

**Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach**

**Wydział Prawa i Nauk Społecznych**

**Instytut Zarządzania**

mgr inż. Przemysław Drewnicki

**Odnawialne źródła energii jako fundament zrównoważonego rozwoju  
Doświadczenia przedsiębiorstw województwa pomorskiego**

**Rozprawa doktorska**

Promotor:

dr hab. Anna Wolak Tuzimek, prof. UJK

Promotor pomocniczy:

dr Łukasz Wójtowicz

Kielce, 2025



## **Spis treści**

<b>Wstęp</b> .....	5
<b>Rozdział I. Teoretyczne podstawy koncepcji zrównoważonego rozwoju</b> .....	13
1.1. Geneza i ewolucja koncepcji zrównoważonego rozwoju .....	13
1.2. Aspekty prawne zrównoważonego rozwoju .....	30
1.3. Wyzwania środowiskowe w koncepcji zrównoważonego rozwoju.....	46
1.4. Społeczne znaczenie zrównoważonego rozwoju .....	58
1.5. Gospodarczy wymiar zrównoważonego rozwoju.....	67
<b>Rozdział II. Uwarunkowania wykorzystania odnawialnych źródeł energii</b> .....	79
2.1. Istota i klasyfikacja odnawialnych źródeł energii.....	79
2.2. Czynniki geograficzne wpływające na rozmieszczenie odnawialnych źródeł energii .....	90
2.3. Finansowanie inwestycji z zakresu odnawialnych źródeł energii .....	96
2.4. Podstawy prawne dotyczące wykorzystania energii odnawialnej .....	101
2.5. Polityka UE na rzecz zrównoważonej polityki energetycznej.....	110
<b>Rozdział III. Współczesne wyzwania i kierunki badań nad energią odnawialną</b> .....	125
3.1. Oddziaływanie odnawialnych źródeł energii na środowisko.....	126
3.2. Wpływ energii odnawialnej na społeczeństwo .....	139
3.3. Gospodarczy wymiar rozwoju odnawialnych źródeł energii.....	148
<b>Rozdział IV. Metodyka badań własnych</b> .....	159
4.1. Przedmiot i zakres badań własnych .....	159
4.2. Problem i pytania badawcze .....	163
4.3. Cele i hipotezy badawcze .....	164
4.4. Metody, techniki i narzędzia badawcze .....	166
4.5. Dobór i charakterystyka próby badawczej.....	176
<b>Rozdział V. Wpływ odnawialnych źródeł energii na zrównoważony rozwój przedsiębiorstw województwa pomorskiego - wyniki badań własnych</b> .....	181

5.1. Wpływ odnawialnych źródeł energii na działania przedsiębiorstw w aspekcie środowiskowym .....	181
5.1.1. Rozkład zmiennych obserwowalnych .....	181
5.1.2. Czynnikiowy model oceny wykorzystania OZE w aspekcie środowiskowym .....	199
5.2. Wpływ odnawialnych źródeł energii na działania przedsiębiorstw w aspekcie społecznym.....	210
5.2.1. Rozkład zmiennych obserwowalnych .....	210
5.2.2. Czynnikiowy model oceny wykorzystania OZE w aspekcie społecznym ...	227
5.3. Wpływ odnawialnych źródeł energii na działania przedsiębiorstw w aspekcie gospodarczym.....	234
5.3.1. Rozkład zmiennych obserwowalnych .....	234
5.3.2. Czynnikiowy model oceny wykorzystania OZE w aspekcie gospodarczym .....	252
5.4. Wnioski z badań i rekomendacje.....	260
<b>Zakończenie</b> .....	269
<b>Bibliografia</b> .....	283
<b>Spis tabel</b> .....	320
<b>Spis rysunków</b> .....	322
<b>Załącznik</b> .....	323

## Wstęp

Energia odnawialna odgrywa coraz większą rolę w zrównoważonym rozwoju, wpływając korzystnie na środowisko naturalne, życie społeczne oraz sytuację gospodarczą państw i społeczności lokalnych. Jej znaczenie można omówić w trzech głównych obszarach: ekologicznym, społecznym i gospodarczym.

Energia odnawialna ma ogromne znaczenie dla ochrony środowiska. Przede wszystkim pozwala na znaczną redukcję emisji gazów cieplarnianych, zwłaszcza dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>), który jest głównym czynnikiem przyczyniającym się do globalnego ocieplenia. W przeciwieństwie do paliw kopalnych, odnawialne źródła energii, takie jak słońce, wiatr, woda czy biomasa, nie zanieczyszczają powietrza i wody, co pomaga w ograniczeniu smogu i skażeń środowiska. Ograniczając konieczność wydobycia surowców naturalnych, energia odnawialna przyczynia się także do ochrony bioróżnorodności oraz do zmniejszenia degradacji ekosystemów.

W aspekcie społecznym energia odnawialna przynosi wiele korzyści. Przede wszystkim przyczynia się do poprawy jakości życia i zdrowia społeczeństw. Czystsze powietrze i środowisko oznaczają mniejsze ryzyko chorób układu oddechowego, sercowo-naczyniowego czy nowotworów. Ponadto rozwój sektora OZE stwarza liczne miejsca pracy - zarówno w zakresie produkcji i montażu instalacji, jak i ich obsługi, konserwacji oraz badań i innowacji. W wielu rejonach świata odnawialne źródła energii umożliwiają też dostęp do elektryczności tam, gdzie tradycyjna infrastruktura energetyczna nie dociera. Dodatkowo, lokalne społeczności mogą stać się prosumentami, czyli jednocześnie producentami i konsumentami energii, co sprzyja ich niezależności i aktywności obywatelskiej.

W ujęciu gospodarczym energia odnawialna stanowi silny impuls rozwojowy. Pozwala na stabilizację cen energii, ponieważ nie jest uzależniona od zmiennych kosztów paliw kopalnych. Dzięki temu możliwe jest uniezależnienie się od importu ropy, węgla czy gazu, co wzmacnia bezpieczeństwo energetyczne i pozytywnie wpływa na bilans handlowy państw. Rozwój energetyki odnawialnej wspiera również innowacje technologiczne - powstają nowe rozwiązania z zakresu magazynowania energii, inteligentnych sieci energetycznych czy elektromobilności. Inwestycje w OZE pobudzają lokalną gospodarkę, tworząc nowe rynki i wspierając rozwój regionalny.

Prowadzenie badań naukowych z zakresu odnawialnych źródeł energii (OZE) jest niezwykle istotne w kontekście współczesnych wyzwań cywilizacyjnych, takich jak zmiany klimatyczne, bezpieczeństwo energetyczne czy zrównoważony rozwój. OZE to nie tylko technologia przyszłości, lecz jeden z kluczowych filarów transformacji energetycznej, determinujący możliwość realizacji długookresowych celów klimatycznych oraz ograniczenia presji cywilizacyjnej na ekosystemy. Dynamiczny rozwój regulacji międzynarodowych i unijnych w obszarze polityki klimatyczno-energetycznej, a także rosnące wymagania wobec państw i przedsiębiorstw w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych, sprawiają, że energia odnawialna staje się centralnym elementem strategii rozwojowych zarówno na poziomie makro, jak i mikroekonomicznym. Jednocześnie rośnie znaczenie OZE jako obszaru, w którym kumulują się interesy różnych grup interesariuszy: właścicieli, pracowników, społeczności lokalnych, regulatorów i odbiorców końcowych energii. W tych warunkach OZE stają się nie tylko przedmiotem polityk publicznych, lecz także istotnym komponentem odpowiedzialności społecznej przedsiębiorstw oraz ich długookresowej konkurencyjności. Przedstawiona problematyka wymaga zatem ciągłej analizy, aktualizacji wiedzy oraz weryfikacji dotychczasowych ustaleń empirycznych, prowadzonych w zróżnicowanych uwarunkowaniach regionalnych i sektorowych. Badania naukowe w tym obszarze pełnią podwójną funkcję, gdyż dostarczają podstaw do formułowania racjonalnych strategii rozwoju energetyki odnawialnej oraz wspierają proces edukowania społeczeństwa i interesariuszy gospodarczych, ukazując rzeczywiste: środowiskowe, społeczne i ekonomiczne, konsekwencje wdrażania odnawialnych źródeł energii.

Przeprowadzone badania literatury krajowej i anglojęzycznej z zakresu odnawialnych źródeł energii oraz polityki zrównoważonego rozwoju pozwoliły ujawnić następujące luki:

1. taksonomiczną: brak uporządkowania problematyki z zakresu energii odnawialnej oraz polityki zrównoważonego rozwoju w przekroju epistemologiczno-metodologicznym,
2. metodologiczną: brak całościowego opisu metodologicznych zagadnień i wytycznych związanych z analizą wpływu zastosowania odnawialnych źródeł energii na politykę zrównoważonego rozwoju realizowaną w przedsiębiorstwach,

3. empiryczną: brak badań empirycznych pozwalających zidentyfikować istotne czynniki związane z zastosowaniem energii odnawialnej, które wpływają na decyzje menedżerów w aspekcie środowiskowym, społecznym i gospodarczym. Zidentyfikowane luki badawcze prowadzą do sformułowania problemu badawczego w postaci pytania: *Jaki jest związek pomiędzy zastosowaniem energii odnawialnej w przedsiębiorstwach a realizacją polityki zrównoważonego rozwoju?*

Tak sformułowany problem badawczy służy do precyzyjnego sformułowania pytań badawczych, które stanowią podstawę do ukierunkowywania procesu poznawczego oraz operacjonalizacji problemu badawczego. Pytania te pozwalają określić zakres i kierunek badań, wyodrębnić kluczowe zmienne, a także zapewniają spójność między przyjętymi celami badawczymi a zastosowaną metodyką badań.

P1: Które pozytywne zmiany w środowisku naturalnym przedsiębiorstwa wskazują jako rezultaty wdrażania odnawialnych źródeł energii?

P2: Czy wykorzystywanie OZE przyczynia się do poprawy jakości środowiska pracy w firmach?

P3: Jakie długoterminowe korzyści ekonomiczne przedsiębiorstwa osiągają dzięki wdrożeniu odnawialnych źródeł energii?

Wskazana luka badawcza, a także jako określony problem badawczy wraz z towarzyszącymi mu pytaniami, umożliwiają precyzyjne sformułowanie celu pracy.

Głównym celem rozprawy jest teoretyczne i empiryczne zbadanie konsekwencji zastosowania odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa, w kontekście ochrony środowiska, oddziaływania na społeczeństwo i rozwoju gospodarczego. Zrealizowanie tak sformułowanego celu wymaga podjęcia postępowania badawczego na płaszczyznach teoriopoznawczej, metodologicznej i empirycznej. Dlatego też określono cele szczegółowe:

1. na płaszczyźnie teoriopoznawczej celem jest usystematyzowanie wiedzy na temat znaczenia energii odnawialnej w polityce zrównoważonego rozwoju w przekroju epistemologiczno-metodologicznym,
2. na płaszczyźnie metodologicznej celem jest ustalenie procedury badawczej dla analizy wpływu zastosowania energii odnawialnej w przedsiębiorstwach na ochronę środowiska, społeczeństwo i gospodarkę w warunkach zrównoważonego rozwoju.

3. na płaszczyźnie empirycznej celem jest zidentyfikowanie istotnych statystycznie czynników związanych z zastosowaniem odnawialnych źródeł energii w przedsiębiorstwach i wpływających na ochronę środowiska, społeczeństwo i gospodarkę w kontekście polityki zrównoważonego rozwoju.

W obliczu postawionych celów pracy, wynikających z rozpoznania podstaw teoretycznych i zidentyfikowanej luki badawczej, sformułowano następującą hipotezę główną:

*Implementacja odnawialnych źródeł energii stanowi kluczowy element zrównoważonego rozwoju, przyczyniając się do wzrostu konkurencyjności, poprawy jakości życia interesariuszy oraz ochrony środowiska, a także wspiera dążenie do harmonii między rozwojem gospodarczym, społeczną odpowiedzialnością i ochroną ekosystemów.*

Hipotezę główną zdekomponowano na następujące trzy hipotezy szczegółowe:

H1: *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii wspiera ochronę środowiska, sprzyja racjonalnemu wykorzystaniu zasobów naturalnych i ogranicza negatywny wpływ działalności człowieka na otoczenie.*

H2: *Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa wspiera odpowiedzialne podejście do otoczenia, sprzyja tworzeniu lepszego środowiska pracy i pomaga budować większą świadomość ekologiczną.*

H3: *Stosowanie odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa korzystnie wpływa na ich pozycję konkurencyjną i wartość rynkową oraz wspiera ich rozwój i przynosi długoterminowe korzyści ekonomiczne.*

Przyjęte w dysertacji cele i hipotezy badawcze stanowią o zakresie pracy. Zakres przedmiotowy obejmuje rozważania dotyczące odnawialnych źródeł energii i jego wpływie na realizację polityki zrównoważonego rozwoju jednocześnie w obszarze środowiskowym, społecznym i gospodarczym. Zakres podmiotowy w warstwie empirycznej stanowi grupa menedżerów reprezentujących przedsiębiorstwa wykorzystujące OZE w swojej działalności i funkcjonujące w województwie pomorskim. Obszar ten został wybrany ze względu na specyficzny, zróżnicowany potencjał gospodarczy i energetyczny regionu, wysoki poziom aktywności inwestycyjnej w obszarze odnawialnych źródeł energii oraz rosnące znaczenie województwa pomorskiego jako jednego z kluczowych ośrodków zielonej transformacji w Polsce. Zakres czasowy wyznacza okres 01.08.-30.11.2024 r.

Do realizacji założonych celów badawczych oraz weryfikacji postawionych hipotez wykorzystano metodę sondażu diagnostycznego, przeprowadzoną za pomocą autorskiego kwestionariusza ankiety. Uzyskane dane zostały poddane analizie statystycznej. Zastosowany kwestionariusz składał się z dwóch części: części metryczkowej, obejmującej pytania dotyczące cech strukturalno-organizacyjnych przedsiębiorstw, części zasadniczej zawierającej pytania jednokrotnego wyboru przy użyciu skali Likerta. Otrzymane wyniki badań poddano eksploracyjnej analizie czynnikowej (EFA), której celem była identyfikacja wzorców współzależności pomiędzy zmiennymi obserwowalnymi, wyodrębnienie ukrytych czynników reprezentujących kluczowe wymiary wpływu OZE na środowisko, społeczeństwo i gospodarkę oraz redukcja liczby analizowanych wskaźników do spójnych, interpretowalnych konstrukcji. Zastosowanie EFA umożliwiło zbudowanie trzech autorskich modeli czynnikowych w aspekcie środowiskowym, społecznym i gospodarczym, stanowiących podstawę do oceny roli odnawialnych źródeł energii w zrównoważonym rozwoju przedsiębiorstw oraz do empirycznej weryfikacji przyjętych hipotez badawczych.

Przyjęte cele pracy uwarunkowały układ rozprawy i logikę prowadzonych w niej wywodów. Praca składa się z pięciu rozdziałów, ujętych w dwóch częściach. Rozdziały 1-3 mają charakter teoretyczno- przeglądowy, a rozdziały 4-5 mają wymiar analityczno-empiryczny. Ich treść odzwierciedla proces badawczy i prowadzi do weryfikacji hipotez.

W rozdziale pierwszym: Teoretyczne podstawy zrównoważonego rozwoju, omówiono koncepcję zrównoważonego rozwoju jako interdyscyplinarny paradygmat integrujący wymiary środowiskowy, społeczny i gospodarczy, ze szczególnym uwzględnieniem genezy i etapów ewolucji. Przeanalizowano różnorodne definicje zrównoważonego rozwoju oraz wskazano na ich implikacje dla praktyki funkcjonowania organizacji gospodarczych, zwłaszcza w kontekście włączania celów środowiskowych i społecznych do strategii przedsiębiorstw. Ponadto uwzględniono rolę regulacji, dokumentów programowych oraz standardów międzynarodowych w kształtowaniu współczesnej interpretacji zrównoważonego rozwoju na poziomie mikroekonomicznym.

Rozdział drugi: Uwarunkowania wykorzystania odnawialnych źródeł energii, obejmuje zagadnienia dotyczące determinant wdrażania energii odnawialnej. Począwszy od klasyfikacji OZE i geograficznych predyspozycji, przez uwarunkowania infrastrukturalne i techniczne, po kwestie finansowania, ram regulacyjnych oraz polityki

energetycznej Unii Europejskiej. Przedstawiono typologię odnawialnych źródeł energii wraz z omówieniem specyfiki w kontekście możliwości zastosowania w przedsiębiorstwach oraz ograniczeń wynikających z lokalnych warunków przyrodniczych i technicznych. Szczegółowo przeanalizowano czynniki determinujące kształtowanie decyzje przedsiębiorstw dotyczące implementacji OZE.

W rozdziale trzecim: Współczesne wyzwania i kierunki badań nad energią odnawialną, przedstawiono aktualne wyniki badań z zakresu oddziaływania odnawialnych źródeł energii na środowisko, społeczeństwo oraz gospodarkę, porządkując je według trzech wymiarów zrównoważonego rozwoju. Zaprezentowano wyniki badań empirycznych dotyczących m.in. wpływu OZE na redukcję emisji gazów cieplarnianych, poprawę jakości powietrza i racjonalne wykorzystanie zasobów, jak również analiz dotyczących efektów społecznych oraz gospodarczych.

W rozdziale czwartym: Metodyka badań własnych, sformułowano problem badawczy, określono cel główny i cele szczegółowe oraz postawiono hipotezy badawcze, osadzając je w kontekście zidentyfikowanych luk w literaturze przedmiotu. Przedstawiono przyjęte podejście badawcze, w tym zastosowanie metody sondażu diagnostycznego z wykorzystaniem autorskiego kwestionariusza ankiety, opisano dobór próby badawczej, zakres przedmiotowy, podmiotowy i czasowy badań. Szczegółowo omówiono zastosowane metody, techniki i narzędzia badawcze, w tym eksploracyjną analizę czynnikową oraz analizę rzetelności skal, które posłużyły do empirycznej weryfikacji hipotez i budowy autorskich czynnikowych modeli oceny wykorzystania OZE w trzech wyróżnionych wymiarach.

Rozdział piąty: Wpływ odnawialnych źródeł energii na zrównoważony rozwój przedsiębiorstw województwa pomorskiego - wyniki badań własnych, zawiera szczegółową charakterystykę badanej populacji, obejmującej 355 przedsiębiorstw działających na terenie województwa pomorskiego i wykorzystujących odnawialne źródła energii w swojej działalności. Analiza struktury próby badawczej uwzględniała takie cechy, jak wielkość przedsiębiorstwa, sektor działalności, formę prawną, zasięg rynkowy oraz okres funkcjonowania na rynku. Pozwoliło to na identyfikację dominujących typów podmiotów gospodarczych wdrażających rozwiązania oparte na OZE oraz na ocenę stopnia zróżnicowania badanej grupy.

Skonstruowano trzy autorskie czynnikiowe modele oceny wykorzystania źródeł energii odnawialnej, odpowiadające trzem podstawowym wymiarom zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw: środowiskowemu, społecznemu oraz gospodarczemu. Modele te powstały w oparciu o wyniki eksploracyjnej analizy czynnikowej, która umożliwiła identyfikację kluczowych zmiennych opisujących wpływ OZE oraz ich redukcję do spójnych, interpretowalnych czynników. Każdy z modeli został zaprojektowany w sposób umożliwiający kompleksową ocenę danego obszaru oddziaływania energii odnawialnej na funkcjonowanie przedsiębiorstw.

Model środowiskowy koncentrował się na efektach ekologicznych wynikających z wykorzystania OZE, takich jak np. racjonalne wykorzystanie zasobów, ograniczenie negatywnego wpływu człowieka na środowisko. Analiza tego modelu pozwoliła na ocenę, w jakim stopniu odnawialne źródła energii przyczyniają się do realnej poprawy oddziaływania przedsiębiorstw na środowisko naturalne.

Model społeczny obejmował czynniki odnoszące się do relacji przedsiębiorstwa z jego interesariuszami oraz do wewnętrznego wymiaru społecznej odpowiedzialności. Uwzględniono w nim m.in. zaangażowanie pracowników, poprawę warunków pracy oraz wzrost świadomości ekologicznej kadry. Model ten umożliwił ocenę, czy i w jakim stopniu inwestycje w odnawialne źródła energii wspierają realizację celów społecznych przedsiębiorstw.

Model gospodarczy dotyczył ekonomicznych aspektów wykorzystania OZE, w szczególności wpływu na koszty operacyjne, konkurencyjność rynkową oraz stabilność energetyczną. W ramach tego modelu analizowano zarówno krótkoterminowe jak i długofalowe korzyści ekonomiczne wynikające z zastosowania odnawialnych źródeł energii w przedsiębiorstwach.

Każdy z trzech modeli czynnikowych został poddany analizie i ocenie pod względem trafności, spójności wewnętrznej oraz zdolności wyjaśniania badanego zjawiska. Uzyskane wyniki pozwoliły na empiryczną weryfikację postawionych hipotez badawczych, wskazując, że wykorzystanie odnawialnych źródeł energii istotnie wpływa na wszystkie analizowane wymiary zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw. W szczególności potwierdzono, że OZE stanowią nie tylko narzędzie poprawy efektów środowiskowych, lecz również ważny element budowania wartości społecznej

i ekonomicznej przedsiębiorstw działających w województwie pomorskim.

Wymiar aplikacyjny otrzymanych wyników odnosi się do możliwości bezpośredniego wykorzystania opracowanych w pracy modeli w praktyce zarządzania przedsiębiorstwami oraz w kształtowaniu polityk publicznych wspierających zrównoważony rozwój. Zidentyfikowane czynniki środowiskowe, społeczne i gospodarcze mogą stanowić podstawę konstruowania systemów wskaźników służących monitorowaniu efektów wdrażania odnawialnych źródeł energii na poziomie organizacyjnym, integrowanych z istniejącymi systemami zarządzania jakością, środowiskiem czy odpowiedzialnością społeczną. Przedmiotowe modele mogą zostać zaadaptowane przez menedżerów do oceny opłacalności planowanych inwestycji w OZE, wspierając proces podejmowania decyzji strategicznych oraz raportowania niefinansowego. Z perspektywy instytucji publicznych uzyskane rezultaty mogą stanowić punkt odniesienia dla projektowania instrumentów wsparcia i regulacji.

Na potrzeby opracowania niniejszej rozprawy wykorzystano szeroki zakres źródeł literaturowych w języku polskim i obcym. Analizie poddano artykuły opublikowane w recenzowanych czasopismach naukowych, monografie i prace zbiorowe, podręczniki akademickie, raporty z badań empirycznych przygotowane przez krajowe i międzynarodowe instytucje badawcze, a także obowiązujące akty prawne. Dobór literatury miał charakter celowy i uwzględniał zarówno klasyczne ujęcia teoretyczne, jak i najnowszy dorobek naukowy z zakresu objętego tematyką rozprawy.

## Rozdział I. Teoretyczne podstawy koncepcji zrównoważonego rozwoju

### 1.1. Geneza i ewolucja koncepcji zrównoważonego rozwoju

Ewolucja koncepcji zrównoważonego rozwoju (ZR) w ciągu ostatnich dziesięcioleci została zainicjowana przez zmiany w percepcji wzajemnych zależności między aktywnością ekonomiczną a kondycją środowiska naturalnego oraz wymiarami sprawiedliwości społecznej. Obserwacje poczynione w krajach o wysokim poziomie rozwoju gospodarczego w latach sześćdziesiątych XX wieku ukazały, że nieograniczona ekspansja gospodarcza niesie za sobą istotne zagrożenia dla środowiska naturalnego. Raport zatytułowany „*Granice wzrostu*”, wydany przez Klub Rzymski w 1972 roku, wraz z innymi naukowymi opracowaniami z tego okresu, skierował uwagę na ryzyka związane z niezrównoważonym wykorzystaniem zasobów naturalnych i narastającym zanieczyszczeniem środowiska<sup>1</sup>.

W raporcie „*Granice wzrostu*” przedstawiono analizy, z których wynikało, że bez zmiany trajektorii rozwoju gospodarczego oraz bez implementacji zasad zrównoważenia, przyszłość cywilizacji, tak jak ją rozumiemy, mogłaby zostać postawiona pod znakiem zapytania. Prognozy, opierające się na złożonych modelach symulacyjnych, ukazały potencjalne scenariusze przyszłości, w których kontynuowanie obecnych praktyk gospodarczych i społecznych mogłoby prowadzić do ekologicznego kryzysu o dotąd niespotykanej skali<sup>2</sup>. W odpowiedzi na te przestrogi oraz rosnące obawy dotyczące kondycji środowiska naturalnego, zarówno w środowisku naukowym, jak i wśród ogółu społeczeństwa, zaczęły formować się ruchy ekologiczne. Ich działalność, mająca na celu podniesienie świadomości społecznej o negatywnym wpływie działalności ludzkiej na środowisko, przyczyniła się do zainicjowania dyskusji międzynarodowej na temat niezbędności rewizji dotychczasowego modelu rozwoju gospodarczego<sup>3</sup>.

Podniesienie świadomości ekologicznej oraz uświadomienie konieczności ochrony środowiska naturalnego skutkowało tym, że zagadnienia związane ze zrównoważonym rozwojem zaczęły ewoluować w kierunku stania się przedmiotem międzynarodowych dyskusji i strategii politycznych. Rozpoczęte w dekadach sześćdziesiątych

---

<sup>1</sup> R. Lattès, J. Delaunay, J. Delaunay, *Halte À La Croissance?: Enquête Sur Le Club De Rome*, Le Club Français Du Livre, 1972.

<sup>2</sup> C. F. Alger (red.), *The Future of the United Nations System: Potential for the Twenty-first Century*, United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris, 1998, p. 323.

<sup>3</sup> I. Røpke, *The Early History of Modern Ecological Economics*, Ecological Economics, Vol. 50, Issue 3-4, 2004, p. 293-297.

i siedemdziesiątych XX wieku, owe dyskusje znalazły kontynuację na płaszczyźnie globalnej, co doprowadziło do sformułowania licznych dokumentów i konwencji mających na celu wspieranie idei zrównoważonego rozwoju. Wydanie raportu „Nasza wspólna przyszłość” przez Światową Komisję Środowiska i Rozwoju w roku 1987 okazało się momentem przełomowym w ewolucji pojęcia zrównoważonego rozwoju (ZR)<sup>4</sup>. Dokument, którym kierowała Gro Harlem Brundtland, nie tylko dostarczył definicji ZR, stając się odniesieniem dla dalszych debat na temat globalnego rozwoju, ale także podkreślił nieodzowność integracji wymiarów ekonomicznych, środowiskowych i społecznych w procesie decyzyjnym na różnych szczeblach zarządzania. Akcentując, iż spełnianie potrzeb bieżących pokoleń nie powinno zagrażać możliwościom zaspokojenia potrzeb pokoleń przyszłych, raport Brundtland wskazał na potrzebę myślenia długoterminowego oraz planowania, które bierze pod uwagę równowagę między postępowaniem gospodarczym a ochroną środowiska<sup>5</sup>. Wpływ owego dokumentu na globalną dyskusję dotyczącą zrównoważonego rozwoju okazał się nieoceniony, rzucając światło na skomplikowaną naturę problemów globalnych, takich jak ubóstwo, nierówności społeczne oraz degradacja środowiska, i jednocześnie wskazując, że odpowiedzi na te wyzwania wymagają zintegrowanych działań na scenie międzynarodowej oraz zaangażowania i odpowiedzialności na poziomie lokalnym, narodowym i globalnym<sup>6</sup>.

W roku 1992, podczas Konferencji Narodów Zjednoczonych na temat Środowiska i Rozwoju, która odbyła się w Rio de Janeiro, doszło do rozszerzenia ram koncepcji zrównoważonego rozwoju (ZR) poprzez wprowadzenie koncepcji trzech filarów: rozwoju gospodarczego, sprawiedliwości społecznej oraz ochrony środowiska. Dokument końcowy tego zgromadzenia, znany jako Agenda 21, zaznaczył wagę globalnej współpracy oraz konieczność przyjęcia zintegrowanego podejścia do zagadnień

---

<sup>4</sup> G. Brundtland, *Our Common Future, Report of the World Commission on Environment and Development*, Oxford University Press, Oxford-New York, 1987.

<sup>5</sup> E. Mazur-Wierzbicka, *Koncepcja zrównoważonego rozwoju jako podstawa gospodarowania środowiskiem przyrodniczym*, [w:] D. Kopycińska (red.), *Funkcjonowanie gospodarki polskiej w warunkach integracji i globalizacji*, Wydawnictwo Naukowe Katedry Mikroekonomii Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2005, s. 34-42.

M. Rutkowska, M. Pol, *The efficiency calculation and selection of the optimal energy carrier in the aspect of sustainable development*, *Economics and Environment*, Vol. 91, No 4, 2024, p. 2.

<sup>6</sup> T. Pakulska, M. Poniatowska-Jaksch, *Rozwój zrównoważony szeroka i wąska interpretacja, stan wiedzy*, Szkoła Główna Handlowa, 2018, s. 32-35.

rozwoju, co nadal pozostaje wyzwaniem dla państw i społeczności międzynarodowej<sup>7</sup>. W Agendzie 21 zalecono także opracowanie nowych narzędzi i strategii zarządzania środowiskowego na różnych szczeblach, co miało na celu promocję zrównoważonej gospodarki i rozwój społeczności lokalnych. Szczególny nacisk położono na zasadniczą rolę zrównoważonego zarządzania zasobami naturalnymi, efektywnego wykorzystywania energii, rozwijania źródeł energii odnawialnej oraz niezbędności działania na rzecz przeciwdziałania zmianom klimatycznym<sup>8</sup>. Agenda 21 wyróżniła także istotność edukacji i podnoszenia świadomości społecznej jako fundamentalnych czynników w procesie dążenia do zrównoważonego rozwoju, podkreślając potrzebę zapewnienia szerokiego dostępu do informacji oraz wsparcia dla inicjatyw lokalnych<sup>9</sup>.

Zaangażowanie szerokiego spektrum podmiotów, w tym rządów, instytucji międzynarodowych, przedsiębiorstw, organizacji pozarządowych oraz obywateli, było wymagane do wdrożenia postanowień Agendy 21. Konferencja w Rio zainspirowała do inicjowania partnerstw publiczno-prywatnych oraz motywowała do aktywnego udziału społeczeństwa obywatelskiego w procesach decyzyjnych. To zintegrowane podejście, promujące współdziałanie różnych aktorów, miało na celu opracowanie rozwiązań zrównoważonych, które łączyłyby akceptację społeczną, efektywność ekonomiczną oraz niski wpływ na środowisko. W dziedzinie rozwoju gospodarczego, konferencja akcentowała potrzebę włączenia zagadnień środowiskowych do strategii ekonomicznych, sygnalizując zmianę od tradycyjnego modelu rozwoju skoncentrowanego na wzroście PKB do bardziej zrównoważonego podejścia, które uwzględnia zarówno konsekwencje społeczne, jak i ekologiczne aktywności gospodarczej<sup>10</sup>. Priorytetem stało się promowanie zielonej gospodarki, wspierającej zrównoważony rozwój, jednocześnie minimalizując degradację środowiska i propagując równość społeczną. Agenda 21 zwracała również uwagę na znaczenie zrównoważonego rozwoju urbanistycznego, podkreślając wyzwania związane z urbanizacją, zagęszczeniem populacji i gospodarką odpadami. W tym zakresie promowane były

---

<sup>7</sup> UN, *Agenda 21: programme of action for sustainable development*, Rio Declaration on Environment and Development, statement of forest principles: the final text of agreements negotiated by Governments at the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED), Rio de Janeiro, Brazil, 1992.

<sup>8</sup> B. Leão de Carvalho, M. de Fátima Salgueiro, P. Rita, *Consumer Sustainability Consciousness: A Five-Dimensional Construct*, *Ecological Indicators*, Vol. 58, 2015, p. 403-408.

<sup>9</sup> J. Drexhage, D. Murphy, *Sustainable Development: From Brundtland to Rio 2012*, Background Paper Prepared for Consideration by the High-Level Panel on Global Sustainability at Its First Meeting, 19 September 2010, UN Headquarters, New York, 2010.

<sup>10</sup> K. M. Cwynar, *Znaczenie kooperatywności dla zrównoważonego rozwoju*, *Polityka i Społeczeństwo*, Nr 3, 2023, s. 5-17.

strategie planowania przestrzennego i zrównoważonej architektury, mające na celu kreowanie zdrowych, zrównoważonych środowisk mieszkalnych, dostosowanych do potrzeb mieszkańców przy jednoczesnym minimalizowaniu wpływu na naturalne środowisko<sup>11</sup>.

W grudniu 1997 roku, w trakcie trzeciej Konferencji Stron Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu (COP3) zorganizowanej w Kioto, został przyjęty Protokół z Kioto<sup>12</sup>. Dokument ten jako pierwsze prawnie wiążące porozumienie międzynarodowe w dziedzinie klimatu, zobowiązał państwa rozwinięte do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, stanowiąc przełom w globalnej polityce klimatycznej. W ramach Protokołu, państwa wymienione w Załączniku I, obejmujące głównie kraje rozwinięte oraz gospodarki przechodzące, podjęły zobowiązania do redukcji emisji sześciu głównych gazów cieplarnianych o średnio 5% poniżej poziomów z 1990 roku w okresie między 2008 a 2012 rokiem. Zobowiązania te różniły się między państwami, co odzwierciedlało zasadę wspólnej, ale zróżnicowanej odpowiedzialności oraz odmienne możliwości ekonomiczne krajów w realizacji ustalonych celów<sup>13</sup>.

Protokół z Kioto wprowadził także nowatorskie mechanizmy elastyczności, takie jak mechanizm czystego rozwoju (CDM), wspólne wdrożenie (JI) oraz system handlu uprawnieniami do emisji (ETS). Te mechanizmy zostały zaprojektowane w celu obniżenia kosztów związanych z wypełnianiem zobowiązań redukcyjnych, pozwalając państwom na inwestowanie w projekty redukujące emisje gazów cieplarnianych za granicą oraz zaliczanie osiągniętych redukcji na poczet własnych zobowiązań, co miało wspierać globalną współpracę w działaniach klimatycznych<sup>14</sup>.

W roku 2000, w trakcie Szczytu Milenijnego zorganizowanego przez Organizację Narodów Zjednoczonych, ustanowiono zestaw celów z myślą o skoordynowaniu globalnych działań mających na celu przeciwdziałanie ubóstwu, głodowi, chorobom, analfabetyzmowi, dyskryminacji płciowej oraz degradacji środowiska. Te cele, określone jako Milenijne Cele Rozwojowe (MDGs), prezentowały ambitny plan działania

---

<sup>11</sup> J. Adamczyk, *Dyfuzja koncepcji zrównoważonego rozwoju i społecznej odpowiedzialności przedsiębiorstw*, Marketing i Rynek, Nr 11, 2017, s. 6-14.

<sup>12</sup> UN, *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, Japan, 1997.

<sup>13</sup> M. Pietraś, *Negocjowanie Protokołu z Kioto*, Stosunki Międzynarodowe, Nr 2, 2014, s. 219-235.

<sup>14</sup> M. Grubb, Ch. Vrolijk, D. Brack, *Routledge revivals: Kyoto Protocol (1999): A guide and assessment*, Routledge, 2018, p. 61-97.

dla społeczności międzynarodowej, określając szczegółową listę celów i wskaźników, które miały zostać zrealizowane do 2015 roku<sup>15</sup>. W ramach MDGs określono osiem głównych celów, poczynając od eliminacji skrajnego ubóstwa i głodu, poprzez promowanie równości płci, rozszerzenie dostępu do podstawowej edukacji, poprawę opieki zdrowotnej dla matek, zwalczanie HIV/AIDS, malarii oraz innych chorób, zapewnienie zrównoważonego rozwoju środowiskowego, a kończąc na rozwoju globalnego partnerstwa na rzecz rozwoju. Dla każdego z tych celów zdefiniowano specyficzne wskaźniki sukcesu, umożliwiające monitorowanie postępów i skupienie wysiłków na najbardziej palących problemach rozwojowych. Inicjatywa MDGs, oparta na fundamentach globalnej solidarności oraz wspólnej odpowiedzialności, przyczyniła się do bezprecedensowej mobilizacji zasobów finansowych, wiedzy oraz technologii, co przyczyniło się do poprawy warunków życia milionów ludzi na całym świecie<sup>16</sup>. Cele te uzyskały akceptację wszystkich 191 państw członkowskich ONZ oraz licznych organizacji międzynarodowych zaangażowanych w rozwój, co stanowiło potwierdzenie globalnej gotowości do wspólnych działań w celu rozwiązania kluczowych wyzwań stojących przed światem<sup>17</sup>.

Na Szczycie Ziemi w Johannesburgu w 2002 roku, zobowiązania do przestrzegania zasad zrównoważonego rozwoju, ustalone dekadę wcześniej w Rio, zostały ponownie potwierdzone<sup>18</sup>. Akcentowano tam konieczność przyspieszenia działań w obszarach kluczowych, takich jak zwalczanie ubóstwa, zapewnianie dostępu do czystej wody i podstawowej opieki zdrowotnej, ochrona bioróżnorodności oraz rozwijanie globalnego partnerstwa na rzecz zrównoważonego rozwoju. Obrady zaowocowały przyjęciem szeregu istotnych dokumentów, w tym Planu Wdrożenia z Johannesburgu, który zawierał szczegółowe cele i harmonogram działań w obszarach kluczowych dla zrównoważonego

---

<sup>15</sup> S. Kumar, N. Kumar, S. Vivekadhis, *Millennium development goals (MDGS) to sustainable development goals (SDGS): Addressing unfinished agenda and strengthening sustainable development and partnership*, Indian Journal of Community Medicine, Vol. 41, Issue 1, 2016, p. 1-3.

<sup>16</sup> S. Fukuda-Parr, Sakiko, J. Greenstein, *How should MDG implementation be measured: faster progress or meeting targets?*, Working Paper, No. 63, 2010, p. 2-5.

<sup>17</sup> S. Fukuda-Parr, D. Hulme, *International norm dynamics and the end of poverty: understanding the Millennium Development Goals*, Global governance: a review of multilateralism and international organizations, Vol. 17, 2011, p. 19-29.

<sup>18</sup> K. Bäckstrand, M. Kylsäter, *Old wine in new bottles? The legitimation and delegitimation of UN public-private partnerships for sustainable development from the Johannesburg Summit to the Rio+ 20 Summit*, Globalizations, Vol. 11, Issue 3, 2017, p. 44-55.

rozwoju<sup>19</sup>. Zwrócono uwagę na konieczność integracji trzech filarów zrównoważonego rozwoju: ekonomicznego, społecznego i środowiskowego, we wszystkich politykach, począwszy od poziomu lokalnego, aż do globalnego. Ponadto, Szczyt podkreślił kluczową rolę, jaką odgrywają różnorodne grupy interesu, w tym sektor prywatny, społeczności lokalne oraz organizacje pozarządowe, w dążeniu do realizacji zrównoważonego rozwoju. Wzywano do wzmocnienia współpracy między sektorami oraz do wprowadzenia innowacyjnych rozwiązań finansowych i technologicznych, które miałyby przyczynić się do przyspieszenia osiągnięcia zrównoważonego rozwoju. Jednym z kluczowych zagadnień, które znalazły się w centrum uwagi podczas szczytu, była problematyka zrównoważonej konsumpcji i produkcji, co skutkowało przyjęciem dziesięcioletniego programu ramowego w tej dziedzinie. Podkreślono, że niezbędna jest zmiana wzorców konsumpcji i produkcji na bardziej zrównoważone, co stanowi fundamentalny element walki ze zmianami klimatu i promowania efektywnego zarządzania zasobami naturalnymi<sup>20</sup>.

W obliczu wyzwań wynikających z realizacji zasad zrównoważonego rozwoju (ZR), które nasiliły się w ciągu ostatnich lat, dokonano ponownej oceny tego koncepcji w celu jej dostosowania do dynamicznie zmieniającej się globalnej ekonomii oraz ewoluującej polityki środowiskowej. Jednym z przełomowych wydarzeń w tym kontekście okazała się Konferencja Narodów Zjednoczonych na temat Zrównoważonego Rozwoju, znana również jako Rio+20, zorganizowana w 2012 roku<sup>21</sup>. To międzynarodowe forum, zwołane dwadzieścia lat po Szczycie Ziemi w Rio de Janeiro, skoncentrowało się na redefinicji priorytetów ZR, kładąc szczególny nacisk na promowanie „zielonej gospodarki” oraz zasad zrównoważonej konsumpcji i produkcji jako kluczowych fundamentów przyszłego zrównoważonego wzrostu. Przyjęcie koncepcji zielonej gospodarki, rozumianej jako model zwiększający dobrobyt ludzki i równość społeczną przy jednoczesnym minimalizowaniu zagrożeń ekologicznych oraz deficytu

---

<sup>19</sup> O. P. Dwivedi, R. Khator. *Sustaining development: the road from Stockholm to Johannesburg*, [in:] G. M. Mudacumura, D. Mebratu, M. S. Haque (ed.), *Sustainable Development Policy and Administration*, Routledge, 2017, p. 115-129.

<sup>20</sup> I. Von Frantzius, *World Summit on Sustainable Development Johannesburg 2002: A critical analysis and assessment of the outcomes*, *Environmental Politics*, Vol. 13, Issue 2, 2004, p. 469-472.

<sup>21</sup> D. Tilbury, *Are we learning to change? Mapping global progress in education for sustainable development in the lead up to 'Rio Plus 20'*, *Global Environmental Research*, Vol. 14, Issue 2, 2011, p. 101-107.

środowiskowego, oznaczało strategiczne przesunięcie ku bardziej holistycznemu postrzeganiu relacji między ekonomią a środowiskiem<sup>22</sup>.

W 2015 roku, w trakcie Szczytu Zrównoważonego Rozwoju zorganizowanego przez Organizację Narodów Zjednoczonych, została przyjęta Agenda 2030 dla Zrównoważonego Rozwoju<sup>23</sup>. Dokument ten, reprezentujący ambitny oraz przełomowy plan działania, ma na celu wspieranie trwałego pokoju oraz dobrobytu ludzi i planety. Serce Agendy 2030 stanowi zbiór 17 Celów Zrównoważonego Rozwoju (SDGs), które poszerzyły i zastąpiły Milenijne Cele Rozwojowe (MDGs), obejmując rozległe spektrum wyzwań rozwojowych. Wspomniane założenia o niezrównanej skali i zasięgu, adresują zarówno kontynuację walki z ubóstwem i głodem, jak i wyzwania związane ze zmianami klimatycznymi, nierównością, innowacyjnością, trwałym wzrostem gospodarczym, pokojem oraz sprawiedliwością, z myślą o eliminacji kluczowych przyczyn problemów rozwojowych przy jednoczesnym uwzględnieniu ich złożoności i wzajemnych zależności<sup>24</sup>.

SDGs charakteryzują się uniwersalnością, zobowiązując wszystkie państwa- zarówno rozwinięte, jak i rozwijające się - do podjęcia działań na rzecz ich realizacji. Ich kompleksowa natura wymaga współpracy i zaangażowania na niespotykaną dotąd skalę ze strony rządów, sektora prywatnego, społeczeństwa obywatelskiego oraz obywateli z całego świata. Są ze sobą ściśle powiązane, co implikuje, że postępy w osiągnięciu jednego z nich wpływają na realizację pozostałych. Agenda 2030 akcentuje konieczność stosowania podejścia, zgodnie z którym „nikt nie zostanie pozostawiony w tyle”, co oznacza skupienie się na osiągnięciu postępów wśród najbardziej marginalizowanych i wykluczonych grup<sup>25</sup>. Dąży do tego poprzez koncentrację wysiłków na dotarciu do kobiet, dzieci, osób z niepełnosprawnościami, starszych, rdzennych mieszkańców i innych grup, które często są pomijane w procesach rozwojowych. Osiągnięcie SDGs nie ogranicza się jedynie do politycznego zaangażowania i zwiększenia dostępnych zasobów finansowych, ale również wymaga innowacji

---

<sup>22</sup> M. Adamowicz, *Green deal, green growth and green economy as a means of support for attaining the sustainable development goals*, Sustainability, Vol. 14, Issue 10, 2022, p. 2-20.

<sup>23</sup> S. Fund, *Sustainable development goals*, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/inequality> 2015, [dostęp 28.03.2024]

<sup>24</sup> S. Pizzi, et al. *Management research and the UN sustainable development goals (SDGs): A bibliometric investigation and systematic review*, Journal of cleaner production, Vol. 276, 2020, p. 1-13.

<sup>25</sup> C. Allen, G. Metternicht, T. Wiedmann. *Initial progress in implementing the Sustainable Development Goals (SDGs): A review of evidence from countries*, Sustainability Science, Vol. 13, 2018, p. 1454-1464.

technologicznych, rozwoju kapitału ludzkiego oraz budowania mocnych instytucji. Ponadto, konieczne jest monitorowanie postępów i dostosowywanie strategii, co wspiera globalny system wskaźników<sup>26</sup>.

Po ustanowieniu Celów Zrównoważonego Rozwoju (SDGs), następne lata charakteryzowały się realizacją licznych inicjatyw i organizacją konferencji, które miały na celu przyspieszenie osiągnięcia tych celów. Wśród tych wydarzeń wyróżniała się Konferencja Narodów Zjednoczonych na temat Zrównoważonego Rozwoju Habitat III, zorganizowana w 2016 roku w Quito<sup>27</sup>. Skupiając uwagę na zrównoważonym rozwoju miast i osiedli, konferencja zaakcentowała konieczność tworzenia przestrzeni miejskich, które są bezpieczne, inkluzywne, odporne i zrównoważone, co doprowadziło do przyjęcia Nowej Agendy Miejskiej. Stanowiła zobowiązanie do promowania zielonej architektury, zrównoważonego transportu i zapewnienia dostępu do podstawowych usług dla wszystkich mieszkańców<sup>28</sup>.

Innym kluczowym wydarzeniem była Konferencja Narodów Zjednoczonych na temat zmian klimatu COP21, która miała miejsce w Paryżu w 2015 roku<sup>29</sup>. Porozumienie paryskie, będące jej rezultatem, zobowiązało państwa członkowskie do podjęcia działań zmierzających do ograniczenia globalnego ocieplenia do wartości poniżej 2 stopni Celsjusza w stosunku do poziomów przedindustrialnych, z dążeniem do zredukowania tego wzrostu do 1,5 stopnia Celsjusza. Porozumienie to, uznane za kamień milowy w globalnych staraniach o ograniczenie zmian klimatycznych, wiąże się bezpośrednio z realizacją SDGs, zwłaszcza z celem numer 13, który koncentruje się na działaniach klimatycznych<sup>30</sup>.

Inicjowana przez Organizację Narodów Zjednoczonych Dekada Zrównoważonej Energii dla Wszystkich (Decade of Sustainable Energy for All: 2014-2024) stanowiła kluczowy krok w kierunku promocji intensyfikacji wykorzystania odnawialnych źródeł energii w globalnej gospodarce. Dekada ta ma na celu poprawę dostępu do niezawodnych,

---

<sup>26</sup> R. Russell-Bennett, et al., *SDG editorial: improving life on planet earth-a call to action for service research to achieve the sustainable development goals (SDGs)*, Journal of Services Marketing, Vol. 38, Issue 2, 2024, p. 145-152.

<sup>27</sup> J. Stanley, *Habitat III and the new urban agenda*, Planning News, Vol. 43, Issue 1, 2017, p. 19-20.

<sup>28</sup> A. Revi, *Afterwards: Habitat III and the sustainable development goals*, Urbanisation, Vol. 1, Issue 2, 2016, X-XIV.

<sup>29</sup> J. Morgan, *Paris COP 21: Power that speaks the truth?*, Globalizations, Vol. 13, Issue 6, 2016, p. 944- 949.

<sup>30</sup> J. Guerra, L. Schmidt, *Making wishful thinking a reality-from SDGs to COP21*, Ambiente & Sociedade, Vol. 19, 2016, p. 198-212.

przystępnych cenowo, ekonomicznie opłacalnych, społecznie akceptowalnych i środowiskowo zrównoważonych usług energetycznych i zasobów na rzecz zrównoważonego rozwoju. Inicjatywa ta obejmuje promowanie odnawialnej energii i efektywności energetycznej na całym świecie. Wśród głównych celów wymienia się: zapewnienie powszechnego dostępu do nowoczesnych usług energetycznych, podwojenie globalnego wskaźnika poprawy efektywności energetycznej oraz udostępnienie odnawialnej energii na całym świecie<sup>31</sup>.

W kontynuacji do realizowanych inicjatyw, Dekada ONZ ds. Przywracania Ekosystemów (2021 do 2030 roku), stanowi istotną inicjatywę mającą na celu przeciwdziałanie degradacji środowisk naturalnych na globalną skalę. Uruchomiona 4 czerwca 2021 roku, inicjatywa ta jest odpowiedzią na pilną potrzebę ochrony i regeneracji ekosystemów, które są kluczowe dla przetrwania i dobrobytu ludzkości, jak również dla zapobiegania negatywnym skutkom zmian klimatycznych i utraty bioróżnorodności. Program Środowiskowy ONZ (UNEP) wspólnie z Organizacją Narodów Zjednoczonych ds. Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) prowadzi wspomnianą inicjatywę, dążąc do mobilizacji działań na rzecz odtworzenia i przywrócenia witalności ekosystemów. Poprzez współpracę międzynarodową i zaangażowanie na wielu poziomach, ta globalna kampania podkreśla konieczność zintegrowanych wysiłków w celu odnowienia naturalnego dziedzictwa planety, co jest niezbędne do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju<sup>32</sup>.

W ramach dążeń do realizacji Celów Zrównoważonego Rozwoju (SDGs), uruchomiona została Platforma Partnerska ds. Zrównoważonego Rozwoju (SDG Partnerships Platform). Platforma ta służy jako centrum wymiany wiedzy, doświadczeń i zasobów pomiędzy różnymi aktorami międzynarodowymi, regionalnymi i lokalnymi, które są zaangażowane w osiąganie zrównoważonego rozwoju. Ma to na celu wspieranie tworzenia i rozwijania partnerstw, które mogą przyczynić się do osiągnięcia ambitnych celów zrównoważonego rozwoju<sup>33</sup>.

---

<sup>31</sup> UN, Secretary-General, *United Nations Decade of Sustainable Energy for All: report of the Secretary-General*, United States of America, 2014, p. 2-14.

<sup>32</sup> J. Fischer, et al. *Making the UN decade on ecosystem restoration a social-ecological endeavour*, Trends in Ecology & Evolution, Vol. 36, Issue 1, 2021, p. 20-28.

<sup>33</sup> D. F. Murphy, L. Stott, *Partnerships for the sustainable development goals (SDGs)*, Sustainability, Vol. 13, Issue 2, 2021, p. 1-4.

Inicjatywa Energii Zrównoważonej dla Wszystkich (SE4ALL), wprowadzona przez Narody Zjednoczone wspólnie z Bankiem Światowym, dąży do zapewnienia powszechnego dostępu do przystępnej cenowo, niezawodnej, zrównoważonej i nowoczesnej energii do roku 2030. Inicjatywa, będąca bezpośrednio powiązana z realizacją celu SDG 7, podkreśla zasadniczą rolę, jaką energie zrównoważone odgrywają w globalnych staraniach na rzecz osiągnięcia zrównoważonego rozwoju<sup>34</sup>.

Rozwój koncepcji zrównoważonego rozwoju w ciągu ostatnich dziesięcioleci wyraźnie podkreśla dynamiczną interakcję pomiędzy gospodarką, środowiskiem naturalnym oraz sprawiedliwością społeczną, uwydatniając jednocześnie kluczowe wyzwania oraz nakreślając kierunki na przyszłość. Od wczesnych ostrzeżeń przed niekontrolowaną ekspansją gospodarczą, poprzez znaczące raporty, choćby dla Klubu Rzymskiego, aż po definiowanie Celów Zrównoważonego Rozwoju w Agendzie 2030. Ewolucja ta ilustruje stopniowe dojrzewanie i rozszerzanie rozumienia tego, co stanowi zrównoważony rozwój. Akcentowanie potrzeby integracji aspektów ekonomicznych, środowiskowych i społecznych, roli globalnej współpracy, zielonej gospodarki i przywracania ekosystemów stanowiło fundament tej ewolucji. Kluczowe w tym rozwoju koncepcyjnym jest uznanie, że dalsze poszerzanie wiedzy i adaptacja strategii są niezbędne do zwiększenia odporności i elastyczności systemów ekologicznych i gospodarczych. Ważna staje się także promocja aspektów społecznych i zintegrowane planowanie oraz zarządzanie w miastach i regionach, wraz z rozwojem innowacyjnych rozwiązań finansowych i technologicznych oraz umacnianiem roli edukacji w kształtowaniu świadomości ekologicznej<sup>35</sup>.

W kontekście rozwoju koncepcji zrównoważonego rozwoju, który przez ostatnie dekady charakteryzował się dynamiczną interakcją między sferą ekonomiczną, stanem środowiska naturalnego oraz wymiarami sprawiedliwości społecznej, inicjatywa przedstawienia chronologicznego zestawienia 28 definicji zrównoważonego rozwoju stanowi próbę zrozumienia, jak zmieniało się podejście naukowe w odpowiedzi na te interakcje. Podkreślenie kluczowych wyzwań i określenie kierunków na przyszłość, od wczesnych ostrzeżeń Klubu Rzymskiego po sformułowanie Celów Zrównoważonego

---

<sup>34</sup> C. H. Gebara, A. Laurent, *National SDG-7 performance assessment to support achieving sustainable energy for all within planetary limits*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 173, 2023, p. 2- 14.

<sup>35</sup> J. Kot, R. Jedlińska, *Zrównoważony rozwój w dobie globalizacji - aspekt ekologiczny*, Studia i Materiały Wydziału Zarządzania i Administracji Wyższej Szkoły Pedagogicznej im. Jana Kochanowskiego w Kielcach, nr 2, 2016, s. 261-272.

Rozwoju w Agendzie 2030, wskazuje na ewoluujące rozumienie zrównoważonego rozwoju. Rozpatrywana próba ma na celu nie tylko ułatwić zrozumienie, jak rozwinęło się to pojęcie, ale także przygotować grunt pod dalsze analizy i dyskusje na temat wpływu tych definicji na przyszłe działania na rzecz zrównoważonego rozwoju.

Rozwój ten, oparty na uznaniu potrzeby dalszego poszerzania wiedzy i adaptacji strategii dla zwiększenia odporności systemów ekologicznych i gospodarczych, wskazuje na znaczenie promocji aspektów społecznych oraz zintegrowanego planowania i zarządzania. Poprzez próbę zestawienia definicji, podjęto próbę analizy, jak na przestrzeni czasu kształtowane były odpowiedzi nauki na zmieniające się globalne wyzwania, powiązane z ewolucją koncepcji zrównoważonego rozwoju oraz organizowanymi wokół niej wydarzeniami, co też przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1. Wybrane definicje zrównoważonego rozwoju**

<b>Rok</b>	<b>Autor/ autorzy</b>	<b>Definicja zrównoważonego rozwoju</b>
1977	Pirages D.C.	Zrównoważony rozwój to forma postępu gospodarczego, który odbywa się z uwzględnieniem wsparcia ze strony ekosystemów naturalnych i struktur społecznych.
1987	Goodland R., Ledec G.	Zrównoważony rozwój jest procesem przekształcania gospodarki, który polega na maksymalizacji obecnych korzyści gospodarczych i społecznych, przy jednoczesnym zabezpieczeniu przyszłych możliwości osiągnięcia podobnych korzyści.
1988	Turner R.K.	Zrównoważony rozwój polega na optymalizacji netto korzyści wynikających z rozwoju gospodarczego, aby zapewnić ciągły dostęp do usług i utrzymanie jakości zasobów naturalnych na przestrzeni czasu.
1989	Pearce D., Markandya A., Barbier E.	Zrównoważony rozwój wiąże się z budowaniem struktury społeczno-gospodarczej, która umożliwi wsparcie dla takich celów jak: zwiększenie rzeczywistych dochodów, poprawa poziomu wykształcenia, polepszenie stanu zdrowia społeczeństwa oraz szerzej, poprawę jakości życia.
1989	Kozłowski S.	To model rozwoju społeczno-gospodarczego określonej przestrzeni, oparty na uwarunkowaniach naturalnych, który zachowuje równowagę ekologiczną i zapewnia trwałość dla zarówno obecnych, jak i przyszłych generacji.
1991	Niedek A.	Rozwój społeczno-gospodarczy charakteryzujący się dbałością o zasoby naturalne i opierający się na analizie społeczno-ekonomicznej, zastosowanej we wszystkich sferach działalności gospodarczej i codziennego życia ludzi, promujący oszczędność energii, materiałów

		i transportu w gospodarce krajowej, przy jednoczesnym zachowaniu potencjału ekonomicznego dla przyszłych generacji.
1994	Burchard-Dziubińska M.	Jest to postęp w obszarach społecznym, gospodarczym i przyrodniczym, który zapewnia ich współistnienie w harmonii, jednocześnie całkowicie zabezpieczając różnorodność biologiczną.
1995	Górka K., Poskrobko B., Radecki W.	To proces rozwoju gospodarczego, który nie wpływa negatywnie i nieodwracalnie na środowisko naturalne człowieka, harmonizując prawa natury z zasadami ekonomii.
1998	Dubel K.	Jest to postęp gospodarczy, który jest społecznie akceptowany, uzasadniony z punktu widzenia ekonomii oraz zgodny z zasadami ekologii.
1998	Pajda R.	To model rozwoju gospodarczego wraz z towarzyszącym mu postępem społecznym, który pozwala na zachowanie lub nawet przywrócenie stanu środowiska naturalnego, minimalizując lub znacznie ograniczając negatywne, nieodwracalne zmiany, szczególnie z perspektywy długoterminowej.
2000	Dunphy D., Benveniste J., Griffiths A., Sutton P.	Zrównoważony rozwój dotyczy form rozwoju gospodarczego i społecznego, które zapewniają ochronę środowiska naturalnego oraz promują wzrost sprawiedliwości społecznej.
2002	Runowski H.	To proces dążenia do osiągnięcia harmonii między różnymi aspiracjami rozwojowymi w sferze społecznej i gospodarczej, co jest niezbędne do zapewnienia długoterminowej stabilności systemu. W tym kontekście, "rozwój trwały" określa kluczowy cel, jakim jest zabezpieczenie stabilności i nieprzerwanego ciągu działania systemu. Z kolei „rozwój zrównoważony” określa metodę działania mającą na celu zapewnienie jego trwałości.
2002	Fiedor B., Czaja S., Graczyk A., Jakubczyk Z.	Jest to utrzymanie niezmienności wszystkich składników wektora celów społecznych i ekonomicznych związanego z postępem ekonomicznym, jednocześnie dążąc do maksymalizacji netto korzyści z tego rozwoju przy zachowaniu wartości użytkowej i jakości zasobów naturalnych na dłuższą metę.
2002	Piontek B.	Podstawą zrównoważonego i długotrwałego rozwoju jest zagwarantowanie ciągłego wzrostu jakości życia obecnych oraz przyszłych generacji poprzez ustalenie odpowiednich relacji między trzema typami kapitału: gospodarczym, ludzkim i naturalnym.
2005	Giovannini E., Linster M.	Pojęcie zrównoważonego rozwoju odnosi się do jakości oraz zakresu postępu gospodarczego, uwzględniając trzy aspekty dobrostanu: ekonomiczny, środowiskowy i społeczny.
2007	Dasgupta P.	Zrównoważony rozwój jest strategią gospodarczą, która zakłada, że średni poziom dobrobytu bieżących i przyszłych generacji, rozpatrywanych wspólnie, nie maleje w przebiegu czasu.

2007	Kassenberg A.	Kluczowym elementem zrównoważonego rozwoju jest dążenie do uwzględnienia społecznych, ekonomicznych i ekologicznych argumentów w równym stopniu przy podejmowaniu decyzji, tam, gdzie jest to możliwe. To jednak nie implikuje prostej negocjacji kompromisu, lecz raczej przedstawia się jako wspólna płaszczyzna niż zbiór trzech odrębnych komponentów.
2008	Čiegis R.	Istniejący model rozwoju wymaga zmiany na taki, który faktycznie umożliwi zrównoważony rozwój. Konieczne jest więc stworzenie społeczeństwa opartego na dobrobycie, gdzie rozwój ekonomiczny i postęp idą w parze z postępem społecznym oraz polepszeniem kondycji środowiska naturalnego.
2009	Rockström J.	Zrównoważony rozwój polega na możliwości spełnienia wymagań zarówno współczesnych jak i nadchodzących generacji, nie przekraczając możliwości regeneracyjnych planety, przy jednoczesnej ochronie spójności ekosystemów naturalnych i struktur społecznych.
2010	Borys T.	Zrównoważony rozwój opiera się na zintegrowanym porządku, stanowiącym rodzaj równowagi ograniczeń w wykorzystaniu różnych form kapitału.
2010	Holger R.	Ma na celu ustalenie warunków zarządzania, które gwarantują odpowiednio wysokie normy w obszarach środowiskowym, gospodarczym oraz społeczno-kulturowym dla wszystkich obecnych oraz przyszłych ludzi, w ramach możliwości adaptacyjnych przyrody, realizując zasadę sprawiedliwości między obecnymi a przyszłymi pokoleniami.
2011	Stanny M., Czarnecki A.	Zrównoważony rozwój reprezentuje rodzaj równowagi między dążeniami związanymi ze środowiskiem, gospodarką i sferą społeczną, które są kluczowe dla dobrostanu zarówno dzisiejszych, jak i przyszłych generacji. W wymiarze gospodarczym chodzi nie tylko o zaspokajanie obecnych potrzeb, ale również o zachowanie zasobów niezbędnych do spełnienia wymagań przyszłych pokoleń, wliczając w to kapitał naturalny, materialny stworzony przez człowieka, intelektualny i społeczny. Wymiar ekologiczny zakłada definiowanie i przestrzeganie ograniczeń dla działań ludzkich w ramach możliwości ekosystemów. Z kolei perspektywa społeczna wiąże się z edukacją, budowaniem umiejętności rozwiązywania kluczowych problemów społecznych i angażowaniem się w procesy rozwoju całego systemu.
2014	Burchard- Dziubińska M., Rzeńca A., Drzazga D.	Idea zrównoważonego rozwoju prezentuje się jako najbardziej odpowiednia metoda organizacji dzisiejszego świata, oferująca możliwość ciągłego i sprawiedliwego postępu społeczności ludzkich na poziomie zarówno globalnym, jak i lokalnym. To holistyczne podejście, które łączy w sobie

		zarówno materialne, jak i niematerialne aspekty życia ludzkiego i zarządzania zasobami.
2016	Rokicka E., Woźniak W.	Według tej koncepcji, zrównoważony rozwój to taki postęp społeczno-gospodarczy, który nie wprowadza dysharmonii w ekosystemach, w obrębie których żyje człowiek. Od dynamiki procesów w tych systemach zależy bowiem, czy będą one w stanie utrzymać równowagę sprzyjającą życiu i rozwojowi współczesnych i przyszłych społeczności.
2016	Kołodko G.W.	Trójaspektowy zrównoważony rozwój społeczno-gospodarczy obejmuje: rozwój zrównoważony z ekonomicznego punktu widzenia, odnoszący się do rynków produktów i kapitału, inwestycji, finansów oraz zasobów ludzkich; rozwój zrównoważony społecznie, dotyczący sprawiedliwego, społecznie akceptowalnego rozdziału dochodów, zapewnienia dostępu kluczowych grup społecznych do usług publicznych, a także, ponownie, zasobów ludzkich; oraz rozwój zrównoważony ekologicznie, który polega na utrzymaniu właściwej równowagi między działalnością ekonomiczną ludzi a środowiskiem naturalnym.
2019	Woźniak M.G.	Założenie rozwoju zintegrowanego przechodzi poza ograniczenia europejskiego ujęcia zrównoważonego postępu ekonomicznego, społecznego i środowiskowego. Jego implementacja opiera się na mechanizmach, instytucjach, narzędziach i procedurach koordynacyjnych charakterystycznych dla nowoczesnego modelu gospodarki skoncentrowanej na wiedzy i innowacjach, gdzie kluczowym elementem jest nowa jakość kapitału ludzkiego, napędzająca harmonijne poprawianie jakości życia we wszystkich obszarach ludzkiej egzystencji i działania. Obejmuje to różnorodne sfery takie jak: środowisko naturalne i biologia (ochrona gatunków i rodzin), konsumpcja (zrównoważone dążenie do realizacji celów), sfera społeczna (sprawiedliwość, solidarność, wolność połączona z odpowiedzialnością, równość szans, poszanowanie godności ludzkiej), polityka (bezpieczeństwo, niezależność, upodmiotowienie jednostki), regulacje gospodarcze (nastawienie na efektywność ekonomiczną, przedsiębiorczość, uczciwe wynagrodzenie), technologie (poprawa jakości życia), wiedza (umiejętność działania na rzecz rozwoju) oraz sfera wartości (szacunek dla podstawowych wartości duchowych).
2021	M. Raczkowska, A. Mikuła, M. Utzig	Zrównoważony rozwój ma na celu zaspokajanie potrzeb obecnego pokolenia w taki sposób, aby nie uniemożliwić zaspokojenia swoich potrzeb przyszłym pokoleniom. Opiera się na kompleksowym podejściu łączącym kwestie gospodarcze, społeczne i środowiskowe w sposób, który zapewnia ich wzajemne wzmacnianie się

2022	J. Sun, H. Jin, F. Tsai, M. Jakovljevic	Zrównoważony rozwój jest na ogół definiowany jako koordynacja rozwoju gospodarczego, środowiskowego i społecznego w celu zrównoważenia dobrobytu wewnątrzpokoleniowego oraz maksymalizacji łącznego dobrobytu międzypokoleniowego.
------	---	--

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: D. C. Pirages, *The Sustainable Society - Implications for Limited Growth*, New York: Praeger, 1977; R. Goodland, G. Ledec, *Neoclassical economics and principles of sustainable development*, Ecological Modelling, Vol. 38, Issues 1-2, 1987, p. 19-46; R. K. Turner, *Pluralism in an environmental economics: a survey of the sustainable economic development debate*, Journal of Agricultural Economics, Vol. 39, Issue 3, 1988, p. 352-359; D. Pearce, A. Markandya, E. Barbier, *Blueprint for a Green Economy*, London, Earthscan, 1989, p. 59-134; S. Kozłowski, *Ekologiczne problemy przyszłości świata i Polski*, Warszawa: Komitet Prognoz Polska w XXI wieku przy Prezydium PAN, Dom Wydawniczy Elipsa, 1989, s. 68-70; A. Nidek, *Koncepcja ekorozwoju społeczno-gospodarczego i przestrzennego*, Ekonomista, 1991 t. 4-6, s. 563-572; M. Burchard-Dziubińska, *Wdrażanie koncepcji ekorozwoju przez polskie przedsiębiorstwa przemysłowe*, [w:] *Wdrażanie polityki ekorozwoju*, Kraków, ESESIZN Oddział Polski, 1994; K. Górka, B. Poskrobko, W. Radecki, *Ochrona środowiska. Problemy społeczne, ekonomiczne i prawne*, Warszawa, PWE, 1995, s. 195-198; K. Dubel, *Uwarunkowania przyrodnicze w planowaniu przestrzennym*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok, 1998, s. 97-99; R. Pajda, *Uwarunkowania wdrażania ekorozwoju w układzie lokalnym*, [w:] B. Poskrobko (red.), *Sterowanie ekorozwojem*, t. 2, Politechnika Białostocka, Białystok, 1998, s. 209-217; D. Dunphy, J. Benveniste, A. Griffiths, P. Sutton, *Sustainability: The Corporate Challenge of the 21st Century*, New South Wales: Allen & Unwin, 2000, 19-37; H. Runowski, *Rozwój zrównoważony rolnictwa i gospodarstw rolniczych*, [w:] *Wieś i rolnictwo - perspektywy rozwoju*, Warszawa, 2002, s. 139-156; B. Fiedor, S. Czaja, A. Graczyk, Z. Jakubczyk, *Podstawy ekonomii środowiska i zasobów naturalnych*, C.C. Beck, Ekonomia i Środowisko, Nr 2, 2002, s. 235-237; B. Piontek, *Koncepcja rozwoju zrównoważonego i trwałego Polski*, PWN, Ekonomia i Środowisko, Nr 2, 2002, s. 193-196; E. Giovannini, M. Linster, *Measuring sustainable development. Achievements and challenges*. Geneva: OECD, Statistical Commission and Economic Commission for Europe Conference of European Statisticians - United Nations, 2005; P. Dasgupta, *Measuring Sustainable Development: Theory and Application*, Asian Development Review, Vol. 24 No.1, 2007, p. 1-3; A. Kassenberg, *Zrównoważony rozwój a koncepcja przestrzennego zagospodarowania kraju*, [w:] G. Gorzelak, A. Tucholska (red.), *Rozwój, region, przestrzeń*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Centrum Europejskich Studiów Regionalnych i Lokalnych Uniwersytetu Warszawskiego EURORE, Warszawa, 2007, 53-87; R. Čiegis, *Damus ekonomikos vystimasis*, Šiaulių: VšĮ Šiaulių Universiteto Leidykla, 2008; J. Rockström, et al., *Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*, Ecology and Society, vol. 14, No. 2, 2009, p. 205; T. Borys, *Koncepcja zrównoważonego rozwoju w naukach ekonomicznych*, [w:] B. Poskrobko (red.), *Ekonomia zrównoważonego rozwoju. Zarys problemów badawczych i dydaktyki*, Wyższa Szkoła Ekonomiczna, Białystok, 2010, s. 44-61; R. Holger, *Ekonomia zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo Zysk i Spółka, Poznań, 2010, s. 185-189; M. Stanny, A. Czarnecki, *Zrównoważony rozwój obszarów wiejskich Zielonych Płuc Polski. Próba analizy empirycznej*, Warszawa, IRWiR PAN, 2011, s. 17; M. Burchard-Dziubińska, A. Rzeńca, D. Drzazga, *Zrównoważony rozwój - naturalny wybór*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2014, s. 7; E. Rokicka, W. Woźniak, *W kierunku zrównoważonego rozwoju. Koncepcje, interpretacje, konteksty*, Katedra Socjologii Ogólnej, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny, Uniwersytet Łódzki, Łódź, 2016, s. 7; G. W. Kołodko, *Nowy pragmatyzm, czyli ekonomia i polityka dla przyszłości*, [w:] J. Pach, K. Kowalska, P. Szyja (red.), *Ekonomia umiaru realna perspektywa? Nowy paradygmat Grzegorza W. Kołodki*, PWN, Warszawa, 2016, s. 21; M. Raczkowska, A. Mięka, M. Utzig, *Zrównoważony rozwój w obszarze społecznym w Unii Europejskiej*, Wydawnictwo SGGW, 2021, s. 5; J. Sun, H. Jin, F. Tsai, M. Jakovljevic, *A Global Assessment of Sustainable Development: Integrating Socioeconomic, Resource and Environmental Dimensions*, Frontiers in Energy Research, Vol. 10, 2022, p. 1.

Analiza ewolucji definicji zrównoważonego rozwoju od 1977 do 2019 roku ujawnia dojrzewanie zrozumienia koncepcji, odzwierciedlając zmiany w globalnych priorytetach i wglądzie naukowym. Definicja autorstwa D.C. Piragesa z 1977 roku podkreśla postęp gospodarczy wspierany przez ekosystemy naturalne i struktury społeczne, co sugeruje

wczesne uświadomienie sobie znaczenia systemów środowiskowych i społecznych w rozwoju ekonomicznym.

Od 1987 roku definicja R. Goodlanda i G. Ledeca rozszerza tę wizję, podkreślając transformację gospodarki w celu maksymalizacji obecnych korzyści przy jednoczesnym zabezpieczeniu przyszłych możliwości osiągnięcia podobnych korzyści. Podkreśla to świadomość międzyczasowych kompromisów związanych z zrównoważonym rozwojem. Wkład R. K. Turnera z 1988 roku uwzględnia koncentrację na optymalizacji netto korzyści płynących z rozwoju gospodarczego, zapewniając ciągły dostęp do usług i utrzymanie jakości zasobów naturalnych w czasie.

Okres od 1989 do połowy lat 90. wskazuje na bardziej zintegrowane podejście, z D. Pearce, A. Markandya i E. Barbier łącząc zrównoważony rozwój z budowaniem struktury społeczno-gospodarczej, która wspiera takie cele jak wzrost rzeczywistych dochodów, poprawa edukacji, zdrowia i ogólnie jakości życia. Definicja S. Kozłowskiego z 1989 roku lokalizuje koncepcję w określonej przestrzeni, zapewniając równowagę ekologiczną i trwałość dla obecnych i przyszłych pokoleń. Ta tendencja do lokalizacji i specyfiki kontynuowana jest przez A. Niedka w 1991 roku, który wzywał do rozwoju społeczno-gospodarczego, wyrażając jednocześnie troskę w odniesieniu do zasobów naturalnych i stosował analizę społeczno-ekonomiczną we wszystkich sferach działalności gospodarczej oraz codziennego życia.

W miarę ewolucji koncepcji definicje zaczynały zawierać bardziej wyraźne odniesienia do przyszłych pokoleń i niepodważalności potencjału ekologicznego, co jest widoczne w definicji M. Burchard-Dziubińskiej z 1994 roku, która koncentruje się na postępie zapewniającym współistnienie społeczne, gospodarcze i naturalne w harmonii, z pełną ochroną bioróżnorodności.

Pod koniec lat 90. i na początku lat 2000. nacisk przeniósł się na zrównoważony rozwój jako ciągły proces, który obejmuje harmonizację rozwoju gospodarczego z prawami natury, jak wskazuje K. Górka, B. Poskrobko i W. Radecki w 1995 roku. Ta tendencja kontynuowana była w latach 2010, gdzie takie pojęcia jak warunki zintegrowanego zarządzania i zrównoważone podejście do aspektów środowiskowych, gospodarczych i społeczno-kulturowych były podkreślane przez autorów takich jak choćby R. Holger w 2010 roku.

Kołodko w 2016 roku przedstawił trójwymiarowe podejście do społeczno-ekonomicznego zrównoważonego rozwoju, podkreślając znaczenie rynków, sprawiedliwości społecznej i równowagi ekologicznej. Koncepcja ta znajdowała odzwierciedlenie w argumentach M. G. Woźniaka z 2019 roku, który opowiadał się za zintegrowanym rozwojem wykraczającym poza europejską koncepcję zrównoważonego postępu i skupiającym się na nowoczesnej gospodarce napędzanej wiedzą i innowacjami, gdzie jakość kapitału ludzkiego jest siłą napędową.

Po 2020 roku zauważalne jest dalsze pogłębienie integracyjnego podejścia do zrównoważonego rozwoju, uwzględniającego zarówno synergiczne powiązania między trzema filarami, jak i perspektywę wielopokoleniową. Raczkowska, Miłucha i Utzig ujmują zrównoważony rozwój jako kompleksowe podejście łączące kwestie gospodarcze, społeczne i środowiskowe w sposób zapewniający ich wzajemne wzmocnienie. Z kolei Sun, Jin, Tsai i Jakovljević definiują go jako koordynację rozwoju ekonomicznego, środowiskowego i społecznego, której celem jest zrównoważenie dobrobytu wewnątrzpokoleniowego oraz maksymalizacja dobrobytu międzypokoleniowego.

Analiza ewolucji koncepcji zrównoważonego rozwoju wraz z jej definiowaniem na przestrzeni lat ukazuje złożoność i wielowymiarowość tej idei. Począwszy od pierwszych koncepcji, które podkreślały symbiozę rozwoju gospodarczego z ekosystemami i strukturami społecznymi, można zaobserwować postępujące rozszerzenie definicji o aspekty takie jak trwałość zasobów naturalnych, sprawiedliwość społeczna i jakość życia.

Różnice pomiędzy definicjami wskazują na zmieniające się priorytety: od pojęcia zrównoważenia jako wspomagania postępu gospodarczego, przez zabezpieczenie potencjału dla przyszłych generacji, po obecne ujęcie obejmujące harmonijne współistnienie postępu społecznego, ekonomicznego i środowiskowego. Wzajemne powiązania między tymi sferami zaczęły być postrzegane jako klucz do osiągnięcia długotrwałej stabilności systemów naturalnych i społecznych.

Zauważalny trend w ewolucji definicji zrównoważonego rozwoju to zwiększające się uznawanie konieczności adaptacji i innowacji, co może stanowić odpowiedź na wyzwania takie jak zmiany klimatyczne, degradacja środowiska czy nierówności społeczne. W definicjach odzwierciedlone jest przekonanie, że ciągła innowacyjność jest

niezbędna do utrzymania dynamiki rozwoju, która nie będzie dysharmonijna dla środowiska i społeczeństwa.

Potencjalne zagrożenia, jakie wyłaniają się z tej analizy, dotyczą możliwości, że bez odpowiedniego nacisku na innowacje i adaptację, tradycyjne modele rozwoju gospodarczego mogą nie zdołać sprostać wyzwaniom zrównoważonego rozwoju. Nadmierne skupienie na krótkoterminowych korzyściach gospodarczych może prowadzić do zaniedbania potrzeb środowiskowych i społecznych, co zagrażałoby trwałości i harmonii rozwoju.

W kierunku dalszego rozwoju koncepcji zrównoważonego rozwoju można przewidywać dalsze uwydatnianie roli innowacji technologicznych i organizacyjnych oraz kapitału ludzkiego. To właśnie innowacje, takie jak nowoczesne technologie energetyczne, zrównoważone systemy transportu czy inteligentne rozwiązania w zarządzaniu zasobami naturalnymi, mogą mieć potencjał napędzania rozwoju, który będzie równocześnie ekonomicznie efektywny, społecznie włączający i przyjazny dla środowiska.

## **1.2. Aspekty prawne zrównoważonego rozwoju**

Zrównoważony rozwój jest jednym z kluczowych kierunków współczesnej polityki społeczno-gospodarczej, co znajduje odzwierciedlenie w systemie prawnym. Regulacje prawne w tym zakresie mają na celu zapewnienie równowagi między rozwojem ekonomicznym, a ochroną zasobów naturalnych oraz dobrobytu przyszłych pokoleń.

Na przestrzeni ostatnich dekad powstało wiele aktów prawnych, zarówno na poziomie międzynarodowym, jak i krajowym, które tworzą ramy prawne dla realizacji idei zrównoważonego rozwoju.

Przyjęta w 1972 roku Deklaracja Sztokholmska, wynikająca z Konferencji Narodów Zjednoczonych na temat Środowiska Ludzkiego, zainicjowała ewolucję prawa międzynarodowego w zakresie ochrony środowiska. Dokument ten, określający 26 zasad, podkreślił konieczność integracji celów ekologicznych z rozwojem gospodarczym i społecznym, wprowadzając pojęcie zrównoważonego rozwoju. Mimo braku bezpośredniej mocy prawnej zobowiązującej do implementacji, inicjatywa ta, wpłynęła na kształtowanie krajowych i międzynarodowych regulacji prawnych, inspirując do rewizji ustawodawstwa środowiskowego. Deklaracja Sztokholmska przyczyniła się do powstania nowych pojęć w prawie międzynarodowym, takich jak zanieczyszczenie transgraniczne i zasady ostrożności, które stały się fundamentem

dla przyszłych regulacji. Wskazanie na nierozzerwalny związek między działalnością ludzką, a środowiskiem naturalnym zdefiniowało kierunki rozwoju prawodawstwa ochrony środowiska. Ponadto, inicjatywa ta doprowadziła do utworzenia Programu Narodów Zjednoczonych ds. Środowiska (UNEP), wzmacniając koordynację działań międzynarodowych na rzecz ochrony środowiska<sup>36</sup>.

Uchwalona w 1972 roku pod egidą UNESCO Konwencja o Ochronie Światowego Dziedzictwa Kulturowego i Naturalnego wprowadziła unifikację standardów oceny i ochrony zasobów o „wyjątkowej wartości uniwersalnej”. Podkreślenie konieczności współpracy międzynarodowej oraz zaangażowania zróżnicowanych podmiotów miało wpływ na podejście do ochrony dziedzictwa, promując transdyscyplinarną i partycypacyjną współpracę. Efektem podjętych działań było dostosowanie krajowych systemów prawnych do standardów międzynarodowych i inspiracja do tworzenia nowych instrumentów prawnych, co umocniło globalne prawo ochrony dziedzictwa jako element zrównoważonego rozwoju<sup>37</sup>.

W wyniku ustaleń przyjętych podczas Konwencji Bazylejskiej z 1989 roku, określono kluczowe międzynarodowe regulacje dotyczące transgranicznego przemieszczania odpadów niebezpiecznych oraz ich usuwania. Implementacja zasady uprzedniej pisemnej zgody (Prior Informed Consent - PIC) od państwa importującego, wymagana przed przekroczeniem granicy przez odpady, zwiększała transparentność i umożliwiała świadome podejmowanie decyzji o ich przyjęciu. Implementacja zasady PIC miała pośredni wpływ na wzrost tempa rozwoju krajowych rozwiązań w zakresie intensyfikacji działań związanych z przetwarzaniem odpadów i ograniczeniem ich eksportu do krajów sąsiadujących<sup>38</sup>.

Agenda 21, przyjęta w 1992 roku podczas Szczytu Ziemi w Rio de Janeiro, odegrała istotną rolę w definiowaniu zakresu i orientacji polityk oraz regulacji prawnych związanych z koncepcją zrównoważonego rozwoju. Dokument ten nie posiadał mocy prawnej, promował integrację aspektów środowiskowych, ekonomicznych i społecznych

---

<sup>36</sup> E. Morgera, *The progressive development of international biodiversity law from the 1972 Stockholm Conference to the synergistic protection of biodiversity and human rights, including at the ocean-climate nexus*, J Ebbesson and D Langlet (ads), *International Environmental Law in Perspective*, 2024, p. 4-8.

<sup>37</sup> R. W. Khalaf, *The implementation of the UNESCO World Heritage Convention: Continuity and compatibility as qualifying conditions of integrity*, *Heritage Vol. 3, Issue 2*, 2020, p. 384-389.

<sup>38</sup> M. Islam, *The Basel Convention on the control of transboundary movements of hazardous wastes and their disposal: Critical Analysis*, *International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation*, Vol. 1, Issue 2, 2020, p. 11-16.

oraz partycypację społeczną w procesie decyzyjnym. Stanowił punkt odniesienia dla krajowych strategii polityki zrównoważonego rozwoju, które z kolei implikowały w kierunku uchwalenia nowych ustaw i programów zorientowanych na ochronie środowiska i zrównoważonym zarządzaniu zasobami<sup>39</sup>.

Konwencja o Różnorodności Biologicznej (CBD), uchwalona w 1992 roku, ustanowiła międzynarodowe ramy prawne dla ochrony różnorodności biologicznej. Wprowadziła regulacje dotyczące zrównoważonego użytkowania zasobów genetycznych oraz mechanizmy zapewniające sprawiedliwy podział korzyści wynikających z ich eksploatacji. Stanowiły one punkt zwrotny dla rozwoju i implementacji nowych instrumentów prawnych, takich jak Protokół z Kartageny i Protokół z Nagoi<sup>40</sup>.

Ramowa Konwencja Narodów Zjednoczonych w sprawie Zmian Klimatu (UNFCCC), przyjęta w 1992 roku, wprowadziła systematyczne podejście do międzynarodowej współpracy mające na celu ograniczenie emisji gazów cieplarnianych oraz adaptację do zmian klimatu. W ramach konwencji ustanowiono mechanizmy wymagające od państw-stron regularnego raportowania na temat emitowanych gazów oraz podejmowanych działań redukcyjnych, co umożliwiło stworzenie globalnego systemu monitorowania. Implementacja zasady „wspólnej, ale zróżnicowanej odpowiedzialności” uwzględniała różnice w możliwościach i historii redukcji emisji między krajami, co umożliwiało proporcjonalne dostosowywanie wymogów względem poszczególnych gospodarek<sup>41</sup>.

Protokół z Kioto, ratyfikowany w 1997 roku, ustanowił prawnie obowiązujące cele redukcyjne emisji gazów cieplarnianych dla państw rozwiniętych. Wprowadzał zróżnicowane zobowiązania redukcyjne co umożliwiło wprowadzenie mechanizmów elastyczności, które pozwalały na realizację zobowiązań redukcyjnych poza granicami własnego kraju. Postanowienia protokołu z Kioto stanowiły punkt odniesienia intensyfikacji działań w zakresie klimatu poprzez wzmocnienie krajowych ustawodawstw i realizowanych polityk<sup>42</sup>.

---

<sup>39</sup> G. C. Bryner, *Agenda 21: Myth or Reality?*, [in:] *The Global Environment*, Routledge, 2023, p. 159-179.

<sup>40</sup> R. Frankham, *Evaluation of proposed genetic goals and targets for the Convention on Biological Diversity*, *Conservation Genetics*, Vol. 23, 2022, p. 867-879.

<sup>41</sup> T. Hickmann, O. Widerberg, M. Lederer, P. Pattberg, *The United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat as an orchestrator in global climate policymaking*, *International Review of Administrative Sciences*, Vol. 87, Issue 1, 2021, p. 24-34.

<sup>42</sup> M. Miyamoto, K. Takeuchi, *Climate agreement and technology diffusion: Impact of the Kyoto Protocol on international patent applications for renewable energy technologies*, *Energy policy*, Vol. 129, 2019, p. 1332-1335.

Millennialne Cele Rozwoju (MDGs), przyjęte w 2000 roku, koncentrowały zaangażowanie międzynarodowej społeczności na zdefiniowanych i mierzalnych celach rozwojowych. Brak obowiązującej mocy prawnej MDGs, skutkowało pośrednim wpływem na decydentów krajowych w zakresie przeglądu i reform polityk oraz ustawodawstwa w obszarach inherentnych dla rozwoju i ochrony środowiska<sup>43</sup>.

Porozumienie Paryskie, zawarte w 2015 roku, wyznaczyło cele mające na celu ograniczenie wzrostu globalnej temperatury, jednocześnie wspierając adaptację do zmian klimatu i promując rozwój niskoemisyjny. Mechanizm określonych krajowo wkładów (NDCs) nakładał na państwa obowiązek regularnego aktualizowania planów działań klimatycznych. Wdrożenie postanowień porozumienia spowodowało zmiany w krajowych regulacjach prawnych, przyspieszając procesy dekarbonizacji gospodarek oraz rozwój technologii odnawialnych<sup>44</sup>.

Cele Zrównoważonego Rozwoju (SDGs), uchwalone w 2015 roku, formułowały zintegrowany plan działań mający na celu osiągnięcie zrównoważonego rozwoju, który obejmował wymiary ekonomiczne, społeczne i środowiskowe. Mimo braku obligatoryjnych zaleceń, SDGs istotnie wpływały na procesy legislacyjne i formułowanie polityk, wspierając integrację zrównoważonych celów rozwojowych w systemach prawnych zarówno na poziomie międzynarodowym jak i krajowym<sup>45</sup>.

Analiza ewolucji prawnej dotyczącej zrównoważonego rozwoju na poziomie międzynarodowym przedstawia przejście od deklaracyjnych założeń do implementacji prawnie obowiązujących regulacji. Przedmiotowy rozwój charakteryzuje się wzrostem znaczenia prawnie obowiązujących zobowiązań, rozszerzeniem zakresu regulacji oraz wprowadzeniem szczegółowych mechanizmów kontroli. Porozumienie Paryskie z 2015 roku stanowi przykład, gdzie narzucono państwom obowiązek regularnej aktualizacji i raportowania swoich działań w ramach narodowo określonych wkładów (NDCs), co stanowi istotny element wpływający na przejrzystość i odpowiedzialność na poziomie globalnym. Obserwuje się także rozszerzenie zaangażowania różnorodnych podmiotów, w tym lokalnych społeczności, sektora prywatnego i organizacji pozarządowych,

---

<sup>43</sup> I. A. K. Muhamad, B. N. Rifdah, A. P. Hidayad, S. Kusdiwanggo, *Grasping The Essence of The Millennium Development Goals: A Literature Review*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, Vol. 1324, 2024, p. 1-6.

<sup>44</sup> C. F. Schleussner, G. Ganti, J. Rogelj, M. J. Gidden, *An emission pathway classification reflecting the Paris Agreement climate objectives*, Communications Earth & Environment, Vol. 3, 2022, p. 1-9.

<sup>45</sup> G. Ofori, *From the MDGs to the SDGs: The role of construction*, *The Elgar Companion to the Built Environment and the Sustainable Development Goal*, Edward Elgar Publishing, 2024, p. 23-31.

co sprzyja zastosowaniu bardziej partycypacyjnego modelu zarządzania środowiskowego. Integracja różnorodnych grup interesów i możliwych perspektyw jest niezbędna do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju, który łączy aspekty środowiskowe, ekonomiczne i społeczne. W kontekście międzynarodowym, obserwowalne jest dążenie do globalnej koordynacji działań, które mają na celu poprawę aktualnej sytuacji środowiskowej przy jednoczesnym braku nadmiernego obciążenia gospodarczego związanego z implementacją zakładanych wymogów.

W dalszej części analizy skoncentrowano się na prawodawstwie Unii Europejskiej, uwzględniając wybrane dyrektywy i regulacje w kolejności chronologicznej, mające wpływ na kształtowanie się polityki zrównoważonego rozwoju w państwach członkowskich.

Wprowadzenie rozdziału „Środowisko naturalne” przez Jednolity Akt Europejski z 17 lutego 1986 roku<sup>46</sup> stanowiło istotny etap w kształtowaniu systematycznej ochrony środowiska na poziomie europejskim. Nowelizacja Traktatu Rzymskiego oficjalnie włączyła ochronę środowiska do zakresu kompetencji wspólnoty europejskiej i stworzyła podstawę prawną dla dalszego rozwoju legislacji środowiskowej<sup>47</sup>.

Dyrektywa Siedliskowa (92/43/EWG) z 1992 roku stanowiła istotny element prawnej ochrony bioróżnorodności w Unii Europejskiej. Poprzez koncentrację na ochronie siedlisk naturalnych oraz dzikich gatunków zwierząt i roślin, dyrektywa ta zakładała opracowanie spójnej sieci obszarów ochronnych Natura 2000. Jest to unikatowy mechanizm ochrony ekosystemów, który umożliwia zachowanie biologicznej różnorodności przy jednoczesnym zapewnieniu zrównoważonego wykorzystania naturalnych zasobów przez człowieka. Efektem implementacji uchwalonych założeń było zwiększenie świadomości ekologicznej i promowanie metod ochrony środowiska, które są zgodne z zasadami zrównoważonego rozwoju.

Ramowa dyrektywa wodna (2000/60/WE) z 2000 roku<sup>48</sup> wprowadzała rozbudowany system zarządzania zasobami wodnymi w Europie, oparty na zasadzie zintegrowanego zarządzania dorzeczami rzek. Założeniem wdrażanych rozwiązań była nie tylko ochrona

---

<sup>46</sup> Single European Act, *OJ L 169*, 29.6.1987, 2024, p. 1-28.

<sup>47</sup> Z. Czachór, *Traktat o Unii Europejskiej z Maastricht i jego konsekwencje dla systemu integracyjnego. Ujęcie konstruktywistyczne*, *Studia Polityczne*, t. 51, Nr 3, 51(3), 2023, s. 41-44.

<sup>48</sup> Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, *OJ L 206*, 22.7.1992, p. 7-50.

jakości wód powierzchniowych i podziemnych, ale również zapewnienie ich zrównoważonego użytkowania. Poprzez ustanowienie ram dla zakresu działań wspólnoty w dziedzinie polityki wodnej, dyrektywa ta stanowiła punkt odniesienia względem określenia ram czasowych dla działań mających na celu poprawę jakości wód przy zastosowaniu spójnych miar umożliwiających obiektywną ocenę.

Dyrektywa w sprawie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych (2003/87/WE) z 2003 roku<sup>49</sup> wprowadzała innowacyjny ówczesnie system handlu uprawnieniami do emisji CO<sub>2</sub>, co stanowiło istotny krok w kierunku redukcji emisji gazów cieplarnianych i podjęcia aktywnych działań w zakresie realizowanej polityki zrównoważonego rozwoju. System ten, opierający się na mechanizmie „cap and trade”, oddziaływał determinująco na przedsiębiorstwa w kierunku inwestowania, w technologie niskoemisyjne.

Dyrektywa w sprawie ograniczenia emisji przemysłowych (2010/75/UE) z 2010 roku<sup>50</sup> oraz Dyrektywa w sprawie zarządzania odpadami (2008/98/WE) z 2008 roku<sup>51</sup> wprowadziły regulacje dotyczące emisji z dużych zakładów przemysłowych oraz ustanowiły ramy prawne dla generowania i zarządzania odpadami, co istotnie przyczyniło się do wzmocnienia europejskiego prawodawstwa w zakresie środowiskowym. Wdrażane rozwiązania skoncentrowane były na promowaniu i wspieraniu koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym.

Dyrektywa w sprawie oceny oddziaływania na środowisko (2011/92/UE<sup>52</sup>, zaktualizowana w 2014 jako 2014/52/UE<sup>53</sup>), poprzez wymóg przeprowadzania ocen dla projektów mogących znacząco wpływać na środowisko, wprowadzała mechanizm zapobiegawczy, który miał na celu identyfikację i minimalizację negatywnych skutków działalności gospodarczej jeszcze na etapie planowania przedsięwzięć gospodarczych.

---

<sup>49</sup> Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC, *OJ L 275*, 25.10.2003, p. 32-46.

<sup>50</sup> Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control), *OJ L 334*, 17.12.2010, p. 17-119.

<sup>51</sup> Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives, *OJ L 312*, 22.11.2008, p. 3-30.

<sup>52</sup> Directive 2011/92/EU of the European Parliament and of the Council of 13 December 2011 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment (codification), *OJ L 26*, 28.1.2012, p. 1-21.

<sup>53</sup> Directive 2014/52/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 amending Directive 2011/92/EU on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment, *OJ L 124*, 25.4.2014, p. 1-18.

Dyrektywa w sprawie efektywności energetycznej (2012/27/UE<sup>54</sup>, zaktualizowana w 2023) oraz Dyrektywa promująca odnawialne źródła energii (2009/28/WE<sup>55</sup>, zaktualizowana w 2023) stanowiły komplementarne elementy realizowanej polityki energetycznej UE, mające na celu redukcję zależności od paliw kopalnych, ograniczenie emisji gazów cieplarnianych i promowanie zrównoważonego wykorzystania zasobów. Poprzez ustanowienie wiążących celów, uchwalone akty prawne zobowiązywały kraje członkowskie do transformacji sektora energetycznego, jednocześnie stymulując inwestycje w zieloną energię.

Europejski Zielony Ład<sup>56</sup>, inicjatywa ustanowiona w celu redukcji emisji gazów cieplarnianych, w swych założeniach miała na celu promowanie wzrostu gospodarczą przez inwestycje w energię odnawialną, zrównoważony transport, rolnictwo ekologiczne i ochronę bioróżnorodności. Strategia ta wprowadziła liczne instrumenty prawne i finansowe, które wspierały przejście na technologie niskoemisyjne oraz promowały model gospodarki o obiegu zamkniętym. Skutkiem prawnych i politycznych inicjatyw wynikających z Europejskiego Zielonego Ładu była restrukturyzacja prawodawstwa unijnego i krajowego w kierunku integrującym cele środowiskowe z gospodarczymi.

Europejskie Prawo o Klimacie z 2021 roku<sup>57</sup>, ustanawiające ramy prawne dla osiągnięcia neutralności klimatycznej UE do 2050 roku, zobligowało prawnie państwa członkowskie do podjęcia efektywnych działań redukcyjnych oraz adaptacyjnych w związku z obserwowalnymi negatywnymi zmianami klimatycznymi. Przedmiotowa ustawa określając mierzalne cele, niejako wymusza na rządach państw członkowskich wdrożenie niezbędnych zmian w polityce energetycznej, przemysłowej, transportowej i rolniczej. Ponadto, ustawa wprowadza mechanizmy monitorowania, raportowania i weryfikacji postępów, celem zapewnienia przejrzystości i transparentności działań w ramach realizowanych krajowych polityk zrównoważonego rozwoju.

---

<sup>54</sup> Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, *OJ L 315*, 14.11.2012, p. 1-56.

<sup>55</sup> Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, *OJ L 140*, 5.6.2009, p. 16-62.

<sup>56</sup> Communication from the commission to the european parliament, the european council, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. The European Green Deal, *COM/2019/640 final*.

<sup>57</sup> Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999, PE/27/2021/REV/1, *OJ L 243*, 9.7.2021, p. 1-17.

Ewolucja podejścia w aspekcie prawnym do zrównoważonego rozwoju na poziomie Unii Europejskiej ujawnia znaczące przemiany, które obejmują zarówno ustawodawstwo, jak i politykę w zakresie ochrony środowiska, zarządzania zasobami naturalnymi oraz przeciwdziałania zmianom klimatycznym. Sukcesywnie wprowadzane dyrektywy, takie jak Dyrektywa w sprawie ograniczenia emisji przemysłowych oraz Dyrektywa w sprawie zarządzania odpadami, systematycznie zwiększały wymogi prawne, wprowadzając ścisłe regulacje dotyczące emisji z dużych zakładów przemysłowych oraz gospodarowania odpadami. Wspomniane ramy prawne promowały rozwój gospodarki o obiegu zamkniętym i minimalizację wpływu odpadów na środowisko. W 2009 roku, przyjęcie Pakietu klimatyczno-energetycznego 20/20/20 ustanowiło mierzalne cele dotyczące redukcji emisji, wsparcia dla odnawialnych źródeł energii oraz poprawy efektywności energetycznej, co przyczyniło się do kształtowania nowych kierunków polityki energetycznej i klimatycznej. Europejski Zielony Ład, zainaugurowany w 2019 roku, stanowił punkt zwrotny w kierunku większej integracji celów środowiskowych z polityką gospodarczą, wspierając przejście na niskoemisyjne technologie i zrównoważony rozwój w różnych sektorach gospodarki. Przedmiotowe działania mają na celu przekształcenie UE w gospodarkę konkurencyjną, gdzie wzrost gospodarczy jest odłączony od użytkowania i nadmiernej eksploatacji zasobów naturalnych.

Rozwój podejścia do zrównoważonego rozwoju w ramach Unii Europejskiej dostarcza wzorców do analizy prawodawstwa i polityk na poziomie krajowym. Kolejne etapy tej analizy będą poświęcone adaptacji i implementacji unijnych zasad oraz dyrektyw przez polskie prawodawstwo.

Analiza historycznego kontekstu zrównoważonego rozwoju w polskim systemie prawnym ujawnia ewolucję tego pojęcia od wzmianek w dokumentach do fundamentalnych zmian w krajowym prawodawstwie. Przyjęcie zasady zrównoważonego rozwoju jako jednej z kluczowych zasad w Konstytucji RP w 1997 roku<sup>58</sup> stanowiło punkt zwrotny w zakresie ustanowienia prawnej ochrony środowiska w Polsce. Zmiana ta miała na celu nie tylko integrację koncepcji zrównoważonego rozwoju z istniejącym prawodawstwem, ale również stworzenie silnych podstaw prawnych dla przyszłych regulacji środowiskowych.

---

<sup>58</sup> Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r., *Dz.U. 1997 nr 78 poz. 483*.

Artykuł 5 Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej<sup>59</sup> stanowi, że: „Rzeczpospolita Polska strzeże niepodległości i nienaruszalności swojego terytorium, zapewnia wolności i prawa człowieka i obywatela oraz bezpieczeństwo obywateli, strzeże dziedzictwa narodowego oraz zapewnia ochronę środowiska, kierując się zasadą zrównoważonego rozwoju”. Przytoczony zapis, umieszczony w rozdziale „Rzeczpospolita”, wstępnym rozdziale Konstytucji, ustanawia priorytetowe podejście zrównoważonego rozwoju w hierarchii wartości ustrojowych. Analizy dokonane w literaturze przedmiotu wskazują na kontrowersje dotyczące jurysdykcyjnego statusu zrównoważonego rozwoju, co ma bezpośrednie przełożenie na jego praktyczną implementację w polskim systemie prawnym. Dyskurs naukowy oscyluje wokół problematyki czy zasada ta powinna być interpretowana jako podstawowa norma prawna, wpisująca się w kanon zasad ustawodawczych, czy raczej jako wyznacznik polityki państwa, mający swoje odzwierciedlenie w specyficznych regulacjach prawnych<sup>60</sup>.

W kontekście niniejszej problematyki, ze względu na inne cele badawcze, szczegółowe omówienie przedmiotowego casusu zostanie wyłączone z dalszych rozważań, choć może stanowić istotny element w odmiennych badaniach. Dalsza część pracy skoncentruje się na ewolucji ustawodawstwa i jego adaptacji w ramach prawa krajowego, umożliwiając przeprowadzenie oceny wpływu wdrożonych przepisów na realizację zrównoważonego rozwoju.

---

<sup>59</sup> Tamże.

<sup>60</sup> A. Haładyj, *Zasady ogólne prawa ochrony środowiska na tle konstytucyjnej zasady zrównoważonego rozwoju*, [w:] A. Graczyk (red.), *Zrównoważony rozwój w teorii ekonomii i w praktyce*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu 2007, Nr 1190, s. 136.

B. Rakoczy, *Komentarz do art. 5 Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej, stan prawny 2013.11.25*, LEX.

J. Kielin-Maziarz, *Zasada zrównoważonego rozwoju-uwagi na tle jej miejsca w Konstytucji RP*, *Krytyka Prawa*, t. 12, Nr 1, 2020, s. 207-225.

M. Bar, J. Jendrośka, *Prawo ochrony środowiska. Podręcznik*, Centrum Prawa Ekologicznego, Wrocław 2005, s. 526.

M. Dobrzyński, J. Dorosz-Kuczyński, *Zasada zrównoważonego rozwoju w art. 5 Konstytucji RP i w prawie ochrony środowiska-uwagi na tle teoretyczno-prawnym*, [w:] J. Berezowski, H. A. Kretka (red.), *Zrównoważony rozwój-sustainable development-debiut naukowy 2016*, 2017, s. 13-19.

M. Tomaszuk, *Bezpośrednie stosowanie konstytucji RP jako wyraz zasady zrównoważonego rozwoju*, [w:] M. Staniszewski, H. A. Kretka (red.), *Zrównoważony rozwój i europejski zielony ład*, (red.), Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2021, s. 87-97.

P. Korzeniowski, *Zasady prawne ochrony środowiska*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2010, s. 207.

W. Kamiński, *Wybrane aspekty energetyki Polski wobec koncepcji zrównoważonego rozwoju*, *Zeszyty Studenckie Wydziału Ekonomicznego Uniwersytetu Gdańskiego Nasze Studia*, t. 13, 2023, s. 134-142.

Z. Bukowski, *Podstawy prawa ochrony środowiska dla administracji*, Oficyna Wydawnicza Włocławskiego Towarzystwa Naukowego, Włocławek, 2005, s. 34.

Idem, *Zrównoważony rozwój w systemie prawa*, Toruń, 2012, s. 457-458.

Zasada zrównoważonego rozwoju została precyzyjniej zdefiniowana i włączona do krajowego ustawodawstwa na mocy nowelizacji z dnia 29 sierpnia 1997 roku<sup>61</sup>. Wprowadziła zmiany do ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska oraz innych aktów prawnych, inkorporując definicję zrównoważonego rozwoju bezpośrednio do ustawy z dnia 31 stycznia 1980 roku o ochronie i kształtowaniu środowiska<sup>62</sup>. Implementacja przedmiotowej zasady miała na celu zapewnienie, że działania związane z ochroną środowiska będą prowadzone w sposób, który nie tylko chroni bieżące potrzeby społeczeństwa, ale także nie zagraża zdolności przyszłych pokoleń do zaspokojenia ich potrzeb. Dzięki nowelizacji, zasada zrównoważonego rozwoju stała się istotnym kryterium przy ocenie planów zagospodarowania przestrzennego, projektów budowlanych oraz innych działań mogących mieć wpływ na środowisko. Skutkiem prawnych zmian było również wzmocnienie mechanizmów kontroli i monitorowania wpływu przedsięwzięć gospodarczych na środowisko, co z kolei przyczyniło się do bardziej świadomego i odpowiedzialnego zarządzania zasobami naturalnymi.

Ustawa o ochronie gruntów rolnych i leśnych z 1995 roku<sup>63</sup> stanowiła ważny punkt zwrotny w kierunku instytucjonalizacji zasady zrównoważonego rozwoju w polskim systemie prawnym, szczególnie w kontekście zarządzania zasobami naturalnymi. Poprzez wprowadzenie precyzyjnych regulacji dotyczących ochrony gruntów rolnych i leśnych, ustawodawca dążył do zapewnienia długoterminowej równowagi między potrzebami gospodarczymi a koniecznością ochrony środowiska naturalnego. Wspomniany akt nakładał na właścicieli gruntów, użytkowników oraz organy administracji publicznej szereg obowiązków związanych z zachowaniem i optymalnym wykorzystaniem gruntów rolnych i leśnych, podkreślając ich znaczenie dla bezpieczeństwa ekologicznego i gospodarczego kraju. Zgodnie z treścią ustawy, każda działalność mogąca negatywnie wpłynąć na jakość tych gruntów podlegała szczegółowej ocenie i wymagała uzyskania stosownych pozwoleń. Implementacja przedmiotowych zapisów miała na celu przyczynić się do wzrostu efektywności ochrony gruntów rolnych i leśnych przed nadmierną eksploatacją i degradacją.

---

<sup>61</sup> Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o zmianie ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska oraz o zmianie niektórych ustaw, *Dz.U. 1997 nr 133 poz. 885*.

<sup>62</sup> Ustawa z dnia 31 stycznia 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska, tj. *Dz.U. 1994 nr 49 poz. 196*.

<sup>63</sup> Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych, tj. *Dz.U. 2024 poz. 82 z późn. zm.*

Ustawa Prawo ochrony środowiska z 2001 roku<sup>64</sup>, zaktualizowana przez liczne nowelizacje, stanowiła kluczowy element polskiego systemu prawnego dotyczącego ochrony środowiska. Jako kompleksowe rozwiązanie prawne, ustawa ta zapewniała ramy dla zrównoważonego zarządzania zasobami naturalnymi, ochrony ekosystemów oraz ograniczenia negatywnego wpływu działalności ludzkiej na środowisko. Zasady ogólne ustanowione w ustawie obejmowały szeroki zakres działań ochronnych, począwszy od kontroli zanieczyszczeń, przez ocenę oddziaływania na środowisko (OOS), aż po zarządzanie odpadami, co odzwierciedlało złożoność i wieloaspektowość podejścia do ochrony środowiska. Analizując skutki prawne tej ustawy, można zauważyć, że wprowadziła ona istotne zmiany w sposobie, w jaki przedsiębiorstwa i instytucje publiczne muszą uwzględniać kwestie środowiskowe. Wprowadzenie obowiązku przeprowadzania ocen oddziaływania na środowisko dla określonych projektów i inwestycji, w szczególności tych mogących znacząco wpłynąć na środowisko, stanowiło istotny mechanizm prewencyjny. Pozwalał on na wczesne zidentyfikowanie potencjalnych zagrożeń i zastosowanie odpowiednich środków minimalizujących negatywne skutki. Dodatkowo, ustawa wzmocniła system kontroli zanieczyszczeń, ustanawiając bardziej rygorystyczne normy emisyjne dla zanieczyszczeń powietrza, wody i gleby. Kluczowym aspektem było również kompleksowe uwzględnienie aspektu gospodarki odpadami, w tym promowanie zasad gospodarki obiegu zamkniętego. Przepisy dotyczące segregacji, recyklingu oraz odzysku odpadów miały na celu zmniejszenie ilości odpadów trafiających na składowiska, co miało przyczynić się do ochrony zasobów naturalnych i zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych. Ustawa Prawo ochrony środowiska odgrywała również istotną rolę w promowaniu świadomości ekologicznej i edukacji środowiskowej, co było niezbędne dla budowania kultury zrównoważonego rozwoju w społeczeństwie. Przepisy te zachęcały do aktywnego udziału społeczeństwa w procesach ochrony środowiska i udzielając obywatelom narzędzi prawnych do działania na rzecz środowiska, np. poprzez możliwość uczestnictwa w procedurach OOS.

Ustawa o ochronie przyrody z 2004 roku<sup>65</sup>, uchwalona przez polski parlament i wielokrotnie nowelizowana, stanowiła jeden z filarów krajowego systemu prawnego w zakresie ochrony środowiska naturalnego. Jest to kompleksowy akt prawny, który

---

<sup>64</sup> Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, tj. *Dz.U. 2025 poz. 647 z późn. zm.*

<sup>65</sup> Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, tj. *Dz.U. 2024 poz. 1478 z późn. zm.*

w sposób szczegółowy reguluje kwestie ochrony różnorodności biologicznej i zachowania naturalnego dziedzictwa kraju. Przepisy ustawy koncentrują się na ochronie gatunków fauny i flory, a także na zachowaniu cennych przyrodniczo obszarów poprzez tworzenie i zarządzanie formami ochrony przyrody, takimi jak parki narodowe, rezerваты przyrody, parki krajobrazowe oraz obszary chronionego krajobrazu. Wprowadzenie tej ustawy miało kluczowe znaczenie dla systematyzacji i wzmocnienia ochrony przyrody w Polsce. Ustawa określała mechanizmy prawne umożliwiające skuteczne zachowanie bioróżnorodności oraz naturalnych ekosystemów, stanowiąc odpowiedź na rosnące wyzwania związane z degradacją środowiska naturalnego i utratą gatunków. Jednym z głównych celów ustawy było zapewnienie ochrony gatunków zagrożonych i ich siedlisk, co ma bezpośredni wpływ na utrzymanie równowagi ekologicznej i zrównoważonego wykorzystania zasobów naturalnych. Ustawa o ochronie przyrody wprowadzała również zasady dotyczące ochrony krajobrazu, podkreślając znaczenie zachowania charakterystycznych cech i walorów krajobrazowych Polski. Poprzez system parków narodowych i rezerwatów przyrody, ustawa przyczyniła się do zachowania unikalnych wartości przyrodniczych, kulturowych i naukowych dla przyszłych pokoleń. Ponadto, ustawodawstwo to promuje edukację ekologiczną i świadomość społeczną w zakresie ochrony przyrody. Analiza skutków prawnych ustawy o ochronie przyrody ujawnia jej znaczący wpływ na konsolidację i rozwój krajowych ram ochrony środowiska. Ustawa stanowi podstawę prawną dla działań ochronnych realizowanych przez administrację rządową, samorządy oraz organizacje pozarządowe. Jest również istotna dla procesów decyzyjnych związanych z planowaniem przestrzennym, inwestycjami i gospodarką zasobami naturalnymi, wprowadzając kryteria ochrony przyrody do oceny oddziaływania na środowisko.

Ustawa o odpadach z 2013 roku<sup>66</sup>, później modyfikowana przez kolejne nowelizacje, stanowiła istotny element prawny regulujący zarządzanie odpadami w Polsce. Uchwalono ją w celu usprawnienia procesów związanych z gospodarowaniem odpadami, uwzględniając szczególny nacisk na ich redukcję, ponowne wykorzystanie, recykling oraz inne metody odzysku. Przedmiotowy akt prawny miał na celu nie tylko minimalizację negatywnego wpływu odpadów na środowisko, ale również efektywne wykorzystanie zasobów naturalnych. Ustawa wprowadziła również zaostrzone wymogi

---

<sup>66</sup> Ustawa z dnia 13 czerwca 2013 r. o gospodarce opakowaniami i odpadami opakowaniowymi, tj. *Dz.U. 2025 poz. 870 z późn. zm.*

dotyczące segregacji odpadów, zarówno dla gospodarstw domowych, jak i przedsiębiorstw. Dzięki temu, zwiększyła się ilość odpadów poddawanych recyklingowi, co przyczyniło się do ograniczenia ilości odpadów trafiających na składowiska oraz do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych związanych z zarządzaniem odpadami. Implementacja nowych regulacji miała również wpływ na rozwój rynku recyklingu i odzysku w Polsce, stwarzając nowe możliwości biznesowe i zachęcając do inwestycji w nowoczesne technologie przetwarzania odpadów. Przyczyniła się również do wzrostu świadomości ekologicznej społeczeństwa, podkreślając znaczenie odpowiedzialnego gospodarowania odpadami i ich segregacji.

Ustawa z dnia 25 stycznia o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach, wprowadzona w 2013 roku<sup>67</sup>, stanowiła kluczowy element systemu zarządzania odpadami komunalnymi w Polsce. Została ona stworzona w celu usprawnienia procesów związanych z gospodarowaniem odpadami na poziomie lokalnym, a szczególny nacisk położono na promowanie segregacji odpadów. Cel ten wpisuje się w szerszą strategię zrównoważonego rozwoju, mając na celu nie tylko poprawę stanu środowiska, ale również efektywniejsze wykorzystanie zasobów. Analizując skutki prawne ustawy, zauważyć można, iż przyczyniła się ona do znaczących zmian w podejściu gmin do zagadnienia odpadów komunalnych. Wprowadzenie obowiązku segregacji odpadów u źródła, czyli w gospodarstwach domowych, a także wprowadzenie opłat za gospodarowanie odpadami, które różnicowane są w zależności od stopnia segregacji, stanowiły silne narzędzia motywujące do odpowiedzialnego zachowania. Dzięki ustawie, samorządy lokalne uzyskały narzędzia do bardziej efektywnego zarządzania systemami odbioru i przetwarzania odpadów, co przełożyło się na znaczącą poprawę jakości usług komunalnych. Ustawa wprowadziła również szereg regulacji dotyczących funkcjonowania punktów selektywnego zbierania odpadów komunalnych (PSZOK), co umożliwiło mieszkańcom łatwiejszy dostęp do infrastruktury niezbędnej do prawidłowej segregacji odpadów. W kontekście prawnym, ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach wyznaczyła standardy w zakresie odpowiedzialności zarówno gmin, jak i mieszkańców za stan środowiska lokalnego. Z jednej strony zobowiązuje ona gminy do zapewnienia odpowiedniej infrastruktury i usług związanych z gospodarowaniem odpadami, z drugiej zaś strony wprowadza dla

---

<sup>67</sup> Ustawa z dnia 25 stycznia 2013 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach, tj. *Dz.U. 2013 poz. 228 z późn. zm.*

mieszkańców obowiązek segregacji odpadów, co jest warunkiem korzystania z systemu gospodarowania odpadami na preferencyjnych warunkach.

Ustawa o odnawialnych źródłach energii z 2015 roku<sup>68</sup> stanowiła przełomowy akt prawny w kontekście polskiego sektora energetycznego, stanowiąc fundamenty zrównoważonego rozwoju energetycznego kraju. Przedmiotowy dokument, wprowadzając system wsparcia finansowego dla inwestycji w technologie odnawialne, takie jak energia słoneczna, wiatrowa, biomasa czy geotermalna, umożliwił dynamiczny rozwój sektora OZE w Polsce. Wśród kluczowych rozwiązań zawartych w ustawie znajdują się m.in. system aukcyjny dla nowych instalacji OZE, taryfy gwarantowane dla mniejszych projektów, a także rozwiązania wspierające prosumentów, czyli producentów energii, którzy sami jej używają. Zawarte zapisy pośrednio przyczyniły się do znacznego wzrostu liczby projektów związanych z odnawialnymi źródłami energii, co miało bezpośrednie przełożenie na zwiększenie udziału OZE w bilansie energetycznym Polski. Skutkiem realizacji wzmożonej liczby projektów oraz inwestycji było wygenerowanie nowych możliwości gospodarczych i miejsc pracy w sektorze zielonych technologii, stymulując rozwój innowacyjności i konkurencyjności polskiej gospodarki. Wprowadzone w ustawie mechanizmy wspierające prosumentów umożliwiły obywatelom aktywne uczestnictwo w transformacji energetycznej, co stanowiło ważny krok w kierunku demokratyzacji dostępu do energii.

Ustawa o efektywności energetycznej z 2016 roku<sup>69</sup> stanowiła ważny element krajowej strategii zrównoważonego rozwoju, koncentrując uwagę na racjonalizacji zużycia energii oraz promowania działań mających na celu zwiększenie efektywności energetycznej w polskiej gospodarce. Działania te odpowiadały zarówno na potrzeby ochrony środowiska, jak i na wyzwania ekonomiczne, stawiane przed Polską w kontekście transformacji energetycznej i zobowiązań międzynarodowych. Mechanizmy i obowiązki ustanowione przez ustawę miały fundamentalne znaczenie dla poprawy efektywności energetycznej w sektorze publicznym, przemysłowym, jak również wśród indywidualnych konsumentów. Przeprowadzanie obowiązkowych audytów energetycznych w przedsiębiorstwach o znaczącym zużyciu energii umożliwiało identyfikację potencjalnych oszczędności oraz zachęcało do wdrażania nowoczesnych rozwiązań technologicznych, które minimalizowały straty energetyczne. Ponadto,

---

<sup>68</sup> Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii, tj. *Dz.U. 2024 poz. 1361 z późn. zm.*

<sup>69</sup> Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej, tj. *Dz.U. 2025 poz. 711 z późn. zm.*

wprowadzenie obowiązków dotyczących systemów zarządzania energią w dużych firmach sprzyjało ciągłej optymalizacji procesów energetycznych, co przekładało się na bezpośrednie korzyści finansowe i redukcję emisji szkodliwych gazów. Istotnym aspektem ustawy jest również promowanie odpowiedzialności społecznej i ekonomicznej, co w dłuższej perspektywie miało na celu przyczynienie się do budowania gospodarki niskoemisyjnej, odpowiadającej na wyzwania zmiany klimatu i ograniczenia zasobów naturalnych. Przedmiotowa ustawa, poprzez zwiększenie efektywności energetycznej, odgrywa kluczową rolę w realizacji krajowych celów związanych z redukcją emisji gazów cieplarnianych oraz osiągnięciem neutralności klimatycznej, zgodnie z długoterminową strategią zrównoważonego rozwoju Polski i zobowiązaniami międzynarodowymi.

