



Silesian
University
of Technology



RESEARCH
UNIVERSITY
EXCELLENCE INITIATIVE
Ministry of Science
and Higher Education



OD ODPADU DO SUROWCA: TERMICZNE PRZETWARZANIE BIOMASY ODPADOWEJ I RECYKLING CHEMICZNY ODPADÓW W GOZ

Prof. Sebastian Werle

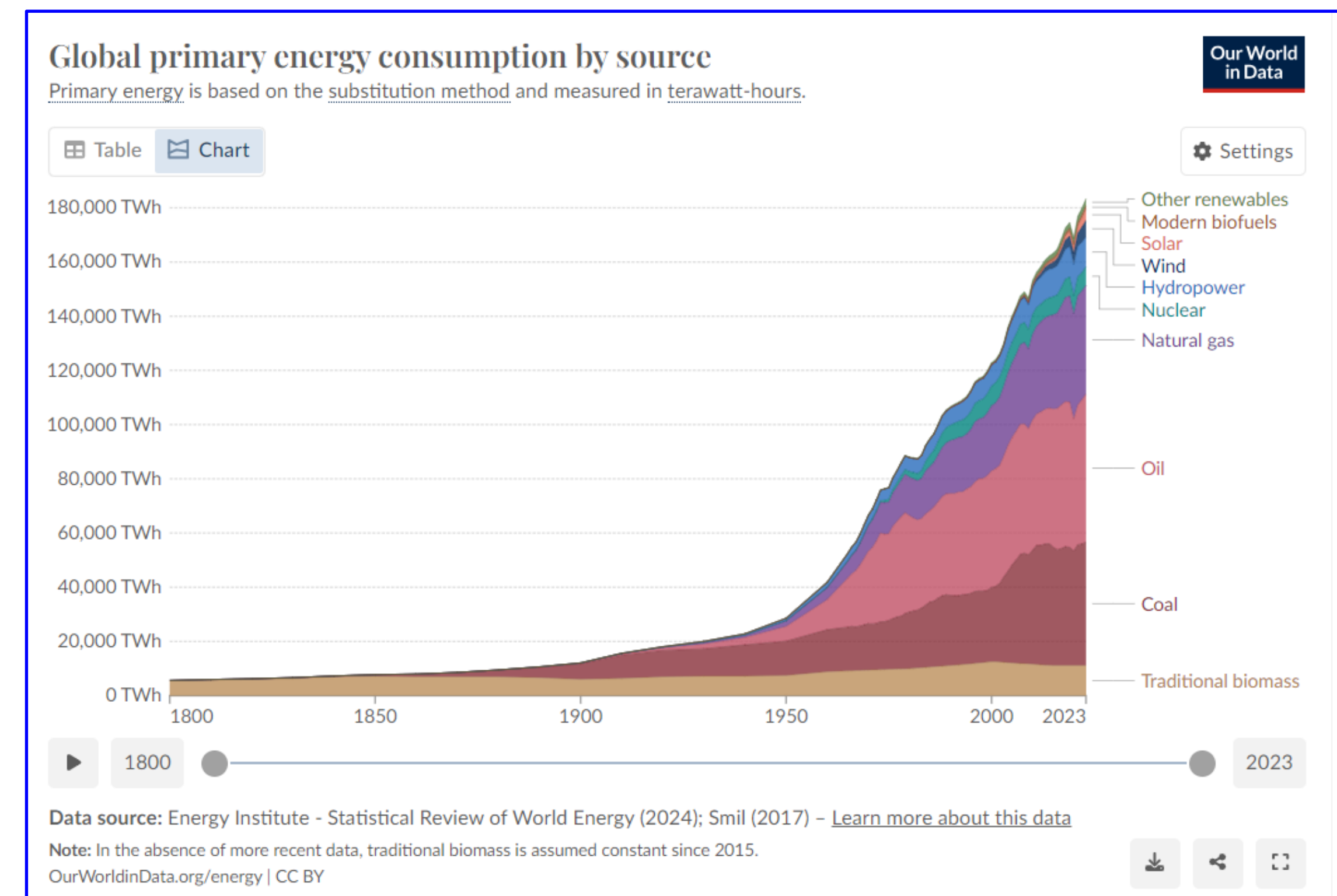
Katedra Techniki Ciepłej, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki,
Politechnika Śląska

27 stycznia 2026

Dlaczego biomasa (odpadowa i odpady)?

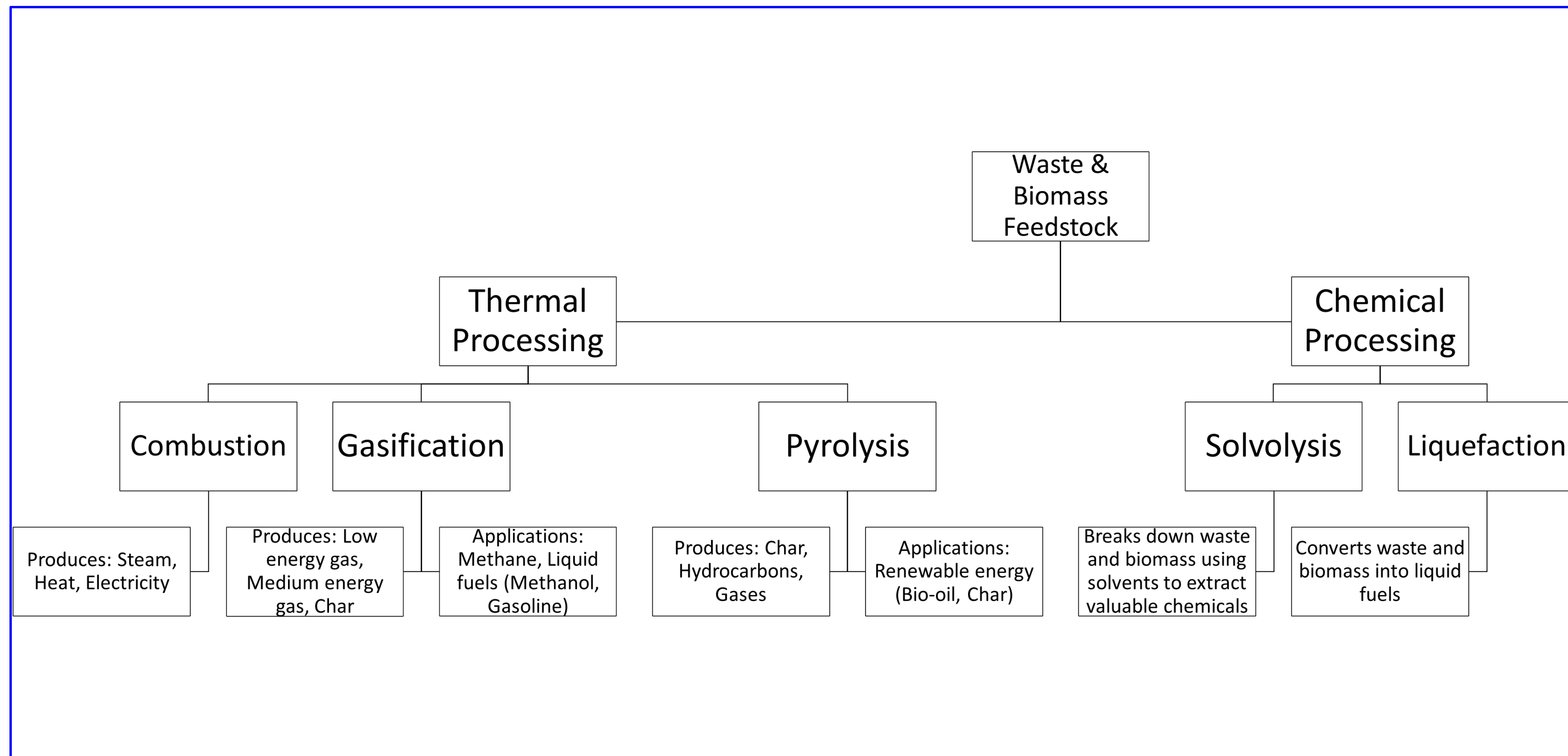
2 Rosnące zużycie energii, zwiększające się zapotrzebowanie na paliwa kopalne, gwałtowny wzrost cen paliw oraz rosnący poziom emisji gazów cieplarnianych (GHG) to tylko niektóre z problemów, które przyczyniają się do konieczności globalnego przejścia na energię odnawialną.

Odpady i biomasa mają ogromny potencjał w zakresie wytwarzania energii oraz produktów o wysokiej wartości dodanej z wykorzystaniem różnych technologii konwersji.



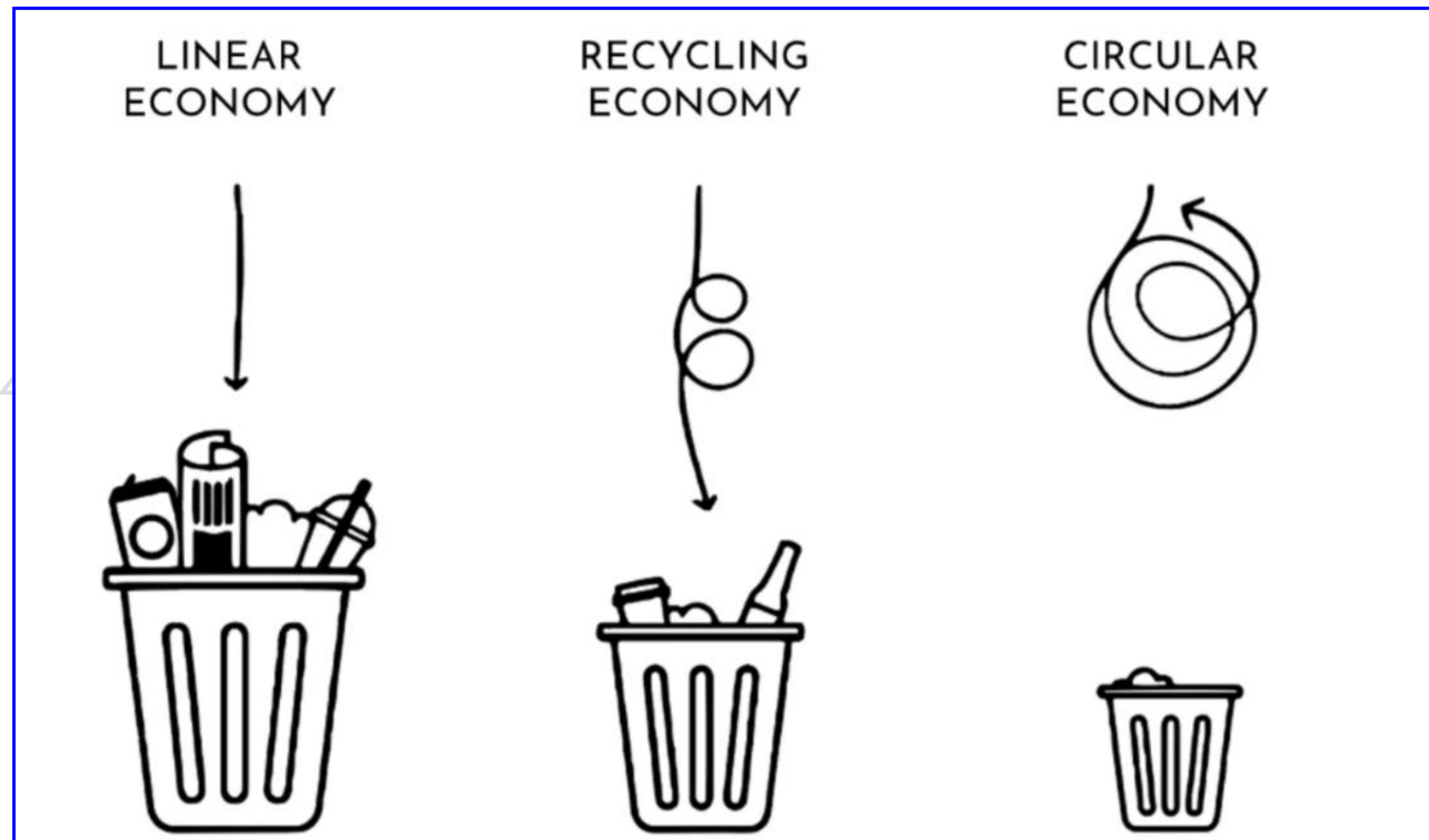
Termiczne i chemiczne metody konwersji biomasy i odpadów

3



Schemat S.Werle

Gospodarka cyrkularna; GOZ



European Commission. A new Circular Economy Action Plan. COM(2020) 98 final.

Gospodarka o obiegu zamkniętym została opisana przez Fundację Ellen MacArthur. Określono ją jako „gospodarkę odtwarzającą lub regeneracyjną z założenia i już na etapie projektowania”.

Kolejnym etapem rozwoju koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym było wprowadzenie w 2015 r. przez Unię Europejską pakietu dotyczącego GOZ. Dokument ten ustanawia zamknięte obiegi przepływu materiałów, efektywne wykorzystanie zasobów i energii, zapobieganie składowaniu odpadów, a także ponowne wykorzystanie odpadów i produktów ubocznych.

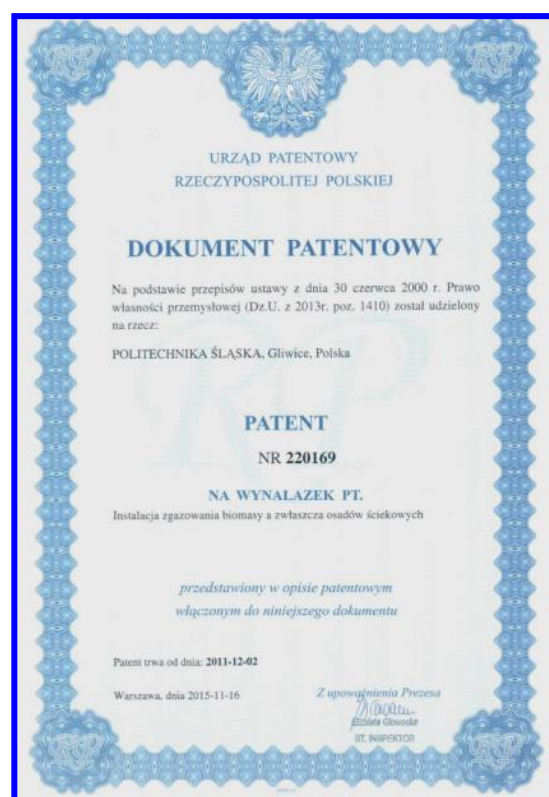
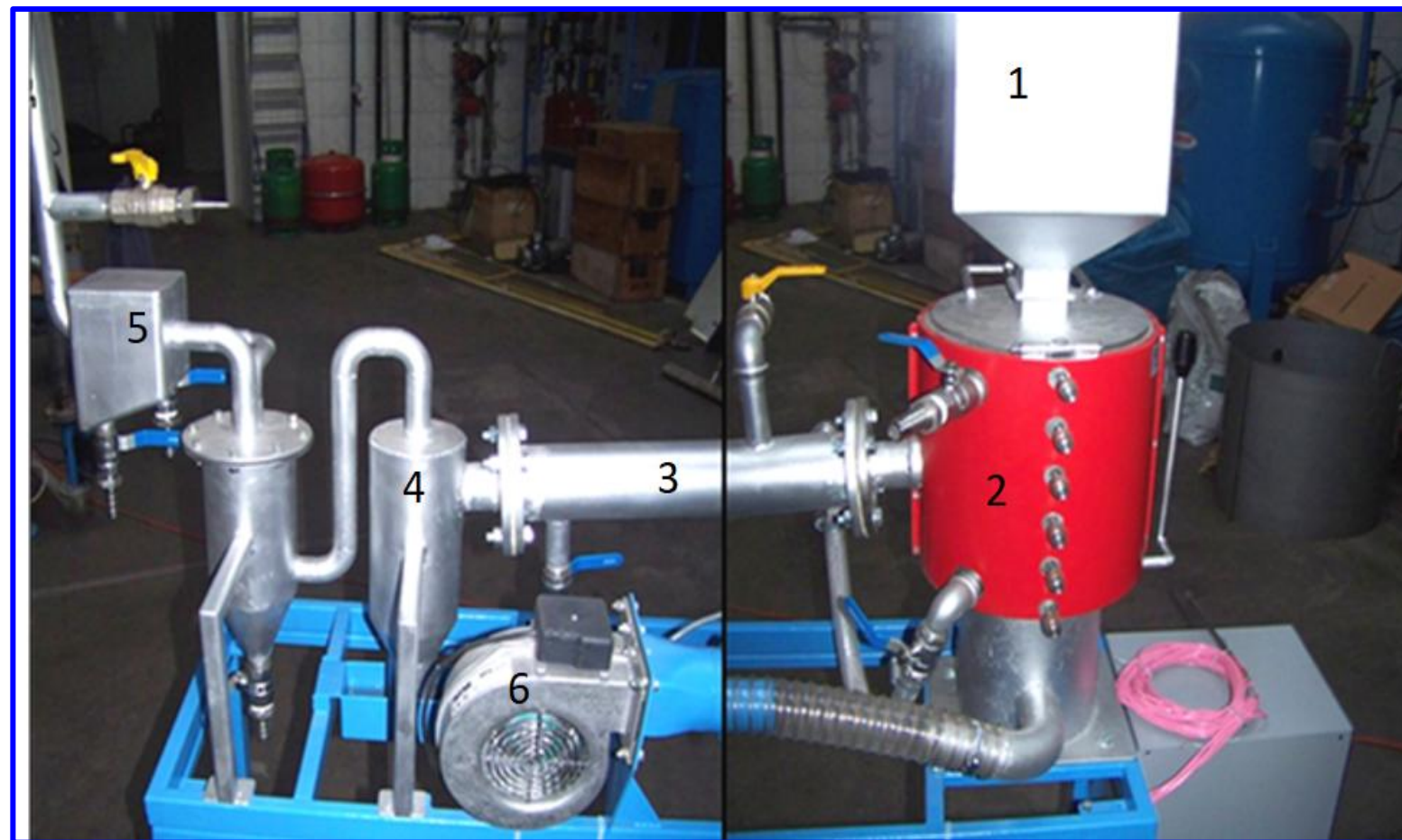
Zgazowaniem paliwa nazywa się cykl przemian prowadzących do wytworzenia gazu palnego.

