

# SZKOŁA GOSPODARKI O OBIEGU ZAMKNIĘTYM 2025

SESJA POSTEROWA – STRESZCZENIA



AGH

Akademia Górniczo-Hutnicza

## ORGANIZATORZY



Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki  
Zasobami



Koło Naukowe AGH CEEM

## PARTNER GŁÓWNY:



## PARTNERZY WSPIERAJĄCY:



## PATRONAT MEDIALNY:



**Komitet naukowy:**

dr hab. inż. Radosław Pomykała, prof. AGH

prof. dr hab. inż. Barbara Tora

dr hab. inż. Arkadiusz Szymanek, prof. PCz

---

**ORGANIZATOR**

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

**KONTAKT**

www.szkolagoz.agh.edu.pl  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Spis treści

Popioły z biomasy – klasyfikacja i potencjał aplikacyjny mgr inż. Gabriela Fuks .....	4
Retencja z recyklingu. Porównanie metod syntezy i właściwości bio-SAP z odpadów bawełnianych mgr inż. Joanna Głuc .....	5
Błękitno-zielona infrastruktura: klucz do adaptacji klimatycznej w Polsce inż. Oliwia Hajdyla .....	6
Właściwości biokarbonizatów uzyskanych z komunalnych i przemysłowych osadów ściekowych mgr inż. Karolina Kolarz, dr inż. Dorota Makowska, dr. inż. Katarzyna Kapusta, mgr inż. Zuzanna Stypka .....	7
Geotechniczne aspekty odzysku terenów poprzemysłowych inż. Zuzanna Lenard .....	8
Zarządzanie czasem studentów Emilia Matuszewska .....	9
Możliwości wdrożenia gospodarki o obiegu zamkniętym w browarze mgr inż. Katarzyna Moskaiewicz, dr inż. Katarzyna Kapusta .....	10
Identyfikacja kluczowych czynników wpływających na jakość życia w mieście w aspekcie zmian klimatu mgr inż. Helena Sekuła .....	11
Analiza potencjału odzysku surowców ze zużytych baterii w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym Jan Sędziak, Alicja Służalska .....	12
Analiza efektywności surowcowo-energetycznej symbiozy przemysłowej na przykładzie parku technologicznego Jakub Stawarz .....	13
Wyzwania i akceptacja systemu kaucyjnego w Polsce – badanie ankietowe wśród konsumentów i sprzedawców Oktawia Suty, Agnieszka Szkarłat .....	14
"Food from Waste" w percepcji konsumentów: Od barier zaufania do strategicznej konieczności Katarzyna Trzecińska .....	15
Wykorzystanie osadów ściekowych jako substratów do produkcji bioenergii w przedsiębiorstwie wodociągowym w kontekście gospodarki obiegu zamkniętego mgr inż. Dominika Uchmanowicz, dr inż. Justyna Pyssa .....	16
Analiza powiązań rynkowych pomiędzy sektorami gazów technicznych a rozwojem odnawialnych źródeł energii Oliwier Warzecha .....	17
Systemy zarządzania energią a efektywność energetyczna w przemyśle mgr inż. Patrycja Zubień .....	18
Analiza możliwości wykorzystania odpadów paneli fotowoltaicznych do wytwarzania betonów inż. Malwina Żydzik .....	19

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Łądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

www.szkolagoz.agh.edu.pl  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Popioły z biomasy – klasyfikacja i potencjał aplikacyjny

mgr inż. Gabriela Fuks

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, Akademia Górniczo-Hutnicza im.  
Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail: [gfuks@agh.edu.pl](mailto:gfuks@agh.edu.pl)*

Znaczenie biomasy jako odnawialnego źródła energii stale rośnie, co skutkuje wzrostem produkcji popiołów biomasowych. Właściwe zarządzanie tym strumieniem wpisuje się w zasady gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), umożliwiając potencjalną substytucję tradycyjnych popiołów lotnych z węgla, m.in. w budownictwie. Głównym wyzwaniem wdrożeniowym pozostaje jednak duża zmienność ich składu chemicznego, zależna od rodzaju paliwa i warunków procesowych.