Ustawy i rozporządzenia dotyczące ochrony środowiska i walki ze zmianami klimatu w Polsce, przyjęte w latach 2021-2024<sup>70</sup>, stanowią ważne elementy funkcjonującego

---

<sup>70</sup> Ustawa z dnia 15 kwietnia 2021 r. o zmianie ustawy o systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2021 poz. 1047 z późn. zm.*

Ustawa z dnia 24 czerwca 2021 r. o zmianie ustawy o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko, tj. *Dz.U. 2021 poz. 1211 z późn. zm.*

Ustawa z dnia 2 grudnia 2021 r. o zmianie ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2021 poz. 2269 z późn. zm.*

Ustawa z dnia 13 stycznia 2022 r. o zmianie ustawy - Prawo wodne oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2022 poz. 258 z późn. zm.*

Ustawa z dnia 9 czerwca 2022 r. o zmianie ustawy - Prawo geologiczne i górnicze oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2022 poz. 1504 z późn. zm.*

Ustawa z dnia 7 lipca 2022 r. o zmianie ustawy - Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2022 poz. 1576 z późn. zm.*

Ustawa z dnia 22 lipca 2022 r. o zmianie niektórych ustaw w celu przeciwdziałania przestępczości środowiskowej, tj. *Dz.U. 2022 poz. 1726 z późn. zm.*

Ustawa z dnia 9 marca 2023 r. o zmianie ustawy o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2023 poz. 553 z późn. zm.*

Ustawa z dnia 14 kwietnia 2023 r. o zmianie ustawy o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2023 poz. 877 z późn. zm.*

Ustawa z dnia 13 lipca 2023 r. o zmianie ustawy o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2023 poz. 1890 z późn. zm.*

Rozporządzenie Ministra Funduszy i Polityki Regionalnej z dnia 7 listopada 2023 r. w sprawie udzielania pomocy inwestycyjnej na remediację szkód wyrządzonych środowisku, rekultywację zdegradowanych siedlisk przyrodniczych i ekosystemów, ochronę lub odbudowę bioróżnorodności lub ekosystemów oraz wdrażanie rozwiązań opartych na zasobach przyrody w celu łagodzenia zmiany klimatu i przystosowywania się do niej w ramach regionalnych programów na lata 2021-2027, tj. *Dz.U. 2023 poz. 2451.*

Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 15 lutego 2024 r. w sprawie szczegółowych warunków udzielania przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej horyzontalnej pomocy publicznej na inwestycje służące redukcji emisji zanieczyszczeń, inwestycje w ekologiczne pojazdy, inwestycje wspierające efektywność energetyczną, inwestycje dotyczące naprawy szkód wyrządzonych środowisku, ochrony przyrody oraz łagodzenia zmian klimatu, inwestycje w efektywne

systemu prawnego. Akty te obejmują zarówno zmiany w systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych, jak i ustawy związane z ochroną środowiska, elektromobilnością oraz paliwami alternatywnymi. Szereg tych zmian ma na celu zapewnienie skutecznego wdrażania zarówno krajowych, jak i międzynarodowych zobowiązań dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz adaptacji do zmian klimatu. Przyjęte regulacje wpisują się w globalne tendencje prawne, kładąc fundament pod kompleksowe i zintegrowane podejście do problematyki zmian klimatycznych, jednocześnie ustanawiając podstawę dla przyszłych działań legislacyjnych i wykonawczych. Przez określenie jasnych celów i mechanizmów redukcji emisji, ustawy te determinują sektor prywatny i publiczny do inwestowania w technologie przyjazne dla środowiska i rozwijania projektów, które przyczyniają się do zrównoważonego rozwoju. Istotnym aspektem ustaw jest również wprowadzenie ram prawnych dla działań adaptacyjnych, mających na celu zminimalizowanie negatywnych skutków zmian klimatu dla gospodarki i społeczeństwa. Wprowadzenie takich regulacji ma również znaczący wpływ na kształtowanie świadomości społecznej i kultury prawnej w zakresie ochrony środowiska, promując odpowiedzialne postawy i zachowania proekologiczne.

Analiza polskiego ustawodawstwa w zakresie zrównoważonego rozwoju ilustruje zintegrowane podejście do ochrony środowiska naturalnego, zarządzania zasobami oraz przeciwdziałania zmianom klimatycznym. Wśród ustaw, które obejmują rozmaite aspekty zarządzania środowiskowego, od ochrony gruntów rolnych i leśnych, przez ochronę bioróżnorodności, po zarządzanie odpadami i efektywność energetyczną - manifestuje się zaangażowanie Polski w realizację zasad zrównoważonego rozwoju. Jednym z kluczowych elementów tego ustawodawstwa jest tworzenie solidnych ram prawnych na rzecz ochrony środowiska naturalnego oraz promowania zrównoważonego wykorzystywania zasobów. Ustawy takie jak o ochronie gruntów rolnych i leśnych, o ochronie przyrody czy Prawo ochrony środowiska odzwierciedlają strategiczne zaangażowanie w zachowanie ekosystemów naturalnych i bioróżnorodności, kluczowych dla zrównoważonego rozwoju narodowego. Stan polskiej legislacji odpowiada także na aktualne wyzwania związane z zarządzaniem odpadami i transformacją energetyczną. Ustawy o odpadach oraz o utrzymaniu czystości i porządku w gminach wprowadzają zaawansowane strategie zarządzania odpadami, koncentrując się na ich redukcji,

---

gospodarowanie zasobami, inwestycje w infrastrukturę energetyczną oraz na badania i usługi doradcze dotyczące ochrony środowiska i kwestii energetycznych, tj. *Dz.U. 2024 poz. 198*.

ponownym wykorzystaniu i recyklingu. Z kolei ustawy o odnawialnych źródłach energii oraz o efektywności energetycznej podkreślają istotność przejścia na czyste i odnawialne źródła energii oraz zwiększenia efektywności energetycznej jako kluczowych strategii zrównoważonego rozwoju energetycznego. W kontekście regulacji klimatycznych, serie wprowadzonych aktów z lat 2021- 2023 odnoszą się do zobowiązań Polski w zakresie redukcji emisji, adaptacji do zmian klimatycznych oraz wspierania innowacji technologicznych w gospodarce. Integracja działań klimatycznych z innymi aspektami zarządzania środowiskowego i gospodarczego w Polsce wskazuje, że zrównoważony rozwój jest rozumiany nie tylko jako ochrona środowiska, ale również jako element kluczowy dla długoterminowego rozwoju społeczno-gospodarczego kraju.

### **1.3. Wyzwania środowiskowe w koncepcji zrównoważonego rozwoju**

Obecnie identyfikowane wyzwania globalne związane z degradacją środowiska naturalnego występują w dwóch głównych formach: systemowej i kumulatywnej<sup>71</sup>. Zagrożenia o charakterze systemowym, takie jak zmiany klimatyczne, oddziałują na całość globalnego ekosystemu, wprowadzając znaczące zakłócenia w jego funkcjonowaniu. Z kolei zagrożenia kumulatywne odnoszą się do takich zjawisk jak degradacja poszczególnych ekosystemów, deforestacja, zanieczyszczenie zasobów wodnych oraz akumulacja toksycznych odpadów przemysłowych, które prowadzą do coraz większego obciążenia ekologicznego. Pomimo złożoności tych ryzyk, percepcja społeczna nierzadko bywa ograniczona. Kompleksowość zagadnień ekologicznych oraz ich długotrwałe skutki nie są bezpośrednio postrzegane przez społeczeństwo. Najbardziej drastyczne i widoczne skutki zanieczyszczeń oraz zmian klimatycznych, mimo ich obserwacji, znajdują się poza głównym obszarem zainteresowania mediów i często występują w miejscach odległych o tysiące kilometrów od największych skupisk

---

<sup>71</sup> J. Bi, Yang, M. Liu, Z. Ma, W. Fang, *Toward systemic thinking in managing environmental risks*, Engineering, Vol. 7, Issue 11, 2021, p. 1518-1521.

O. Renn, M. Laubichler, K. Lucas, W. Kröger, J. Schanze, R. W. Scholz, P. J. Schweizer, *Systemic risks from different perspectives*, Risk analysis, Vol. 42, Issue 9, 2022, p. 1904-1914.

A. Kahuthu, *Economic growth and environmental degradation in a global context*, Environment, Development and Sustainability, Vol. 8, 2006, p. 56-61.

F. Chien, T. Ajaz, Z. Andlib, K. Y. Chau, P. Ahmad, A. Sharif, *The role of technology innovation, renewable energy and globalization in reducing environmental degradation in Pakistan: a step towards sustainable environment*, Renewable Energy, Vol. 177, 2021, p. 308-317.

T. S. Adebayo, D. Kirikkaleli, *Impact of renewable energy consumption, globalization, and technological innovation on environmental degradation in Japan: application of wavelet tools*, Environment, Development and Sustainability, Vol. 23, 2021, p. 4-10.

zamieszkałej populacji, co może prowadzić do kreowania iluzorycznego poczucia bezpieczeństwa<sup>72</sup>.

Globalne zagrożenia środowiskowe, które charakteryzują się swoją nieodwracalnością i niepewnością, stanowią znaczące wyzwanie dla zrównoważonego rozwoju. Analizy tych zagrożeń ujawniają ich pięciowymiarową strukturę, gdzie każdy z wymiarów wywiera znaczący wpływ na globalne strategie adaptacyjne oraz polityki zarządzania ryzykiem<sup>73</sup>. Wśród nich znajduje się charakter ostateczny zmian środowiskowych, które, będąc nieodwracalne, stawiają ludzkość przed scenariuszem, w którym brak odpowiednich działań może skutkować katastrofalnymi konsekwencjami dla życia na Ziemi. Nieodwracalność tych zmian podkreśla pilność i znaczenie odpowiedzialnego działania. Niepewność przewidywań wynika ze skomplikowanego charakteru procesów środowiskowych, których analiza wymaga zaawansowanej wiedzy eksperckiej. Mimo dostępności specjalistycznych badań i modeli, prognozy czasami okazują się błędne lub niewystarczające, co wprowadza element niepewności w procesie podejmowania decyzji. Nierównomierna dystrybucja konsekwencji zmian klimatycznych i ekologicznych w wymiarze globalnym prowadzi do zróżnicowanego poziomu wpływu i percepcji zagrożeń. Różnice w stopniu narażenia na skutki degradacji środowiska w poszczególnych regionach geograficznych utrudniają formułowanie jednolitych strategii działania. Wrażliwość i podatność społeczno-ekonomiczna społeczeństw na zagrożenia środowiskowe zależą od ich warunków społeczno-ekonomicznych oraz infrastrukturalnych. Regiony uboższe i mniej rozwinięte technologicznie są często bardziej podatne na negatywne skutki zmian środowiskowych. Istnieje potrzeba „negocjacji przyszłości” w obliczu systemowych zagrożeń, takich jak emisja gazów cieplarnianych, co implikuje konieczność współpracy i tworzenia zintegrowanych

---

<sup>72</sup> M. A. K. Burki, U. Burki, U. Najam, *Environmental degradation and poverty: A bibliometric review*, *Regional Sustainability*, Vol. 2, Issue 4, 2021, p. 326-329.

<sup>73</sup> S. Klinsky, T. Roberts, S. Huq, C. Okereke, P. Newell, P. Dauvergne, S. Bauer, *Why equity is fundamental in climate change policy research*, *Global Environmental Change*, Vol. 44, 2017, p.170-173.

E. P. Joakim, L. Mortsch, G. Oulahan, *Using vulnerability and resilience concepts to advance climate change adaptation*, *Environmental Hazards and Resilience*, Routledge, 2021, p.15-19.

C. Folke, *Social-ecological resilience and behavioural responses, Individual and structural determinants of environmental practice*, Routledge, 2017, p. 229-239.

R. E. Diaz Caravantes, *Vulnerabilidad y riesgo como conceptos indisociables para el estudio del impacto del cambio climático en la salud*, *Región y sociedad*, Vol. 30, No. 73, 2018, p. 3-11.

J. I. Gabella, F. M. Zimmermann, *Territorial management, environmental degradation and resilience in rural areas of the Argentinian temperate arid diagonal*, *American Journal of Rural Development*, Vol. 4, 2016, p. 50-55.

polityk środowiskowych<sup>74</sup>. W erze globalizacji gospodarka światowa może być przyrównana do złożonego systemu naczyń połączonych, gdzie każde działanie w jednej sferze wpływa na całość<sup>75</sup>. Znaczącym aspektem tych wzajemnych wpływów są współzależności ekologiczne, które stanowią jedne z najważniejszych wyzwań dla współczesnej ludzkości. Problemy te obejmują wzrost liczby ludności cierpiącej na głód, globalne zwiększenie cen żywności, jak również nasilające się susze, katastrofy naturalne oraz anomalie klimatyczne. Zgodne z prognozami klimatologicznymi, niewykluczony jest wzrost częstotliwości i natężenia tych zjawisk w przyszłości, co wskazuje na rosnące wyzwania, przed obecnymi i przyszłymi decydentami politycznymi<sup>76</sup>.

Zmiana klimatu ściśle powiązana jest z procesem absorpcji i emisji energii słonecznej przez Ziemię, co determinuje zjawiska atmosferyczne, a przede wszystkim efekt cieplarniany. Energia słoneczna, docierająca do Ziemi, stanowi główne źródło ciepła i światła, niezbędne do podtrzymania życia. Około 25-30% tej energii jest odbijane z kierunku przestrzeni kosmicznej przez atmosferę, chmury oraz powierzchnię ziemi, zwłaszcza te pokryte lodem lub śniegiem, podczas gdy pozostała część energii jest absorbowana przez powierzchnię planety, która następnie emituje ją w postaci promieniowania podczerwonego<sup>77</sup>. Gazy cieplarniane obecne w atmosferze, takie jak para wodna, dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>) i metan (CH<sub>4</sub>), odgrywają kluczową rolę w utrzymaniu ciepła na Ziemi poprzez absorpcję i reemisję promieniowania podczerwonego. Funkcjonują one jako osłona, która umożliwia utrzymanie wyższej temperatury na powierzchni Ziemi, niż miałyby to miejsce w przypadku ich braku. Para wodna jest najbardziej efektywnym gazem cieplarnianym, a jej zawartość w atmosferze zależy bezpośrednio od temperatury. Wysoka temperatura powoduje zwiększone parowanie wody, skutkując wzrostem ilości pary wodnej w atmosferze. Dwutlenek węgla, będący po parze wodnej drugim najważniejszym gazem cieplarnianym, ma swoją

---

<sup>74</sup> J. X. Kasperson, R. E. Kasperson, B. L. Turner, W. Hsieh, A. Schiller, *Vulnerability to global environmental change, Social contours of risk*, Routledge, 2022, p. 247-278.

<sup>75</sup> V. Galaz, J. Tallberg, A. Boin, C. Ituarte-Lima, E. Hey, P. Olsson, F. Westley, *Global governance dimensions of globally networked risks: The state of the art in social science research*, Risk, Hazards & Crisis in Public Policy, Vol. 8, Issue 1, 2017, p. 6-17.

<sup>76</sup> N. Watts, M. Amann, N. Arnell, S. Ayeb-Karlsson, J. Beagley, K. Belesova, A. Costello, *The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises*, The Lancet, Vol. 397, Issue 10269, 2021, p. 131-145.

W. J. Ripple, C. Wolf, T. M. Newsome, P. Barnard, W. R. Moomaw, *World scientists' warning of a climate emergency*, BioScience, Vol. 70, No. 1, 2020, p. 12-26.

<sup>77</sup> D. W. Kweku, O. Bismark, A. Maxwell, K. A. Desmond, K. B. Danso, E. A. Oti-Mensah, B. B. Adormaa, *Greenhouse effect: greenhouse gases and their impact on global warming*, Journal of Scientific research and reports, Vol. 17, 2018, p. 5-9.

koncentrację w atmosferze znacząco zwiększoną w wyniku spalania paliw kopalnych oraz wylesiania, co przyczynia się do intensyfikacji efektu cieplarnianego. Metan, choć mniej obfity w atmosferze niż CO<sub>2</sub>, jest gazem cieplarnianym o znacznie większej efektywności w pochłanianiu ciepła na jednostkę masy, co czyni go ważnym składnikiem wpływającym na zmiany klimatyczne<sup>78</sup>.

Gleba, będąca kluczowym elementem ekosystemu Ziemi, pełni inherentną rolę w utrzymaniu życia roślinnego, a przez to również ludzkiego. Współczesne wyzwania związane z intensyfikacją rolnictwa, deforestacją, urbanizacją oraz eksploatacją przemysłową prowadzą do degradacji gleby, w tym do desertyfikacji, co stanowi jedno z istotnych zagrożeń dla zrównoważonego rozwoju<sup>79</sup>. Desertyfikacja gleb to proces, w którym tereny rolnicze, pierwotnie zdadne do użytku, przekształcają się w pustynie. Jest to zjawisko wynikające zarówno z naturalnych czynników, takich jak zmiany klimatyczne i erozja, jak i czynników antropogenicznych, w tym nieodpowiednich metod uprawy, nadmiernej eksploatacji gleby oraz zanieczyszczeń przemysłowych. Intensywna uprawa roślin energetycznych czy eksploatacja surowców mineralnych prowadzi do szybkiego wyczerpywania składników odżywczych w glebie, co w dłuższym okresie uniemożliwia jej naturalną regenerację. Wpływ procesów przemysłowych, takich jak górnictwo czy wydobywanie ropy naftowej oraz niewłaściwe praktyki rolnicze w formie nadmiernej irygacji, przyczyniają się do zanieczyszczania gleby i jej erozji. Zanieczyszczenia chemiczne powodują zasolenie i zaburzenia przepuszczalności gleby, ograniczając dostęp roślin do wody i składników odżywczych<sup>80</sup>.

Deforestacja, definiowana jako trwała utrata lasów na rzecz innych form użytkowania gruntów, wpływa bezpośrednio na globalny klimat, zmniejszając zdolność lasów do sekwestracji dwutlenku węgla i zwiększając emisję przedmiotowego gazu do atmosfery, co wynika z uwalniania nagromadzonych zasobów węgla w wyniku intensywnych wycinek drzew. Szacuje się, że deforestacja przyczynia się do około

---

<sup>78</sup> A. Mikhaylov, N. Moiseev, K. Aleshin, T. Burkhardt, *Global climate change and greenhouse effect*, Entrepreneurship and Sustainability Issues, Vol. 7, No. 4, 2020, p. 2898-2901.

J. W. Akitt, *Some observations on the greenhouse effect at the Earth's surface*, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, Vol. 188, 2018, p. 127-134.

<sup>79</sup> A. Khanamani, H. Fathizad, H. Karimi, S. Shojaei, *Assessing desertification by using soil indices*, Arabian Journal of Geosciences, Vol. 10, 2017, p.3-8.

<sup>80</sup> Z. Haj-Amor, T. Araya, D. G. Kim, S. Bouri, J. Lee, W. Ghiloufi, R. Lal, *Soil salinity and its associated effects on soil microorganisms, greenhouse gas emissions, crop yield, biodiversity and desertification: A review*, Science of The Total Environment, Vol. 843, 2022, p. 4-8.

F. C. Castro, A. M. D. Santos, *Salinity of the soil and the risk of desertification in the semiarid region*, Mercator Fortaleza, Vol. 19, 2020, p. 3-8.

kilkunastu procent globalnej emisji gazów cieplarnianych spowodowanych działalnością człowieka<sup>81</sup>.

Produkcja biopaliw, która została pierwotnie uznana za ekologicznie korzystną alternatywę dla paliw kopalnych, przekształciła się w jedno z najistotniejszych wyzwań ekologicznych, społecznych i gospodarczych współczesności. Wpływa ona znacząco na sektor rolniczy oraz globalne rynki żywności, wywołując nieprzewidziane skutki<sup>82</sup>. Taka alokacja zasobów rolnych, które mogłyby być przeznaczone na produkcję żywności, stanowi istotne obciążenie. Konwersja rozległych obszarów gruntów rolnych na plantacje energetyczne prowadzi do ograniczenia dostępności tych gruntów dla tradycyjnego rolnictwa, co jest jednym z czynników wzrostu cen podstawowych produktów żywnościowych<sup>83</sup>. Taki wzrost cen jest szczególnie odczuwalny w krajach rozwijających się, gdzie znacząca część dochodów ludności jest przeznaczana na zakup żywności. Paradoksalnie, mimo że biopaliwa były promowane jako element zrównoważonego rozwoju, w praktyce przyczyniają się one do zaostrzenia problemów żywnościowych oraz pogłębienia ubóstwa i niedożywienia na świecie. Mimo że biopaliwa są reklamowane jako bardziej ekologiczne niż paliwa kopalne, ich produkcja i użytkowanie również generują emisję dwutlenku węgla, szczególnie gdy uwzględnia się pełen cykl życia produktu- od wycinki lasów pod plantacje, przez uprawę, aż po przetwarzanie i spalanie<sup>84</sup>.

W kontekście rozważań nad globalnymi zmianami klimatycznymi jest rozpoznanie skali wyzwań. Rozpiętość zakresu problemów środowiskowych podkreśla potrzebę opracowania zasad zarządzania zasobami wspólnymi, które będą wspierać

---

<sup>81</sup> R. A. Houghton, *Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emissions*, [in:] P. Moutinho, S. Schwartzman (ed.) *Tropical deforestation and climate change*, Amazon Institute for Environmental Research, 2005, p. 15-18.

D. Lawrence, M. Coe, W. Walker, L. Verchot, K. Vandecar, *The unseen effects of deforestation: biophysical effects on climate*, *Frontiers in Forests and Global Change* Vol. 5, 2022, p. 49-53.

<sup>82</sup> L. Panichelli, E. Gnansounou, *Impact of agricultural-based biofuel production on greenhouse gas emissions from land-use change: Key modelling choices*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 42, 2015, p. 347-354.

N. H. Ravindranath, C. S. Lakshmi, R. Manuvie, P. Balachandra, *Biofuel production and implications for land use, food production and environment in India*, *Energy policy*, Vol. 39, Issue 10, 2011, p. 5739-5743.

O. E. Sala, D. Sax, H. Leslie, *Biodiversity consequences of increased biofuel production*, Cornell University, 2009, p.128-133.

<sup>83</sup> R. Johansson, S. Meyer, J. Whistance, W. Thompson, D. Debnath, *Greenhouse gas emission reduction and cost from the United States biofuels mandate*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 119, 2020, p. 2-10.

<sup>84</sup> C. Bessou, F. Ferchaud, B. Gabrielle, B. Mary, *Biofuels, greenhouse gases and climate change*, *Sustainable Agriculture* Vol. 2, 2011, p. 367-373.

zrównoważony rozwój. W erze globalizacji, gdzie działania podjęte w jednym regionie muszą uwzględniać skutki w innych częściach świata, zarządzanie zasobami naturalnymi nabiera szczególnego znaczenia<sup>85</sup>. Wskazane jest uwzględnianie nie tylko aspektów ekonomicznych, ale również ekologicznych, społecznych i kulturowych, aby skutecznie adresować kompleksowość współczesnych wyzwań środowiskowych. Dążyć należy do stworzenia systemów zarządzania, które będą zarówno efektywne, jak i sprawiedliwe, umożliwiając równomierną dystrybucję korzyści oraz odpowiedzialności. Wskazane podejście umożliwi ochronę zasobów naturalnych w sposób, który zapewnia ich trwałość i dostępność dla przyszłych pokoleń, co jest kluczowe dla utrzymania właściwej kondycji i stabilności ekosystemów na całym świecie. Do realizacji przedmiotowych założeń niezbędne jest właściwe określenie granic zasobów wspólnych, umożliwiając efektywne monitorowanie i ochronę przed nadmiernym wykorzystaniem<sup>86</sup>. Proces zarządzania musi być dostosowany do lokalnych warunków, celem zapewnienia trwałości zasobów bez ich degradacji. Udział wszystkich zainteresowanych stron w tworzeniu reguł zarządzania zwiększa zaangażowanie i poczucie odpowiedzialności, co prowadzi do efektywności w przestrzeganiu tych reguł<sup>87</sup>. Skuteczny nadzór nad funkcjonowaniem systemu zarządzania jest kluczowy, powinien być prowadzony przez osoby lub instytucje cieszące się zaufaniem społeczności, zapobiegając nadużyciom i zapewniając przestrzeganie ustalonych norm. System kar musi być jasny i konsekwentnie stosowany, umożliwiając stopniowanie w zależności od stopnia naruszenia ustalonych zasad, co zapewnia sprawiedliwość i przestrzeganie reguł. Dostępne i niezależne instytucje do rozstrzygania sporów są niezbędne dla efektywnego zarządzania konfliktami wewnętrznymi i zewnętrznymi, co jest kluczowe dla stabilności systemu. Autonomia systemów zarządzania pozwala unikać niekorzystnych interwencji zewnętrznych, co jest istotne dla lokalnie dostosowanych procesów zarządzania. Ponadto, efektywne zarządzanie wymaga koordynacji pomiędzy różnymi poziomami wspólnot, od lokalnych

---

<sup>85</sup> V. Koval, I. Mikhno, I. Udovychenko, Y. Gordiichuk, I. Kalina, *Sustainable natural resource management to ensure strategic environmental development*, TEM Journal, Vol. 10, Issue 3, 2021, p. 1023-1028.

S. R. Weiskopf, M. A. Rubenstein, L. G. Crozier, S. Gaichas, R. Griffis, J. E. Halofsky, K. P. Whyte, *Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States*, Science of the Total Environment, Vol. 733, 2020, p. 3-9.

<sup>86</sup> M. Mulligan, *An Introduction to Sustainability: Environmental, Social and Personal Perspectives*, Routledge, New York 2017, p. 121.

<sup>87</sup> D. Grzybek, *Przeciw tezm o niemożności - o działaniu zbiorowym i zarządzaniu wspólnymi zasobami*, Contemporary Management Quarterly Nr. 1, 2012, s. 105-108.

do globalnych, co umożliwi respektowanie lokalnych zasad i praktyk w szerszym kontekście zarządzania zasobami<sup>88</sup>.

W ostatnich dekadach, UE intensywnie rozwijała ramy prawne i regulacyjne, które mają na celu ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko oraz promocję praktyk zrównoważonego rozwoju. Przykładem takiego działania jest Europejski Zielony Ład, który stanowi plan transformacji ekonomicznej mającej na celu osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 roku. Część przyjętych założeń skupia się na intensyfikacji działań związanych z ochroną bioróżnorodności, zrównoważonym zarządzaniem zasobami naturalnymi, a także przejściem na gospodarkę o obiegu zamkniętym, co z kolei wiąże się z innowacyjnymi rozwiązaniami w sektorach takich jak energia, transport czy rolnictwo. Zarządzanie zasobami naturalnymi w UE, takimi jak woda, gleba czy lasy, obejmuje zarówno ochronę tych zasobów, jak i promocję ich zrównoważonego wykorzystania<sup>89</sup>. Wskazane podejście jest kluczowe, uwzględniając wyzwania takie jak deforestacja, degradacja gleb czy zanieczyszczenie wód, które mają nie tylko lokalny, ale także globalny wymiar. Strategie te są zintegrowane z międzynarodowymi umowami i konwencjami, które UE ratyfikowała, a także są wspierane przez liczne projekty badawcze i inicjatywy, które monitorują skuteczność wprowadzanych rozwiązań.

Jednym z głównych źródeł informacji o stanie środowiska i efektywności implementowanych polityk jest Europejska Agencja Środowiska (EEA), której raporty dostarczają danych dotyczących postępów w realizacji zrównoważonego rozwoju. Analiza tych raportów w kontekście globalnych wyzwań, takich jak zmiany klimatyczne czy utrata bioróżnorodności, umożliwia nie tylko ocenę dotychczasowych osiągnięć, ale również identyfikację obszarów wymagających dalszych działań. W tabeli 2 przedstawiono zestawienie obserwowalnych tendencji oraz prognoz do 2030 roku w zakresie stopnia realizacji przedmiotowej polityki UE.

---

<sup>88</sup> E. Holden, K. Linnerud, D. Banister, V. Schwanitz, A. Wierling, *The imperatives of sustainable development: needs, justice, limits*, Routledge, 2017, p. 2-23.

M. Starik, P. Kanashiro, *Advancing a multi-level sustainability management theory*, Sustainability, Emerald Publishing Limited, Vol. 4, 2020, p. 19-39.

<sup>89</sup> Szerzej w podrozdziale 1.2. niniejszej pracy.

**Tabela 2. Zestawienie stopnia realizacji przyjętych założeń i prognoz do 2030 roku w zakresie osiągnięcia celów polityki UE**

Zagadnienia tematyczne	Tendencje i prognozy	
	Tendencje w ostatnich 10-15 latach	Prognozy do 2030 roku
<b>Ochrona, zachowanie i wzmacnianie kapitału naturalnego</b>		
Chronione obszary lądowe	+1	0
Chronione obszary morskie	+1	0
Chronione w UE gatunki i siedliska przyrodnicze	0	0
Powszechnie występujące gatunki ptaków i motyli	-1	-1
Stan i usługi ekosystemów	-1	0
Ekosystemy wodne i tereny podmokłe	0	0
Oddziaływania hydromorfologiczne	-1	0
Stan ekosystemów i różnorodności biologicznej w morzach	0	-1
Oddziaływanie i wpływ na ekosystemy morskie	0	-1
Urbanizacja i wykorzystanie terenów na potrzeby rolnictwa i leśnictwa	-1	-1
Stan gleb	-1	-1
Zanieczyszczenie powietrza i jego wpływ na ekosystemy	0	0
Zanieczyszczenia chemiczne i ich wpływ na ekosystemy	0	-1
Zmiany klimatu i ich wpływ na ekosystemy	-1	-1
<b>Zasobooszczędna, niskoemisyjna gospodarka o obiegu zamkniętym</b>		
Efektywne gospodarowanie materiałami	+1	0
Wykorzystywanie materiałów w obiegu zamkniętym	+1	0
Wytwarzanie odpadów	0	0
Gospodarowanie odpadami	+1	+1
Emisje gazów cieplarnianych i wysiłek redukcyjny	+1	0
Efektywność energetyczna	+1	0
Odnawialne źródła energii	+1	0
Emisje zanieczyszczeń powietrza	0	0
Emisje zanieczyszczeń przemysłowych	+1	0
Czyste technologie i procesy przemysłowe	+1	0
Emisje chemikaliów	0	-1
Pobór wody i jego wpływ na wody powierzchniowe i gruntowe	+1	0
Zrównoważone wykorzystywanie mórz	0	0

<b>Ochrona przed zagrożeniami ze strony środowiska dla zdrowia i jakości życia człowieka</b>		
Stężenia zanieczyszczeń powietrza	+1	0
Wpływ zanieczyszczenia powietrza na zdrowie człowieka i jakość życia	+1	0
Narażenie ludności na hałas w środowisku i jego wpływ na zdrowie człowieka	0	-1
Zachowanie obszarów ciszy	0	0
Oddziaływanie zanieczyszczeń na stan wód i w powiązaniu, na zdrowie człowieka	0	0
Zanieczyszczenia chemiczne a zagrożenia dla zdrowia oraz jakości życia człowieka	0	-1
Zagrożenia dla społeczeństwa związane ze zmianami klimatu	-1	-1
Strategie i plany adaptacji do zmian klimatu	+1	+1

Objaśnienia:

Dominują pozytywne tendencje/ osiągnięcia: +1

Tendencje/ osiągnięcia są niejednoznaczne: 0

Dominują tendencje osiągnięcia negatywne: -1

Źródło: Europejska Agencja Środowiskowa, *Środowisko Europy 2020 - stan i prognozy*, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2019, s. 3-12.

Analiza trendów z ostatnich 10-15 lat oraz prognoz do roku 2030 w kontekście polityki Unii Europejskiej dotyczącej ochrony, zachowania i wzmocnienia kapitału naturalnego ukazuje niejednoznaczny obraz postępów i wyzwań. W ostatnich latach, obszary lądowe i morskie pod ochroną zanotowały pozytywne zmiany, co wskazuje na skuteczne działania w zakresie ich rozbudowy i ochrony. Mimo to, stabilność w zakresie ochrony gatunków i siedlisk przyrodniczych sugeruje, że obecne działania jedynie utrzymują istniejący stan, bez zauważalnych ulepszeń. Zaobserwowano negatywne tendencje w zakresie powszechnie występujących gatunków ptaków i motyli, które utrzymują się do 2030 roku. Podobny trend dotyczy stanu i usług ekosystemów, co może prowadzić do długotrwałych negatywnych konsekwencji dla funkcjonowania i bioróżnorodności tych systemów. Prognozy wskazują na pogorszenie stanu różnorodności biologicznej w morzach oraz wpływu zmian klimatycznych na ekosystemy, co podkreśla potrzebę intensyfikacji działań ochronnych i adaptacyjnych w odpowiedzi na te zagrożenia. Specyficzne wyzwania dotyczą też urbanizacji oraz wykorzystania terenów na potrzeby rolnictwa i leśnictwa, z negatywnymi prognozami do 2030 roku, co wskazuje na rosnącą presję na te obszary oraz potencjalną dalszą degradację gleb. Analogicznie, niezmiennosc prognoz dotyczących zanieczyszczenia powietrza, chemicznego wpływu na ekosystemy

oraz bezpośrednich wpływów zmian klimatu na ekosystemy, sygnalizuje, że obecne działania mogą być niewystarczające do odwrócenia negatywnych trendów.

Analiza danych dotyczących realizacji założeń polityki Unii Europejskiej w zakresie zasobooszczędnej, niskoemisyjnej gospodarki o obiegu zamkniętym ujawnia zróżnicowany obraz postępów oraz wyzwań na przestrzeni ostatnich 10-15 lat i w perspektywie do roku 2030. W ostatnich latach zaobserwowano pozytywne zmiany w wielu kluczowych obszarach, co sugeruje skuteczność implementowanych strategii. W szczególności, efektywne gospodarowanie materiałami oraz wykorzystanie materiałów w obiegu zamkniętym zyskały na znaczeniu, co odzwierciedla rosnącą świadomość znaczenia zrównoważonego zarządzania zasobami i promocji recyklingu. Dodatkowo, pozytywne tendencje w zarządzaniu odpadami, wydajności energetycznej, wykorzystaniu odnawialnych źródeł energii oraz w implementacji czystych technologii i procesów przemysłowych świadczą o proaktywnym podejściu w kierunku redukcji wpływu przemysłu na środowisko. Równocześnie, analiza prognoz na rok 2030 prezentuje kontynuację obecnych trendów, bez znaczących zmian w większości kategorii. Gospodarowanie odpadami jest jedynym obszarem, w którym oczekuje się dalszych pozytywnych zmian, co wskazuje na trwałość i przyszły rozwój skutecznych praktyk zarządzania odpadami. Odmienne wskazania dotyczą zaś kwestii emisji chemikaliów, gdzie prognozowane jest pogorszenie, co może oznaczać powstałe trudności w pełnym opanowaniu negatywnego wpływu chemikaliów na środowisko. Stabilność prognoz w obszarach takich jak emisje zanieczyszczeń powietrza, zrównoważone wykorzystywanie mórz, a także w innych krytycznych kategoriach wskazuje na konieczność utrzymania obecnych działań, które zapobiegają pogorszeniu sytuacji, niemniej jednak należy uwzględnić, że brak implementacji dodatkowych rozwiązań nie wpłynie na poprawę przyszłego stanu środowiska. Prognozy te sygnalizują, że mimo istniejących wysiłków w implementacji zasad zrównoważonego rozwoju, istnieje potrzeba dalszych inwestycji w innowacje, technologie oraz edukację, aby zwiększyć efektywność istniejących polityk.

Analiza danych dotyczących realizacji założeń polityki Unii Europejskiej, mającej na celu ochronę przed zagrożeniami ze strony środowiska dla zdrowia i jakości życia człowieka, wskazuje na złożone wyniki oraz prognozy do roku 2030. W kwestii stężenia zanieczyszczeń powietrza i ich wpływu na zdrowie człowieka i jakość życia, obserwuje się pozytywne zmiany, co oznacza, że inicjatywy dotyczące poprawy jakości powietrza

odnotowały mierzalne korzyści. Jednak prognozy do 2030 roku we wspomnianych obszarach są niejednoznaczne, co sugeruje, że obecny poziom działań może być niewystarczający do dalszego znacznego zmniejszenia zanieczyszczeń i ich negatywnych skutków. Analiza danych dotyczących narażenia ludności na hałas w środowisku i jego wpływ na zdrowie człowieka wskazuje brak istotnych zmian w ostatnim okresie, z przewidywanym pogorszeniem sytuacji do 2030 roku. Uzyskane wyniki mogą sugerować rosnącą potrzebę zwrócenia większej uwagi na zagadnienie hałasu jako czynnika negatywnie wpływającego na zdrowie publiczne. Obszary dotyczące zachowania obszarów ciszy oraz oddziaływania zanieczyszczeń na stan wód wykazują niejednoznaczne wyniki zarówno w ostatnich latach i w perspektywie następnych lat, co może wskazywać na stabilizację tych obszarów dzięki obecnym działaniom, lecz bez znaczących postępów. Obecność zanieczyszczeń chemicznych i ich wpływ na zdrowie pozostają problemem, bez jednoznacznie odnotowanych zmian w ostatniej dekadzie i z przewidywanym pogorszeniem w nadchodzących latach. Zagrożenia dla społeczeństwa wynikające ze zmian klimatu są bardzo poważne, z negatywną oceną trendów i prognoz, co może sygnalizować, że zmiany klimatu nadal będą stanowić kluczowe wyzwanie dla zdrowia publicznego i jakości życia. Odmienne wyniki odnotowano w kategorii strategii i planów adaptacji do zmian klimatu, gdzie odnotowano pozytywne zmiany oraz optymistyczne prognozy. Uzyskane wartości mogą świadczyć o skuteczności dotychczasowych strategii adaptacyjnych i rekomendacjach w zakresie ich kontynuacji w przyszłości.

Na podstawie analizy literatury przedmiotu można stwierdzić, że kluczowe aspekty zrównoważonego rozwoju w kontekście ochrony środowiska obejmują szerokie spektrum działań i strategii podejmowanych w ramach Unii Europejskiej, aby przeciwdziałać i zarządzać różnorodnymi wyzwaniami ekologicznymi. W pracach badawczych zwracano uwagę na systemowe i kumulatywne skutki degradacji środowiska naturalnego, takie jak zmiany klimatyczne, które wpływają na globalne ekosystemy oraz lokalne wyzwania przejawiające się w procesach deforestacji, zanieczyszczeń zasobów wodnych i akumulacji toksycznych odpadów. Istotne są również próby radzenia sobie z wpływem działalności ludzkiej na ekosystemy, co jest szczególnie widoczne w procesach takich jak desertyfikacja gleb i zanikanie bioróżnorodności. Ważną rolę w przeciwdziałaniu degradacji środowiska odgrywają działania adaptacyjne i ochronne mające na celu ograniczenie negatywnego wpływu zmian klimatycznych i środowiska,

a także promocja zrównoważonego zarządzania zasobami naturalnymi, takimi jak woda, gleba i lasy. Znaczenie ma także intensyfikacja badań i inwestycji w technologie niskoemisyjne i zasobooszczędne, które są niezbędne do długoterminowego utrzymania zdrowia ekosystemów i poprawy jakości życia człowieka. Znaczące jest również zaangażowanie wszystkich stron w procesy decyzyjne, co zwiększa skuteczność działań oraz uczestnictwo społeczne w ochronie środowiska.

Analiza trendów i prognoz dotyczących polityki zrównoważonego rozwoju Unii Europejskiej wskazuje na szereg wyzwań środowiskowych, które mają kluczowe znaczenie dla przyszłości ekosystemów na kontynencie i na świecie. Obszary, które wymagają szczególnej uwagi, obejmują ochronę kapitału naturalnego, zarządzanie zasobami w obiegu zamkniętym oraz ochronę zdrowia publicznego przed zagrożeniami ze strony środowiska. Ochrona, zachowanie i wzmacnianie kapitału naturalnego stały się kluczowymi elementami polityki UE, z pozytywnymi wynikami w zakresie ochrony obszarów lądowych i morskich. Jednakże, stabilność w ochronie gatunków i siedlisk przyrodniczych, a także pogorszenie stanu bioróżnorodności, zwłaszcza w odniesieniu do ptaków, motyli oraz ekosystemów morskich, wskazuje, że istniejące działania są niewystarczające do odwrócenia negatywnych trendów. W sektorze zasobooszczędnej, niskoemisyjnej gospodarki o obiegu zamkniętym, Unia Europejska osiągnęła postępy w efektywnym gospodarowaniu materiałami, wykorzystaniu materiałów w obiegu zamkniętym oraz w zarządzaniu odpadami. Przedmiotowe działania stanowią przykład skutecznego podejścia do minimalizacji wpływu przemysłu na środowisko, jednak prognozy na rok 2030 wskazują na potrzebę dalszych działań, aby zapobiec pogorszeniu się sytuacji, zwłaszcza w kontekście emisji chemikaliów. W zakresie ochrony przed zagrożeniami środowiskowymi dla zdrowia i jakości życia ludzi, choć odnotowano postępy w zmniejszaniu stężeń zanieczyszczeń powietrza, prognozy na najbliższe dekady wskazują na konieczność dalszych działań w celu zmniejszenia ich wpływu na zdrowie publiczne. Rosnąca świadomość wpływu hałasu na zdrowie oraz brak postępów w zachowaniu obszarów ciszy to sygnały, że zarówno lokalne, jak i globalne działania muszą zostać zintensyfikowane.

Zanalizowane obszary wymagają zintegrowanych strategii, które będą łączyły ochronę środowiska z rozwojem gospodarczym i społecznym, równocześnie adresując globalne wyzwania, jak zmiany klimatyczne czy zrównoważone zarządzanie zasobami naturalnymi. Unia Europejska, korzystając z danych i analiz dostarczanych przez

instytucje takie jak Europejska Agencja Środowiska, powinna kontynuować rozwój i adaptację swoich polityk zrównoważonego rozwoju, aby zapewnić długoterminową równowagę ekologiczną, ekonomiczną i społeczną, przeciwdziałając jednocześnie negatywnym trendom i promując zdrowe, trwałe i zrównoważone społeczeństwo.

#### **1.4. Społeczne znaczenie zrównoważonego rozwoju**

Analiza roli działań społecznych w kontekście rozwoju zrównoważonego ujawnia ich paradoksalną funkcję jako narzędzi służących do korygowania nieprawidłowości w relacjach między gospodarką a środowiskiem naturalnym<sup>90</sup>. W ramach przedmiotowego zakresu, w literaturze często ujmuje się znaczenie zaangażowania lokalnych wspólnot, gdyż zarządzanie problemami ekonomicznymi i środowiskowymi na poziomie centralnym jest mniej efektywne. Inicjatywy te, mające na celu stymulowanie aktywnej partycypacji społeczeństwa, uważane są za niezbędne do tworzenia trwałej i sprawiedliwej równowagi między potrzebami gospodarczymi a ochroną środowiska, podnosząc równocześnie jakość życia i promując równość szans w różnych społecznościach<sup>91</sup>.

Ład społeczny można zdefiniować jako stan, w którym działania i interakcje jednostek wspierają stabilność, trwałość oraz potencjał rozwojowy społeczności. W tej strukturze kapitał ludzki, obejmujący wiedzę, umiejętności, wartości oraz zdolności do innowacji i współpracy, pełni istotną rolę. Zasoby ludzkie uznawane jako zasób produkcyjny stanowią podstawę zrównoważonego rozwoju społeczności<sup>92</sup>. Należy również uwzględnić czynnik związany ze społeczną efektywnością gospodarowania, który choć rzadko stanowi przedmiot szczegółowych badań teoretycznych i metodologicznych w literaturze naukowej, jest kluczowym elementem zapewniającym długotrwałą

---

<sup>90</sup> G. Zabłocki, *Rozwój zrównoważony - idee, efekty, kontrowersje*, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń, 2002, s. 68-69.

<sup>91</sup> Y. Fan, C. Fang, Q. Zhang, *Coupling coordinated development between social economy and ecological environment in Chinese provincial capital cities-assessment and policy implications*, Journal of Cleaner Production, Vol. 229, 2019, p. 291-296.

L. A. Sierra, V. Yepes, E. Pellicer, *A review of multi-criteria assessment of the social sustainability of infrastructures*, Journal of Cleaner Production, Vol. 187, 2018, p. 499-504.

J. Luna-Nemecio, S. Tobón, L. G. Juárez-Hernández, *Sustainability-based on socioformation and complex thought or sustainable social development*, Resources, Environment and Sustainability, Vol. 2, 2020, p. 3- 5.

<sup>92</sup> S. Wang, X. Lin, H. Xiao, N. Bu, Y. Li, *Empirical study on human capital, economic growth and sustainable development: taking Shandong province as an example*, Sustainability, Vol. 14, Issue 12, 2022, p. 4-8.

F. Alvino, A. Di Vaio, R. Hassan, R. Palladino, *Intellectual capital and sustainable development: A systematic literature review*, Journal of Intellectual Capital, Vol. 22, 2021, p. 78-81.

równowagę i zrównoważony rozwój<sup>93</sup>. W dyskursie naukowym, społeczne aspekty zrównoważonego rozwoju są nierzadko interpretowane przez pryzmat wpływu degradacji środowiska na zdrowie ludzkie<sup>94</sup>. Zakres wpływu przedmiotowego zagadnienia wykracza poza wspomniane ramy- rozszerza się na bardziej ogólne pojęcia jakości życia i dobrobytu społecznego, co może wskazywać na głębokie związki między stanem środowiska a warunkami życiowymi społeczeństw. W kontekście ładu społecznego, kluczowymi wartościami są godność osobista, możliwość samorealizacji, równość szans oraz sprawiedliwość społeczna, które stanowią fundament z perspektywy ochrony zdrowia oraz równomiernego podziału zasobów<sup>95</sup>. Sprawiedliwa dystrybucja dochodów i zabezpieczeń socjalnych jest przedstawiana jako kluczowy mechanizm w niwelowaniu różnic społecznych i przeciwdziałaniu marginalizacji społecznej, co realnie wpływa na zwiększenie społecznej spójności<sup>96</sup>.

Zarządzanie zrównoważonym rozwojem wymaga synergii pomiędzy realizowaną polityką społeczną, gospodarczą i ekologiczną, aby osiągnąć cel harmonijnego rozwoju. Pomimo teoretycznych założeń, iż idealny model uwzględnia integrację tych wymiarów, w praktyce polityka społeczna często jest formułowana niezależnie, co skutkuje potencjalnymi konfliktami między celami ochrony środowiska a celami rozwoju gospodarczego<sup>97</sup>. Zaistniałe rozbieżności mogą prowadzić do nieefektywnego wykorzystania zasobów oraz braku koherencji w realizacji strategii zrównoważonego rozwoju. Wymiar społeczny zrównoważonego rozwoju zakłada zarówno podejmowanie działań pasywnych, rozumianych poprzez podstawowe zabezpieczenia socjalne zapewniające godziwe warunki życia, jak i działań aktywnych, które promują rozwój osobisty obywateli poprzez edukację, dostęp do zasobów oraz możliwości uczestnictwa w życiu społeczno-gospodarczym. Aktywne działania mają na celu nie tylko wsparcie

---

<sup>93</sup> N. Chams, J. García-Blandón, *On the importance of sustainable human resource management for the adoption of sustainable development goals*, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 141, 2019, p. 113- 115.

<sup>94</sup> J. Y. Yong, M. Y. Yusliza, T. Ramayah, O. Fawehinmi, *Nexus between green intellectual capital and green human resource management*, Journal of cleaner production, Vol. 215, 2019, p. 367-370.

K. Haldorai, G. W. Kim, R. F. Garcia, *Top management green commitment and green intellectual capital as enablers of hotel environmental performance: The mediating role of green human resource management*, Tourism Management, Vol. 88, 2022, p. 2-4.

<sup>95</sup> T. Sosnowski, W. Danilewicz, *Strategie i mechanizmy budowania ładu społecznego*, Pedagogika Społeczna, Nr 4, 2018, s. 231-234.

<sup>96</sup> J. Polcyn, *Relacja ładu społecznego do ładu gospodarczego w koncepcji zrównoważonego rozwoju*, Problems of Economics and Law, Nr 1, 2018, s. 24-29.

<sup>97</sup> R. B. Swain, *A critical analysis of the sustainable development goals*, [in:] W. L. Filho (ed.), *Handbook of Sustainability Science and Research*, Springer, 2018, p. 343-347.

obywateli w ich codziennym życiu, ale również ich stymulację do własnej aktywności, co z kolei przyczynia się do budowania kapitału ludzkiego zdolnego do wspierania trwałych, zrównoważonych zmian społecznych i gospodarczych<sup>98</sup>. Koncentracja na aktywnym aspekcie polityki społecznej stanowi kluczowy element w ramach strategii zrównoważonego rozwoju, przyjmując za punkt centralny jednostkę- świadomego człowieka, zaangażowanego w tworzenie korzystnych warunków życiowych zarówno dla siebie, jak i dla swojego środowiska. Przyjęty kierunek działań, ukierunkowany na wspieraniu rozwoju społeczności, powinien być realizowany przez szereg podmiotów. Włączenie rodziny, lokalnych wspólnot, organizacji pozarządowych oraz sektora prywatnego w proces tworzenia odpowiednich warunków do życia i rozwoju, stanowi o sile i efektywności implementacji polityki społecznej. W szczególności, rola organizacji pozarządowych i przedsiębiorstw, poprzez inicjatywy związane z odpowiedzialnością społeczną biznesu, może przyczyniać się do zwiększenia kapitału społecznego, który jest niezbędny do budowania trwałych, korzystnych zmian w ramach zrównoważonego rozwoju<sup>99</sup>.

Realizacja polityki społecznej jako nieodzownego elementu zrównoważonego rozwoju wymaga zaangażowania na wszystkich szczeblach zarządzania, począwszy od lokalnych władz administracyjnych, przez samorządy, aż po sektor prywatny. W szczególności, przedsiębiorstwa powinny w ramach swojej społecznej odpowiedzialności dążyć do osiągnięcia równowagi między swoimi celami biznesowymi a oczekiwaniami i dobrem społecznym. Tego rodzaju integracja celów gospodarczych z założeniami społecznymi i ekologicznymi nie tylko wzmacnia pozycję firmy na arenie międzynarodowej, ale również przyczynia się do społecznej akceptacji jej działań, co jest kluczowe dla zrównoważonego rozwoju<sup>100</sup>. Współpraca międzysektorowa oraz

---

<sup>98</sup> H. Kopnina, *Education for the future? Critical evaluation of education for sustainable development goals*, The Journal of Environmental Education, Vol., Issue 4, 2020, p. 285-290.

I. Bouzguenda, C. Alalouch, N. Fava, *Towards smart sustainable cities: A review of the role digital citizen participation could play in advancing social sustainability*, Sustainable cities and society, Vol. 50, 2019, p. 5-7.

<sup>99</sup> N. Z. Abiddin, I. Ibrahim, S. A. Abdul Aziz, *Non-governmental organisations (NGOs) and their part towards sustainable community development*, Sustainability, Vol. 14, Issue 8, 2022, p. 2-5.

X. Yan, H. Lin, A. Clarke, *Cross-sector social partnerships for social change: The roles of non-governmental organizations*, Sustainability, Vol. 10, Issue 2, 2018, p. 1-4.

<sup>100</sup> D. Littlewood, D. Holt, *How social enterprises can contribute to the Sustainable Development Goals (SDGs)-A conceptual framework*, [in:] *Entrepreneurship and the sustainable development goals*, Emerald Publishing Limited, Vol. 8, 2018, p. 35-41.

J. Álvarez Jaramillo, J. W. Zartha Sossa, G. L. Mendoza, *Barriers to sustainability for small and medium enterprises in the framework of sustainable development—Literature review*, Business Strategy and the Environment, Vol. 28, Issue 4, 2019, p. 515-519.

przejrzyste, odpowiedzialne praktyki biznesowe stanowią fundament dla budowania trwałego zaufania i pozytywnego wizerunku przedsiębiorstwa, co z kolei może przekładać się na jego długoterminowy sukces i stabilność. Spełnienie założeń zrównoważonej polityki społecznej wymaga systematycznej ewaluacji oraz elastycznego dostosowywania strategii do dynamicznie zmieniających się warunków i rosnących potrzeb społeczności. Jedynie poprzez ciągłe ocenianie efektywności obecnych działań i ich adaptację możliwe jest efektywnie przeciwdziałanie względem kształtujących się wyzwań społecznych, gospodarczych i ekologicznych<sup>101</sup>. Przyjęcie takiej wieloaspektowej strategii w polityce społecznej umożliwia budowanie odpornych społeczności, które są zdolne do adaptacji i innowacji. Takie społeczności stają się nie tylko uczestnikami, ale także beneficjentami zrównoważonego rozwoju, co jest kluczowe w obliczu globalnych wyzwań takich jak zmiany klimatu, rosnąca globalizacja i przyspieszone zmiany technologiczne. Efektywne wdrażanie tej strategii zależy od zdolności do integracji celów polityki społecznej z innymi obszarami polityki publicznej, w celu stworzenia koherentnej odpowiedzi na współczesne potrzeby społeczeństwa.

W kontekście realizacji zrównoważonego rozwoju, obejmującym rozległe spektrum aspektów społecznych oraz kwestii związanych z realizowaną polityką społeczną, konieczne stało się uwzględnienie koncepcji Społecznej Odpowiedzialności Biznesu (CSR). Idea CSR wynika z rosnącej świadomości w sektorze przedsiębiorstw w zakresie bezpośredniego i długotrwałego oddziaływania na społeczeństwo i środowisko. Koncepcja Odpowiedzialności Społecznej Biznesu (CSR) zaczęła się kształtować jako metoda integrująca polityki ekonomiczne, środowiskowe i społeczne, postrzegana jako kluczowe narzędzie do usprawnienia relacji między korporacjami a ich otoczeniem<sup>102</sup>. Inicjatywy CSR pierwotnie stanowiły reakcję na konieczność łagodzenia konfliktów między celami biznesowymi a ogólnospołecznym dobrem<sup>103</sup>. Zaangażowanie w ramach CSR umożliwiło przedsiębiorstwom nie tylko redukcję negatywnych skutków

---

<sup>101</sup> S. Bansal, I. Garg, G. D. Sharma, *Social entrepreneurship as a path for social change and driver of sustainable development: A systematic review and research agenda*, Sustainability, Vol. 11, Issue 4, 2019, p. 6-7.

<sup>102</sup> A. El Alfy, K. M. Darwish, O. Weber, *Corporations and sustainable development goals communication on social media: Corporate social responsibility or just another buzzword?*, Sustainable Development, Vol. 28, Issue 5, 2020, p.1420-1425.

<sup>103</sup> J. Guerrero-Villegas, L. Sierra-García, B. Palacios-Florencio, *The role of sustainable development and innovation on firm performance*, Corporate Social Responsibility and Environmental Management, Vol. 25, Issue 6, 2018, p. 1355-1358.

ich działalności, ale również aktywne przyczynianie się do postępu społecznego oraz ochrony środowiska, co stanowi istotny element zrównoważonego rozwoju. W konsekwencji, CSR uzyskało status efektywnego narzędzia umożliwiającego przedsiębiorstwom realizację założeń zrównoważonego rozwoju poprzez świadome zarządzanie ich wpływem na społeczeństwo i środowisko. Takie podejście umożliwiło dalszy rozwój i umocnienie strategii integrujących cele społeczne, ekonomiczne oraz ekologiczne, kierując działalność korporacyjną ku długoterminowej stabilności i odpowiedzialności społecznej. Rozwój koncepcji Odpowiedzialności Społecznej Biznesu (CSR) zorientowany jest na umożliwienie przedsiębiorstwom bardziej efektywnego oddziaływania na społeczeństwo i środowisko poprzez świadome praktyki zarządcze<sup>104</sup>. Ewolucja ta odzwierciedla rosnącą świadomość roli, jaką korporacje mogą odgrywać w promowaniu zrównoważonego rozwoju, działając w ramach swojej regularnej aktywności. Stopniowe uświadamianie sobie przez przedsiębiorstwa możliwości osiągnięcia równocześnie celów ekonomicznych i społecznych zainicjowało znaczącą zmianę w paradygmacie biznesowym<sup>105</sup>. Koncepcja CSR zaczęła ewoluować jako reakcja na narastające dowody na możliwość znaczącego przyczyniania się przedsiębiorstw do rozwiązywania problemów społecznych i środowiskowych. Przyjmowanie odpowiedzialności za skutki działalności gospodarczej zaczęło być postrzegane nie tylko jako obowiązek etyczny, ale również jako strategiczna inicjatywa, która może przynosić długoterminowe korzyści zarówno dla firm, jak i dla społeczeństw, w których one działają. Proces ten nie ograniczał się do minimalizacji negatywnych wpływów, lecz również obejmował proaktywne działania na rzecz wywoływania pozytywnych zmian społecznych oraz ochrony środowiska<sup>106</sup>. Ewolucja w zarządzaniu przedsiębiorstwami doprowadziła do sformułowania bardziej zaawansowanego modelu, znanego jako Zarządzanie Środowiskowe, Społeczne i Korporacyjne (ESG)<sup>107</sup>. Integruje

---

<sup>104</sup> J. Lu, M. Liang, C. Zhang, D. Rong, H. Guan, K. Mazeikaite, J. & Streimikis, *Assessment of corporate social responsibility by addressing sustainable development goals*, *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, Vol. 28, Issue 2, 2021, p. 688-701.

<sup>105</sup> J. Taylor, J. Vithayathil, D. Yim, *Are corporate social responsibility (CSR) initiatives such as sustainable development and environmental policies value enhancing or window dressing?*, *Corporate social responsibility and environmental management*, Vol. 25, Issue 5, 2018, p. 977-979.

<sup>106</sup> M. A. Latapí Agudelo, L. Jóhannsdóttir, B. Davídsdóttir, *A literature review of the history and evolution of corporate social responsibility*, *International journal of corporate social responsibility*, Vol. 4, No. 1, 2019, p. 4-12.

<sup>107</sup> E. Markopoulos, A. Staggl, E. L. Gann, H. Vanharanta, *Beyond Corporate Social Responsibility (CSR): Democratizing CSR Towards Environmental, Social and Governance Compliance*, [in:] E. Markopoulos, R. S. Goonetilleke, A. G. Ho, Y. Luximon (ed.), *Advances in Creativity, Innovation, Entrepreneurship and Communication of Design: Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conferences on Creativity, Innovation*

on aspekty zarządzania ryzykiem i wartością w kontekście środowiskowym, społecznym oraz korporacyjnym. W ramach tego podejścia, strategiczne zarządzanie przedsiębiorstwem obejmuje rozległy zakres czynników, począwszy od rygorystycznych wymogów środowiskowych, przez zaawansowane strategie zarządzania personelem, aż po etykę korporacyjną, co uwydatnia, że długoterminowy sukces możliwy jest jedynie poprzez odpowiedzialne i zrównoważone praktyki biznesowe<sup>108</sup>.

Przedstawiona poniżej tabela 3 syntetyzuje kluczowe definicje Społecznej Odpowiedzialności Biznesu (CSR) oraz Zarządzania Środowiskowego, Społecznego i Korporacyjnego (ESG). Poniższe. Zestawienie w tabeli 3, odzwierciedla proces postępujących zmian na przestrzeni lat w podejściu do zarządzania przedsiębiorstwem z perspektywy odpowiedzialności społecznej i zrównoważonego rozwoju.

**Tabela 3. Wybrane definicje CSR oraz ESG**

Rok	Autor/ autorzy	Definicja CSR	Rok	Autor/ autorzy	Definicja ESG
1953	H. R. Bowen	Zadania przedsiębiorstw, które są korzystne z perspektywy społecznych celów i wartości.	2018	E. Łukasik-Morawska	ESG to proces trwałej integracji kryteriów odpowiedzialności biznesowej w analizy finansowe i oceny inwestycyjne.
1991	D. J. Wood	Obejmuje trzy główne zasady: korporacyjną odpowiedzialność społeczną, odpowiedzialność publiczną na poziomie organizacyjnym oraz dyskrecjonalność zarządzania na poziomie indywidualnym.	2019	D. Z. X. Huang	ESG jako wymóg dla firm do prowadzenia działalności w sposób korzystny dla społeczeństwa.
2005	M. Blowfield	Metoda zarządzania, w której firmy włączają społeczne i środowiskowe aspekty do swoich operacji oraz interakcji z interesariuszami.	2020	P. Matos	Włączenie kryteriów środowiskowych, społecznych i korporacyjnych w procesy decyzyjne inwestorów.
2006	A. McWilliams, D. S. Siegel, P. M. Wright	CSR rozumiane jako strategiczne inicjatywy mogą być traktowane jako inwestycje długoterminowe przynoszące korzyści finansowe.	2021	S. L. Gillan i in.	ESG jest postrzegane jako sposób integracji problemów środowiskowych, społecznych i korporacyjnych w modele biznesowe.

*and Entrepreneurship, and Human Factors in Communication of Design*, Springer International Publishing, 2021, p. 95-99.

<sup>108</sup> J. G. Park, K. Park, H. Noh, Y. G. Kim, *Characterization of CSR, ESG, and corporate citizenship through a text mining-based review of literature*, Sustainability, Vol. 15, Issue 5, 2023, p. 2-6.

2009	J. Dymowski, M. Szymańska	Definiuje sposób generowania zysków oraz strategię zarządzania opartą na złożonych relacjach interpersonalnych zamiast prostego mecenatu.	2021	M. Folqu. i in.	ESG stanowi narzędzie oceny ryzyka w zrównoważonych inwestycjach.
2010	B. L. Parmar i in	W obrębie CSR mieszczą się różnorodne koncepcje, takie jak wydajność społeczna przedsiębiorstw i zarządzanie korporacyjne.	2021	T. T. Li i in.	Standard i strategia oceny działalności korporacyjnej pod kątem przyszłych wyników finansowych.
2016	A. B. Carroll	CSR to zbiór polityk, praktyk i strategii skoncentrowanych na interesariuszach <sup>109</sup> .	2022	M. Cicirko	ESG jest narzędziem do określania strategicznych celów związanych z czynnikami środowiskowymi, społecznymi i korporacyjnymi <sup>110</sup> .
2020	K. Waliszewski	Działania wpływające na publiczny obraz firmy oraz jej percepcję na rynku.	2022	A. J. Costa i in.	ESG stanowi mechanizm zarządzania wpływem organizacji na środowisko i społeczność, kluczowy dla odpowiedzialnych inwestycji.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: H. R. Bowen, *Social Responsibilities and the Businessman*, Harper, New York, 1953, p. 107-134; E. Łukasik-Morawska, *Inwestowanie odpowiedzialne społecznie a inwestorzy instytucjonalni*, Marketing i rynek, Nr 11, 2018, s. 256-265; D. J. Wood, *Corporate social performance revisited*, Academy of Management Review, Vol. 16, No. 4, 1991, p. 692-695; D. Z. X. Huang, *Environmental, social and governance (ESG) activity and firm performance: a review and consolidation*, Accounting & Finance, Vol 61, Issue 1, 2019, p. 335-360; M. Blowfield M., *Corporate social responsibility- the failing discipline and why it matters for international relations*, International Relations, Vol. 19, Issue 2, 2005, p. 173-179; P. Matos, *ESG and responsible institutional investing around the world. A critical review*, CFA Institute Research Foundation, 2020, p. 4-10; A. McWilliams D. S. Siegel P. M. Wright, *Corporate social responsibility: strategic implications*, Journal of Management Studies, Vol. 43, Issue 1, 2006, p. 2-13; S. L. Gillan, A. Koch, T. Laura, Starks, *Firms and social responsibility: A review of ESG and CSR research in corporate finance*, Journal of Corporate Finance, Vol. 66, 2021, p. 1-14; J. Dymowski, M. Szymańska, *CSR raport specjalny. Społeczna odpowiedzialność biznesu*, Brief, Nr 2, 2009, s. 58; M. Folqu. E. Escrig-Olmedo T. C. Santamara, *Sustainable development and financial system: Integrating ESG risks through sustainable investment strategies in a climate change context*, Sustainable Development, Vol. 29, Issue 5, 2021, p. 879-890; B. L. Parmar, R. E. Freeman, J. S. Harrison, A. C. Wicks, L. Purnell, S. De Colle, *Stakeholder theory: The state of the art.*, Academy of Management Annals, Vol. 4, No. 1, 2010, p. 409-415; T. T. Li, K. Wang, T. Sueyoshi, D. D. Wang, *ESG: Research Progress and Future Prospects*, Sustainability, Vol. 13, Issue 21, 2021, p. 2-25; A. B. Carroll, *Carroll's pyramid of CSR: Taking another look*, International Journal of Corporate Responsibility, Vol. 1, No. 3, 2016, p. 4-6; M. Cicirko, *Znaczenie czynników środowiskowego, społecznego i ładu korporacyjnego (ESG) we współczesnej gospodarce. Percepcja inwestycji ESG wśród studentów uczelni ekonomicznej*, Ubezpieczenia Społeczne. Teoria i praktyka, Nr 1, 2022, s. 118-122; K. Waliszewski (red.), *Społeczna odpowiedzialność biznesu jako instrument budowania reputacji i zaufania do instytucji finansowych*, CeDeWu, Warszawa, 2020, s. 21-30; A. J. Costa, D. Curi, A. M. Bandeira, A. Ferreira, B. Tom, C. Joaquim, C. Santos, G. Meira, G. Azevedo, *Literature Review and Theoretical Framework of the Evolution and Interconnectedness of Corporate Sustainability Constructs*, Sustainability, Vol. 14, Issue 8, 2022, p. 3-19.

<sup>109</sup> A. B. Carroll, *Carroll's pyramid of CSR: Taking another look*, International Journal of Corporate Responsibility, Vol. 1, No. 3, 2016, p. 4-6.

<sup>110</sup> M. Cicirko, *Znaczenie czynników środowiskowego, społecznego i ładu korporacyjnego (ESG) we współczesnej gospodarce. Percepcja inwestycji ESG wśród studentów uczelni ekonomicznej*, Ubezpieczenia Społeczne. Teoria i praktyka, Nr 1, 2022, s. 118-122.

Powyższe definicje, mimo że różnią się zakresem i szczegółowością, wspólnie wyznaczają kierunek transformacji od prostych działań w ramach odpowiedzialności społecznej do zintegrowanego zarządzania wpływami w aspektach środowiskowych, społecznych oraz korporacyjnych. CSR koncentruje się na odpowiedzialności przedsiębiorstw za ich wpływ na społeczeństwo. Definicje autorstwa H. R. Bowena i D. J. Wooda akcentują obowiązki przedsiębiorców wobec społeczeństwa, podkreślając konieczność działania zgodnie z wartościami społecznymi oraz zaangażowania zarówno na poziomie organizacyjnym, jak i indywidualnym. M. Blowfield oraz A. McWilliams, D. S. Siegel i P. M. Wright postrzegają CSR jako strategiczne działania przynoszące korzyści zarówno społeczne, jak i finansowe, podnosząc, że odpowiedzialne zarządzanie może znacząco wpłynąć na długoterminowy sukces przedsiębiorstwa. K. Waliszewski i A. B. Carroll wskazują, że CSR znacząco wpływa na wizerunek firmy i jej relacje z interesariuszami, rozszerzając zakres odpowiedzialności poza wewnętrzne struktury przedsiębiorstwa. ESG stanowi bardziej kompleksowe podejście, obejmujące zarządzanie przedsiębiorstwem z uwzględnieniem aspektów środowiskowych, społecznych i zarządczych. Jak zauważają E. Łukasik-Morawska i P. Matos, integracja czynników ESG wymaga od przedsiębiorstw stosowania odpowiedzialnych praktyk biznesowych we wszystkich aspektach ich działalności, od inwestycji po codzienne operacje. S. L. Gillan i współautorzy, a także M. Folqu. i inni, dodatkowo podkreślają, że ESG służy do oceny ryzyka i potencjału inwestycyjnego, co wymusza włączenie tych czynników do podstawowych kryteriów oceny przedsiębiorstwa, przekładając się na bardziej zrównoważone strategie rozwoju.

Ewolucja z CSR do ESG reprezentuje rozszerzenie i pogłębienie odpowiedzialności korporacyjnej. Pierwotnie koncentracja na aspektach społecznych działalności przedsiębiorstwa, znana jako CSR, z biegiem czasu rozwinęła się, włączając w swoje ramy również zagadnienia środowiskowe i zarządcze pod szyldem ESG. Ta zmiana odpowiada na wzrost oczekiwań interesariuszy oraz ewoluujące ramy regulacyjne. Przedmiotowa transformacja odzwierciedla również fundamentalną zmianę w postrzeganiu roli przedsiębiorstw w społeczeństwie; przechodzą one od bycia wyłącznie agentami maksymalizacji zysku do podmiotów odpowiedzialnych za wpływ ich operacji na globalne środowisko i struktury społeczne. Podobieństwa między CSR a ESG wynikają z ich wspólnego celu, jakim jest integracja celów społecznych i ekonomicznych z praktykami korporacyjnymi. Jednakże różnice między tymi dwoma

podejściami są istotne, ponieważ ESG oferuje bardziej zintegrowane podejście, które obejmuje kompleksowe zarządzanie wszystkimi aspektami działalności przedsiębiorstwa, w odróżnieniu od CSR, które może być postrzegane jako bardziej ograniczone i skupione na określonych inicjatywach. W ramach polityki społecznej i społecznych aspektów zrównoważonego rozwoju, przejście od CSR do ESG jest postrzegane jako odpowiedź na potrzebę bardziej holistycznego podejścia do zarządzania wpływem korporacji na społeczeństwo. Ewolucja ta podkreśla rosnące uznanie, że długoterminowa wartość i stabilność korporacji mogą być osiągnięte jedynie przez strategiczne zarządzanie ryzykiem oraz wykorzystanie możliwości we wszystkich obszarach działalności przedsiębiorstwa, uwzględniając zarówno wpływy środowiskowe, społeczne, jak i zarządcze.

Aspekty społeczne zrównoważonego rozwoju, ilustrują kluczowe znaczenie integracji czynników ludzkich i środowiskowych w dążeniu do długoterminowej stabilności i harmonii. Rozważania te koncentrują się na fundamentalnej roli społeczności i polityki społecznej w kształtowaniu zrównoważonych strategii, które nie tylko odpowiadają na bieżące wyzwania ekonomiczne i ekologiczne, ale również zapewniają sprawiedliwy rozwój dla przyszłych pokoleń. Holizm podejścia do zrównoważonego rozwoju, jak wynika z analiz, podkreśla potrzebę synergii między politykami społecznymi, gospodarczymi oraz ekologicznymi, aby osiągnąć spójne i efektywne zarządzanie zasobami naturalnymi i ludzkimi. Wspomniana integracja jest niezbędna do tworzenia trwałych rozwiązań, które sprzyjają zarówno ochronie środowiska, jak i promocji równości oraz społecznej inkluzji. Strategie CSR i ESG, rozwijające się na przestrzeni lat, zostały zidentyfikowane jako kluczowe narzędzia w osiągnięciu celów zrównoważonego rozwoju, co odzwierciedla ewolucję od tradycyjnych praktyk korporacyjnych skupionych na maksymalizacji zysków do bardziej zintegrowanych podejść, które uwzględniają realny wpływ podejmowanych działań na społeczeństwo i środowisko. Rozwój tych koncepcji, od prostych działań społecznych do kompleksowego zarządzania aspektami środowiskowymi, społecznymi i korporacyjnymi, podkreśla zmianę w postrzeganiu roli przedsiębiorstw w globalnej strukturze społeczno-ekonomicznej.

### 1.5. Gospodarczy wymiar zrównoważonego rozwoju

W kontekście analizy gospodarczych aspektów zrównoważonego rozwoju, kluczowe jest pojęcie, iż ekosystemy, które zamieszkują społeczności ludzkie, odgrywają zasadniczą rolę w kształtowaniu ich gospodarczych możliwości<sup>111</sup>. Historia przemysłowego rozwoju Europy wskazuje, jak czynniki naturalne, w tym zasoby takie jak węgiel i ruda żelaza, były kluczowe dla gospodarczej dominacji w czasach rewolucji przemysłowej. Wspomniane zasoby, wykorzystywane do produkcji energii i materiałów, stały się fundamentem dla szybkiego wzrostu gospodarczego i technologicznego<sup>112</sup>. Wspomniane informacje uzmysławiają, że dostęp do naturalnych bogactw, zintegrowany z innowacyjnością i rozwojem technologicznym, może znacząco wpływać na struktury ekonomiczne narodów. Zrozumienie tematyki, jak przemiany w sposobie gospodarowania zasobami wpłynęły na kształtowanie się współczesnych gospodarek, jest kluczowe dla oceny potencjalnych ścieżek rozwojowych i wyzwań, współczesnej globalnej gospodarki. Zachodzące transformacje gospodarcze, rozumiane poprzez przejście na odnawialne źródła energii czy technologie zrównoważone, podobnie jak działania podjęte w czasach rewolucji przemysłowej, mogą istotnie wpłynąć na możliwości gospodarcze, generując jednocześnie nowe wyzwania, takie jak potrzeba zarządzania skutkami środowiskowymi związanymi z eksploatacją naturalnych zasobów<sup>113</sup>.

Badanie wpływu ekosystemów na gospodarcze możliwości społeczności ludzkich ukazuje złożone i wzajemne powiązania między gospodarką a środowiskiem naturalnym. Tradycyjne modele ekonomiczne nierzadko nie w pełni uwzględniają te zależności, co może prowadzić do niedoszacowania kosztów ekologicznych i społecznych związanych z produkcją, a także do błędnych wniosków dotyczących rzeczywistej efektywności i zrównoważenia procesów gospodarczych<sup>114</sup>. Zjawisko globalizacji, mimo że przynosi korzyści gospodarcze, wiąże się również z ryzykiem tzw. wzrostu

---

<sup>111</sup> D. Satterthwaite, *Sustainable cities or cities that contribute to sustainable development?*, [in:] D. Satterthwaite (ed.) *The Earthscan reader in sustainable cities*, Routledge, 2021, p. 89-101.

<sup>112</sup> H. Mohajan, *The first industrial revolution: Creation of a new global human era*, *Journal of Social Sciences and Humanities*, Vol. 5, No. 4, 2019, p. 377-385.

D. I. Stern, *Energy and economic growth*, *Routledge handbook of Energy economics*, 2019, p.33-41.

J. Mokyr, *Editor's introduction: The new economic history and the Industrial Revolution*, [in:] J. Mokyr (ed.) *The British industrial revolution*, Routledge, 2018, p. 6-19.

<sup>113</sup> D. Gielen, F. Boshell, D. Saygin, M. D. Bazilian, N. Wagner, R. Gorini, *The role of renewable energy in the global energy transformation*, *Energy Strategy Reviews*, Vol. 24, 2019, p. 42-46.

<sup>114</sup> L. Brand-Correa, A. Brook, M. Büchs, P. Meier, Y. Naik, D. W. O'Neill, *Economics for people and planet-moving beyond the neoclassical paradigm*, *The Lancet Planetary Health*, Vol. 6, Issue 4, 2022, p. 372-374.

niegospodarczego, gdzie koszty społeczne i środowiskowe ekspansji gospodarczej przewyższają uzyskiwane korzyści. Takie zjawisko może skutkować pogorszeniem jakości życia, wzrostem nierówności oraz degradacją naturalnego środowiska<sup>115</sup>.

Analiza neoklasycznych modeli ekonomicznych wykazuje ich fundamentalne założenie, że mechanizm cenowy rynku umożliwi osiągnięcie optymalnej alokacji zasobów, dążąc do równowagi, gdzie podaż dóbr odpowiada zapotrzebowaniu rynkowemu<sup>116</sup>. Przedmiotowe modele zakładają, że wszystkie koszty produkcji, zarówno bezpośrednie jak i pośrednie, są dokładnie kalkulowane i znajdują odzwierciedlenie w cenie finalnego produktu. Jednak w praktyce, szczególnie w odniesieniu do zasobów naturalnych, często dochodzi do ich znacznego zaniżania cen rynkowych. Zaniżenie cen nie uwzględnia pełnych kosztów związanych z eksploatacją zasobów, w tym obciążeń środowiskowych, społecznych oraz ekonomicznych. To prowadzi do nadmiernego wykorzystania zasobów, co skutkuje degradacją i wyczerpywaniem<sup>117</sup>. W dłuższej perspektywie, wskazane działania oddziałują negatywnie zarówno względem środowiska, jak i gospodarki, gdyż nieodnawialne zasoby naturalne stają się coraz trudniejsze i droższe do pozyskania, co przyczynia się do podniesienia rzeczywistych kosztów produkcji<sup>118</sup>. Systematyczne ignorowanie uwzględniania pełnych kosztów związanych z wykorzystaniem zasobów naturalnych w cenach rynkowych stanowi kluczowy mankament neoklasycznych modeli ekonomicznych. Praktyka nieuwzględniania pełnych kosztów środowiskowych i społecznych w procesach produkcyjnych stanowi przykład eksternalizacji, gdzie

---

<sup>115</sup> L. S. Mihajlović, S. Trajković, *The importance of energy for the economy, sustainable development and environmental protection-an economic aspect*, Journal of process management and new technologies, Vol. 6, No. 1, 2018, p. 22-25.

K. Tomislav, *The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues*, Zagreb International Review of Economics & Business, Vol. 21, No. 1, 2018, p. 67-77.

B. Jickling, A. E. Wals, *Globalization and environmental education: Looking beyond sustainable development*, [in:] A. Reid (ed.) *Curriculum and environmental education*, Routledge, 2019, p. 221-229.

W. Cramer, J. Guiot, M. Fader, J. Garrabou, J. P. Gattuso, A. Iglesias, E. Xoplaki, *Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean*, Nature Climate Change, Vol. 8, 2018, p. 972-980.

<sup>116</sup> M. Abreu, *Neoclassical regional growth models*, [in:] M. M. Fisher, P. Nijkamp (ed.) *Handbook of Regional Science*, 2021, p. 591-613.

L. Ball, N. G. Mankiw, *Market power in neoclassical growth models*, The Review of Economic Studies, Vol. 90, Issue 2, 2023, p. 572-596.

D. Tavani, L. Zamparelli, *Endogenous technical change in alternative theories of growth and distribution*, [in:] R. Veneziani, L. Zamparelli (ed.) *Analytical Political Economy*, 2018, p. 143-156.

B. Meyer, G. Ahlert, *Imperfect markets and the properties of macro-economic-environmental models as tools for policy evaluation*, Ecological Economics, Vol. 155, 2019, p. 83-86.

<sup>117</sup> J. Dolderer, C. Felber, P. Teitscheid, *From neoclassical economics to common good economics*, Sustainability, Vol. 13, Issue 4, 2021, p. 2-17.

<sup>118</sup> L. Režný, V. Bureš, *Energy transition scenarios and their economic impacts in the extended neoclassical model of economic growth*, Sustainability, Vol. 11, Issue 13, 2019, p. 1-3.

rzeczywiste obciążenia ekonomiczne nie są odzwierciedlane w kosztach wewnętrznych przedsiębiorstw, lecz są przenoszone na społeczeństwo lub przekazywane przyszłym pokoleniom. Przedmiotowe działania mogą prowadzić do znaczących zniekształceń w ocenie rzeczywistej efektywności gospodarczej, ponieważ nie odzwierciedlają prawdziwego kosztu zasobów naturalnych i ludzkich wykorzystywanych w procesie produkcji. Długofalowo, takie działania mogą skutkować istotnymi dysfunkcjami ekonomicznymi i społecznymi, gdyż nadmierna eksploatacja zasobów naturalnych i nierówności społeczne mogą zagrozić trwałości i stabilności gospodarczej<sup>119</sup>.

Adaptacja podejścia zrównoważonego w ekonomii stanowi fundamentalną zmianę w stosunku do konwencjonalnego skupienia na maksymalizacji zysku i wydajności. Wymaga to istotnej rewizji teoretycznych podstaw, zdefiniowania nowych priorytetów, które uwzględniają konieczność osiągnięcia równowagi między zaspokajaniem bieżących potrzeb, a zachowaniem zasobów dla przyszłych pokoleń<sup>120</sup>. Zmiana ta ma także kluczowe znaczenie praktyczne, gdyż przyjęte założenia mogą stanowić punkt odniesienia dla wyznaczania nowych kierunków wdrażanych polityk gospodarczych promujących zrównoważony rozwój. Wprowadzenie założeń ekonomii zrównoważonej wiąże się z opracowaniem i implementacją innowacyjnych narzędzi analitycznych, które umożliwiają holistyczne badanie wpływu działalności gospodarczej na środowisko naturalne, społeczeństwo oraz samą gospodarkę. Przyjęte rozwiązania powinny umożliwiać ocenę zarówno bezpośrednich, jak i długoterminowych efektów ekonomicznych realizowanych działań<sup>121</sup>.

W kontekście analizy porównawczej klasycznych i zrównoważonych modeli gospodarczych, istotne jest zrozumienie, jak omawiane koncepcje wpływają na alokację zasobów, adaptację do zmian technologicznych, zarządzanie środowiskowe oraz politykę pieniężną i finansową. Poniższe zestawienie w tabeli 4 pozwala na pojęcie funkcjonowania mechanizmów, przez które integracja zasad zrównoważonego rozwoju w modelach gospodarczych może przyczyniać się do efektywniejszego zarządzania

---

<sup>119</sup> P. Davidson, *Natural resources*. [in:] A. S. Eichner (ed.) *A Guide to Post-Keynesian Economics*, Routledge, 2023, p. 151-162.

M. Kornafel, I. Telega, *Dynamics of natural capital in neoclassical growth model*, *International Journal of Sustainable Economy*, Vol. 12, No. 1, 2020, p. 3-16.

<sup>120</sup> D. Gibbs, K. O'Neill, *Future green economies and regional development: a research agenda*, [in:] I. Turok, D. Bailey, et. al. (ed.) *Transitions in Regional Economic Development*, Routledge, 2018, p. 287-309.

<sup>121</sup> S. Thacker, D. Adshead, M. Fay, S. Hallegatte, M. Harvey, H. Meller, J. W. Hall, *Infrastructure for sustainable development*, *Nature Sustainability*, Vol. 2, Issue 4, 2019, p. 326-329.

zasobami oraz skuteczniejszego adresowania współczesnych wyzwań społecznych i środowiskowych.

**Tabela 4. Analiza założeń ekonomii neoklasycznej z koncepcją ekonomii zrównoważonego rozwoju w wybranych aspektach**

<b>Ekonomia neoklasyczna</b>	<b>Ekonomia zrównoważonego rozwoju</b>
<b>Modele gospodarki oraz obraz człowieka</b>	
Modele podstawowe koncentrują się na zarządzaniu zasobami bez uwzględniania kosztów produkcji, a analiza skupia się na procesie wymiany. Człowiek jest przedstawiany jako istota racjonalna, podejmująca decyzje niezależnie, zgodnie z własnym interesem. Jego rola ogranicza się do bycia racjonalnym konsumentem, który podejmuje decyzje na rynku.	Analiza skupia się na procesie wymiany, produkcji i konsumpcji. Człowiek nie jest zawsze racjonalny, a jego decyzje konsumenckie są często ograniczone przez zróżnicowane czynniki. Zmiany technologiczne, zmieniające się preferencje oraz sprawiedliwość w podziale dóbr są kluczowymi elementami analizy.
<b>Mechanizmy alokacji</b>	
Mechanizm cenowy na rynku zapewnia optymalne przydzielanie zasobów i długotrwałą równowagę rynkową. Gospodarka rynkowa funkcjonuje najefektywniej bez zewnętrznych ingerencji, gdzie indywidualne preferencje konsumentów przekładają się na ogólne korzyści społeczne.	Mechanizmy rynkowe często prowadzą do kryzysów finansowych i społecznych niesprawiedliwości, co wymaga interwencji państwowej oraz innych instytucji zewnętrznych w celu zapewnienia zrównoważonej polityki gospodarczej. Polityka ta musi uwzględniać liczne czynniki zewnętrzne wpływające na podaż.
<b>Ekonomia w odniesieniu do środowiska naturalnego</b>	
Optymalne wykorzystanie zasobów naturalnych jest kalkulowane na podstawie ich wartości pieniężnej, często dyskontując przyszłe koszty eksploatacji zasobów, co jest zazwyczaj niedoszacowane.	Zrównoważony rozwój powinien być centralnym celem ekonomicznym, z uwzględnieniem przyszłych kosztów degradacji środowiska. Dyskontowanie przyszłych kosztów jest uważane za nieetyczne i powinno być oparte na weryfikowalnych danych naukowych.
<b>Polityka finansowa</b>	
Pieniądze pełnią funkcję środka wymiany, a stabilizacja ich wartości oraz walka z inflacją są traktowane jako główne cele polityki pieniężnej. Państwo powinno unikać aktywnej polityki finansowej, a dochody i wydatki obywateli powinny wynikać z wolnorynkowej gry ekonomicznej.	Polityka pieniężna może służyć różnorodnym celom, takim jak stymulowanie inwestycji i regulacja rynku. Polityka finansowa powinna być prowadzona w sposób, który realizuje cele stabilizacyjne, alokacyjne i redystrybucyjne.
<b>System walutowy</b>	

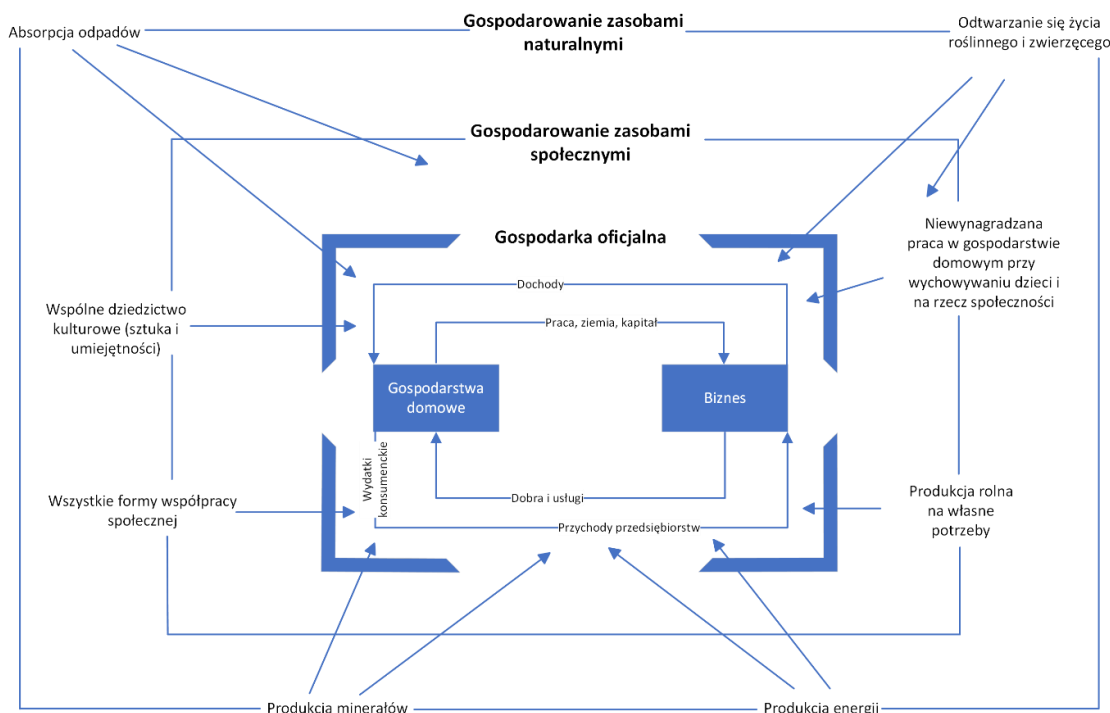
Kursy wymiany powinny być elastyczne, a wspólnota międzynarodowa nie powinna ingerować. Obecne ramy instytucjonalne są odpowiednie do zarządzania wolnym handlem, który przyczynia się do globalnego dobrobytu.	Kursy wymiany powinny podlegać regulacjom w celu przeciwdziałania spekulacjom walutowym. Konieczne są reformy międzynarodowych instytucji, aby skuteczniej chronić środowisko naturalne i wspierać sprawiedliwość społeczną, zwłaszcza w krajach rozwijających się.
---	---

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: B. Ryszawska, *Zielona gospodarka-teoretyczne podstawy koncepcji i pomiar jej wdrażania w Unii Europejskiej*, Monografie i Opracowania Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Nr 247, 2013 s. 250; E. Szaruga, Z. Kłos-Adamkiewicz, A. Gozdek, E. Załoga, *Linkages between energy delivery and economic growth from the point of view of sustainable development and seaports*, *Energies*, Vol. 14, Issue 14, 2021, p. 2-18; B. Poskrobko, *Metodyczne aspekty ekonomii zrównoważonego rozwoju*, *Ekonomia i Środowisko*, Nr3, 2012, s. 12-19; J. Dolderer, C. Felber, P. Teitscheid, *From neoclassical economics to common good economics*, *Sustainability*, Vol. 13, Issue 4, 2021, p. 2-17; L. Brand-Correa, A. Brook, M. Büchs, P. Meier, Y. Naik, D. W. O'Neill, *Economics for people and planet-moving beyond the neoclassical paradigm*, *The Lancet Planetary Health*, Vol. 6, Issue 4, 2022, p. 373-377; S. Rahat, M. S. K. Pathan, *Sustainable Climate Approach and in Context of Environment Economy: A Classical Analyze Matters*, *Neutron*, Vol. 21, No. 1, 2021, p. 41-43.

Analiza założeń ekonomii z perspektywy neoklasycznej i ekonomii zrównoważonego rozwoju prezentuje zasadnicze różnice w podejściu do zarządzania zasobami oraz wizji rozwoju gospodarczego. Podejście neoklasyczne koncentruje się na mechanizmach rynkowych, które za pomocą cen mają prowadzić do optymalnej alokacji zasobów. Przyjmuje się, że rynek poprzez mechanizm cenowy osiąga równowagę, gdzie popyt na dobra równy jest ich podaży, przy założeniu, że wszystkie koszty produkcji są właściwie odzwierciedlone w cenie końcowej produktu. Koncepcja ekonomii zrównoważonego rozwoju kładzie nacisk na konieczność włączenia szeroko pojmowanych kosztów środowiskowych i społecznych, które nierzadko są eksternalizowane w neoklasycznych modelach ekonomicznych. Zakłada, że rynki nie zawsze efektywnie alokują zasoby, zwłaszcza w długim terminie, co może prowadzić do kryzysów ekologicznych i społecznych niesprawiedliwości. Podobieństwa między oboma podejściami można zauważyć w zakresie podstawowej funkcji rynku jako miejsca wymiany dóbr i usług. Jednakże, ekonomia zrównoważonego rozwoju wskazuje potrzebę reformy polityki gospodarczej, która uwzględniałaby szerszy kontekst ekologiczny i społeczny, argumentując, iż długoterminowa stabilność ekonomiczna jest możliwa jedynie przez integrację zrównoważonych praktyk. W aspekcie zarządzania środowiskiem naturalnym, ekonomia neoklasyczna skupia się na optymalnym wykorzystaniu zasobów, często redukując wartość środowiska do kategorii ekonomicznych, takich jak cena rynkowa. Tymczasem koncepcja ekonomii zrównoważonej wskazuje na przemyślane zarządzanie zasobami, rozumiane poprzez

uwzględnienie przyszłych kosztów degradacji środowiska, opierając założenia na weryfikowalnych danych naukowych. W obszarze polityki pieniężnej i finansowej, ekonomia neoklasyczna postrzega pieniądź głównie jako medium wymiany, skupiając się na utrzymaniu stabilności wartości pieniądza i kontroli inflacji. W odróżnieniu od tego, ekonomia zrównoważonego rozwoju podkreśla, że polityka pieniężna powinna służyć bardziej kompleksowym celom, włączając w to stymulację inwestycji oraz regulację mechanizmów rynkowych, aby przeciwdziałać negatywnym skutkom społecznym i ekologicznym wynikającym z nieuregulowanej działalności rynkowej.

Analiza zróżnicowanych podejść, wskazuje na występujący dysonans oraz podkreśla rozbieżności między dążeniem do efektywności rynkowej a potrzebą uwzględnienia długofalowych konsekwencji społecznych i środowiskowych. Zrozumienie tych różnic jest kluczowe dla formułowania przyszłych strategii gospodarczych zdolnych do adaptacji w obliczu globalnych wyzwań, takich jak zmiany klimatyczne i nierówności społeczne. W dziedzinie zarządzania zasobami naturalnymi, koncepcja neoklasyczna promująca optymalizację zasobów poprzez mechanizmy rynkowe stoi w kontraście do zintegrowanego podejścia ekonomii zrównoważonego rozwoju, podkreślającego konieczność holistycznego zarządzania zasobami z uwzględnieniem ich długoterminowych wpływów na środowisko. W kontekście polityki pieniężnej i finansowej, wskazane różnice nabierają szczególnego znaczenia. Ekonomia neoklasyczna, koncentrująca się na stabilności walutowej i walce z inflacją, kontrastuje z dynamicznym i elastycznym podejściem ekonomii zrównoważonego rozwoju, które postrzega interwencje monetarne jako środek do realizacji celów społecznych i ekologicznych. Rysunek 1 przedstawiony poniżej, stanowi graficzne odzwierciedlenie złożonych interakcji, ilustrując strumienie dochodów, przepływy pieniężne oraz wymianę dóbr i usług między gospodarstwami domowymi a sektorem biznesowym.



**Rysunek 1. Diagram współzależności czynników determinujących rozwój w perspektywie ekonomii zrównoważonego rozwoju i podejścia neoklasycznego.**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: M. S. Cato, *Green Economics: An Introduction to Theory, Policy and Practice*, Routledge, 2009, p. 5-6.

Analiza różnic między podejściem neoklasycznym, a ekonomią zrównoważonego rozwoju wskazuje na znaczące przesunięcia w paradygmatach ekonomicznych, w kierunku sprawiedliwości i odpowiedzialności społecznej. Ekonomia zrównoważona traktuje te wartości jako centralne kryteria w ocenie działalności gospodarczej, w przeciwieństwie do modeli neoklasycznych, które koncentrują się na maksymalizacji zysków i efektywności alokacji rynkowej. Ekonomia zrównoważona poszerza zakres analizy, uwzględniając koszty środowiskowe i społeczne, które są często pomijane w tradycyjnych podejściach ekonomicznych. Wprowadza koncepcję kompleksowego rozliczania kosztów, zarówno bezpośrednich jak i pośrednich, które wynikają z degradacji środowiska i dysproporcji społecznych. Wskazane podejście umożliwia dokładniejsze zrozumienie wpływu działań gospodarczych poza krótkoterminowymi analizami finansowymi, gdzie decyzje ekonomiczne są oceniane w kontekście ich wpływu na zdrowie społeczne i ekologiczne, wykraczając poza tradycyjne parametry wzrostu PKB na rzecz wskaźników zrównoważonego rozwoju.

Rozwój wskaźnika Produktu Krajowego Brutto (PKB) jako dominującej metryki oceny postępu gospodarczego od lat siedemdziesiątych XX wieku<sup>122</sup>, w okresie silnego wpływu neoklasycznej ekonomii, spowodował, że PKB stał się kluczowym narzędziem w rękach polityków i ekonomistów do mierzenia efektywności polityki gospodarczej. Jego popularność wynika z bezpośredniej interpretowalności, jako że sumuje on wartość wszystkich dóbr i usług wyprodukowanych w danym kraju, wliczając w to nadwyżkę eksportu nad importem<sup>123</sup>. Jednakże, ta prostota, choć ułatwia zrozumienie i zastosowanie wskaźnika, jest jednocześnie źródłem jego ograniczeń. PKB promuje wzrost produkcji i konsumpcji, jednak nie bierze pod uwagę negatywnych zjawisk towarzyszących takim procesom. Wskaźnik ten może wzrastać w sytuacjach, które faktycznie mogą świadczyć o problemach społecznych, takich jak klęski żywiołowe, konflikty zbrojne czy zwiększone wydatki na bezpieczeństwo<sup>124</sup>. Ponadto, krytyka PKB koncentruje się na jego niezdolności do uwzględnienia negatywnych eksternalii, takich jak zanieczyszczenie środowiska, czy nierówny rozkład dochodów, które mogą prowadzić do społecznej i ekologicznej niesprawiedliwości. Z kolei krytycy, zwłaszcza z kręgu ekonomii zrównoważonego rozwoju, zarzucają, że fetyszycacja PKB jako wskaźnika postępu jest nadmiernym uproszczeniem, które ignoruje szereg ważnych, niematerialnych aspektów życia społecznego i ekologicznego, które są kluczowe dla prawdziwego dobrostanu społeczeństw. Jako przykład takich zaniedbań można podać brak różnicowania między wartościami gadżetów a dobrami niezbędnymi jak czysta woda czy powietrze, które są kluczowe dla zdrowia ludzi. PKB, mierząc wartość w kategoriach czysto rynkowych, może być mylącym wskaźnikiem, nie odzwierciedlającym rzeczywistego stanu dobrobytu społeczeństwa, co podkreśla potrzebę poszukiwania alternatywnych mierników, które będą w stanie lepiej uchwycić złożoność relacji między wzrostem gospodarczym a jakością życia oraz dobrostanem obywateli<sup>125</sup>.

---

<sup>122</sup> C. Gaukroger, *A critical assessment of GDP as a measure of economic performance and social progress*, Carnegie UK Trust, 2023, p. 3-24.

<sup>123</sup> K. Dynan, L. Sheiner, *GDP as a measure of economic well-being*, Hutchins Center Working Paper, Vol. 43, No.1, 2018, p. 5-28.

<sup>124</sup> L. Fioramonti, L. Coscieme, L. F. Mortensen, *From gross domestic product to wellbeing: How alternative indicators can help connect the new economy with the Sustainable Development Goals*, *The Anthropocene Review*, Vol. 6, Issue 3, 2019, p. 207-222.

<sup>125</sup> S. Accorsi, R. López, M. Azúa, V. Vergara, *Beyond the Fetish of Economic Growth: Measuring Sustainable Economic Welfare in Chile*, Universidad de Chile, Departamento de Economía, 2022, p. 1-4. K. Kabra, *Qualitative Indicators of Development: Beyond Exclusive GDP-centricity*, [in:] S. Kumar, C S. Verma, P. K. Trivedi (ed.), *State and Capitalist Development in India*, Routledge, 2023, p. 47-66.

Ekonomia zrównoważona podkreśla konieczność integracji czynników ekologicznych i społecznych w ocenie wyników gospodarczych, proponując nowe metodyki mierzenia postępu, które odzwierciedlają realne koszty i korzyści działań społecznych oraz środowiskowych. Wskaźniki takie jak Indeks Rozwoju Ludzkiego (HDI), Indeks Rzeczywistego Postępu (GPI) czy miary zrównoważonego rozwoju stają się coraz bardziej istotne w analizach zarówno w dyskursie politycznym jak i gospodarczym<sup>126</sup>. Indeks Rozwoju Ludzkiego (HDI), stworzony przez Program Narodów Zjednoczonych ds. Rozwoju (UNDP), służy jako wskaźnik, który zapewnia bardziej złożoną ocenę stanu rozwoju społeczeństw niż Produkt Krajowy Brutto. HDI włącza w swoją strukturę trzy kluczowe wymiary ludzkiego rozwoju: zdrowie i długowieczność, mierzone przez średnią oczekiwaną długość życia; edukację, ocenianą na podstawie średniej liczby lat nauki dorosłych oraz przewidywanej liczby lat edukacji dla dzieci; oraz standard życia, opierający się na skorygowanym dochodzie narodowym brutto per capita z uwzględnieniem siły nabywczej. Omawiany wskaźnik umożliwia przeprowadzenie kompleksowej oceny sposobu, w jaki kraje przekształcają swoje zasoby ekonomiczne w celu zapewnienia dobrobytu dla obywateli. W przeciwieństwie do PKB, który skupia się wyłącznie na aktywności gospodarczej, nie uwzględniając bezpośrednio wpływu tej aktywności na jakość życia, HDI dostarcza informacji o tym, jak zdrowie, edukacja i poziom ekonomiczny przyczyniają się do ogólnego postępu społecznego<sup>127</sup>. Indeks Rzeczywistego Postępu (GPI) reprezentuje podejście analityczne przekraczające ramy wskaźnika PKB. GPI uwzględnia zarówno ekonomiczne przepływy, jak i koszty społeczne oraz ekologiczne. Zawarte są w nim takie elementy jak koszty przestępczości, skutki wypadków drogowych, a także negatywne konsekwencje degradacji środowiska, takie jak zanieczyszczenie powietrza i wód. W przeciwieństwie do PKB, który mierzy aktywność ekonomiczną za wyłączeniem wpływu wspomnianych determinant na jakość życia i środowisko naturalne, GPI w swym założeniu ma za zadanie określić rzeczywisty „dobrobyt” społeczeństwa. Wspomniany indeks uwzględnia nie tylko wzrost dochodów,

---

<sup>126</sup> J. Hickel, *The sustainable development index: Measuring the ecological efficiency of human development in the Anthropocene*, Ecological economics, Vol. 167, 2020, p. 1-9.

<sup>127</sup> D. Dahliyah, A. N. Nur, *The influence of unemployment, human development index and gross domestic product on poverty level*, Golden Ratio of Social Science and Education, Vol. 1, No. 2, 2021, 96-99.  
M. Kumm, M. Taka, J. H. Guillaume, *Gridded global datasets for gross domestic product and Human Development Index over 1990-2015*, Scientific data, Vol. 5, 2018, p. 2-13.

ale również koszty społeczne i ekologiczne, które wynikają z podjętych działań gospodarczych<sup>128</sup>.

Wprowadzenie powyższych alternatywnych wskaźników nie jest wolne od wyzwań. Ich implementacja wymaga szerokiego konsensusu politycznego i społecznego, adaptacji systemów statystycznych, co może generować znaczne koszty i być procesem czasochłonnym. Istnieje również ryzyko, że złożoność nowych wskaźników może ograniczyć ich zrozumienie i użyteczność dla decydentów politycznych. PKB, jako głęboko zakorzeniony w międzynarodowych standardach ekonomicznych i powszechnie używany przez rządy i instytucje finansowe, napotyka na znaczny opór w procesie zastępowania<sup>129</sup>. Brak globalnej standaryzacji HDI i GPI oraz ich zróżnicowane zastosowanie stanowią dodatkowe przeszkody. Bez międzynarodowej harmonizacji i współpracy, ich efektywność jako globalnych wskaźników rozwoju będzie ograniczona<sup>130</sup>.

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że tradycyjne modele, oparte głównie na wskaźnikach takich jak Produkt Krajowy Brutto (PKB), koncentrują się na maksymalizacji produkcji i efektywności alokacyjnej bez należytego uwzględnienia wpływu działalności gospodarczej na środowisko naturalne i społeczeństwo. Ta jednowymiarowa perspektywa w panującej literaturze przedmiotu jest coraz bardziej krytykowana za to, iż ignoruje szerokie spektrum negatywnych eksternalii, które wpływają na trwałość zasobów naturalnych oraz jakość życia. Natomiast wskaźniki takie jak Indeks Rozwoju Ludzkiego (HDI) i Indeks Dobrobytu Ogólnego (GPI) oferują bardziej kompleksowe podejście, które integruje aspekty społeczne i środowiskowe, mające na celu zapewnienie bardziej zrównoważonej oceny postępu. HDI, obejmujący kryteria zdrowotne, edukacyjne i ekonomiczne, dostarcza bardziej wszechstronnego obrazu ludzkiego rozwoju niż sam PKB. Z kolei GPI, uwzględniając również koszty

---

<sup>128</sup> G. Berik, *Measuring what matters and guiding policy: An evaluation of the Genuine Progress Indicator*, International Labour Review, Vol. 159, Issue 1, 2020, p. 73-79.

X. Long, X. Ji, *Economic growth quality, environmental sustainability, and social welfare in China-provincial assessment based on genuine progress indicator (GPI)*, Ecological Economics, Vol. 159, 2019, p. 158-169.

<sup>129</sup> B. Wyżnikiewicz, *Produkt Krajowy Brutto jako przedmiot krytyki*, Wiadomości Statystyczne, Nr 3, 2017, s. 5-8.

E. Mączyńska, *Dylematy pomiaru gospodarki globalnej - Produkt Krajowy Brutto*, [w:] A. Cieślik, J. J. Michałek (red.), *Niedoskonała globalizacja. Czy światowy system gospodarczy wymaga gruntownych reform? Księga. Jubileuszowa Profesora Włodzimierza Siwińskiego*, Warszawa, Uniwersytet Warszawski, 2014, s. 1-16.

<sup>130</sup> M. M. Hamza, *An Assment of the GDP, GPI, and HDI as Development Indicator for Measuring Development in the Global South*, 2018, p. 2-6.

społeczne i środowiskowe związane z produkcją i konsumpcją, stara się odzwierciedlić realny „dobrobyt” społeczeństw. Wprowadzenie tych alternatywnych wskaźników wiąże się jednak z szeregiem wyzwań. Zmiana metodyki pomiaru postępu gospodarczego wymaga nie tylko nowych narzędzi analitycznych, ale także znaczących zmian w politykach publicznych i systemach statystycznych. Dodatkowo, globalne standardy ekonomiczne, które są głęboko zakorzenione w stosowaniu PKB jako głównego miernika wzrostu gospodarczego, mogą być trudne do zmienienia bez szerszego międzynarodowego konsensusu i współpracy. Mimo tych wyzwań, przesunięcie ku bardziej zrównoważonym wskaźnikom jest niezbędne dla promowania długoterminowej stabilności ekonomicznej, której nie można osiągnąć bez równoczesnego adresowania kwestii społecznych i środowiskowych. Integracja tych wymiarów w ocenę postępu gospodarczego pozwala nie tylko na bardziej efektywne zarządzanie zasobami, ale także na budowanie trwałego dobrobytu, który uwzględnia potrzeby obecnych i przyszłych pokoleń. Ostatecznie, kierunek ten zmierza ku tworzeniu polityk, które są w stanie lepiej odpowiadać na złożone wyzwania współczesnego świata, jednocześnie zachowując zdrowie i dobrostan funkcjonującego społeczeństwa.



## Rozdział II. Uwarunkowania wykorzystania odnawialnych źródeł energii

### 2.1. Istota i klasyfikacja odnawialnych źródeł energii

Odnawialne źródła energii (OZE) odgrywają fundamentalną rolę we współczesnej gospodarce, odpowiadając na pilną potrzebę dekarbonizacji sektora energetycznego oraz ograniczenia negatywnego wpływu działalności człowieka na środowisko. Znaczenie OZE można rozpatrywać w zakresie wielowymiarowym, obejmując kwestie ekologiczne, ekonomiczne, technologiczne oraz społeczne, co czyni je integralnym elementem strategii zrównoważonego rozwoju. Istota odnawialnych źródeł energii zorientowana jest na zdolności do odnawiania się w naturalnym cyklu, co odróżnia je od konwencjonalnych źródeł opartych na paliwach kopalnych, takich jak węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny<sup>131</sup>. Wykorzystanie OZE istotnie przyczynia się do redukcji emisji gazów cieplarnianych, co jest kluczowe w kontekście przeciwdziałania zmianom klimatycznym. Przedmiotowe rozwiązania przyczyniają się do redukcji emisji innych zanieczyszczeń powietrza, takich jak tlenki siarki i azotu, które negatywnie wpływają na zdrowie publiczne i ekosystemy<sup>132</sup>. Inwestycje w sektorze odnawialnej energii stymulują rozwój technologiczny i innowacji, prowadząc pośrednio do kreacji nowych miejsc pracy. Zintensyfikowane badania nad technologią OZE oraz powstałe w ich wyniku nowe rozwiązania, determinują wzrost powszechności zastosowania alternatywnych źródeł energii przy jednoczesnym obserwowalnym spadku kosztów produkcji jednostkowej. Wskazana zależność sprzyja sukcesywnemu wdrażaniu OZE w skali globalnej, przyczyniając się do wzrostu konkurencyjności przedmiotowej technologii w odniesieniu do tradycyjnych źródeł energii<sup>133</sup>. Z perspektywy wyzwań technologicznych OZE

---

<sup>131</sup> P. Drewnicki, R. Luft, Ł. Wójtowicz, *Evolution and Impact of the European Union's Energy Policy: From Fossil Fuels to Renewable Energy and Greenhouse Gas Emissions Reduction*, European Research Studies Journal, Vol. 27, Issue 1, 2024, p. 114-126.

D. Gielen, F. Boshell, D. Saygin, M. D. Bazilian, N. Wagner, R. Gorini, *The role of renewable energy in the global energy transformation*, Energy strategy reviews, Vol. 24, 2019, p. 38-50.

A. Haldar, N. Sethi, *Environmental effects of Information and Communication Technology-Exploring the roles of renewable energy, innovation, trade and financial development*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 153, 2022, p.1-7.

<sup>132</sup> A. G. Olabi, M. A. Abdelkareem, *Renewable energy and climate change*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 158, 2022, p.1-3.

M. W. Zafar, M. Shahbaz, A. Sinha, T. Sengupta, Q. Qin, *How renewable energy consumption contribute to environmental quality? The role of education in OECD countries*, Journal of Cleaner Production, Vol. 268, 2020, p.2-10.

<sup>133</sup> F. Egli, *Renewable energy investment risk: An investigation of changes over time and the underlying drivers*, Energy Policy, Vol. 140, 2020, p. 1-2.

O. Kuik, F. Branger, P. Quirion, *Competitive advantage in the renewable energy industry: Evidence from a gravity model*, Renewable energy, Vol. 131, 2019, p. 472-481.

charakteryzują się zróżnicowanym potencjałem. Fotowoltaika i energia wiatrowa są powszechnie uznawane za kluczowe technologie w procesie transformacji energetycznej, dzięki ich stosunkowo niskim kosztom operacyjnym i dużemu potencjałowi skalowalności. Biomasa i biogaz oferują możliwości efektywnego zagospodarowania odpadów organicznych, zaś energia geotermalna zapewnia stabilne źródło energii niezależne od warunków atmosferycznych. Hydroenergia, stanowiąca jedno z najstarszych form wykorzystania odnawialnych zasobów, wciąż odgrywa znaczącą rolę, szczególnie w krajach o rozwiniętej infrastrukturze hydrotechnicznej<sup>134</sup>. Uwzględniając aspekty społeczne zastosowania technologii OZE, należy poddać analizie potencjalne korzyści dla zamieszkującej społeczności. Wykorzystanie lokalnych zasobów odnawialnych może przyczynić się do zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego oraz zmniejszenia zależności od importu paliw kopalnych. Ponadto, decentralizacja produkcji energii poprzez małe instalacje OZE sprzyja rozwojowi lokalnych społeczności, redukując nierówności ekonomiczne i wzmacniając lokalne gospodarki<sup>135</sup>.

Biomasa jako odnawialne źródło energii obejmuje szeroki zakres biodegradowalnych materiałów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, które pełnią kluczową rolę w produkcji różnorodnych form energii. Wśród nich znajdują się nie tylko odpady rolnicze, takie jak słoma, obornik czy resztki poźniwne, ale także odpady leśne, które obejmują gałęzie, korzenie oraz inne pozostałości drzewne. Do tej grupy zaliczają się również odpady przemysłowe, takie jak trociny, wióry drewniane, a także organiczne odpady miejskie, w tym resztki żywnościowe oraz odpady ogrodnicze<sup>136</sup>. Wszystkie wspomniane materiały są konwertowane na energię cieplną, elektryczną oraz przetwarzane w paliwa płynne i gazowe, co ustanawia biomasę jako istotny filar strategii zrównoważonego rozwoju energetycznego i koncepcji gospodarki o obiegu zamkniętym. Spalanie oraz biologiczne przetwarzanie biomasy są kluczowymi metodami pozyskiwania energii chemicznej zgromadzonej w materiale organicznym. Techniki

---

<sup>134</sup> A. Qazi, F. Hussain, N. A. Rahim, G. Hardaker, D. Alghazzawi, K. Shaban, K. Haruna, *Towards sustainable energy: a systematic review of renewable energy sources, technologies, and public opinions*, IEEE Access, Vol. 7, 2019, p. 63837-63851.

S. R. Sinsel, R. L. Riemke, V. H. Hoffmann, *Challenges and solution technologies for the integration of variable renewable energy sources-a review*, Renewable Energy, Vol. 145, 2020, p. 2271-2285.

<sup>135</sup> L. H. Melnyk, H. Sommer, O. V. Kubatko, M. Rabe, S. M. Fedyna, *The economic and social drivers of renewable energy development in OECD countries*, Problems and Perspectives in Management, Vol. 18, Issue 4, 2020, p. 37-40.

<sup>136</sup> A. Tursi, *A review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion*, Biofuel Research Journal, Vol. 6, Issue 2, 2019, p. 962-979.

L. R. Amjith, B. Bavanish, *A review on biomass and wind as renewable energy for sustainable environment*, Chemosphere, Vol. 293, 2022, p. 2-6.

te umożliwiają przekształcenie masy roślinnej i zwierzęcej w efektywne źródła energii wykorzystywane w różnych sektorach gospodarki. Proces przekształcania biomasy stałej, takiej jak drewno, odpady drzewne czy słoma, odbywa się w specjalnie przystosowanych kotłach bądź piecach, które mogą być częścią domowych systemów ogrzewania lub większych instalacji przemysłowych<sup>137</sup>. Wspomniany proces nie tylko umożliwia wykorzystanie tradycyjnych surowców, lecz również na przekształcanie ich w bardziej jednorodne formy, takie jak brykiet czy pellet. Przetworzone formy biomasy charakteryzują się wyższą kalorycznością i lepszą współczynnikiem spalania w porównaniu do surowych odpadów roślinnych, co przekłada się na zwiększenie efektywności energetycznej oraz redukcję emisji szkodliwych substancji<sup>138</sup>. W kwestii biopaliw ciekłych, takich jak biodiesel wytwarzany z roślin oleistych (np. rzepaku, soi) lub bioetanol produkowany z cukrów (np. z trzciny cukrowej, kukurydzy), produkty te mogą stanowić alternatywne rozwiązanie dla benzyny i oleju napędowego. Ich produkcja polega na fermentacji biomasy zawierającej cukry lub oleje, co prowadzi do uzyskania płynnych paliw zdolnych do zasilania silników spalinowych. Biopaliwa te są cenione za niższą emisyjność dwutlenku węgla w porównaniu z tradycyjnymi paliwami kopalnymi, co sprzyja redukcji wpływu transportu na zmiany klimatyczne<sup>139</sup>. Biogaz, będący produktem anaerobowego rozkładu odpadów organicznych, stanowi istotne źródło odnawialnej energii. W przedmiotowym procesie mikroorganizmy rozkładają materię organiczną w warunkach beztlenowych, prowadząc do wytworzenia mieszaniny metanu i dwutlenku węgla, wykorzystywanej następnie jako paliwo w elektrowniach biogazowych lub w celach grzewczych<sup>140</sup>. Biogaz może być również oczyszczany do jakości biometanu i wykorzystywany jako zamiennik gazu ziemnego, poszerzając spektrum zastosowania omawianego źródła energii o sektor przemysłu oraz

---

<sup>137</sup> I. C. Yadav, N. L. Devi, *Biomass burning, regional air quality, and climate change*, Encyclopedia of Environmental Health, Vol. 2, 2019, p. 1-6.

M. A. Perea-Moreno, E. Samerón-Manzano, A. J. Perea-Moreno, *Biomass as renewable energy: Worldwide research trends*, Sustainability, Vol. 11, Issue 3, 2019, p.1-2.

<sup>138</sup> R. Picchio, F. Latterini, R. Venanzi, W. Stefanoni, A. Suardi, D. Tocci, L. Pari, *Pellet production from woody and non-woody feedstocks: A review on biomass quality evaluation*, Energies, Vol. 13, Issue 11, 2020, p. 2-9.

<sup>139</sup> S. Rezania, B. Oryani, J. Cho, A. Talaiekhosani, F. Sabbagh, B. Hashemi, A. A. Mohammadi, *Different pretreatment technologies of lignocellulosic biomass for bioethanol production: An overview*, Energy, Vol. 199, 2020, p. 1-3.

R. Sindhu, P. Binod, A. Pandey, S. Ankaram, Y. Duan, M. K. Awasthi, *Biofuel production from biomass: toward sustainable development*, [in:] S. Kumar, R. Kumar, A. Pandey (ed.) *Current developments in biotechnology and bioengineering. Waste Treatment Processes for Energy Generation*, 2019, p. 79-92.

<sup>140</sup> A. Kasinath, S. Fudala-Ksiazek, M. Szopinska, H. Bylinski, W. Artichowicz, A. Remiszewska-Skwarek, A. Luczkiewicz, *Biomass in biogas production: Pretreatment and codigestion*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 150, 2021, p. 1-5.

klientów indywidualnych prowadzących gospodarstwa domowe<sup>141</sup>. Biomasa, rozpatrywana w kategorii odnawialnego źródła energii, dysponuje unikalnymi cechami mającymi istotne implikacje dla globalnych strategii energetycznych. Jednym z głównych atutów biomasy jest jej potencjał w zakresie sekwestracji emisji dwutlenku węgla. Proces fotosyntezy, w którym rośliny absorbują CO<sub>2</sub>, a następnie jego wydzielanie podczas spalania biomasy, może być uznany za neutralny dla bilansu węglowego atmosfery, co ma kluczowe znaczenie w kontekście redukcji globalnego ocieplenia. Biomasa może być źródłem energii odnawialnej, która jednocześnie wspiera zrównoważony rozwój poprzez zmniejszenie zależności od paliw kopalnych, jak również spełnia założenia gospodarki o obiegu zamkniętym poprzez wykorzystanie odpadów rolniczych i leśnych<sup>142</sup>. Implementacja biomasy w praktyce energetycznej napotyka jednak na szereg wyzwań technicznych i środowiskowych. Niska wartość opałowa biomasy w porównaniu do tradycyjnych paliw kopalnych wymusza konieczność zastosowania zaawansowanych technologii konwersji energetycznej. Wspomniane technologie muszą efektywnie przetwarzać biomasę, przy zachowaniu stosunkowo niskich kosztów operacyjnych, aby móc konkurować na globalnym rynku energetycznym. Spalanie biomasy może również generować emisje szkodliwych substancji, takich jak tlenki azotu, tlenki siarki, pyły zawieszone i dioksyny, które negatywnie oddziałują na środowisko naturalne i zdrowie ludzkie. Wdrażanie skutecznych systemów filtracji i oczyszczania spalin jest zatem niezbędne, choć wiąże się z dodatkowymi kosztami<sup>143</sup>.

