy 3/7 w komórkach narażonych na działanie DEHT (ryc. a).



Ryc. b, c. Wpływ DOP lub DEHT na żywotność komórek A549 ocenianą testem EZ4U (A) oraz NRU (B) po 24 i 72 h. Każdy punkt reprezentuje średnią i odchylenie standardowe z 3 niezależnych doświadczeń. *p < 0.05.

* Plakat przygotowany na podstawie wyników VI etapu programu wieloletniego „Rządowy Program Poprawy Bezpieczeństwa i Warunków Pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej (zadanie nr 3.ZS.05). Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy