



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI



# *Ciecze jonowe jako nowoczesne materiały katalityczne - od pomysłu do praktyki przemysłowej*



Anna Chrobok  
Wydział Chemiczny  
Katedra Technologii Chemicznej Organicznej i Petrochemii



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP



---

Symposium Akademii Inżynierskiej w Polsce

# Plan prezentacji

1.

2.

3.



European Chemical Industry Council



Politechnika  
Śląska



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Europa została w tyle. Jeśli ma gonić USA i Chiny, musi zaciągać wspólne długi, by inwestować w rozwój technologiczny

- zamknięcie „dziury innowacyjnej” w obszarze zaawansowanych technologii
- wspólny plan dekarbonizacji i konkurencyjności
- zmniejszenie uzależnień



© Yves Herman/REUTERS

Mario Draghi podczas prezentacji raportu dot. stanu gospodarki i konkurencyjności UE

Zdjęcie: Yves Herman/REUTERS

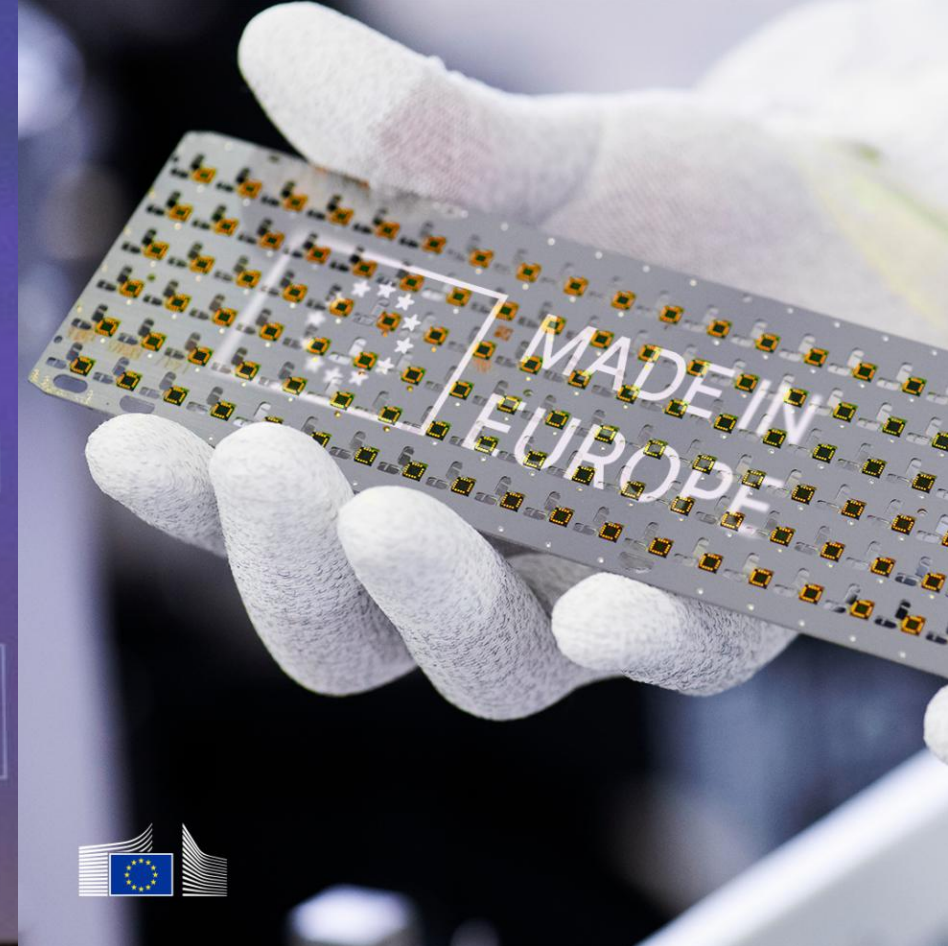
Mario Draghi były Prezes Europejskiego Banku Centralnego



Politechnika  
Śląska



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP



# Unijny kompas konkurencyjności

*Kompas wyznacza Europie drogę do tego, by stała się miejscem, w którym wynajduje się i tworzy przyszłe technologie, usługi i czyste produkty, a jednocześnie pierwszym kontynentem neutralnym dla klimatu.*



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA  
INIICYTYWA DOSKONAŁOŚCI



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Chemical Industry Profile



Politechnika  
Śląska



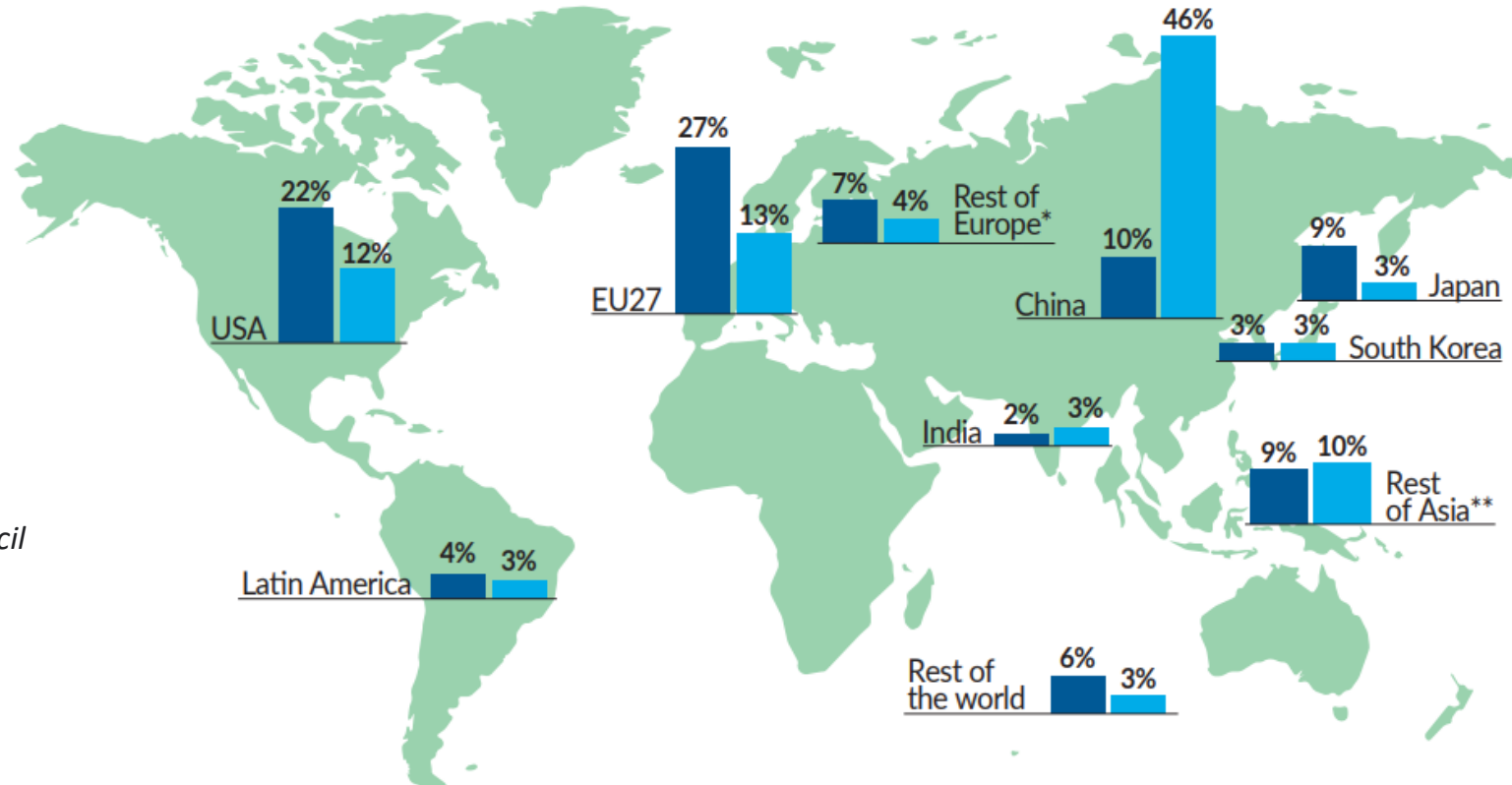
UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Chiny wyprzedzają Europę i USA, stając się światowym liderem sprzedaży chemikaliów

## Evolution of chemical sales (2004 vs 2024)



Source: Cefic Chemdata International  
\* Rest of Europe covers UK, Switzerland, Norway, Türkiye, Russia and Ukraine  
\*\* Asia excluding China, India, Japan and South Korea

Sales market share  
■ 2004 ■ 2024

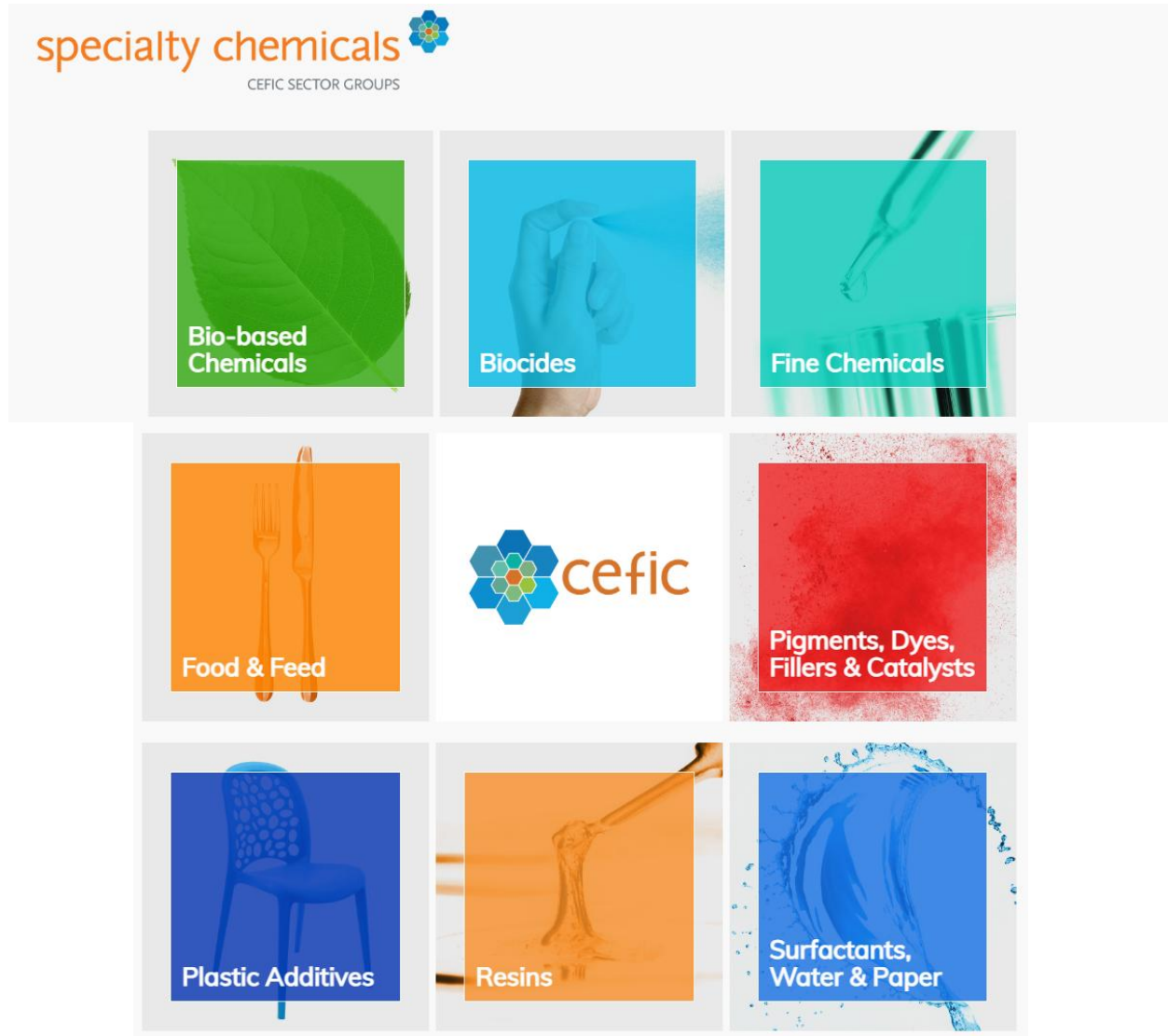


Politechnika  
Śląska



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Specjalty chemicals



## Chemikalia specjalistyczne

↓

wytwarzane w złożonych reakcjach chemicznych, z wykorzystaniem przetworzonych produktów petrochemicznych oraz substancji pochodzenia naturalnego jako surowców.

↓

Produkowane w mniejszych ilościach znajdują zastosowanie w konkretnych, wysokowartościowych obszarach, np. dodatki, kleje, barwniki czy powłoki.

↓

Opierają się nich sektory takie jak **ochrona zdrowia, rolnictwo i elektronika**, zapewniając precyzyjne działanie i rozwiązania dostosowane do potrzeb, wspierając innowacje – od **ochrony upraw** po **zaawansowane materiały stosowane w farmacji i elektronice**.





## What is the European Green Deal?

Plan ogłoszony przez Ursulę von der Leyen w **2023 r.**  
- zwiększenie przewagi konkurencyjnej poprzez zwiększenie zdolności produkcyjnych UE w zakresie technologii i produktów **neutralnych emisyjnie**

## Europejski Zielony Ład

Aspirowanie do miana pierwszego kontynentu neutralnego dla klimatu

Europa pierwszą na świecie gospodarką o **zerowej emisji gazów cieplarnianych netto**

### Kluczowe technologie



Fotowoltaiczna i termiczna energia słoneczna



Elektrolizery i ogniwa paliwowe



Energia wiatrowa na lądzie i morskie odnawialne źródła energii



Zrównoważony biogaz/biometan



Akumulatory i magazynowanie



Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla



Pompy ciepła i energia geotermiczna



Technologie sieciowe



Politechnika Śląska



UCZELNIA BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP



**United Nations**

## THE 17 GOALS

# 12 RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION



See all



Politechnika Śląska



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP



Opublikowany **4 czerwca 2025** raport opiera się na danych z ostatnich pięciu lat i ocenia, w jakim stopniu Unia Europejska wypełnia 17 globalnych celów SDG.

Publikacja przedstawia kompleksową analizę postępów i wyzwań związanych z realizacją **Celów Zrównoważonego Rozwoju w kontekście Agendy 2030.**



# *Materiały przyszłości – ciecze jonowe*



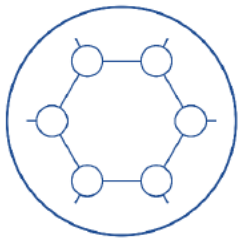
Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA  
INIICYTYWA DOSKONAŁOŚCI



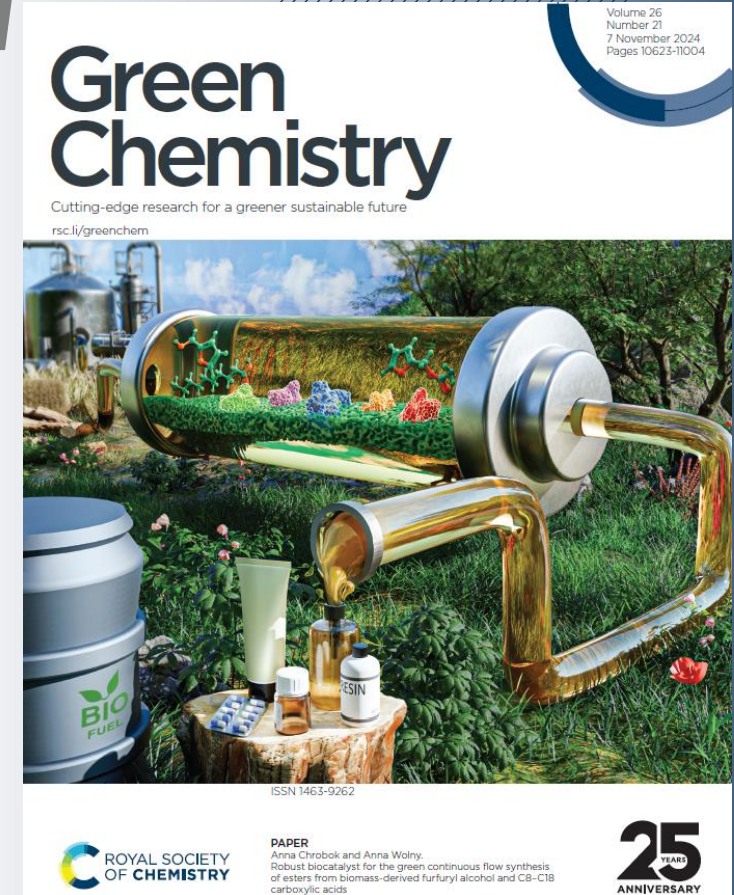
CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP



POB3 Materiały przyszłości

# Projektowalne materiały przyszłości

*Koncentrujemy się na projektowaniu, charakterystyce i zastosowaniu materiałów funkcjonalnych w zrównoważonych procesach wytwarzania produktów lekkiej syntezy organicznej (fine chemicals)*



A. Wolny, D. Więclawik, J. Zdarta, S. Jurczyk, T. Jesionowski, A. Chrobok, *Green Chem.*, **2024**, 26, 10829





## Wyzwania dla **zrównoważonego** rozwoju przemysłowej syntezy organicznej

- redukcja odpadów,
- poprawa **selektywności i wydajności** procesów



**Projektowanie i synteza nowoczesnych katalizatorów w celu odzysku i zawrotu**



Politechnika  
Śląska

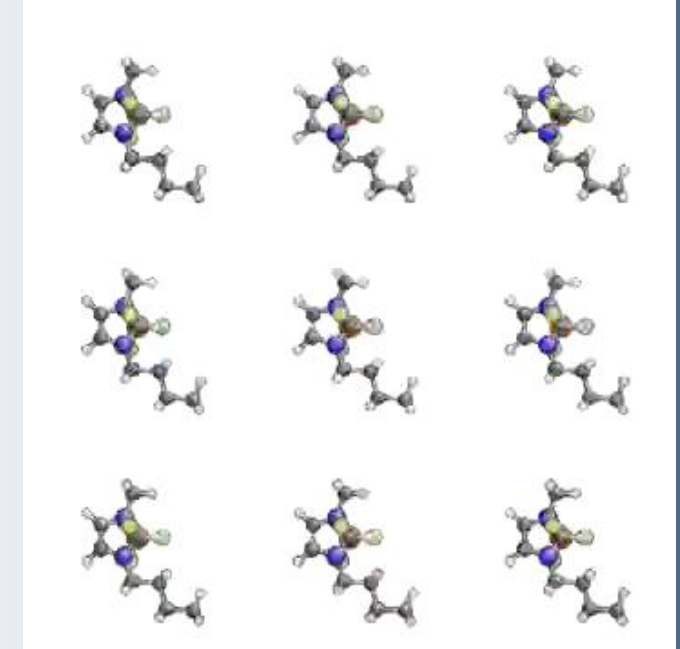
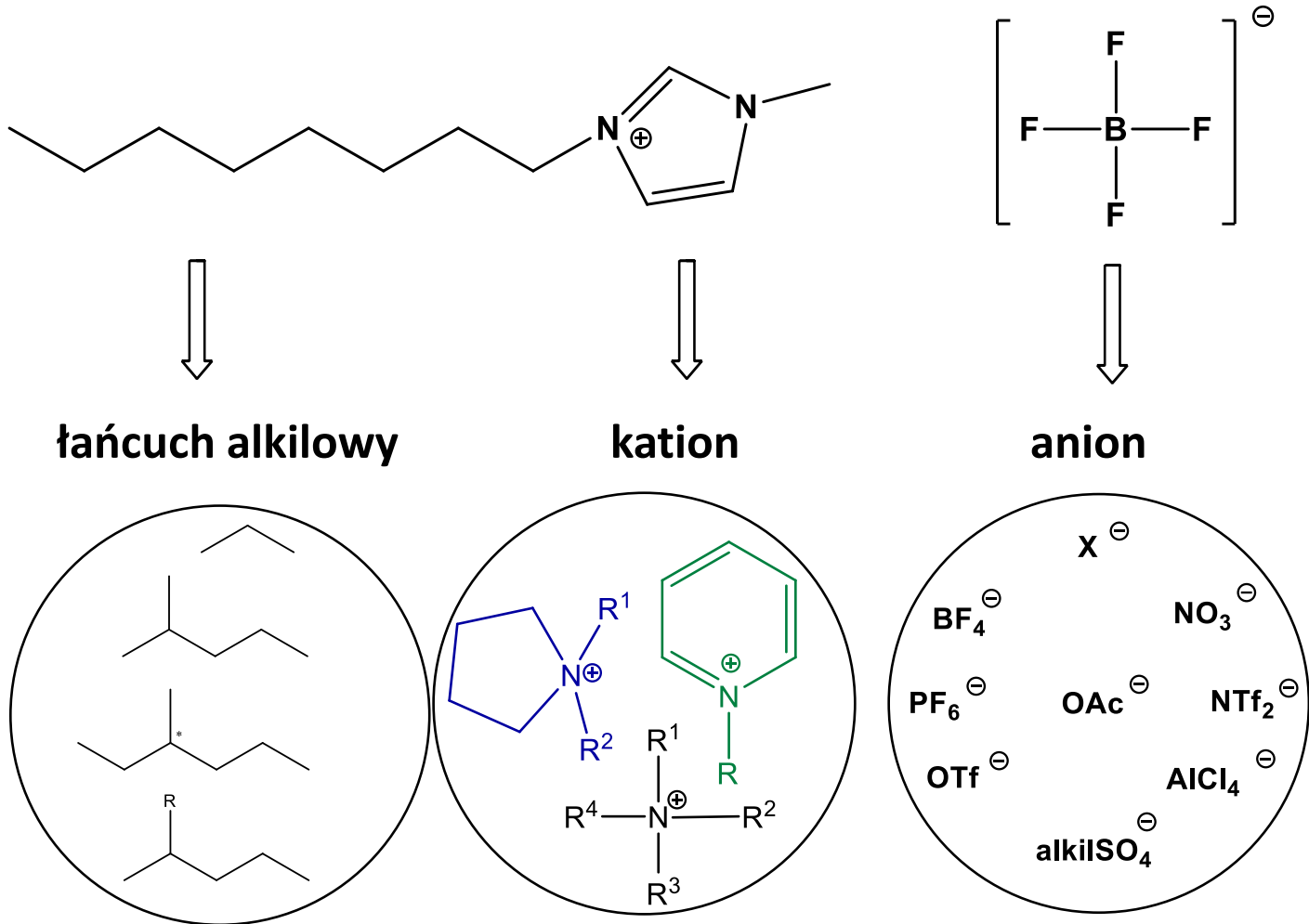


UCZELNIA  
BADAWCZA  
INIICYTYWA DOSKONALOSCI



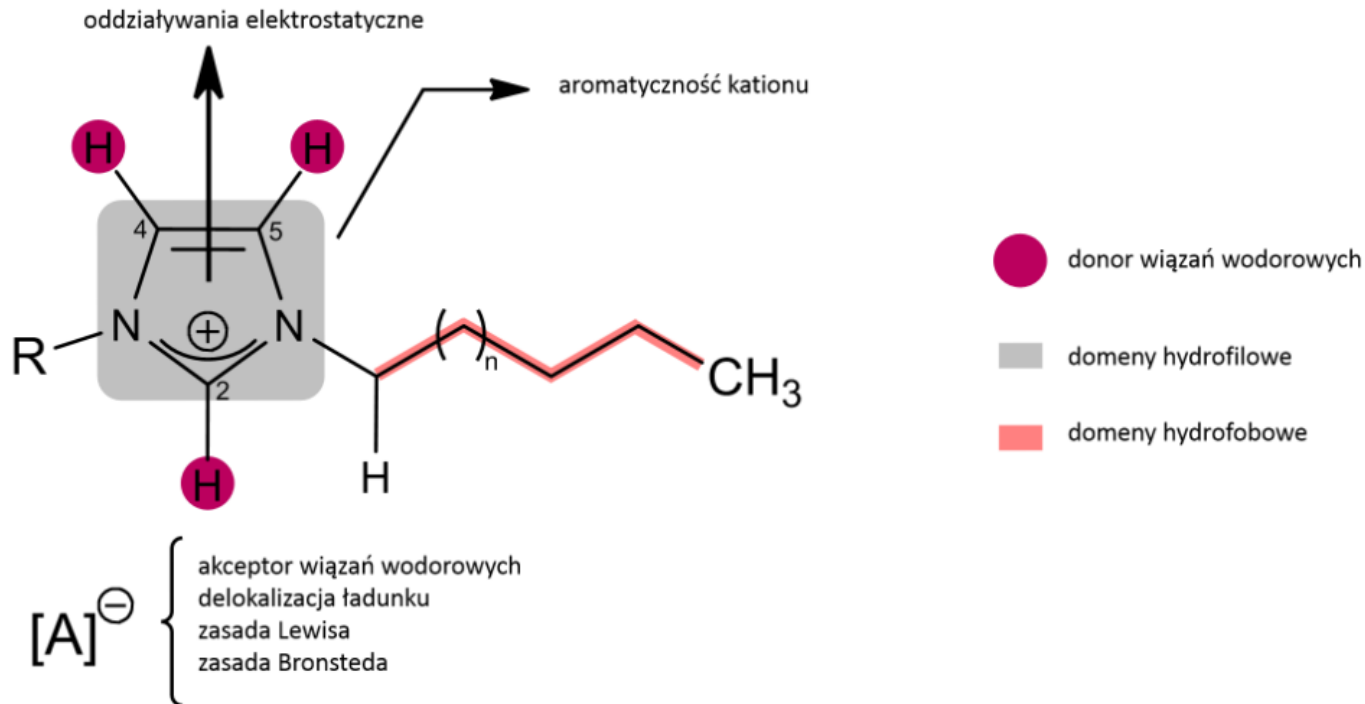
CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Budowa cieczy jonowych



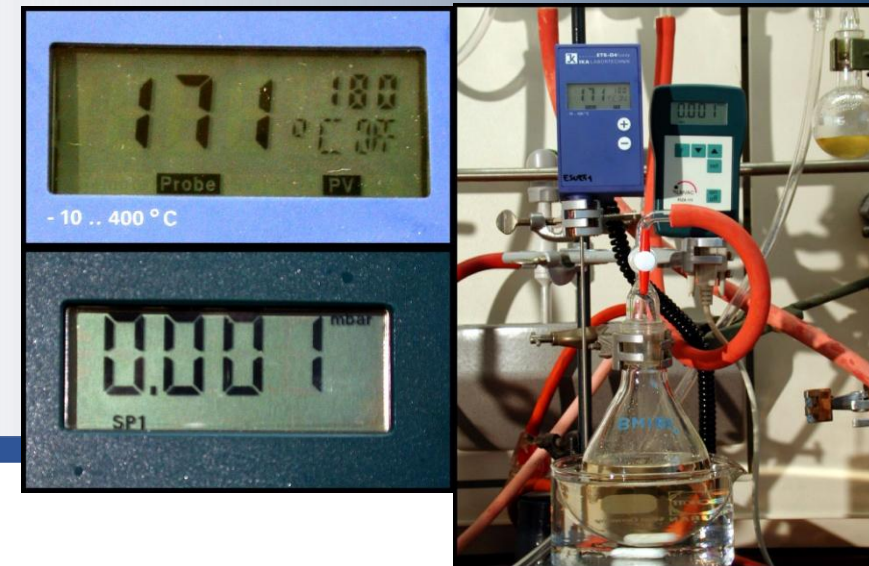
**Ciecze jonowe to sole, temp. topnienia równe lub niższe od 100°C**

# Budowa i właściwości cieczy jonowych



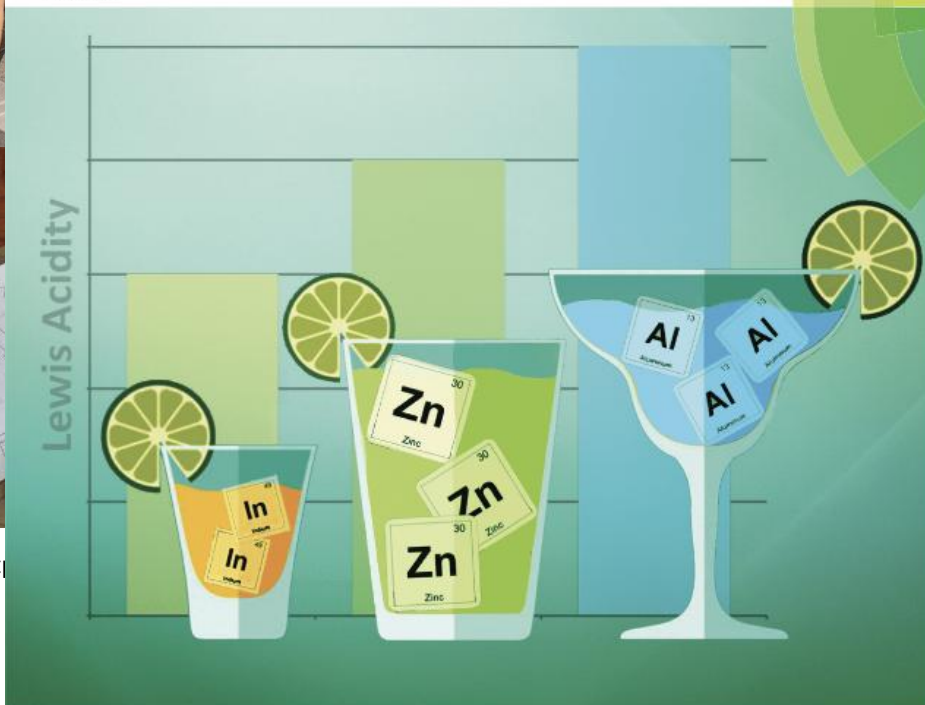
- wysoka polarność
- nietłtne
- niepalne
- wysoka stabilność termiczna
- ekstremalnie wysoki zakres „ciekły”
- wspaniałe rozpuszczalniki dla organicznych i nieorganicznych związków
- uniwersalne & wszechstronne “Designer Solvents”
- możliwość projektowania systemów wielofazowych

H. Olivier-Bourbigou et al., *Appl. Cat. A: General*, 373, 1 (2010)



# Dalton Transactions

An international journal of inorganic chemistry  
rsc.li/dalton



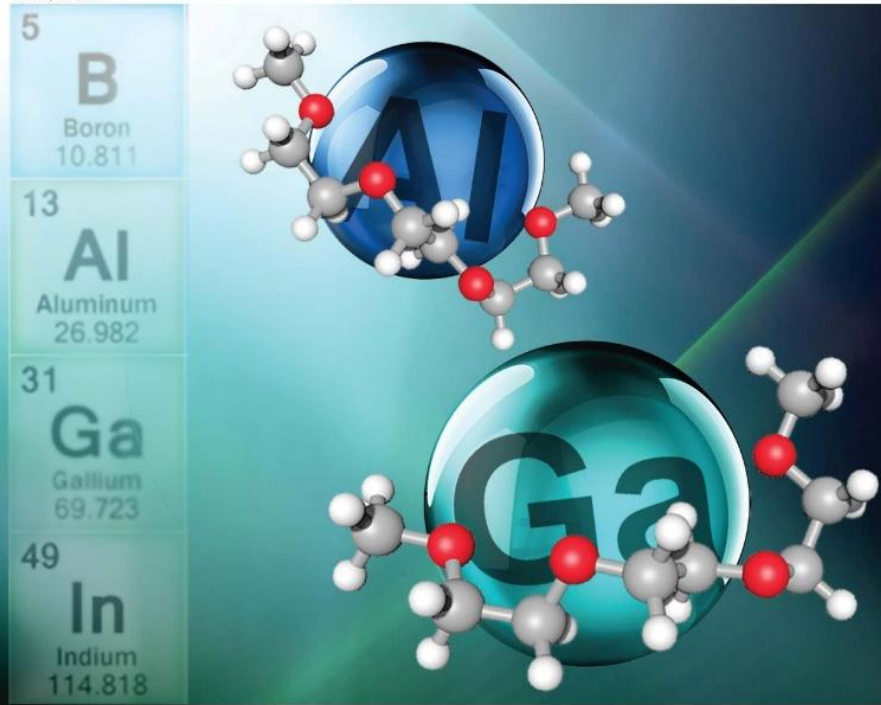
ISSN 1477-9226



**PAPER**  
Małgorzata Śwadźba-Kwaśny *et al.*  
Liquid coordination complexes of Lewis acidic metal chlorides: Lewis acidity and insights into speciation

# Dalton Transactions

An international journal of inorganic chemistry  
rsc.li/dalton



ISSN 1477-9226



**PAPER**  
Małgorzata Śwadźba-Kwaśny, Anna Chrobok *et al.*  
Al(III) and Ga(III) triflate complexes as solvate ionic liquids: speciation and application as soluble and recyclable Lewis acidic catalysts

CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

017/07/27/imperial-j-60-wk/



Politechnika  
Śląska



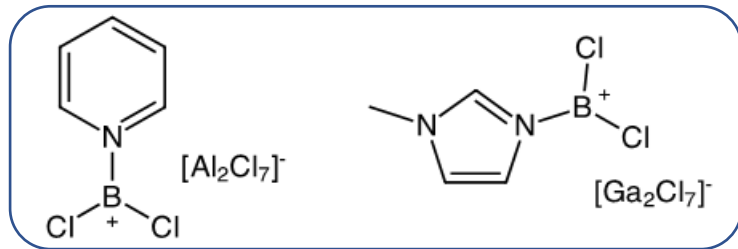
UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI



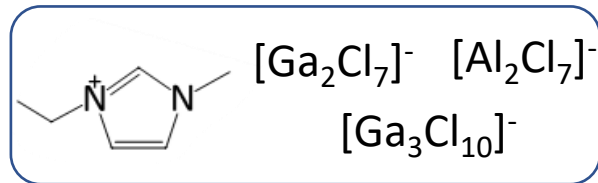
CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Projektowalne katalizatory – kwasy typu Lewisa i Brønsteda

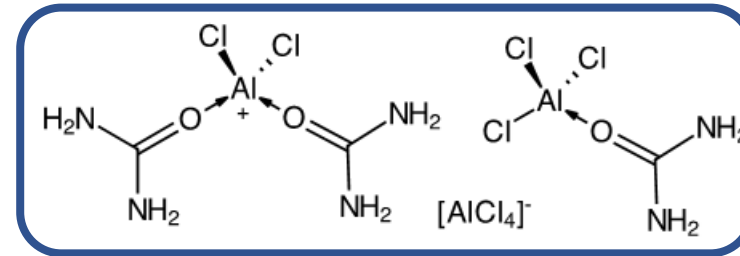
Prof. Małgorzata Swadźba-Kwaśny



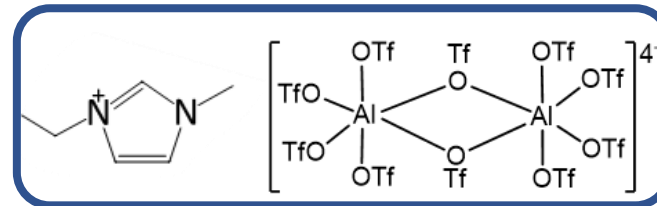
boreniowe ILs



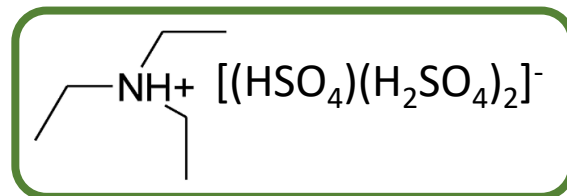
chlorometaliczne ILs



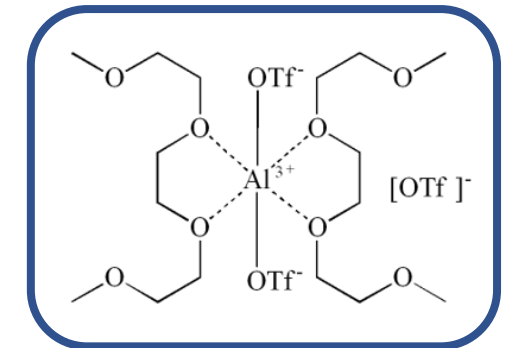
ciekłe kompleksy metali  
Al, Ga, In, Sn, Zn, Ti



triflometaliczne ILs



kwasowość



solwatacyjne ILs

Prof. Douglas McFarlane

Dr Karolina Matuszek



← Liczba akceptorowa Gutmanna AN (Acceptor Number)



Politechnika  
Śląska

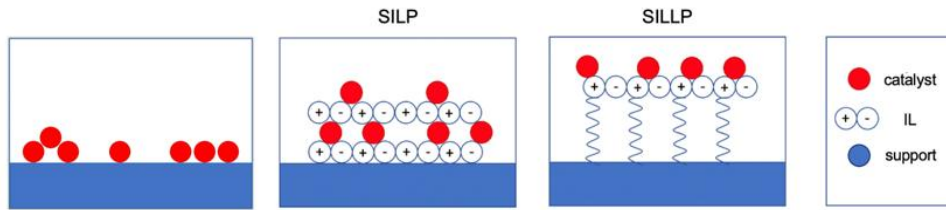


UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI



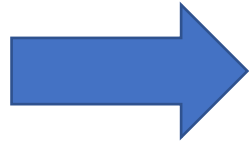
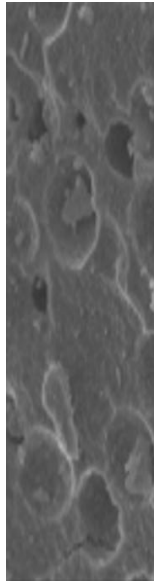
CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Nośniki fazy aktywnej

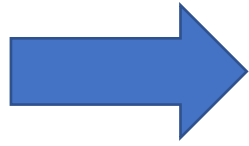


SILP - Supported Ionic Liquid Phase

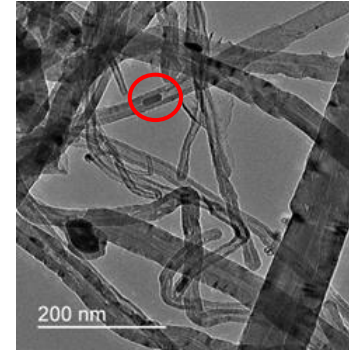
SILLP - Supported Ionic Liquid-Like Phase



materiały węglowe, MWCNTs: funkcjonalizowane grupami alkilowymi, karbonylowymi, dopowane N, Fe, PTFE; węgiel aktywny, grafit



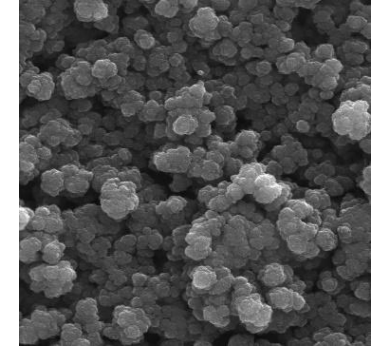
krzemionki: ionożele, krzemionki porowate o strukturze bi-modalnej, modyfikowane grupami alkilowymi, materiały hybrydowe z tlenkami metali, materiały elektroprzędzone



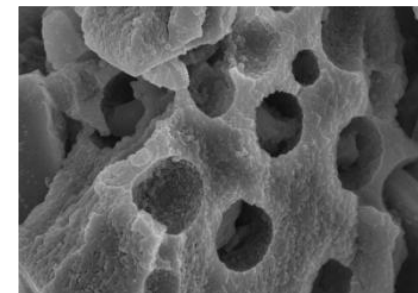
MWCNT



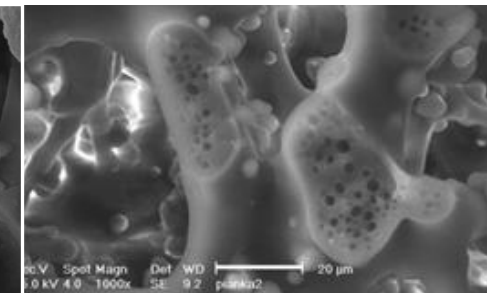
włókna elektroprzędzone (polistyren/chitozan)