Energia słoneczna, rozpatrywana jako nieograniczone i globalnie dostępne źródło energii, odgrywa kluczową rolę w osiągnięciu celów zrównoważonego rozwoju. Stanowi istotny element strategii mających na celu redukcję emisji szkodliwych zanieczyszczeń, ponieważ w przeciwieństwie do konwencjonalnych źródeł energii, takich jak węgiel czy ropa naftowa, jej wykorzystanie nie wiąże się z bezpośrednią emisją dwutlenku węgla ani innych gazów cieplarnianych. Technologie wykorzystujące energię słoneczną, takie jak panele fotowoltaiczne i kolektory słoneczne, stanowią kluczowe narzędzia

---

<sup>141</sup> I. D'Adamo, M. Ribichini, K. P. Tsagarakis, *Biomethane as an energy resource for achieving sustainable production: Economic assessments and policy implications*, Sustainable Production and Consumption, Vol. 35, 2023, p. 13-27.

<sup>142</sup> K. Alper, K. Tekin, S. Karagöz, A. J. Ragauskas, *Sustainable energy and fuels from biomass: a review focusing on hydrothermal biomass processing*, Sustainable Energy & Fuels, Vol. 4, Issue 9, 2020, p. 4390-4414.

<sup>143</sup> A. Datta, A. Hossain, S. Roy, *An overview on biofuels and their advantages and disadvantages*, Asian Journal of Chemistry, Vol. 8, Issue 31, 2019, p. 1852-1857.

w transformacji energetycznej umożliwiającej bezpośrednią konwersję promieniowania słonecznego na energię elektryczną oraz ciepłą<sup>144</sup>. Ogniwa fotowoltaiczne, będące zasadniczym składnikiem paneli słonecznych, konstruowane są głównie z krzemu działającego na zasadzie półprzewodnika. W procesie fotowoltaicznym, foton światła słonecznego wzbudza elektrony, co skutkuje generowaniem prądu elektrycznego. Panele fotowoltaiczne mogą być instalowane w różnorodnych konfiguracjach, od niewielkich systemów na dachach budynków po obszerne farmy słoneczne zajmujące rozległe obszary terenu. Dostępne technologie paneli obejmują wersje monokrystaliczne, polikrystaliczne oraz amorficzne. Panele monokrystaliczne, zbudowane z jednorodnych kryształów krzemu, charakteryzują się najwyższą efektywnością przekształcania energii słonecznej w energię elektryczną, choć ich produkcja wiąże się z wyższymi kosztami. Panele polikrystaliczne są tańsze w produkcji, ale oferują niższą sprawność, podczas gdy panele amorficzne, stosujące technologię cienkowarstwową, są najtańsze i najbardziej elastyczne w możliwych zastosowaniach, lecz kosztem najniższej efektywności<sup>145</sup>. Kolektory słoneczne są wykorzystywane głównie do ogrzewania wody, działają na zasadzie konwersji energii słonecznej na ciepło za pośrednictwem ciemnych, absorbujących powierzchni. Kolektory płaskie stanowiące najbardziej rozpowszechniony typ, składają się z absorbujących paneli pokrytych szkłem, które zatrzymuje ciepło wewnątrz struktury. Kolektory próżniowe, chociaż droższe w produkcji, zapewniają lepszą izolację i wyższą sprawność dzięki minimalizacji strat ciepła, co jest kluczowe w klimatach o mniejszej intensywności nasłonecznienia i chłodniejszych temperaturach<sup>146</sup>. Skuteczna i trwała implementacja technologii solarnej wymaga zaawansowanych systemów magazynowania i dystrybucji energii, co stanowi odpowiedź na cykliczne i sezonowe zmiany w dostępności promieniowania słonecznego. Zmienność ta wymusza rozwój efektywnych metod akumulacji energii, aby możliwe było

---

<sup>144</sup> B. Hussain, S. A. A. Naqvi, S. Anwar, M. Usman, *Effect of wind and solar energy production, and economic development on the environmental quality: Is this the solution to climate change?*, Gondwana Research, Vol. 119, 2023, p. 27-44.

M. Salimi, M. Hosseinpour, T. Borhani, *Analysis of solar energy development strategies for a successful energy transition in the UAE*, Processes, Vol. 10, Issue 7, 2022, p. 6-14.

<sup>145</sup> A. S. Al-Ezzi, M. N. M. Ansari, *Photovoltaic solar cells: a review*, Applied System Innovation, Vol. 5, Issue 4, 2022, p. 1-10.

P. K. Nayak, S. Mahesh, H. J. Snaith, D. Cahen, *Photovoltaic solar cell technologies: analysing the state of the art*, Nature Reviews Materials, Vol. 4, 2019, p. 269-285.

<sup>146</sup> S. F. Ahmed, M. Khalid, M. Vaka, R. Walvekar, A. Numan, A. K. Rasheed, N. M. Mubarak, *Recent progress in solar water heaters and solar collectors: A comprehensive review*, Thermal Science and Engineering Progress, Vol. 25, 2021, p. 1-17.

M. J. Alshukri, A. K. Hussein, A. A. Eidan, A. I. Alsabery, *A review on applications and techniques of improving the performance of heat pipe-solar collector systems*, Solar Energy, Vol. 236, 2022, p. 417-433.

jej wykorzystanie w okresach ograniczonego nasłonecznienia. Technologie akumulacji energii, takie jak nowoczesne baterie litowo-jonowe, odgrywają kluczową rolę, umożliwiając przechowywanie nadwyżek energii wyprodukowanej podczas maksymalnego nasłonecznienia. Energię tę można później wykorzystać w momentach, gdy produkcja energii słonecznej jest zmniejszona z powodu niekorzystnych warunków atmosferycznych lub w nocy. Alternatywnym rozwiązaniem są systemy magazynowania energii cieplnej, które zastosowane są przede wszystkim w połączeniu z kolektorami słonecznymi. Systemy te akumulują ciepło w izolowanych zbiornikach, wykorzystując do tego celu wodę lub sole stopione, które efektywnie zatrzymują ciepło przez dłuższy czas<sup>147</sup>. Wysokie koszty początkowe instalacji infrastruktury solarnych, obejmujące zakup i instalację paneli fotowoltaicznych oraz kolektorów, a także integrację z systemami magazynowania energii, stanowią poważną barierę ekonomiczną. Uwzględniając, iż ceny paneli fotowoltaicznych znacząco zmalały na przestrzeni ostatnich lat, inwestycje w kompleksowe systemy magazynowania energii i zaawansowane technologie zarządzania siecią energetyczną nadal wymagają relatywnie znacznych środków finansowych<sup>148</sup>.

Energia wiatrowa, uznawana za kluczowy komponent strategii promujących zrównoważony rozwój, stanowi znaczący segment OZE. Wzrost znaczenia omawianej technologii w globalnym miksie energetycznym wynika z możliwości generowania energii elektrycznej za wyłączeniem bezpośredniej emisji gazów cieplarnianych<sup>149</sup>. Turbiny wiatrowe przekształcają energię kinetyczną wiatru w energię elektryczną. Proces ten jest inicjowany przez ruch powietrza, napędzany różnicami ciśnień atmosferycznych lub specyficznym ukształtowaniem terenu, przemieszczający się z regionów wysokiego ciśnienia do regionów niskiego ciśnienia. Łopaty turbiny, zaprojektowane do maksymalizacji efektywności aerodynamicznej, przechwytyują i przekształcają ruch wiatru w ruch obrotowy. Wspomniany ruch mechaniczny jest następnie przekazywany do wału głównego, który jest bezpośrednio połączony z generatorem lub

---

<sup>147</sup> B. Koçak, A. I. Fernandez, H. Paksoy, *Review on sensible thermal energy storage for industrial solar applications and sustainability aspects*, Solar Energy, Vol. 209, 2020, p. 135-169.

F. Mohamad, J. Teh, C. M. Lai, *Optimum allocation of battery energy storage systems for power grid enhanced with solar energy*, Energy, Vol. 223, 2021, p.1-8.

<sup>148</sup> K. Mongird, V. Viswanathan, P. Balducci, J. Alam, V. Fotedar, V., Koritarov, B. Hadjerioua, *An evaluation of energy storage cost and performance characteristics*, Energies, Vol. 13, Issue 13, 2020, p. 1- 9.

<sup>149</sup> P. Sadorsky, *Wind energy for sustainable development: Driving factors and future outlook*, Journal of Cleaner Production, Vol. 289, 2021, p. 2-5.

za pośrednictwem przekładni, która zwiększa prędkość obrotową wału. W generatorze, dzięki zjawisku indukcji elektromagnetycznej, energia mechaniczna obrotu jest przekształcana w energię elektryczną<sup>150</sup>. Efektywność tego procesu zależy od wielu czynników, w tym od prędkości wiatru, kierunku, stabilności prędkości, jak również od charakterystyki technicznej samej turbiny. Wygenerowany prąd jest następnie przekazywany do sieci energetycznej lub magazynowany na potrzeby dalszego wykorzystania. W całym tym procesie kluczowe jest precyzyjne dopasowanie parametrów turbin do panujących warunków klimatycznych i geograficznych, aby optymalnie wykorzystać dostępny potencjał energetyczny wiatru. Turbiny wiatrowe są wykorzystywane w zróżnicowanych konfiguracjach, co pozwala na ich efektywne dostosowanie do specyficznych warunków geograficznych oraz indywidualnych potrzeb energetycznych użytkowników<sup>151</sup>. Rozległe farmy wiatrowe, zlokalizowane zarówno na obszarach lądowych, jak i morskich, stanowią integralną część infrastruktury energetycznej, mającą na celu masową produkcję energii elektrycznej. Instalacje te odgrywają kluczową rolę w stabilizacji sieci energetycznych i są nieodzownym składnikiem w realizacji polityk zmierzających do zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii w bilansie energetycznym na poziomie globalnym. Mniejsze turbiny wiatrowe są adaptowane do zastosowań w gospodarstwach domowych lub na obszarach wiejskich, dostarczając energię bezpośrednio do indywidualnych odbiorców. Przedmiotowe rozwiązanie może stanowić skuteczne narzędzie wspomagające implementację zastosowań autonomicznych (off-grid), umożliwiając uzyskanie niezależności energetycznej oraz redukcję kosztów operacyjnych<sup>152</sup>. W aspekcie konstrukcyjnym, na rynku dominują turbiny z poziomą osią obrotu, charakteryzujące się większą efektywnością w środowiskach o stabilnych i relatywnie wysokich prędkościach wiatru. Ich konstrukcja umożliwia efektywne wykorzystanie energii kinetycznej wiatru,

---

<sup>150</sup> X. Li, Y. Peng, W. Wang, J. Huang, H. Liu, X. Song, X. Bing, *A method for optimizing installation capacity and operation strategy of a hybrid renewable energy system with offshore wind energy for a green container terminal*, Ocean Engineering, Vol. 186, 2019, p. 1-4.

<sup>151</sup> D. Lee, S. Cho, S. Jang, Y. Ra, Y. Jang, Y. Yun, D. Choi, *Toward effective irregular wind energy harvesting: Self-adaptive mechanical design strategy of triboelectric-electromagnetic hybrid wind energy harvester for wireless environmental monitoring and green hydrogen production*, Nano Energy, Vol. 102, 2022, p. 2-6.

M. Shoaib, I. Siddiqui, S. Rehman, S. Khan, L. M. Alhems, *Assessment of wind energy potential using wind energy conversion system*, Journal of cleaner production, Vol. 216, 2019, p. 346-360.

<sup>152</sup> S. C. Pryor, R. J. Barthelmie, T. J. Shepherd, *Wind power production from very large offshore wind farms*, Joule, Vol. 5, Issue 10, 2021, p. 2663-2686.

K. C. Anup, J. Whale, T. Urmee, *Urban wind conditions and small wind turbines in the built environment: A review*, Renewable energy, Vol. 131, 2019, p. 268-283.

szczególnie na większych wysokościach, gdzie prędkości wiatru są zwykle wyższe, co przekłada się na wzmożoną produkcję energii<sup>153</sup>. Turbiny z pionową osią obrotu, mimo że są mniej rozpowszechnione, oferują istotne korzyści w zmiennych warunkach wiatrowych oraz w obszarach o niższej prędkości wiatru, takich jak środowiska miejskie, bądź gęsto zabudowane regiony. Ich zdolność do efektywnego działania przy niskich prędkościach wiatru oraz adaptacja do zmiennych kierunków czynią je odpowiednimi dla lokalizacji, gdzie tradycyjne turbiny z poziomą osią mogłyby okazać się mniej efektywne. Wśród korzyści zastosowania omawianego rozwiązania należy uwzględnić, mniejsze wibracje oraz niższy poziom emitowanego hałasu, dzięki czemu łatwiej zaadaptować przedmiotową technologię w środowiskach miejskich<sup>154</sup>. Energia wiatrowa jako odnawialne źródło energii niesie ze sobą specyficzne wyzwania techniczne i środowiskowe. Jednym z głównych problemów jest nieprzewidywalność, wynikająca z naturalnych fluktuacji prędkości i kierunków wiatru, co może prowadzić do niestabilności w produkcji energii. Turbiny wiatrowe, szczególnie te umieszczone na dużych obszarach lub w rejonach migracji ptaków, mogą stanowić zagrożenie dla awifauny, prowadząc do kolizji. Hałas generowany przez turbiny wiatrowe stanowi kolejne wyzwanie, zwłaszcza w kontekście ich lokalizacji w pobliżu obszarów mieszkalnych. Wibracje i dźwięk emitowany przez obracające się łopaty mogą powodować dyskomfort mieszkańców, co rodzi potrzebę stosowania technologii redukujących hałas oraz strategicznego planowania lokalizacji farm wiatrowych, aby zminimalizować ich negatywny wpływ na życie lokalnych społeczności<sup>155</sup>.

Hydroenergia, bazująca na naturalnej energii zgromadzonej w wodach powierzchniowych, stanowi ważny komponent strategii zrównoważonego rozwoju, przyczyniając się do dywersyfikacji globalnych źródeł energii odnawialnej<sup>156</sup>. Przedmiotowy proces wykorzystuje energię mechaniczną wód, które przemieszczają się pod wpływem sił grawitacyjnych oraz różnic ciśnienia atmosferycznego, przekształcając

---

<sup>153</sup> J. Yang, L. Fang, D. Song, M. Su, X. Yang, L. Huang, Y. H. Joo, *Review of control strategy of large horizontal-axis wind turbines yaw system*, Wind Energy, Vol. 24, Issue 2, 2021, p. 97-115.

<sup>154</sup> B. Hand, G. Kelly, A. Cashman, *Aerodynamic design and performance parameters of a lift-type vertical axis wind turbine: A comprehensive review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 139, 2021, p. 1-35.

<sup>155</sup> P. Veers, K. Dykes, E. Lantz, S. Barth, C. L. Bottasso, O. Carlson, R. Wisser, *Grand challenges in the science of wind energy*, Science, Vol. 366, No. 6464, 2019, p. 1-9.

E. T. Sayed, T. Wilberforce, K. Elsaid, M. K. H. Rabaia, M. A. Abdelkareem, K. J. Chae, A. G. Olabi, *A critical review on environmental impacts of renewable energy systems and mitigation strategies: Wind, hydro, biomass and geothermal*, Science of the total environment, Vol. 766, 2021, p. 1-9.

<sup>156</sup> Å. Killingtonveit, *Hydropower*, Managing global Warming. An Interface of Technology and Human Issues, 2019, p. 265-315.

ją w energię elektryczną przy zastosowaniu zaawansowanych technologii hydroenergetycznych. W elektrowniach wodnych proces konwersji energii rozpoczyna się od skierowania wody do turbin poprzez system kanałów lub rur ciśnieniowych. Napływająca woda, działająca pod znacznym ciśnieniem, wprawia w ruch łopatki turbin, powodując ich obroty. Obracające się łopatki turbin wytwarzają ruch obrotowy, który jest następnie przenoszony do generatora za pomocą wałów mechanicznych. W generatorze, ruch mechaniczny jest przekształcany na energię elektryczną za pomocą indukcji elektromagnetycznej. Proces ten polega na tym, iż wirujące magnesy wytwarzają pole magnetyczne, które indukuje przepływ prądu elektrycznego w przewodnikach cewki, skutkując produkcją energii elektrycznej<sup>157</sup>. Technologie hydroenergetyczne można klasyfikować w zależności od konstrukcji i lokalizacji. Obejmują one m. in.: elektrownie przepływowe, elektrownie zbiornikowe oraz elektrownie szczytowo-pompowe. Elektrownie przepływowe, znane również jako run-of-river, bezpośrednio przekształcają energię kinetyczną przepływającej rzeki w energię elektryczną poprzez turbiny zainstalowane w biegu rzeki. Charakteryzują się brakiem konieczności budowy dużych zbiorników retencyjnych, co minimalizuje wpływ na lokalne ekosystemy i redukuje koszty infrastrukturalne<sup>158</sup>. Elektrownie zbiornikowe, inaczej nazywane regulacyjnymi, umożliwiają sezonowe gromadzenie wody w dużych zbiornikach retencyjnych, co pozwala na elastyczne zarządzanie produkcją energii. Dzięki możliwości zarządzania przepływem wody, elektrownie te mogą produkować energię zgodnie z aktualnym zapotrzebowaniem, co jest kluczowe dla zapewnienia stabilności sieci energetycznej. Mogą również działać jako rezerwuary wodne w okresach suszy, wspierając zarządzanie zasobami wodnymi w regionie. Elektrownie szczytowo-pompowe stanowią osobną kategorię wśród technologii hydroenergetycznych, funkcjonując jako zaawansowane systemy magazynowania energii. Instalacje wykorzystują dwa zbiorniki wodne położone na różnych wysokościach. W okresach niskiego zapotrzebowania na energię, woda jest pompowana z dolnego do górnego zbiornika, magazynując w ten sposób energię potencjalną. Podczas szczytowego zapotrzebowania na energię, woda z górnego

---

<sup>157</sup> K. Kumar, R. P. Saini, *A review on operation and maintenance of hydropower plants*, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Vol. 49, 2022, p. 1-5.

S. Daneshgar, R. Zahedi, *Investigating the hydropower plants production and profitability using system dynamics approach*, Journal of Energy Storage, Vol. 46, 2022, p. 1-6.

<sup>158</sup> C. Skoulikaris, *Run-of-river small hydropower plants as hydro-resilience assets against climate change*, Sustainability, Vol. 13, Issue 24, 2021, p. 14-15.

zbiornika jest uwalniana, przepływając przez turbiny i generując energię elektryczną<sup>159</sup>. Implementacja technologii hydroenergetycznych, wiąże się z szeregiem potencjalnych zagrożeń i wyzwań, celem zapewnienia zrównoważonego rozwoju energetycznego i minimalizację negatywnych skutków środowiskowych oraz społecznych. Jednym z głównych wyzwań związanych z budową elektrowni wodnych jest wpływ na lokalne ekosystemy wodne. Budowa zapór i zbiorników retencyjnych może prowadzić do zmian w naturalnym przepływie rzek, co może mieć negatywne skutki dla bioróżnorodności. Zmiany w przepływie wody mogą zaburzać siedliska ryb i innych organizmów wodnych, wpływając na ich populacje i prowadząc do utraty bioróżnorodności. Równie istotną kwestią jest problem erozji i sedymentacji. Zatrzymywanie wody w zbiornikach może prowadzić do akumulacji osadów, co zmniejsza pojemność zbiorników i efektywność elektrowni. Brak swobodnego transportu naturalnych osadów w dolnych odcinkach rzek może prowadzić do erozji brzegów i dna rzeki, co z kolei może wpływać na infrastrukturę oraz rolnictwo w dolinach rzecznych<sup>160</sup>. Społeczny aspekt budowy dużych instalacji hydroenergetycznych wiąże się z koniecznością przesiedleń ludności zamieszkującej obszary przeznaczone pod zbiorniki retencyjne. Przesiedlenia te, choć czasami nieuniknione, mogą prowadzić do napięć społecznych i utraty tradycyjnych źródeł utrzymania dla lokalnych społeczności. Techniczne wyzwania obejmują również bezpieczeństwo strukturalne zapór i elektrowni wodnych. Awaria takich instalacji może prowadzić do katastrofalnych skutków, w tym powodzi i zniszczeń infrastrukturalnych na dużą skalę<sup>161</sup>.

Energia geotermalna stanowi odnawialne źródło energii oparte na ciepłe zgromadzonym we wnętrzu Ziemi. Jest to energia występująca naturalnie w skałach i gorących wodach podziemnych, niewyczerpywalna i dostępna niezależnie od warunków atmosferycznych, co czyni ją istotnym elementem w kontekście koncepcji zrównoważonego rozwoju. Temperatura wnętrza Ziemi wzrasta średnio o 25°C na każdy kilometr głębokości, umożliwiając szerokie zastosowanie energii do różnorodnych celów, od ogrzewania

---

<sup>159</sup> J. I. Pérez-Díaz, M. Chazarra, J. García-González, G. Cavazzini, A. Stoppato, *Trends and challenges in the operation of pumped-storage hydropower plants*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 44, 2015, p. 767-784.

G. E. Alvarez, *Operation of pumped storage hydropower plants through optimization for power systems*, Energy, Vol. 202, 2020, p. 2-8.

<sup>160</sup> A. Kuriqi, A. N. Pinheiro, A. Sordo-Ward, L. Garrote, *Water-energy-ecosystem nexus: Balancing competing interests at a run-of-river hydropower plant coupling a hydrologic-ecohydraulic approach*, Energy Conversion and Management, Vol. 223, 2020, p. 5-47.

<sup>161</sup> H. S. Naranjo Silva, J. Álvarez del Castillo, *An approach of the hydropower: Advantages and impacts. A review*, Journal of Energy Research and Reviews, Vol. 8, 2021, p. 10-20.

budynków po produkcję energii elektrycznej<sup>162</sup>. Energię geotermalną można klasyfikować na podstawie temperatury i głębokości występowania. Wyróżnia się głównie zasoby hydrotermalne, gdzie nośnikiem ciepła jest gorąca woda lub para wodna, oraz zasoby petrotermalne, w których ciepło jest magazynowane w skałach<sup>163</sup>. Zasoby hydrotermalne są najczęściej wykorzystywane, obejmując pokłady gorącej wody o temperaturze od 40°C do 120°C oraz mieszaniny wody i pary wodnej o temperaturze od 200°C do 300°C. Wspomniane wysokotemperaturowe źródła eksploatowane są za pomocą głębokich odwiertów geotermalnych<sup>164</sup>. Technologie geotermalne dzielą się na dwie główne kategorie: bezpośrednie wykorzystanie ciepła oraz produkcję energii elektrycznej. Bezpośrednie wykorzystanie ciepła polega na użyciu wody geotermalnej do ogrzewania budynków. W metodzie bezpośredniej woda geotermalna, ze względu na swoje wysokie zmineralizowanie i potencjalnie korozyjne działanie, jest rzadko bezpośrednio stosowana. Częściej wykorzystuje się metodę pośrednią, gdzie ciepło z wody geotermalnej przekazywane jest do systemów ogrzewania za pośrednictwem wymienników ciepła, eliminując ryzyko korozji instalacji grzewczej. Produkcja energii elektrycznej z zasobów geotermalnych odbywa się w elektrowniach geotermalnych. Proces ten polega na przekształceniu ciepła w energię mechaniczną, która napędza turbiny parowe, generując prąd elektryczny. Gorąca woda lub para wodna o temperaturze od 200°C do 300°C jest wydobywana na powierzchnię, gdzie przechodząc przez turbiny, napędza generatory, wytwarzające energię elektryczną<sup>165</sup>. Pompy ciepła stanowią relatywnie nowoczesne rozwiązanie w zakresie niskotemperaturowych zasobów geotermalnych. Przedmiotowe urządzenia mogą pobierać ciepło z powietrza, gruntu lub wód gruntowych, przekształcając je na wyższy poziom termodynamiczny umożliwiając ogrzewanie budynków. Pompy ciepła są szczególnie efektywne przy wykorzystaniu ciepła z gruntu lub wody, osiągając współczynnik efektywności w przedziale od 4 do 5,

---

<sup>162</sup> R. Archer, *Geothermal energy*, Future Energy. Improved, Sustainable and Clean Options for our Planet, 2020, p. 431-445.

<sup>163</sup> M. Singh, S. K. Tangirala, A. Chaudhuri, *Potential of CO<sub>2</sub> based geothermal energy extraction from hot sedimentary and dry rock reservoirs, and enabling carbon geo-sequestration*, Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources, Vol. 6, No. 16, 2020, p. 1-6.

<sup>164</sup> M. Ghazvini, M. Sadeghzadeh, M. H. Ahmadi, S. Moosavi, F. Pourfayaz, *Geothermal energy use in hydrogen production: A review*, International Journal of Energy Research, Vol. 43, 2019, p. 7823-7851.

<sup>165</sup> F. V. Hackstein, R. Madlener, *Sustainable operation of geothermal power plants: why economics matters*, Geothermal Energy, Vol. 9, 2021, p.1-30.

M. Soltani, F. Moradi Kashkooli, A. R. Dehghani-Sanij, A. Nokhosteen, A. Ahmadi-Joughi, K. Gharali, M. B. Dusseault, *A comprehensive review of geothermal energy evolution and development*, International Journal of Green Energy, Vol. 16, Issue 13, 2019, p. 971-1009.

co oznacza, że z 1 kWh energii elektrycznej można uzyskać 4-5 kWh energii cieplnej<sup>166</sup>. Implementacja energii geotermalnej jako odnawialnego źródła energii wiąże się z szeregiem potencjalnych zagrożeń i wyzwań, które wymagają starannego uwzględnienia w procesie planowania, eksploatacji i zarządzania. Jednym z głównych zagrożeń jest ryzyko sejsmiczne, wynikające z głębokich odwiertów oraz iniekcji wody w systemy geotermalne. Procesy te mogą prowadzić do indukowanych trzęsień ziemi, zwłaszcza w regionach o naturalnej aktywności sejsmicznej. Równie istotnym wyzwaniem jest zarządzanie wodami geotermalnymi, które mogą zawierać wysokie stężenia minerałów i substancji chemicznych, takich jak siarkowodor, amoniak, arsen czy radon. Substancje te mogą być szkodliwe dla środowiska i zdrowia ludzkiego w przypadku ich niekontrolowanej emisji. Kwestia korozji i osadów w instalacjach geotermalnych stanowi dodatkowe wyzwanie<sup>167</sup>. Wysokie temperatury oraz skład chemiczny wód geotermalnych mogą prowadzić do szybkiego zużycia materiałów konstrukcyjnych, co wymaga zastosowania specjalnych stopów metali odpornych na korozję oraz regularnej konserwacji infrastruktury. Osady mineralne mogą blokować przepływy w systemach, co skutkuje spadkiem efektywności oraz zwiększonymi kosztami utrzymania. Finansowe i ekonomiczne aspekty eksploatacji energii geotermalnej również stanowią istotne wyzwanie. Wysokie koszty początkowe związane z wykonaniem głębokich odwiertów oraz budową infrastruktury geotermalnej mogą stanowić barierę dla rozwoju tego źródła energii. Choć koszty operacyjne są stosunkowo niskie, początkowe nakłady inwestycyjne mogą wymagać wsparcia finansowego oraz odpowiednich mechanizmów politycznych i regulacyjnych, aby zachęcić do inwestycji<sup>168</sup>.

## **2.2. Czynniki geograficzne wpływające na rozmieszczenie odnawialnych źródeł energii**

Czynniki geograficzne odgrywają kluczową rolę w rozmieszczeniu i efektywności odnawialnych źródeł energii (OZE). Lokalizacja instalacji OZE zależy od zmiennych środowiskowych, takich jak warunki klimatyczne, topografia terenu, dostępność zasobów naturalnych oraz specyficzne cechy geologiczne i hydrologiczne regionu.

---

<sup>166</sup> C. S. Blázquez, D. Borge-Diez, I. M. Nieto, A. F. Martín, D. González-Aguilera, *Technical optimization of the energy supply in geothermal heat pumps*, Geothermics, Vol. 81, 2019, p. 133-142.

<sup>167</sup> M. Soltani, F. M. Kashkooli, M. Souri, B. Rafiei, M. Jabarifar, K. Gharali, J. S. Nathwani, *Environmental, economic, and social impacts of geothermal energy systems*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 140, 2021, p. 12-17.

<sup>168</sup> H. Kulasekara, V. Seynubadeen, *A review of geothermal energy for future power generation*, 2019 5th international conference on advances in electrical engineering, 2019, p. 223-228.

Nasłonecznienie, wietrzność, temperatura i opady wpływają na potencjał energetyczny obszarów przeznaczonych na instalacje słoneczne i wiatrowe. Ukształtowanie terenu ma znaczenie dla elektrowni wodnych i turbin wiatrowych, a dostępność zasobów naturalnych determinuje wykorzystanie biomasy i energii geotermalnej. Geologiczne i hydrologiczne warunki regionu są kluczowe dla efektywności energii geotermalnej i hydroenergetycznej. Analiza tych czynników jest niezbędna dla strategicznego planowania i optymalnego wykorzystania OZE, co przyczynia się do zrównoważonego rozwoju energetycznego<sup>169</sup>.

Rozmieszczenie instalacji wykorzystujących biomasę jako odnawialne źródło energii jest silnie uzależnione od szeregu czynników geograficznych, które determinują dostępność surowców, efektywność produkcji oraz logistykę dystrybucji. Biomasa, obejmująca materiały pochodzenia roślinnego i zwierzęcego, jest szeroko dostępna, jednak jej geograficzne rozmieszczenie i wykorzystanie zależy od specyficznych warunków regionalnych. Jednym z kluczowych czynników geograficznych wpływających na rozmieszczenie zasobów biomasy jest typ i jakość gleby, które determinują zdolność regionu do produkcji roślin energetycznych. Gleby o wysokiej żyzności, występujące w strefach umiarkowanych i tropikalnych, są szczególnie korzystne dla uprawy roślin energetycznych, takich jak trzcina cukrowa, kukurydza czy wierzba. Ponadto, wilgotność gleby i dostępność wody wpływają na wydajność plonów, co jest istotnym czynnikiem w wyborze lokalizacji plantacji biomasy<sup>170</sup>. Równie istotnym czynnikiem jest klimat, który determinuje sezon wegetacyjny i częstotliwość zbiorów. Regiony o klimacie tropikalnym, charakteryzujące się wysokimi temperaturami i dużą ilością opadów, umożliwiają wielokrotne zbiory w ciągu roku, znacząco wpływając na zwiększenie produkcji biomasy. W strefach umiarkowanych, gdzie sezon wegetacyjny jest krótszy, konieczne jest dostosowanie rodzaju upraw do lokalnych warunków klimatycznych, co może ograniczać całkowitą produkcję biomasy. Topografia terenu również odgrywa znaczącą rolę w rozmieszczeniu zasobów biomasy. Obszary nizin i równin są bardziej odpowiednie w zakresie mechanizacji zbiorów i transportu biomasy, obniżając koszty

---

<sup>169</sup> M. Shao, Z. Han, J. Sun, C. Xiao, S. Zhang, Y. Zhao, *A review of multi-criteria decision-making applications for renewable energy site selection*, Renewable Energy, Vol. 157, 2020, p. 377-403.

<sup>170</sup> C. N. Wang, T. T. Tsai, Y. F. Huang, *A model for optimizing location selection for biomass energy power plants*, Processes, Vol. 7, Issue 6, 2019, p. 1-4.

produkcji i logistykę. W regionach górzystych i trudno dostępnych, koszty transportu mogą znacząco wzrosnąć, wpływając na rentowność upraw biomasy<sup>171</sup>.

Rozmieszczenie instalacji wykorzystujących energię słoneczną jako odnawialne źródło energii jest silnie determinowane przez szereg czynników geograficznych, które wpływają na efektywność produkcji energii oraz logistykę związaną z instalacją i eksploatacją tych systemów. Energia słoneczna, pozyskiwana z promieniowania słonecznego, jest wykorzystywana zarówno do generacji energii elektrycznej, jak i ciepłej, co wymaga optymalnych warunków geograficznych. Jednym z najważniejszych czynników geograficznych jest nasłonecznienie, które mierzy ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi. Regiony o wysokim nasłonecznieniu, takie jak strefy zwrotnikowe i podzwrotnikowe, charakteryzują się większym potencjałem do generowania energii słonecznej ze względu na dłuższy czas trwania i intensywność promieniowania słonecznego<sup>172</sup>. Kraje położone w tych strefach, takie jak Hiszpania, Włochy, Grecja czy Australia, oferują szczególnie korzystne warunki dla instalacji fotowoltaicznych i termicznych systemów solarnych. Równie istotnym czynnikiem jest wysokość nad poziomem morza. Obszary położone wyżej w odniesieniu do poziomu morza zazwyczaj charakteryzują się mniejszą ilością zanieczyszczeń atmosferycznych i niższą wilgotnością, co prowadzi do wyższego natężenia promieniowania słonecznego. W związku z tym, tereny górskie i wyżynne mogą oferować lepsze warunki dla instalacji systemów solarnych, o ile nie są zbyt odległe od infrastruktury niezbędnej do przesyłu energii. Topografia terenu odgrywa kluczową rolę w planowaniu i instalacji systemów solarnych. Płaskie i otwarte tereny sprzyjają instalacji dużych farm fotowoltaicznych, ponieważ umożliwiają łatwe i efektywne rozmieszczenie paneli słonecznych. Jednakże, tereny o zróżnicowanej topografii mogą również być efektywnie wykorzystane, jeżeli zapewnione zostaną odpowiednie konstrukcje montażowe, które umożliwią optymalizację kąta nachylenia paneli w celu maksymalizacji absorpcji promieniowania słonecznego<sup>173</sup>. Dostępność przestrzeni stanowi istotny czynnik geograficzny wpływający na rozmieszczenie instalacji solarnych.

---

<sup>171</sup> C. C. Lin, J. R. Kang, G. L. Huang, W. Y. Liu, *Forest biomass-to-biofuel factory location problem with multiple objectives considering environmental uncertainties and social enterprises*, Journal of Cleaner Production, Vol. 262, 2020, p. 2-12.

<sup>172</sup> R. Právělie, C. Patriche, G. Bandoc, *Spatial assessment of solar energy potential at global scale. A geographical approach*, Journal of Cleaner Production, Vol. 209, 2019, p. 692-721.

<sup>173</sup> A. Mostafaeipour, M. Qolipour, M. Rezaei, M. Jahangiri, A. Goli, A. Sedaghat, *A novel integrated approach for ranking solar energy location planning: a case study*, Journal of Engineering, Design and Technology, Vol. 19, Issue 3, 2021, p. 698-720.

Rozległe, niezabudowane tereny są optymalne dla budowy dużych farm solarnych, umożliwiając efektywną produkcję energii na skalę przemysłową. W obszarach miejskich, dachy budynków, fasady oraz inne dostępne powierzchnie mogą być wykorzystane do instalacji mniejszych systemów solarnych. To rozwiązanie jest szczególnie istotne w gęsto zaludnionych regionach, gdzie przestrzeń jest ograniczona, lecz zapotrzebowanie na energię odnawialną jest wysokie. Panujące warunki atmosferyczne, rozumiane poprzez częstotliwość występowania opadów, stopień zachmurzenia determinują stopień wydajności systemów solarnych. Regiony o niskiej liczbie dni pochmurnych i deszczowych są bardziej korzystne dla produkcji energii słonecznej. Wysoka wilgotność oraz zapylenie atmosferyczne mogą obniżać efektywność paneli fotowoltaicznych<sup>174</sup>.

Energia wiatrowa, generowana poprzez konwersję energii kinetycznej wiatru na energię elektryczną, wymaga optymalnych warunków geograficznych, aby zapewnić maksymalną wydajność. Jednym z kluczowych czynników geograficznych jest dostępność odpowiednich warunków wiatrowych, które obejmują prędkość wiatru, jego stałość oraz kierunek<sup>175</sup>. Regiony charakteryzujące się wysokimi średnimi prędkościami wiatru, takie jak wybrzeża morskie, otwarte równiny czy obszary górskie, są szczególnie korzystne dla instalacji turbin wiatrowych. Prędkość wiatru musi być wystarczająco wysoka, aby przekraczać próg startowy turbin, ale nie powinna być zbyt wysoka, co mogłoby prowadzić do uszkodzeń mechanicznych. Stałość i przewidywalność wiatru są równie istotne, ponieważ umożliwiają stabilną produkcję energii. Topografia terenu ma również istotny wpływ na rozmieszczenie instalacji wiatrowych. Płaskie, otwarte tereny, które nie są osłonięte przez naturalne przeszkody, takie jak drzewa, budynki czy wzniesienia, sprzyjają optymalnemu przepływowi wiatru i maksymalizują efektywność turbin. W obszarach górskich, gdzie wiatr jest często bardziej turbulentny, należy starannie dobierać lokalizacje instalacji, aby zminimalizować wpływ prądów konwekcyjnych na wydajność i trwałość turbin. Równie istotnym czynnikiem jest wysokość nad poziomem morza. Wysoko położone obszary zazwyczaj charakteryzują się większym natężeniem wiatru i mniejszą ilością przeszkód, co może zwiększać

---

<sup>174</sup> R. Conceição, I. Vázquez, L. Fialho, D. Garcia, *Soiling and rainfall effect on PV technology in rural Southern Europe*, Renewable Energy, Vol. 156, 2020, p. 743-747.

<sup>175</sup> M. Abdel-Basset, A. Gamal, R. K. Chakraborty, M. Ryan, *A new hybrid multi-criteria decision-making approach for location selection of sustainable offshore wind energy stations: A case study*, Journal of Cleaner Production, Vol. 280, Part 2, 2021, p. 1-4.

efektywność turbin wiatrowych. Jednak instalacje w takich lokalizacjach mogą być logistycznie bardziej wymagające i kosztowne ze względu na trudności związane z transportem i montażem komponentów<sup>176</sup>. Dostępność przestrzeni jest również kluczowym czynnikiem geograficznym wpływającym na rozmieszczenie turbin wiatrowych. Duże, niezabudowane tereny są idealne dla instalacji farm wiatrowych, które wymagają odpowiednich odstępów między turbinami, aby zminimalizować efekty zawirowań wiatru i wzajemnego cieniowania. W kontekście miejskim, instalacje wiatrowe są bardziej ograniczone i zazwyczaj ograniczają się do mniejszych turbin montowanych na budynkach. Warunki atmosferyczne, takie jak częstotliwość występowania burz, huraganów i innych ekstremalnych zjawisk pogodowych, wpływają na wybór lokalizacji instalacji wiatrowych. Regiony narażone na częste ekstremalne warunki pogodowe wymagają bardziej wytrzymałych i kosztownych technologii, które mogą sprostać tym wyzwaniom<sup>177</sup>.

Rozmieszczenie instalacji wykorzystujących energię wodną jest determinowane przez szereg czynników geograficznych, które wpływają na wydajność oraz efektywność tych systemów. Energia wodna, czerpana z ruchu wód powierzchniowych, jest szczególnie zależna od specyficznych warunków hydrologicznych, topograficznych i klimatycznych. Jednym z podstawowych czynników geograficznych wpływających na rozmieszczenie instalacji hydroenergetycznych jest dostępność odpowiednich zasobów wodnych o wystarczająco dużym przepływie i spadku. Regiony geograficzne charakteryzujące się obfitością rzek o dużych przepływach i znaczących różnicach wysokości stanowią optymalne lokalizacje dla eksploatacji energii wodnej. Wysokie spadki wód w takich miejscach wynikają z ukształtowania terenu, które umożliwia skoncentrowanie energii kinetycznej wód powierzchniowych<sup>178</sup>. Równie istotnym czynnikiem jest dostępność odpowiednich formacji geologicznych, które umożliwiają budowę infrastruktury hydroenergetycznej, takiej jak zapory i zbiorniki wodne. Stabilne i wytrzymałe podłoże geologiczne jest kluczowe dla zapewnienia bezpieczeństwa i trwałości tych konstrukcji. Obszary górskie i podgórskie, ze względu na duże różnice wysokości i naturalne spadki

---

<sup>176</sup> A. Mostafaiepour, S. Sadeghi, M. Jahangiri, O. Nematollahi, & A. Rezaeian Sabbagh, *Investigation of accurate location planning for wind farm establishment: a case study*, Journal of Engineering, Design and Technology, Vol. 18, Issue 4, 2020, p. 821-845.

<sup>177</sup> A. G. Olabi, T. Wilberforce, K. Elsaid, T. Salameh, E. T. Sayed, K. S. Husain, M. A. Abdelkareem, *Selection guidelines for wind energy technologies*, Energies, Vol. 14, Issue 11, 2021, p. 2-6.

<sup>178</sup> F. Chien, C. N. Wang, V. T. Nguyen, V. T. Nguyen, & K. Y. Chau, *A model for assessing quantitative and qualitative, fuzzy, multi-criteria approach to decision-making when selecting the location of a hydropower plant*, Energies, Vol. 13, Issue 11, 2020, p. 2-13.

wód, są szczególnie korzystne dla budowy dużych elektrowni wodnych. Niemniej jednak, topografia terenu może także stanowić wyzwanie, gdyż trudne warunki terenowe mogą zwiększać koszty budowy i eksploatacji. Klimat regionu również odgrywa istotną rolę w rozmieszczeniu instalacji hydroenergetycznych. Regiony o wysokich i stabilnych opadach deszczu zapewniają stały dopływ wód powierzchniowych, co jest kluczowe dla ciągłej i niezawodnej produkcji energii. W obszarach suchych lub o nieregularnych opadach, eksploatacja energii wodnej może być mniej efektywna i bardziej podatna na wahania sezonowe<sup>179</sup>.

Rozmieszczenie instalacji wykorzystujących energię geotermalną, jest determinowane przez szereg czynników geograficznych, które wpływają na wydajność oraz efektywność tych systemów. Energia geotermalna, czerpana z ciepła gromadzonego w wodach podziemnych, jest szczególnie zależna od specyficznych warunków geologicznych, geologicznych i termicznych. Jednym z podstawowych czynników geograficznych wpływających na rozmieszczenie instalacji geotermalnych jest dostępność odpowiednich zasobów wodnych o wystarczająco wysokiej temperaturze. Regiony geograficzne charakteryzujące się aktywnością wulkaniczną, tektoniczną, a także obecnością gorących źródeł stanowią optymalne lokalizacje dla eksploatacji energii geotermalnej. Wysoka temperatura wód podziemnych w takich miejscach wynika z ich bezpośredniego kontaktu z magmą lub głębokimi, ciepłymi warstwami skorupy ziemskiej<sup>180</sup>. Równie istotnym czynnikiem jest dostępność odpowiednich formacji geologicznych, które umożliwiają efektywne gromadzenie i przewodzenie ciepła. Porowate i przepuszczalne skały, takie jak piaskowce i wapień, są w stanie magazynować i przewodzić gorące wody podziemne, co jest kluczowe dla eksploatacji energii geotermalnej. Należy jednak również uwzględnić, iż regiony z nieprzepuszczalnymi warstwami skalnymi mogą utrudniać przepływ ciepła i wody, co zmniejsza efektywność wydobycia energii<sup>181</sup>. Topografia terenu również odgrywa istotną rolę w rozmieszczeniu instalacji geotermalnych. Obszary górskie, gdzie ciśnienie hydrostatyczne i gradienty termiczne są zwykle wyższe, sprzyjają

---

<sup>179</sup> I. Fernández García, A. Mc Nabola, *Maximizing hydropower generation in gravity water distribution networks: Determining the optimal location and number of pumps as turbines*, Journal of Water Resources Planning and Management, Vol. 146, Issue 1, 2020, p. 1-12.

<sup>180</sup> S. Gkousis, K. Welkenhuysen, T. Compernelle, *Deep geothermal energy extraction, a review on environmental hotspots with focus on geo-technical site conditions*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 162, 2022, p. 3-4.

<sup>181</sup> A. Ramos-Escudero, M. S. García-Cascales, J. M. Cuevas, B. Sanner, J. F. Urchueguía, *Spatial analysis of indicators affecting the exploitation of shallow geothermal energy at European scale*, Renewable Energy, Vol. 167, 2021, p. 266-281.

wydobyciu wód geotermalnych o wysokiej temperaturze. W takich warunkach, różnice ciśnienia i temperatury umożliwiają bardziej efektywne cyrkulowanie wód geotermalnych, co przekłada się na wyższą wydajność energetyczną. Instalacje w obszarach górskich mogą jednak wiązać się z wyższymi kosztami budowy i eksploatacji ze względu na trudniejszy dostęp i bardziej wymagające warunki terenowe. Hydrologia regionu, w tym dostępność i odnawialność zasobów wodnych, jest kluczowym czynnikiem wpływającym na zrównoważone wykorzystanie energii geotermalnej. Obszary z obfitymi opadami deszczu i stabilnym zasilaniem wód podziemnych mogą zapewniać ciągłe odnawianie zasobów geotermalnych, co jest istotne dla długoterminowej eksploatacji. W przeciwnym przypadku, nadmierne wykorzystanie zasobów wodnych bez odpowiedniego zasilania może prowadzić do wyczerpania źródeł bądź zmniejszenia wydajności instalacji<sup>182</sup>.

### **2.3. Finansowanie inwestycji z zakresu odnawialnych źródeł energii**

Finansowanie inwestycji w odnawialne źródła energii stanowi jedno z kluczowych wyzwań oraz determinant rozwoju sektora energetyki odnawialnej. Efektywna mobilizacja środków finansowych wymaga zastosowania zróżnicowanych mechanizmów, strategii oraz instrumentów finansowych, które umożliwiają realizację projektów OZE na zróżnicowanych etapach ich cyklu życia - od fazy koncepcyjnej, przez budowę, aż po eksploatację i modernizację. Wśród podstawowych źródeł finansowania inwestycji OZE można wyróżnić kapitał własny inwestorów prywatnych, kapitał dłużny pochodzący z banków komercyjnych, instrumenty finansowe oferowane przez instytucje finansowe, fundusze venture capital, fundusze private equity, a także środki publiczne, w tym fundusze regionalne, rządowe oraz międzynarodowe<sup>183</sup>.

Kapitał własny, pochodzący od inwestorów prywatnych oraz korporacji, stanowi kluczowy element finansowania początkowych etapów projektów OZE. Wkład kapitałowy od inwestorów prywatnych jest nie tylko podstawą finansowania, ale także katalizatorem dalszego zaangażowania finansowego ze strony instytucji kredytowych. Inwestorzy prywatni, dysponujący odpowiednimi zasobami finansowymi, nierzadko alokują kapitał w projekty OZE, zważywszy na długoterminowe korzyści związane ze stabilnymi przychodami, które mogą być generowane przez eksploatację tych

---

<sup>182</sup> Z. Liu, G. Hou, Y. Song, H. Taherian, S. Qi, *The impact of soil hydrothermal properties on geothermal power generation (GPG): modeling and analysis*, *Energies*, Vol. 15, Issue 2, 448, 2022, p. 1-10.

<sup>183</sup> F. Taghizadeh-Hesary, N. Yoshino, *Sustainable solutions for green financing and investment in renewable energy projects*, *Energies*, Vol. 13, Issue 4, 2020, p. 2-18.

instalacji. Projekty OZE, takie jak farmy wiatrowe, elektrownie słoneczne czy instalacje biomasy, charakteryzują się relatywnie niskimi kosztami operacyjnymi po fazie budowy, co przekłada się na przewidywalne i stabilne strumienie dochodów w długim okresie. Kapitał własny jest także kluczowym elementem przy uzyskiwaniu finansowania dłużnego<sup>184</sup>. Banki oraz inne instytucje finansowe, oferujące kredyty inwestycyjne, linie kredytowe i inne formy finansowania dłużnego, wymagają odpowiedniego poziomu wkładu własnego jako zabezpieczenia. Wysoki poziom kapitału własnego inwestora sygnalizuje bankom i kredytodawcom niższe ryzyko inwestycji, co jest szczególnie istotne w przypadku projektów kapitałochłonnych, takich jak budowa dużych farm wiatrowych czy elektrowni fotowoltaicznych. Inwestorzy własnościowi nierzadko zapewniają także wsparcie strategiczne, menedżerskie oraz techniczne, wpływając na wzrost atrakcyjności i wiarygodności projektów OZE z perspektywy potencjalnych kredytodawców<sup>185</sup>.

Finansowanie dłużne, obejmujące kredyty bankowe oraz emisję obligacji, stanowi istotny element struktury kapitałowej dla realizacji projektów OZE. Banki komercyjne oferują zróżnicowane produkty kredytowe, takie jak kredyty inwestycyjne, linie kredytowe oraz leasing finansowy, które są szczególnie istotne dla dużych, kapitałochłonnych inwestycji wymagających znacznych nakładów początkowych. Kredyty inwestycyjne są nierzadko preferowane przez przedsiębiorstwa energetyczne ze względu na możliwość uzyskania środków finansowych na dłuższy okres, co umożliwia realizację długoterminowych projektów infrastrukturalnych<sup>186</sup>.

Linie kredytowe oferują elastyczność w zarządzaniu płynnością finansową, umożliwiając przedsiębiorstwom dostęp do środków w miarę potrzeb, co jest kluczowe w przypadku projektów OZE, gdzie harmonogramy finansowania mogą być zmienne. Leasing finansowy, z kolei, umożliwia finansowanie zakupu sprzętu i technologii niezbędnych do realizacji projektów, takich jak turbiny wiatrowe, panele fotowoltaiczne czy

---

<sup>184</sup> F. Polzin, F. Egli, B. Steffen, T. S. Schmidt, *How do policies mobilize private finance for renewable energy? -A systematic review with an investor perspective*, Applied Energy, Vol. 236, 2019, p. 1249-1268.

<sup>185</sup> F. Taghizadeh-Hesary, N. Yoshino, *The way to induce private participation in green finance and investment*, Finance Research Letters, Vol. 31, 2019, p. 98-103.

<sup>186</sup> L. He, R. Liu, Z. Zhong, D. Wang, Y. Xia, *Can green financial development promote renewable energy investment efficiency? A consideration of bank credit*, Renewable Energy, Vol. 143, 2019, p. 974-984.

biomasowe instalacje energetyczne, bez konieczności angażowania dużego kapitału własnego na początku<sup>187</sup>.

Emisja obligacji, w tym obligacji zielonych, stanowi alternatywną formę pozyskiwania środków finansowych, która umożliwia przedsiębiorstwom energetycznym dostęp do szerokiej bazy inwestorów instytucjonalnych oraz indywidualnych. Obligacje zielone są szczególnie atrakcyjne ze względu na rosnące zainteresowanie inwestorów kwestiami zrównoważonego rozwoju i odpowiedzialności ekologicznej. Inwestorzy coraz częściej poszukują możliwości lokowania kapitału w projekty, które przyczyniają się do ochrony środowiska i walki ze zmianami klimatycznymi, determinując wzrost popytu na przedmiotowe instrumenty finansowe<sup>188</sup>.

Fundusze venture capital oraz private equity odgrywają kluczową rolę w finansowaniu rozwoju innowacyjnych technologii OZE, które znajdują się we wczesnych fazach rozwoju. Wspomniane fundusze inwestują kapitał w przedsiębiorstwa charakteryzujące się wysokim potencjałem wzrostu i innowacyjności, oferując nie tylko finansowanie, ale również wsparcie merytoryczne oraz doradztwo strategiczne. Zaangażowanie funduszy venture capital i private equity jest szczególnie istotne dla komercjalizacji nowych technologii OZE, które mogą przyczynić się do dalszej dywersyfikacji i stabilności globalnego mixu energetycznego<sup>189</sup>. W przypadku venture capital, finansowanie to skierowane jest głównie do start-upów i przedsiębiorstw we wczesnych etapach rozwoju, które potrzebują kapitału na badania i rozwój, prototypowanie oraz testowanie nowych technologii. Fundusze venture capital często podejmują wysokie ryzyko inwestycyjne, oczekując jednocześnie wysokich zwrotów w przypadku sukcesu projektu. W kontekście OZE, venture capital wspiera projekty związane z nowatorskimi technologiami w zakresie fotowoltaiki, magazynowania energii, biopaliw oraz nowych rozwiązań w energetyce wiatrowej i hydrotermalnej<sup>190</sup>. Fundusze private equity z kolei inwestują w bardziej dojrzałe przedsiębiorstwa, które potrzebują kapitału na dalszy rozwój, ekspansję rynkową oraz skalowanie produkcji. Private equity dostarcza również

---

<sup>187</sup> F. Taghizadeh-Hesary, N. Yoshino, *Sustainable solutions for green financing and investment in renewable energy projects*, *Energies*, Vol. 13, Issue 4, 2020, p. 1-7.

<sup>188</sup> C. Tolliver, A. R. Keeley, S. Managi, *Green bonds for the Paris agreement and sustainable development goals*, *Environmental Research Letters*, Vol. 14, No. 6, 2019, p. 1-11.

<sup>189</sup> B. Mrkajic, S. Murtinu, V. G. Scalera, *Is green the new gold? Venture capital and green entrepreneurship*, *Small business economics*, Vol. 52, 2019, p. 929-950.

<sup>190</sup> S. A. Qadir, H. Al-Motairi, F. Tahir, L. Al-Fagih, *Incentives and strategies for financing the renewable energy transition: A review*, *Energy Reports*, Vol. 7, 2021, p. 3590-3606.

know-how w zakresie zarządzania, operacji oraz strategii biznesowej, co jest kluczowe dla osiągnięcia długoterminowej stabilności i rentowności inwestycji w sektorze OZE. Inwestycje te często obejmują restrukturyzacje finansowe, zmiany w zarządzie oraz optymalizację procesów operacyjnych, które mogą znacząco zwiększyć efektywność i konkurencyjność przedsiębiorstwa<sup>191</sup>. Istotnym elementem wsparcia ze strony funduszy venture capital i private equity jest ich zdolność do mobilizacji dodatkowego kapitału poprzez sieci kontaktów z innymi inwestorami oraz instytucjami finansowymi. Dzięki temu przedsiębiorstwa OZE mogą uzyskać dostęp do szerokiego wachlarza źródeł finansowania, co zwiększa ich szanse na sukces rynkowy. Fundusze te często współpracują z międzynarodowymi instytucjami finansowymi, rządowymi agencjami wspierającymi rozwój technologii oraz uniwersytetami, co umożliwia integrację wiedzy naukowej z praktyką biznesową<sup>192</sup>.

Środki publiczne, obejmujące fundusze regionalne, rządowe oraz międzynarodowe, odgrywają kluczową rolę w stymulowaniu inwestycji w OZE. Rządy oraz organizacje międzynarodowe, takie jak Unia Europejska, wdrażają różnorodne programy dotacyjne, subwencje, kredyty preferencyjne oraz mechanizmy wsparcia finansowego, mające na celu redukcję ryzyka inwestycyjnego oraz zwiększenie atrakcyjności ekonomicznej projektów OZE. Fundusze te są często ukierunkowane na wsparcie badań i rozwoju (B+R), pilotażowych instalacji oraz dużych projektów infrastrukturalnych<sup>193</sup>. W kontekście funduszy regionalnych, programy takie jak Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego (EFRR<sup>194</sup>) czy Fundusz Spójności<sup>195</sup> oferują znaczące wsparcie finansowe dla projektów OZE, szczególnie w regionach mniej rozwiniętych gospodarczo. Przedmiotowe fundusze wspierają inwestycje w infrastrukturę energetyczną, rozwój lokalnych zasobów odnawialnych oraz wdrażanie innowacyjnych technologii. Współfinansowanie ze środków regionalnych często umożliwia realizację dużych projektów, które przyczyniają się do regionalnego rozwoju gospodarczego i poprawy

---

<sup>191</sup> J. M. Schell, P. L. Endreny, K. M. Koren, *Private equity funds: Business structure and operations*, Law Journal Press, 2024, p. 1-6.

<sup>192</sup> F. Egli, *Renewable energy investment risk: An investigation of changes over time and the underlying drivers*, Energy Policy, Vol. 140, 2020, p. 1-8.

<sup>193</sup> X. Yang, L. He, Y. Xia, Y. Chen, *Effect of government subsidies on renewable energy investments: The threshold effect*, Energy Policy, Vol. 132, 2019, p.156-166.

<sup>194</sup> <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/95/europaischer-fonds-fur-regionale-entwicklung-efre-> [dostęp: 01.06.2024]

<sup>195</sup> [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/funding/cohesion-fund\\_en](https://ec.europa.eu/regional_policy/funding/cohesion-fund_en) [dostęp: 01.06.2024]

bezpieczeństwa energetycznego<sup>196</sup>. Fundusze rządowe, takie jak krajowe programy wsparcia dla OZE, mogą obejmować bezpośrednie dotacje na zakup i instalację technologii odnawialnych, takich jak panele fotowoltaiczne, turbiny wiatrowe czy systemy geotermalne. Programy te nierzadko oferują również ulgi podatkowe, które zmniejszają obciążenia finansowe inwestorów i przyspieszają okres zwrotu inwestycji<sup>197</sup>. Kredyty preferencyjne, oferowane przez banki państwowe lub instytucje finansowe współpracujące z rządami, umożliwiają finansowanie projektów OZE na korzystniejszych warunkach niż tradycyjne kredyty komercyjne, zwiększając dostępność kapitału dla mniejszych przedsiębiorstw i inwestorów indywidualnych<sup>198</sup>. Na poziomie międzynarodowym, instytucje takie jak Europejski Bank Inwestycyjny (EBI<sup>199</sup>), Bank Światowy czy Międzynarodowa Korporacja Finansowa (IFC<sup>200</sup>) oferują szeroki wachlarz instrumentów finansowych wspierających OZE. Obejmują one zarówno kredyty o niskim oprocentowaniu, jak i gwarancje kredytowe, które zmniejszają ryzyko inwestycyjne. Wspomniane instytucje często zapewniają doradztwo techniczne i wsparcie w zakresie zarządzania ryzykiem, co zwiększa szanse na powodzenie realizowanych projektów<sup>201</sup>.

Dla osób fizycznych, czyli potencjalnych prosumentów, dostępne są również specjalne programy wsparcia finansowego. Prosumenci, którzy jednocześnie produkują i konsumują energię, mogą korzystać z dotacji na zakup i instalację mikroinstalacji OZE, takich jak panele fotowoltaiczne czy małe turbiny wiatrowe. W wielu krajach funkcjonują również systemy taryf gwarantowanych (feed-in tariffs), które zapewniają stałą, korzystną cenę za energię wprowadzoną do sieci, co zachęca do inwestowania w małe, domowe systemy OZE. Dostępne kredyty preferencyjne i ulgi podatkowe dodatkowo obniżają koszty inwestycji w technologie odnawialne<sup>202</sup>. Instytucje międzynarodowe nierzadko oferują specjalne programy wsparcia dla prosumentów w krajach

---

<sup>196</sup> W. J. Florkowski, J. Rakowska, *Review of Regional Renewable Energy Investment Projects: The Example of EU Cohesion Funds Dispersal*, Sustainability, Vol. 14, Issue 24, 2022, p. 1-16.

<sup>197</sup> E. Smirnova, S. Kot, E. Kolpak, V. Shestak, *Governmental support and renewable energy production: A cross-country review*, Energy, Vol. 230, 2021, p. 1-14.

<sup>198</sup> X. Yang, L. He, Y. Xia, Y. Chen, *Effect of government subsidies on renewable energy investments: The threshold effect*, Energy Policy, Vol. 132, 2019, p. 156-166.

<sup>199</sup> [https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-investment-bank-eib\\_en](https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-investment-bank-eib_en) [dostęp: 01.06.2024]

<sup>200</sup> <https://www.ifc.org/en/where-we-work/europe> [dostęp: 01.06.2024]

<sup>201</sup> M. Taylor, *Energy subsidies: Evolution in the global energy transformation to 2050*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020, p. 10-14.

<sup>202</sup> S. A. Qadir, H. Al-Motairi, F. Tahir, L. Al-Fagih, *Incentives and strategies for financing the renewable energy transition: A review*, Energy Reports, Vol. 7, 2021, p. 3590-3606.

rozwijających się, przyczyniając się do wzrostu tempa transferu technologii i budowania lokalnych zdolności produkcyjnych<sup>203</sup>. Mechanizmy takie jak Zielony Fundusz Klimatyczny (Green Climate Fund<sup>204</sup>) wspierają finansowanie projektów OZE na małą skalę, które mogą mieć znaczący wpływ na lokalne społeczności poprzez zwiększenie dostępu do czystej energii i poprawę jakości życia.

#### **2.4. Podstawy prawne dotyczące wykorzystania energii odnawialnej**

Podstawy prawne dotyczące odnawialnych źródeł energii (OZE) w Unii Europejskiej są osadzone w szeroko zakrojonych regulacjach prawnych, które odzwierciedlają zaangażowanie UE w promowanie zrównoważonego rozwoju energetycznego i walkę ze zmianami klimatycznymi. System prawny UE w zakresie OZE jest kompleksowy, obejmując dyrektywy, rozporządzenia i uzupełniające akty prawne, które wspólnie tworzą spójne ramy prawne dla państw członkowskich. Celem tych regulacji jest nie tylko zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii w ogólnym miksie energetycznym, ale także wspieranie innowacji technologicznych, poprawa efektywności energetycznej i zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego.

Pierwszym kluczowym dokumentem w przedmiotowym zakresie jest Dyrektywa 2001/77/WE z dnia 27 września 2001 r.<sup>205</sup>, dotycząca wspierania produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii na rynku wewnętrznym energii elektrycznej. Wspomniana dyrektywa miała znaczenie fundamentalne z perspektywy formalnego uregulowania i promocji odnawialnych źródeł energii w Unii Europejskiej. Ustanowiła cele udziału energii odnawialnej w krajowych miksach energetycznych państw członkowskich, promując zrównoważony rozwój energetyczny oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych. Dyrektywa 2001/77/WE wyznaczyła ramy prawne dla rozwoju sektora OZE, wymagając od państw członkowskich opracowania krajowych strategii i planów działania w celu osiągnięcia określonych założeń. Obejmowały one zwiększenie udziału energii elektrycznej pochodzącej z OZE do 22,1% w całkowitym zużyciu energii elektrycznej w UE do 2010 roku oraz ustanowienie systemów taryf gwarantowanych

---

<sup>203</sup> M. M. V. Cantarero, *Of renewable energy, energy democracy, and sustainable development: A roadmap to accelerate the energy transition in developing countries*, Energy Research & Social Science, Vol. 70, 2020, p. 1-11.

<sup>204</sup> <https://www.unep.org/about-un-environment/funding-and-partnerships/green-climate-fund> [dostęp: 01.06.2024]

<sup>205</sup> Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market; *OJL* 283, 27.10.2001, p. 33-40.

(feed-in tariffs), które miały na celu zapewnienie stabilnych i opłacalnych warunków inwestycji w sektorze OZE. Dyrektywa uwzględniała również znaczenie mechanizmów wsparcia, takich jak premie cenowe, systemy zielonych certyfikatów oraz inne formy subsydiowania, mające na celu stymulowanie inwestycji w technologie odnawialne. Przedmiotowe mechanizmy miały determinować wyrównanie stopnia konkurencyjności OZE w odniesieniu do konwencjonalnych źródeł energii, które nierzadko korzystały z istniejących infrastruktur. Dyrektywa 2001/77/WE wprowadziła również obowiązek monitorowania i raportowania postępów w realizacji wyznaczonych założeń, co pozwoliło na bieżącą ocenę skuteczności polityk krajowych oraz identyfikację obszarów wymagających dodatkowego wsparcia.

W ramach postępujących prac UE uchwalono Dyrektywę 2003/30/WE z dnia 8 maja 2003 r.<sup>206</sup>, dotyczącą promocji biopaliw lub innych odnawialnych paliw transportowych. Przedmiotowa dyrektywa miała na celu zmniejszenie zależności od importowanych paliw kopalnych oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych w sektorze transportu, który stanowi znaczące źródło emisji CO<sub>2</sub>. Dyrektywa zobowiązała państwa członkowskie do zwiększenia udziału biopaliw w rynku paliw transportowych, ustanawiając cele dotyczące ich wprowadzania do 2010 roku. Dyrektywa 2003/30/WE określała minimalne poziomy udziału biopaliw i innych odnawialnych paliw w całkowitej ilości paliw zużywanych w transporcie. Zakładano, że do końca 2010 roku biopaliwa powinny stanowić co najmniej 5,75% całkowitej ilości paliw transportowych zużywanych na terenie Unii Europejskiej. Państwa członkowskie zostały zobligowane do stworzenia krajowych strategii i programów, które wspierałyby rozwój i wprowadzenie na rynek biopaliw, takich jak biodiesel, bioetanol oraz biogaz. Dyrektywa wprowadziła również definicje i klasyfikacje różnych rodzajów biopaliw, uwzględniając ich pochodzenie i procesy produkcyjne. Biopaliwa pierwszej generacji, produkowane głównie z roślin uprawnych, takich jak rzepak, kukurydza czy trzcina cukrowa, były promowane jako bezpośrednie zamienniki dla paliw kopalnych. Dyrektywa zachęcała również do badań i rozwoju biopaliw drugiej i trzeciej generacji, które powstają z odpadów rolniczych, leśnych oraz alg, mając na celu zwiększenie efektywności produkcji biopaliw. Zapisy Dyrektywy 2003/30/WE wskazywały również na konieczność poprawy stanu infrastruktury dystrybucji biopaliw oraz ich integrację z istniejącymi systemami

---

<sup>206</sup> Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport; *OJ L 123, 17.5.2003*, p. 42-46.

paliwowymi. W przedmiotowym zakresie państwa członkowskie miały za zadanie promować budowę stacji paliw oferujących biopaliwa oraz wspierać przedsiębiorstwa transportowe w przestawianiu się na wykorzystanie bardziej ekologicznych paliw.

Następstwem realizowanej polityki w analizowanym obszarze było uchwalenie Dyrektywy 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r.<sup>207</sup>, znanej pod nazwą RED I (Renewable Energy Directive). Wspomniany dokument w założeniu miał ujednoczyć wcześniejsze regulacje dotyczące OZE oraz ustanowić wiążące cele na 2020 rok. Jednym z głównych postanowień RED I było osiągnięcie 20% udziału OZE w całkowitym zużyciu energii w Unii Europejskiej. W ramach realizacji ustanowionych założeń, każde państwo członkowskie zobowiązało się do opracowania i realizacji narodowych planów działania na rzecz energii odnawialnej, które określałyby, w jaki sposób poszczególne kraje zamierzają osiągnąć swoje indywidualne cele w zakresie udziału OZE. Dyrektywa RED I wprowadziła również innowacyjne mechanizmy współpracy międzypaństwowej, takie jak wspólne projekty i transfery statystyczne. Wspólne projekty umożliwiają państwom członkowskim realizację inwestycji w OZE wspólnie z innymi krajami, co sprzyja optymalizacji kosztów oraz wykorzystaniu potencjału naturalnego w skali regionalnej. Transfery statystyczne natomiast pozwalają na przenoszenie nadwyżek energii odnawialnej pomiędzy krajami, które przekroczyły swoje cele, a tymi, które mają trudności z ich osiągnięciem, wspierając tym samym elastyczność i efektywność realizacji ustanowionych zobowiązań. RED I wprowadziła również systemy gwarancji pochodzenia dla energii odnawialnej, które mają na celu zwiększenie transparentności rynku energii oraz umożliwienie konsumentom śledzenia źródła pochodzenia energii. Gwarancje pochodzenia ustanowiono w formie certyfikatów potwierdzających, że określona ilość energii została wyprodukowana z odnawialnych źródeł. System ten nie tylko wspiera rozwój rynku zielonej energii, ale także w swej konstrukcji wzbudza zaufanie konsumentów do OZE poprzez zapewnienie, że energia, którą kupują, faktycznie pochodzi z ekologicznych źródeł. Ważnym aspektem Dyrektywy RED I było również promowanie biopaliw i biopłynów. Dyrektywa wprowadziła kryteria zrównoważonego rozwoju, które muszą spełniać biopaliwa, aby mogły być uwzględnione w krajowych celach OZE. Kryteria te obejmują wymagania dotyczące ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, ochrony terenów o wysokiej bioróżnorodności oraz

---

<sup>207</sup> Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC; *OJ L 140*, 5.6.2009, p. 16-62.

zrównoważonego gospodarowania zasobami naturalnymi. Przepisy te miały na celu zapewnienie, że rozwój biopaliw nie będzie odbywał się kosztem środowiska ani lokalnych społeczności.

Dyrektywa 2012/27/UE z dnia 25 października 2012 r.<sup>208</sup> w sprawie efektywności energetycznej, mimo, że jej głównym założeniem było zwiększenie efektywności energetycznej, pełni również kluczową rolę w kontekście odnawialnych źródeł energii. Promuje integrację OZE poprzez lepsze zarządzanie energią i poprawę infrastruktury energetycznej, co jest istotne dla maksymalizacji korzyści płynących z OZE. Jednym z kluczowych aspektów tej dyrektywy jest ustanowienie wiążących środków mających na celu osiągnięcie 20% poprawy efektywności energetycznej do 2020 roku na terenie Unii Europejskiej. W ramach przyjętych postanowień, państwa członkowskie zostały zobowiązane do opracowania i wdrożenia krajowych planów efektywności energetycznej, które obejmują zarówno sektor publiczny, jak i prywatny. Dyrektywa wymagała, aby państwa członkowskie ustanowiły systemy oszczędzania energii, które zobowiązują dystrybutorów energii lub przedsiębiorstwa detaliczne do osiągnięcia rocznych oszczędności energetycznych na poziomie 1,5% sprzedaży energii. W kontekście OZE, Dyrektywa 2012/27/UE promuje zastosowanie inteligentnych systemów zarządzania energią, które integrują źródła odnawialne z systemami dystrybucji energii. Inteligentne sieci energetyczne, które są kluczowym elementem tej dyrektywy, umożliwiają efektywniejsze zarządzanie zmiennością produkcji energii z OZE, takich jak energia wiatrowa czy słoneczna. Ponadto, dyrektywa zachęcała do inwestycji w technologie magazynowania energii, które są niezbędne dla stabilizacji sieci energetycznych i zapewnienia ciągłości dostaw energii z odnawialnych źródeł. Dokument nakładał na państwa członkowskie obowiązek poprawy efektywności energetycznej budynków, co ma bezpośredni wpływ na zwiększenie udziału OZE w sektorze budowlanym. Wszystkie nowe budynki, a także te poddawane gruntownym remontom, miały spełniać ściśle określone standardy efektywności energetycznej. Dyrektywa 2012/27/UE szczególną uwagę koncentrowała na kwestii zapewnienia efektywności energetycznej w sektorze przemysłowym, w tym na systemy zarządzania energią, które integrują OZE. Uchwalono, aby duże przedsiębiorstwa regularnie

---

<sup>208</sup> Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, *OJ L 315*, 14.11.2012, p. 1-56.

przeprowadzały audyty energetyczne, dzięki którym będzie możliwe wdrożenie środków zwiększających efektywność energetyczną i wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

Dyrektywa 2018/2001 z dnia 11 grudnia 2018 r.<sup>209</sup>, znana jako RED II (Renewable Energy Directive II), stanowi fundamentalny akt prawny regulujący rozwój odnawialnych źródeł energii w Unii Europejskiej. Główne założenie RED II zakłada osiągnięcie co najmniej 32% udziału energii z OZE w całkowitym zużyciu energii brutto w UE do roku 2030. Dyrektywa ta rozszerza zakres regulacji wprowadzonych pierwotnie przez RED I, nie tylko w zakresie energii elektrycznej, ale również w sektorach ciepłownictwa i chłodnictwa oraz transportu. RED II nakłada na państwa członkowskie obowiązek opracowania i wdrożenia krajowych planów na rzecz energii i klimatu (NECPs - National Energy and Climate Plans), które szczegółowo określają strategie oraz środki mające na celu osiągnięcie wyznaczonych celów. Każde państwo członkowskie musi przedstawić plan, który zawiera prognozy dotyczące przyszłego zużycia energii, mechanizmy wsparcia dla OZE oraz środki mające na celu zwiększenie efektywności energetycznej. Jednym z kluczowych elementów RED II jest wprowadzenie systemów aukcyjnych jako głównego mechanizmu wsparcia dla nowych projektów OZE. Systemy aukcyjne mają na celu promowanie konkurencyjności i obniżenie kosztów technologii odnawialnych poprzez wyłonienie projektów oferujących najniższe koszty produkcji energii. Wspomniane aukcje mogą być organizowane na szczeblu krajowym lub regionalnym i obejmować zróżnicowane technologie OZE. RED II również podkreśla znaczenie biopaliw i biogazu, wprowadzając bardziej restrykcyjne kryteria zrównoważonego rozwoju i redukcji emisji gazów cieplarnianych dla wspomnianych paliw. Dyrektywa promuje zaawansowane biopaliwa, które mają mniejszy wpływ na zmiany użytkowania gruntów i większy potencjał redukcji emisji w porównaniu do konwencjonalnych biopaliw. Biopaliwa te, pochodzące z surowców nieżywnościowych, takich jak odpady rolnicze i leśne, muszą spełniać określone kryteria zrównoważonego rozwoju, aby mogły być uwzględnione w ramach krajowych celów OZE. RED II wprowadza mechanizmy współpracy transgranicznej, które umożliwiają państwom członkowskim wspólne realizowanie celów OZE. Mechanizmy te obejmują wspólne projekty, statystyczne transfery oraz wspólne systemy wsparcia, które mogą być

---

<sup>209</sup> Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources, PE/48/2018/REV/1, *OJ L 328*, 21.12.2018, p. 82- 209.

stosowane w celu optymalizacji kosztów i wykorzystania potencjału odnawialnych źródeł energii na poziomie regionalnym i europejskim.

Istotnym uzupełnieniem Dyrektywy RED II jest Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/943 z dnia 5 czerwca 2019 r.<sup>210</sup> w sprawie rynku wewnętrznego energii elektrycznej. Przedmiotowe rozporządzenie ma na celu zwiększenie efektywności i konkurencyjności rynku energii elektrycznej w Unii Europejskiej, promując jednocześnie integrację odnawialnych źródeł energii. Wprowadza ono kompleksowe ramy prawne, które wspierają elastyczność systemów elektroenergetycznych oraz rozwój technologii niezbędnych do zarządzania zmiennymi źródłami energii, takimi jak energia wiatrowa i słoneczna. Rozporządzenie 2019/943 zawiera przepisy mające na celu zwiększenie przejrzystości i dostępności rynku energii elektrycznej. Jednym z kluczowych elementów jest promowanie aktywnego uczestnictwa konsumentów w rynku energii, umożliwiając im nie tylko konsumpcję, ale także produkcję i sprzedaż energii elektrycznej, co przyczynia się do powstawania prosumentów. Rozporządzenie wprowadza również mechanizmy wsparcia dla lokalnych społeczności energetycznych, które mogą odegrać istotną rolę w decentralizacji produkcji energii i zwiększeniu udziału OZE. Rozporządzenie uwzględnia również kwestie związane z rozwojem inteligentnych sieci energetycznych, niezbędnych do skutecznego zarządzania zmiennymi źródłami energii oraz integracji zróżnicowanych technologii OZE. Inteligentne sieci umożliwiają monitorowanie i zarządzanie przepływami energii w czasie rzeczywistym, co jest kluczowe dla utrzymania stabilności systemu elektroenergetycznego i minimalizacji ryzyka wystąpienia przerw w dostawach energii. Rozwój technologii magazynowania energii jest kolejnym istotnym aspektem zawartym w rozporządzeniu. Magazynowanie energii odgrywa inherentną rolę w kompensowaniu zmienności produkcji energii z OZE, umożliwiając gromadzenie nadwyżek produkcji w okresach wysokiej generacji i uwalnianie zgromadzonej energii w okresach zwiększonego zapotrzebowania. Rozporządzenie 2019/943 promuje inwestycje w różnorodne technologie magazynowania, w tym baterie, magazyny termiczne i elektrownie szczytowo-pompowe, które mogą znacznie poprawić elastyczność systemu energetycznego. Warty uwzględnienia jest również zawarcie w rozporządzeniu zapisów dotyczących wsparcia dla transgranicznego handlu energią elektryczną, co umożliwia

---

<sup>210</sup> Regulation (EU) 2019/943 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the internal market for electricity, PE/9/2019/REV/1, *OJL 158, 14.6.2019*, p. 54-124.

lepsze wykorzystanie zasobów OZE w różnych państwach członkowskich. Mechanizmy te obejmują zarówno krótkoterminowe, jak i długoterminowe kontrakty na dostawy energii, które przyczyniają się do optymalizacji kosztów i zwiększenia bezpieczeństwa energetycznego na poziomie europejskim.

Zaproponowany przez Komisję Europejską zestaw regulacji, „Fit for 55” w 2021 roku<sup>211</sup>, jest istotnym elementem strategii mającej na celu dostosowanie polityki Unii Europejskiej do celów klimatycznych, w szczególności redukcji emisji gazów cieplarnianych o 55% do 2030 roku w odniesieniu do odnotowanych wartości z 1990 roku. Wspomniany pakiet legislacyjny obejmuje szeroki wachlarz zmian w istniejących dyrektywach oraz wprowadzenie nowych instrumentów, które mają wspierać rozwój OZE i inne środki na rzecz dekarbonizacji gospodarki. Pakiet „Fit for 55” obejmuje rewizję systemu handlu uprawnieniami do emisji (ETS<sup>212</sup>), który jest jednym z kluczowych narzędzi polityki klimatycznej UE. Zmiany w ETS mają na celu zwiększenie efektywności systemu poprzez zmniejszenie liczby dostępnych uprawnień do emisji oraz wprowadzenie nowych sektorów gospodarki, takich jak transport morski i lotniczy. Wprowadzenie mechanizmu dostosowania cen na granicach z uwzględnieniem emisji dwutlenku węgla (CBAM<sup>213</sup>) ma na celu zapobieganie ucieczce emisji oraz wyrównanie szans między producentami unijnymi a zagranicznymi. W ramach „Fit for 55” przewidziano nowe regulacje dotyczące efektywności energetycznej budynków, które stanowią ważny element strategii dekarbonizacji. Uchwalone przepisy mają na celu poprawę standardów energetycznych budynków, zarówno nowych, jak i istniejących, przyczyniając do znacznego zmniejszenia zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych w sektorze budownictwa. Wprowadzono również nowe wymogi dotyczące instalacji fotowoltaicznych na budynkach, celem promowania lokalnej produkcji energii ze źródeł odnawialnych. Zapisy przedmiotowego dokumentu obejmują wprowadzenie instrumentów finansowych wspierających transformację energetyczną. Fundusz Społeczny na rzecz Klimatu<sup>214</sup> ma na celu łagodzenie społecznych i ekonomicznych skutków transformacji, szczególnie dla gospodarstw domowych

---

<sup>211</sup> Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality, *COM/2021/550 final*.

<sup>212</sup> [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets\\_en?prefLang=pl](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en?prefLang=pl) [dostęp: 01.06.2023]

<sup>213</sup> [https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism\\_en](https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en) [dostęp: 01.06.2024]

<sup>214</sup> [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/social-climate-fund\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/social-climate-fund_en) [dostęp: 01.06.2024]

i regionów najbardziej narażonych na zmiany. Wspomniany fundusz ma promować inwestycje w efektywność energetyczną, odnawialne źródła energii oraz rozwój infrastruktury energetycznej. W ramach omawianego pakietu, Komisja Europejska proponuje reformę przepisów dotyczących transportu, w tym wprowadzenie norm emisji CO<sub>2</sub> dla samochodów osobowych i dostawczych, mające przyczynić się do dekarbonizacji sektora transportowego. Wprowadzono również nowe przepisy mające na celu rozwój infrastruktury do ładowania pojazdów elektrycznych oraz promowania wykorzystania paliw alternatywnych, takich jak wodór<sup>215</sup>.

Implementacja regulacji Unii Europejskiej dotyczących odnawialnych źródeł energii (OZE) w Polsce jest procesem złożonym, obejmującym dostosowanie krajowych przepisów do dyrektyw i rozporządzeń UE, aby zapewnić zgodność z wytycznymi wspólnotowymi oraz osiągnięcie celów zrównoważonego rozwoju energetycznego. Dyrektywa 2001/77/WE dotycząca wspierania produkcji energii elektrycznej z odnawialnych źródeł energii została zaimplementowana w Polsce poprzez nowelizację ustawy Prawo energetyczne z dnia 10 kwietnia 1997 r.<sup>216</sup>, wprowadzając system zielonych certyfikatów oraz taryfy gwarantowane. Mechanizmy te miały na celu promowanie inwestycji w OZE, zapewniając producentom dodatkowe przychody i stabilność inwestycyjną. W zakresie Dyrektywy 2003/30/WE dotyczącej promocji biopaliw, Polska wprowadziła ustawę z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych<sup>217</sup>. Wspomniana ustawa określała minimalne poziomy udziału biopaliw w rynku paliw transportowych oraz wprowadzała mechanizmy wsparcia dla ich produkcji i dystrybucji, celem zmniejszenia zależności od importowanych paliw kopalnych oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych w sektorze transportu. Implementacja Dyrektywy 2009/28/WE, znanej jako RED I, w Polsce odbyła się poprzez opracowanie Krajowego Planu w dziedzinie Energii i Klimatu<sup>218</sup>, który określał strategię osiągnięcia 15% udziału OZE w finalnym zużyciu energii brutto do 2020 roku.

---

<sup>215</sup> R. Förster, M. Kaiser, S. Wenninger, *Future vehicle energy supply-sustainable design and operation of hybrid hydrogen and electric microgrids*, Applied energy, Vol. 334, 2023, p. 3-24.

S. Searle, *Alternative transport fuels elements of the European Union's "Fit for 55 package*, ICCT Policy Update, 2021, p.2-7.

<sup>216</sup> Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne, *Dz.U. 2024 poz. 266 z późn. zm.*

<sup>217</sup> Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych, *Dz.U. 2025 poz. 901 z późn. zm.*

<sup>218</sup> Ministerstwo Klimatu i Środowiska, *Krajowy Plan w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r.*, Warszawa, 2024, [https://commission.europa.eu/document/download/5118b15e-d380-49ae-b8bb-41cc81a28e15\\_pl?filename=PL\\_NECUpdate\\_Projekt\\_aKPEiK\\_tekst\\_ostateczny.pdf](https://commission.europa.eu/document/download/5118b15e-d380-49ae-b8bb-41cc81a28e15_pl?filename=PL_NECUpdate_Projekt_aKPEiK_tekst_ostateczny.pdf) [dostęp: 01.06.2024]

Przedmiotowy plan uwzględniał zróżnicowane mechanizmy wsparcia, w tym systemy aukcyjne, które miały zapewnić konkurencyjność i efektywność finansową inwestycji w OZE. Znowelizowane Prawo energetyczne również wprowadziło odpowiednie regulacje prawne i administracyjne, umożliwiające realizację celów określonych przez RED I. Polska wdrożyła przepisy Dyrektywy 2012/27/UE w sprawie efektywności energetycznej poprzez ustawę z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej<sup>219</sup>. Wskazany akt prawny wprowadził krajowe plany efektywności energetycznej oraz obowiązek regularnych audytów energetycznych dla dużych przedsiębiorstw. Wspomniana ustawa miała na celu dostosowanie zapisów skutkujących poprawą zarządzania energią i integracją OZE w systemach dystrybucji energii, co było istotne w perspektywie maksymalizacji korzyści z odnawialnych źródeł energii. Implementacja Dyrektywy 2018/2001 (RED II) w Polsce wymagała aktualizacji Krajowego Planu na rzecz Energii i Klimatu (NECP) na lata 2021-2030<sup>220</sup>. Polska wdrożyła systemy aukcyjne jako główny mechanizm wsparcia nowych projektów OZE, zgodnie z wytycznymi RED II. Krajowe regulacje uwzględniły również bardziej restrykcyjne kryteria zrównoważonego rozwoju dla biopaliw i biogazu oraz promowały zaawansowane technologie biopaliw.

Unia Europejska na przestrzeni lat konsekwentnie dąży do realizacji wyznaczonych celów klimatycznych. Regulacje prawne dotyczące OZE mają na celu harmonizację działań na poziomie unijnym, umożliwiając skuteczne wdrażanie polityki zrównoważonego rozwoju w każdym państwie członkowskim. Kluczowym elementem przedmiotowych regulacji jest zobowiązanie państw członkowskich do opracowywania i realizacji krajowych planów działania na rzecz energii odnawialnej, które szczegółowo określają strategie i środki mające na celu osiągnięcie wyznaczonych celów. UE, poprzez regulacje prawne dotyczące OZE, dąży do kreacji zintegrowanego i konkurencyjnego rynku energii, który sprzyja zrównoważonemu rozwojowi oraz redukcji emisji gazów cieplarnianych. Przedmiotowe działania stanowią jeden z elementów strategii klimatycznej UE, zorientowanej na osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 roku, w ramach Europejskiego Zielonego Ładu. Uchwalane i implementowane regulacje są dynamicznie dostosowywane wraz ze zmieniającymi się realiami i nowymi

---

<sup>219</sup> Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej, *Dz.U. 2025 poz. 711 z późn. zm.*

<sup>220</sup> Ministerstwo Klimatu i Środowiska, *op. cit.*

wyzwaniami, odzwierciedlając ewolucję polityki energetycznej UE w kierunku bardziej zrównoważonego i ekologicznego modelu gospodarki.

## **2.5. Polityka UE na rzecz zrównoważonej polityki energetycznej**

Polityka Unii Europejskiej na rzecz zrównoważonej polityki energetycznej stanowi fundament strategicznych działań ukierunkowanych na transformację sektora energetycznego oraz przeciwdziałanie zmianom klimatycznym. Stanowi nieodłączny element wdrażanych inicjatyw UE, mających na celu osiągnięcie neutralności klimatycznej oraz zapewnienie bezpieczeństwa energetycznego w długiej perspektywie. W obliczu rosnących wyzwań związanych z globalnym ociepleniem, zanieczyszczeniem środowiska i wyczerpywaniem się zasobów naturalnych, przedmiotowa polityka integruje różnorodne działania, które mają na celu nie tylko redukcję emisji gazów cieplarnianych, ale również promowanie innowacyjnych rozwiązań technologicznych oraz zwiększenie efektywności energetycznej<sup>221</sup>. Priorytetem Unii Europejskiej jest stworzenie zintegrowanego rynku energii, który zapewni stabilne i konkurencyjne warunki dla rozwoju odnawialnych źródeł energii. Kluczowe znaczenie odgrywa wspieranie badań i innowacji, które umożliwią wprowadzenie nowoczesnych technologii oraz zwiększenie udziału OZE w miksie energetycznym. Polityka UE koncentruje się również na zwiększeniu efektywności energetycznej, co jest niezbędne do osiągnięcia celów związanych z redukcją zużycia energii oraz ograniczeniem emisji CO<sub>2</sub><sup>222</sup>. W kontekście globalnej polityki klimatycznej, Unia Europejska podejmuje szereg działań na poziomie międzynarodowym, krajowym i lokalnym, które mają na celu promowanie zrównoważonego rozwoju energetycznego. UE dąży do stworzenia spójnego i elastycznego systemu regulacyjnego, który umożliwi państwom członkowskim skuteczne wdrażanie strategii energetycznych, a także integrację nowych źródeł energii w sposób zrównoważony i efektywny. Istotnym aspektem polityki energetycznej UE jest

---

<sup>221</sup> C. Dupont, A. Jordan, *Policy integration*. [in:] A. Jordan, V. Gravey (ed.), *Environmental Policy in the EU*, Routledge, 2021, p. 203-219.

F. Scorza, L. Santopietro, *A systemic perspective for the Sustainable Energy and Climate Action Plan (SECAP)*, *European Planning Studies*, Vol. 32, Issue 2, 2024, p. 281-301.

S. Oberthür, I. Von Homeyer, *From emissions trading to the European Green Deal: the evolution of the climate policy mix and climate policy integration in the EU*, *Journal of European Public Policy*, Vol. 30, Issue 3, 2023, p. 445-468.

<sup>222</sup> P. Bocquillon, T. Maltby, *EU energy policy integration as embedded intergovernmentalism: the case of Energy Union governance*, [in:] A. Herranz-Surrallés, I. Solorio, J. Fairbrass (ed.), *Renegotiating Authority in EU Energy and Climate Policy*, Routledge, 2021, p. 38-56.

M. Dekanozishvili, *Dynamics of EU Energy Policy Integration: Insights from EU's Renewable Energy Policy*, [in:] *Dynamics of EU Renewable Energy*, Policy Integration 2023, p. 211-227.

także zapewnienie sprawiedliwej transformacji energetycznej, która uwzględnia potrzeby społeczności narażonych na negatywne skutki zmian gospodarczych i klimatycznych<sup>223</sup>.

Unia Europejska przyjęła szereg długoterminowych celów mających na celu przekształcenie sektora energetycznego w bardziej zrównoważony, konkurencyjny i odporny na zmiany klimatyczne. Jednym z najważniejszych dokumentów o charakterze strategicznym jest „Europejski Zielony Ład” (European Green Deal), który zakłada osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 roku. Europejski Zielony Ład stanowi kompleksowy plan, który integruje działania na rzecz ochrony środowiska, gospodarki o obiegu zamkniętym oraz zrównoważonej polityki energetycznej<sup>224</sup>. Uchwalony plan przewiduje szeroką gamę działań mających na celu zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych, poprawę efektywności energetycznej oraz promowanie odnawialnych źródeł energii. Kluczowym elementem tej strategii jest transformacja sektora energetycznego poprzez zwiększenie udziału OZE w miksie energetycznym oraz modernizację infrastruktury energetycznej. W ramach Europejskiego Zielonego Ładu zakłada się rozwój inteligentnych sieci energetycznych, które umożliwią efektywniejsze zarządzanie energią i integrację rozproszonych źródeł energii odnawialnej<sup>225</sup>. W ramach działań na rzecz dekarbonizacji gospodarki, Europejski Zielony Ład wprowadza również zasady gospodarki o obiegu zamkniętym, które mają na celu minimalizowanie marnotrawstwa i maksymalizowanie efektywności wykorzystania zasobów. W tym kontekście, transformacja sektora energetycznego jest ściśle powiązana z reformami w innych sektorach gospodarki, takich jak transport, przemysł czy rolnictwo, co ma na celu osiągnięcie synergii i maksymalizację korzyści środowiskowych, ekonomicznych i społecznych<sup>226</sup>.

Centralnym elementem polityki energetycznej Unii Europejskiej jest wzmożone promowanie odnawialnych źródeł energii. UE dąży do zwiększenia udziału OZE

---

<sup>223</sup> K. Hainsch, K. Löffler, T. Burandt, H. Auer, P. C. del Granado, P. Pesciella, S. Zwickl-Bernhard, *Energy transition scenarios: What policies, societal attitudes, and technology developments will realize the EU Green Deal?*, Energy, Vol. 239, 2022, p. 1-5.

G. Maris, F. Flouros, *The green deal, national energy and climate plans in Europe: Member States' compliance and strategies*, Administrative Sciences, Vol. 11, Issue 3, 2021, p. 2-12.

<sup>224</sup> S. Wolf, J. Teitge, J. Mielke, F. Schütze, C. Jaeger, *The European Green Deal-more than climate neutrality*. Intereconomics, Vol. 56, 2021, p. 99-107.

<sup>225</sup> M. Leonard, J. Pisani-Ferry, J. Shapiro, S. Tagliapietra, G. B. Wolff, *The geopolitics of the European green deal*, Bruegel policy contribution, No. 4, 2021, p. 2-10.

<sup>226</sup> E. Eckert, O. Kovalevska, *Sustainability in the European Union: Analyzing the discourse of the European green deal*, Journal of Risk and Financial Management, Vol. 14, Issue 2, 2021, p. 3-17.

A. Sikora, *European Green Deal-legal and financial challenges of the climate change*. ERA Forum, Vol. 21, No. 4, 2021, p. 681-697.

w miksie energetycznym poprzez różnorodne mechanizmy wsparcia, takie jak systemy taryf gwarantowanych (feed-in tariffs), premie rynkowe oraz systemy aukcyjne<sup>227</sup>. Systemy taryf gwarantowanych zapewniają producentom OZE stałe ceny za wyprodukowaną energię przez określony okres, co gwarantuje stabilność finansową i minimalizuje ryzyko inwestycyjne. Premie rynkowe, z kolei, oferują dodatkowe wynagrodzenie dla producentów energii odnawialnej, zależne od cen rynkowych energii elektrycznej, co może wpływać determinująco względem optymalizacji produkcji energii. Systemy aukcyjne wprowadzają konkurencyjność w procesie pozyskiwania wsparcia, gdzie przedsiębiorstwa rywalizują o kontrakty na dostawę energii odnawialnej po jak najniższych kosztach<sup>228</sup>.

Efektywność energetyczna stanowi równie istotny filar polityki UE. Zwiększenie efektywności energetycznej ma na celu redukcję zużycia energii, co jest niezbędne dla osiągnięcia ustalonych celów klimatycznych Unii<sup>229</sup>. W ramach tych działań, UE wdraża programy renowacji budynków, które obejmują modernizację i termomodernizację istniejących obiektów w celu zmniejszenia ich energochłonności. Promowanie technologii energooszczędnych obejmuje wsparcie dla rozwoju i implementacji innowacyjnych rozwiązań technologicznych, które redukują zużycie energii w różnych sektorach gospodarki<sup>230</sup>. UE implementuje również standardy efektywności energetycznej dla urządzeń i pojazdów, które są systematycznie aktualizowane w celu uwzględnienia postępu technologicznego oraz zmieniających się wymagań środowiskowych. Przykładem takich działań są dyrektywy dotyczące ekoprojektu (Ecodesign) oraz etykietowania energetycznego, które nakładają obowiązek spełniania

---

<sup>227</sup> V. Anatolitis, A. Azanbayev, A. K. Fleck, *How to design efficient renewable energy auctions? Empirical insights from Europe*, Energy Policy, Vol. 166, 2022, p. 2-6.

L. Melnyk, O. Kubatko, V. Piven, *Renewable Energy Promotion with Economic Incentives: The Case of the EU*, [in:] *Scientific Conference on Economics and Entrepreneurship Proceedings 2021*, p. 32-38.

<sup>228</sup> P. Rövekamp, M. Schöpf, F. Wagon, M. Weibelzahl, G. Fridgen, *Renewable electricity business models in a post feed-in tariff era*, Energy, Vol. 216, 2021, p. 2-8.

J. Kreiss, K. M. Ehrhart, M. C. Haufe, E. R. Soysal, *Different cost perspectives for renewable energy support: Assessment of technology-neutral and discriminatory auctions*, Economics of Energy & Environmental Policy, Vol. 10, No. 1, 2021, p. 193-199.

<sup>229</sup> M. Andrei, P. Thollander, I. Pierre, B. Gindroz, P. Rohdin, *Decarbonization of industry: Guidelines towards a harmonized energy efficiency policy program impact evaluation methodology*, Energy Reports, Vol. 7, 2021, p. 1385-1395.

<sup>230</sup> M. S. Aslam, T. M. Ghazal, A. Fatima, R. A. Said, S. Abbas, M. A. Khan, M. Ahmad, *Energy-efficiency model for residential buildings using supervised machine learning algorithm*, Intelligent Automation & Soft Computing, Vol. 30, No. 3, 2021, p. 881-888.

L. Desvallées, *Low-carbon retrofits in social housing: Energy efficiency, multidimensional energy poverty, and domestic comfort strategies in southern Europe*, Energy Research & Social Science, Vol. 85, 2022, p. 1-8.

określonych wymogów efektywności energetycznej przez producentów oraz informowania konsumentów o efektywności energetycznej produktów. Założenia realizowanej polityki UE uwzględniają również integrację sektorów energii poprzez rozwój inteligentnych sieci energetycznych (smart grids), umożliwiające efektywniejsze zarządzanie dostawami i zużyciem energii oraz integrację rozproszonych źródeł OZE. Technologia inteligentnych sieci wspiera elastyczność systemów elektroenergetycznych, co jest kluczowe dla zarządzania zmiennością produkcji energii z odnawialnych źródeł, takich jak energia wiatrowa i słoneczna<sup>231</sup>.

Polityka Unii Europejskiej zorientowana jest w kierunku synergii rynków energetycznych państw członkowskich, mając na celu stworzenie zintegrowanego europejskiego rynku energii. Rozwój infrastruktury energetycznej, w tym połączeń transgranicznych (interkonektorów), jest kluczowy dla zapewnienia bezpieczeństwa dostaw energii oraz zwiększenia konkurencyjności rynku<sup>232</sup>. Tworzenie wspólnie zarządzanego rynku energii umożliwia optymalizację zarządzania zasobami energetycznymi oraz kosztami, wspierając jednocześnie integrację odnawialnych źródeł energii. Inwestycje w infrastrukturę transgraniczną pozwalają bardziej efektywnie wykorzystanie potencjału energetycznego poszczególnych regionów, co jest niezbędne w kontekście dynamicznie zmieniających się warunków klimatycznych i ekonomicznych<sup>233</sup>. Współpraca między państwami członkowskimi w zakresie realizacji wspólnych projektów, takich jak budowa transgranicznych sieci energetycznych czy wspólne inwestycje w infrastrukturę OZE, jest niezbędna dla osiągnięcia celów zrównoważonego rozwoju i neutralności klimatycznej.

Unia Europejska aktywnie wspiera badania i rozwój technologii energetycznych, które są kluczowe dla transformacji energetycznej, w ramach inicjatyw badawczo-innowacyjnych. Programy takie jak „Horyzont 2020”<sup>234</sup> oraz jego następcą „Horyzont

---

<sup>231</sup> R. Barkhausen, A. Durand, K. Fick, *Review and analysis of ecodesign directive implementing measures: product regulations shifting from energy efficiency towards a circular economy*, Sustainability, Vol. 14, Issue 16, 2022, p. 3-22.

M. Patra, *European ecodesign material efficiency standardization overview for circular economy aspects in motor and power drive systems*. Energy Efficiency in Motor Systems: Proceedings of the 11th International Conference EEMODS'19, 2021, p. 231-242.

C. Lamnatou, D. Chemisana, C. Cristofari, *Smart grids and smart technologies in relation to photovoltaics, storage systems, buildings and the environment*, Renewable Energy, Vol. 185, 2022, p. 1376-1391.

<sup>232</sup> C. MacIver, W. Bukhsh, K. R. Bell, *The impact of interconnectors on the GB electricity sector and European carbon emissions*, Energy Policy, Vol. 151, 2021, p. 1-14.

<sup>233</sup> V. Karapici, D. Matraku, *Enhance energy cross-border trading in the Balkan region*, EIRP Proceedings, Vol. 18, No. 1, 2023, p.183-192.

<sup>234</sup> R. Olivadese, B. Alpagut, B. P. Revilla, J. Brouwer, V. Georgiadou, A. Woestenburg, M. van Wees, *Towards energy citizenship for a just and inclusive transition: Lessons learned on collaborative approach*

Europa” finansują liczne projekty mające na celu rozwój odnawialnych źródeł energii, zwiększenie efektywności energetycznej oraz wdrażanie zaawansowanych technologii magazynowania energii. „Horyzont 2020” jako największy program badań naukowych i innowacji w historii Unii Europejskiej, dysponował budżetem wynoszącym prawie 80 miliardów euro na lata 2014-2020. Program ten obejmował szeroki zakres tematyczny, od badań podstawowych po aplikacje rynkowe, z wyraźnym naciskiem na zrównoważony rozwój energetyczny<sup>235</sup>. Wspierał projekty mające na celu rozwój technologii fotowoltaicznych, turbin wiatrowych, technologii konwersji biomasy, jak również innowacyjne rozwiązania w zakresie magazynowania energii, takie jak akumulatory o dużej pojemności czy systemy magazynowania energii w formie sprężonego powietrza<sup>236</sup>. Następca „Horyzontu 2020”, „Horyzont Europa”, który rozpoczął się w 2021 roku, kontynuuje założenia poprzedniego projektu, z budżetem wynoszącym 95,5 miliarda euro na lata 2021-2027. „Horyzont Europa” zorientowany jest w oparciu o trzy filary: doskonałości naukowej, globalnych wyzwaniach i konkurencyjności przemysłowej, oraz innowacyjnej Europie<sup>237</sup>. W kontekście OZE, program wspiera rozwój nowych technologii w zakresie energetyki słonecznej, wiatrowej, wodnej, geotermalnej i biomasy, a także zaawansowane systemy zarządzania energią i inteligentne sieci energetyczne<sup>238</sup>. Szczególną uwagę poświęca się również technologii wodorowej jako kluczowemu elementowi przyszłego zrównoważonego systemu energetycznego. W ramach programu „Horyzont Europa” wdrażane są również tzw. misje, które są zorientowane na realizację wybranych celów, takich jak osiągnięcie neutralności klimatycznej do 2050 roku. Wspomniane misje integrują działania badawcze z polityką i praktyką, tworząc synergię między zróżnicowanymi sektorami gospodarki i społeczeństwa<sup>239</sup>. Przykładowe projekty obejmują rozwój technologii wodorowych, które mogą odgrywać kluczową rolę w dekarbonizacji sektorów trudnych

---

*of positive energy districts from the EU Horizon2020 smart cities and communities projects*, Proceedings Vol. 65, No. 1, 2021, p. 20.

<sup>235</sup> A. De Marco, G. Mangano, *A review of project management practices in EU-funded Horizon2020 Projects*, Procedia Computer Science, Vol. 219, 2023, p. 2075-2083.

<sup>236</sup> E. Marzi, M. Morini, A. Gambarotta, *Analysis of the status of research and innovation actions on electrofuels under Horizon 2020*, Energies, Vol. 15, Issue 2, 2022, p. 1-4.

<sup>237</sup> [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en) [dostęp: 01.06.2024]

<sup>238</sup> L. Ricciardiello, M. Leja, M. Ollivier, *Horizon Europe, the new programme for research & innovation: Which opportunities for GI research in the years to come?*, United European Gastroenterology Journal, Vol. 9, 2021, p. 407-408.

<sup>239</sup> N. Konchakova, P. Klein, E. Lidorikis, A. Laskarakis, W. L. Cavalcanti, J. Friis, *Position Paper: Open Innovation in Horizon Europe*, Zenodo, 2022, p. 1-4.

do elektryfikacji, takich jak przemysł ciężki i transport dalekobieżny. UE wspiera również innowacje w zakresie efektywności energetycznej poprzez finansowanie badań nad nowymi materiałami izolacyjnymi, technologiami budowlanymi oraz inteligentnymi systemami zarządzania energią w budynkach. Programy te promują także rozwój infrastruktury do magazynowania energii, co jest kluczowe dla zarządzania zmiennością produkcji energii z odnawialnych źródeł i zapewnienia stabilności systemu energetycznego<sup>240</sup>. Przedmiotowe działania są wspierane przez Europejski Instytut Innowacji i Technologii (EIT<sup>241</sup>) oraz przynależną do Instytutu, Wspólnotę Wiedzy i Innowacji (KIC) InnoEnergy<sup>242</sup>, która promuje zrównoważone źródła energii poprzez wspieranie przedsiębiorczości i innowacji w sektorze energetycznym. EIT InnoEnergy inwestuje w start-upy, rozwija programy edukacyjne i tworzy partnerstwa międzysektorowe, mające na celu przyspieszenie komercjalizacji nowych technologii energetycznych.

Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji<sup>243</sup>, stanowiący ważny element polityki spójności UE, został zaprojektowany w celu łagodzenia społeczno- gospodarczych skutków transformacji energetycznej w regionach najbardziej zależnych od paliw kopalnych. Wspomniany fundusz przewiduje wsparcie finansowe, szkoleniowe oraz technologiczne, celem zapewnienia rekompensaty utraty miejsc pracy w sektorach tradycyjnych, oraz stymulowania tworzenia nowych, miejsc pracy w sektorach odnawialnych źródeł energii<sup>244</sup>. Przykładem takich działań może być inwestowanie w przekwalifikowanie pracowników, wspieranie małych i średnich przedsiębiorstw (MŚP) w regionach górniczych oraz rozwój infrastruktury edukacyjnej i badawczej<sup>245</sup>. Polityka UE w zakresie transformacji energetycznej obejmuje także szeroką gamę programów i inicjatyw mających na celu zmniejszenie ubóstwa energetycznego, czyli sytuacji, w której gospodarstwa domowe nie są w stanie utrzymać odpowiedniego poziomu ogrzewania czy chłodzenia ze względu na wysokie koszty energii. Polityka

---

<sup>240</sup> O. Rozghon, I. Podrez-Riapolova, *Parties of the "Horizon 2020 and "Horizon Europe Programs as Participants in the Innovation Process*, L. & Innovative Soc'y, No. 2, 2022, p. 10-18.

<sup>241</sup> [https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-institute-innovation-and-technology-eit\\_en](https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-institute-innovation-and-technology-eit_en) [dostęp: 01.06.2024]

<sup>242</sup> <https://eit.europa.eu/our-communities/eit-innoenergy> [dostęp: 01.06.2024]

<sup>243</sup> [https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/just-transition-fund\\_en](https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/just-transition-fund_en) [dostęp: 01.06.2024]

<sup>244</sup> A. Kyriazi, J. Miró, *Towards a socially fair green transition in the EU? An analysis of the Just Transition Fund using the Multiple Streams Framework*, *Comparative European Politics*, Vol. 21, 2023, p. 112-132.

<sup>245</sup> K. Moesker, U. Pesch, *The just transition fund-Did the European Union learn from Europe's past transition experiences?*, *Energy Research & Social Science*, Vol. 91, 2022, p. 1-2.

transformacji energetycznej UE zakłada także szeroką współpracę międzynarodową, mającą na celu dzielenie się wiedzą i technologiami z krajami spoza UE<sup>246</sup>. Współpraca ta obejmuje nie tylko transfer technologii, ale również wspólne projekty badawcze oraz wsparcie finansowe dla krajów rozwijających się, co ma na celu globalną promocję zrównoważonego rozwoju energetycznego i walkę ze zmianami klimatycznymi.

W kontekście realizacji celów zrównoważonej polityki energetycznej UE, istotne jest zrozumienie obecnych wyników oraz możliwych perspektyw na następne lata. Poniższa tabela przedstawia szczegółową ocenę postępów oraz prognozy dotyczące realizacji przedmiotowych założeń w latach 2030 i 2050. Analiza informacji zawartych w poniższej tabeli umożliwi na zidentyfikowanie obszarów, które wymagają dodatkowych działań, oraz tych, które znajdują się na właściwej trajektorii. Dane zawarte w tabeli 5 zostały opracowane na podstawie raportu Europejskiej Agencji Środowiskowej, stanowiąc wiarygodne źródło informacji w zakresie stanu i prognoz dotyczących kluczowych wskaźników polityki energetycznej UE.

**Tabela 5. Zestawienie ocen za rok 2020 i perspektyw na lata 2030 oraz 2050 dotyczących realizacji celów polityki UE**

Zagadnienia tematyczne	Perspektywy dotyczące realizacji celów polityki		
	2020	2030	2050
<b>Ochrona, zachowanie i wzmacnianie kapitału naturalnego</b>			
Chronione obszary lądowe	+1	N	N
Chronione obszary morskie	+1	N	N
Chronione w UE gatunki i siedliska przyrodnicze	-1	N	N
Powszechnie występujące gatunki ptaków i motyli	-1	N	N
Stan i usługi ekosystemów	-1	N	N
Ekosystemy wodne i tereny podmokłe	-1	N	N
Oddziaływania hydromorfologiczne	-1	N	N
Stan ekosystemów i różnorodności biologicznej w morzach	-1	N	N
Oddziaływanie i wpływ na ekosystemy morskie	-1	N	N
Urbanizacja i wykorzystanie terenów na potrzeby rolnictwa i leśnictwa	-1	-1	-1
Stan gleb	-1	N	N
Zanieczyszczenie powietrza i jego wpływ na ekosystemy	0	0	N
Zanieczyszczenia chemiczne i ich wpływ na ekosystemy	-1	N	N

<sup>246</sup> T. Leppänen, D. Liefferink, *Agenda-setting, policy formulation, and the EU institutional context: The case of the Just Transition Fund*, European Policy Analysis, Vol. 8, Issue 1, 2022, p. 51-67.

Zmiany klimatu i ich wpływ na ekosystemy	-1	N	N
<b>Zasobooszczędna, niskoemisyjna gospodarka o obiegu zamkniętym</b>			
Efektywne gospodarowanie materiałami	+1	N	N
Wykorzystywanie materiałów w obiegu zamkniętym	0	0	N
Wytwarzanie odpadów	0	N	N
Gospodarowanie odpadami	0	N	N
Emisje gazów cieplarnianych i wysiłek redukcyjny	+1	-1	-1
Efektywność energetyczna	0	-1	-1
Odnawialne źródła energii	+1	-1	-1
Emisje zanieczyszczeń powietrza	+1	0	N
Emisje zanieczyszczeń przemysłowych	0	N	N
Czyste technologie i procesy przemysłowe	0	N	N
Emisje chemikaliów	-1	N	N
Pobór wody i jego wpływ na wody powierzchniowe i gruntowe	-1	N	N
Zrównoważone wykorzystywanie mórz	0	N	N
<b>Ochrona przed zagrożeniami ze strony środowiska dla zdrowia i jakości życia człowieka</b>			
Stężenia zanieczyszczeń powietrza	-1	+1	N
Wpływ zanieczyszczenia powietrza na zdrowie człowieka i jakość życia	0	+1	N
Narażenie ludności na hałas w środowisku i jego wpływ na zdrowie człowieka	-1	N	N
Zachowanie obszarów ciszy	-1	N	N
Oddziaływanie zanieczyszczeń na stan wód i w powiązaniu, na zdrowie człowieka	-1	N	N
Zanieczyszczenia chemiczne a zagrożenia dla zdrowia oraz jakości życia człowieka	-1	N	N
Zagrożenia dla społeczeństwa związane ze zmianami klimatu	0	N	N
Strategie i plany adaptacji do zmian klimatu	0	N	N

Objaśnienia:

W dużej mierze na dobrej drodze: +1

Częściowo na dobrej drodze: 0

W dużej mierze na niewłaściwej drodze: -1

Brak danych do określenia oceny: N

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Europejska Agencja Środowiskowa, *Środowisko Europy 2020 - stan i prognozy*, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2019, s. 3-12.

Chronione obszary lądowe i morskie otrzymały pozytywną ocenę w 2020 roku, co sugeruje skuteczność podejmowanych działań w zakresie ich ochrony. Osiągnięte rezultaty wskazują na skuteczną implementację programów ochronnych oraz

odpowiednie zarządzanie tymi obszarami, co mogło obejmować zarówno mechanizmy prawne, jak i inicjatywy lokalne wspierane przez fundusze europejskie. Jednakże brak dostępnych danych na lata 2030 i 2050 wskazuje na konieczność kontynuacji monitoringu oraz wprowadzenia dalszych działań. Stan chronionych gatunków i siedlisk przyrodniczych w UE został oceniony negatywnie, co sygnalizuje istotne problemy w zakresie ochrony bioróżnorodności. Negatywna ocena może być wynikiem wielu czynników, w tym degradacji siedlisk, zanieczyszczenia środowiska, zmian klimatycznych oraz inwazji gatunków obcych. Zmniejszenie liczebności populacji niektórych gatunków może mieć poważne konsekwencje ekosystemowe, prowadząc do destabilizacji sieci troficznych i utraty funkcji ekosystemowych. W tym kontekście niezbędne jest zwiększenie wysiłków na rzecz restytucji populacji zagrożonych gatunków oraz rekultywacji zdegradowanych siedlisk, w oparciu o najnowsze badania naukowe i innowacyjne podejścia ochronne. Analogicznie, stan i usługi ekosystemów, w tym wodnych i morskich, również uzyskały negatywną ocenę, co podkreśla potrzebę bardziej intensywnych działań ochronnych i odtworzeniowych. Ekosystemy wodne są szczególnie narażone na skutki eutrofizacji, zanieczyszczeń chemicznych i mikroplastiku, a także na fizyczne przekształcenia, takie jak melioracja i urbanizacja obszarów przybrzeżnych. Negatywna ocena usług ekosystemowych, takich jak retencja wody, filtracja zanieczyszczeń, czy zapewnianie siedlisk dla ryb i innych organizmów wodnych, wskazuje na pilną potrzebę wdrożenia działań naprawczych i ochronnych. W kontekście urbanizacji i wykorzystania terenów na potrzeby rolnictwa i leśnictwa, stale negatywna ocena sugeruje, iż presja na wspomniane tereny pozostaje niezmiennie wysokim wyzwaniem. Urbanizacja prowadzi do fragmentacji siedlisk, zwiększenia powierzchni nieprzepuszczalnych oraz zanieczyszczenia środowiska, co ma bezpośredni wpływ na różnorodność biologiczną i zdrowie ekosystemów. Intensywne rolnictwo, z kolei, przyczynia się do degradacji gleb, spadku bioróżnorodności rolniczej oraz zanieczyszczenia wód gruntowych przez stosowane nawozy i pestycydy. W odpowiedzi na te wyzwania, konieczne jest promowanie zrównoważonych praktyk rolniczych i leśnych, takich jak rolnictwo ekologiczne, agroleśnictwo oraz zintegrowane zarządzanie krajobrazem, które łączą ochronę środowiska z potrzebami produkcyjnymi.

Efektywne gospodarowanie materiałami uzyskało pozytywną ocenę w 2020 roku, co odzwierciedla skuteczność implementowanych strategii w zakresie zarządzania zasobami. Osiągnięcie tego rezultatu mogło być wynikiem realizowanych inicjatyw

w ramach polityki UE, takich jak plan działania na rzecz gospodarki o obiegu zamkniętym, który promuje uszczelnianie obiegów materiałowych i zmniejszenie zużycia surowców pierwotnych. Przedmiotowe działania obejmują poprawę efektywności procesów produkcyjnych, promowanie ponownego wykorzystania i recyklingu materiałów oraz rozwój produktów o przedłużonym cyklu życia. Brak danych na lata 2030 i 2050 wskazuje na konieczność dalszego rozwoju i monitoringu w tym zakresie, co wymaga systematycznego gromadzenia danych, analizowania postępów oraz adaptacyjnego zarządzania w odpowiedzi na nowe wyzwania i innowacje technologiczne. W zakresie emisji gazów cieplarnianych, pozytywna ocena na rok 2020 sugeruje skuteczność dotychczasowych działań redukcyjnych. Uzyskany wynik można przypisać wdrożeniu licznych polityk i instrumentów, takich jak system handlu uprawnieniami do emisji (ETS), który stanowi kluczowy element europejskiej strategii redukcji emisji, a także różnorodnym regulacjom i normom emisji dla przemysłu, transportu i sektora energetycznego. Negatywne prognozy na lata 2030 i 2050 podkreślają jednak konieczność dalszych intensywnych działań w celu osiągnięcia określonych celów klimatycznych. Wspomniane wyzwania są ściśle skorelowane z koniecznością głębszej dekarbonizacji sektorów o wysokim poziomie emisji, takich jak przemysł stalowy, cementowy oraz sektor lotniczy i morski, co wymaga wprowadzenia nowatorskich technologii, takich jak wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla (CCS<sup>247</sup>), czy rozwój gospodarki wodorowej. Efektywność energetyczna, choć neutralna w ocenie na rok 2020, prognozowana jest negatywnie na kolejne dekady, co wskazuje na potrzebę znaczących usprawnień technologicznych i operacyjnych. Neutralna ocena może wynikać z osiągnięcia pewnego poziomu nasycenia prostych środków poprawy efektywności, co może wskazywać, iż dalsze korzyści będą wymagały bardziej zaawansowanych technologii i systemowych zmian, takich jak inteligentne sieci energetyczne (smart grids), które umożliwiają optymalizację zużycia energii poprzez dynamiczne zarządzanie popytem i podażą oraz integrację rozproszonych źródeł energii odnawialnej. Równie istotną kwestią jest poprawa efektywności energetycznej budynków poprzez zastosowanie najnowszych standardów budowlanych i technologii izolacyjnych dążąc tym samym do redukcji zużycia energii i emisji CO<sub>2</sub>.

