

Organizator:



**19. Konferencja
METODY ZAGOSPODAROWANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH
30 września - 2 października 2025r. / Uniejów**

osadysciekowe.abrys.pl



Degradacja mikroplastików w osadach

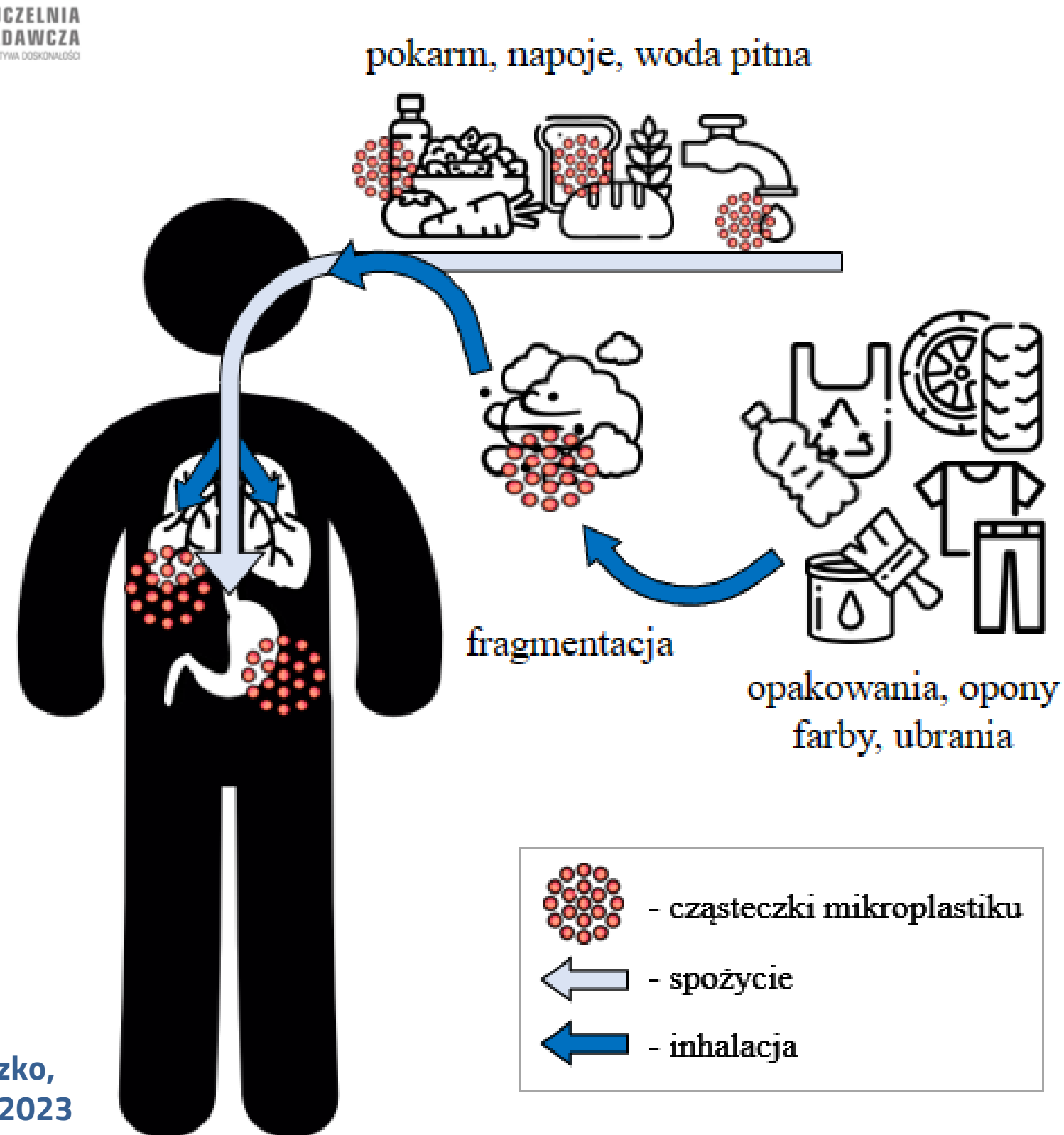
Małgorzata Wilk, Katarzyna Styszko, Zuzanna Prus, Klaudia Szkadłubowicz, Maciej Śliz,
Joanna Mikusińska, Jagoda Worek, Joanna Chwiej, Kamil Kawoń

1 października 2025

PLAN PREZENTACJI

- **Wstęp**
 - Obecność mikroplastików w środowisku
 - Charakterystyka mikroplastików
 - Metody badawcze
- **Materiał:**
 - Osady ściekowe
 - Szlam hydrotermiczny z osadów ściekowych
- **Metody identyfikacji:**
 - Mikroskop optyczny
 - Mikrospektroskopia Ramanowska
- **Wyniki**
- **Podsumowanie**
- **Podziękowanie**

