



REGION EUROPY
I AZJI ŚRODKOWEJ

POLSKA

Grupa Banku Światowego

KRAJOWY RAPORT KLIMATYCZNO- ROZWOJOWY

Listopad 2024

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized



WORLD BANK GROUP

THE WORLD BANK
IBRD - IDA

IFC International
Finance Corporation

MIGA Multilateral Investment
Guarantee Agency

KRAJOWY RAPORT KLIMATYCZNO-ROZWOJOWY: POLSKA

Listopad 2024

© 2024 The World Bank Group
1818 H Street NW, Washington, DC 20433
Telefon: 202-473-1000;
Internet: www.worldbank.org

Niniejsze opracowanie, będące dziełem pracowników Grupy Banku Światowego, powstało z udziałem podmiotów zewnętrznych. W skład Grupy Banku Światowego wchodzi następujące, prawnie wyodrębnione organizacje: Międzynarodowy Bank Odbudowy i Rozwoju (IBRD), Międzynarodowe Stowarzyszenie Rozwoju (IDA), Międzynarodowa Korporacja Finansowa (IFC) i Wielostronna Agencja Gwarancji Inwestycyjnych (MIGA).

Grupa Banku Światowego nie daje gwarancji co do ścisłości, wiarygodności ani kompletności informacji zawartych w niniejszym opracowaniu bądź też przedstawionych w nim wniosków lub opinii; nie ponosi również żadnej odpowiedzialności za ewentualne pominięcia lub błędy (w tym m.in. za błędy typograficzne i merytoryczne) w treści niniejszego opracowania ani za wynikające z nich konsekwencje. Granice, kolory, nazwy i inne informacje przedstawione na mapach w niniejszym opracowaniu nie są w żadnym razie wyrazem opinii Grupy Banku Światowego co do sytuacji prawnej jakiegokolwiek terytorium ani wyrazem poparcia lub akceptacji takich granic. Zawarte w niniejszym opracowaniu ustalenia, interpretacje i wnioski niekoniecznie odzwierciedlają stanowisko organizacji wchodzących w skład Grupy Banku Światowego, dyrektorów wykonawczych tych organizacji bądź reprezentowanych przez nich rządów.

Niniejsze opracowanie ma wyłącznie charakter informacyjny, a jego celem nie jest udzielenie porady dotyczącej prawa, papierów wartościowych czy inwestycji, wyrażenie opinii co do zasadności jakiegokolwiek inwestycji ani nakłonienie do podjęcia jakichkolwiek działań. Może się zdarzyć, że organizacje należące do Grupy Banku Światowego lub ich podmioty stowarzyszone inwestują w spółki lub podmioty wymienione w niniejszym opracowaniu, świadczą na ich rzecz usługi doradcze lub inne albo są w nie zaangażowane finansowo w innej formie.

Żaden zapis niniejszego opracowania nie stanowi ograniczenia ani zrzeczenia się przywilejów i immunitetów którejkolwiek z organizacji Grupy Banku Światowego ani nie może być za takowe uznany, jako że rzeczony przywileje i immunitety są jednoznacznie zagwarantowane.

Prawa autorskie

Zawarte w niniejszym opracowaniu materiały są chronione prawem autorskim. Zgodnie z realizowaną przez Grupę Banku Światowego misją szerzenia wiedzy, niniejsze opracowanie wolno powielać, w całości bądź w części, w celach niekomercyjnych, pod warunkiem pełnego uznania autorstwa, a także pod warunkiem, że uzyskano wszelkie dodatkowe zgody na takie wykorzystania (jak wskazano w niniejszym). Grupa Banku Światowego nie daje gwarancji, że treści zawarte w niniejszym opracowaniu nie naruszają praw osób trzecich, a także nie ponosi żadnej odpowiedzialności w tym zakresie. Wszelkie zapytania odnośnie do praw i licencji prosimy kierować pod adresem: World Bank Publications, The World Bank Group, 1818 H Street NW, Washington, DC20433, USA; e-mail: pubrights@worldbank.org

Spis treści

Podziękowania	vi
Akronimy i skróty	viii
Streszczenie	x
Rozdział 1. Zmiany klimatu a dobrobyt Polski	1
1.1 Jak zachować konkurencyjną gospodarkę i spójność społeczną w dobie dekarbonizacji	2
1.2 Przygotowanie gospodarki i społeczeństwa na konsekwencje zmian klimatu	6
Rozdział 2. Polityka i instytucje	11
2.1. Domykanie luk w polityce klimatycznej	12
2.2. Rola polityki i instytucji w mobilizacji sektora prywatnego	15
2.3 Instytucjonalne przeszkody dla reform i inwestycji związanych ze zmianami klimatu	18
Rozdział 3. Dekarbonizacja i odporność	23
3.1. Gospodarka o zerowych emisjach netto w perspektywie 2050 r.	24
3.1.1 Zerowe emisje netto w systemie energetycznym warunkiem zachowania konkurencyjności i wzrostu gospodarczego	24
3.1.2. Dekarbonizacja dostaw energii	25
3.1.3. Droga do zerowych emisji netto w transporcie, ogrzewaniu i przemyśle	33
3.1.4 Koszty i korzyści dekarbonizacji	38
3.1.5. Zmniejszanie wolumenu emisji i zwiększanie pojemności pochłaniaczy w leśnictwie i rolnictwie	39
3.2. Ochrona gospodarki i ludności przed ryzykiem klimatycznym	42
3.2.1. Zabezpieczenie perspektyw wzrostu rolnictwa	42
3.2.2. Bezpieczeństwo wodne ludności i podmiotów gospodarczych	46
Rozdział 4. Wzrost gospodarczy, finanse i spójność społeczna	51
4.1. Konkurencyjna gospodarka i sprawiedliwa transformacja	52
4.1.1. Korzyści dla wzrostu gospodarczego wynikające z pełnej dekarbonizacji.....	52
4.1.2. Wzmacnianie odporności i zapobieganie erozji korzyści z napędzanego szybszym tempem dekarbonizacji wzrostu PKB	58
4.2. Zabezpieczenie i przygotowanie ludności	59
4.2.1. Nierówno rozłożone skutki społeczne i zawodowe ZEN2050	59
4.2.2. Znaczenie osłon socjalnych, rozwoju umiejętności oraz mobilności siły roboczej w procesie transformacji	66
4.2.3. Wzmacnianie odporności społecznej	68
4.3. Finansowanie transformacji	69
4.3.1 Inwestycje sektora prywatnego i ich rola w zmniejszaniu luki finansowej	69
4.3.2. Podniesienie sektora prywatnego - finansowego i niefinansowego - na wyższy poziom	70
4.3.3. Optymalne wykorzystanie ograniczonych środków publicznych i instrumentów polityki fiskalnej	74
Rozdział 5. Zalecane działania i inwestycje na rzecz transformacji	77
Załącznik 1. Proces wyboru scenariuszy klimatycznych	92
Załącznik 2. Modelowanie i założenia makroekonomiczne	95
Załącznik 3. Modelowanie wstrząsów klimatycznych oraz działań dostosowawczych	98
Załącznik 4. Metodologia opracowanego w Banku Światowym modelu energetycznego dla Polski	106
Załącznik 5. Ocena wpływu dekarbonizacji na jakość powietrza atmosferycznego w Polsce	108
Załącznik 6. Inwestycje w obszarze łagodzenia i adaptacji w kolejnych dekadach	113
Przypisy końcowe	115
Piśmiennictwo	127

SPIS RYCIN

Rycina S1. Konwergencji średniego dochodu względem UE (po lewej) towarzyszy rosnące rozwarstwienie dochodów wewnątrz kraju	x
Rycina S2. Na tle innych krajów emisyjność polskiej gospodarki jest nadal wysoka.....	xi
Rycina S3. Upowszechnienie EO spycha węgiel do rekordowo niskiego poziomu	xi
Rycina S4. Polska droga do zerowych emisji netto wymaga zastąpienia węgla i gazu przez potrojenie udziału energii elektrycznej w strukturze zużycia końcowego.....	xii
Rycina S5. Realizacja ZEN2050 przyniesie istotne korzyści zdrowotne	xii
Rycina S6. Dotychczasowa polityka nie pozwoli osiągnąć celu UE na 2050 r.....	xiii
Rycina S7. Realizacja celu ZEN2050 wymaga odwrócenia trendu spadkowego pod względem pojemności pochłaniaczy w ekosystemach leśnych.	xiv
Rycina S8. Warunkiem ZEN jest szybkie ograniczenie emisji oraz zdecydowany wzrost pojemności pochłaniaczy	xvi
Rycina S9. Nasilenie skutków w skali lokalnej będzie zależeć od rodzaju upraw i zasięgu systemów nawadniających	xvii
Rycina S10. Szkody powodzienne nieproporcjonalnie mocno uderzają w grupy o niższych dochodach.....	xviii
Rycina S11. Pomimo poprawy sytuacji Polska nadal pozostaje w tyle pod względem efektywności wykorzystania wody (dol. na m ³).....	xviii
Rycina. S12. Inwestycje w odporność pomagają ograniczyć ubytek PKB wywołany wstrząsami klimatycznymi.....	xix
Rycina S13. Warunkiem pomyślnej transformacji jest uporanie się z lokalnymi skutkami odejścia od węgla	xxi
Rycina S14. Polska pozostaje w tyle za większością państw UE pod względem redukcji emisyjności eksportu ...	xxiii
Rycina S15. Potrzeby inwestycyjne do 2050 r. w wybranych podsektorach systemu energetycznego, z orientacyjną kategoryzacją w zależności od poziomu ryzyka i stopnia komercjalizacji w Polsce	xxvi
Rycina S16. Poziom publicznego zaangażowania w aktywa węglowe jest wysoki, ale ich znaczenie gospodarcze jest stosunkowo niewielkie	xxviii
Rycina 1.2. Polska już teraz powinna przekroczyć cele na 2030 rok, jeśli UE ma pozostać na wyznaczonej ścieżce dekarbonizacji	2
Rycina 1.1. Dochody kraju rosną, ale procesy konwergencji i spadku ubóstwa mogłyby postępować w szybszym tempie	2
Rycina 1.3. Przyczyną wysokiej emisyjności polskiej gospodarki w porównaniu do innych krajów UE jest udział węgla w krajowym koszyku energetycznym	3
Rycina 1.4. Szybki wzrost emisji w sektorze transportu	4
Rycina 1.5. Polski eksport zajmuje pierwsze miejsce w UE pod względem poziomu wbudowanych emisji.....	4
Rycina 1.6. Zdaniem pracodawców w Polsce występuje największy niedobór pracowników	5
Rycina 1.7. Zmiana średniej temperatury i opadów atmosferycznych w kolejnych dekadach względem linii bazowej (1995–2020).....	6
Rycina 1.8. Pomimo korzystnego położenia geograficznego Polska ma podobny profil ryzyka co kraje z grupy porównawczej.....	7
Rycina 1.9a. Wzrost temperatury nie jest obojętny dla miast i infrastruktury	8
Rycina 1.9b. Polskie miasta już teraz odczuwają niedobory wody	8
Rycina 1.10. Infrastruktura może ucierpieć na skutek temperatur i opadów wykraczających poza obecnie obowiązujące techniczne wymagania projektowe	8
Rycina 2.1. Obecna polityka nie prowadzi do realizacji celów UE.	12
Rycina 2.2. Zaledwie połowa przychodów z systemu ETS wspiera cele związane z transformacją	14
Rycina 2.3. Skrócone wyniki oceny kraju pod względem adaptacji i odporności	14
Rycina 2.4. Polacy rzadziej niż obywatele innych krajów UE podejmują działania mające przeciwdziałać zmianom klimatu	17
Rycina 2.5. Słabe punkty ładu zarządczego w kontekście transformacji	18
Rycina 2.6. Obszary do poprawy w polskich instytucjach odpowiedzialnych za politykę klimatyczną i ochronę środowiska	19
Rycina 3.1. Zarówno w scenariuszu BZ, jak i ZEN2050 większa część zysków z dekarbonizacji musi się zmaterializować do 2040 r.	24

Rycina 3.2. Realizacja celu ZEN2050 wymaga zdecydowanej transformacji systemu energetycznego	25
Rycina 3.3. Dla zeroemisyjnej przyszłości Polski decydujące jest zastąpienie węgla i gazu trzykrotnym wzrostem udziału energii elektrycznej w końcowym zużyciu energii	26
Rycina 3.4. Celu ZEN2050 nie da się osiągnąć bez rezygnacji z węgla do 2040 r.	27
Rycina 3.6. Zużycie gazu w scenariuszu BZ rośnie, a w scenariuszu ZEN2050 maleje.....	28
Rycina 3.5. Krajowy węgiel coraz mniej konkurencyjny w porównaniu do światowych rynków	28
Rycina 3.7. W scenariuszu ZEN2050 moc zainstalowana morskiej energetyki wiatrowej ma się podwoić.....	29
Rycina 3.8. W scenariuszu ZEN2050 następuje podwojenie generacji energii elektrycznej dzięki	30
Rycina 3.9. Ograniczenia w handlu energią elektryczną obniżają elastyczność systemu elektroenergetycznego i podnoszą koszty ponoszone przez konsumentów	32
Rycina 3.10. Znaczący spadek zapotrzebowania na energię, zwłaszcza w budynkach i transporcie, będzie sprzyjać trajektorii ZEN	33
Rycina 3.11. Zużycie energii w budynkach można zmniejszyć przez poprawę charakterystyki energetycznej z jednoczesnym wycofaniem węgla i biomasy, przy czym gaz pozostaje w użyciu tylko w scenariuszu BZ.....	34
Rycina 3.12. Scenariusz ZEN2050 przewiduje spadek zużycia energii oraz przejście na energię elektryczną i biopaliwa w sektorze transportu w wyniku zmiany technologicznej, ale w scenariuszu BZ ropa naftowa zachowuje dominującą pozycję	35
Rycina 3.13. Ograniczenie zużycia gazu w polskim przemyśle może być jeszcze trudniejszym zadaniem niż odejście od węgla	37
Rycina 3.14. Niskokosztowe rozwiązania CCS w branży cementowej mogą być konkurencyjne kosztowo przy cenie ETS powyżej 100 dol. za tonę.	37
Rycina 3.15. Zarówno w ramach obecnej polityki (scenariusz BZ), jak i w scenariuszu ZEN2050 szczyt potrzeb inwestycyjnych przypada na 2030 r. (mld dol.).....	39
Rycina 3.16. Suchsze i cieplejsze lato oznacza wielokrotnie większe ryzyko pożarów leśnych	41
Rycina 3.17. Inwestycje przeciwpożarowe na obszarach leśnych	41
Koszty działań przeciwpożarowych, faktyczne i prognozowane (od 2000 do 2050 r., w mln zł, nominalnie).....	41
Rycina 3.18. Polskie lasy są ważnym źródłem miejsc pracy	42
Rycina 3.19. Na tle ospałego wzrostu eksportu w sektorze rolnictwa w UE, Polska jest chlubnym wyjątkiem	43
Rycina 3.20. Susze są zagrożeniem dla produkcji żywności i bezpieczeństwa energetycznego kraju	44
Rycina 3.21. Wstrząsy produkcyjne w przypadku upraw bez sztucznego nawadniania (po lewej) i upraw sztucznie nawadnianych (po prawej) według rodzaju uprawianych roślin, 2041–2050.....	44
Rycina 3.22. Nasilenie skutków w skali lokalnej będzie zależeć od rodzaju upraw i zasięgu systemów nawadniających.....	45
Rycina 3.23. Siła wstrząsów dla produkcji będzie mniejsza dzięki działaniom dostosowawczym	46
Rycina 3.24. Efektywność wykorzystania wody, wyrażona kwotą wygenerowaną z każdego metra sześciennego wykorzystanej wody (w dol.) jest w Polsce trzy razy niższa od średniej UE	48
Rycina 3.25. Szkody powodziowe nieproporcjonalnie mocno uderzają w grupy o niższych dochodach	49
Rycina 3.26. Wraz z urbanizacją rośnie ryzyko powodziowe dla ludności i podmiotów gospodarczych	49
Rycina 3.27. Skutki wynikające z pośrednich oddziaływań na mobilność zdecydowanie przewyższają poziom bezpośredniego zagrożenia dla sieci drogowej	50
Rycina 4.2. Realizacja celu ZEN2050 pobudzi wzrost gospodarczy	52
Rycina 4.1. Pod względem emisyjności gospodarki Polska pozostaje w tyle za innymi państwami członkowskimi UE (po lewej), ale usunięcie wyzwań strukturalnych (4.1, po prawej) umożliwi dalszą konwergencję do średniej produktywności UE.	52
Rycina 4.3. Różnice w tempie wzrostu gospodarczego wynikają z dodatkowej akumulacji kapitału, wydajności i produktywności (dekompozycja typu Solowa) – te dodatkowe korzyści zwiększają potencjał produkcji	53
Rycina 4.4. Przeciętny polski zakład przemysłowy emituje prawie sześć razy więcej gazów cieplarnianych w przeliczeniu na jedno euro wartości dodanej niż podobne podmioty gospodarcze w krajach nadających ton polityce klimatycznej	54

Rycina 4.5. Wdrożenie technologii cyfrowych w Polsce może być dźwignią wzrostu produktywności	55
Rycina 4.6. Integracja polskiej gospodarki z globalnymi łańcuchami wartości oferuje możliwości, ale wiele zależy od tempa dekarbonizacji	55
Rycina 4.7. Możliwości sprowadzenia do Polski etapów produkcji wyodrębnionych dla pięciu technologii zerowych emisji netto (po lewej) i potencjał integracji z międzynarodowymi łańcuchami wartości w tych obszarach (po prawej).....	57
Rycina 4.8. Towarzysząca dekarbonizacji poprawa jakości powietrza może w perspektywie 2050 r. przynieść korzyści sięgające 3 proc. PKB	57
Rycina 4.10. Skutki wynikają głównie z ubytku wydajności pracy.....	59
Rycina 4.11. Inwestując w odporność możemy ograniczyć spowodowany wstrząsami klimatycznymi ubytek PKB	59
Rycina 4.12. Potencjał utrzymania i przyspieszenia tempa spadku ubóstwa na bardziej ambitnej przy ścieżce dekarbonizacji	60
Rycina 4.13. Pełna dekarbonizacja powoduje szybszą transformację sektorową	61
Rycina 4.14. Oczekuje się, że zmiany wzorców konsumpcji w ramach ZEN2050 będą konsekwencją zarówno sygnałów cenowych, jak i zmian technologicznych (wykres po prawej); w przypadku braku zmian w konsumpcji gospodarstwa domowe mogą doświadczyć co najmniej 10-12 proc. spadku siły nabywczej spowodowanego wzrostem cen energii i benzyny (wykres po lewej).....	62
Rycina 4.15. Najwięksi emitenci dwutlenku węgla mają ślad węglowy ponad dwukrotnie większy od mediany.....	63
Rycina 4.16. Uboższe gospodarstwa domowe częściej mieszkają w niedocieplonych budynkach i częściej wykorzystują do ogrzewania darmowy opał, np. śmieci	64
Rycina 4.17. Zdecydowana większość zagrożonych miejsc pracy znajduje się na terenie kilku gmin	66
Rycina 4.18. Wszyscy emitenci zwiększają wolumen zielonych i zrównoważonych kredytów i obligacji, 2009–23...	72
Rycina 4.19. Postępy we wdrażaniu standardów sprawozdawczości zrównoważonego rozwoju są nadal ograniczone	74
Rycina 4.20. Bazując na dotychczasowych doświadczeniach, Polska może zastosować mechanizmy PPP w projektach klimatycznych i adaptacyjnych	75
Rycina A1.1. Zmienne dotyczące klimatu (temperatura powietrza i opady) dla różnych ścieżek SSP–RCP w Polsce	94
Rycina A3.1. Schemat kanałów wpływu, jakimi zmiany klimatu i działania adaptacyjne oddziałują na dobrobyt.	104
Rycina A5.1. Wartość bieżąca spadku śmiertelności spowodowanej zanieczyszczeniem powietrza w podziale na sektory gospodarki, scenariusz referencyjny.....	108
Rycina A5.2. Wartość bieżąca ukrócenia efektów zewnętrznych według rodzaju i sektora w scenariuszu ZEN2050	109
Rycina A5.3. Struktura końcowego zużycia energii w budynkach mieszkalnych pod względem ilości i udziału procentowego poszczególnych rodzajów paliwa, 2019 r.....	109
Rycina A5.4. Udział procentowy poszczególnych technologii grzewczych w dotychczasowych projektach objętych dofinansowaniem z programu priorytetowego „Czyste powietrze” (PPCP)	111