---

<sup>247</sup> <https://eur-lex.europa.eu/PL/legal-content/summary/carbon-dioxide-capture-and-storage.html> [dostęp: 01.06.2024]

Zanieczyszczenia powietrza i ich wpływ na zdrowie otrzymały negatywną ocenę na rok 2020, co odzwierciedla poważne zagrożenie, jakie stanowi jakość powietrza dla zdrowia publicznego. Główne zanieczyszczenia powietrza, takie jak pyły zawieszone (PM10 i PM2,5), dwutlenek azotu (NO<sub>2</sub>) oraz ozon troposferyczny, są związane z licznymi problemami zdrowotnymi, w tym chorobami układu oddechowego i krążenia, a także przedwczesnymi zgonami. Prognozy na 2030 rok wskazują na oczekiwaną poprawę, co można przypisać wprowadzeniu bardziej rygorystycznych norm emisji, rozwijaniu zielonej infrastruktury oraz promowaniu zrównoważonego transportu. Wprowadzenie i egzekwowanie regulacji, w połączeniu z inicjatywami na szczeblu lokalnym i regionalnym, przyczyniają się do zmniejszenia stężenia zanieczyszczeń. Niemniej jednak brak danych na rok 2050 podkreśla potrzebę dalszego monitoringu i działań w tym zakresie. Regularne badania epidemiologiczne oraz rozwój technologii monitoringu jakości powietrza są kluczowe dla oceny długoterminowych trendów i skuteczności podejmowanych działań. Inne czynniki wpływające na zdrowie, takie jak hałas, zanieczyszczenia chemiczne oraz zanieczyszczenia wód, również uzyskały negatywne oceny, co wskazuje na konieczność intensyfikacji działań mających na celu ochronę zdrowia publicznego. Hałas środowiskowy, pochodzący głównie z ruchu drogowego, kolejowego i lotniczego, jest uznawany za jeden z głównych problemów zdrowotnych w Europie, prowadzący do stresu, zaburzeń snu, chorób układu krążenia i pogorszenia jakości życia. Implementacja cichszych technologii transportowych mogą stanowić kluczowy element strategii zmniejszania narażenia na hałas. Zanieczyszczenia chemiczne, w tym substancje takie jak metale ciężkie, pestycydy i związki organiczne, stanowią poważne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego poprzez bioakumulację w łańcuchu pokarmowym oraz bezpośrednią ekspozycję środowiskową. Skuteczne zarządzanie chemikaliami zgodnie z rozporządzeniem REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals<sup>248</sup>) ma na celu kontrolowanie ryzyka związanego z używaniem chemikaliów w przemyśle i produktach konsumenckich. Dodatkowo, konieczne jest rozwijanie i wdrażanie alternatywnych, mniej szkodliwych substancji oraz technik produkcyjnych. Zanieczyszczenia wód, wynikające

---

<sup>248</sup> Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC (Text with EEA relevance)Text with EEA relevance, *OJ L 396*, 30.12.2006, p. 1-794.

z przemysłowych i rolniczych spływów oraz zrzutów ścieków, prowadzą do degradacji ekosystemów wodnych oraz zagrożeń dla zdrowia ludzkiego, w tym chorób zakaźnych i zatrucia chemicznego. Dyrektywa ramowa wodna (WFD<sup>249</sup>) oraz dyrektywa dotycząca strategii morskiej (MSFD<sup>250</sup>) stanowią ramy prawne dla ochrony jakości wód powierzchniowych i podziemnych w Europie. Kluczowe znaczenie ma tu monitorowanie jakości wód, ocena ryzyka i wdrażanie działań naprawczych oraz promowanie zrównoważonych praktyk rolniczych i przemysłowych.

Analiza przedstawionej tabeli ukazuje zróżnicowany stan realizacji celów polityki Unii Europejskiej na rzecz zrównoważonej polityki energetycznej, wskazując zarówno na sukcesy, jak i wyzwania, które pozostają do rozwiązania. Pozytywne tendencje zaobserwowano w takich obszarach jak ochrona obszarów lądowych i morskich oraz efektywne gospodarowanie materiałami. Te osiągnięcia można przypisać skutecznemu wdrażaniu strategii i regulacji, takich jak program Natura 2000 czy inicjatywy związane z gospodarką o obiegu zamkniętym, które promują bardziej zrównoważone wykorzystanie zasobów oraz ochronę bioróżnorodności. Jednakże inne kluczowe obszary, zwłaszcza te związane z ochroną różnorodności biologicznej, efektywnością energetyczną oraz redukcją emisji gazów cieplarnianych, nadal stanowią znaczące wyzwanie. Negatywne oceny we wspomnianych sektorach wskazują na trudności w osiągnięciu zamierzonych celów. Ochrona różnorodności biologicznej jest skomplikowana przez liczne czynniki, takie jak utrata siedlisk, zmiany klimatyczne, zanieczyszczenie oraz inwazje gatunków obcych, co wymaga skoordynowanych działań na wielu poziomach zarządzania. Efektywność energetyczna natomiast wymaga dalszych innowacji technologicznych oraz wdrażania bardziej zaawansowanych i efektywnych rozwiązań, które umożliwią redukcję zużycia energii w zróżnicowanych sektorach gospodarki. W zakresie emisji gazów cieplarnianych, mimo pozytywnych działań w ostatnich latach, prognozy na lata 2030 i 2050 podkreślają konieczność dalszych intensywnych działań. Redukcja emisji w sektorach takich jak transport, przemysł i energetyka wymagają nie tylko zaawansowanych technologii, takich jak wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla oraz rozwój odnawialnych źródeł

---

<sup>249</sup> Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, *OJ L 327*, 22.12.2000, p. 1-73.

<sup>250</sup> Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) (Text with EEA relevance), *OJ L 164*, 25.6.2008, p. 19-40.

energii, ale również zmiany w zachowaniach konsumenckich i modelach biznesowych. Brak danych w wielu przypadkach wskazuje na konieczność dalszych badań oraz skutecznego wdrożenia polityk i strategii monitorujących postępy. Systematyczne gromadzenie danych, ich analiza oraz analiza postępów są kluczowe dla oceny skuteczności wdrażanych polityk oraz podejmowania odpowiednich działań korygujących. Zwiększenie poziomu inwestycji w sektor badań i rozwoju technologii, a także wzmocnienie współpracy międzynarodowej, zdają się niezbędne celem sprostania wyzwaniom współczesnej polityki energetycznej i klimatycznej UE. Należy również zwrócić uwagę na konieczność elastyczności i adaptacyjności podejmowanych działań, proporcjonalnie do obserwowanych zmian panujących warunków.

Polityka Unii Europejskiej na rzecz zrównoważonej polityki energetycznej stanowi wielowymiarowe i kompleksowe podejście, integrujące cele klimatyczne, społeczne i gospodarcze. UE jako lider w globalnej polityce klimatycznej, dąży do przekształcenia sektora energetycznego, promując innowacje, efektywność energetyczną oraz zrównoważony rozwój. Dążenie do neutralności klimatycznej do 2050 roku stanowi jeden z centralnych filarów polityki energetycznej Unii Europejskiej. W ramach Europejskiego Zielonego Ładu, UE zobowiązała się do osiągnięcia celów klimatycznych, które obejmują nie tylko redukcję emisji gazów cieplarnianych, ale także przejście na gospodarkę o obiegu zamkniętym oraz ochronę bioróżnorodności. Integralną częścią polityki energetycznej UE jest promowanie odnawialnych źródeł energii. W przedmiotowym aspekcie, Unia Europejska wprowadza różnorodne mechanizmy wsparcia, które mają na celu stworzenie stabilnych i przewidywalnych warunków dla inwestorów. Systemy taryf gwarantowanych, premie rynkowe oraz systemy aukcyjne są kluczowymi narzędziami, które umożliwiają rozwój nowych projektów OZE, przyczyniając się do zwiększenia udziału energii odnawialnej w miksie energetycznym UE. Wspomniane mechanizmy nie tylko stymulują inwestycje, ale również promują innowacje technologiczne, które są niezbędne dla efektywnego wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Zwiększenie efektywności energetycznej poprzez modernizację infrastruktury energetycznej, promowanie technologii energooszczędnych oraz wprowadzenie określonych standardów efektywności dla urządzeń i pojazdów ma kluczowe znaczenie dla redukcji zużycia energii. Zintegrowany rynek energii jest nieodzownym elementem strategii UE na rzecz zrównoważonego rozwoju energetycznego. Poprzez rozwój infrastruktury energetycznej, w tym połączeń

transgranicznych, UE dąży do stworzenia zintegrowanego europejskiego rynku energii, który zapewni bezpieczeństwo dostaw energii oraz zwiększy konkurencyjność rynku. Zintegrowany rynek energii umożliwia lepsze zarządzanie zasobami energii, optymalizację kosztów oraz wspieranie integracji odnawialnych źródeł energii. Bezpieczeństwo energetyczne pozostaje jednym z głównych priorytetów polityki UE. Dywersyfikacja źródeł energii, rozwój technologii magazynowania energii oraz budowa nowych interkonektorów są kluczowe dla zapewnienia stabilnych dostaw energii. UE promuje również inicjatywy mające na celu zmniejszenie zależności od importu paliw kopalnych poprzez zwiększenie lokalnej produkcji energii odnawialnej. Innowacje technologiczne odgrywają wiodącą rolę w transformacji energetycznej UE. Programy badawcze, takie jak „Horyzont 2020” oraz „Horyzont Europa”, finansują projekty badawcze i innowacyjne w dziedzinie OZE, efektywności energetycznej oraz technologii magazynowania energii. Wsparcie dla badań i rozwoju technologicznego jest niezbędne dla osiągnięcia celów klimatycznych oraz zapewnienia konkurencyjności europejskiego sektora energetycznego na rynku globalnym. Transformacja energetyczna UE uwzględnia również aspekty społeczne i ekonomiczne, dążąc do sprawiedliwej transformacji, która zapewni korzyści dla wszystkich obywateli, zwłaszcza tych najbardziej narażonych na negatywne skutki zmian gospodarczych. Fundusz na rzecz Sprawiedliwej Transformacji oraz inne inicjatywy mają na celu wspieranie regionów i społeczności najbardziej dotkniętych transformacją energetyczną, zapewniając im wsparcie finansowe, szkoleniowe i technologiczne. Wszystkie działania poddane powyższej analizie realizowane są w myśl przeprowadzenia sprawiedliwej i zrównoważonej transformacji energetycznej przy zachowaniu konkurencyjności na globalnym rynku przez UE.



### **Rozdział III. Współczesne wyzwania i kierunki badań nad energią odnawialną**

Koncepcja zrównoważonego rozwoju, ukierunkowana na harmonijne powiązanie wymiarów gospodarczych, środowiskowych i społecznych, stanowi obecnie fundament globalnych strategii mających na celu przeciwdziałanie zmianom klimatycznym oraz minimalizowanie degradacji środowiska naturalnego. W kontekście tej ewolucji szczególną uwagę zwraca się na odnawialne źródła energii (OZE), które nie tylko odpowiadają na pilną potrzebę dekarbonizacji sektora energetycznego, ale także przyczyniają się do wdrażania innowacyjnych technologii i modeli biznesowych. Odnawialne źródła energii, takie jak energia słoneczna, wiatrowa, wodna czy biomasa, są przedmiotem intensywnych badań i analiz, które mają na celu określenie ich potencjału w kształtowaniu bardziej zrównoważonych systemów energetycznych.

Przegląd literatury przedmiotu ujawnia wielowymiarowość podejścia do badań nad OZE, obejmującą zarówno aspekty technologiczne, jak i kwestie związane z ich wpływem na środowisko, gospodarkę oraz społeczeństwo. Różnorodność zagadnień badawczych, od optymalizacji efektywności energetycznej poprzez analizę społecznych korzyści, po oceny ekonomiczne, podkreśla znaczenie interdyscyplinarności w rozwijaniu tej dziedziny. W świetle rozwijającej się koncepcji zrównoważonego rozwoju oraz na podstawie zgromadzonej wiedzy teoretycznej, niniejszy rozdział koncentruje się na omówieniu dominujących kierunków badań nad OZE, które można zorganizować według trzech głównych kategorii: środowiskowej, gospodarczej i społecznej.

W procesie analizy dominujących kierunków badawczych uwzględniono zarówno globalne wyzwania, jak i lokalne specyfiki wpływające na kształtowanie polityk energetycznych oraz strukturę badanych zagadnień. Przyjęto podejście obejmujące syntezę wyników badań ilościowych i jakościowych, które umożliwiają kompleksową identyfikację kluczowych trendów w literaturze oraz ich praktycznego znaczenia. Rozdział opiera się na analizie szerokiego spektrum materiałów naukowych, uwzględniając zarówno dane empiryczne, jak i teoretyczne. W związku z liczebnością analizowanych zagadnień, te ujęte w pracy zostaną przedstawione w formie syntetycznej. Należy jednak podkreślić, że dokładna, wielowymiarowa analiza każdego z nich może stanowić punkt odniesienia dla dalszych badań naukowych w przedmiotowym obszarze,

stwarzając nowe perspektywy dla pogłębiania wiedzy oraz implementacji dedykowanych rozwiązań.

### **3.1. Oddziaływanie odnawialnych źródeł energii na środowisko**

Problematyka środowiskowa w kontekście odnawialnych źródeł energii (OZE) odgrywa kluczową rolę w procesach transformacji energetycznej, która dąży do ograniczenia negatywnego wpływu działalności człowieka na planetę. W obliczu narastających wyzwań, takich jak globalne ocieplenie, degradacja ekosystemów czy zanieczyszczenie środowiska, OZE oferują innowacyjne rozwiązania umożliwiające ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, zmniejszenie zużycia zasobów naturalnych oraz wspieranie regeneracji zdegradowanych terenów. W szczególności technologie OZE, takie jak energetyka wiatrowa, fotowoltaika czy biomasa, są postrzegane jako fundament w budowaniu zrównoważonych systemów środowiskowych.

Współczesne badania środowiskowe nad OZE podkreślają konieczność interdyscyplinarnego podejścia, łączącego wiedzę z zakresu ekologii, inżynierii oraz polityki klimatycznej. Analizy te nie tylko pozwalają na ocenę korzyści wynikających z wdrażania technologii odnawialnych, ale również wskazują na wyzwania związane z ich implementacją, takie jak minimalizacja ingerencji w lokalne ekosystemy czy zarządzanie cyklem życia instalacji.

Emisja CO<sub>2</sub> związana z produkcją energii jest jednym z kluczowych aspektów oceny wpływu odnawialnych źródeł energii (OZE) na środowisko i walkę z globalnym ociepleniem. Analiza emisji pozwala na porównywanie różnorodnych technologii energetycznych w odmiennych warunkach geograficznych i przemysłowych, umożliwiając precyzyjne oszacowanie korzyści środowiskowych wynikających z transformacji energetycznej. Rozpatrywanie emisji CO<sub>2</sub> staje się szczególnie istotne w kontekście realizacji globalnych celów klimatycznych oraz ograniczenia wpływu gospodarek na zmiany klimatu. Badania przeprowadzone w Szwecji przez D. Güneya i D. İnce wykazały, że emisje CO<sub>2</sub> związane z produkcją energii z instalacji fotowoltaicznych wynoszą średnio 120 kg CO<sub>2</sub>/MWh, co stanowi 15% emisji generowanych przez elektrownie węglowe (820 kg CO<sub>2</sub>/MWh). Odnotowana redukcja o 85% potwierdza efektywność technologii solarnych w ograniczaniu emisji gazów

cieplarnianych<sup>251</sup>. C. Li oraz X. Yang dokonali analizy w Chinach wpływu farm wiatrowych i solarnych na regionalne emisje w prowincjach przemysłowych, gdzie dominuje energetyka węglowa, wykazała ogólną redukcję emisji CO<sub>2</sub> o 65%. Przedmiotowe badania uwzględniały także wpływ wspomnianych technologii na lokalne ekosystemy, podkreślając znaczenie zintegrowanego podejścia do analizy środowiskowej<sup>252</sup>. Zbliżone badania realizowane przez M. Z. Jacobsena w Stanach Zjednoczonych wskazują, iż pełne wdrożenie OZE mogłoby obniżyć emisje CO<sub>2</sub> o 78%, jednocześnie eliminując emisje innych gazów cieplarnianych, takich jak metan (CH<sub>4</sub>) i podtlenek azotu (N<sub>2</sub>O). Wskazane wyniki uwzględniają zarówno emisje bezpośrednie, jak i pośrednie, takie jak transport paliw czy utrzymanie infrastruktury energetycznej<sup>253</sup>. W Hiszpanii A. Carreño-Ortega szczególną uwagę poświęcił badaniom z zakresu wpływu farm fotowoltaicznych na tereny wiejskie. Uzyskane wyniki wskazywały, że wdrożenie technologii fotowoltaicznych umożliwiło redukcję emisji gazów cieplarnianych w regionach o 30% w ciągu pięciu lat<sup>254</sup>.

Transformacja energetyczna oparta na odnawialnych źródłach energii (OZE) odgrywa kluczową rolę w dekarbonizacji gospodarki. Redukcja zapotrzebowania na energię z nieodnawialnych źródeł, takich jak węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny, stanowi jeden z wymiernych efektów wdrażania OZE. Korzyści te obejmują ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, poprawę bezpieczeństwa energetycznego oraz zmniejszenie zależności krajowych gospodarek od importu paliw kopalnych. W Niemczech szczegółowa analiza wpływu farm wiatrowych zrealizowana przez D. McCauleya wykazała, że udział OZE w miksie energetycznym wzrósł z 35% do 50%, co pozwoliło na redukcję zużycia węgla o 20 tys. ton rocznie. Metodyka badania uwzględniała modelowanie energetyczne, analizujące produkcję i zużycie energii w czasie rzeczywistym, a także zmienność wiatru i infrastrukturę przesyłową<sup>255</sup>. Podobne wyniki odnotował P. Garg, gdzie farmy solarne w regionach o wysokim nasłonecznieniu w Indiach pozwoliły na redukcję zużycia węgla

---

<sup>251</sup> T. Güney and D. İnce, *Solar Energy and CO<sub>2</sub> Emissions: CCEMG Estimations for 26 Countries*, Journal of the Knowledge Economy, Vol. 15, 2024, p. 2383-2400.

<sup>252</sup> C. Li, X. Yang, L. Wang, *The Impact of Renewable Energy Development on Regional Carbon Emission Reduction: Based on the Spatio-Temporal Analysis of 30 Provinces in China*, Environmental Management, Vol. 74, 2024, p. 439-460.

<sup>253</sup> M. Z. Jacobson et al., *100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight (WWS) All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World*, Joule, Vol. 1, No. 1, 2017, p. 108-121.

<sup>254</sup> A. Carreño-Ortega et al., *Policy and Environmental Implications of Photovoltaic Systems in Farming in Southeast Spain: Can Greenhouses Reduce the Greenhouse Effect?*, Energies, Vol. 10, No. 6, 2017, p. 2- 20.

<sup>255</sup> D. McCauley et al., *Energy Justice in the Transition to Low Carbon Energy Systems: Exploring Key Themes in Interdisciplinary Research*, Applied Energy, Vol. 233-234, 2019, p. 916-921.

o 18% rocznie, co odpowiada oszczędności 30 tys. ton węgla na instalację o mocy 50 MW.<sup>256</sup> Korzyści z ograniczenia paliw kopalnych obejmują także poprawę jakości powietrza oraz redukcję ryzyka związanego z wydobyciem i transportem paliw. Badania National Renewable Energy Laboratory (NREL) w USA wskazują, że przejście na OZE w południowych stanach mogłoby zmniejszyć zużycie ropy o 25%, co zredukowałoby ryzyko wycieków i zanieczyszczenia mórz<sup>257</sup>.

Współczesne systemy energetyczne oparte na paliwach kopalnych generują odpady zawierające wysokie stężenia metali ciężkich, takich jak kadm, rtęć i ołów, które stanowią istotne zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzi. Wdrażanie odnawialnych źródeł energii (OZE), zwłaszcza technologii biomasowych, zmniejsza nie tylko ilość, ale i toksyczność tych odpadów. Badania D. Gamaralalage i pozostałych wykazały, że elektrownie biomasowe w Japonii produkują o 60% mniej odpadów w przeliczeniu na jednostkę energii niż elektrownie węglowe, a zawartość metali ciężkich spada o 75%, co znacząco redukuje ryzyko skażenia gleby i wód. Badanie to, oparte na analizie porównawczej i laboratoryjnych pomiarach toksyczności, dostarcza kompleksowych danych o wpływie biomasy na zarządzanie odpadami<sup>258</sup>. Podobne badania Z. F. Papia wskazały, że wykorzystanie odpadów rolniczych i leśnych jako paliwa ogranicza ilość generowanych odpadów, zamykając cykl obiegu materii w duchu gospodarki o obiegu zamkniętym. Produkty uboczne, takie jak popioły drzewne, stosowane jako nawozy mineralne, wspierają jakość gleby i lokalną bioróżnorodność<sup>259</sup>. Na podstawie badań W Danii technologia pirolizy biomasy przekształca odpady organiczne w biochar, materiał o wysokiej wartości opałowej, który można wykorzystywać jako surowiec wtórny lub magazyn węgla w glebie. Zgodnie z badaniami I. M. Hougaard, biomasa w ten sposób przyczynia się do redukcji odpadów i ich ponownego wykorzystania, wspierając cele środowiskowe i gospodarcze<sup>260</sup>.

---

<sup>256</sup> P. Garg, *Energy Scenario and Vision 2020 in India*, Journal of Sustainable Energy & Environment, Vol. 3, No. 1, 2012, p. 7-17.

<sup>257</sup> National Renewable Energy Laboratory, *Renewables and Oil Reduction in the Southern USA*, Technical report, NREL, 2020.

<sup>258</sup> D. Gamaralalage, Y. Kanematsu, D. K. Ng, S. Z. Foong, V. Andiappan, D. C. Y. Foo, Y. Kikuchi. *Life Cycle Assessment of International Biomass Utilization: A Case Study of Malaysian Palm Kernel Shells for Biomass Power Generation in Japan*, Waste and Biomass Valorization, Vol. 13, No. 5, 2022, p. 2717-2733.

<sup>259</sup> Z. F. Papia. *Assessing the Path to Sustainable Energy: A Focus on Optimal Power Generation Methods for Heat and Electricity in Lahti, Finland*. Master in Urban Climate & Sustainability, 2024, p. 13-26.

<sup>260</sup> I. M. Hougaard. *Enacting Biochar as a Climate Solution in Denmark*. *Environmental, Science & Policy*, Vol. 152, 2024, p. 1-7.

Zanieczyszczenie powietrza, szczególnie wysokie stężenia pyłów zawieszonych (PM10, PM2.5) oraz tlenków azotu (NOx), stanowi istotne wyzwanie środowiskowe, wpływając negatywnie na zdrowie publiczne i funkcjonujące ekosystemy. Wdrażanie odnawialnych źródeł energii (OZE) przyczynia się do znaczącego ograniczenia emisji wspomnianych zanieczyszczeń, zwłaszcza w obszarach miejskich, gdzie emisje antropogeniczne są najwyższe. Badania przeprowadzone w Hiszpanii przez E. Segura i pozostałych wykazały, że wdrożenie systemów fotowoltaicznych w środowisku miejskim zmniejszyło stężenie PM10 o 25%, a NOx o 30%, szczególnie w rejonach o dużym zagęszczeniu ludności i intensywnym ruchu drogowym. W obszarach objętych badaniem liczba hospitalizacji związanych z astmą i przewlekłą obturacyjną chorobą płuc (POChP) spadła o 15%<sup>261</sup>. W Stanach Zjednoczonych rozwój energetyki wiatrowej w regionach o wysokim zanieczyszczeniu zmniejszył stężenie PM2.5 o 20%, co przyczyniło się do redukcji ponad 10 tys. przedwczesnych zgonów rocznie<sup>262</sup>. Badania przeprowadzone w Chinach autorstwa Q. Zhang i pozostałych wykazały, że rozwój farm solarnych i wiatrowych w regionach przemysłowych zmniejszyły stężenie PM2.5 o 15%, redukując koszty opieki zdrowotnej o miliardy dolarów rocznie<sup>263</sup>.

Zanieczyszczenie wód, wynikające z emisji toksycznych substancji takich jak metale ciężkie i chemikalia przemysłowe, stanowi jedno z kluczowych wyzwań środowiskowych. Konwencjonalne systemy energetyczne, oparte na paliwach kopalnych, przyczyniają się do degradacji wód gruntowych i powierzchniowych poprzez emisję odpadów poprodukcyjnych. Wdrażanie odnawialnych źródeł energii (OZE) ogranicza negatywny wpływ sektora energetycznego na zasoby wodne, redukując emisję toksycznych zanieczyszczeń. Badania przeprowadzone w regionie Gujarat w Indiach przez D. Ghose, S. Pradhana i Shabbiruddina wykazały spadek stężenia metali ciężkich w wodach gruntowych o 40% w ciągu pięciu lat od wdrożenia instalacji fotowoltaicznych. Kluczowym czynnikiem była eliminacja emisji popiołów i ścieków

---

<sup>261</sup> E. Segura, L. M. Belmonte, R. Morales, J. A. Somolinos. *A Strategic Analysis of Photovoltaic Energy Projects: The Case Study of Spain*, Sustainability, Vol. 15, No. 16, 2023, p. 2-26.

<sup>262</sup> F. Caiazzo, A. Ashok, I. A. Waitz, S. H. L. Yim, S. R. H. Barrett, *Air Pollution and Early Deaths in the United States. Part I: Quantifying the Impact of Major Sectors in 2005*, Atmospheric Environment, Vol. 79, 2013, p. 198-208.

<sup>263</sup> Q. Zhang, Y. Zheng, D. Tong, M. Shao, S. Wang, X. Zhang, K. He. *Drivers of Improved PM2.5 Air Quality in China from 2013 to 2017*, Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 116, No. 49, 2020, p. 24463-24469.

chemicznych generowanych przez elektrownie węglowe<sup>264</sup>. W Stanach Zjednoczonych potwierdzono minimalny wpływ technologii wiatrowych i słonecznych na zanieczyszczenie wód w porównaniu z elektrowniami węglowymi, które uwalniają emisję siarczanów i chlorków przyczyniając się do rozwoju procesu eutrofizacji<sup>265</sup>. W badaniach nad wpływem OZE stosowano monitoring jakości wód i analizy chemiczne osadów w pobliżu instalacji energetycznych. Wyniki badań O. Zeitouna i pozostałych, z Indii i Afryki Subsaharyjskiej wskazują na poprawę jakości wody pitnej oraz redukcję zanieczyszczeń chemicznych i bakteryjnych dzięki integracji fotowoltaiki z systemami odsalania wody morskiej<sup>266</sup>.

Efektywne gospodarowanie zasobami wodnymi stanowi jeden z priorytetów zrównoważonego rozwoju, szczególnie w obliczu zmian klimatycznych i niedoborów wody. Tradycyjne systemy energetyczne, oparte na spalaniu paliw kopalnych, są znaczącymi konsumentami wody, wykorzystywanej w procesach chłodzenia i produkcji energii. Odnawialne źródła energii (OZE), takie jak fotowoltaika i energetyka wiatrowa, minimalizują jej zużycie, czyniąc je kluczowym narzędziem w optymalizacji wykorzystania wspomnianego zasobu. Badania P. A. Østergaarda i pozostałych w Australii wykazały, że elektrownie fotowoltaiczne zużywają średnio 0,02 m<sup>3</sup> wody na megawatogodzinę (MWh) energii, w porównaniu do 2,5 m<sup>3</sup>/MWh w przypadku elektrowni węglowych. Farmy wiatrowe charakteryzują się jeszcze niższym zużyciem<sup>267</sup>. W Kalifornii, wdrożenie systemów fotowoltaicznych w latach 2015-2020 pozwoliło na oszczędność 5 miliardów litrów wody rocznie, co zmniejszyło konflikty o zasoby między sektorami energetycznym a rolniczym<sup>268</sup>. W Indiach instalacje solarne w regionie

---

<sup>264</sup> D. Ghose, S. Pradhan i Shabbiruddin, *Development of Model for Assessment of Renewable Energy Sources: A Case Study on Gujarat, India*, International Journal of Ambient Energy, Vol. 43, No. 1, 2022, p. 1157-1166.

<sup>265</sup> J. Macknick, S. Sattler, K. Averyt, S. Clemmer, J. Rogers. *The Water Implications of Generating Electricity: Water Use Across the United States Based on Different Electricity Pathways Through 2050*, Environmental Research Letters, Vol. 7, No. 4, 2012, p. 1-9.

<sup>266</sup> O. Zeitoun, J. Orfi, S. U. D. Khan, H. Al-Ansary, *Desalinated Water Costs from Steam, Combined, and Nuclear Cogeneration Plants Using Power and Heat Allocation Methods*, Energies, Vol. 16, No. 6, 2023, p. 3-21.

<sup>267</sup> P. A. Østergaard, N. Duic, Y. Noorollahi, S. Kalogirou, *Renewable Energy for Sustainable Development*, Renewable Energy, Vol. 199, 2022, p. 1145-1152.

<sup>268</sup> J. C. Radcliffe. *The Water Energy Nexus in Australia—The Outcome of Two Crises. Water-Energy Nexus*, Vol. 1, No. 1, 2018, p. 66-85.

Radżastan ograniczyły zużycie wody w sektorze energetycznym o 80% w ciągu pięciu lat<sup>269</sup>.

Zmniejszenie śladu węglowego, definiowanego jako całkowita emisja gazów cieplarnianych wynikających z działalności człowieka, jest istotnym elementem globalnej transformacji energetycznej. Wdrażanie odnawialnych źródeł energii, odgrywa kluczową rolę w dekarbonizacji systemów energetycznych, redukcji emisji związanych z produkcją i transportem energii oraz minimalizowaniu wpływu sektora energetycznego na środowisko. Badania w Kanadzie zrealizowane przez S. M. Jordaana i innych wykazały, że zakłady przemysłowe przechodzące na energię słoneczną ograniczyły emisje gazów cieplarnianych o 70% w ciągu dwóch lat, uwzględniając redukcję emisji pośrednich, takich jak transport paliw. Analiza cyklu życia (LCA) wykazała, że okres zwrotu węglowego dla instalacji fotowoltaicznych wynosił trzy lata, co potwierdza ich efektywność w ograniczaniu śladu węglowego<sup>270</sup>. W Unii Europejskiej farmy wiatrowe generują średnio 15 kg CO<sub>2</sub>/MWh, podczas gdy elektrownie węglowe emitowały 820 kg CO<sub>2</sub>/MWh, co uwypukla przewagę na korzyść OZE<sup>271</sup>. Na poziomie globalnym badania w Indiach autorstwa K. Singha i pozosyłych dowiodły, że farmy solarne zmniejszyły ślad węglowy społeczności wiejskich o 60%, jednocześnie przyczyniając się do wzrostu zatrudnienia, poprawy jakości życia oraz redukcji kosztów związanych z importem paliw kopalnych. Dane te wskazują na wysoką efektywność OZE zarówno w aspekcie środowiskowym, jak i gospodarczym<sup>272</sup>.

Eksplatacja surowców naturalnych, takich jak węgiel, ropa naftowa i gaz ziemny, jest równie istotnym czynnikiem degradacji środowiska i emisji gazów cieplarnianych. Konwencjonalne technologie energetyczne intensywnie wykorzystują wspomniane zasoby, prowadząc do wyczerpywania ich rezerw oraz negatywnego wpływu funkcjonujące ekosystemy. Badania S. Proskurina przeprowadzone w Finlandii wykazały, że instalacje biomasowe o mocy 50 MW zmniejszyły zużycie węgla o 15 tys.

---

<sup>269</sup> H. Supe, A. Abhishek, R. Avtar. *Assessment of the Solar Energy-Agriculture-Water Nexus in the Expanding Solar Energy Industry of India: An Initiative for Sustainable Resource Management*, Heliyon, Vol. 10, No. 1, 2024, p. 1-16.

<sup>270</sup> S. M. Jordaan et al., *The Role of Energy Technology Innovation in Reducing Greenhouse Gas Emissions: A Case Study of Canada*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 78, 2017, p. 1397-1409.

<sup>271</sup> S. Wang, S. Wang, J. Liu. *Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Onshore and Offshore Wind Turbines*, Journal of Cleaner Production, Vol. 210, 2019, p. 804-810.

<sup>272</sup> K. Singh et al. *India's Renewable Energy Research and Policies to Phase Down Coal: Success After Paris Agreement and Possibilities Post-Glasgow Climate Pact*, Biomass and Bioenergy, Vol. 177, 2023, p. 1-13.

ton rocznie, co odpowiada redukcji 20% w krajowym miksie energetycznym. Dodatkowo, wykorzystanie odpadów rolniczych i leśnych wspiera gospodarkę o obiegu zamkniętym<sup>273</sup>. W Chinach rozwój energetyki słonecznej pozwolił na oszczędność 30 mln ton węgla rocznie, przyczyniając się do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych i zmniejszenia importu ropy naftowej, co przyczyniło się do wzmocnienia poziomu bezpieczeństwa energetycznego kraju<sup>274</sup>. W ujęciu globalnym, według Międzynarodowej Agencji Energii (IEA), przejście na OZE do 2050 roku może obniżyć zapotrzebowanie na węgiel o 40% i na ropę naftową o 20%<sup>275</sup>.

Rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE) wymaga wykorzystania gruntów pod instalacje, co wpływa na środowisko i lokalne społeczności. Powierzchnia zajmowana przez instalacje oraz sposób jej użytkowania decydują o efektywności przestrzennej i możliwości uniknięcia konfliktów związanych z konkurencyjnym wykorzystaniem ziemi. Technologie OZE, takie jak fotowoltaika i energetyka wiatrowa, mogą minimalizować negatywne skutki przez lokalizację instalacji na terenach zdegradowanych oraz ich integrację z innymi formami użytkowania, jak rolnictwo. L. Verdonk wykazał, że farma fotowoltaiczna o mocy 1 MW zajmuje średnio 6 ha, co stanowi 40% mniej niż elektrownie węglowe, uwzględniając pełną infrastrukturę w Holandii<sup>276</sup>. Farmy wiatrowe wymagają jeszcze mniej miejsca, dzięki możliwości integrowania turbin z działalnością rolniczą lub leśną. Warty uwzględnienia jest, iż 70% nowych instalacji fotowoltaicznych w Holandii zlokalizowano na zdegradowanych terenach, co ograniczyło presję na grunty rolnicze i przyrodnicze<sup>277</sup>. W Stanach Zjednoczonych analiza farm wiatrowych wskazała, że 90% powierzchni użytkowanej przez instalacje może być jednocześnie wykorzystywane do celów rolniczych co w konsekwencji przyczyniło się to do wzrostu dochodów rolników, wynajmujących grunty na cele energetyki wiatrowej<sup>278</sup>. W Chinach lokalizowanie instalacji na terenach

---

<sup>273</sup> S. Proskurina. *Carbon Neutrality in the Finnish Energy Sector: Prospects for a Fossil-Fuel Phase Out, Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, Vol. 18, Issue 4, 2024, p.1065-1074.

<sup>274</sup> T. Zaghdoudi et al., *Asymmetric Connectedness Between Oil Price, Coal and Renewable Energy Consumption in China: Evidence from Fourier NARDL Approach*, Energy, Vol. 285, 2023, p. 2-8.

<sup>275</sup> International Energy Agency, *World Energy Outlook 2020: Executive Summary*, International Energy Agency, Paris, 2020, p. 123-150.

<sup>276</sup> L. Verdonk. *Analysing the Location Choice of Solar Fields in the Netherlands*, Vrije Universiteit Amsterdam, 2023, p. 7-18.

<sup>277</sup> M. van Grieken, B. Dower. *Wind Turbines and Landscape*. [in:] T. M. Letcher (ed.), *Wind Energy Engineering*, Academic Press, 2023, p. 443-462.

<sup>278</sup> D. L. Bessette, S. B. Mills, *Farmers vs. Lakers: Agriculture, Amenity, and Community in Predicting Opposition to United States Wind Energy Development*, Energy Research & Social Science, Vol. 72, 2021, p. 4-12.

pustynnych, takich jak pustynia Gobi, pozwoliło na efektywne wykorzystanie nisko wartościowych gruntów, zmniejszenie erozji gleby i poprawę mikroklimatu, ograniczając jednocześnie presję na tereny rolnicze i miejskie<sup>279</sup>.

Hałas przemysłowy, w tym generowany przez tradycyjne elektrownie, stanowi istotne zagrożenie dla środowiska i zdrowia publicznego. Długotrwała ekspozycja na wysokie poziomy dźwięku może prowadzić do zaburzeń snu, utraty słuchu oraz zwiększonego ryzyka chorób układu krążenia. Wdrażanie odnawialnych źródeł energii (OZE), takich jak fotowoltaika czy energetyka wiatrowa, przyczynia się do redukcji hałasu przemysłowego dzięki niskiej emisji dźwięku w trakcie eksploatacji<sup>280</sup>. K. Johansen dowiódł, że hałas emitowany przez turbiny wiatrowe w Danii wynosi średnio 45 dB w odległości 500 metrów, co jest porównywalne z poziomem generowanym przez ruch uliczny. Dla porównania, tradycyjne elektrownie węglowe emitują hałas na poziomie 60- 70 dB w tej samej odległości. Dodatkowe zastosowanie osłon akustycznych oraz optymalizacja ustawienia turbin pozwoliły na dalszą redukcję hałasu o 10 dB w obszarach zamieszkałych<sup>281</sup>. W Niemczech odpowiednie planowanie przestrzenne farm wiatrowych, w tym lokalizowanie instalacji w odległości co najmniej 700 metrów od zabudowań mieszkalnych, skutecznie wyeliminowało negatywny wpływ hałasu na mieszkańców. Podobne strategie w Kanadzie, obejmujące obowiązkowe stosowanie technologii redukcji hałasu, zmniejszyły emisje akustyczne turbin<sup>282</sup>.

Efektywność energetyczna, definiowana jako stosunek energii użytkowej do energii pierwotnej, stanowi kluczowy element zrównoważonego rozwoju systemów energetycznych. Odnawialne źródła energii (OZE) odgrywają istotną rolę w jej poprawie, ponieważ ich eksploatacja wymaga znacznie mniejszych nakładów energetycznych w porównaniu z technologiami opartymi na paliwach kopalnych. Naturalne zasoby, takie jak wiatr i słońce, umożliwiają ograniczenie strat energetycznych i zwiększenie intensywności energetycznej procesów przemysłowych. Badania National Renewable Energy Laboratory (NREL) wykazały, że instalacje fotowoltaiczne zastosowane

---

<sup>279</sup> J. Wu, J. Xiao, J. Hou X. Lyu, *Development Potential Assessment for Wind and Photovoltaic Power Energy Resources in the Main Desert-Gobi-Wilderness Areas of China*. *Energies*, Vol. 16, No. 12, 2023, p. 1- 17.

<sup>280</sup> E. Pedersen, K. Persson *Waye. Perception and Annoyance Due to Wind Turbine Noise—a Dose-Response Relationship*, *The Journal of the Acoustical Society of America*, Vol. 116, No. 6, 2004, p. 3460-3470.

<sup>281</sup> K. Johansen. *Blowing in the Wind: A Brief History of Wind Energy and Wind Power Technologies in Denmark*, *Energy Policy*, Vol. 152, 2021, p. 1-9.

<sup>282</sup> I. van Kamp, F. van den Berg. *Health Effects Related to Wind Turbine Sound: An Update*, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 18, Issue 17, 2021, p. 4-28.

w zakładach przemysłowych zwiększyły efektywność energetyczną procesów o 25% oraz ograniczyły straty przesyłowe o 15%<sup>283</sup>. W Niemczech rozwój farm wiatrowych poprawił efektywność systemów elektroenergetycznych dzięki decentralizacji produkcji i integracji z lokalnymi magazynami energii, co pozwoliło na lepsze zarządzanie obciążeniami szczytowymi<sup>284</sup>. Według Międzynarodowej Agencji Energii (IEA), przejście na OZE mogłoby zmniejszyć globalne zapotrzebowanie na energię pierwotną o 10% do 2050 roku, głównie dzięki ograniczeniu energochłonności wydobycia, transportu i przetwarzania paliw kopalnych. Rozwój lokalnych instalacji OZE i decentralizacja produkcji znacząco redukuje także straty przesyłowe, co dodatkowo zwiększa efektywność systemów energetycznych<sup>285</sup>.

Zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii (OZE) w globalnym zużyciu energii stanowi kluczowy element transformacji energetycznej, przyczyniając się do redukcji emisji gazów cieplarnianych, wzmocnienia bezpieczeństwa energetycznego i zmniejszenia zależności od importu paliw kopalnych. W Norwegii udział OZE w zużyciu energii elektrycznej wzrósł z 30% do 70% w latach 2010-2020, głównie dzięki rozwojowi małych elektrowni wodnych i instalacji fotowoltaicznych, wspartych mechanizmami dotacyjnymi<sup>286</sup>. Podobne wyniki osiągnięto w Niemczech, gdzie udział OZE w miksie energetycznym wzrósł z 15% w 2005 roku do 42% w 2021 roku. Kluczowe znaczenie miały tam gwarancje cen dla producentów OZE oraz rozwój infrastruktury przesyłowej, co uczyniło niemiecki program *Energiewende* wzorcowym przykładem efektywnej transformacji<sup>287</sup>. W krajach rozwijających się, takich jak Indie i Brazylia, rozwój OZE zwiększył dostęp do energii elektrycznej w regionach wiejskich, poprawiając warunki życia i wspierając rozwój lokalnych gospodarek. Wprowadzenie

---

<sup>283</sup> J. Engel-Cox, *Scenarios for Future Energy Systems. Report NREL/PR-6A50-85725*, National Renewable Energy Laboratory, 2023, p. 15-44.

<sup>284</sup> V. Chang et al. *The Market Challenge of Wind Turbine Industry—Renewable Energy in PR China and Germany*, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 166, 2021, p. 1-14.

<sup>285</sup> O. O. Yolcan, *World Energy Outlook and State of Renewable Energy: 10-Year Evaluation*, Innovation and Green Development, Vol. 2, No. 4, 2023, p. 1-6.

<sup>286</sup> I. Haddeland, J. Hole, E. Holmqvist, V. Koestler, M. Sidelnikova, C. A. Veie, M. Wold. *Effects of Climate on Renewable Energy Sources and Electricity Supply in Norway*, Renewable Energy, Vol. 196, 2022, p. 625-637.

<sup>287</sup> M. H. Eerma, D. Manning, G. L. Økland, C. R. Del Angel, P. E. Seifert, J. Winkler, C. Von Hirschhausen. *The Potential of Behavioral Changes to Achieve a Fully Renewable Energy System—a Case Study for Germany*, Renewable and Sustainable Energy Transition, Vol. 2, 2022, p. 1-10.

OZE przyczyniło się także do tworzenia miejsc pracy oraz wzrostu lokalnych łańcuchów dostaw, co podkreśla ich wielowymiarowe korzyści środowiskowe i gospodarcze<sup>288</sup>.

Bioróżnorodność, kluczowa dla stabilności ekosystemów i dostarczania usług środowiskowych, może być skutecznie wspierana przez odnawialne źródła energii (OZE), szczególnie gdy instalacje są odpowiednio lokalizowane i projektowane. Fotowoltaika i energetyka wiatrowa, umieszczane na terenach zdegradowanych lub zaprojektowane z minimalną ingerencją w środowisko, sprzyjają odtwarzaniu siedlisk i wzmacnianiu różnorodności biologicznej. Badania D. Serrano i pozostałych wykazały, że tereny z instalacjami fotowoltaicznymi, w porównaniu z intensywnie użytkowanymi obszarami rolniczymi, odznaczają się wyższą różnorodnością gatunkową, szczególnie ptaków i zapylaczy. Sukcesją roślinności między panelami stworzyła nowe siedliska, co zwiększyło bioróżnorodność w Hiszpanii o 20% w ciągu pięciu lat. Ponadto liczebność dzikich pszczół i innych owadów zapylających wzrosła o 30%<sup>289</sup>. W Stanach Zjednoczonych farmy wiatrowe zintegrowane z naturalnymi trawnikami na terenach prerii przyczyniły się do wzrostu populacji ptaków wędrownych, które w omawianych lokalizacjach zakładały żerowiska. Minimalizacja konfliktów między turbinami a bioróżnorodnością wymagała wdrożenia technologii zapobiegających kolizjom ptaków z turbinami, co dodatkowo zwiększyło wartość środowiskową przedmiotowych instalacji<sup>290</sup>.

Eko-innowacje, rozumiane jako wdrażanie technologii, procesów i produktów wspierających ochronę środowiska oraz efektywne wykorzystanie zasobów, są kluczowym elementem transformacji energetycznej. Badania w Niemczech wykazały, że wdrożenie baterii litowo-jonowych zintegrowanych z fotowoltaiką poprawiło stabilność dostaw energii i efektywność zarządzania nadwyżkami<sup>291</sup>. Niemieckie programy wsparcia publicznego, obejmujące ulgi podatkowe i fundusze na badania,

---

<sup>288</sup> M. Majid. *Renewable Energy for Sustainable Development in India: Current Status, Future Prospects, Challenges, Employment, and Investment Opportunities*. *Energy, Sustainability and Society*, Vol. 10, No.1, 2020, p. 1-36.

M. Ram, A. Aghahosseini, C. Breyer, *Job Creation During the Global Energy Transition Towards 100% Renewable Power System by 2050*, *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 151, 2020, p. 2-16.

<sup>289</sup> D. Serrano, A. Margalida, J. M. Pérez-García, J. Juste, J. Traba, F. Valera, J. A. Donázar, *Renewables in Spain Threaten Biodiversity*, *Science*, Vol. 370, Issue 6522, 2020, p. 1282-1283.

<sup>290</sup> U. K. Pata, A. E. Caglar, M. T. Kartal, S. K. Depren. *Evaluation of the Role of Clean Energy Technologies, Human Capital, Urbanization, and Income on the Environmental Quality in the United States*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 402, 2023, p. 2-11.

<sup>291</sup> W. P. Schill, *Electricity Storage and the Renewable Energy Transition*, *Joule*, Vol. 4, Issue 10, 2020, p. 2059-2064.

odegrały istotną rolę w rozwoju takich innowacji<sup>292</sup>. Podobne rezultaty zaobserwowano w Japonii, gdzie integracja paneli fotowoltaicznych z systemami chłodzenia pasywnego i izolacją termiczną w budownictwie zmniejszyła zapotrzebowanie na energię i zwiększyła wartość nieruchomości<sup>293</sup>. W Indiach natomiast innowacyjne zastosowanie biomasy w lokalnych systemach energetycznych poprawiło dostęp do energii w regionach wiejskich, przyczyniając się do podniesienia jakości życia społeczności lokalnych<sup>294</sup>.

Jakość gleby, będąca kluczowym elementem zdrowych ekosystemów i produkcji rolnej, jest szczególnie narażona na degradację wskutek działalności przemysłowej i energetycznej, w tym zanieczyszczeń metalami ciężkimi i chemikaliami. Wdrażanie odnawialnych źródeł energii (OZE) stanowi istotny element poprawy jakości gleby poprzez redukcję emisji zanieczyszczeń oraz rekultywację zdegradowanych terenów. Badania w Polsce przeprowadzone przez M. Mierzwę-Hersztek i pozostałych, wykazały, że elektrownie biomasowe przyczyniły się do zmniejszenia stężenia metali ciężkich w glebie o 40% oraz wzrostu zawartości materii organicznej o 15% w ciągu pięciu lat<sup>295</sup>. W Indiach instalacje fotowoltaiczne na terenach zdegradowanych rolniczo wpłynęły na odtworzenie flory i fauny, zwiększając zawartość próchnicy i poprawiając strukturę gleby, co ograniczyło erozję oraz podniosło jej produktywność<sup>296</sup>. Metodologie badań obejmowały analizy chemiczne próbek gleby, ocenę retencji wody oraz struktury gleby przed i po wdrożeniu technologii OZE. Wyniki wskazują na wysoki potencjał biomasy i energii słonecznej w regeneracji gleb zdegradowanych działalnością przemysłową<sup>297</sup>.

---

<sup>292</sup> A. Kalair, N. Abas, M. S. Saleem, A. R. Kalair, N. Khan. *Role of Energy Storage Systems in Energy Transition from Fossil Fuels to Renewables*, Energy Storage, Vol. 3, Issue 1, 2021, p. 3-20.

<sup>293</sup> T. Takeshita, H. Aki, K. Kawajiri, M. Ishida. *Assessment of Utilization of Combined Heat and Power Systems to Provide Grid Flexibility Alongside Variable Renewable Energy Systems*, Energy, Vol. 214, 2021, 4-8.

<sup>294</sup> V. Vijay, R. Kapoor, P. Singh, M. Hiloidhari, P. Ghosh. *Sustainable Utilization of Biomass Resources for Decentralized Energy Generation and Climate Change Mitigation: A Regional Case Study in India*, Environmental Research, Vol. 212, 2022, p. 2-9.

<sup>295</sup> M. Mierzwa-Hersztek, K. Gondek, M. Jewiarz, K. Dziedzic, *Assessment of Energy Parameters of Biomass and Biochars, Leachability of Heavy Metals and Phytotoxicity of Their Ashes*. Journal of Material Cycles and Waste Management, Vol. 21, 2019, p. 786-800.

M. Pogrzeba, J. Krzyżak, S. Rusinowski, J. P. McCalmont, E. Jensen, *Energy Crop at Heavy Metal-Contaminated Arable Land as an Alternative for Food and Feed Production: Biomass Quantity and Quality. Plant Metallomics and Functional Omics: A System-Wide Perspective*, 2019, p. 1-21.

<sup>296</sup> G. J. Herbert, A. U. Krishnan. *Quantifying Environmental Performance of Biomass Energy*. Renewable and Sustainable, Energy Reviews, Vol. 59, 2016, p. 292-308.

<sup>297</sup> B. A. McCarl, D. M. Adams, R. J. Alig, J. T. Chmelik, *Competitiveness of Biomass-Fueled Electrical Power Plants*, Annals of Operations Research, Vol. 94, 2000, p. 37-55.

Oddziaływanie działalności człowieka na ekosystemy, szczególnie w kontekście tradycyjnych technologii energetycznych opartych na paliwach kopalnych, prowadzi do ich degradacji oraz utraty bioróżnorodności. Wdrażanie odnawialnych źródeł energii (OZE) stanowi efektywne narzędzie minimalizacji tych skutków, a odpowiednie planowanie przestrzenne pozwala na maksymalizację korzyści środowiskowych i redukcję konfliktów w zakresie podmiotów zainteresowanych użytkowaniem terenów. J. W. Coolen i pozostali wykazali, że farmy wiatrowe pozytywnie wpływają na różnorodność biologiczną w regionach przybrzeżnych w Holandii. Fundamenty turbin stwarzają dogodne warunki dla rozwoju fauny morskiej, co przyczynia się do wzrostu biomasy. Dodatkowo ograniczenie połowów w strefach ochronnych wokół farm wspiera regenerację populacji ryb, takich jak dorsz i śledź. Analizy obejmowały monitoring gatunków oraz badanie zmian strukturalnych ekosystemów morskich przed i po budowie instalacji<sup>298</sup>. W Kalifornii farmy fotowoltaiczne projektowano z uwzględnieniem potrzeb siedlisk pustynnych gatunków, takich jak żółw pustynny, co pozwoliło na ich ochronę i regenerację lokalnej flory. Instalacje te ograniczyły erozję gleby i wspierały poprawę lokalnego mikroklimatu<sup>299</sup>.

Nasadzenia drzew to istotny element działań kompensacyjnych towarzyszących projektom instalacji odnawialnych źródeł energii (OZE). Działania te minimalizują negatywny wpływ inwestycji na środowisko, zwiększają zdolność ekosystemów do pochłaniania dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>) oraz wspierają ochronę gleby, regulację klimatu i retencję wody. W regionie Cerrado w Brazylii, w ramach działań kompensacyjnych związanych z farmami wiatrowymi, zasadzono 500 tys. drzew rodzimych gatunków, co w ciągu trzech lat pozwoliło na pochłanianie dodatkowych 15 tys. ton CO<sub>2</sub> rocznie. Nasadzenia poprawiły także lokalną różnorodność biologiczną, tworząc nowe siedliska dla ptaków i ssaków<sup>300</sup>. Badania przeprowadzone przez K. F. Pellizzaroa i pozostałych obejmowały monitorowanie wzrostu drzew, analizę gatunkową oraz pomiar pochłaniania CO<sub>2</sub>. Dodatkowo przeprowadzono analizy hydrologiczne, które wykazały poprawę

---

<sup>298</sup> J. W. Coolen, W. Lengkeek, T. van der Have, O. Bittner. *Upscaling Positive Effects of Scour Protection in Offshore Wind Farms: Quick Scan of the Potential to Upscale Positive Effects of Scour Protection on Benthic Macrofauna and Associated Fish Species. Raport nr C008/19*, Wageningen Marine Research, 2019, p. 9-26.

<sup>299</sup> P. Sinha, B. Hoffman, J. Sakers, L. Althouse, *Best Practices in Responsible Land Use for Improving Biodiversity at a Utility-Scale Solar Facility*, Case Studies in the Environment, 2018, p. 1-10.  
D. M. Stoms, S. L. Dashiell, F. W. Davis, *Siting Solar Energy Development to Minimize Biological Impacts. Renewable, Energy*, Vol. 57, 2013, p. 289-298.

<sup>300</sup> K. F. Pellizzaro et al. 'Cerrado' Restoration by Direct Seeding: Field Establishment and Initial Growth of 75 Trees, Shrubs and Grass Species, *Brazilian Journal of Botany*, Vol. 40, 2017, p. 681-693.

zdolności retencyjnych gleby oraz zmniejszenie ryzyka powodzi w obszarach o dużych opadach. W Niemczech w ramach projektów fotowoltaicznych nasadzono drzewa owocowe wokół instalacji, co poskutkowało zwiększeniem poziomu pochłanianego CO<sub>2</sub>, wspierając jednocześnie lokalną produkcję żywności<sup>301</sup>.

Redukcja zużycia materiałów opakowaniowych jest kluczowym elementem gospodarki o obiegu zamkniętym, przyczyniając się do zmniejszenia ilości odpadów i poprawy efektywności środowiskowej. Wdrażanie odnawialnych źródeł energii (OZE) wspiera te działania, umożliwiając optymalizację procesów produkcyjnych i logistycznych oraz rozwój technologii recyklingu. Badania L. Meherishi i innych wykazały, że zastosowanie lokalnych instalacji fotowoltaicznych w centrach dystrybucyjnych sieci handlowych zmniejszyło zużycie jednorazowych materiałów opakowaniowych, takich jak plastik, o 25% w ciągu trzech lat dzięki wprowadzeniu opakowań wielokrotnego użytku we Francji<sup>302</sup>. W Niemczech farmy solarne zintegrowane z automatyzacją procesów logistycznych umożliwiły redukcję zużycia materiałów opakowaniowych o 30%, dzięki zastosowaniu lżejszych i biodegradowalnych materiałów<sup>303</sup>.

Energia odzyskiwana, obejmująca ponowne wykorzystanie energii w procesach przemysłowych i gospodarstwach domowych, odgrywa ważną rolę w minimalizowaniu strat energetycznych i zwiększaniu efektywności systemów energetycznych. Technologie związane z odnawialnymi źródłami energii (OZE), takie jak biomasa, magazyny energii czy wykorzystanie ciepła odpadowego, umożliwiają optymalizację zużycia energii pierwotnej i redukcję emisji gazów cieplarnianych. S. Werner wykazał, że zastosowanie ciepła odpadowego z instalacji biomasowych w systemach ciepłowniczych zwiększyło efektywność energetyczną o 40%, umożliwiając ogrzanie 20 tys. mieszkań i zmniejszenie zużycia paliw kopalnych o 30% w Malmö (Szwecja)<sup>304</sup>. W Japonii zintegrowanie systemów fotowoltaicznych z magazynami energii obniżyło straty w procesach

---

<sup>301</sup> M. Trommsdorff et al. *Combining Food and Energy Production: Design of an Agrivoltaic System Applied in Arable and Vegetable Farming in Germany*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 140, 2021, p. 2-11.

M. Trommsdorff, M. Hopf, O. Hörnle, M. Berwind, S. Schindele, K. Wydra. *Can Synergies in Agriculture Through an Integration of Solar Energy Reduce the Cost of Agrivoltaics? An Economic Analysis in Apple Farming*, Applied Energy, Vol. 350, 2023, p. 2-9.

<sup>302</sup> L. Meherishi, S. A. Narayana, K. S. Ranjani, *Sustainable Packaging for Supply Chain Management in the Circular Economy: A Review*, Journal of Cleaner Production, Vol. 237, 2019, p. 1-7.

<sup>303</sup> A. M. M. Nunes et al., *Public Policies for Renewable Energy: A Review of the Perspectives for a Circular Economy*, Energies, Vol. 16, Issue 1, 2023, p. 2-19.

<sup>304</sup> S. Werner, *District Heating and Cooling in Sweden*, Energy, Vol. 126, 2017, p. 419-429.

produkcyjnych o 25%, redukując koszty operacyjne i wspierając zrównoważony rozwój<sup>305</sup>.

Emisja gazów cieplarnianych na jednostkę produkcji stanowi kluczowy element efektywności środowiskowej, odzwierciedlający wpływ przedsiębiorstw na środowisko oraz ich zdolność do realizacji celów klimatycznych. Technologie OZE, takie jak fotowoltaika i energetyka wiatrowa, umożliwiają redukcję emisji dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>), metanu (CH<sub>4</sub>) i tlenków azotu (NO<sub>x</sub>), przyczyniając się do zrównoważenia procesów produkcyjnych. Badania przeprowadzone przez J. Yu i pozostałych w Wielkiej Brytanii wykazały, że przedsiębiorstwa stosujące systemy fotowoltaiczne o mocy 10 MW obniżyły emisje CO<sub>2</sub> o 45% na tonę jednostki produkcji, głównie dzięki zastąpieniu energii węglowej słoneczną oraz wykorzystaniu systemów monitorowania zużycia energii<sup>306</sup>. W Australii integracja farm wiatrowych z systemami zarządzania energią w sektorze rolniczym umożliwiła zmniejszenie emisji CO<sub>2</sub> o 30%, zwiększając konkurencyjność gospodarstw na rynkach międzynarodowych<sup>307</sup>. Na poziomie globalnym Międzynarodowa Agencja Energii (IEA) prognozuje, że przejście na OZE może zredukować emisje gazów cieplarnianych na jednostkę produkcji o 50% do 2050 roku, co jest kluczowe dla realizacji celów Porozumienia Paryskiego i ograniczenia skutków zmian klimatycznych<sup>308</sup>.

### **3.2. Wpływ energii odnawialnej na społeczeństwo**

Aspekty społeczne związane z badaniami nad odnawialnymi źródłami energii (OZE) odgrywają kluczową rolę w procesie transformacji energetycznej, szczególnie w kontekście oddziaływania na lokalne społeczności, zdrowie publiczne oraz relacje społeczne. Wprowadzenie technologii OZE wiąże się nie tylko z korzyściami środowiskowymi i gospodarczymi, ale również ze zmianami w postrzeganiu ekologii, wzrostem świadomości społecznej oraz poprawą jakości życia. Literatura przedmiotu wskazuje na znaczenie działań proekologicznych w budowaniu kapitału społecznego,

---

<sup>305</sup> A. Z. A. Shaqsi, K. Sopian, A. Al-Hinai, *Review of Energy Storage Services, Applications, Limitations, and Benefits*, Energy Reports, Vol. 6, 2020, p. 288-306.

<sup>306</sup> J. Yu, Y. M. Tang, K. Y. Chau, R. Nazar, S. Ali, W. Iqbal, *Role of Solar-Based Renewable Energy in Mitigating CO<sub>2</sub> Emissions: Evidence from Quantile-on-Quantile Estimation*, Renewable Energy, Vol. 182, 2022, p. 216-226.

<sup>307</sup> M. M. Rahman, I. Khan, D. L. Field, K. Techato, K. Alameh, *Powering Agriculture: Present Status, Future Potential, and Challenges of Renewable Energy Applications*, Renewable Energy, Vol. 188, 2022, p. 731-749.

<sup>308</sup> S. Bouckaert et al., *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, International Energy Agency, 2021, p. 47-147.

umacnianiu więzi lokalnych oraz kreowaniu pozytywnego wizerunku zarówno przedsiębiorstw, jak i całych społeczności zaangażowanych w rozwój energetyki odnawialnej.

Wdrażanie odnawialnych źródeł energii (OZE) znacząco wpływa na wzrost prestiżu firmy, wzmacniając jej wizerunek jako odpowiedzialnego społecznie i proekologicznego podmiotu. Konsumenci, inwestorzy i społeczności lokalne coraz częściej oczekują działań na rzecz ochrony środowiska, co sprawia, że zaangażowanie w OZE staje się istotnym elementem budowania reputacji firmy. Firmy stosujące technologie OZE są postrzegane jako innowacyjne i odpowiedzialne, co przekłada się na pozytywny odbiór społeczny<sup>309</sup>. Badania przeprowadzone przez Harvard Business Review wskazują, że firmy inwestujące w OZE odnotowały wzrost pozytywnych opinii w mediach o 25% oraz większe zaangażowanie w mediach społecznościowych o 30%<sup>310</sup>. W ramach analizy studium przypadku, przedsiębiorstwo IKEA, dzięki wdrożeniu OZE odnotował wzrost zaufania konsumentów względem marki, co przełożyło się na wzrost sprzedaży<sup>311</sup>.

Działania proekologiczne, takie jak wdrażanie OZE, pozytywnie wpływają na morale i satysfakcję pracowników. Świadomość pracy w organizacji odpowiedzialnej społecznie zwiększa zaangażowanie i lojalność zatrudnionych, co jest kluczowe dla utrzymania stabilnego zespołu. Pracownicy częściej identyfikują się z misją firmy, która podejmuje działania na rzecz ochrony środowiska, co sprzyja tworzeniu bardziej harmonijnej kultury organizacyjnej. Badania Gallupa wykazały, że 60% pracowników w firmach wdrażających OZE deklaruje większe zadowolenie z pracy, a 40% wskazuje, że działania proekologiczne firmy są kluczowym czynnikiem ich zaangażowania<sup>312</sup>. W firmie Siemens, wdrożenie wewnętrznych programów promujących OZE przyczyniło się do zmniejszenia rotacji pracowników o 15% w ciągu trzech lat<sup>313</sup>.

---

<sup>309</sup> E. E. Agu, T. V. Iyelolu, C. Idemudia, T. I. Ijomah, *Exploring the Relationship Between Sustainable Business Practices and Increased Brand Loyalty*, International Journal of Management & Entrepreneurship Research, Vol. 6, Issue 8, 2024, p. 2463-2475.

<sup>310</sup> J. Wekesa, *Impact of CSR (Corporate Social Responsibility) on Consumer Behavior*, International Journal of Marketing Strategies, Vol. 6, Issue 2, 2024, p. 35-45.

<sup>311</sup> A. Baraka, H. Al Farkh, *The Influence of Corporate Social Responsibility on Financial Performance: The Case of IKEA*, Journal of Service, Innovation and Sustainable Development, Vol. 2, No. 2, 2021, p. 98-113.

<sup>312</sup> N. Razali, H. Vasudevan, *The Impact of Implementing Green Human Resources Practices on Employee Engagement Sustainability*, International Journal of Human Capital in Urban Management, Vol. 9, Issue 3, 2024, p. 389-401.

<sup>313</sup> S. Savović, V. Domanović, B. Jovković, *Effects of Acquisitions on Financial and ESG Performance: Analysis of Siemens Mobility's Financial and Sustainability Reports*, [in:] *International Scientific*

Wdrażanie OZE wspiera edukację społeczną, podnosząc świadomość ekologiczną zarówno wśród pracowników, jak i społeczności lokalnych. Projekty związane z instalacją OZE często obejmują kampanie informacyjne i szkoleniowe, które promują wiedzę na temat korzyści płynących z wykorzystania odnawialnych źródeł energii oraz konieczności ochrony środowiska<sup>314</sup>. Przeprowadzone badania przez S. K. Yadav i pozostałych wskazują, że firmy, które organizowały kampanie edukacyjne związane z OZE, odnotowały 50% wzrost świadomości ekologicznej wśród lokalnej społeczności<sup>315</sup>.

OZE przyczyniają się do poprawy warunków pracy, minimalizując ekspozycję pracowników na zanieczyszczenia oraz zmniejszając ryzyko wypadków związanych z tradycyjnymi procesami energetycznymi, takimi jak obsługa instalacji opartych na paliwach kopalnych. Czystsze środowisko pracy pozytywnie wpływa na zdrowie fizyczne i psychiczne pracowników. K. K. Jaiswal i inni wskazali, że w firmach korzystających z OZE odnotowano spadek liczby zgłaszanych problemów zdrowotnych o 20%<sup>316</sup>. W przypadku elektrowni słonecznych i wiatrowych, brak emisji szkodliwych gazów i pyłów zredukował ryzyko chorób układu oddechowego u pracowników o 30%<sup>317</sup>.

Inwestycje w OZE przynoszą liczne korzyści społecznościom lokalnym, takie jak zwiększenie dostępności energii, poprawa infrastruktury oraz tworzenie miejsc pracy. Dzięki wykorzystaniu lokalnych zasobów energetycznych, takich jak biomasa czy energia słoneczna, społeczności zyskują niezależność energetyczną, co sprzyja rozwojowi gospodarstwu regionów. Badania przeprowadzone przez Międzynarodową Agencję Energii Odnawialnej (IRENA) w regionach wiejskich Indii wskazują, że instalacja farm solarnych poprawiła dostęp do energii elektrycznej dla 1,5 miliona gospodarstw domowych. Dodatkowo, projekty te przyczyniły się do wzrostu dochodów

---

*Conference Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management*, 2024, p. 125- 131.

<sup>314</sup> M. Irfan, Y. Hao, M. Ikram, H. Wu, R. Akram, A. Rauf, *Assessment of the Public Acceptance and Utilization of Renewable Energy in Pakistan*, *Sustainable Production and Consumption*, Vol. 27, 2021, p. 312-324.

<sup>315</sup> S. K. Yadav et al., *Environmental Education for Sustainable Development*, [in:] *Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability*, Elsevier, 2022, p. 415-431.

<sup>316</sup> K. K. Jaiswal, C. R. Chowdhury, D. Yadav, et. al., *Renewable and Sustainable Clean Energy Development and Impact on Social, Economic, and Environmental Health*, *Energy Nexus*, Vol. 7, 2022, p. 1-12.

<sup>317</sup> S. Algarni, V. Tirth, T. Alqahtani, S. Alshehery, P. Kshirsagar, *Contribution of Renewable Energy Sources to the Environmental Impacts and Economic Benefits for Sustainable Development*, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Vol. 56, 2023, p. 2-8.

lokalnych społeczności o 25% dzięki nowym miejscem pracy i rozwojowi drobnych przedsiębiorstw<sup>318</sup>.

Wdrażanie odnawialnych źródeł energii (OZE) stymuluje rozwój programów edukacyjnych i szkoleniowych, które podnoszą kompetencje pracowników oraz zwiększają ich zdolność do adaptacji do zmieniających się warunków rynku pracy. Rozwój wiedzy i umiejętności w zakresie instalacji, konserwacji i zarządzania systemami OZE jest kluczowy dla trwałości transformacji energetycznej i podnoszenia jakości pracy. Badania przeprowadzone przez International Labour Organization (ILO) w 2021 roku wykazały, że sektor OZE stworzył globalnie ponad 12 milionów miejsc pracy, z czego 70% wymagało specjalistycznych szkoleń<sup>319</sup> tj.: Solar PV Technician realizowany w Indiach, dzięki któremu ponad 50 tysięcy osób zostało przeszkolonych w zakresie instalacji paneli fotowoltaicznych, co znacząco zwiększyło możliwości zatrudnienia mieszkańców<sup>320</sup>.

Inwestycje w OZE sprzyjają wsparciu lokalnych inicjatyw ekologicznych, takich jak reforestracja, ochrona wód gruntowych czy poprawa jakości powietrza. Firmy zaangażowane w projekty OZE nierzadko przeznaczają część swoich zasobów na wspieranie działań proekologicznych prowadzonych przez społeczności lokalne, co umacnia ich relacje z otoczeniem<sup>321</sup>. Badania Q. Ali i pozostałych wskazują, że ponad połowa projektów OZE w Europie obejmowało dodatkowe inicjatywy ekologiczne, takie jak renaturalizacja terenów czy edukacja ekologiczna<sup>322</sup>.

Projekty OZE aktywnie angażują społeczności lokalne w działania na rzecz ochrony środowiska, co sprzyja budowie silnych więzi społecznych oraz wzrostowi świadomości ekologicznej. Firmy realizujące inwestycje w OZE często prowadzą konsultacje społeczne oraz organizują akcje wolontariackie, angażując lokalnych mieszkańców

---

<sup>318</sup> S. Dey, A. Sreenivasulu, G. T. N. Veerendra, K. V. Rao, P. A. Babu, *Renewable Energy Present Status and Future Potentials in India: An Overview*, Innovation and Green Development, Vol. 1, Issue 1, 2022, p. 1-20.

<sup>319</sup> B. Davidson, *Labour on the Leading Edge: A Critical Review of Labour Rights and Standards in Renewable Energy*, Energy Research & Social Science, Vol. 97, 2023, p. 1-9.

<sup>320</sup> S. Jain, T. Sharma, A. K. Gupta, *End-of-Life Management of Solar PV Waste in India: Situation Analysis and Proposed Policy Framework*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 153, 2022, p. 2-10.

<sup>321</sup> W. Li, W. Li, V. Seppänen, T. Koivumäki, *Effects of Greenwashing on Financial Performance: Moderation Through Local Environmental Regulation and Media Coverage*, Business Strategy and the Environment, Vol. 32, Issue 1, 2023, p. 820-841.

<sup>322</sup> Q. Ali, M. R. Yaseen, S. Anwar, M. S. A. Makhdum, M. T. I. Khan, *The Impact of Tourism, Renewable Energy, and Economic Growth on Ecological Footprint and Natural Resources: A Panel Data Analysis*, Resources Policy, Vol. 74, 2021, p. 2-13.

w projekty<sup>323</sup>. G. Kallis i pozostali wskazali, że w regionach, gdzie wdrożono projekty OZE z aktywnym udziałem społeczności, zadowolenie mieszkańców wzrosło o 35%, a ich gotowość do współpracy przy kolejnych projektach ekologicznych zwiększyła się o 50%<sup>324</sup>. Jednym z przykładów przedmiotowej działalności były inicjatywy podejmowane przez przedsiębiorstwa posiadające farmy solarne w Hiszpanii, które organizowały dni otwarte dla społeczności, promując wiedzę na temat korzyści płynących z odnawialnych źródeł energii<sup>325</sup>.

Wdrażanie OZE ma bezpośredni wpływ na poprawę jakości życia mieszkańców poprzez zmniejszenie zanieczyszczenia powietrza, hałasu oraz zwiększenie dostępności energii w regionach wiejskich. OZE przyczyniają się do ochrony zdrowia publicznego oraz zwiększają komfort życia w obszarach dotkniętych negatywnymi skutkami tradycyjnych technologii energetycznych. Badania przeprowadzone przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) w 2021 roku wskazały, że przejście na OZE w miastach europejskich zmniejszyło poziom zanieczyszczenia powietrza o 30%, co przełożyło się na spadek liczby zachorowań na astmę i choroby sercowo-naczyniowe o 20%<sup>326</sup>.

OZE przyczyniają się do zwiększenia przejrzystości działań ekologicznych firm, które coraz częściej zobowiązują się do publicznego raportowania realizowanych działań proekologicznych. Tym samym społeczności lokalne oraz inwestorzy mają dostęp do szczegółowych danych dotyczących wpływu firmy na środowisko, co zwiększa ich zaufanie i zaangażowanie<sup>327</sup>.

Partnerstwo z organizacjami pozarządowymi (NGO) w obszarze ochrony środowiska pozwala firmom realizującym projekty OZE na zwiększenie skuteczności działań ekologicznych oraz budowanie pozytywnego wizerunku. NGO nierzadko wspierają przedsiębiorstwa w procesie wdrażania projektów poprzez edukację, doradztwo

---

<sup>323</sup> B. Anthony, *The Role of Community Engagement in Urban Innovation Towards the Co-Creation of Smart Sustainable Cities*, *Journal of the Knowledge Economy*, Vol. 15, 2024, p. 1592-1624.

<sup>324</sup> G. Kallis, P. Stephanides, E. Bailey, P. Devine-Wright, K. Chalvatzis, I. Bailey, *The Challenges of Engaging Island Communities: Lessons on Renewable Energy from a Review of 17 Case Studies*, *Energy Research & Social Science*, Vol. 81, 2021, p. 3-9.

<sup>325</sup> R. Fernandez, *Community Renewable Energy Projects: The Future of the Sustainable Energy Transition?*, *The International Spectator*, Vol. 56, Issue 3, 2021, p. 87-104.

<sup>326</sup> B. Hoffmann et al., *WHO Air Quality Guidelines 2021-Aiming for Healthier Air for All: A Joint Statement by Medical, Public Health, Scientific Societies and Patient Representative Organisations*, *International Journal of Public Health*, Vol. 66, 2021, p. 1-3.

<sup>327</sup> A. Reid, E. Ringel, S. M. Pendleton, *Transparency Reports as CSR Reports: Motives, Stakeholders, and Strategies*, *Social Responsibility Journal*, Vol. 20, Issue 1, 2024, p. 81-107.

i współorganizację lokalnych inicjatyw ekologicznych<sup>328</sup>. Badania A. Buzogány wykazały, że firmy współpracujące z NGO przy projektach OZE osiągnęły o 30% wyższą skuteczność realizowanych działań ekologicznych w porównaniu do firm działających samodzielnie<sup>329</sup>. Jednym z przykładów potwierdzających przedmiotową zależność efekt nawiązanej współpracy duńskich farm wiatrowych z WWF, która obejmowała działania edukacyjne i ochronę lokalnej flory i fauny, wpływając na zwiększenie poparcia społecznego dla realizowanych inwestycji<sup>330</sup>.

Działania związane z wdrażaniem OZE mają istotny wpływ na wzrost zaufania konsumentów do przedsiębiorstw. Firmy angażujące się w proekologiczne inicjatywy są postrzegane jako bardziej odpowiedzialne społecznie, co przekłada się na ich pozytywny wizerunek i lojalność klientów<sup>331</sup>. Zgodnie z raportem Nielsena, 73% konsumentów preferuje produkty firm, które aktywnie inwestują w zrównoważone technologie, takie jak OZE<sup>332</sup>. W regionach, gdzie wprowadzono strategie marketingowe podkreślające proekologiczne działania firm, sprzedaż produktów wzrosła średnio o 20% w ciągu dwóch lat<sup>333</sup>.

Projekty OZE stwarzają możliwość prowadzenia programów edukacyjnych, które podnoszą świadomość ekologiczną zarówno pracowników, jak i społeczności lokalnych. Inicjatywy te mogą obejmować warsztaty, dni otwarte czy programy szkolne promujące zrównoważony rozwój i korzyści płynące z odnawialnych źródeł energii<sup>334</sup>. Badania

---

<sup>328</sup> M. Moshtari, E. Vanpoucke, *Building Successful NGO-Business Relationships: A Social Capital Perspective*, Journal of Supply Chain Management, Vol. 57, Issue 3, 2021, p. 104-129.

<sup>329</sup> A. Buzogány, *Natural Allies? External Governance and Environmental Civil Society Organizations in the EU's Eastern Partnership*, [in:] *Sustainable Development, Regional Governance, and International Organizations*, Routledge, 2024, p. 77-87.

<sup>330</sup> G. J. Piet, J. E. Tamis, J. T. van der Wal, R. H. Jongbloed, *Cumulative Impacts of Wind Farms on the North Sea Ecosystem. Report nr C081/21*, Wageningen Marine Research, 2021, p. 11-45.

<sup>331</sup> E. E. Agu, T. V. Iyelolu, C. Idemudia, T. I. Ijomah, *Exploring the Relationship Between Sustainable Business Practices and Increased Brand Loyalty*, International Journal of Management & Entrepreneurship Research, Vol. 6, Issue 8, 2024, p. 2463-2475.

<sup>332</sup> <https://vorecol.com/blogs/blog-how-are-consumer-preferences-shifting-towards-sustainable-products-and-what-does-this-mean-for-brands-154328> [dostęp 15.11.2024 r.]

<sup>333</sup> S. Mydock III, S. J. Pervan, A. F. Almubarak, L. Johnson, M. Kort, *Influence of 'Made with Renewable Energy' Appeal on Consumer Behaviour*, Marketing Intelligence & Planning, Vol. 36, Issue 1, 2018, p. 32-48.

<sup>334</sup> M. A. Tukhtamirzaevich, *Principles of Formation of Ecological Education and Upbringing*, Pedagogue, Vol. 6, 2023, p. 460-469.

M. A. Tukhtamirzaevicha wykazały, że edukacja ekologiczna związana z projektami OZE zwiększa poziom świadomości ekologicznej społeczności lokalnych o 40%<sup>335</sup>.

Realizacja projektów OZE przyczynia się do ochrony lokalnej fauny poprzez odpowiednie planowanie przestrzenne oraz działania minimalizujące negatywny wpływ inwestycji na środowisko. Odpowiednio zaprojektowane instalacje mogą stać się elementem wspierającym ochronę gatunków zagrożonych oraz naturalnych siedlisk<sup>336</sup>. Badania R. ter Hofstede i innych przeprowadzone w Holandii wykazały, że farmy wiatrowe zlokalizowane na wybrzeżu sprzyjały odtworzeniu siedlisk ryb i ptaków wodnych. W ciągu pięciu lat od realizacji projektów liczba gniazdujących ptaków w rejonie turbin wiatrowych wzrosła o 25%, co świadczy o pozytywnym wpływie odpowiedniego planowania inwestycji na lokalną faunę<sup>337</sup>.

Wdrażanie OZE jest często integralną częścią strategii społecznej odpowiedzialności biznesu (CSR), która umożliwia przedsiębiorstwom na realizację działań mających pozytywny wpływ na środowisko i społeczeństwo. Inwestycje w zrównoważone technologie energetyczne są postrzegane jako dowód zaangażowania firmy w globalne cele klimatyczne<sup>338</sup>. Uzyskane wyniki badań zrealizowanych przez V. Ramasara i pozostałych wskazują, że 60% firm uwzględniających OZE w swoich strategiach CSR odnotowało wzrost poparcia społecznego oraz zainteresowania inwestorów<sup>339</sup>.

Efektywna komunikacja działań ekologicznych wspiera budowanie świadomości społecznej i umacnia pozycję firmy jako lidera w zakresie zrównoważonego rozwoju. Firmy wdrażające OZE coraz częściej wykorzystują kampanie informacyjne i raporty środowiskowe do podkreślenia korzyści wynikających z inwestycji w zielone technologie<sup>340</sup>. Badanie przeprowadzone przez European Energy Research Alliance

---

<sup>335</sup> K. S. Uralovich et al., *A Primary Factor in Sustainable Development and Environmental Sustainability is Environmental Education*, Caspian Journal of Environmental Sciences, Vol. 21, Issue 4, 2023, p. 965- 975.

<sup>336</sup> A. Rahman, O. Farrok, M. M. Haque, *Environmental Impact of Renewable Energy Source Based Electrical Power Plants: Solar, Wind, Hydroelectric, Biomass, Geothermal, Tidal, Ocean, and Osmotic*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 161, 2022, p. 1-25.

<sup>337</sup> R. ter Hofstede, F. M. F. Driessen, P. J. Elzinga, M. van Koningsveld, M. Schutter, *Offshore Wind Farms Contribute to Epibenthic Biodiversity in the North Sea*, Journal of Sea Research, Vol. 185, 2022, p. 1-8.

<sup>338</sup> Y. Us, T. Pimonenko, O. Lyulyov, *Corporate Social Responsibility and Renewable Energy Development for the Green Brand within SDGs: A Meta-Analytic Review*, Energies, Vol. 16, Issue 5, 2023, p. 1-15.

<sup>339</sup> V. Ramasar, H. Busch, E. Brandstedt, K. Rudus, *When Energy Justice is Contested: A Systematic Review of a Decade of Research on Sweden's Conflicted Energy Landscape*, Energy Research & Social Science, Vol. 94, 2022, p. 1-9.

<sup>340</sup> F. Ceci, A. Razzaq, *Inclusivity of Information and Communication Technology in Ecological Governance for Sustainable Resources Management in G10 Countries*, Resources Policy, Vol. 81, 2023, p. 1-10.

wykazało, że przedsiębiorstwa regularnie raportujące swoje działania proekologiczne notują średni wzrost świadomości marki o 25%. Analizując studia przypadku w przedmiotowym zakresie wartym uwagi są odnotowane działania skandynawskich firm energetycznych, które zintegrowały raportowanie ekologiczne z narzędziami marketingowymi, zwiększając poparcie społeczne dla swoich projektów OZE<sup>341</sup>.

Angażowanie pracowników w wolontariat ekologiczny w ramach działań związanych z OZE umożliwia wzmocnienie więzi z lokalnymi społecznościami oraz budowanie pozytywnego wizerunku firmy. Przedmiotowe programy obejmują m.in. sadzenie drzew, sprzątanie terenów zielonych czy edukację ekologiczną w szkołach<sup>342</sup>. Badanie przeprowadzone przez International Volunteer Network w 2021 roku wskazało, że firmy angażujące się w ekologiczne programy wolontariackie odnotowały wzrost satysfakcji pracowników o 30%. W ramach analizy studium przypadku, francuska firma EDF, która realizując projekty OZE, jednocześnie wprowadziła programy sadzenia drzew z udziałem lokalnych społeczności i swoich pracowników, wzmacniając tym samym zaangażowanie i poczucie przywiązania zatrudnionych pracowników w przedsiębiorstwie<sup>343</sup>.

Adaptacja infrastruktury do potrzeb lokalnej społeczności w ramach projektów OZE przyczynia się do poprawy jakości życia mieszkańców i wzrostu akceptacji dla inwestycji. Uwzględnia ona realizowane inwestycje w zakresie budowy dróg, systemów odwadniających czy infrastruktury edukacyjnej w sąsiedztwie instalacji OZE<sup>344</sup>. Badania przeprowadzone w Hiszpanii autorstwa S. Clavijo-Núñez i pozostałych wskazały, że firmy inwestujące w OZE i jednocześnie dostosowujące infrastrukturę do potrzeb lokalnych zwiększyły akceptację społeczną swoich projektów o 40%. Jednym z działań odnotowujących wspomnianą zależność jest zrealizowany projekt farmy słonecznej

---

<sup>341</sup> S. Arvidsson, J. Dumay, *Corporate ESG Reporting Quantity, Quality and Performance: Where to Now for Environmental Policy and Practice?*, Business Strategy and the Environment, Vol. 31, Issue 3, 2022, p. 1091-1110.

<sup>342</sup> C. Park, S. Lee, C. K. Lee, Y. Reisinger, *Volunteer Tourists' Environmentally Friendly Behavior and Support for Sustainable Tourism Development Using Value-Belief-Norm Theory: Moderating Role of Altruism*, Journal of Destination Marketing & Management, Vol. 25, 2022, p. 1-7.

<sup>343</sup> M. Lewkowicz, J. P. Cahier, *The Sharing Economy in France: A Favourable Ecosystem for Alternative Platforms Models*, [in:] *The Sharing Economy in Europe: Developments, Practices, and Contradictions*, Springer International Publishing, Cham, 2022, p. 263-284.

<sup>344</sup> S. A. R. Khan, D. I. Godil, Z. Yu, F. Abbas, M. A. Shamim, *Adoption of Renewable Energy Sources, Low-Carbon Initiatives, and Advanced Logistical Infrastructure—A Step Toward Integrated Global Progress*, Sustainable Development, Vol. 30, Issue 1, 2022, p. 275-288.

w regionie Andaluzji, gdzie inwestorzy zbudowali również sieć dróg lokalnych, poprawiając dostępność dla mieszkańców i wspierając rozwój lokalnej gospodarki<sup>345</sup>.

Wdrażanie OZE przyczynia się do poprawy zdrowia publicznego poprzez redukcję zanieczyszczeń powietrza i hałasu, co zmniejsza ryzyko wystąpienia chorób układu oddechowego i krążenia. Korzyści te są szczególnie widoczne w regionach o dużym zanieczyszczeniu, gdzie odnawialne źródła energii zastępują wysokoemisyjne paliwa kopalne. Opublikowane badania Z. Zhanga, G. Zhanga, i B. Su wykazały, że wdrożenie OZE w regionach przemysłowych Chin przyczyniło się do zmniejszenia wartości wskaźników zachorowalności na choroby układu oddechowego o 15%<sup>346</sup>. Ponadto zaobserwowano obniżenie wartości wskaźnika przedwczesnych zgonów związanych z zanieczyszczeniem powietrza<sup>347</sup>.

Budowanie pozytywnych relacji z interesariuszami, w tym mieszkańcami, władzami lokalnymi i organizacjami społecznymi, jest kluczowym elementem sukcesu projektów OZE. Transparentność działań oraz uwzględnianie interesów różnych grup zwiększa poparcie społeczne i minimalizuje ryzyko konfliktów<sup>348</sup>. Badanie przeprowadzone przez M. B. Shaukata i pozostałych wskazało, że firmy, które wdrażały strategię dialogu społecznego podczas realizacji projektów OZE, odnotowały wzrost poparcia społecznego o 35%. Jednym z przykładów potwierdzających wspomnianą zależność, są podjęte działania przez norweską firmę Equinor, która w procesie budowy farm wiatrowych organizowała regularne konsultacje społeczne, przyczyniając się tym samym do wzmocnienia relacji z lokalnymi społecznościami i administracją<sup>349</sup>.

---

<sup>345</sup> S. Clavijo-Núñez, R. Herrera-Limones, J. Rey-Pérez, M. Torres-García, *Energy Poverty in Andalusia: An Analysis Through Decentralised Indicators*, Energy Policy, Vol. 167, 2022, p. 1-7.

<sup>346</sup> Z. Zhang, G. Zhang, B. Su, *The Spatial Impacts of Air Pollution and Socio-Economic Status on Public Health: Empirical Evidence from China*, Socio-Economic Planning Sciences, Vol. 83, 2022, p. 1-9.

<sup>347</sup> M. Ge, D. Kannaiyah, J. Li, N. Khan, M. S. Shabbir, K. Bilal, M. I. Tabash, *Does Foreign Private Investment Affect the Clean Industrial Environment? Nexus Among Foreign Private Investment, CO2 Emissions, Energy Consumption, Trade Openness, and Sustainable Economic Growth*, Environmental Science and Pollution Research, Vol. 29, 2022, p. 26182-26189.

<sup>348</sup> O. T. Joel, V. U. Oguanobi, *Leadership and Management in High-Growth Environments: Effective Strategies for the Clean Energy Sector*, International Journal of Management & Entrepreneurship Research, Vol. 6, Issue 5, 2024, p. 1423-1440.

<sup>349</sup> M. B. Shaukat, K. F. Latif, A. Sajjad, G. Eweje, *Revisiting the Relationship Between Sustainable Project Management and Project Success: The Moderating Role of Stakeholder Engagement and Team Building*, Sustainable Development, Vol. 30, Issue 1, 2022, p. 58-75.

E. Costa, *Sustainable Business Models in the Oil & Gas Industry: The Case of Equinor ASA*, Institute of Innovation Management, 2023, p. 8-70.

### **3.3. Gospodarczy wymiar rozwoju odnawialnych źródeł energii**

Aspekty gospodarcze badań nad odnawialnymi źródłami energii (OZE) stanowią istotny obszar analizy w kontekście transformacji energetycznej i zrównoważonego rozwoju. W dobie intensyfikacji działań na rzecz dekarbonizacji gospodarek, znaczenie ekonomiczne technologii OZE wykracza poza ich zdolność do redukcji emisji gazów cieplarnianych. Przekłada się ono bezpośrednio na generowanie oszczędności, tworzenie miejsc pracy, wpływ na stabilność rynków energetycznych oraz kształtowanie nowych modeli biznesowych. W literaturze przedmiotu uwzględnia się wielowymiarowość gospodarczych korzyści OZE, obejmujących zarówno mikroekonomiczne efekty w skali przedsiębiorstw, jak i makroekonomiczne oddziaływanie na poziomie krajowym i globalnym.

Badania w przedmiotowym obszarze koncentrują się na analizie kosztów i korzyści wdrażania OZE, takich jak obniżenie kosztów operacyjnych, wzrost wartości rynkowej firm czy dostęp do nowych rynków zbytu. Szczególna uwaga poświęcana jest kwestiom zwrotu z inwestycji oraz długoterminowych oszczędności wynikających z zastępowania paliw kopalnych odnawialnymi źródłami energii. Ponadto, znaczący nacisk kładzie się na badanie instrumentów wsparcia, takich jak ulgi podatkowe i dotacje, które odgrywają kluczową rolę w finansowaniu projektów OZE.

Wdrażanie odnawialnych źródeł energii (OZE) wiąże się z koniecznością poniesienia znacznych nakładów finansowych na infrastrukturę i instalacje. Koszt inwestycji obejmuje zarówno zakup urządzeń, takich jak panele fotowoltaiczne czy turbiny wiatrowe, jak i budowę infrastruktury towarzyszącej, w tym magazynów energii oraz systemów przesyłowych. Problem ten szczególnie dotyka krajów rozwijających się, gdzie dostęp do środków finansowych jest ograniczony, a potencjał inwestycyjny firm prywatnych bywa niewystarczający. Wysokie koszty początkowe są jedną z głównych barier hamujących rozwój OZE, mimo postępu technologicznego, który przyczynił się do znacznego obniżenia cen w ostatnich latach. Badania przeprowadzone przez Międzynarodową Agencję Energii Odnawialnej (IRENA) wskazują, że od 2010 roku koszty instalacji fotowoltaicznych w skali przemysłowej spadły o 85%, osiągając w 2022 roku średnią 857 USD/kW dla dużych instalacji. Podobne zmiany dotyczą energetyki

wiatrowej, gdzie koszt instalacji na lądzie wynosi obecnie około 1 325 USD/kW<sup>350</sup>. Analiza Fraunhofer Institute potwierdza, że zmniejszenie nakładów inwestycyjnych wynika z ulepszeń technologicznych, takich jak wzrost efektywności paneli oraz rozwój technologii produkcji turbin wiatrowych, co znacząco zwiększyło konkurencyjność OZE w porównaniu z paliwami kopalnymi<sup>351</sup>.

Koszty operacyjne są kluczowym czynnikiem decydującym o długoterminowej rentowności instalacji OZE. W odróżnieniu od technologii opartych na paliwach kopalnych, odnawialne źródła energii charakteryzują się niższymi kosztami eksploatacyjnymi, co wynika z braku konieczności zakupu paliwa oraz prostszej budowy technicznej instalacji. Niemniej jednak, koszty związane z konserwacją, serwisem i monitoringiem mogą się różnić w zależności od rodzaju technologii oraz lokalnych warunków środowiskowych. Wyzwaniem pozostaje optymalizacja tych wydatków, szczególnie w kontekście rosnących oczekiwań dotyczących niezawodności i efektywności systemów energetycznych. Badania Międzynarodowej Agencji Energetycznej (IEA) z 2021 roku wskazują, że średnie koszty operacyjne farm fotowoltaicznych wynoszą 15-25 USD/MWh, podczas gdy farmy wiatrowe na lądzie charakteryzują się kosztami w przedziale 10-20 USD/MWh<sup>352</sup>. W Danii zastosowanie technologii predykcyjnego monitorowania pozwoliło na redukcję awarii o 20%, co obniżyło koszty serwisowe o 15% w ciągu pięciu lat. Wyniki te podkreślają znaczenie innowacyjnych rozwiązań, takich jak systemy automatycznego monitorowania, w redukcji kosztów operacyjnych i zwiększaniu efektywności działania instalacji<sup>353</sup>.

Oszczędności na rachunkach za energię są jednym z najważniejszych argumentów przemawiających za inwestycją w OZE, zarówno w sektorze gospodarstw domowych, jak i przedsiębiorstw. Zastosowanie energii odnawialnej pozwala na uniezależnienie się od wahań cen energii na rynku oraz zmniejszenie kosztów zakupu energii elektrycznej od dostawców zewnętrznych. Problemem wciąż pozostaje niski poziom autokonsumpcji

---

<sup>350</sup> A. F. Ali, E. M. Karram, Y. F. Nassar, A. A. Hafez, *Reliable and Economic Isolated Renewable Hybrid Power System with Pumped Hydropower Storage*, [in:] *Proceedings of the 2021 22nd International Middle East Power Systems Conference (MEPCON)*, IEEE, 2021, p. 515-520.

<sup>351</sup> E. Lohmüller, S. Lohmüller, P. Saint-Cast, J. Greulich, S. Glunz, R. Preu, *Review and Highlights of More Than 30 Years Research on Ever Improving Technology for PERC Solar Cells at Fraunhofer ISE*, 2024, Austria, p. 1-5.

<sup>352</sup> A. Khatibi, M. H. Jahangir, F. Razi Astaraci, F. Mohabbati, *Predicting the Renewable Energy Consumption in 2026 by Using a Recursive Moving Average Model*, *International Journal of Ambient Energy*, Vol. 43, Issue 1, 2022, p. 6694-6701.

<sup>353</sup> H. Lund et al., *Smart Energy Denmark: A Consistent and Detailed Strategy for a Fully Decarbonized Society*, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 168, 2022, p. 1-10.

w niektórych regionach, co wymaga dodatkowych inwestycji w magazyny energii, aby maksymalizować korzyści ekonomiczne wynikające z użytkowania OZE. Według Fraunhofer ISE gospodarstwa domowe z instalacjami fotowoltaicznymi w Niemczech zredukowały swoje rachunki za energię o 30-50% w zależności od wielkości instalacji i poziomu autokonsumpcji<sup>354</sup>.

Okres zwrotu z inwestycji (ROI) w OZE jest kluczowym wskaźnikiem dla inwestorów rozważających wdrażanie tych technologii. ROI zależy od początkowych nakładów inwestycyjnych, oszczędności energetycznych oraz dostępnych mechanizmów wsparcia, takich jak dotacje czy ulgi podatkowe. Choć wysokie koszty początkowe mogą zniechęcać do inwestycji, rosnące ceny energii i postępujący spadek kosztów technologii OZE znacząco skracają okres zwrotu. Badania IRENA wykazały, że w Europie średni okres zwrotu inwestycji w instalacje fotowoltaiczne wynosi od 7 do 10 lat, podczas gdy w regionach o wysokim nasłonecznieniu, takich jak Bliski Wschód, może być skrócony do 5 lat<sup>355</sup>. Przeprowadzone badania w Australii przez H. X. Li i innych wykazały, że przy wsparciu rządowych subsydiów koszt farm słonecznych zwraca się w przeciągu 6 lat, generując następnie oszczędności na poziomie 12-15% rocznych kosztów operacyjnych zakładów przemysłowych<sup>356</sup>.

Integracja OZE z procesami produkcyjnymi może wpłynąć na obniżenie kosztów jednostkowych produktów, dzięki redukcji kosztów energii oraz uniknięciu dodatkowych opłat za emisję gazów cieplarnianych. Problemem pozostaje jednak nierównomierna dystrybucja korzyści, która zależy od sektora gospodarki oraz stopnia automatyzacji i efektywności procesów produkcyjnych. Badania przeprowadzone w Hiszpanii autorstwa M. Garrido-Herrero i pozostałych wskazały, że przedsiębiorstwa spożywcze, które wdrożyły fotowoltaikę, zmniejszyły koszty produkcji o 15%, co pozwoliło na obniżenie cen detalicznych swoich produktów o 5%<sup>357</sup>. W Wielkiej Brytanii przeprowadzane analizy wykazały, że przedsiębiorstwa wdrażające OZE unikały

---

<sup>354</sup> A. Surmann, S. P. Chantrel, M. Utz, R. Kohrs, J. Strüker, *Empowering Consumers within Energy Communities to Acquire PV Assets Through Self-Consumption*, *Electricity*, Vol. 3, Issue 1, 2022, p. 108- 130.

<sup>355</sup> M. M. V. Cantarero, *Of Renewable Energy, Energy Democracy, and Sustainable Development: A Roadmap to Accelerate the Energy Transition in Developing Countries*, *Energy Research & Social Science*, Vol. 70, 2020, p. 1-8.

<sup>356</sup> H. X. Li, D. J. Edwards, M. R. Hosseini, G. P. Costin, *A Review on Renewable Energy Transition in Australia: An Updated Depiction*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 242, 2020, 3-14.

<sup>357</sup> M. Garrido-Herrero, M. A. Jaramillo-Moran, D. Carmona-Fernandez, I. M. Ozcariz-Arraiza, *The Impact of Photovoltaic Self-Consumption on the Daily Electricity Demand in Spain: Definition of a Model to Estimate It*, *Heliyon*, Vol. 10, Issue 11, 2024, p. 3-18.

kosztów związanych z opłatami za emisję CO<sub>2</sub>, co zwiększało ich konkurencyjność cenową. Uzyskane dane dowodzą, że OZE może nie tylko wspierać zrównoważony rozwój, ale również stanowić element strategii obniżania cen produktów i zwiększania marż przedsiębiorstw<sup>358</sup>.

Wdrażanie odnawialnych źródeł energii (OZE) ma kluczowy wpływ na zwiększenie konkurencyjności przedsiębiorstw, zwłaszcza w kontekście rosnących oczekiwań konsumentów i wymogów regulacyjnych związanych z ochroną środowiska. Firmy, które inwestują w OZE, często budują ekologiczny wizerunek, co staje się istotnym czynnikiem w decyzjach zakupowych klientów, szczególnie w sektorze dóbr konsumpcyjnych. Konkurencyjność przedsiębiorstw jest również wzmacniana przez obniżenie kosztów operacyjnych i unikanie opłat za emisję gazów cieplarnianych. Badania przeprowadzone przez Boston Consulting Group wskazują, że 75% konsumentów w Europie Zachodniej preferuje produkty firm, które podejmują działania proekologiczne<sup>359</sup>. Analizując studium przypadku przedsiębiorstwa IKEA, wykorzystującego energię z farm wiatrowych i fotowoltaicznych, można wskazać, iż inwestycje w OZE przyczyniły się do wzrostu sprzedaży o 10% oraz poprawy rozpoznawalności marki jako lidera zrównoważonego rozwoju<sup>360</sup>.

Inwestycje w odnawialne źródła energii wpływają na długoterminowy wzrost wartości rynkowej przedsiębiorstw. OZE stanowią atrakcyjny element strategii zrównoważonego rozwoju, co może budzić zainteresowanie inwestorów i zwiększać wycenę rynkową firm. Włączenie zrównoważonych praktyk energetycznych do modelu biznesowego wpływa także na poprawę reputacji przedsiębiorstwa, co sprzyja większemu zaufaniu inwestorów i klientów. Badanie przeprowadzone przez Harvard Business School wykazało, że firmy, które zainwestowały w OZE, odnotowały średni wzrost wartości rynkowej o 6% w ciągu pięciu lat. Bazując na analizie studium przypadku przedsiębiorstwa Tesla, decyzje o pełnym zasilaniu zakładów produkcyjnych energią odnawialną przyciągnęły znaczące inwestycje kapitałowe<sup>361</sup>. W Europie, badania European Sustainable Investment Forum

---

<sup>358</sup> W. H. Wang, V. Moreno-Casas, J. Huerta de Soto, *A Free-Market Environmentalist Transition Toward Renewable Energy: The Cases of Germany, Denmark, and the United Kingdom*, *Energies*, Vol. 14, Issue 15, 2021, p. 1-24.

<sup>359</sup> N. Bari, R. Chimhundu, K. C. Chan, *Dynamic Capabilities to Achieve Corporate Sustainability: A Roadmap to Sustained Competitive Advantage*, *Sustainability*, Vol. 14, Issue 3, 2022, p. 1-24.

<sup>360</sup> M. L. P. Catalan, *IKEA's Supply Chain: Growth on Sustainability*, York University, 2022, p. 4-34.

<sup>361</sup> A. Cheema-Fox, G. Serafeim, H. S. Wang, *Climate Solutions Investments*, Harvard Business School Accounting & Management Unit Working Paper, No. 22-054, 2022, p. 2-25.

wykazały, że 70% funduszy inwestycyjnych preferuje spółki zaangażowane w działania na rzecz klimatu, co bezpośrednio przekłada się na wzrost ich wartości rynkowej<sup>362</sup>.

Zastosowanie odnawialnych źródeł energii umożliwia przedsiębiorstwom możliwość wejścia na nowe rynki, w szczególności tym, które wprowadzają surowe regulacje środowiskowe lub preferują partnerów biznesowych spełniających ekologiczne standardy. Firmy wykorzystujące OZE mogą także korzystać z ulg celnych i ułatwień w handlu międzynarodowym, co sprzyja ich ekspansji na rynki o dużym potencjale wzrostu. Wspomnianą treść potwierdzają badania F. Erixona i innych wskazujące, że europejskie przedsiębiorstwa wdrażające OZE zyskały lepszy dostęp do rynków Azji Wschodniej, gdzie standardy środowiskowe stają się coraz bardziej rygorystyczne<sup>363</sup>. W szczególności firmy z branży technologicznej, takie jak Siemens, dzięki spełnianiu norm ekologicznych, zwiększyły swoją pozycję rynkową w Chinach, osiągając wzrost eksportu o 15% w ciągu trzech lat<sup>364</sup>.

Ekologiczny wizerunek przedsiębiorstw wynikający z wdrażania OZE wpływa na wzrost sprzedaży, szczególnie w sektorach, w których konsumenci wykazują wysoką wrażliwość na kwestie środowiskowe. Działania proekologiczne przedsiębiorstw stają się ważnym elementem strategii marketingowych, co umożliwia lepsze pozycjonowanie produktów na rynku i skuteczniejsze dotarcie do klientów. Badanie Nielsen Global Survey wykazało, że 55% konsumentów z Ameryki Północnej i Europy jest skłonnych zapłacić więcej za produkty pochodzące od firm zaangażowanych w ochronę środowiska<sup>365</sup>. Poddając analizie studium przypadku przedsiębiorstwa Nestlé, które zainwestowało w OZE, zaobserwowano wzrost sprzedaży produktów ekologicznych o 12% w ciągu dwóch lat<sup>366</sup>.

Państwa na całym świecie wprowadzają różnorodne mechanizmy wsparcia finansowego dla przedsiębiorstw inwestujących w odnawialne źródła energii, takie jak ulgi podatkowe,

---

<sup>362</sup> L. Lin, *Venture Capital in the Rise of Sustainable Investment*, European Business Organization Law Review, Vol. 23, 2022, p. 187-216.

<sup>363</sup> F. Erixon, O. Guinea, P. Lamprecht, O. du Roy, E. Sisto, R. Zilli, *Trading Up: An EU Trade Policy for Better Market Access and Resilient Sourcing*, ECIPE Policy Brief, No. 8, 2024, p. 5-21.

<sup>364</sup> S. Savović, V. Domanović, B. Jovković, *Effects of Acquisitions on Financial and ESG Performance: Analysis of Siemens Mobility's Financial and Sustainability Reports*, [in:] *Proceedings of the International Scientific Conference Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management*, 2024, p. 125-131.

<sup>365</sup> Y. Erdem, *Sustainable Consumer Behavior*, [in:] *Circular Economy: Multidisciplinary Approaches from Turkey*, 2022, p. 21.

<sup>366</sup> B. Garbowska i M. Radzymińska, *Environmental and Social Aspects of Sustainable Development- A Case Study of Food Companies Including Consumer Attitudes and Behavior*, Organization and Management, No. 192, 2024, p. 256-269.

dotacje czy preferencyjne kredyty. Instrumenty te zmniejszają barierę kosztów początkowych i przyspieszają zwrot z inwestycji w OZE, co zachęca do dalszych działań na rzecz transformacji energetycznej. Badania przeprowadzone przez IEA wykazały, iż w Niemczech dotacje na instalacje fotowoltaiczne pokrywały średnio 30% kosztów inwestycji, co znacząco zwiększyło udział gospodarstw domowych korzystających z tej technologii<sup>367</sup>. W Stanach Zjednoczonych federalny program ITC (Investment Tax Credit) umożliwił przedsiębiorstwom na redukcję podatków o 26% wartości inwestycji w OZE, przyczyniając się do rekordowego wzrostu liczby instalacji w 2021 roku<sup>368</sup>.

Rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE) przyczynia się do tworzenia nowych miejsc pracy w sektorze energetycznym oraz pokrewnych branżach, takich jak produkcja technologii, logistyka i obsługa serwisowa. Dzięki intensywnym inwestycjom w infrastrukturę OZE, regiony zmagające się z wysokim bezrobociem mogą odnotować znaczącą poprawę sytuacji na rynku pracy, co wpływa na wzrost lokalnej gospodarki. Badania Międzynarodowej Agencji Energii Odnawialnej (IRENA) wskazały, że sektor OZE przyczynił się globalnie do ponad 12 milionów miejsc pracy w 2021 roku, w tym najwięcej w sektorze fotowoltaiki (ok. 4 miliony)<sup>369</sup>. W Indiach wdrożenie programów rozwoju energetyki słonecznej wygenerowało 100 tysięcy miejsc pracy w obszarach wiejskich w ciągu pięciu lat<sup>370</sup>.

Dostosowanie przedsiębiorstw do standardów środowiskowych wiąże się z koniecznością uzyskania certyfikatów ekologicznych, takich jak ISO 14001 czy certyfikaty związane z neutralnością węglową. Koszty certyfikacji obejmują opłaty za audyty, przygotowanie dokumentacji oraz szkolenia pracowników. Pomimo początkowych wydatków, certyfikaty poprawiają wizerunek firmy i zwiększają jej konkurencyjność na rynku międzynarodowym<sup>371</sup>. Raport UNEP wskazuje, że średni koszt uzyskania certyfikatu ISO 14001 dla przedsiębiorstwa średniej wielkości wynosi

---

<sup>367</sup> I. Citaristi, *International Energy Agency—IEA*, [in:] *The Europa Directory of International Organizations 2022*, Routledge, 2022, p. 701-702.

<sup>368</sup> L. Chang, F. Taghizadeh-Hesary, H. B. Saydaliev, *How Do ICT and Renewable Energy Impact Sustainable Development?*, *Renewable Energy*, Vol. 199, 2022, p. 123-131.

<sup>369</sup> R. B. Swain, A. Karimu, E. Gråd. *Sustainable Development, Renewable Energy Transformation and Employment Impact in the EU*, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Vol. 29, Issue 8, 2022, p. 695-708.

<sup>370</sup> A. Laabid, A. Saad, M. Mazouz, *Integration of Renewable Energies in Mobile Employment Promotion Units for Rural Populations*, *Civil Engineering Journal*, Vol. 8, Issue 7, 2022, p. 1406-1434.

<sup>371</sup> A. Appolloni, C. J. C. Jabbour, I. D'Adamo, M. Gastaldi, D. Settembre-Blundo. *Green Recovery in the Mature Manufacturing Industry: The Role of the Green-Circular Premium and Sustainability Certification in Innovative Efforts*, *Ecological Economics*, Vol. 193, 2022, p. 1-8.

30-50 tysięcy dolarów<sup>372</sup>. W Niemczech firmy, które uzyskały certyfikat neutralności węglowej, zwiększyły swoje przychody średnio o 7% dzięki wzrostowi zaufania klientów i inwestorów<sup>373</sup>.

Wdrażanie OZE wymaga podniesienia kwalifikacji pracowników w zakresie obsługi nowych technologii oraz zarządzania systemami energetycznymi. Koszty szkoleń obejmują organizację kursów, zakup materiałów edukacyjnych oraz dostosowanie procesów operacyjnych do nowoczesnych wymagań technologicznych. Badanie przeprowadzone w Kanadzie przez Renewable Energy Training Initiative wykazało, że średni koszt szkolenia jednego pracownika w zakresie obsługi systemów fotowoltaicznych wynosi 1,200 dolarów. Firmy, które zainwestowały w szkolenia, odnotowały wzrost efektywności operacyjnej o 15% w ciągu dwóch lat<sup>374</sup>. W Stanach Zjednoczonych program szkoleniowy Clean Energy Workforce Development objął ponad 50 tysięcy pracowników, przyczyniając się do wzrostu zatrudnienia w sektorze OZE oraz poprawy ich kompetencji zawodowych<sup>375</sup>.

Odnawialne źródła energii odgrywają kluczową rolę w redukcji ryzyka energetycznego, wynikającego z fluktuacji cen paliw kopalnych oraz przerw w dostawach energii. Dzięki decentralizacji produkcji energii oraz wykorzystaniu lokalnych zasobów naturalnych, firmy mogą ograniczyć swoją zależność od niestabilnych rynków surowców energetycznych. Badania przeprowadzone przez International Renewable Energy Agency (IRENA) wykazały, że przedsiębiorstwa, które zainstalowały systemy fotowoltaiczne, zmniejszyły swoją zależność od sieci energetycznej o 40%, co ograniczyło ryzyko przerw w dostawach energii<sup>376</sup>. W Afryce Południowej, gdzie fluktuacje cen energii są szczególnie dotkliwe, wdrożenie farm słonecznych pozwoliło na obniżenie kosztów

---

<sup>372</sup> M. L. Saavedra García, *Business Sustainability and Financial Performance*, Cuadernos de Administración (Universidad del Valle), Vol. 38, No. 72, 2022, p. 2-17.

<sup>373</sup> S. Seyfried, L. Nagel, M. Weigold, *Empirical Investigation of Climate Neutrality Strategies of Companies in Industrial Production*, [in:] *Global Conference on Sustainable Manufacturing*, 2022, Springer International Publishing, Cham, p. 999-1007.

<sup>374</sup> J. Honnen et al., *Supporting Just Transitions in Canada and Germany*, Energy Partnership, Berlin, 2023, p. 6-13.

<sup>375</sup> E. M. Curtis, I. Marinescu. *Green Energy Jobs in the US: What Are They, and Where Are They?*, National Bureau of Economic Research, Working Paper No. w30332, 2022, p. 2-17.

<sup>376</sup> A. I. Osman et al., *Cost, Environmental Impact, and Resilience of Renewable Energy Under a Changing Climate: A Review*, Environmental Chemistry Letters, Vol. 21, 2023, p. 741-764.

energii o 25% oraz zwiększenie stabilności operacyjnej przedsiębiorstw produkcyjnych<sup>377</sup>.

Stabilność energetyczna, definiowana jako pewność dostaw energii w odpowiedniej ilości i jakości, jest jednym z kluczowych celów inwestycji w OZE. Rozwój lokalnych systemów energetycznych, takich jak farmy wiatrowe i fotowoltaiczne, znacząco zmniejsza zależność od importu energii oraz zapewnia niezależność energetyczną regionów. Badania finansowane przez Komisję Europejską wskazują, że kraje z wysokim udziałem OZE, takie jak Dania i Niemcy, odnotowały poprawę stabilności energetycznej, szczególnie w czasie kryzysów energetycznych<sup>378</sup>. Na przykład w Niemczech systemy magazynowania energii w połączeniu z farmami wiatrowymi zapewniły ciągłość dostaw energii w okresach zwiększonego zapotrzebowania, co zminimalizowało ryzyko przestoju w przemyśle<sup>379</sup>.

Zwiększenie udziału odnawialnych źródeł energii (OZE) w krajowym miksie energetycznym może znacząco wpłynąć na bilans handlowy poprzez redukcję importu paliw kopalnych. Dzięki wykorzystaniu lokalnych zasobów, takich jak wiatr, słońce czy biomasa, państwa mogą zmniejszyć wydatki na import surowców energetycznych, jednocześnie wspierając rozwój krajowej gospodarki. Badania przeprowadzone przez Międzynarodową Agencję Energetyczną (IEA) wskazują, że kraje takie jak Brazylia i Hiszpania, dzięki inwestycjom w energetykę słoneczną i wiatrową, zmniejszyły import ropy i gazu ziemnego o 15% w ciągu dekady<sup>380</sup>. W Hiszpanii rozwój farm wiatrowych pozwolił zaoszczędzić 5 miliardów euro rocznie na imporcie gazu, co znacząco poprawiło saldo bilansu handlowego kraju<sup>381</sup>.

Wdrażanie OZE sprzyja rozwojowi innowacyjnych technologii oraz procesów, takich jak inteligentne sieci energetyczne, systemy magazynowania energii czy technologie

---

<sup>377</sup> A. O. Maka, J. M. Alabid, *Solar Energy Technology and Its Roles in Sustainable Development*, Clean Energy, Vol. 6, Issue 3, 2022, p. 476-483.

<sup>378</sup> L. Rodriguez-Fernandez, A. B. F. Carvajal, V. F. de Tejada, *Improving the Concept of Energy Security in an Energy Transition Environment: Application to the Gas Sector in the European Union*, The Extractive Industries and Society, Vol. 9, 2022, p. 1-7.

<sup>379</sup> C. P. Agupugo, A. O. Ajayi, C. Nwanevu, S. S. Oladipo, *Policy and Regulatory Framework Supporting Renewable Energy Microgrids and Energy Storage Systems*, Engineering Science & Technology Journal, Vol. 5, Issue 8, 2022, p. 2589-2608.

<sup>380</sup> Q. Hassan, P. Viktor, T. J. Al-Musawi, B. M. Ali, S. Algburi, H. M. Alzoubi, M. Jaszczur, *The Renewable Energy Role in the Global Energy Transformations*, Renewable Energy Focus, Vol. 48, 2024, p. 3-9.

<sup>381</sup> R. Fernández-González, F. Puime-Guillén, R. Pérez-Vas, *The New Wind Energy Boom in Spain: Are Large Companies Once Again Dominating the Market?* [in:] *Energy Transition: Economic, Social and Environmental Dimensions*, Springer Nature, Singapore, 2022, p. 135-163.

zarządzania niezależnymi instalacjami niepodłączonymi do publicznej sieci energetycznej. Inwestycje w badania i rozwój w sektorze OZE przyczyniają się do wprowadzania nowych rozwiązań technicznych, które zwiększają efektywność energetyczną i konkurencyjność przedsiębiorstw. Raport European Patent Office (EPO) z 2022 roku wskazuje, że 35% nowych patentów technologicznych w Europie dotyczyło sektora OZE, z czego większość związana była z energetyką słoneczną i wiatrową<sup>382</sup>. W Niemczech wdrożenie systemów magazynowania energii zwiększyło innowacyjność przedsiębiorstw o 20%, co przełożyło się na wzrost liczby nowych produktów i usług na rynku krajowym oraz eksportowym<sup>383</sup>.

Rosnące regulacje dotyczące emisji gazów cieplarnianych, takie jak europejski system handlu emisjami (ETS), nakładają na przedsiębiorstwa obowiązek ograniczania emisji lub ponoszenia opłat za nadwyżki. Wdrażanie OZE pozwala na znaczną redukcję emisji, co zmniejsza koszty związane z zakupem uprawnień do emisji i karami. Badania Carbon Market Watch wykazały, że przedsiębiorstwa, które zainwestowały w systemy fotowoltaiczne, zmniejszyły swoje wydatki na uprawnienia do emisji o 25% rocznie<sup>384</sup>. W Polsce, gdzie energetyka węglowa dominuje w miksie energetycznym, firmy korzystające z OZE zaoszczędziły kwoty sięgające do kilku milionów złotych rocznie na kosztach związanych z emisjami, co stanowiło istotny czynnik poprawy ich konkurencyjności<sup>385</sup>.

Systemy OZE, takie jak fotowoltaika czy energetyka wiatrowa, charakteryzują się niskimi kosztami eksploatacji w porównaniu do tradycyjnych źródeł energii. Brak konieczności zakupu paliw kopalnych oraz niski poziom konserwacji instalacji OZE przekładają się na znaczną redukcję kosztów operacyjnych w długim okresie. Badania przeprowadzone przez Międzynarodowy Fundusz Walutowy (IMF) wskazują, że przedsiębiorstwa, które zainwestowały w systemy fotowoltaiczne, zmniejszyły swoje

---

<sup>382</sup> O. J. Abban, Y. H. Xing, A. C. Nuță, F. M. Nuță, P. S. Borah, C. Ofori, Y. J. Jing, *Policies for Carbon-Zero Targets: Examining the Spillover Effects of Renewable Energy and Patent Applications on Environmental Quality in Europe*, Energy Economics, Vol. 126, 2023, p. 1-20.

<sup>383</sup> B. Nastasi, N. Markovska, T. Pukšec, N. Duić, A. Foley, *Renewable and Sustainable Energy Challenges to Face for the Achievement of Sustainable Development Goals*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 157, 2022, p. 2-4.

<sup>384</sup> X. Fageda, J. J. Teixidó, *Pricing Carbon in the Aviation Sector: Evidence from the European Emissions Trading System*, Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 111, 2022, p. 1-19.

<sup>385</sup> A. Mazurek-Czarnecka, K. Rosiek, M. Salamaga, K. Wąsowicz, R. Żaba-Nieroda, *Study on Support Mechanisms for Renewable Energy Sources in Poland*, Energies, Vol. 15, Issue 12, 2022, p. 1-32.

koszty operacyjne o 30% w ciągu pięciu lat<sup>386</sup>. W Australii duże farmy słoneczne wygenerowały oszczędności operacyjne wynoszące średnio 500 tysięcy dolarów rocznie, co czyniło je bardziej rentownymi niż tradycyjne elektrownie węglowe<sup>387</sup>.

Inwestorzy coraz częściej zwracają uwagę na ekologiczny i zrównoważony rozwój przedsiębiorstw, co czyni wdrażanie OZE istotnym elementem budowania ich pozytywnego wizerunku na rynku kapitałowym. Firmy inwestujące w OZE są postrzegane jako bardziej odpowiedzialne i perspektywiczne, co przyciąga kapitał od funduszy inwestycyjnych oraz inwestorów prywatnych. Badania przeprowadzone przez Harvard Business School wykazały, że przedsiębiorstwa, które wdrożyły strategię zrównoważonego rozwoju, odnotowały wzrost zainteresowania ze strony inwestorów o 15% w ciągu dwóch lat<sup>388</sup>. Na przykład w Stanach Zjednoczonych firmy z sektora energetycznego, które zainwestowały w farmy wiatrowe, przyciągnęły o 20% więcej kapitału niż przedsiębiorstwa konkurencyjne bazujące na paliwach kopalnych<sup>389</sup>.

---

<sup>386</sup> M. A. Ari et al., *Surging Energy Prices in Europe in the Aftermath of the War: How to Support the Vulnerable and Speed Up the Transition Away from Fossil Fuels*. International Monetary Fund Working Paper, 2022, p. 5-14.