W pracy dokonano charakterystyki i klasyfikacji 158 próbek popiołów z biomasy drzewnej, rolniczej oraz węgla. Kluczowym elementem analizy było wyznaczenie trójwymiarowych obszarów zmienności składu chemicznego dla trzech głównych grup tlenkowych: CaO, MgO, MnO; SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub> oraz K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, SO<sub>3</sub>, Cl<sub>2</sub>O. Za pomocą środowiska R wyznaczono trójwymiarowe obszary prawdopodobieństwa (75%) występowania trzech zdefiniowanych grup tlenkowych. Na tej podstawie zaproponowano możliwe sposoby wykorzystania określonych rodzajów popiołów z biomasy oraz przedstawiono ograniczenia ich zastosowania wynikające ze składu i obecności zanieczyszczeń.

Przeprowadzone analizy wskazują, że o ile badane popioły węglowe charakteryzują się relatywnie wąską powtarzalnością składu, o tyle popioły biomasowe wykazują znacznie szersze przestrzenie zmienności. Zaproponowane modelowanie 3D może stanowić użyteczne narzędzie wspomagające identyfikację nisz aplikacyjnych, sugerując podział na popioły o potencjale krzemianowym (sektor spoiw) oraz bogate w wapń i potas (kierunki agrochemiczne). Podejście to otwiera perspektywę dla dalszych badań nad standaryzacją tych surowców wtórnych.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Retencja z recyklingu. Porównanie metod syntezy i właściwości bio-SAP z odpadów bawełnianych

mgr inż. Joanna Głuc

Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im.  
Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail:* [joanna.gluc@student.agh.edu.pl](mailto:joanna.gluc@student.agh.edu.pl)

Praca analizuje możliwość przekształcania odpadów tekstylnych w substraty do wytwarzania superabsorbentów polimerowych (SAP) stosowanych m.in. w rolnictwie do poprawy gospodarowania wodą. W warunkach rosnących deficytów wodnych SAP mogą zwiększać retencję glebową i stabilizować plonowanie. Zaproponowano strategię dla dominujących na rynku mieszanek poli-bawełnianych (PET/celuloza): opisano wymagania separacji włókien, a następnie wykorzystania uzyskanego proszku celulozowego do syntezy bio-SAP.

W pracy przeanalizowano dwie ścieżki syntezy. Metoda „czysta” obejmuje karboksymetylację celulozy (CMC) i sieciowanie przy użyciu „zielonych” reagentów, np. kwasu cytrynowego. Daje w pełni biodegradowalne hydrożele o umiarkowanej chłonności ( $\approx 19\text{--}30$  g/g). Metoda „hybrydowa” polega na polimeryzacji szczepionej monomerów (np. kwasu akrylowego) na szkielet celulozowym; zapewnia bardzo wysoką chłonność (do 1125 g/g), przy tylko częściowej biodegradowalności.

Wyniki wskazują modelową pętlę GOZ: odpady bawełniane -> biodegradowalne C-SAP -> zastosowanie w rolnictwie (np. poprawa retencji wody przy uprawie bawełny).

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Błękitno-zielona infrastruktura: klucz do adaptacji klimatycznej w Polsce

inż. Oliwia Hajdyła

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, Akademia Górniczo-Hutnicza im.  
Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail: [ohajdyla@student.agh.edu.pl](mailto:ohajdyla@student.agh.edu.pl)*

W obliczu nasilających się skutków zmian klimatycznych, takich jak susze, powodzie błyskawiczne i fale upałów, błękitno-zielona infrastruktura staje się kluczowym elementem nowoczesnego, odpornego miasta. Rozwiązania oparte na przyrodzie łagodzą skutki ekstremalnych zjawisk, wspierają retencję i bioróżnorodność oraz poprawiają mikroklimat i jakość życia mieszkańców.

Celem posteru jest podkreślenie znaczenia BZI w kontekście trudnej sytuacji wodnej Polski, która należy do państw o najniższych zasobach wody w Europie. W obliczu coraz częstszych susz i gwałtownych opadów wdrażanie takich rozwiązań staje się koniecznością. Poster przedstawia modelowy obieg wody w systemie BZI, obejmujący opad, retencję, infiltrację, oczyszczanie oraz ponowne wykorzystanie w przestrzeni miejskiej. Dodatkowo na plakacie omówiono korzyści i zastosowania BZI, obejmujące m.in. łagodzenie skutków ekstremalnych zjawisk pogodowych, poprawę jakości życia mieszkańców oraz wspieranie bioróżnorodności.