SPIS TABEL

Tabela S1. Potrzeby inwestycyjne w wiodących sektorach gospodarki w związku z realizacją celu ZEN2050 (wartość bieżąca netto: mld dol. 2020 r.; stopa dyskontowa 6 proc.)	xxv
Tabela 2.1. Polskie i unijne cele polityki klimatycznej w perspektywie 2020 i 2030 roku	12
Tabela 3.1. Potencjał pochłaniaczy w segmencie użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwa (LULUCF), 2005–2030 (kilotony ekw. CO ₂).....	40
Tabela 3.2. Skala inwestycji potrzebnych, by w 2050 r. potencjał pochłaniaczy w sektorze LULUCF osiągnął poziom z 2005 r.....	43
Tabela 4.1. Większość pożyczek na cele związane ze zrównoważonym rozwojem trafia do dużych korporacji	71
Tabela 4.2. Ekspozycja sektora bankowego na fizyczne zagrożenie jest niewielka i ogranicza się zasadniczo do zdarzeń powodziowych.....	73
Tabela 5.1. Priorytety i kryteria dla zalecanej polityki i inwestycji	78
Tabela 5.2. Zalecenia dotyczące kierunków polityki	79

Tabela A1.2. Zmiana średniej temperatury w kraju w kolejnych dekadach w stosunku do wartości bazowej (1995-2020)	93
Tabela A1.1. Wybrane scenariusze klimatyczne	93
Tabela A2.1. Główne agregaty makroekonomiczne ZEN (2021-2050).....	97
Tabela A3.1. Sześć kanałów wpływu	98
Tabela A3.2. Modelowanie adaptacji do zmian klimatu/kluczowe założenia	100
Tabela A3.3. Podsumowanie średnich rocznych oddziaływań, lata 2041–2050.....	103
Tabela A4.1. Wyimki z badań ankietowych polskich gospodarstw domowych w 2021 r.	110
Tabela A5.1. Wskaźniki emisji cząstek stałych dla wybranych technologii wspieranych wcześniej przez PPCP....	112
Tabela A6.1. Skala nakładów inwestycyjnych (CAPEX) w kolejnych dekadach (wartość bieżąca netto: mld dol. 2020 r.; stopa dyskontowa 6 proc.)	113
Tabela A6.2. Skala kosztów operacyjnych (OPEX) w kolejnych dekadach (wartość bieżąca netto: mld dol. 2020 r.; stopa dyskontowa 6 proc.)	114

SPIS RAMEK

Ramka 2.1 Zapewnienie osłon socjalnych w procesie odchodzenia od węgla.	13
Ramka 2.2. Wzmocnienie instytucjonalne dla poprawy zarządzania jakością powietrza	20
Ramka 3.1. Ograniczenie emisji metanu z węgla.	26
Ramka 3.2. Czy Polska mogłaby zrealizować scenariusz ZEN2050 przyspieszając tempo odchodzenia od paliwa gazowego?.....	29
Ramka 3.3. Wspieranie transformacji w polskich regionach węglowych poprzez zmianę przeznaczenia terenów górniczych	31
Ramka 3.4. Dekarbonizacja technologii grzewczych oznacza wzrost dobrostanu dzięki poprawie jakości powietrza	34
Ramka 3.5. Priorytety WPR w zakresie dekarbonizacji i odporności	46
Ramka 3.6. Powodzie z września 2024 r. to zapowiedź nowej rzeczywistości	48
Ramka 4.1 Unijne ceny uprawnień do emisji dwutlenku węgla jako czynnik wpływający na konkurencyjność krajowej gospodarki	53
Ramka 4.2. Inwestowanie w umiejętności cyfrowe na potrzeby transformacji	65
Ramka 4.3. Przepisy regulujące raportowanie ESG w Polsce	72
Ramka 4.4 Finansowanie UE dla zielonej transformacji w Polsce	76
Ramka A2.1. Pomiar wpływu jakości powietrza na wzrost gospodarczy, z wykorzystaniem modelu MANAGE	96

Podziękowania

Niniejszy Krajowy Raport Klimatyczno-rozwojowy (ang. Country Climate and Development Report, w skrócie CCDR) jest wspólnym dziełem Banku Światowego (IBRD), Międzynarodowej Korporacji Finansowej (IFC) i Wielostronnej Agencji Gwarancji Inwestycyjnych (MIGA). Za jego przygotowanie odpowiada zespół Banku Światowego, na czele którego stoją Andrea Liverani, Szilvia Doczi i Nathalie Picarelli.

W skład zespołu wchodzi następujące osoby: Piotr Wojciech Charewicz, Pablo Andres Salas Bravo, Anita Hafner, Devika Singh, Fang Zhang, Tuukka Castrén, Martin Albrecht, Rocco de Miglio, Akos Losz, Armin Mayer, Jan Ignacy Witajewski-Baltvilks, Lulit Mitik Beyene, Caroline van der Sluys, Brent Boehlert, Ken Strzepek, Diego Castillo, Kim Smet, Andrzej Halesiak, Cristina Savescu, Eduardo Espitia Echeverria, Fabian Alexander Scheifele, Gregor Semieniuk, Grzegorz Aleksander Wolszczak, Iwona Warzecha, Łukasz Marek Marć, Lulit Mitik Beyene, Maddalena Honorati, Magda Malec, Magdalena Chawuła, Mariya Maerkova, Pedro Arizti, Pietro Calice, Piotr Matczuk, Reena Badiani-Magnusson, Sinafikeh Gemessa, Wolfhart Pohl, Thea Louise Jung, Ellen Hamilton, Dave Groves, Thandile Tanzile Gule, Nicola Bressan, Weronika Celniak, Alexandra Andrea Maite Campmas, Agnieszka Lizis, Darius Daubaras, Murat Karaege, Shawn Tan, Tonci Bakovic oraz Patrick Avato.

Raport zrecenzowali: Lauren Culver, Markus Kitzmuller, Berina Uwimbabazi, Martin Dasek oraz Rafael de Hoyos Navarro.

Ton i kierunek przebiegowi prac nadali: Antonella Bassani (Regional Vice President), Anna Akhalkatsi (Country Director for the European Union), Sameh Wahba (Planet Regional Director for Europe and Central Asia), Asad Alam (Prosperity Regional Director for Europe and Central Asia), Charles Joseph Cormier (Infrastructure Regional Director for Europe and Central Asia), Ines Rocha (Regional Director for Europe, IFC), Sebnem Erol Madam (Director, Economics and Sustainability, MIGA), Marina Wes (Director of Strategy and Operations for the Western and Central Africa Region), Ary Naïm (Country Manager for Poland), Stephanie Gil (Energy Manager, Europe and Central Asia) oraz Javier Suarez (CAE Manager for Europe, IFC).

Cennych wskazówek w trakcie prac nad raportem udzielili: Tom Farole (Lead Economist, Europe and Central Asia), Joanna McLean Masic (Planet and Infrastructure Program Leader for Europe), Marc Sadler (Environment Manager, East Asia), Bexi Jimenez Mota (Senior Business Development Specialist, MIGA) oraz Moritz Nikolaus Nebe (Sector Manager, MIGA).

Nigara Abate i Vladimir Mirzoev przygotowali raport do publikacji, a Olga Katarzyna Kucharska, Małgorzata Michnowska, Linh Van Nguyen i Emiliana Gunawan zapewнили wsparcie w zarządzaniu projektem. Działaniami komunikacyjno-informacyjnymi zarządzali: Krzysztof Bastian, Indira Chand, Ivan Miskovic, Kanzy Khafagi, Jenny Bisping i Riham Mustafa.

Nieoceniony wkład – zarówno podczas spotkań dwustronnych, jak i warsztatów, które odbyły się w Warszawie w kwietniu i wrześniu 2024 r. – wnieśli przedstawiciele organów rządowych RP, takich jak: Ministerstwo Finansów, Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej, Ministerstwo Przemysłu, Ministerstwo Aktywów Państwowych, Ministerstwo Infrastruktury oraz Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi; a także Wody Polskie, Lasy Państwowe, Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, Instytut Badawczy Leśnictwa, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, Urząd Transportu Kolejowego, Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, Bank Gospodarstwa Krajowego, Narodowy Bank Polski, Miasto Stołeczne Warszawa, Państwowy Instytut Badawczy, Urząd Regulacji Energetyki, Polski Instytut Ekonomiczny, Polska Akademia Nauk, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Polskie Elektrownie Jądrowe, Polska Grupa Górnicza, GAZ-SYSTEM, PKN Orlen, Grupa Azoty oraz Polskie Sieci Elektroenergetyczne. W trakcie prac nad raportem konsultowano się z następującymi organizacjami trzeciego sektora i podmiotami sektora prywatnego: Polska Organizacja Rozwoju Technologii Pomp Ciepła, Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych (obecnie PSNM), Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej (PSEW), Polskie Stowarzyszenie

Budownictwa Ekologicznego, Stowarzyszenie Papierników Polskich, Columbus Energy S. A., ZE PAK SA, Polenergia S.A., Grupa Veolia, Veolia Energia Warszawa, DB Energy SA, BNP Paribas Polska, Santander Polska, Związek Banków Polskich, SKS Legal, Innova Capital, Respect Energy S.A., Neo Energy Group, Deloitte, PS Green Investments, Envirly, SuperDrob S.A. oraz M2A.

Za współpracę podczas przygotowywania raportu zespół jest szczególnie wdzięczny przedstawicielom Centrum Analiz Klimatyczno-Energetycznych (CAKE), działającego w ramach Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE). Dane dotyczące oddziaływania zmian klimatu zostały dostarczone przez [Industrial Economics, Incorporated](#).

Niniejszy raport powstał przy wsparciu finansowym [Clean Air Fund](#).

Akronimy i skróty

AKIS	System upowszechniania wiedzy i innowacji w rolnictwie (ang. Agricultural Knowledge and Innovation System)	EBI	Europejski Bank Inwestycyjny
BAT	Najlepsza dostępna technika (ang. Best Available Technology)	EBOR	Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju
B+R	Badania i rozwój	ECA	Region Europy i Azji Środkowej (ang. Europe and Central Asia)
BBGD	Badanie Budżetów Gospodarstw Domowych	EO	Energia odnawialna
BCSD	Korekta błędu systematycznego i dezagregacja przestrzenna (ang. Bias Correction and Spatial Disaggregation)	ESG	Środowisko, społeczeństwo, ład zarządczy (ang. Environmental, Social, Governance)
BIZ	Bezpośrednie inwestycje zagraniczne	ETS	Europejski System Handlu Emisjami (ang. Emissions Trading System)
CAKE	Centrum Analiz Klimatyczno-Energetycznych	EZŁ	Europejski Zielony Ład
CAPEX	Nakłady inwestycyjne (ang. Capital Expenditure)	FAS	Usługi doradztwa rolniczego (ang. Farm Advisory Services)
CBAM	Mechanizm Dostosowania Granicznego dla Emisji Węgla (ang. Carbon Border Adjustment Mechanism)	GCM	Model cyrkulacji ogólnej (ang. General Circulation Model)
CCDR	Krajowy Raport Klimatyczno-Rozwojowy (ang. Country Climate and Development Report)	GC	Gazy cieplarniane
CCKP	Portal wiedzy na temat zmian klimatycznych (ang. Climate Change Knowledge Portal)	GPW	Giełda Papierów Wartościowych w Warszawie
CCS	Wychwyt i składowanie CO ₂ (ang. Carbon Capture and Storage)	ICT	Technologie informacyjno-komunikacyjne (ang. Information and Communication Technologies)
CGE	Model obliczeniowy równowagi ogólnej (ang. Computable General Equilibrium)	IPPU	Procesy przemysłowe i użytkowanie produktów (ang. Industrial Processes and Product Use)
CLIAR	Proces przeglądu i oceny instytucji na szczeblu krajowym (ang. Country Level Institutional Assessment and Review)	JZP	Jednostka zainteresowania publicznego
CPAT	Instrument do oceny polityki klimatycznej (ang. Climate Policy Assessment Tool)	KNF	Komisja Nadzoru Finansowego
CPK	Centralny Port Komunikacyjny	KPO	Krajowy Plan Odbudowy i Zwiększania Odporności
CSA	Inteligentne rolnictwo przyjazne dla klimatu (ang. Climate-Smart Agriculture)	LPG	gg
CSRD	Dyrektywa w sprawie sprawozdawczości przedsiębiorstw w zakresie zrównoważonego rozwoju (ang. Corporate Sustainability Reporting Directive)	LULUCF	Użytkowanie gruntów, zmiana użytkowania gruntów i leśnictwo (ang. Land Use, Land Use Change, and Forestry)
		MAE	Międzynarodowa Agencja Energii
		MANAGE	Model równowagi ogólnej do prognozowania działań łagodzących i adaptacyjnych oraz nowych technologii (ang. Mitigation, Adaptation and New Technologies Applied General Equilibrium)
		MOP	Międzynarodowa Organizacja Pracy
		MKIŚ	Ministerstwo Klimatu i Środowiska
		mld m³	Miliardy metrów sześciennych
		MMŚP	Mikro, małe i średnie przedsiębiorstwa

MŚP	Małe i średnie przedsiębiorstwa
NACE	Nomenklatura Działalności Gospodarczej, europejska klasyfikacja statystyczna działalności gospodarczej (ang. Nomenclature of Economic Activities)
NBP	Narodowy Bank Polski
NFRD	Dyrektywa w sprawie sprawozdawczości niefinansowej (ang. Non-financial Reporting Directive)
NGEU	Fundusz Next Generation EU
NGSF	Network for Greening the Financial System
NPV	Wartość bieżąca netto (ang. Net Present Value)
OECD	Organizacja Współpracy Gospodarczej i Rozwoju (ang. Organisation for Economic Co-operation and Development)
OPEX	Koszty operacyjne (ang. operating expenses)
OSP	Operator systemu przesyłowego
OZE	Odnawialne źródła energii
PEP2040	Polityka Energetyczna Polski do 2040 r.
PFR	Polski Fundusz Rozwoju
PISA	Program Międzynarodowej Oceny Umiejętności Uczniów (ang. Programme for International Student Assessment)
PM_{2,5}	Cząstki stałe o średnicy 2,5 mikrona (µm) lub mniejszej
POP	Program Ochrony Powietrza
PPP	Partnerstwo publiczno-prywatne
PPCP	Program Priorytetowy Czyste Powietrze
PV	Fotowoltaika (ang. photovoltaic)

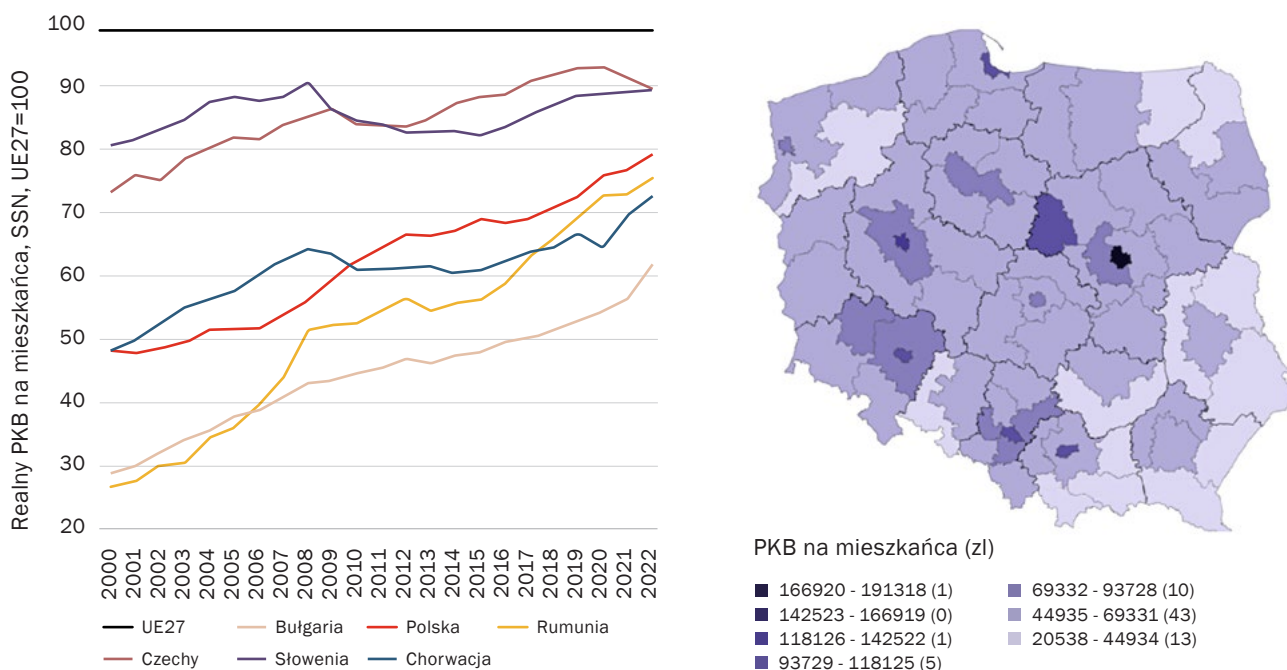
RCP	Reprezentatywna ścieżka koncentracji gazów cieplarnianych (ang. Representative Concentration Pathway)
RRF	Instrument na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności (ang. Recovery and Resilience Facility)
RTA	Ujawniona przewaga technologiczna (ang. revealed technology advantage)
SFDR	Rozporządzenie w sprawie ujawniania informacji związanych ze zrównoważonym rozwojem w sektorze usług finansowych (ang. Sustainable Finance Disclosure Regulation)
SMR	Mały reaktor modułowy (ang. Small Modular Reactor)
SPA	Strategiczny Plan Adaptacji
SR	Scenariusz referencyjny
S.S.P.	Spółki skarbu państwa
SSP	Wspólne ścieżki rozwoju społeczno-gospodarczego (ang. Shared Socioeconomic Pathways)
TERMO	Program wsparcia poprawy efektywności energetycznej wielorodzinnych budynków mieszkalnych
TFC	Całkowite zużycie końcowe (ang. Total Final Consumption)
TFP	Łączna produktywność czynników produkcji (ang. Total Factor Productivity)
WRF	Wieloletnie ramy finansowe
VAT	Podatek od towarów i usług (ang. Value Added Tax)
WEAP	Water Evaluation and Planning
UE	Unia Europejska
ZEN2050	Cel polegający na osiągnięciu zerowych emisji netto do 2050 r.
ZUM	Lista zielonych urządzeń i materiałów

Streszczenie

1. Szybsza dekarbonizacja w dążeniu do zerowych emisji netto w 2050 r. będzie bardzo korzystna dla wzrostu gospodarczego

Polska od ponad trzech dekad znacząco przyczynia się do europejskiego wzrostu gospodarczego, a teraz ma okazję przeprowadzić reformy strukturalne, by zapewnić sobie dalsze sukcesy w obliczu nowych wyzwań na świecie. Dynamiczna integracja w ramach wspólnego rynku UE stała się kołem zamachowym poprawy wydajności, zapewniając stabilny i szeroko zakrojony wzrost i umożliwiając znaczny spadek ubóstwa. Jednak w ostatnim okresie jakość instytucji uległa w Polsce pogorszeniu; pojawiły się ograniczenia na rynku pracy i w obszarze inwestycji; narastają też nierówności między regionami kraju (Ryc. S1). Światowe trendy i polityka dekarbonizacyjna, na czele z unijnym zobowiązaniem do osiągnięcia zerowych emisji netto do 2050 r. (ZEN2050), mogą stać się albo dodatkowym obciążeniem, albo – przy proaktywnej postawie – impulsem dla poprawy konkurencyjności gospodarczej w kontekście integracji z UE. Dążenie do ZEN2050 to dla Polski optymalny scenariusz dalszej konwergencji gospodarczej i społecznej.

RYCINA S1. Konwergencji średniego dochodu względem UE (po lewej) towarzyszy rosnące rozwarstwienie dochodów wewnątrz kraju



Źródło: Eurostat, GUS.

Uwagi: SSN = standardy siły nabywczej.