MgO/SiO<sub>2</sub>

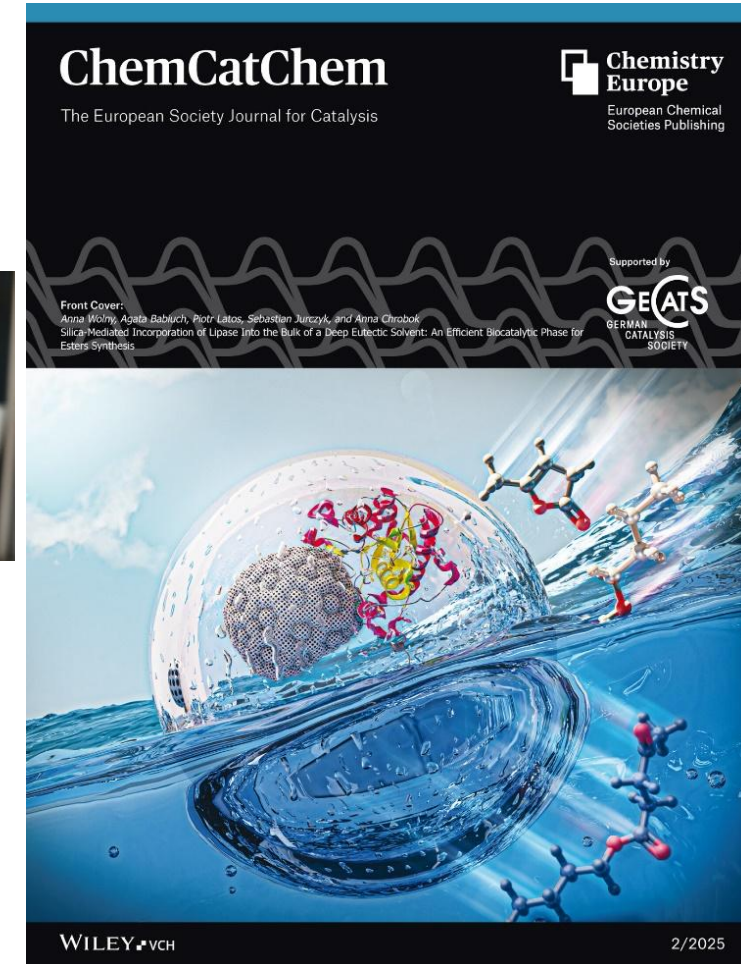
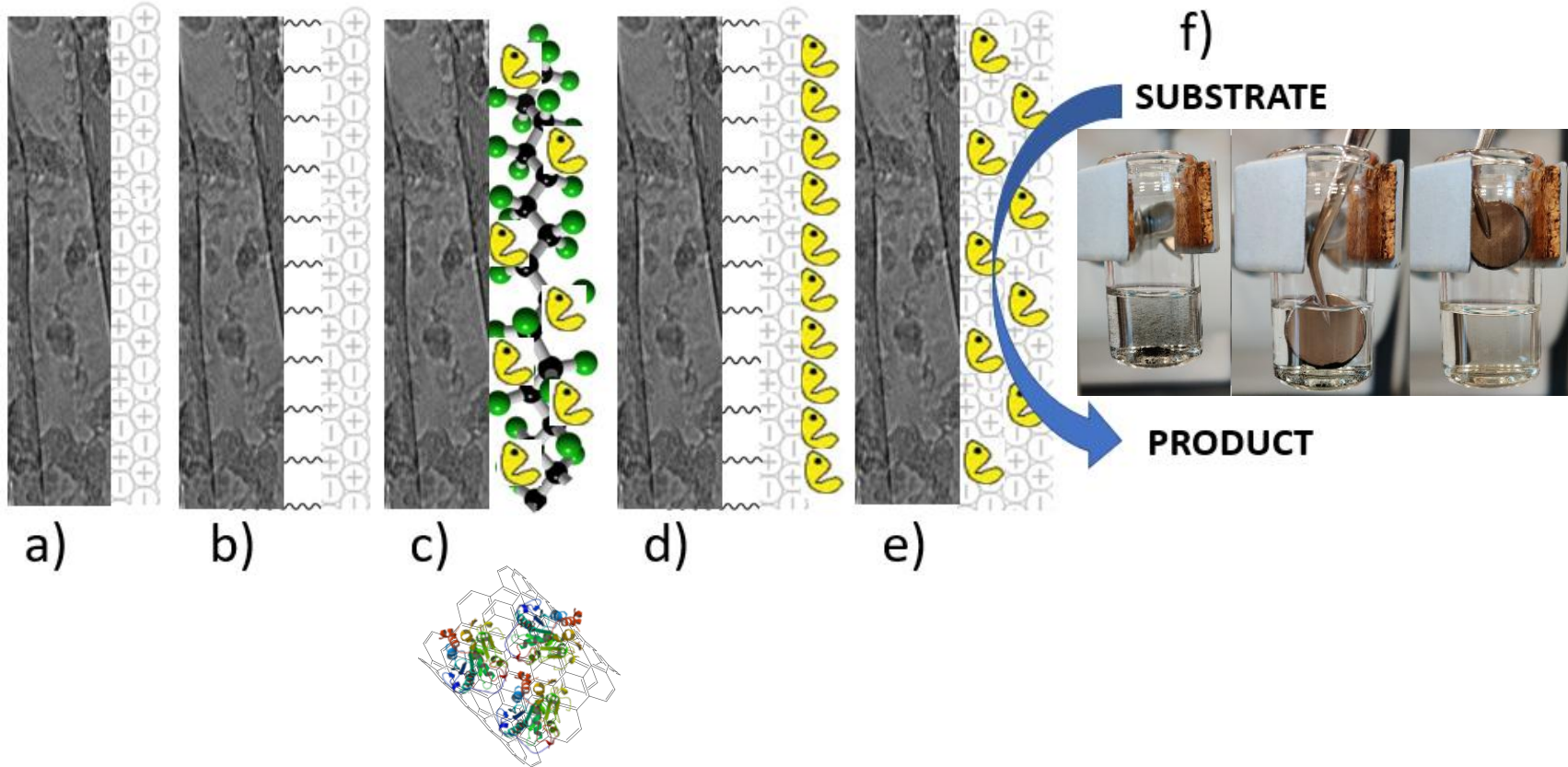


multimodalna SiO<sub>2</sub>



biokatalizator na bazie SiO<sub>2</sub> modyfikowany Au

# Projektowalne (bio)katalizatory



Katalizatory oparte o MWCNTs: **(a)** adsorpcja kwasowej IL; **(b)** wiązanie chemiczne kwasowej IL; **(c)** adsorpcja enzymu na modyfikowanej teflonem MWCNTs; **(d)** wiązanie chemiczne cieczy jonowej na MWCNTs połączone z adsorpcją enzymu; **(e)** adsorpcja enzymu na modyfikowanej IL MWCNTs; **(f)** separacja biokatalizatora za pomocą pola magnetycznego.



# Przykłady zastosowań (bio)katalizatorów



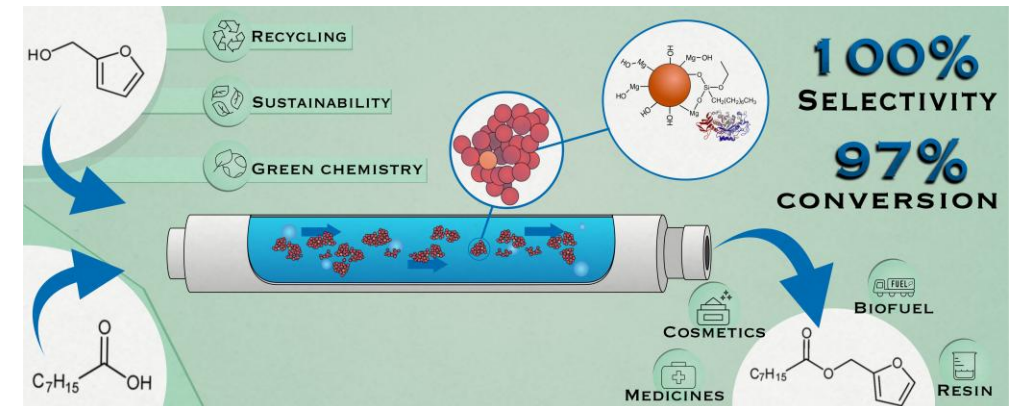
- **Lekka synteza organiczna:**

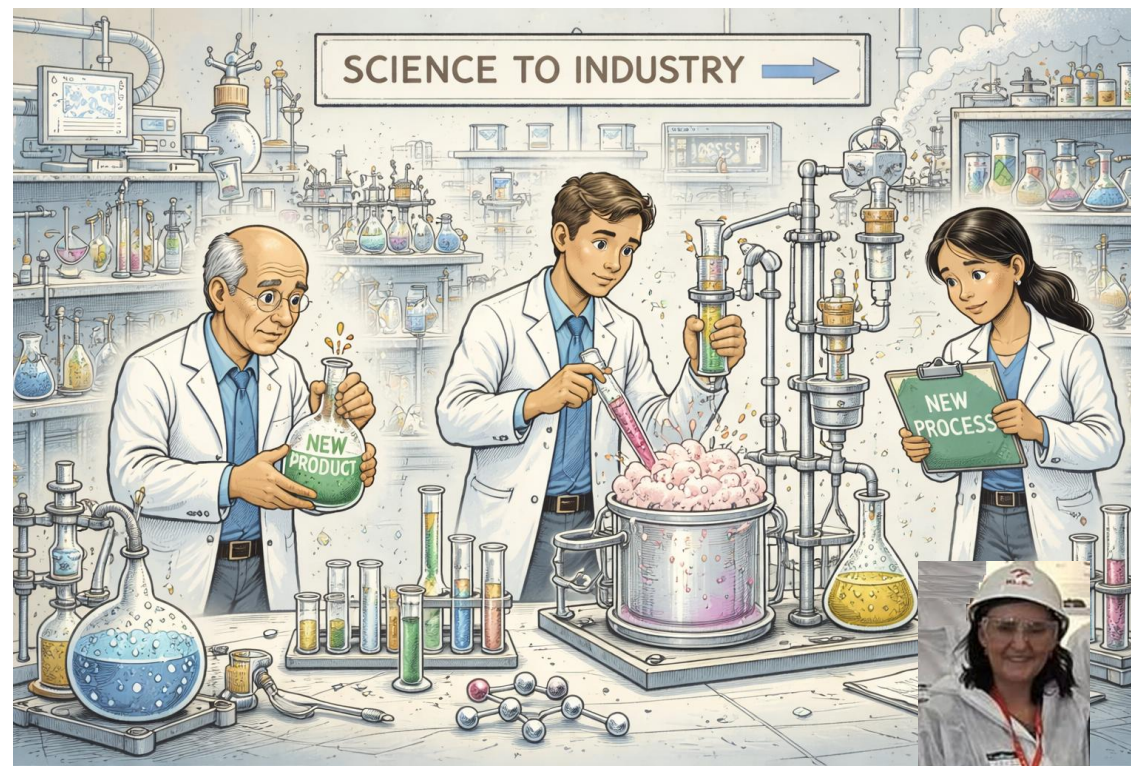
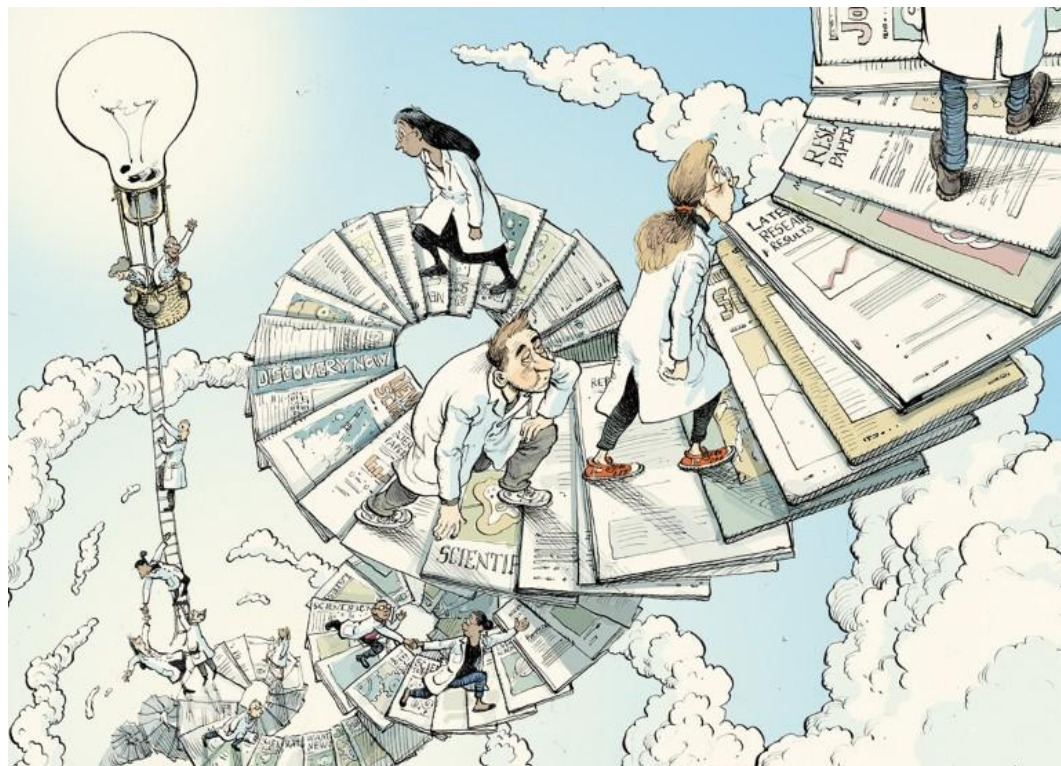
- utlenianie Baeyera-Villigera (również w wersji asymetrycznej),
- alkirowanie Friedla-Craftsa,
- cykloaddycja Dielsa-Aldera,
- estryfikacja Fischera,
- przegrupowanie Beckmanna,
- konwersja laktonu  $\alpha$ -angeliki do estrów kwasu lewulinowego,
- metateza olefin,
- synteza chromanów.



- **chemo-enzymatyczne procesy:**

- utlenianie Baeyera-Villigera,
- estryfikacja kwasów karboksylowych,
- konwersji laktonu  $\alpha$ -angeliki do estrów kwasu lewulinowego.