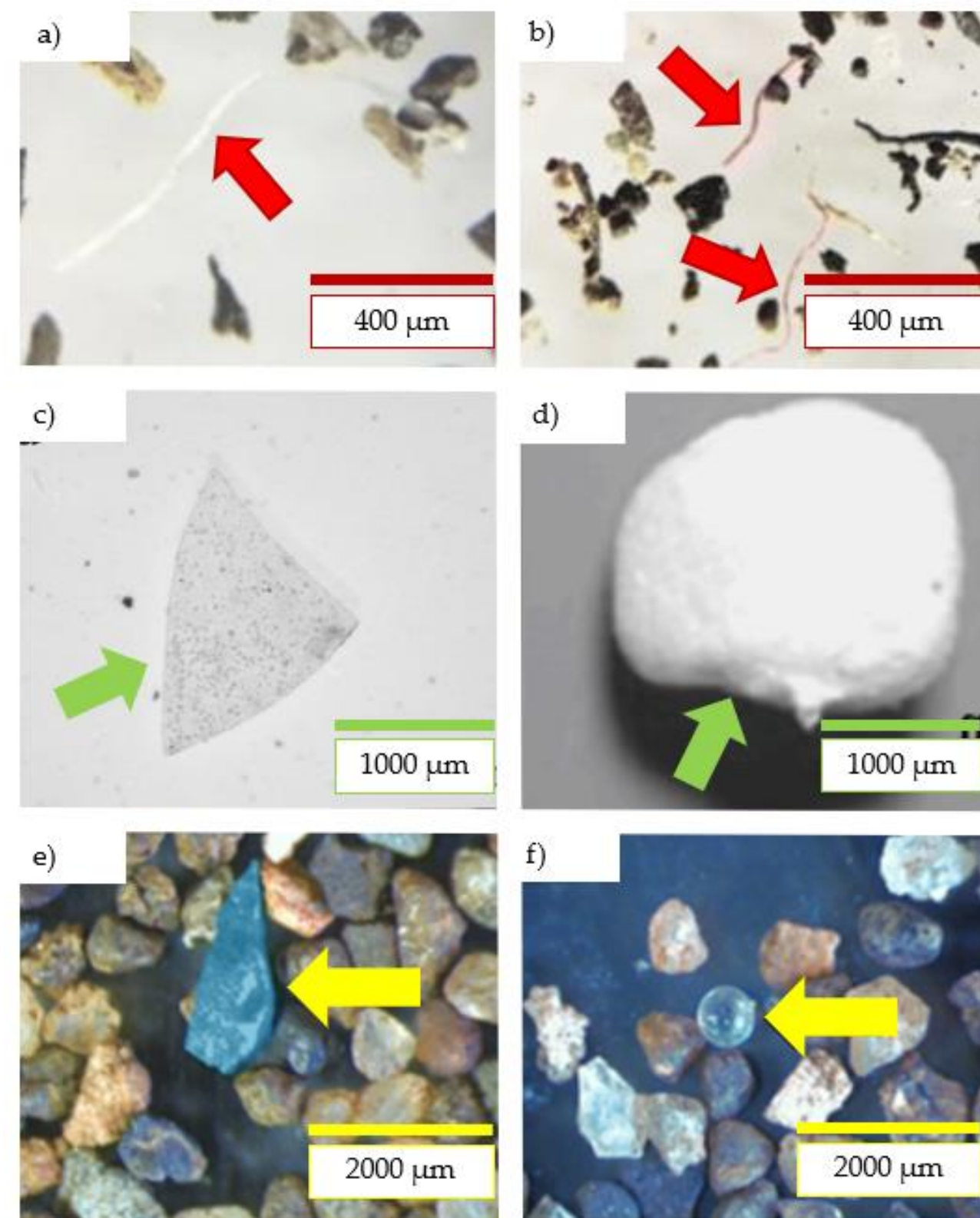
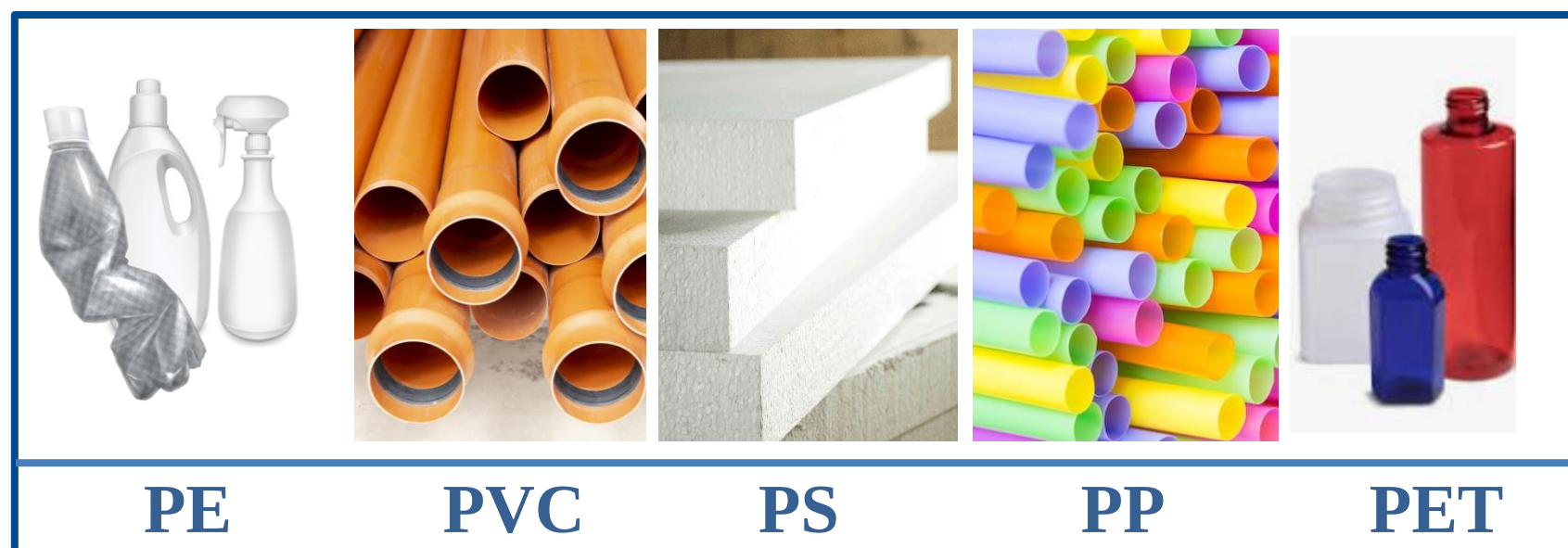
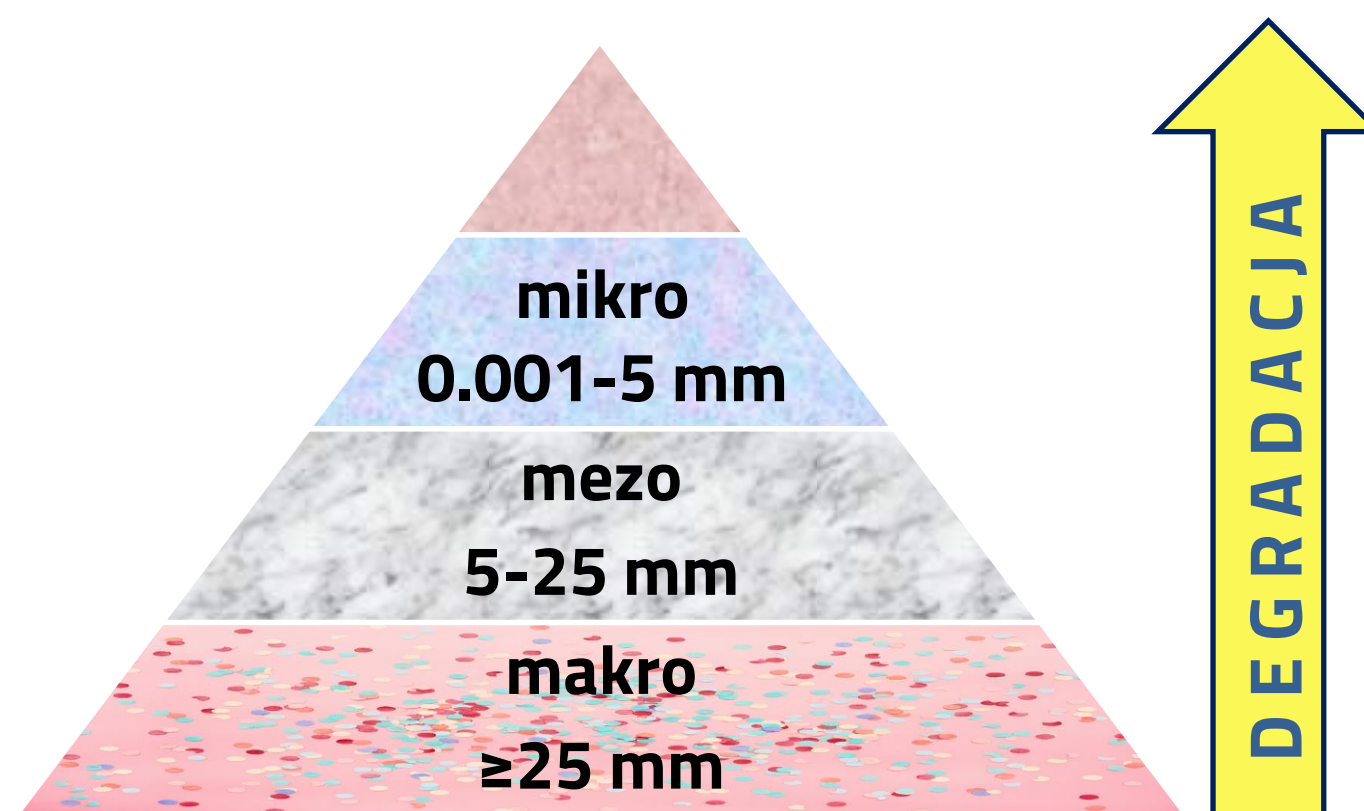
OBIEG MIKROPLASTIKÓW W PRZYRODZIE



MIKROPLASTIKI (MPs)

Źródła mikroplastików

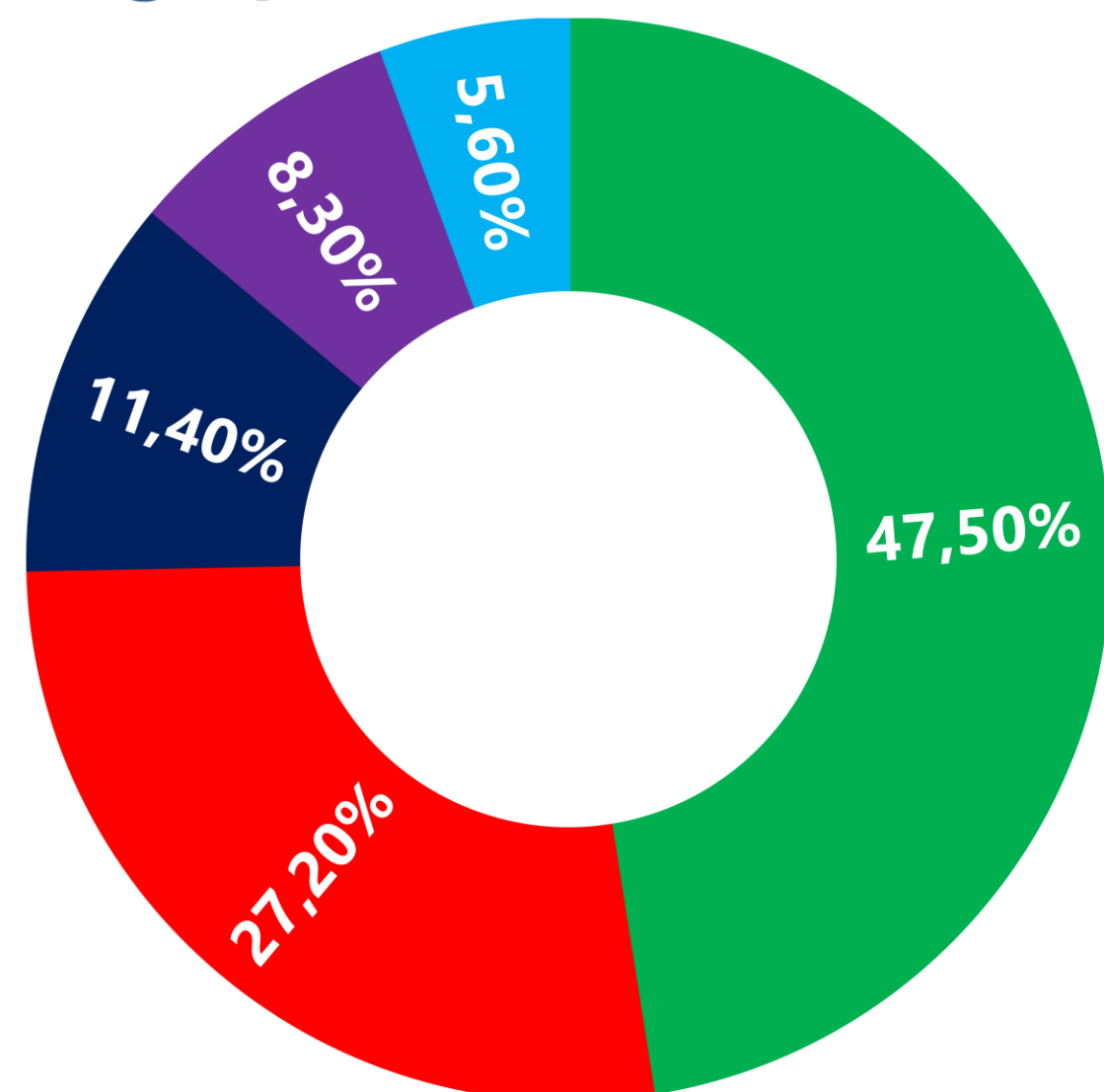
- pierwotne
- wtórne



OBECNOŚĆ MIKROPLASTIKÓW W OSADACH

Najwyższe stężenia MPs wykryte w przetworzonych osadach ściekowych (na 1 g s.m.)