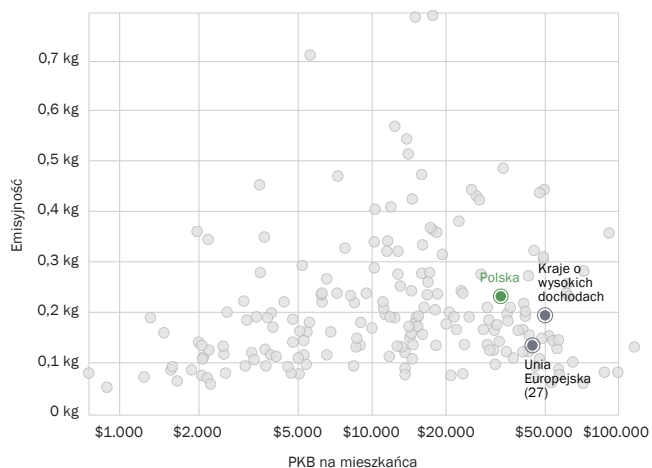
Pomimo spóźnionego startu najnowsze postępy Polski w zielonej transformacji wyglądają obiecująco, podobnie jak perspektywa nadrobienia zaległości. Do końca 2022 roku, naznaczonego europejskim kryzysem energetycznym, Polska całkowicie zrezygnowała z importu rosyjskiego gazu ziemnego (co było od dawna planowane) i zwróciła się w kierunku międzynarodowych rynków importu gazu, zmniejszając zależność od jednego dostawcy i wzmacniając tym samym bezpieczeństwo energetyczne kraju. W ciągu zaledwie dwóch dekad gospodarka oparta na przemyśle ciężkim i rolnictwie przekształciła się w gospodarkę opartą na usługach o wysokiej wartości. Raz uruchomione zmiany strukturalne będą nadal obniżać intensywność emisji dwutlenku węgla w sektorze wytwórczym (obecnie Polska notuje drugą najwyższą w UE emisyjność produkcji) (Ryc. S2). W obliczu światowych i regionalnych trendów dekarbonizacyjnych i w trosce o konkurencyjność krajowej gospodarki w przyszłości, paliwo napędzające dotychczasowy wzrost – węgiel – trzeba będzie zastąpić innymi źródłami energii. To już się dzieje. Pomimo wciąż dominującej roli węgla w ciepłownic-

twie i przemyśle, znaczenie węgla w sektorze elektroenergetycznym maleje: w 2023 r. udział odnawialnych źródeł energii w polskim koszyku elektroenergetycznym sięgnął 27 proc. (wzrost o 35 proc. w porównaniu z rokiem poprzednim). Polski rynek fotowoltaiki należy do najszybciej rozwijających się w UE: moc instalacji PV wzrosła z 0,2 GW w 2016 r. do 17,9 GW w kwietniu 2024 r., co przewyższa docelowy udział odnawialnych źródeł energii w końcowym zużyciu energii brutto w 2020 r.

Dzięki polityce wspierania fotowoltaiki moc małych instalacji fotowoltaicznych w gospodarstwach domowych wzrosła do 5,9 GW¹. Z kolei udział węgla w produkcji energii elektrycznej spadł w 2023 r. do najniższego w historii poziomu 61 proc. (Ryc. S3). W obliczu wysokich i stale rosnących kosztów wydobycia i produkcji, starzejącej się infrastruktury (średni wiek polskich bloków wytwórczych na węgiel kamienny i brunatny wynosi 42 lata) oraz rosnącego wsparcia fiskalnego niezbędnego do utrzymania sektora przy życiu jego nieuchronny upadek staje się nieunikniony, a wyznaczony na 2049 rok termin zakończenia procesu odchodzenia od węgla powinien zostać skrócony. (Ryc. S4).

RYCINA S2. Na tle innych krajów emisyjność polskiej gospodarki jest nadal wysoka...

Emisyjność CO₂ (kg ekw. CO₂ przypadające na jednego dolara PKB)

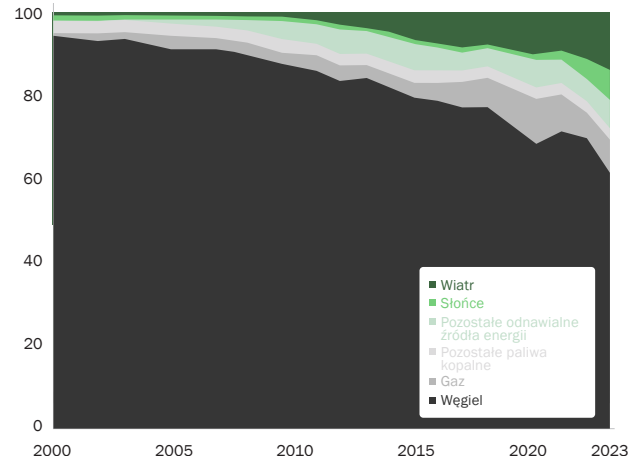


Źródło: World Resources Institute 2023.

Uwagi: Bez emisji CO₂ w sektorze użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwa (ang. LULUCF). PKB = produkt krajowy brutto

RYCINA S3. Upowszechnienie EO spycha węgiel do rekordowo niskiego poziomu

Źródła wytwarzania energii elektrycznej (%)



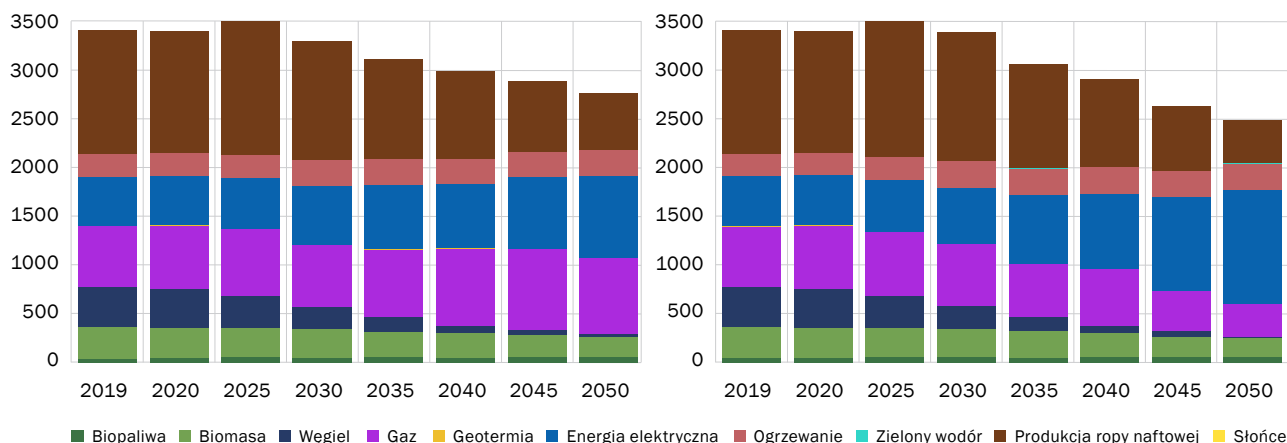
Źródło: Ember 2023.

Uwagi: EO = energia odnawialna.

Przyspieszając dekarbonizację Polska może wykorzystać atut krajowej gospodarki, jakim jest stosunkowo złożona struktura produkcji. Unijne zasady wyceny emisji dwutlenku węgla i prowadzona przez UE polityka przemysłowa premiuje wdrażanie nowych technologii, co daje możliwość uzyskania przewagi konkurencyjnej w ramach globalnych i europejskich łańcuchów wartości oraz stanowi bezprecedensową szansę rozwoju nowych sektorów gospodarki kraju. Od kilku dekad polska gospodarka zajmuje 11. miejsce na świecie w rankingu Green Complexity Index, a obecnie jest na 7. miejscu na świecie w zestawieniu Green Complexity Potential. Wskaźnik ujawnionej przewagi technologicznej RTA dla Polski wzrósł ponad dwukrotnie w latach 2015-2019 (w porównaniu do lat 2005-2009) dzięki nowym patentom w dziedzinie recyklingu i niskoemisyjnej energii. Polska wypracowała sobie mocną pozycję w wiodących łańcuchach wartości czystej energii, takich jak produkcja komponentów do farm wiatrowych, produkty końcowe dla pojazdów elektrycznych (w tym akumulatory elektryczne, ogniwa pierwotne i baterie), produkcja autobusów elektrycznych, wodorowych i hybrydowych oraz pomp ciepła, a także badania nad perowskitowymi ogniwami słonecznymi (PSC), co może przynieść dodatkowe korzyści na rozwijających się zielonych rynkach.

RYCINA S4. Polska droga do zerowych emisji netto wymaga zastąpienia węgla i gazu przez potrojenie udziału energii elektrycznej w strukturze zużycia końcowego.

Całkowite końcowe zużycie energii według rodzaju paliwa, w scenariuszu BZ (po lewej) i ZEN2050 (po prawej) [PJ]

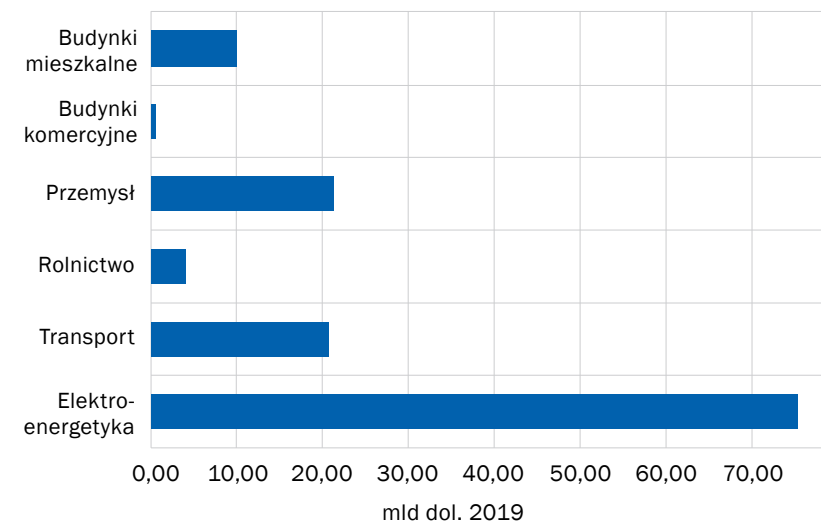


Źródło: Opracowanie własne.

Uwagi: Udział szarego i niebieskiego wodoru w końcowym zużyciu energii ujęto w ramach kategorii „gaz”, jako że jest to wykorzystanie wodoru „za licznikiem”.

RYCINA S5. Realizacja ZEN2050 przyniesie istotne korzyści zdrowotne

Dodatkowe korzyści dla Polski w obszarze jakości powietrza wynikające z trajektorii ZEN2050



Źródło: Analiza własna z wykorzystaniem CPAT (instrument do oceny polityki klimatycznej) i KINESYS, opartego na modelu TIMES i opracowanego przez Bank Światowy na potrzeby raportu CCDD dla Polski.

Uwagi: Zob. opis metodologii i danych w załączniku 5.

2050 roku oznacza wzrost PKB o co najmniej 4 proc. Dywidenda wzrostu jest skutkiem akumulacji kapitału i przyrostu wydajności wynikającego z obniżenia kosztów produkcji polskich przedsiębiorstw związanych z wymaganiami europejskiego systemu handlu emisjami (ETS), a także zmian technologicznych w koszyku energetycznym i realokacji przychodów z systemu ETS. Prace badawczo-rozwojowe w sektorze energii pozwolą ograniczyć emisyjność produkcji, a dzięki zastosowaniu nowych technologii i realokacji czynników produkcji z czasem będą narastać korzyści po stronie produktywności, podczas gdy nieco wyższe nakłady inwestycyjne zrekompensuje pojawiająca się w miejsce deficytu nadwyżka w systemie ETS, zapewniająca dodatkowy przyrost kapitału.

Szybka dekarbonizacja przyniesie dodatkowe korzyści w postaci mniej dotkliwych skutków zanieczyszczenia powietrza dla ludzi i gospodarki, chociaż sama w sobie nie zniweluje kosztów spowodowanych złą jakością powietrza atmosferycznego w kraju. Od wielu lat jakość powietrza w polskich miastach należy do najgor-

Dzięki szybszej dekarbonizacji przewidzianej w ZEN2050 polski PKB mógłby wzrosnąć o co najmniej 4 proc. powyżej poziomu osiąganego dzięki obecnej polityce. Jako państwo członkowskie Polska podlega unijnej polityce w zakresie cen emisji dwutlenku węgla i potrzebuje integracji gospodarczej w ramach unijnych łańcuchów wartości, zatem trajektoria ZEN2050 jest dla Polski bardziej korzystną ścieżką gospodarczą niż bardziej powolna dekarbonizacja wynikająca z obecnej polityki. Szybsze tempo dekarbonizacji spowodowałoby wzrost realnego PKB średnio o 0,2 proc. rocznie w ciągu najbliższych 25 lat (w porównaniu z dotychczasowym scenariuszem), co w perspektywie

szych w Europie (Ryc. S4). Dekarbonizacja gospodarki to szansa na dodatkowe, pozytywne „efekty uboczne”, które będą natychmiast widoczne lokalnie, wynikające z redukcji głównych źródeł zanieczyszczenia powietrza w Polsce, jakimi są: ogrzewanie budynków mieszkalnych, wykorzystanie węgla do produkcji energii elektrycznej oraz stosowanie silników spalinowych w transporcie. Biorąc pod uwagę szacunki wskazujące, że wzrost stężenia $PM_{2,5}$ o $1\mu g/m^3$ powoduje w tym samym roku spadek realnego PKB o 0,8 proc.², trajektoria ZEN2050 – oprócz szacowanego wzrostu dywidendy – powinna przynieść korzyści gospodarcze dzięki poprawie jakości powietrza, i tak, możliwe jest uzyskanie korzyści gospodarczej netto w wysokości do 3 proc. PKB do 2050 r., i to tylko z racji wzrostu produktywności. Gdy uwzględni

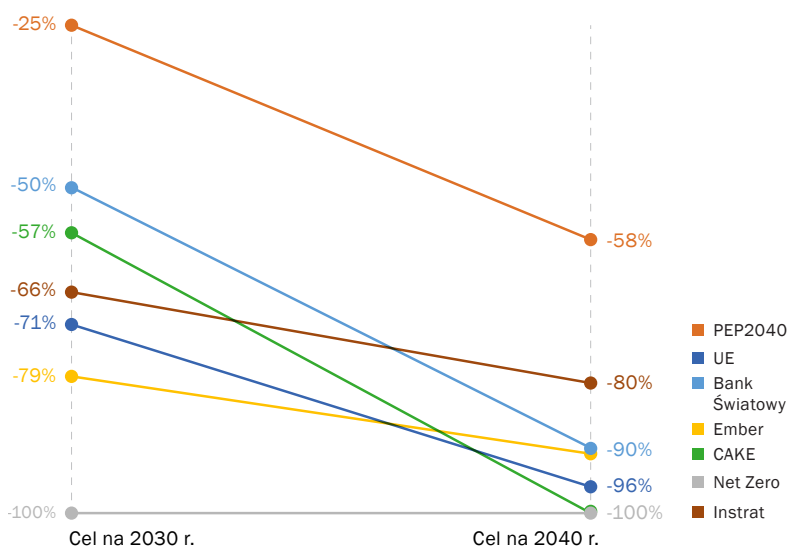
się korzyści w dziedzinie zdrowia publicznego na skutek poprawy jakości powietrza, zyski z pełnej dekarbonizacji sfinalizowanej do końca 2050 r. okażą się jeszcze większe: skumulowane korzyści gospodarcze wynikające ze spadku śmiertelności spowodowanej zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego szacuje się na kwotę od 106 mld do 143 mld dol. (wartość bieżąca netto), tj. 0,86-1,2 proc. PKB w omawianym okresie (Ryc. S5). Polityka dekarbonizacji nie będzie jednak sama w sobie wystarczająca do wyeliminowania negatywnego wpływu zanieczyszczenia powietrza na zdrowie i gospodarkę, co będzie wymagało doraźnych interwencji w zakresie czystego powietrza. Te „efekty uboczne” stanowią niejako dodatek do poprawy jakości powietrza wynikającej z przejścia na bardziej wydajne i mniej emisyjne jednostki opalane węglem i biomasą w budynkach mieszkalnych, obserwowanej już w scenariuszu „bez ambicji klimatycznych”. Przyczyniają się one do największej redukcji ekspozycji na zanieczyszczenie powietrza PM w kraju (59 proc. zanieczyszczenia powietrza pochodzącego z mieszkalnictwa) [A5].

Pełnej dekarbonizacji nie da się jednak osiągnąć kontynuując dotychczasową politykę. Polska nie wyznaczyła jeszcze celu zerowych emisji netto. Zgodnie z obecną polityką, Polska osiągnie jedynie 79 proc. redukcji krajowych emisji w perspektywie 2050 r., zatem bez pilnego wdrożenia ambitnych rozwiązań nie uda się osiągnąć neutralności w sposób efektywny kosztowo [A1].³ Aby do 2050 r. osiągnąć neutralność węglową, system elektroenergetyczny musi do 2040 r. przekroczyć cel ZEN (tj. wygenerować ujemne emisje); ZEN w budynkach komercyjnych należałoby osiągnąć do 2040 r., a w budynkach mieszkalnych do 2045 r.; natomiast sektor transportowy i przemysł będą polegać na technologiach usuwania dwutlenku węgla nawet po 2050 r. Konieczne będzie wdrożenie kompleksowego planu działań obejmującego m.in. interwencje rynkowe i decyzje regulacyjne, by do technologii niskoemisyjnych przyciągnąć prywatny kapitał, a gospodarstwom domowym oraz branżom usługowym i wytwórczym zapewnić korzyści z transformacji [B1]. W przeciwnym wypadku pod znakiem zapytania stanie zarówno polska, jak i unijna ścieżka dekarbonizacji ZEN2050 (Ryc. S6).

2. Celu ZEN2050 nie można zrealizować bez znacznych inwestycji w zwiększenie pojemności pochłaniaczy dwutlenku węgla i bez kompleksowej transformacji energetycznej

Osiągnięcie celu ZEN2050 nie będzie możliwe bez zdecydowanego obniżenia emisji z działalności rolniczej oraz znacznego zwiększenia pojemności pochłaniaczy dwutlenku węgla (obszary leśne). Już sam cel cząstkowy wyznaczony na 2030 r. wymaga ograniczenia emisji w sektorze rolnym o 30-33 proc. w porównaniu do poziomu z 1990 r.⁴ Idąc dalej, realizacja celu ZEN2050 wymaga spadku emisji do około połowy

RYCINA S6. Dotychczasowa polityka nie pozwoli osiągnąć celu UE na 2050 r. Cele redukcji emisji w sektorze elektroenergetycznym, w stosunku do poziomów z 2015 r. (%)



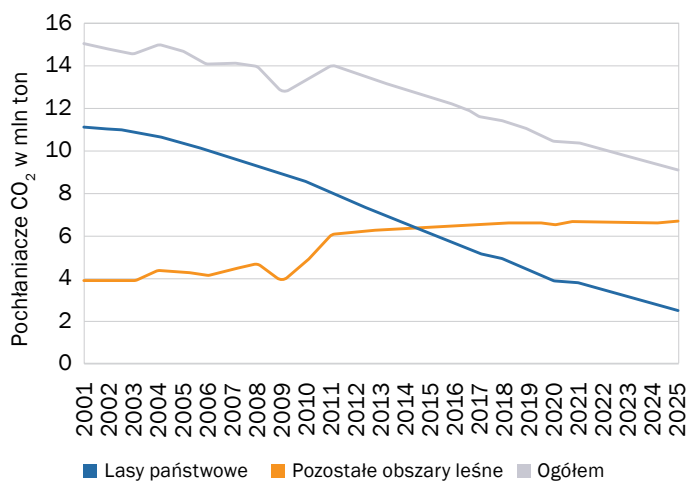
Źródło: Bank Światowy 2022.

Uwagi: Zob. opis metodologii i danych w załączniku 4.

obecnego poziomu, co otwiera przestrzeń dla szerokiego programu inwestycji i działań instytucjonalnych w różnych łańcuchach wartości, począwszy od hodowli zwierząt gospodarskich, która ma znaczny potencjał redukcji emisji. [B18; C1]. Potrzebne będą ukierunkowane inwestycje w leśnictwie, aby zwiększyć potencjał lasów pod względem pochłaniania dwutlenku węgla. W polskich lasach zmagazynowane jest 10 proc. całego węgla w lasach UE⁵ i ponad dekada krajowych emisji, ale ich rola pod tym względem słabnie (Ryc. S7). Chcąc zrealizować ZEN2050 trzeba zmienić niekorzystny trend i co najmniej wrócić do szczytowego poziomu z 2005 r. Oprócz działań w obszarze gospodarki leśnej warto rozważyć ekspansję obszarów leśnych poprzez zalesienie gruntów marginalnych, słabo wykorzystywanych i o niskiej produktywności [B19], zaczynając od potencjalnych lokalizacji na gruntach publicznych. Szacowane wymagania inwestycyjne, choć skromne w wartościach bezwzględnych, przełożą się na znaczny wzrost kosztów CAPEX w porównaniu z obecnymi kwotami.

RYCINA S7. Realizacja celu ZEN2050 wymaga odwrócenia trendu spadkowego pod względem pojemności pochłaniaczy w ekosystemach leśnych.

Zmiana w leśnych ekosystemach pochłaniających dwutlenek węgla



Źródło: Ministerstwo Klimatu, 2019

Uwagi: Lasy państwowe i inne formy własności, obliczono z wykorzystaniem modelu CBM-CFS3, od 2000 do 2025 r.)