Nature 557, 302-304 (2018)



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA  
INIICYTYWA DOSKONAŁOŚCI



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# *Współpraca z przemysłem*



Politechnika  
Śląska

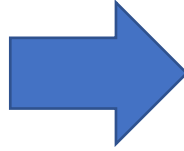


UCZELNIA  
BADAWCZA  
INIICYTYWA DOSKONAŁOŚCI

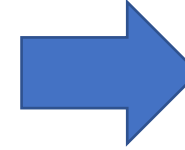
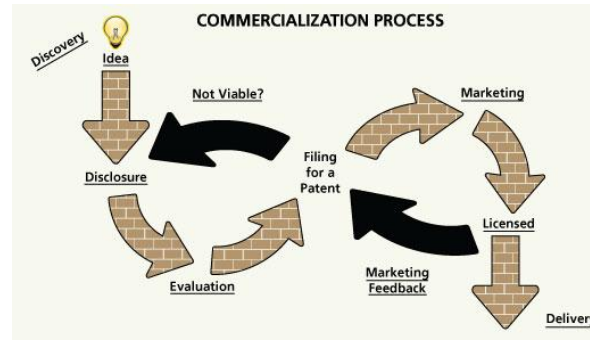


CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Pomysł



# Model współpracy



# Przemysł

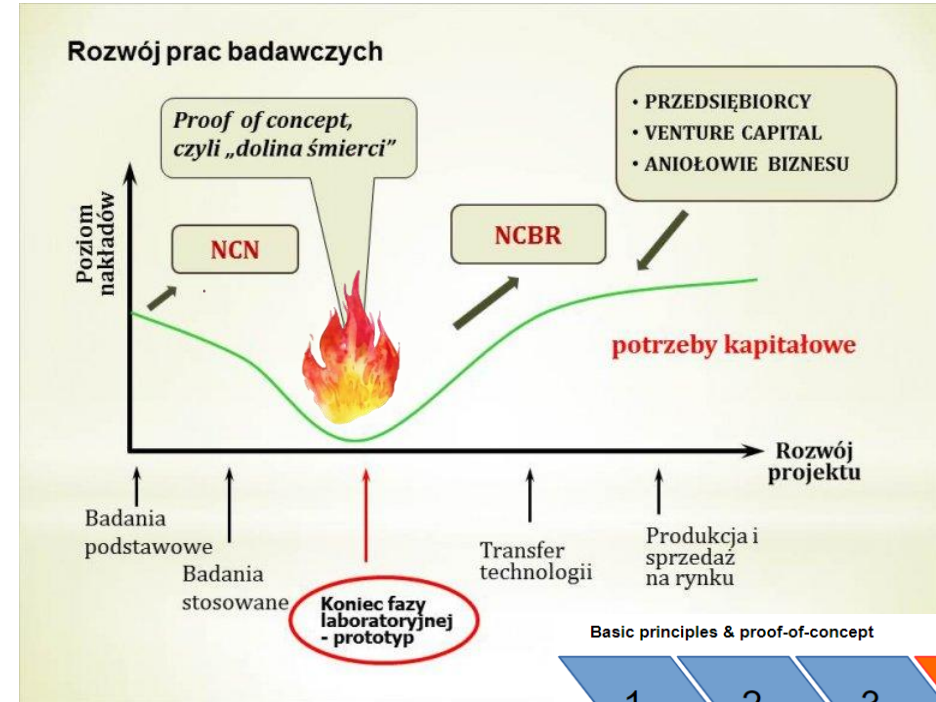


**PATENT** → PŚ lub z partnerem przemysłowym

Partner przemysłowy

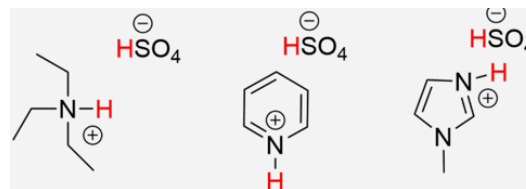
**Kontrakt**  
Finasowanie z zasobów własnych → Weryfikacja na każdym etapie

**Finasowanie ze źródeł zewnętrznych**



# Protyczne ciecze jonowe oparte na aminie i kwasie siarkowym

## $[(\text{HSO}_4)(\text{H}_2\text{SO}_4)_x]^- (x = 0, 1, \text{ or } 2)$

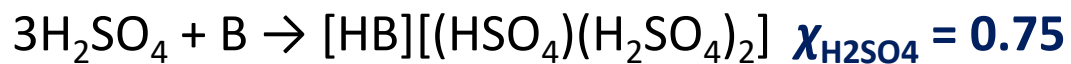
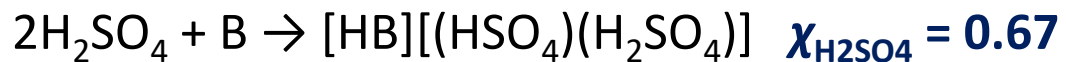
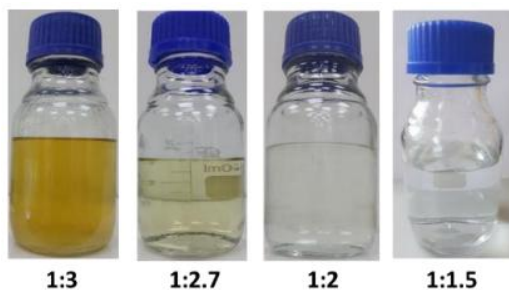


acetone, octane

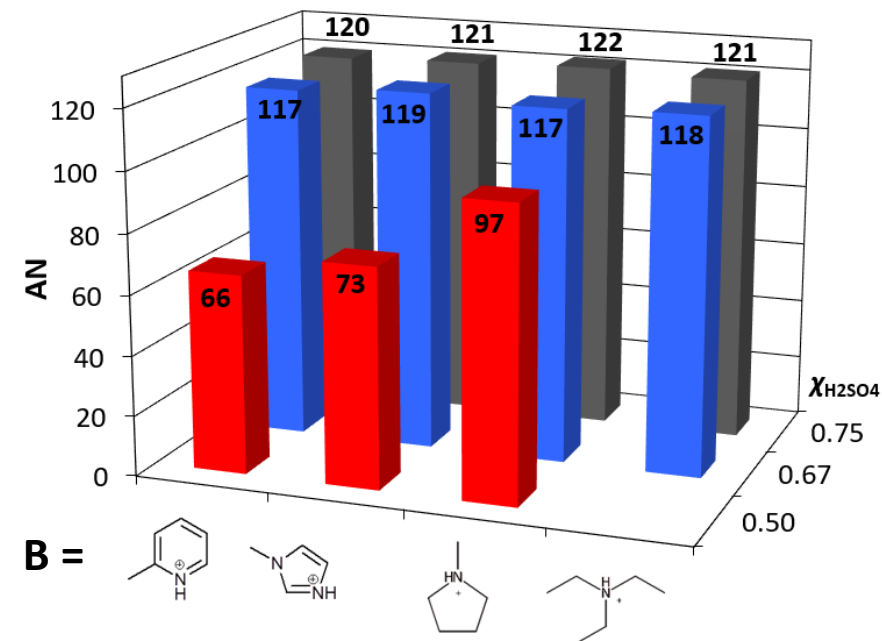
\$1.30–\$1.40 kg<sup>-1</sup>

\$1.46/kg, \$0.78/kg

Green Chem., 2020, 22, 3132–3140



}  $T_g < 0^\circ\text{C}$



K. Matuszek, A. Chrobok, F. Coleman, K. R. Seddon, M. Swadźba-Kwaśny, *Green Chem.*, 2014, 16, 3463.



Politechnika  
Śląska

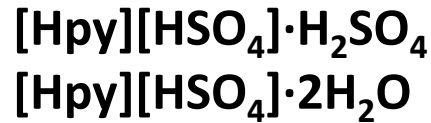


CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Protyczne ciecze jonowe oparte na aminie i kwasie siarkowym

Volume 5  
Number 1  
14 April 2023  
Pages 9689–10188

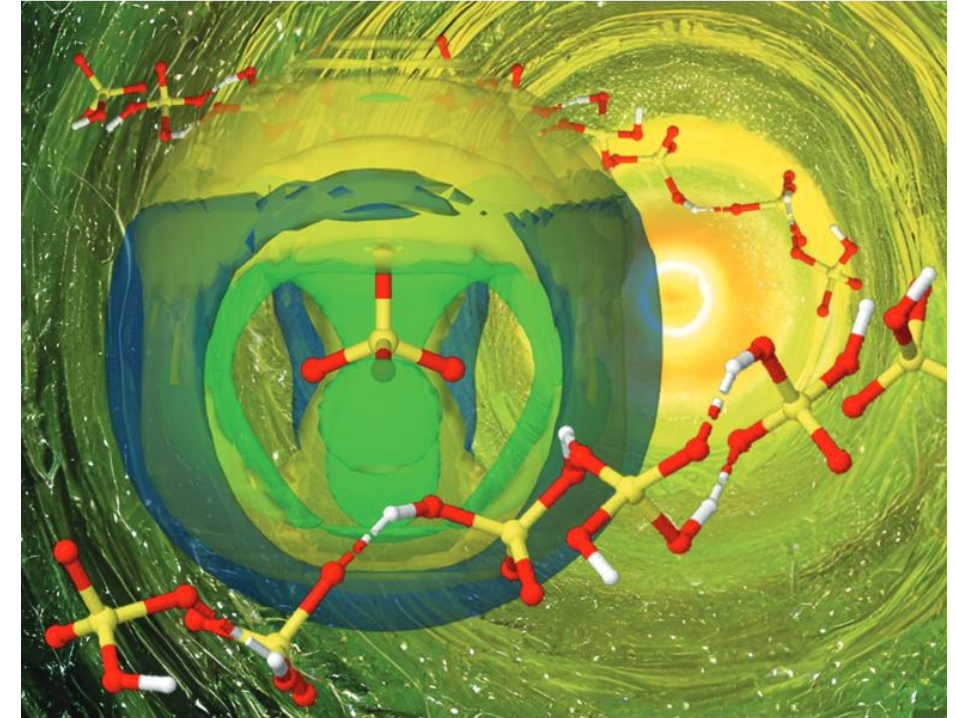
- określenie struktury PILs na bazie  $H_2SO_4$ ,
- dopowanych nadmiarem  $H_2SO_4$  i wodą,
- rozpraszanie neutronów  
(neutron scattering with isotopic substitution).



- trwała struktura sieci siarczanowej/kwasu siarkowego/wody została zachowana podczas przejścia od kwasu siarkowego do cieczy jonowych protycznych, nawet w obecności 2 moli (~17 wt%) wody
- wodorosiarczanowe PILs mają tendencję do włączania wody do łańcuchów anionowych związanych wiązaniami wodorowymi, które w istocie tworzą **nowy rozpuszczalnik - system woda-w-soli, posiadający własną odrębną strukturę oraz właściwości fizykochemiczne**

## PCCP

Physical Chemistry Chemical Physics  
rsc.li/pccp



ISSN 1463-9076

A. McGrogan, E. L. Byrne, R. Guiney, T. F. Headen, T. G. A. Youngs, A. Chrobok, J.D. Holbrey, M. Swadźba-Kwaśny, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, **2023**, 25, 9785

ROYAL SOCIETY  
OF CHEMISTRY

PAPER

John D. Holbrey, Małgorzata Swadźba-Kwaśny et al.  
The structure of protic ionic liquids based on sulfuric acid,  
doped with excess of sulfuric acid or with water



Politechnika  
Śląska

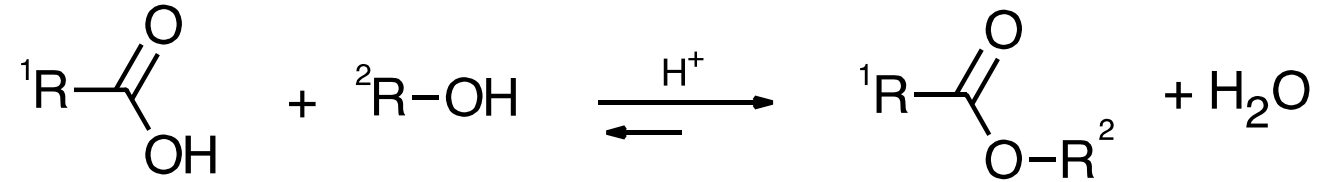
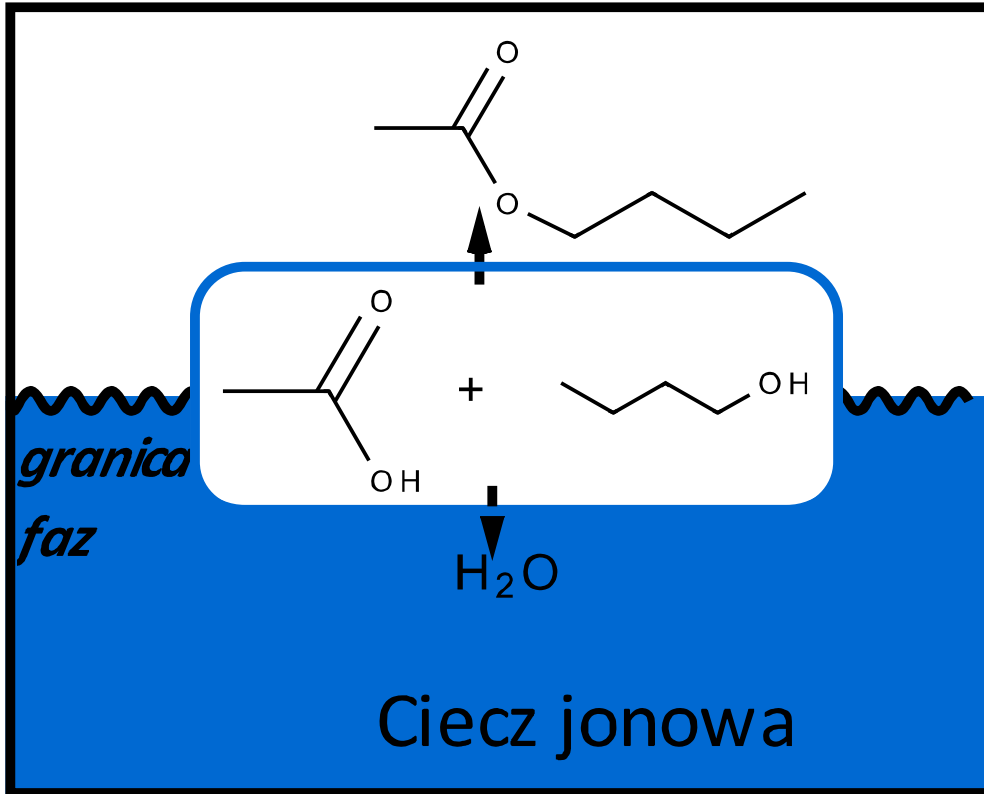


UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Protyczne ciecze jonowe oparte na aminie i kwasie siarkowym - modelowa reakcja estryfikacji



Przesunięcie równowagi reakcji  
w kierunku tworzenia produktu



BuOH : MeCOOH = 1:1.5; IL = 12% mol;  
t = 2h; Temp. 30°C

K. Matuszek, A. Chrobok, F. Coleman, K. R. Seddon, M. Swadźba-Kwaśny, *Green Chem.*, 2014, 16, 3463.



Politechnika  
Śląska



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

- Realizacja kontraktu naukowo-badawczego, pt.: Realizacja usługi badawczej polegającej na opracowaniu dla firmy Solvent Wistol S.A. nowej, energooszczędnej technologii produkcji octanu n-butylu z wykorzystaniem niestandardowych katalizatorów; **Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020**; działanie 2.3 Proinnowacyjne usługi dla przedsiębiorstw - 2.3.2 Bony na innowacje dla MŚP, (14.04.2017 - 16.04.2018),
- Realizacja kontraktu naukowo-badawczego, pt.: Wdrożenie wyników prac B+R dotyczących otrzymywania octanu etylu o wysokiej czystości (27.12.2019 – 31.07.2022),
- Powrót do badań nad octanem n-butylu 2026.

# Technologia otrzymywania alternatywnych plastyfikatorów

Tereftalany, mleczyzny, bursztyniany, adypiniany alkilu

Innowacja: ciecz jonowa jako katalizator



**GRUPA  
AZOTY**



Zakłady Azotowe Kędzierzyn



1:3      1:2.7      1:2      1:1.5



Pol. (2019), PL 232790 B1 20190731; Pol. (2020), PL 234515 B1 20200331; Pol. (2020), PL 234516 B1 20200331.  
N. Barteczko, J. Więcfawik, A. Tracz, E. Pankalla, K. Erfurt, P. Latos, S. Boncel, A. Chrobok, *Materials*, 2021, 14, 6219  
M. Przypis, K. Matuszek, A. Chrobok, M. Swadzba-Kwasny, D. Gillner, *J. Mol. Liq.*, 2020, 308, 113166.  
A. Grymel, P. Latos, K. Matuszek, K. Erfurt, N. Barteczko, E. Pankalla, A. Chrobok, *Catalysts*, 2020, 10, 457.  
U. Dorosz, N. Barteczko, P. Latos, K. Erfurt, E. Pankalla, A. Chrobok, *Catalysts*, 2020, 10, 37.



Politechnika  
Śląska



**CHROBOK**  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Producent estrów specjalnych – alternatywne plastyfikatory

  
**GRUPA  
AZOTY**  
KĘDZIERZYN



Realizacja **7 kontraktów naukowo-badawczych**  
(2015-2021)  
Szybka Ścieżka, PŚ podwykonawca (2021-2022)

25 ml  
Procedura laboratoryjna



2.5 l  
Laboratoryjna metoda  
technologiczna



Założenia do projektu  
procesowego



*Finasowanie  
projektu*

**NCBR**  
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju



Skalowanie 50 l do 500 l



Politechnika  
Śląska

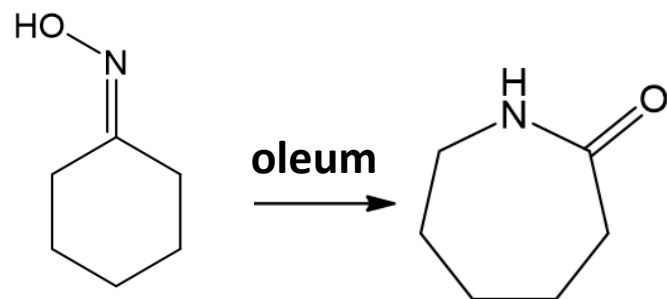


UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

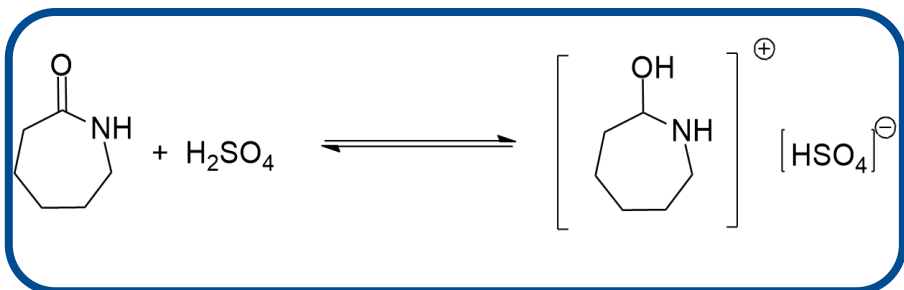


CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Przegrupowanie Beckmanna oksymu cykloheksanonu do kaprolaktamu



## KAPROLAKTAM



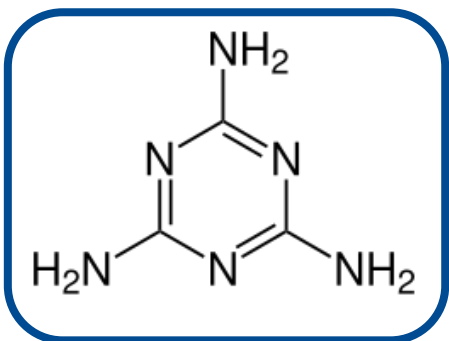
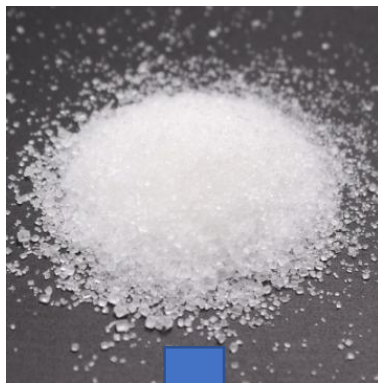
**Honeywell**  
THE POWER OF CONNECTED

**BASF**  
The Chemical Company

**GRUPA  
AZOTY**  
PUŁAWY

- Reakcja egzotermiczna (1500 kJ/mol),
- Kwasowy kat. (oleum, kwas siarkowy),
- Wodorosiarczan kaprolaktanu jako bezpieczne środowisko reakcji,
- Wytwarzanie odpadowego  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (1.7 ton na 1t of  $\epsilon$ -caprolactam),
- strata 10-15% of kaprolaktamu w etapie neutralizacji.

**Producent  
kaprolaktamu**



**Ciecz jonowa  
na bazie  
melaminy**

Realizacja **2 kontraktów naukowo-badawczych**  
Badania nad procesem otrzymywania  
kaprolaktamu z oksymu cykloheksanonu wobec  
kwasowych cieczy jonowych (2018, 2019)

**25 ml  
Procedura laboratoryjna**



**2.5 l  
Laboratoryjna metoda  
technologiczna**



**LOSENTTECH**  
Unique technological solutions

**Założenia do projektu  
procesowego**

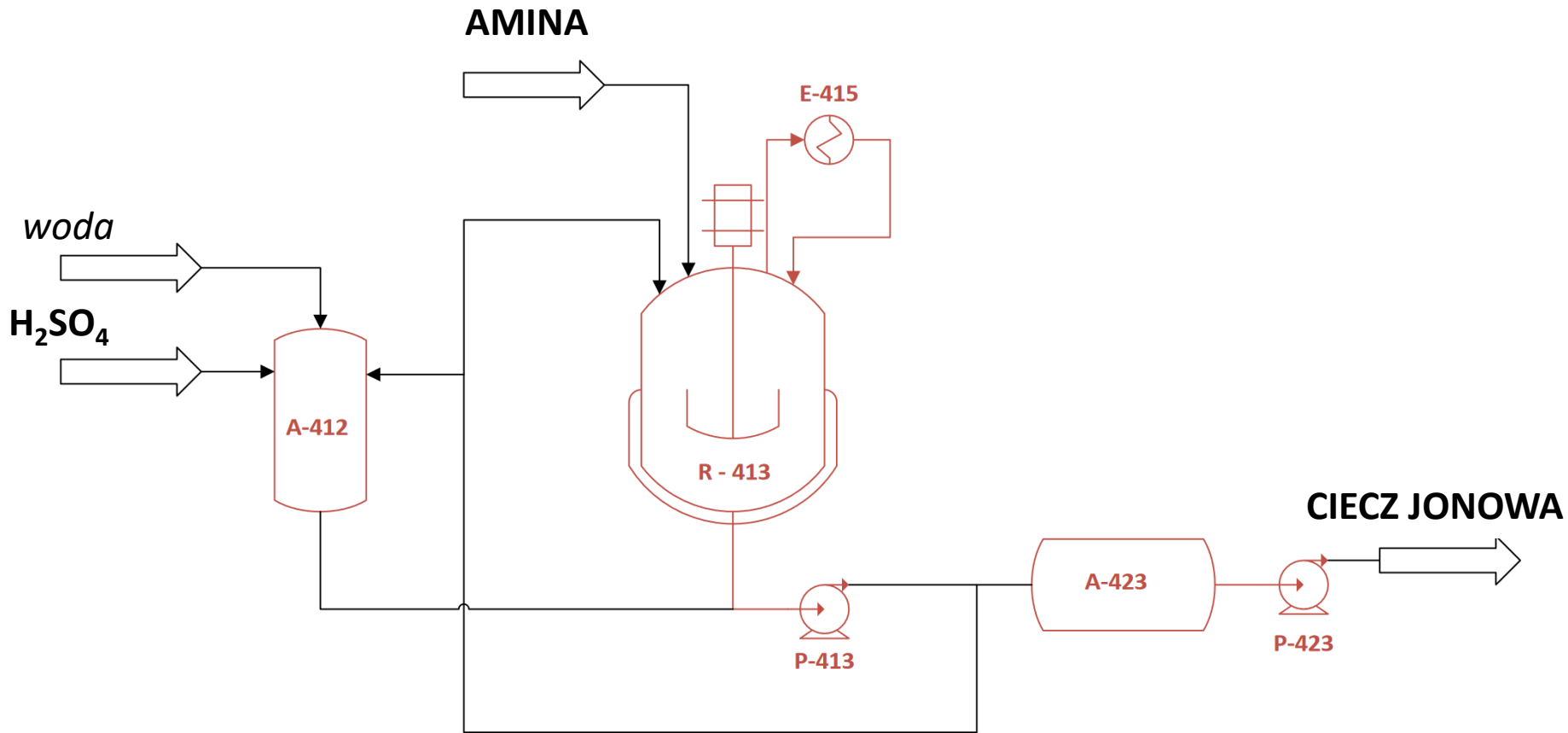
PL 231053 (2019)

K. Matuszek, A. Brzęczek-Szafran, D. Kobus, Dominika; D. MacFarlane, M. Swadzba-Kwasny, A. Chrobok, *Aust. J. Chem.*, **2019**, 72, 130