Zagospodarowanie osadów w EU, EurEau2021



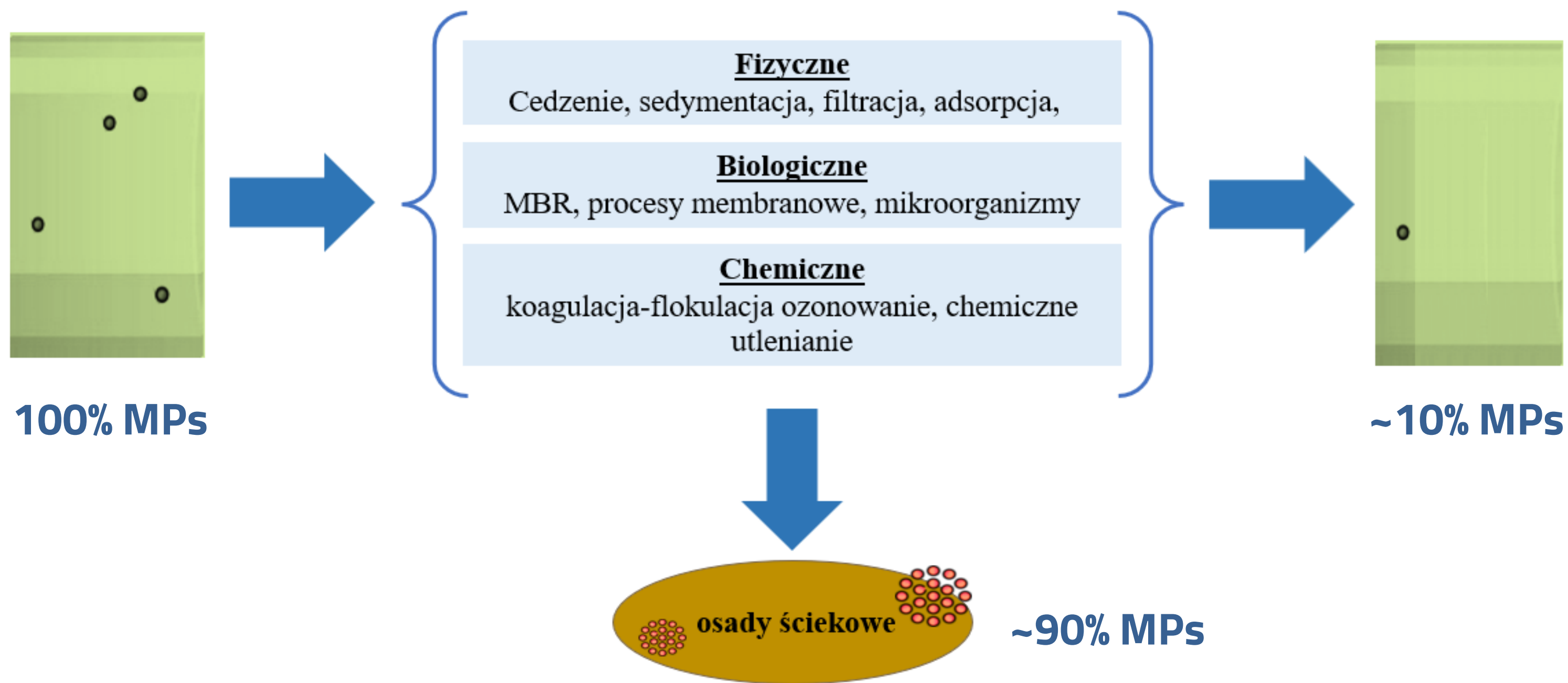
- rolnictwo
- utylizacja termic
- inne
- rekultywacja
- składowanie

**RYZIKO WTÓRNEGO
ZANIECZYSZCZENIA
ŚRODOWISKA**

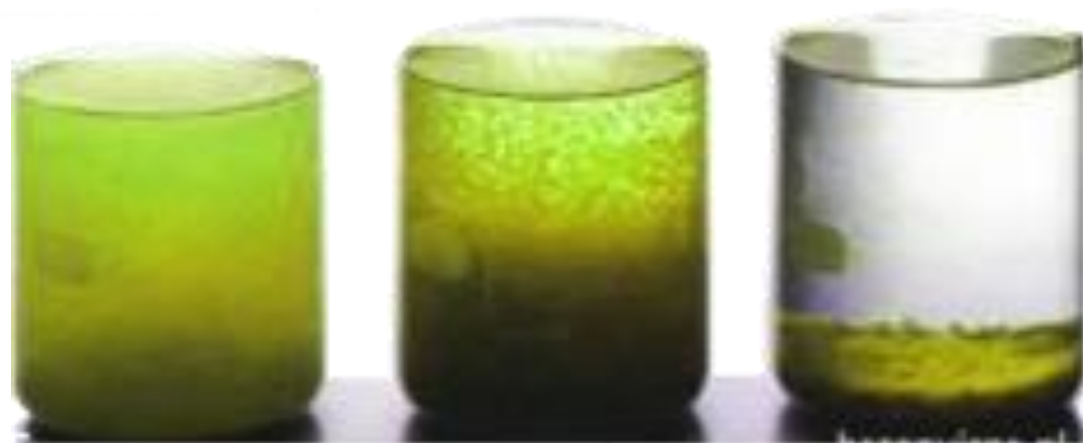


Chemosphere 278 (2021) 130471
 Water Research 109 (2017) 164-172
 Water Research 113 (2018) 236-246
 Environmental Pollution 259 (2020) 113837
 Chemical Engineering Journal 262 (2019) 176-182
 Science of the Total Environment 823 (2022) 153735
 Case Studies in Chemical and Environmental Engineering 2 (2020) 100050

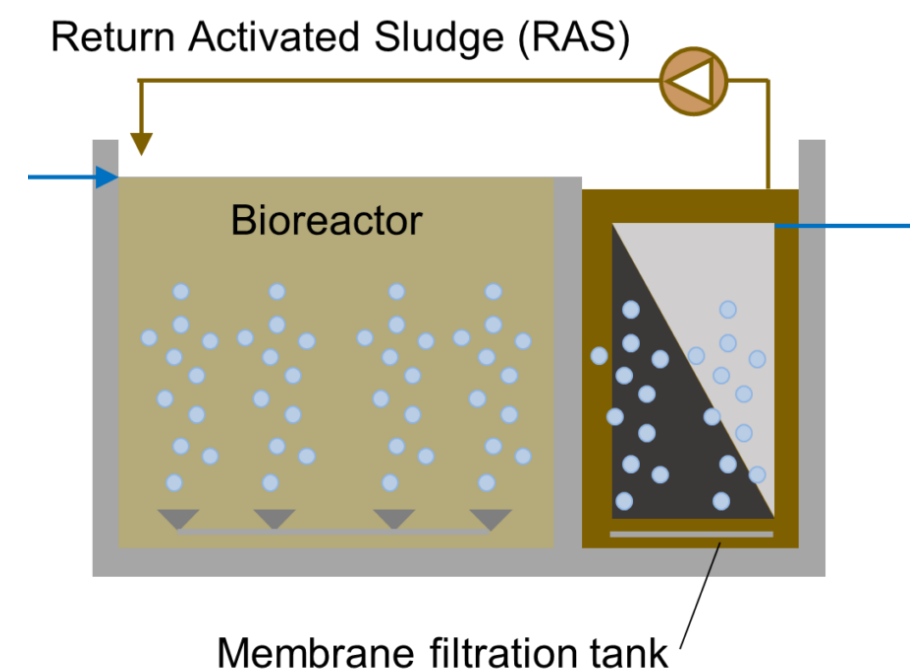
SEPARACJA MIKROPLASTIKÓW PODCZAS OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW



MIKROPLASTYKI w OSADACH



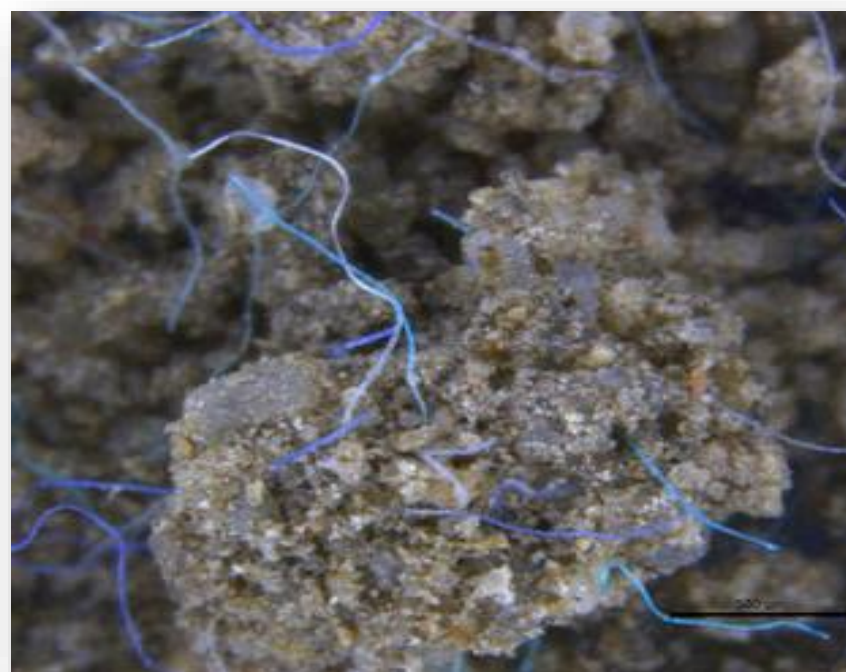
**Dominująca rola
sedymencji**



reaktor MBR (<https://www.pcimembranes.com/>)



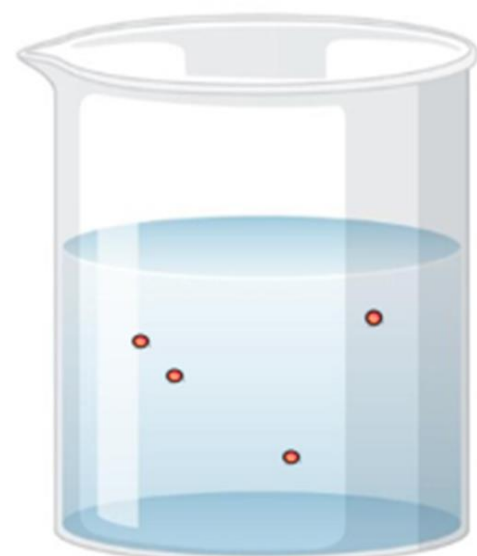
kraty rzadkie/gęste
(<http://profilter.pl/products/kraty-mechaniczne>)



MPs w osadzie ściekowym (Biosolidsbattleblog, 2020) i ziemi (Margenat i in., 2022)



IDENTYFIKACJA I OBRAZOWANIE MIKROPLASTIKÓW



IDENTYFIKACJA

mikroskopia

optyczna, polaryzacyjna,
fluorescencyjna, stereoskopowa,
AFM, SEM, TEM

spektroskopia

Ramana, FTiR, NMR,
XPS, IR

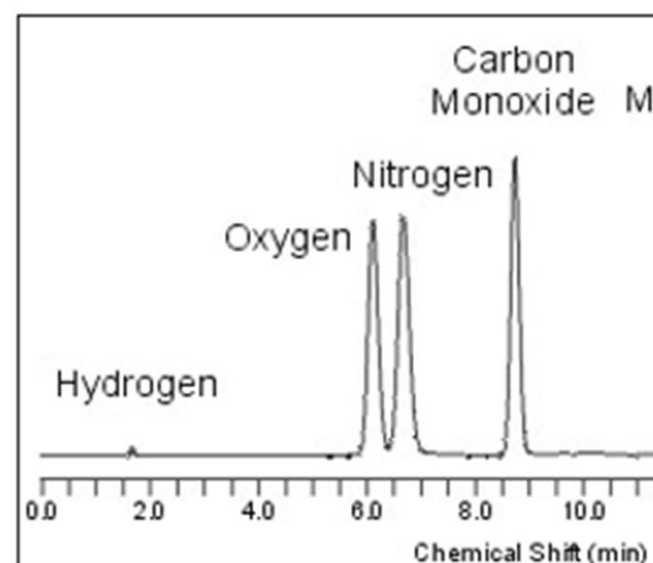
SEPARACJA

chromatografia

m.in. GC/HPLC/MS

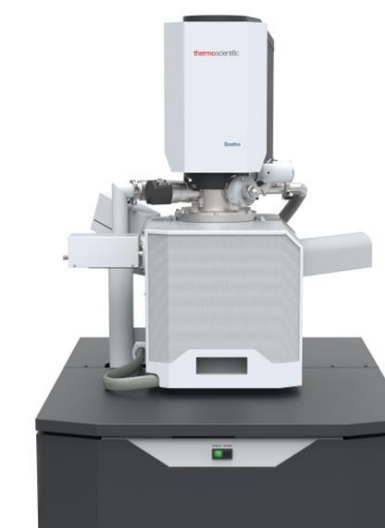
analiza termiczna

TGA, DSC



FTiR

(<https://analysisdoo.com/>)



SEM

(<https://cemas.osu.edu/>)



GC/MS

(<https://www.mooreanalytical.com/gc-ms/>)



TGA

(<https://www.eltra.com/pl/>)

HYDROTHERMIC CARBONIZATION (HTC)

**ODWODNIONE
OSADY ŚCIEKOWE**
~ 15% s.m.

POPRAWIONE CECHY OSADÓW ŚCIEKOWYCH

- Pełna dezynfekcja i higienizacja
- ~4-krotne zmniejszenie objętości
- Istotne ograniczenie odoru
- 3 razy szybciej wytwarzany biogazu
- Usunięcie mikroplastików
- Usunięcie farmaceutyków

SZLAM HYDROTHERMICZNY: HYDROWĘGIEL

~2-15%

zawieszony

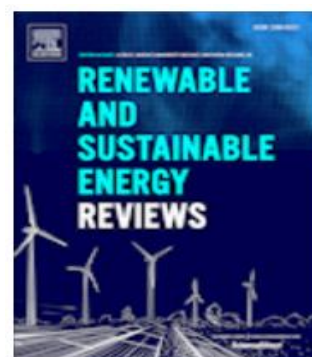
W WODZIE POPROCESOWEJ

~90-85%

GAZ+STRATY

~1-5%

**100% masy
100% energii**



Czerwińska et al. Hydrothermal carbonization process: Fundamentals, main parameter characterisation and applications including an effective method of SARS-CoV-2 mitigation in sewage sludge. A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 154 (2022) 111873

**25% masy
20% energii**



PRZEGLĄD BADAŃ NAUKOWYCH

→ *Usuwanie mikroplastików z osadów ściekowych z wykorzystaniem HTC*

Chemosphere 297 (2022) 134203

HTC w 180°C, 220°C, 260°C w czasie 3 h

MPs: PU, PS, PET, PA, PP

- 180°C: PU & PS całkowicie usunięte
- 220°C: PET & PA całkowicie usunięte
- 260°C: PP (79.34% redukcja) i PE (55.93% redukcja)

79% ogólny stopień redukcji w 260°C

Chemical Engineering Journal 450 (2022) 138163

HTC w 170°C i 220°C w czasie 0.5 h

MPs: PC, PMMA, PS, PU, PVDF, PA, PE, PET, PO, PP, PVC

- 170°C: PC, PMMA, PS, PU, PVDF całkowicie usunięte
- 220°C: (PA, PE, PET, PO, PP, PVC) zredukowane ~50.21%