Na podstawie literatury naukowej i danych GUS opracowano wykres ukazujący zasoby wodne Polski na tle innych krajów europejskich. Analiza potwierdza, że kompleksowe wdrażanie BZI może ograniczyć ryzyko powodzi, poprawić retencję, zmniejszyć efekt miejskiej wyspy ciepła i zwiększyć odporność miast na zmiany klimatyczne.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Właściwości biokarbonizatów uzyskanych z komunalnych i przemysłowych osadów ściekowych

**mgr inż. Karolina Kolarz, dr inż. Dorota Makowska, dr. inż. Katarzyna Kapusta,**  
**mgr inż. Zuzanna Stypka**

Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
e-mail: [kolarz@agh.edu.pl](mailto:kolarz@agh.edu.pl)

Piroliza osadów ściekowych stanowi coraz bardziej istotną metodę ich unieszkodliwiania oraz przekształcania w produkty o potencjalnym zastosowaniu środowiskowym i gospodarczym. Właściwości biokarbonizatów uzyskiwanych w tym procesie są silnie uzależnione od parametrów technologicznych oraz składu wyjściowego osadów.

Celem badań była ocena właściwości biokarbonizatów powstałych w wyniku pirolizy różnych typów osadów ściekowych: komunalnych oraz przemysłowych (przemysł spożywczy i petrochemiczny). Proces przeprowadzono w poziomym piecu rurowym w warunkach quasi-izotermicznych w temperaturze 500°C i 700°C, przy czasach 5, 8 i 12 minut. Ocenę właściwości powstałych biokarbonizatów wykonano w oparciu o analizę techniczną i elementarną, skład popiołu, odczyn pH oraz analizę FTIR.

Badania wykazały, że kluczowy wpływ na właściwości końcowych produktów miały temperatura pirolizy oraz rodzaj osadu. Karbonizaty uzyskane w temperaturze 700°C po 8 minutach charakteryzowały się najbardziej korzystnymi parametrami użytkowymi. Produkty pochodzące z przemysłowych osadów ściekowych wykazywały dobre właściwości energetyczne. Z kolei biokarbonizaty z osadów komunalnych, ze względu na wyższą zawartość popiołu a co za tym idzie również większą zawartość składników odżywczych, takich jak fosfor, mogą być przydatne w recyklingu surowcowym i poprawie jakości gleb.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Łądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Geotechniczne aspekty odzysku terenów przemysłowych

inż. Zuzanna Lenard

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, Akademia Górniczo-Hutnicza im.  
Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail: [lenard@student.agh.edu.pl](mailto:lenard@student.agh.edu.pl)*

Projekt skupia się na ocenie stateczności zwałowisk odpadów górniczych, opracowanej na przykładzie hały odpadów wydobywczych przy Zakładzie Górniczym Janina w Libiążu. Szczególny nacisk położono na rolę takich obiektów w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ), gdzie odpowiednio zagospodarowane zwałowiska mogą pełnić funkcję rekultywowanych terenów o nowych wartościach użytkowych.

Głównym celem pracy było scharakteryzowanie analizowanego obiektu pod kątem geometrii, uwarunkowań geologicznych oraz właściwości fizyczno-mechanicznych odpadów. Na tej podstawie przeprowadzono obliczenia stateczności aktualnego dla stanu hały oraz zaproponowano kierunek rekultywacji zgodny z dokumentami planistycznymi i założeniami GOZ, ze szczególnym uwzględnieniem przekształcenia terenu w obszar o funkcjach środowiskowych i społecznych.