- Wytworzony gaz może być spalany w celu uzyskania energii lub wykorzystywany do produkcji związków chemicznych o wysokiej wartości dodanej.
- W wyniku redukcyjnego charakteru atmosfery procesu zgazowanie zapobiega emisjom tlenków siarki i azotu, metali ciężkich oraz potencjalnemu powstawaniu chlorowanych dibenzodioksyn i dibenzofuranów.
- W porównaniu z objętością gazów spalinowych powstających w procesie spalania wytwarzana jest mniejsza objętość gazu, ponieważ zgazowanie przebiega w środowisku charakteryzującym się niskim stężeniem czynnika zgazowującego.

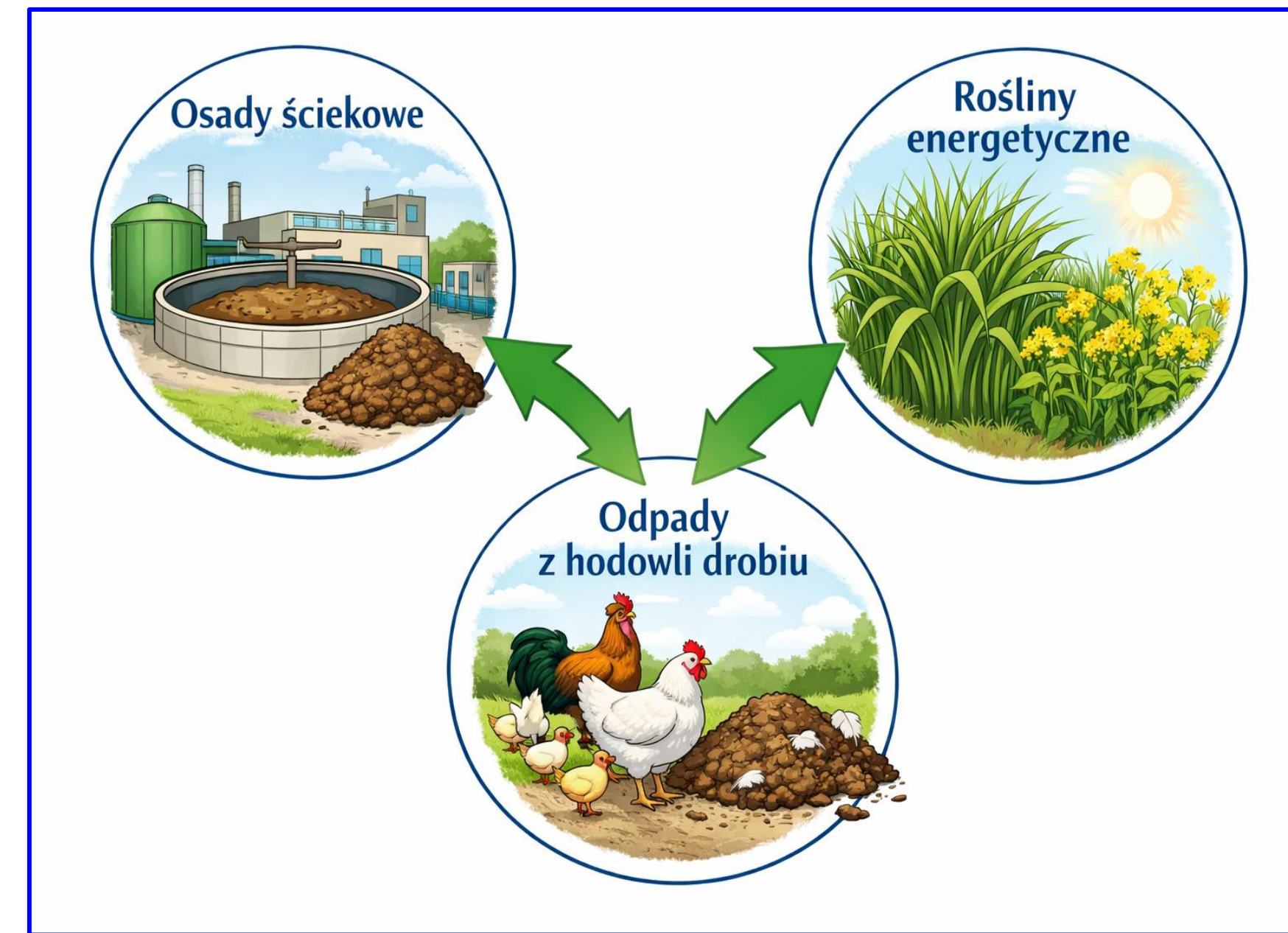


OpenAI. 2026. ChatGPT (GPT-5.2). Response generated January 24, 2026.

Zgazowanie różnych paliw biomasowo-odpadowych



Zdjęcia S.Werle



- gaz ze zgazowania może być wykorzystywany jako paliwo gazowe o niskiej lub średniej wartości opałowej, odpowiednie do wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej lub do dalszego przetwarzania;
- stały produkt procesu (pozostałość po zgazowaniu) może znaleźć zastosowanie jako niekonwencjonalny sorbent, m.in. do oczyszczania gazów lub ścieków oraz w innych procesach ochrony środowiska.

OpenAI. 2026. ChatGPT (GPT-5.2). Response generated January 24, 2026.

Zgazowanie różnych paliw biomasowo-odpadowych

Projekty:

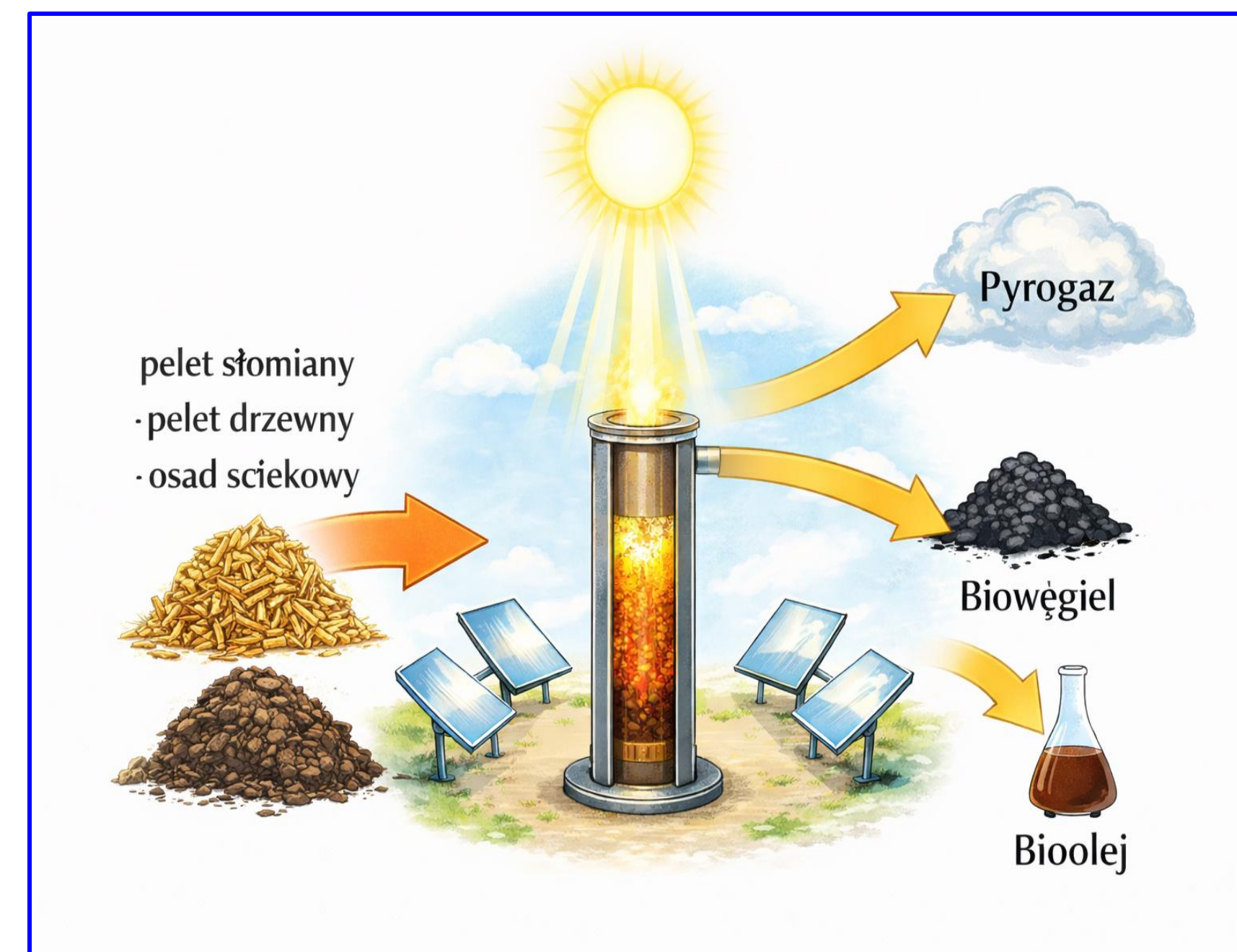
1. **Badania nad ograniczaniem emisji tlenków azotu z wykorzystaniem termicznego przetwarzania osadów ściekowych.** Projekt badawczy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego, nr N N523 737540, realizowany w latach 2011–2013. Główny wykonawca (kierownik projektu: prof. R. K. Wilk).
2. **Zgazowanie osadów ściekowych w reaktorze ze złożem stałym z wykorzystaniem podgrzanego powietrza (technologia HTAG).** Projekt badawczy realizowany w ramach programu Iuventus Plus, Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego, nr 0593/IP2/2011/71, lata 2012–2014. Kierownik projektu.
3. **Eksperymentalna i numeryczna analiza właściwości palnych gazu pochodzącego ze zgazowania osadów ściekowych.** Projekt badawczy Narodowego Centrum Nauki, nr 2011/03/D/ST8/04035, realizowany w latach 2012–2015. Kierownik projektu.
4. **Phytoremediation driven energy crops production on heavy metal degraded areas as local energy carrier - Phyto2Energy.** 2014-2018; EU, FP7. Kierownik projektu.

