

Przegląd nowoczesnych trendów w wykorzystaniu biomasy w kontekście realizacji polityk klimatyczno-energetycznych krajów OECD do 2050 roku

Tomasz Mirowski^{*1}, Julia Domagała¹, Wiktor Pacura¹, Maciej Stodółkiewicz²

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk¹
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie²

WPROWADZENIE

Transformacja energetyczna i realizacja celów klimatycznych krajów OECD do 2050 roku wymagają dynamicznego zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii. Bioenergia, dzięki swojej elastyczności i możliwości wytwarzania zarówno energii użytkowej, jak i biopaliw stałych, ciekłych czy gazowych, staje się kluczowym elementem tej transformacji.

Szczególne znaczenie przypisuje się koncepcji kaskadowego wykorzystania biomasy, co umożliwia maksymalizację efektywności surowcowej i energetycznej. W perspektywie do 2050 roku rośnie również rola upraw dedykowanych, charakteryzujących się wysoką produktywnością biomasy, długowiecznością plantacji oraz znacznym potencjałem sekwestracji dwutlenku węgla (CO₂). Ich rozwój może stanowić istotny element strategii długoterminowego ograniczania emisji gazów cieplarnianych oraz zwiększania bezpieczeństwa energetycznego.

TRENDY

Międzynarodowa Agencja Energetyczna (IEA) [1] podkreśla kluczową rolę bioenergii w transformacji energetycznej. W scenariuszu „Net Zero Emissions by 2050” (NZE) przewiduje wzrost podaży energii z biomasy z 60 EJ obecnie do około 100 EJ w 2050 roku. Z prognozowanej globalnej podaży bioenergii 60% stanowić będzie bioenergia stała, prawie 30% paliwa ciekłe, a ponad 10% biogazy. Zapotrzebowanie koncentruje się w sektorach trudnych do elektryfikacji lub wymagających taniego, elastycznie dostarczanego źródła energii odnawialnej. Bioenergia połączona z wychwytem i składowaniem CO₂ (BECCS) (Rysunek 1) odgrywa istotną rolę w kompensowaniu emisji w tych sektorach, gdzie pełna dekarbonizacja jest trudna do osiągnięcia. Obecnie około 40% globalnej podaży bioenergii (~25 EJ) pochodzi z tradycyjnego, nieefektywnego spalania biomasy, głównie w krajach rozwijających się, co wiąże się z wysokim poziomem zanieczyszczeń i strat energetycznych. Scenariusz NZE zakłada zastąpienie tych praktyk nowoczesną bioenergią i urządzeniami elektrycznymi, co pozwala osiągnąć większą

Rysunek 1. Różne metody wychwytywania dwutlenku węgla zintegrowane ze sztuczną inteligencją [2]



Tabela 1. Przegląd zakładów produkujących biomasę toryfikowaną w krajach OECD (stan na połowę 2021 r.) [3]

Lokalizacja	Uruchomienie	Zdolność produkcyjna	Zamierzona wartość opałowa (NCV)	Forma produktu
Austria	2013	8 000 ton/rok	22–23 MJ/kg	Brykiet Ø70 mm
Belgia	2022	Proszek 30 000 ton/rok, pellety 150 kg/h	Proszek 22–28 MJ/kg, pellety 21 MJ/kg	Proszek (pełna produkcja), pellety (testowo)
Estonia	w eksploatacji	108 000 ton/rok	21 GJ NCV sucha masa	Pellet
Finlandia	2023	60 000 ton/rok	22–23 MJ/kg	Brykiet Ø70 mm
Niemcy	Od 2016	3 000 ton/rok	C _{fix} 90–98%	Węgiel drzewny Ø150 mm
Irlandia	w eksploatacji	10 500 ton/rok	n.d.	n.d.
Portugalia	IV kw. 2020	120 000 ton (czarne pellety), 80 000 ton (białe pellety)	18–22 MJ/kg	Pellet
Portugalia	2020	100 000 ton/rok	22 GJ	Zrębki, pellet
Wielka Brytania	w eksploatacji	30 000 ton/rok	20,5–30 GJ NCV sucha masa	Pellet, węgiel drzewny, pył
Kanada (BC)	I kw. 2021	100 000 ton/rok	21 MJ/kg	Pellet
Kanada (Qc)	2016	15 000 ton/rok	21 MJ/kg	Pellet
USA	2012	75 000 ton/rok	25–50 GJ/MT	Pellet
USA	2022	400 000 ton/rok	25–30 GJ/MT	Pellet
USA (Luizjana)	2017	16 000 ton/rok	19 MJ/kg	Pellet, brykiet
USA (Oregon)	2019	90 000 ton/rok	21–22,5 MJ/kg	Pellet, brykiet
USA	III kw. 2021	125 000 ton/rok	30 MJ/kg	Pellet, brykiet
USA (Oregon)	n.d.	100 000 ton/rok	n.d.	Brykiet biomasy torrefikowanej

emisje zanieczyszczeń i metanu oraz poprawić gospodarkę odpadami. Dodatkowo rozwój zrównoważonej bioenergii może stanowić istotne źródło zatrudnienia i dochodów w społecznościach, wspierając lokalny rozwój w gospodarkach rozwijających się. W tym kontekście technologia toryfikacji biomasy stanowi obiecujący kierunek produkcji biopaliwa stałego II generacji (Tabela 1). Wyższa gęstość energetyczna i odporność na wilgoć sprawiają, że biopaliwo toryfikowane jest łatwe w transporcie i magazynowaniu. Jednocześnie może ono stanowić efektywną alternatywę dla paliw kopalnych w sektorach przemysłu, w których elektryfikacja jest trudna do wdrożenia lub niemożliwa.

PODSUMOWANIE

Rozwój nowoczesnych technologii, takich jak toryfikacja biomasy, przyczynia się do zwiększenia efektywności energetycznej oraz zrównoważonego wykorzystania zasobów odnawialnych, umożliwiając produkcję czystszej i bardziej kalorycznej paliwa o właściwościach zbliżonych do węgla. W krajach OECD rozwiązania te są już wdrażane, a liczne inwestycje w tym obszarze zostały zrealizowane, stanowiąc realne wsparcie transformacji energetycznej poprzez zastępowanie paliw kopalnych odnawialnymi, niskoemisyjnymi nośnikami energii.

AUTOR DO KORESPONDENCJI

dr inż. Tomasz Mirowski
e-mail: mirowski@min-pan.krakow.pl

Literatura:
[1] IEA Bioenergy, „The role of bioenergy in the energy transition, and implications on the global use of biomass”, 2024, https://www.ieabioenergy.com/wp-content/uploads/2025/01/Commentary_RoleBioenergy_Dec2024.pdf, [Dostęp online 14.10.2025]
[2] Shivani Chauhan, Preeti Solanki, Chayanika Putatunda, Abhishek Walia, Arvind Keprate, Arvind Kumar Bhatt, Vijay Kumar Thakur, Ravi Kant Bhatia, „Recent advancements in biomass to bioenergy management and carbon capture through artificial intelligence integrated technologies to achieve carbon neutrality”, 2025, <https://doi.org/10.1016/j.seta.2024.104123>
[3] Market Uptake Support for Intermediate Bioenergy Carriers, „WHITE PAPER: TORREFIED BIOMASS”, 2022, https://www.music-h2020.eu/publications-reports/MUSIC_D6-1_WhitePaperPart1TorrefiedBiomass_FV.pdf [Dostęp online: 14.10.2025]