Następnie wykonano analizę stateczności dla wariantu projektowego, w którym zmodyfikowano geometrię skarp i warunki obciążenia w sposób zapewniający poprawę stateczności niezbędną do bezpiecznego zagospodarowania terenu.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Zarządzanie czasem studentów

**Emilia Matuszewska**

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, Akademia Górniczo-Hutnicza im.  
Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail: [ematuszewska@student.agh.edu.pl](mailto:ematuszewska@student.agh.edu.pl)*

Badanie zatytułowane „Zarządzanie czasem studentów” miało na celu poznanie sposobów gospodarowania czasem przez studentów studiów stacjonarnych oraz identyfikację obszarów, w których możliwe jest zwiększenie efektywności planowania dnia. Głównym celem badania było ustalenie, jak studenci organizują swój dzień, ile czasu poświęcają na naukę, pracę, dodatkowe aktywności oraz odpoczynek, a także jakie czynniki mogą wpływać na poprawę ich zarządzania czasem. Zakres badań objął studentów różnych kierunków studiów w uczelniach wyższych w Polsce. Zastosowaną metodą była ankieta internetowa, przygotowana w formie kwestionariusza zawierającego zarówno pytania zamknięte, jak i otwarte, co pozwoliło na uzyskanie zarówno danych ilościowych, jak i jakościowych. Pytania dotyczyły między innymi codziennej rutyny, organizacji dnia, relacji między nauką a pracą oraz sposobów spędzania czasu wolnego. Uzyskane wyniki wskazują, że łączenie pracy ze studiami stacjonarnymi stanowi dla wielu studentów znaczące wyzwanie. Większość respondentów deklarowała również brak wystarczającej ilości czasu dla siebie i trudności w zachowaniu równowagi między obowiązkami a odpoczynkiem. Wnioski z badań sugerują potrzebę rozwijania kompetencji w zakresie planowania czasu.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

www.szkolagoz.agh.edu.pl  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Możliwości wdrożenia gospodarki o obiegu zamkniętym w browarze

mgr inż. Katarzyna Moskalewicz, dr inż. Katarzyna Kapusta

Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail: [moskalewicz@agh.edu.pl](mailto:moskalewicz@agh.edu.pl)*

Przemysł browarniczy generuje znaczne ilości produktów ubocznych, takich jak młóto browarnicze, chmieliny, pofermentacyjna gęstwa drożdżowa oraz ścieki zawierające substancje organiczne. Wdrożenie zasad gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ) w browarach umożliwia efektywne wykorzystanie młóta browarniczego i drożdży odpadowych jako surowców wtórnych. Jednym z kierunków ich zagospodarowania jest produkcja bioetanolu drugiej generacji z biomasy lignocelulozowej.

Celem pracy jest zbadanie wpływu obróbki wstępnej z zastosowaniem hydrolizy zasadowej na efektywność fermentacji młóta browarniczego pochodzącego z różnych typów piwa. Materiał poddano działaniu roztworu wodorotlenku sodu (NaOH) w celu rozluźnienia struktury lignocelulozowej, usunięcia części ligniny oraz zwiększenia dostępności cukrów fermentujących.

Uzyskane wyniki porównano z próbami niepoddanymi wstępnej obróbce chemicznej. Wykazano, że zastosowanie hydrolizy zasadowej znacząco poprawia efektywność fermentacji i zwiększa uzysk bioetanolu w porównaniu z próbkami kontrolnymi. Otrzymane rezultaty potwierdzają, że wdrożenie koncepcji GOZ w browarnictwie, poprzez przetwarzanie młóta browarniczego na bioetanol II generacji, może przyczynić się do ograniczenia ilości odpadów oraz zmniejszenia negatywnego wpływu produkcji piwa na środowisko.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Łądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Identyfikacja kluczowych czynników wpływających na jakość życia w mieście w aspekcie zmian klimatu

mgr inż. Helena Sekuła

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, Akademia Górniczo-Hutnicza im.  
Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail:* [hsekula@student.agh.edu.pl](mailto:hsekula@student.agh.edu.pl)