Piroliza solarna

Piroliza solarna to proces termicznego rozkładu materiałów organicznych prowadzony w warunkach beztlenowych, w którym źródłem ciepła jest skoncentrowane promieniowanie słoneczne.

Zalety pirolizy solarnej:

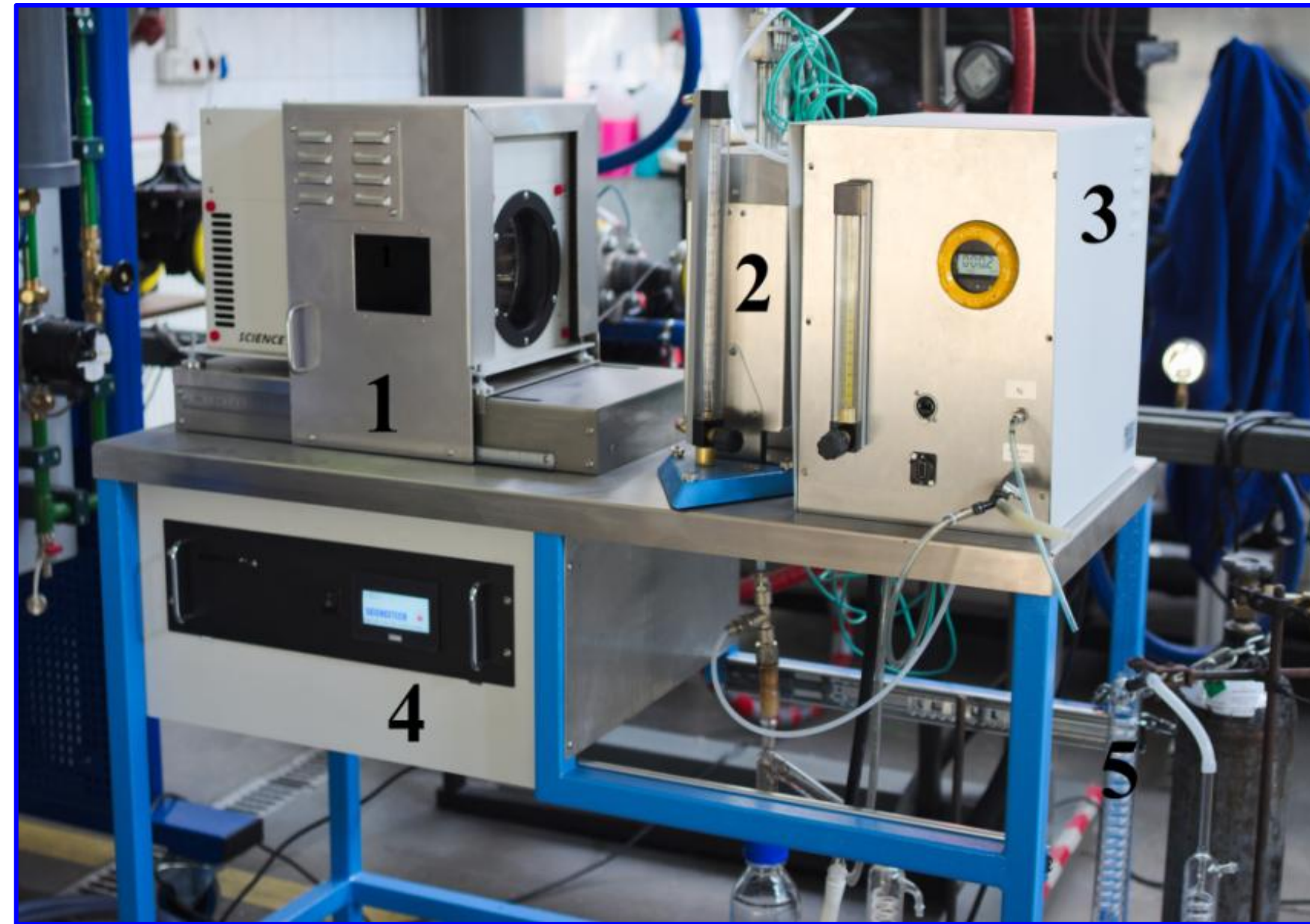
- wykorzystanie **odnawialnego źródła energii** (promieniowanie słoneczne) jako źródła ciepła,
- **brak bezpośrednich emisji** związanych ze spalaniem paliw kopalnych,
- możliwość **zagospodarowania odpadów** (biomasa, osady ściekowe),
- uzyskanie **kilku wartościowych produktów** w jednym procesie,
- wysoka czystość produktów dzięki **beztlenowym warunkom procesu**,
- potencjał integracji z gospodarką o obiegu zamkniętym.



Zdjęcia S.Werle

OpenAI. 2026. ChatGPT (GPT-5.2). Response generated January 24, 2026.