<sup>387</sup> F. Arraño-Vargas, Z. Shen, S. Jiang, J. Fletcher, G. Konstantinou, *Challenges and Mitigation Measures in Power Systems with High Share of Renewables—the Australian Experience*, *Energies*, Vol. 15, Issue 2, 2022, p. 2-19.

<sup>388</sup> M. Baker, M. L. Egan, S. K. Sarkar, *How Do Investors Value ESG?*, National Bureau of Economic Research, Working Paper, No. 30708, 2022, p. 4-29.

<sup>389</sup> D. Azhgaliyeva, J. Beirne, R. Mishra, *What Matters for Private Investment in Renewable Energy?*, *Climate Policy*, Vol. 23, No. 1, 2023, p. 71-87.



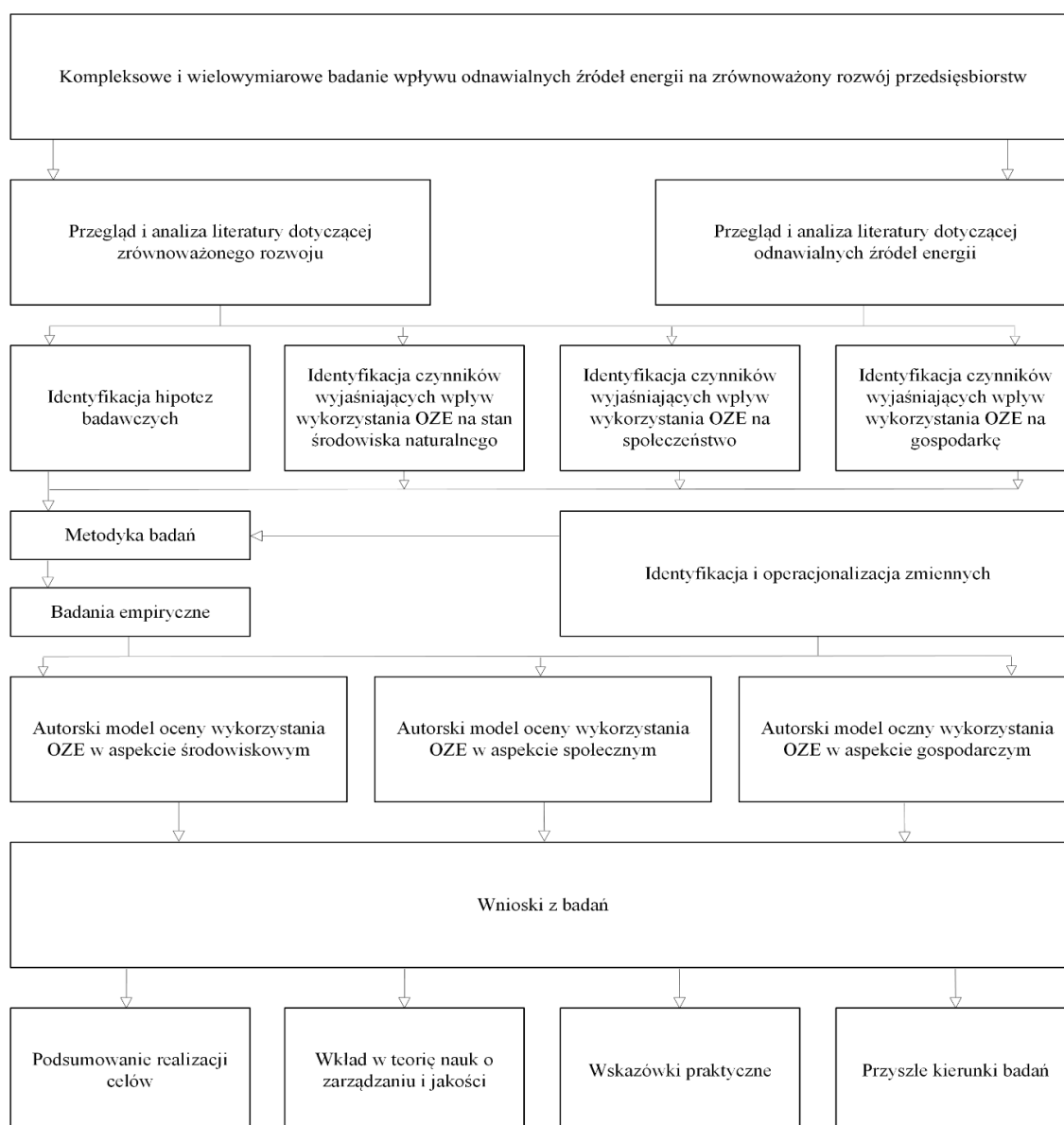
## **Rozdział IV. Metodyka badań własnych**

### **4.1. Przedmiot i zakres badań własnych**

Przedmiotem badań własnych jest rola odnawialnych źródeł energii w kształtowaniu zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw, rozumianego poprzez integrowanie wymiaru środowiskowego, społecznego i gospodarczego w praktyce funkcjonowania organizacji gospodarczych. Analizie poddano oddziaływanie implementacji rozwiązań opartych na odnawialnych źródłach energii (OZE) na poziom ochrony środowiska, jakość relacji społecznych oraz wyniki ekonomiczne przedsiębiorstw, a tym samym stopień, w jakim może ona być uznana za fundament realizowanej przez nie polityki zrównoważonego rozwoju. Z perspektywy środowiskowej badania koncentrują się na efektach takich jak redukcja emisji gazów cieplarnianych, ograniczanie presji na zasoby naturalne oraz wpływ na stan ekosystemów. W wymiarze społecznym analizie poddawane są m.in. oddziaływania na warunki pracy, poziom satysfakcji i świadomości ekologicznej pracowników oraz relacje z lokalnymi społecznościami. W aspekcie gospodarczym przedmiotem zainteresowania są konsekwencje wdrażania OZE dla kosztów operacyjnych, efektywności energetycznej, dostępu do nowych rynków i pozycji konkurencyjnej przedsiębiorstw.

Zakres badań ma charakter terytorialnie i podmiotowo zogniskowany. Badaniem objęto przedsiębiorstwa funkcjonujące na obszarze województwa pomorskiego, które stanowi specyficzny układ regionalny o zróżnicowanym potencjale gospodarczym i energetycznym. Populację badawczą stanowiły podmioty prowadzące działalność gospodarczą. Badania koncentrują się na identyfikacji i pomiarze wybranych zmiennych środowiskowych, społecznych i gospodarczych, które odzwierciedlają wpływ OZE na funkcjonowanie przedsiębiorstw. Konstrukcja narzędzia badawczego opiera się na trzech grupach wskaźników: środowiskowych, społecznych i ekonomicznych, dobranych na podstawie krytycznej analizy literatury przedmiotu oraz dostępnych wyników badań empirycznych. Badanie ma charakter przekrojowy i opiera się na jednorazowym pomiarze dokonywanym w określonym horyzoncie czasowym od 01.08.-30.11.2024 r., obejmującym aktualny stan wykorzystania OZE oraz postrzegane przez przedsiębiorstwa skutki tych wdrożeń. Pozwala to na diagnostyczną ocenę bieżącej roli odnawialnych źródeł energii w działalności przedsiębiorstw województwa pomorskiego, z jednoczesnym uwzględnieniem ich dotychczasowych doświadczeń w zakresie oddziaływania na środowisko, społeczeństwo i gospodarkę.

Zdefiniowany powyżej przedmiot i zakres badań determinują konstrukcję całego procesu badawczego, obejmującego zarówno etap konceptualizacji teoretycznej, jak i fazę empirycznej weryfikacji przyjętych założeń. Proces został zaprojektowany jako sekwencja logicznie powiązanych kroków, prowadzących od analizy dorobku literaturowego w obszarze zrównoważonego rozwoju i odnawialnych źródeł energii, poprzez identyfikację hipotez badawczych oraz operacjonalizację zmiennych, aż do budowy autorskich modeli oceny wykorzystania OZE w trzech wyróżnionych wymiarach. Na rysunku 2 przedstawiono schemat procesu badawczego.



**Rysunek 2. Schemat procesu badawczego**

Źródło: Opracowanie własne

Schemat procesu badawczego przedstawia kompleksowe i wielowymiarowe ujęcie analizy wpływu odnawialnych źródeł energii na zrównoważony rozwój przedsiębiorstw. Punkt wyjścia stanowi równoległy przegląd i krytyczna analiza literatury dotyczącej zrównoważonego rozwoju oraz odnawialnych źródeł energii. Na tej podstawie formułowane są hipotezy badawcze oraz identyfikowane są grupy czynników wyjaśniających wpływ wykorzystania OZE odpowiednio na stan środowiska naturalnego, społeczeństwo oraz gospodarkę. Tym samym część teoretyczna prowadzi do precyzyjnego wyodrębnienia kategorii analitycznych.

Kolejnym etapem, odzwierciedlonym w schemacie, jest opracowanie metodyki badań, obejmujące identyfikację oraz operacjonalizację zmiennych, dobór wskaźników i narzędzi pomiaru, jak również zaprojektowanie sposobu realizacji badań empirycznych. Wyniki przeprowadzonych badań stanowią podstawę konstrukcji trzech autorskich modeli oceny wykorzystania OZE: w aspekcie środowiskowym, społecznym i gospodarczym. Modele te integrują zidentyfikowane wcześniej czynniki oraz pozwalają na wielowymiarową ocenę roli OZE w działalności przedsiębiorstw. Finalizację procesu stanowią wnioski z badań, które przekładają się na cztery zasadnicze obszary rezultatów: podsumowanie stopnia realizacji celów badawczych, określenie wkładu w rozwój nauk o zarządzaniu i jakości, sformułowanie wskazówek praktycznych dla przedsiębiorstw i interesariuszy oraz wyznaczenie przyszłych kierunków badań w obszarze wpływu odnawialnych źródeł energii na funkcjonowanie organizacji gospodarczych

W celu zapewnienia wysokiej jakości i transparentności przeprowadzonych działań badawczych zastosowano rozbudowaną, wieloetapową procedurę badawczą obejmującą szesnaście zdefiniowanych etapów. Procedura ta została przedstawiona w formie syntetycznej w tabeli 6. Pierwsza kolumna tabeli zawiera numerację etapów, druga opisuje szczegółowo realizowane zadania badawcze, natomiast trzecia prezentuje metody, techniki oraz narzędzia badawcze wykorzystywane w poszczególnych etapach. Zastosowanie wspomnianej struktury umożliwiło nie tylko transparentną prezentację całego procesu badawczego, lecz również wskazanie jej kompleksowości i wielowymiarowości.

**Tabela 6. Procedura badawcza**

Nr etapu	Opis działań	Zastosowane metody, techniki i narzędzia
1.	Konceptualizacja obszaru badań: identyfikacja problemu badawczego, określenie celów, hipotez oraz luki badawczej.	Krytyczna analiza literatury naukowej dotyczącej zrównoważonego rozwoju oraz odnawialnych źródeł energii.
2.	Dobór zmiennych środowiskowych, gospodarczych i społecznych oraz opracowanie narzędzia badawczego.	Analiza dostępnych badań, krytyczna analiza literatury przedmiotu, konstrukcja autorskiego kwestionariusza ankiety.
3.	Dobór próby badawczej, określenie grup respondentów i metod doboru próby.	Statystyczne metody doboru próby, poziom ufności $\alpha=95\%$ , błąd $\beta=5\%$ , liczebność $n=355$ .
4.	Przeprowadzenie badania empirycznego.	Ankieta tradycyjna skierowana do przedstawicieli przedsiębiorstw z branży fotowoltaicznej z województwa pomorskiego.
5.	Analiza struktury próby, charakterystyka respondentów pod kątem ich zróżnicowania	Tabele przestawne, wykresy słupkowe i opis statystyczny.
6.	Pomiar i ocena czynników określających aspekty środowiskowe, gospodarczej i społeczne zrównoważonego rozwoju w województwie pomorskim	Statystyki opisowe, miary tendencji centralnej (średnia) i dyspersji (odchylenie standardowe).
7.	Budowa modelu czynnikowego oceny środowiskowych efektów wdrażania OZE.	Eksploracyjna analiza czynnikowa, analiza rzetelności skal pomiarowych.
8.	Ocena i analiza wpływu inwestycji w OZE na aspekty środowiskowe zrównoważonego rozwoju.	Analiza statystyk opisowych, rozkład zmiennych obserwowalnych
9.	Identyfikacja i ocena rzetelności modeli czynnikowych dla zmiennych środowiskowych.	Wskaźniki rzetelności ( $\alpha$ Cronbacha), test osypiska Cattella
10.	Budowa modelu czynnikowego oceny gospodarczych efektów wdrażania OZE.	Eksploracyjna analiza czynnikowa, analiza rzetelności skal pomiarowych.
11.	Ocena i analiza wpływu inwestycji w OZE na aspekty gospodarcze zrównoważonego rozwoju.	Analiza statystyk opisowych, rozkład zmiennych obserwowalnych
12.	Identyfikacja i ocena rzetelności modeli czynnikowych dla zmiennych gospodarczych.	Wskaźniki rzetelności ( $\alpha$ Cronbacha), test osypiska Cattella
13.	Budowa modelu czynnikowego oceny społecznych efektów wdrażania OZE.	Eksploracyjna analiza czynnikowa, analiza rzetelności skal pomiarowych.
14.	Ocena i analiza wpływu inwestycji w OZE na aspekty społeczne zrównoważonego rozwoju.	Analiza statystyk opisowych, rozkład zmiennych obserwowalnych

15.	Identyfikacja i ocena rzetelności modeli czynnikowych dla zmiennych społecznych.	Wskaźniki rzetelności ( $\alpha$ Cronbacha), test osypiska Cattella
16.	Wyciągnięcie wniosków i przedstawienie rekomendacji w kontekście dalszych badań.	Synteza wyników, interpretacja w odniesieniu do założeń teoretycznych i hipotez.

Źródło: Opracowanie własne

Przedstawiona w tabeli 6 procedura badawcza odzwierciedla uporządkowany, sekwencyjny charakter działań. Etapy od 1 do 4 obejmują fazę projektową, w ramach której dochodzi do konceptualizacji problemu badawczego, zdefiniowania celów, hipotez i luki badawczej, a następnie doboru zmiennych oraz skonstruowania narzędzia badawczego i próby. Na tym etapie kształtowana jest zarówno treść narzędzia pomiarowego, jak i struktura badanej populacji, co warunkuje adekwatność i reprezentatywność pozyskiwanych danych. Etapy 5 i 6 służą wstępnej charakterystyce próby oraz ocenie rozkładów zmiennych. Etapy od 7 do 15 odzwierciedlają właściwą część analityczno-modelową procedury. Budowa modeli czynnikowych osobno dla wymiaru środowiskowego, gospodarczego i społecznego oraz ich ocena z wykorzystaniem eksploracyjnej analizy czynnikowej i miar rzetelności pozwalają na wyodrębnienie latentnych struktur opisujących badane zjawiska i redukcję liczby zmiennych obserwowalnych. Równolegle prowadzone analizy statystyk opisowych dla poszczególnych grup zmiennych (etapy 8, 11, 14) umożliwiają ocenę skali i kierunku oddziaływania inwestycji w OZE w trzech wyróżnionych obszarach. Ostatni etap integruje wyniki wszystkich wcześniejszych faz, wraz z odniesieniem do przyjętych założeń teoretycznych i hipotez badawczych, sformułowania rekomendacji i wskazania dalszych kierunków badań.

#### 4.2. Problem i pytania badawcze

Określony przedmiot i zakres badań, a także zidentyfikowane w literaturze luki taksonomiczne, metodologiczne i empiryczne w obszarze analizy wpływu odnawialnych źródeł energii na zrównoważony rozwój przedsiębiorstw, prowadzą do konieczności precyzyjnego sformułowania problemu badawczego. Dotychczasowy dorobek nie dostarcza bowiem wystarczająco spójnych, empirycznie zweryfikowanych ujęć pozwalających określić, w sposób jednocześnie wielowymiarowy i mierzalny konsekwencje wykorzystywania OZE przez przedsiębiorstwa, z wyodrębnieniem aspektów środowiskowych, społecznych i gospodarczych.

Tym samym problem badawczy sprowadza się do sformułowania odpowiedzi na pytanie: Jaki jest związek pomiędzy zastosowaniem energii odnawialnej w przedsiębiorstwach a realizacją polityki zrównoważonego rozwoju?

Ze względu na złożoność określonego problemu badawczego konieczne jest jego zdekomponowanie do postaci pytań badawczych, które porządkują tok dalszych analiz i odzwierciedlają trójwymiarowy charakter przyjętej perspektywy badawczej. W związku z tym sformułowano następujące pytania badawcze:

P1: Które pozytywne zmiany w środowisku naturalnym przedsiębiorstwa wskazują jako rezultaty wdrażania odnawialnych źródeł energii?

P2: Czy wykorzystywanie OZE przyczynia się do poprawy jakości środowiska pracy w firmach?

P3: Jakie długoterminowe korzyści ekonomiczne przedsiębiorstwa osiągają dzięki wdrożeniu odnawialnych źródeł energii?

Tak zdefiniowany problem oraz wynikające z niego pytania badawcze wyznaczają ramy dalszych analiz teoretycznych i empirycznych, ukierunkowując zarówno dobór narzędzi badawczych, jak i sposób interpretacji uzyskanych wyników w odniesieniu do trójwymiarowej koncepcji zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw.

#### **4.3. Cele i hipotezy badawcze**

Zarysowane luki i zdefiniowany problem badawczy wyznaczają trajektorię celów pracy. Głównym celem rozprawy jest teoretyczne i empiryczne zbadanie konsekwencji zastosowania odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa w kontekście ochrony środowiska, oddziaływania na społeczeństwo oraz rozwoju gospodarczego. Cel ten ma charakter syntetyczny i przekrojowy: z jednej strony zmierza do pogłębienia oraz uporządkowania wiedzy na temat roli OZE w polityce zrównoważonego rozwoju, z drugiej do identyfikacji i pomiaru rzeczywistych efektów wdrożeń OZE w przedsiębiorstwach funkcjonujących w konkretnych uwarunkowaniach regionalnych.

Zrealizowanie tak sformułowanego celu wymaga podjęcia postępowania badawczego na płaszczyznach teoriopoznawczej, metodologicznej i empirycznej. Stąd też określono cele szczegółowe.

Na płaszczyźnie teoriopoznawczej celem jest usystematyzowanie wiedzy na temat znaczenia energii odnawialnej w polityce zrównoważonego rozwoju w przekroju

epistemologiczno-metodologicznym. Obejmuje to identyfikację i uporządkowanie kluczowych ujęć definicyjnych, koncepcji teoretycznych odnoszących się do zrównoważonego rozwoju oraz odnawialnych źródeł energii, a także wskazanie obszarów rozbieżności interpretacyjnych oraz luk badawczych w istniejącym dorobku. Przyjęty sposób pozwala ulokować problem badawczy w szerszym kontekście współczesnych debat nad transformacją energetyczną i zrównoważonym rozwojem przedsiębiorstw.

Na płaszczyźnie metodologicznej celem jest ustalenie procedury badawczej dla analizy wpływu zastosowania energii odnawialnej w przedsiębiorstwach na ochronę środowiska, społeczeństwo i gospodarkę w warunkach zrównoważonego rozwoju. W szczególności opracowanie spójnego układu zmiennych środowiskowych, społecznych i gospodarczych, dobór adekwatnych wskaźników i skali pomiaru, konstrukcję narzędzia badawczego oraz zaprojektowanie sposobu gromadzenia i analizy danych empirycznych. Celem tej części jest stworzenie metodycznego „pomostu” pomiędzy poziomem teorii a poziomem obserwacji empirycznej, umożliwiającego weryfikację przyjętych założeń w sposób zgodny z wymogami rzetelności i trafności badań.

Na płaszczyźnie empirycznej celem jest zidentyfikowanie istotnych statystycznie czynników związanych z zastosowaniem odnawialnych źródeł energii w przedsiębiorstwach i wpływających na ochronę środowiska, społeczeństwo i gospodarkę w kontekście polityki zrównoważonego rozwoju. Realizacja przyjętego celu szczegółowego obejmuje zarówno analizę rozkładów zmiennych obserwowalnych, jak i budowę czynnikowych modeli oceny wykorzystania OZE w trzech wyróżnionych aspektach: środowiskowym, społecznym i gospodarczym. Tym samym płaszczyzna empiryczna ma doprowadzić do uchwycenia ukrytej struktury zależności pomiędzy stosowaniem OZE a kluczowymi wymiarami funkcjonowania przedsiębiorstw, a następnie do oceny siły i kierunku tych zależności.

W świetle przyjętych celów badawczych, wynikających z analizy podstaw teoretycznych oraz zidentyfikowanej luki badawczej w literaturze przedmiotu, sformułowano hipotezę główną:

*Implementacja odnawialnych źródeł energii stanowi kluczowy element zrównoważonego rozwoju, przyczyniając się do wzrostu konkurencyjności, poprawy jakości życia*

*interesariuszy oraz ochrony środowiska, a także wspiera dążenie do harmonii między rozwojem gospodarczym, społeczną odpowiedzialnością i ochroną ekosystemów.*

Hipotezę główną zdekomponowano na następujące trzy hipotezy szczegółowe:

*H1: Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii wspiera ochronę środowiska, sprzyja racjonalnemu wykorzystaniu zasobów naturalnych i ogranicza negatywny wpływ działalności człowieka na otoczenie.*

*H2: Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa wspiera odpowiedzialne podejście do otoczenia, sprzyja tworzeniu lepszego środowiska pracy i pomaga budować większą świadomość ekologiczną.*

*H3. Stosowanie odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa korzystnie wpływa na ich pozycję konkurencyjną i wartość rynkową oraz wspiera ich rozwój i przynosi długoterminowe korzyści ekonomiczne.*

Hipoteza główna i hipotezy szczegółowe opierają się na założeniu, że integracja odnawialnych źródeł energii w działalności przedsiębiorstw oddziałuje równocześnie na każdy z wymiarów zrównoważonego rozwoju. Przyjmuje się zatem, że wdrożenia OZE generują mierzalne efekty środowiskowe, społeczne i gospodarcze, które mogą zostać uchwycone za pomocą odpowiednio skonstruowanych skal pomiarowych oraz poddane analizie z wykorzystaniem modeli czynnikowych. Badania mają na celu empiryczne potwierdzenie, iż OZE realnie wspierają realizację polityki zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw w trzech wymiarach jednocześnie.

#### **4.4. Metody, techniki i narzędzia badawcze**

W badaniu zastosowano metodę sondażu diagnostycznego, należącą do ilościowych metod badań społecznych, wykorzystywaną w naukach o zarządzaniu i jakości do identyfikacji opinii, postaw oraz ocen przedstawicieli badanych organizacji. Istotą sondażu diagnostycznego jest gromadzenie danych za pomocą standaryzowanego narzędzia badawczego: kwestionariusza ankiety, od odpowiednio dobranej grupy respondentów, a następnie ich analiza w celu rozpoznania struktury, zróżnicowania i uwarunkowań badanych zjawisk. Wspomniana metoda została wykorzystana do pozyskania ocen i percepcji przedstawicieli przedsiębiorstw w odniesieniu do środowiskowych, społecznych i gospodarczych konsekwencji wykorzystania odnawialnych źródeł energii.

Zastosowanie sondażu diagnostycznego jest szczególnie uzasadnione ze względu na charakter problematyki badawczej. Przedmiotem zainteresowania są w dużej mierze zmienne o charakterze subiektywnym: oceny efektów środowiskowych, społecznych i gospodarczych. Dane tego rodzaju nie są dostępne w źródłach wtórnych w formie bezpośrednio użytecznej do realizacji przyjętych celów badawczych, a ich wiarygodne pozyskanie wymaga odwołania się do deklaracji osób reprezentujących badane organizacje. Sondaż diagnostyczny, oparty na precyzyjnie skonstruowanym kwestionariuszu, pozwala na określenie ocen w sposób usystematyzowany i porównywalny, co jest niezbędnym warunkiem budowy modeli czynnikowych i prowadzenia analiz.

Kluczowym elementem przyjętej metody jest standaryzacja narzędzia badawczego. Kwestionariusz ankiety został skonstruowany w sposób zapewniający identyczny zestaw pytań, kolejność ich prezentacji, format odpowiedzi oraz skal pomiaru dla wszystkich respondentów. Przyjęty sposób ujęcia ogranicza wpływ czynników przypadkowych na uzyskiwane odpowiedzi i umożliwia bezpośrednie porównywanie wyników pomiędzy przedsiębiorstwami. Standaryzacja ma również znaczenie dla poprawności zastosowanych technik analitycznych, w szczególności dla eksploracyjnej analizy czynnikowej, wymagającej danych mierzalnych i porównywalnych w całej próbie badawczej.

Wybór metody sondażu diagnostycznego był także uzasadniony względami organizacyjnymi i ekonomicznymi. Relatywnie niskie koszty realizacji tej metody, w porównaniu z innymi podejściami empirycznymi, umożliwiły przeprowadzenie badania na licznej próbie przedsiębiorstw przy ograniczonym budżecie. Z perspektywy założonych analiz w tym budowy modeli czynnikowych i oceny rzetelności skal, odpowiednia liczebność próby jest warunkiem niezbędnym, co dodatkowo wzmacnia zasadność wyboru tej metody.

Istotnym atutem sondażu diagnostycznego jest także stosunkowo krótki czas realizacji przy zachowaniu wymaganych standardów metodologicznych. Pozyskanie danych w zbliżonym przedziale czasowym pozwala na zachowanie spójności czasowej badania, co ma szczególne znaczenie w kontekście dynamicznie zmieniających się uwarunkowań rynkowych i regulacyjnych w obszarze odnawialnych źródeł energii. Ograniczenie rozciągnięcia czasowego procesu gromadzenia danych zmniejsza ryzyko zniekształcenia

wyników przez czynniki zewnętrzne, które mogłyby wpływać na deklaracje respondentów.

Kolejną istotną przesłanką wyboru sondażu diagnostycznego była możliwość zapewnienia respondentom pełnej anonimowości. W przypadku pytań dotyczących oceny efektów inwestycji, a także subiektywnych ocen wrażliwych obszarów anonimowość sprzyja udzielaniu szczerych, mniej „poprawnych” wizerunkowo odpowiedzi. Minimalizuje to ryzyko wystąpienia efektu społecznej aprobaty i tzw. efektu ankietera, czyli sytuacji, w której respondenci modyfikują swoje odpowiedzi pod wpływem obecności osoby prowadzącej badanie lub wyobrażenia o oczekiwaniach badacza. W niniejszym badaniu ograniczenie kontaktu osobistego oraz zastosowanie ujednoliconych instrukcji wypełniania ankiety sprzyjało redukcji tego typu zniekształceń.

Metoda sondażu diagnostycznego okazała się także adekwatna ze względu na możliwość precyzyjnego dotarcia do grupy docelowej, którą stanowili przedstawiciele przedsiębiorstw wykorzystujących odnawialne źródła energii na obszarze województwa pomorskiego. Konstrukcja narzędzia oraz sposób dystrybucji ankiety zostały podporządkowane specyfice tej grupy, umożliwiały dotarcie do decydentów i osób posiadających wiedzę na temat inwestycji w OZE oraz ich konsekwencji dla funkcjonowania przedsiębiorstwa. Dzięki temu uzyskane dane odzwierciedlają oceny formułowane z perspektywy osób bezpośrednio zaangażowanych w procesy decyzyjne i operacyjne związane z wykorzystaniem energii odnawialnej.

Sondaż diagnostyczny sprzyja ograniczeniu błędów systematycznych. Standaryzacja pytań, jednoznaczne instrukcje, ograniczenie kontaktu respondenta z osobą realizującą badanie oraz dbałość o klarowność treści pytań zmniejszają ryzyko wprowadzania systematycznych zniekształceń do wyników.

Badanie zostało przeprowadzone w okresie od 01.08.2024 roku do 30.11.2024 roku. Przedmiotowa realizacja miała miejsce w lokalizacjach związanych z działalnością firm z sektora OZE, co zapewniło adekwatność zebranych danych do założonych celów badawczych.

Do realizacji badania empirycznego zastosowano autorski kwestionariusz ankietowy, zaprojektowany w celu kompleksowej oceny wpływu inwestycji w odnawialne źródła energii (OZE) na aspekty środowiskowe, gospodarcze i społeczne zrównoważonego

rozwoju. Kwestionariusz został podzielony na dwie zasadnicze części, uwzględniające zarówno metryczkę, jak i szczegółowe pytania dotyczące badanych zagadnień.

W części pierwszej, metryczkowej, dokonano charakterystyki badanej populacji przedsiębiorstw, przyjmując pięć kluczowych kryteriów opisowych, takich jak: wielkość przedsiębiorstwa, rodzaj działalności, lokalizacja, forma organizacyjno-prawna działalności, czy czas funkcjonowania na rynku. Kryteria te zostały dobrane z uwzględnieniem ich znaczenia dla oceny kontekstu regionalnego oraz ich potencjalnego wpływu na efektywność wdrażania OZE.

Część druga kwestionariusza została skonstruowana w oparciu o trzy grupy zmiennych: środowiskowe, gospodarcze i społeczne. Na podstawie zgromadzonych danych opracowano zestaw zmiennych każdego analizowanego wymiaru, które stanowią będą inherentną część empiryczną pracy. Przedmiotowe zmienne umożliwiają ocenę zarówno bezpośrednich, jak i pośrednich efektów wdrażania OZE. Przy ich opracowywaniu kierowano się wynikami dostępnych badań poddanych analizie w rozdziale 3 niniejszej pracy, z uwzględnieniem ich potencjalnej użyteczności w praktycznym zastosowaniu. W tabeli 7 przedstawiono zestawienie wspomnianych zmiennych środowiskowych, społecznych i gospodarczych.

**Tabela 7. Zmienne środowiskowe, gospodarcze i społeczne w zakresie wykorzystania odnawialnych źródeł energii**

L.P.	Nazwa wskaźnika	Opis wskaźnika
<b>Zmienne środowiskowe</b>		
1.	Redukcja emisji CO <sub>2</sub>	Zmniejszenie ilości dwutlenku węgla emitowanego do atmosfery dzięki OZE
2.	Zmniejszenie zużycia energii z nieodnawialnych źródeł	Zmiana proporcji energii wykorzystywanej z OZE w stosunku do energii konwencjonalnej
3.	Redukcja ilości odpadów	Ilość odpadów generowanych przez przedsiębiorstwo po wdrożeniu OZE
4.	Poprawa jakości powietrza	Spadek poziomu zanieczyszczeń powietrza (np. pyły, NO <sub>x</sub> )
5.	Zmniejszenie zanieczyszczenia wód	Redukcja substancji zanieczyszczających wody (np. oleje, chemikalia)
6.	Efektywne wykorzystanie wody	Ilość zużywanej wody w procesach produkcyjnych
7.	Zmniejszenie śladu węglowego	Całkowity ślad węglowy przedsiębiorstwa
8.	Oszczędność surowców naturalnych	Zmniejszenie zużycia surowców naturalnych dzięki OZE

9.	Zajmowana powierzchnia pod OZE	Powierzchnia gruntów wykorzystywanych pod instalacje OZE
10.	Redukcja hałasu	Poziom hałasu generowanego przez urządzenia OZE
11.	Efektywność energetyczna	Poprawa efektywności energetycznej procesów produkcyjnych
12.	Procent energii z OZE	Udział energii odnawialnej w całkowitym zużyciu energii
13.	Wzrost bioróżnorodności	Pozytywny wpływ na lokalną faunę i florę
14.	Liczba eko-innowacji	Wprowadzenie innowacji ekologicznych w działalności przedsiębiorstwa
15.	Jakość gleby	Poziom zanieczyszczenia gleby wokół zakładów
16.	Wpływ na ekosystemy	Wpływ działalności przedsiębiorstwa na lokalne ekosystemy
17.	Zasadzenia drzew	Liczba drzew posadzonych w ramach działań kompensacyjnych
18.	Redukcja materiałów opakowaniowych	Zmniejszenie ilości materiałów opakowaniowych
19.	Energia odzyskiwana	Procent energii odzyskiwanej i ponownie wykorzystywanej
20.	Emisja gazów cieplarnianych	Emisja gazów cieplarnianych na jednostkę produkcji
<b>Zmienne gospodarcze</b>		
1.	Koszt inwestycji w OZE	Wydatki poniesione na infrastrukturę OZE
2.	Koszt operacyjny OZE	Koszty eksploatacji i utrzymania instalacji OZE
3.	Oszczędności na rachunkach za energię	Zmniejszenie kosztów zakupu energii elektrycznej
4.	Zwrot z inwestycji	Okres, po którym inwestycja w OZE się zwraca
5.	Wpływ na cenę produktów	Wpływ oszczędności energetycznych na cenę końcową produktów
6.	Zwiększenie konkurencyjności	Poprawa pozycji rynkowej dzięki ekologicznemu wizerunkowi
7.	Wzrost wartości firmy	Zwiększenie wartości rynkowej firmy dzięki wdrożeniu OZE
8.	Dostęp do nowych rynków	Możliwość wejścia na nowe rynki dzięki spełnieniu ekologicznych wymagań
9.	Zwiększenie sprzedaży	Wzrost sprzedaży produktów dzięki ekologicznemu wizerunkowi
10.	Ulgi podatkowe i dotacje	Korzyści finansowe wynikające z ulg podatkowych i dotacji na OZE
11.	Zatrudnienie	Liczba nowych miejsc pracy związanych z obsługą OZE

12.	Koszty certyfikacji	Wydatki na certyfikaty ekologiczne
13.	Koszty szkolenia pracowników	Koszty związane z edukacją i szkoleniem pracowników w zakresie OZE
14.	Zmniejszenie ryzyka energetycznego	Redukcja ryzyka związanego z wahaniami cen energii
15.	Zwiększenie stabilności energetycznej	Zmniejszenie zależności od zewnętrznych dostawców energii
16.	Wpływ na bilans handlowy	Redukcja importu energii
17.	Zwiększenie innowacyjności	Wprowadzenie nowych technologii i procesów
18.	Zmniejszenie kosztów związanych z emisjami	Redukcja kosztów związanych z karami za emisje
19.	Redukcja kosztów operacyjnych	Ogólne zmniejszenie kosztów operacyjnych przedsiębiorstwa
20.	Poprawa relacji z inwestorami	Lepsze relacje z inwestorami dzięki działaniom proekologicznym
<b>Zmienne społeczne</b>		
1.	Poprawa wizerunku firmy	Wzrost prestiżu i pozytywnego odbioru społecznego
2.	Zadowolenie pracowników	Wzrost satysfakcji i zaangażowania pracowników
3.	Wzrost świadomości ekologicznej	Edukacja społeczności na temat korzyści z OZE
4.	Zdrowie i bezpieczeństwo pracowników	Poprawa warunków pracy i zmniejszenie ryzyka zdrowotnego
5.	Wpływ na lokalną społeczność	Korzyści dla lokalnej społeczności wynikające z wdrożenia OZE
6.	Kształcenie i szkolenia	Możliwości edukacyjne i szkoleniowe związane z OZE
7.	Wsparcie dla lokalnych inicjatyw ekologicznych	Udział w lokalnych projektach na rzecz ochrony środowiska
8.	Zaangażowanie społeczne	Wzrost aktywności firmy w działaniach społecznych
9.	Poprawa jakości życia	Zmniejszenie zanieczyszczenia i hałasu wokół zakładów
10.	Przejrzystość działań ekologicznych	Publiczne raportowanie działań proekologicznych
11.	Współpraca z NGO	Partnerstwa z organizacjami pozarządowymi na rzecz ochrony środowiska
12.	Zaufanie konsumentów	Wzrost zaufania klientów do firmy
13.	Edukacja ekologiczna	Programy edukacyjne dla pracowników i społeczności
14.	Dobrostan zwierząt	Ochrona lokalnej fauny i flory
15.	Działania CSR	Realizacja strategii społecznej odpowiedzialności biznesu
16.	Komunikacja ekologiczna	Skuteczna komunikacja działań proekologicznych
17.	Programy wolontariackie	Angażowanie pracowników w działania na rzecz ochrony środowiska
18.	Przystosowanie infrastruktury	Adaptacja zakładów do potrzeb społeczności lokalnej

19.	Zdrowie publiczne	Pozytywny wpływ na zdrowie publiczne poprzez redukcję zanieczyszczeń
20.	Relacje z interesariuszami	Budowanie pozytywnych relacji z kluczowymi interesariuszami

Źródło: Opracowanie własne

Każda z tych grup przedstawionych w tabeli 7 obejmowała wskaźniki odpowiednie do badanych aspektów:

1. zmiennych środowiskowych: wykorzystano 20 wskaźników opisujących takie zagadnienia jak redukcja emisji CO<sub>2</sub>, wpływ na jakość gleby czy różnorodność biologiczną. Pomiar oparto na siedmiostopniowej skali Likerta, umożliwiającej ocenę intensywności efektów środowiskowych.
2. zmiennych gospodarczych: uwzględniono 20 wskaźników związanych m.in. z kosztami operacyjnymi, oszczędnościami energetycznymi oraz dostępem do nowych rynków. Dane rejestrowano za pomocą siedmiostopniowej skali Likerta, co pozwoliło na dokładną ocenę wpływu OZE na wyniki finansowe przedsiębiorstw.
3. zmiennych społecznych: zastosowano 20 wskaźników dotyczących zadowolenia pracowników, wzrostu świadomości ekologicznej oraz korzyści dla lokalnych społeczności. Podobnie jak w pozostałych grupach, oceny dokonywano na siedmiostopniowej skali Likerta.

Do obliczeń i analizy wyników zastosowano oprogramowanie Statistica, które umożliwiło precyzyjne wyznaczenie poziomu istotności p. Interpretacja tej wartości polegała na ocenie prawdopodobieństwa otrzymania obserwowanych wyników przy założeniu prawdziwości hipotezy zerowej. Wartości p większe niż  $\alpha$  wskazywały na brak istotności statystycznej, co pozwalało na zachowanie hipotezy zerowej.

W celu zbadania zależności pomiędzy zmiennymi obserwowalnymi oraz wyodrębnienia ich ukrytej struktury zastosowano eksploracyjną analizę czynnikową. Jest to wielowymiarowa metoda statystyczna służąca redukcji wymiarów i identyfikacji latentnych konstruktów, które organizują współzależność szeregu wskaźników empirycznych. W przyjętym podejściu zakłada się, że obserwowane odpowiedzi respondentów na poszczególne pozycje kwestionariusza nie są niezależnym zbiorem odrębnych cech, lecz przejawem działania mniejszej liczby wspólnych wymiarów, czynników, odzwierciedlających środowiskowy, społeczny i gospodarczy wymiar

zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw. Eksploracyjna analiza czynnikowa została dobrana jako narzędzie adekwatne do charakteru problemu badawczego oraz etapu zaawansowania wiedzy w danym obszarze. Chociaż na gruncie teorii możliwe jest wyróżnienie ogólnych kategorii odnoszących się do wpływu odnawialnych źródeł energii na środowisko, społeczeństwo i gospodarkę, to ich szczegółowa struktura oraz układ zależności między poszczególnymi zmiennymi nie są jednoznacznie ustalone. Zastosowana metoda umożliwia określenie tejże struktury z danych empirycznych, bez narzucania z góry sztywnego modelu teoretycznego. Podstawą eksploracyjnej analizy czynnikowej jest założenie, że wariancję każdej zmiennej obserwowalnej można rozłożyć na część wspólną oraz część swoistą. Zmienne o zbliżonej wariancji i wysokich współczynnikach korelacji są zatem silnie powiązane z tą samą wartością ukrytą, reprezentowaną przez określony czynnik. Pozwala to na redukcję dużej liczby pozycji kwestionariusza do mniejszej liczby syntetycznych wymiarów, przy jednoczesnym zachowaniu istotnej informacji o badanych zjawiskach. Jest to szczególnie ważne w dalszych etapach analiz, gdzie nadmierna liczba silnie skorelowanych zmiennych mogłaby prowadzić do problemów interpretacyjnych<sup>390</sup>.

Kluczowym krokiem w badaniu była decyzja dotycząca liczby czynników, które należy pozostawić w modelu. W tym celu wykorzystano test osypiska Cattella<sup>391</sup>. Metoda ta polega na analizie wykresu wartości własnych kolejnych czynników, uporządkowanych malejąco. W praktyce, na osi poziomej odkłada się numer czynnika, a na osi pionowej, odpowiadającą mu wartość własną. Początkowe czynniki zazwyczaj charakteryzują się wysokimi wartościami własnymi, co oznacza, że wyjaśniają znaczną część wariancji wspólnej. W miarę dodawania kolejnych czynników przyrost wyjaśnianej wariancji maleje, a wykres zaczyna się stopniowo wypłaszczać. Test osypiska Cattella polega na identyfikacji punktu, w którym krzywa wykresu zmienia swój przebieg z gwałtownie opadającego na zbliżony do liniowego, tworząc charakterystyczne „załamanie”. Odcinek wykresu po tym załamaniu, w którym wartości własne kolejnych czynników układają się niemal poziomo, określa się mianem „osypiska czynnikowego”.

---

<sup>390</sup> A. B. Costello, J. Osborne, *Best Practices in Exploratory Factor Analysis: Four Recommendations for Getting the Most from Your Analysis, Practical Assessment, Research, and Evaluation*, Vol. 10, No. 7, 2019, p. 1-8.

M. W. Watkins, *Exploratory Factor Analysis: A Guide to Best Practice*, *Journal of Black Psychology*, Vol. 44, Issue 3, 2018, p. 219-246.

<sup>391</sup> R. B. Cattell, *The scree test for the number of factors*, *Multivariate Behavioral Research*, Vol. 1, Issue 2, 1966, p. 245-276.

Przyjmuje się, że czynniki znajdujące się po tej stronie wykresu wyjaśniają już jedynie marginalną część dodatkowej wariancji i mają ograniczoną wartość interpretacyjną. Stąd też do ostatecznego modelu zachowuje się zazwyczaj te czynniki, które znajdują się przed punktem załamania krzywej, gdyż są one odpowiedzialne za zasadniczą część struktury współzmienności między wskaźnikami. Pojęcie „osypiska” odwołuje się do terminologii geologicznej, gdzie opisuje się w ten sposób nagromadzony u podnóża stromego zbocza materiał skalny. Analogicznie w analizie czynnikowej pierwsze czynniki tworzą niejako „urwisko”, gwałtownie opadającą część wykresu, natomiast kolejne, o małych wartościach własnych, układają się w formie „rumowiska” o niewielkim znaczeniu dla dalszej interpretacji. Zastosowanie testu osypiska Cattella pozwoliło na obiektywizację decyzji o liczbie czynników, ograniczając ryzyko arbitralności i zapewniając równowagę między stopniem uproszczenia modelu a poziomem wyjaśnianej wariancji<sup>392</sup>.

Rzetelność, czyli spójność wewnątrzna skal pomiarowych, została następnie oceniona z wykorzystaniem modułu „Analiza rzetelności i pozycji” w oprogramowaniu Statistica, zgodnie z wytycznymi zawartymi w literaturze przedmiotu. Ocena ta została przeprowadzona odrębnie dla skal odpowiadających trzem wyróżnionym obszarom oddziaływania odnawialnych źródeł energii: środowiskowemu, społecznemu i gospodarczemu. Rzetelność skali oznacza w tym kontekście stopień, w jakim dany zestaw pozycji w sposób stabilny i niesprzeczny mierzy zakładane zjawisko, minimalizując wpływ błędu pomiarowego. Im wyższa rzetelność, tym większa pewność, że obserwowane zróżnicowanie odpowiedzi respondentów wynika z rzeczywistych różnic w badanej cesze, a nie z przypadkowych zakłóceń.

Jednym z najczęściej stosowanych narzędzi oceny rzetelności w badaniach ilościowych jest współczynnik  $\alpha$ -Cronbacha, który przyjmuje wartości w przedziale od 0 do 1. Wysoka wartość tego współczynnika świadczy o dużej spójności wewnętrznej pozycji skali, oznacza, że poszczególne twierdzenia są ze sobą skorelowane i odwołują się do tego samego wymiaru teoretycznego. W literaturze przedmiotu przyjmuje się, że w badaniach o charakterze eksploracyjnym wartości  $\alpha$  powyżej 0,6 można uznać

---

<sup>392</sup> J. C. Watson, *Establishing Evidence for Internal Structure Using Exploratory Factor Analysis*, Measurement and Evaluation in Counseling and Development, Vol. 50, Issue 4, 2017, p. 232-238.  
A. B. Wolak-Tuzimek, J. Duda, *The Concept of Corporate Social Responsibility as a Source of an Enterprise's Competitive Advantage*, [in:] S. I. Bukowski, A. Hyz, M. B. Lament (ed.) *Competitiveness and Economic Development in Europe*, Routledge, 2021, p. 312-320.

za akceptowalne, natomiast wartości przekraczające 0,7-0,8 świadczą o dobrej lub bardzo dobrej rzetelności narzędzia pomiarowego. Niższe wartości sygnalizują konieczność weryfikacji struktury skali, w szczególności oceny przydatności poszczególnych pozycji<sup>393</sup>.

Współczynnik  $\alpha$ -Cronbacha obliczany jest według wzoru:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \times \left( 1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_{tot}^2} \right)$$

gdzie:

- $\alpha$  - współczynnik  $\alpha$ -Cronbacha,
- $k$  - liczba pozycji skali,
- $\sigma_i^2$  - wariancja  $i$ -tej pozycji skali,
- $\sigma_{tot}^2$  - całkowita wariancja skali,
- $i$  - numer pozycji.

Z powyższego wzoru wynika, że współczynnik  $\alpha$  jest tym wyższy, im większa część całkowitej wariancji skali ma charakter wspólny, a tym samym im mniejszy jest udział wariancji swoistych poszczególnych pozycji. Innymi słowy, gdy pozycje są silnie skorelowane z sumą skali, a ich wariancje indywidualne są relatywnie niewielkie w stosunku do wariancji łącznej, skala cechuje się wysoką spójnością wewnętrzną.

W praktyce badawczej analiza rzetelności z wykorzystaniem  $\alpha$ -Cronbacha nie ogranicza się wyłącznie do odczytania wartości globalnej współczynnika dla danej skali. Moduł „Analiza rzetelności i pozycji” w programie Statistica umożliwia również ocenę wkładu poszczególnych pozycji w ogólną rzetelność narzędzia, m.in. poprzez:

- analizę wartości „ $\alpha$  po usunięciu pozycji”,
- korelacje pozycji z wynikiem ogólnym skali,
- statystyki opisowe poszczególnych pozycji.

Pozwala to na identyfikację twierdzeń, które osłabiają spójność skali, ich usunięcie lub modyfikacja może prowadzić do wzrostu wartości  $\alpha$ . W niniejszym badaniu umożliwiło to weryfikację, czy zbudowane skale środowiskowa, społeczna i gospodarcza

---

<sup>393</sup> M. Amirudin, K. Nasution, S. Supahar, *Effect of Variability on Cronbach Alpha Reliability in Research Practice*, Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi, Vol. 17, No. 2, 2021, p. 223-230.  
I. Kennedy, *Sample Size Determination in Test-Retest and Cronbach Alpha Reliability Estimates*, British Journal of Contemporary Education, Vol. 2, Issue 1, 2022, p. 17-29.

mają charakter jednowymiarowy z perspektywy spójności wewnętrznej oraz czy poszczególne pozycje w sposób konsekwentny odzwierciedlają założone konstrukty teoretyczne.

#### **4.5. Dobór i charakterystyka próby badawczej**

Próba badawcza została dobrana w sposób celowy, koncentrując się na przedsiębiorstwach związanych z sektorem OZE w województwie pomorskim. Celowość doboru była uzasadniona potrzebą uzyskania danych specyficznych dla tej grupy, umożliwiających ocenę ich roli w realizacji założeń polityki zrównoważonego rozwoju w regionie. Populację stanowiło 4666 przedsiębiorstw zlokalizowanych w województwie pomorskim, które na dzień 31.07.2024 r. posiadały w rejestrze REGON co najmniej jeden z kodów PKD powiązanych z wytwarzaniem, dostawą, instalacją lub zagospodarowaniem energii odnawialnej: 20.59.Z, 28.11.Z, 28.21.Z, 35.11.Z, 38.21.Z, 43.22.Z<sup>394</sup>. Spośród populacji badaniem objęto 373 przedsiębiorstwa, co zapewniało wielkość próby wystarczającą do przeprowadzenia analiz statystycznych przy poziomie ufności  $\alpha = 95\%$  oraz zakładanym błędzie  $\beta = 5\%$ . Ostatecznie, po weryfikacji poprawności wypełnienia kwestionariuszy, analizie poddano dane z 355 poprawnie uzupełnionych ankiet<sup>395</sup>.

Badanie zostało przeprowadzone w okresie 01.08.2024 - 30.11.2024 r. wśród menedżerów przedsiębiorstw funkcjonujących w branży OZE. Celem badania było zidentyfikowanie czynników związanych z zastosowaniem OZE w przedsiębiorstwach oraz ich wpływu na środowisko naturalne, społeczeństwo i gospodarkę w kontekście realizacji założeń polityki zrównoważonego rozwoju. Badanie zostało przeprowadzone w przedsiębiorstwach zróżnicowanych pod względem wielkości, rodzaju działalności, formy organizacyjno- prawnej oraz czasu funkcjonowania. Takie szerokie zróżnicowanie respondentów pozwoliło na uzyskanie wielowymiarowego obrazu przedsiębiorstw.

Pierwszym kryterium metryczkowym była wielkość przedsiębiorstwa. Rozkład tej zmiennej zaprezentowano w tabeli 8.

---

<sup>394</sup> Informacje na temat sektora Odnawialnych Źródeł Energii (OZE) oraz branżach zidentyfikowanych jako branże o największym potencjale rozwojowym i/lub branżach strategicznych dla danego regionu (w ramach smart specialisation), Wykaz PKD dla Smart Specialisation i OZE, <https://www.projektgamma.pl/wp-content/uploads/pdf/Wykaz-PKD-dla-Smart-Specialisation-i-OZE.pdf> [dostęp: 31.07.2024]

<sup>395</sup> Kalkulator doboru próby, <https://www.naukowiec.org/dobor.html> [dostęp: 31.07.2024]

**Tabela 8. Struktura próby ze względu na wielkość przedsiębiorstwa**

L.P.	Wielkość przedsiębiorstwa	Liczba	Odsetek
1.	Mikroprzedsiębiorstwo	145	40,85%
2.	Małe przedsiębiorstwo	125	35,21%
3.	Średnie przedsiębiorstwo	62	17,46%
4.	Duże przedsiębiorstwo	23	6,48%

Źródło: Opracowanie własne.

Największą grupę stanowiły mikroprzedsiębiorstwa (40,85%), co wskazuje na dominację mniejszych podmiotów, gdzie działalność często koncentruje się na lokalnych instalacjach i usługach montażowych. Małe przedsiębiorstwa stanowiły 35,21% próby, co świadczy o ich istotnej roli w regionalnym rynku OZE. Średnie i duże przedsiębiorstwa miały mniejszy udział w próbie, odpowiednio 17,46% i 6,48%. Wynika to z faktu, że większe firmy nierzadko działają w ramach bardziej złożonych projektów i mogą być mniej licznie reprezentowane na poziomie regionalnym.

Drugim kryterium metryczkowym był rodzaj działalności przedsiębiorstwa. Struktura próby w tym zakresie została przedstawiona w tabeli 9.

**Tabela 9. Struktura próby ze względu na rodzaj działalności**

L.P.	Rodzaj działalności	Liczba	Odsetek
1.	Produkcyjna	101	28,45%
2.	Usługowa	197	55,49%
3.	Handlowa	57	16,06%

Źródło: Opracowanie własne.

Dominowały przedsiębiorstwa usługowe (55,49%), które zajmują się projektowaniem, montażem oraz serwisowaniem instalacji fotowoltaicznych. Firmy produkcyjne stanowiły 28,45% badanych, co może obejmować producentów komponentów systemów OZE. Podmioty handlowe reprezentowały 16,06% próby, co wskazuje na ich udział w dystrybucji rozwiązań OZE, które są kluczowe dla rozwoju tej branży.

Trzecim kryterium metryczkowym była lokalizacja przedsiębiorstwa. Tabela 10 prezentuje szczegóły w tym zakresie.

**Tabela 10. Struktura próby ze względu na lokalizację przedsiębiorstwa**

L.P.	Lokalizacja przedsiębiorstwa	Liczba	Odsetek
1.	Obszar wiejski	29	8,17%
2.	Miasto poniżej 100 tys. mieszkańców	118	33,24%

3.	Miasto 100-500 tys. mieszkańców	154	43,38%
4.	Miasto powyżej 500 tys. mieszkańców	54	15,21%

Źródło: Opracowanie własne.

Największą grupę stanowiły firmy zlokalizowane w miastach średniej wielkości (100- 500 tys. mieszkańców), takich jak Słupsk czy Gdynia, które reprezentowały 43,38% próby. Miasta poniżej 100 tys. mieszkańców stanowiły 33,24%, co odzwierciedla rozwój sektora na terenach mniej zurbanizowanych, gdzie istnieje duże zapotrzebowanie na lokalne instalacje. Firmy zlokalizowane w dużych miastach (powyżej 500 tys. mieszkańców) stanowiły 15,21% próby, natomiast przedsiębiorstwa z obszarów wiejskich - 8,17%. Taki rozkład wskazuje na rozwój instalacji OZE zarówno na obszarach wiejskich, jak i w silnie zurbanizowanych regionach, co odzwierciedla zróżnicowanie w województwie pomorskim.

Czwartym kryterium metryczkowym była forma organizacyjno-prawna przedsiębiorstwa. Szczegółowy rozkład przedstawiono w tabeli 11.

**Tabela 11. Struktura próby ze względu na formę organizacyjno-prawną przedsiębiorstwa**

L.P.	Forma organizacyjno-prawna działalności	Liczba	Odsetek
1.	Jednoosobowa działalność gospodarcza	157	44,23%
2.	Spółka cywilna	41	11,55%
3.	Spółka jawna	29	8,17%
4.	Spółka partnerska	12	3,38%
5.	Spółka z o.o.	114	32,11%
6.	Spółka akcyjna	2	0,56%

Źródło: Opracowanie własne.

Najczęściej występującą formą prawną były jednoosobowe działalności gospodarcze (44,23%), które dominują w regionalnym rynku ze względu na elastyczność i niskie koszty prowadzenia działalności. Spółki z ograniczoną odpowiedzialnością stanowiły 32,11% próby, co może sugerować ich zaangażowanie w większe projekty infrastrukturalne. Spółki cywilne oraz jawne były mniej licznie reprezentowane, odpowiednio 11,55% i 8,17%, co jest zgodne z ich ograniczonym potencjałem operacyjnym w sektorze technologii OZE.

Piątym kryterium metryczkowym był czas funkcjonowania przedsiębiorstwa na rynku. Szczegółowy rozkład przedstawiono w tabeli 12.

**Tabela 12. Struktura próby ze względu na czas funkcjonowania przedsiębiorstwa na rynku.**

L.P.	Czas funkcjonowania przedsiębiorstwa na rynku	Liczba	Odsetek
1.	poniżej 2 lat	16	4,51%
2.	2-5 lat	66	18,59%
3.	6-10 lat	105	29,58%
4.	powyżej 10 lat	168	47,32%

Źródło: Opracowanie własne.

Największy udział miały firmy działające na rynku powyżej 10 lat (47,32%), co wskazuje na ich ugruntowaną pozycję w branży oraz doświadczenie w realizacji projektów OZE. Przedsiębiorstwa funkcjonujące od 6 do 10 lat stanowiły 29,58%, co sugeruje dynamiczny rozwój branży w ostatniej dekadzie. Firmy działające na rynku 2-5 lat reprezentowały 18,59%, natomiast przedsiębiorstwa z doświadczeniem krótszym niż 2 lata stanowiły 4,51%, co może wynikać z trudności w wejściu na rynek i wysokich kosztów początkowych.



## **Rozdział V. Wpływ odnawialnych źródeł energii na zrównoważony rozwój przedsiębiorstw województwa pomorskiego - wyniki badań własnych**

### **5.1. Wpływ odnawialnych źródeł energii na działania przedsiębiorstw w aspekcie środowiskowym**

#### **5.1.1. Rozkład zmiennych obserwowalnych**

Kluczowym etapem realizacji procedury badawczej było przeprowadzenie szczegółowej analizy zmiennych obserwowalnych, których charakterystyka pozwalała na zidentyfikowanie istotnych statystycznie czynników związanych z zastosowaniem odnawialnych źródeł energii w przedsiębiorstwach, porządkowanie oraz interpretację danych empirycznych umożliwiającą ocenę wpływu wykorzystania OZE w przedsiębiorstwach na ochronę środowiska.

W celu zapewnienia precyzji przeprowadzanej analizy, dokonano zestawienia statystyk opisowych dla zmiennych obserwowalnych, które odzwierciedlają istotne parametry środowiskowe w kontekście zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw. Wyniki tych analiz zostały przedstawione w formie tabelarycznej, co umożliwia ich przejrzystą interpretację oraz porównanie poszczególnych wskaźników. Uwzględniono przy tym miary tendencji centralnej oraz dyspersji, umożliwiając przeprowadzenie charakterystyki zmienności badanych parametrów w ramach przyjętej metodyki badań.

**Tabela 13. Statystyki opisowe zmiennych obserwowalnych z zakresu aspektów środowiskowych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw województwa pomorskiego**

<b>Numer zmiennej</b>	<b>Zmienne obserwowalne</b>	<b>Średnia</b>	<b>Odchylenie standardowe</b>	<b>Współczynnik zmienności</b>
1.	Redukcja ilości odpadów	4,74	1,61	0,34
2.	Wzrost bioróżnorodności	5,06	1,62	0,32
3.	Poprawa jakości powietrza	4,98	1,63	0,33
4.	Wpływ na ekosystemy	5,50	1,64	0,30
5.	Zajmowana powierzchnia pod OZE	4,98	1,64	0,33
6.	Jakość gleby	5,14	1,66	0,32
7.	Redukcja emisji CO <sub>2</sub>	4,41	1,66	0,38
8.	Zasadzenia drzew	4,90	1,65	0,34

9.	Zmniejszenie zużycia energii z nieodnawialnych źródeł	3,78	1,66	0,44
10.	Zmniejszenie śladu węglowego	4,29	1,61	0,38
11.	Liczba eko-innowacji	4,91	1,61	0,33
12.	Redukcja materiałów opakowaniowych	5,03	1,63	0,32
13.	Efektywność energetyczna	4,29	1,65	0,38
14.	Energia odzyskiwana	4,87	1,62	0,33
15.	Zmniejszenie zanieczyszczenia wód	5,30	1,65	0,31
16.	Oszczędność surowców naturalnych	5,20	1,67	0,32
17.	Efektywne wykorzystanie wody	5,10	1,69	0,33
18.	Procent energii z OZE	4,30	1,68	0,39
19.	Emisja gazów cieplarnianych	4,65	1,55	0,33
20.	Redukcja hałasu	5,38	1,40	0,26

Źródło: Opracowanie własne

Wyniki analizy średnich wartości zmiennych obserwowalnych wskazują na istotne różnicowanie w zakresie ocen poszczególnych aspektów środowiskowych związanych z wdrażaniem odnawialnych źródeł energii. Wartości średnie dla analizowanych zmiennych kształtują się w przedziale  $\langle 3,78; 5,50 \rangle$ , co wskazuje na relatywnie szeroki zakres ocen. Najwyższe wartości średnie uzyskano dla zmiennej nr 4 „*Wpływ na ekosystemy*” (5,50), zmiennej nr 20 „*Redukcja hałasu*” (5,38) oraz zmiennej nr 15 „*Zmniejszenie zanieczyszczenia wód*” (5,30). Wyniki te wskazują, że badane aspekty uzyskały najwyższe oceny spośród wszystkich zmiennych, co oznacza ich najwyższą pozycję w hierarchii ocenianych wskaźników środowiskowych.

W przedziale  $\langle 5,00; 5,20 \rangle$  znalazły się zmienne dotyczące gospodarowania zasobami naturalnymi i efektywności wykorzystania surowców. Średnia wartość zmiennej nr 16 „*Oszczędność surowców naturalnych*” wyniosła 5,20, natomiast zmienna nr 17 „*Efektywne wykorzystanie wody*” uzyskała wynik 5,10. Zmienna nr 6 „*Jakość gleby*” uzyskała średnią ocenę 5,14, a zmienna nr 12 „*Redukcja materiałów opakowaniowych*” osiągnęła wartość 5,03. Wartości te wskazują na wysokie oceny w zakresie optymalizacji

zużycia zasobów, przy jednoczesnej ich niższej pozycji w stosunku do wskaźników związanych z ochroną ekosystemów oraz redukcją hałasu i zanieczyszczeń wód.

Wartości średnie mieszczące się w przedziale  $<4,50;5,00>$  uzyskały zmienne odnoszące się do innowacyjnych rozwiązań ekologicznych oraz ograniczania odpadów. Zmienna nr 11 „*Liczba eko-innowacji*” uzyskała wartość 4,91, natomiast zmienna nr 8 „*Zasadzenia drzew*” osiągnęła wynik 4,90. Podobne wartości uzyskały również zmienne dotyczące emisji i odzyskiwania energii, w tym zmienna nr 14 „*Energia odzyskiwana*” (4,87) oraz zmienna nr 1 „*Redukcja ilości odpadów*” (4,74). Wskaźniki te uzyskały oceny niższe niż zmienne związane z ochroną ekosystemów czy oszczędnością surowców, lecz pozostają na względnie wysokim poziomie.

Najniższe wartości średnich odnotowano w przypadku zmiennych związanych z efektywnością energetyczną oraz ograniczeniem zużycia energii z nieodnawialnych źródeł. Wskaźnik nr 9 „*Zmniejszenie zużycia energii z nieodnawialnych źródeł*” uzyskał najniższą wartość spośród wszystkich analizowanych zmiennych, wynoszącą 3,78. Kolejno niskie wartości uzyskały zmienne nr 10 „*Zmniejszenie śladu węglowego*” oraz nr 13 „*Efektywność energetyczna*”, których wartości były identyczne i wyniosły 4,29. Nieco wyższą ocenę uzyskała zmienna nr 18 „*Procent energii z OZE*” (4,30), jednak nadal pozostaje w grupie zmiennych o najniższych wartościach średnich.

Rozkład uzyskanych wyników wskazuje na wyraźną hierarchię ocenianych zmiennych, gdzie wartości najwyższe uzyskały wskaźniki związane z ochroną ekosystemów, redukcją hałasu oraz poprawą jakości wód, natomiast najniżej ocenione zostały aspekty związane z redukcją emisji, efektywnością energetyczną oraz ograniczeniem zużycia energii z nieodnawialnych źródeł.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wartości odchylenia standardowego dla zmiennych obserwowalnych związanych z aspektami środowiskowymi zrównoważonego rozwoju województwa pomorskiego stwierdzono, że wartości te mieszczą się w przedziale  $<1,40;1,69>$ . Oznacza to, że poziom zmienności ocen poszczególnych wskaźników jest zróżnicowany, a zakres rozproszenia wyników może mieć istotne implikacje dla interpretacji percepcji poszczególnych aspektów środowiskowych. Średnia wartość odchylenia standardowego wynosi 1,63, co wskazuje na umiarkowany poziom dyspersji ocen w obrębie badanych zmiennych.

Najmniejsze zróżnicowanie odpowiedzi odnotowano dla zmiennej „Redukcja hałasu”, dla której wartość odchylenia standardowego wyniosła 1,40, co sugeruje wysoką stabilność ocen oraz dużą zgodność respondentów co do istotności tego wskaźnika. Warto podkreślić, że zmienna ta jednocześnie uzyskiwała jedną z najwyższych średnich ocen (5,38), co wskazuje na tendencję, zgodnie z którą zmienne oceniane wysoko charakteryzują się mniejszą zmiennością wyników. Z kolei najwyższą wartość odchylenia standardowego odnotowano dla zmiennej „Efektywne wykorzystanie wody” (1,69), co sugeruje wysoką rozbieżność opinii respondentów w zakresie wspomnianego aspektu środowiskowego.

Ze względu na fakt, że dla kilku zmiennych wartości odchylenia standardowego były identyczne, w celu dokładniejszej interpretacji wyników przeprowadzono dodatkową analizę opartą na współczynniku zmienności. Stosowanie przedmiotowej miary jest uzasadnione w sytuacjach, gdy wartości odchylenia standardowego nie pozwalają na kompleksowe porównanie stopnia zmienności różnych zmiennych. Współczynnik zmienności, stanowiący iloraz odchylenia standardowego i średniej, umożliwia określenie względnej dyspersji wyników, dzięki czemu możliwe jest uchwycenie stopnia zróżnicowania ocen w stosunku do poziomu wartości średnich<sup>396</sup>.

Wartość współczynnika zmienności dostarcza istotnych informacji w przypadkach, gdy analizowane zmienne wykazują zbliżone wartości odchylenia standardowego, jednak różnią się znacząco pod względem poziomu ocen średnich. We wspomnianych przypadkach klasyczna analiza odchylenia standardowego może prowadzić do niepełnej interpretacji danych, a zastosowanie współczynnika zmienności pozwala na precyzyjniejsze uchwycenie stopnia niestabilności ocen<sup>397</sup>. Przy wskazanej metodzie można również zaobserwować potencjalne zależności pomiędzy poziomem oceny danej zmiennej a jej rozproszeniem - jak pokazuje przeprowadzona analiza, w wielu przypadkach zmienne oceniane wyżej charakteryzują się mniejszym poziomem zmienności, natomiast te oceniane niżej cechuje większa dyspersja wyników. Uwzględniając powyższe zasadnym jest uzupełnienie klasycznej analizy odchylenia

---

<sup>396</sup> J. B. E. Steenkamp, A. Maydeu-Olivares, *Unrestricted factor analysis: A powerful alternative to confirmatory factor analysis*, Journal of the Academy of Marketing Science, Vol. 51, 2023, p. 87-109.

<sup>397</sup> K. F. Widaman, J. L. Helm, *Exploratory factor analysis and confirmatory factor analysis*, [in:] H. Cooper, M. N. Coutanche, L. M. McMullen, A. T. Panter, D. Rindskopf, K. J. Sher (ed.), *APA handbook of research methods in psychology: Data analysis and research publication*, American Psychological Association, 2023, p. 379-410.

standardowego przy zastosowaniu analizy współczynnika zmienności, doprowadzającym tym samym do całościowej interpretacji struktury ocen zmiennych obserwowalnych w kontekście środowiskowego wymiaru zrównoważonego rozwoju. Zastosowanie obu miar w badaniu umożliwia precyzyjną identyfikację tych aspektów środowiskowych, które są oceniane w sposób spójny, oraz tych, dla których występują istotne rozbieżności w percepcji respondentów, dostarczając tym samym pełniejszego obrazu zróżnicowania ocen w analizowanej próbie.

Analiza wartości współczynnika zmienności dla zmiennych obserwowalnych odnoszących się do aspektów środowiskowych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw wykazała istotne różnice w zakresie stopnia względnej dyspersji ocen. Wartości współczynnika zmienności kształtowały się w przedziale  $\langle 0,26; 0,44 \rangle$ , co wskazuje na znaczące zróżnicowanie stabilności percepcji poszczególnych aspektów środowiskowych. Średnia wartość współczynnika zmienności dla wszystkich wskaźników wyniosła 0,34, co świadczy o umiarkowanym poziomie zmienności ocen w stosunku do wartości średnich.

Najmniejszą wartość współczynnika zmienności odnotowano dla zmiennej „*Redukcja hałasu*” (0,26), co wskazuje na najwyższą spójność ocen wśród respondentów. Wynik ten potwierdza wcześniejsze ustalenia dotyczące relatywnie niskiej wartości odchylenia standardowego wspomnianej zmiennej (1,40), co sugeruje, że w percepcji omawianego aspektu nie występują istotne różnice pomiędzy badanymi osobami. Niski poziom współczynnika zmienności w tym przypadku oznacza, że wspomniana zmienna jest oceniana w sposób jednolity, a jej postrzeganie jest stabilne w całej próbie badawczej.

Z kolei najwyższą wartość współczynnika zmienności odnotowano dla zmiennej „*Zmniejszenie zużycia energii z nieodnawialnych źródeł*” (0,44), co wskazuje na najwyższy stopień względnego zróżnicowania ocen. Zmienna ta jednocześnie uzyskała najniższą wartość średnią (3,78), co sugeruje, że jej ocena była nie tylko niska, ale także mocno zróżnicowana wśród respondentów.

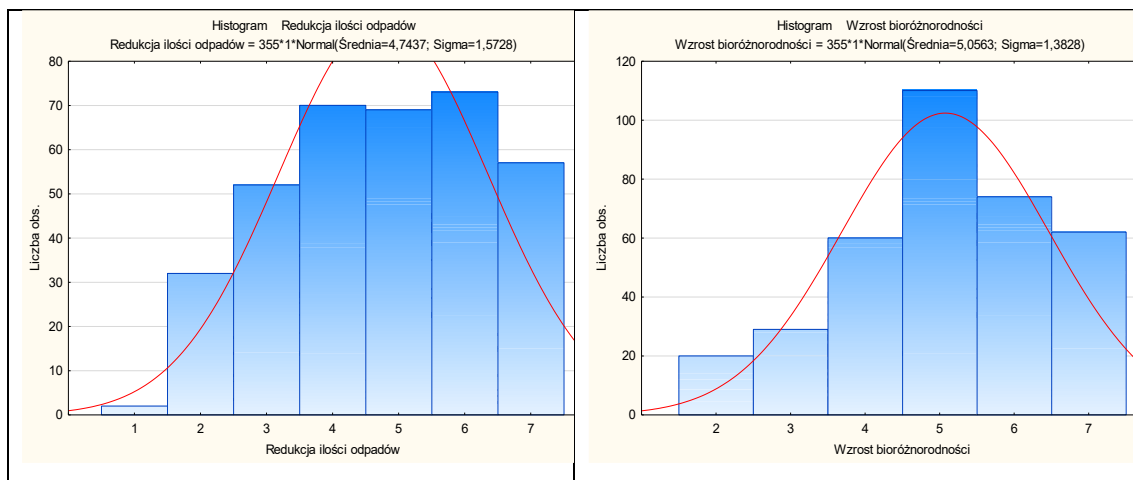
Wartość współczynnika zmienności przekraczającą wartość 0,38 zaobserwowano również w przypadku zmiennych „*Efektywność energetyczna*” (0,38), „*Zmniejszenie śladu węglowego*” (0,38) oraz „*Procent energii z OZE*” (0,39), co sugeruje wysoki stopień dyspersji ocen. Podobnie jak w przypadku zmiennej „*Zmniejszenie zużycia energii z nieodnawialnych źródeł*”, zmienne te charakteryzują się jednocześnie jednymi

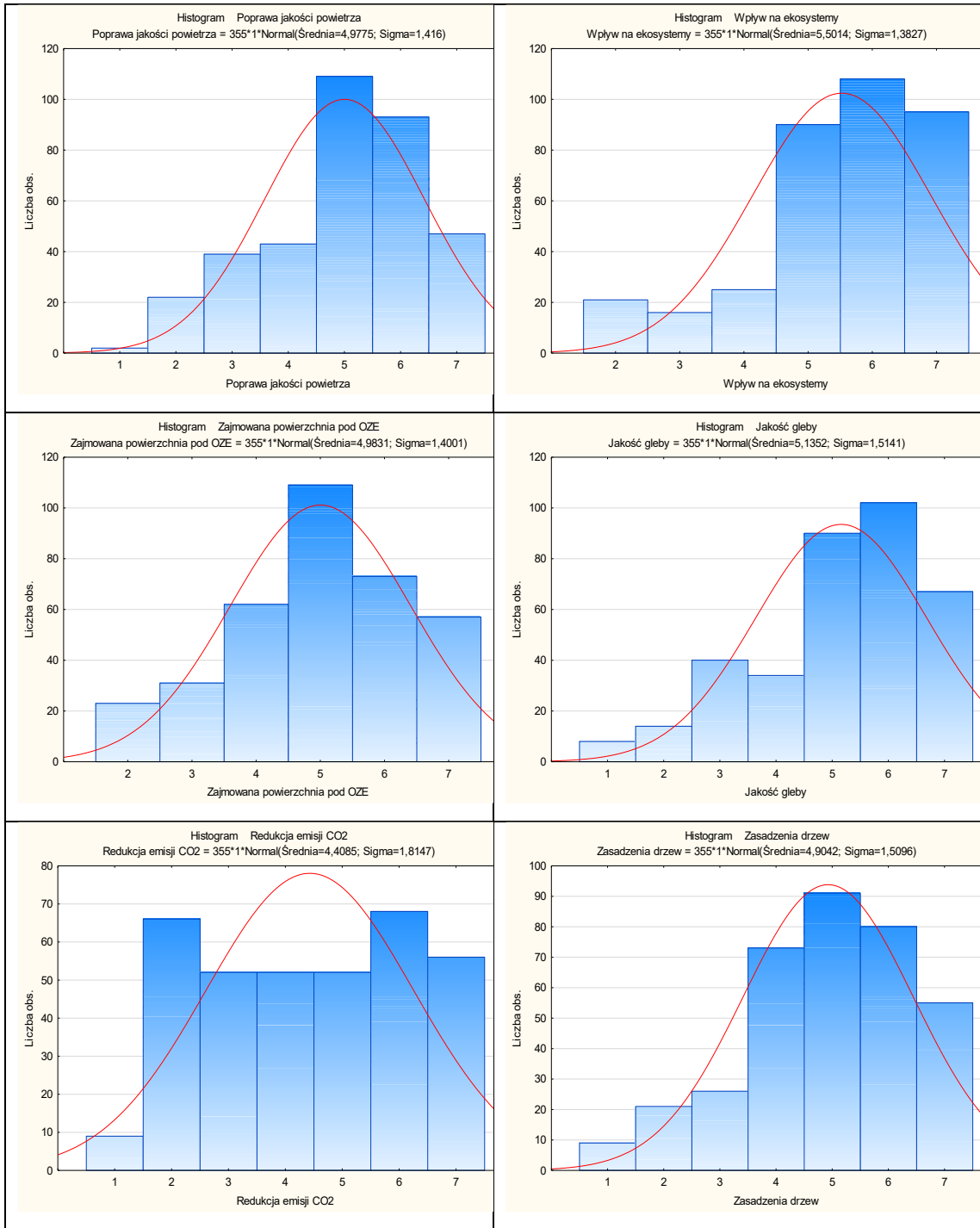
z niższych wartości średnich w analizowanym zestawie, co oznacza, że są oceniane nie tylko mniej korzystnie, ale także w sposób znacznie zróżnicowany.

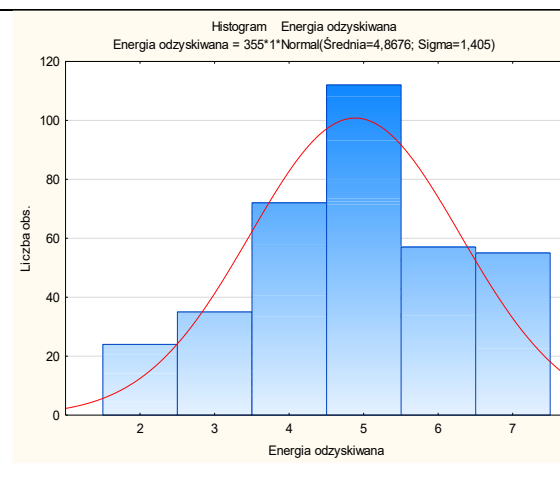
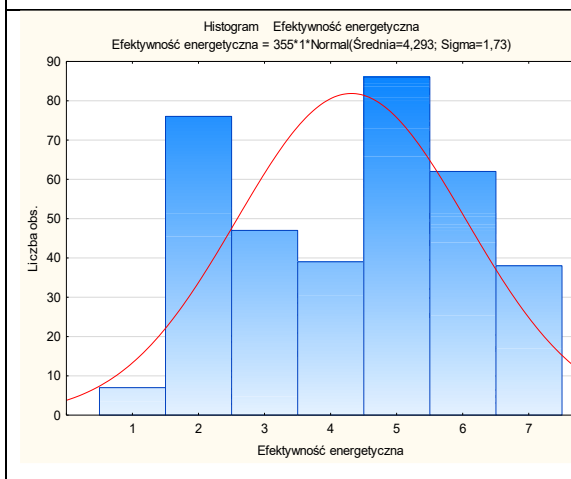
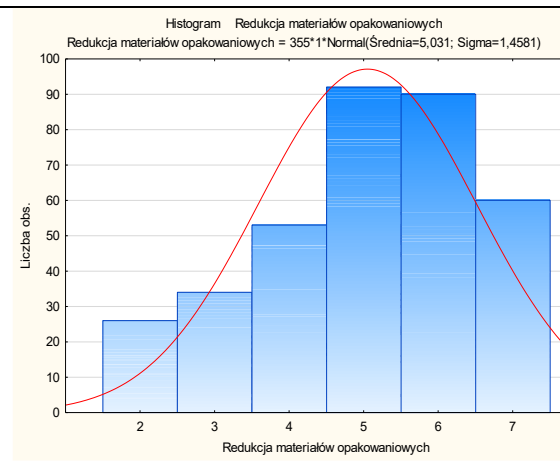
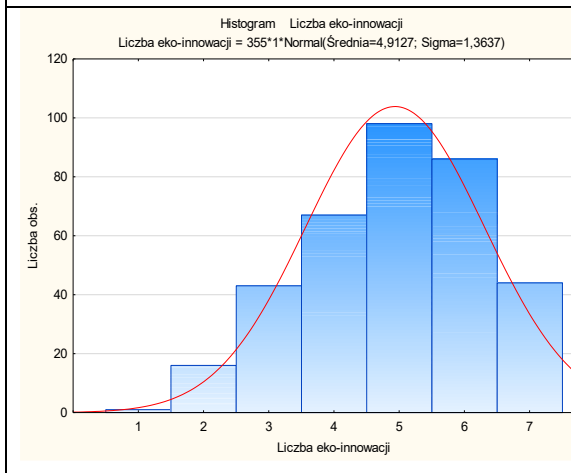
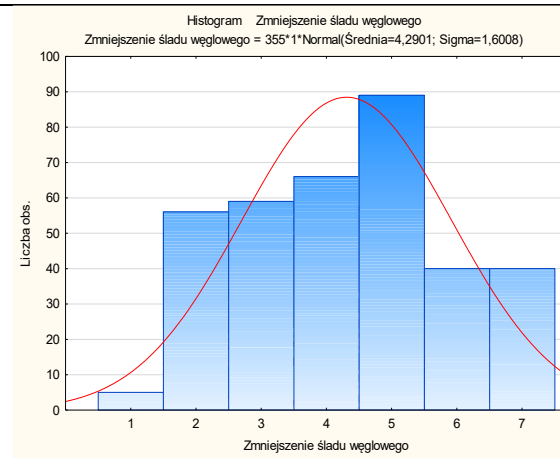
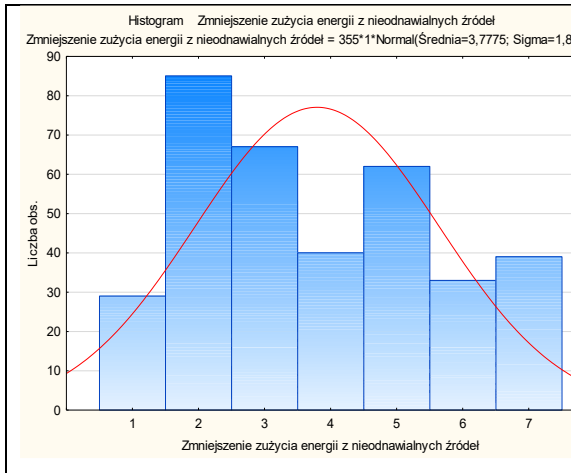
Natomiast zmienne o współczynniku zmienności oscylującym wokół wartości 0,32-0,33, takie jak „Wzrost bioróżnorodności” (0,32), „Jakość gleby” (0,32), „Liczba eko-innowacji” (0,33) czy „Energia odzyskiwana” (0,33), wykazują umiarkowany poziom rozproszenia ocen. Oznacza to, że mimo pewnego stopnia różnorodności w odpowiedziach respondentów, zmienne te nie wykazują tak dużej zmienności jak wskaźniki związane z efektywnością energetyczną.

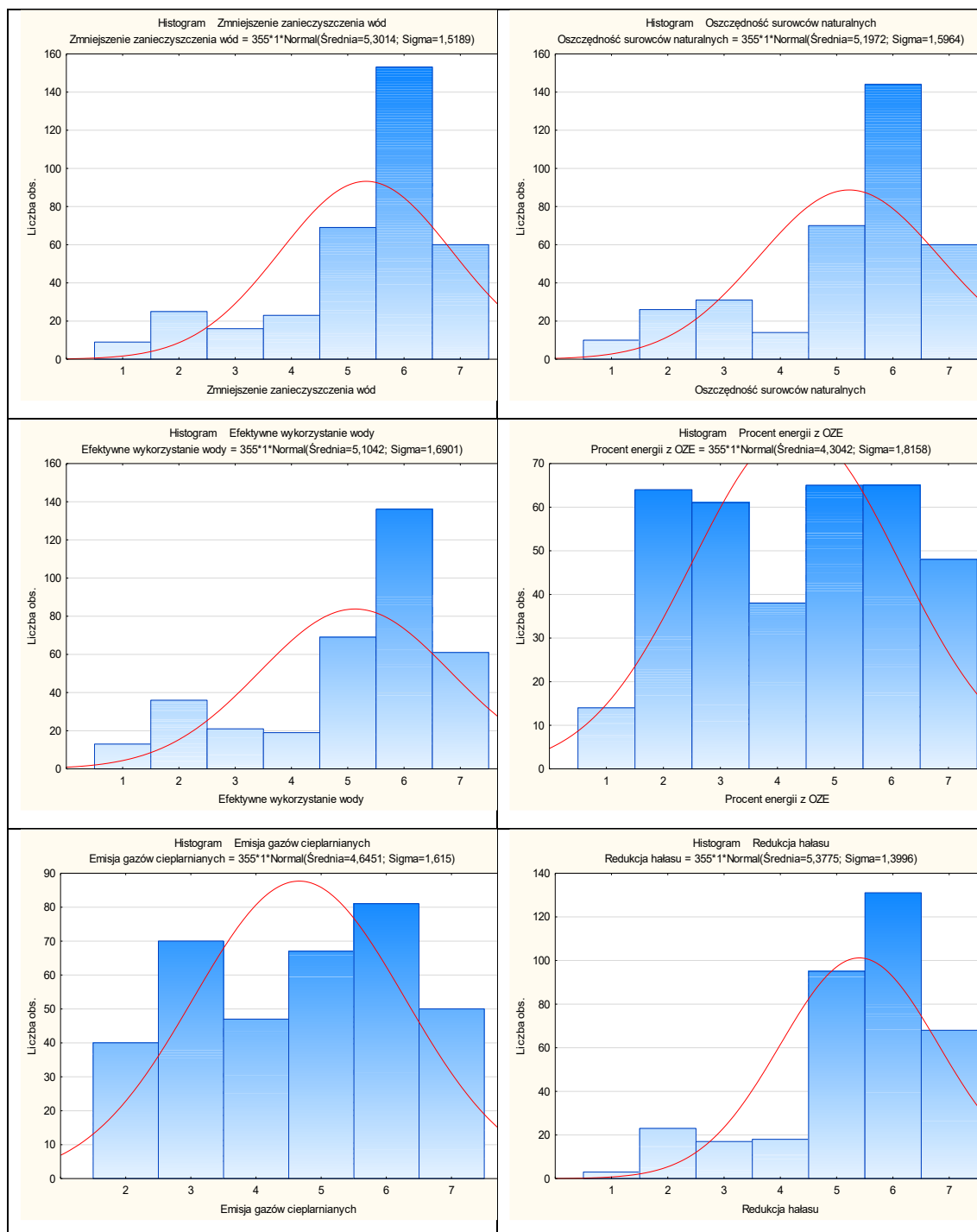
Analiza współczynnika zmienności potwierdza zatem wyraźną tendencję, zgodnie z którą zmienne o wysokich wartościach średnich, takie jak „Redukcja hałasu” (5,38) czy „Zmniejszenie zanieczyszczenia wód” (5,30), charakteryzują się mniejszą zmiennością ocen. Z kolei te o niższych wartościach średnich, zwłaszcza związane z ograniczeniem zużycia energii nieodnawialnej i zwiększeniem efektywności energetycznej, wykazują większą niestabilność ocen wśród respondentów.

Na poniższych rysunkach zaprezentowano w formie graficznej histogramy zmiennych mierzących aspekty środowiskowe zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw.









**Rysunek 3. Rozkłady zmiennych obserwowalnych dla aspektów środowiskowych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw**

Źródło: Opracowanie własne

Dla zmiennej „redukcja ilości odpadów” rozkład empiryczny charakteryzuje się umiarkowaną symetrią oraz wyraźnym skupieniem obserwacji wokół wartości centralnych. Zaobserwowany kształt rozkładu wykazuje istotne podobieństwo do rozkładu normalnego, co zostało uwidocznione poprzez nałożenie teoretycznej krzywej gęstości prawdopodobieństwa Gaussa. Uzyskane dopasowanie do modelowego

rozkładu normalnego świadczy o wysokim poziomie stabilności oraz przewidywalności analizowanego procesu, a także pozwala stwierdzić, iż zmienna ta spełnia podstawowe założenia wykorzystywane w analizach statystycznych. Dominanta analizowanego rozkładu, wyznaczona jako przedział wartości od 4 do 6, wskazuje na typowe wyniki w obserwowanej próbie badawczej. Zbieżność dominanty z obliczoną średnią arytmetyczną, wynoszącą 4,74, potwierdza istnienie stabilnej tendencji centralnej w badanej populacji, co świadczy o umiarkowanie wysokiej efektywności prowadzonego procesu. Ponadto, analiza rozkładu uwidacznia również obecność mniej licznych obserwacji ulokowanych w skrajnych przedziałach.

W przypadku zmiennej „*wzrost bioróżnorodności*” rozkład empiryczny danych charakteryzuje się umiarkowaną asymetrią lewostronną, o widocznym przesunięciu koncentracji wartości w kierunku wyższych poziomów analizowanej zmiennej. Widoczny kształt histogramu, choć zbliżony jest do teoretycznego rozkładu normalnego, wskazuje na pewne odstępstwa od symetrii, sugerujące, że wyższe wartości zmiennej są częstsze niż wartości niższe, odbiegające od centralnej tendencji. Pomimo tych nieznaczących odchyłeń, można uznać, że analizowana zmienna nie odbiega w istotny sposób od założeń klasycznych metod statystycznych, pozostając w granicach naturalnej wariancji. Największa liczba obserwacji, a zarazem dominanta rozkładu, przypada na przedział wartości oscylujący wokół 5. Średnia arytmetyczna, określona na poziomie 5,06, potwierdza wysoką zgodność z wartością modalną, co jednoznacznie wskazuje na stabilną tendencję centralną analizowanego zjawiska.

Zmienna „*poprawa jakości powietrza*” wykazuje asymetrię lewostronną, co oznacza, że największa liczba obserwacji koncentruje się w wyższych przedziałach wartości, szczególnie w zakresie 5-6, natomiast mniejsza liczba przypadków rozciąga się w stronę niższych wartości. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,98 jednostek, co potwierdza, że większość ocen koncentruje się wokół wartości średnich i wyższych. Modalność w przedziale wartości 5-6 sugeruje, że respondenci dostrzegają poprawę jakości powietrza, a dominujący zakres wartości znajduje się powyżej wartości neutralnej. Widoczna na wykresie krzywa teoretycznego rozkładu normalnego wskazuje na dobre dopasowanie do rozkładu empirycznego, co świadczy o stabilnym charakterze badanego zjawiska. Dodatkowo histogram przedstawia mniej liczne wartości w skrajnych przedziałach (wartości 1 i 2), co sugeruje, że oceny wskazujące na brak poprawy jakości powietrza są rzadkością.

Dla zmiennej „*wpływ na ekosystemy*” rozkład empiryczny cechuje się wyraźną asymetrią lewostronną, objawiającą się przesunięciem koncentracji danych w kierunku wyższych wartości analizowanego parametru. Prezentowany histogram wykazuje umiarkowane podobieństwo do teoretycznego rozkładu normalnego, co ilustruje naniesiona czerwona krzywa gęstości Gaussa. Jednakże zauważalna lewostronna skośność sugeruje, iż wyższe poziomy zmiennej dominują liczebnie nad wartościami niższymi, rzadziej spotykanymi w analizowanej próbie. Pomimo tego rozkład nie odbiega w znaczący sposób od podstawowych założeń klasycznych analiz statystycznych i mieści się w granicach naturalnej wariancji procesu. Dominanta badanego rozkładu umiejscowiona jest w przedziale wartości od około 5 do 7, przy czym najwyższa koncentracja obserwacji znajduje się szczególnie wyraźnie w okolicach wartości 6. Średnia arytmetyczna wynosi 5,50 jednostek, co potwierdza silną centralną tendencję rozkładu i wskazuje, że najczęściej rejestrowane wartości zmiennej są stosunkowo wysokie, odzwierciedlając pozytywne efekty badanego procesu. W rozkładzie zauważalne są także mniej liczne obserwacje ułożone w przedziałach skrajnych (wartości 4 i poniżej).

W przypadku zmiennej „*zajmowana powierzchnia pod OZE*” rozkład empiryczny cechuje się stosunkowo wysokim poziomem symetrii, z wyraźną koncentracją obserwacji wokół wartości centralnych. Przedstawiony histogram dobrze odwzorowuje charakter teoretycznego rozkładu normalnego, co uwidacznia naniesiona krzywa gęstości prawdopodobieństwa Gaussa. Ścisłe dopasowanie danych empirycznych do klasycznego modelu statystycznego pozwala wnioskować, iż analizowana zmienna cechuje się wysoką stabilnością oraz przewidywalnością, a jego wyniki pozostają zgodne z podstawowymi założeniami statystycznymi. Dominanta rozkładu mieści się w przedziale wartości 5. Średnia arytmetyczna zmiennej wynosi 4,98 jednostek, co świadczy o zgodności z dominantą oraz potwierdza silną i klarowną centralną tendencję badanego procesu. Ponadto histogram uwidacznia mniej liczne obserwacje ułożone w przedziałach skrajnych, tj. 2 i poniżej oraz 7.

Zmienna „*jakość gleby*” wykazuje umiarkowaną asymetrię lewostronną, co uwidacznia większa liczba obserwacji ułożonych w wyższych zakresach wartości analizowanej zmiennej. Widoczny histogram prezentuje częściowe podobieństwo do rozkładu normalnego, co zostało graficznie przedstawione poprzez naniesioną krzywą gęstości Gaussa. Zaobserwowana asymetria wskazuje, że w badanej próbie dominują wartości wyższe zmiennej, natomiast wartości niższe, poniżej średniej, są mniej liczne, lecz nadal

mieszczą się w granicach standardowej zmienności. Dominanta rozkładu analizowanej zmiennej koncentruje się w przedziale wartości od 5 do 6, co wskazuje na najwyższą częstotliwość występowania rezultatów procesu, a tym samym odzwierciedla najbardziej reprezentatywny poziom zmiennej w populacji objętej analizą. Średnia arytmetyczna zmiennej, wynosząca 5,14 jednostek, dodatkowo potwierdza stabilność centralnej tendencji oraz wskazuje na relatywnie wysoki poziom analizowanej cechy. Histogram prezentuje także mniej liczne obserwacje w skrajnych przedziałach (wartości 2 i poniżej oraz 7).

Dla zmiennej „*redukcja emisji CO<sub>2</sub>*” rozkład empiryczny wyraźnie odbiega od symetrii i prezentuje cechy rozkładu bimodalnego, co sugeruje istnienie dwóch dominujących zakresów wartości o zbliżonej częstości występowania. Histogram charakteryzuje się dwoma wyraźnie zaznaczonymi szczytami - pierwszy skupiony jest wokół niższych wartości (2), drugi zaś wokół wartości wyższych (6). Taka struktura wskazuje na możliwość występowania w badanej próbie dwóch odrębnych grup zróżnicowanych względem analizowanej zmiennej. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,41 jednostek i jest ulokowana pomiędzy dwoma dominującymi przedziałami danych, co potwierdza istnienie dualnego charakteru rozkładu oraz wskazuje, że średnia nie jest w tym przypadku wartością w pełni reprezentatywną dla całej populacji. Wynika to z faktu, że wartości centralne, leżące wokół średniej, są w rzeczywistości mniej liczne niż wartości skrajne, skupione wokół dwóch zaobserwowanych maksimów. Ponadto rozkład zawiera mniej liczne obserwacje w przedziałach środkowych (wartości 3-5).

W przypadku zmiennej „*zasadzenia drzew*” rozkład empiryczny charakteryzuje się umiarkowaną asymetrią lewostronną, objawiającą się zauważalnym przesunięciem koncentracji danych w kierunku wyższych wartości analizowanego parametru. Prezentowany histogram wykazuje znaczące podobieństwo do rozkładu normalnego, co zostało dodatkowo uwidocznione przez nałożenie teoretycznej krzywej gęstości prawdopodobieństwa Gaussa. Pomimo zaobserwowanej asymetrii można uznać, że analizowana zmienna spełnia podstawowe założenia normalności oraz pozostaje w granicach akceptowalnej zmienności statystycznej. Dominanta badanego rozkładu koncentruje się w przedziale wartości od 5 do 6, wskazując na najbardziej typowe wyniki zmiennej w badanej populacji. Średnia arytmetyczna zmiennej, określona na poziomie 4,90 jednostek, potwierdza wysoką zgodność z wartością modalną, co świadczy

o stabilności centralnej tendencji analizowanego zjawiska. Ponadto, histogram ukazuje mniej liczne obserwacje w skrajnych przedziałach (wartości 2 i poniżej oraz 7).

Zmienna „*zmniejszenie zużycia energii z nieodnawialnych źródeł*” charakteryzuje się wyraźną dwumodalnością, czyli występowaniem dwóch dominujących przedziałów wartości. Histogram uwidacznia dwa osobne szczyty o wysokiej koncentracji obserwacji - pierwszy skupiony wokół niższych wartości (2), a drugi wyraźnie zaznaczony w przedziale wyższych wartości (5). Wspomniany dwumodalny charakter rozkładu sugeruje, że analizowana populacja jest niejednorodna pod względem badanej zmiennej. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 3,78 jednostek i ułożona jest między wspomnianymi dwoma dominującymi obszarami. Z uwagi na wyraźną dwumodalność rozkładu, wartość średnia w tym przypadku ma ograniczoną reprezentatywność jako wskaźnik typowego wyniku, gdyż nie odzwierciedla w pełni rzeczywistego charakteru badanej populacji. Należy zauważyć, że wartości w przedziale 4, są zauważalnie mniej liczne, co potwierdza istnienie luki między dwoma podstawowymi grupami obserwacji. Ponadto w przedziałach skrajnych (wartości 1 oraz 7 jednostek) zaobserwowano relatywnie niewielką liczbę przypadków.

Dla zmiennej „*zmniejszenie śladu węglowego*” rozkład empiryczny cechuje się umiarkowaną asymetrią lewostronną, co przejawia się w przewadze obserwacji skoncentrowanych wokół wyższych wartości badanego parametru. Zaprezentowany histogram wykazuje pewne podobieństwo do rozkładu normalnego, co przedstawia nanesiona czerwona krzywa teoretycznej gęstości prawdopodobieństwa Gaussa. Widoczne odstępstwa od symetrii wskazują jednak, iż wyższe wartości zmiennej są obserwowane częściej niż wartości niższe, a koncentracja danych następuje przede wszystkim w przedziale od 4 do 5. Dominanta analizowanego rozkładu przypada na przedział wartości zbliżonych do 5, co pozwala określić ten poziom jako reprezentatywny dla badanej zmiennej. Wartość średniej arytmetycznej wynosi 4,29 jednostek, co potwierdza stabilną centralną tendencję badanego parametru i jednocześnie sugeruje, iż średnia pozostaje bliska najczęściej obserwowanemu poziomowi wyników. Histogram przedstawia również mniej liczne obserwacje w przedziałach skrajnych (wartości poniżej 2).

W przypadku zmiennej „*liczba eko-innowacji*” rozkład empiryczny cechuje się wyraźną symetrią oraz wysokim stopniem zgodności z rozkładem normalnym, co potwierdza nanesiona na histogram krzywa gęstości rozkładu Gaussa. Ścisłe dopasowanie rozkładu

empirycznego do teoretycznego modelu normalnego świadczy o stabilności oraz przewidywalności badanej zmiennej, a także potwierdza spełnienie podstawowych założeń klasycznych metod analizy statystycznej. Dominanta analizowanego rozkładu zlokalizowana jest w przedziale od 5 do 6, co pozwala uznać ten zakres za najbardziej reprezentatywny poziom zmiennej w obserwowanej próbie. Średnia arytmetyczna wynosi 4,91, co wskazuje na wyraźną zgodność wartości średniej z wartością modalną oraz potwierdza istnienie klarownej i jednoznacznej tendencji centralnej badanego parametru. Histogram przedstawia także nieliczne obserwacje występujące w przedziałach skrajnych (wartość 2 i poniżej).

Zmienna „*redukcja materiałów opakowaniowych*” charakteryzuje się umiarkowaną asymetrią lewostronną, z widocznym przesunięciem koncentracji danych w kierunku wyższych wartości analizowanego parametru. Histogram wskazuje wyraźne podobieństwo do teoretycznego rozkładu normalnego, co zostało zilustrowane przez naniesioną krzywą gęstości prawdopodobieństwa Gaussa. Pomimo stwierdzonej asymetrii można przyjąć, że zmienna ta zachowuje zgodność z podstawowymi założeniami statystycznymi i pozostaje w granicach naturalnej zmienności procesu. Dominanta badanego rozkładu jest wyraźnie zlokalizowana w przedziale od 5 do 6, co pozwala uznać te wartości za najbardziej reprezentatywne dla zmiennej w analizowanej próbie. Warto zauważyć brak odpowiedzi respondentów w wyniku których odnotowano wartość 1 dla badanej zmiennej. Średnia arytmetyczna zmiennej, wynosząca 5,03 jednostek, wykazuje silną zgodność z dominantą, potwierdzając stabilną centralną tendencję rozkładu oraz wskazując na względnie wysoką efektywność badanego procesu. Równie istotnym jest również występowanie mniej licznych obserwacji w przedziałach skrajnych (2 oraz 7).

Dla zmiennej „*efektywność energetyczna*” rozkład empiryczny wykazuje wyraźnie zaznaczoną dwumodalność, wskazującą na występowanie dwóch dominujących zakresów wartości, które znacząco różnią się między sobą. Histogram ukazuje dwa szczyty koncentracji obserwacji - pierwszy w przedziale niższych wartości (wartość 2), drugi zaś w przedziale wyższych wartości (wartość 5). Obserwowana struktura rozkładu sugeruje istnienie dwóch odmiennych grup lub dwóch różnych stanów badanej zmiennej. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,29 i zlokalizowana jest pomiędzy oboma dominującymi obszarami, przez co nie odzwierciedla w pełni rzeczywistego rozkładu danych. W tej sytuacji średnia wykazuje ograniczoną reprezentatywność,

ze względu na wyraźnie mniejszą liczbę obserwacji w środkowym przedziale wartości (3-4), który tworzy charakterystyczną lukę między dwoma głównymi skupiskami danych. Histogram uwidacznia również mniej liczne obserwacje w przedziałach skrajnych (wartość 1 oraz 7).

Zmienna „*energia odzyskiwana*” charakteryzuje się umiarkowaną asymetrią lewostronną, widoczną jako przesunięcie koncentracji obserwacji ku wyższym poziomom analizowanej zmiennej. Histogram wykazuje zauważalne podobieństwo do rozkładu normalnego, co podkreśla naniesiona krzywa gęstości rozkładu Gaussa, choć widoczne są pewne odchylenia wynikające z lewostronnej skośności. Zaobserwowany charakter rozkładu świadczy o względnie dużej stabilności i przewidywalności procesu odzyskiwania energii, przy jednoczesnym wyraźnym zaakcentowaniu wyższych wartości analizowanego parametru. Dominanta analizowanego rozkładu znajduje się w przedziale wartości około 5, gdzie liczba obserwacji jest wyraźnie największa, wskazując na najbardziej typowy i reprezentatywny poziom zmiennej w populacji objętej badaniem. Potwierdzeniem silnej centralnej tendencji jest średnia arytmetyczna wynosząca 4,98, bardzo zbliżona do wartości modalnej, co dodatkowo potwierdza poprawność i stabilność badanego procesu. W rozkładzie można także zaobserwować mniej liczne wartości na krańcach histogramu (2).

Dla zmiennej „*zmniejszenie zanieczyszczenia wód*” rozkład empiryczny charakteryzuje się wyraźną asymetrią lewostronną, z silnie zaznaczoną przewagą obserwacji w zakresie wysokich wartości badanego parametru. Zaobserwowana koncentracja danych w przedziale od 5 do 7 wskazuje na znacznie wyższą efektywność zmiennej w badanej próbie. Mimo że na histogramie nałożono krzywą gęstości prawdopodobieństwa rozkładu normalnego Gaussa, widoczne są wyraźne odstępstwa od klasycznej symetrii. Dominanta rozkładu została zidentyfikowana w zakresie około 6, a średnia arytmetyczna wynosi 5,30. Obecność istotnej różnicy pomiędzy wartością średnią a modalną wynika właśnie z zauważalnej asymetrii rozkładu, wskazując na ograniczoną reprezentatywność średniej arytmetycznej w opisie tego procesu. W konsekwencji, wartości centralne są mniej liczne niż wartości dominujące. Histogram prezentuje również mniej liczne wartości w przedziałach skrajnych (wartości 3 i poniżej).

W przypadku zmiennej „*oszczędność surowców naturalnych*” rozkład empiryczny wykazuje wyraźną asymetrię lewostronną, co objawia się znacznym przesunięciem koncentracji obserwacji w stronę wyższych wartości analizowanego parametru.

Histogram uwidacznia istotną dominację wyników w przedziale od około 6, co świadczy o wysokiej efektywności zmiennej w analizowanej próbie. Nałożona na histogram krzywa gęstości prawdopodobieństwa rozkładu normalnego Gaussa pozwala zaobserwować wyraźne odstępstwa od klasycznej symetrii, wzmacniając interpretację o istnieniu znaczącej ujemnej skośności danych empirycznych. Dominanta rozkładu ulokowana jest wyraźnie w przedziale od około 6, podczas gdy średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 5,20. Rozbieżność między wartością średnią a modalną wskazuje, iż średnia arytmetyczna nie stanowi w tym przypadku optymalnego reprezentanta tendencji centralnej, właśnie ze względu na zauważalną asymetrię rozkładu. Oznacza to, że wyniki procesu częściej osiągają poziomy wyższe od średniej, podczas gdy wartości niższe od średniej występują relatywnie rzadziej. Ponadto w przedziałach skrajnych (poniżej 3 jednostek) występują mniej liczne obserwacje.

Zmienna „*efektywne wykorzystanie wody*” charakteryzuje się silną asymetrią lewostronną, co uwidacznia się poprzez zdecydowane przesunięcie koncentracji wyników w stronę wysokich wartości badanego parametru. Histogram prezentuje wyraźną dominację wyników znajdujących się w przedziale wartości 6, wskazując tym samym na znaczną efektywność zmiennej w analizowanej próbie. Mimo naniesienia krzywej gęstości teoretycznego rozkładu normalnego Gaussa, obserwuje się wyraźne odstępstwa od klasycznej symetrii, potwierdzające obecność wyraźnej ujemnej skośności danych empirycznych. Dominanta rozkładu, ulokowana w zakresie wartości 6, jest wyraźnie oddalona od wartości średniej arytmetycznej, która wynosi 5,10. Rozbieżność między tymi miarami centralnymi wynika ze znacznej asymetrii danych empirycznych, wskazując, że średnia nie w pełni odzwierciedla najczęściej osiągnięte wartości efektywnego wykorzystania wody. W konsekwencji średnia arytmetyczna wykazuje ograniczoną reprezentatywność dla opisu typowych wyników badanego procesu. Na histogramie widoczne są również mniej liczne obserwacje w przedziałach niskich wartości (4 i poniżej).

Dla zmiennej „*procent energii z OZE*” rozkład empiryczny danych wykazuje wyraźny charakter bimodalny, wskazujący na obecność dwóch dominujących grup wartości. Histogram uwidacznia dwa osobne, wyraźnie zaznaczone maksima, pierwsze skupione wokół niższych wartości (2-3), drugie zaś w przedziale wyższych wartości (5-6). Tak zaznaczona dwumodalność sugeruje występowanie dwóch odmiennych podgrup w analizowanej populacji. Średnia arytmetyczna zmiennej wynosi 4,30 jednostek

i zlokalizowana jest pomiędzy dwoma obszarami najwyższej koncentracji danych, przez co jej wartość nie stanowi w tym przypadku optymalnej reprezentacji centralnej tendencji. W konsekwencji średnia arytmetyczna wykazuje ograniczoną użyteczność jako miara przeciętnego poziomu badanego zjawiska, ze względu na mniej liczne występowanie obserwacji w przedziale środkowym (4), który tworzy lukę między dwoma dominującymi zakresami wartości. Ponadto, histogram uwidacznia także obecność mniej licznych obserwacji na krańcach rozkładu (wartość 1).

W przypadku zmiennej „emisja gazów cieplarnianych” rozkład empiryczny wykazuje wyraźny charakter bimodalny, wskazujący na występowanie dwóch odrębnych zakresów dominujących wartości. Histogram przedstawia dwa wyraźnie zaznaczone skupienia obserwacji: pierwsze w przedziale niższych wartości (3), drugie natomiast w przedziale wyższych wartości (6). Widoczna struktura rozkładu sugeruje istnienie dwóch różniących się efektywnością grup lub odmiennych stanów badanej zmiennej. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,65 jednostek i jest umiejscowiona pomiędzy dwoma dominującymi przedziałami danych, przez co jej wartość nie odzwierciedla rzeczywistej struktury danych. W konsekwencji, średnia arytmetyczna charakteryzuje się ograniczoną reprezentatywnością jako wskaźnik centralnej tendencji badanego procesu, ze względu na wyraźnie mniej liczne występowanie obserwacji w przedziale środkowym (4-5), co tworzy lukę pomiędzy dwoma maksymalnymi skupieniami wyników. Ponadto histogram ukazuje brak wystąpienia obserwacji dla wartości 1.

Zmienna „redukcja hałasu” cechuje się wyraźną asymetrią lewostronną, objawiającą się istotnym przesunięciem koncentracji danych w kierunku wyższych wartości analizowanego parametru. Histogram wskazuje dominację wartości w przedziale od 5 do 6, co pozwala stwierdzić, iż w populacji objętej badaniem osiągnięto wysoki poziom zmiennej. Pomimo naniesienia na histogram krzywej teoretycznego rozkładu normalnego Gaussa, widoczne są wyraźne odstępstwa od symetrii wynikające z silnej koncentracji danych w zakresie wyższych wartości. Dominanta badanego rozkładu wyraźnie znajduje się w przedziale około 6, podczas gdy średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 5,38. Rozbieżność między dominantą a średnią jest wynikiem silnej asymetrii danych empirycznych, przez co średnia arytmetyczna jedynie częściowo reprezentuje rzeczywisty charakter rozkładu i wykazuje ograniczoną wartość jako miara centralnej tendencji. Histogram uwidacznia także mniej liczne wartości w przedziałach niskich (wartość 4 i poniżej).

Analizowane zmienne w większości przypadków wykazują umiarkowaną asymetrię lewostronną, co oznacza, że największa liczba obserwacji koncentruje się w przedziałach wyższych wartości, podczas gdy niższe wartości są mniej reprezentowane. Taki rozkład jest charakterystyczny dla zmiennych takich jak „wzrost bioróżnorodności”, „poprawa jakości powietrza”, „zmniejszenie śladu węglowego”, „zmniejszenie zanieczyszczenia wód” czy „oszczędność surowców naturalnych”. Asymetria lewostronna w tych przypadkach wskazuje na przeważającą ocenę pozytywną danej zmiennej przez badanych. W przypadku zmiennych „liczba eko-innowacji” oraz „zajmowana powierzchnia pod OZE” zaobserwowano wysoki poziom symetrii i dobrą zgodność z rozkładem normalnym, co świadczy o stabilności badanych procesów oraz ich przewidywalnym charakterze. Występowanie takich zmiennych potwierdza, że w pewnych obszarach oceny respondentów są bardziej jednorodne i mniej podatne na skrajne wartości. Niektóre zmienne, jak „emisja gazów cieplarnianych”, „procent energii z OZE”, „zmniejszenie zużycia energii z nieodnawialnych źródeł” czy „efektywność energetyczna”, wykazały bimodalność, co oznacza istnienie dwóch wyraźnych dominujących przedziałów wartości. Tego typu rozkład sugeruje, że w próbie mogą występować dwie różne grupy respondentów, charakteryzujące się odmiennymi ocenami bądź poziomami zaangażowania w analizowane zjawiska. Rozkłady bimodalne wskazują również na możliwość istnienia podziału w populacji - na grupy, które w znaczący sposób różnią się percepcją danego aspektu. Analizowane zmienne najczęściej osiągały swoje wartości modalne oraz średnie arytmetyczne w zakresie 4-6, co oznacza, że większość ocen sytuowała się powyżej wartości neutralnej. Wskazuje to na przewagę pozytywnych wyników, co może świadczyć o korzystnym postrzeganiu analizowanych aspektów środowiskowych. Dla zmiennych takich jak „redukcja materiałów opakowaniowych”, „energia odzyskiwana”, „efektywne wykorzystanie wody”, „zmniejszenie zanieczyszczenia wód” oraz „redukcja hałasu”, dominanta ulokowana była w zakresie 5- 6, co wskazuje na wysoki poziom skuteczności badanego procesu i koncentrację ocen w górnym przedziale skali. W tych przypadkach wyższe wartości były wyraźnie częstsze, a niskie oceny stanowiły jedynie marginalny procent próby. W przypadku zmiennych o bimodalnym rozkładzie (np. „emisja gazów cieplarnianych”, „procent energii z OZE”), wartości średnie arytmetyczne znajdowały się w przedziale 4-5, jednak nie oddawały w pełni rzeczywistej struktury danych. Występowanie dwóch modalnych wartości sugeruje, że średnia nie zawsze była miarodajnym wskaźnikiem tendencji centralnej, gdyż w rzeczywistości częściej występowały wartości skrajne (np. 2 oraz 6), podczas gdy

wartości pośrednie pojawiały się rzadziej. W większości analizowanych histogramów wartości skrajne (1 lub 7) były mniej liczne, co oznacza, że respondenci rzadko skłaniali się ku skrajnie negatywnym lub ekstremalnie pozytywnym ocenom. Jednak w przypadku zmiennych takich jak „procent energii z OZE” oraz „emisja gazów cieplarnianych”, zauważono, że w pewnych przedziałach wartości skrajne miały większą liczebność, co mogło wynikać z podziału badanej próby na dwie grupy o diametralnie różnych ocenach badanego zjawiska. Dla zmiennej „wzrost bioróżnorodności”, „wpływ na ekosystemy”, „energia odzyskana”, „emisja gazów cieplarnianych”, „zajmowana powierzchnia pod OZE” oraz „redukcja materiałów opakowaniowych”, nie zarejestrowano ocen w przedziale najniższym (1), co sugeruje, że badani nie dostrzegali w tych obszarach skrajnie negatywnych skutków.

### **5.1.2. Czynnikiowy model oceny wykorzystania OZE w aspekcie środowiskowym**

Do weryfikacji pierwszej hipotezy szczegółowej (H1): *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii wspiera ochronę środowiska, sprzyja racjonalnemu wykorzystaniu zasobów naturalnych i ogranicza negatywny wpływ działalności człowieka na otoczenie* wykorzystano eksploracyjną analizę czynnikową. Umożliwia ona identyfikację współzależności pomiędzy zmiennymi obserwowalnymi oraz redukcję wymiarowości danych i wyodrębnienie ukrytych czynników odpowiadających za zmienność analizowanych wskaźników. W procesie określania optymalnej liczby czynników zastosowano test osypiska Cattella, który stanowi jedno z kluczowych narzędzi służących do interpretacji struktury danych w analizie czynnikowej<sup>398</sup>.

Test osypiska Cattella opiera się na graficznej prezentacji wartości własnych skorelowanych zmiennych w postaci wykresu, na którym każda wartość własna odpowiada określonemu czynnikowi. Na wykresie tym można zaobserwować charakterystyczny punkt załamania, po przekroczeniu którego następuje gwałtowny spadek wartości własnych<sup>399</sup>. Segment znajdujący się na prawo od tego punktu określany jest mianem osypiska czynnikowego i obejmuje czynniki o relatywnie niskiej wartości informacyjnej, które nie powinny być uwzględniane w dalszej analizie. Kluczowym założeniem tej metody jest założenie, że istotne czynniki, które warto zachować

---

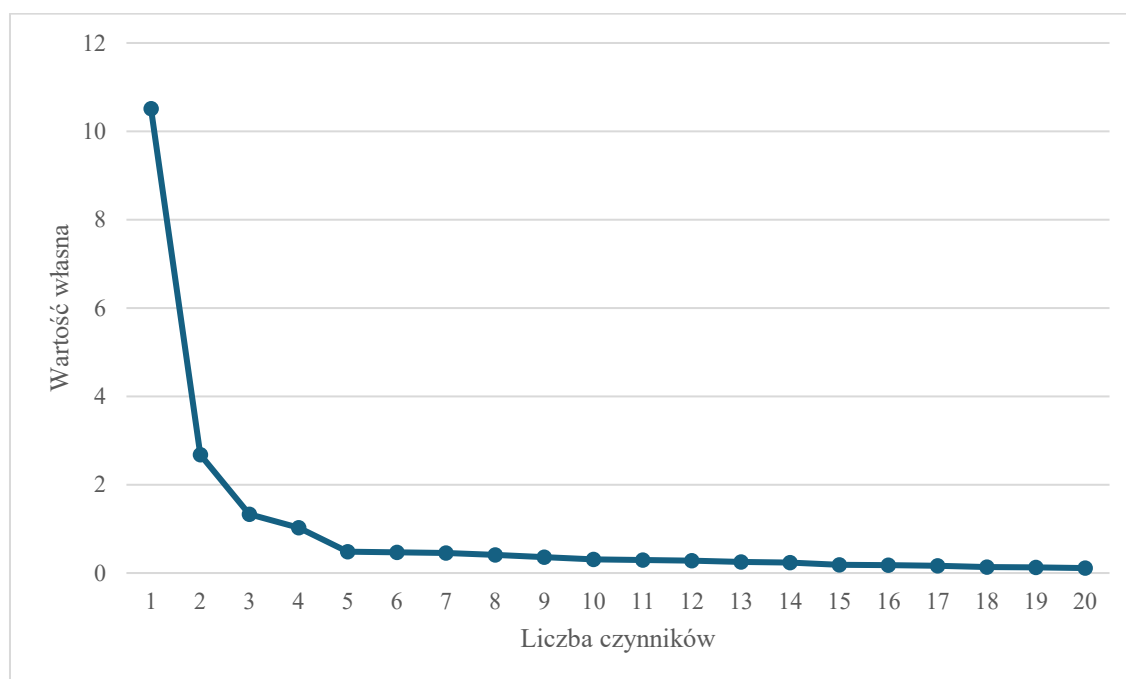
<sup>398</sup> S. Loewen, T. Gonulal, *Exploratory factor analysis and principal components analysis*, Advancing quantitative methods in second language research, 2015, p. 182-187.

<sup>399</sup> A. Wolak-Tuzimek, *Identification of the main components of the competitive potential of enterprises operating in crisis conditions*, Organization and Management, No. 158, 2022, p. 713-726.

w modelu, posiadają wartości własne znacznie wyższe niż czynniki należące do osypiska, co uzasadnia eliminację mniej istotnych składowych<sup>400</sup>.

Zastosowanie testu osypiska w eksploracyjnej analizie czynnikowej pozwala na uniknięcie arbitralnych decyzji dotyczących liczby czynników, umożliwiając bardziej obiektywne określenie struktury badanych zmiennych. Przy zastosowaniu wspomnianego testu można ograniczyć ryzyko ujęcia nadmiarowej liczby czynników w kontekście interpretacji wyników, co mogłoby prowadzić do sztucznego dopasowania modelu do danych. Test ten jest szczególnie użyteczny w sytuacjach, gdy badane zjawisko ma charakter wielowymiarowy i zachodzi konieczność redukcji liczby analizowanych zmiennych do kluczowych składników wyjaśniających ich zmienność<sup>401</sup>.

Na rysunku 4 przedstawiono wykres osypiska czynnikowego, ilustrujący wartości własne poszczególnych czynników oraz ich wkład w model analizy czynnikowej.



**Rysunek 4. Wykres osypiska wartości własnych dla czynników środowiskowych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw**

Źródło: Opracowanie własne

<sup>400</sup> L. Sürücü, I. Yıkılmaz, A. Maşlakçı, *Exploratory factor analysis (EFA) in quantitative researches and practical considerations*, Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, Vol. 13, Issue 2, 2022, p. 948- 958.

<sup>401</sup> M. Sellbom, D. Goretzko, *Introduction to exploratory factor analysis: An applied approach*, Cambridge University Press, 2023, p. 513-523.

Na podstawie analizy wykresu osypiska czynnikowego można zaobserwować, że początkowo wartość własna pierwszego czynnika osiąga najwyższy poziom, po czym gwałtownie spada dla kolejnych czynników. Po wyodrębnieniu czterech czynników krzywa spłaszcza się, przyjmując formę charakterystycznego łagodnego osypiska. Oznacza to, że dalsze czynniki posiadają już jedynie marginalne wartości własne i nie wnoszą istotnej wartości informacyjnej do modelu. Z uwagi na to, że ich zdolność do wyjaśniania zmienności w analizowanym zbiorze danych jest ograniczona, uznano je za nieprzydatne do dalszej analizy i odrzucono.