~87% całkowity stopień redukcji w 220°C

ACS Sustainable Chemical Engineering (2024) 14187–14199

HTC w 180°C i 200°C w czasie 6h

MPs: PS, PP, PET

~90% ogólny stopień redukcji w 200°C

Journal Environmental Chemical Engineering 13 (2025) 118262

HTC w 220 °C w czasie 3 h

MP: PE

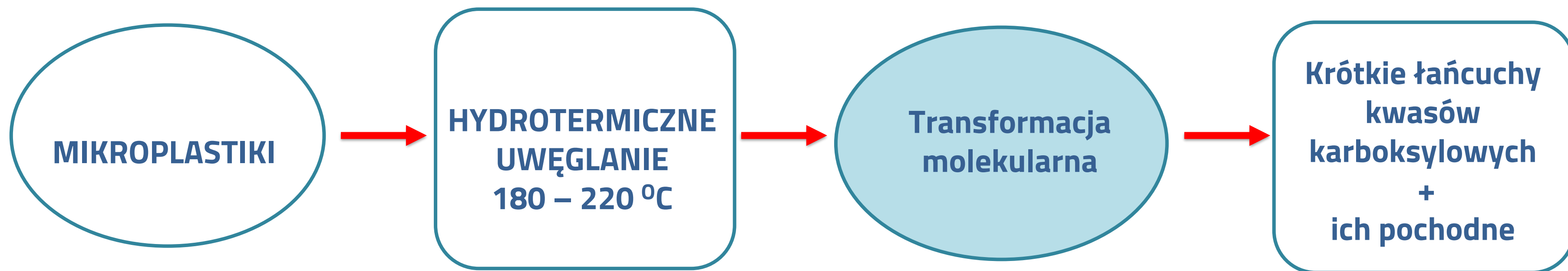
~71% ogólny stopień redukcji w 220°C



energies

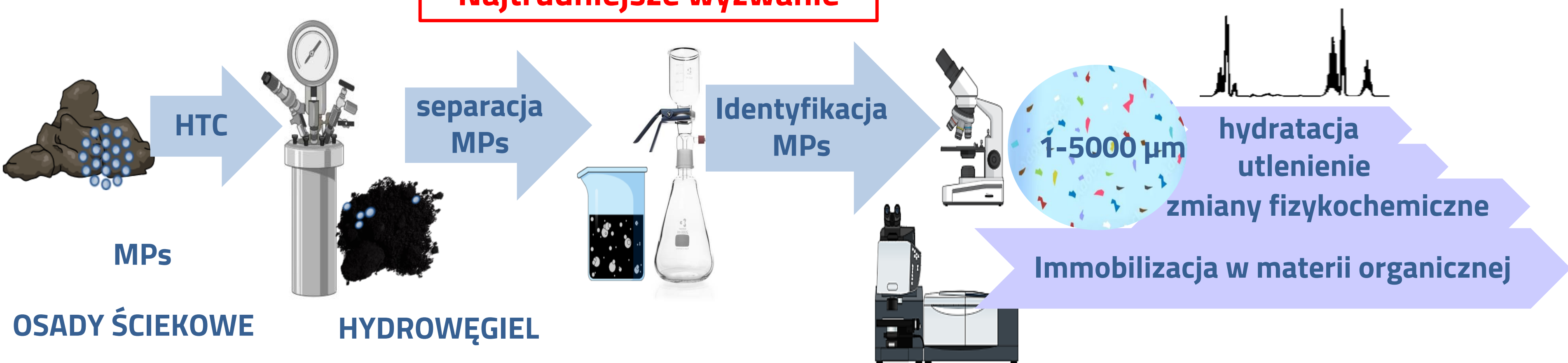
Z. Prus, M. Wilk. Microplastics in Sewage Sludge: Worldwide Presence in Biosolids, Environmental Impact, Identification Methods and Possible Routes of Degradation, Including the Hydrothermal Carbonization Process. *Energies* 1 (2024) 4219

PRZEMIANA MPs PODCZAS HYDROTERMICZNEGO UWĘGLANIA



PLAN BADAŃ

Najtrudniejsze wyzwanie

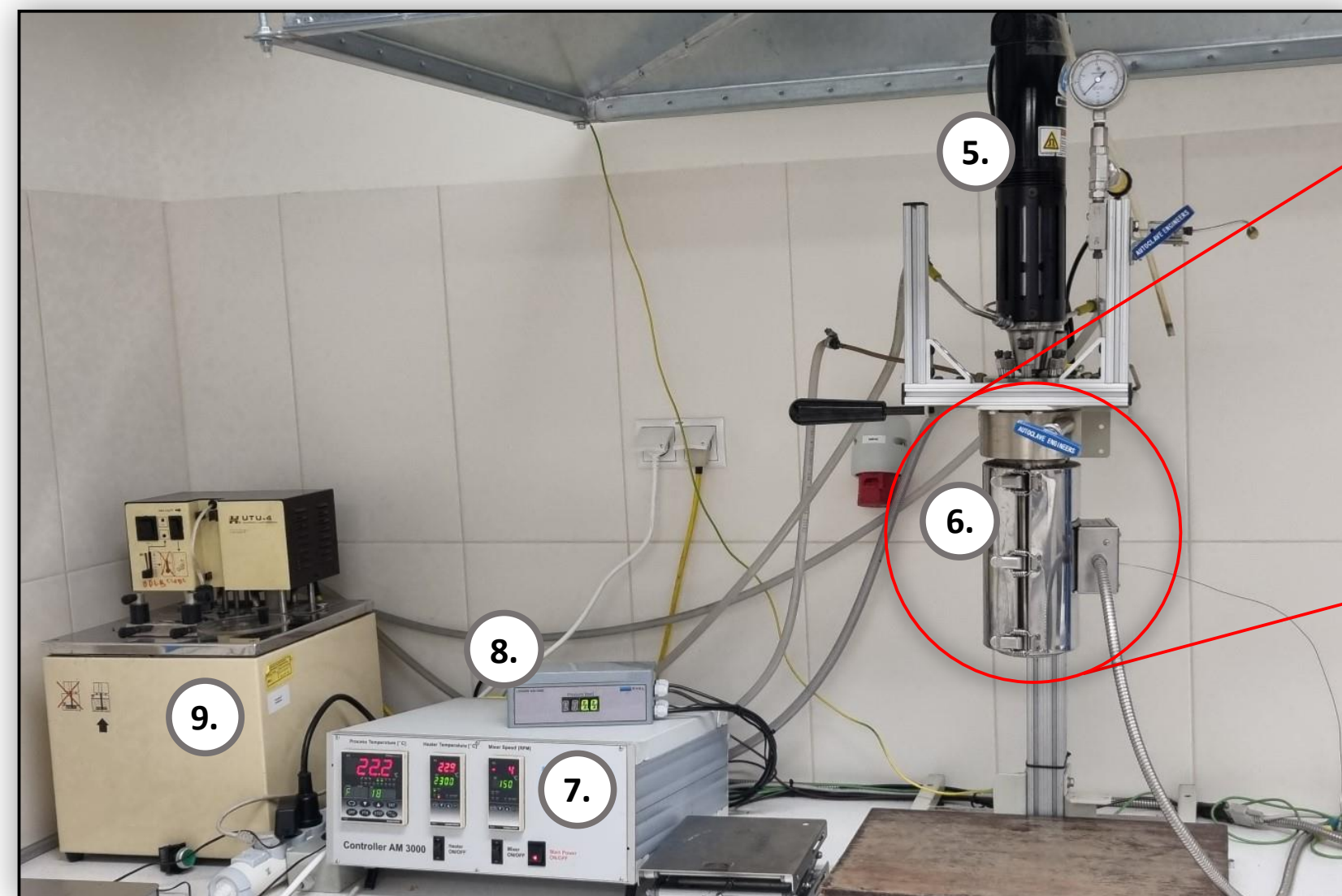


PROCES HTC

Parametry HTC

Temperatura, °C	200, 210, 220
Czas, h	2

Materiał



- 1 – chłodnica,
- 2 – termopara,
- 3 – mieszadło,
- 4 – reaktor,
- 5 – MagneDrive,
- 6 – płaszcz grzewczy z termoparą
- 7 – panel kontrolujący,
- 8 – pomiar ciśnienia,
- 9 – termostat

Parker Autoclave Engineers, USA
EKOPROD Sp. zo.o. w Bytomiu

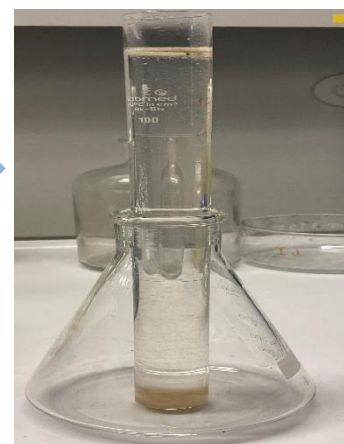
PROCEDURA EKSTRAKCYI MIKROPLASTIKÓW

Żmudna i długotrwała

Liofilizacja/suszenie



**separacja
gęstościowa
w nasyconym CaCl_2**

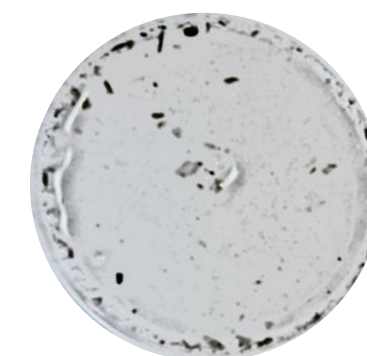


**trawienie materii
organicznej
w 15% H_2O_2**



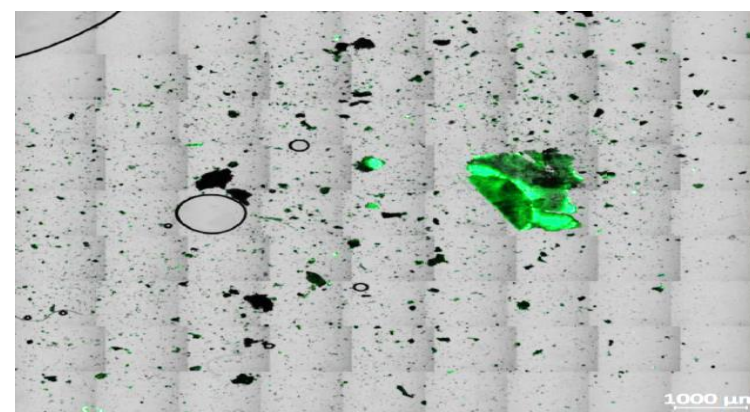
**filtracja na filtrach
z włókna szklanego
lub z Al_2O_3**

