

Piotr Zawada

Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego w Warszawie

<https://orcid.org/0000-0003-2817-9578>

p.zawada@uksw.edu.pl

Maciej Chrzanowski

Politechnika Rzeszowska

<https://orcid.org/0000-0003-2791-8252>

mc@prz.edu.pl

Konrad Wodzis

Akademia WSB

<https://orcid.org/0009-0001-7097-6864>

konradwodzis4@gmail.com

**Koncepcja ekonomii cyrkularnej
w nauczaniu STEM. Studium przypadku
sformalizowanych inicjatyw edukacyjnych
województwa podkarpackiego sprzyjających
poprawie bezpieczeństwa społecznego**

**The Circular Economy Concept in STEM
Education. A Case Study of Formalized Educational
Initiatives in the Podkarpackie Voivodeship
Contributing to Improved Social Safety**

Streszczenie

Niniejszy tekst został poświęcony rozważaniom o edukacji w naukach ścisłych w tym tych z obszaru ekologii i ekonomii cyrkularnej, zaś badaniu szczegółowemu poddano relacje występujące w sektorze technologii, inżynierii i matematyki w Europie (ang. Women for Science, Technology, Engineering, and Mathematics in Europe). Autorzy artykułu poddali

analizie sytuację kobiet – emigrantek z Ukrainy, ofiar konfliktu wojennego za naszą wschodnią granicą, rozpoczynających w Polsce karierę zawodową w sektorach technologicznych, co uznano za ciekawą inspiracją z naukowego punktu widzenia. Z racji tego, że niektórzy współautorzy są reprezentantami zespołu realizującego wspomniane działania (projekt naukowy WeSTEMEU), nadarza się wyjątkowa okazja spojrzenia na podejmowane działania integracyjne, zmierzające do zmniejszenia poziomu wykluczenia społecznego z praktycznej strony proponowanych narzędzi wsparcia.

Słowa kluczowe: ekonomia cyrkularna, gospodarka obiegu zamkniętego, ekoinnowacje, STEM, edukacja, wykluczenie

Summary

This text is devoted to considerations about education in the exact sciences, including those in the area of ecology and circular economy, and a detailed study was conducted on the relationships occurring in the technology, engineering, and mathematics sector in Europe (STEM Women for Science, Technology, Engineering, and Mathematics in Europe). The authors of the article analyzed the situation of female emigrants from Ukraine, who are starting their professional careers in technology sectors in Poland, which was considered an interesting inspiration from a scientific point of view. Due to the fact that some of the co-authors are representatives of the team implementing the above-mentioned activities (WeSTEMEU scientific project), there is a unique opportunity to look at the integration activities undertaken from the practical side of the proposed support tools.

Keywords: circular economy, circular economy, eco-innovations, STEM, education, exclusion

Wstęp

W opracowaniu zostały podjęte rozważania dotyczące edukacji w naukach ścisłych w tym tych z obszaru ekologii prowadzonych nie tylko w państwach członkowskich UE ale także w Ukrainie, zaś badaniu szczegółowemu poddano relacje występujące w sektorze technologii, inżynierii i matematyki w Europie (ang. Women for Science, Technology, Engineering, and Mathematics in Europe – nazewnictwo zaczerpnięte

z regulaminu programu międzynarodowego Interreg Europa 2021-2027 z Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego). Autorzy artykułu poddali analizie sytuację kobiet emigrantek z Ukrainy, poszukujących bezpieczeństwa w Polsce, rozpoczynających w naszym kraju karierę zawodową w sektorach technologicznych, analizując zjawisko wykorzystania ich unikalnego wykształcenia, w tym ekologii – na współczesnym polskim rynku pracy. Z racji tego, że niektórzy współautorzy są reprezentantami zespołu realizującego wspomniane działania (projekt naukowy WeSTEMEU, finansowany w ramach funduszy INTERREG) nadarza się wyjątkowa okazja spojrzenia na podejmowane działania integracyjne z praktycznej strony proponowanych narzędzi wsparcie. Działania finansowane przez KE a zmierzające do zmniejszenia poziomu wykluczenia społecznego przybyłych na terytorium wspólnotowe UE, ofiar konfliktu wojennego, kobiet legitymujących się wyjątkowym technicznym wykształceniem i posiadające doświadczenie do pełnienia szczególnych ról w szybko zmieniającym się otoczeniu rynkowym – stały się podstawową osią rozważań w niniejszym opracowaniu skoncentrowanym między innymi na omówieniu poprawy bezpieczeństwa społecznego. Proponowany tekst ma na celu przybliżenie czytelnikom problematyki zmniejszania poziomu wykluczenia społecznego, integracji nowo przybyłych do państw członkowskich UE – przedstawicielek Ukrainy uciekających przed działaniami wojennymi i wykorzystania ich unikalnej wiedzy z obszaru nauk technicznych w tym ekologii w procesach integracyjnych z lokalnymi rynkami pracy. Szczególne walory tego tekstu polegają na tym, że rozważania obejmują wskaźniki rezultatu związane z działaniami integracyjnymi na podstawie doświadczeń z Albanii, Grecji, Rumunii, Irlandii, Litwy i Hiszpanii, a to porównanie doświadczeń może okazać się wiodące w propozycji zmian polityk regionalnych co jest jednym z wiodących wskaźników rezultatu projektu WeSTEMEU.

Wprowadzenie

Koncepcja ekonomii cyrkularnej wyrosła z rozwoju nowoczesnego przemysłu (w tym szczególnie przemysłu rolno-spożywczego oraz skorelowanego z wytwarzaniem szybko zbywalnych dóbr konsumenckich (ang. *fast moving consumer goods*, FMCG) i oparta jest na filozofii „wygrany – wygrany” (ang. *win-win*), mówiącej o tym, że „zdrowa” gospodarka

i „zdrowe” środowisko mogą i powinny współistnieć¹. Współcześnie (XXI wiek) efektywne gospodarowanie zasobami oraz ochrona środowiska stają się kluczowymi czynnikami sukcesu w globalnym łańcuchu wartości². Z wielu analiz wynika, że ze współczesnych gospodarek wyciekają cenne materiały (cenne z punktu widzenia wszystkich interesariuszy). Przemysł dostrzegł już solidne argumenty biznesowe przemawiające za zwiększeniem produktywności zasobów. Szacuje się, że poprawa zasobooszczędności w całym łańcuchu wartości może zmniejszyć zapotrzebowanie na nakłady materiałowe o 17–24 % do roku 2030³. Konsumpcja liniowa dociera do granic swoich możliwości. Gospodarka o obiegu zamkniętym przynosi korzyści operacyjne, jak i strategiczne, na poziomie mikro i makro. Wdrożenie jej zasad daje okazję oszczędności bilionów dolarów wraz z ogromnym potencjałem innowacyjności, tworzenia miejsc pracy i wzrostu gospodarczego⁴. Ta transformacja wymogła włączenia zasad gospodarki o obiegu zamkniętym do edukacji STEM, wspierając podejście zorientowane na problemy i rozwiązania w rozwiązywaniu złożonych wyzwań antropogenicznych. Włączenie koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym do programów nauczania przedmiotów ścisłych to logiczna strategia edukacyjna, której celem jest wyposażenie młodych ludzi w niezbędną wiedzę naukowo-społeczną, umiejętności i odpowiednie zachowania, aby mogli stawić czoła obecnym i przyszłym wyzwaniom rozwojowym, szczególnie poprzez fundamentalne jej zasady, a więc 3R (*reduction, reuse, recycle*) – redukcja, ponowny użytek, recykling⁵.