W związku z powyższym zdecydowano się na wybór modelu składającego się z czterech czynników, które w największym stopniu przyczyniają się do wyjaśnienia struktury danych. W kolejnych etapach analizy skoncentrowano się na interpretacji macierzy wartości własnych, w której uwzględniono siłę wpływu poszczególnych czynników, oraz macierzy ładunków czynnikowych, przedstawiającej zależności między zmiennymi obserwowalnymi a czynnikami wyodrębnionymi w procesie analizy.

W celu zapewnienia wysokiej jakości interpretacji wyników przyjęto, że minimalna wartość korelacji między zmienną obserwowalną a czynnikiem, uznawana za istotną, wynosi 0,7. Kryterium to pozwala na wyeliminowanie słabo powiązanych zmiennych, a jednocześnie umożliwia zachowanie jedynie tych, które w znaczący sposób wpływają na konstrukcję czynnikową modelu. Dzięki zastosowanemu podejściu możliwe było uzyskanie optymalnej struktury czynnikowej, odzwierciedlającej istotne zależności w analizowanych danych. W formie danych tabelarycznych zaprezentowano macierz wartości własnych oraz macierz ładunków czynnikowych dla aspektów środowiskowych zrównoważonego rozwoju.

**Tabela 14. Macierz wartości własnych dla czynników aspektów środowiskowych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw**

Czynnik	Wartość własna	Procent ogółu wariancji	Skumulowana wartość własna	Procent skumulowany
1	10,51	52,55%	10,51	52,55%
2	2,68	13,40%	13,19	65,96%
3	1,33	6,66%	14,52	72,61%
4	1,02	5,12%	15,55	77,74%

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 15. Macierz ładunków czynnikowych dla aspektów środowiskowych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw

Ładunki czynnikowe (Varimax znormalizowana)				
Składowe główne (Oznaczone ładunki są większe od 0,7)				
Zmienna	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3	Czynnik 4
1	0,651104	0,030846	0,546061	-0,005308
2	0,424254	-0,043285	<b>0,704052</b>	0,028148
3	0,540156	-0,020239	0,687086	0,083172
4	0,122349	-0,032976	<b>0,838247</b>	0,040286
5	0,452298	0,061476	0,684342	0,015721
6	0,263377	-0,017388	<b>0,798395</b>	-0,097434
7	<b>0,806041</b>	0,026184	0,392944	-0,002869
8	0,386074	-0,005799	<b>0,741780</b>	-0,069871
9	<b>0,770678</b>	0,016425	0,357128	-0,018829
10	<b>0,788071</b>	0,027217	0,375767	0,027740
11	0,654410	-0,066249	0,551425	0,118710
12	0,528466	0,016942	0,649151	0,043244
13	<b>0,784044</b>	0,026224	0,295180	0,007974
14	0,645515	0,033590	0,664151	0,049276
15	0,038171	<b>0,927952</b>	-0,027855	-0,054320
16	0,018452	<b>0,952146</b>	0,007091	0,040723
17	-0,009390	<b>0,943038</b>	-0,009701	0,005059
18	<b>0,864257</b>	0,006927	0,186361	-0,018667
19	<b>0,871627</b>	0,001654	0,238494	0,016891
20	0,028329	-0,007093	-0,001418	<b>0,991973</b>

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie analizy macierzy wartości własnych dla czynników aspektów środowiskowych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw można zauważyć, że pierwszy czynnik osiąga wartość własną równą 10,51, co oznacza, że wyjaśnia 52,55% całkowitej wariancji. Jest to dominujący czynnik w badanej strukturze, co wskazuje na jego kluczową rolę w interpretacji wyników. Kolejne czynniki wyjaśniają odpowiednio 13,40% (czynnik drugi), 6,66% (czynnik trzeci) oraz 5,12% (czynnik czwarty) całkowitej wariancji. Skumulowana wartość wyjaśnianej wariancji dla czterech czynników wynosi 77,74%, co oznacza, że przyjęta struktura czynnikowa pozwala na uchwycenie znacznej części informacji zawartych w oryginalnym zbiorze danych.

Warto podkreślić, że w analizie eksploracyjnej często stosowane jest kryterium Kaisera, według którego do dalszej analizy uwzględnia się jedynie czynniki o wartościach własnych większych niż 1. W przedstawionych wynikach cztery pierwsze czynniki spełniają to kryterium (wartości własne: 10,51, 2,68, 1,33 i 1,02), co uzasadnia ich pozostawienie w modelu. Czynniki o wartościach własnych mniejszych niż 1 nie są brane pod uwagę, ponieważ wyjaśniają mniej wariacji niż pojedyncza zmienna w oryginalnym zbiorze danych, a ich interpretacja byłaby metodologicznie nieuzasadniona<sup>402</sup>.

Analiza macierzy ładunków czynnikowych pozwala na przypisanie poszczególnych zmiennych do odpowiednich czynników. Przyjęto, że istotne ładunki czynnikowe to te, które osiągają wartości wyższe niż 0,7, co pozwala na wyodrębnienie struktur o silnych powiązaniach między zmiennymi a czynnikami.

Na bazie uzyskanych wyników, pierwszy czynnik jest ładowany przez sześć zmiennych: Z7, Z9, Z10, Z13, Z18 i Z19. Najwyższe wartości ładunków czynnikowych w tym czynniku osiągają Z18 (0,8643) oraz Z19 (0,8716), co wskazuje na ich silny wpływ na jego konstrukcję. Ładunki pozostałych zmiennych w tym czynniku również są wysokie, jednak ich wartości są nieco niższe, co sugeruje, że wpływ tych pozycji na strukturę czynnika jest mniejszy. Drugi czynnik ładowany jest przez trzy zmienne: Z15, Z16 i Z17, przy czym Z16 (0,9521) oraz Z17 (0,9430) wykazują najwyższe wartości, co oznacza, że mają one dominujący udział w kształtowaniu tego czynnika.

W przypadku czynnika trzeciego, który jest ładowany przez cztery zmienne (Z2, Z3, Z4 i Z6), najwyższą wartość osiąga Z4 (0,8382), co oznacza, że zmienna ta w największym stopniu przyczynia się do jego konstrukcji. Pozostałe zmienne w tym czynniku również wykazują istotne powiązania, co sugeruje, że jego struktura jest dobrze zdefiniowana i oparta na spójnie powiązanych zmiennych. Czwarty czynnik jest jednoznacznie ładowany przez zmienną Z20, której ładunek czynnikowy wynosi 0,9919, co świadczy o tym, że czynnik ten jest skonstruowany wyłącznie na podstawie jednej zmiennej i nie wykazuje istotnych korelacji z pozostałymi czynnikami.

Pod względem rozkładu ładunków czynnikowych można zaobserwować, że pierwszy czynnik ma największą liczbę zmiennych ładujących (sześć), co może wskazywać na jego dominującą rolę w modelu, podczas gdy drugi czynnik zawiera trzy zmienne, trzeci

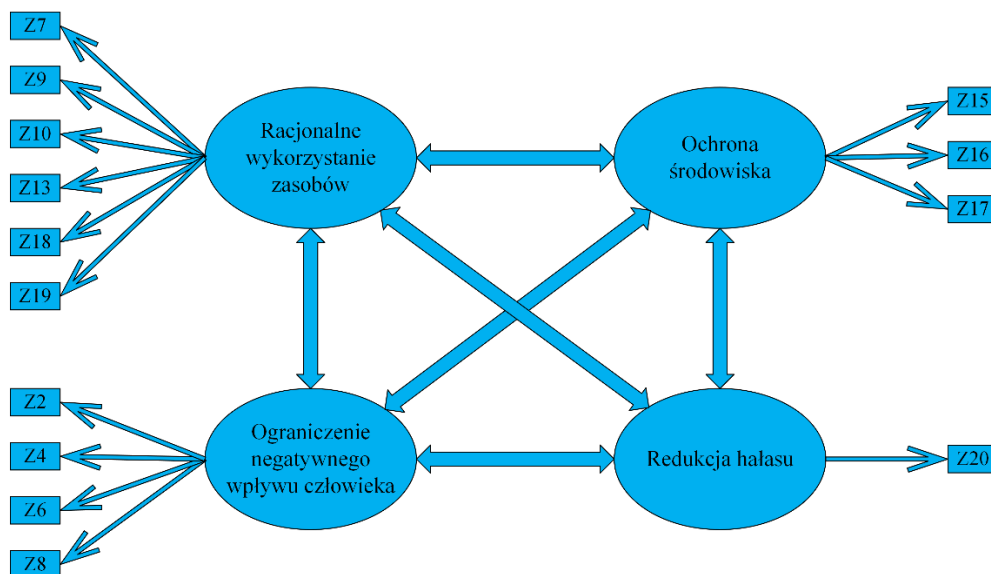
---

<sup>402</sup> J. Braeken, M. A. Van Assen, *An empirical Kaiser criterion*, *Psychological Methods*, Vol. 22, Issue 3, 2017, p. 450-475.

cztery, a czwarty jedną. Pomimo pewnej dysproporcji w liczbie zmiennych przypisanych do poszczególnych czynników, łączna wartość wyjaśnianej wariancji dla czterech czynników wynosi 77,74%, co świadczy o ich wysokiej zdolności do odzwierciedlania struktury danych.

Czwarty czynnik, mimo że ładowany przez pojedynczą zmienną, wykazuje bardzo wysoką wartość ładunku czynnikowego (0,9919), co sugeruje, że jego konstrukcja jest wyraźnie określona i oparta na silnym powiązaniu ze zmienną źródłową. Wysoka wartość tego współczynnika wskazuje, że czynnik ten jest dobrze zdefiniowany i odgrywa określoną, autonomiczną rolę w modelu czynnikowym, co może świadczyć o specyficznym, lecz istotnym wymiarze struktury danych.

Zgodnie z rekomendowanym w literaturze podejściem, nazewnictwo czynników zostało oparte na zmiennych charakteryzujących się najwyższymi wartościami ładunków czynnikowych<sup>403</sup>. W rezultacie pierwszy czynnik otrzymał nazwę „Racjonalne wykorzystanie zasobów”, drugi określono jako „Ochrona środowiska”, trzeci został nazwany „Ograniczenie negatywnego wpływu człowieka”, natomiast czwarty czynnik zidentyfikowano jako „Redukcja hałasu”. Ostatecznie opracowany model oceny wykorzystania OZE w aspekcie środowiskowym został zaprezentowany na poniższym rysunku.



Rysunek 5. Czynnikiowy model oceny wykorzystania OZE w aspekcie środowiskowym

Źródło: Opracowanie własne

<sup>403</sup> StatSoft, *STATISTICA PL, TOM III: Statystyki II praca zbiorowa*, StatSoft, Kraków 1997, s. 3543.

Rysunek 5 przedstawia czynnikowy model oceny wykorzystania OZE w aspekcie środowiskowym, obejmujący cztery zmienne ukryte oraz przypisane im zmienne obserwowalne. Zmienne ukryte, oznaczone na wykresie jako owale, to: *Racjonalne wykorzystanie zasobów*, *Ochrona środowiska*, *Ograniczenie negatywnego wpływu człowieka* oraz *Redukcja hałasu*. Do każdego z czynników przyporządkowano zbiór zmiennych obserwowalnych, przedstawionych w prostokątach i oznaczonych kodami identyfikacyjnymi. Powiązania między zmiennymi a czynnikami ukrytymi zobrazowano za pomocą jednokierunkowych strzałek, co wskazuje na ich rolę jako wskaźników opisujących dany konstrukt.

W modelu uwzględniono również relacje korelacyjne między czynnikami, oznaczone strzałkami dwukierunkowymi, które wskazują na wzajemne współwystępowanie poszczególnych aspektów. Pod względem rozkładu zmiennych pierwszy czynnik obejmuje sześć zmiennych obserwowalnych (Z7, Z9, Z10, Z13, Z18, Z19), drugi trzy (Z15, Z16, Z17), trzeci cztery (Z2, Z4, Z6, Z8), natomiast czwarty czynnik został ukształtowany na podstawie jednej zmiennej (Z20).

W ramach procedury badawczej dokonano oceny rzetelności wyodrębnionych czynników, co stanowi kluczowy etap weryfikacji jakości konstrukcji narzędzia pomiarowego. Po przeprowadzeniu eksploracyjnej analizy czynnikowej (EFA), której celem było ustalenie struktury zależności pomiędzy zmiennymi oraz identyfikacja wspólnych wymiarów ukrytych w danych, konieczne stało się oszacowanie rzetelności wyodrębnionych skal czynnikowych. Rzetelność skali pomiarowej odnosi się do stopnia, w jakim jej wyniki pozostają stabilne i powtarzalne w różnych pomiarach, co ma kluczowe znaczenie dla zapewnienia wiarygodności uzyskanych rezultatów. W tym celu zastosowano współczynnik  $\alpha$ -Cronbacha, który jest standardowym miernikiem wewnętrznej spójności skali i służy do oceny, w jakim stopniu zmienne przypisane do danego czynnika mierzą tę samą właściwość latentną. Współczynnik ten przyjmuje wartości z przedziału  $<0;1>$ , gdzie wyższe wartości wskazują na większą koherencję pozycji skali. W literaturze metodologicznej powszechnie przyjmuje się, że wartości poniżej 0,6 mogą sugerować niską rzetelność skali, przedział 0,7-0,8 świadczy o akceptowalnym poziomie spójności wewnętrznej, natomiast wartości przekraczające 0,9 mogą wskazywać na redundancję pozycji, co może wymagać ich

redukcji w celu zwiększenia efektywności narzędzia pomiarowego<sup>404</sup>. W niniejszym badaniu jako minimalny próg akceptowalnej rzetelności przyjęto wartość  $\alpha$ -Cronbacha wynoszącą 0,7, co pozwala na uznanie danej skali za wystarczająco stabilną do dalszych analiz empirycznych.

Podkreślić należy, że analiza rzetelności skali umożliwia ocenę stopnia zgodności zmiennych w obrębie poszczególnych czynników, lecz sama w sobie nie stanowi narzędzia do oceny trafności teoretycznej modelu czynnikowego. Weryfikacja rzetelności wyodrębnionych czynników pozwala jednak na określenie, na ile uzyskane w wyniku EFA konstrukty wykazują odpowiedni poziom koherencji, co jest istotne dla późniejszego wykorzystania tych czynników w dalszych analizach statystycznych<sup>405</sup>.

Analizę rzetelności przeprowadzono dla trzech pierwszych czynników wyodrębnionych w badaniu. W przypadku czwartego, tj. *Redukcja hałasu*, analiza rzetelności skali nie została przeprowadzona, ponieważ jej zastosowanie jest metodologicznie uzasadnione wyłącznie w sytuacjach, gdy skala obejmuje co najmniej trzy zmienne składowe. Wynika to z faktu, że współczynnik  $\alpha$ -Cronbacha ocenia wewnętrzną spójność pozycji testowych, co wymaga istnienia wielowymiarowej struktury skali, pozwalającej na analizę korelacji pomiędzy zmiennymi. W przypadku skali jedno- lub dwupozycyjnej wartości  $\alpha$ -Cronbacha tracą swoją interpretowalność, gdyż współczynnik ten bazuje na uśrednionych korelacjach pomiędzy wszystkimi pozycjami skali. Jeśli zmienna jest pojedyncza, brak jest innych pozycji, z którymi mogłaby wykazywać wzajemne zależności, co uniemożliwia ocenę wewnętrznej spójności narzędzia. W sytuacji, gdy skala zawiera jedynie dwie zmienne, możliwe jest obliczenie prostego współczynnika korelacji między nimi, jednak wciąż nie pozwala to na ocenę jednorodności całej skali, co sprawia, że stosowanie  $\alpha$ -Cronbacha staje się w takim przypadku nieadekwatne<sup>406</sup>. Ponadto, w eksploracyjnej analizie czynnikowej przyjmuje się, że skale oparte na trzech lub więcej pozycjach są bardziej odporne na błędy losowe i umożliwiają bardziej precyzyjne modelowanie relacji między zmiennymi ukrytymi a wskaźnikami empirycznymi. Właśnie dlatego minimalny próg liczby pozycji w skali wynosi trzy - jest

---

<sup>404</sup> T. Raykov, G. Marcoulides, J. N. Anthony, Menold, *Evaluating cronbach's coefficient alpha and testing its identity to scale reliability: a direct Bayesian confirmatory factor analysis procedure*, Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives, Vol. 22, Issue 1, 2024, p. 78-89.

<sup>405</sup> A. F. Hayes, J. J. Coutts, *Use omega rather than Cronbach's alpha for estimating reliability. But....*, Communication Methods and Measures, Vol. 14, Issue 1, 2020, p. 2-16.

<sup>406</sup> K. Sijtsma, J. M. Pfadt, *Part II: On the use, the misuse, and the very limited usefulness of Cronbach's alpha: Discussing lower bounds and correlated errors*, Psychometrika, Vol. 86, Issue 4, 2021, p. 844-848.

to konieczny warunek do uzyskania wiarygodnych wyników w zakresie analizy rzetelności skali<sup>407</sup>.

Uzyskane wyniki analizy rzetelności dla poszczególnych czynników przedstawiono w poniższych tabelach. Czynniki pierwszy obejmuje zagadnienia związane z emisją i efektywnością energetyczną, czynnik drugi odnosi się do ochrony środowiska i zasobów, natomiast czynnik trzeci koncentruje się na zagadnieniach ekologii i funkcjonowania ekosystemów. Prezentowane wyniki umożliwiają ocenę spójności poszczególnych konstrukcji pomiarowych oraz weryfikację ich adekwatności do dalszych analiz empirycznych.

**Tabela 16. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika pierwszego: Racjonalne wykorzystanie zasobów**

<b>Podsumowanie skali</b>					
<b>Średnia=25,7183</b>					
<b>Odchylenie standardowe=9,12930</b>					
<b>N ważnych: 355</b>					
<b>Zmienna</b>	<b>Średnia gdy usunięte</b>	<b>Wariancja gdy usunięte</b>	<b>Odchylenie standardowe gdy usunięte</b>	<b>Korelacja pozycja całkowita</b>	<b>Alfa gdy usunięte</b>
Z7	21,30986	56,34906	7,506601	0,862911	0,921784
Z9	21,94085	57,71199	7,596841	0,790143	0,931344
Z10	21,42817	59,99695	7,745770	0,830141	0,926559
Z13	21,42535	59,59091	7,719515	0,769853	0,933362
Z18	21,41409	57,42009	7,577604	0,815208	0,927990
Z19	21,07324	59,44816	7,710263	0,846869	0,924531

Źródło: Opracowanie własne

**Tabela 17. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika drugiego: Ochrona środowiska**

<b>Podsumowanie skali</b>					
<b>Średnia=15,6028</b>					
<b>Odchylenie standardowe=4,52582</b>					
<b>N ważnych: 355</b>					
<b>Zmienna</b>	<b>Średnia gdy usunięte</b>	<b>Wariancja gdy usunięte</b>	<b>Odchylenie standardowe gdy usunięte</b>	<b>Korelacja pozycja całkowita</b>	<b>Alfa gdy usunięte</b>
Z15	10,30141	10,01901	3,165282	0,844139	0,924107

<sup>407</sup> L. Sürücü, I. Yıkılmaz, A. Maşlakçı, *op. cit.*, p. 949.

Z16	10,40563	9,24955	3,041306	0,890441	0,886649
Z17	10,49859	8,84718	2,974421	0,869527	0,905391

Źródło: Opracowanie własne

**Tabela 18. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika trzeciego: Ograniczenie negatywnego wpływu człowieka**

<b>Podsumowanie skali</b>					
Średnia=20,5972					
Odchylenie standardowe=4,91493					
N ważnych: 355					
Zmienna	Średnia gdy usunięte	Wariancja gdy usunięte	Odchylenie standardowe gdy usunięte	Korelacja pozycja całkowita	Alfa gdy usunięte
Z2	15,54084	14,70467	3,834667	0,706050	0,840536
Z4	15,09577	14,84153	3,852471	0,690019	0,846582
Z6	15,46197	13,35841	3,654916	0,764034	0,816662
Z8	15,69296	13,64375	3,693745	0,733816	0,829477

Źródło: Opracowanie własne

Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują, że wszystkie trzy skale wykazują wysoki poziom rzetelności, co oznacza, że mogą być uznane za adekwatne narzędzia pomiarowe dla przypisanych im konstruktów teoretycznych. Najwyższą rzetelność osiągnęła skala czynnika pierwszego - „*Racjonalne wykorzystanie zasobów*”, dla której współczynnik  $\alpha$ -Cronbacha wynosi 0,924. Taki wynik wskazuje na bardzo silne powiązania pomiędzy poszczególnymi pozycjami skali, co oznacza, że składające się na nią zmienne w sposób konsekwentny mierzą ten sam wymiar analizowanego zjawiska. Szczegółowa analiza struktury skali pokazuje, że najwyższą korelację z całkowitym wynikiem skali wykazuje zmienna Z7 (*Redukcja emisji CO<sub>2</sub>*, korelacja = 0,8629), co wskazuje na jej centralne znaczenie w konstrukcji czynnika. Podobnie wysoką korelację wykazuje zmienna Z19 (*Emisja gazów cieplarnianych*, korelacja = 0,8469) oraz Z10 (*Zmniejszenie śladu węglowego*, korelacja = 0,8301), co potwierdza ich spójność z całością konstruktów. Analiza wpływu poszczególnych pozycji na wartość  $\alpha$ -Cronbacha nie dostarcza jednoznacznych podstaw do eliminacji którejkolwiek zmiennej, choć Z13 (*Efektywność energetyczna*, korelacja = 0,7699) wykazuje relatywnie najniższe powiązanie z pozostałymi zmiennymi, a jej usunięcie skutkowałoby nieznacznym wzrostem współczynnika  $\alpha$  (do 0,933). Jednakże różnice te są marginalne i nie uzasadniają konieczności ingerencji w strukturę skali.

Dla czynnika drugiego - „*Ochrona środowiska*” - uzyskano współczynnik  $\alpha$ -Cronbacha na poziomie 0,905, co wskazuje na bardzo wysoką spójność skali i adekwatność pozycji testowych w odniesieniu do badanego wymiaru. Spośród zmiennych wchodzących w skład tej skali najwyższą korelację z całością wykazuje Z16 (*Oszczędność surowców naturalnych*, korelacja = 0,8904), a także Z17 (*Efektywne wykorzystanie wody*, korelacja = 0,8695), co sugeruje ich kluczowe znaczenie dla analizowanego czynnika. Najniższy poziom korelacji uzyskano dla zmiennej Z15 (*Zmniejszenie zanieczyszczenia wód*, korelacja = 0,8441), a jej usunięcie doprowadziłoby do nieznacznego wzrostu wartości  $\alpha$ -Cronbacha (do 0,924). Mimo to poziom tej korelacji nadal pozostaje wysoki i nie dostarcza jednoznacznych przesłanek do eliminacji tej zmiennej z konstrukcji skali.

W przypadku czynnika trzeciego - „*Ograniczenie negatywnego wpływu człowieka*” - wartość  $\alpha$ -Cronbacha wynosi 0,846, co wskazuje na dobrą, choć nieco niższą niż w przypadku poprzednich czynników, rzetelność skali. Wartość ta wciąż mieści się w zakresie pożądanej spójności narzędzia, jednak pewne pozycje wykazują relatywnie niższy poziom korelacji z całością skali. Najsilniej związane z konstruktem są Z6 (*Jakość gleby*, korelacja = 0,7640) oraz Z8 (*Zasadzenia drzew*, korelacja = 0,7338), co oznacza, że są to kluczowe zmienne dla opisywanego czynnika. Z kolei najniższą korelację wykazuje Z4 (*Wpływ na ekosystemy*, korelacja = 0,6900), a jej eliminacja doprowadziłaby do minimalnego wzrostu wartości  $\alpha$  (do 0,8466). Różnica ta jest jednak na tyle nieznaczną, że nie uzasadnia modyfikacji skali.

Na podstawie przedstawionych wyników można stwierdzić, że uzyskany model czynnikowy w pełni potwierdza założenia hipotezy H1. Cztery wyodrębnione czynniki: „*Racjonalne wykorzystanie zasobów*”, „*Ochrona środowiska*”, „*Ograniczenie negatywnego wpływu człowieka*” oraz „*Redukcja hałasu*”, wyjaśniają łącznie 77,74% wariacji analizowanych zmiennych, co świadczy o wysokiej zdolności modelu do odzwierciedlenia struktury środowiskowych efektów wykorzystania OZE. Struktura ładunków czynnikowych wskazuje, że respondenci łączą wykorzystanie odnawialnych źródeł energii przede wszystkim z redukcją emisji CO<sub>2</sub>, ograniczeniem emisji gazów cieplarnianych oraz zmniejszeniem śladu węglowego, a także z poprawą efektywności energetycznej, oszczędnością surowców naturalnych, efektywnym wykorzystaniem wody, ograniczeniem zanieczyszczenia wód, ochroną ekosystemów, poprawą jakości gleby oraz działaniami proekologicznymi. Bardzo wysokie wartości współczynników  $\alpha$ -Cronbacha dla skal „*Racjonalne wykorzystanie zasobów*” (0,924) oraz „*Ochrona*

środowiska” (0,905), jak również wysoka rzetelność skali „Ograniczenie negatywnego wpływu człowieka” (0,846), potwierdzają wewnętrzną spójność wyodrębnionych konstruktów oraz stabilność pomiaru. Oznacza to, że identyfikowane przez przedsiębiorstwa efekty środowiskowe tworzą jednolity obraz korzystnego oddziaływania wdrażania OZE na otoczenie przyrodnicze, racjonalne wykorzystanie zasobów naturalnych oraz ograniczanie negatywnego wpływu działalności człowieka na środowisko.

Zestawienie uzyskanych wyników pozwala na jednoznaczne potwierdzenie hipotezy H1: *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii wspiera ochronę środowiska, sprzyja racjonalnemu wykorzystaniu zasobów naturalnych i ogranicza negatywny wpływ działalności człowieka na otoczenie.*

## **5.2. Wpływ odnawialnych źródeł energii na działania przedsiębiorstw w aspekcie społecznym**

### **5.2.1. Rozkład zmiennych obserwowalnych**

W tabeli 19 dokonano zestawienia i analizy statystyk opisowych dla zmiennych obserwowalnych odnoszących się do aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw. Uwzględniono w niej miary tendencji centralnej i miary dyspersji, zgodnie z treścią tabeli.

**Tabela 19. Statystyki opisowe zmiennych obserwowalnych z zakresu aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw**

<b>Numer zmiennej</b>	<b>Zmienne obserwowalne</b>	<b>Średnia</b>	<b>Odchylenie standardowe</b>	<b>Współczynnik zmienności</b>
1.	Wzrost świadomości ekologicznej	3,48	1,18	0,34
2.	Wpływ na lokalną społeczność	4,35	1,02	0,23
3.	Edukacja ekologiczna	3,88	1,08	0,28
4.	Komunikacja ekologiczna	3,11	1,22	0,39
5.	Kształcenie i szkolenia	4,51	1,59	0,35
6.	Wsparcie dla lokalnych inicjatyw ekologicznych	4,91	1,46	0,30
7.	Przejrzystość działań ekologicznych	4,79	1,46	0,30
8.	Zdrowie i bezpieczeństwo pracowników	4,81	1,68	0,35

9.	Współpraca z NGO	4,82	1,46	0,30
10.	Poprawa jakości życia	4,80	1,62	0,34
11.	Dobrostan zwierząt	3,76	1,66	0,44
12.	Programy wolontariackie	4,77	1,55	0,32
13.	Poprawa wizerunku firmy	3,70	1,81	0,49
14.	Zaangażowanie społeczne	4,18	1,59	0,38
15.	Przystosowanie infrastruktury	4,61	1,42	0,31
16.	Zdrowie publiczne	4,86	1,52	0,31
17.	Działania CSR	4,25	1,73	0,41
18.	Zadowolenie pracowników	4,75	1,44	0,30
19.	Zaufanie konsumentów	3,63	1,86	0,51
20.	Relacje z interesariuszami	3,55	1,93	0,54

Zródło: Opracowanie własne

Wyniki analizy średnich wartości zmiennych obserwowalnych wskazują na istotne zróżnicowanie w ocenach poszczególnych aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju województwa pomorskiego. Wartości średnie dla analizowanych zmiennych kształtują się w przedziale  $\langle 3,11; 4,91 \rangle$ , co świadczy o relatywnie szerokim zakresie ocen i różnorodności percepcji badanych wskaźników. Najwyższe wartości średnie uzyskano dla zmiennej nr 6 „*Wsparcie dla lokalnych inicjatyw ekologicznych*” (4,91), a także dla zmiennych nr 9 „*Współpraca z NGO*” (4,82) oraz nr 8 „*Zdrowie i bezpieczeństwo pracowników*” (4,81). Wyniki te wskazują, że aspekty związane ze współpracą z organizacjami pozarządowymi, ochroną zdrowia oraz bezpieczeństwem zatrudnionych uzyskały najwyższe oceny spośród wszystkich analizowanych wskaźników społecznych.

W przedziale  $\langle 4,50; 4,80 \rangle$  znalazły się zmienne odnoszące się do jakości życia, przystosowania infrastruktury oraz działań edukacyjnych. Średnia wartość zmiennej nr 10 „*Poprawa jakości życia*” wyniosła 4,80, natomiast zmienna nr 15 „*Przystosowanie infrastruktury*” uzyskała wynik 4,61. Wskaźniki te charakteryzują się wysokimi ocenami, co podkreśla znaczenie infrastrukturalnych i społecznych przekształceń w kontekście długoterminowego zrównoważonego rozwoju. W tej grupie znalazła się także zmienna nr 5 „*Kształcenie i szkolenia*” (4,51), co wskazuje, że aspekty związane z edukacją i rozwojem kompetencji społecznych zajmują istotne miejsce w hierarchii badanych zagadnień.

Wartości średnie mieszczące się w przedziale  $\langle 4,00; 4,50 \rangle$  uzyskały zmienne dotyczące zaangażowania społecznego oraz etyki organizacyjnej. Zmienna nr 2 „*Wpływ na lokalną*

*społeczność*” uzyskała wartość 4,35, natomiast zmienna nr 17 „*Działania CSR*” osiągnęła wynik 4,25. Podobne wartości odnotowano dla zmiennej nr 14 „*Zaangażowanie społeczne*” (4,18), co wskazuje, że mimo relatywnie wysokiej oceny, te aspekty społeczne pozostają w hierarchii niżej w porównaniu do wskaźników odnoszących się do zdrowia i współpracy organizacyjnej.

Najniższe wartości średnich odnotowano w przypadku zmiennych dotyczących komunikacji oraz zaufania społecznego. Najniżej ocenioną zmienną okazała się zmienna nr 4 „*Komunikacja ekologiczna*” (3,11), co wskazuje na stosunkowo niską ocenę tego aspektu w porównaniu do innych czynników społecznych. Niskie wartości średnich uzyskały również zmienne nr 19 „*Zaufanie konsumentów*” (3,63) oraz nr 13 „*Poprawa wizerunku firmy*” (3,70), co sugeruje, że te aspekty nie zostały ocenione przez respondentów tak wysoko jak inne kategorie związane z rozwojem społeczności i edukacją ekologiczną.

Rozkład uzyskanych wyników wskazuje na wyraźną hierarchię ocenianych zmiennych, w której najwyższe wartości uzyskały wskaźniki odnoszące się do zdrowia i bezpieczeństwa, współpracy z organizacjami pozarządowymi oraz poprawy jakości życia, natomiast najniższe oceny przyznano aspektom związanym z komunikacją społeczną, wizerunkiem firm i poziomem zaufania konsumentów.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wartości odchylenia standardowego dla zmiennych obserwowalnych związanych z aspektami społecznymi zrównoważonego rozwoju województwa pomorskiego stwierdzono, że wartości te mieszczą się w przedziale  $\langle 1,02; 1,93 \rangle$ . Oznacza to, że poziom zmienności ocen poszczególnych wskaźników jest zróżnicowany, a zakres rozproszenia wyników może mieć istotne implikacje dla interpretacji percepcji analizowanych aspektów społecznych. Średnia wartość odchylenia standardowego wynosi 1,50, co wskazuje na umiarkowany poziom dyspersji ocen w obrębie badanych zmiennych. Najmniejsze zróżnicowanie odpowiedzi odnotowano dla zmiennej „*Wpływ na lokalną społeczność*”, dla której wartość odchylenia standardowego wyniosła 1,02, co sugeruje wysoką stabilność ocen oraz dużą zgodność respondentów co do znaczenia tego wskaźnika. Warto podkreślić, że zmienna ta uzyskała jednocześnie relatywnie wysoką średnią ocenę (4,35), co potwierdza tendencję, zgodnie z którą zmienne oceniane wysoko charakteryzują się mniejszą zmiennością wyników. Z kolei najwyższą wartość odchylenia standardowego odnotowano dla zmiennej „*Relacje z interesariuszami*” (1,93), co wskazuje na znaczną rozbieżność opinii respondentów

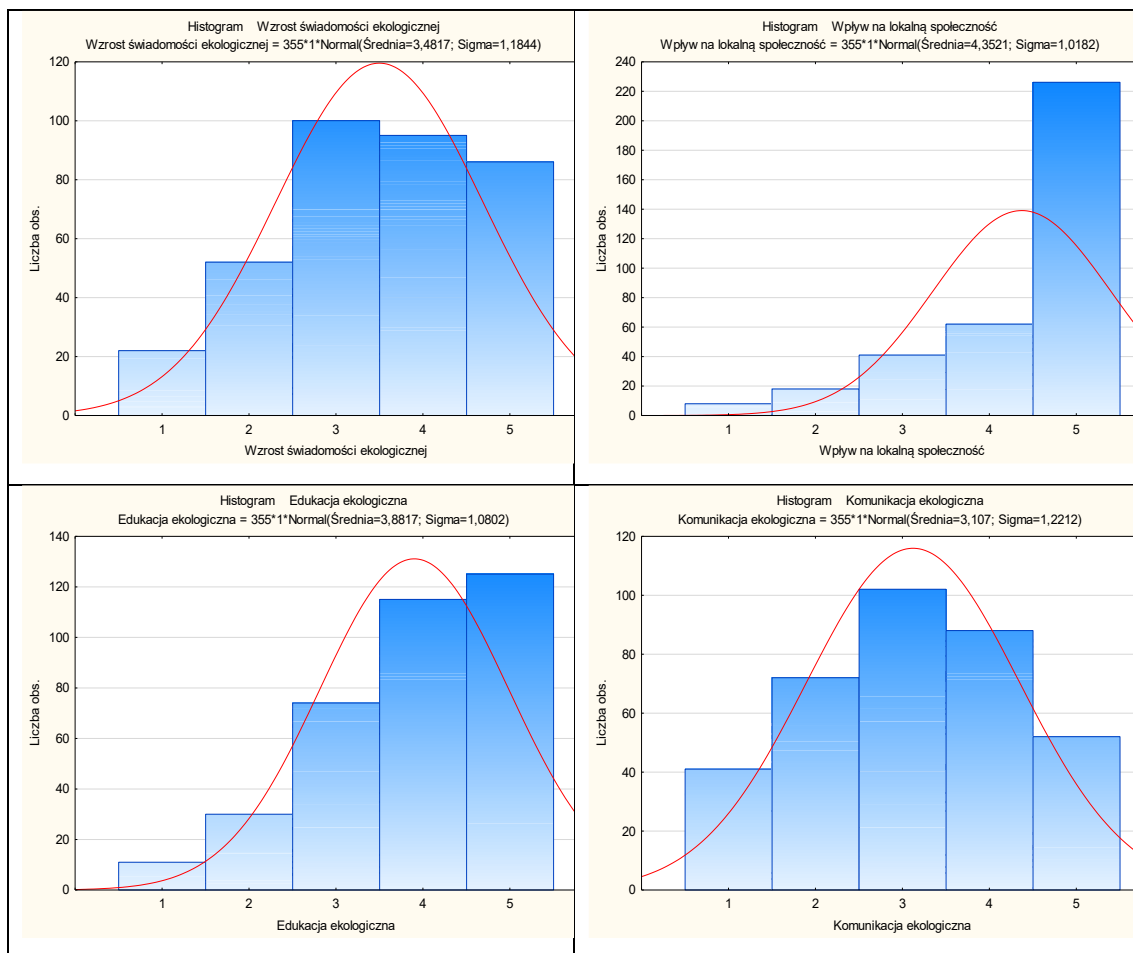
na temat tego aspektu społecznego. Wysoka wartość tego wskaźnika sugeruje, że percepcja relacji z interesariuszami jest mocno zróżnicowana i zależna od indywidualnych doświadczeń oraz oczekiwań badanych osób.

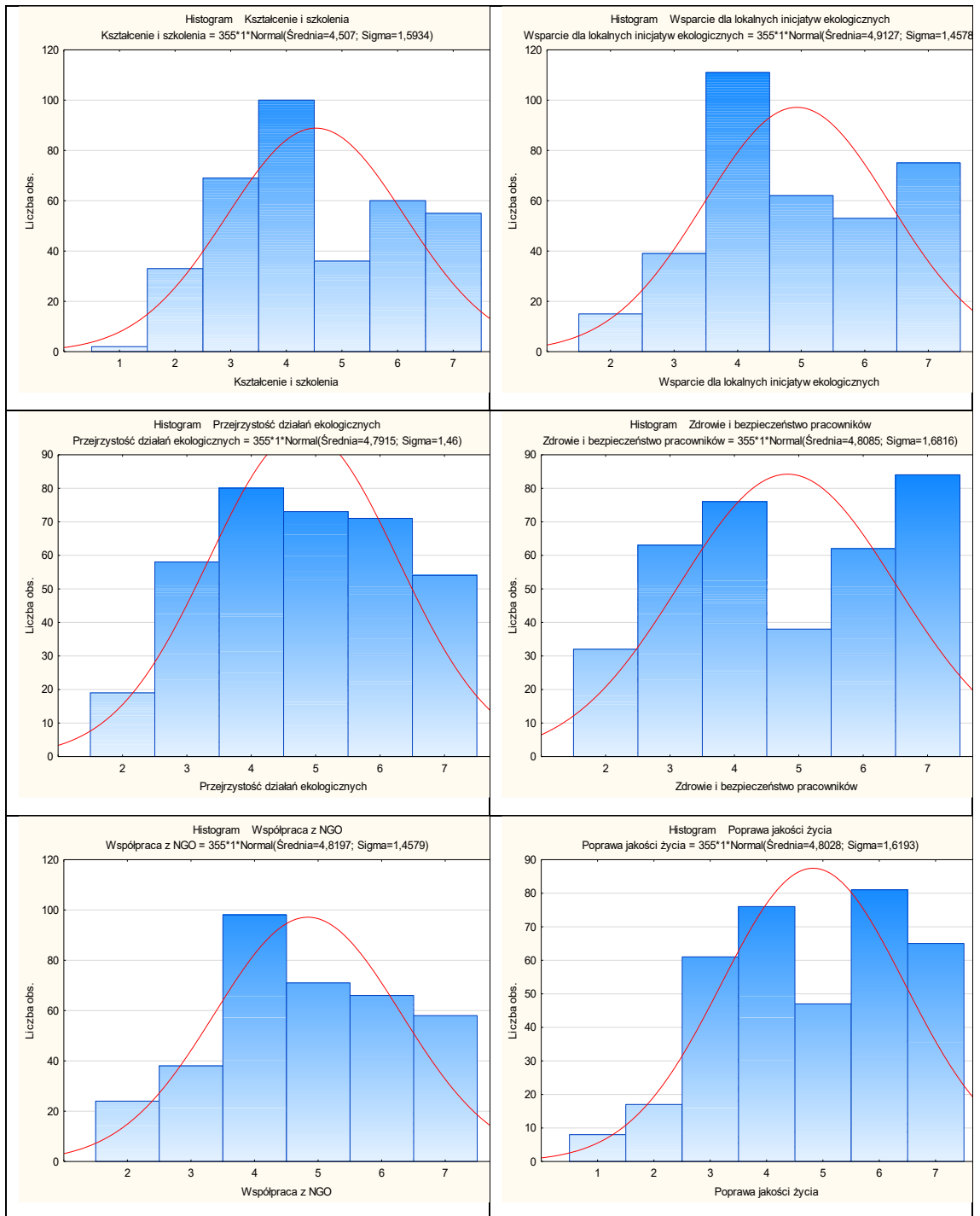
W przypadku kilku zmiennych odnotowano identyczne wartości odchylenia standardowego. W związku z tym, zgodnie z podejściem zastosowanym we wcześniejszych podrozdziałach, przeprowadzono dodatkową analizę przy wykorzystaniu współczynnika zmienności.

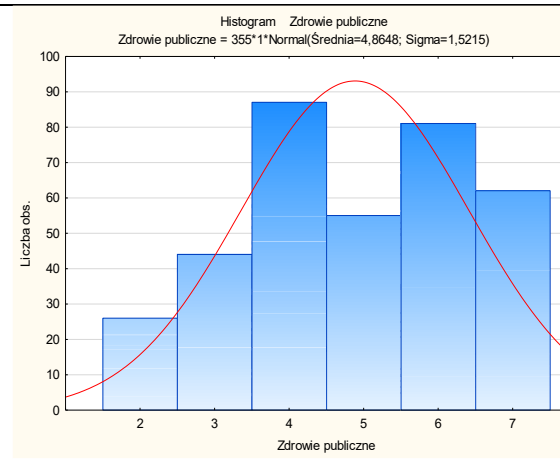
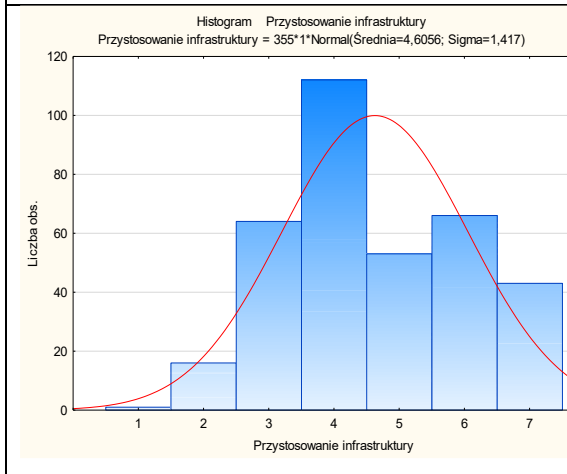
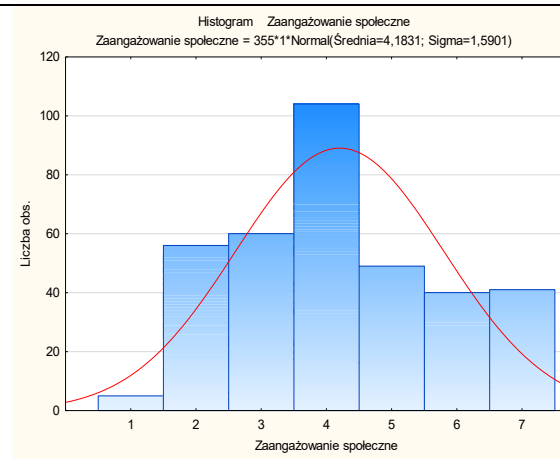
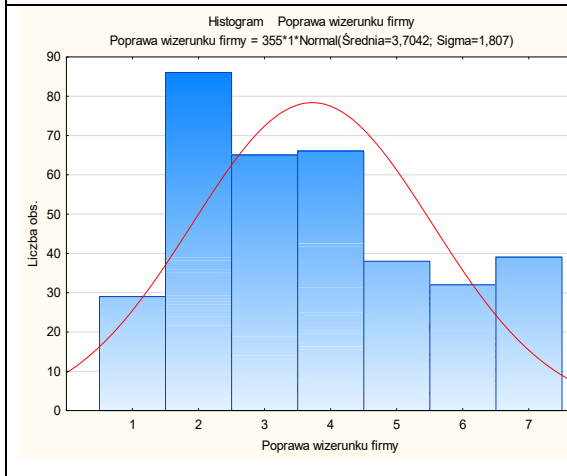
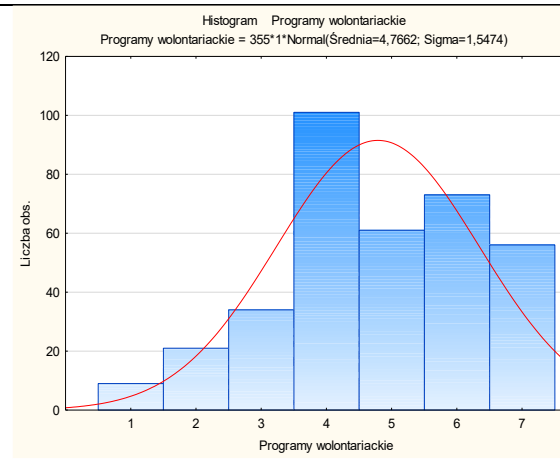
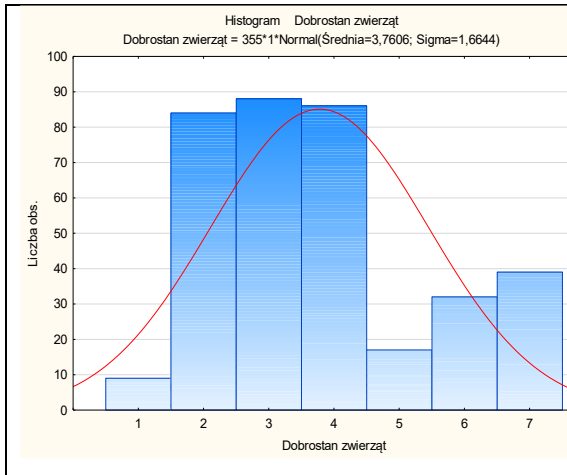
Analiza wartości współczynnika zmienności wykazała wyraźne różnice w stopniu względnej dyspersji ocen. Wartości współczynnika zmienności mieściły się w przedziale  $\langle 0,23;0,54 \rangle$ , co wskazuje na istotne zróżnicowanie stabilności percepcji poszczególnych aspektów społecznych. Średnia wartość współczynnika zmienności dla wszystkich wskaźników wyniosła 0,35, co sugeruje umiarkowany poziom zmienności ocen w stosunku do wartości średnich. Najmniejszą wartość współczynnika zmienności odnotowano dla zmiennej „*Wpływ na lokalną społeczność*” (0,23), co wskazuje na najwyższą spójność ocen wśród respondentów. Niski poziom współczynnika zmienności w tym przypadku oznacza, że aspekt ten jest oceniany w sposób jednolity, a jego percepcja pozostaje stabilna w obrębie badanej próby. Z kolei najwyższą wartość współczynnika zmienności odnotowano dla zmiennej „*Relacje z interesariuszami*” (0,54), co sugeruje najwyższy stopień względnego zróżnicowania ocen w analizowanej grupie wskaźników. Zmienna ta jednocześnie uzyskiwała jedną z najniższych wartości średnich (3,55), co wskazuje, że była oceniana nie tylko mniej korzystnie, ale również w sposób znacząco zróżnicowany wśród respondentów. Współczynnik zmienności przekraczający wartość 0,38 odnotowano również w przypadku zmiennych „*Działania CSR*” (0,41), „*Poprawa wizerunku firmy*” (0,49) oraz „*Zaufanie konsumentów*” (0,51), co wskazuje na wysoki stopień rozproszenia ocen. Podobnie jak w przypadku zmiennej „*Relacje z interesariuszami*”, zmienne te charakteryzują się jednocześnie jednymi z najniższych wartości średnich, co oznacza, że są oceniane zarówno mniej korzystnie, jak i w sposób bardziej zróżnicowany. Z kolei zmienne o współczynniku zmienności oscylującym wokół wartości 0,30-0,33, takie jak „*Programy wolontariackie*” (0,32), „*Zdrowie publiczne*” (0,31) oraz „*Przejrzystość działań ekologicznych*” (0,30), wykazują umiarkowany poziom rozproszenia ocen. Oznacza to, że mimo pewnego stopnia różnorodności w odpowiedziach respondentów, zmienne te nie wykazują tak dużej niestabilności ocen jak wskaźniki związane z zaufaniem konsumentów czy społeczną

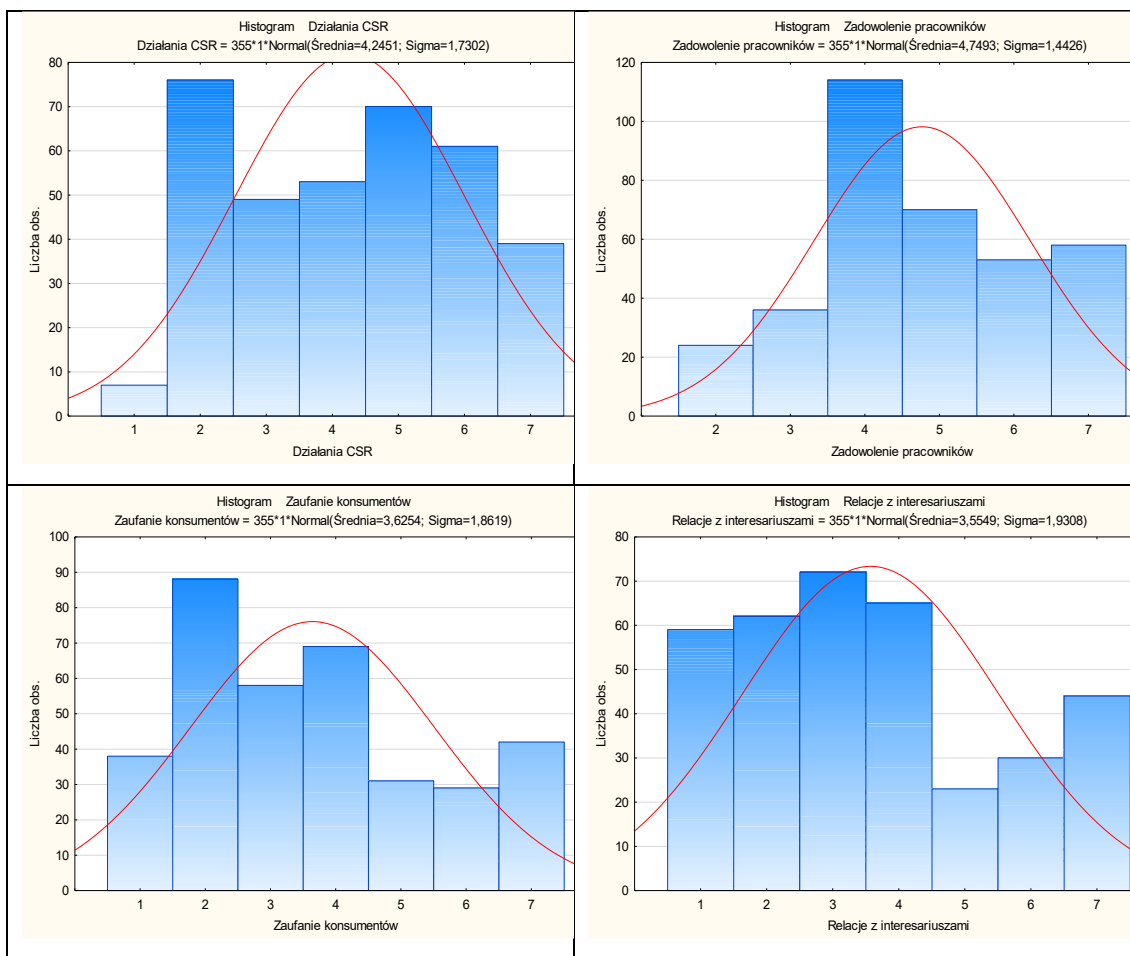
odpowiedzialnością biznesu. Analiza współczynnika zmienności potwierdza zatem tendencję, zgodnie z którą zmienne o wyższych wartościach średnich, takie jak „*Zdrowie i bezpieczeństwo pracowników*” (4,81) czy „*Współpraca z NGO*” (4,82), charakteryzują się mniejszą zmiennością ocen. Natomiast te o niższych wartościach średnich, zwłaszcza odnoszące się do relacji z interesariuszami, poziomu zaufania konsumentów oraz postrzegania wizerunku firm, wykazują większą dyspersję ocen wśród respondentów.

Na poniższym rysunku zaprezentowano w formie graficznej histogramy ilustrujące zmienne opisujące społeczne aspekty zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw.









**Rysunek 6. Rozkłady zmiennych obserwowalnych dla aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw**

Źródło: Opracowanie własne

Dla zmiennej „wzrost świadomości ekologicznej” rozkład empiryczny cechuje się stosunkowo symetrycznym, lecz umiarkowanie przesuniętym w lewą stronę układem danych, z wyraźną koncentracją obserwacji w przedziale średnich wartości. Histogram wskazuje na dominację wyników w przedziale centralnym, a jednocześnie zauważalny jest brak jakichkolwiek odpowiedzi respondentów dla najwyższych wartości analizowanej skali (6 oraz 7). Taka struktura danych sugeruje umiarkowany poziom efektywności procesu wzrostu świadomości ekologicznej oraz relatywną jednorodność wyników w analizowanej populacji. Średnia arytmetyczna wynosząca 3,48 jest bardzo zbliżona do wartości modalnej, która przypada na przedział około 3. Zbliżenie średniej do dominanty świadczy o stabilności i umiarkowanej symetrii badanego rozkładu, potwierdzając jednocześnie, że średnia arytmetyczna jest adekwatnym wskaźnikiem centralnej tendencji analizowanej zmiennej. Ponadto histogram zawiera mniej liczne wartości w dolnych przedziałach zmiennej.

W przypadku zmiennej „wpływ na lokalną społeczność” rozkład empiryczny cechuje się silną asymetrią lewostronną, która uwidacznia się szczególnie intensywną koncentracją obserwacji w wyższym dostępnym przedziale wartości, tj. około 5. Charakterystyczny jest również całkowity brak odpowiedzi respondentów dla najwyższych możliwych wartości analizowanej skali (6 oraz 7), co dodatkowo wzmacnia jednorodność i jednoznaczność wyników w zakresie badanego wpływu na lokalną społeczność. Dominanta rozkładu jednoznacznie przypada na wartość około 5, podczas gdy średnia arytmetyczna wynosi 4,35. Niewielka rozbieżność pomiędzy wartością średnią a dominantą wskazuje na stosunkowo wysoki poziom reprezentatywności średniej jako miary centralnej tendencji analizowanego parametru, mimo zaobserwowanej wyraźnej asymetrii rozkładu. Ponadto na histogramie zauważalne są mniej liczne obserwacje znajdujące się w dolnych przedziałach.

Zmienna „edukacja ekologiczna” charakteryzuje się wyraźną asymetrią lewostronną, przejawiającą się silną koncentracją obserwacji w przedziałach wyższych wartości (4-5). Znamienne jest całkowite wykluczenie przez respondentów najwyższych wartości analizowanej skali (6 i 7), co dodatkowo wzmacnia jednolitość danych oraz ograniczony zakres zmienności badanego parametru w analizowanej próbie. Dominanta rozkładu znajduje się w przedziale około 5, co wskazuje na dominację wyników sugerujących wysoki poziom skuteczności prowadzonych działań w zakresie edukacji ekologicznej. Średnia arytmetyczna wynosi 3,88 jednostek i jest nieznacznie przesunięta w stronę niższych wartości względem dominanty, co jest efektem zauważalnej asymetrii ujemnej oraz obecności mniej licznych obserwacji w niższych przedziałach analizowanego parametru. Dodatkowo histogram prezentuje mniej liczne wartości znajdujące się w dolnych przedziałach rozkładu.

Dla zmiennej „komunikacja ekologiczna” rozkład empiryczny cechuje się symetrycznym układem danych, z wyraźnym skupieniem wyników wokół środkowego przedziału wartości (3). Histogram wskazuje na wysoką koncentrację obserwacji w centralnej części rozkładu oraz stopniowe zmniejszanie się ich liczby w kierunku skrajnych wartości analizowanej skali. Charakterystyczny jest brak jakichkolwiek odpowiedzi respondentów dla najwyższych wartości (6-7), co dodatkowo potwierdza umiarkowany zakres badanego parametru w analizowanej populacji. Dominanta badanego rozkładu wyraźnie przypada na wartość około 3 i jest bardzo bliska średniej arytmetycznej wynoszącej 3,11 jednostek. Zbliżone wartości obu tych miar centralnych wskazują na symetryczność rozkładu oraz

wysoką reprezentatywność średniej jako miary centralnej tendencji analizowanej zmiennej. Ponadto histogram prezentuje mniej liczne wartości znajdujące się na krańcach analizowanego rozkładu.

W przypadku zmiennej „*kształcenie i szkolenia*” rozkład empiryczny charakteryzuje się umiarkowaną symetrią oraz koncentracją danych w środkowych przedziałach wartości. Histogram ukazuje wyraźne skupienie wyników wokół przedziału wartości około 4, wraz z dominującym maksimum, co świadczy o umiarkowanej efektywności analizowanego procesu w badanej populacji. Średnia arytmetyczna zmiennej wynosi 4,51 jednostek i znajduje się blisko wartości modalnej, co potwierdza symetryczny charakter rozkładu oraz jego stabilność. Średnia ta może być zatem uznana za reprezentatywną miarę centralnej tendencji analizowanego parametru. Na histogramie widoczne są także mniej liczne obserwacje ulokowane w dolnym przedziale wartości.

Zmienna „*wsparcie dla lokalnych inicjatyw ekologicznych*” cechuje się umiarkowaną asymetrią lewostronną oraz wyraźną koncentracją obserwacji w dwóch dominujących przedziałach wartości - pierwszym, bardziej licznym przedziale około 4, oraz drugim, nieco mniej licznym przedziale około 7. Taka struktura danych wskazuje na potencjalną heterogeniczność analizowanej populacji, sugerując obecność dwóch odrębnych grup obserwacji różniących się poziomem deklarowanego wsparcia lokalnych inicjatyw ekologicznych. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,91 jednostek i jest usytuowana między dwoma dominującymi skupieniami danych, co może ograniczać jej interpretację jako jednoznacznej miary centralnej tendencji. Wartość średnia jest efektem wyrównania koncentracji obserwacji wokół dwóch odrębnych przedziałów, przez co w ograniczonym stopniu odzwierciedla charakterystykę dominujących wartości modalnych badanego zjawiska. Na histogramie zauważalny jest całkowity brak obserwacji w najniższym przedziale (1), co dodatkowo podkreśla przesunięcie całego rozkładu w stronę wartości wyższych, sugerując wysoki poziom badanego parametru w analizowanej próbie.

Dla zmiennej „*przejrzystość działań ekologicznych*” rozkład empiryczny wykazuje względną symetrię oraz silną koncentrację danych w przedziale wartości od około 4 do 6. Histogram wskazuje na wysoką jednorodność odpowiedzi, co sugeruje stabilność badanego procesu oraz zbliżenie analizowanej próby do teoretycznego rozkładu normalnego. Warto zauważyć całkowity brak odpowiedzi respondentów dla wartości 1 jednostki, co dodatkowo podkreśla, że skrajnie niska przejrzystość działań

ekologicznych nie była w ogóle identyfikowana w analizowanej próbie. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,79 jednostek i jest zbliżona do dominanty rozkładu (około 5), co potwierdza reprezentatywność średniej jako wiarygodnej miary centralnej tendencji badanego parametru. Zrównoważony rozkład danych oraz stosunkowo niewielka różnica pomiędzy miarami tendencji centralnej wskazują na przewidywalność badanego zjawiska i brak istotnych zaburzeń w strukturze próby. Dodatkowo histogram prezentuje mniej liczne wartości znajdujące się w skrajnych przedziałach.

W przypadku zmiennej „*zdrowie i bezpieczeństwo pracowników*” rozkład empiryczny wykazuje pewne cechy quasi-bimodalności, co sugeruje istnienie dwóch podgrup respondentów o różnych ocenach badanego aspektu. Histogram przedstawia dwa lokalne maksima - jedno ulokowane w przedziale 3-4, drugie zaś w zakresie 6-7, co wskazuje na heterogeniczność struktury próby badawczej. Chociaż brak jest wyraźnego, głębokiego obniżenia liczby obserwacji pomiędzy tymi wartościami, co jest typowe dla klasycznej bimodalności, można zauważyć, że zmienna ta nie przyjmuje jednoznacznie symetrycznego układu. Zaobserwowana struktura wskazuje na lekką asymetrię lewostronną, co oznacza, że większa liczba odpowiedzi respondentów skupiła się w wyższych wartościach zmiennej, w szczególności w przedziale 6-7, co może świadczyć o generalnie pozytywnej ocenie poziomu zdrowia i bezpieczeństwa pracowników w analizowanych warunkach. Średnia arytmetyczna zmiennej wynosi 4,81 jednostek, co wskazuje, że wartości centralne pozostają bliskie dominującym przedziałom, jednak mogą nie w pełni odzwierciedlać dualność rozkładu. Dodatkowo histogram wykazuje stosunkowo szeroką wariację, co wskazuje na zróżnicowanie ocen w badanej próbie.

Zmienna „*współpraca z NGO*” wykazuje względnie symetryczną strukturę, z wyraźnym skupieniem obserwacji w przedziałach od 4 do 6. Histogram ukazuje wysoką koncentrację wyników w centralnej części skali, co sugeruje umiarkowany, lecz pozytywnie oceniany poziom współpracy z organizacjami pozarządowymi. Warto odnotować całkowity brak odpowiedzi respondentów dla wartości 1 jednostki, co wskazuje, że skrajnie niska współpraca nie występowała w analizowanej próbie. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,19 jednostek i jest zbliżona do modalnej wartości, co potwierdza reprezentatywność średniej jako miary centralnej tendencji badanego parametru. Widoczna na histogramie krzywa teoretycznego rozkładu

normalnego wskazuje na względnie dobre dopasowanie empirycznego rozkładu do teoretycznego modelu Gaussa, choć można dostrzec drobne odchylenia w skrajnych przedziałach. Dodatkowo histogram prezentuje mniej liczne wartości znajdujące się w dolnych oraz w wyższych przedziałach.

Dla zmiennej „*poprawa jakości życia*” rozkład empiryczny wykazuje asymetrię lewostronną, co objawia się wyraźnym przesunięciem koncentracji obserwacji w stronę wyższych wartości analizowanego parametru. Histogram uwidacznia dominację wyników w przedziale od 5 do 7, natomiast zauważalnie mniejsza liczba przypadków rozkłada się w kierunku niższych wartości, co prowadzi do wydłużenia lewego ogona rozkładu. Pomimo naniesionej krzywej teoretycznego rozkładu normalnego, widoczne są istotne odstępstwa od symetrii, wskazujące na ujemną skośność danych empirycznych. Średnia arytmetyczna wynosi 4,80 jednostek, co potwierdza, że większość ocen koncentruje się w wyższych przedziałach zmiennej. Dominanta rozkładu przypada na przedział wartości 5-6, co oznacza, że to właśnie ten zakres ocen najczęściej występował w badanej próbie. Widoczna rozbieżność pomiędzy średnią arytmetyczną a wartościami modalnymi wskazuje na ograniczoną reprezentatywność średniej jako wskaźnika tendencji centralnej. Warto zauważyć, że wartości poniżej 3 pojawiają się sporadycznie, co sugeruje, że negatywna ocena poprawy jakości życia jest w badanej próbie marginalna.

W przypadku zmiennej „*dobrostan zwierząt*” rozkład empiryczny wykazuje umiarkowaną asymetrię prawostronną, co przejawia się większą liczbą obserwacji w dolnych i środkowych przedziałach wartości oraz stosunkowo nielicznymi odpowiedziami w przedziałach najwyższych. Histogram ukazuje najwyższą koncentrację wyników w przedziale 3-4, co wskazuje na umiarkowanie pozytywne postrzeganie dobrostanu zwierząt w badanej populacji. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 3,78 jednostek i jest zbliżona do modalnej wartości, co potwierdza reprezentatywność średniej jako miary centralnej tendencji badanego parametru. Widoczna na histogramie krzywa teoretycznego rozkładu normalnego wskazuje na stosunkowo dobre dopasowanie empirycznego rozkładu do modelu Gaussa, choć zauważalne są odchylenia w obszarze wartości najwyższych, które są stosunkowo rzadkie. Dodatkowo histogram przedstawia mniej liczne wartości znajdujące się w dolnym przedziale.

Zmienna „*programy wolontariackie*” wykazuje lekką asymetrię lewostronną, co objawia się przesunięciem koncentracji danych w stronę wyższych wartości analizowanego parametru. Histogram wskazuje na wyraźną dominację wyników w przedziale 4-6, przy jednoczesnym stopniowym spadku liczby obserwacji w kierunku skrajnych wartości dolnych. Mimo nałożonej krzywej teoretycznego rozkładu normalnego Gaussa, widoczne są odstępstwa od pełnej symetrii, sugerujące ujemną skośność rozkładu. Średnia arytmetyczna wynosi 4,77 jednostek, co oznacza, że dominujące wartości zmiennej znajdują się w wyższych przedziałach skali. Modalność przypada na przedział 4, co wskazuje, że jest to najczęściej wybierana wartość w badanej próbie. Nie występują znaczące anomalie w postaci wartości odstających ani wyraźnej bimodalności, co sugeruje stosunkowo jednolitą strukturę danych. Warto jednak zauważyć, że wartości 1 i 2 pojawiają się sporadycznie, co oznacza, że niska ocena badanej zmiennej jest w populacji marginalna.

Dla zmiennej „*poprawa wizerunku firmy*” rozkład empiryczny wykazuje wyraźną asymetrię prawostronną, co oznacza większą koncentrację obserwacji w niższych przedziałach wartości, szczególnie w zakresie od 2 do 4. Histogram ukazuje najwyższą liczbę obserwacji w przedziale 2, co sugeruje, że w badanej populacji poprawa wizerunku firmy była oceniana raczej nisko, przy czym pojawiały się także pojedyncze wyższe wartości. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 3,70 jednostek i jest przesunięta w kierunku niższych wartości względem modalnej wartości, co wskazuje na dominację ocen poniżej wartości centralnej. Widoczna krzywa teoretycznego rozkładu normalnego pokazuje, że rozkład empiryczny odbiega od klasycznego modelu normalnego, co jest skutkiem nierównomiernej koncentracji obserwacji. Dodatkowo histogram przedstawia mniej liczne wartości w wyższych przedziałach.

W przypadku zmiennej „*zaangażowanie społeczne*” rozkład empiryczny wykazuje względną symetrię, z dominującą koncentracją obserwacji w przedziale 4-5. Histogram ukazuje najwyższą liczbę obserwacji w centralnym przedziale wartości, co sugeruje umiarkowany, lecz stabilny poziom zaangażowania społecznego w analizowanej populacji. Krzywa teoretycznego rozkładu normalnego wykazuje dobre dopasowanie do rozkładu empirycznego, co sugeruje przewidywalność badanego zjawiska. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,18 i jest bliska modalnej wartości, co potwierdza, że średnia jest reprezentatywnym wskaźnikiem centralnej tendencji badanego parametru. Niewielkie różnice pomiędzy średnią, dominantą i medianą

wskazują na umiarkowaną stabilność rozkładu oraz ograniczoną liczbę obserwacji odbiegających od wartości centralnych. Dodatkowo histogram przedstawia mniej liczne wartości znajdujące się w dolnych oraz w wyższych przedziałach.

Zmienna „*przystosowanie infrastruktury*” wykazuje względną symetrię, z dominującą koncentracją obserwacji w przedziale 4-5. Histogram ukazuje najwyższą liczbę obserwacji w środkowym przedziale wartości, co sugeruje umiarkowany, lecz pozytywnie oceniany poziom przystosowania infrastruktury w analizowanej populacji. Krzywa teoretycznego rozkładu normalnego wykazuje dobre dopasowanie do rozkładu empirycznego, co sugeruje przewidywalność badanego zjawiska. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,81 jednostek i jest bliska modalnej wartości, co potwierdza, że średnia jest reprezentatywnym wskaźnikiem centralnej tendencji badanego parametru. Niewielkie różnice pomiędzy średnią, dominantą i medianą wskazują na umiarkowaną stabilność rozkładu oraz ograniczoną liczbę obserwacji odbiegających od wartości centralnych. Dodatkowo histogram przedstawia mniej liczne wartości znajdujące się w dolnych przedziałach.

Dla zmiennej „*zdrowie publiczne*” rozkład empiryczny wykazuje względną symetrię, z najwyższą koncentracją obserwacji w przedziale 4-6. Histogram wskazuje na dominację ocen umiarkowanie pozytywnych, co sugeruje, że zmienna w analizowanej populacji jest postrzegana na średnim lub podwyższonym poziomie. Widoczna na wykresie krzywa teoretycznego rozkładu normalnego wykazuje dobre dopasowanie do rozkładu empirycznego, co świadczy o stabilności wyników. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,85 jednostek i jest bliska modalnej wartości, co potwierdza, że średnia jest reprezentatywnym wskaźnikiem centralnej tendencji badanego parametru. Stosunkowo niewielkie różnice między średnią, dominantą i medianą sugerują, że rozkład jest dobrze wyważony, a skrajne wartości nie mają znaczącego wpływu na wyniki. Dodatkowo histogram prezentuje mniej liczne wartości w dolnym przedziale (2) oraz brak ocen z przyznaną wartością 1.

W przypadku zmiennej „*działania CSR*” rozkład empiryczny wykazuje lekką asymetrię prawostronną, co przejawia się zwiększoną liczbą obserwacji w niższych przedziałach wartości, w szczególności w zakresie od 2 do 3. Histogram ukazuje najwyższą koncentrację odpowiedzi w przedziałach 2 oraz 5 jednostek, co sugeruje istnienie dwóch dominujących grup ocen działań z zakresu społecznej odpowiedzialności biznesu w badanej populacji. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,25

jednostek, co wskazuje na umiarkowany poziom ocen działań CSR. Jednocześnie modalność w przedziałach 2 i 5 jednostek sugeruje, że respondenci podzielili się na dwie grupy - jedną, która ocenia działania CSR stosunkowo nisko, i drugą, która dostrzega ich pozytywne skutki. Widoczna krzywa teoretycznego rozkładu normalnego wskazuje na ogólnie dobre dopasowanie do danych empirycznych, choć obserwowane odchylenia od klasycznego modelu normalnego sugerują możliwość występowania różnych subpopulacji w próbie. Dodatkowo histogram przedstawia mniej liczne wartości w dolnych przedziałach (1).

Zmienna „*zadowolenie pracowników*” wykazuje względną symetrię, z dominującą koncentracją obserwacji w przedziale 4-5. Histogram ukazuje najwyższą liczbę odpowiedzi w przedziale 4, co sugeruje umiarkowanie wysokie zadowolenie pracowników w analizowanej populacji. Widoczna na wykresie krzywa teoretycznego rozkładu normalnego wykazuje dobre dopasowanie do rozkładu empirycznego, co świadczy o przewidywalności badanego zjawiska. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,75 jednostek i jest bliska modalnej wartości, co potwierdza, że średnia stanowi wiarygodny wskaźnik centralnej tendencji badanego parametru. Niewielkie różnice między średnią, dominantą i medianą wskazują na stabilność rozkładu oraz ograniczoną liczbę obserwacji odbiegających od wartości centralnych. Dodatkowo histogram przedstawia mniej liczne wartości w dolnym przedziale (około 2 jednostek). Zauważalny jest brak odpowiedzi respondentów dla wartości 1, co może sugerować, że skrajnie negatywne oceny poziomu zadowolenia nie wystąpiły w badanej próbie.

Dla zmiennej „*zaufanie konsumentów*” rozkład empiryczny wykazuje asymetrię prawostronną. Oznacza to, że największa liczba obserwacji znajduje się w niższych przedziałach wartości, a mniejsza liczba przypadków rozciąga się w stronę wyższych wartości. Taki układ wskazuje, że dominują niskie oceny poziomu zaufania konsumentów, lecz istnieje także niewielka grupa respondentów, którzy ocenili ten poziom wyżej. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 3,63 jednostki, co potwierdza, że większość ocen koncentruje się wokół niższych przedziałów wartości. Modalność w przedziale 2 jednostek sugeruje, że znacząca część respondentów oceniła zaufanie na niskim poziomie. Jednocześnie widoczny ogon rozkładu w wyższych wartościach sugeruje występowanie części respondentów, którzy ocenili zaufanie relatywnie wysoko, jednak ich liczba jest znacznie mniejsza w porównaniu do dominujących niskich wartości. Dodatkowo histogram przedstawia rozproszone

wartości w skrajnych przedziałach, co może sugerować obecność mniejszej, ale istotnej subpopulacji badanych.

W przypadku zmiennej „*relacje z interesariuszami*” rozkład empiryczny wykazuje asymetrię prawostronną, co oznacza, że największa liczba obserwacji koncentruje się w niższych przedziałach wartości, a mniejsza liczba przypadków rozciąga się w stronę wyższych wartości. Taka charakterystyka rozkładu wskazuje, że dominują umiarkowanie niskie oceny relacji z interesariuszami, ale występuje również niewielka grupa respondentów oceniających je wyżej. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 3,55 jednostek, co potwierdza, że większość ocen koncentruje się wokół dolnych wartości skali. Modalność w zakresie 3 jednostek sugeruje, że relacje z interesariuszami są oceniane jako przeciętne, ale nie najniższe. Widoczna na wykresie krzywa teoretycznego rozkładu normalnego wskazuje na zauważalne odchylenie od modelu klasycznego rozkładu normalnego, co wynika głównie z większej koncentracji wartości w dolnej części rozkładu oraz bardziej rozproszonych wartości w wyższych przedziałach. Dodatkowo histogram przedstawia mniej liczne wartości w skrajnych przedziałach (6-7), co może sugerować obecność subpopulacji respondentów, którzy oceniają relacje z interesariuszami jako dobre lub bardzo dobre.

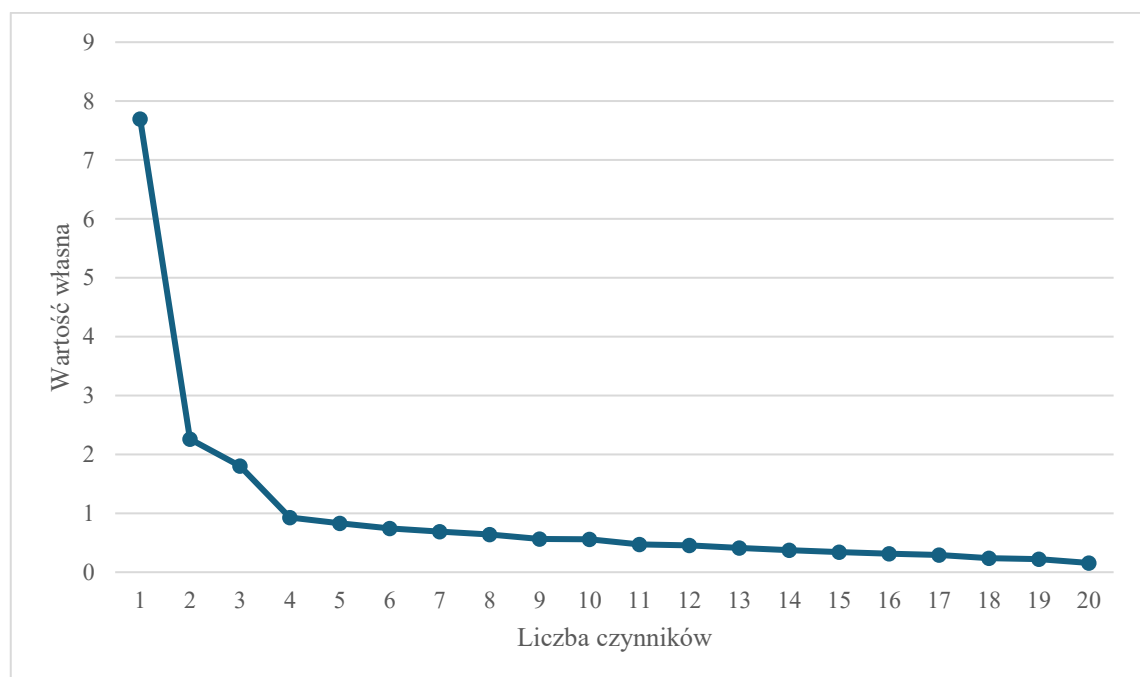
Na podstawie zbiorczej analizy histogramów 20 zmiennych można sformułować szereg istotnych wniosków dotyczących ich rozkładów empirycznych, dominujących tendencji centralnych oraz ewentualnych odstępstw od klasycznych modeli statystycznych. Analiza wskazuje na zróżnicowanie charakterystyki rozkładów, gdzie dominują przypadki asymetrii oraz bimodalności, co może świadczyć o niejednorodności ocen respondentów i istnieniu wyraźnych podgrup w badanej populacji.

Jednym z kluczowych trendów jest przewaga asymetrii lewostronnej, co oznacza przesunięcie koncentracji ocen w kierunku wyższych wartości analizowanych zmiennych. Taki układ obserwowano m.in. w przypadku zmiennych „*wzrost świadomości ekologicznej*”, „*wpływ na lokalną społeczność*”, „*edukacja ekologiczna*”, „*kształcenie i szkolenia*”, „*poprawa jakości życia*”, „*programy wolontariackie*”. Zaobserwowane przesunięcie wskazuje, że większość respondentów ocenia te procesy pozytywnie, co odzwierciedla dominację wartości w górnych przedziałach skali. Jednocześnie brak odpowiedzi w skrajnie niskich przedziałach (wartość 1 lub 2) w wielu zmiennych sugeruje, że respondenci nie postrzegają badanych aspektów jako wybitnie negatywnych. W tego typu przypadkach wartości modalne i średnie arytmetyczne są często zbliżone,

co oznacza, że rozkłady mimo asymetrii zachowują pewną stabilność tendencji centralnej. Drugim istotnym zjawiskiem jest występowanie bimodalności, która sugeruje istnienie dwóch odrębnych subpopulacji w badanej próbie. Tego typu strukturę wykazywały zmienne „*wsparcie dla lokalnych inicjatyw ekologicznych*”, „*zdrowie i bezpieczeństwo pracowników*” oraz „*przejrzystość działań ekologicznych*”. Histogramy tych zmiennych przedstawiają dwa wyraźne szczyty liczebności, które sugerują, że respondenci skłaniali się ku dwóm dominującym ocenom, przy jednoczesnym deficycie wartości pośrednich. Taka charakterystyka może wynikać z różnych doświadczeń i poziomów zaangażowania poszczególnych grup respondentów, co sprawia, że klasyczna analiza tendencji centralnej staje się mniej reprezentatywna, a średnia arytmetyczna nie oddaje w pełni struktury danych. Z kolei dla zmiennych „*komunikacja ekologiczna*”, „*współpraca z NGO*”, „*zaangażowanie społeczne*”, „*przystosowanie infrastruktury*” oraz „*zdrowie publiczne*” rozkłady empiryczne wykazywały relatywnie symetryczny układ, co oznacza, że dane były dobrze dopasowane do teoretycznego rozkładu normalnego. W takich przypadkach wartości średnie arytmetyczne i modalne były bardzo zbliżone, co wskazuje na stabilną centralną tendencję w percepcji respondentów. Specyficznym przypadkiem są zmienne „*zaufanie konsumentów*” oraz „*relacje z interesariuszami*”, które wykazują asymetrię prawostronną, co oznacza większą koncentrację ocen w niższych przedziałach wartości, przy jednoczesnym występowaniu niewielkiej liczby obserwacji w wartościach wyższych. Taka struktura wskazuje, że znaczna część respondentów ocenia te aspekty negatywnie lub umiarkowanie nisko, co może świadczyć o niepełnym zaufaniu do działań podejmowanych w tych obszarach. Z kolei obecność ogona rozkładu w wyższych wartościach sugeruje, że część badanych dostrzega pozytywne aspekty analizowanych procesów, choć ich liczebność jest zdecydowanie mniejsza niż grupy wyrażającej niższe oceny. W niektórych przypadkach istotnym zjawiskiem są luki w rozkładach bimodalnych, które mogą wskazywać na podział respondentów na dwie skrajne grupy o odmiennych ocenach analizowanych zjawisk. Przykładem tego zjawiska są zmienne „*wsparcie dla lokalnych inicjatyw ekologicznych*” oraz „*zdrowie i bezpieczeństwo pracowników*”, gdzie wyraźnie zarysowały się dwa dominujące przedziały wartości, a pomiędzy nimi znajdowały się obszary o stosunkowo niskiej liczbie obserwacji. Może to sugerować, że badani nie postrzegają tych aspektów w sposób jednolity, lecz raczej dzielą się na grupy o skrajnych stanowiskach.

### 5.2.2. Czynnikiowy model oceny wykorzystania OZE w aspekcie społecznym

W celu weryfikacji drugiej hipotezy szczegółowej (H2): *Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa wspiera odpowiedzialne podejście do otoczenia, sprzyja tworzeniu lepszego środowiska pracy i pomaga budować większą świadomość ekologiczną* zastosowano eksploracyjną analizę czynnikową. Celem jej jest identyfikacja wzorców współzależności pomiędzy zmiennymi obserwowalnymi. Podejście to pozwoliło na redukcję wymiarowości zbioru danych oraz wyodrębnienie ukrytych czynników, które odpowiadają za zmienność analizowanych wskaźników. W celu określenia optymalnej liczby czynników zastosowano test osypiska Cattella. Na rysunku zaprezentowano wykres osypiska czynnikowego, który przedstawia wartości własne kolejnych czynników oraz ich wkład w wyjaśnianie zmienności w modelu.



**Rysunek 7.** Wykres osypiska wartości własnych dla czynników aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie analizy wykresu osypiska czynnikowego można zaobserwować, że wartość własna pierwszego czynnika osiąga najwyższy poziom, po czym następuje gwałtowny spadek dla kolejnych czynników. Po wyodrębnieniu trzech czynników krzywa wykresu ulega wyraźnemu spłaszczeniu, przyjmując formę typowego osypiska czynnikowego. Oznacza to, że czynniki o numerach większych niż trzy posiadają wartości własne na poziomie bliskim lub niższym niż 1, co wskazuje na ich ograniczoną zdolność

do wyjaśniania zmienności w analizowanym zbiorze danych. Z tego względu uznano je za nieistotne i wykluczono z dalszej analizy.

W związku z tym zdecydowano się na wybór modelu składającego się z trzech czynników, które w największym stopniu przyczyniają się do wyjaśnienia struktury danych. Ich selekcja została dokonana w oparciu o test osypiska Cattella oraz kryterium Kaisera, zgodnie z którym do dalszej analizy uwzględnia się tylko te czynniki, których wartości własne przekraczają 1.

Celem zapewnienia rzetelności interpretacji wyników, ustalono, że minimalny próg korelacji między zmienną obserwowalną a czynnikiem, uznawany za istotny, wynosi 0,7. W celu przejrzystego przedstawienia wyników analiza została zaprezentowana w formie tabelarycznej, obejmującej macierz wartości własnych oraz macierz ładunków czynnikowych dla aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju.

**Tabela 20. Macierz wartości własnych dla czynników aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju**

Czynnik	Wartość własna	Procent ogółu wariacji	Skumulowana wartość własna	Procent skumulowany
1	7,70	38,49%	7,70	38,49%
2	2,26	11,31%	9,96	49,80%
3	1,81	9,03%	11,77	58,83%

Zródło: Opracowanie własne

**Tabela 21. Macierz ładunków czynnikowych dla aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw**

Ładunki czynnikowe (Varimax znormalizowana)			
Składowe główne (Oznaczone ładunki są większe od 0,7)			
Zmienna	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3
1	-0,032488	<b>0,829263</b>	0,044926
2	0,172483	0,659321	-0,070957
3	0,092850	<b>0,749047</b>	0,022497
4	-0,141186	<b>0,713678</b>	0,075972
5	0,585852	-0,068113	0,507909
6	0,153632	-0,098992	0,583971
7	0,283125	0,093215	0,599266
8	-0,221974	0,117939	<b>0,770568</b>
9	0,449857	0,052663	0,521614

10	0,200236	0,034164	<b>0,735119</b>
11	0,545773	0,031998	0,487388
12	0,470870	-0,112715	0,548943
13	<b>0,794863</b>	-0,012976	0,168944
14	<b>0,766551</b>	-0,024884	0,258463
15	0,499521	0,036538	0,562518
16	0,547574	0,079324	0,522637
17	<b>0,798345</b>	0,074367	0,090423
18	0,691209	-0,018810	0,588804
19	<b>0,827713</b>	0,068966	0,107891
20	<b>0,791951</b>	0,044495	0,125548

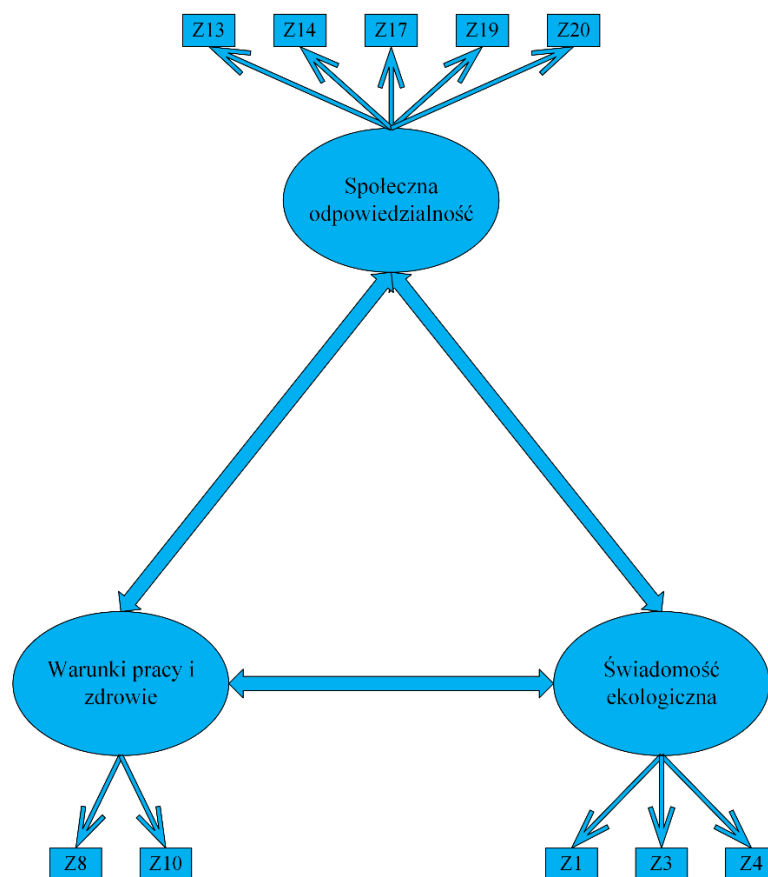
Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie analizy macierzy wartości własnych dla czynników aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju można zauważyć, że pierwszy czynnik osiąga wartość własną równą 7,70, co oznacza, że wyjaśnia 38,49% całkowitej wariancji. Jest to dominujący czynnik w modelu, co wskazuje na jego kluczową rolę w interpretacji zależności między zmiennymi obserwowalnymi. Kolejne czynniki wyjaśniają odpowiednio 11,31% (czynnik drugi) oraz 9,03% (czynnik trzeci) całkowitej wariancji. Łącznie trzy wyodrębnione czynniki tłumaczą 58,83% całkowitej wariancji, co świadczy o ich istotnym wpływie na strukturę modelu i adekwatnym odwzorowaniu analizowanych zależności.

Pierwszy czynnik jest ładowany przez pięć zmiennych (Z13, Z14, Z17, Z19, Z20), co wskazuje na jego dominującą rolę w modelu. Najwyższe wartości ładunków czynnikowych osiągają Z19 (0,8277) oraz Z17 (0,7983), co sugeruje, że zmienne te mają najsilniejszy wpływ na strukturę czynnika. Pozostałe zmienne, mimo nieco niższych wartości, również wykazują istotne powiązania z tym czynnikiem, co wskazuje na jego dobrze określoną i stabilną konstrukcję w modelu czynnikowym. Drugi czynnik ładowany jest przez trzy zmienne (Z1, Z3, Z4), z których najwyższe wartości osiąga Z1 (0,8293). Wartości ładunków czynnikowych dla pozostałych zmiennych również przekraczają próg istotności, co sugeruje, że czynnik ten jest dobrze osadzony w modelu. Trzeci czynnik obejmuje dwie zmienne (Z8, Z10), z których najwyższą wartość osiąga Z8 (0,7706). Choć liczba przypisanych do niego zmiennych jest stosunkowo niewielka, ich wysokie wartości ładunków czynnikowych wskazują na silne powiązanie z czynnikiem, co oznacza, że jego konstrukcja pozostaje stabilna i dobrze określona. Pod względem liczby zmiennych ładujących poszczególne czynniki można zauważyć,

że pierwszy czynnik ma największą liczbę zmiennych (5), co wskazuje na jego dominującą rolę w modelu. Drugi czynnik obejmuje trzy zmienne, natomiast trzeci czynnik zawiera dwie zmienne. Pomimo różnic w liczbie zmiennych przypisanych do poszczególnych czynników, łączna wartość wyjaśnianej wariancji dla trzech czynników wynosi 58,83%, co świadczy o ich wysokiej zdolności do odwzorowania struktury danych.

W oparciu o powszechnie stosowane podejście w literaturze, nazewnictwo czynników zostało ustalone na podstawie zmiennych charakteryzujących się najwyższymi wartościami ładunków czynnikowych<sup>408</sup>. W rezultacie pierwszy czynnik został określony jako „*Spoleczna odpowiedzialność*”, drugi otrzymał nazwę „*Świadomość ekologiczna*”, natomiast trzeci czynnik został oznaczony jako „*Warunki pracy i zdrowie*”. Ostateczna struktura modelu oceny wykorzystania OZE w aspekcie społecznym została zilustrowana na poniższym rysunku.



Rysunek 8. Czynnikiowy model oceny wykorzystania OZE w aspekcie społecznym

Źródło: Opracowanie własne

<sup>408</sup> StatSoft, *STATISTICA PL...*

Rysunek 8 ilustruje czynnikowy model wykorzystania OZE w aspekcie społecznym, składający się z trzech zmiennych ukrytych (czynników) oraz powiązanych z nimi zmiennych obserwowalnych. Zmienne ukryte, oznaczone na schemacie w postaci owali, obejmują: *Spoleczną odpowiedzialność*, *Świadomość ekologiczną* oraz *Warunki pracy i zdrowie*. Do każdego z tych czynników przyporządkowano określone zmienne obserwowalne, przedstawione na wykresie w formie prostokątów z odpowiednimi oznaczeniami identyfikacyjnymi. Kierunkowe strzałki jednokierunkowe wskazują zależności między zmiennymi obserwowalnymi a czynnikami ukrytymi, co odzwierciedla ich znaczenie jako mierników opisujących dany konstrukt. Model uwzględnia również zależności korelacyjne pomiędzy czynnikami, które zostały oznaczone strzałkami dwukierunkowymi, wskazującymi na wzajemne powiązania poszczególnych aspektów. Pod względem liczby zmiennych przypisanych do poszczególnych czynników można zauważyć, że *Spoleczna odpowiedzialność* obejmuje pięć zmiennych obserwowalnych (Z13, Z14, Z17, Z19, Z20), *Świadomość ekologiczna* składa się z trzech zmiennych (Z1, Z3, Z4), natomiast *Warunki pracy i zdrowie* zawierają dwie zmienne (Z8, Z10). Układ ten wskazuje na zróżnicowaną strukturę modelu, w której pierwszy czynnik odgrywa dominującą rolę.

Zgodnie z przyjętą kolejnością podejmowanych działań przeprowadzono analizę rzetelności skali. W przedmiotowym badaniu pominięto czynnik 3 (*warunki pracy i zdrowie*) z uwagi na niewystarczającą ilość zmiennych wymaganych dla realizacji wspomnianej analizy.

**Tabela 22. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika pierwszego: Społeczna odpowiedzialność**

<b>Podsumowanie skali</b>					
<b>Średnia=19,3127</b>					
<b>Odchylenie standardowe=7,41435</b>					
<b>N ważnych: 355</b>					
<b>Zmienna</b>	<b>Średnia gdy usunięte</b>	<b>Wariancja gdy usunięte</b>	<b>Odchylenie standardowe gdy usunięte</b>	<b>Korelacja pozycja całkowita</b>	<b>Alfa gdy usunięte</b>
<b>Z13</b>	15,60845	36,16500	6,013734	0,709406	0,865823
<b>Z14</b>	15,12958	38,03392	6,167164	0,728209	0,863037
<b>Z17</b>	15,06761	37,03768	6,085859	0,703544	0,867076
<b>Z19</b>	15,68732	34,46280	5,870502	0,774095	0,850494

<b>Z20</b>	15,75775	34,69061	5,889874	0,722512	0,863680
------------	----------	----------	----------	----------	----------

Źródło: Opracowanie własne

**Tabela 23. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika drugiego: Świadomość ekologiczna**

<b>Podsumowanie skali</b>					
Średnia=10,4704					
Odchylenie standardowe=2,79347					
N ważnych: 355					
<b>Zmienna</b>	<b>Średnia gdy usunięte</b>	<b>Wariancja gdy usunięte</b>	<b>Odchylenie standardowe gdy usunięte</b>	<b>Korelacja pozycja całkowita</b>	<b>Alfa gdy usunięte</b>
Z1	6,988732	3,521000	1,876433	0,644669	0,494404
Z3	6,588732	4,653394	2,157173	0,422177	0,759575
Z4	7,363380	3,656687	1,912247	0,565557	0,598498

Źródło: Opracowanie własne

Przeprowadzona analiza rzetelności skali pomiarowej dla czynników „*Spółeczna odpowiedzialność*” oraz „*Świadomość ekologiczna*” dostarcza istotnych wniosków na temat ich wewnętrznej spójności oraz trafności w kontekście badania tych zagadnień. Ocena rzetelności została dokonana przy wykorzystaniu współczynnika  $\alpha$ -Cronbacha, który stanowi powszechnie akceptowany miernik jednorodności narzędzi pomiarowych w naukach społecznych i ekonomicznych.

Uzyskane wyniki wskazują, że skala odnosząca się do społecznej odpowiedzialności cechuje się wysokim poziomem rzetelności, o czym świadczy wartość  $\alpha$ -Cronbacha wynosząca 0,87. Tak wysoka spójność wewnętrzna oznacza, że poszczególne zmienne skali w sposób konsekwentny opisują badane zjawisko, a ich usunięcie nie wpłynęłoby istotnie na poprawę jakości narzędzia. W szczególności najsilniejszą korelację z całością skali wykazały zmienne odnoszące się do wzrostu zaufania konsumentów (Z19) oraz zaangażowania społecznego (Z14), co potwierdza kluczowe znaczenie tych aspektów w kształtowaniu społecznej odpowiedzialności przedsiębiorstwa. Zmienna dotycząca strategii CSR (Z17), pomimo nieco niższej wartości korelacyjnej, nadal pozostaje istotnym elementem konstruktów, a jej eliminacja, choć skutkowałaby niewielkim wzrostem wartości  $\alpha$ -Cronbacha, mogłaby osłabić trafność narzędzia badawczego. W związku z tym skala ta pozostaje rzetelnym instrumentem pomiarowym, który może być wykorzystywany bez konieczności modyfikacji.

W przypadku czynnika świadomości ekologicznej uzyskany współczynnik  $\alpha$ -Cronbacha osiągnął wartość 0,60, co zgodnie z przyjętymi kryteriami interpretacyjnymi wskazuje na umiarkowaną rzetelność narzędzia. Choć wartość ta jest niższa niż w przypadku społecznej odpowiedzialności, nie stanowi jednoznacznego argumentu przemawiającego za koniecznością modyfikacji skali. Najsilniejszą korelację z całością skali wykazała zmienna dotycząca wzrostu świadomości ekologicznej (Z1), co wskazuje na centralną rolę edukacji społecznej w budowaniu postaw proekologicznych. Najśłabszą korelację uzyskała zmienna odnosząca się do programów edukacyjnych dla pracowników i społeczności (Z3), a jej usunięcie mogłoby skutkować wzrostem wartości  $\alpha$ -Cronbacha do poziomu 0,76. Niemniej jednak, jej eliminacja nie jest rekomendowana, gdyż aspekt edukacji ekologicznej, mimo nieco mniejszej korelacji z pozostałymi zmiennymi, odgrywa kluczową rolę w długofalowym kształtowaniu postaw środowiskowych i tym samym jest nieodłącznym elementem świadomości ekologicznej. Warto również podkreślić, że stosunkowo niska wartość  $\alpha$ -Cronbacha dla tego czynnika może być wynikiem ograniczonej liczby pozycji skali, co jest zgodne z literaturą przedmiotu wskazującą, że w przypadku skali złożonej z niewielkiej liczby zmiennych współczynnik  $\alpha$  może przyjmować niższe wartości<sup>409</sup>. W kontekście przeprowadzonych analiz i teoretycznego uzasadnienia konstruktów, skala świadomości ekologicznej zachowuje swoją merytoryczną wartość, a jej modyfikacja poprzez eliminację poszczególnych pozycji mogłaby prowadzić do utraty istotnych aspektów badanej problematyki.

Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić, że przedstawiony model czynnikowy w pełni potwierdza założenia hipotezy H2. Trzy wyodrębnione czynniki: „Społeczna odpowiedzialność”, „Świadomość ekologiczna” oraz „Warunki pracy i zdrowie”, wyjaśniają łącznie 58,83% wariacji analizowanych zmiennych, co wskazuje na istotną rolę aspektów społecznych w strukturze oddziaływania OZE na funkcjonowanie przedsiębiorstw. Wysokie ładunki czynnikowe zmiennych odnoszących się do wzrostu zaufania konsumentów, zaangażowania społecznego, wdrażania strategii CSR oraz budowania relacji z otoczeniem lokalnym w obrębie czynnika „Społeczna odpowiedzialność” potwierdzają, że wykorzystanie odnawialnych źródeł energii wspiera odpowiedzialne podejście przedsiębiorstw do interesariuszy i otoczenia społecznego. Z kolei konstrukcja czynnika „Świadomość ekologiczna”, opartego na zmiennych dotyczących wzrostu świadomości proekologicznej oraz działań

---

<sup>409</sup> T. Raykov, G. Marcoulides, J. N. Anthony, *op. cit.*

edukacyjnych, wskazuje, że wdrażanie OZE sprzyja kształtowaniu postaw środowiskowych zarówno wśród pracowników, jak i w szerszym otoczeniu społecznym, mimo umiarkowanego, lecz akceptowalnego poziomu rzetelności skali ( $\alpha=0,60$ ) wynikającego z niewielkiej liczby pozycji. Ujęcie trzeciego czynnika: „Warunki pracy i zdrowie”, obejmującego zmienne odnoszące się do poprawy komfortu i bezpieczeństwa pracy, dodatkowo dowodzi, że inwestycje w OZE przekładają się na jakościowe zmiany w środowisku pracy. Wysoka rzetelność skali dla czynnika „Społeczna odpowiedzialność” ( $\alpha=0,87$ ) oraz teoretyczna spójność konstruktów „Świadomość ekologiczna” wskazują, że zidentyfikowane efekty społeczne tworzą dobrze ugruntowany obraz korzystnego oddziaływania OZE.

Zestawienie wskazanych rezultatów pozwala uznać, iż: *Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa wspiera odpowiedzialne podejście do otoczenia, sprzyja tworzeniu lepszego środowiska pracy oraz pomaga budować większą świadomość ekologiczną*, co jest równoznaczne z empirycznym potwierdzeniem hipotezy H2.

### **5.3. Wpływ odnawialnych źródeł energii na działania przedsiębiorstw w aspekcie gospodarczym**

#### **5.3.1. Rozkład zmiennych obserwowalnych**

W tabeli 24 przedstawiono zestawienie statystyk opisowych dla zmiennych obserwowalnych odzwierciedlających kluczowe aspekty gospodarcze w kontekście zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw. Prezentacja wyników w formie tabelarycznej umożliwia przeprowadzenie transparentnej interpretacji oraz dokonanie szczegółowego porównania poszczególnych wskaźników, sprzyjając tym kompleksowej analizie zmienności badanych parametrów. W zestawieniu uwzględniono miary tendencji centralnej oraz miary rozproszenia, umożliwiając kompletną charakterystykę dynamiki poszczególnych zmiennych w obrębie przyjętej metodologii badawczej. Uwzględnione miary umożliwiają zarówno ocenę przeciętnego poziomu analizowanych wskaźników, jak i stopnia ich różnicowania w badanej próbie.

**Tabela 24. Statystyki opisowe zmiennych obserwowalnych z zakresu aspektów gospodarczych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw**

<b>Numer zmiennej</b>	<b>Zmienne obserwowalne</b>	<b>Średnia</b>	<b>Odchylenie standardowe</b>	<b>Współczynnik zmienności</b>
1.	Ulgi podatkowe i dotacje	4,66	1,81	0,39
2.	Koszty certyfikacji	4,66	1,73	0,37

3.	Zwiększenie konkurencyjności	5,52	1,55	0,28
4.	Wzrost wartości firmy	5,38	1,63	0,30
5.	Dostęp do nowych rynków	5,32	1,64	0,31
6.	Zwiększenie sprzedaży	5,21	1,74	0,33
7.	Wpływ na cenę produktów	5,41	1,45	0,27
8.	Koszty szkolenia pracowników	4,29	1,87	0,44
9.	Zmniejszenie kosztów związanych z emisjami	4,29	1,87	0,44
10.	Poprawa relacji z inwestorami	4,00	1,74	0,43
11.	Zmniejszenie ryzyka energetycznego	5,15	1,64	0,32
12.	Zwiększenie stabilności energetycznej	4,95	1,76	0,36
13.	Zatrudnienie	4,33	1,06	0,25
14.	Wpływ na bilans handlowy	3,52	1,36	0,38
15.	Koszt inwestycji w OZE	4,30	1,27	0,30
16.	Koszt operacyjny OZE	4,23	1,17	0,28
17.	Oszczędności na rachunkach za energię	4,31	0,99	0,23
18.	Zwrot z inwestycji	4,24	1,03	0,24
19.	Redukcja kosztów operacyjnych	4,26	0,96	0,23
20.	Zwiększenie innowacyjności	3,77	1,22	0,32

Zródło: Opracowanie własne

Wyniki analizy średnich wartości zmiennych obserwowalnych wskazują na istotne zróżnicowanie ocen poszczególnych aspektów gospodarczych związanych z zrównoważonym rozwojem. Wartości średnie dla analizowanych zmiennych kształtują się w przedziale  $\langle 3,52; 5,52 \rangle$ , co wskazuje na szeroki zakres ocen, od umiarkowanie niskich do bardzo wysokich. Najwyższe wartości średnie uzyskano dla zmiennej nr 3 „Zwiększenie konkurencyjności” (5,52), zmiennej nr 7 „Wpływ na cenę produktów” (5,41) oraz zmiennej nr 4 „Wzrost wartości firmy” (5,38). Wspomniane wyniki wskazują, że kluczowe aspekty gospodarcze związane z poprawą pozycji rynkowej, strategią cenową oraz ogólną wartością przedsiębiorstw uzyskały najwyższe oceny wśród respondentów, co może sugerować ich silne oddziaływanie na rozwój gospodarczy przedsiębiorstw w związku z implementacją OZE.

W przedziale  $\langle 5,00;5,20 \rangle$  znalazły się zmienne odnoszące się do ekspansji rynkowej, zwiększonej sprzedaży oraz stabilności energetycznej. Średnia wartość zmiennej nr 5 „*Dostęp do nowych rynków*” wyniosła 5,32, natomiast zmienna nr 6 „*Zwiększenie sprzedaży*” uzyskała wynik 5,21. Wysokie wartości tych wskaźników wskazują na istotną rolę ekspansji na nowe rynki oraz wzrostu sprzedaży jako elementów wspierających zrównoważony rozwój gospodarczy. W tej grupie znalazła się także zmienna nr 11 „*Zmniejszenie ryzyka energetycznego*” (5,15), co podkreśla znaczenie kwestii stabilności energetycznej w ocenie przedsiębiorstw.

Wartości średnie mieszczące się w przedziale  $\langle 4,50;5,00 \rangle$  uzyskały zmienne związane z instrumentami wsparcia finansowego, kosztami operacyjnymi oraz nakładami na inwestycje. Przykładem są zmienne nr 1 „*Ulgi podatkowe i dotacje*” (4,66) oraz nr 2 „*Koszty certyfikacji*” (4,66), które wskazują na umiarkowanie pozytywną percepcję wsparcia finansowego i obciążeń regulacyjnych. Podobne wartości odnotowano dla zmiennej nr 12 „*Zwiększenie stabilności energetycznej*” (4,95) oraz nr 15 „*Koszt inwestycji w OZE*” (4,30), co wskazuje na względnie neutralną ocenę kosztów i korzyści wynikających z transformacji energetycznej.

Najniższe wartości średnich odnotowano w przypadku zmiennych dotyczących kosztów operacyjnych oraz wpływu działań na bilans handlowy i innowacyjność. Najniżej ocenioną zmienną okazała się zmienna nr 14 „*Wpływ na bilans handlowy*” (3,52), co wskazuje na relatywnie niską ocenę wpływu zrównoważonego rozwoju na handel międzynarodowy. Niskie wartości średnich uzyskały również zmienne nr 20 „*Zwiększenie innowacyjności*” (3,77) oraz nr 10 „*Poprawa relacji z inwestorami*” (4,00), co sugeruje, że te aspekty są oceniane niżej w porównaniu do innych czynników gospodarczych.

Analiza wyników pozwala na wyróżnienie hierarchii ocenianych zmiennych, w której najwyżej oceniono czynniki związane ze wzrostem konkurencyjności, strategią cenową oraz ekspansją rynkową, natomiast najniższe oceny przyznano aspektom dotyczącym kosztów operacyjnych, wpływu na bilans handlowy oraz innowacyjności.

Na podstawie przeprowadzonej analizy wartości odchylenia standardowego dla zmiennych obserwowalnych związanych z aspektami gospodarczymi zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw stwierdzono, że wartości te mieszczą się w przedziale  $\langle 0,96;1,87 \rangle$ . Oznacza to, że poziom zmienności ocen poszczególnych wskaźników jest

zróznicowany, co wskazuje na różny stopień zgodności percepcji badanych aspektów gospodarczych. Średnia wartość odchylenia standardowego wynosi 1,50, co wskazuje na umiarkowany poziom dyspersji ocen w obrębie badanych zmiennych.

Najmniejsze zróznicowanie odpowiedzi odnotowano dla zmiennej „*Redukcja kosztów operacyjnych*”, dla której wartość odchylenia standardowego wyniosła 0,96, co sugeruje wysoki poziom stabilności ocen oraz dużą zgodność respondentów co do istotności tego wskaźnika. Warto podkreślić, że zmienna ta jednocześnie uzyskała relatywnie wysoką średnią ocenę (4,26), co potwierdza tendencję, zgodnie z którą zmienne oceniane wysoko charakteryzują się mniejszą zmiennością wyników.

Z kolei najwyższą wartość odchylenia standardowego odnotowano dla zmiennej „*Koszty szkolenia pracowników*” (1,87), co sugeruje znaczną rozbieżność opinii respondentów na temat wpływu tego czynnika na gospodarczy wymiar zrównoważonego rozwoju. Analogiczną wartość odchylenia standardowego odnotowano również dla zmiennej „*Zmniejszenie kosztów związanych z emisjami*”, co wskazuje na podobny poziom zróznicowania ocen w odniesieniu do kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwa w kontekście działań proekologicznych.

Dla kilku zmiennych zaobserwowano identyczne wartości odchylenia standardowego. W związku z tym, zrealizowano dodatkową analizę w ramach współczynnika zmienności.

Analiza wartości współczynnika zmienności wykazała istotne różnice w zakresie stopnia względnej dyspersji ocen, co wskazuje na zróznicowaną stabilność percepcji poszczególnych aspektów gospodarczych. Wartości współczynnika zmienności kształtowały się w przedziale  $\langle 0,23; 0,44 \rangle$ , co potwierdza wyraźne zróznicowanie stopnia rozproszenia ocen. Średnia wartość współczynnika zmienności dla wszystkich analizowanych zmiennych wyniosła 0,33, co wskazuje na umiarkowany poziom zmienności ocen w stosunku do wartości średnich.

Najmniejszą wartość współczynnika zmienności odnotowano dla zmiennej „*Oszczędności na rachunkach za energię*” (0,23), co świadczy o najwyższej spójności ocen wśród respondentów. Stabilność ta znajduje odzwierciedlenie także w wartości odchylenia standardowego (0,99), co sugeruje, że w percepcji tego aspektu nie występują istotne różnice pomiędzy badanymi osobami. Wynik ten może wskazywać na szeroką

akceptację znaczenia oszczędności energii jako istotnego czynnika w ocenie aspektów gospodarczych.

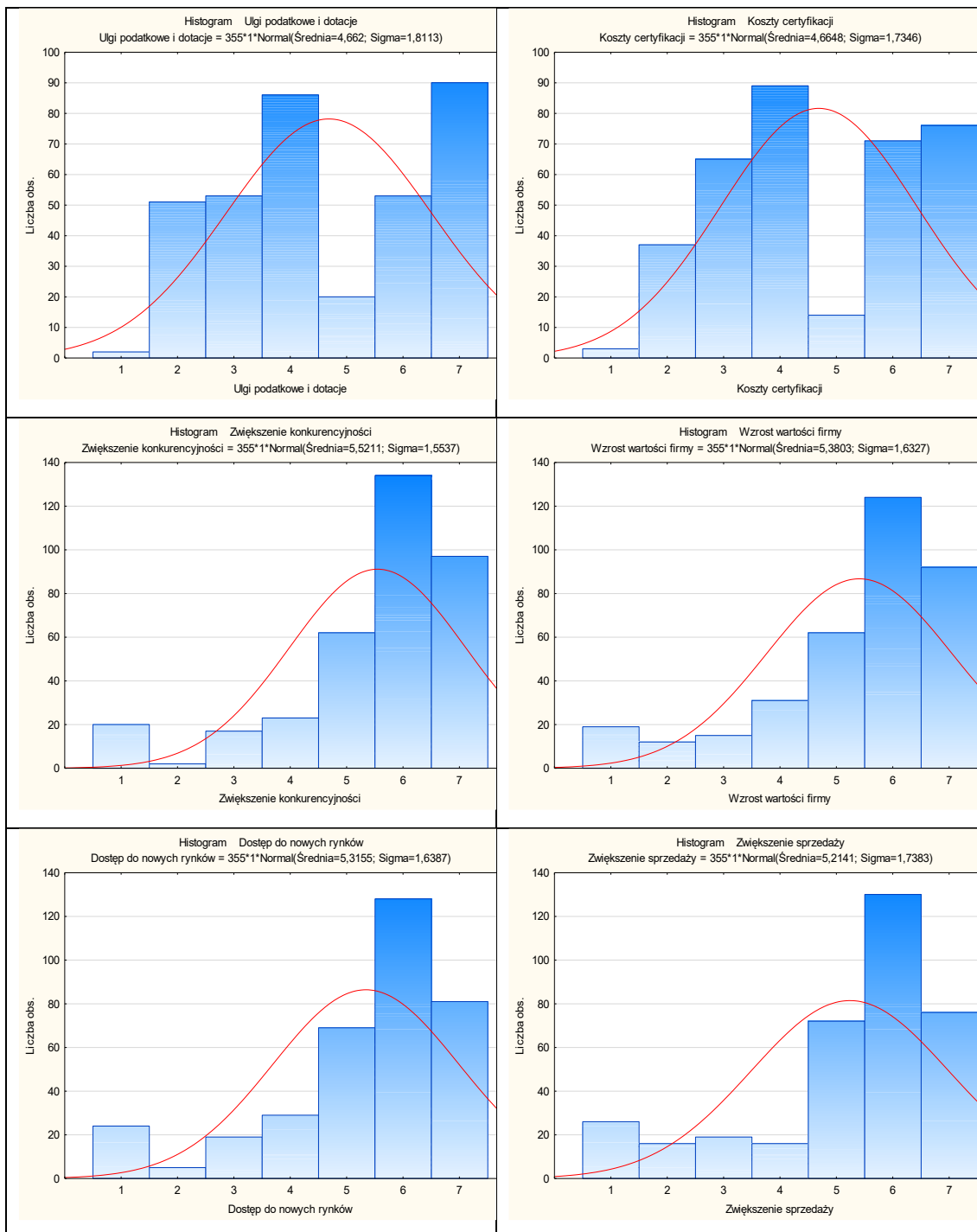
Z kolei najwyższą wartość współczynnika zmienności odnotowano dla zmiennych „*Koszty szkolenia pracowników*” oraz „*Zmniejszenie kosztów związanych z emisjami*”, dla których wartość wyniosła 0,44. Wysoki poziom współczynnika zmienności tych wskaźników sugeruje, że opinie respondentów były wysoce zróżnicowane, co może wynikać z różnic w doświadczeniach związanych z wpływem tych aspektów na funkcjonowanie przedsiębiorstw. Możliwe jest również, że percepcja tych kosztów jest zależna od strategii przedsiębiorstw w zakresie inwestycji w kapitał ludzki oraz stopnia wdrażania rozwiązań proekologicznych.

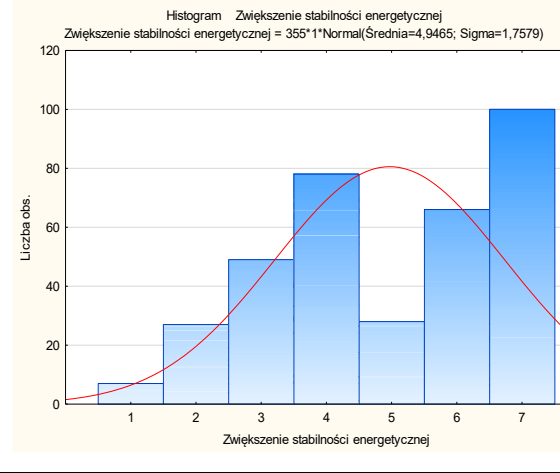
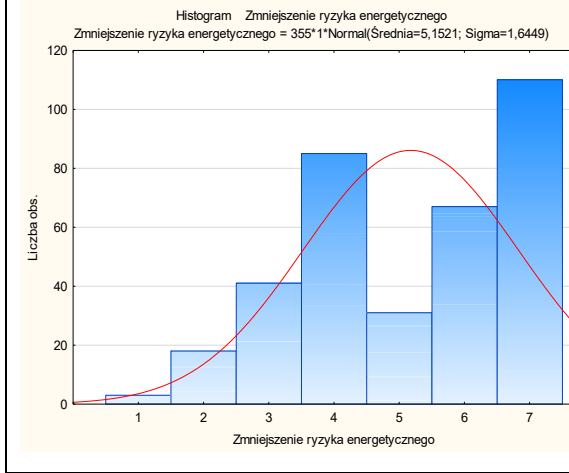
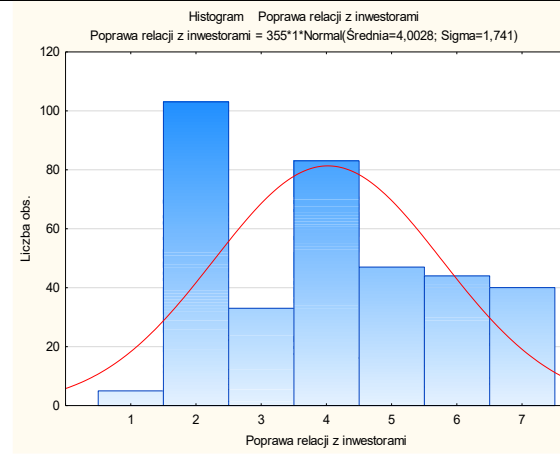
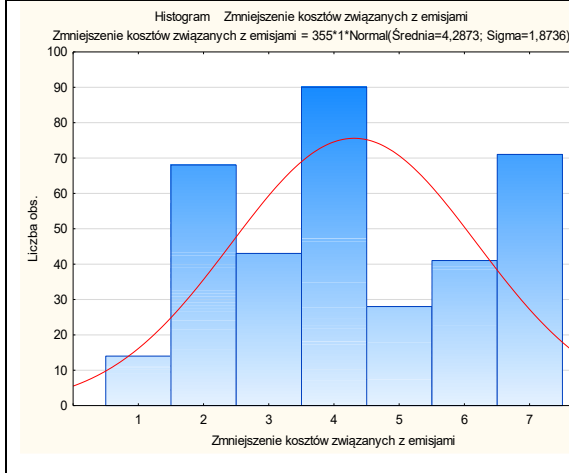
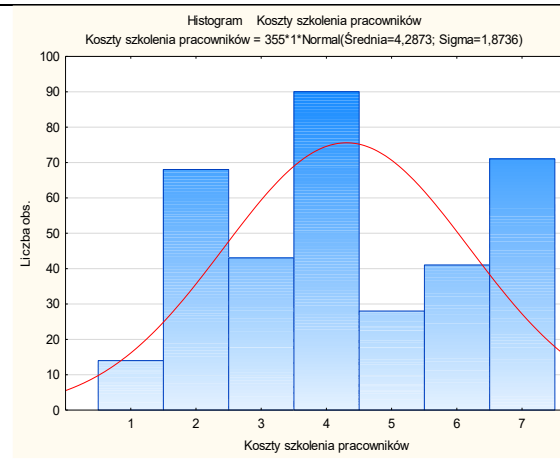
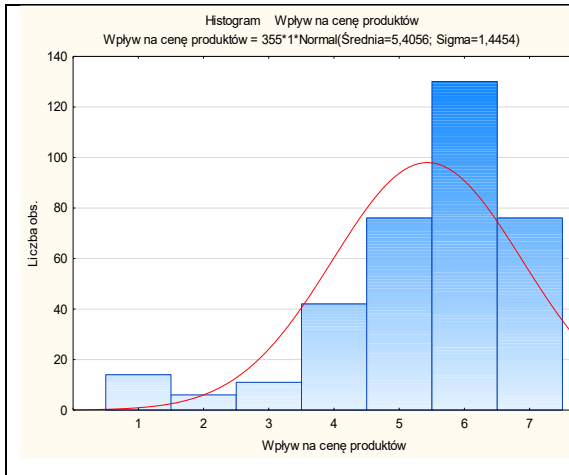
Wysoką wartość współczynnika zmienności, przekraczającą 0,38, odnotowano również w przypadku zmiennej „*Poprawa relacji z inwestorami*” (0,43). Podobnie jak w przypadku zmiennej dotyczącej kosztów szkolenia pracowników, zmienna ta charakteryzuje się jednocześnie relatywnie niską wartością średnią (4,00), co wskazuje, że respondenci oceniali ten aspekt nie tylko mniej korzystnie, ale także w sposób wysoce zróżnicowany.