**Przechowywanie
w szklanych
szalkach Petriego**



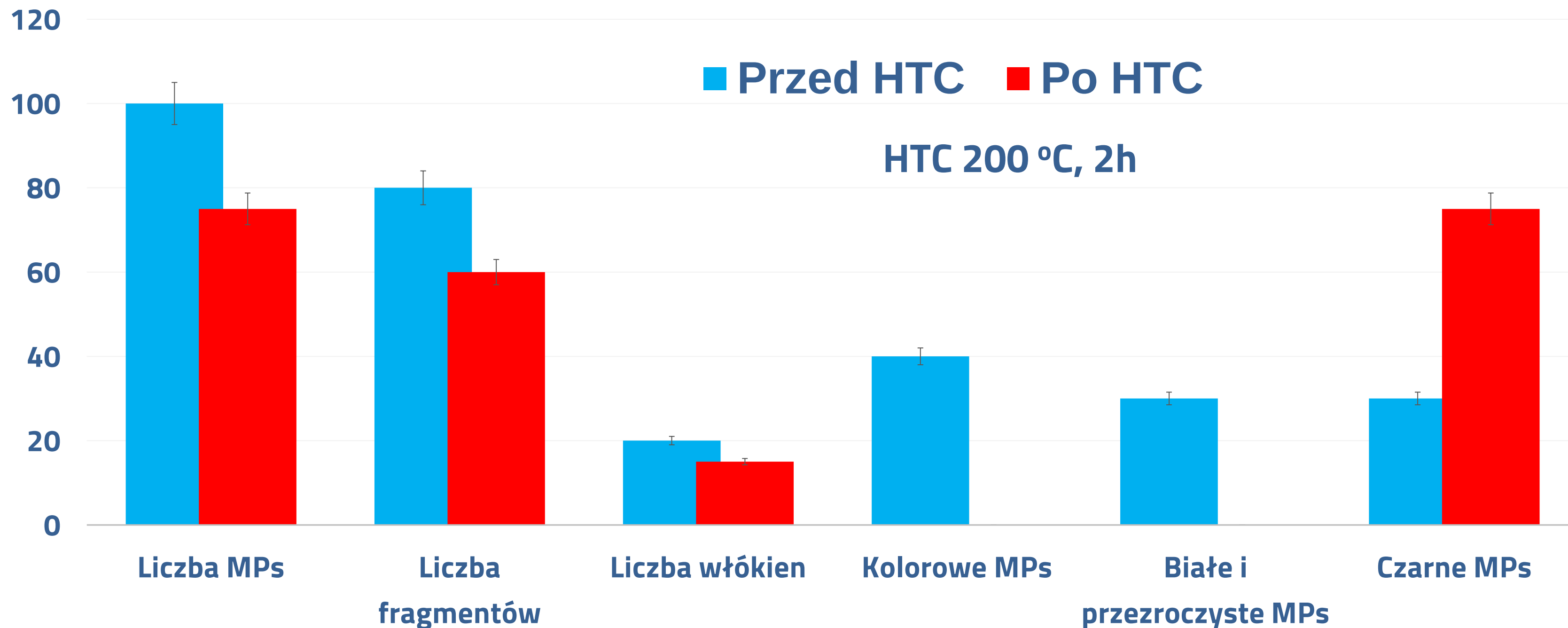
**Identyfikacja:
analizy mikroskopowe,
spektroskopowe**

analiza statystyczna

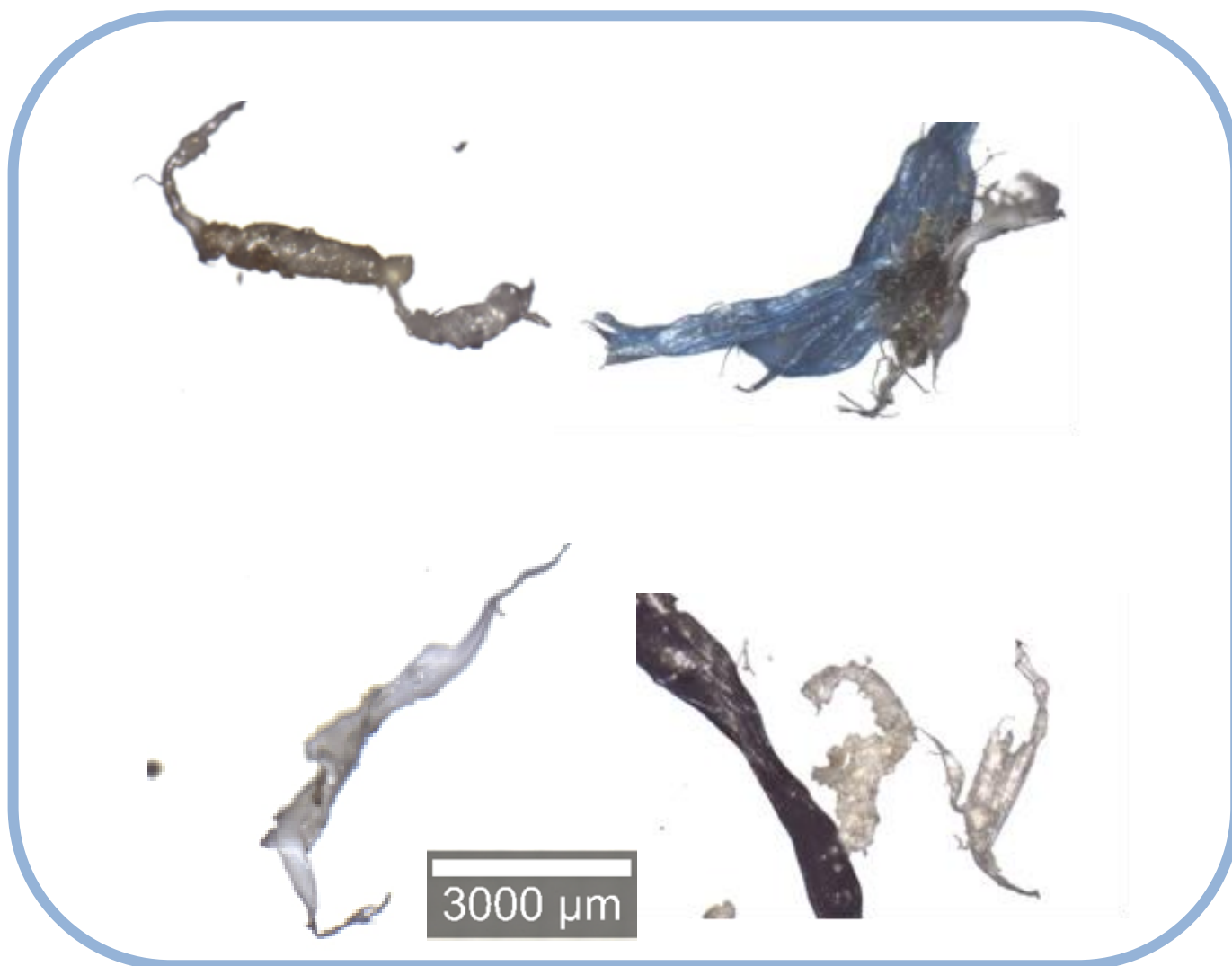


WYNIKI STATYSTYCZNE (MPs na 100 g s.m.)

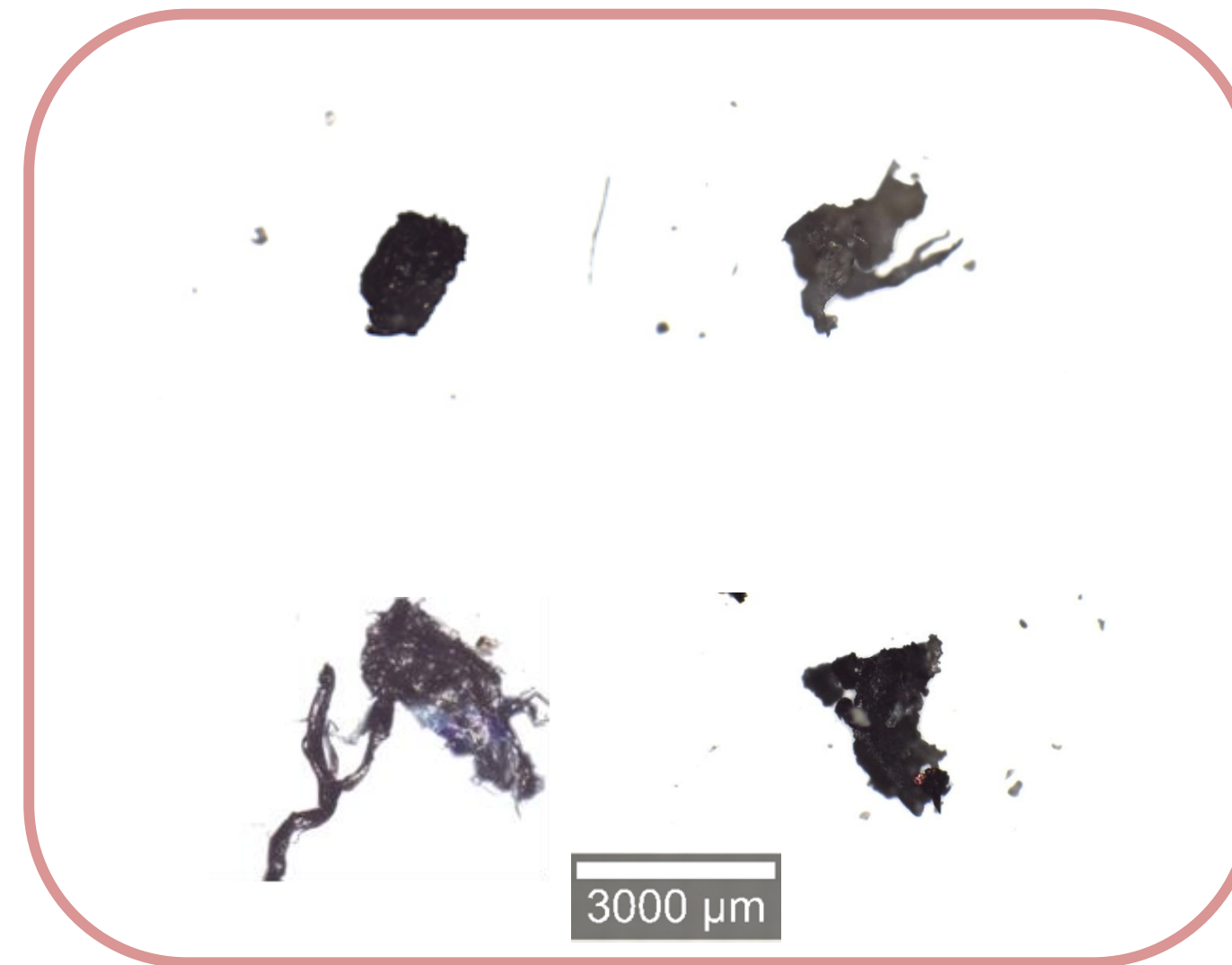
Liczba MPs na 100 g s.m.