Na przestrzeni ostatniego ćwierćwiecza (2000-2025) znaczenie naukowe pojęcia gospodarki obiegu zamkniętego systematycznie rośnie (co można zaobserwować w analizie liczby publikacji naukowych ze słowem kluczowym: *circular economy*, w repozytorium SCOPUS). Jest to element badania bibliometrycznego. Badanie to miało charakter wyszukiwania w oparciu o indeksy bazy (konkretnie o występowanie

¹ Y. Geng, P. Zhang, R. C[^]ot'e, Y. Qi, *Evaluating the applicability of the Chinese eco-industrial park standard in two industrial zones*, „International Journal of Sustainable Development and World Ecology” 2008, vol. 15, s. 1-10; J. Park, J. Sarkis, Z. Wu, *Creating integrated business and environmental value within the context of China's circular economy and ecological modernization*, „Journal of Cleaner Production” 2010, vol. 18, s. 1494-1501.

² C. Sinkin, C. Wright, R. Burnett, *Eco-efficiency and firm value*, „Journal of Accounting and Public Policy” 2008, vol. 27 (2), s. 167-176.

³ Komisja Europejska, *Ku gospodarce o obiegu zamkniętym: program „zero odpadów” dla Europy*, Bruksela 2014, s. 2.

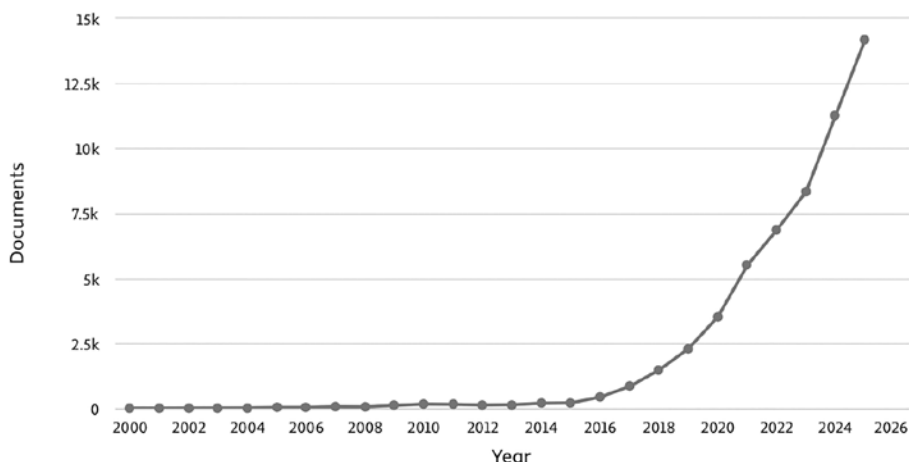
⁴ *Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains*, Gevena 2014, s. 13.

⁵ Y. Zhu, D. Zhu, *A revised circular economy model and its application based on objectivity- process-subjectivity analysis*, „Shanghai Environmental Science” 2007, vol. 26 (1), s. 14-18.

danego pojęcia w tytułach publikacji). Innym rodzajem jest wyszukiwanie pełnotekstowe, polegające na przeszukaniu całego tekstu wszystkich dostępnych publikacji w danej bazie, jednak ma ono ograniczenie w postaci możliwości znalezienia publikacji, które jedynie przywołują wyszukiwane pojęcie. Oczywiście, analiza i identyfikacja luki badawczej oparta o aspekt bibliometryczny może być prowadzona w dwojaki sposób. Po pierwsze, może mieć charakter subiektywnego podejścia opartego na jakościowej analizie literatury. Po drugie, obiektywnego podejścia opartego na ilościowej analizie bibliometrycznej. Oba podejścia mają swoje wady i zalety, jednak powinno się patrzeć na nie przez pryzmat ich wzajemnego uzupełniania się⁶.

Rysunek 1. Liczba publikacji naukowych ze słowem kluczowym: circular economy, w bazie SCOPUS (lata 2000-2025)

Documents by year



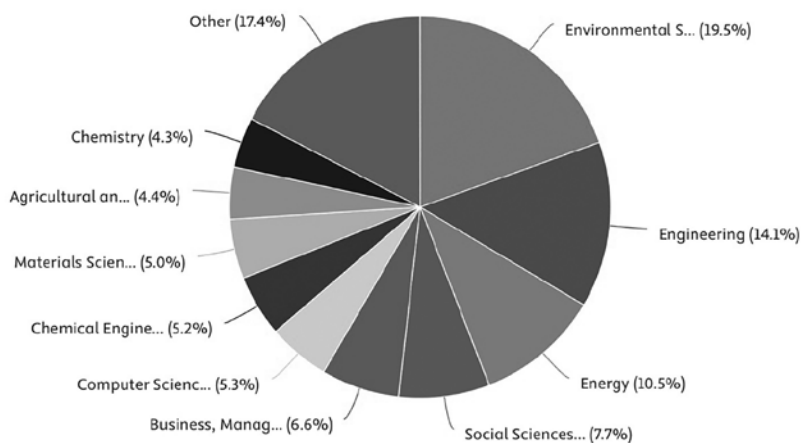
Źródło: SCOPUS

Warto też zwrócić uwagę, że pojęciem tym interesują się badacze różnych obszarów (Rysunek 2.), co wskazuje na potrzebę interdyscyplinarnego podejścia do tego zagadnienia oraz jego znaczenie dla wszystkich gałęzi gospodarki (i nauki).

⁶ F. Acedo, J. Casillas, *Current paradigms in the international management field: An author co-citation analysis*, „International Business Review” 2005, vol. 14(5), s. 619–639.

Rysunek 2. Analiza obszarów naukowych, w których poruszana jest tematyka gospodarki obiegu zamkniętego (lata 2000-2025).