Na dekarbonizację polskiego sektora elektroenergetycznego składa się pakiet wzajemnie powiązanych kierunków działań (Ryc. S8):

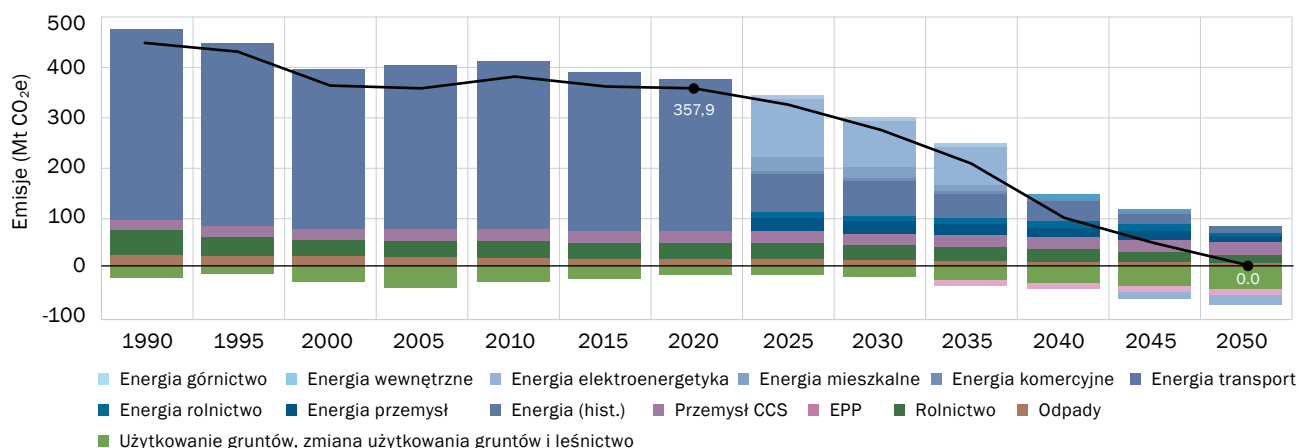
- A) **Przyspieszenie tempa odchodzenia od węgla.** Jako kraj skupiający połowę europejskich pracowników związanych z węglem i notujący wyższe zużycie węgla na mieszkańca niż Chiny⁶, Polska jest 9. największym użytkownikiem węgla na świecie i 2. największym użytkownikiem węgla w regionie Europy i Azji Środkowej (wg podziału geograficznego stosowanego przez Bank Światowy) (2022). Choć na skutek wysokich krajowych kosztów wydobywania i rosnących cen emisji dwutlenku węgla i metanu branża jest nierentowna i chyli się ku upadkowi, wciąż utrzymuje się na powierzchni dzięki różnym formom wsparcia. Chcąc zrealizować plan ZEN2050 Polska musi uniezależnić się od węgla dekadę przed terminem wyznaczonym przez obecny rząd na 2049 r.; w tym celu trzeba będzie m.in. przekierować dotychczasowe wsparcie dla sektora na interwencje mające złagodzić skutki społeczne i pobudzić lokalne rynki pracy, a także wesprzeć rozwój nowych gałęzi przemysłu w regionach węglowych pozostających w tyle [B4; B6];
- B) **Wyeliminowanie przeszkód dla upowszechnienia OZE.** Należy usunąć czynniki spowalniające tempo wzrostu skali energii odnawialnej, począwszy od barier administracyjnych takich jak formalności dotyczące pozwoleń i ograniczenia w dostępie do sieci, jak również zadbać o koordynację na szczeblu krajowym i niższym, tak aby w perspektywie 2050 r. energia wygenerowana z lądowych i morskich instalacji energii wiatrowej wyniosła, odpowiednio, ponad 112 TWh i prawie 130 TWh, a moc zainstalowana źródeł solarnych 52 GW. [B12]. Aby wykorzystać rosnącą ilość energii odnawialnej, a także zminimalizować ograniczenia i zapewnić bezpieczeństwo energetyczne niezbędne będą poważne inwestycje w infrastrukturę sieciową, magazynowanie energii i elastyczną generację gazową. [B14; B17]. Istotne znaczenie będzie miało rozwiązanie problemu niedoboru siły roboczej, deficytu umiejętności w sektorze energii odnawialnej oraz ograniczeń łańcucha wartości w zakresie transformatorów i morskich instalacji wiatrowych;
- C) **Ograniczenie funkcji gazu jako technologii przejściowej w scenariuszu ZEN2050, w odróżnieniu od obecnie prowadzonej polityki.** Zarządzanie transformacją będzie wymagało starannego planowania inwestycji gazowych, aby nie dopuścić do sytuacji, w której osierocone aktywa stają się hamulcem zmian i spowalniają pełną dekarbonizację. Nawet przy bardzo ambitnej trajektorii dekarbonizacyjnej stopniowe wycofywanie węgla wywoła gwałtowny wzrost zapotrzebowania na gaz – w perspektywie 2025 r. w elektroenergetyce do poziomu o ponad jedną trzecią wyższego niż w 2022 r. Jednak zgodnie z celem ZEN2050,

w ciągu kolejnych 25 lat zapotrzebowanie na gaz zmniejszy się o ponad 55 proc., jako że utrzymujące się wykorzystanie gazu w budynkach i w sektorze energetycznym zostanie wyeliminowane dzięki powszechnej elektryfikacji systemów grzewczych i dynamice wytwarzania ze źródeł odnawialnych i jądrowych – przy czym zastosowanie tych ostatnich wymaga pogłębionej oceny, szczególnie odnośnie do SMRów – a pozostała część (ok. 10 miliardów metrów sześciennych [mld m³]) w będących szczególnym wyzwaniem dla dekarbonizacji sektorach przemysłowych zostanie zaabsorbowana dzięki zastosowaniu gazu oraz inwestycjom w technologii wychwytywania i składowania dwutlenku węgla (CCS). Widoczny w ZEN2050 spadkowy trend wykorzystania gazu nie dotyczy scenariusza kontynuacji dotychczasowej polityki, w którym zużycie gazu ziemnego utrzymuje się na wysokim poziomie aż do dekady lat 2040. Optymalizując inwestycje i kontynuując reformy gazownictwa można skutecznie zminimalizować wydatki i pobudzić konkurencję dla lepszych cen gazu ziemnego, ponieważ historycznie w 2022, 2023 i 2024 r. hurtowe ceny gazu ziemnego w Polsce były od 2 do 5 euro za MWh wyższe niż na innych wysoko rozwiniętych europejskich rynkach [B2].

- D) **Konsekwentne wspieranie potencjału niskoemisyjnego wodoru i CCS.** Polska już teraz stanowi ważny rynek dla konwencjonalnego szarego wodoru, z roczną produkcją szacowaną na ponad milion ton, co daje krajowej gospodarce trzecie miejsce w rankingu największych producentów wodoru w Unii Europejskiej (za Niemcami i Holandią). Odbiorcami zielonego wodoru będą prawdopodobnie sektory, które już wdrażają technologie szarego wodoru, czyli np. przedsiębiorstwa autobusowe na obszarach miejskich⁷ czy też branża nawozów sztucznych (Polska jest trzecim co do wielkości producentem nawozów sztucznych w UE i szóstym na świecie); a także międzynarodowa branża lotnicza w oparciu o unijne przepisy (zgodnie z rozporządzeniem ReFuelEU Aviation, w 2050 r. udział syntetycznych paliw lotniczych na wszystkich lotniskach w UE ma wynosić co najmniej 35 proc.) Chcąc jednak przyspieszyć tempo zmian trzeba rozstrzygnąć kwestię przewidywanego udziału zielonych technologii wodorowych w tzw. koszyku energetycznym w przyszłości, a także zainwestować w kwalifikacje obecnych i przyszłych pracowników sektora. Wreszcie, potrzebne będą zachęty podażowe i popytowe - bez dotacji zielony wodór ma szansę stać się opłacalny dopiero po 2040 r., z udziałem w końcowym zużyciu energii w 2050 r. na poziomie od zaledwie 1 do 10 proc., w zależności od skuteczności mechanizmów wsparcia. Obecnie niebieski wodór (wykorzystujący gaz ziemny i CCS) jest znacznie bardziej opłacalny niż zielony wodór i dlatego jest brany pod uwagę przez kilku potencjalnych użytkowników [B3].
- E) **Zwiększenie skali handlu energią elektryczną.** Dekarbonizacja systemu energetycznego wymaga ponownego rozważenia roli handlu energią elektryczną, który do tej pory był ograniczany przez aksjomat bezpieczeństwa energetycznego rozumianego jako daleko posunięta samowystarczalność. Skutkiem są wyższe koszty systemowe oraz hurtowe ceny energii elektrycznej należące do najwyższych w regionie UE, co odczuwają konsumenci i przedsiębiorstwa. Odmowa zwiększenia przepustowości połączeń międzysystemowych dla rozwoju handlu transgranicznego nie tylko stanowi przeszkodę dla konkurencji, ale sprawi też, że dekarbonizacja będzie więcej kosztować - bardziej otwarta polityka handlowa obniżyłaby sumaryczną kwotę inwestycji niezbędnych do osiągnięcia celu ZEN2050 o 6,5 mld dol. (bez dyskontowania) [B15].⁸

Chcąc zrealizować cel ZEN w obszarze dostaw energii elektrycznej w perspektywie 2050 r. trzeba przede wszystkim usunąć istotne bariery o charakterze rynkowym, instytucjonalnym i infrastrukturalnym, takie jak m.in.: dotacje dla paliw kopalnych i zakłócenia rynku; wąskie gardła w łańcuchu wartości morskiej energetyki wiatrowej oraz przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej (transformatory); brak zdolności przyłączeniowej i miejsca dla dodatkowych OZE; niewielka elastyczność systemu elektroenergetycznego; brak wystarczających zachęt do produkcji i wykorzystania zielonego wodoru i CCS [B3; B5, B14]. Bez likwidacji dopłat do paliw kopalnych oraz znacznych inwestycji w infrastrukturę sieciową i magazyny energii nie uda się ani potroić udziału energii elektrycznej (cel: 47 proc. energii końcowej w 2050 r., w porównaniu z 16 proc. w 2019 r.), ani podwoić produkcji energii elektrycznej (cel: 380 TWh w 2050 r.) [A9]. Kolejnym priorytetowym zadaniem będzie zapewnienie równych szans dla technologii zarządzania popytem bez kompromisów kosztem neutralności technologicznej. Wreszcie, jednoczesna realizacja wielu reform i inwestycji warunkujących spełnienie ambicji zerowych emisji netto nie może się udać bez silnego przywództwa, wzmocnionych i ukierunkowanych kompetencji administracji rządowej i samorządowej oraz reaktywnych zmian w procesach projektowania i wdrażania polityki.

RYCINA S8. Warunkiem ZEN jest szybkie ograniczenie emisji oraz zdecydowany wzrost pojemności pochłaniaczy
Droga Polski do zerowych emisji GC netto w 2050 r.



Źródło: Bank Światowy

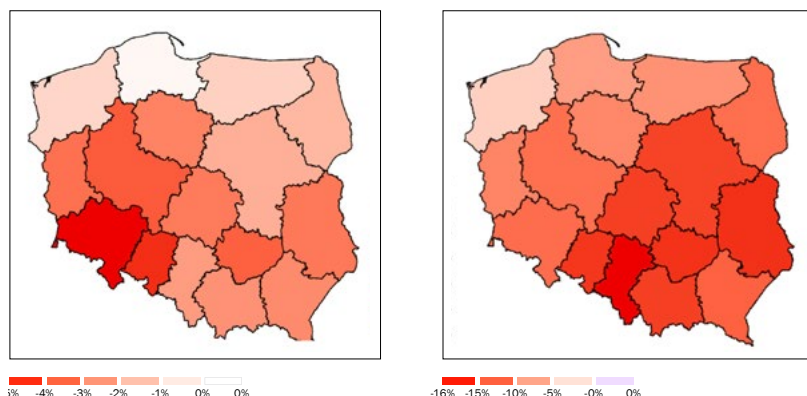
Uwagi: „Energia wewnętrzne” oznacza zużycie energii na potrzeby własne w sektorach energetycznych. „Energia komercyjne” i „Energia mieszkalne” odnosi się, odpowiednio, do zużycia energii w budynkach komercyjnych i mieszkalnych. „Energia elektroenergetyka” oznacza energię wykorzystywaną do wytwarzania energii. Etykiety „Energia transport”, „Energia przemysł” i „Energia rolnictwo” odnoszą się do konsumpcji sektorowej. Z kolei EPP to emisje z procesów przemysłowych (niezwiązanych z energią). „Rolnictwo” i „Odpady” to emisje sektorowe niezwiązane z energią. „Energia (hist.)” odnosi się do wszystkich zastosowań, w tym sektorów końcowego zużycia energii, zgłoszonych na wyższym poziomie podziału sektorowego dla celów prognozowania.

Duży dodatkowy wysiłek wiąże się z dekarbonizacją sektorów końcowego zużycia energii. Wdrażając daleko idące interwencje na rzecz poprawy efektywności energetycznej i zmiany technologii, zapotrzebowanie na energię można obniżyć do 2050 r. o ponad 27 proc. (w stosunku do stanu z 2019 r.), podczas gdy kontynuacja dotychczasowej polityki przyniesie zaledwie 19 proc. [B16]. W przypadku budynków wymagałoby to osiągnięcia rocznego wskaźnika termomodernizacji na poziomie 3 proc., co oznacza 200 tys. budynków rocznie i ponad trzykrotnie przewyższa wartość aktualnego rocznego wskaźnika termomodernizacji [B1]. Do 2050 r. niemal wszystkie instalacje grzewcze w budynkach mieszkalnych (w tym w domach jedno- i wielorodzinnych położonych zarówno na obszarach wiejskich, jak i miejskich) powinny być napędzane energią elektryczną (w tym pompami ciepła, fotowoltaiką), bioenergią lub energią geotermalną, a nie węglem ani gazem ziemnym [B13].

Zważywszy na wysoki wskaźnik motoryzacji w Polsce i bardzo szybki przyrost drogowego ruchu towarowego, transformacja polskiego sektora transportu oprócz elektryfikacji floty będzie wymagać sterowania popytem i przesunięciami międzygałęziowymi. Scenariusz ZEN2050 oznacza 90 proc. spadek emisji w sektorze transportu do 2050 r. Innymi słowy, w przypadku przewozów pasażerskich konieczne będzie odwrócenie trendu polegającego na uporczywym spadku usług transportu autobusowego na obszarach wiejskich (-35 proc. w latach 2009-2019), gdzie mieszka 40 proc. ludności kraju; a także zapewnienie bardziej konkurencyjnych i niezawodnych regionalnych przewozów kolejowych wraz z połączeniami kolejowymi dużych prędkości, aby zminimalizować uzależnienie od prywatnego transportu zmotoryzowanego oraz wypromować aktywną mobilność na obszarach miejskich [B10]. Elektryfikacja floty samochodów osobowych będzie wymagała uzupełnienia obecnych rządowych programów o dodatkowe środki mające na celu przyspieszenie elektryfikacji flot firmowych i pojazdów w intensywnej eksploatacji, a także interwencji nakierowanych na rynek importowanych używanych pojazdów elektrycznych [B10]. W segmencie przewozów towarowych należy dążyć do intermodalności, aby zdywersyfikować rynek kolejowy i pozyskać towary o wyższej wartości, szczególnie w obliczu nadchodzącego spadku przewozów towarów skądinąd typowych dla kolei (węgiel i produkty ropopochodne). Ponieważ ciężarowy transport drogowy nadal będzie zaspokajać ponad trzy czwarte popytu na śródlądowy transport towarowy, sprawne przejście na zeroemisyjne samochody ciężarowe będzie wymagało specjalnego dofinansowania i łagodzenia ryzyka, aby obniżyć bariery wywołane wysokimi kosztami początkowymi, zwłaszcza w przypadku małych i średnich przedsiębiorstw. Według scenariusza ZEN2050, pojazdy zeroemisyjne mają stanowić 30 proc. floty samochodów ciężarowych do 2040 r. i 75 proc. do 2050 r. [B11].

RYCINA S9. Nasilenie skutków w skali lokalnej będzie zależeć od rodzaju upraw i zasięgu systemów nawadniających.

Wpływ na plony z upraw nawadnianych (po lewej) i z upraw pszenicy bez systemów nawadniających (po prawej), w podziale na województwa, 2041–50



Źródło: Opracowanie własne.

większe zużycie biomasy, gazu (z CCS) i energii elektrycznej, podczas gdy niebieski i zielony wodór, zielony amoniak i bioenergia (biomasa i bio-metan) pozostaną potencjalną alternatywą dla gazu przy produkcji nawozów¹⁰. Cementownie będą musiały stosować więcej alternatywnych paliw termicznych i CCS. Kolejnym ważnym przemysłowym konsumentem węgla w Polsce jest hutnictwo żelaza i stali, a stopniowa rezygnacja z węgla w przemyśle hutniczym będzie wymagać szybszej elektryfikacji, poprawy efektywności energetycznej i zwiększonego wykorzystania gazu w połączeniu z CCS. Opierając się na trzecim co do wielkości potencjale składowania CO₂ w UE, inwestując w CCS o wartości 15 mld dol. Polska może do 2030 r. magazynować 11 mln ton CO₂ rocznie, pomagając przemysłowi zachować konkurencyjność w ramach ETS [B5].

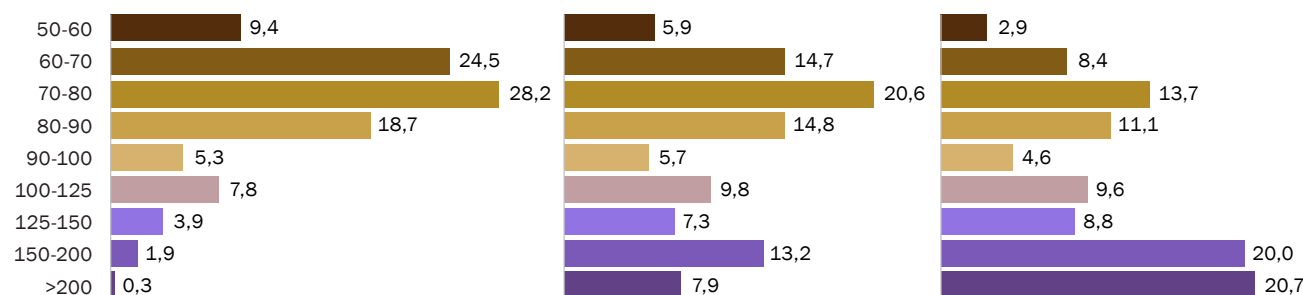
3. Przemysłane inwestycje adaptacyjne pomogą zabezpieczyć ludność i przedsiębiorstwa oraz utrzymać wzrost PKB wynikający z pełnej dekarbonizacji

Przewidywane straty PKB w rolnictwie są co prawda stosunkowo niewielkie, ale sam sektor mocno ucierpi w wyniku zmian klimatu, co będzie miało istotne konsekwencje dla najbardziej wrażliwych grup ludności mieszkających na obszarach wiejskich. Polski sektor rolniczy generuje zaledwie 2,9 proc. PKB, ale odpowiada za 8 proc. całkowitego zatrudnienia, głównie na obszarach wiejskich, które charakteryzują się wyższymi wskaźnikami ubóstwa i wyzwań społecznych¹¹. W Polsce 98 proc. całkowitej powierzchni użytków rolnych stanowią uprawy nawadniane wyłącznie opadami, nic więc dziwnego, że wyższa częstotliwość i intensywność susz w ostatnich latach odbiła się na dochodach wiejskich społeczności i spowodowała utratę miejsc pracy, przy czym rolnicy o niższych dochodach i pracownicy nieformalni nie są objęci ochroną socjalną ani ubezpieczeniem od wstrząsów klimatycznych [C3]. Oprócz znacznych strat w produkcji rolnej, bezprecedensowa fala ciężkich susz w latach 2018-2020 nie tylko dotknęła ponad 332 tys. gospodarstw rolnych w Polsce, ale także wywołała silne skutki poza granicami sektora: szacowane straty w tym okresie wyniosły 0,5-1 proc. PKB. Tam, gdzie stosuje się sztuczne nawadnianie różne scenariusze klimatyczne przewidują ograniczone skutki, ale plony z upraw pozbawionych sztucznego nawadniania - stanowiących prawie 98 proc. areалу gruntów rolnych - mogą w latach 2040-2050 r. skurczyć się nawet o 12 proc., zatem inwestycje w systemy nawadniające i zmianę struktury upraw wydają się być opcją najlepszego wyboru pod względem adaptacji do zmian klimatu (Ryc. S9) [C1; C2]. Przewiduje się także, że spośród wszystkich sektorów to właśnie rolnictwo doświadczy największego negatywnego wstrząsu wydajności w latach 2041-2050. Wydaje się zatem, że warto skupić uwagę na sztucznym nawadnianiu i zmianie roślin uprawnych, a także upowszechnianiu inteligentnych klimatycznie praktyk rolniczych jako inwestycji adaptacyjnych korzystnych niezależnie od dalszego rozwoju sytuacji (Ryc. S9) [C1; C2]¹², szczególnie że wymagane dodatkowe koszty inwestycyjne byłyby umiarkowane (Tabela S1).