WYNIKI Z MIKROSKOPU OPTYCZNEGO



MPs w osadach ściekowych



MPs w hydrowęglach

PRZEMIANA MPs PODCZAS HTC

Kolorowe
mikroplastiki
w osadach
ściekowych

Hydrotermiczne
uwęglanie

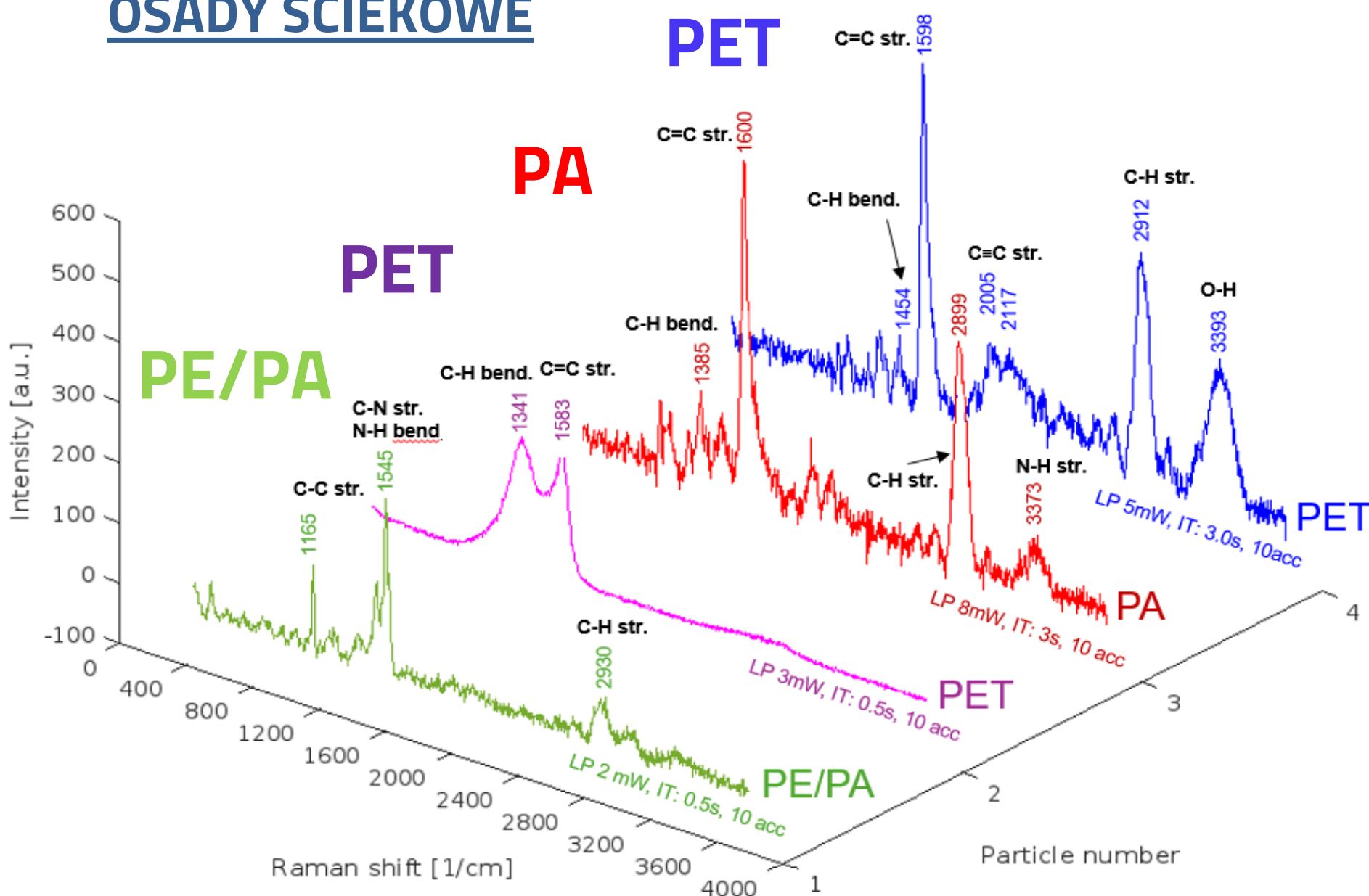
Transformacja
molekularna

Zdegradowane
uwęglone

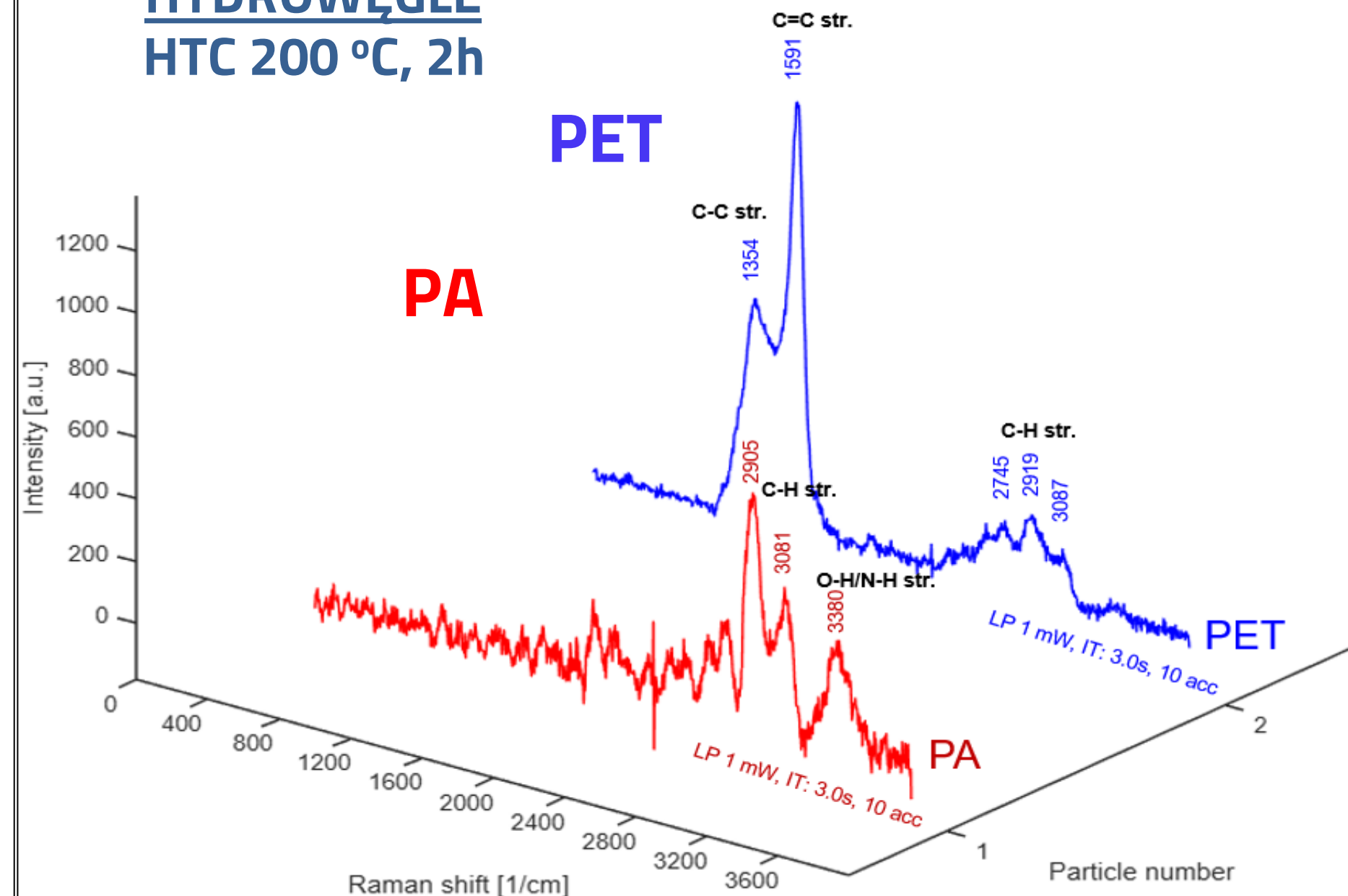
Czarne
mikroplastiki
w hydrowęglach

WYNIKI MIKROSPEKTROSKOPII RAMANA

OSADY ŚCIEKOWE



HYDROWĘGLE HTC 200 °C, 2h



DEGRADACJA MPs Z ROSNĄCĄ TEMPERATURĄ HTC



SS



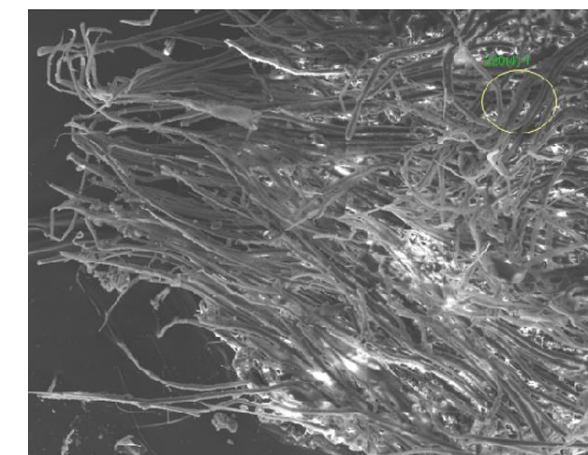
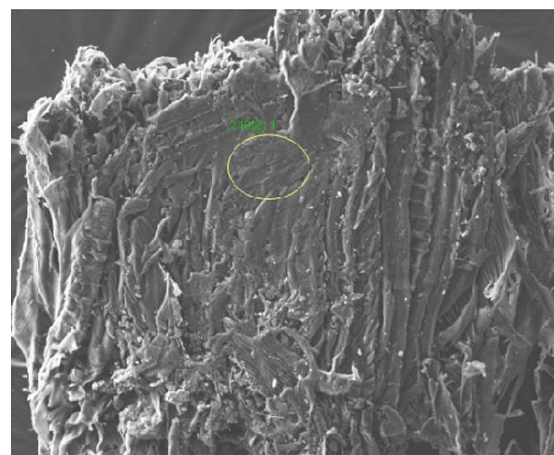
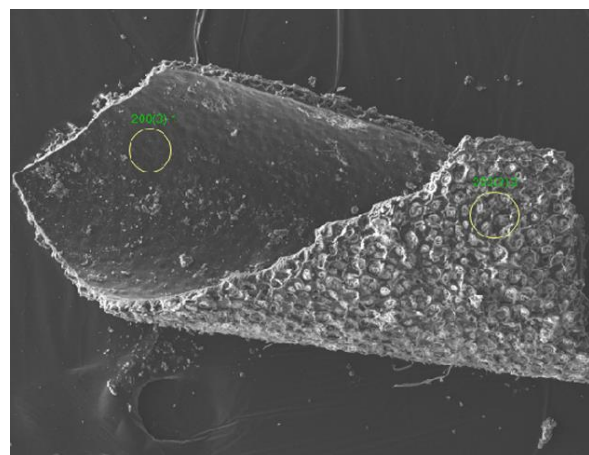
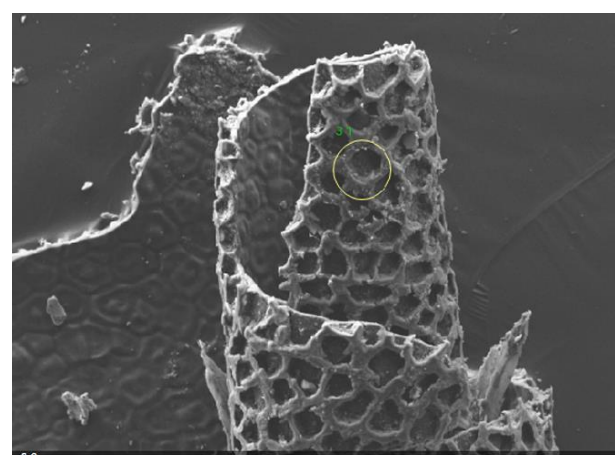
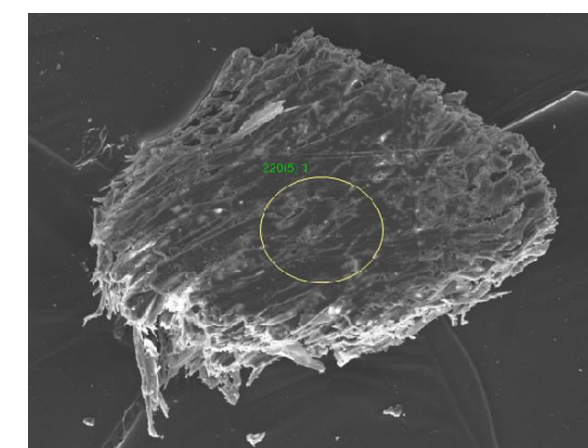
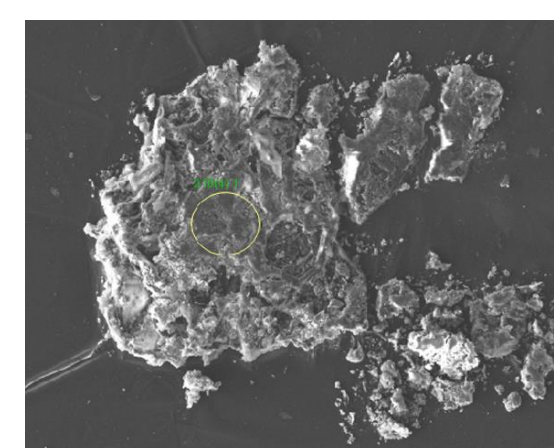
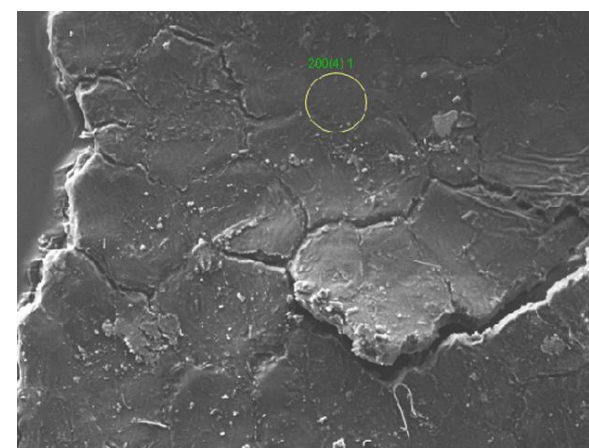
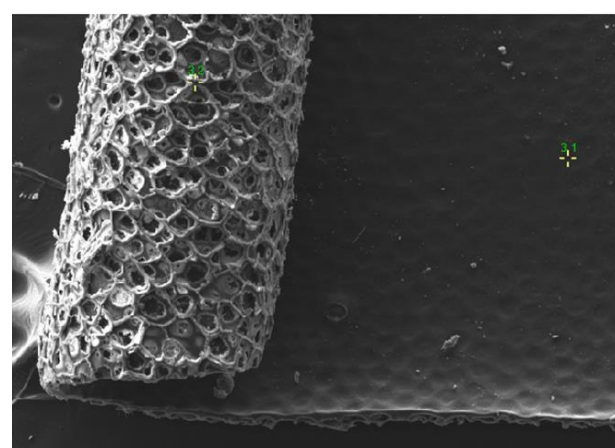
HC_200_2



HC_210_2



HC_220_2



PODSUMOWANIE

- Mikroplastiki ulegają degradacji podczas hydrotermicznego uwęglania
- Zidentyfikowane mikroplastiki w hydrowęgłach były w mniejszej ilości i miały zmieniony skład
- **Hydrotermiczne uwęglanie jest efektywną metodą do usuwania i zmniejszania ilości mikroplastików w osadach ściekowych**



PODZIĘKOWANIA

Badania były finansowane częściowo przez Narodowe Centrum Nauki w ramach grantu OPUS28 nr 2024/55/B/ST8/01847 oraz częściowo w ramach „Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza” dla AGH. Autorzy dziękują firmie EKOPROD Sp. z o.o. w Bytomiu za użyczenie aparatury.



NARODOWE CENTRUM NAUKI





Funded by
the European Union

Acknowledgement

This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under the Marie Skłodowska-Curie grant agreement No 101086071, project name “CUPOLA — Carbon-neutral pathways of recycling marine plastic waste”.



Organizator:



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!



Dr hab. inż. Małgorzata Wilk, prof. AGH
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Kierownik Katedry Techniki Ciepłej i Ochrony Środowiska
Email: mwilk@agh.edu.pl
Tel: +48 510 026 066

osadysciekowe.abrys.pl