Documents by subject area



Źródło: SCOPUS

Ramy pojęciowe i znaczenie kooperacji interesariuszy w budowaniu gospodarki obiegu zamkniętego

Ekonomia cyrkularna oparta jest na założeniu maksymalizacji użytkowania zasobów oraz przynoszenia korzyści zarówno dla gospodarki, jak i środowiska naturalnego. Oferuje alternatywne od dotychczasowego podejścia, gdzie zasoby są wykorzystywane jednokrotnie, a następnie wyrzucane⁷. W obecnie dominującym modelu gospodarczym konsumenci nieustannie wyrzucają zużyte produkty, w tym cenne materiały znajdujące się w ich obrębie⁸. Rysunek 3. obrazuje logikę modelu ekonomii cyrkularnej (obiegu zamkniętego) z perspektywy wszystkich interesariuszy.

⁷ House of Commons Environmental Audit Committee, UK Parliament, *Growing a circular economy: Ending the throwaway society*, 2014, s. 5.

⁸ *The business opportunity of closed loop innovation, Kingfisher's progress towards products that waste nothing*, Kingfisher, s. 3, https://www.kingfisher.com/netpositive/files/downloads/kingfisher_closed_loop_innovation.pdf

Rysunek 3. Model gospodarki o obiegu zamkniętym.



Źródło: opracowanie własne na podstawie: Komisja Europejska, *Ku gospodarce o obiegu zamkniętym: program „zero odpadów” dla Europy*, Bruksela 2014, s. 6.

Biorąc pod uwagę logikę procesu (Rysunek 1.), systemy gospodarki o obiegu zamkniętym pozwalają zachować możliwie jak najdłużej wartość dodaną produktów i wyeliminować odpady. Zachowują zasoby w obrębie gospodarki, gdy cykl życia produktu dobiega końca, pozwalając na ich ponowne wielokrotne wykorzystanie w sposób produktywny, tworząc w ten sposób kolejną wartość⁹. Z kolei udowodniony sukces modelu gospodarki o obiegu zamkniętym staje się możliwością mobilizacji zmian przemysłu marnotrawiącego zasoby. Oczywiście jest, że gospodarka tego typu jest fundamentalna dla przyspieszenia koniecznych zmian społecznych, szczególnie w modelu produkcji i konsumpcji¹⁰.

Zmiana paradygmatu gospodarowania staje się kluczowym kierunkiem rozwoju również dla skorelowanych gospodarek. Przykładem jest Unia Europejska, która w perspektywie 2014-2020 w całości została skierowana w stronę zielonej ekonomii¹¹, biogospodarki¹², gospodarki za-

⁹ Komisja Europejska, *Ku gospodarce o obiegu zamkniętym...*, s. 2.

¹⁰ S. Prendeville, C. Sanders, J. Sherry, F. Costa, *Circular Economy: Is it enough?*, Ecodesign Center, Wales 2014, s. 12.

¹¹ European Commission, *Rio + 20: towards the green economy and better governance*, Brussels 2011, s. 1-15.

¹² *Innowacje w służbie zrównoważonego wzrostu: biogospodarka dla Europy*, Komisja Europejska, Bruksela 2012, s. 1-10.

sobooszczędnej¹³ i niskoemisyjnej¹⁴, gospodarki o obiegu zamkniętym¹⁵, kreacji zielonych miejsc pracy¹⁶, zrównoważenia firm z sektora MŚP¹⁷, zrównoważenia infrastruktury¹⁸, zrównoważonego budownictwa¹⁹, ekoinnowacji²⁰, jest jednoznacznym dowodem trendu „zazieleniania” niemal wszystkich płaszczyzn działania społeczeństwa i biznesu²¹ całej Unii. Jest to szczególnie istotne z racji tego, iż na płaszczyźnie kreacji innowacji na poziomie regionalnym olbrzymią rolę odgrywa otoczenie instytucjonalne²², ponieważ rozwój nowych technologii jest koniecznym, jednak nie wystarczającym warunkiem dla akceleracji rozwoju na poziomie regionalnym²³. Z tego powodu rozwój technologii powinien iść w parze z rozwojem na poziomie gospodarczym (biorąc pod uwagę wszystkie perspektywy rozwoju gospodarczego, w tym szczególnie aspekt ekologiczny i społeczny).

Na poziomie mikro, a więc na poziomie firmy, ekonomia cyrkularna kładzie nacisk na rozwijanie strategii eko-projektowania oraz czystej produkcji²⁴, zaś na poziomie mezo, relacji między różnego rodzaju podmiotami (nauką, biznesem, administracją) na promowaniu i wspieraniu parków eko-przemysłu, które będą intensyfikować rozwój regionalny, przy jednoczesnym zabezpieczeniu środowiska naturalnego²⁵. Wreszcie

¹³ *Roadmap to a Resource Efficient Europe*, European Commission, Brussels 2011, s. 1-26.

¹⁴ Komisja Europejska, *Plan działania prowadzący do przejścia na konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną do 2050 r.*, Bruksela 2011, s. 1-18.

¹⁵ Komisja Europejska, *Ku gospodarce o obiegu zamkniętym...*, 1-17.

¹⁶ Komisja Europejska, *Inicjatywa w zakresie zielonego zatrudnienia: pełne wykorzystanie potencjału zielonej gospodarki pod względem tworzenia miejsc pracy*, Bruksela 2014, s. 1-15.

¹⁷ Komisja Europejska, *Plan działań ekologicznych dla MŚP, Umożliwienie MŚP przekształcenia wyzwań związanych z ochroną środowiska w możliwości biznesowe*, Bruksela 2014, s. 1-14.

¹⁸ Komisja Europejska, *Zielona infrastruktura – zwiększanie kapitału naturalnego Europy*, Bruksela 2013, s.1-13.

¹⁹ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona), s. 1-23.

²⁰ Komisja Europejska, *Innowacja na rzecz zrównoważonej przyszłości – Plan działania w zakresie ekoinnowacji (Eco-AP)*, Bruksela 2011, s. 1-23.

²¹ O. Pop, G. Dina, C. Martin, *Promoting the corporate social responsibility for a green economy and innovative jobs*, „Procedia Social and Behavioral Sciences” 2011, vol. 15, s. 1023.

²² N. Varsakelis, *The impact of patent protection, economy openness and national culture on R&D investment: a cross-country empirical investigation*, „Research Policy” 2001, vol. 30(7), s. 1059-1068; N. Varsakelis, *Education, political institutions and innovative activity: a cross-country empirical investigation*, „Research Policy” 2006, vol. 35(7), s. 1083-1090.

²³ R. Rutten, F. Boekema, *Regional social capital: Embeddedness, innovation networks and regional economic development*, „Technological Forecasting & Social Change” 2007, vol. 74, s. 1834.

²⁴ L. Pintér, *International Experience in Establishing Indicators for the Circular Economy and Considerations for China. Report for the Environment and Social Development Sector Unit, East Asia and Pacific Region*, Washington 2006, s. 1-27; Z. Yuan, J. Bi, Y. Moriguchi, *The circular economy: a new development strategy in China*, „Journal of Industrial Ecology” 2006, vol. 10 (1-2), s. 4-8.