Przed najtrudniejszym wyzwaniem dekarbonizacyjnym stoi polski przemysł. Węgiel (z wysokim, 15 proc. udziałem w krajowym przemyśle) będzie stopniowo zastępowany energią elektryczną i źródłami gazowymi, przy czym te ostatnie będą w przemysłowym koszyku energetycznym odgrywać coraz większą rolę: z obecnych 30 proc. do 39 proc. TFC w perspektywie 2040 r. [B4]. Polska branża chemiczna, z jedną trzecią zużycia energii pochodzącą z węgla, należy do najbardziej emisyjnych na świecie⁹. Pełna dekarbonizacja w perspektywie 2050 r. oznacza, że węgiel zostanie zastąpiony przez

RYCINA S10. Szkody powodziowe nieproporcjonalnie mocno uderzają w grupy o niższych dochodach

Odsetek obszarów zagrożonych powodzią (1), ludności (2) i łącznego PKB (3) w ujęciu PKB per capita



Źródło: Bank Światowy 2022, „Perspektywy bezpieczeństwa wodnego Polski i plan działań”.

Uwagi: Na osi Y pokazano przedziały dochodu (mierzone w PKB na mieszkańca) w stosunku do średniej krajowej (=100); 50 oznacza połowę; 200 oznacza dwukrotność średniej krajowej. Liczby w poszczególnych słupkach reprezentują wartości procentowe w każdej kolumnie.

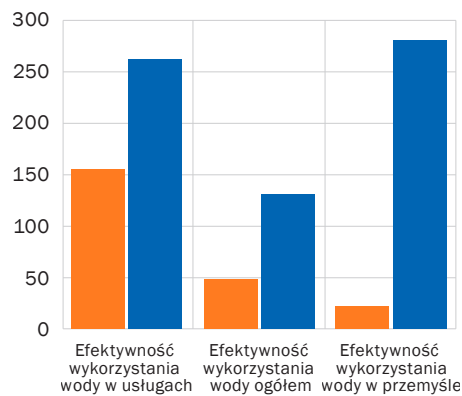
Wstrząsy w obszarze infrastruktury transportowej i innych składników majątku nieproporcjonalnie mocno uderzają w rejony o niższym PKB na mieszkańca.

Straty powodziowe z ostatnich 30 lat szacuje się na 10 mld dol. [C10]. Ogólnie należy się spodziewać, że zmiana w szkodach majątkowych będzie najbardziej widoczna w przypadku mniejszych, częstszych powodzi i będzie miała stosunkowo jednolity przebieg na terenie całego kraju. Uszkodzenia dróg i mostów wynikają również z wpływu temperatury (ponad 70 proc. wszystkich szkód), a następnie powodzi (ponad 20 proc. wszystkich szkód), a ok. 7 proc. szkód wynika ze wzrostu intensywności opadów [C11]. Powodzie już teraz generują wysokie straty gospodarcze, szczególnie w przypadku osób najbardziej narażonych (Ryc. S10) [C3]. Bezpośrednie i pośrednie koszty wywołane przyszłymi wstrząsami w infrastrukturze transportowej w pełni uzasadniają dodatkowe inwestycje wymagane w celu uodpornienia sektora transportu na zmiany klimatu, wynoszące około 20 procent obecnego poziomu inwestycji (Tabela S1).

Jako że rejony najbardziej narażone na zagrożenia klimatyczne to zarazem często regiony o niższych dochodach (Ryc. S10), kluczowe będzie ponowne przemyślenie inwestycji w zakresie zabezpieczenia społecznego i zdrowia publicznego.

Polska jest co prawda mniej narażona na zagrożenia klimatyczne niż inne kraje, lecz podatność na zagrożenia klimatyczne jest wyższa wśród ubogiej ludności miejskiej i wiejskiej, która i tak dysponuje mniejszymi zasobami na wypadek utraty dochodów, majątku i zatrudnienia na skutek powodzi, jak również wśród pracujących w rolnictwie i leśnictwie mieszkańców rejonów zagrożonych suszą i niedoborem wody z uwagi na uzależnienie od opadów atmosferycznych. Zarówno w wariancie „sucho/gorąco”, jak i w wariancie „wilgotno/ciepło” symulacje pokazują, że podatność na zmiany klimatu spowodolni wzrost dochodów gospodarstw domowych (dolne 40 proc. i średnia), aczkolwiek skala nie będzie duża i choć z czasem będzie rosła, to pozostanie umiarkowana, wywierając marginalny wpływ na redukcję ubóstwa. Istniejący system zabezpieczenia społecznego obejmuje ubezpieczenie społeczne (głównie składki z tytułu formalnego zatrudnienia), pomoc społeczną dla rodzin z dziećmi (trafiającą do ok. 57 proc. ludności, wg Badania Budżetów Gospodarstw Domowych (BBGD) 2021), świadczenia z pomocy społecznej skierowane do gospodarstw domowych o niskich dochodach (obejmujące około 20 proc. ludności), świadczenia dla osób z niepełnosprawnością oraz ich opiekunów (ok. 15 proc.) oraz aktywne programy rynku pracy. Żaden z tych programów w założeniu nie służy wzmocnieniu odporności populacji w kontekście klęsk żywiołowych skorelowanych z klimatem (zarówno przed, jak i po

RYCINA S11. Pomimo poprawy sytuacji Polska nadal pozostaje w tyle pod względem efektywności wykorzystania wody (dol. na m³)

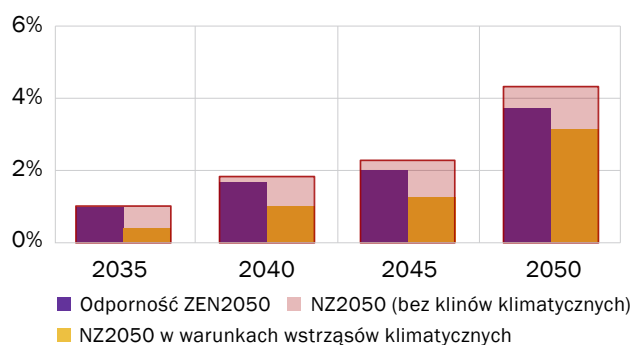


Źródło: World Bank, CLEAR Water Diagnostic

Uwagi: Efektywność wykorzystania wody w Polsce (na pomarańczowo) na tle średniej efektywności wykorzystania wody w UE (na niebiesko). Na osi Y pokazano efektywność wykorzystania wody wyrażoną kwotą w dolarach wygenerowaną z każdego zużytego metra sześciennego wody.

ich wystąpieniu). Chcąc zainwestować w „adaptacyjne” programy zabezpieczenia społecznego zapewniające wsparcie pieniężne w obliczu zagrożeń klimatycznych na czas i w sposób sprawiedliwy społecznie trzeba usprawnić systemy wymiany informacji pod kątem identyfikacji osób podatnych na zagrożenia klimatyczne; poszerzyć rejestry administracyjne pomocy społecznej i skomunikować je z systemami danych wczesnego ostrzegania; zapewnić finansowanie i określić procedury budżetowe na wypadek sytuacji nadzwyczajnej pod kątem dodatkowego wsparcia z pomocy społecznej; wzmocnić międzyresortowe ustalenia w zakresie reagowania kryzysowego (z uwzględnieniem zaangażowanych podmiotów administracji publicznej); a także dostosować procedury programowania i systemy realizacji świadczeń socjalnych dla szybkiej wypłaty środków mających zrekomensować utratę dochodu [C4]. Wreszcie, pomoc w razie utraty środków utrzymania i polityka ubezpieczeń społecznych musiałyby zostać zrewidowane pod kątem wzmocnienia odporności i przeciwdziałania utracie miejsc pracy z powodu zmian klimatu. Niezbędne działania dostosowawcze w dziedzinie zdrowia publicznego to profilaktyka zdrowotna, utrzymanie i ulepszenie infrastruktury medycznej oraz wzmocniony nadzór nad występowaniem chorób związanych z klimatem w celu podjęcia adekwatnych interwencji [C5].

RYCINA. S12. Inwestycje w odporność pomagają ograniczyć ubytek PKB wywołany wstrząsami klimatycznymi



Źródło: Opracowanie własne.

Uwagi: Zysk ZEN2050 to scenariusz bez żadnych wstrząsów klimatycznych. Oś Y – prognozowany wzrost PKB w perspektywie 2050 r.

Polska co prawda z powodzeniem oddzieliła dynamikę wzrostu gospodarczego od zużycia wody, ale według prognoz presja będzie się nasilać.

Pod względem dostępu do zasobów wodnych Polska zajmuje jedno z ostatnich miejsc w Europie (w przeliczeniu na mieszkańca), a wskaźnik ten od dwóch dekad systematycznie spada. Pomimo niedawnych postępów w oszczędnym gospodarowaniu wodą Polska pozostaje w tyle za innymi krajami UE (Ryc. S11). Bez ograniczenia strat, kluczowe dla wyników gospodarczych będzie zrównoważenie popytu i podaży wody – nie uwzględniając rolnictwa, prawie jedna czwarta eksportowanych produktów pochodzi z sektorów wodozależnych, zatrudniających 17 proc. aktywnej zawodowo ludności kraju [C7]. Rosnąca zmienność powierzchniowego spływu wody będzie trudnym sprawdzianem dla słabo rozwiniętej, skoncentrowanej geograficznie

i starzejącej się infrastruktury magazynowania wody w kontekście ochrony przed powodzią i suszami [C9]. Zapewnienie bezpieczeństwa wodnego będzie się wiązać z dodatkowymi inwestycjami w wysokości ok. 20 proc. CAPEX i 25 proc. OPEX w porównaniu do tych przewidzianych w obecnej polityce (Tabela S1).

Inwestycje w odporność zmniejszają oczekiwane straty PKB spowodowane wpływem klimatu o prawie 50 proc. do 2040 r. i prawie całkowicie do 2050 r., przy czym korzyści w dużej mierze przewyższają poniesione koszty. Szybsza dekarbonizacja przyniesie korzyści gospodarcze, ale czynniki produkcji będą coraz bardziej podatne na wstrząsy klimatyczne¹³. Przewiduje się, że roczne straty PKB spowodowane wpływem klimatu będą początkowo niewielkie i wyniosą do 0,37 proc. PKB do 2030 r. Jednak bez wdrożenia interwencji mających na celu dostosowanie kluczowych sektorów gospodarki i czynników produkcji, w wariantcie pesymistycznym (SSP3-7.0 „sucho/gorąco”) średnie roczne straty PKB rosą nieliniowo w czasie, aż do 1,18 proc. w 2050 r. Szacunki te nie uwzględniają wpływu potencjalnych wstrząsów nieliniowych, które już dały się poznać jako źródło głębszych i większych kosztów. W ostatnich latach podwoiła się częstotliwość bezprecedensowych, ekstremalnych susz wywołujących kaskadę kosztów w wielu różnych sektorach – na skutek suszy w latach 2018-2020 PKB Polski skurczył się o 0,5-1 proc. Bez przemysłanych inwestycji w poprawę odporności klimatycznej, do 2045 r. przypadnie mniej więcej połowa zysków ze wzrostu gospodarczego napędzanego szybszą dekarbonizacją (ZEN2050), a do 2050 zostanie zaledwie ¼ (Ryc. S12).

4. Skutki transformacji dla gospodarstw domowych i rynków pracy będą zróżnicowane geograficznie i sektorowo

W scenariuszu ZEN2050 ogólne tempo spadku ubóstwa i wzrostu średniego dochodu utrzymuje się na poziomie podobnym do scenariusza BZ, ale ścieżka ZEN2050 wymaga od gospodarstw domowych zmiany nawyków konsumpcyjnych, a od pracowników dostosowania się do zmian na rynku pracy. Transformacja wpłynie na dobrobyt gospodarstw domowych za pośrednictwem wielu kanałów, takich jak m.in. rynek pracy, produktywność, ceny, zabezpieczenie społeczne czy zmiana kierunków polityki. ZEN2050 może przynieść niewielką dywidendę wzrostu dla uboższych i średniozamożnych gospodarstw domowych, zmniejszając poziom ubóstwa o 0,2 punktu procentowego do 2040 r. w porównaniu z obecną polityką. Oczekuje się, że szybszy wzrost produktywności (wynikający z zastosowania nowych technologii) oraz pogłębienie zasobów kapitału (wywołane szybką dekarbonizacją) przełoży się na wzrost płac realnych, przy szybszych średniorocznych wzrostach w przypadku pracowników wykwalifikowanych. Ponadto przewiduje się, że wyższe ceny energii uda się zrekompensować wzrostem dochodów z pracy i mniejszym zużyciem energii w wyniku reakcji gospodarstw domowych na zmiany cen energii elektrycznej, benzyny i innych paliw. Szybsza dekarbonizacja raczej nie wpłynie w zauważalny sposób na współczynnik Giniego, natomiast wyższa premia za umiejętności prawdopodobnie różnicuje nieco tempo wzrostu dochodów na korzyść lepiej sytuowanych gospodarstw domowych w porównaniu z tymi stanowiącymi dolne 10 procent rozkładu dochodów (0,1-0,2 pp). Dla szybszej redukcji ubóstwa do polityki ZEN2050 można dodać stały wzrost emerytur, a także zwiększyć pulę środków na zabezpieczenie społeczne w zakresie pomocy społecznej dla najuboższych.

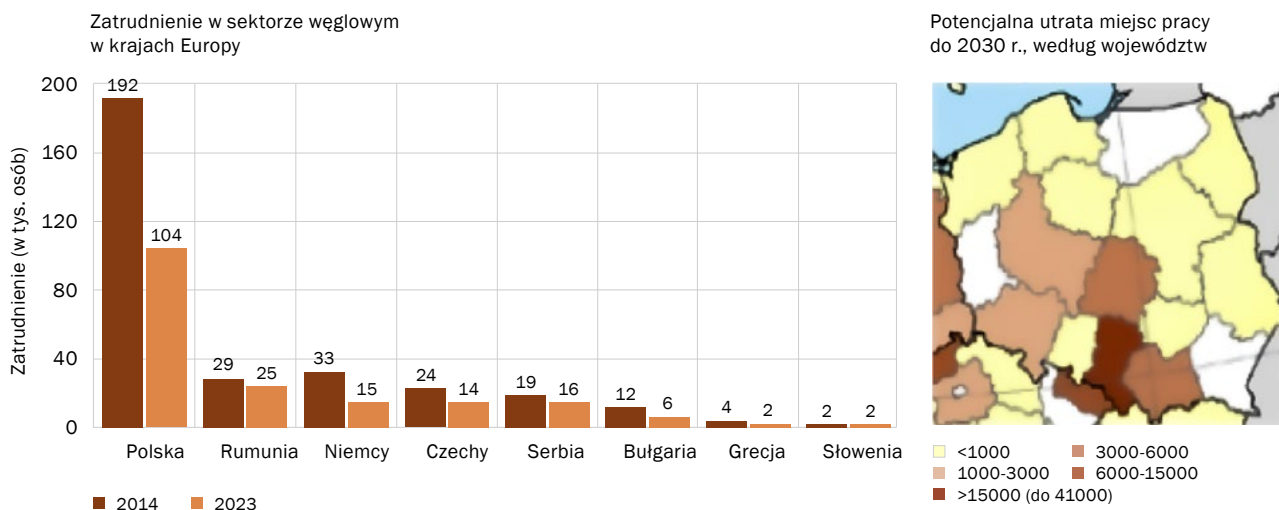
Przy braku adekwatnego wsparcia, rodziny o niskich dochodach i ubogie energetycznie w nieproporcjonalnie silnym stopniu odczują konsekwencje polityki dekarbonizacji, ponieważ nie będą w stanie pokryć wyższych rachunków za media ani zainwestować w energooszczędne instalacje i urządzenia grzewcze. W polskich gospodarstwach domowych o niskich dochodach emisje dwutlenku węgla koncentrują się na dobrach pierwszej potrzeby, takich jak żywność, ogrzewanie i potrzeby mieszkaniowe, które trudno jest ograniczyć: stanowią one 63 proc. całkowitej emisji w gospodarstwach domowych w najbiedniejszym decylnie oraz 42 proc. w przypadku gospodarstw domowych mieszczących się w najbogatszym decylnie. Zmniejszenie śladu węglowego gospodarstw domowych dotkniętych ubóstwem energetycznym, które stanowią ok. 11 proc. ludności kraju, wymaga wymiany przestarzałych, niskowydajnych źródeł ogrzewania na bardziej energooszczędne źródła ciepła. Jako że ubogie energetycznie gospodarstwa domowe z reguły zgłaszają gorszy stan infrastruktury mieszkaniowej, mają do czynienia z podwójnym wyzwaniem: z jednej strony musiałyby ponieść wyższe koszty termomodernizacji budynku w celu osiągnięcia danego standardu charakterystyki energetycznej, a z drugiej mają niższe dochody. W Polsce dostępne jest wsparcie publiczne w formie dotacji i ulg podatkowych (program priorytetowy „Czyste powietrze” w segmencie budynków jednorodzinnych, program TERMO w segmencie budynków wielorodzinnych), lecz gospodarstwom domowym o niskich dochodach trudniej jest skorzystać z dotacji ze względu na obawy co do wysokości rachunków za ogrzewanie, mniejszej zdolności do pokrycia potencjalnie wyższych rachunków z domowego budżetu oraz generalnie mniejszego potencjału pod względem realizacji inwestycji, która zazwyczaj jest stosunkowo skomplikowana. Obecnie procedowane są zmiany w ramach programu priorytetowego „Czyste Powietrze”, które mają na celu wsparcie gospodarstwom domowym w trudnej sytuacji w przygotowaniu i realizacji inwestycji oraz zwiększenie precyzji ukierunkowania środków na grupę o najniższych dochodach [B8].

Transformacja energetyczna przyniesie wprawdzie wzrost liczby miejsc pracy w ujęciu netto, ale jej skutki dla poszczególnych sektorów, regionów i pracowników będą różne i mogą prowadzić do powstania lokalnej pułapki rozwojowej. Oczekuje się, że powstanie ok. 300 tys. nowych miejsc pracy w takich sektorach jak odnawialne źródła energii, energetyka jądrowa, elektro-mobilność, infrastruktura sieciowa, cyfryzacja i termomodernizacja budynków¹⁴ [B9]. Sektory te są zdominowane przez mężczyzn i zatrudniają pracowników o dobrze rozwiniętych umiejętnościach podstawowych i wyższym poziomie wykształcenia, a obecnie borykają się z niedoborem siły roboczej i umiejętności. Regiony bogate w naturalne zasoby (wiatr i słońce) i mające dobrze rozwiniętą energooszczędną infrastrukturę najprawdopodobniej odniosą

większe korzyści, podczas gdy regiony bardziej zależne od węgla i branż wysokoemisyjnych będą narażone na utratę miejsc pracy. Ryzyko wpadnięcia w pułapkę jest na przykład wyższe w regionach silnie uzależnionych gospodarczo od węgla i wyludniających się, takich jak podregion Wielkopolski Wschodniej.¹⁵ Z kolei mniej zagrożone będą powiaty co prawda zależne od węgla, ale leżące w pobliżu dużych ośrodków gospodarczych. Z racji bliskości Katowic, Ruda Śląska ma lepszy dostęp do możliwości gospodarczych stolicy regionu i lepsze wskaźniki rynku pracy.¹⁶ Skutecznym rozwiązaniem umożliwiającym dywersyfikację gospodarek w regionach zagrożonych wpadnięciem w pułapkę rozwojową i zwiększającym odporność lokalnej gospodarki w obliczu transformacji energetycznej mogą być tzw. inwestycje ukierunkowane terytorialnie. Jako że zamiana węgla na odnawialne źródła energii wymaga sporej powierzchni, do 8 tys. km² niewykorzystanych terenów przemysłowych i pokopalnianych w Polsce można by ponownie wykorzystać, co przyniesie korzyści wszystkim zainteresowanym, pozwoli rozwiązać zastane problemy środowiskowe, złagodzi niedobory przestrzenne i stworzy miejsce dla inwestycji w zieloną gospodarkę, generując miejsca pracy i alternatywne źródła dochodów dla ludności wcześniej żyjącej z węgla [B6].

Warunkiem uzyskania aprobaty społecznej dla polityki dekarbonizacji jest szybkie zapewnienie regionom możliwości dalszego rozwoju gospodarczego po węglu. Szacuje się, że do końca 2020 r. przy wydobywaniu węgla w Polsce pracowało 88 tys. osób (prawie 2 proc. ogółu zatrudnionych)¹⁷ natomiast według danych z badania rynków pracy w państwach członkowskich UE, w 2023 r. w polskim górnictwie było zatrudnionych 104 tys. osób (Ryc. S13), czyli połowa wszystkich pracowników związanych z węglu w Europie. Oprócz bezpośredniej utraty miejsc pracy należy się spodziewać, że zamknięcie kopalń węgla spowoduje straty pośrednie w skali od 57 tys. do 130 tys. miejsc pracy w całym kraju ze względu na ogólne spowolnienie gospodarcze na terenach zdominowanych przez sektor wydobywczy.¹⁸ Może to utrwalić już istniejące znaczne rozwarstwienie regionalne i wywołać dalsze dysproporcje. Bez ukierunkowanych terytorialnie polityk na rzecz dywersyfikacji lokalnej gospodarki i tworzenia nowych miejsc pracy w regionach uzależnionych od węgla i bez inwestycji w rozwój umiejętności, potencjału instytucjonalnego i infrastruktury komunikacyjnej nie tylko zmniejszy się skala ogólnych korzyści gospodarczych, ale zagrożona będzie trwałość i fundamenty polityczne transformacji [B6 i B7].