Celem pracy była identyfikacja kluczowych czynników wpływających na jakość życia w mieście w kontekście zmian klimatu oraz powiązanie ich z zasadami gospodarki o obiegu zamkniętym. Analizie poddano dwa obszary badawcze: Almere w Holandii oraz Nową Hutę w Krakowie. Zastosowana metodyka obejmowała badania ankietowe wśród mieszkańców, wywiady z ekspertami miejskimi oraz analizę dokumentów dotyczących polityki adaptacyjnej. W wyniku badań zidentyfikowano sześć kluczowych obszarów determinujących jakość życia w warunkach zmian klimatu. Zastosowane podejście badawcze okazało się skutecznym narzędziem do identyfikacji kluczowych czynników wpływających na jakość życia w kontekście zmian klimatu. Na podstawie uzyskanych wyników w dalszych badaniach możliwe jest opracowanie zestawu uniwersalnych kryteriów oceny, pozwalających na porównywanie zdolności adaptacyjnych różnych miast w oparciu o zidentyfikowane obszary tematyczne. Ponadto wyniki te mogą stanowić podstawę do zaproponowania modelowego podejścia do adaptacji miejskiej.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

www.szkolagoz.agh.edu.pl  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Analiza potencjału odzysku surowców ze zużytych baterii w kontekście gospodarki o obiegu zamkniętym

**Jan Sędziak, Alicja Służalska**

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, Akademia Górniczo-Hutnicza im.  
Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail: [jansedziak@student.agh.edu.pl](mailto:jansedziak@student.agh.edu.pl)*

Celem pracy jest ocena potencjału oraz realnej ekonomicznej wartości odzysku cennych metali ze zużytych baterii, a także zbadanie świadomości społecznej dotyczącej recyklingu i gospodarki o obiegu zamkniętym. Zakres badań obejmuje analizę technologii odzysku metali takich jak lit, kobalt, nikiel i mangan z baterii litowo-jonowych, przegląd obowiązujących regulacji prawnych oraz działań podejmowanych w Polsce i Unii Europejskiej.

W ramach projektu przygotowano również ankietę skierowaną do użytkowników urządzeń elektronicznych i pojazdów elektrycznych, której celem jest określenie poziomu wiedzy, nawyków oraz gotowości społeczeństwa do uczestnictwa w systemach zwrotu baterii. Badania opierają się na analizie literatury naukowej, raportów branżowych oraz danych statystycznych dotyczących recyklingu, natomiast część ankietowa jest obecnie w trakcie realizacji.

Dotychczasowa analiza literaturowa wskazuje na duży potencjał odzysku surowców z baterii i rosnące znaczenie tej branży w kontekście zrównoważonego rozwoju. Wyniki ankiety zostaną zaprezentowane w formie graficznej na posterze i posłużą do oceny stopnia świadomości ekologicznej wśród respondentów. Recykling baterii stanowi ważny element gospodarki o obiegu zamkniętym, a połączenie rozwoju technologii odzysku z edukacją społeczną i rozbudową systemu zbiórki może znacząco zwiększyć efektywność ponownego wykorzystania surowców oraz ograniczyć negatywny wpływ na środowisko.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Analiza efektywności surowcowo-energetycznej symbiozy przemysłowej na przykładzie parku technologicznego

Jakub Stawarz

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, Akademia Górniczo-Hutnicza im.  
Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail:* [stawarziakob@student.agh.edu.pl](mailto:stawarziakob@student.agh.edu.pl)

Kalundborg Eco-Industrial Park w Danii stanowi pierwszy na świecie i zarazem najbardziej rozpoznawalny przykład praktycznego wdrożenia koncepcji symbiozy przemysłowej. W ramach parku funkcjonują różnorodne przedsiębiorstwa - m.in. zakłady chemiczne, energetyczne i przetwórcze - które współdzielą zasoby takie jak ciepło, energia elektryczna, woda procesowa czy surowce wtórne. Kluczowym elementem współpracy jest wykorzystanie odpadów jednych procesów technologicznych jako surowców wejściowych w innych, co umożliwia tworzenie zamkniętych obiegów materiałowych i realizację zasad gospodarki o obiegu zamkniętym (GOZ).

W opracowaniu przedstawiono analizę kosztów i oszczędności związanych z gospodarowaniem surowcami, energią, wodą i odpadami w okresach przed i po wdrożeniu systemu symbiozy. Omówiono także nakłady inwestycyjne poniesione na rozbudowę infrastruktury przesyłowej, magazynowej i technologicznej, a także oceniono efektywność ekonomiczną przedsięwzięcia z wykorzystaniem wskaźników takich jak oszczędność na tonę produktu, jednostkowa oszczędność energii, stopa zwrotu z inwestycji (ROI) oraz czas jej zwrotu.