²⁵ Y. Geng, P. Zhang, R. C^ot'e, Y. Qi, *Evaluating the applicability of the Chinese...*, s. 1-10.

na poziomie makronarodowym promuje zarówno zrównoważoną produkcję, jak i konsumpcję i ma na celu kreację społeczeństwa opartego o ideę recyklingu w wielu płaszczyznach egzystencji²⁶.

Kluczowym elementem są przywoływane relacje, szczególnie na linii biznesu (ang. *business to business*), szczególnie, że w przemysłach wysokiej technologii innowacyjność jest kluczową kwestią konkurencyjności przedsiębiorstw²⁷. Umiejętność szeroko pojętej współpracy odgrywa kluczową rolę w budowaniu sukcesu innowacyjnego przedsiębiorstwa, jak dowiedli T. Ritter i G. Gemunden w swoich badaniach na 741 niemieckich firmach²⁸.

To właśnie współpraca na linii nauka-biznes, biznes-społeczeństwo i biznes-biznes kreuje środowisku sprzyjającemu innowacyjności (w tym ekoinnowacyjności). Gospodarcze znaczenie innowacji ekologicznych (innowacji zrównoważonego rozwoju, ekoinnowacji) jest obecnie niekwestionowane w sferze biznesu, jak i polityki²⁹. Tym bardziej badania na płaszczyźnie otwartych innowacji (a więc innowacji, które są efektem szeroko pojętej współpracy na różnych – wymienionych wcześniej w pracy- liniach kooperacji) w kontekście ekoinnowacji przybierają również na znaczeniu³⁰. Istotnym jest też fakt, że wielu naukowców traktuje koepetycję (współpracę i konkurencję jednocześnie) i innowacje jako dwa bezpośrednio ze sobą powiązane zjawiska³¹. Podmioty, które inicjują zmiany będą miały większe możliwości zarządzania nimi. Przywołana koepetycja jest strategią współpracy i konkurencji dla współpracy z konkurencją (często między przedsiębiorstwami konkurującymi w ramach jednego rynku, zaś współpracującymi w innych obszarach działania). Sam

²⁶ H. Li, W. Bao, C. Xiu, Y. Zhang, H. Xu, *Energy conservation and circular economy in China's process industries*, „Energy” 2009, vol. 35 (1111), s. 4273–4281.

²⁷ M. Ferrary, *Specialized organizations and ambidextrous clusters in the open innovation paradigm*, „European Management Journal” 2011, vol. 29, s. 181–192.

²⁸ T. Ritter, G. Gemunden, *The impact of a company's business strategy on its technological competence, network competence and innovation success*, „Journal of Business Research” 2004, vol. 57, s. 548–556.

²⁹ S. Ambec, M. Cohen, S. Elgie, P. Lanoie, *The Porter Hypothesis at 20: can environmental regulation enhance innovation and competitiveness?*, „Review of Environmental Economics and Policy” 2013, vol. 7(1), s. 2–22; S. Wagner, *A firm's responses to deficient suppliers and competitive advantage*, „Journal of Business Research” 2006, vol. 59(6), s. 686–695.

³⁰ C. Ghisetti, A. Marzucchi, S. Montresor, *The open eco-innovation mode. An empirical investigation of eleven European countries*, „Research Policy” 2015, vol. 44(5), s. 1080–1093.

³¹ F. Schiavone, M. Simoni, *An experience-based view of co-opetition in R&D networks*, „European Journal of Innovation Management” 2011, vol. 14(2), s. 136–154; S. Yami, A. Neme, *Organizing coopetition for innovation: The case of wireless telecommunication sector in Europe*, „Industrial Marketing Management” 2014, vol. 43, s. 250–260.

termin stworzony został w latach 90. XX wieku przez Ray'a Noorda³², zaś jego pierwsze naukowe definicje opracowane zostały w roku 1996 przez A. Brandenburger i B. J. Nalebuff³³. Badacze kooperacji skupiają się na fenomenie jednoczesnej konkurencji i współpracy przez dane przedsiębiorstwa³⁴.

W kontekście innowacyjności, jak udowadniają R. Reinhardt i S. Gurtner³⁵ w swoich badaniach na próbie 849 konsumentów, pierwsi użytkownicy (ang. *early adopters*) odgrywają kluczową rolę w kontekście wprowadzenia i sukcesu innowacji na rynku. Jest to kluczowe z punktu widzenia świadomości konsumentów w aspekcie oddziaływania środowiskowego konkretnych produktów i usług oraz sposobów ich wytwarzania, w celu promowania takich produktów i usług, które z holistycznego punktu widzenia nie wyrządzają szkód środowisku (rozumianemu *sensu largo*).

Znaczenie edukacji STEM w aspekcie gospodarki obiegu zamkniętego

Sektor nauk przyrodniczych, technologii, inżynierii i matematyki (STEM) ma kluczowe znaczenie dla rozwoju społecznego i gospodarczego Unii Europejskiej, ale także dla sprostania wyzwaniom cywilizacyjnym. Działania te, w ocenie autorów opracowania, będą tym skuteczniejsze im bardziej będą one kompatybilne z założeniami polityki UE, w tym tej uwzględniającej spadek negatywnej ingerencji człowieka w środowisko. Edukacja w sektorze STEM w tym ekologiczna to jeden z sektorów, w których liczba kobiet jest nieproporcjonalnie niższa, co ma reperkusje

³² T.-J. Peng, S. Pike, J. Yang, G. Ross, *Is cooperation with competitors good idea? An example in practice*, „British Journal of Management” 2012, vol. 23, s. 532.

³³ A. Brandenburger, B. Nalebuff, *Co-opetition*, New York 1996, s. 1-304. PROSZĘ WSKAZAĆ KONKRETNE STRONY, LUB JE ZUPEŁNIE USUNĄĆ.

³⁴ J. Gimeo, *Competition within and between networks: the contingent effect of competitive embeddedness on alliance formation*, „Academy of Management Journal” 2004, vol. 47, s. 820-842; J. Kim, A. Parkhe, *Competing and cooperating similarity in global strategic alliances: an exploratory examination*, „British Journal of Management” 2009, vol. 20, s. 363-376; T.-J. Peng, M. Bourne, *The coexistence of competition and cooperation between networks: implications from two Taiwanese healthcare networks*, „British Journal of Management” 2009, vol. 20, s. 377-400.