RYCINA S13. Warunkiem pomyślnej transformacji jest uporanie się z lokalnymi skutkami odejścia od węgla



Źródło: Eurostat 2024, tabela lfsa_egan22d. Zatrudnienie według klasyfikacji NACE rev.2 dla wydobywania węgla kamiennego i brunatnego. Wartość dla Niemiec za 2023 rok na podstawie roku 2019 (ostatni dostępny). Utrata miejsc pracy oszacowana za JRC 2019.

Sprawiedliwa transformacja to m.in. osłony socjalne i interwencje na rynku pracy adresowane do pracowników kopalń i innych sektorów, a także ich rodzin. Brak publicznych programów podnoszenia kwalifikacji i przekwalifikowania nie tylko uderzy w pracowników sektora węglowego, ale spotęguje ograniczenia na rynku pracy. System edukacji nie odpowiedział jeszcze na potrzeby w zakresie nowych umiejętności, pojawiające się w różnych sektorach gospodarki w związku z postępującą dekarbonizacją i transformacją klimatyczną. Choć skala spowodowanych transformacją energetyczną zmian na rynku pracy jest nie-

wielka w porównaniu z typową rotacją zatrudnienia, z pewnością będzie trudnym wyzwaniem dla pracowników o przestarzałych kwalifikacjach. Część zwalnianych osób stosunkowo łatwo znajdzie zatrudnienie, ale wielu innych (z reguły starszych i gorzej wykształconych) niekoniecznie. Podpisana przez rząd umowa społeczna zapewnia dodatkowe osłony socjalne w postaci odpraw, wcześniejszych emerytur i wydłużonych płatnych urlopów – dla uzwiązkowionych pracowników sektora węglowego. Trzeba będzie poszerzyć zasięg obowiązujących programów pomocy społecznej, aby uwzględnić wyższe ryzyko utraty dochodów i miejsc pracy przez zatrudnionych w łańcuchach wartości firm górniczych, dostarczających usługi i produkty dla kopalń i elektrowni lub świadczących dla nich usługi przewozowe. W przypadku osób w wieku młodszym niż przedemerytalny skuteczną metodą ochrony i pomocy w zmianie pracy może być podejście indywidualne, łączące interwencje z obszaru pomocy społecznej i publicznych służb zatrudnienia. Trzeba też pamiętać, że na niektórych obszarach, na przykład w Wielkopolsce Wschodniej, możliwości ponownego zatrudnienia są ograniczone ze względu na mało dynamiczny rynek pracy. Realne szanse na rynku pracy prawdopodobnie wiążą się z wymogiem mobilności pracowników, tymczasem niedawno przeprowadzone badania wskazują na zdecydowaną niechęć członków załóg kopalń i elektrowni, a także pracowników zamieszkujących okoliczne gminy, do przeprowadzki do innych miast lub dalekich dojazdów do pracy¹⁹ [B9].

Jednym z warunków pomyślnej dekarbonizacji i sprawiedliwej transformacji jest zmiana przeznaczenia wydatków publicznych i przekierowanie ich z dotacji do paliw kopalnych na programy osłonowe i promocję zatrudnienia. Intensywność dopłat do paliw kopalnych w Polsce przekracza średnią UE. Niedawne podwyżki były głównie odpowiedzią na inflację cen paliw w trakcie kryzysów energetycznych i miały chronić konsumentów (podobnie jak w wielu innych krajach UE). Obniżki podatku VAT na benzynę po stronie popytowej zostały już wycofane, ale dotacje do gazu (3,9 mld dol. w 2022 r.) i węgla (4,6 mld dol. w 2022 r., czyli niemal 60 tys. dol. na jednego zatrudnionego w sektorze węglowym) pozostają w mocy (stan na czerwiec 2024 r.), zaburzając sygnały rynkowe dla ogrzewania i przemysłu. Ubóstwo energetyczne należy zwalczać środkami zarówno polityki społecznej, jak i energetycznej, ale przeszkodą dla powstania skutecznych struktur wsparcia uwzględniających oba wymiary tego wyzwania są tzw. silosy organizacyjne. Zasięg istniejących świadczeń pomocy społecznej (w tym dodatków mieszkaniowych i energetycznych) jest niewielki w porównaniu do skali ubóstwa energetycznego (którym dotknięte jest ok. 10 proc. ludności kraju), a kwoty świadczeń nie są adekwatnie powiązane z koszykiem produktów energetycznych konsumowanych przez gospodarstwa domowe. Z uwagi na brak rejestru dla celów socjalnych oraz ograniczony zasięg wsparcia dla ubogich energetycznie polityczna zdolność reagowania na potrzeby słabszych grup społecznych w zakresie poprawy efektywności energetycznej i łagodzenia skutków zmiany cen produktów energetycznych pozostaje w Polsce ograniczona. Chcąc złagodzić skutki społeczne związane ze stopniowym wycofywaniem się z produkcji energii elektrycznej opartej na węglu i z wydobycia węgla brunatnego trzeba będzie również zastosować specjalne interwencje adresowane do ubogich energetycznie gospodarstw domowych i programy wsparcia zatrudnienia dla osób bezpośrednio i pośrednio dotkniętych transformacją energetyczną, wykraczające poza rozwiązania w zakresie wsparcia dochodu przewidziane w umowie społecznej z 2023 r. [A9]. Wycofując na czas subsydia do paliw kopalnych można nie tylko podnieść rentowność technologii i inwestycji dekarbonizacyjnych, ale także poszerzyć przestrzeń fiskalną w celu wsparcia najbardziej potrzebujących konsumentów [B8] i pracowników [B7].

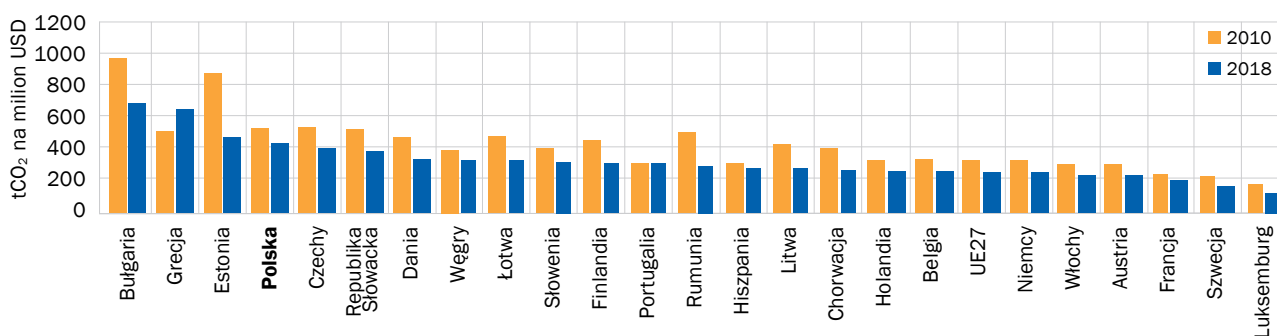
Zważywszy na starzenie się społeczeństwa i spadek liczby osób w wieku produkcyjnym, w pakiecie polityk trzeba uwzględnić inwestycje w edukację, rozwój umiejętności i B+R, aby zaradzić deficytom siły roboczej. Systemy edukacji i szkoleń muszą zapewnić wystarczającą liczbę specjalistów z odpowiednimi umiejętnościami podstawowymi, cyfrowymi, technicznymi i nie-technicznymi na wszystkich poziomach, co pozwoli projektować i wdrażać bardziej ekologiczne technologie i infrastrukturę. Chcąc zdobyć wiedzę na temat zawodów i umiejętności poszukiwanych dzisiaj i jutro w zielonych branżach i coraz bardziej ekologicznych firmach w tradycyjnych sektorach trzeba przede wszystkim zadbać o sprawniejsze systemy informacji o rynku pracy, obserwatoria umiejętności i narzędzia prognostyczne. Konieczne są dalsze inwestycje w kształcenie ustawiczne (które odbywa się poza formalnym systemem edukacji) oraz w podnoszenie i zmianę kwalifikacji siły roboczej – zarówno za pośrednictwem aktywnych programów rynku pracy, jak i szkoleń organizowanych przez pracodawców, by móc szybko reagować na coraz bardziej widoczny niedobór umiejętności w zielonych branżach i przedsiębiorstwach zainteresowanych przejściem na zielone metody produkcji [B9]. Wymaga to do-

stosowania oferty szkoleniowej do tematyki zielonych umiejętności i zwiększenia udziału dorosłych w programach kształcenia i szkoleniach (Polska ma pod tym względem jeden z najniższych wskaźników w Europie, wg Eurostatu w 2022 r. był on na poziomie niespełna 50 proc. średniej UE). W branżach energochłonnych wzrosła liczba pracowników podnoszących swoje kwalifikacje zawodowe i biorących udział w szkoleniach (z 4,3 proc. w 2015 r. do 8,1 proc. w 2022 r.), ale wciąż są to wskaźniki poniżej średniej UE (10,4 proc. w 2022 r.). Z uwagi na krajową sytuację demograficzną, do polityki dekarbonizacji należy dodać interwencje na rzecz zwiększenia podaży pracy, takie jak m.in. zapewnienie przystępnych cenowo usług socjalnych, ulepszone systemy informacji o rynku pracy, przepisy prawa pracy sprzyjające pracy zawodowej kobiet, zachęty do kontynuacji pracy zawodowej oraz programy na rzecz integracji migrantów i uchodźców na rynku pracy.

5. Transformacja oznacza duże możliwości dla sektora prywatnego, ale brakuje gotowości

Polskie firmy mają wypracowaną pozycję w zielonych łańcuchach wartości, ale bez generalnego obniżenia emisyjności gospodarki ich konkurencyjność pozostanie zagrożona. Polskie firmy zdobywają (lub już zdobyły) udział w rynku w najważniejszych zielonych branżach, takich jak produkcja pojazdów (8 proc. PKB, 13 proc. eksportu), części do turbin wiatrowych i technologii solarnych, a także komponentów dla kolejnictwa oraz pomp ciepła i autobusów elektrycznych, wodorowych i hybrydowych. Będą jednak musiały wprowadzić zmiany, by zachować konkurencyjność względem podmiotów gospodarczych funkcjonujących w niskoemisyjnych gospodarkach UE. Emisyjność polskiej gospodarki ponad trzykrotnie przekracza średnią w UE-27 i jest niemal najwyższa w Europie (2. miejsce), a przeciętne polskie przedsiębiorstwo przemysłowe emituje prawie sześć razy więcej gazów cieplarnianych w przeliczeniu na jedno euro wartości dodanej niż jego odpowiednik w krajach najbardziej zaawansowanych we wdrażaniu polityki klimatycznej (Ryc. S14). Szacuje się, że w 2022 r. w systemie ETS polskie firmy zapłaciły rachunek w wysokości ok. 8 mld dol., a do 2030 r. może on wzrosnąć do niemal 40 mld euro, co nie pozostanie bez wpływu na krajową gospodarkę. Inwestycje w dekarbonizację mają zatem kluczowe znaczenie dla zachowania konkurencyjności [B16].

RYCINA S14. Polska pozostaje w tyle za większością państw UE pod względem redukcji emisyjności eksportu



Źródło: OECD. Stat.

Uwagi: Emisyjność eksportu, 2010 i 2018.

Firmy dostosowują się do wyzwań dekarbonizacji w różnym tempie. Jedynie niewielki odsetek polskich firm angażuje się w eko-innowacje, a w europejskim rankingu eko-innowacyjności z 2022 r. (European Eco-Innovation Scoreboard 2022) Polska zajmuje jedno z ostatnich miejsc. Większe i zintegrowane międzynarodowo firmy częściej niż MŚP mają plany działania w kontekście zmian klimatu, częściej opracowują lub inwestują w środki łagodzące skutki zmian klimatu i częściej pozyskują fundusze na zrównoważony rozwój. To samo dotyczy firm produkcyjnych w porównaniu z firmami budowlanymi lub usługowymi. Biorąc pod uwagę ograniczenia w obszarze ekologicznych innowacji w sektorze MMŚP – odpowiedzialnym za ok. 68 proc. zatrudnienia i 51 proc. wartości dodanej w 2020 r. - dekarbonizacja dostaw energii pozostaje priorytetem na polu walki z emisjami w sektorze prywatnym [A8].

Sektor finansowy musi się liczyć tak z zagrożeniami fizycznymi, jak i transformacyjnymi. Te drugie mogą zagrozić stabilności finansowej w przypadku pojawienia się osieroconych aktywów oraz nietrafionej wyceny, czyli niekorzystnej alokacji kapitału. Według stanu na 2022 rok, ekspozycja banków na działalność wysoko-emisyjną wynosiła 75,8 mld zł (17,2 proc. ekspozycji kredytowej w segmencie przedsiębiorstw), z czego 54,3 proc. w sektorze transportu, a 10,7 proc. w sektorze wydobywania paliw kopalnych. Polskie banki są również narażone na fizyczne skutki zmian klimatu, w tym poprzez dużą ekspozycję na wrażliwe sektory w jednostkach samorządu terytorialnego (j.s.t.) o wysokim ryzyku powodzi rzecznych i przybrzeżnych, stowiących odpowiednio 19,81 proc. i 11,43 proc. portfela kredytowego [A2].

6. Budowa odporności i pełna dekarbonizacja gospodarki wymagają znacznych inwestycji, ale wygenerują korzyści netto

Transformacja wymaga znacznych inwestycji, ale wysiłki na rzecz zwiększenia odporności i realizacji strategii ZEN przyniosą korzyści gospodarcze netto. Dekarbonizacja gospodarki w perspektywie 2050 r. oznacza konieczność zainwestowania łącznie 105 mld dol. w sektorze energetycznym i 449 mld dol. ogółem, tj. w transporcie, budynkach, przemyśle, rolnictwie i leśnictwie, co stanowi odpowiednio 1,1 proc. PKB i 4,5 proc. PKB w ciągu najbliższych 25 lat. Lwia część tych inwestycji (ponad 93,8 proc.) jest już ujęta w ramach obecnej polityki w związku z potrzebą rozwiązania problemu starzejących się elektrowni i budynków, a także nieefektywnej floty przemysłowej i transportowej, niezależnie od tempa i skali dekarbonizacji. Ścieżka ZEN2050 pociąga za sobą dodatkowe nakłady inwestycyjne netto w wysokości 28 mld dol. (w porównaniu do scenariusza BZ), tj. mniej niż 7 proc. całkowitej puli inwestycji i 0,3 proc. skumulowanego PKB w tym okresie. Jednocześnie, osiągnięcie zerowego poziomu emisji netto pozwoli uzyskać w omawianym okresie oszczędności operacyjne (w tym w zakresie poprawy efektywności energetycznej) stanowiące 7,2 proc. całości, o łącznej wartości 75 mld dol. Po zliczeniu wyższych nakładów inwestycyjnych i niższych kosztów operacyjnych uzyskuje się korzyści gospodarcze netto w wysokości 45 mld dol. Jedyne sektory, w przypadku których rosną zarówno nakłady inwestycyjne jak i koszty operacyjne to dekarbonizacja w rolnictwie i zwiększenie pojemności pochłaniaczy netto w leśnictwie, z kosztem netto prognozowanych nakładów CAPEX wynoszącym, odpowiednio, 9 mld dol. i 1 mld dol. W porównaniu do dodatkowych potrzeb w zakresie finansowania dekarbonizacji, dodatkowe nakłady inwestycyjne dla wzmocnienia odporności w sektorach objętych niniejszym raportem są stosunkowo skromne i wynoszą 3 mld dol. na inwestycje w bezpieczeństwo wodne; 1 mld dol. na działania dostosowawcze w rolnictwie, 2 mld dol. na gospodarkę leśną i 4 mld dol. na wzmocnienie odporności w sektorze transportu, co daje w sumie 11 mld dol. i stanowi 0,1 proc. PKB²⁰.

Mobilizacja inwestycji na taką skalę wymaga wdrożenia kompleksowych interwencji rynkowych i regulacyjnych w celu przyciągnięcia kapitału prywatnego. Szacuje się, że do 56 proc. łącznych inwestycji dla budowy odporności gospodarczej w kontekście zmian klimatu i osiągnięcia zerowych emisji netto będzie pochodzić z sektora prywatnego. Gotowość sektora finansowego do działania jest dopiero w początkowej fazie rozwoju. Podstawowym źródłem finansowania zewnętrznego dla firm i innych pożyczkobiorców (np. j.s.t.) jest krajowy sektor bankowy, ale jego możliwości są niewystarczające, aby wypełnić lukę w finansowaniu zielonych przedsięwzięć [A2]. Pod względem udziału procentowego funduszy zrównoważonego rozwoju Polska znajduje się na ostatnim miejscu w UE: podczas gdy w UE fundusze ESG stanowią 47,5 proc. wszystkich aktywów, w Polsce ich odsetek wynosi 1 proc. (na koniec 2022 r.). O ile w 2022 r. rozbudowa portfela zielonych produktów była dla polskich banków trzecim co do ważności zadaniem (63 proc.), w 2023 r. znalazła się już na drugim miejscu na liście bankowych priorytetów. W ostatnich latach rynek zielonych obligacji rozszerzył się i pogłębił: przedsiębiorstwa (2,4 mld dol.) i instytucje finansowe (3,4 mld dol.) emitują zielone obligacje zarówno w euro, jak i w złotych, aby sfinansować projekty klimatyczne i środowiskowe. Pod względem wolumenu emisji zielonych obligacji Polska przewyższa pozostałe kraje Europy Środkowo-Wschodniej, ale ponad połowa wolumenu to obligacje państwowe, a rynek wciąż nie może się rozwinąć ze względu na uporczywe bariery. Im szybciej firmy zaczną spełniać wymagania zrównoważonego finansowania, tym szybciej będzie można wypełnić lukę. Sprawozdawczość środowiskowa uległa poprawie, ale firmy w Polsce nadal nie nadążają pod tym względem za krajami z grupy porównawczej. W 2022 r. ok. dwie trzecie największych spółek notowanych na Giełdzie Papierów Wartościowych w Warszawie (GPW) publikowało dane na temat emisji GC, ale mniej niż połowa miała

wyznaczone cele klimatyczne. Inne zachodnie giełdy są znacznie bardziej zaawansowane: 75 proc. spółek S&P100 miało w 2021 r. wyznaczony cel klimatyczny; w przypadku brytyjskiego indeksu FTSE100 było to 82 proc. (również w 2021 r.) [A5].

TABELA S1. Potrzeby inwestycyjne w wiodących sektorach gospodarki w związku z realizacją celu ZEN2050 (wartość bieżąca netto: mld dol. 2020 r.; stopa dyskontowa 6 proc.)

Skumulowane 2025-50 (stopa dyskontowa 6 proc.)	CAPEX Obecna polityka (A)	CAPEX ZEN i odporność do 2050 r. (B)	OPEX Obecna polityka (C)	OPEX ZEN i odporność do 2050 r. (D)	CAPEX różnica netto (B-A)	OPEX różnica netto (D-C)	Koszty netto (B-A+D-C)	Inwestycje netto jako % PKB (B-A) / PKB (%)	CAPEX ogółem w podziale na publiczne/prywatne Sumary-ZEN i odporność
Dekarbonizacja									
Energia elektr. [1]	101	105	103	110	4	7	11	0.044	17% / 83%
Transport [2]	253	251	266	229	-2	-38	-40	-0.023	51% / 49%
Mieszkalne	81	90	267	257	10	-9	0	0.098	20% / 80%
Komercyjne	58	58	164	163	0	-2	-1	0.002	20% / 80%
Przemysł i inne	27	37	316	288	10	-28	-18	0.101	0% / 100%
Leśnictwo [3]	1	3	21	22	1	0	2	0.012	80% / 20%
Rolnictwo [4]	1	10	0	2	9	2	11	0.092	52% / 48%
Ogółem	421	449	1035	960	28	-75	-47	0.282	37% / 63%
Adaptacja									
Rolnictwo	1	2	0	0	1	0	1	0.008	60% / 40%
Bezpieczeństwo wodne	27	30	22	24	3	2	5	0.029	70% / 30%
Odporność w transporcie	54	58	9	11	4	2	6	0.040	95% / 5%
Ogółem	81	89	31	35	8	4	12	0.078	86% / 14%

Źródło: Opracowanie własne.

[1] Przyrostowy CAPEX i OPEX dla energii elektrycznej są już uwzględnione w wydatkach OPEX trzech innych sektorów (transport, budynki mieszkalne oraz przemysł i inne), ponieważ zostały odzwierciedlone w kosztach energii elektrycznej ponoszonych przez sektory końcowego wykorzystania energii. W związku z tym CAPEX i OPEX dla energii elektrycznej wyłączono z dekarbonizacji ogółem

[2] Dodatkowy CAPEX w sektorze transportu dla scenariusza ZEN2050, który nie został bezpośrednio zamodelowany w modelu systemu energetycznego (ani ujęty w wartościach liczbowych podanych w powyższej tabeli) oszacowano na: 8,5 mld dol. do 2050 r. (po zdyskontowaniu) na infrastrukturę kolejową (oprócz już ogłoszonego projektu szybkich kolei/CPK do 2032 r.), plus dodatkowo 1,5 mld dol. do 2050 r. (po zdyskontowaniu) w stosunku do SR na dodatkowe wdrożenie infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych.