Uzyskane wyniki potwierdzają, że funkcjonowanie Kalundborg Eco-Industrial Park prowadzi do znaczących korzyści zarówno ekonomicznych, jak i środowiskowych, w tym redukcji zużycia pierwotnych surowców, ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> oraz wzrostu efektywności energetycznej systemu przemysłowego jako całości.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Wyzwania i akceptacja systemu kaucyjnego w Polsce – badanie ankietowe wśród konsumentów i sprzedawców

Oktawia Suty, Agnieszka Szkarłat

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, Akademia Górniczo-Hutnicza im.  
Stanisława Staszica w Krakowie  
e-mail: [oktawiasuty@student.agh.edu.pl](mailto:oktawiasuty@student.agh.edu.pl)

System kaucyjny stanowi jeden z kluczowych elementów gospodarki o obiegu zamkniętym, wspierając ograniczenie ilości odpadów opakowaniowych i wzrost poziomu recyklingu. W Polsce jest on stopniowo wdrażany, a jego skuteczność zależy zarówno od akceptacji konsumentów, jak i przygotowania sprzedawców. Celem badania była ocena jego funkcjonowania z perspektywy dwóch grup: konsumentów (n=60) oraz pracowników sklepów (n=8). Zastosowano metodę ankietową online w październiku 2025 r. Większość konsumentów deklaruje znajomość zasad systemu i pozytywne nastawienie, choć wielu korzysta z niego sporadycznie z powodu ograniczonej dostępności punktów zwrotu. Najczęściej wskazywane problemy to awarie automatów, brak miejsca i nieprzyjmowanie niektórych opakowań. Sprzedawcy natomiast zauważają wzrost obowiązków, niewystarczające szkolenia oraz trudności logistyczne, szczególnie przechowywanie dużej liczby opakowań. Jednocześnie obie grupy dostrzegają korzyści środowiskowe. Wyniki wskazują, że kluczowymi barierami efektywnego działania systemu są: ograniczona infrastruktura, brak jednolitych zasad oraz niewystarczająca komunikacja społeczna. Pomimo tych trudności, idea systemu kaucyjnego jest powszechnie akceptowana i postrzegana jako istotny krok w kierunku zrównoważonej gospodarki i efektywnego gospodarowania surowcami wtórnymi.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## "Food from Waste" w percepcji konsumentów: Od barier zaufania do strategicznej konieczności

Katarzyna Trzcińska

Wydział Metali Nieżelaznych, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w  
Krakowie

*e-mail: [431951@student.agh.edu.pl](mailto:431951@student.agh.edu.pl)*

Food waste is a global issue, causing high consumer concern (95% in preliminary study). A solutions-gap exists: 55% of respondents are "Not familiar at all" with the "Food from Waste" concept. Geopolitical instability and the EU's Bioeconomy Strategy reframe waste valorization as a strategic necessity for resource security. This study aims to analyze consumer perception and identify primary barriers and motivators for market acceptance.

A CAWI (N=40) convenience survey was conducted, targeting "early adopters" (bioeconomy students/families). Results show high market potential (97.5% willing to buy) and dominant positive/neutral attitudes. The key finding: the primary motivator is "Safety & Regulation" (87.5%), not cost or environment. This disproves the "disgust" barrier, highlighting trust as the main challenge.

The primary challenge for implementing Innovations in waste management is consumer trust (87.5% demand safety). The solution is Digitalization in CE, where the EU's Digital Product Passport (DPP) and Blockchain provide the required traceability [1]. This aligns with the GOZ "cascade principle," prioritizing high-value Waste Valorization (food) over lower-value Renewable Energy (biogas) [2].

[1] MDPI (2024). How the Digital Product Passport Can Lead... towards a Circular Economy.