³⁵ R. Reinhardt, S. Gurtner, *Differences between early adopters of disruptive and sustaining innovations*, „Journal of Business Research” 2015, vol. 68, s. 137-145.

na wielu poziomach życia społecznego³⁶. W literaturze naukowej występują definicje i opisy sektorów STEM, które wynikają z badań i analiz naukowych. STEM to akronim od słów z języka angielskiego: Science, Technology, Engineering, Mathematics, czyli grupy nauk ścisłych i przyrodniczo – techniczno – matematycznych. Termin STEM jest zwykle używany w odniesieniu do polityki edukacyjnej i wyboru programów nauczania w szkołach, w celu zwiększenia konkurencyjności, w zakresie rozwoju nauki i technologii. Idea kształcenia w sektorze STEM, ze szczególnym naciskiem na ekologie i ekonomie cyrkularną, to pokazanie organicznego związku wielu nauk jako nierozdzielnej całości, dzięki czemu student uczy się samodzielnego i myślenia, przyswajając wiedzę w szerokiej perspektywie, która powinna w przyszłości zbudować u dorosłego obywatela UE postaw proekologicznych i pozostawania wiernym zasadom towarzyszącym rozwojowi gospodarki o obiegu zamkniętym, preferowanym w polityce UE. Metodologię nauczania STEM z powodzeniem stosuje się od kilkudziesięciu lat w wielu krajach, m.in. w USA czy Wielkiej Brytanii, gdzie wprowadzono jej założenia do szkół zarówno publicznych, jak i prywatnych. W tym czasie zaobserwowano znaczną poprawę wyników wśród uczniów w przedmiotach matematyczno-przyrodniczych.

Metodologia nauczania STEM

Model nauczania STEM podąża za nowymi, dobrymi trendami w edukacji. W większości polskich szkół matematyka, biologia czy technika to osobne przedmioty. Model STEM łączy je w jedno ukazując, że w praktycznym życiu są ze sobą mocno powiązane. STEM odchodzi od zapamiętywania danych. STEM to nauczanie przez doświadczenie, poznawanie świata w praktyce np. poprzez eksperymenty i ukazujące praktyczne zastosowanie wiedzy. STEM to rozwijanie umiejętności poznawczych dziecka, samodzielnego myślenia, wyciąganie wniosków oraz praca nad umiejętnością myślenia przyczynowo – skutkowego. STEM rozwija również w dziecku samodzielność i odpowiedzialność, STEM uczy współdziałania w grupie i umiejętności dialogu. Celem STEM jest

³⁶ H. Etzkowitz, M. Ranga, *Gender dynamics in science and technology: From the “leaky pipeline” to the “vanish box”*, „Brussels Economic Review” 2011, vol. 54, 2–3, s. 131–147.

wytworzenie w dzieciach umiejętności poznawania świata każdym dostępnym zmysłem.

Sektor STEM bazuje na wysokiej konkurencyjności, co skutkuje między innymi kulturą „długich godzin pracy”, zachowania rzutującego na dobrostan jednostek i kształtowania postaw będących pochodnymi edukacji proekologicznej. Jest to zjawisko szczególnie istotne w analizie polityki wewnętrznej UE, dobrostanu zarówno kobiet, jak i mężczyzn. Ma także wpływ na zmieniające się wskaźniki zatrudnienia i zmniejszenia wykluczenia społecznego.

Równowaga płci ma ogromne znaczenie dla gospodarki UE, jej zasad i wartości, a także jest kwestią sprawiedliwości społecznej dla wszystkich kobiet, wybierających ścieżkę kariery w STEM. Działania takie dają realną szansę na promocję postaw proekologicznych w społeczeństwie z wyraźnym wpływem na poprawę wiedzy i stosowania zasad ekonomii cyrkularnej w społeczeństwach UE. W ostatnim dziesięcioleciu odsetek kobiet kończących studia w dziedzinach STEM w UE spadł z 23 proc. do 22 proc. Rozpatrując sytuację Polski należy zaznaczyć, że analizy strumieni zasilających kapitał ludzki są znane od dawna. Okazuje się, że główny strumień zasilający zasoby ludzkie dla nauki i techniki (HRST) stanowią osoby, które z sukcesem ukończyły edukację na poziomach 5–8 według Międzynarodowej Standardowej Klasyfikacji Edukacji ISCED 2001 (Międzynarodowa Standardowa Klasyfikacja Edukacji UNESCO zawiera 8 poziomów). W 2023 r. liczebność populacji studentów kształcących się w polskich uczelniach wszystkich typów wyniosła 1245,2 tys. osób i wzrosła w stosunku do roku poprzedniego o 1,7%. Wśród wszystkich studentów w 2023 r. kobiety stanowiły 58,5%. Ich udział zwiększył się w skali roku o 0,3 p. proc.³⁷. Warto na tym etapie rozważyć jednoznacznie stwierdzić, kogo należy zakwalifikować do wspomnianego kapitału ludzkiego. Kapitał ludzki dla nauki i techniki (Human Resources in Science and Technology – HRST) tworzą osoby aktualnie zajmujące się lub potencjalnie mogące zająć się pracami związanymi z tworzeniem, rozwojem, rozpowszechnianiem i zastosowaniem wiedzy naukowo-technicznej. Statystyki dotyczące zasobów ludzkich dla nauki i techniki są jedną z głównych miar rozwoju gospodarki opartej na wiedzy. Do zasobów ludzkich dla nauki i techniki zalicza się osoby, które spełniają przynajmniej jeden z dwóch warunków: posiadają formalne kwalifikacje, czyli wykształcenie

³⁷ J. Betiuk, *Nauka i technika w 2023 r.*, Główny Urząd Statystyczny, Szczecin 2025, s. 53.

wyższe w dziedzinach nauki i techniki (N+T) 1 i nie posiadają formalnego wykształcenia, ale pracują w zawodach nauki i techniki, gdzie takie wykształcenie jest zazwyczaj wymagane.

W tym celu w populacji badanej pod względem aktywności zawodowej wyróżnia się grupę osób stanowiących zasób dla nauki i techniki ze względu na wykształcenie lub ze względu na wykonywany zawód. Analizując aktywność edukacyjną na I jak i na II stopniu w Polsce, warto przywołać dane liczbowe wskazujące na niewielką poprawę w popularności studiów technicznych, na których można promować rozwiązania proekologiczne. W porównaniu do roku 2023 liczba studentek wzrosła z 712 000 osób do 728 000 osób, co warto podkreślić, liczba studiujących kobiet w stosunku do roku 2019 wzrosła o prawie 34 000 osób (w analogicznym okresie liczba mężczyzn studiujących wzrosła jedynie o 7 000 osób)³⁸. Ten pozytywny wizerunek aktywności edukacyjnej burzy niestety statystyka dotycząca sytuacji w obszarze studiów w obszarze nauki i techniki. Okazuje się, że liczba studiujących kobiet w latach 2019 – 2024 gwałtownie spada, ze 103 000 do 89 000 osób. Warto podkreślić, że także zjawisko spadku zainteresowania mężczyzn studiami w obszarze STEM, gdzie odnotowano w analogicznym okresie spadek zainteresowania edukacją w tym obszarze