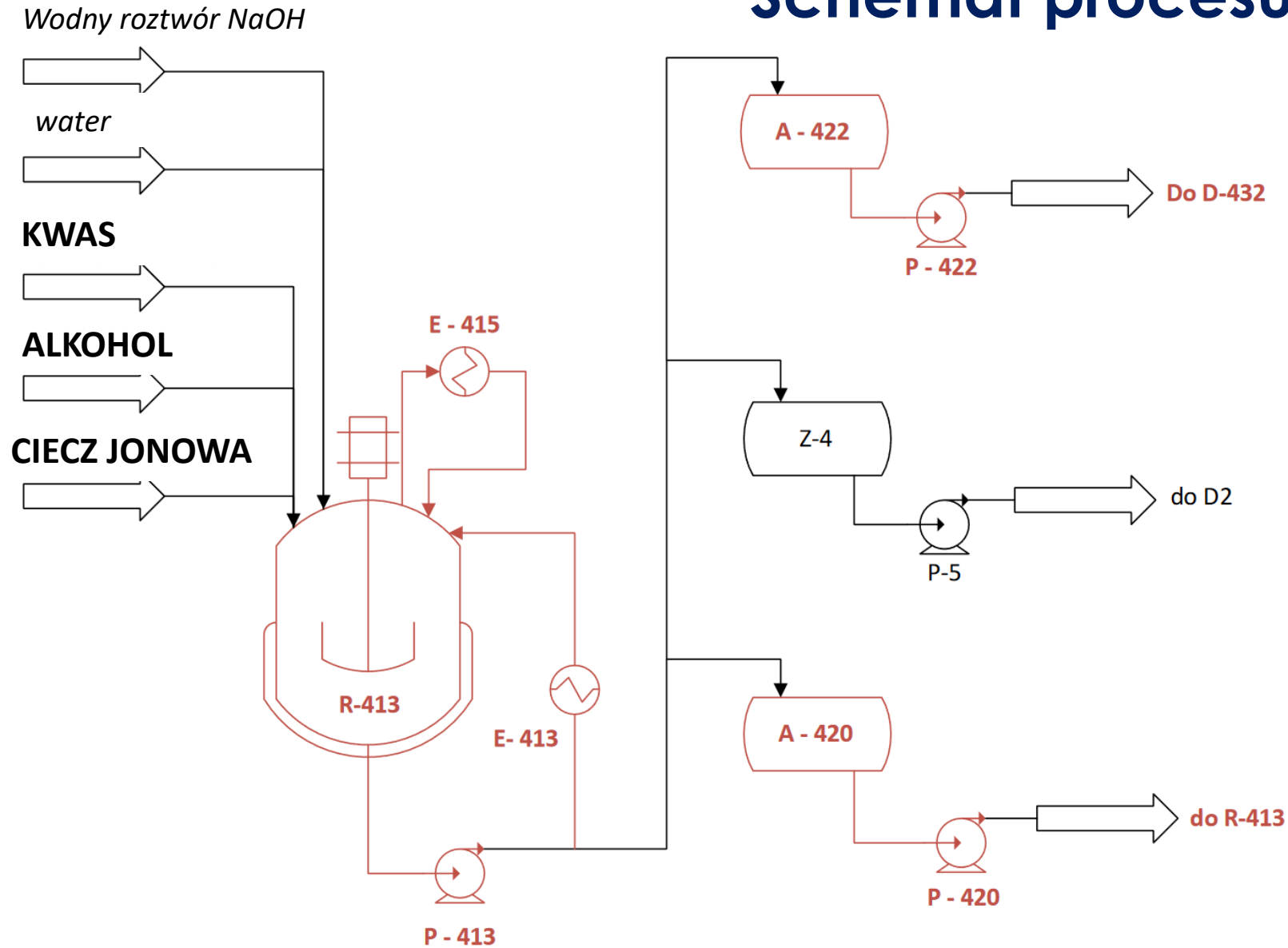
A. Brzęczek-Szafran, K. Erfurt, M. Swadzba-Kwasny, T. Piotrowski, A. Chrobok, *ACS Sustainable Chem. Eng.* **2022**, 10, 41.

A. Brzęczek-Szafran, J. Więclawik, N. Barteczko, A. Szelwicka, E. Byrne, A. Kolanowska, M. Swadzba Kwasny, A. Chrobok, *Green Chem.*, **2021**, 23,4421.

# Schemat procesu – węzeł syntezy cieczi jonowej (instalacja okresowa)



# Schemat procesu – węzeł syntezy estru (instalacja okresowa)



Destylacja estru

Destylacja wód

Zatężanie cieczi jonowej



*Zrównoważony rozwój vs ekonomia*

# Technologia produkcji $\epsilon$ -kaprolaktonu

*Metoda chemo-enzymatyczna*



*Metoda chemiczna*



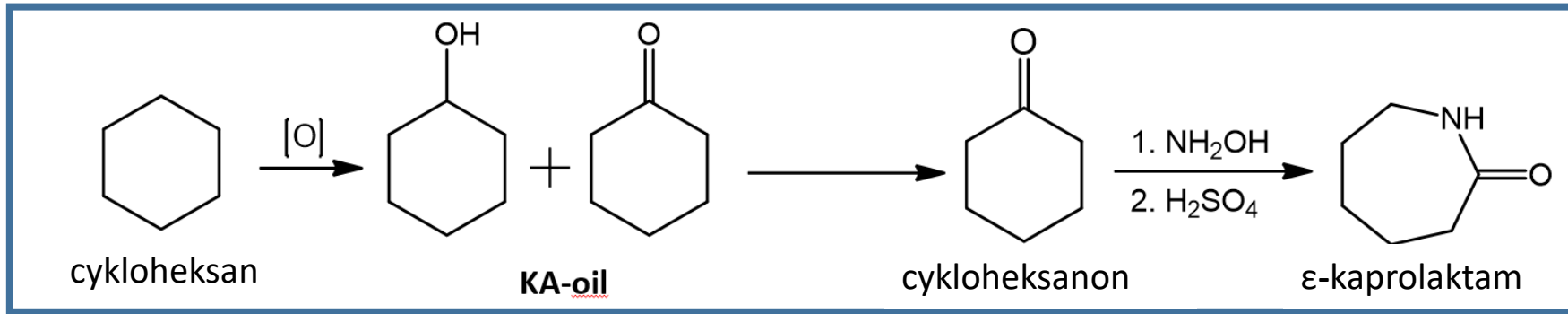
Politechnika  
Śląska



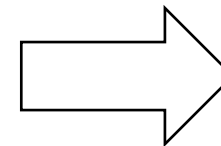
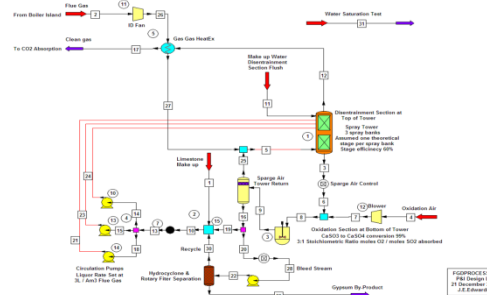
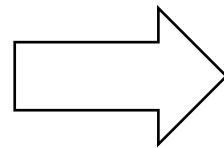
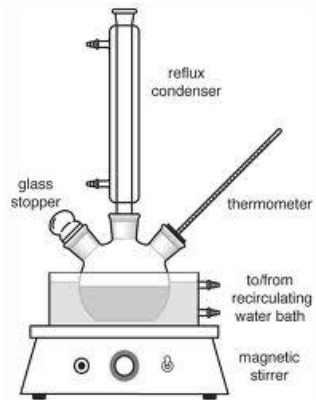
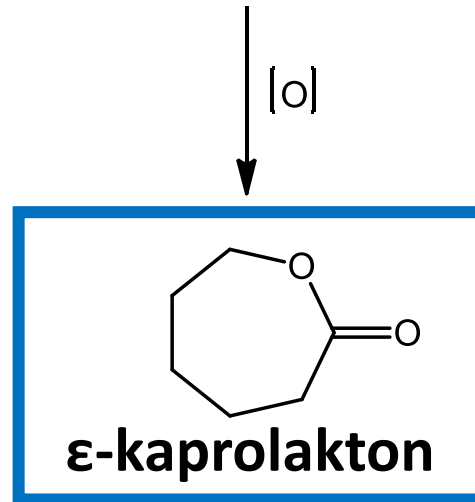
UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

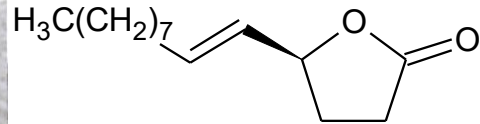


**Innowacyjność technologiczna w skali światowej**  
**Innowacyjność produktowa w skali krajowej**

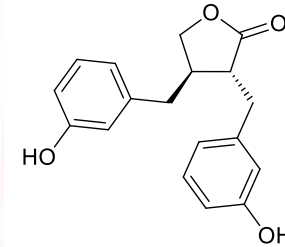


# Laktony

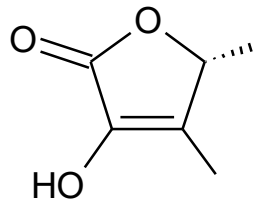
Przemysł przetwórstwa polimerów, medyczny, spożywczy, kosmetyczny



**(R)-japonilur** - składnik feromonu płciowego samic skarabeuszy



**(-)-enterolakton** - właściwości przeciwnowotworowe

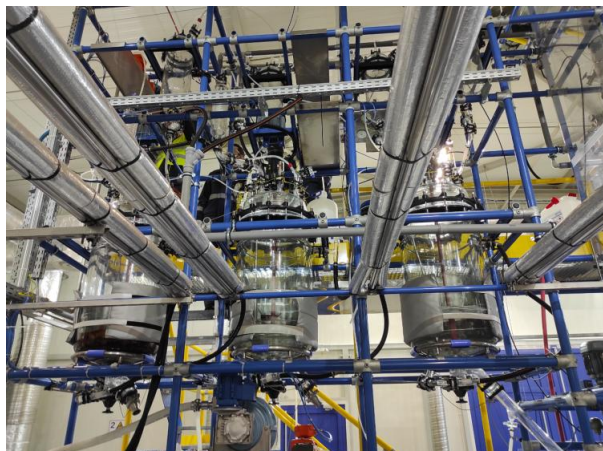


**(R)-sotolon** - komponenty smakowe i zapachowe

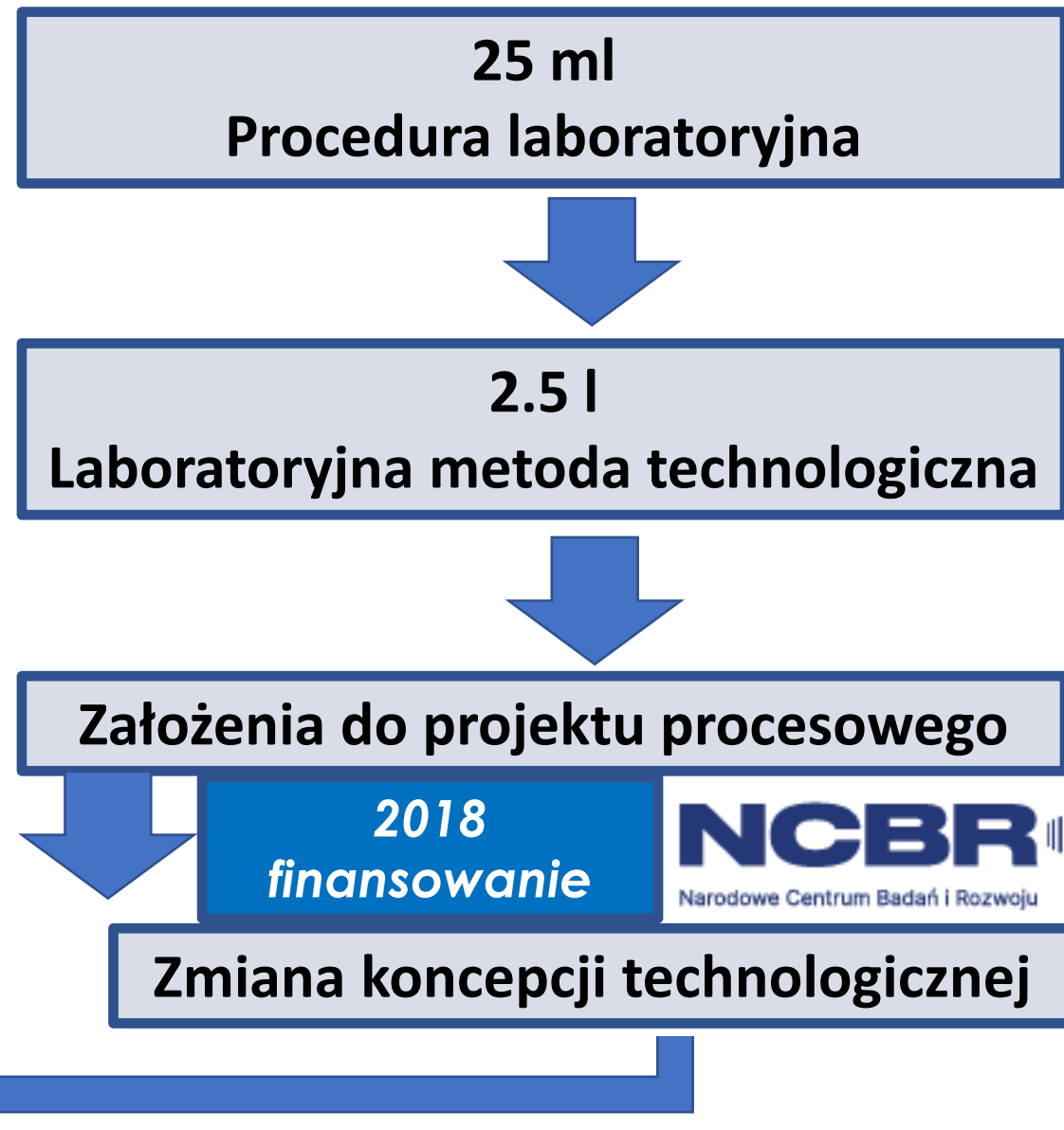
Producent cykloheksanonu i  $H_2O_2$



Realizacja **4 kontraktów** naukowo-badawczych dotyczących rozwoju technologii produkcji  $\epsilon$ -kapolaktonu (2016-2020)



Skalowanie z 2.5 l do 100 l



2018

finansowanie

**NCBR**

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

Zmiana koncepcji technologicznej

PL 233370 (2019); PL 239872 (2020); PL 239873 (2020); PL239874 (2020); PL 239875 (2020); PL 239587 (2020)



Politechnika  
Śląska



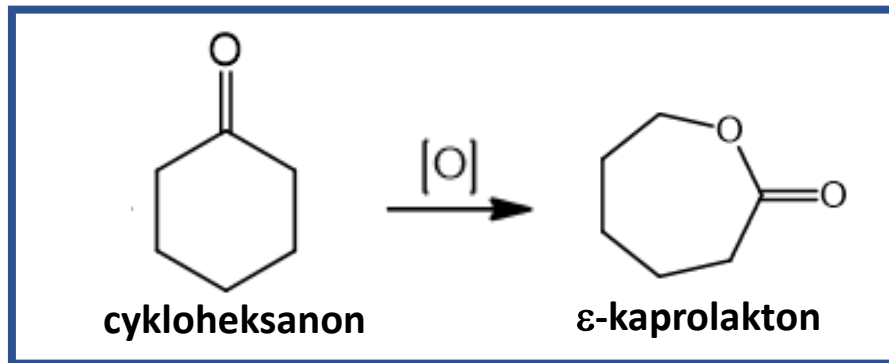
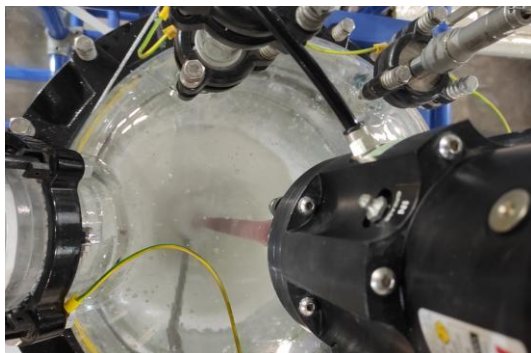
UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Technologia otrzymywania $\epsilon$ -kaprolaktonu