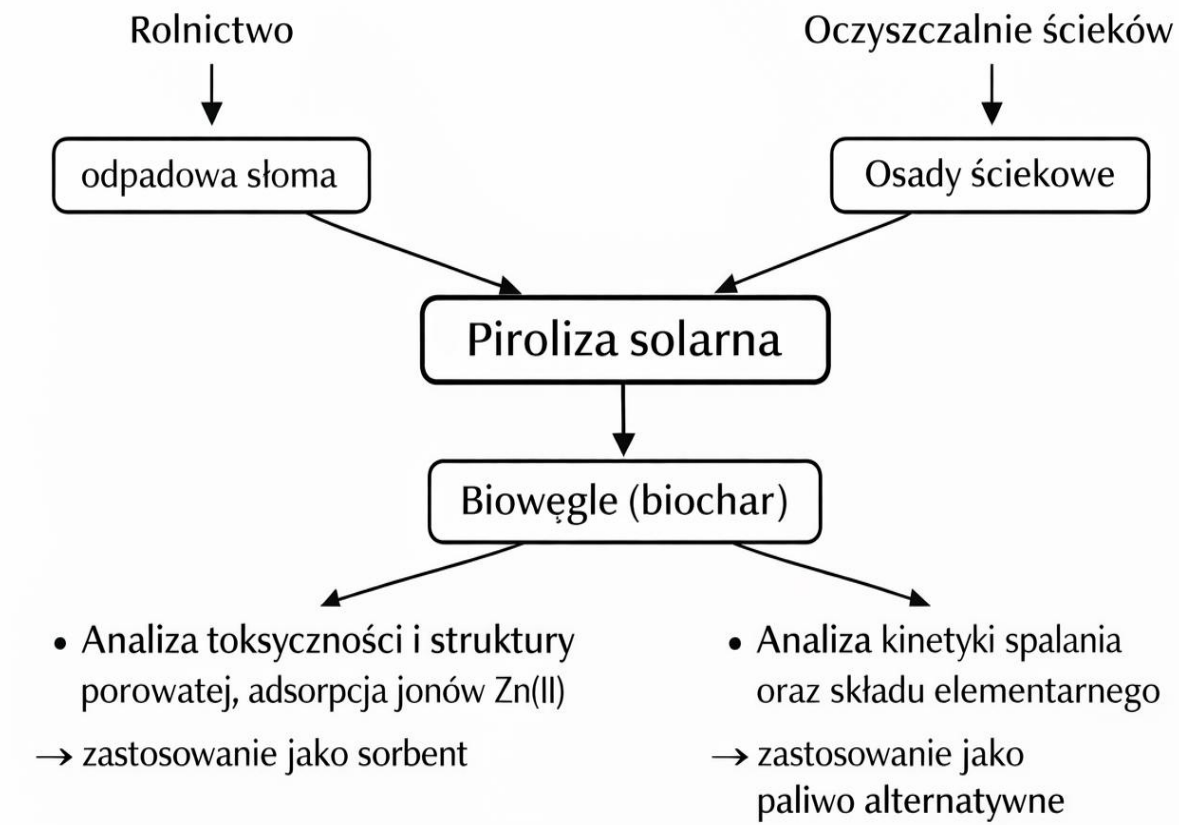
Piroliza solarna



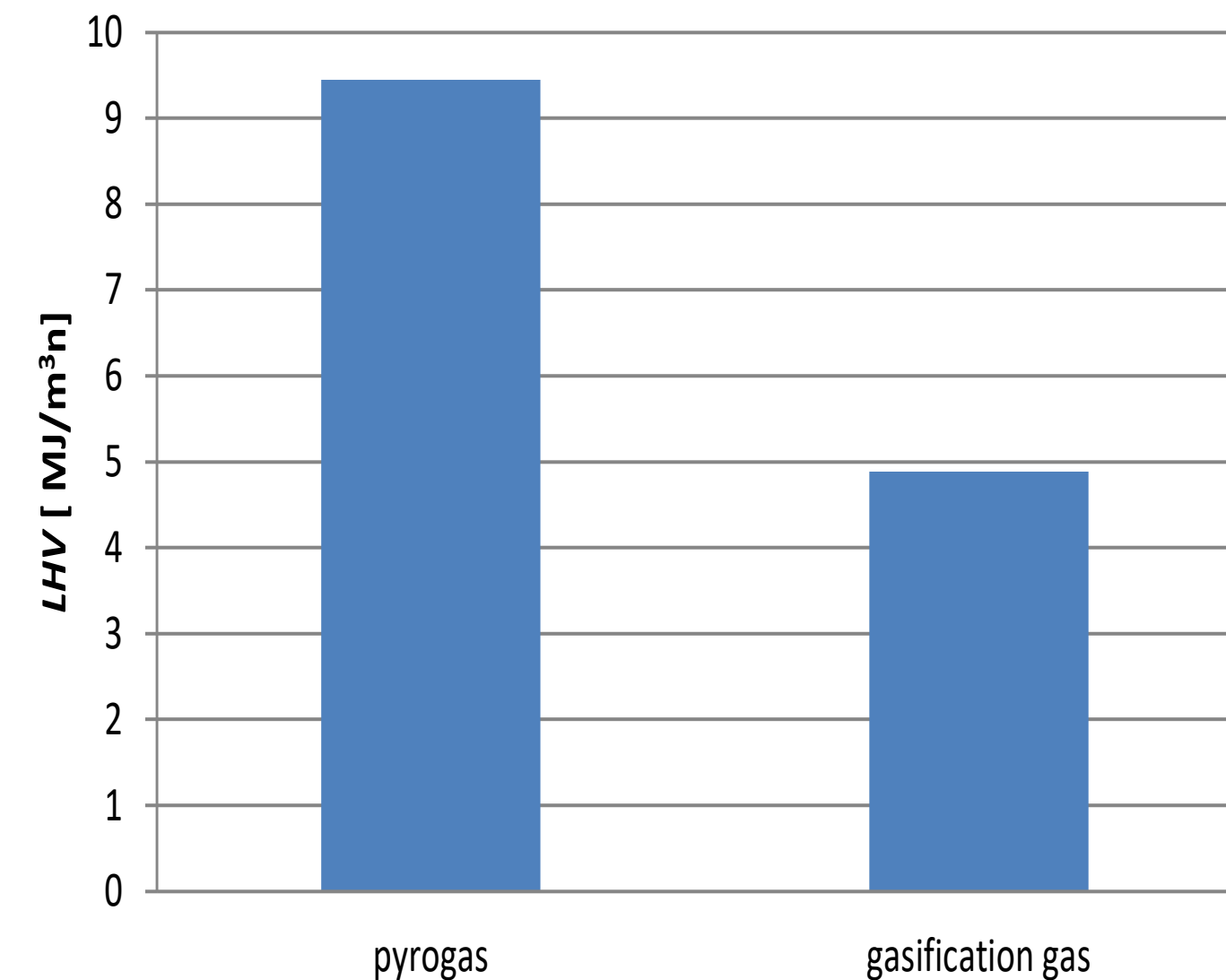
- 1 lampa ksenonowa łukowa Sceincetech XLH-E-1600X®
- 2 izolowana komora reaktora
- 3 system akwizycji danych
- 4 przyłączy skraplacza bio-oleju
- 5 zasilacz prądu stałego (DC)

Zdjęcia i wykres S.Werle

Schemat koncepcyjny procesu pirolizy solarnej biomasy odpadowej i osadów ściekowych oraz kierunki zagospodarowania produktów



OpenAI. 2026. ChatGPT (GPT-5.2). Response generated January 24, 2026.



Projekty:

Badania procesu pirolizy słonecznej biomasy odpadowej. Projekt badawczy Narodowego Centrum Nauki, nr 2011/03/D/ST8/04035, realizowany w latach 2012–2015. Kierownik projektu.

Dwa doktoraty:

10 Dr inż. Szymon Sobek, **Eksperymentalne badania pirolizy solarnej biomasy odpadowej**, 2017–2021; opieka naukowa. Stopień doktora nadany uchwałą Rady Dyscypliny Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 24 czerwca 2021 r.

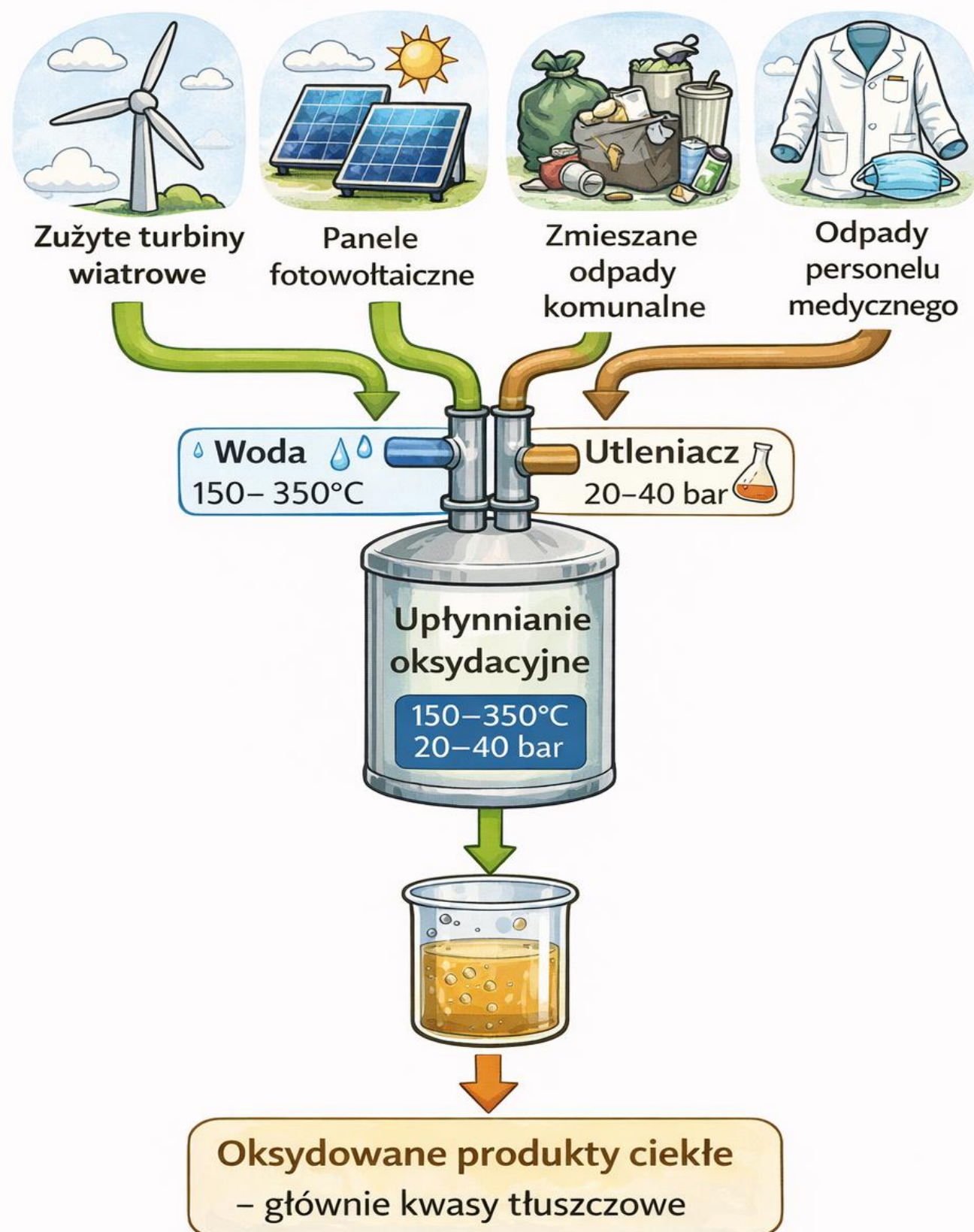
Dr inż. Zuzanna Kaczor, **Numeryczne modelowanie procesu pirolizy solarnej biomasy odpadowej**, 2017–2021; opieka naukowa. Stopień doktora nadany uchwałą Rady Dyscypliny Inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka Politechniki Śląskiej z dnia 25 października 2021 r.

Uptynnianie i solwoliza

Uptynnianie (liquefaction) – proces przekształcania materiałów stałych, takich jak biomasa lub odpady, w produkty ciekłe w wyniku działania podwyższonej temperatury i/lub ciśnienia, często z udziałem rozpuszczalnika lub katalizatora.

Solwoliza – proces chemicznego rozkładu materiału z udziałem rozpuszczalnika (np. wody, alkoholu), w którym cząsteczki rozpuszczalnika aktywnie uczestniczą w reakcji, prowadząc do rozpadu wiązań chemicznych i powstania nowych, zwykle ciekłych produktów.