o 12 000 osób. Spada także liczba kobiet, które w obszarze STEM z sukcesem kończą edukację (nie przerywają jej). Spadek ten w latach 2019 -2024 jest na poziomie 10 000 osób, w przypadku mężczyzn ten spadek jest mniejszy, bo przy większej liczbie absolwentów tylko ok. 9 000 osób przerywa kształcenie. O skali problemu, czyli małej popularności kształcenia w obszarze STEM, może świadczyć fakt, że najwięcej kobiet uczestniczących w studiach doktoranckich decydowało się na studia w dziedzinie nauk społecznych (28,3%), następnie w grupie nauk humanistycznych (22,0%), nauk medycznych i o zdrowiu (19,8%), nauk przyrodniczych (17,0%), a najmniej – w grupie nauk rolniczych (3,6%) oraz nauk inżynierskich i technicznych (9,4%). Ten mały odsetek (9,4%) kobiet kształcących się na III stopniu uświadamia, jak istotnym elementem w niwelowaniu wykluczenia zawodowego kobiet z wykształceniem technicznym mogą pełnić takie programy jak *Dziewczyny na politechniki*. Takie programy są propozycją uatrakcyjnienia ścieżki edukacyjnej dedykowanej kobiecie – studentce z racji poprawy jej sytuacji w okresie

³⁸ J. Betiuk, *Nauka i technika...*, s. 53.

wchodzenia na rynek pracy. Tendencja spadkowa występuje również w publicznych szkołach technicznych, do których na potrzeby raportu zaliczono 18 politechnik i innych szkół wyższych o profilu technicznym (w tym Wojskową Akademię Techniczną), dwie uczelnie łączące edukację techniczną z kształceniem odmiennym profilowo (Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej i Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny imienia Kazimierza Pułaskiego w Radomiu) oraz dwie uczelnie morskie z Gdyni i Szczecina. W ciągu sześciu ostatnich lat liczba studentów spadła w nich o 28% – z 286 tysięcy do 205 tysięcy³⁹. Ten rozkład płci znajduje odzwierciedlenie na rynku pracy, na którym odsetek kobiet na stanowiskach związanych z naukami ścisłymi, matematyką i ekologią wynosi zaledwie 14 %. Sektor STEM jest ponadto postrzegany przez UE jako niezbędny wkład w rozwój gospodarczy i społeczny w kontekście nowoczesnego społeczeństwa opartego na wiedzy. Ułatwiając wejście większej liczby kobiet do sektora STEM, UE może zwiększyć PKB na mieszkańca do 3% w 2050 r., poprawiając europejskie PKB nawet o 820 mld Euro. Zniwelowanie nierównowagi płci w tym sektorze STEM byłoby również szansą dla kobiet na podjęcie pracy, która jest lepiej płatna niż w sektorach tradycyjnie kobiecych, co miałoby swoje przełożenie na zmniejszenie różnic w wynagrodzeniach ze względu na płeć w całej UE.

Inicjatywy w aspekcie STEM w województwie podkarpackim, wspierające konceptję gospodarki obiegu zamkniętego

W ocenie autorów opracowania projekt WeSTEMEU istotnym wydaje się jeszcze intensywniejsze angażowanie się społeczności lokalnych w budowanie zdolności międzyregionalnych we wdrażaniu najlepszych ze społecznego punktu widzenia rozwiązań edukacyjnych uwzględniających promocję kształcenia w obszarze STEM ze szczególnym naciskiem na zagadnienie ekologiczne i ekonomie cyrkularną, identyfikowanie i dzielenie się dobrymi praktykami oraz ich integrowanie w celu wspierania zwiększonego zaangażowania kobiet w procesy związane z podniesieniem

³⁹ A. Knapieńska, *Kobiety na Politechnikach*, 2023 MIJESCE WYDANIA, s. 13.

poziomu wykształcenia technicznego, stąd wybór metody badawczej w postaci studiów przypadków inicjatyw podejmowanych na podkarpaciu.

Metodologia badawcza i studia przypadku

Edukacja w obszarze STEM zgodnie z celami europejskiego programu na rzecz umiejętności, biorąc również pod uwagę unijną dyrektywę w sprawie równowagi między życiem zawodowym a prywatnym jest kluczowa w działaniach proekologicznych i tych uwzględniających założenia ekonomii cyrkularnej. WeSTEMEU to nic innego jak systemowa próba włączenia różnorodności płci do STEM, tj. podejścia uwzględniającego problematykę różnorodności, która wniesie wartość dodaną dla społeczeństwa, sprawiając, że sektor technologiczny będzie lepiej reagował na potrzeby społeczne. W podejściu projektowym została uwzględniona zasada „cyklu polityki”, która obejmuje identyfikację problemów i formułowanie odpowiedzi – ukierunkowane na działania polityczne, w tym ocenę różnych opcji przejścia do wyboru preferowanego/preferowanych. Składa się on z fazy podstawowej (trwającej 36 miesięcy) przed przejściem do fazy kontynuacji (okres 12 miesięcy). Identyfikacja problemu opierała się na wstępnej analizie potrzeb terytorialnych zidentyfikowanych podczas przygotowań do projektu WeSTEMEU, co skutkuje propozycją międzyregionalnego procesu uczenia się, który powinien być rzeczywiście adekwatny do poruszanego zagadnienia związanego ściśle z problematyką wykluczenia absolwentek kierunków STEM. Wydaje się zatem, że najlepszą metodą badawczą jest analiza studium przypadków z racji dostępu do wyników badań porównawczych zrealizowanych w ramach projektu WeSTEMU w wymienionych na początku artykułu krajach członkowskich UE, które także wspierają działania zmierzające do zmniejszenia poziomu wykluczenia i poprawie stanu bezpieczeństwa społecznego. W analizie porównawczej wzięto pod uwagę doświadczenia wynikające z realizacji następujących projektów, które stanowią doskonałą egemplifikację realizacji edukacji ekologicznej.

Projekt „**RaP STEAM** – robotyka i programowanie w szkołach podstawowych z terenu województwa podkarpackiego” jest przygotowywany przez Województwo Podkarpackie/Podkarpacki Zespół Placówek Wojewódzkich w Rzeszowie w ramach programu regionalnego Fundusze Europejskie dla Podkarpacia 2021-2027 (Priorytet 7 Kapitał ludzki gotowy

do zmian). Projekt przewiduje rozwijanie kompetencji uczniów i uczennic niezbędnych dla rozwoju regionalnego rynku pracy, rozwoju społecznego oraz rozwoju edukacyjnego, uwzględnia wsparcie dla szkół podstawowych, kadry tych szkół, opracowanie materiałów i ścieżek edukacyjnych.