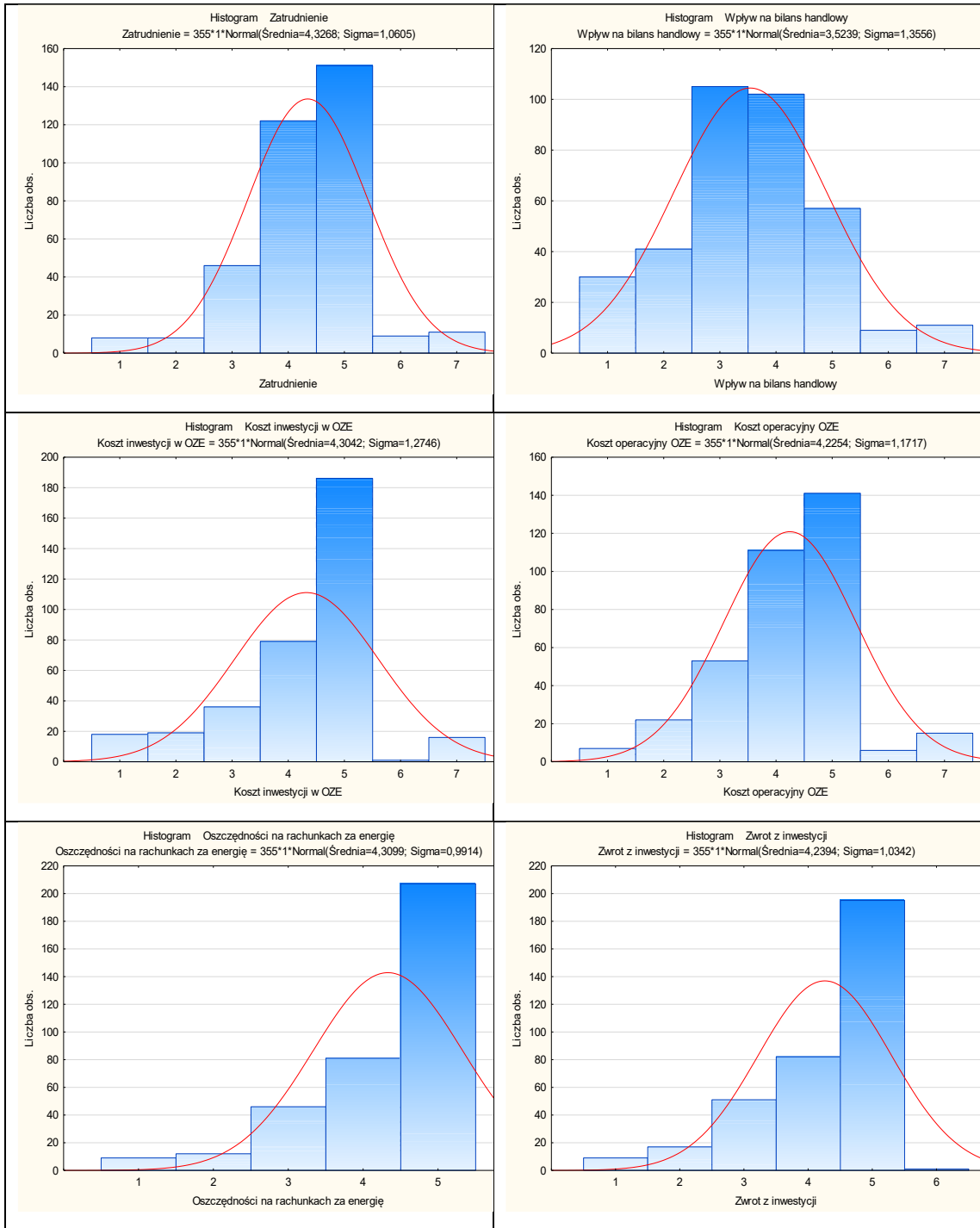
Z kolei zmienne o współczynniku zmienności oscylującym wokół wartości 0,32-0,33, takie jak „*Zmniejszenie ryzyka energetycznego*” (0,32), „*Dostęp do nowych rynków*” (0,31) oraz „*Zwiększenie innowacyjności*” (0,32), wykazują umiarkowany poziom rozproszenia ocen. Oznacza to, że mimo pewnej różnorodności w odpowiedziach respondentów, zmienne te nie wykazują tak dużej niestabilności ocen, jak wskaźniki związane z kosztami operacyjnymi i szkoleniowymi.

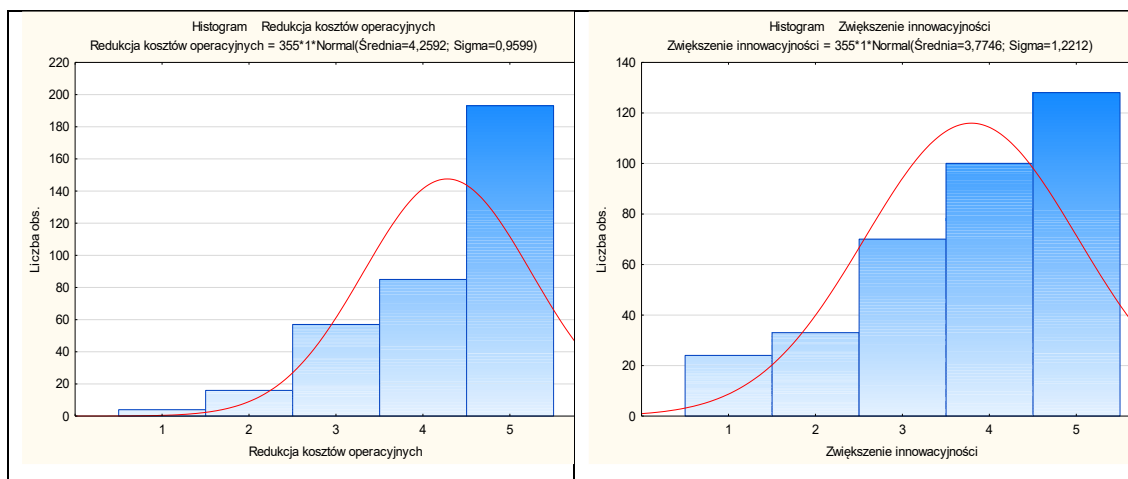
Analiza współczynnika zmienności potwierdza zatem wyraźną tendencję, zgodnie z którą zmienne o wyższych wartościach średnich, takie jak „*Zwiększenie konkurencyjności*” (5,52) oraz „*Wpływ na cenę produktów*” (5,41), charakteryzują się mniejszą zmiennością ocen. Natomiast te o niższych wartościach średnich, zwłaszcza odnoszące się do ponoszonych przez przedsiębiorstwa kosztów, wykazują większą dyspersję ocen wśród respondentów.

Na zamieszczonym rysunku przedstawiono w formie graficznej histogramy obrazujące zmienne charakteryzujące aspekty gospodarcze zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw.









**Rysunek 9. Rozkłady zmiennych obserwowalnych dla aspektów gospodarczych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw**

Źródło: Opracowanie własne

Dla zmiennej „*ulgi podatkowe i dotacje*” rozkład empiryczny charakteryzuje się wyraźnym charakterem bimodalnym, co wskazuje na istnienie dwóch dominujących przedziałów wartości o porównywalnie wysokiej liczbie obserwacji. Histogram prezentuje dwa maksima skupione odpowiednio wokół wartości 4 oraz 7, między którymi znajduje się widoczna luka (wartości 5 i 6), zawierająca zdecydowanie mniejszą liczbę obserwacji. Taki dwumodalny kształt rozkładu sugeruje występowanie dwóch odmiennych grup w obrębie populacji badawczej, różniących się poziomem oceny badanej zmiennej. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,68 jednostek i znajduje się w lukowej części rozkładu, przez co wartość ta charakteryzuje się ograniczoną reprezentatywnością. W efekcie, wartość średniej nie odzwierciedla rzeczywistej struktury danych i nie stanowi optymalnej miary centralnej tendencji dla badanego parametru, właśnie ze względu na zauważalną dwumodalność oraz brak większej liczby obserwacji w jej bezpośrednim otoczeniu. Ponadto, w histogramie występują mniej liczne wartości na skrajach przedziałów (1).

W przypadku zmiennej „*koszty certyfikacji*” rozkład empiryczny posiada wyraźny charakter bimodalny, co wskazuje na występowanie dwóch odrębnych przedziałów wartości o porównywalnie wysokiej liczebności. Histogram ukazuje dwa wyraźnie zaznaczone szczyty koncentracji obserwacji - pierwszy zlokalizowany jest wokół wartości 4, drugi zaś przy wartości 7, przy czym pomiędzy nimi występuje widoczna luka, obejmująca przedział wartości między 5 a 6. Zaznaczona struktura bimodalna sugeruje możliwość istnienia dwóch jakościowo odmiennych podgrup w analizowanej

populacji, które różnią się poziomem ponoszonych kosztów certyfikacji. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,68 jednostek, lecz ze względu na usytuowanie w obszarze o mniejszej liczbie obserwacji, wartość ta nie stanowi optymalnej reprezentacji centralnej tendencji badanego procesu. Oznacza to, że wartość średnia wykazuje ograniczoną przydatność w interpretacji rzeczywistego charakteru danych, biorąc pod uwagę widoczną niejednorodność rozkładu. Dodatkowo histogram zawiera mniej liczne obserwacje w przedziałach skrajnych (1).

Zmienna „*zwiększenie konkurencyjności*” wykazuje istotną asymetrię lewostronną, która przejawia się znacznym przesunięciem koncentracji danych ku wyższym wartościom analizowanego parametru. Histogram uwidacznia wyraźnie dominujące skupienie obserwacji w przedziale od 6 do 7, co świadczy o wysokiej efektywności procesu zwiększania konkurencyjności w analizowanej próbie. Pomimo nałożenia na histogram krzywej gęstości teoretycznego rozkładu normalnego Gaussa, widoczne są wyraźne odstępstwa od symetrii, wskazujące na ujemną skośność danych empirycznych. Dominanta analizowanego rozkładu znajduje się wyraźnie w okolicach wartości 6 jednostek, natomiast średnia arytmetyczna zmiennej wynosi 5,52 jednostek. Widoczna różnica pomiędzy średnią a dominantą wynika z obserwowanej asymetrii rozkładu. W konsekwencji średnia arytmetyczna nie stanowi pełnej reprezentacji centralnej tendencji badanego parametru. W histogramie uwidaczniają się także mniej liczne obserwacje w dolnych przedziałach wartości (3 i poniżej).

Dla zmiennej „*wzrost wartości firmy*” rozkład empiryczny cechuje się zauważalną asymetrią lewostronną, objawiającą się koncentracją danych w przedziale wyższych wartości badanego parametru. Histogram wyraźnie wskazuje na dominację obserwacji w przedziale od 6 do 7, co potwierdza stosunkowo wysoką efektywność procesu prowadzącego do wzrostu wartości przedsiębiorstwa w analizowanej próbie. Pomimo naniesienia na histogram krzywej gęstości teoretycznego rozkładu normalnego Gaussa, obserwowalne są istotne odstępstwa od klasycznej symetrii, które wynikają z ujemnej skośności rozkładu empirycznego. Dominanta badanego rozkładu mieści się w przedziale około 6, podczas gdy średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 5,38 jednostek. Różnica między średnią arytmetyczną a dominantą sugeruje ograniczoną reprezentatywność średniej jako miary tendencji centralnej badanego zjawiska. Histogram prezentuje również mniej liczne wartości w dolnych przedziałach zmiennej (wartości 3 i poniżej).

W przypadku zmiennej „*dostęp do nowych rynków*” rozkład empiryczny danych wykazuje istotną asymetrię lewostronną, co objawia się przesunięciem koncentracji obserwacji w stronę wysokich wartości badanego parametru. Histogram prezentuje wyraźnie zaznaczone maksimum liczby obserwacji w przedziale od 6 do 7, co wskazuje na dominację wyników świadczących o wysokiej efektywności procesu uzyskiwania dostępu do nowych rynków w analizowanej próbie. Pomimo umieszczenia na histogramie krzywej teoretycznego rozkładu normalnego Gaussa, widoczne są wyraźne odstępstwa od symetrii, co jest skutkiem zauważalnej ujemnej skośności danych empirycznych. Dominanta badanego rozkładu wyraźnie lokuje się wokół wartości około 6, podczas gdy średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 5,32 jednostek. Rozbieżność pomiędzy wartością średnią a dominantą wynika ze wspomnianej asymetrii, wskazując, iż średnia arytmetyczna posiada ograniczoną wartość jako miara reprezentatywna centralnej tendencji dla tej zmiennej. Histogram uwidacznia również mniej liczne wartości znajdujące się w dolnych przedziałach.

Zmienna „*zwiększenie sprzedaży*” wykazuje wyraźną asymetrię lewostronną, objawiającą się koncentracją danych w obszarze wyższych wartości analizowanego parametru. Histogram uwidacznia zdecydowaną przewagę obserwacji mieszczących się w przedziale wartości od 6 do 7, co wskazuje na dominację wysokiej efektywności badanego procesu w zakresie wzrostu sprzedaży w analizowanej próbie. Pomimo nałożonej na histogram krzywej teoretycznego rozkładu normalnego Gaussa, widoczne są istotne odstępstwa od symetrii, będące efektem wspomnianej asymetrii danych empirycznych. Dominanta badanego rozkładu znajduje się wyraźnie wokół wartości 6, natomiast średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 5,21 jednostek. Rozbieżność pomiędzy tymi miarami tendencji centralnej jest efektem istotnej asymetrii danych, wskazując jednocześnie na ograniczoną reprezentatywność wartości średniej jako opisu typowego wyniku badanego procesu. Ponadto histogram zawiera mniej liczne wartości znajdujące się w dolnych przedziałach analizowanej zmiennej.

Dla zmiennej „*wpływ na cenę produktów*” rozkład empiryczny charakteryzuje się silną asymetrią lewostronną, przejawiającą się wyraźną koncentracją obserwacji w przedziale wyższych wartości analizowanego parametru. Histogram wskazuje na dominację wyników znajdujących się w zakresie wartości około 6, co sugeruje istotny i pozytywny wpływ badanego procesu na cenę produktów w analizowanej próbie. Mimo naniesienia na histogram krzywej gęstości teoretycznego rozkładu normalnego Gaussa, zauważalne

są znaczące odstępstwa od symetrii, wynikające z silnej ujemnej skośności rozkładu empirycznego. Dominanta badanego rozkładu znajduje się w przedziale około 6 jednostek, natomiast średnia arytmetyczna zmiennej wynosi 5,41 jednostek. Rozbieżność między tymi miarami centralnymi jest rezultatem wyraźnej asymetrii danych, wskazując na ograniczoną reprezentatywność średniej jako miary typowego wyniku analizowanego procesu. W histogramie zauważalne są również mniej liczne obserwacje zlokalizowane w dolnych przedziałach.

W przypadku zmiennej „koszty szkolenia pracowników” rozkład empiryczny posiada wyraźny charakter wielomodalny. Histogram przedstawia trzy główne skupienia obserwacji: pierwsze wyraźnie zaznaczone maksimum przy wartości 4, drugie przy wartości 7 oraz trzecie przy wartości 2. Widoczna struktura rozkładu wskazuje na heterogeniczny charakter populacji badawczej i może sugerować istnienie kilku odmiennych grup pod względem poziomu ponoszonych kosztów związanych ze szkoleniem pracowników. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,29 jednostek, lecz znajduje się ona w lukowym obszarze pomiędzy głównymi skupieniami, co znacząco ogranicza jej wartość reprezentatywną dla typowego wyniku badanego zjawiska. W przypadku rozkładów wielomodalnych średnia arytmetyczna wykazuje bowiem ograniczoną przydatność jako opis centralnej tendencji danych, które nie koncentrują się wokół jednej dominującej wartości. Ponadto w histogramie zauważalne są mniej liczne obserwacje na dolnym krańcu rozkładu (wartość 1).

Zmienna „zmniejszenie kosztów związanych z emisjami” wykazuje wyraźny charakter bimodalny, co wskazuje na obecność dwóch odrębnych grup wartości o zbliżonej koncentracji obserwacji. Na przedstawionym histogramie zauważa się dwa wyraźne szczyty, pierwszy w przedziale niższych wartości (4), natomiast drugi w przedziale wyższych wartości (7). Widoczna jest również luka w przedziale wartości 5-6, co świadczy o występowaniu dwóch odmiennych skupisk wyników, różniących się istotnie poziomem efektywności redukcji kosztów związanych z emisją zanieczyszczeń. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,29 jednostek i znajduje się w przedziale charakteryzującym się mniejszą koncentracją danych, co ogranicza jej reprezentatywność jako miary centralnej tendencji badanego parametru. Oznacza to, że wartość średnia nie jest optymalnym wskaźnikiem typowego wyniku procesu, co wynika z zauważalnej bimodalności oraz mniejszej liczby obserwacji w środkowym

przedziale. Ponadto histogram uwidacznia mniej liczne obserwacje w dolnym skrajnym przedziale.

Dla zmiennej „*poprawa relacji z inwestorami*” rozkład empiryczny wykazuje wyraźny charakter bimodalny, wskazujący na występowanie dwóch dominujących zakresów wartości o zauważalnie różnej koncentracji danych. Histogram prezentuje dwa maksima - jedno wyraźnie zarysowane w obszarze niższych wartości (2), drugie o nieco niższej koncentracji w przedziale średnich wartości (4). Widoczny jest spadek liczebności obserwacji w przedziale najwyższych wartości. Taki charakter rozkładu sugeruje heterogeniczność analizowanej populacji i możliwość występowania dwóch wyraźnie różnych grup wyników, różniących się istotnie skutecznością działań poprawiających relacje z inwestorami. Średnia posiada ograniczoną reprezentatywność jako miara typowego wyniku badanego procesu, ze względu na dwumodalny charakter rozkładu. Dodatkowo histogram wskazuje na obecność mniej licznych wartości w przedziałach skrajnych.

W przypadku zmiennej „*zmniejszenie ryzyka energetycznego*” rozkład empiryczny danych posiada wyraźny charakter bimodalny, co objawia się występowaniem dwóch odrębnych zakresów wartości, w których obserwacje osiągają wysoką koncentrację. Histogram przedstawia dwa wyraźnie zaznaczone szczyty - jeden mniej intensywny w przedziale średnich wartości, drugi zaś wyraźnie dominujący w przedziale najwyższych wartości. Widoczna struktura rozkładu sugeruje, że analizowana populacja jest heterogeniczna i zawiera dwie istotnie odmienne grupy wyników, różniące się poziomem efektywności procesu zmniejszania ryzyka energetycznego. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 5,15 jednostek i znajduje się w przedziale między dwoma dominującymi obszarami danych, co ogranicza jej reprezentatywność jako wskaźnika centralnej tendencji badanego parametru. Wskazuje to na brak możliwości jednoznacznej interpretacji średniej jako typowego wyniku procesu, ze względu na istniejącą dwumodalność oraz mniejszą liczbę obserwacji w jej bezpośrednim sąsiedztwie. W histogramie zauważalne są również mniej liczne wartości w dolnym przedziale skrajnym.

Zmienna „*zwiększenie stabilności energetycznej*” posiada wyraźnie zaznaczony charakter bimodalny. Histogram wskazuje na obecność dwóch głównych przedziałów wartości, w których skoncentrowana jest większość obserwacji - pierwsze skupienie występuje w zakresie średnich wartości (4), natomiast drugie, wyraźnie dominujące, znajduje

się w przedziale najwyższych wartości (7). Obecność wyraźnej luki w koncentracji danych (5- 6) świadczy o heterogeniczności populacji, sugerując, iż analizowany zbiór obserwacji może być reprezentowany przez dwie jakościowo różne grupy pod względem poziomu zwiększenia stabilności energetycznej. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,95 jednostek, lokując się pomiędzy dwoma dominującymi skupieniami danych. W konsekwencji wartość ta wykazuje ograniczoną reprezentatywność jako wskaźnik centralnej tendencji badanego procesu, z powodu bimodalnego charakteru rozkładu oraz zauważalnie mniejszej liczebności obserwacji w jej bezpośrednim otoczeniu. Ponadto histogram uwidacznia mniej liczne wartości w dolnym przedziale skrajnym.

Dla zmiennej „*zatrudnienie*” rozkład empiryczny charakteryzuje się względną symetrią oraz silną koncentracją danych wokół wartości średnich. Histogram wykazuje wyraźne dopasowanie do krzywej teoretycznego rozkładu normalnego Gaussa, co sugeruje, iż analizowany proces charakteryzuje się stabilnością oraz przewidywalnością statystyczną. Największa liczba obserwacji skoncentrowana jest w przedziale od około 4 do 5, co wskazuje na dominację wyników znajdujących się w średnim obszarze analizowanego parametru. Dominanta badanego rozkładu przypada na przedział około 5 i jest zbliżona do wartości średniej arytmetycznej, wynoszącej 4,33 jednostek. Niewielka różnica między tymi miarami centralnymi potwierdza symetryczny charakter danych empirycznych, świadcząc o reprezentatywności średniej jako miary centralnej tendencji procesu. Ponadto, w histogramie występują pojedyncze mniej liczne wartości na krańcach rozkładu.

W przypadku zmiennej „*wpływ na bilans handlowy*” rozkład empiryczny cechuje się stosunkowo symetrycznym układem danych z umiarkowaną asymetrią prawostronną. Histogram wskazuje na wyraźną koncentrację obserwacji w przedziale wartości od 3 do 4, co potwierdza względnie stabilny charakter procesu wpływającego na bilans handlowy w analizowanej próbie. Naniesiona na histogram krzywa gęstości prawdopodobieństwa rozkładu normalnego Gaussa uwidacznia umiarkowane dopasowanie danych empirycznych do rozkładu normalnego, choć widoczne są niewielkie odstępstwa po prawej stronie rozkładu. Dominanta badanego rozkładu ulokowana jest wyraźnie w przedziale wartości od 3 do 4. Dodatkowo histogram zawiera mniej liczne wartości znajdujące się w skrajnym dodatnim przedziale rozkładu.

Zmienna „*koszt inwestycji w OZE*” charakteryzuje się silną koncentracją wyników wokół jednej wyraźnie zaznaczonej dominanty, znajdującej się przy wartości 5. Taki rozkład wskazuje na wysoką jednorodność analizowanej populacji w zakresie ponoszonych kosztów inwestycyjnych w odnawialne źródła energii. Pomimo nałożenia krzywej teoretycznego rozkładu normalnego Gaussa, dane empiryczne wykazują istotne odstępstwa, wynikające przede wszystkim z wysokiej koncentracji wyników wokół wartości modalnej oraz względnie niskiej liczebności obserwacji w pozostałych przedziałach. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,30 jednostek i jest nieznacznie przesunięta względem dominanty, co wynika z lekkiej asymetrii lewostronnej spowodowanej występowaniem mniejszej liczby obserwacji poniżej wartości modalnej. Mimo tej asymetrii wartość średnia pozostaje względnie dobrą miarą tendencji centralnej, choć należy uwzględnić fakt jej ograniczonej reprezentatywności ze względu na wyjątkowo silnie skoncentrowaną dominującą grupę obserwacji. Ponadto na histogramie widoczne są mniej liczne wartości w skrajnych przedziałach rozkładu oraz marginalna liczba odpowiedzi respondentów przy wartości 6.

Dla zmiennej „*koszt operacyjny OZE*” rozkład empiryczny wykazuje umiarkowaną asymetrię lewostronną, objawiającą się znaczną koncentracją obserwacji w przedziale wyższych wartości badanego parametru. Histogram przedstawia wyraźnie dominujące skupienie danych w przedziale wartości od 4 do 5, co świadczy o stosunkowo wysokim poziomie jednorodności kosztów operacyjnych odnawialnych źródeł energii w analizowanej populacji. Pomimo naniesienia na histogram krzywej gęstości prawdopodobieństwa rozkładu normalnego Gaussa, można dostrzec pewne odstępstwa od klasycznej symetrii, wynikające z ujemnej skośności danych empirycznych. Dominanta badanego rozkładu znajduje się w okolicy 5, i jest bliska średniej arytmetycznej wynoszącej 4,23 jednostek. Niewielka rozbieżność pomiędzy wspomnianymi miarami centralnymi potwierdza względnie umiarkowaną asymetrię, co pozwala przyjąć, iż średnia arytmetyczna stanowi odpowiednią miarę tendencji centralnej badanego zjawiska. Dodatkowo histogram uwidacznia nieliczne obserwacje znajdujące się w skrajnych przedziałach rozkładu.

W przypadku zmiennej „*oszczędności na rachunkach za energię*” rozkład empiryczny cechuje się bardzo silną asymetrią lewostronną, co przejawia się wyjątkowo wysoką koncentracją danych w wyższych przedziałach analizowanego parametru. Histogram wskazuje na zdecydowaną dominację obserwacji w przedziale około 5 jednostek,

natomiast w przedziałach o wartościach 6 i 7 nie wystąpiły żadne odpowiedzi respondentów. Taka struktura rozkładu sugeruje wysoką jednorodność analizowanej próby, skoncentrowaną wokół jednej dominującej wartości, wskazując na znaczną efektywność procesu generowania oszczędności energetycznych. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,31 jednostek i jest nieznacznie przesunięta względem wyraźnie dominującej wartości modalnej. Rozbieżność między średnią a dominantą wynika z bardzo silnej ujemnej asymetrii rozkładu, niemniej jednak wartość średnia pozostaje względnie adekwatnym wskaźnikiem centralnej tendencji, choć w ograniczonym stopniu odzwierciedla najbardziej typowe wartości w badanej populacji. Histogram przedstawia także pojedyncze, nieliczne obserwacje zlokalizowane w dolnych przedziałach wartości.

Zmienna „zwrot z inwestycji” wykazuje silną asymetrię lewostronną, objawiającą się bardzo wyraźnym skupieniem danych w obszarze wysokich wartości analizowanego parametru. Histogram obrazuje dominację obserwacji w przedziale około 5, przy jednoczesnym całkowitym braku odpowiedzi respondentów dla najwyższej wartości oraz marginalnej liczby odpowiedzi respondentów dla wartości 6. Taka struktura danych sugeruje wysoką jednorodność populacji oraz znaczną efektywność badanego procesu w zakresie osiągniętych zwrotów z inwestycji. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,29 jednostek i pozostaje bliska dominanty rozkładu, co dodatkowo potwierdza silną koncentrację wyników w górnym zakresie wartości. Z tego powodu średnia arytmetyczna charakteryzuje się wysoką reprezentatywnością, stanowiąc odpowiednią miarę centralnej tendencji analizowanego procesu. Histogram ujawnia również mniej liczne obserwacje w dolnych przedziałach.

Dla zmiennej „redukcja kosztów operacyjnych” rozkład empiryczny charakteryzuje się silną asymetrią lewostronną, która uwidacznia się szczególnie intensywną koncentracją obserwacji wokół wyższego przedziału wartości, tj. około 5. Widoczne jest jednocześnie całkowite wykluczenie przez respondentów dwóch najwyższych możliwych wartości (6 i 7), co podkreśla jednoznaczność oraz wysoką jednorodność osiągniętych wyników w badanym zakresie redukcji kosztów operacyjnych. Średnia arytmetyczna analizowanej zmiennej wynosi 4,26, sytuując się w bezpośrednim sąsiedztwie wyraźnie dominującej wartości modalnej (około 5). Bliskość dominanty i średniej potwierdza silnie jednorodny charakter rozkładu oraz wskazuje na wysoką reprezentatywność średniej jako miary

centralnej tendencji badanego procesu, mimo zauważalnej asymetrii. Dodatkowo na histogramie widoczne są pojedyncze mniej liczne wartości w przedziałach niższych.

W przypadku zmiennej „*zwiększenie innowacyjności*” rozkład empiryczny wykazuje wyraźną asymetrię lewostronną, manifestującą się silną koncentracją danych w przedziale wyższych zaobserwowanych wartości. Histogram obrazuje jednoznacznie dominujące skupienie obserwacji w przedziale około 5. Jednocześnie brak jest jakichkolwiek obserwacji respondentów dla wartości najwyższych (6 i 7 jednostek), co dodatkowo podkreśla jednoznaczność oraz ograniczony zakres zmienności badanego zjawiska w analizowanej próbie. Dominanta analizowanego rozkładu znajduje się w sąsiedztwie najwyżej obserwowanego przedziału (około 5), podczas gdy średnia arytmetyczna wynosi 3,75 jednostek. Istotna różnica między średnią a dominantą jest konsekwencją zaobserwowanej asymetrii oraz nierównomiernej koncentracji obserwacji w analizowanej populacji. W efekcie wartość średnia posiada ograniczoną reprezentatywność jako miara centralnej tendencji badanego parametru, co wynika ze specyficznego charakteru rozkładu. Dodatkowo w histogramie zauważalne są mniej liczne wartości ulokowane w przedziałach niższych.

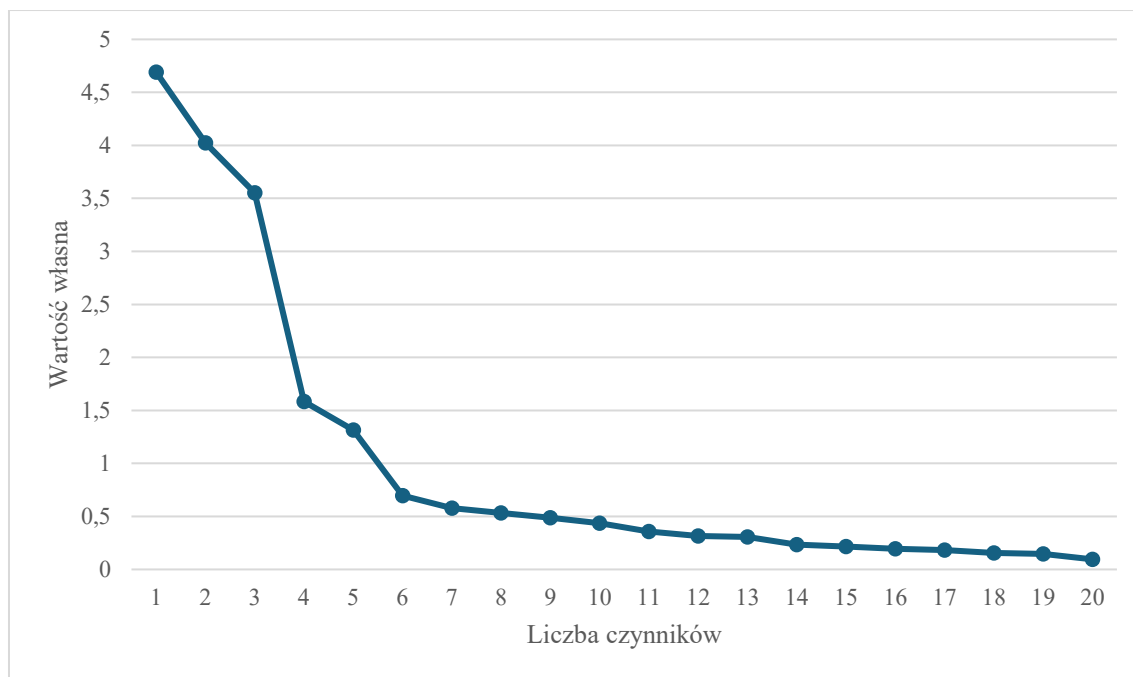
Na podstawie zbiorczej analizy histogramów dla 20 zmiennych można sformułować szereg istotnych wniosków dotyczących ich rozkładów empirycznych, dominujących tendencji centralnych oraz ewentualnych odstępstw od klasycznych modeli statystycznych. Zauważalnym zjawiskiem jest przewaga rozkładów asymetrycznych oraz bimodalnych, co wskazuje na niejednorodność ocen badanych procesów oraz potencjalne istnienie zróżnicowanych grup w obrębie populacji respondentów. Analizując poszczególne zmienne, dostrzec można wyraźną tendencję do występowania asymetrii lewostronnej, charakteryzującej się przesunięciem koncentracji danych ku wyższym wartościom. Taką strukturę wykazują między innymi zmienne „*zwiększenie konkurencyjności*”, „*wzrost wartości firmy*”, „*dostęp do nowych rynków*”, „*zwiększenie sprzedaży*”, „*wpływ na cenę produktów*”, „*koszt operacyjny OZE*”, „*oszczędności na rachunkach za energię*”, „*zwrot z inwestycji*”, „*redukcja kosztów operacyjnych*” oraz „*zwiększenie innowacyjności*”. Wskazuje to na fakt, iż badane zjawiska w percepcji respondentów postrzegane są w większości jako pozytywne i efektywne. Koncentracja ocen w górnych przedziałach wartości sugeruje, że w badanej próbie dominuje przekonanie o skuteczności analizowanych procesów, natomiast niższe oceny występują sporadycznie lub w ogóle nie są reprezentowane w zbiorze danych. Tego rodzaju

rozkłady, mimo swojej asymetrii, zachowują względnie stabilną tendencję centralną, przy czym średnie arytmetyczne w wielu przypadkach są bliskie wartości modalnych, co potwierdza jednolitość ocen oraz przewidywalność analizowanych procesów. Jednakże, w części przypadków rozkład empiryczny przybiera formę bimodalną lub wielomodalną, co sugeruje istnienie dwóch lub więcej odrębnych podgrup w obrębie analizowanej populacji. Taką strukturę zaobserwowano w przypadku zmiennych „*ulgi podatkowe i dotacje*”, „*koszty certyfikacji*”, „*koszty szkolenia pracowników*”, „*zmniejszenie kosztów związanych z emisjami*”, „*poprawa relacji z inwestorami*”, „*zmniejszenie ryzyka energetycznego*” oraz „*zwiększenie stabilności energetycznej*”. Histogramy tych zmiennych ukazują dwa wyraźnie zaznaczone przedziały wartości, między którymi występują luki o znacznie niższej liczbie obserwacji. Tego typu struktura wskazuje, iż badani nie tworzą jednolitej grupy o zbliżonych ocenach, lecz raczej są podzieleni na dwie subpopulacje, różniące się percepcją badanego zjawiska. W rezultacie średnia arytmetyczna w tych przypadkach nie stanowi adekwatnej miary tendencji centralnej, ponieważ lokuje się w obszarze o stosunkowo niskiej liczbie obserwacji, co ogranicza jej reprezentatywność. W takich sytuacjach bardziej precyzyjnym podejściem byłoby zastosowanie analizy mediany lub segmentacji respondentów na grupy o zbliżonych ocenach. Ważnym aspektem analizy jest także stopień zgodności wartości modalnych i średnich arytmetycznych. W wielu przypadkach, takich jak „*koszt operacyjny OZE*”, „*oszczędności na rachunkach za energię*”, „*zwrot z inwestycji*”, „*redukcja kosztów operacyjnych*” oraz „*zwiększenie innowacyjności*”, wartości te były do siebie zbliżone, co świadczy o stabilnym charakterze badanych procesów i ich przewidywalności. Z kolei w zmiennych o bimodalnym rozkładzie występowała istotna rozbieżność między dominantą a średnią, co wskazuje na konieczność ostrożnej interpretacji wartości średniej arytmetycznej w takich przypadkach. Analiza rozpiętości wyników pozwala również zauważyć, że w wielu przypadkach wartości skrajne (1 i 7) były rzadko wybierane lub wręcz nie występowały w zbiorze danych. W szczególności w zmiennych takich jak „*oszczędności na rachunkach za energię*”, „*redukcja kosztów operacyjnych*” czy „*zwiększenie innowacyjności*” brak było odpowiedzi w najwyższych przedziałach wartości, co podkreśla jednolitość ocen oraz wysoką przewidywalność badanego zjawiska. Kolejnym aspektem godnym uwagi jest obecność luk w rozkładach bimodalnych. W zmiennych takich jak „*ulgi podatkowe i dotacje*”, „*koszty certyfikacji*” czy „*zwiększenie stabilności energetycznej*” zaobserwowano widoczne braki

w przedziałach pośrednich, co może sugerować, że respondenci w swoich ocenach skłaniają się ku wartościom skrajnym, zamiast wybierać wartości pośrednie. Może to wynikać z różnic w doświadczeniach respondentów, które w praktyce generują dwa dominujące poziomy ocen.

### 5.3.2. Czynnikiowy model oceny wykorzystania OZE w aspekcie gospodarczym

Do weryfikacji trzeciej hipotezy szczegółowej (H3): *Stosowanie odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa korzystnie wpływa na ich pozycję konkurencyjną i wartość rynkową oraz wspiera ich rozwój i przynosi długoterminowe korzyści ekonomiczne*, wykorzystano eksploracyjną analizę czynnikową, której celem jest identyfikacja wzorców współzależności pomiędzy zmiennymi obserwowalnymi. Zastosowane podejście umożliwiło redukcję wymiarowości danych oraz wyodrębnienie ukrytych czynników odpowiadających za zmienność analizowanych wskaźników. Do określenia optymalnej liczby czynników wykorzystano test osypiska Cattella. Na rysunku 10 przedstawiono wykres osypiska czynnikowego, ukazujący wartości własne kolejnych czynników oraz ich udział w wyjaśnianiu struktury modelu analizy czynnikowej.



**Rysunek 10.** Wykres osypiska wartości własnych dla czynników aspektów gospodarczych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw

Źródło: Opracowanie własne

Na podstawie analizy wykresu osypiska czynnikowego można zaobserwować, że początkowo wartość własna pierwszego czynnika osiąga najwyższy poziom, po czym

następuje gwałtowny spadek dla kolejnych czynników. Po wyodrębnieniu pięciu czynników krzywa wykresu wyraźnie się wypłaszcza, przyjmując formę charakterystycznego ospiska czynnikowego. Oznacza to, że czynniki o liczbach porządkowych większych niż pięć posiadają niskie wartości własne, a ich zdolność do wyjaśniania zmienności w analizowanym zbiorze danych jest marginalna. W konsekwencji nie wnoszą one istotnej wartości informacyjnej do modelu, co uzasadnia ich wykluczenie z dalszej analizy.

W związku z powyższym zdecydowano się na wybór pięciu czynników, które w największym stopniu przyczyniają się do wyjaśnienia struktury danych. Ich selekcja została dokonana zgodnie z metodologią analizy czynnikowej, w której uwzględniono zarówno test ospiska Cattella, jak i kryterium Kaisera, polegające na odrzuceniu czynników o wartościach własnych niższych niż 1. W kolejnych etapach analizy skoncentrowano się na interpretacji macierzy wartości własnych, pozwalającej na ocenę siły wpływu poszczególnych czynników, oraz macierzy ładunków czynnikowych, która przedstawia zależności między zmiennymi obserwowalnymi a wyodrębnionymi czynnikami. W celu zapewnienia wysokiej jakości interpretacji wyników przyjęto, że minimalna wartość korelacji między zmienną obserwowalną a czynnikiem, uznawana za istotną, wynosi 0,7.

Wyniki analizy przedstawiono w postaci danych tabelarycznych, obejmujących macierz wartości własnych oraz macierz ładunków czynnikowych, które posłużyły do dalszej interpretacji struktury modelu czynnikowego.

**Tabela 25. Macierz wartości własnych dla czynników aspektów gospodarczych zrównoważonego rozwoju**

Czynnik	Wartość własna	Procent ogółu wariancji	Skumulowana wartość własna	Procent skumulowany
1	4,69	23,46%	4,69	23,46%
2	4,02	20,12%	8,72	43,58%
3	3,55	17,77%	12,27	61,34%
4	1,58	7,92%	13,85	69,27%
5	1,31	6,57%	15,17	75,84%

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 26. Macierz ładunków czynnikowych dla aspektów gospodarczych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw

Ładunki czynnikowe (Varimax znormalizowana)					
Składowe główne (Oznaczone ładunki są większe od 0,7)					
Zmienna	Czynnik 1	Czynnik 2	Czynnik 3	Czynnik 4	Czynnik 5
1	0,068762	0,042983	<b>0,830549</b>	0,131128	0,032177
2	0,054853	-0,021057	<b>0,829319</b>	0,097040	-0,013353
3	-0,042054	<b>0,750828</b>	0,017138	0,018118	0,023894
4	-0,023778	<b>0,906694</b>	0,048041	0,079148	0,049927
5	0,006439	<b>0,899990</b>	0,090531	-0,041167	-0,011544
6	0,046941	<b>0,896593</b>	0,027835	-0,071078	-0,003231
7	0,010426	<b>0,907307</b>	0,002970	0,031751	0,004640
8	0,017526	0,077864	<b>0,937162</b>	-0,016564	0,011407
9	0,017526	0,077864	<b>0,937162</b>	-0,016564	0,011407
10	0,056932	0,016285	<b>0,818382</b>	0,046316	-0,085380
11	0,011473	-0,045195	-0,075315	<b>-0,890265</b>	-0,081701
12	-0,072252	0,036627	-0,121493	<b>-0,858834</b>	0,183331
13	0,467177	0,034115	0,003997	0,013566	0,688696
14	0,095394	-0,010532	0,000338	-0,106601	<b>0,838665</b>
15	<b>0,820105</b>	0,014442	-0,003393	0,041113	0,294503
16	<b>0,756638</b>	0,110903	-0,059861	0,071853	0,345952
17	<b>0,897301</b>	-0,021372	0,084440	0,023050	0,091576
18	<b>0,909374</b>	0,007952	0,063609	0,041071	0,011730
19	<b>0,868985</b>	-0,030203	0,047965	-0,035167	0,005937
20	0,592352	-0,110180	0,152913	-0,058796	-0,383664

Źródło: Opracowanie własne

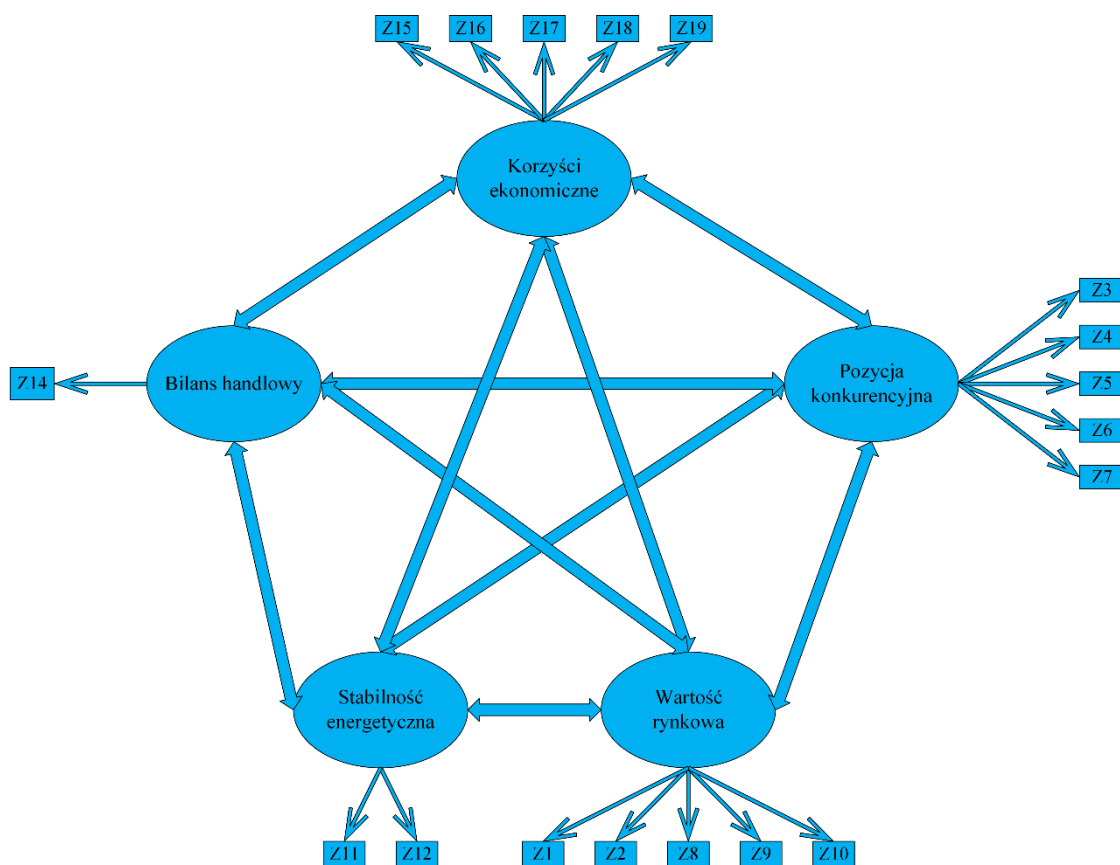
Na podstawie analizy macierzy wartości własnych można zauważyć, że pierwszy czynnik osiąga wartość własną równą 4,69, co oznacza, że wyjaśnia 23,46% całkowitej wariancji. Jest to najwyższy udział spośród wszystkich wyodrębnionych czynników, co wskazuje na jego istotną rolę w strukturze modelu. Kolejne czynniki wyjaśniają odpowiednio 20,12% (czynnik drugi), 17,77% (czynnik trzeci), 7,92% (czynnik czwarty) oraz 6,57% (czynnik piąty) całkowitej wariancji. Łącznie pięć czynników wyjaśnia 75,84% całkowitej wariancji, co oznacza, że opracowany model w dużym stopniu odzwierciedla strukturę analizowanych danych. W przedstawionych wynikach wszystkie pięć czynników spełnia kryterium Kaisera (4,69; 4,02; 3,55; 1,58 oraz 1,31), co uzasadnia ich pozostawienie w modelu. Czynniki o wartościach własnych poniżej 1 zostały wykluczone, ponieważ ich wkład w wyjaśnianie zmienności w danych jest mniejszy niż

pojedyncza zmienna, co oznaczałoby, że nie przyczyniają się one w istotny sposób do struktury modelu. Analiza macierzy ładunków czynnikowych pozwala przypisać poszczególne zmienne do wyodrębnionych czynników. Przyjęto, że istotne ładunki czynnikowe to te, które przekraczają wartość 0,7, co umożliwia identyfikację zmiennych silnie powiązanych z danym czynnikiem. Pierwszy czynnik jest ładowany przez pięć zmiennych (Z13, Z14, Z15, Z16, Z17), przy czym najwyższe wartości osiągają Z17 (0,8973) oraz Z18 (0,9094). Wysokie wartości ładunków czynnikowych wskazują na silne powiązania między tymi zmiennymi, co oznacza, że pierwszy czynnik jest właściwie ukształtowany i odgrywa kluczową rolę w modelu. Drugi czynnik obejmuje cztery zmienne (Z3, Z4, Z5, Z6, Z7), spośród których najwyższe wartości ładunków osiągają Z7 (0,9073) oraz Z4 (0,9067). Wszystkie zmienne w tym czynniku wykazują bardzo wysokie wartości ładunków czynnikowych, co wskazuje na jego prawidłowo zdefiniowaną strukturę. Trzeci czynnik jest ładowany przez cztery zmienne (Z1, Z2, Z8, Z9, Z10), przy czym najwyższą wartość ładunku czynnikowego uzyskuje Z8 (0,9372). Pozostałe zmienne również wykazują wysokie wartości ładunków, co sugeruje, że trzeci czynnik posiada stabilną i dobrze określoną strukturę w modelu. Czwarty czynnik obejmuje dwie zmienne (Z11, Z12), które wykazują bardzo wysokie wartości ładunków (Z11 = -0,8903, Z12 = -0,8588). Wysoka wartość współczynnika oznacza, że zmienne te są silnie skorelowane z tym czynnikiem i mają duży wpływ na jego strukturę. Piąty czynnik jest jednoznacznie definiowany przez pojedynczą zmienną, co wskazuje na jego specyficzny, ale istotny charakter w modelu czynnikowym. Pomimo tego, że jest oparty na jednej zmiennej, jej ładunek czynnikowy osiąga wysoką wartość (0,8387), co świadczy o wyraźnym przypisaniu tej zmiennej do danego czynnika.

Zgodnie z przyjętym w literaturze podejściem, nazwy czynników zostały nadane na podstawie zmiennych o najwyższych wartościach ładunków czynnikowych<sup>410</sup>. W wyniku tego pierwszy czynnik został oznaczony jako „*Korzyści ekonomiczne*”, drugi jako „*Pozycja konkurencyjna*”, trzeci otrzymał nazwę „*Wartość rynkowa*”, czwarty został określony jako „*Stabilność energetyczna*”, natomiast piąty czynnik nazwano „*Bilans handlowy*”. Ostateczna wersja modelu oceny wykorzystania OZE w aspekcie gospodarczym została przedstawiona na rysunku 11.

---

<sup>410</sup> StatSoft, *STATISTICA PL...*



**Rysunek 11. Czynnikiowy model aspektów gospodarczych zrównoważonego rozwoju**

Źródło: Opracowanie własne

Rysunek przedstawia czynnikiowy model oceny wykorzystania OZE w aspekcie gospodarczym, który obejmuje pięć zmiennych ukrytych (czynników) oraz przypisane im zmienne obserwowalne. Zmienne ukryte, oznaczone w modelu jako owale, to: *Korzyści ekonomiczne*, *Pozycja konkurencyjna*, *Wartość rynkowa*, *Stabilność energetyczna* oraz *Bilans handlowy*. Do każdego z czynników przyporządkowano zbiór zmiennych obserwowalnych, przedstawionych w prostokątach i oznaczonych kodami identyfikacyjnymi. Połączenia między zmiennymi ukrytymi a obserwowalnymi przedstawiono w formie jednokierunkowych strzałek, wskazujących na kierunek oddziaływania - zmienne obserwowalne pełnią funkcję wskaźników opisujących dany konstrukt. W modelu uwzględniono również relacje korelacyjne między czynnikami, oznaczone strzałkami dwukierunkowymi, które wskazują na współwystępowanie i wzajemne powiązania poszczególnych aspektów gospodarczych. Można zauważyć, że wszystkie czynniki pozostają ze sobą w relacji, co sugeruje ich ścisłe współzależności w strukturze modelu. Pod względem liczby zmiennych obserwowalnych przypisanych do poszczególnych czynników, największe znaczenie w modelu wydają się mieć trzy

pierwsze czynniki - „*Korzyści ekonomiczne*” (ładowane przez pięć zmiennych: Z15, Z16, Z17, Z18, Z19), „*Pozycja konkurencyjna*” (Z3, Z4, Z5, Z6, Z7) oraz „*Wartość rynkowa*” (Z1, Z2, Z8, Z9, Z10). Wskazuje to na ich silne osadzenie w strukturze modelu, co oznacza, że w największym stopniu wyjaśniają zmienność w analizowanych aspektach gospodarczych. Czwarty czynnik, „*Stabilność energetyczna*”, obejmuje dwie zmienne (Z11, Z12), natomiast piąty czynnik, „*Bilans handlowy*”, został jednoznacznie przypisany do pojedynczej zmiennej (Z14). Wysoka wartość ładunku czynnikowego tej zmiennej sugeruje jej silne powiązanie z tym czynnikiem, co oznacza, że mimo swojej jednozmiennowej struktury może pełnić istotną rolę w modelu.

Zgodnie z przyjętą kolejnością podejmowanych działań przeprowadzono analizę rzetelności skali. W przedmiotowym badaniu pominięto czynnik 4 (*stabilność energetyczna*) oraz czynnik 5 (*Bilans handlowy*) z uwagi na niewystarczającą ilość zmiennych wymaganych dla realizacji wspomnianej analizy.

**Tabela 27. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika pierwszego: Korzyści ekonomiczne**

<b>Podsumowanie skali</b> Średnia=21,3380 Odchylenie standardowe=4,74474 N ważnych: 355					
Zmienna	Średnia gdy usunięte	Wariancja gdy usunięte	Odchylenie standardowe gdy usunięte	Korelacja pozycja całkowita	Alfa gdy usunięte
Z15	17,03380	13,23829	3,638447	0,819524	0,896787
Z16	17,11268	14,49435	3,807144	0,739248	0,911511
Z17	17,02817	15,00202	3,873245	0,843293	0,891222
Z18	17,09859	14,80437	3,847644	0,827703	0,893116
Z19	17,07887	15,76279	3,970238	0,757786	0,907375

Źródło: Opracowanie własne

**Tabela 28. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika drugiego: Pozycja konkurencyjna**

<b>Podsumowanie skali</b> Średnia=26,8366 Odchylenie standardowe=6,99688 N ważnych: 355					
Zmienna	Średnia gdy usunięte	Wariancja gdy usunięte	Odchylenie standardowe gdy usunięte	Korelacja pozycja całkowita	Alfa gdy usunięte

Z3	21,31549	34,65540	5,886883	0,643528	0,931941
Z4	21,45634	30,77767	5,547763	0,850325	0,892239
Z5	21,52113	30,84110	5,553477	0,841741	0,893999
Z6	21,62254	30,25752	5,500684	0,814127	0,900305
Z7	21,43099	32,76355	5,723945	0,845544	0,895580

Źródło: Opracowanie własne

**Tabela 29. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika trzeciego: Wartość rynkowa**

<b>Podsumowanie skali</b>					
Średnia=21,9042					
Odchylenie standardowe=7,91029					
N ważnych: 355					
Zmienna	Średnia gdy usunięte	Wariancja gdy usunięte	Odchylenie standardowe gdy usunięte	Korelacja pozycja całkowita	Alfa gdy usunięte
Z1	17,24225	41,50751	6,442632	0,755897	0,914970
Z2	17,23944	42,47506	6,517290	0,749460	0,915982
Z8	17,61690	38,36591	6,194022	0,885765	0,888667
Z9	17,61690	38,36591	6,194022	0,885765	0,888667
Z10	17,90141	42,77057	6,539921	0,730144	0,919558

Źródło: Opracowanie własne

Wyniki przeprowadzonej analizy wskazują, że wszystkie trzy badane skale charakteryzują się wysokim poziomem rzetelności, co potwierdza ich adekwatność jako narzędzi pomiarowych. Najwyższą spójność wewnętrzną wykazuje skala czynnika pierwszego - „*Korzyści ekonomiczne*”, dla której wartość  $\alpha$ -Cronbacha wynosi 0,907. Tak wysoka wartość świadczy o silnym powiązaniu poszczególnych zmiennych oraz ich konsekwencji w opisie badanego zjawiska. Najsilniej skorelowane z całością skali są zmienne: Z17 (*Oszczędności na rachunkach za energię*, korelacja = 0,8433) oraz Z18 (*Zwrot z inwestycji*, korelacja = 0,8277). Wskazuje to, że kwestie oszczędności oraz zwrotu z inwestycji są kluczowe dla badanego konstruktów. Nieco niższą korelację wykazuje zmienna Z16 (*Koszt operacyjny OZE*, korelacja = 0,7392), jednakże jej usunięcie przyniosłoby jedynie marginalny wzrost współczynnika  $\alpha$  (do 0,911), co nie uzasadnia ingerencji w strukturę skali.

Dla czynnika drugiego - „*Pozycja konkurencyjna*” - uzyskano wartość  $\alpha$ -Cronbacha równą 0,908, co wskazuje na bardzo wysoką spójność wewnętrzną skali. Najsilniej skorelowane z całkowitym wynikiem skali są zmienne: Z4 (*Wzrost wartości firmy*,

korelacja = 0,8503) oraz Z7 (*Wpływ na cenę produktów*, korelacja = 0,8455). Ich silne powiązanie wskazuje, że kwestie wartości rynkowej oraz polityki cenowej przedsiębiorstwa odgrywają istotną rolę w badanym konstrukcie. Najniższą korelację wykazuje Z3 (*Zwiększenie konkurencyjności*, korelacja = 0,6435), a jej usunięcie doprowadziłoby do wzrostu  $\alpha$  do 0,9319, co sugeruje, że może nieco odbiegać od pozostałych pozycji. Niemniej jednak jej wartość korelacyjna nadal mieści się w akceptowalnym zakresie, a jej eliminacja mogłaby osłabić wartość merytoryczną skali, dlatego jej pozostawienie wydaje się uzasadnione.

W przypadku czynnika trzeciego - „*Wartość rynkowa*” - współczynnik  $\alpha$ -Cronbacha wynosi 0,906, co również wskazuje na bardzo wysoką rzetelność skali. Wśród zmiennych składających się na ten czynnik najwyższą korelację z całkowitym wynikiem skali wykazują Z8 (*Koszty szkolenia pracowników*, korelacja = 0,8858) oraz Z9 (*Zmniejszenie kosztów związanych z emisjami*, korelacja = 0,8858). Oznacza to, że koszty związane z edukacją kadry oraz redukcją kosztów związanych z emisjami są kluczowymi aspektami badanego konstruktów. Najniższą korelację wykazuje Z10 (*Poprawa relacji z inwestorami*, korelacja = 0,7301), a jej usunięcie zwiększyłoby wartość  $\alpha$  do 0,9195. Można więc rozważyć jej eliminację w celu nieznacznej poprawy wewnętrznej jednorodności skali, choć nie jest to konieczne, ponieważ zmienna ta wciąż wnosi istotne treściowo informacje do modelu.

Uzyskane wyniki wskazują na empiryczne potwierdzenie hipotezy H3. Pięć wyodrębnionych czynników: „*Korzyści ekonomiczne*”, „*Pozycja konkurencyjna*”, „*Wartość rynkowa*”, „*Stabilność energetyczna*” oraz „*Bilans handlowy*”, wyjaśnia łącznie 75,84% całkowitej wariancji zmiennych obserwowalnych, co świadczy o wysokiej zdolności modelu do odzwierciedlenia gospodarczych aspektów wykorzystania OZE w przedsiębiorstwach. Kluczową rolę w strukturze modelu odgrywają trzy pierwsze czynniki. Konstrukty „*Korzyści ekonomiczne*” oraz „*Pozycja konkurencyjna*” skupiają zmienne o bardzo wysokich ładunkach czynnikowych, odnoszące się m.in. do oszczędności na rachunkach za energię, zwrotu z inwestycji, poziomu kosztów operacyjnych, wzrostu wartości firmy, zwiększenia konkurencyjności oraz wpływu na politykę cenową. Z kolei czynnik „*Wartość rynkowa*” obejmuje zmienne związane z redukcją kosztów wynikających z emisji, kosztami szkolenia pracowników oraz poprawą relacji z inwestorami, co odzwierciedla zdolność przedsiębiorstw do wykorzystywania ram regulacyjnych i instrumentów wsparcia dla wzmocnienia

swojej pozycji ekonomicznej. Bardzo wysokie wartości współczynników  $\alpha$ -Cronbacha dla tych trzech skal (0,907; 0,908; 0,906) potwierdzają ich wysoką spójność wewnętrzną i stabilność pomiaru, a tym samym wiarygodność wniosków wyprowadzanych z modelu.

Zestawienie powyższych rezultatów pozwala stwierdzić, że: *Stosowanie odnawialnych źródeł energii jest przez przedsiębiorstwa korzystnie wpływa na ich pozycję konkurencyjną i wartość rynkową oraz wspiera ich rozwój i przynosi długoterminowe korzyści ekonomiczne*. Tym samym na podstawie zrealizowanych badań empirycznych, hipoteza H3 została potwierdzona.

#### **5.4. Wnioski z badań i rekomendacje**

Na podstawie przeprowadzonych badań własnych można wywnioskować, że uzyskane wyniki pozwalają na kompleksową i wielowymiarową weryfikację postawionych hipotez szczegółowych (H1-H3) oraz hipotezy głównej. Analiza zebranych danych empirycznych ujawniła, że respondenci w sposób konsekwentny i spójny wskazywali na pozytywne znaczenie implementacji odnawialnych źródeł energii w działalności przedsiębiorstw. Zgromadzone informacje pozwalają nie tylko ocenić stopień potwierdzenia każdej z hipotez, lecz także dostrzec ich wzajemne powiązania, tworzące spójną strukturę argumentacyjną wspierającą nadrzędne założenia badawcze.

**W kontekście Hipotezy H1**, zakładającej że wykorzystanie odnawialnych źródeł energii wspiera ochronę środowiska, sprzyja racjonalnemu wykorzystaniu zasobów naturalnych i ogranicza negatywny wpływ działalności człowieka na otoczenie, uzyskane wyniki wskazują, że respondenci w dużej mierze dostrzegają proekologiczne korzyści wynikające z zastosowania OZE. Zgromadzone opinie oraz dane ilościowe potwierdzają, że w ocenie badanej populacji implementacja OZE wiąże się z wyraźnie pozytywnymi efektami środowiskowymi, co znajduje odzwierciedlenie w poziomie średnich ocen większości wskaźników na siedmiostopniowej skali Likerta. Wartości średnie dla zmiennych środowiskowych kształtowały się w przedziale (3,78; 5,50), przy czym najwyżej oceniono: „wpływ na ekosystemy” (średnia = 5,50; odchylenie standardowe = 1,64; współczynnik zmienności = 0,30), „redukcję hałasu” (średnia = 5,38; odchylenie standardowe = 1,40; współczynnik zmienności = 0,26), „zmniejszenie zanieczyszczenia wód” (średnia = 5,30; odchylenie standardowe = 1,65; współczynnik zmienności = 0,31), „oszczędność surowców naturalnych” (średnia = 5,20; odchylenie standardowe = 1,67; współczynnik zmienności = 0,32) oraz „efektywne wykorzystanie wody” (średnia = 5,10; odchylenie standardowe = 1,69; współczynnik zmienności = 0,33). Uzupełniająco

wysokie oceny uzyskały także wskaźniki odnoszące się do: „*jakości gleby*” (średnia = 5,14), „*wzrostu bioróżnorodności*” (średnia = 5,06) i „*redukcji materiałów opakowaniowych*” (średnia = 5,03), co wskazuje, że respondenci łączą wykorzystanie OZE nie tylko z ograniczaniem emisji i zanieczyszczeń, ale również z ochroną ekosystemów i racjonalizacją strumieni materiałowych. Jednocześnie najniżej oceniono „*zmniejszenie zużycia energii z nieodnawialnych źródeł*” (średnia = 3,78; odchylenie standardowe = 1,66; współczynnik zmienności = 0,44), co może sugerować większą ostrożność części respondentów w deklarowaniu skali substytucji energii konwencjonalnej lub istotne zróżnicowanie stopnia zaawansowania transformacji energetycznej w badanej próbie.

Interpretacja rozkładów empirycznych potwierdza przewagę ocen pozytywnych. Wartości modalne oraz średnie dla większości zmiennych koncentrowały się w zakresie 4 - 6 (powyżej wartości neutralnej), a dla takich wskaźników jak „*redukcja materiałów opakowaniowych*”, „*energia odzyskiwana*”, „*efektywne wykorzystanie wody*”, „*zmniejszenie zanieczyszczenia wód*” i „*redukcja hałasu*” dominanta lokowała się w przedziale 5 - 6, przy marginalnym udziale ocen niskich. Dodatkowo dla wybranych zmiennych (m.in. „*wzrost bioróżnorodności*”, „*wpływ na ekosystemy*”, „*zajmowana powierzchnia pod OZE*”, „*redukcja materiałów opakowaniowych*”) nie odnotowano odpowiedzi w najniższym przedziale skali (1), co wzmacnia wnioski o braku percepcji skrajnie negatywnych skutków w tych obszarach. Spójność tego obrazu potwierdzają wyniki eksploracyjnej analizy czynnikowej, w której wyodrębniono cztery czynniki spełniające kryterium Kaisera, a skumulowana wartość wyjaśnianej wariancji osiągnęła 77,74% (czynnik 1: 52,55%; czynnik 2: 13,40%; czynnik 3: 6,66%; czynnik 4: 5,12%). Struktura ładunków czynnikowych wskazała jednoznacznie na wyodrębnienie konstruktów odpowiadających elementom H1, w tym: „*racjonalnemu wykorzystaniu zasobów*” (m.in. wysoki udział redukcji emisji CO<sub>2</sub>, udziału energii z OZE i emisji gazów cieplarnianych), „*ochronie środowiska*” (silne ładunki dla zmniejszenia zanieczyszczenia wód, oszczędności surowców i efektywnego wykorzystania wody) oraz „*ograniczeniu negatywnego wpływu człowieka*” (m.in. ekosystemy, gleba, zasadzenia drzew). Trafność i stabilność tych konstruktów wzmacnia wysoka rzetelność skal:  $\alpha$ -Cronbacha = 0,924 dla „*Racjonalnego wykorzystania zasobów*”, 0,905 dla „*Ochrony środowiska*” oraz 0,846 dla „*Ograniczenia negatywnego wpływu człowieka*”, co łącznie stanowi spójnie empiryczne uzasadnienie, iż implementacja OZE wspiera ochronę środowiska,

racjonalizuje wykorzystanie zasobów i ogranicza presję antropogeniczną. Tym samym hipotezę H1 można uznać za potwierdzoną.

**W odniesieniu do hipotezy H2**, mówiącej, że wykorzystanie odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa wspiera odpowiedzialne podejście do otoczenia, sprzyja tworzeniu lepszego środowiska pracy i pomaga budować większą świadomość ekologiczną - wyniki badań wskazują, że organizacje, które decydują się na implementację OZE, są częściej postrzegane jako firmy odpowiedzialne społecznie. Respondenci wskazywali również, że działania te mogą wpływać na kształtowanie społecznego wymiaru funkcjonowania organizacji - w szczególności poprzez wzmacnianie praktyk odpowiedzialności społecznej, poprawę warunków pracy oraz rozwój komponentu edukacyjno-komunikacyjnego związanego ze świadomością ekologiczną. Na podstawie uzyskanych wyników, wartości średnie lokują się w przedziale  $\langle 3,11; 4,91 \rangle$ , co potwierdza przewagę ocen dodatnich przy jednoczesnym zróżnicowaniu percepcji poszczególnych efektów. Najwyżej oceniono obszary bezpośrednio wiążące wdrażanie OZE z odpowiedzialnością wobec otoczenia i dobrostanem pracowników: „*Wsparcie dla lokalnych inicjatyw ekologicznych*” (średnia = 4,91; odchylenie standardowe = 1,46; współczynnik zmienności = 0,30), „*Zdrowie publiczne*” (średnia = 4,86; odchylenie standardowe = 1,52; współczynnik zmienności = 0,31), „*Współpraca z NGO*” (średnia = 4,82; odchylenie standardowe = 1,46; współczynnik zmienności = 0,30), „*Zdrowie i bezpieczeństwo pracowników*” (średnia = 4,81; odchylenie standardowe = 1,68; współczynnik zmienności = 0,35) oraz „*Poprawa jakości życia*” (średnia = 4,80; odchylenie standardowe = 1,62; współczynnik zmienności = 0,34). Wysokie wartości uzyskały również wskaźniki związane z poprawą środowiska pracy i kultury organizacyjnej: „*Przejrzystość działań ekologicznych*” (średnia = 4,79; odchylenie standardowe = 1,46; współczynnik zmienności = 0,30), „*Programy wolontariackie*” (średnia = 4,77; odchylenie standardowe = 1,55; współczynnik zmienności = 0,32), „*Zadowolenie pracowników*” (średnia = 4,75; odchylenie standardowe = 1,44; współczynnik zmienności = 0,30), „*Przystosowanie infrastruktury*” (średnia = 4,61; odchylenie standardowe = 1,42; współczynnik zmienności = 0,31) oraz „*Kształcenie i szkolenia*” (średnia = 4,51; odchylenie standardowe = 1,59; współczynnik zmienności = 0,35). Jednocześnie wyraźnie niższe oceny dotyczą komponentu świadomości ekologicznej rozumianego jako efekt komunikacyjno-edukacyjny: „*Komunikacja ekologiczna*” (średnia = 3,11; odchylenie standardowe = 1,22;

współczynnik zmienności = 0,39), „*Wzrost świadomości ekologicznej*” (średnia = 3,48; odchylenie standardowe = 1,18; współczynnik zmienności = 0,34) oraz „*Edukacja ekologiczna*” (średnia = 3,88; odchylenie standardowe = 1,08; współczynnik zmienności = 0,28). W podobnie umiarkowanym zakresie respondenci sytuowali także efekty reputacyjne i relacyjne: „*Poprawa wizerunku firmy*” (średnia = 3,70; odchylenie standardowe = 1,81; współczynnik zmienności = 0,49), „*Zaufanie konsumentów*” (średnia = 3,63; odchylenie standardowe = 1,86; współczynnik zmienności = 0,51) oraz „*Relacje z interesariuszami*” (średnia = 3,55; odchylenie standardowe = 1,93; współczynnik zmienności = 0,54), przy czym właśnie dwie ostatnie kategorie cechują się najwyższą dyspersją ocen (współczynnik zmienności = 0,51–0,54), co wskazuje na niejednorodność doświadczeń badanych podmiotów w obszarze budowania relacji i zaufania.

W ramach autorskiego modelu czynnikowego wyodrębniono trzy czynniki wyjaśniające łącznie 58,83% wariacji (czynnik 1: 38,49% wariacji; czynnik 2: 11,31%; czynnik 3: 9,03%). Struktura ładunków czynnikowych, przy progu istotności 0,7, wskazuje, iż komponent „*Świadomość ekologiczna*” jest silnie reprezentowany przez „*Wzrost świadomości ekologicznej*” (ładunek 0,8293), „*Edukację ekologiczną*” (0,7490) i „*Komunikację ekologiczną*” (0,7137); komponent „*Warunki pracy i zdrowie*” związany jest ze wskaźnikami: „*Zdrowie i bezpieczeństwo pracowników*” (0,7706) oraz „*Poprawa jakości życia*” (0,7351). Trzeci komponent „*Spółeczna odpowiedzialność*” obejmuje m.in. „*Zaufanie konsumentów*” (0,8277), „*Działania CSR*” (0,7983), „*Poprawę wizerunku firmy*” (0,7949), „*Relacje z interesariuszami*” (0,7920) oraz „*Zaangażowanie społeczne*” (0,7666). Rzetelność pomiaru potwierdza analiza spójności wewnętrznej. Dla czynnika „*Odpowiedzialności społecznej*” uzyskano wynik  $\alpha$ -Cronbacha na poziomie 0,87, natomiast dla czynnika „*Świadomości ekologicznej*”  $\alpha = 0,60$ , co jest spójne z obserwowanym w statystykach opisowych większym zróżnicowaniem odpowiedzi w obszarach komunikacji i kształtowania świadomości. Otrzymane dane pozwalają zatem uznać hipotezę H2 za potwierdzoną.

**W przypadku hipotezy H3**, zakładającej, że stosowanie odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa korzystnie wpływa na ich pozycję konkurencyjną i wartość rynkową oraz wspiera ich rozwój i przynosi długoterminowe korzyści ekonomiczne, przeprowadzone badania dostarczyły argumentów potwierdzających tę hipotezę badawczą. Analiza wyników pokazała, że przedsiębiorstwa wykorzystujące OZE

są postrzegane jako podmioty zdolne do wzmacniania pozycji rynkowej, generowania wartości oraz osiągnięcia mierzalnych korzyści ekonomicznych w ujęciu długookresowym, co znajduje potwierdzenie zarówno w statystykach opisowych, jak i w strukturze czynnikowej uzyskanych wyników. W warstwie deklaratywnej respondenci najwyżej ocenili wpływ OZE na „Zwiększenie konkurencyjności” (średnia = 5,52; odchylenie standardowe = 1,55; współczynnik zmienności = 0,28), „Wpływ na cenę produktów” (średnia = 5,41; odchylenie standardowe = 1,45; współczynnik zmienności = 0,27), „Wzrost wartości firmy” (średnia = 5,38; odchylenie standardowe = 1,63; współczynnik zmienności = 0,30), a także na ekspansję rynkową i przychodową („Dostęp do nowych rynków” - średnia = 5,32; odchylenie standardowe = 1,64; współczynnik zmienności = 0,31; „Zwiększenie sprzedaży” - średnia = 5,21; odchylenie standardowe = 1,74; współczynnik zmienności = 0,33). Jednocześnie istotne znaczenie przypisywano elementom ograniczającym ryzyka operacyjne związane z energią („Zmniejszenie ryzyka energetycznego” - średnia = 5,15; odchylenie standardowe = 1,64; współczynnik zmienności = 0,32; „Zwiększenie stabilności energetycznej” - średnia = 4,95; odchylenie standardowe = 1,76; współczynnik zmienności = 0,36) oraz instrumentom instytucjonalno-regulacyjnym („Ulgi podatkowe i dotacje” - średnia = 4,66; odchylenie standardowe = 1,81; współczynnik zmienności = 0,39). W kontekście długoterminowych korzyści ekonomicznych kluczowe jest natomiast to, że badani relatywnie wysoko oceniali pozycje odnoszące się do rachunku ekonomicznego inwestycji w OZE: „Oszczędności na rachunkach za energię” (średnia = 4,31; odchylenie standardowe = 0,99; współczynnik zmienności = 0,23), „Zwrot z inwestycji” (średnia = 4,24; odchylenie standardowe = 1,03; współczynnik zmienności = 0,24) oraz „Redukcja kosztów operacyjnych” (średnia = 4,26; odchylenie standardowe = 0,96; współczynnik zmienności = 0,23), przy jednocześnie niskich wartościach współczynnika zmienności, co wskazuje na względnie spójne postrzeganie tych efektów wśród respondentów. Na tle powyższego relatywnie niższe średnie dotyczyły „Wpływu na bilans handlowy” (średnia = 3,52; odchylenie standardowe = 1,36; współczynnik zmienności = 0,38) oraz „Zwiększenia innowacyjności” (średnia = 3,77; odchylenie standardowe = 1,22; współczynnik zmienności = 0,32), co sugeruje, że te konsekwencje są postrzegane jako bardziej pośrednie lub zależne od dodatkowych uwarunkowań. Przedmiotową interpretację wzmacnia model czynnikowy, w którym najbardziej „osadzone” w strukturze okazały się trzy kluczowe konstrukty zgodne z treścią hipotezy H3: „Korzyści ekonomiczne” (Z15-Z19), „Pozycja konkurencyjna” (Z3-Z7) oraz „Wartość

rynkowa” (Z1, Z2, Z8, Z9, Z10), przy jednoczesnym wskazaniu na współzależności pomiędzy czynnikami. Rzetelność skal pomiarowych dla tych trzech wymiarów była bardzo wysoka (odpowiednio  $\alpha = 0,907$ ;  $\alpha = 0,908$ ;  $\alpha = 0,906$ ), a analiza korelacji pozycja–całość potwierdziła szczególną wagę elementów finansowych i rynkowych (m.in. „*Oszczędności na rachunkach za energię*” - korelacja = 0,8433; „*Zwrot z inwestycji*” - korelacja = 0,8277; „*Wzrost wartości firmy*” - korelacja = 0,8503; „*Wpływ na cenę produktów*” – korelacja = 0,8455). Tym samym hipotezę tę można uznać za potwierdzoną

Wyniki badań wyraźnie wskazują, że implementacja odnawialnych źródeł energii stanowi istotny element zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw i pełni funkcję kluczowego narzędzia integrującego cele środowiskowe, społeczne i ekonomiczne.

W wymiarze społecznym wdrażanie OZE sprzyja kształtowaniu kultury organizacyjnej opartej na odpowiedzialności, zaangażowaniu i świadomości ekologicznej. Przedsiębiorstwa decydujące się na inwestycje w zielone technologie często wykazują większą otwartość na dialog ze społecznością lokalną, co pozytywnie wpływa na budowanie zaufania oraz wzmacnianie relacji z interesariuszami. Zastosowanie OZE wiąże się również z kreowaniem bardziej przyjaznych i bezpiecznych warunków pracy, redukcją negatywnych skutków środowiskowych odczuwanych przez pracowników oraz promowaniem proekologicznych postaw wśród kadry. Tym samym wdrażanie rozwiązań odnawialnych wspiera rozwój społecznej odpowiedzialności biznesu oraz sprzyja budowaniu spójnej i świadomej społecznie kultury organizacyjnej.

Natomiast w aspekcie ekonomicznym wyniki badań wskazują, że przedsiębiorstwa korzystające z odnawialnych źródeł energii zyskują liczne i trwałe korzyści, które mogą przekładać się zarówno na rezultaty finansowe, jak i długoterminową stabilność funkcjonowania. Implementacja OZE przyczynia się do obniżenia kosztów operacyjnych w dłuższej perspektywie czasowej, zwiększa niezależność energetyczną oraz zmniejsza podatność organizacji na wahania cen surowców energetycznych. Dodatkowo przedsiębiorstwa inwestujące w rozwiązania ekologiczne wzmacniają swój wizerunek jako nowoczesne, innowacyjne i odpowiedzialne, co podnosi ich atrakcyjność w oczach klientów, partnerów biznesowych oraz inwestorów. Tym samym wykorzystanie OZE staje się istotnym czynnikiem budowania przewagi konkurencyjnej, rozwoju rynkowego oraz zdolności do sprostania rosnącym wymaganiom regulacyjnym związanym z polityką klimatyczną i zrównoważonym rozwojem.

Zestawienie wszystkich tych elementów pozwala uznać, że implementacja OZE jest nie tylko korzystnym, ale wręcz strategicznym kierunkiem rozwoju przedsiębiorstw, wpisującym się w dążenie do harmonizacji celów gospodarczych z odpowiedzialnością społeczną i ochroną środowiska. Tym samym wyniki badań w pełni wspierają zarówno hipotezy szczegółowe, jak i hipotezę główną, potwierdzając ich trafność oraz praktyczne zastosowanie

Wyniki przeprowadzonych badań dostarczają przedsiębiorstwom wielu cennych rekomendacji o charakterze praktycznym, które mogą stać się podstawą do podejmowania bardziej świadomych i efektywnych decyzji dla przedsiębiorstw funkcjonujących w województwie pomorskim.

Po pierwsze, wskazują na potrzebę traktowania inwestycji w OZE jako integralnego elementu strategii zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstwa. Oznacza to konieczność wpisania OZE w długookresowe dokumenty planistyczne, systemy zarządzania środowiskowego oraz polityki odpowiedzialności społecznej, a nie ograniczania się wyłącznie do pojedynczych projektów o charakterze technicznych modernizacji infrastruktury energetycznej.

Po drugie, opracowane modele czynnikowe mogą stanowić podstawę budowy wewnętrznych systemów monitorowania efektów wdrażania OZE w przedsiębiorstwach. Zidentyfikowane grupy wskaźników: środowiskowych, społecznych i gospodarczych, mogą zostać zaadaptowane do potrzeb wybranych podmiotów jako zestaw kluczowych mierników (KPI) wykorzystywanych w ocenie realizacji strategii zrównoważonego rozwoju oraz raportowaniu niefinansowym. Włączenie tych wskaźników do praktyki zarządczej sprzyjałoby podejmowaniu decyzji inwestycyjnych opartych na danych oraz lepszemu komunikowaniu rezultatów działań prośrodowiskowych wobec interesariuszy.

Po trzecie, szczególnej uwagi wymaga wymiar społeczny, w tym zwłaszcza obszar świadomości ekologicznej. Zidentyfikowane zróżnicowanie ocen i umiarkowany poziom rzetelności skal w tym zakresie sugerują konieczność intensyfikacji działań edukacyjnych i komunikacyjnych kierowanych do pracowników oraz społeczności lokalnych. Przedsiębiorstwa powinny nie tylko inwestować w infrastrukturę OZE, lecz również budować kulturę organizacyjną opartą na wartościach prośrodowiskowych, angażując pracowników w proces planowania i wdrażania projektów energetycznych, rozwijając programy szkoleniowe oraz inicjatywy partycypacyjne. Działania takie mogą przyczynić

się do wzmocnienia spójności między technicznymi a społecznymi efektami wykorzystania OZE.

Po czwarte, struktura modelu gospodarczego wskazuje, że przedsiębiorstwa mogą w większym stopniu wykorzystywać dostępne instrumenty regulacyjne i finansowe. Wysoka istotność czynnika „*Wartość rynkowa*” sugeruje, że otoczenie instytucjonalne, w tym system ulg podatkowych, dotacji, programów wsparcia inwestycji oraz mechanizmów rozliczania emisji, stanowi ważny element wzmacniający ekonomiczne efekty wdrażania OZE. Rekomenduje się zatem, aby przedsiębiorstwa systematycznie monitorowały możliwości pozyskiwania zewnętrznego wsparcia, budowały kompetencje w zakresie aplikowania o środki publiczne oraz integrowały zarządzanie ryzykiem regulacyjnym z decyzjami inwestycyjnymi.

Wnioski z badań mają również znaczenie dla kształtowania polityk publicznych w regionie. Potwierdzenie pozytywnego wpływu OZE na środowisko, społeczeństwo i gospodarkę przemawia za kontynuacją i wzmacnianiem instrumentów wsparcia ukierunkowanych na upowszechnianie rozwiązań opartych na odnawialnych źródłach energii wśród przedsiębiorstw. W szczególności uzasadnione wydaje się różnicowanie form pomocy w zależności od wielkości podmiotu oraz charakteru prowadzonej działalności, aby ograniczać bariery wejścia dla mniejszych firm oraz sektorów o niższej zdolności inwestycyjnej. Wyniki badań mogą ponadto stanowić punkt odniesienia dla regionalnych strategii energetycznych oraz programów rozwoju, w których OZE jest traktowane jako jeden z kluczowych filarów zielonej transformacji gospodarki województwa pomorskiego.

Reasumując można stwierdzić, że uzyskane wyniki badań stanowią podstawę wielu praktycznych rekomendacji dla przedsiębiorstw. Wskazują na możliwości wdrażania rozwiązań, które nie tylko wspierają ich rozwój, ale także przyczyniają się do budowania trwałej przewagi konkurencyjnej. Wyniki te mogą stanowić cenne źródło wskazówek dla menedżerów oraz decydentów, ukierunkowując ich działanie na bardziej efektywne, odpowiedzialne i długofalowo opłacalne formy zarządzania energią oraz zasobami przedsiębiorstwa.

Wprowadzenie przedstawionych rekomendacji może przyczynić się do poprawy efektywności operacyjnej, wzmocnienia wizerunku organizacji, zwiększenia

zaangażowania interesariuszy oraz lepszego dostosowania do dynamicznie zmieniających się wymogów środowiskowych i regulacyjnych.

## **Zakończenie**

Zagadnienie wykorzystania odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa stanowi obecnie jeden z kluczowych punktów odniesienia w analizach dotyczących zrównoważonego rozwoju i odpowiedzialności biznesu. Decyzje o wdrażaniu OZE nie mają wyłącznie wymiaru technologicznego, lecz mogą wpływać na sposób funkcjonowania organizacji, jej relacje z otoczeniem oraz postrzeganie przez interesariuszy. We wspomnianym ujęciu OZE stają się elementem szerszych procesów transformacyjnych, w których przedsiębiorstwa poszukują rozwiązań równoważących cele ekonomiczne z ograniczaniem presji na środowisko i kształtowaniem pozytywnych skutków społecznych.

W literaturze oraz praktyce gospodarczej OZE są coraz częściej ujmowane jako instrument wzmacniający odporność przedsiębiorstw na zmienność otoczenia, w tym na ryzyka kosztowe i regulacyjne związane z energią. Jednocześnie wdrażanie tych rozwiązań bywa łączone z budowaniem przewag konkurencyjnych, zarówno poprzez redukcję kosztów w dłuższym horyzoncie, jak i poprzez wzmacnianie wizerunku organizacji jako podmiotu nowoczesnego i odpowiedzialnego. Z tego względu problematyka OZE w działalności przedsiębiorstw wymaga podejścia wielowymiarowego, które pozwala analizować równolegle aspekty środowiskowe, społeczne i ekonomiczne.

W perspektywie przyjętej w pracy, kluczowe znaczenie ma analiza zależności między dokonanymi inwestycjami w OZE a identyfikowalnymi efektami środowiskowymi, społecznymi i gospodarczymi. Przedmiotowe ujęcie pozwala dokonać oceny, w jakim zakresie implementacja OZE jest postrzegana jako działanie generujące mierzalne korzyści, a w jakim pozostaje rozwiązaniem o charakterze selektywnym lub ograniczonym do wybranych obszarów funkcjonowania przedsiębiorstwa.

Autor opracowując treść rozprawy w ujęciu zarówno teoretycznym, jak i empirycznym, dążył do osiągnięcia dwóch kluczowych rezultatów:

1. **Efektu poznawczego**, polegającego na uporządkowaniu oraz pogłębieniu wiedzy z zakresu znaczenia energii odnawialnej w polityce zrównoważonego rozwoju oraz wpływu jej zastosowania przez przedsiębiorstwa w wymiarze środowiskowym, społecznym i gospodarczym. W ramach tego etapu badawczego autor dokonał nie tylko zebrania dostępnych informacji, lecz także ich krytycznej

selekcji, systematyzacji oraz syntetycznej prezentacji. Takie ujęcie umożliwiło spójne i logiczne przedstawienie zależności zachodzących pomiędzy uwarunkowaniami oraz sposobami wdrażania odnawialnych źródeł energii w przedsiębiorstwach a rezultatami tych działań. Rezultaty te analizowano w ujęciu wielowymiarowym, obejmującym jednoczesny wpływ na stan środowiska naturalnego, sferę społeczną oraz rozwój gospodarczy organizacji.

2. **Efektu aplikacyjnego**, obejmującego opracowanie praktycznych wskazówek i rekomendacji adresowanych do przedsiębiorstw. Ich celem jest wsparcie kadry menedżerskiej w procesie oceny opłacalności planowanych inwestycji w odnawialne źródła energii, a także w podejmowaniu decyzji strategicznych opartych na mierzalnych czynnikach środowiskowych, społecznych i gospodarczych zidentyfikowanych w toku przeprowadzonych badań. Rekomendacje te dotyczą sposobów skutecznego planowania i wdrażania działań zgodnych z zasadami zrównoważonego rozwoju, w tym integrowania celów środowiskowych i społecznych ze strategią przedsiębiorstwa oraz monitorowania efektów wdrażania OZE w ujęciu organizacyjnym.

Połączenie efektu poznawczego i aplikacyjnego nadaje rozprawie charakter nie tylko teoretyczno-badawczy, lecz również wyraźnie praktyczny. Integracja wyników analiz empirycznych z autorskimi rozwiązaniami interpretacyjnymi umożliwia kompleksowe ujęcie problematyki wykorzystania odnawialnych źródeł energii w przedsiębiorstwach. Dzięki temu rozprawa może stanowić wartościowe i wiarygodne źródło wiedzy zarówno dla środowiska naukowego, jak i dla praktyków gospodarczych oraz decydentów, zainteresowanych pogłębionym zrozumieniem zależności pomiędzy implementacją odnawialnych źródeł energii a zrównoważonym rozwojem przedsiębiorstw, analizowanych w oparciu o rzetelne wyniki badań empirycznych..

Na potrzeby niniejszej rozprawy przeprowadzono zarówno pogłębioną krytyczną analizę literatury przedmiotu, jak i badania pierwotne. Działania te miały na celu stworzenie solidnych podstaw do realizacji celu głównego i celów szczegółowych pracy, a także umożliwić udzielenie odpowiedzi na postawione pytania badawcze i dokonanie weryfikacji sformułowanych hipotez.

Część teoretyczna rozprawy pełniła funkcję fundamentu merytorycznego, niezbędnego do właściwego zaprojektowania i ukierunkowania badań empirycznych. Zgromadzona i przeanalizowana wiedza pozwoliła na identyfikację kluczowych obszarów, które

wymagały empirycznego sprawdzenia, oraz dostarczyła uzasadnienia dla przyjętej metodyki badań.

W części empirycznej zastosowano metodykę umożliwiającą wielowymiarową ocenę wpływu wykorzystania OZE w przedsiębiorstwach, opartą na standaryzowanym pomiarze oraz analizach statystycznych prowadzonych w sposób sekwencyjny. Punktem wyjścia było przeprowadzenie sondażu diagnostycznego z wykorzystaniem autorskiego kwestionariusza ankiety, obejmującego część metryczkową oraz trzy bloki pomiarowe skonstruowane w oparciu o zestaw zmiennych środowiskowych, społecznych i gospodarczych. W każdym z bloków uwzględniono po 20 wskaźników, a oceny dokonywano na siedmiostopniowej skali Likerta, co pozwoliło na ilościowe uchwycenie natężenia badanych efektów. Na etapie analitycznym wykorzystano oprogramowanie Statistica, które posłużyło zarówno do opracowania zestawień strukturalnych próby, jak i do właściwych analiz statystycznych danych pomiarowych. W pierwszej kolejności wykonano analizy rozkładów zmiennych obserwowalnych z zastosowaniem histogramów, co umożliwiło identyfikację cech dystrybucji oraz ocenę stopnia koncentracji odpowiedzi w poszczególnych przedziałach skali. Równolegle zastosowano statystyki opisowe, pozwalające uporządkować wyniki w ujęciu syntetycznym i wskazać obszary o relatywnie większym zróżnicowaniu ocen. Kluczowym narzędziem weryfikacji struktury danych i redukcji wymiarowości była eksploracyjna analiza czynnikowa, przeprowadzona odrębnie dla aspektu środowiskowego, społecznego i gospodarczego. Liczbę czynników ustalano na podstawie analizy wykresów osypiska oraz macierzy wartości własnych. Uzupełnieniem analiz strukturalnych była ocena rzetelności skal pomiarowych z wykorzystaniem współczynnika  $\alpha$ -Cronbacha, prowadzona dla czynników wielopozycyjnych wraz z analizą „ $\alpha$  po usunięciu pozycji” oraz korelacji pozycji z wynikiem ogólnym. Wybór tych metod był podyktowany potrzebą obiektywnego zweryfikowania przyjętych hipotez badawczych i udzielenia precyzyjnych odpowiedzi na pytania badawcze. Zastosowane narzędzia pozwoliły na identyfikację istotnych zależności, ocenę siły badanych związków oraz sformułowanie wniosków o wysokim stopniu rzetelności.

W efekcie część empiryczna stanowi logiczną kontynuację i rozwinięcie rozważań teoretycznych, a całość rozprawy charakteryzuje się spójnością metodologiczną oraz przejrzystą strukturą argumentacji.

W niniejszej pracy sformułowano hipotezę główną, która stanowiła punkt wyjścia dla całego badania:

**H:** *Implementacja odnawialnych źródeł energii (OZE) jest kluczowym elementem zrównoważonego rozwoju. Przyczynia się do wzrostu konkurencyjności przedsiębiorstw, poprawy jakości życia interesariuszy oraz ochrony środowiska, a jednocześnie wspiera harmonijne łączenie rozwoju gospodarczego, społecznej odpowiedzialności i ochrony ekosystemów.*

W ramach pracy postawiono także trzy hipotezy szczegółowe, który umożliwiły weryfikację poszczególnych aspektów realizacji hipotezy głównej:

**H1:** *Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii wspiera ochronę środowiska, sprzyja racjonalnemu wykorzystaniu zasobów naturalnych i ogranicza negatywny wpływ działalności człowieka na otoczenie.*

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że w ocenie respondentów przedsiębiorstwa stosujące OZE w zauważalny sposób przyczyniają się do ograniczania presji środowiskowej, zwłaszcza w obszarze emisji oraz racjonalnego gospodarowania zasobami. W wymiarze emisyjnym szczególnie istotne okazały się wskazania dotyczące redukcji emisji CO<sub>2</sub> (średnia = 4,41; odchylenie standardowe = 1,66) oraz ograniczania emisji gazów cieplarnianych (średnia = 4,65; odchylenie standardowe = 1,55), a także zmniejszania śladu węglowego (średnia = 4,29; odchylenie standardowe = 1,61). Jednocześnie badani łączyli wdrożenia OZE z efektami typowymi dla racjonalizacji wykorzystania zasobów naturalnych, co potwierdzają wysokie oceny dla oszczędności surowców naturalnych (średnia = 5,20; odchylenie standardowe = 1,67), efektywnego wykorzystania wody (średnia = 5,10; odchylenie standardowe = 1,69) oraz zmniejszenia zanieczyszczenia wód (średnia = 5,30; odchylenie standardowe = 1,65). Respondenci wskazywali również na poprawę jakości lokalnego środowiska, akcentując m.in. wpływ na ekosystemy (średnia = 5,50; odchylenie standardowe = 1,64) oraz redukcję hałasu (średnia = 5,38; odchylenie standardowe = 1,40), przy czym ta ostatnia zmienna charakteryzowała się relatywnie najwyższą spójnością ocen (współczynnik zmienności = 0,26). Wyniki te jednoznacznie potwierdzają, że wdrożenie OZE sprzyja ochronie środowiska i racjonalnemu gospodarowaniu zasobami, co wskazuje na zasadność przyjęcia hipotezy H1.

**H2:** Wykorzystywanie odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa wspiera odpowiedzialne podejście do otoczenia, sprzyja tworzeniu lepszego środowiska pracy i pomaga budować większą świadomość ekologiczną.

Badania wykazały, że przedsiębiorstwa angażujące się w OZE często równolegle rozwijają działania proekologiczne w relacjach z pracownikami i klientami. W wymiarze wewnątrzorganizacyjnym respondenci relatywnie wysoko oceniali wpływ wdrożenia OZE na zdrowie i bezpieczeństwo pracowników (średnia 4,81) oraz zadowolenie pracowników (średnia 4,75, przy dominancie na poziomie 6), co wskazuje, że inwestycje w OZE są kojarzone nie tylko z modernizacją energetyczną, lecz również z poprawą warunków funkcjonowania miejsca pracy. Jednocześnie komponent związany z edukacją ekologiczną uzyskał średnią 3,88 (odchylenie standardowe = 1,22), co sugeruje zróżnicowanie doświadczeń i praktyk przedsiębiorstw w tym obszarze. W relacjach z interesariuszami zewnętrznymi najsilniej akcentowano przejrzystość działań ekologicznych (średnia 4,79) oraz wsparcie dla lokalnych inicjatyw ekologicznych (średnia 4,91, przy strukturze wskazującej na koncentrację odpowiedzi wokół wartości ok. 4 oraz ok. 7), a także rozwój programów wolontariackich (średnia 4,77) i współpracę z organizacjami pozarządowymi (średnia 4,82), co potwierdza, że OZE jest traktowane jako impuls do szerszej aktywności prospołecznej i proekologicznej. Równocześnie efekty wizerunkowe okazały się słabsze: poprawę wizerunku firmy respondenci oceniali raczej nisko (średnia 3,70), podobnie jak wzrost zaufania konsumentów (średnia 3,63), co sugeruje, że w badanej próbie częściej dostrzegano „wewnętrzne” i relacyjne konsekwencje wdrożeń OZE niż ich jednoznaczne przełożenie na postrzeganie marki przez rynek. Analiza danych wskazuje zatem, że stosowanie OZE nie tylko sprzyja środowisku, ale również rozwija społeczny wymiar odpowiedzialności przedsiębiorstwa, co w pełni potwierdza hipotezę H2.

**H3:** Stosowanie odnawialnych źródeł energii przez przedsiębiorstwa korzystnie wpływa na ich pozycję konkurencyjną i wartość rynkową oraz wspiera ich rozwój i przynosi długoterminowe korzyści ekonomiczne.

Wyniki badań empirycznych pokazują, że firmy inwestujące w OZE zyskują przewagę konkurencyjną przede wszystkim poprzez wzmocnienie swojej pozycji rynkowej, co potwierdzają wysokie oceny wskaźników w autorskim modelu. Najwyżej oceniono „*zwiększenie konkurencyjności*” (średnia 5,52; odchylenie standardowe 1,55; współczynnik zmienności 0,28), a także „*wpływ na cenę produktów*” (średnia 5,41;

odchylenie standardowe 1,45; współczynnik zmienności 0,27) oraz „wzrost wartości firmy” (średnia 5,38; odchylenie standardowe 1,63; współczynnik zmienności 0,30). Jednocześnie respondenci wskazywali na istotne znaczenie efektów rynkowych związanych z rozwojem skali działania: „dostęp do nowych rynków” uzyskał średnią 5,32 (odchylenie standardowe 1,64; współczynnik zmienności 0,31), zaś „zwiększenie sprzedaży” - średnia 5,21 (odchylenie standardowe 1,74; współczynnik zmienności 0,33), co łącznie sugeruje, że OZE jest postrzegane nie tylko jako działanie kosztowe, lecz również jako czynnik ekspansji i wzrostu przedsiębiorstwa.

Równoległe dane wskazują, że korzyści ekonomiczne nie ograniczają się do obszaru wizerunkowo-rynkowego, ale obejmują także stabilizację i efektywność funkcjonowania, w tym ograniczanie ryzyk energetycznych („zmniejszenie ryzyka energetycznego”, średnia 5,15; odchylenie standardowe 1,64; współczynnik zmienności 0,32; „zwiększenie stabilności energetycznej”- średnia 4,95; odchylenie standardowe 1,76; współczynnik zmienności 0,36). W wymiarze stricte kosztowym respondenci umiarkowanie pozytywnie oceniali „oszczędności na rachunkach za energię” (średnia 4,31; odchylenie standardowe 0,99; współczynnik zmienności 0,23), „redukcję kosztów operacyjnych” (średnia 4,26; odchylenie standardowe 0,96; współczynnik zmienności 0,23) oraz „zwrot z inwestycji” (średnia 4,24; odchylenie standardowe 1,03; współczynnik zmienności 0,24), przy jednoczesnej względnie neutralnej ocenie poziomu nakładów („koszt inwestycji w OZE”- średnia 4,30; odchylenie standardowe 1,27; współczynnik zmienności 0,30; „koszt operacyjny OZE”- średnia 4,23; odchylenie standardowe 1,17; współczynnik zmienności 0,28). Uzupełniająco, rozkłady odpowiedzi dla kluczowych zmiennych rynkowych (m.in. wzrost wartości firmy, dostęp do nowych rynków, wzrost sprzedaży oraz wpływ na cenę produktów) cechowały się koncentracją wyników w górnych przedziałach (dominanta w okolicach wartości 6 i przewaga obserwacji w zakresie 6–7), co wzmacnia wnioski o dominacji ocen wskazujących na wysoką skuteczność tych efektów w próbie. W konsekwencji uzyskane rezultaty empiryczne potwierdzają, że implementacja OZE jest postrzegana jako czynnik przynoszący wymierne korzyści ekonomiczne: od wzmacniania pozycji konkurencyjnej i wartości przedsiębiorstwa, przez ułatwianie ekspansji i wzrostu sprzedaży, po stabilizację warunków energetycznych oraz umiarkowanie pozytywnie oceniane efekty kosztowe. Dane te pozwalają uznać hipotezę H3 za potwierdzoną.

Na podstawie pozytywnej weryfikacji wszystkich hipotez szczegółowych możliwe jest jednoznaczne potwierdzenie hipotezy głównej. Wyniki badań wskazują, że wdrażanie odnawialnych źródeł energii w przedsiębiorstwach przynosi korzyści w trzech wymiarach zrównoważonego rozwoju:

1. Ekologicznym – ograniczenie negatywnego wpływu działalności człowieka na środowisko;
2. Społecznym – poprawa jakości życia interesariuszy, zwiększenie świadomości ekologicznej i tworzenie lepszego środowiska pracy;
3. Ekonomicznym – wzmocnienie pozycji konkurencyjnej, wzrost wartości rynkowej oraz osiąganie długoterminowych korzyści finansowych.

W konsekwencji przeprowadzonych analiz wykazano, iż implementacja OZE stanowi kompleksowe narzędzie wspierające zrównoważony rozwój, łącząc aspekty środowiskowe, społeczne i gospodarcze w sposób synergiczny i trwały.

Z perspektywy nauk o zarządzaniu i jakości przeprowadzone badania wnoszą wielowymiarowy wkład zarówno na poziomie konceptualizacji zjawiska, jak i jego operacjonalizacji oraz empirycznej weryfikacji. Punkt wyjścia stanowi ujęcie zrównoważonego rozwoju jako paradygmatu integrującego wymiary środowiskowy, społeczny i gospodarczy, co w pracy zostało szczegółowo zrekonstruowane i osadzone w dorobku teoretycznym oraz regulacyjnym, przy jednoczesnym ukazaniu ewolucji tego podejścia w kierunku coraz silniejszych powiązań z praktyką funkcjonowania organizacji gospodarczych.

Wkład pracy w rozwój teorii nauk o zarządzaniu i jakości przejawia się przede wszystkim w sposobie konceptualizacji roli odnawialnych źródeł energii jako „fundamentu” zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw. Opracowane ujęcie lokuje OZE w centrum relacji pomiędzy trzema filarami zrównoważonego rozwoju na poziomie organizacyjnym, wskazując, że decyzje inwestycyjne w tym obszarze kształtują jednocześnie trajektorię zmian środowiskowych, społecznych i gospodarczych w przedsiębiorstwie. Tym samym praca przesuwaa akcent z makroekonomicznego, sektorowego spojrzenia na energetykę odnawialną w kierunku ujęcia mikroekonomicznego, osadzonego w perspektywie zarządzania organizacją i budowy jej strategii zrównoważonego rozwoju. Umożliwia to włączenie problematyki OZE do głównego nurtu badań nad zarządzaniem organizacjami, w których coraz większą rolę

odgrywają zagadnienia ESG, zarządzania odpowiedzialnego oraz kształtowania długookresowej wartości dla interesariuszy.

Istotnym elementem wkładu teoretycznego jest także zaproponowana w pracy systematyzacja determinant wykorzystania energii odnawialnej, obejmująca zarówno uwarunkowania geograficzne i technologiczne, jak i finansowe, regulacyjne oraz wynikające z polityki energetyczno-klimatycznej Unii Europejskiej. Przedmiotowe ujęcie pozwala umiejscowić decyzje przedsiębiorstw dotyczące inwestycji w OZE w szerszym, wielopoziomowym kontekście instytucjonalnym i strategicznym, co sprzyja ich interpretacji w kategoriach zarządzania ryzykiem, budowy przewagi konkurencyjnej i kształtowania relacji z interesariuszami.

Nowatorskim wkładem Autora w rozwój nauk o zarządzaniu i jakości stanowiącym wartość dodaną, jest opracowanie oraz empiryczna weryfikacja trzech autorskich modeli czynnikowych oceny wykorzystania odnawialnych źródeł energii w przedsiębiorstwach w ujęciu środowiskowym, społecznym i gospodarczym. Modele te powstały w oparciu o badania empiryczne przeprowadzone wśród menedżerów przedsiębiorstw wykorzystujących OZE i funkcjonujących w województwie pomorskim, z zastosowaniem autorskiego kwestionariusza ankiety oraz analizy statystycznej danych.

Wartość dodana ma charakter przede wszystkim metodologiczno-teoretyczny. Autor nie ograniczył się do deskryptywnego opisu deklaracji respondentów, lecz dzięki zastosowaniu eksploracyjnej analizy czynnikowej (EFA) dokonał redukcji zbioru wskaźników do spójnych, interpretowalnych konstruktów, które można traktować jako empirycznie zidentyfikowane „wymiary” wpływu OZE na zrównoważony rozwój przedsiębiorstw. EFA wykorzystano wprost do budowy trzech modeli czynnikowych, czyli narzędzi oceny roli OZE w wymiarze środowiska, społeczeństwa i gospodarki, co jednocześnie umożliwiło empiryczną weryfikację hipotez badawczych. W procedurze selekcji czynników i zmiennych Autor odwołał się do uznanych kryteriów, wartości własnych (kryterium Kaisera) i testu osypiska Cattella, a do modeli przypisywał zmienne o wysokich ładunkach czynnikowych, co wzmacnia ich spójność interpretacyjną.

Autorski model środowiskowy stanowi syntetyczną strukturę czterech wymiarów: *Racjonalne wykorzystanie zasobów*, *Ochrona środowiska*, *Ograniczenie negatywnego wpływu człowieka* oraz *Redukcja hałasu*. Model charakteryzuje się wysoką mocą wyjaśniającą, cztery czynniki tłumaczą łącznie 77,74% całkowitej wariancji

analizowanych zmiennych. Jednocześnie potwierdzono rzetelność skal składowych, co wskazuje na wysoką spójność wewnętrzną miar opisujących środowiskowe efekty OZE. Model integruje kluczowe obszary efektów środowiskowych (m.in. redukcję emisji, ograniczenie zużycia energii z nieodnawialnych źródeł, zmniejszenie zanieczyszczeń powietrza i wody, zmniejszenie śladu węglowego, poprawę efektywności energetycznej, redukcję hałasu), porządkując je w jedną, wielowymiarową konstrukcję analityczną.

Autorski model społeczny ujmuje wpływ OZE w trzech wymiarach: *Spoleczna odpowiedzialność*, *Świadomość ekologiczna* oraz *Warunki pracy i zdrowie*, tworząc strukturalny opis społecznego komponentu implementacji OZE w przedsiębiorstwie. Trzy czynniki wyjaśniają łącznie 58,83% wariancji co potwierdza wielowymiarowość społecznych efektów implementacji OZE, lecz jednocześnie ich mniejszą „koncentrację” niż w modelu środowiskowym. Model odnosi się m.in. do tworzenia lepszego środowiska pracy, zaangażowania pracowników, wzrostu świadomości ekologicznej, postrzegania firmy jako odpowiedzialnej społecznie oraz relacji z otoczeniem, co pozwala operacjonalizować „społeczną wartość” OZE w kategoriach zarządzania.

Autorski model gospodarczy systematyzuje ekonomiczne następstwa wdrożenia OZE w pięciu wymiarach: *Korzyści ekonomiczne*, *Pozycja konkurencyjna*, *Wartość rynkowa*, *Stabilność energetyczna* oraz *Bilans handlowy*. Model wykazuje wysoką zdolność wyjaśniania, pięć czynników tłumaczy łącznie 75,84% wariancji. Model odpowiada na najważniejsze obszary ekonomiczne identyfikowane w badaniu (m.in. koszty inwestycji i koszty operacyjne, ROI, wpływ na ceny produktów, dostęp do nowych rynków oraz mechanizmy przewag konkurencyjnych), porządkując je w spójny układ zależności.

Z perspektywy korzyści wynikających z wartości dodanej, opracowane modele tworzą podstawę do wdrożeniowego zastosowania w zarządzaniu i raportowaniu. Po pierwsze, wyniki uzasadniają traktowanie inwestycji w OZE jako integralnego komponentu strategii zrównoważonego rozwoju, wymagającego osadzenia w dokumentach planistycznych oraz systemach zarządzania środowiskowego i politykach odpowiedzialności społecznej. Po drugie, modele czynnikowe mogą stanowić fundament wewnętrznych systemów monitorowania efektów wdrażania OZE, jako zestawy mierników/KPI w obszarach środowiskowym, społecznym i gospodarczym, wspierając decyzje inwestycyjne oparte na danych, ocenę realizacji strategii zrównoważonego

rozwoju oraz raportowanie niefinansowe i komunikację z interesariuszami. Po trzecie, szczególna diagnoza wymiaru społecznego (zwłaszcza zróżnicowanie ocen i umiarkowana rzetelność skali świadomości ekologicznej) wskazuje na praktyczną potrzebę intensyfikacji działań edukacyjnych i komunikacyjnych, tak aby efekty techniczne OZE były spójne z efektami społecznymi, wzmocnionymi przez kulturę organizacyjną i partycypację pracowników.

Mimo iż wyznaczony cel pracy został zrealizowany, a uzyskane wnioski pozostają w zgodzie z dominującymi trendami i aktualnym stanem wiedzy w obszarze odnawialnych źródeł energii (OZE) oraz zrównoważonego rozwoju, autor niniejszej dysertacji miał świadomość pewnych ograniczeń badawczych wynikających z założeń metodologicznych, przyjętego zakresu badań i specyfiki wykorzystywanych narzędzi statystycznych.

Pierwszym z nich jest geograficzne oraz sektorowe zawężenie pola badawczego. Analizę skoncentrowano na przedsiębiorstwach znajdujących się w województwie pomorskim, co było motywowane zarówno względami logistycznymi, jak i dostępnością danych. Ograniczenie próby do przedsiębiorstw w województwie pomorskim może zatem wpływać na możliwość przeniesienia wyników na szerszą populację.

Drugim istotnym ograniczeniem jest związana z tym reprezentatywność próby. Choć sama liczba jednostek w próbie badawczej okazała się wystarczająca do wykorzystanych analiz statystycznych, to jednak zróżnicowanie branżowe i struktura wielkości badanych firm mogą odbiegać od ogólnego profilu przedsiębiorstw w całym regionie. Przykładowo, w próbie dominowały podmioty wdrażające już projekty OZE, co naturalnie może zawyżać stopień zaawansowania proekologicznych działań i optymistycznie rzutować na ocenę korzyści z tych inwestycji.

Kolejną kwestią jest sam zakres zmiennych wykorzystanych w pomiarze. Autor, dobierając wskaźniki z obszaru gospodarki, środowiska i aspektów społecznych, kierował się zarówno opracowaniami naukowymi, jak i praktyką gospodarczą. Nie można jednak wykluczyć, że włączenie innych wskaźników, na przykład dotyczących szczegółowych wskaźników ubóstwa energetycznego, kosztów bilansowania systemu czy barier prawnych, pozwoliłoby na uzyskanie pełniejszego obrazu oddziaływania OZE na zrównoważony rozwój.

Następne ograniczenie dotyczy metod statystycznych i przyjętych poziomów istotności. W wynikach przeprowadzonych testów statystycznych, choć zdecydowana większość analizowanych zależności okazała się istotna, zawsze istnieje ryzyko błędu I rodzaju (odrzućenie hipotezy zerowej, mimo że jest ona prawdziwa) lub II rodzaju (nieodrzućenie hipotezy zerowej, mimo że jest fałszywa). Wybór poziomu istotności  $p = 0,05$ , powszechnie akceptowanego w naukach ekonomicznych i społecznych, może z jednej strony zapewniać równowagę między dwiema skrajnymi postawami interpretacyjnymi, z drugiej zaś, przy bardziej restrykcyjnej wartości  $p$ , np. 0,01 mogłyby doprowadzić do znacznego ograniczenia liczby istotnych wyników.

Ostatnim ograniczeniem jest budowa i interpretacja modeli czynnikowych. Przy dużej liczbie zmiennych z kilku obszarów zrównoważonego rozwoju pojawia się ryzyko dość płynnych granic pomiędzy poszczególnymi czynnikami. Choć wyjaśniany przez nie udział wariancji jest stosunkowo wysoki, to w niektórych przypadkach trudno o jednoznaczne rozdzielenie wpływu poszczególnych aspektów OZE na sfery środowiskowe, gospodarcze i społeczne. Inny dobór zmiennych lub bardziej rozbudowana procedura walidacji modelu mogłyby przełożyć się na wyraźniej zarysowane struktury czynnikowe, co z kolei wzmocniłoby pewność interpretacji otrzymanych wyników.

Pomimo wskazanych ograniczeń, przeprowadzone badania oraz opracowane modele czynnikowe pozwoliły w znacznym stopniu wyjaśnić złożone relacje pomiędzy wpływem odnawialnych źródeł energii (OZE) a zrównoważonym rozwojem przedsiębiorstw. Uzyskane wyniki, potwierdzające istotną rolę OZE w wymiarze środowiskowym, społecznym i gospodarczym, mogą stanowić punkt odniesienia do dalszych badań, których zasadność wynika z potrzeby weryfikacji i pogłębienia uzyskanych wniosków w szerszym, zróżnicowanym kontekście przestrzennym i strukturalnym. W szczególności celowe wydaje się rozszerzenie zakresu analiz na inne regiony Polski, co umożliwiłoby porównanie skali i charakteru wpływu OZE w odmiennych uwarunkowaniach społeczno-gospodarczych i geograficznych, takich jak regiony o profilu rolniczym, przemysłowym czy silnie zurbanizowanym.

Podobnie zasadne byłoby przeprowadzenie analogicznych badań w wybranych krajach Unii Europejskiej w celu uwzględnienia szerszego kontekstu międzynarodowego. Włączenie zmiennej „region/kraj” jako czynnika różnicującego umożliwiłoby identyfikację powtarzalnych wzorców oraz porównawczą ocenę wyników uzyskanych

w odmiennych uwarunkowaniach przestrzennych, instytucjonalnych i społeczno-gospodarczych.

Kolejny kierunek stanowi pogłębienie analiz w obszarze branżowym. Badania mogłyby objąć różne sektory gospodarki, takie jak przemysł morski, przetwórstwo spożywcze czy turystyka, w których inwestycje w zieloną energię mogą przebiegać odmiennie i przynosić zróżnicowane efekty środowiskowe, społeczne oraz gospodarcze. Równocześnie interesujące byłoby zbadanie korzyści dla społeczności wiejskich w województwie pomorskim, zwłaszcza tych, które dotychczas w niewielkim stopniu uczestniczyły w projektach OZE, co umożliwiłoby pełniejszą analizę potencjalnych nierówności oraz barier wdrożeniowych.

Warto także uwzględnić perspektywę długookresową i przeprowadzić badania panelowe, które pozwolą śledzić dynamikę zmian w przedsiębiorstwach wraz z postępującą transformacją energetyczną. W ramach takich badań możliwe byłoby uwzględnienie dodatkowych wskaźników, np. struktury inwestycyjnej, kosztów bilansowania systemu energetycznego czy poziomu społecznej akceptacji inwestycji w odnawialne źródła energii, aby uzyskać jeszcze pełniejszy obraz zachodzących procesów.

Przyszłe badania w przedstawionych powyżej propozycjach mogłyby wzbogacić stan wiedzy zarówno w wymiarze teoretycznym, jak i praktycznym, oferując podmiotom publicznym i prywatnym bardziej precyzyjne wskazówki dotyczące dalszego rozwoju zielonej infrastruktury w zróżnicowanych warunkach społeczno-gospodarczo-środowiskowych. Uwzględniając obserwowalne tempo postępujących zmian klimatycznych oraz dążenia decydentów politycznych do większej efektywności energetycznej, rola OZE z dużą dozą prawdopodobieństwa będzie w dalszym ciągu zyskiwać na znaczeniu, co czyni badanie przedmiotowego zjawiska szczególnie aktualnym i priorytetowym.

Reasumując można stwierdzić, że przedstawione w rozprawie wyniki i wnioski potwierdzają, że implementacja odnawialnych źródeł energii może być postrzegana jako rozwiązanie o charakterze kompleksowym, oddziałujące jednocześnie na wymiar środowiskowy, społeczny i ekonomiczny funkcjonowania przedsiębiorstw, a tym samym jako istotny element realizacji koncepcji zrównoważonego rozwoju na poziomie organizacyjnym. Szczególną wartość pracy stanowi uporządkowanie wspomnianej problematyki w postaci trzech autorskich modeli czynnikowych, które pozwalają

ujmować efekty wdrażania OZE w kategoriach spójnych konstruktów analitycznych, możliwych do dalszej weryfikacji naukowej oraz wykorzystania aplikacyjnego w procesach zarządczych. Jednocześnie autor wskazał ograniczenia wynikające z przyjętego zakresu badań i narzędzi oraz zarysował kierunki dalszych analiz, co czyni uzyskane ustalenia nie tylko podsumowaniem przeprowadzonych badań, ale również punktem wyjścia do pogłębionej eksploracji relacji między OZE a zrównoważonym rozwojem przedsiębiorstw w zmiennych uwarunkowaniach gospodarczo-społecznych.



## Bibliografia

1. Abban O. J., Xing Y. H., Nuță A. C., Nuță F. M., Borah P. S., Ofori C., Jing Y. J., *Policies for Carbon-Zero Targets: Examining the Spillover Effects of Renewable Energy and Patent Applications on Environmental Quality in Europe*, Energy Economics, Vol. 126, 2023.
2. Abdel-Basset M., Gamal A., Chakraborty R. K., Ryan M., *A new hybrid multi-criteria decision-making approach for location selection of sustainable offshore wind energy stations: A case study*, Journal of Cleaner Production, Vol. 280, Part 2, 2021.
3. Abiddin N. Z., Ibrahim I., Abdul Aziz S. A., *Non-governmental organisations (NGOs) and their part towards sustainable community development*, Sustainability, Vol. 14, Issue 8, 2022.
4. Abreu M., *Neoclassical regional growth models*, [in:] Fisher M. M., Nijkamp P. (ed.) *Handbook of Regional Science*, 2021.
5. Accorsi S., López R., Azúa M., Vergara V., *Beyond the Fetish of Economic Growth: Measuring Sustainable Economic Welfare in Chile*, Universidad de Chile, Departamento de Economía, 2022.
6. Adamczyk J., *Dyfuzja koncepcji zrównoważonego rozwoju i społecznej odpowiedzialności przedsiębiorstw*, Marketing i Rynek, Nr 11, 2017.
7. Adamowicz M., *Green deal, green growth and green economy as a means of support for attaining the sustainable development goals*, Sustainability, Vol. 14, Issue 10, 2022.
8. Adebayo T. S., Kirikkaleli D., *Impact of renewable energy consumption, globalization, and technological innovation on environmental degradation in Japan: application of wavelet tools*, Environment, Development and Sustainability, Vol. 23, 2021.
9. Agu E. E., Iyelolu T. V., Idemudia C., Ijomah T. I., *Exploring the Relationship Between Sustainable Business Practices and Increased Brand Loyalty*, International Journal of Management & Entrepreneurship Research, Vol. 6, Issue 8, 2024.
10. Agupugo C. P., Ajayi A. O., Nwannevu C., Oladipo S. S., *Policy and Regulatory Framework Supporting Renewable Energy Microgrids and Energy Storage Systems*, Engineering Science & Technology Journal, Vol. 5, Issue 8, 2022.
11. Ahmed S. F., Khalid M., Vaka M., Walvekar R., Numan A., Rasheed A. K., Mubarak N. M., *Recent progress in solar water heaters and solar collectors: A comprehensive review*, Thermal Science and Engineering Progress, Vol. 25, 2021.
12. Akitt J. W., *Some observations on the greenhouse effect at the Earth's surface*, Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy, Vol. 188, 2018.
13. Al-Ezzi A. S., Ansari M. N. M., *Photovoltaic solar cells: a review*, Applied System Innovation, Vol. 5, Issue 4, 2022.