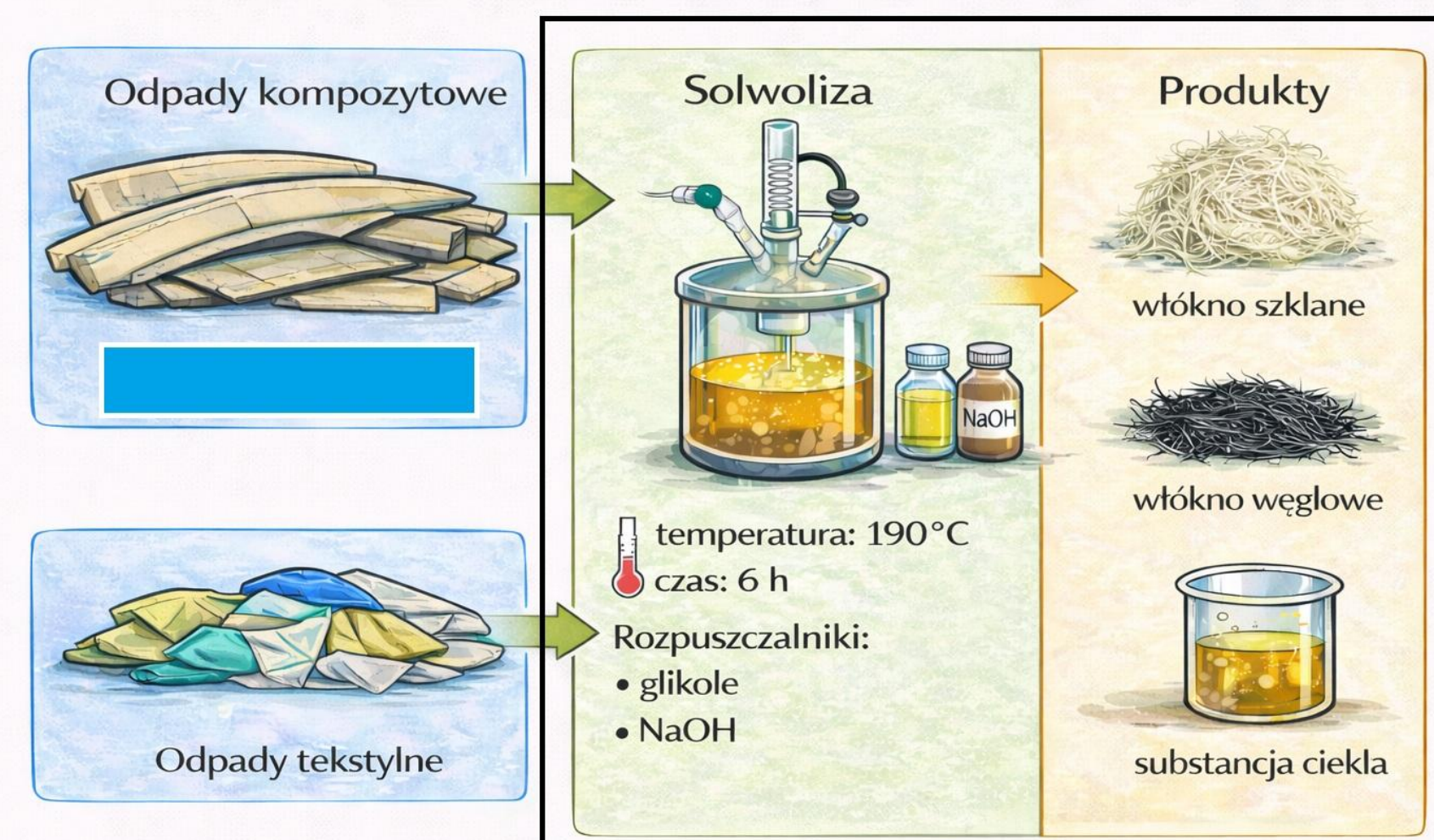
Schemat uptynniania oksydacyjnego różnych odpadów



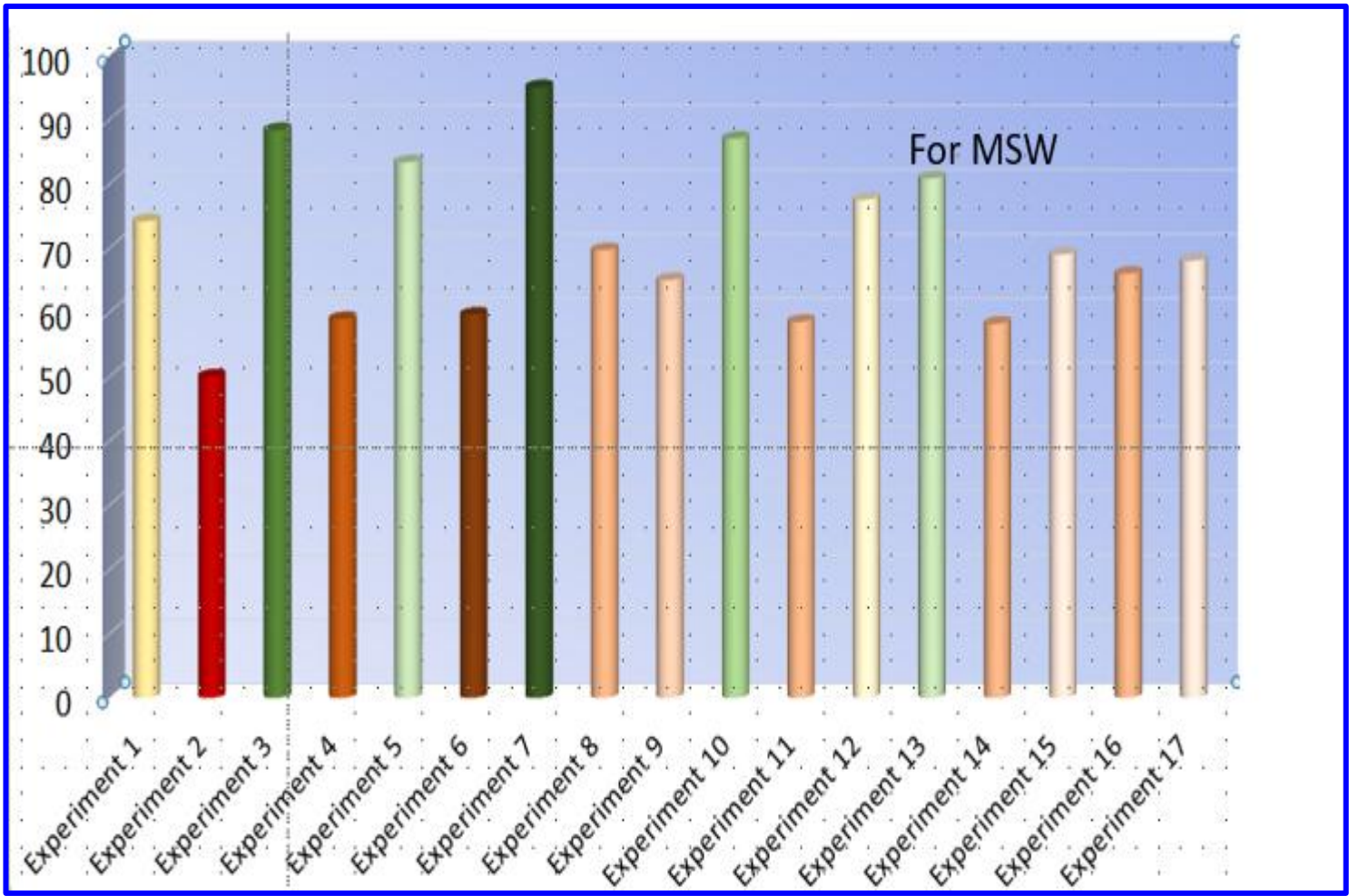
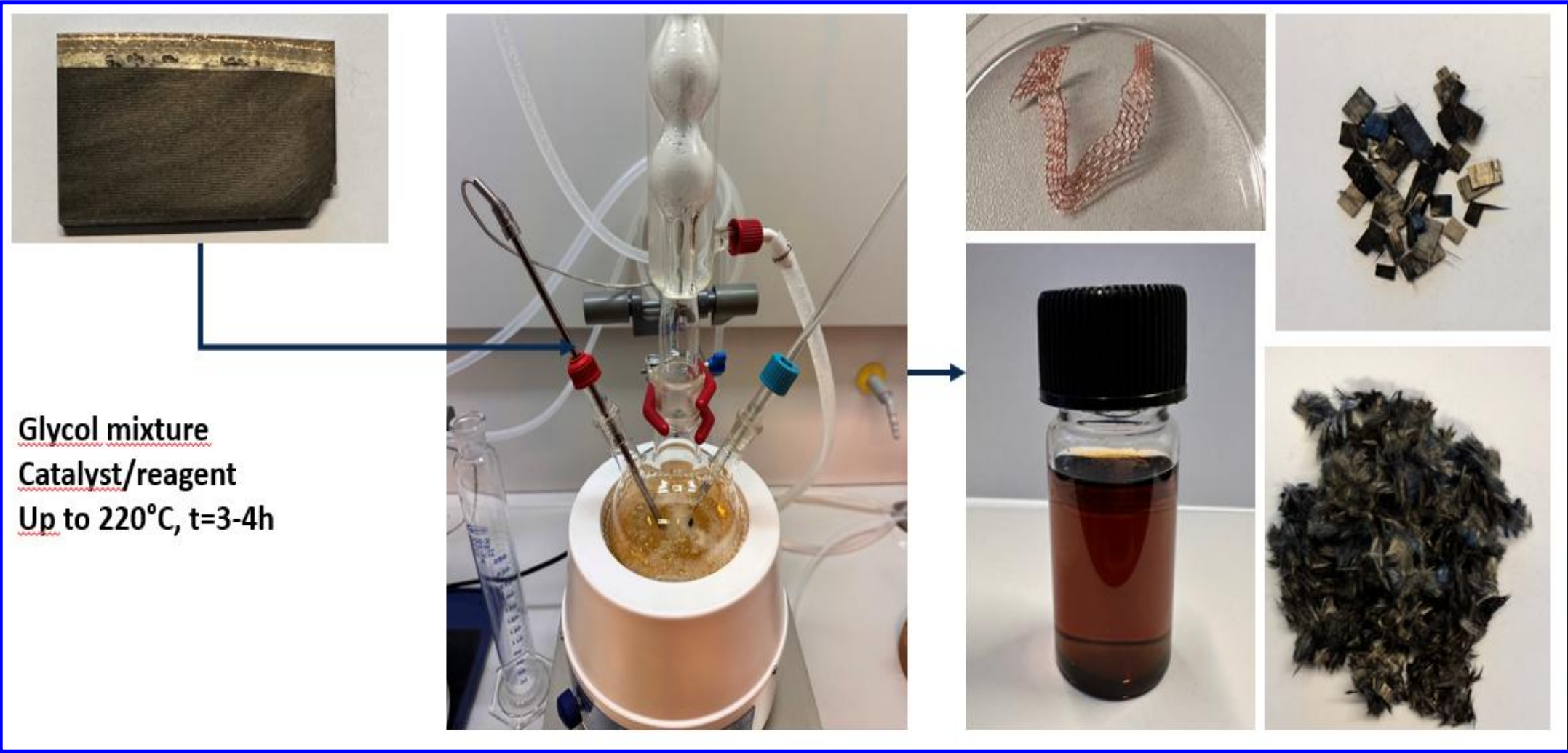
1 doktorat