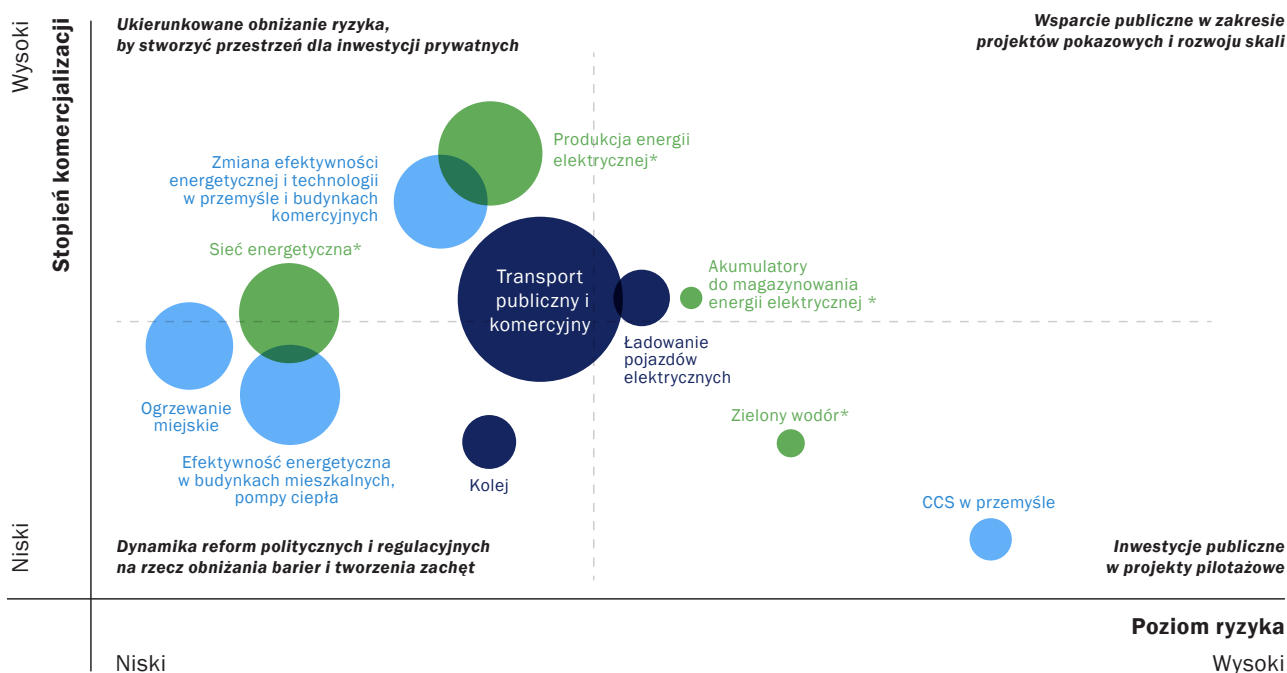
[3] OPEX i CAPEX w leśnictwie nie uwzględniają kosztów pozyskiwania, przesadzania i innej produkcji leśnej; szacuje się ponadto, że koszty gospodarki leśnej w lasach prywatnych są analogiczne jak w Lasach Państwowych.

[4] Współczynniki OPEX i CAPEX w rolnictwie przyjęto na poziomie 20% i 80%, co wymaga dalszej weryfikacji krajowej. Potrzeby inwestycyjne oszacowano na podstawie podejścia oddolnego z uwzględnieniem czynników takich jak: praktyki rolnictwa przyjaznego dla klimatu, koszty jednostkowe takich działań stosowanych przez ościennne kraje UE, potencjał tych działań pod względem łagodzenia lub adaptacji, z zastrzeżeniem ogólnego celu sektorowego do 2050 roku. W rzeczywistości wdrożenie takich środków niekoniecznie jest liniowe, a korzyści z działań łagodzących i adaptacyjnych nie są w każdym roku takie same. Potrzebna jest solidniejsza metoda, aby adekwatnie uwzględnić wszystkie zmienne.

Pozyskanie kapitału prywatnego dla inwestycji umożliwiających łagodzenie skutków zmian klimatu zależy od reform sektorowych, a także od wsparcia ukierunkowanego na partnerstwo publiczno-prywatne oraz inwestycje pokazowe i pilotażowe. Na Ryc. S15 przedstawiono orientacyjną kategoryzację zdyskontowanych przyrostowych wolumenów inwestycji według poziomu ryzyka inwestycyjnego (oś X) i stopnia komercjalizacji podsektora w Polsce (oś Y). W przypadku niektórych podsektorów (np. OZE) stopień komercjalizacji jest już wysoki, a ryzyko niskie, zatem luka w zakresie mobilizacji inwestycji prywatnych jest w tych sektorach niewielka i obejmuje środki takie jak wzmocnienie konkurencji, wspieranie neutralności

wobec konkurujących ze sobą rozwiązań, zapewnienie przejrzystości i poprawa konkurencyjności rynku. W podsektorach takich jak kolej, transport publiczny, sieci elektroenergetyczne i efektywność energetyczna budynków mieszkalnych poziom komercjalizacji jest niższy, więc chcąc zniwelować lukę rentowności być może trzeba będzie połączyć strukturalne reformy sektorowe z wsparciem publicznym. W przypadku dobrze wyodrębnionych aktywów o ograniczonej złożoności i ryzyku w warunkach regulowanych, takich jak ciepłownictwo i sieć, trafnym wyborem może być partnerstwo publiczno-prywatne. Trzecia kategoria to podsektory, w przypadku których wsparcie publiczne w zakresie pokazowych projektów i rozwoju skali mogłoby pomóc w stworzeniu warunków dla skalowalnych inwestycji prywatnych (na przykład akumulatory magazynujące energię elektryczną, infrastruktura ładowania pojazdów elektrycznych). Wreszcie, niskoemisyjne technologie wodorowe i CCS to podsektory, w których rozwój technologii dopiero nabiera tempa, a warunkiem wstępnym dalszego rozwoju są inwestycje publiczne w projekty pokazowe. W takich przypadkach wykorzystanie partnerstw publiczno-prywatnych do realizacji projektów pilotażowych, przy wsparciu w postaci finansowania na preferencyjnych warunkach oraz gwarancji, może zapewnić sektorowi prywatnemu bezpieczne środowisko do udziału w bardziej ryzykownych projektach. Ogólnie rzecz biorąc, uwzględniając prywatny transport drogowy i towarowy, zdyskontowane wolumeny inwestycji w wysoce skomercjalizowanych sektorach stanowią ponad 50 proc. całkowitych potrzeb inwestycyjnych.

RYCINA S15. Potrzeby inwestycyjne do 2050 r. w wybranych podsektorach systemu energetycznego, z orientacyjną kategoryzacją w zależności od poziomu ryzyka i stopnia komercjalizacji w Polsce



Źródło: Opracowanie własne.

Uwaga: Potrzeby inwestycyjne w zakresie sieci elektroenergetycznych i ciepłownictwa nie wynikają z analizy przeprowadzonej w związku z raportem CCDR, ale zostały uwzględnione w celach poglądowych w oparciu o szacunki podmiotów krajowych (patrz przypis 188). Inwestycje w infrastrukturę kolejową i ładowanie pojazdów elektrycznych nie były bezpośrednio modelowane w modelu systemu energetycznego, ale zostały uwzględnione w celach ilustracyjnych w oparciu o szacunki analizy CCDR.

* Potrzeby inwestycyjne (reprezentowane przez wielkość bańki) do 2050 r. dla wybranych podsektorów systemu energetycznego, z orientacyjną kategoryzacją według poziomu ryzyka i komercjalizacji w Polsce według poziomu ryzyka i komercjalizacji w Polsce.

Oprócz funduszy UE, źródłem wsparcia dla polskich inwestycji klimatycznych mogą być bezpośrednie inwestycje zagraniczne (BIZ) i partnerstwo publiczno-prywatne (PPP). W przypadku Polski udział bezpośrednich inwestycji zagranicznych netto w PKB przekracza średnią unijną, a w 2022 r. wartość pozyskanych przez Polskę BIZ przekroczyła 300 mld dol. Kraj ma szansę wykorzystać potężne środki unijne w celu wypełnienia luki w finansowaniu inwestycji klimatycznych, chociaż tempo absorpcji środków w obecnej perspektywie finansowej jest niepewne ze względu na opóźnione rozpoczęcie wypłat. Zarówno napływ bezpośrednich inwestycji zagranicznych, jak i fundusze unijne mogą odegrać kluczową rolę w finansowaniu inwestycji

transformacyjnych i wspieraniu innowacji w najnowocześniejszych technologiach dekarbonizacyjnych. Istotnym dopełnieniem mogą być projekty PPP o wysokiej wartości, z realną perspektywą pozyskania prywatnych środków na inwestycje w niskoemisyjną infrastrukturę. W latach 2009-2024, 61 proc. projektów PPP (112 ze 183) i 64 proc. inwestycji (1,6 mld dol.) uruchomiono w sektorach związanych z klimatem, takich jak: gospodarka wodno-ściekowa, transport, efektywność energetyczna, mieszkalnictwo i energetyka. Polska może skorzystać z dostępności funduszy unijnych w celu wdrożenia hybrydowych PPP, aby zachęcić do prywatnych inwestycji w sektorach związanych z klimatem, zwłaszcza na szczeblu niższym niż krajowy [A3].

7. Obniżenie barier wynikających z ekonomii politycznej

Z uwagi na zaangażowanie państwa w zdominowany przez węgiel sektor energetyczny, do niedawna w Polsce panowały warunki sprzyjające inercji instytucjonalnej i politycznej. Korzenie ówczesnego sprzeciwu wobec zielonej polityki przemysłowej niejednokrotnie sięgały struktur samego państwa, ponieważ państwowe spółki węglowe i agencje rządowe o znacznych udziałach w aktywach węglowych (80 procent aktywów węglowych jest w posiadaniu sektora publicznego) sprzeciwiały się dewaluacji aktywów węglowych. Jednak po dziesięcioleciach wspierania przemysłu węglowego, obecny rząd koncentruje się na zarządzaniu kontrolowaną likwidacją sektora - cel ten jest w zasięgu ręki. W Polsce mamy do czynienia z wysokim poziomem publicznej własności aktywów węglowych, której nie towarzyszy jednak wysoki udział przychodów z węglowodorów w gospodarce (Ryc. S16).²¹ W takiej sytuacji odpowiedzią władz na sprzeciw grup interesu wobec dekarbonizacji może być wsparcie nowych możliwości, jakie już otwierają się przed polskimi firmami dzięki technologicznym innowacjom i premii dla awangardy zielonych branż. Wyniki w zakresie penetracji energii odnawialnej i pozycja kraju w zielonych łańcuchach dostaw pokazują, że to już się dzieje. Jednak usunięcie najważniejszych barier (opisanych powyżej) to nie wszystko – trzeba będzie jeszcze raz przemyśleć rolę sektora publicznego w funkcjonowaniu rynku [A6].

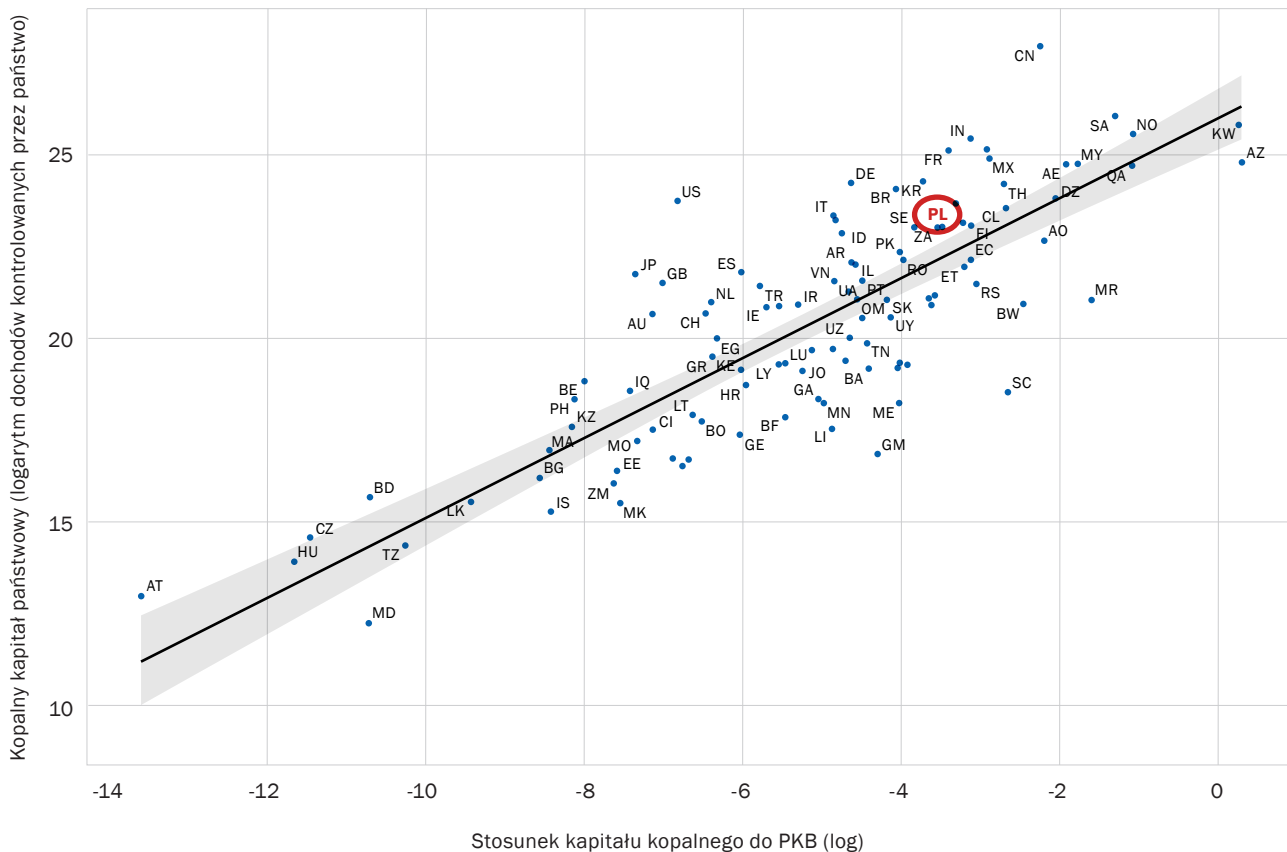
Z uwagi na rolę spółek skarbu państwa (s.s.p.) ważne jest zapewnienie konkurencji rynkowej w sektorach związanych z klimatem. S.s.p. wypracowują 15 proc. polskiego PKB, znacznie powyżej średniej dla krajów z grupy porównawczej. SSP są aktywne w kilku sektorach istotnych dla klimatu, takich jak sektor energetyczny, paliwowy, wydobywczy, transportowy i finansowy. Biorąc pod uwagę dominującą rolę przedsiębiorstw państwowych w polskiej gospodarce, strategia dekarbonizacji nie odniesie sukcesu bez sprawnego opracowania, wdrożenia i rozpowszechnienia technologii niskoemisyjnych i zrównoważonych praktyk w działalności s.s.p. Aby zmaksymalizować skalę i efekty inwestycji komercyjnych rząd musi stworzyć równe szanse, tak aby s.s.p. i firmy prywatne konkurowały ze sobą na takich samych zasadach. Gwarantując neutralność państwa, dbając o uczciwą konkurencję i premijując współpracę między s.s.p. i prywatnymi firmami władze mogą pobudzić innowacje, zapewnić korzyści konsumentom i ułatwić skuteczną transformację w kierunku gospodarki niskoemisyjnej [A6].

Realizacja scenariusza dekarbonizacji i budowy odporności wymaga akceptacji społecznej wobec kierunków polityk i inwestycji – jest to najważniejsza przeszkoda do pokonania na ścieżce transformacji.

Warunkiem powszechnej zgody społecznej na transformację jest zabezpieczenie słabszych grup społecznych i regionów przed negatywnymi skutkami krajowej polityki dekarbonizacji i zmian klimatycznych. Chcąc złagodzić skutki dla rynku pracy należy przede wszystkim usunąć instytucjonalne wąskie gardła ograniczające szersze zastosowanie instrumentów pomocy społecznej i aktywnych programów rynku pracy, współpracując w tym celu ze związkami zawodowymi. Oprócz działań mających zapewnić kontrolę nad bezpośrednimi konsekwencjami odejścia od węgla odczuwanymi przez pracowników, czynnikiem wpływającym na społeczne skutki dekarbonizacji i sprzyjającym akceptacji dla polityki dekarbonizacyjnej będzie skuteczne wdrożenie kompleksowej polityki i inwestycji zorientowanych na cele integracji społecznej, począwszy od osób ubogich energetycznie. Trzeba będzie bacznie obserwować efekty cenowe oraz bariery dla inwestycji w bardziej energooszczędne technologie i nimi zarządzać, stosując jednocześnie ukierunkowane mechanizmy osłonowe. Postawa obywateli będzie ewoluować w zależności od perspektyw gospodarczych wynikających z dekarbonizacji, a także widocznych lokalnych korzyści, np. wynikających z poprawy jakości powietrza [A7]; pozyskanie akceptacji społecznej dla procesu transformacji wymaga skutecznego informowania o spodziewanych korzyściach w

zakresie wzrostu gospodarczego, zatrudnienia, zdrowia i bezpieczeństwa energetycznego. Wreszcie, zważywszy, że w Polsce charakterystyka podatności na zagrożenia klimatyczne pod względem geograficznym pokrywa się z wyższymi wskaźnikami ubóstwa i niższą względną zamożnością gospodarstw domowych, decydujące będzie wsparcie adaptacyjne, w tym poprzez inwestycje w mobilne umiejętności (edukacja) [B9; C12].

RYCINA S16. Poziom publicznego zaangażowania w aktywa węglowe jest wysoki, ale ich znaczenie gospodarcze jest stosunkowo niewielkie



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Babić i Dixon (2022) „Decarbonizing states as owners”, *New Political Economy* DOI: 10.1080/13563467.2022.2149722, z wykorzystaniem bazy danych ORBIS (sierpień 2021).

Uwagi: Relacja między całkowitą własnością państwa w zakresie emisji dwutlenku węgla (oś „y”) a udziałem własności państwa w zakresie emisji dwutlenku węgla w stosunku do PKB (oś „x”).

Dane dotyczące kapitału państwowego w sektorze paliw kopalnych to suma ważona udziałów własności państwa (odsetek posiadanych udziałów) i przychodów operacyjnych przedsiębiorstwa. Klasyfikacja przedsiębiorstwa do przemysłu węglowego w oparciu o szereg kodów branżowych NAICS i NACE (pełna lista znajduje się w materiałach uzupełniających do Babić & Dixon (2022)). Dane dotyczące przychodów i własności podano za bazą danych ORBIS, uwzględniając własność państwową niezależnie od skali: od niewielkich inwestycji portfelowych po pakiety kontrolne. Dane dotyczące PKB pochodzą z Banku Światowego na podstawie informacji z 2019 r. i są wyrażone w dolarach amerykańskich (wartość bieżąca). Kapitał państwowy w sektorze paliw kopalnych (oś „y”) i stosunek kapitału państwowego w sektorze paliw kopalnych do PKB (oś „x”) są wyrażone w logarytmach naturalnych. Jeżeli stosunek kapitału państwowego do PKB jest bliski zeru, kapitał państwowy prawie dorównuje PKB pod względem wielkości. Szara linia przedstawia liniową korelację obu zmiennych, a zacieniony obszar to 95 proc. przedział ufności.