Projekt „RoboLAB – Local STEM Incubator” to projekt Fundacji Wspierania Edukacji przy Stowarzyszeniu Dolina Lotnicza, który ma na celu zwiększanie kompetencji przyszłości uczniów szkół średnich, w tym kluczowych kompetencji miękkich. Projekt odbywa się w ramach organizowanych warsztatów, spotkań z ekspertami i szkoleń. RoboLAB jest przestrzenią do budowy robotów, ale również miejscem spotkań i wymiany doświadczeń.

Ogólnopolski projekt „Learn&Fly” celem przedsięwzięcia jest walka z problemem słabo rozwiniętych umiejętności uczniów, dotyczących obszaru STEM. Zadaniem uczestników projektu – czyli zorganizowanych zawodów jest własnoręczne stworzenie modelu samolotu, zdolnego do samodzielnego szybowania.

Ogólnopolski program „Uczymy Dzieci Programować” polega na wpłataniu do codziennych aktywności dydaktycznych zabaw okołoprogramistycznych, niezależnie od realizowanych aktualnie treści, czy posiadanych narzędzi dydaktycznych, ponieważ kodować można zarówno na edukacji matematycznej, ale też społecznej, językowej, artystycznej.

„Szkoła z Klasą”, „eSzkoła” to programy promujące rozwój technologiczny w szkołach. Dostarczają narzędzi i wsparcia dla nauczycieli i uczniów w celu rozwijania umiejętności cyfrowych i technologicznych.

„Robotyka w szkołach” (RoboCup Junior) to inicjatywa, która zachęca uczniów do nauki programowania i budowania robotów. Program obejmuje różne kategorie, w których uczniowie mogą rywalizować, projektując i budując roboty, które rozwiązują określone zadania.

W „Klubie Młodego Odkrywcę” (KMO) dzieci i młodzież eksperymentują pod okiem opiekunów, zdobywając wiedzę i rozwijając kompetencje przyszłości. Program jest międzynarodowy, interdyscyplinarny i obejmuje wszystkie poziomy edukacyjne. W Polsce i za granicą działa już prawie 1000 klubów. Centrum Nauki Kopernik – koordynator programu – wzmacnia rozwój KMO przy wsparciu Polsko-Amerykańskiej Fundacji Wolności.

„Akademia Młodych Inżynierów” – program wprowadzający uczniów w świat inżynierii i technologii poprzez organizację praktycznych warsztatów, projektów i konkursów.

Podstawą „Dziecięcego Uniwersytetu Technicznego” była troska o przyszłość dzieci, które rozpoczynają edukację oraz chęć zainteresowania ich nauką. Program przeznaczony jest dla uczniów szkół podstawowych w wieku 7 – 12 lat.

Podsumowanie

Na zakończenie rozważań podjętych w tym opracowaniu warto zwrócić uwagę na fakt, że nierównowaga płci w obrębie różnych kierunków kształcenia utrzymuje się na rynku pracy i jest szkodliwa dla rozwoju społeczno-gospodarczego i nie jest to związane ze zmianami preferencji edukacyjnych młodego pokolenia. Zjawisko to zaburza trend pozytywnych zmian w strukturze kompetencji, jakimi dysponuje dana gospodarka w obrębie kapitału ludzkiego. Zgodnie z wynikami badań zróżnicowanie płci wpływa pozytywnie na wydajność zespołów oraz potencjał innowacyjny firm technologicznych⁴⁰. Wyniki prezentowanych badań wskazują, że poprawa efektywności pracy zespołów jest możliwa, ale wymaga to stosowania różnorodności płci na etapie formowania zespołu, ale co najważniejsze dostępu do kadr zdolnych do pracy w obszarze STEM, a w opinii autorów również ekologii. Stąd konieczność projektowania i realizacji działań zmierzających do skutecznej promocji kierunków technicznych w środowisku szkolnym ze szczególnym uwzględnieniem młodych kobiet. Aby wywołać takie efekty, konieczne jest wzmacnianie obecności kobiet na uczelniach kształcących się w obszarze nowych technologii i wdrażania innowacji⁴¹. W okresie 2017–2022 proporcja kobiet wśród studentów takich kierunków nie zmieniła się i wynosi 16%⁴². Zbalansowanie płci w zespołach pracowniczych przynosi bezsporne korzyści, ale będą one możliwe w sytuacji, gdy proporcje kobiet i mężczyzn mieszczą się w przedziale od 40 do 60%. Warto odnotować fakt, że pewne kierunki na publicznych uczelniach technicznych spełniają to kryterium, w tym wypadku mówimy o kształceniu w takich obszarach jak: analityka biznesowa, w tym ekonomia ukierunkowana na gospodarkę o obiegu zamkniętym,

⁴⁰ European Commission *She Figures. Gender in research and innovation statistics and indicators*. Luxembourg 2021, <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/knowledge-publications-tools-and-data/interactive-reports/she-figures-2021> [dostęp 24.03.2023].

⁴¹ Europejski Instytut do spraw Równości Kobiet i Mężczyzn, *Wskaźnik równości płci 2022*, s. 94, <https://eige.europa.eu/gender-equality-index/2022> [dostęp 24 marca 2023].

⁴² A. Knapieńska, *Kobiety na Politechnikach...*, s. 3.

informatyka społeczna, matematyka stosowana, biocybernetyka i inżynieria biomedyczna, inżynieria bezpieczeństwa, inżynieria bezpieczeństwa pracy, nanotechnologia i inżynieria obliczeniowa. Szczególnie dużym udziałem kobiet może się poszczycić kierunek inżynierii biomedycznej. W roku akademickim 2021/2022 kobiety stanowiły 64% studentów. Niestety kierunki studiów w obszarze nowych technologii mają 18% udział kobiet, a w przypadku informatyki to zaledwie 17%.

Realizatorzy projektu WeSTEMEU – „Kobiety w nauce, technologii, inżynierii i matematyce w Europie” postanowili w ramach realizacji wskaźników rezultatu wypromować rozwiązanie związane z równowagą płci na rynku, zwłaszcza wysokich technologii, które to propozycje znalazły swoje przełożenie w korekcie planowanych zadań w ramach Funduszy Europejskich dla Podkarpacia 2021-2027, co jest najlepszym dowodem na to, że społecznie odpowiedzialne projekty w tym te z obszaru poprawy stanu bezpieczeństwa społecznego, mogą być włączane w lokalnie realizowaną politykę regionalną.

Autorzy opracowania kierują słowa podziękowania za współpracę pani Joannie Wojciechowskiej, która z ramienia Polski koordynowała działania projektowe WeSTEMU.