2 doktoraty

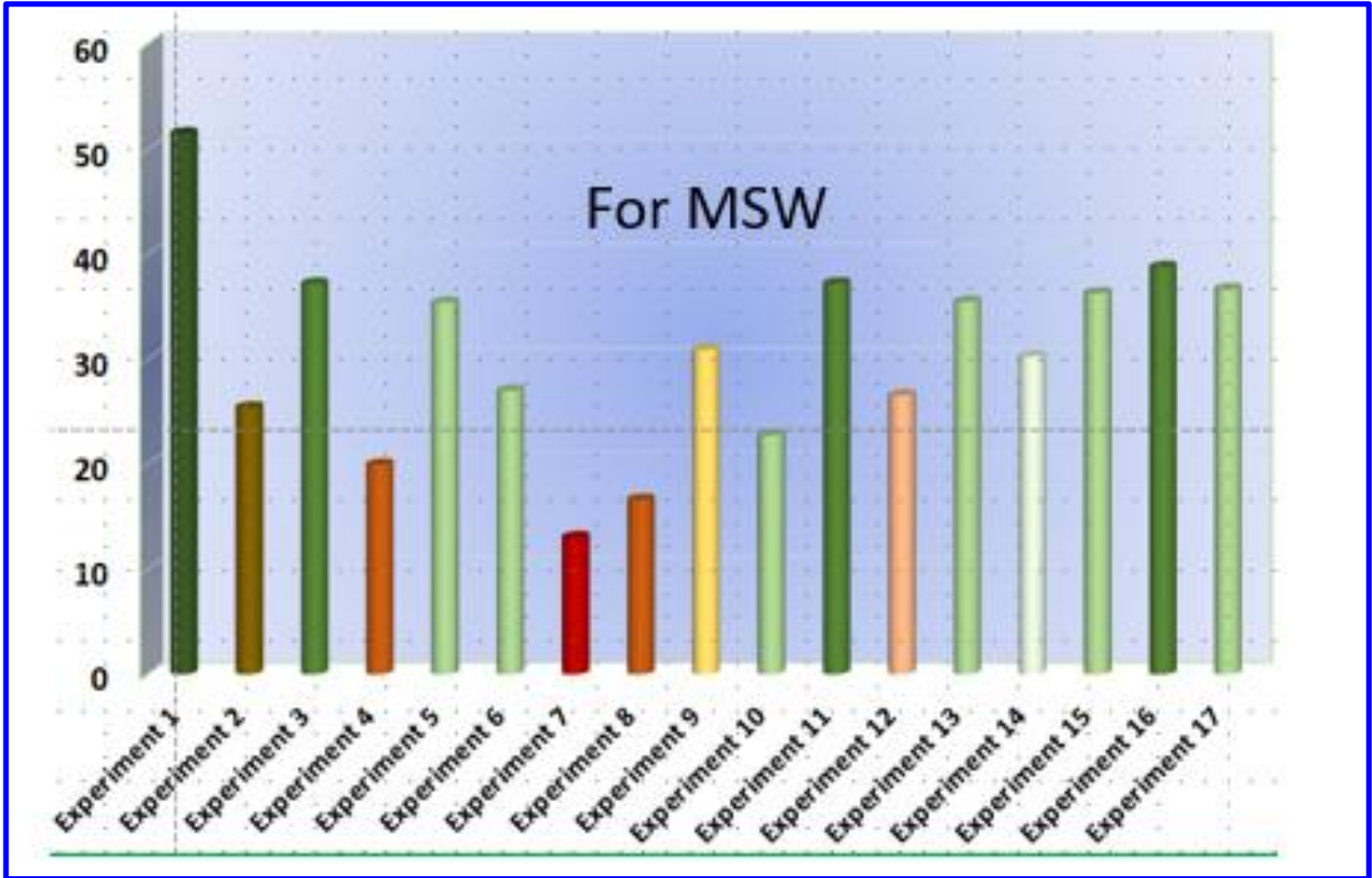
Schemat solwolizy odpadów kompozytowych i tekstylnych