[2] US EPA (2025). Wasted Food Scale.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Ładowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Wykorzystanie osadów ściekowych jako substratów do produkcji bioenergii w przedsiębiorstwie wodociągowym w kontekście gospodarki obiegu zamkniętego

**mgr inż. Dominika Uchmanowicz, dr inż. Justyna Pyssa**

Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail: [duchmanowicz@agh.edu.pl](mailto:duchmanowicz@agh.edu.pl)*

Narastającym problem, szczególnie na terenach dużych aglomeracji, jest właściwe zagospodarowanie osadów ściekowych. Osady ściekowe powstają w oczyszczalniach ścieków jako specyficzny odpad procesów oczyszczania ścieków. Stanowią dość istotny problem techniczny i ekologiczny ze względu na duże uwodnienie i masę oraz potencjalne niebezpieczeństwo sanitarne. Dodatkowym problemem, który wymaga szczegółowych badań, jest zanieczyszczenie osadów ściekowych ksenobiotykami, farmaceutykami i ich pochodnymi oraz innymi mikrozanieczyszczeniami. Osobną grupę zanieczyszczeń osadów ściekowych stanowią mikroplastiki. Celem pracy była analiza procesu otrzymywania oraz wykorzystania biogazu z osadów ściekowych pochodzących z Zakładu Oczyszczania Ścieków Płaszów w Krakowie w kontekście Gospodarki Obiegu Zamkniętego.

Zakres badań obejmował analizę ilości produkowanego biogazu z osadów ściekowych oraz energii elektrycznej uzyskanej z jego spalania. Energia elektryczna stanowi ważną pozycję w kosztach działalności każdego przedsiębiorstwa. Dlatego jej produkcja z osadów ściekowych stanowi przykład wykorzystania założeń GOZ w modelu biznesowym oczyszczalni ścieków. Przeprowadzone badania wykazały, iż wytwarzanie biogazu z osadów ściekowych prowadzi do zmniejszenia kosztów funkcjonowania zakładu oczyszczania ścieków, na energię elektryczną nawet o 30%.

---

#### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Łądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

#### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Analiza powiązań rynkowych pomiędzy sektorami gazów technicznych a rozwojem odnawialnych źródeł energii

Oliwier Warzecha

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, Akademia Górniczo-Hutnicza im.  
Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail: [owarzecha@student.agh.edu.pl](mailto:owarzecha@student.agh.edu.pl)*

Praca skupia się na poszukiwaniu korelacji pomiędzy rynkami wybranych gazów technicznych, a rozwojem odnawialnych źródeł energii. Porównywane są rynki wodoru, tlenu (technicznego), pirolitycznego azotku boru (PBN), ogólnego sektora gazów technicznych oraz wartości mocy wytwórczej ogólnego sektora OZE, mocy wytwórczej elektrolizerów i inwestycji w fabryki półprzewodników.

Choć PBN gazem technicznym nie jest, to wytwarzany jest z fazy gazowej w procesie CVD, który wykorzystuje liczne ultra-czyste gazy techniczne jako surowce, więc czyni go to istotnym wskaźnikiem na ich zbiorcze zapotrzebowanie.

Analizie poddano dane w ujęciu globalnym dla lat 2018-2024. Na ich podstawie wykonano analizę statystyczną, która obejmuje obliczenie macierzy współczynników korelacji liniowej, współczynników rang Spearmana, regresji liniowej oraz współczynników CAGR.

Uzyskane wyniki ukazują występowanie silnych dodatnich zależności pomiędzy rozwojem odnawialnych źródeł energii, a wzrostem wartości wybranych rynków gazów technicznych. Wykorzystując zależności, znane trendy oraz współczynniki CAGR, dla każdego rynku oraz wartości mocy wytwórczych przygotowano prognozy dla lat 2025-2030 w trzech wariantach: pesymistycznym, bazowym oraz optymistycznym.

Wykonana analiza wskazuje, że rozwój nowoczesnych technologii OZE jest sprzężony z rynkami gazów technicznych i jednocześnie napędza je, oraz że nawet w pesymistycznych prognozach, spodziewane są stałe wzrosty.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519

## Systemy zarządzania energią a efektywność energetyczna w przemyśle

mgr inż. Patrycja Zubień

Wydział Energetyki i Paliw, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail: [jpiestrzynsk@student.agh.edu.pl](mailto:jpiestrzynsk@student.agh.edu.pl)*

Współczesny przemysł stoi przed wyzwaniem prawnymi, środowiskowymi i finansowymi. Aby im sprostać, konieczne jest wdrażanie nowatorskich rozwiązań, do których należą Systemy Zarządzania Energią EMS (ang. Energy Management System).