14. Algarni S., Tirth V., Alqahtani T., Alshehery S., Kshirsagar P., *Contribution of Renewable Energy Sources to the Environmental Impacts and Economic Benefits for Sustainable Development*, Sustainable Energy Technologies and Assessments, Vol. 56, 2023.
15. Alger C. F. (red.), *The Future of the United Nations System: Potential for the Twenty-first Century*, United Nations University Press, Tokyo, New York, Paris, 1998.
16. Ali A. F., Karram E. M., Nassar Y. F., Hafez A. A., *Reliable and Economic Isolated Renewable Hybrid Power System with Pumped Hydropower Storage*, [in:] *Proceedings of the 2021 22nd International Middle East Power Systems Conference (MEPCON)*, IEEE, 2021.
17. Ali Q., Yaseen M. R., Anwar S., Makhdom M. S. A., Khan M. T. I., *The Impact of Tourism, Renewable Energy, and Economic Growth on Ecological Footprint and Natural Resources: A Panel Data Analysis*, Resources Policy, Vol. 74, 2021.
18. Allen C., Metternicht G., Wiedmann T., *Initial progress in implementing the Sustainable Development Goals (SDGs): A review of evidence from countries*, Sustainability Science, Vol. 13, 2018.
19. Alper K., Tekin K., Karagöz S., Ragauskas A. J., *Sustainable energy and fuels from biomass: a review focusing on hydrothermal biomass processing*, Sustainable Energy & Fuels, Vol. 4, Issue 9, 2020.
20. Alshukri M. J., Hussein A. K., Eidan A. A., Alsabery A. I., *A review on applications and techniques of improving the performance of heat pipe-solar collector systems*, Solar Energy, Vol. 236, 2022.
21. Alvarez G. E., *Operation of pumped storage hydropower plants through optimization for power systems*, Energy, Vol. 202, 2020.
22. Álvarez Jaramillo J., Zartha Sossa J. W., Mendoza G. L., *Barriers to sustainability for small and medium enterprises in the framework of sustainable development-Literature review*, Business Strategy and the Environment, Vol. 28, Issue 4, 2019.
23. Alvino F., Di Vaio A., Hassan R., Palladino R., *Intellectual capital and sustainable development: A systematic literature review*, Journal of Intellectual Capital, Vol. 22, 2021.
24. Amirrudin M., Nasution K., Supahar S., *Effect of Variability on Cronbach Alpha Reliability in Research Practice*, Jurnal Matematika, Statistika dan Komputasi, Vol. 17, No. 2, 2021.
25. Amjith L. R., Bavanish B., *A review on biomass and wind as renewable energy for sustainable environment*, Chemosphere, Vol. 293, 2022.
26. Anatolitis V., Azanbayev A., Fleck A. K., *How to design efficient renewable energy auctions? Empirical insights from Europe*, Energy Policy, Vol. 166, 2022.
27. Andrei M., Thollander P., Pierre I., Gindroz B., Rohdin P., *Decarbonization of industry: Guidelines towards a harmonized energy efficiency policy program impact evaluation methodology*, Energy Reports, Vol. 7, 2021.

28. Anthony B., *The Role of Community Engagement in Urban Innovation Towards the Co-Creation of Smart Sustainable Cities*, Journal of the Knowledge Economy, Vol. 15, 2024.
29. Anup K. C., Whale J., Urmee T., *Urban wind conditions and small wind turbines in the built environment: A review*, Renewable Energy, Vol. 131, 2019.
30. Appolloni A., Jabbour C. J. C., D'Adamo I., Gastaldi M., Settembre-Blundo D. *Green Recovery in the Mature Manufacturing Industry: The Role of the Green-Circular Premium and Sustainability Certification in Innovative Efforts*, Ecological Economics, Vol. 193, 2022.
31. Archer R., *Geothermal energy, Future Energy. Improved, Sustainable and Clean Options for our Planet*, 2020.
32. Ari M. A. et al., *Surging Energy Prices in Europe in the Aftermath of the War: How to Support the Vulnerable and Speed Up the Transition Away from Fossil Fuels*. International Monetary Fund Working Paper, 2022.
33. Arraño-Vargas F., Shen Z., Jiang S., Fletcher J., Konstantinou G., *Challenges and Mitigation Measures in Power Systems with High Share of Renewables-the Australian Experience*, Energies, Vol. 15, Issue 2, 2022.
34. Arvidsson S., Dumay J., *Corporate ESG Reporting Quantity, Quality and Performance: Where to Now for Environmental Policy and Practice?*, Business Strategy and the Environment, Vol. 31, Issue 3, 2022.
35. Aslam M. S., Ghazal T. M., Fatima A., Said R. A., Abbas S., Khan M. A., Ahmad M., *Energy-efficiency model for residential buildings using supervised machine learning algorithm*, Intelligent Automation & Soft Computing, Vol. 30, No. 3, 2021.
36. Azhgaliyeva D., Beirne J., Mishra R., *What Matters for Private Investment in Renewable Energy?*, Climate Policy, Vol. 23, No. 1, 2023.
37. Bäckstrand K., Kylsäter M. *Old wine in new bottles? The legitimation and delegitimation of UN public-private partnerships for sustainable development from the Johannesburg Summit to the Rio+ 20 Summit*, Globalizations, Vol. 11, Issue 3, 2017.
38. Baker M., Egan M. L., Sarkar S. K., *How Do Investors Value ESG?*, National Bureau of Economic Research, Working Paper, No. 30708, 2022.
39. Ball L., Mankiw N. G., *Market power in neoclassical growth models*, The Review of Economic Studies, Vol. 90, Issue 2, 2023.
40. Bansal S., Garg I., Sharma G. D., *Social entrepreneurship as a path for social change and driver of sustainable development: A systematic review and research agenda*, Sustainability, Vol. 11, Issue 4, 2019.
41. Bar M., Jendrośka J., *Prawo ochrony środowiska. Podręcznik*, Centrum Prawa Ekologicznego, Wrocław 2005.
42. Baraka A., Al Farkh H., *The Influence of Corporate Social Responsibility on Financial Performance: The Case of IKEA*, Journal of Service, Innovation and Sustainable Development, Vol. 2, No. 2, 2021.

43. Bari N., Chimhundu R., Chan K. C., *Dynamic Capabilities to Achieve Corporate Sustainability: A Roadmap to Sustained Competitive Advantage*, Sustainability, Vol. 14, Issue 3, 2022.
44. Barkhausen R., Durand A., Fick K., *Review and analysis of ecodesign directive implementing measures: product regulations shifting from energy efficiency towards a circular economy*, Sustainability, Vol. 14, Issue 16, 2022.
45. Berik G., *Measuring what matters and guiding policy: An evaluation of the Genuine Progress Indicator*, International Labour Review, Vol. 159, Issue 1, 2020.
46. Bessette D. L., Mills S. B., *Farmers vs. Lakers: Agriculture, Amenity, and Community in Predicting Opposition to United States Wind Energy Development*, Energy Research & Social Science, Vol. 72, 2021.
47. Bessou C., Ferchaud F., Gabrielle B., Mary B., *Biofuels, greenhouse gases and climate change*, Sustainable Agriculture Vol. 2, 2011.
48. Bi J., Yang, Liu M., Ma Z., Fang W., *Toward systemic thinking in managing environmental risks*, Engineering, Vol. 7, Issue 11, 2021.
49. Blázquez C. S., Borge-Diez D., Nieto I. M., Martín A. F., González-Aguilera D., *Technical optimization of the energy supply in geothermal heat pumps*, Geothermics, Vol. 81, 2019.
50. Blowfield M. M., *Corporate social responsibility-the failing discipline and why it matters for international relations*, International Relations, Vol. 19, Issue 2, 2005.
51. Bocquillon P., Maltby T., *EU energy policy integration as embedded intergovernmentalism: the case of Energy Union governance*, [in:] Herranz-Surrallés A., Solorio I., Fairbrass J. (ed.), *Renegotiating Authority in EU Energy and Climate Policy*, Routledge, 2021.
52. Borys T., *Koncepcja zrównoważonego rozwoju w naukach ekonomicznych*, [w:] Poskrobko B. (red.), *Ekonomia zrównoważonego rozwoju. Zarys problemów badawczych i dydaktyki*, Wyższa Szkoła Ekonomiczna, Białystok, 2010.
53. Bouckaert S. et al., *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*, International Energy Agency, 2021.
54. Bouzguenda I., Alalouch C., Fava N., *Towards smart sustainable cities: A review of the role digital citizen participation could play in advancing social sustainability*, Sustainable Cities and Society, Vol. 50, 2019.
55. Bowen H. R., *Social Responsibilities and the Businessman*, Harper, New York, 1953.
56. Braeken J., Van Assen M. A., *An empirical Kaiser criterion*, Psychological Methods, Vol. 22, Issue 3, 2017.
57. Brand-Correa L., Brook A., Büchs M., Meier P., Naik Y., O'Neill D. W., *Economics for people and planet-moving beyond the neoclassical paradigm*, The Lancet Planetary Health, Vol. 6, Issue 4, 2022.

58. Brundtland G., *Our Common Future*, Report of the World Commission on Environment and Development, Oxford University Press, Oxford-New York, 1987.
59. Bryner G. C., *Agenda 21: Myth or Reality?*, [in:] *The Global Environment*, Routledge, 2023.
60. Bukowski Z., *Podstawy prawa ochrony środowiska dla administracji*, Oficyna Wydawnicza Włocławskiego Towarzystwa Naukowego, Włocławek, 2005.
61. Burchard-Dziubińska M., Rzeńca A., Drzazga D., *Zrównoważony rozwój - naturalny wybór*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2014.
62. Burchard-Dziubińska M., *Wdrażanie koncepcji ekorozwoju przez polskie przedsiębiorstwa przemysłowe*, [w:] *Wdrażanie polityki ekorozwoju*, Kraków, ESESIZN Oddział Polski, 1994.
63. Burki M. A. K., Burki U., Najam U., *Environmental degradation and poverty: A bibliometric review*, *Regional Sustainability*, Vol. 2, Issue 4, 2021.
64. Buzogany A., *Natural Allies? External Governance and Environmental Civil Society Organizations in the EU's Eastern Partnership*, [in:] *Sustainable Development, Regional Governance, and International Organizations*, Routledge, 2024.
65. Caiazzo F., Ashok A., Waitz I. A., Yim S. H. L., Barrett S. R. H., *Air Pollution and Early Deaths in the United States. Part I: Quantifying the Impact of Major Sectors in 2005*, *Atmospheric Environment*, Vol. 79, 2013.
66. Cantarero M. M. V., *Of renewable energy, energy democracy, and sustainable development: A roadmap to accelerate the energy transition in developing countries*, *Energy Research & Social Science*, Vol. 70, 2020.
67. Cantarero M. M. V., *Of Renewable Energy, Energy Democracy, and Sustainable Development: A Roadmap to Accelerate the Energy Transition in Developing Countries*, *Energy Research & Social Science*, Vol. 70, 2020.
68. Carreño-Ortega A. et al., *Policy and Environmental Implications of Photovoltaic Systems in Farming in Southeast Spain: Can Greenhouses Reduce the Greenhouse Effect?*, *Energies*, Vol. 10, No. 6, 2017.
69. Carroll A. B., *Carroll's pyramid of CSR: Taking another look*, *International Journal of Corporate Responsibility*, Vol. 1, No. 3, 2016.
70. Castro F. C., Santos A. M. D., *Salinity of the soil and the risk of desertification in the semiarid region*, *Mercator Fortaleza*, Vol. 19, 2020.
71. Catalan M. L. P., *IKEA's Supply Chain: Growth on Sustainability*, York University, 2022.
72. Cattell, R. B., *The scree test for the number of factors*. *Multivariate Behavioral Research*, Vol. 1, Issue 2, 1966.
73. Ceci F., Razzaq A., *Inclusivity of Information and Communication Technology in Ecological Governance for Sustainable Resources Management in G10 Countries*, *Resources Policy*, Vol. 81, 2023.

74. Chams N., García-Blandón J., *On the importance of sustainable human resource management for the adoption of sustainable development goals*, Resources, Conservation and Recycling, Vol. 141, 2019.
75. Chang L., Taghizadeh-Hesary F., Saydaliev H. B., *How Do ICT and Renewable Energy Impact Sustainable Development?*, Renewable Energy, Vol. 199, 2022.
76. Chang V. et al. *The Market Challenge of Wind Turbine Industry—Renewable Energy in PR China and Germany*, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 166, 2021.
77. Cheema-Fox A., Serafeim G., Wang H. S., *Climate Solutions Investments*, Harvard Business School Accounting & Management Unit Working Paper, No. 22-054, 2022.
78. Chien F., Ajaz T., Andlib Z., Chau K. Y., Ahmad P., Sharif A., *The role of technology innovation, renewable energy and globalization in reducing environmental degradation in Pakistan: a step towards sustainable environment*, Renewable Energy, Vol. 177, 2021.
79. Chien F., Wang C. N., Nguyen V. T., Nguyen V. T., Chau K. Y., *A model for assessing quantitative and qualitative, fuzzy, multi-criteria approach to decision-making when selecting the location of a hydropower plant*, Energies, Vol. 13, Issue 11, 2020.
80. Cicirko M., *Znaczenie czynników środowiskowego, społecznego i ładu korporacyjnego (ESG) we współczesnej gospodarce. Percepcja inwestycji ESG wśród studentów uczelni ekonomicznej*, Ubezpieczenia Społeczne. Teoria i praktyka, Nr 1, 2022.
81. Čiegis R., *Damus ekonomikos vystimasis, Šiaulių: VšĮ Šiaulių Universiteto Leidykla*, 2008;
82. Citaristi I., *International Energy Agency—IEA*, [in:] *The Europa Directory of International Organizations 2022*, Routledge, 2022.
83. Clavijo-Núñez S., Herrera-Limones R., Rey-Pérez J., Torres-García M., *Energy Poverty in Andalusia: An Analysis Through Decentralised Indicators*, Energy Policy, Vol. 167, 2022.
84. Conceição R., Vázquez I., Fialho L., Garcia D., *Soiling and rainfall effect on PV technology in rural Southern Europe*, Renewable Energy, Vol. 156, 2020.
85. Coolen J. W., Lengkeek W., van der Have T., Bittner O. *Upscaling Positive Effects of Scour Protection in Offshore Wind Farms: Quick Scan of the Potential to Upscale Positive Effects of Scour Protection on Benthic Macrofauna and Associated Fish Species. Rapport nr C008/19*, Wageningen Marine Research, 2019.
86. Costa A. J., Curi D., Bandeira A. M., Ferreira A., Tom B., Joaquim C., Santos C., Meira G., Azevedo G., *Literature Review and Theoretical Framework of the Evolution and Interconnectedness of Corporate Sustainability Constructs*, Sustainability, Vol. 14, Issue 8, 2022.
87. Costa E., *Sustainable Business Models in the Oil & Gas Industry: The Case of Equinor ASA*, Institute of Innovation Management, 2023.

88. Costello A. B., Osborne J., *Best Practices in Exploratory Factor Analysis: Four Recommendations for Getting the Most from Your Analysis, Practical Assessment, Research, and Evaluation*, Vol. 10, No. 7, 2019.
89. Cramer W., Guiot J., Fader M., Garrabou J., Gattuso J. P., Iglesias A., Xoplaki E., *Climate change and interconnected risks to sustainable development in the Mediterranean*, *Nature Climate Change*, Vol. 8, 2018.
90. Curtis E. M., Marinescu I., *Green Energy Jobs in the US: What Are They, and Where Are They?*, National Bureau of Economic Research, Working Paper No. w30332, 2022.
91. Cwynar K. M., *Znaczenie kooperatywności dla zrównoważonego rozwoju*, *Polityka i Społeczeństwo*, Nr 3, 2023.
92. Czachór Z., *Traktat o Unii Europejskiej z Maastricht i jego konsekwencje dla systemu integracyjnego. Ujęcie konstruktywistyczne*, *Studia Polityczne*, t. 51, Nr 3, 51(3), 2023.
93. D'Adamo I., Ribichini M., Tsagarakis K. P., *Biomethane as an energy resource for achieving sustainable production: Economic assessments and policy implications*, *Sustainable Production and Consumption*, Vol. 35, 2023.
94. Dahliah D., Nur A. N., *The influence of unemployment, human development index and gross domestic product on poverty level*, *Golden Ratio of Social Science and Education*, Vol. 1, No. 2, 2021.
95. Daneshgar S., Zahedi R., *Investigating the hydropower plants production and profitability using system dynamics approach*, *Journal of Energy Storage*, Vol. 46, 2022.
96. Dasgupta P., *Measuring Sustainable Development: Theory and Application*, *Asian Development Review*, Vol. 24, No. 1, 2007.
97. Datta A., Hossain A., Roy S., *An overview on biofuels and their advantages and disadvantages*, *Asian Journal of Chemistry*, Vol. 8, Issue 31, 2019.
98. Davidson B., *Labour on the Leading Edge: A Critical Review of Labour Rights and Standards in Renewable Energy*, *Energy Research & Social Science*, Vol. 97, 2023.
99. Davidson P., *Natural resources*. [in:] Eichner A. S. (ed.) *A Guide to Post-Keynesian Economics*, Routledge, 2023.
100. De Marco A., Mangano G., *A review of project management practices in EU-funded Horizon2020 Projects*, *Procedia Computer Science*, Vol. 219, 2023.
101. Dekanozishvili M., *Dynamics of EU Energy Policy Integration: Insights from EU's Renewable Energy Policy*, [in:] *Dynamics of EU Renewable Energy*, Policy Integration 2023.
102. Desvallées L., *Low-carbon retrofits in social housing: Energy efficiency, multidimensional energy poverty, and domestic comfort strategies in southern Europe*, *Energy Research & Social Science*, Vol. 85, 2022.
103. Dey S., Sreenivasulu A., Veerendra G. T. N., Rao K. V., Babu P. A., *Renewable Energy Present Status and Future Potentials in India: An Overview*, *Innovation and Green Development*, Vol. 1, Issue 1, 2022.

104. Díaz Caravantes R. E., *Vulnerabilidad y riesgo como conceptos indisociables para el estudio del impacto del cambio climático en la salud*, *Región y sociedad*, Vol. 30, No. 73, 2018.
105. Dobrzyński M., Dorosz-Kuczyński J., *Zasada zrównoważonego rozwoju w art. 5 Konstytucji RP i w prawie ochrony środowiska-uwagi na tle teoretyczno-prawnym*, [w:] Berezowski J., Kretek H. A. (red.), *Zrównoważony rozwój-sustainable development-debiut naukowy 2016*, 2017.
106. Dolderer J., Felber C., Teitscheid P., *From neoclassical economics to common good economics*, *Sustainability*, Vol. 13, Issue 4, 2021.
107. Drewnicki P., Luft R., Wójtowicz Ł., *Evolution and Impact of the European Union's Energy Policy: From Fossil Fuels to Renewable Energy and Greenhouse Gas Emissions Reduction*, *European Research Studies Journal*, Vol. 27, Issue 1, 2024.
108. Drexhage J., Murphy D., *Sustainable Development: From Brundtland to Rio 2012, Background Paper Prepared for Consideration by the High-Level Panel on Global Sustainability at Its First Meeting, 19 September 2010*, UN Headquarters, New York, 2010.
109. Dubel K., *Uwarunkowania przyrodnicze w planowaniu przestrzennym*, Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko, Białystok, 1998;
110. Dunphy D., Benveniste J., Griffiths A., Sutton P., *Sustainability: The Corporate Challenge of the 21st Century*, New South Wales: Allen & Unwin, 2000.
111. Dupont C., Jordan A., *Policy integration*. [in:] Jordan A., Gravey V. (ed.), *Environmental Policy in the EU*, Routledge, 2021.
112. Dwivedi O. P., Khator R. *Sustaining development: the road from Stockholm to Johannesburg*, [in:] Mudacumura G. M., Mebratu D., Haque M. S. (ed.), *Sustainable Development Policy and Administration*, Routledge, 2017.
113. Dymowski J., Szymańska M., *CSR raport specjalny. Społeczna odpowiedzialność biznesu*, Brief, Nr 2, 2009.
114. Dynan K., Sheiner L., *GDP as a measure of economic well-being*, Hutchins Center Working Paper, Vol. 43, No.1, 2018.
115. Eckert E., Kovalevska O., *Sustainability in the European Union: Analyzing the discourse of the European green deal*, *Journal of Risk and Financial Management*, Vol. 14, Issue 2, 2021.
116. Eerma M. H., Manning D., Økland G. L., Del Angel C. R., Seifert P. E., Winkler J., Von Hirschhausen C., *The Potential of Behavioral Changes to Achieve a Fully Renewable Energy System-a Case Study for Germany*, *Renewable and Sustainable Energy Transition*, Vol. 2, 2022.
117. Egli F., *Renewable energy investment risk: An investigation of changes over time and the underlying drivers*, *Energy Policy*, Vol. 140, 2020.
118. El Alfy A., Darwish K. M., Weber O., *Corporations and sustainable development goals communication on social media: Corporate social responsibility or just another buzzword?*, *Sustainable Development*, Vol. 28, Issue 5, 2020.

119. Engel-Cox J., *Scenarios for Future Energy Systems. Report NREL/PR-6A50-85725*, National Renewable Energy Laboratory, 2023.
120. Erdem Y., *Sustainable Consumer Behavior*, [in:] *Circular Economy: Multidisciplinary Approaches from Turkey*, 2022.
121. Erixon F., Guinea O., Lamprecht P., du Roy O., Sisto E., Zilli R., *Trading Up: An EU Trade Policy for Better Market Access and Resilient Sourcing*, ECIPE Policy Brief, No. 8, 2024.
122. Europejska Agencja Środowiskowa, *Środowisko Europy 2020 - stan i prognozy*, Urząd Publikacji Unii Europejskiej, Luksemburg, 2019.
123. Fageda X., Teixidó J. J., *Pricing Carbon in the Aviation Sector: Evidence from the European Emissions Trading System*, *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 111, 2022.
124. Fan Y., Fang C., Zhang Q., *Coupling coordinated development between social economy and ecological environment in Chinese provincial capital cities-assessment and policy implications*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 229, 2019.
125. Fernández García I., Mc Nabola A., *Maximizing hydropower generation in gravity water distribution networks: Determining the optimal location and number of pumps as turbines*, *Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 146, Issue 1, 2020.
126. Fernandez R., *Community Renewable Energy Projects: The Future of the Sustainable Energy Transition?*, *The International Spectator*, Vol. 56, Issue 3, 2021.
127. Fernández-González R., Puime-Guillén F., Pérez-Vas R., *The New Wind Energy Boom in Spain: Are Large Companies Once Again Dominating the Market?* [in:] *Energy Transition: Economic, Social and Environmental Dimensions*, Springer Nature, Singapore, 2022.
128. Fiedor B., Czaja S., Graczyk A., Jakubczyk Z., *Podstawy ekonomii środowiska i zasobów naturalnych*, C.C. Beck, *Ekonomia i Środowisko*, Nr 2, 2002.
129. Fioramonti L., Coscieme L., Mortensen L. F., *From gross domestic product to wellbeing: How alternative indicators can help connect the new economy with the Sustainable Development Goals*, *The Anthropocene Review*, Vol. 6, Issue 3, 2019.
130. Fischer J. et al., *Making the UN decade on ecosystem restoration a social-ecological endeavour*, *Trends in Ecology & Evolution*, Vol. 36, Issue 1, 2021.
131. Florkowski W. J., Rakowska J., *Review of Regional Renewable Energy Investment Projects: The Example of EU Cohesion Funds Dispersal*, *Sustainability*, Vol. 14, Issue 24, 2022.
132. Folke C., *Social-ecological resilience and behavioural responses, Individual and structural determinants of environmental practice*, Routledge, 2017.
133. Folqu M., Escrig-Olmedo E., Santamara T. C., *Sustainable development and financial system: Integrating ESG risks through sustainable investment*

- strategies in a climate change context*, Sustainable Development, Vol. 29, Issue 5, 2021.
134. Förster R., Kaiser M., Wenninger S., *Future vehicle energy supply-sustainable design and operation of hybrid hydrogen and electric microgrids*, Applied Energy, Vol. 334, 2023.
  135. Frankham R., *Evaluation of proposed genetic goals and targets for the Convention on Biological Diversity*, Conservation Genetics, Vol. 23, 2022.
  136. Fukuda-Parr S., Hulme D., *International norm dynamics and the end of poverty: understanding the Millennium Development Goals*, Global governance: a review of multilateralism and international organizations, Vol. 17, 2011.
  137. Fukuda-Parr S., Sakiko, Greenstein J., *How should MDG implementation be measured: faster progress or meeting targets?*, Working Paper, No. 63, 2010.
  138. Gabella J. I., Zimmermann F. M., *Territorial management, environmental degradation and resilience in rural areas of the Argentinian temperate arid diagonal*, American Journal of Rural Development, Vol. 4, 2016.
  139. Galaz V., Tallberg J., Boin A., Ituarte-Lima C., Hey E., Olsson P., Westley F., *Global governance dimensions of globally networked risks: The state of the art in social science research*, Risk, Hazards & Crisis in Public Policy, Vol. 8, Issue 1, 2017.
  140. Gamaralalage D., Kanematsu Y., Ng D. K., Foong S. Z., Andiappan V., Foo D. C. Y., Kikuchi Y. *Life Cycle Assessment of International Biomass Utilization: A Case Study of Malaysian Palm Kernel Shells for Biomass Power Generation in Japan*, Waste and Biomass Valorization, Vol. 13, No. 5, 2022.
  141. Garbowska B., Radzymińska M., *Environmental and Social Aspects of Sustainable Development-A Case Study of Food Companies Including Consumer Attitudes and Behavior*, Organization and Management, No. 192, 2024.
  142. Garg P., *Energy Scenario and Vision 2020 in India*, Journal of Sustainable Energy & Environment, Vol. 3, No. 1, 2012.
  143. Garrido-Herrero M., Jaramillo-Moran M. A., Carmona-Fernandez D., Ozcariz-Arraiza I. M., *The Impact of Photovoltaic Self-Consumption on the Daily Electricity Demand in Spain: Definition of a Model to Estimate It*, Heliyon, Vol. 10, Issue 11, 2024.
  144. Gaukroger C., *A critical assessment of GDP as a measure of economic performance and social progress*, Carnegie UK Trust, 2023.
  145. Ge M., Kannaiah D., Li J., Khan N., Shabbir M. S., Bilal K., Tabash M. I., *Does Foreign Private Investment Affect the Clean Industrial Environment? Nexus Among Foreign Private Investment, CO2 Emissions, Energy Consumption, Trade Openness, and Sustainable Economic Growth*, Environmental Science and Pollution Research, Vol. 29, 2022.
  146. Gebara C. H., Laurent A., *National SDG-7 performance assessment to support achieving sustainable energy for all within planetary limits*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 173, 2023.

147. Ghazvini M., Sadeghzadeh M., Ahmadi M. H., Moosavi S., Pourfayaz F., *Geothermal energy use in hydrogen production: A review*, International Journal of Energy Research, Vol. 43, 2019.
148. Ghose D., Pradhan S., Shabbiruddin, *Development of Model for Assessment of Renewable Energy Sources: A Case Study on Gujarat, India*, International Journal of Ambient Energy, Vol. 43, No. 1, 2022.
149. Gibbs D., O'Neill K., *Future green economies and regional development: a research agenda*, [in:] Turok I., Bailey D., et. al. (ed.) *Transitions in Regional Economic Development*, Routledge, 2018.
150. Gielen D., Boshell F., Saygin D., Bazilian M. D., Wagner N., Gorini R., *The role of renewable energy in the global energy transformation*, Energy Strategy Reviews, Vol. 24, 2019.
151. Gillan S. L., Koch A., Laura T., *Starks, Firms and social responsibility: A review of ESG and CSR research in corporate finance*, Journal of Corporate Finance, Vol. 66, 2021.
152. Giovannini E., Linster M., *Measuring sustainable development. Achievements and challenges. Geneva: OECD, Statistical Commission and Economic Commission for Europe Conference of European Statisticians - United Nations*, 2005.
153. Gkousis S., Welkenhuysen K., Compernelle T., *Deep geothermal energy extraction, a review on environmental hotspots with focus on geo-technical site conditions*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 162, 2022.
154. Goodland R., Ledec G., *Neoclassical economics and principles of sustainable development*, Ecological Modelling, Vol. 38, Issues 1-2, 1987.
155. Górka K., Poskrobko B., Radecki W., *Ochrona środowiska. Problemy społeczne, ekonomiczne i prawne*, Warszawa, PWE, 1995.
156. Grubb M., Vrolijk Ch., Brack D., *Routledge revivals: Kyoto Protocol (1999): A guide and assessment*, Routledge, 2018.
157. Grzybek D., *Przeciw tezom o niemożności - o działaniu zbiorowym i zarządzaniu wspólnymi zasobami*, Contemporary Management Quarterly Nr. 1, 2012.
158. Guerra J., Schmidt L., *Making wishful thinking a reality-from SDGs to COP21*, Ambiente & Sociedade, Vol. 19, 2016.
159. Guerrero-Villegas J., Sierra-García L., Palacios-Florencio B., *The role of sustainable development and innovation on firm performance*, Corporate Social Responsibility and Environmental Management, Vol. 25, Issue 6, 2018.
160. Güney T. and İnce D., *Solar Energy and CO2 Emissions: CCEMG Estimations for 26 Countries*, Journal of the Knowledge Economy, Vol. 15, 2024.
161. Hackstein F. V., Madlener R., *Sustainable operation of geothermal power plants: why economics matters*, Geothermal Energy, Vol. 9, 2021.
162. Haddeland I., Hole J., Holmqvist E., Koestler V., Sidelnikova M., Veie C. A., Wold M. *Effects of Climate on Renewable Energy Sources and Electricity Supply in Norway*, Renewable Energy, Vol. 196, 2022.

163. Hainsch K., Löffler K., Burandt T., Auer H., del Granado P. C., Piscicella P., Zwickl-Bernhard S., *Energy transition scenarios: What policies, societal attitudes, and technology developments will realize the EU Green Deal?*, Energy, Vol. 239, 2022.
164. Haj-Amor Z., Araya T., Kim D. G., Bouri S., Lee J., Ghiloufi W., Lal R., *Soil salinity and its associated effects on soil microorganisms, greenhouse gas emissions, crop yield, biodiversity and desertification: A review*, Science of The Total Environment, Vol. 843, 2022.
165. Haldar A., Sethi N., *Environmental effects of Information and Communication Technology-Exploring the roles of renewable energy, innovation, trade and financial development*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 153, 2022.
166. Haldorai K., Kim G. W., Garcia R. F., *Top management green commitment and green intellectual capital as enablers of hotel environmental performance: The mediating role of green human resource management*, Tourism Management, Vol. 88, 2022.
167. Haładyj A., *Zasady ogólne prawa ochrony środowiska na tle konstytucyjnej zasady zrównoważonego rozwoju*, [w:] Graczyk A. (red.), *Zrównoważony rozwój w teorii ekonomii i w praktyce*, Prace Naukowe Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu 2007, Nr 1190.
168. Hamza M. M., *An Assment of the GDP, GPI, and HDI as Development Indicator for Measuring Development in the Global South*, 2018.
169. Hand B., Kelly G., Cashman A., *Aerodynamic design and performance parameters of a lift-type vertical axis wind turbine: A comprehensive review*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 139, 2021.
170. Hassan Q., Viktor P., Al-Musawi T. J., Ali B. M., Algburi S., Alzoubi H. M., Jaszczur M., *The Renewable Energy Role in the Global Energy Transformations*, Renewable Energy Focus, Vol. 48, 2024.
171. Hayes A. F., Coutts J. J., *Use omega rather than Cronbach's alpha for estimating reliability. But....*, Communication Methods and Measures, Vol. 14, Issue 1, 2020.
172. He L., Liu R., Zhong Z., Wang D., Xia Y., *Can green financial development promote renewable energy investment efficiency? A consideration of bank credit*, Renewable Energy, Vol. 143, 2019.
173. Herbert G. J., Krishnan A. U., *Quantifying Environmental Performance of Biomass Energy. Renewable and Sustainable*, Energy Reviews, Vol. 59, 2016.
174. Hickel J., *The sustainable development index: Measuring the ecological efficiency of human development in the Anthropocene*, Ecological Economics, Vol. 167, 2020.
175. Hickmann T., Widerberg O., Lederer M., Pattberg P., *The United Nations Framework Convention on Climate Change Secretariat as an orchestrator in global climate policymaking*, International Review of Administrative Sciences, Vol. 87, Issue 1, 2021.

176. Hoffmann B. et al., *WHO Air Quality Guidelines 2021-Aiming for Healthier Air for All: A Joint Statement by Medical, Public Health, Scientific Societies and Patient Representative Organisations*, International Journal of Public Health, Vol. 66, 2021.
177. Holden E., Linnerud K., Banister D., Schwanitz V., Wierling A., *The imperatives of sustainable development: needs, justice, limits*, Routledge, 2017.
178. Holger R., *Ekonomia zrównoważonego rozwoju*, Wydawnictwo Zysk i Spółka, Poznań, 2010
179. Honnen J. et al., *Supporting Just Transitions in Canada and Germany*, Energy Partnership, Berlin, 2023.
180. Hougaard I. M., *Enacting Biochar as a Climate Solution in Denmark. Environmental*, Science & Policy, Vol. 152, 2024.
181. Houghton R. A., *Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emissions*, [in:] Moutinho P., Schwartzman S. (ed.) *Tropical deforestation and climate change*, Amazon Institute for Environmental Research, 2005.
182. Huang D. Z. X., *Environmental, social and governance (ESG) activity and firm performance: a review and consolidation*, Accounting & Finance, Vol. 61, Issue 1, 2019.
183. Hussain B., Naqvi S. A. A., Anwar S., Usman M., *Effect of wind and solar energy production, and economic development on the environmental quality: Is this the solution to climate change?*, Gondwana Research, Vol. 119, 2023.
184. International Energy Agency, *World Energy Outlook 2020: Executive Summary*, International Energy Agency, Paris, 2020.
185. Irfan M., Hao Y., Ikram M., Wu H., Akram R., Rauf A., *Assessment of the Public Acceptance and Utilization of Renewable Energy in Pakistan*, Sustainable Production and Consumption, Vol. 27, 2021.
186. Islam M., *The Basel Convention on the control of transboundary movements of hazardous wastes and their disposal: Critical Analysis*, International Journal of Multidisciplinary Research and Growth Evaluation, Vol. 1, Issue 2, 2020.
187. Jacobson M. Z. et al., *100% Clean and Renewable Wind, Water, and Sunlight (WWS) All-Sector Energy Roadmaps for 139 Countries of the World*, Joule, Vol. 1, No. 1, 2017.
188. Jain S., Sharma T., Gupta A. K., *End-of-Life Management of Solar PV Waste in India: Situation Analysis and Proposed Policy Framework*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 153, 2022.
189. Jaiswal K. K., Chowdhury C. R., Yadav D., et. al., *Renewable and Sustainable Clean Energy Development and Impact on Social, Economic, and Environmental Health*, Energy Nexus, Vol. 7, 2022.
190. Jickling B., Wals A. E., *Globalization and environmental education: Looking beyond sustainable development*, [in:] Reid A. (ed.) *Curriculum and environmental education*, Routledge, 2019.

191. Joakim E. P., Mortsch L., Oulahan G., *Using vulnerability and resilience concepts to advance climate change adaptation*, Environmental Hazards and Resilience, Routledge, 2021.
192. Joel O. T., Oguanobi V. U., *Leadership and Management in High-Growth Environments: Effective Strategies for the Clean Energy Sector*, International Journal of Management & Entrepreneurship Research, Vol. 6, Issue 5, 2024.
193. Johansen K. *Blowing in the Wind: A Brief History of Wind Energy and Wind Power Technologies in Denmark*, Energy Policy, Vol. 152, 2021.
194. Johansson R., Meyer S., Whistance J., Thompson W., Debnath D., *Greenhouse gas emission reduction and cost from the United States biofuels mandate*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 119, 2020.
195. Jordaan S. M. et al., *The Role of Energy Technology Innovation in Reducing Greenhouse Gas Emissions: A Case Study of Canada*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 78, 2017.
196. Kabra K., *Qualitative Indicators of Development: Beyond Exclusive GDP-centricity*, [in:] Kumar S., Verma C S., Trivedi P. K. (ed.), *State and Capitalist Development in India*, Routledge, 2023.
197. Kahuthu A., *Economic growth and environmental degradation in a global context*, Environment, Development and Sustainability, Vol. 8, 2006.
198. Kalair A., Abas N., Saleem M. S., Kalair A. R., Khan N., *Role of Energy Storage Systems in Energy Transition from Fossil Fuels to Renewables*, Energy Storage, Vol. 3, Issue 1, 2021.
199. Kallis G., Stephanides P., Bailey E., Devine-Wright P., Chalvatzis K., Bailey I., *The Challenges of Engaging Island Communities: Lessons on Renewable Energy from a Review of 17 Case Studies*, Energy Research & Social Science, Vol. 81, 2021.
200. Kamiński W., *Wybrane aspekty energetyki Polski wobec koncepcji zrównoważonego rozwoju*, Zeszyty Studenckie Wydziału Ekonomicznego Uniwersytetu Gdańskiego Nasze Studia, t. 13, 2023.
201. Karapici V., Matraku D., *Enhance energy cross-border trading in the Balkan region*, EIRP Proceedings, Vol. 18, No. 1, 2023.
202. Kasinath A., Fudala-Ksiazek S., Szopinska M., Bylinski H., Artichowicz W., Remiszewska-Skwarek A., Luczkiewicz A., *Biomass in biogas production: Pretreatment and codigestion*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 150, 2021.
203. Kasperson J. X., Kasperson R. E., Turner B. L., Hsieh W., Schiller A., *Vulnerability to global environmental change, Social contours of risk*, Routledge, 2022.
204. Kassenberg A., *Zrównoważony rozwój a koncepcja przestrzennego zagospodarowania kraju*, [w:] Gorzelak G., Tucholska A. (red.), *Rozwój, region, przestrzeń*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Centrum Europejskich Studiów Regionalnych i Lokalnych Uniwersytetu Warszawskiego EURORE, Warszawa, 2007.

205. Kennedy I., *Sample Size Determination in Test-Retest and Cronbach Alpha Reliability Estimates*, British Journal of Contemporary Education, Vol. 2, Issue 1, 2022.
206. Khalaf R. W., *The implementation of the UNESCO World Heritage Convention: Continuity and compatibility as qualifying conditions of integrity*, Heritage Vol. 3, Issue 2, 2020.
207. Khan S. A. R., Godil D. I., Yu Z., Abbas F., Shamim M. A., *Adoption of Renewable Energy Sources, Low-Carbon Initiatives, and Advanced Logistical Infrastructure—A Step Toward Integrated Global Progress*, Sustainable Development, Vol. 30, Issue 1, 2022.
208. Khanamani A., Fathizad H., Karimi H., Shojaei S., *Assessing desertification by using soil indices*, Arabian Journal of Geosciences, Vol. 10, 2017.
209. Khatibi A., Jahangir M. H., Razi Astarai F., Mohabbati F., *Predicting the Renewable Energy Consumption in 2026 by Using a Recursive Moving Average Model*, International Journal of Ambient Energy, Vol. 43, Issue 1, 2022.
210. Kielin-Maziarz J., *Zasada zrównoważonego rozwoju-uwagi na tle jej miejsca w Konstytucji RP*, Krytyka Prawa, t. 12, Nr 1, 2020.
211. Killingtveit Å., *Hydropower; Managing global Warming. An Interface of Technology and Human Issues*, 2019.
212. Klinsky S., Roberts T., Huq S., Okereke C., Newell P., Dauvergne P., Bauer S., *Why equity is fundamental in climate change policy research*, Global Environmental Change, Vol. 44, 2017.
213. Koçak B., Fernandez A. I., Paksoy H., *Review on sensible thermal energy storage for industrial solar applications and sustainability aspects*, Solar Energy, Vol. 209, 2020.
214. Kołodko G. W., *Nowy pragmatyzm, czyli ekonomia i polityka dla przyszłości*, [w:] Pach J., Kowalska K., Szyja P. (red.), *Ekonomia umiaru realna perspektywa? Nowy paradygmat Grzegorza W. Kołodki*, PWN, Warszawa, 2016.
215. Konchakova N., Klein P., Lidorikis E., Laskarakis A., Cavalcanti W. L., Friis J., *Position Paper: Open Innovation in Horizon Europe*, Zenodo, 2022.
216. Kopnina H., *Education for the future? Critical evaluation of education for sustainable development goals*, The Journal of Environmental Education, Vol., Issue 4, 2020.
217. Kornafel M., Telega I., *Dynamics of natural capital in neoclassical growth model*, International Journal of Sustainable Economy, Vol. 12, No. 1, 2020.
218. Korzeniowski P., *Zasady prawne ochrony środowiska*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2010.
219. Kot J., Jedlińska R., *Zrównoważony rozwój w dobie globalizacji - aspekt ekologiczny*, Studia i Materiały Wydziału Zarządzania i Administracji Wyższej Szkoły Pedagogicznej im. Jana Kochanowskiego w Kielcach, nr 2, 2016.
220. Koval V., Mikhno I., Udovychenko I., Gordiichuk Y., Kalina I., *Sustainable natural resource management to ensure strategic environmental development*, TEM Journal, Vol. 10, Issue 3, 2021.

221. Kozłowski S., *Ekologiczne problemy przyszłości świata i Polski*, Warszawa: Komitet Prognoz Polska w XXI wieku przy Prezydium PAN, Dom Wydawniczy Elipsa, 1989.
222. Kreiss J., Ehrhart K. M., Haufe M. C., Soysal E. R., *Different cost perspectives for renewable energy support: Assessment of technology-neutral and discriminatory auctions*, *Economics of Energy & Environmental Policy*, Vol. 10, No. 1, 2021.
223. Kuik O., Branger F., Quirion P., *Competitive advantage in the renewable energy industry: Evidence from a gravity model*, *Renewable Energy*, Vol. 131, 2019.
224. Kulasekara H., Seynulabdeen V., *A review of geothermal energy for future power generation, 2019 5th international conference on advances in electrical engineering*, 2019.
225. Kumar K., Saini R. P., *A review on operation and maintenance of hydropower plants*, *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, Vol. 49, 2022.
226. Kumar S., Kumar N., Vivekadhish S., *Millennium development goals (MDGS) to sustainable development goals (SDGS): Addressing unfinished agenda and strengthening sustainable development and partnership*, *Indian Journal of Community Medicine*, Vol. 41, Issue 1, 2016.
227. Kumm M., Taka M., Guillaume J. H., *Gridded global datasets for gross domestic product and Human Development Index over 1990-2015*, *Scientific Data*, Vol. 5, 2018.
228. Kuriqi A., Pinheiro A. N., Sordo-Ward A., Garrote L., *Water-energy-ecosystem nexus: Balancing competing interests at a run-of-river hydropower plant coupling a hydrologic-ecohydraulic approach*, *Energy Conversion and Management*, Vol. 223, 2020.
229. Kweku D. W., Bismark O., Maxwell A., Desmond K. A., Danso K. B., Oti-Mensah E. A., Adormaa B. B., *Greenhouse effect: greenhouse gases and their impact on global warming*, *Journal of Scientific research and reports*, Vol. 17, 2018.
230. Kyriazi A., Miró J., *Towards a socially fair green transition in the EU? An analysis of the Just Transition Fund using the Multiple Streams Framework*, *Comparative European Politics*, Vol. 21, 2023.
231. Laabid A., Saad A., Mazouz M., *Integration of Renewable Energies in Mobile Employment Promotion Units for Rural Populations*, *Civil Engineering Journal*, Vol. 8, Issue 7, 2022.
232. Lamnatou C., Chemisana D., Cristofari C., *Smart grids and smart technologies in relation to photovoltaics, storage systems, buildings and the environment*, *Renewable Energy*, Vol. 185, 2022.
233. Latapi Agudelo M. A., Jóhannsdóttir L., Davídsdóttir B., *A literature review of the history and evolution of corporate social responsibility*, *International Journal of Corporate Social Responsibility*, Vol. 4, No. 1, 2019.
234. Lattès R., Delaunay J., Delaunay J., *Halte À La Croissance?: Enquête Sur Le Club De Rome*, *Le Club Français Du Livre*, 1972.

235. Lawrence D., Coe M., Walker W., Verchot L., Vandecar K., *The unseen effects of deforestation: biophysical effects on climate*, *Frontiers in Forests and Global Change* Vol. 5, 2022.
236. Leão de Carvalho B., de Fátima Salgueiro M., Rita P., *Consumer Sustainability Consciousness: A Five-Dimensional Construct*, *Ecological Indicators*, Vol. 58, 2015.
237. Lee D., Cho S., Jang S., Ra Y., Jang Y., Yun Y., Choi D., *Toward effective irregular wind energy harvesting: Self-adaptive mechanical design strategy of triboelectric-electromagnetic hybrid wind energy harvester for wireless environmental monitoring and green hydrogen production*, *Nano Energy*, Vol. 102, 2022.
238. Leonard M., Pisani-Ferry J., Shapiro J., Tagliapietra S., Wolff G. B., *The geopolitics of the European green deal*, *Bruegel policy contribution*, No. 4, 2021.
239. Leppänen T., Liefferink D., *Agenda-setting, policy formulation, and the EU institutional context: The case of the Just Transition Fund*, *European Policy Analysis*, Vol. 8, Issue 1, 2022.
240. Lewkowicz M., Cahier J. P., *The Sharing Economy in France: A Favourable Ecosystem for Alternative Platforms Models*, [in:] *The Sharing Economy in Europe: Developments, Practices, and Contradictions*, Springer International Publishing, Cham, 2022.
241. Li C., Yang X., Wang L., *The Impact of Renewable Energy Development on Regional Carbon Emission Reduction: Based on the Spatio-Temporal Analysis of 30 Provinces in China*, *Environmental Management*, Vol. 74, 2024.
242. Li H. X., Edwards D. J., Hosseini M. R., Costin G. P., *A Review on Renewable Energy Transition in Australia: An Updated Depiction*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 242, 2020.
243. Li T. T., Wang K., Sueyoshi T., Wang D. D., *ESG: Research Progress and Future Prospects*, *Sustainability*, Vol. 13, Issue 21, 2021.
244. Li W., Li W., Seppänen V., Koivumäki T., *Effects of Greenwashing on Financial Performance: Moderation Through Local Environmental Regulation and Media Coverage*, *Business Strategy and the Environment*, Vol. 32, Issue 1, 2023.
245. Li X., Peng Y., Wang W., Huang J., Liu H., Song X., Bing X., *A method for optimizing installation capacity and operation strategy of a hybrid renewable energy system with offshore wind energy for a green container terminal*, *Ocean Engineering*, Vol. 186, 2019.
246. Lin C. C., Kang J. R., Huang G. L., Liu W. Y., *Forest biomass-to-biofuel factory location problem with multiple objectives considering environmental uncertainties and social enterprises*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 262, 2020.
247. Lin L., *Venture Capital in the Rise of Sustainable Investment*, *European Business Organization Law Review*, Vol. 23, 2022.
248. Littlewood D., Holt D., *How social enterprises can contribute to the Sustainable Development Goals (SDGs)-A conceptual framework*, [in:] *Entrepreneurship*

- and the sustainable development goals*, Emerald Publishing Limited, Vol. 8, 2018.
249. Liu Z., Hou G., Song Y., Taherian H., Qi S., *The impact of soil hydrothermal properties on geothermal power generation (GPG): modeling and analysis*, Energies, Vol. 15, Issue 2, 448, 2022.
  250. Loewen S., Gonulal T., *Exploratory factor analysis and principal components analysis*, Advancing quantitative methods in second language research, 2015.
  251. Lohmüller E., Lohmüller S., Saint-Cast P., Greulich J., Glunz S., Preu R., *Review and Highlights of More Than 30 Years Research on Ever Improving Technology for PERC Solar Cells at Fraunhofer ISE*, 2024, Austria.
  252. Long X., Ji X., *Economic growth quality, environmental sustainability, and social welfare in China-provincial assessment based on genuine progress indicator (GPI)*, Ecological Economics, Vol. 159, 2019.
  253. Lu J., Liang M., Zhang C., Rong D., Guan H., Mazeikaite K., Streimikis J., *Assessment of corporate social responsibility by addressing sustainable development goals*, Corporate Social Responsibility and Environmental Management, Vol. 28, Issue 2, 2021.
  254. Luna-Nemecio J., Tobón S., Juárez-Hernández L. G., *Sustainability-based on socioformation and complex thought or sustainable social development*, Resources, Environment and Sustainability, Vol. 2, 2020.
  255. Lund H. et al., *Smart Energy Denmark: A Consistent and Detailed Strategy for a Fully Decarbonized Society*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 168, 2022.
  256. Łukasik-Morawska E., *Inwestowanie odpowiedzialne społecznie a inwestorzy instytucjonalni*, Marketing i rynek, Nr 11, 2018.
  257. MacIver C., Bukhsh W., Bell K. R., *The impact of interconnectors on the GB electricity sector and European carbon emissions*, Energy Policy, Vol. 151, 2021.
  258. Macknick J., Sattler S., Averyt K., Clemmer S., Rogers J. *The Water Implications of Generating Electricity: Water Use Across the United States Based on Different Electricity Pathways Through 2050*, Environmental Research Letters, Vol. 7, No. 4, 2012.
  259. Majid M. *Renewable Energy for Sustainable Development in India: Current Status, Future Prospects, Challenges, Employment, and Investment Opportunities*. Energy, Sustainability and Society, Vol. 10, No.1, 2020.
  260. Maka A. O., Alabid J. M., *Solar Energy Technology and Its Roles in Sustainable Development*, Clean Energy, Vol. 6, Issue 3, 2022.
  261. Maris G., Flouros F., *The green deal, national energy and climate plans in Europe: Member States' compliance and strategies*, Administrative Sciences, Vol. 11, Issue 3, 2021.
  262. Markopoulos E., Staggl A., Gann E. L., Vanharanta H., *Beyond Corporate Social Responsibility (CSR): Democratizing CSR Towards Environmental, Social and Governance Compliance*, [in:] Markopoulos E., Goonetilleke R. S., Ho

- A. G., Luximon Y. (ed.), *Advances in Creativity, Innovation, Entrepreneurship and Communication of Design: Proceedings of the AHFE 2021 Virtual Conferences on Creativity, Innovation and Entrepreneurship, and Human Factors in Communication of Design*, Springer International Publishing, 2021.
263. Marzi E., Morini M., Gambarotta A., *Analysis of the status of research and innovation actions on electrofuels under Horizon 2020*, *Energies*, Vol. 15, Issue 2, 2022.
264. Matos P., *ESG and responsible institutional investing around the world. A critical review*, CFA Institute Research Foundation, 2020.
265. Mazurek-Czarnecka A., Rosiek K., Salamaga M., Wąsowicz K., Żaba-Nieroda R., *Study on Support Mechanisms for Renewable Energy Sources in Poland*, *Energies*, Vol. 15, Issue 12, 2022.
266. Mazur-Wierzbička E., *Koncepcja zrównoważonego rozwoju jako podstawa gospodarowania środowiskiem przyrodniczym*, [w:] Kopycińska D. (red.), *Funkcjonowanie gospodarki polskiej w warunkach integracji i globalizacji*, Wydawnictwo Naukowe Katedry Mikroekonomii Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 2005.
267. Mączyńska E., *Dylematy pomiaru gospodarki globalnej - Produkt Krajowy Brutto*, [w:] Cieślík A., Michałek J. J. (red.), *Niedoskonała globalizacja. Czy światowy system gospodarczy wymaga gruntownych reform? Księga Jubileuszowa Profesora Włodzimierza Siwińskiego*, Warszawa, Uniwersytet Warszawski, 2014.
268. McCarl B. A., Adams D. M., Alig R. J., Chmelik J. T., *Competitiveness of Biomass-Fueled Electrical Power Plants*, *Annals of Operations Research*, Vol. 94, 2000.
269. McCauley D. et al., *Energy Justice in the Transition to Low Carbon Energy Systems: Exploring Key Themes in Interdisciplinary Research*, *Applied Energy*, Vol. 233-234, 2019.
270. McWilliams A., Siegel D. S., Wright P. M., *Corporate social responsibility: strategic implications*, *Journal of Management Studies*, Vol. 43, Issue 1, 2006.
271. Meherishi L., Narayana S. A., Ranjani K. S., *Sustainable Packaging for Supply Chain Management in the Circular Economy: A Review*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 237, 2019.
272. Melnyk L. H., Sommer H., Kubatko O. V., Rabe M., Fedyna S. M., *The economic and social drivers of renewable energy development in OECD countries*, *Problems and Perspectives in Management*, Vol. 18, Issue 4, 2020.
273. Melnyk L., Kubatko O., Piven V., *Renewable Energy Promotion with Economic Incentives: The Case of the EU*, [in:] *Scientific Conference on Economics and Entrepreneurship Proceedings 2021*.
274. Meyer B., Ahlert G., *Imperfect markets and the properties of macro-economic-environmental models as tools for policy evaluation*, *Ecological Economics*, Vol. 155, 2019.

275. Mierzwa-Hersztek M., Gondek K., Jewiarz M., Dziedzic K., *Assessment of Energy Parameters of Biomass and Biochars, Leachability of Heavy Metals and Phytotoxicity of Their Ashes*. Journal of Material Cycles and Waste Management, Vol. 21, 2019.
276. Mihajlović L. S., Trajković S., *The importance of energy for the economy, sustainable development and environmental protection-an economic aspect*, Journal of Process Management and New Technologies, Vol. 6, No. 1, 2018.
277. Mikhaylov A., Moiseev N., Aleshin K., Burkhardt T., *Global climate change and greenhouse effect*, Entrepreneurship and Sustainability Issues, Vol. 7, No. 4, 2020.
278. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, *Krajowy Plan w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r.*, Warszawa, 2024.
279. Miyamoto M., Takeuchi K., *Climate agreement and technology diffusion: Impact of the Kyoto Protocol on international patent applications for renewable energy technologies*, Energy Policy, Vol. 129, 2019.
280. Moesker K., Pesch U., *The just transition fund-Did the European Union learn from Europe's past transition experiences?*, Energy Research & Social Science, Vol. 91, 2022.
281. Mohajan H., *The first industrial revolution: Creation of a new global human era*, Journal of Social Sciences and Humanities, Vol. 5, No. 4, 2019.
282. Mohamad F., Teh J., Lai C. M., *Optimum allocation of battery energy storage systems for power grid enhanced with solar energy*, Energy, Vol. 223, 2021.
283. Mokyr J., *Editor's introduction: The new economic history and the Industrial Revolution*, [in:] Mokyr J. (ed.) *The British industrial revolution*, Routledge, 2018.
284. Mongird K., Viswanathan V., Balducci P., Alam J., Fotedar V., Koritarov V., Hadjerioua B., *An evaluation of energy storage cost and performance characteristics*, Energies, Vol. 13, Issue 13, 2020.
285. Morgan J., *Paris COP 21: Power that speaks the truth?*, Globalizations, Vol. 13, Issue 6, 2016.
286. Morgera E., *The progressive development of international biodiversity law from the 1972 Stockholm Conference to the synergistic protection of biodiversity and human rights, including at the ocean-climate nexus*, Ebbesson J., Langlet D. (ed.), *International Environmental Law in Perspective*, 2024.
287. Moshtari M., Vanpoucke E., *Building Successful NGO-Business Relationships: A Social Capital Perspective*, Journal of Supply Chain Management, Vol. 57, Issue 3, 2021.
288. Mostafaeipour A., Qolipour M., Rezaei M., Jahangiri M., Goli A., Sedaghat A., *A novel integrated approach for ranking solar energy location planning: a case study*, Journal of Engineering, Design and Technology, Vol. 19, Issue 3, 2021.
289. Mostafaeipour A., Sadeghi S., Jahangiri M., Nematollahi O., Rezaeian Sabbagh A., *Investigation of accurate location planning for wind farm establishment:*

- a case study*, Journal of Engineering, Design and Technology, Vol. 18, Issue 4, 2020.
290. Mrkajic B., Murtinu S., Scalera V. G., *Is green the new gold? Venture capital and green entrepreneurship*, Small business economics, Vol. 52, 2019.
  291. Muhamad I. A. K., Rifdah B. N., Hidhayad A. P., Kusdiwanggo S., *Grasping The Essence of The Millennium Development Goals: A Literature Review*, IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, IOP Publishing, Vol. 1324, 2024.
  292. Mulligan M., *An Introduction to Sustainability: Environmental, Social and Personal Perspectives*, Routledge, New York 2017.
  293. Murphy D. F., Stott L., *Partnerships for the sustainable development goals (SDGs)*, Sustainability, Vol. 13, Issue 2, 2021.
  294. Mydock III S., Pervan S. J., Almubarak A. F., Johnson L., Kort M., *Influence of 'Made with Renewable Energy' Appeal on Consumer Behaviour*, Marketing Intelligence & Planning, Vol. 36, Issue 1, 2018.
  295. Naranjo Silva H. S., Álvarez del Castillo J., *An approach of the hydropower: Advantages and impacts. A review*, Journal of Energy Research and Reviews, Vol. 8, 2021.
  296. Nastasi B., Markovska N., Pukšec T., Duić N., Foley A., *Renewable and Sustainable Energy Challenges to Face for the Achievement of Sustainable Development Goals*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 157, 2022.
  297. National Renewable Energy Laboratory, *Renewables and Oil Reduction in the Southern USA*, Technical report, NREL, 2020.
  298. Nayak P. K., Mahesh S., Snaith H. J., Cahen D., *Photovoltaic solar cell technologies: analysing the state of the art*, Nature Reviews Materials, Vol. 4, 2019.
  299. Niedek A., *Koncepcja ekorozwoju społeczno-gospodarczego i przestrzennego*, Ekonomista, 1991 t. 4-6.
  300. Nunes A. M. M. et al., *Public Policies for Renewable Energy: A Review of the Perspectives for a Circular Economy*, Energies, Vol. 16, Issue 1, 2023.
  301. Oberthür S., Von Homeyer I., *From emissions trading to the European Green Deal: the evolution of the climate policy mix and climate policy integration in the EU*, Journal of European Public Policy, Vol. 30, Issue 3, 2023.
  302. Ofori G., *From the MDGs to the SDGs: The role of construction*, The Elgar Companion to the Built Environment and the Sustainable Development Goal, Edward Elgar Publishing, 2024.
  303. Olabi A. G., Abdelkareem M. A., *Renewable energy and climate change*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 158, 2022.
  304. Olabi A. G., Wilberforce T., Elsaid K., Salameh T., Sayed E. T., Husain K. S., Abdelkareem M. A., *Selection guidelines for wind energy technologies*, Energies, Vol. 14, Issue 11, 2021.

305. Olivadese R., Alpagut B., Revilla B. P., Brouwer J., Georgiadou V., Woestenburg A., van Wees M., *Towards energy citizenship for a just and inclusive transition: Lessons learned on collaborative approach of positive energy districts from the EU Horizon2020 smart cities and communities projects*, Proceedings Vol. 65, No. 1, 2021.
306. Osman A. I. et al., *Cost, Environmental Impact, and Resilience of Renewable Energy Under a Changing Climate: A Review*, Environmental Chemistry Letters, Vol. 21, 2023.
307. Østergaard P. A., Duic N., Noorollahi Y., Kalogirou S., *Renewable Energy for Sustainable Development*, Renewable Energy, Vol. 199, 2022.
308. Pajda R., *Uwarunkowania wdrażania ekorozwoju w układzie lokalnym*, [w:] Poskrobko B. (red.), *Sterowanie ekorozwojem*, t. 2, Politechnika Białostocka, Białystok, 1998.
309. Pakulska T., Poniatowska-Jaksch M., *Rozwój zrównoważony szeroka i wąska interpretacja, stan wiedzy*, Szkoła Główna Handlowa, 2018.
310. Panichelli L., Gnansounou E., *Impact of agricultural-based biofuel production on greenhouse gas emissions from land-use change: Key modelling choices*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 42, 2015.
311. Papia Z. F. *Assessing the Path to Sustainable Energy: A Focus on Optimal Power Generation Methods for Heat and Electricity in Lahti, Finland*. Master in Urban Climate & Sustainability, 2024.
312. Park C., Lee S., Lee C. K., Reisinger Y., *Volunteer Tourists' Environmentally Friendly Behavior and Support for Sustainable Tourism Development Using Value-Belief-Norm Theory: Moderating Role of Altruism*, Journal of Destination Marketing & Management, Vol. 25, 2022.
313. Park J. G., Park K., Noh H., Kim Y. G., *Characterization of CSR, ESG, and corporate citizenship through a text mining-based review of literature*, Sustainability, Vol. 15, Issue 5, 2023.
314. Parmar B. L., Freeman R. E., Harrison J. S., Wicks A. C., Purnell L., De Colle S., *Stakeholder theory: The state of the art.*, Academy of Management Annals, Vol. 4, No. 1, 2010.
315. Pata U. K., Caglar A. E., Kartal M. T., Depren S. K., *Evaluation of the Role of Clean Energy Technologies, Human Capital, Urbanization, and Income on the Environmental Quality in the United States*, Journal of Cleaner Production, Vol. 402, 2023.
316. Patra M., *European ecodesign material efficiency standardization overview for circular economy aspects in motor and power drive systems. Energy Efficiency in Motor Systems: Proceedings of the 11th International Conference EEMODS'19*, 2021.
317. Pearce D., Markandya A., Barbier E., *Blueprint for a Green Economy*, London, Earthscan, 1989.

318. Pedersen E., Persson Waye K., *Perception and Annoyance Due to Wind Turbine Noise—a Dose-Response Relationship*, The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 116, No. 6, 2004.
319. Pellizzaro K. F. et al. *'Cerrado' Restoration by Direct Seeding: Field Establishment and Initial Growth of 75 Trees, Shrubs and Grass Species*, Brazilian Journal of Botany, Vol. 40, 2017.
320. Perea-Moreno M. A., Samerón-Manzano E., Perea-Moreno A. J., *Biomass as renewable energy: Worldwide research trends*, Sustainability, Vol. 11, Issue 3, 2019.
321. Pérez-Díaz J. I., Chazarra M., García-González J., Cavazzini G., Stoppato A., *Trends and challenges in the operation of pumped-storage hydropower plants*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 44, 2015.
322. Picchio R., Latterini F., Venanzi R., Stefanoni W., Suardi A., Tocci D., Pari L., *Pellet production from woody and non-woody feedstocks: A review on biomass quality evaluation*, Energies, Vol. 13, Issue 11, 2020.
323. Piet G. J., Tamis J. E., van der Wal J. T., Jongbloed R. H., *Cumulative Impacts of Wind Farms on the North Sea Ecosystem. Report nr C081/21*, Wageningen Marine Research, 2021.
324. Pietraś M., *Negocjowanie Protokołu z Kioto*, Stosunki Międzynarodowe, Nr 2, 2014.
325. Piontek B., *Koncepcja rozwoju zrównoważonego i trwałego Polski*, PWN, Ekonomia i Środowisko, Nr 2, 2002.
326. Pirages D. C., *The Sustainable Society - Implications for Limited Growth*, New York: Praeger, 1977
327. Pizzi S. et al., *Management research and the UN sustainable development goals (SDGs): A bibliometric investigation and systematic review*, Journal of Cleaner Production, Vol. 276, 2020.
328. Pogrzeba M., Krzyżak J., Rusinowski S., McCalmont J. P., Jensen E., *Energy Crop at Heavy Metal-Contaminated Arable Land as an Alternative for Food and Feed Production: Biomass Quantity and Quality*. Plant Metallomics and Functional Omics: A System-Wide Perspective, 2019.
329. Polcyn J., *Relacja ładu społecznego do ładu gospodarczego w koncepcji zrównoważonego rozwoju*, Problems of Economics and Law, Nr 1, 2018.
330. Polzin F., Egli F., Steffen B., Schmidt T. S., *How do policies mobilize private finance for renewable energy? -A systematic review with an investor perspective*, Applied Energy, Vol. 236, 2019.
331. Poskrobko B., *Metodyczne aspekty ekonomii zrównoważonego rozwoju*, Ekonomia i Środowisko, Nr 3, 2012.
332. Práválie R., Patriche C., Bandoc G., *Spatial assessment of solar energy potential at global scale. A geographical approach*, Journal of Cleaner Production, Vol. 209, 2019.

333. Proskurina S., *Carbon Neutrality in the Finnish Energy Sector: Prospects for a Fossil-Fuel Phase Out, Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, Vol. 18, Issue 4, 2024.
334. Pryor S. C., Barthelmie R. J., Shepherd T. J., *Wind power production from very large offshore wind farms*, Joule, Vol. 5, Issue 10, 2021.
335. Qadir S. A., Al-Motairi H., Tahir F., Al-Fagih L., *Incentives and strategies for financing the renewable energy transition: A review*, Energy Reports, Vol. 7, 2021.
336. Qazi A., Hussain F., Rahim N. A., Hardaker G., Alghazzawi D., Shaban K., Haruna K., *Towards sustainable energy: a systematic review of renewable energy sources, technologies, and public opinions*, IEEE Access, Vol. 7, 2019.
337. Raczkowska M., Mikuła A., Utzig M., *Zrównoważony rozwój w obszarze społecznym w Unii Europejskiej*, Wydawnictwo SGGW, 2021.
338. Radcliffe J. C., *The Water Energy Nexus in Australia—The Outcome of Two Crises*. Water-Energy Nexus, Vol. 1, No. 1, 2018.
339. Rahat S., Pathan M. S. K., *Sustainable Climate Approach and in Context of Environment Economy: A Classical Analyze Matters*, Neutron, Vol. 21, No. 1, 2021.
340. Rahman A., Farrok O., Haque M. M., *Environmental Impact of Renewable Energy Source Based Electrical Power Plants: Solar, Wind, Hydroelectric, Biomass, Geothermal, Tidal, Ocean, and Osmotic*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 161, 2022.
341. Rahman M. M., Khan I., Field D. L., Techato K., Alameh K., *Powering Agriculture: Present Status, Future Potential, and Challenges of Renewable Energy Applications*, Renewable Energy, Vol. 188, 2022.
342. Rakoczy B., *Komentarz do art. 5 Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej*, stan prawny 2013.11.25, LEX.
343. Ram M., Aghahosseini A., Breyer C., *Job Creation During the Global Energy Transition Towards 100% Renewable Power System by 2050*, Technological Forecasting and Social Change, Vol. 151, 2020.
344. Ramasar V., Busch H., Brandstedt E., Rudus K., *When Energy Justice is Contested: A Systematic Review of a Decade of Research on Sweden's Conflicted Energy Landscape*, Energy Research & Social Science, Vol. 94, 2022.
345. Ramos-Escudero A., García-Cascales M. S., Cuevas J. M., Sanner B., Urchueguía J. F., *Spatial analysis of indicators affecting the exploitation of shallow geothermal energy at European scale*, Renewable Energy, Vol. 167, 2021.
346. Ravindranath N. H., Lakshmi C. S., Manuvie R., Balachandra P., *Biofuel production and implications for land use, food production and environment in India*, Energy Policy, Vol. 39, Issue 10, 2011.
347. Raykov T., Marcoulides G., Anthony J. N., Menold, *Evaluating cronbach's coefficient alpha and testing its identity to scale reliability: a direct Bayesian*

- confirmatory factor analysis procedure*, Measurement: Interdisciplinary Research and Perspectives, Vol. 22, Issue 1, 2024.
348. Razali N., Vasudevan H., *The Impact of Implementing Green Human Resources Practices on Employee Engagement Sustainability*, International Journal of Human Capital in Urban Management, Vol. 9, Issue 3, 2024.
349. Reid A., Ringel E., Pendleton S. M., *Transparency Reports as CSR Reports: Motives, Stakeholders, and Strategies*, Social Responsibility Journal, Vol. 20, Issue 1, 2024.
350. Renn O., Laubichler M., Lucas K., Kröger W., Schanze J., Scholz R. W., Schweizer P. J., *Systemic risks from different perspectives*, Risk Analysis, Vol. 42, Issue 9, 2022.
351. Revi A., *Afterwards: Habitat III and the sustainable development goals*, Urbanisation, Vol. 1, Issue 2, 2016.
352. Rezania S., Oryani B., Cho J., Talaiekhosani A., Sabbagh F., Hashemi B., Mohammadi A. A., *Different pretreatment technologies of lignocellulosic biomass for bioethanol production: An overview*, Energy, Vol. 199, 2020.
353. Režný L., Bureš V., *Energy transition scenarios and their economic impacts in the extended neoclassical model of economic growth*, Sustainability, Vol. 11, Issue 13, 2019.
354. Ricciardiello L., Leja M., Ollivier M., *Horizon Europe, the new programme for research & innovation: Which opportunities for GI research in the years to come?*, United European Gastroenterology Journal, Vol. 9, 2021.
355. Ripple W. J., Wolf C., Newsome T. M., Barnard P., Moomaw W. R., *World scientists' warning of a climate emergency*, BioScience, Vol. 70, No. 1, 2020.
356. Rockström J., et al., *Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity*, Ecology and Society, Vol. 14, No. 2, 2009.
357. Rodriguez-Fernandez L., Carvajal A. B. F., de Tejada V. F., *Improving the Concept of Energy Security in an Energy Transition Environment: Application to the Gas Sector in the European Union*, The Extractive Industries and Society, Vol. 9, 2022.
358. Rokicka E., Woźniak W., *W kierunku zrównoważonego rozwoju. Koncepcje, interpretacje, konteksty*, Katedra Socjologii Ogólnej, Wydział Ekonomiczno-Socjologiczny, Uniwersytet Łódzki, Łódź, 2016.
359. Røpke I., *The Early History of Modern Ecological Economics*, Ecological Economics, Vol. 50, Issue 3-4, 2004.
360. Rövekamp P., Schöpf M., Wagon F., Weibelzahl M., Fridgen G., *Renewable electricity business models in a post feed-in tariff era*, Energy, Vol. 216, 2021.
361. Rozghon O., Podrez-Riapolova I., *Parties of the "Horizon 2020 and "Horizon Europe Programs as Participants in the Innovation Process*, L. & Innovative Soc'y, No. 2, 2022.
362. Runowski H., *Rozwój zrównoważony rolnictwa i gospodarstw rolniczych*, [w:] *Wież i rolnictwo - perspektywy rozwoju*, Warszawa, 2002.

363. Russell-Bennett R. et al., *SDG editorial: improving life on planet earth-a call to action for service research to achieve the sustainable development goals (SDGs)*, Journal of Services Marketing, Vol. 38, Issue 2, 2024.
364. Rutkowska, M., Pol, M., *The efficiency calculation and selection of the optimal energy carrier in the aspect of sustainable development*, Economics and Environment, Vol. 91, No 4, 2024.
365. Ryszawska B., *Zielona gospodarka-teoretyczne podstawy koncepcji i pomiar jej wdrażania w Unii Europejskiej*, Monografie i Opracowania Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, Nr 247, 2013
366. Saavedra García M. L., *Business Sustainability and Financial Performance*, Cuadernos de Administración (Universidad del Valle), Vol. 38, No. 72, 2022.
367. Sadorsky P., *Wind energy for sustainable development: Driving factors and future outlook*, Journal of Cleaner Production, Vol. 289, 2021.
368. Sala O. E., Sax D., Leslie H., *Biodiversity consequences of increased biofuel production*, Cornell University, 2009.
369. Salimi M., Hosseinpour M., Borhani T., *Analysis of solar energy development strategies for a successful energy transition in the UAE*, Processes, Vol. 10, Issue 7, 2022.
370. Satterthwaite D., *Sustainable cities or cities that contribute to sustainable development?*, [in:] Satterthwaite D. (ed.) *The Earthscan reader in sustainable cities*, Routledge, 2021.
371. Savović S., Domanović V., Jovković B., *Effects of Acquisitions on Financial and ESG Performance: Analysis of Siemens Mobility's Financial and Sustainability Reports*, [in:] *International Scientific Conference Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management*, 2024.
372. Savović S., Domanović V., Jovković B., *Effects of Acquisitions on Financial and ESG Performance: Analysis of Siemens Mobility's Financial and Sustainability Reports*, [in:] *Proceedings of the International Scientific Conference Strategic Management and Decision Support Systems in Strategic Management*, 2024.
373. Sayed E. T., Wilberforce T., Elsaid K., Rabaia M. K. H., Abdelkareem M. A., Chae K. J., Olabi A. G., *A critical review on environmental impacts of renewable energy systems and mitigation strategies: Wind, hydro, biomass and geothermal*, Science of the total environment, Vol. 766, 2021.
374. Schell J. M., Endreny P. L., Koren K. M., *Private equity funds: Business structure and operations*, Law Journal Press, 2024.
375. Schill W. P., *Electricity Storage and the Renewable Energy Transition*, Joule, Vol. 4, Issue 10, 2020.
376. Schleussner C. F., Ganti G., Rogelj J., Gidden M. J., *An emission pathway classification reflecting the Paris Agreement climate objectives*, Communications Earth & Environment, Vol. 3, 2022.
377. Scorza F., Santopietro L., *A systemic perspective for the Sustainable Energy and Climate Action Plan (SECAP)*, European Planning Studies, Vol. 32, Issue 2, 2024.

378. Searle S., *Alternative transport fuels elements of the European Union's "Fit for 55" package*, ICCT Policy Update, 2021.
379. Segura E., Belmonte L. M., Morales R., Somolinos J. A., *A Strategic Analysis of Photovoltaic Energy Projects: The Case Study of Spain*, Sustainability, Vol. 15, No. 16, 2023.
380. Sellimi M., Goretzko D., *Introduction to exploratory factor analysis: An applied approach*, Cambridge University Press, 2023.
381. Serrano D., Margalida A., Pérez-García J. M., Juste J., Traba J., Valera F., Donázar J. A., *Renewables in Spain Threaten Biodiversity*, Science, Vol. 370, Issue 6522, 2020.
382. Seyfried S., Nagel L., Weigold M., *Empirical Investigation of Climate Neutrality Strategies of Companies in Industrial Production*, [in:] *Global Conference on Sustainable Manufacturing*, 2022, Springer International Publishing, Cham.
383. Shao M., Han Z., Sun J., Xiao C., Zhang S., Zhao Y., *A review of multi-criteria decision-making applications for renewable energy site selection*, Renewable Energy, Vol. 157, 2020.
384. Shaqsi A. Z. A., Sopian K., Al-Hinai A., *Review of Energy Storage Services, Applications, Limitations, and Benefits*, Energy Reports, Vol. 6, 2020.
385. Shaukat M. B., Latif K. F., Sajjad A., Eweje G., *Revisiting the Relationship Between Sustainable Project Management and Project Success: The Moderating Role of Stakeholder Engagement and Team Building*, Sustainable Development, Vol. 30, Issue 1, 2022.
386. Shoaib M., Siddiqui I., Rehman S., Khan S., Alhems L. M., *Assessment of wind energy potential using wind energy conversion system*, Journal of cleaner production, Vol. 216, 2019.
387. Sierra L. A., Yepes V., Pellicer E., *A review of multi-criteria assessment of the social sustainability of infrastructures*, Journal of Cleaner Production, Vol. 187, 2018.
388. Sijtsma K., Pfadt J. M., *Part II: On the use, the misuse, and the very limited usefulness of Cronbach's alpha: Discussing lower bounds and correlated errors*, Psychometrika, Vol. 86, Issue 4, 2021.
389. Sikora A., *European Green Deal-legal and financial challenges of the climate change*. ERA Forum, Vol. 21, No. 4, 2021.
390. Sindhu R., Binod P., Pandey A., Ankaram S., Duan Y., Awasthi M. K., *Biofuel production from biomass: toward sustainable development*, [in:] Kumar S., Kumar R., Pandey A. (ed.) *Current developments in biotechnology and bioengineering. Waste Treatment Processes for Energy Generation*, 2019.
391. Singh K. et al. *India's Renewable Energy Research and Policies to Phase Down Coal: Success After Paris Agreement and Possibilities Post-Glasgow Climate Pact*, Biomass and Bioenergy, Vol. 177, 2023.
392. Singh M., Tangirala S. K., Chaudhuri A., *Potential of CO<sub>2</sub> based geothermal energy extraction from hot sedimentary and dry rock reservoirs, and enabling*

- carbon geo-sequestration*, Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources, Vol. 6, No. 16, 2020.
393. Sinha P., Hoffman B., Sakers J., Althouse L., *Best Practices in Responsible Land Use for Improving Biodiversity at a Utility-Scale Solar Facility*, Case Studies in the Environment, 2018.
394. Sinsel S. R., Riemke R. L., Hoffmann V. H., *Challenges and solution technologies for the integration of variable renewable energy sources-a review*, Renewable Energy, Vol. 145, 2020.
395. Skoulikaris C., *Run-of-river small hydropower plants as hydro-resilience assets against climate change*, Sustainability, Vol. 13, Issue 24, 2021.
396. Smirnova E., Kot S., Kolpak E., Shestak V., *Governmental support and renewable energy production: A cross-country review*, Energy, Vol. 230, 2021.
397. Soltani M., Kashkooli F. M., Souri M., Rafiei B., Jabarifar M., Gharali K., Nathwani J. S., *Environmental, economic, and social impacts of geothermal energy systems*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 140, 2021.
398. Soltani M., Moradi Kashkooli F., Dehghani-Sanij A. R., Nokhosteen A., Ahmadi-Joughi A., Gharali K., Dusseault M. B., *A comprehensive review of geothermal energy evolution and development*, International Journal of Green Energy, Vol. 16, Issue 13, 2019.
399. Sosnowski T., Danilewicz W., *Strategie i mechanizmy budowania ładu społecznego*, Pedagogika Społeczna, Nr 4, 2018.
400. Stanley J., *Habitat III and the new urban agenda*, Planning News, Vol. 43, Issue 1, 2017.
401. Stanny M., Czarnecki A., *Zrównoważony rozwój obszarów wiejskich Zielonych Płuc Polski. Próba analizy empirycznej*, Warszawa, IRWiR PAN, 2011.
402. Starik M., Kanashiro P., *Advancing a multi-level sustainability management theory*, Sustainability, Emerald Publishing Limited, Vol. 4, 2020.
403. StatSoft, *STATISTICA PL, TOM III: Statystyki II praca zbiorowa*, StatSoft, Kraków 1997.
404. Steenkamp J. B. E., Maydeu-Olivares A., *Unrestricted factor analysis: A powerful alternative to confirmatory factor analysis*, Journal of the Academy of Marketing Science, Vol. 51, 2023.
405. Stern D. I., *Energy and economic growth*, Routledge handbook of Energy economics, 2019.
406. Stoms D. M., Dashiell S. L., Davis F. W., *Siting Solar Energy Development to Minimize Biological Impacts*. Renewable, Energy, Vol. 57, 2013.
407. Sun J., Jin H., Tsai F., Jakovljevic M., *A Global Assesment of Sustainable Development: Integrating Socioeconomic, Resource and Enviromental Dimensions*, Frontiers in Energy Research, Vol. 10, 2022.
408. Supe H., Abhishek A., Avtar R., *Assessment of the Solar Energy-Agriculture-Water Nexus in the Expanding Solar Energy Industry of India: An Initiative for Sustainable Resource Management*, Heliyon, Vol. 10, No. 1, 2024.

409. Surmann A., Chantrel S. P., Utz M., Kohrs R., Strüker J., *Empowering Consumers within Energy Communities to Acquire PV Assets Through Self-Consumption*. *Electricity*, Vol. 3, Issue 1, 2022.
410. Sürücü L., Yıkılmaz I., Maşlakçı A., *Exploratory factor analysis (EFA) in quantitative researches and practical considerations*, *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, Vol. 13, Issue 2, 2022.
411. Swain R. B., *A critical analysis of the sustainable development goals*, [in:] Filho W. L. (ed.), *Handbook of Sustainability Science and Research*, Springer, 2018.
412. Swain R. B., Karimu A., Gråd E. *Sustainable Development, Renewable Energy Transformation and Employment Impact in the EU*, *International Journal of Sustainable Development & World Ecology*, Vol. 29, Issue 8, 2022.
413. Szaruga E., Kłos-Adamkiewicz Z., Gozdek A., Załoga E., *Linkages between energy delivery and economic growth from the point of view of sustainable development and seaports*, *Energies*, Vol. 14, Issue 14, 2021.
414. Taghizadeh-Hesary F., Yoshino N., *Sustainable solutions for green financing and investment in renewable energy projects*. *Energies*, Vol. 13, Issue 4, 2020.
415. Taghizadeh-Hesary F., Yoshino N., *The way to induce private participation in green finance and investment*, *Finance Research Letters*, Vol. 31, 2019.
416. Takeshita T., Aki H., Kawajiri K., Ishida M. *Assessment of Utilization of Combined Heat and Power Systems to Provide Grid Flexibility Alongside Variable Renewable Energy Systems*, *Energy*, Vol. 214, 2021.
417. Tavani D., Zamparelli L., *Endogenous technical change in alternative theories of growth and distribution*, [in:] Veneziani R., Zamparelli L. (ed.) *Analytical Political Economy*, 2018.
418. Taylor J., Vithayathil J., Yim D., *Are corporate social responsibility (CSR) initiatives such as sustainable development and environmental policies value enhancing or window dressing?*, *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, Vol. 25, Issue 5, 2018.
419. Taylor M., *Energy subsidies: Evolution in the global energy transformation to 2050*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi, 2020.
420. ter Hofstede R., Driessen F. M. F., Elzinga P. J., van Koningsveld M., Schutter M., *Offshore Wind Farms Contribute to Epibenthic Biodiversity in the North Sea*, *Journal of Sea Research*, Vol. 185, 2022.
421. Thacker S., Adshead D., Fay M., Hallegatte S., Harvey M., Meller H., Hall J. W., *Infrastructure for sustainable development*, *Nature Sustainability*, Vol. 2, Issue 4, 2019.
422. Tilbury D., *Are we learning to change? Mapping global progress in education for sustainable development in the lead up to 'Rio Plus 20'*, *Global Environmental Research*, Vol. 14, Issue 2, 2011.
423. Tolliver C., Keeley A. R., Managi S., *Green bonds for the Paris agreement and sustainable development goals*, *Environmental Research Letters*, Vol. 14, No. 6, 2019.

424. Tomaszuk M., *Bezpośrednie stosowanie konstytucji RP jako wyraz zasady zrównoważonego rozwoju*, [w:] Staniszewski M., Kretka H. A. (red.), *Zrównoważony rozwój i europejski zielony ład*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2021.
425. Tomislav K., *The concept of sustainable development: From its beginning to the contemporary issues*, Zagreb International Review of Economics & Business, Vol. 21, No. 1, 2018.
426. Trommsdorff M. et al. *Combining Food and Energy Production: Design of an Agrivoltaic System Applied in Arable and Vegetable Farming in Germany*, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 140, 2021.
427. Trommsdorff M., Hopf M., Hörnle O., Berwind M., Schindele S., Wydra K. *Can Synergies in Agriculture Through an Integration of Solar Energy Reduce the Cost of Agrivoltaics? An Economic Analysis in Apple Farming*, Applied Energy, Vol. 350, 2023.
428. Tukhtamirzaevich M. A., *Principles of Formation of Ecological Education and Upbringing*, Pedagogue, Vol. 6, 2023.
429. Turner R. K., *Pluralism in an environmental economics: a survey of the sustainable economic development debate*, Journal of Agricultural Economics, Vol. 39, Issue 3, 1988.
430. Tursi A., *A review on biomass: importance, chemistry, classification, and conversion*, Biofuel Research Journal, Vol. 6, Issue 2, 2019.
431. UN, *Agenda 21: programme of action for sustainable development, Rio Declaration on Environment and Development, statement of forest principles: the final text of agreements negotiated by Governments at the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED)*, Rio de Janeiro, Brazil, 1992.
432. UN, *Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change*, Japan, 1997.
433. UN, Secretary-General, *United Nations Decade of Sustainable Energy for All: report of the Secretary-General*, United States of America, 2014.
434. Uralovich K. S. et al., *A Primary Factor in Sustainable Development and Environmental Sustainability is Environmental Education*, Caspian Journal of Environmental Sciences, Vol. 21, Issue 4, 2023.
435. Us Y., Pimonenko T., Lyulyov O., *Corporate Social Responsibility and Renewable Energy Development for the Green Brand within SDGs: A Meta-Analytic Review*, Energies, Vol. 16, Issue 5, 2023.
436. van Grieken M., Dower B. *Wind Turbines and Landscape*. [in:] Letcher T. M. (ed.), *Wind Energy Engineering*, Academic Press, 2023.
437. van Kamp I., van den Berg F. *Health Effects Related to Wind Turbine Sound: An Update*, International Journal of Environmental Research and Public Health, Vol. 18, Issue 17, 2021.

438. Veers P., Dykes K., Lantz E., Barth S., Bottasso C. L., Carlson O., Wiser R., *Grand challenges in the science of wind energy*, Science, Vol. 366, No. 6464, 2019.
439. Verdonk L., *Analysing the Location Choice of Solar Fields in the Netherlands*, Vrije Universiteit Amsterdam, 2023.
440. Vijay V., Kapoor R., Singh P., Hiloidhari M., Ghosh P., *Sustainable Utilization of Biomass Resources for Decentralized Energy Generation and Climate Change Mitigation: A Regional Case Study in India*, Environmental Research, Vol. 212, 2022.
441. Von Frantzius I., *World Summit on Sustainable Development Johannesburg 2002: A critical analysis and assessment of the outcomes*, Environmental Politics, Vol. 13, Issue 2, 2004.
442. Waliszewski K. (red.), *Spoleczna odpowiedzialność biznesu jako instrument budowania reputacji i zaufania do instytucji finansowych*, CeDeWu, Warszawa, 2020.
443. Wang C. N., Tsai T. T., Huang Y. F., *A model for optimizing location selection for biomass energy power plants*, Processes, Vol. 7, Issue 6, 2019.
444. Wang S., Lin X., Xiao H., Bu N., Li Y., *Empirical study on human capital, economic growth and sustainable development: taking Shandong province as an example*, Sustainability, Vol. 14, Issue 12, 2022.
445. Wang S., Wang S., Liu J. *Life-Cycle Greenhouse Gas Emissions of Onshore and Offshore Wind Turbines*, Journal of Cleaner Production, Vol. 210, 2019.
446. Wang W. H., Moreno-Casas V., Huerta de Soto J., *A Free-Market Environmentalist Transition Toward Renewable Energy: The Cases of Germany, Denmark, and the United Kingdom*, Energies, Vol. 14, Issue 15, 2021.
447. Watkins M. W., *Exploratory Factor Analysis: A Guide to Best Practice*, Journal of Black Psychology, Vol. 44, Issue 3, 2018.
448. Watson J. C., *Establishing Evidence for Internal Structure Using Exploratory Factor Analysis*, Measurement and Evaluation in Counseling and Development, Vol. 50, Issue 4, 2017.
449. Watts N., Amann M., Arnell N., Ayeb-Karlsson S., Beagley J., Belesova K., Costello A., *The 2020 report of The Lancet Countdown on health and climate change: responding to converging crises*, The Lancet, Vol. 397, Issue 10269, 2021.
450. Weiskopf S. R., Rubenstein M. A., Crozier L. G., Gaichas S., Griffis R., Halofsky J. E., Whyte K. P., *Climate change effects on biodiversity, ecosystems, ecosystem services, and natural resource management in the United States*, Science of the Total Environment, Vol. 733, 2020.
451. Wekesa J., *Impact of CSR (Corporate Social Responsibility) on Consumer Behavior*, International Journal of Marketing Strategies, Vol. 6, Issue 2, 2024.
452. Werner S., *District Heating and Cooling in Sweden*, Energy, Vol. 126, 2017.
453. Widaman K. F., Helm J. L., *Exploratory factor analysis and confirmatory factor analysis*, [in:] Cooper H., Coutanche M. N., McMullen L. M., Panter

- A. T., Rindskopf D., Sher K. J. (ed.), *APA handbook of research methods in psychology: Data analysis and research publication*, American Psychological Association, 2023.
454. Wolak-Tuzimek A. B., Duda J., *The Concept of Corporate Social Responsibility as a Source of an Enterprise's Competitive Advantage*, [in:] Bukowski S. I., Hyz A., Lament M. B. (ed.) *Competitiveness and Economic Development in Europe*, Routledge, 2021.
455. Wolak-Tuzimek A., *Identification of the main components of the competitive potential of enterprises operating in crisis conditions*, *Organization and Management*, No. 158, 2022.
456. Wolf S., Teitge J., Mielke J., Schütze F., Jaeger C., *The European Green Deal- more than climate neutrality*. *Intereconomics*, Vol. 56, 2021.
457. Wood D. J., *Corporate social performance revisited*, *Academy of Management Review*, Vol. 16, No. 4, 1991.
458. Wu J., Xiao J., Hou J., Lyu X., *Development Potential Assessment for Wind and Photovoltaic Power Energy Resources in the Main Desert-Gobi-Wilderness Areas of China*. *Energies*, Vol. 16, No. 12, 2023.
459. Wyżnikiewicz B., *Produkt Krajowy Brutto jako przedmiot krytyki*, *Wiadomości Statystyczne*, Nr 3, 2017.
460. Yadav I. C., Devi N. L., *Biomass burning, regional air quality, and climate change*, *Encyclopedia of Environmental Health*, Vol. 2, 2019.
461. Yadav S. K. et al., *Environmental Education for Sustainable Development*, [in:] *Natural Resources Conservation and Advances for Sustainability*, Elsevier, 2022.
462. Yan X., Lin H., Clarke A., *Cross-sector social partnerships for social change: The roles of non-governmental organizations*, *Sustainability*, Vol. 10, Issue 2, 2018.
463. Yang J., Fang L., Song D., Su M., Yang X., Huang L., Joo Y. H., *Review of control strategy of large horizontal-axis wind turbines yaw system*, *Wind Energy*, Vol. 24, Issue 2, 2021.
464. Yang X., He L., Xia Y., Chen Y., *Effect of government subsidies on renewable energy investments: The threshold effect*, *Energy Policy*, Vol. 132, 2019.
465. Yolcan O. O., *World Energy Outlook and State of Renewable Energy: 10-Year Evaluation*, *Innovation and Green Development*, Vol. 2, No. 4, 2023.
466. Yong J. Y., Yusliza M. Y., Ramayah T., Fawehinmi O., *Nexus between green intellectual capital and green human resource management*, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 215, 2019.
467. Yu J., Tang Y. M., Chau K. Y., Nazar R., Ali S., Iqbal W., *Role of Solar-Based Renewable Energy in Mitigating CO2 Emissions: Evidence from Quantile-on-Quantile Estimation*, *Renewable Energy*, Vol. 182, 2022.
468. Zabłocki G., *Rozwój zrównoważony - idee, efekty, kontrowersje*, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Toruń, 2002.

469. Zafar M. W., Shahbaz M., Sinha A., Sengupta T., Qin Q., *How renewable energy consumption contribute to environmental quality? The role of education in OECD countries*, Journal of Cleaner Production, Vol. 268, 2020.
470. Zaghdoudi T. et al., *Asymmetric Connectedness Between Oil Price, Coal and Renewable Energy Consumption in China: Evidence from Fourier NARDL Approach*, Energy, Vol. 285, 2023.
471. Zeitoun O., Orfi J., Khan S. U. D., Al-Ansary H., *Desalinated Water Costs from Steam, Combined, and Nuclear Cogeneration Plants Using Power and Heat Allocation Methods*, Energies, Vol. 16, No. 6, 2023.
472. Zhang Q., Zheng Y., Tong D., Shao M., Wang S., Zhang X., He K. *Drivers of Improved PM2.5 Air Quality in China from 2013 to 2017*, Proceedings of the National Academy of Sciences, Vol. 116, No. 49, 2020.
473. Zhang Z., Zhang G., Su B., *The Spatial Impacts of Air Pollution and Socio-Economic Status on Public Health: Empirical Evidence from China*, Socio-Economic Planning Sciences, Vol. 83, 2022.

## Netografia

1. Fund S., *Sustainable development goals*, <https://www.un.org/sustainabledevelopment/inequality> 2015, [dostęp 28.03.2024].
2. [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets\\_en?prefLang=pl](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/what-eu-ets_en?prefLang=pl) [dostęp: 01.06.2023]
3. [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/social-climate-fund\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/social-climate-fund_en) [dostęp: 01.06.2024]
4. [https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/just-transition-fund\\_en](https://commission.europa.eu/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/just-transition-fund_en) [dostęp: 01.06.2024]
5. [https://ec.europa.eu/regional\\_policy/funding/cohesion-fund\\_en](https://ec.europa.eu/regional_policy/funding/cohesion-fund_en) [dostęp: 01.06.2024]
6. <https://eit.europa.eu/our-communities/eit-innoenergy> [dostęp: 01.06.2024]
7. <https://eur-lex.europa.eu/PL/legal-content/summary/carbon-dioxide-capture-and-storage.html> [dostęp: 01.06.2024]
8. [https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-investment-bank-eib\\_en](https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-investment-bank-eib_en) [dostęp: 01.06.2024]
9. [https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-institute-innovation-and-technology-eit\\_en](https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/institutions-and-bodies/search-all-eu-institutions-and-bodies/european-institute-innovation-and-technology-eit_en) [dostęp: 01.06.2024]
10. [https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe\\_en](https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en) [dostęp: 01.06.2024]
11. [https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism\\_en](https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en) [dostęp: 01.06.2024]
12. <https://vorecol.com/blogs/blog-how-are-consumer-preferences-shifting-towards-sustainable-products-and-what-does-this-mean-for-brands-154328> [dostęp 15.11.2024 r.]
13. <https://www.europarl.europa.eu/factsheets/en/sheet/95/europaischer-fonds-fur-regionale-entwicklung-efre-> [dostęp: 01.06.2024]
14. <https://www.ifc.org/en/where-we-work/europe> [dostęp: 01.06.2024]

15. <https://www.naukowiec.org/dobor.html> [dostęp:31.07.2024]
16. <https://www.projektgamma.pl/wp-content/uploads/pdf/Wykaz-PKD-dla-Smart-Specialisation-i-OZE.pdf> [dostęp:31.07.2024]
17. <https://www.unep.org/about-un-environment/funding-and-partnerships/green-climate-fund> [dostęp: 01.06.2024]
18. Ministerstwo Klimatu i Środowiska, *Krajowy Plan w dziedzinie Energii i Klimatu do 2030 r.*, Warszawa, 2024, [https://commission.europa.eu/document/download/5118b15e-d380-49ae-b8bb-41cc81a28e15\\_pl?filename=PL\\_NECUpdate\\_Projekt\\_aKPEiK\\_tekst\\_ostateczny.pdf](https://commission.europa.eu/document/download/5118b15e-d380-49ae-b8bb-41cc81a28e15_pl?filename=PL_NECUpdate_Projekt_aKPEiK_tekst_ostateczny.pdf) [dostęp: 01.06.2024]

### Spis aktów prawnych

1. Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r., tj. *Dz.U. 1997 nr 78 poz. 483*.
2. Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources, *PE/48/2018/REV/1, OJ L 328, 21.12.2018*.
3. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy, *OJ L 327, 22.12.2000*.
4. Directive 2001/77/EC of the European Parliament and of the Council of 27 September 2001 on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market; *OJ L 283, 27.10.2001*.
5. Directive 2003/30/EC of the European Parliament and of the Council of 8 May 2003 on the promotion of the use of biofuels or other renewable fuels for transport; *OJ L 123, 17.5.2003*.
6. Directive 2003/87/EC of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 establishing a scheme for greenhouse gas emission allowance trading within the Community and amending Council Directive 96/61/EC, *OJ L 275, 25.10.2003*.
7. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) (Text with EEA relevance), *OJ L 164, 25.6.2008*.
8. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives, *OJ L 312, 22.11.2008*.
9. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC, *OJ L 140, 5.6.2009*.
10. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC; *OJ L 140, 5.6.2009*.

11. Directive 2010/75/EU of the European Parliament and of the Council of 24 November 2010 on industrial emissions (integrated pollution prevention and control), *OJ L 334, 17.12.2010*.
12. Directive 2011/92/EU of the European Parliament and of the Council of 13 December 2011 on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment (codification), *OJ L 26, 28.1.2012*.
13. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, *OJ L 315, 14.11.2012*.
14. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, *OJ L 315, 14.11.2012*.
15. Directive 2014/52/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 amending Directive 2011/92/EU on the assessment of the effects of certain public and private projects on the environment, *OJ L 124, 25.4.2014*.
16. Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC (Text with EEA relevance)Text with EEA relevance, *OJ L 396, 30.12.2006*.
17. Regulation (EU) 2019/943 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the internal market for electricity, PE/9/2019/REV/1, *OJ L 158, 14.6.2019*.
18. Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999, PE/27/2021/REV/1, *OJ L 243, 9.7.2021*.
19. Communication from the commission to the european parliament, the european council, the council, the european economic and social committee and the committee of the regions. The European Green Deal, *COM/2019/640 final*
20. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions 'Fit for 55': delivering the EU's 2030 Climate Target on the way to climate neutrality, *COM/2021/550 final*
21. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora, *OJ L 206, 22.7.1992*.
22. Single European Act, *OJ L 169, 29.6.1987, 2024*.

23. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. - Prawo energetyczne, tj. *Dz.U. 2024 poz. 266 z późn. zm.*
24. Ustawa z dnia 13 czerwca 2013 r. o gospodarce opakowaniami i odpadami opakowaniowymi, tj. *Dz.U. 2025 poz. 870 z późn. zm.*
25. Ustawa z dnia 13 lipca 2023 r. o zmianie ustawy o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2023 poz. 1890 z późn. zm.*
26. Ustawa z dnia 13 stycznia 2022 r. o zmianie ustawy - Prawo wodne oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2022 poz. 258 z późn. zm.*
27. Ustawa z dnia 14 kwietnia 2023 r. o zmianie ustawy o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o opłacie produktowej oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2023 poz. 877 z późn. zm.*
28. Ustawa z dnia 15 kwietnia 2021 r. o zmianie ustawy o systemie handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2021 poz. 1047 z późn. zm.*
29. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o ochronie przyrody, tj. *Dz.U. 2024 poz. 1478 z późn. zm.*
30. Ustawa z dnia 2 grudnia 2021 r. o zmianie ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2021 poz. 2269 z późn. zm.*
31. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii, tj. *Dz.U. 2024 poz. 1361 z późn. zm.*
32. Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej, tj. *Dz.U. 2025 poz. 711 z późn. zm.*
33. Ustawa z dnia 20 maja 2016 r. o efektywności energetycznej, tj. *Dz.U. 2025 poz. 711 z późn. zm.*
34. Ustawa z dnia 22 lipca 2022 r. o zmianie niektórych ustaw w celu przeciwdziałania przestępczości środowiskowej, tj. *Dz.U. 2022 poz. 1726 z późn. zm.*
35. Ustawa z dnia 24 czerwca 2021 r. o zmianie ustawy o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko, tj. *Dz.U. 2021 poz. 1211 z późn. zm.*
36. Ustawa z dnia 25 sierpnia 2006 r. o biokomponentach i biopaliwach ciekłych, tj. *Dz.U. 2025 poz. 901 z późn. zm.*
37. Ustawa z dnia 25 stycznia 2013 r. o zmianie ustawy o utrzymaniu czystości i porządku w gminach, tj. *Dz.U. 2013 poz. 228 z późn. zm.*
38. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska, tj. *Dz.U. 2025 poz. 647 z późn. zm.*
39. Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o zmianie ustawy o ochronie i kształtowaniu środowiska oraz o zmianie niektórych ustaw, tj. *Dz.U. 1997 nr 133 poz. 885.*

40. Ustawa z dnia 3 lutego 1995 r. o ochronie gruntów rolnych i leśnych, tj. *Dz.U. 2024 poz. 82 z późn. zm.*
41. Ustawa z dnia 31 stycznia 1980 r. o ochronie i kształtowaniu środowiska, tj. *Dz.U. 1994 nr 49 poz. 196.*
42. Ustawa z dnia 7 lipca 2022 r. o zmianie ustawy - Prawo ochrony środowiska oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2022 poz. 1576 z późn. zm.*
43. Ustawa z dnia 9 czerwca 2022 r. o zmianie ustawy - Prawo geologiczne i górnicze oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2022 poz. 1504 z późn. zm.*
44. Ustawa z dnia 9 marca 2023 r. o zmianie ustawy o inwestycjach w zakresie elektrowni wiatrowych oraz niektórych innych ustaw, tj. *Dz.U. 2023 poz. 553 z późn. zm.*
45. Rozporządzenie Ministra Funduszy i Polityki Regionalnej z dnia 7 listopada 2023 r. w sprawie udzielania pomocy inwestycyjnej na remediację szkód wyrządzonych środowisku, rekultywację zdegradowanych siedlisk przyrodniczych i ekosystemów, ochronę lub odbudowę bioróżnorodności lub ekosystemów oraz wdrażanie rozwiązań opartych na zasobach przyrody w celu łagodzenia zmiany klimatu i przystosowywania się do niej w ramach regionalnych programów na lata 2021-2027, *Dz.U. 2023 poz. 2451.*
46. Rozporządzenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 15 lutego 2024 r. w sprawie szczegółowych warunków udzielania przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej horyzontalnej pomocy publicznej na inwestycje służące redukcji emisji zanieczyszczeń, inwestycje w ekologiczne pojazdy, inwestycje wspierające efektywność energetyczną, inwestycje dotyczące naprawy szkód wyrządzonych środowisku, ochrony przyrody oraz łagodzenia zmian klimatu, inwestycje w efektywne gospodarowanie zasobami, inwestycje w infrastrukturę energetyczną oraz na badania i usługi doradcze dotyczące ochrony środowiska i kwestii energetycznych, tj. *Dz.U. 2024 poz. 198.*

## Spis tabel

Tabela 1. Wybrane definicje zrównoważonego rozwoju.....	23
Tabela 2. Zestawienie stopnia realizacji przyjętych założeń i prognoz do 2030 roku w zakresie osiągnięcia celów polityki UE .....	53
Tabela 3. Wybrane definicje CSR oraz ESG .....	63
Tabela 4. Analiza założeń ekonomii neoklasycznej z koncepcją ekonomii zrównoważonego rozwoju w wybranych aspektach.....	70
Tabela 5. Zestawienie ocen za rok 2020 i perspektyw na lata 2030 oraz 2050 dotyczących realizacji celów polityki UE .....	116
Tabela 6. Procedura badawcza .....	162
Tabela 7. Zmienne środowiskowe, gospodarcze i społeczne w zakresie wykorzystania odnawialnych źródeł energii. ....	169
Tabela 8. Struktura próby ze względu na wielkość przedsiębiorstwa.....	177
Tabela 9. Struktura próby ze względu na rodzaj działalności. ....	177
Tabela 10. Struktura próby ze względu na lokalizację przedsiębiorstwa.....	177
Tabela 11. Struktura próby ze względu na formę organizacyjno-prawną przedsiębiorstwa. ....	178
Tabela 12. Struktura próby ze względu na czas funkcjonowania przedsiębiorstwa na rynku. ....	179
Tabela 13. Statystyki opisowe zmiennych obserwowalnych z zakresu aspektów środowiskowych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw województwa pomorskiego .....	181
Tabela 14. Macierz wartości własnych dla czynników aspektów środowiskowych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw.....	201
Tabela 15. Macierz ładunków czynnikowych dla aspektów środowiskowych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw.....	202
Tabela 16. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika pierwszego: Racjonalne wykorzystanie zasobów .....	207
Tabela 17. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika drugiego: Ochrona środowiska .....	207
Tabela 18. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika trzeciego: Ograniczenie negatywnego wpływu człowieka.....	208
Tabela 19. Statystyki opisowe zmiennych obserwowalnych z zakresu aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw .....	210
Tabela 20. Macierz wartości własnych dla czynników aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju .....	228
Tabela 21. Macierz ładunków czynnikowych dla aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw.....	228
Tabela 22. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika pierwszego: Społeczna odpowiedzialność .....	231
Tabela 23. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika drugiego: Świadomość ekologiczna .....	232

Tabela 24. Statystyki opisowe zmiennych obserwowalnych z zakresu aspektów gospodarczych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw .....	234
Tabela 25. Macierz wartości własnych dla czynników aspektów gospodarczych zrównoważonego rozwoju.....	253
Tabela 26. Macierz ładunków czynnikowych dla aspektów gospodarczych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw .....	254
Tabela 27. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika pierwszego: Korzyści ekonomiczne.....	257
Tabela 28. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika drugiego: Pozycja konkurencyjna .....	257
Tabela 29. Wskaźniki rzetelności skali pomiarowej dla czynnika trzeciego: Wartość rynkowa .....	258

## Spis rysunków

Rysunek 1. Diagram współzależności czynników determinujących rozwój w perspektywie ekonomii zrównoważonego rozwoju i podejścia neoklasycznego. ....	73
Rysunek 2. Schemat procesu badawczego .....	160
Rysunek 3. Rozkłady zmiennych obserwowalnych dla aspektów środowiskowych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw.....	189
Rysunek 4. Wykres osypiska wartości własnych dla czynników środowiskowych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw .....	200
Rysunek 5. Czynnikowy model oceny wykorzystania OZE w aspekcie środowiskowym .....	204
Rysunek 6. Rozkłady zmiennych obserwowalnych dla aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw .....	217
Rysunek 7. Wykres osypiska wartości własnych dla czynników aspektów społecznych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw .....	227
Rysunek 8. Czynnikowy model oceny wykorzystania OZE w aspekcie społecznym ..	230
Rysunek 9. Rozkłady zmiennych obserwowalnych dla aspektów gospodarczych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw .....	242
Rysunek 10. Wykres osypiska wartości własnych dla czynników aspektów gospodarczych zrównoważonego rozwoju przedsiębiorstw .....	252
Rysunek 11. Czynnikowy model aspektów gospodarczych zrównoważonego rozwoju .....	256

## Załącznik

### Kwestionariusz ankiety

Szanowni Państwo,

zwracam się z uprzejmą prośbą o wypełnienie kwestionariusza przygotowanego w ramach badań prowadzonych na potrzeby rozprawy doktorskiej. Celem badania jest analiza wpływu wdrażania odnawialnych źródeł energii (OZE) na funkcjonowanie przedsiębiorstw w regionie województwa pomorskiego w zakresie trzech obszarów zrównoważonego rozwoju: środowiskowego, gospodarczego oraz społecznego.

Kwestionariusz obejmuje łącznie 66 pytań. Pierwsza część (6 pytań metryczkowych) dotyczy podstawowych informacji o przedsiębiorstwie, takich jak wielkość, forma prawna, lokalizacja czy czas funkcjonowania na rynku. Druga część zawiera 60 pytań o charakterze zagadnień merytorycznych, pogrupowanych zgodnie ze wspomnianymi powyżej aspektami. Odpowiedzi udzielane są w oparciu o siedmiostopniową skalę Likerta (z wyłączeniem części metryczkowej).

Wypełnienie ankiety ma charakter anonimowy, a uzyskane dane zostaną poddane analizie statystycznej i wykorzystane wyłącznie do celów naukowych. Żadne z pytań nie umożliwia identyfikacji respondentów.

Z góry dziękuję za pomoc

L.P.	Pytanie
<b>Pytania metryczkowe</b>	
1.	<b>Proszę określić wielkość przedsiębiorstwa, które Państwo reprezentują:</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Mikroprzedsiębiorstwo</li><li><input type="checkbox"/> Małe przedsiębiorstwo</li><li><input type="checkbox"/> Średnie przedsiębiorstwo</li><li><input type="checkbox"/> Duże przedsiębiorstwo</li></ul>
2.	<b>Proszę wskazać dominujący rodzaj prowadzonej działalności gospodarczej:</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Produkcyjna</li><li><input type="checkbox"/> Usługowa</li><li><input type="checkbox"/> Handlowa</li></ul>
3.	<b>Proszę określić lokalizację przedsiębiorstwa pod względem wielkości miejscowości:</b> <ul style="list-style-type: none"><li><input type="checkbox"/> Obszar wiejski</li><li><input type="checkbox"/> Miasto poniżej 100 tys. mieszkańców</li><li><input type="checkbox"/> Miasto 100-500 tys. mieszkańców</li><li><input type="checkbox"/> Miasto powyżej 500 tys. mieszkańców</li></ul>

<b>4.</b>	<b>Proszę wskazać formę organizacyjno-prawną prowadzonej działalności gospodarczej:</b>						
	<input type="checkbox"/> Jednoosobowa działalność gospodarcza <input type="checkbox"/> Spółka cywilna <input type="checkbox"/> Spółka jawna <input type="checkbox"/> Spółka partnerska <input type="checkbox"/> Spółka z o.o. <input type="checkbox"/> Spółka akcyjna						
<b>5.</b>	<b>Proszę określić czas funkcjonowania przedsiębiorstwa na rynku:</b>						
	<input type="checkbox"/> poniżej 2 lat <input type="checkbox"/> 2-5 lat <input type="checkbox"/> 6-10 lat <input type="checkbox"/> powyżej 10 lat						
<b>Zagadnienia merytoryczne</b>							
<b>Aspekty środowiskowe - Ocena w skali 1–7 (1 = marginalna, 7 = bardzo wysoka)</b>							
<b>1.</b>	<b>Jakie zmiany w ilości redukcji odpadów generowanych przez przedsiębiorstwo zaobserwował/a Pan/Pani po wdrożeniu OZE?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>2.</b>	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ instalacji OZE na bioróżnorodność w otoczeniu przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>3.</b>	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ wykorzystania OZE na poprawę jakości powietrza w otoczeniu Państwa przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>4.</b>	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE wpłynęło na rozwój lokalnych ekosystemów w otoczeniu Państwa przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>5.</b>	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ zajmowanej powierzchni gruntów przez instalacje OZE na efektywność działalności przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>6.</b>	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ wykorzystania OZE na poziom zanieczyszczenia gleby wokół zakładów przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>7.</b>	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ zastosowania odnawialnych źródeł energii (OZE) na redukcję emisji dwutlenku węgla w Państwa przedsiębiorstwie?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>8.</b>	<b>Ile drzew zostało posadzonych przez Państwa przedsiębiorstwo w ramach działań kompensacyjnych związanych z wdrożeniem OZE?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7

9.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE zmniejszyło zużycie energii pochodzącej z konwencjonalnych źródeł w Państwa przedsiębiorstwie?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
10.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE wpłynęło na redukcję całkowitego śladu węglowego Państwa przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
11.	<b>Ile nowych innowacji ekologicznych wprowadzono w Państwa przedsiębiorstwie w wyniku wdrożenia OZE?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
12.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE wpłynęło na zmniejszenie ilości materiałów opakowaniowych wykorzystywanych w Państwa przedsiębiorstwie?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
13.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE poprawiło efektywność energetyczną procesów produkcyjnych w Państwa przedsiębiorstwie?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
14.	<b>Jaki procent energii zużywanej w Państwa przedsiębiorstwie pochodzi z odzysku i jest ponownie wykorzystywany?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
15.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE przyczyniło się do zmniejszenia ilości zanieczyszczeń wprowadzanych do wód?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
16.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE wpłynęło na zmniejszenie zużycia surowców naturalnych w Państwa przedsiębiorstwie?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
17.	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ zastosowania OZE na efektywne wykorzystanie wody w procesach produkcyjnych?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
18.	<b>Jaki procent całkowitej energii zużywanej w Państwa przedsiębiorstwie pochodzi obecnie z OZE?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
19.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE wpłynęło na redukcję emisji gazów cieplarnianych na jednostkę produkcji w Państwa przedsiębiorstwie?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
20.	<b>Jak ocenia Pan/Pani poziom hałasu generowanego przez urządzenia OZE w porównaniu do tradycyjnych technologii energetycznych?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Aspekty gospodarcze - Ocena w skali 1–7 (1 = marginalna, 7 = bardzo wysoka)</b>							
1.	<b>W jakim stopniu Państwa przedsiębiorstwo skorzystało z ulg podatkowych i dotacji w związku z inwestycjami w OZE?</b>						

	1	2	3	4	5	6	7
2.	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ kosztów uzyskania certyfikatów ekologicznych na ogólne wydatki przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
3.	<b>W jakim stopniu ekologiczny wizerunek przedsiębiorstwa wynikający z wdrożenia OZE przyczynił się do poprawy jego pozycji rynkowej?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
4.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE wpłynęło na wartość rynkową Państwa przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
5.	<b>Czy wdrożenie OZE ułatwiło wejście na nowe rynki zbytu dzięki spełnieniu wymagań ekologicznych?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
6.	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ ekologicznego wizerunku przedsiębiorstwa na wzrost sprzedaży produktów lub usług?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
7.	<b>Czy oszczędności energetyczne wynikające z wdrożenia OZE wpłynęły na końcową cenę produktów oferowanych przez Państwa przedsiębiorstwo?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
8.	<b>Czy koszty szkolenia pracowników związane z obsługą instalacji OZE miały istotny wpływ na budżet przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
9.	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ wdrożenia OZE na redukcję kosztów związanych z karami za emisję gazów cieplarnianych?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
10.	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ działań proekologicznych, takich jak wdrożenie OZE, na relacje z inwestorami?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
11.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE zwiększyło podatność Państwa przedsiębiorstwa na wahania cen energii?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
12.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE zwiększyło zależność Państwa przedsiębiorstwa od zewnętrznych dostawców energii?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
13.	<b>Czy wdrożenie OZE przyczyniło się do zwiększenia liczby miejsc pracy w Państwa przedsiębiorstwie?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
14.	<b>Czy wdrożenie OZE wpłynęło na zmniejszenie importu energii i poprawę bilansu handlowego przedsiębiorstwa?</b>						

	1	2	3	4	5	6	7
15.	<b>Jak ocenia Pan/Pani poziom wydatków poniesionych na infrastrukturę OZE w stosunku do innych inwestycji realizowanych w przedsiębiorstwie?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
16.	<b>W jakim stopniu koszty eksploatacji i utrzymania instalacji OZE wpłynęły na ogólne wydatki operacyjne przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
17.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE przyczyniło się do zmniejszenia kosztów zakupu energii elektrycznej w Państwa firmie?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
18.	<b>Jak ocenia Pan/Pani okres zwrotu inwestycji w OZE w porównaniu do innych realizowanych projektów inwestycyjnych?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
19.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE wpłynęło na ogólne zmniejszenie kosztów operacyjnych w Państwa przedsiębiorstwie?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
20.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE przyczyniło się do wprowadzenia nowych technologii i procesów w Państwa przedsiębiorstwie?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
<b>Aspekty społeczne - Ocena w skali 1–7 (1 = bardzo nisko, 7 = bardzo wysoko)</b>							
1.	<b>W jakim stopniu Państwa firma promuje edukację społeczną na temat korzyści z odnawialnych źródeł energii?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
2.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE przyczyniło się do korzyści dla lokalnej społeczności, takich jak dostęp do nowych usług czy rozwój infrastruktury?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
3.	<b>Czy Państwa firma organizuje programy edukacyjne na temat ekologii i korzyści wynikających z OZE dla pracowników i społeczności lokalnej?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
4.	<b>W jakim stopniu Państwa firma skutecznie komunikuje swoje działania proekologiczne na rynku?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
5.	<b>Czy wdrożenie OZE stworzyło nowe możliwości edukacyjne i szkoleniowe dla pracowników Państwa firmy?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
6.	<b>W jakim stopniu Państwa firma angażuje się w lokalne projekty na rzecz ochrony środowiska?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7

7.	<b>Czy Państwa firma regularnie raportuje swoje działania proekologiczne do społeczności lokalnej lub innych interesariuszy?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
8.	<b>Czy wdrożenie OZE wpłynęło na poprawę warunków pracy oraz zmniejszenie ryzyka zdrowotnego pracowników?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
9.	<b>W jakim stopniu Państwa firma współpracuje z organizacjami pozarządowymi w celu realizacji działań proekologicznych?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
10.	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ wdrożenia OZE na zmniejszenie zanieczyszczenia i hałasu w otoczeniu przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
11.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE przyczyniło się do ochrony lokalnej fauny i flory w sąsiedztwie zakładów?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
12.	<b>Czy Państwa firma angażuje pracowników w programy wolontariackie związane z ochroną środowiska?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
13.	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ wdrożenia OZE na prestiż oraz pozytywny odbiór społeczny Państwa przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
14.	<b>Czy wdrożenie OZE zwiększyło aktywność społeczną Państwa firmy w ramach działań wspierających lokalne społeczności?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
15.	<b>Czy wdrożenie OZE wpłynęło na adaptację infrastruktury firmy do potrzeb społeczności lokalnej?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
16.	<b>Jak ocenia Pan/Pani wpływ wdrożenia OZE na zdrowie publiczne poprzez redukcję zanieczyszczeń w otoczeniu Państwa firmy?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
17.	<b>Czy wdrożenie OZE jest integralnym elementem strategii społecznej odpowiedzialności biznesu realizowanej przez Państwa firmę?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
18.	<b>Czy wdrożenie OZE przyczyniło się do wzrostu satysfakcji i zaangażowania pracowników w działalność firmy?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7
19.	<b>Czy wdrożenie OZE wpłynęło na wzrost zaufania klientów do Państwa przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7

20.	<b>W jakim stopniu wdrożenie OZE wpłynęło na budowanie pozytywnych relacji z kluczowymi interesariuszami Państwa przedsiębiorstwa?</b>						
	1	2	3	4	5	6	7