Uptynnianie i solwoliza



Total solid reduction, %

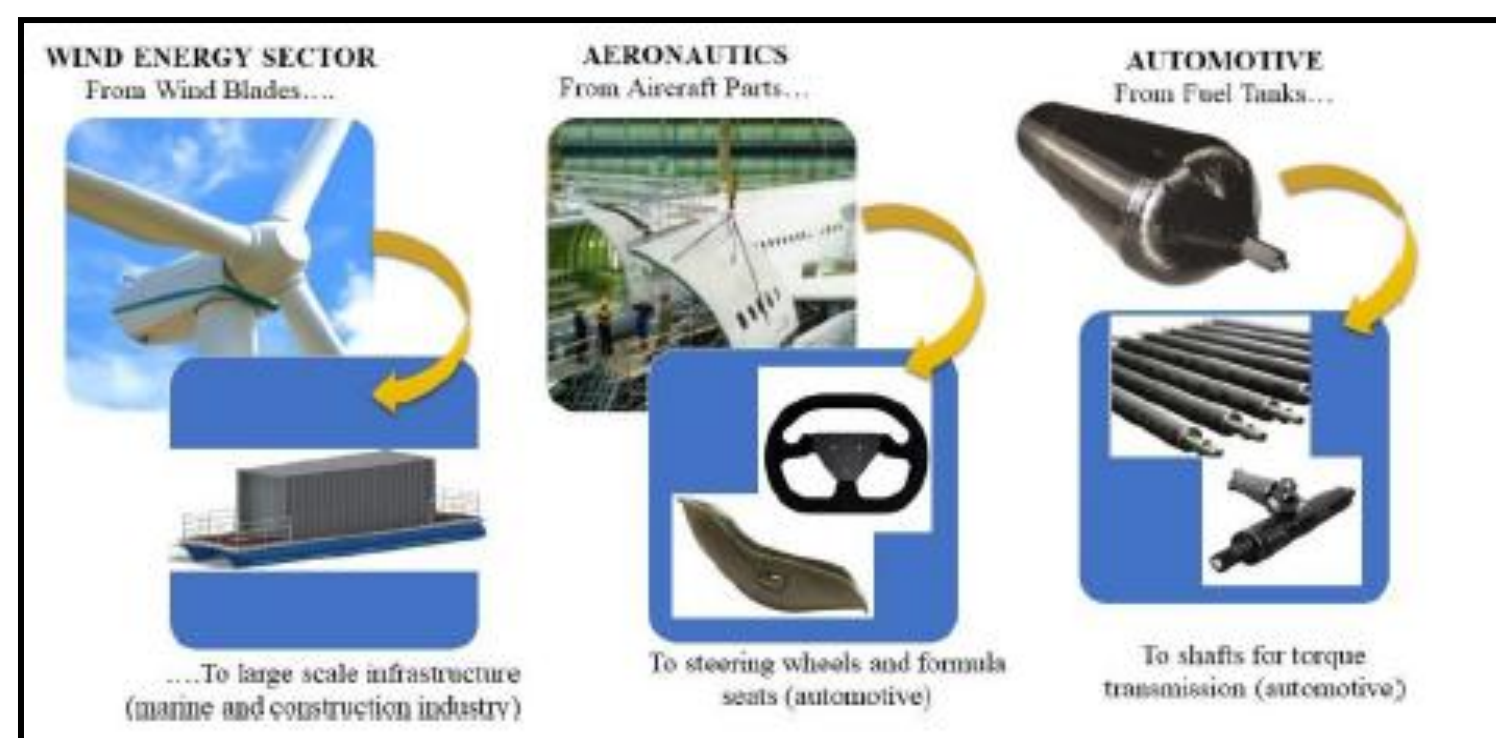
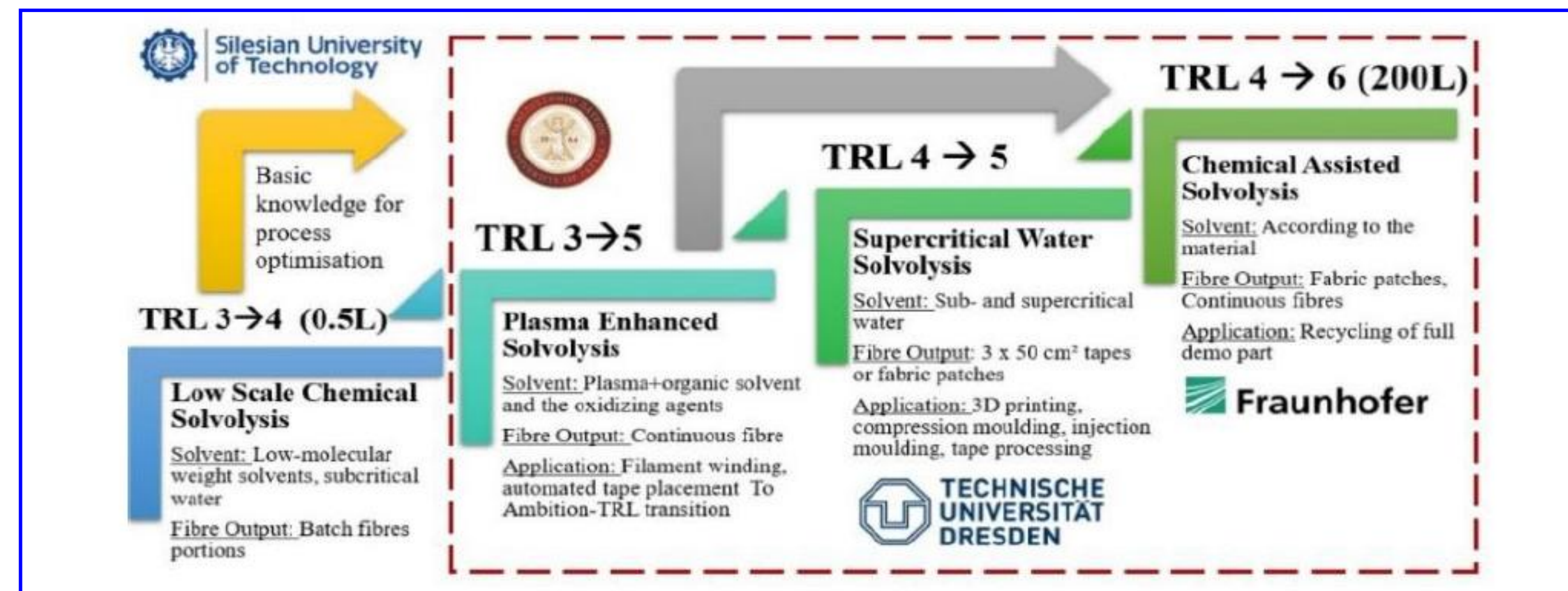


Oxygenated Chemical Compounds concentration, g/kg

Zdjęcia i wykres S.Werle

EuReComp

EuReComp jest finansowanym przez UE (Horyzont Europa) projektem badawczym realizowanym w konsorcjum, silnie ukierunkowanym na gospodarkę o obiegu zamkniętym, którego celem jest opracowanie zrównoważonych metod recyklingu i ponownego wykorzystania materiałów kompozytowych pochodzących z komponentów stosowanych w różnych sektorach przemysłu, takich jak **lotnictwo i energetyka wiatrowa**.



Rysunki opracowane wewnątrz projektowo

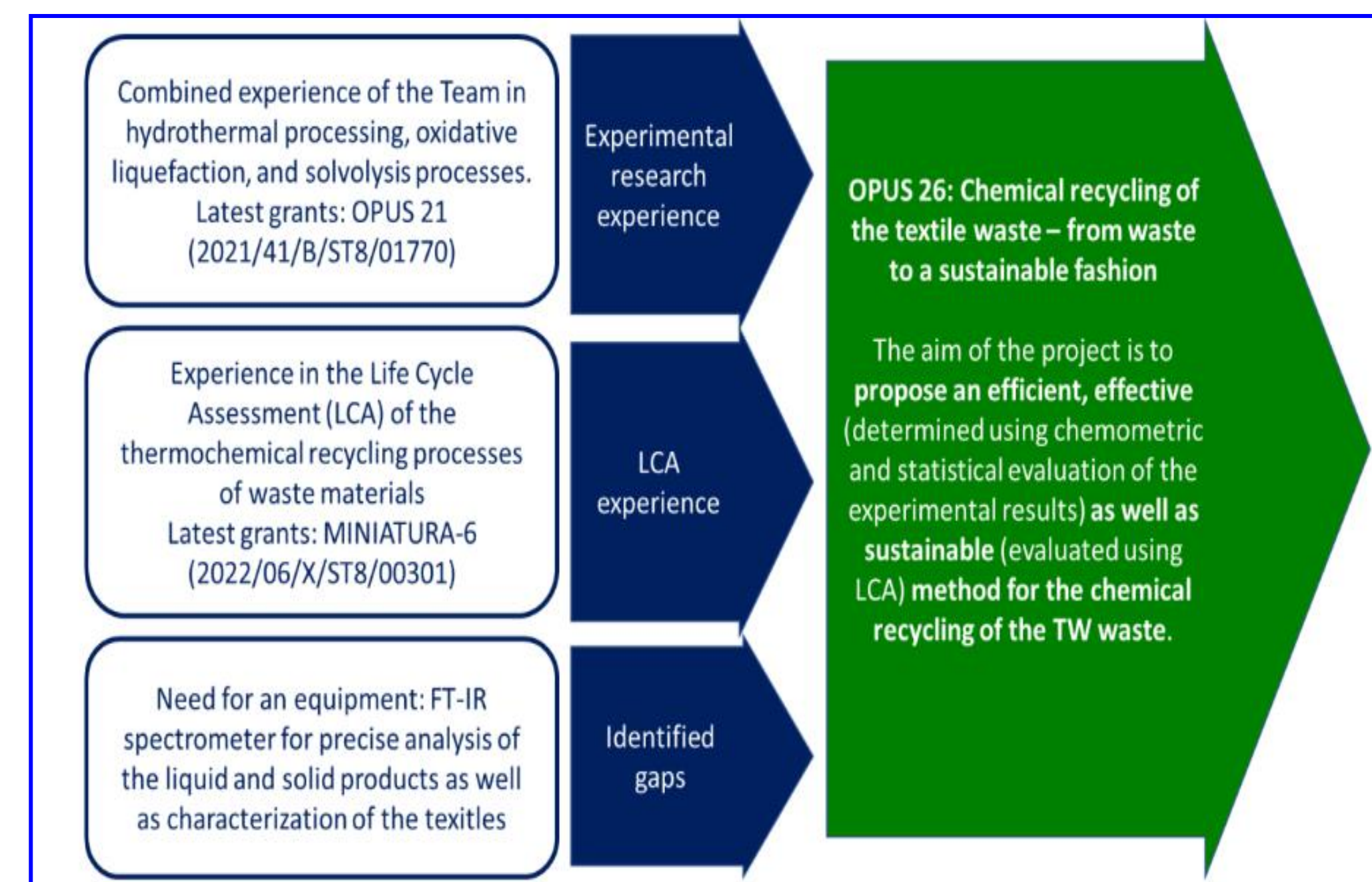


20 scientific partners –
NTUA Coord;
6 Associated partners,
8.9 M EUR

OPUS 26 – Recykling chemiczny odpadów tekstylnych

Celem projektu jest określenie mechanizmów i ścieżek degradacji odpadów tekstylnych w warunkach utleniających oraz w procesie solwolizy prowadzonej w niskocząsteczkowych rozpuszczalnikach organicznych.

Projekt obejmuje badania nad potencjałem odzysku cennych substancji z materiałów naturalnych (bawełna, len) (NF), biopochodnych (wiskoza, octan – włókna półsyntetyczne) (BBF), syntetycznych (poliester, poliamid, nylon, elastan) (SF) oraz ich mieszanin (MF).



schemat S.Werle

RESEARCH GROUP



Prof.
Sebastian Werle
V-ce Rector for Science and
International Cooperation



Ph.D.
Roksana
Muzyka
Adiunkt



Prof.
Marcin Sajdak
Profesor



Ph.D.
Szymon
Sobek
Adiunkt



MSc
Hamza Mumtaz,
Doktorant
Obrona 4 II 2026!



MSc
Lyudmila Slobodkina
Doktorantka



MSc
Houda El-Hyani
Doktorantka

Dziękuję za uwagę

sebastian.werle@polsl.pl