## KAPROPOL



Narodowe Centrum  
Badań i Rozwoju



Politechnika  
Śląska



Łukasiewicz  
ICSSO  
BLACHOWNIA

**Technologia wdrożona w Grupie Azoty SA, Puławy w 2022 roku**

**NCBIR INNOCHEM POIR.01.02.00-00-0042/16**



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA  
INIICYTYWA DOSKONAŁOŚCI



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

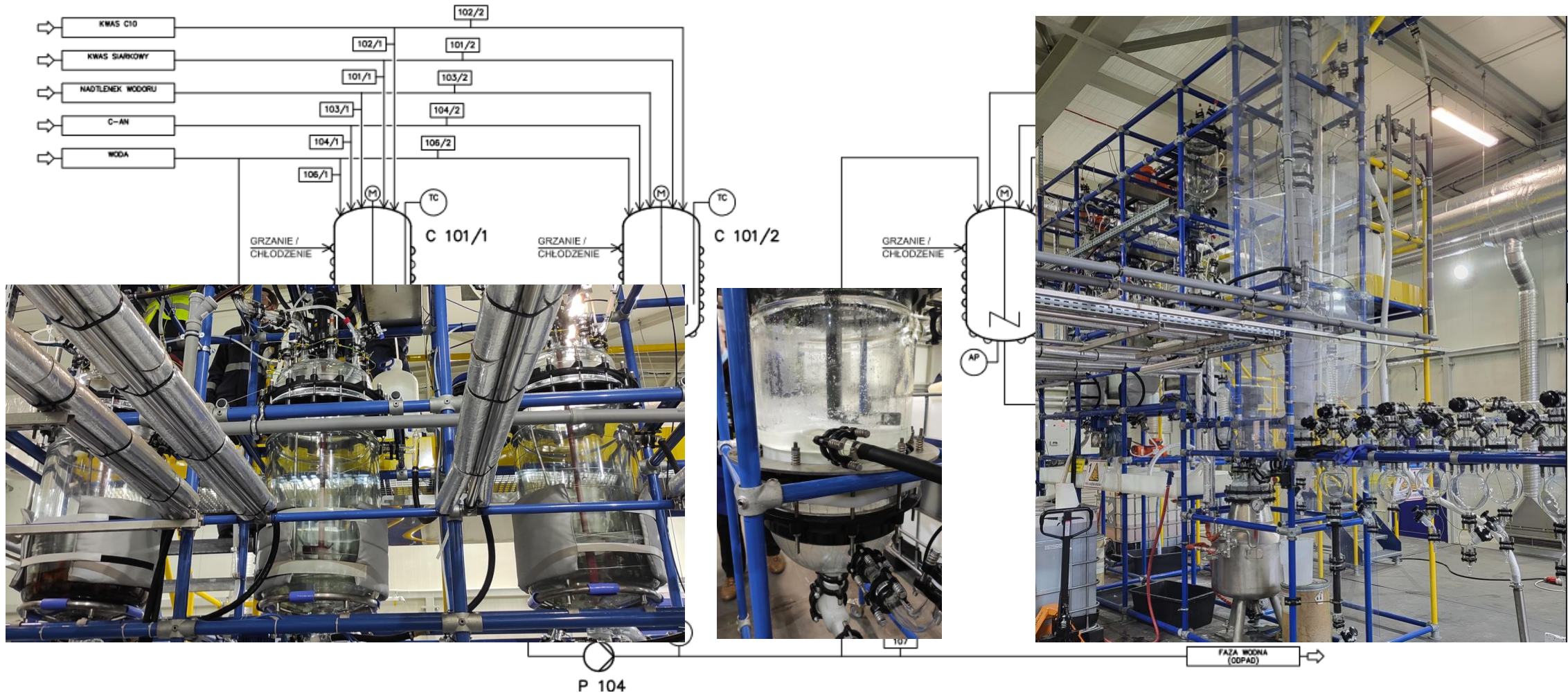
# Schemat blokowy– technologia produkcji $\epsilon$ -kaprolaktonu

**C 101/1,2**  
REAKTOR  
NADKWASU C10

**R 102**  
EKSTRAKTOR

**C 103**  
REAKTOR  
ECON

**P 104**  
POMPA



tonu



Politechnika  
Śląska

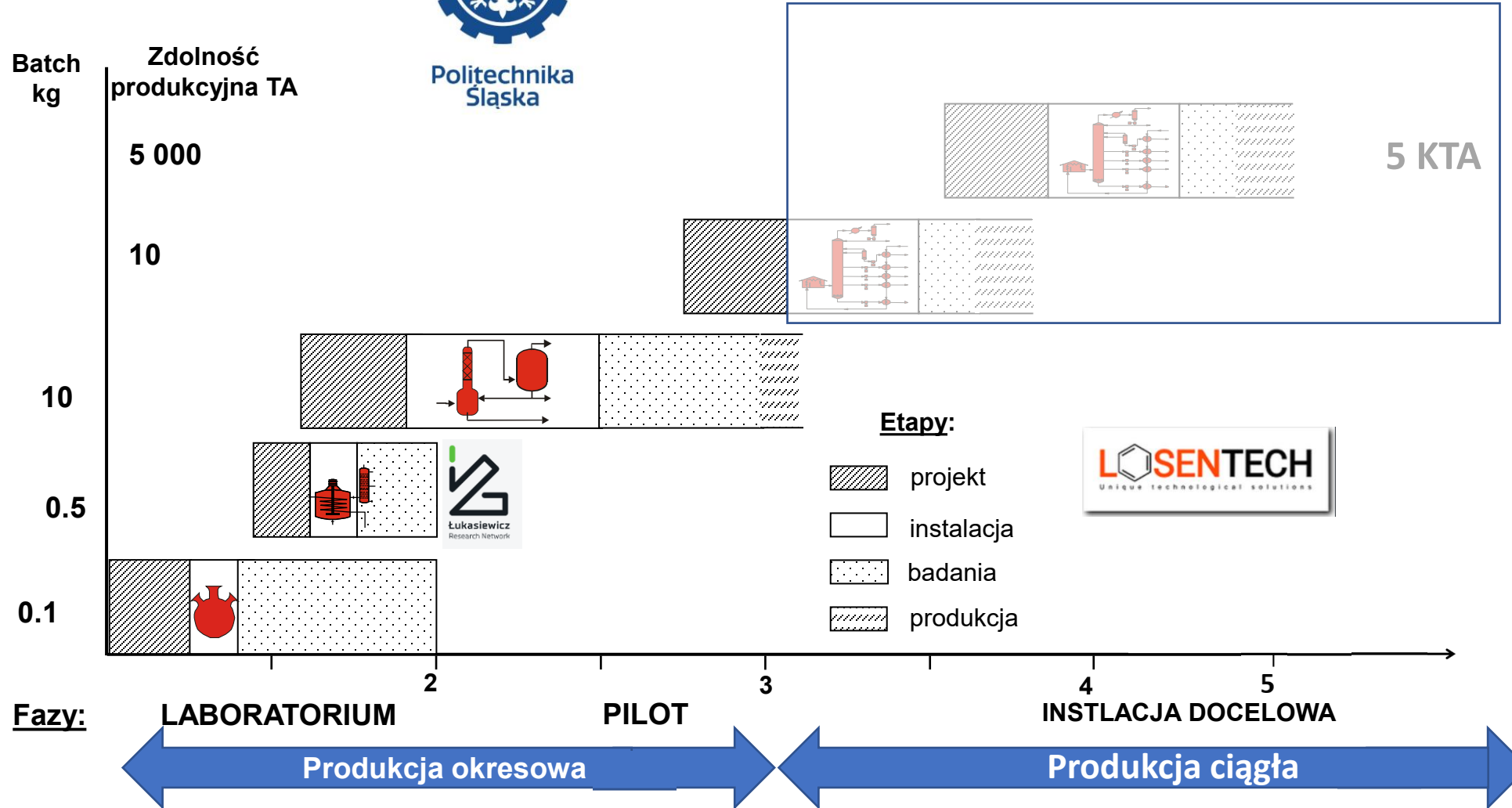


CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP



Politechnika Śląska

# Rozwój procesu technologicznego



GRUPA AZOTY

NCBR  
Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

LOSENTECH  
UNIQUE TECHNOLOGICAL SOLUTIONS



Politechnika Śląska

UCZELNIA BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Efektywne katalizatory: Cele, Kryteria Oceny i Rola w Zielonej Chemii

TOF



Katalizator, który wytwarza **10 000 000** cząsteczek produktu



Odzysk/zawrót



Katalizator, który wytwarza **10 000** cząsteczek produktu i może według pewnego protokołu zostać poddany zawrotowi **1000** razy

J.A. Gladysz, *Recoverable catalysts. Ultimate goals, criteria of evaluation, and the green chemistry interface*, *Pure Appl. Chem.*, 2001, 73, 1319.

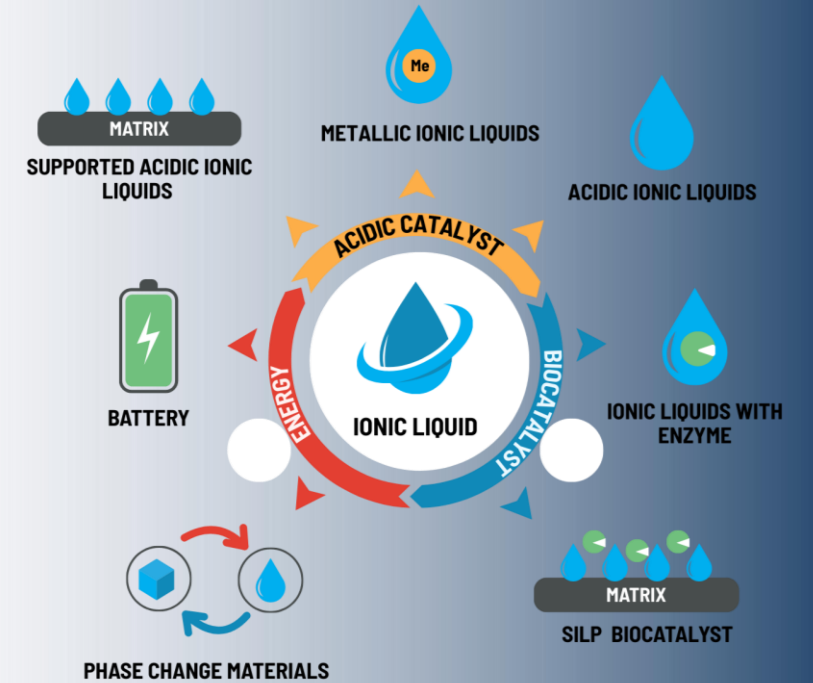
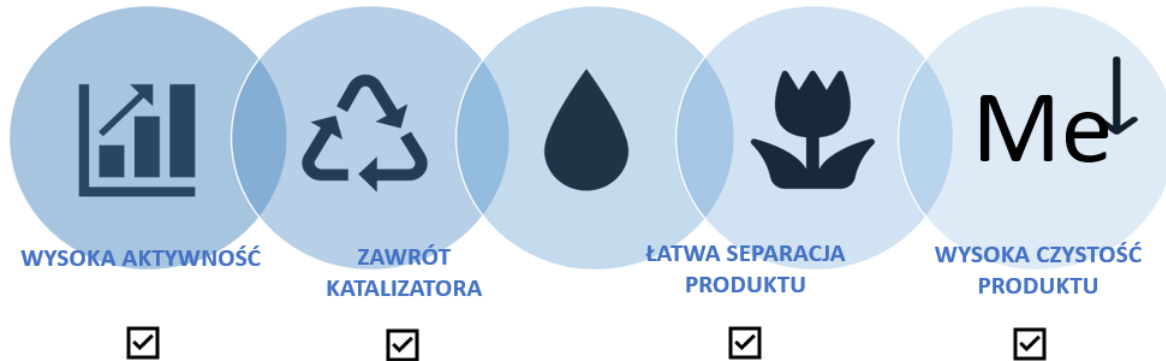


Politechnika  
Śląska



CHROBOK  
IONIC LIQUID  
GROUP

# Podsumowanie



# Podziękowania



**Anna Chrobok**

<https://chrobokgroup.com/>



**Dr hab. inż. Alina  
Brzęczek-Szafran**

*Materiały zmiennofazowe*



**Dr inż. Piotr Latos**

*Ciecze jonowe metaliczne*



**Dr inż. Anna Wolny**

*Biokataliza*



**Dr inż. Karol Erfurt**

*Bio- ciecze jonowe*



**Dr inż. Agnieszka  
Siewniak**

*Kataliza przeniesienie  
międzyfazowego*



## Finasowanie



NARODOWE CENTRUM NAUKI

**NCBR**

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju



NARODOWA AGENCJA  
WYMIANY AKADEMICKIEJ



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA  
INIcyatywa DOSKONAŁOŚCI



**CHROBOK**  
IONIC LIQUID  
GROUP