Bibliografia

- Acedo F., Casillas J., *Current paradigms in the international management field: An author co-citation analysis*, „International Business Review” 2005, vol. 14(5).
- Ambec S., Cohen M., Elgie S., Lanoie P., *The Porter Hypothesis at 20: can environmental regulation enhance innovation and competitiveness?*, „Review of Environmental Economics and Policy” 2013, vol. 7(1).
- Betiuk J., *Nauka i technika w 2023 r.*, Główny Urząd Statystyczny, Szczecin 2025.
- Brandenburger A., Nalebuff B., *Co-opetition*, New York 1996.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/31/UE z dnia 19 maja 2010 r. w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (wersja przekształcona).
- Etzkowitz H., Ranga M., *Gender dynamics in science and technology: From the “leaky pipeline” to the “vanish box”*, „Brussels Economic Review” 2011, vol. 54, 2–3.
- European Commission *She Figures. Gender in research and innovation statistics and indicators*. Luxembourg 2021, <https://ec.europa.eu/research-and-innovation/en/knowledge-publications-tools-and-data/interactive-reports/she-figures-2021>.
- European Commission, *Rio+20: towards the green economy and better governance*, Brussels 2011.
- Europejski Instytut do spraw Równości Kobiet i Mężczyzn, *Wskaźnik równości płci 2022*, s. 94, <https://eige.europa.eu/gender-equality-index/2022>.
- Ferrary M., *Specialized organizations and ambidextrous clusters in the open innovation paradigm*, „European Management Journal” 2011, vol. 29.
- Geng Y., Zhang P., Côté R., Qi Y., *Evaluating the applicability of the Chinese eco-industrial park standard in two industrial zones*, „International Journal of Sustainable Development and World Ecology” 2008, vol. 15.
- Ghisetti C., Marzucchi A., Montresor S., *The open eco-innovation mode. An empirical investigation of eleven European countries*, „Research Policy” 2015, vol. 44(5).
- Gimeo J., *Competition within and between networks: the contingent effect of competitive embeddedness on alliance formation*, „Academy of Management Journal” 2004, vol. 47.
- House of Commons Environmental Audit Committee, UK Parliament, *Growing a circular economy: Ending the throwaway society*, 2014.
- Innowacje w służbie zrównoważonego wzrostu: biogospodarka dla Europy, Komisja Europejska, Bruksela 2012.
- Kim J., Parkhe A., *Competing and cooperating similarity in global strategic alliances: an exploratory examination*, „British Journal of Management” 2009, vol. 20.
- Knapieńska A., *Kobiety na Politechnikach*, 2023 MIJESCE WYDANIA.

- Komisja Europejska, *Inicjatywa w zakresie zielonego zatrudnienia: pełne wykorzystanie potencjału zielonej gospodarki pod względem tworzenia miejsc pracy*, Bruksela 2014.
- Komisja Europejska, *Innowacja na rzecz zrównoważonej przyszłości – Plan działania w zakresie ekoinnowacji (Eco-AP)*, Bruksela 2011.
- Komisja Europejska, *Ku gospodarce o obiegu zamkniętym: program „zero odpadów” dla Europy*, Bruksela 2014.
- Komisja Europejska, *Plan działań ekologicznych dla MŚP, Umożliwienie MŚP przekształcenia wyzwań związanych z ochroną środowiska w możliwości biznesowe*, Bruksela 2014.
- Komisja Europejska, *Plan działania prowadzący do przejścia na konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną do 2050 r.*, Bruksela 2011.
- Komisja Europejska, *Zielona infrastruktura – zwiększanie kapitału naturalnego Europy*, Bruksela 2013.
- Li H., Bao W., Xiu C., Zhang Y., Xu H., *Energy conservation and circular economy in China's process industries*, „Energy” 2009, vol. 35 (1111).
- Park J., Sarkis J., Wu Z., *Creating integrated business and environmental value within the context of China's circular economy and ecological modernization*, „Journal of Cleaner Production” 2010, vol. 18.
- Peng T-J., Bourne M., *The coexistence of competition and cooperation between networks: implications from two Taiwanese healthcare networks*, „British Journal of Management” 2009, vol 20.
- Peng T-J., Pike S., Yang J., Ross G., *Is cooperation with competitors good idea? An example in practice*, „British Journal of Management” 2012, vol. 23.
- Pintér L., *International Experience in Establishing Indicators for the Circular Economy and Considerations for China. Report for the Environment and Social Development Sector Unit, East Asia and Pacific Region*, Washington 2006.
- Pop O., Dina G., Martin C., *Promoting the corporate social responsibility for a green economy and innovative jobs*, „Procedia Social and Behavioral Sciences” 2011, vol. 15.
- Prendeville S., Sanders C., Sherry J., Costa F., *Circular Economy: Is it enough?*, Ecodesign Center, Wales 2014.
- Reinhardt R., Gurtner S., *Differences between early adopters of disruptive and sustaining innovations*, „Journal of Business Research” 2015, vol. 68.
- Ritter T., Gemunden G., *The impact of a company's business strategy on its technological competence, network competence and innovation success*, „Journal of Business Research” 2004, vol. 57.
- Roadmap to a Resource Efficient Europe*, European Commission, Brussels 2011.
- Rutten R., Boekema F., *Regional social capital: Embeddedness, innovation networks and regional economic development*, „Technological Forecasting & Social Change” 2007, vol. 74.

- Schiavone F., Simoni M., *An experience-based view of co-opetition in R&D networks*, „European Journal of Innovation Management” 2011, vol. 14(2).
- Sinkin C., Wright C., Burnett R., *Eco-efficiency and firm value*, „Journal of Accounting and Public Policy” 2008, vol. 27 (2).
- The business opportunity of closed loop innovation, Kingfisher's progress towards products that waste nothing*, Kingfisher, s. 3, https://www.kingfisher.com/netpositive/files/downloads/kingfisher_closed_loop_innovation.pdf
- Towards the Circular Economy: Accelerating the scale-up across global supply chains*, Gevena 2014.
- Varsakelis N., *Education, political institutions and innovative activity: a cross-country empirical investigation*, „Research Policy” 2006, vol. 35(7).
- Varsakelis N., *The impact of patent protection, economy openness and national culture on R&D investment: a cross-country empirical investigation*, „Research Policy” 2001, vol. 30(7).
- Wagner S., *A firm's responses to deficient suppliers and competitive advantage*, „Journal of Business Research” 2006, vol. 59(6).
- Yami S., Nemeh A., *Organizing coopetition for innovation: The case of wireless telecommunication sector in Europe*, „Industrial Marketing Management” 2014, vol. 43.
- Yuan Z., Bi J., Moriguchi Y., *The circular economy: a new development strategy in China*, „Journal of Industrial Ecology” 2006, vol. 10 (1-2).
- Zhu Y., Zhu D., *A revised circular economy model and its application based on objectivity-process-subjectivity analysis*, „Shanghai Environmental Science” 2007, vol. 26 (1).