Odgrywają one kluczową rolę w zakresie efektywności energetycznej, poprawiając ją w obszarze wszelkich systemów, głównie tych w nowoczesnych zakładach produkcyjnych, działających w ramach Przemysłu 4.0.

EMS bazują na technologii IoT - Internecie Rzeczy (ang. Internet of Things), połączonych w sieć urządzeń i czujników, pozwalających na gromadzenie i integrację danych, głównie w zakresie energii, ciepła, ale i wody, gazów czy ścieków. Następnie możliwe jest ich monitorowanie, analiza predykcyjna, optymalizacja w czasie rzeczywistym i automatyczna reakcja na anomalie.

Zastosowanie Systemu EMS ma wymierne korzyści[1]:

- zmniejszenie zużycia energii o 15-25%, a w efekcie również kosztów,
- zapewnienie zgodności regulacyjnej,
- redukcja emisji CO<sub>2</sub> o nawet 30%,
- automatyzacja zadań w poszczególnych procesach w 80%.

Co więcej Systemy EMS są zgodne z normą PN-EN ISO 50001:2018 - standardem zarządzania energią oraz pozwalają na generację raportów z kluczowymi danymi dotyczącymi zużycia mediów i produkcji.

Zastosowanie EMS, pozwala zatem na spełnienie wszelkich wymagań, wzrost efektywności energetycznej w ramach zintegrowanego systemu, wspierając tym samym zrównoważony rozwój.

[1] poziom korzyści dotyczy systemu OmniEnergy [www.omnimes.com/pl](http://www.omnimes.com/pl)

## Analiza możliwości wykorzystania odpadów paneli fotowoltaicznych do wytwarzania betonów

inż. Malwina Żydzik

Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami, Akademia Górniczo-Hutnicza im.  
Stanisława Staszica w Krakowie  
*e-mail: [mplata@agh.edu.pl](mailto:mplata@agh.edu.pl)*

Celem pracy była wstępna analiza możliwości wykorzystania odpadów paneli fotowoltaicznych jako częściowego zamiennika piasku kwarcowego w procesie wytwarzania betonów. W obliczu rosnącej liczby instalacji fotowoltaicznych oraz przewidywanego wzrostu ilości odpadów PV do 2050 roku, konieczne staje się poszukiwanie sposobów ich ponownego zagospodarowania. W ramach badań laboratoryjnych przeanalizowano skład chemiczny, wymywalność metali oraz skład ziarnowy piasku z recyklingu PV i piasku kwarcowego. Na tej podstawie przygotowano cztery mieszanki betonów, w których 0%, 10%, 20% oraz 30% piasku kwarcowego zastąpiono odpadem z paneli PV. Oceniono wytrzymałość próbek na ściskanie i zginanie po 14 i 28 dniach dojrzewania oraz wykonano analizę wewnętrznej struktury przy użyciu tomografii rentgenowskiej. Wyniki wskazują, że dodatek 10% piasku z recyklingu PV poprawia właściwości mechaniczne betonu w porównaniu do próbki referencyjnej, natomiast wyższe udziały powodują spadek wytrzymałości. Odpady paneli fotowoltaicznych mogą być zatem stosowane jako surowiec wtórny w produkcji betonów, przyczyniając się do ograniczenia zużycia surowców naturalnych i emisji CO<sub>2</sub> w budownictwie.

---

### ORGANIZATOR

Akademia Górniczo-Hutnicza  
Wydział Inżynierii Lądowej i Gospodarki Zasobami  
al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

### KONTAKT

[www.szkolagoz.agh.edu.pl](http://www.szkolagoz.agh.edu.pl)  
Mail: [szkolagoz@agh.edu.pl](mailto:szkolagoz@agh.edu.pl)  
Tel. 608 615 519