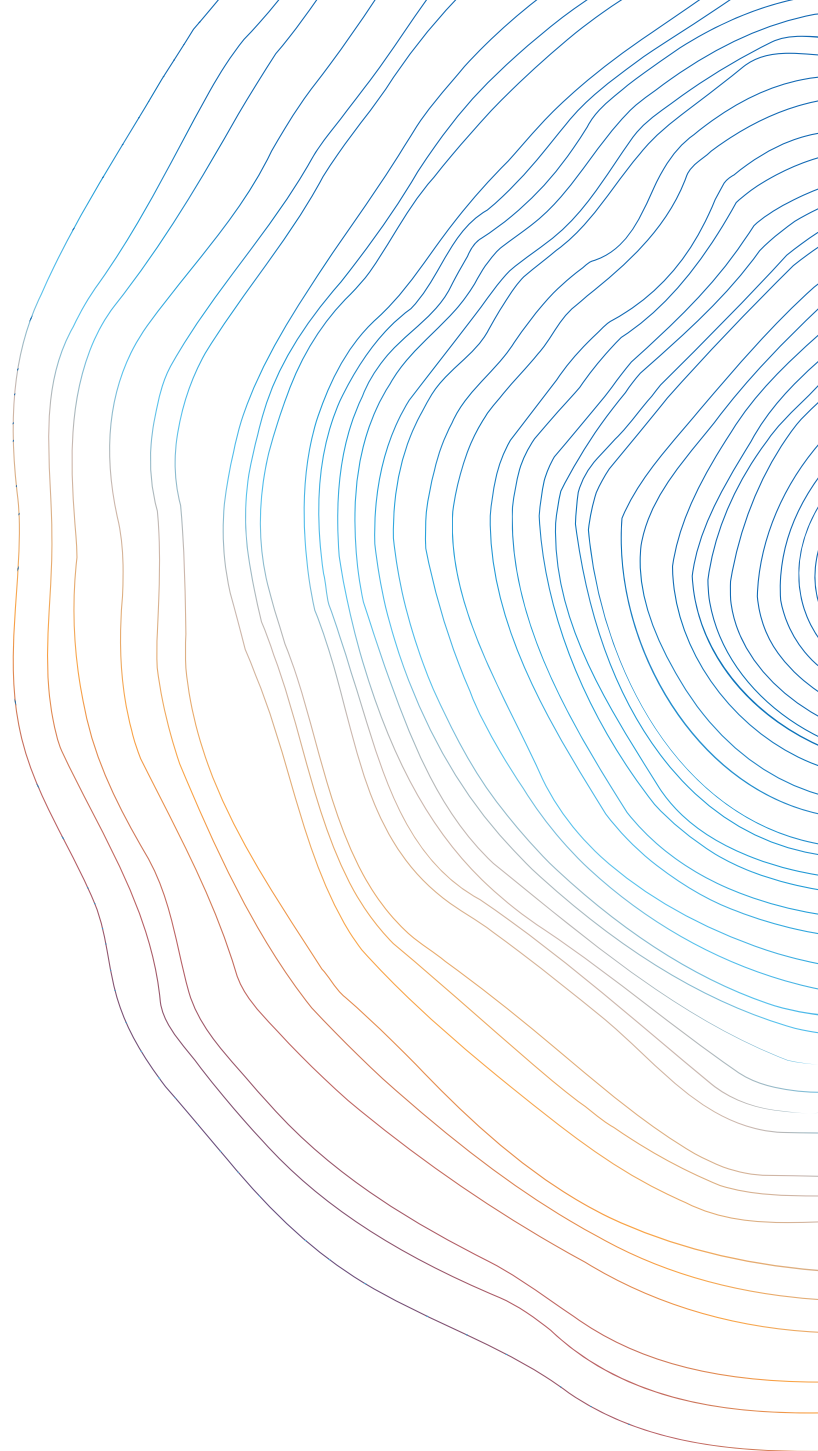
Krajowy Raport Klimatyczno-Rozwojowy (CCDR) składa się z następujących rozdziałów. W rozdziale 1 omówiono perspektywy rozwoju i wzrostu gospodarczego dla Polski w świetle wyzwań i możliwości, jakie wiążą się z procesem dekarbonizacji i wzmocnienia odporności. W rozdziale 2 znajduje się ocena krajowej polityki i potencjału instytucjonalnego w kontekście wyzwań wynikających z transformacji i fizycznych zjawisk towarzyszących zmianom klimatu. W rozdziale 3 przeanalizowano możliwości przyspieszenia tempa dekarbonizacji, a także wyzwania stojące przed rolnictwem i gospodarką wodną, czyli sektorami o kluczowym znaczeniu dla obecnego i przyszłego dobrobytu Polski, w kontekście wzmocnienia odporności na zmiany klimatu. W rozdziale 4 dokonano oceny makroekonomicznych skutków i korzyści wynikających z transfor-

macji, ze szczególnym uwzględnieniem aspektów takich jak sprawiedliwa transformacja oraz rola sektora prywatnego i rynków finansowych.

Rozdział 1. Zmiany klimatu a dobrobyt kraju		
Rozdział 2. Polityka i instytucje	Rozdział 3. Dekarbonizacja i odporność	Rozdział 4. Wzrost gospodarczy, finanse i spójność społeczna
Rozdział 5. Zalecane działania i inwestycje na rzecz transformacji		

W ostatnim rozdziale przedstawiono wynikające z ustaleń raportu priorytety polityczne i inwestycyjne, w podziale na trzy pakiety zagadnień: A) Dostosowania polityczno-instytucjonalne niezbędne dla działań w sektorze publicznym i prywatnym; B) Wprowadzenie gospodarki na kurs ZEN2050; C) Wzmocnienie odporności osób fizycznych i podmiotów gospodarczych (Tabela 5.2). Analiza leżąca u podstaw poszczególnych zaleceń została opatrzona odsyłaczami [np. A1; A2; B1] powyżej i w głównej części raportu.

Rozdział 1. Zmiany klimatu a dobrobyt Polski >>



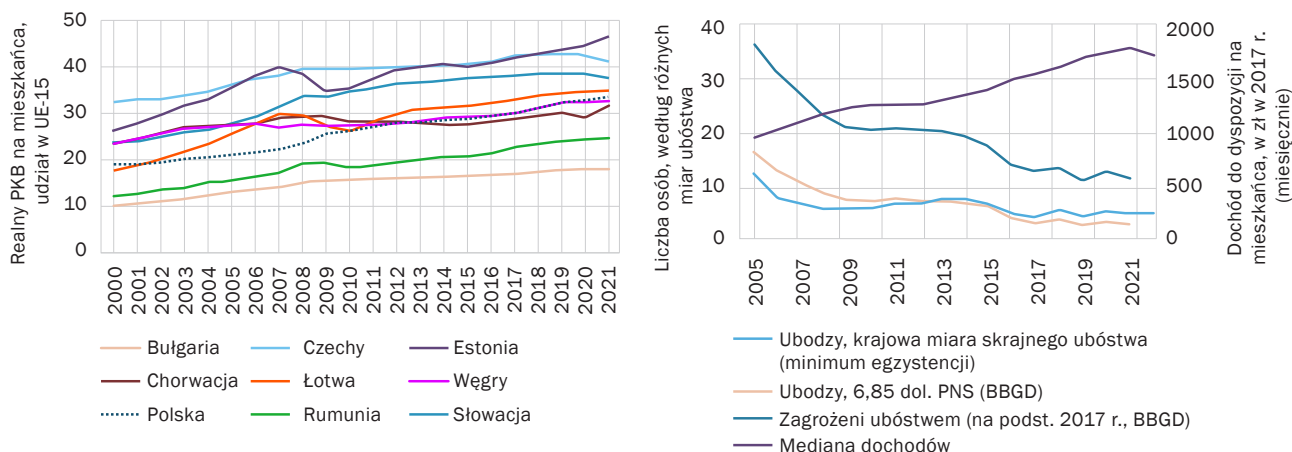
Rozdział 1

Zmiany klimatu a dobrobyt Polski

1.1 Jak zachować konkurencyjną gospodarkę i spójność społeczną w dobie dekarbonizacji

W ciągu zaledwie dwóch dekad Polska przebyła drogę od sztandarowego beneficjenta europejskiej maszyny konwergencji²² do gospodarki stanowiącej siłę napędową UE, czemu towarzyszył zdecydowany spadek ubóstwa i rozwój kapitału ludzkiego. Pod względem wzrostu dochodów Polska jest jednym z liderów UE (szybki awans z grupy wyższej średniej do grupy krajów o wysokich dochodach). W latach 2000–2022 realny PKB na mieszkańca (PSN w dol. z 2017 r.) podwoił się z nawiązką z 48,4 proc. do 79,4 proc. średniej UE-27 (z 16 178 dol. do 37 707 dol.), przy średniej stopie wzrostu wynoszącej 3,8 proc. (ponad dwa razy więcej niż średnia UE wynosząca 1,5 proc.²³ (Ryc. 1.1). Co prawda 12 proc. ludności kraju wciąż jest zagrożone ubóstwem, ale wskaźnik skrajnego ubóstwa skurczył się z 12 proc. w 2004 r. do ok. 5 proc.²⁴; Polska notuje też wielopłaszczyznowe postępy pod względem rozwoju społecznego. Wyniki pierwszego badania PISA z 2000 r. były poniżej średniej OECD, ale już w 2012 r. Polska znalazła się w czołówce krajów z najlepszymi wynikami w naukach ścisłych i czytaniu. W kolejnych edycjach badania PISA z 2015 i 2018 roku Polska osiągała coraz lepsze wyniki, ale potem trend się odwrócił m.in. w związku z pandemią COVID-19 i jej wpływem na efekty nauczania.²⁵ Tak czy inaczej fundamentem polskiego sukcesu stało się członkostwo w UE, które zapewnia stabilność ustroju gospodarczego, korzyści z funduszy unijnych i swobodny dostęp do wspólnego rynku, a także przyciąga bezpośrednio inwestycje zagraniczne (BIZ).

RYCINA 1.1. Dochody kraju rosną, ale procesy konwergencji i spadku ubóstwa mogłyby postępować w szybszym tempie



Źródło: Bank Światowy (2024a).

Hamulcem dla wzrostu są nieusuńnięte przeszkody natury strukturalnej. W szybko starzejącym się społeczeństwie występują liczne luki w umiejętnościach, a wydajność pracy nie sięga średniej UE.²⁶ Słabnąca skuteczność administracji publicznej w połączeniu z nieprzejrzystymi i niepewnymi przepisami oraz nieadekwatny zakres ochrony prawnej inwestorów nie zachęcają sektora prywatnego do inwestycji ani innowacji, które w Polsce są na znacznie niższym poziomie niż w krajach z grupy porównawczej.²⁷ Jednocześnie w ostatnich latach spadła dynamika redukcji ubóstwa, za to nasiliły się nierówności w wymiarze pokoleniowym, społecznym i geograficznym (Ryc. 1.1)²⁸.

Światowa dekarbonizacja rodzi nowe wyzwania adaptacyjne. W 2022 r. Polska generowała 11,2 proc. emisji UE, a dekarbonizacja polskiej gospodarki na przestrzeni ostatnich 30 lat przebiegała znacznie wolniej niż w innych

RYCINA 1.2. Polska już teraz powinna przekroczyć cele na 2030 rok, jeśli UE ma pozostać na wyznaczonej ścieżce dekarbonizacji

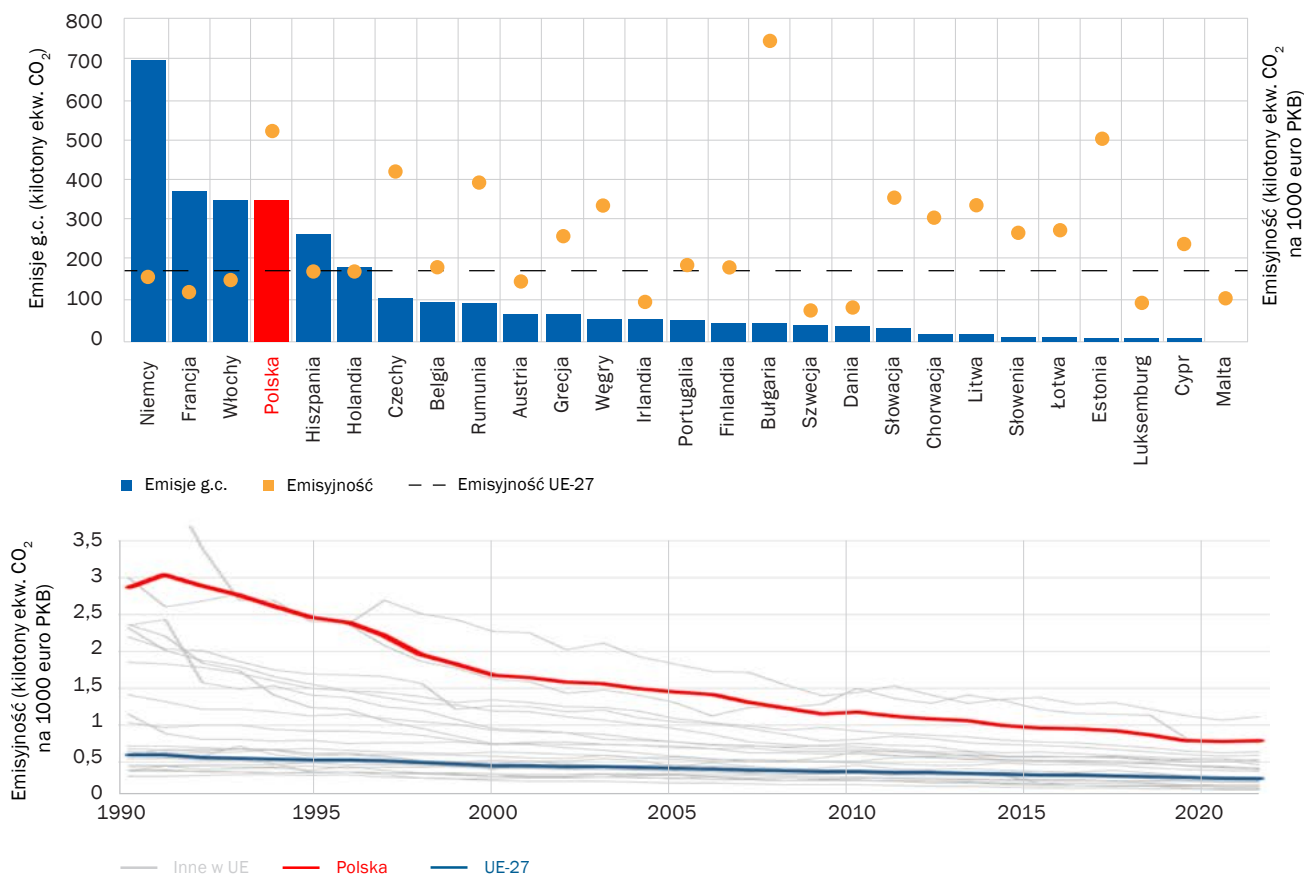
	1990 - 2018	2018 - 2030	2030 - 2050
UE-27	-20,7	-43,2	-56,8
Bułgaria	-42,8	-21,3	-78,7
Węgry	-24,8	-40,2	-59,8
Polska	-12,6	-48,5	-51,5
Rumunia	-53,2	-3,9	-96,1

Źródło: Bank Światowy 2022.

Uwagi: Faktyczna i wymagana redukcja emisji g.c. do 2030 r. i 2050 r. przewidziana w unijnym zielonym ładzie na podstawie rozporządzenia w sprawie wspólnego wysiłku redukcyjnego (zmiana procentowa).

krajach UE, zatem osiągnięcie ogólnoeuropejskiego celu zerowych emisji netto (ZEN) jest uzależnione od tego, jakie działania dekarbonizacyjne zostaną w Polsce zrealizowane w przyszłości (Ryc. 1.2). Przez ostatnie dwadzieścia lat, dzięki poprawie efektywności energetycznej i rosnącemu znaczeniu sektora usług²⁹ w Polsce nastąpiło względne oddzielenie trajektorii wzrostu gospodarczego od zapotrzebowania na energię³⁰. Jedną z konsekwencji wzrostu gospodarczego był jednak silny wzrost całkowitego zużycia końcowego, podczas gdy całkowita podaż energii była nadal zdominowana przez paliwa kopalne (87 proc. całkowitej podaży energii w 2022 r.)³¹. W rezultacie w latach 2005–2020 poziom emisji GC per capita prawie się w Polsce nie zmienił, podczas gdy w tym samym okresie w UE zanotowano średnią redukcję o 29 proc., co czyni polską gospodarkę drugą najbardziej emisyjną gospodarką w Europie (po Bułgarii), a także czwartym największym emitentem GC w Europie, po większych gospodarkach takich jak Niemcy, Francja i Włochy³².

RYCINA 1.3. Przyczyną wysokiej emisyjności polskiej gospodarki w porównaniu do innych krajów UE jest udział węgla w krajowym koszyku energetycznym



Źródło: Eurostat and Climate.

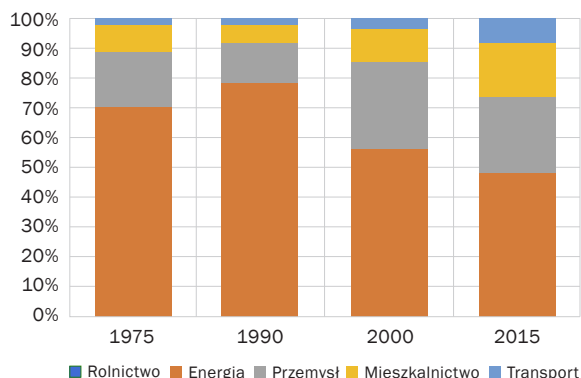
Uwagi: Sumaryczne emisje gazów cieplarnianych w 2020 r. oraz emisyjność gospodarki w 2021 r. (po lewej); emisyjność gospodarki – emisje gazów cieplarnianych na jednostkę PKB w latach 1990–2020 (po prawej).

Zużycie węgla utrzymuje się na wysokim poziomie, a jednocześnie rośnie emisyjność kluczowych sektorów nieenergetycznych. Pomimo tego, że węgiel odpowiada za 42 proc. całkowitego zużycia energii i 61 proc. produkcji energii elektrycznej (w porównaniu do niespełna 16 proc. w pozostałych krajach UE), w sektorze energetycznym emisje spadają (Ryc. 1.3), za to rosną w innych sektorach gospodarki³³. Od 2003 r. obserwuje się gwałtowny wzrost emisji w miastach (o 60 proc.), związany z rozlewaniem się aglomeracji i coraz większą liczbą samochodów. Obecnie transport jest jedynym sektorem wykazującym wzrost emisji gazów cieplarnianych (25 proc. całkowitych emisji g.c. w 2020 r.), a w 2018 r. roczne koszty gospodarcze wynikające z zatorów komunikacyjnych i zanieczyszczeń powietrza oszacowano na 84,3 mld zł (18,3 mld dol.) (Ryc. 1.4)³⁴.

Światowa polityka dekarbonizacyjna może poważnie zagrozić konkurencyjności polskiej gospodarki. Z uwagi na wysoką emisyjność, polski eksport może mocno odczuć konsekwencje globalnej polityki klimatycznej (Ryc. 1.5). Podczas gdy w latach 2018–2022 w ramach unijnego systemu ETS polskie firmy zakupiły

RYCINA 1.4. Szybki wzrost emisji w sektorze transportu

Emisje CO₂ (%) w sektorach gospodarki w ośrodkach miejskich (1975–2015)

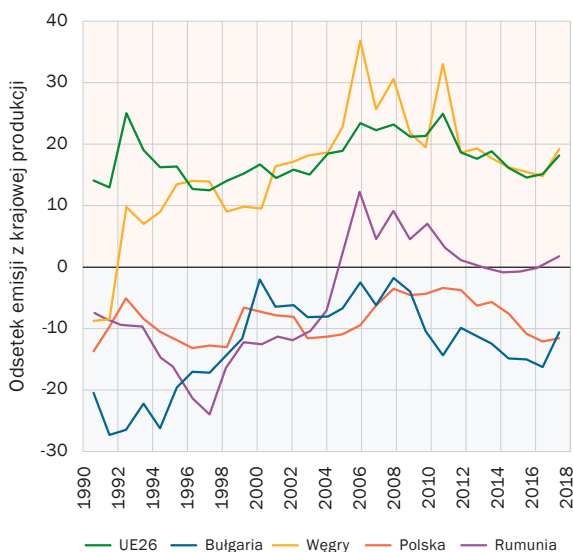


Źródło: Baza danych KE EDGAR (dane z 2015 r.)

od 2018 r. Polska jest importem netto węgla, przy czym – do 2022 r. – ok. dwie trzecie importowanego węgla pochodziło z Rosji³⁶. W 2019 r. całkowity import energii netto stanowił ekwiwalent trzech czwartych produkcji krajowej, a w 2022 r. importowano 75 proc. gazu i 99 proc. ropy naftowej³⁷. Przedłużając funkcjonowanie niekonkurencyjnej branży węglowej Polska ponosi ciężary fiskalne z racji różnych form wsparcia dla sektora. W latach 2017–2021 skala transferów i ulg podatkowych sięgała 1,2 proc. PKB rocznie³⁸, a w 2022 r. rząd zatwierdził dalsze wsparcie w wysokości 29 mld zł do końca 2039 r. Zważywszy na ciągłe problemy z rentownością finansową sektora, odwołanie się do węgla oznacza, że na podtrzymanie funkcjonowania sektora będzie trzeba przeznaczyć kolejne transze publicznych środków³⁹.

Czynnikiem, który dodatkowo podnosi koszty wzrostu gospodarczego opartego na węglu jest bardzo wysoki poziom zanieczyszczenia powietrza, należący do najwyższych w UE. Polskie miasta stale pojawiają się w zestawieniach najbardziej zanieczyszczonych miast w Europie z powodu złej jakości powietrza atmosferycznego, która ma poważne konsekwencje dla zdrowia ludzi, śmiertelności i rachunku ekonomicznego. Polska ma najwyższą liczbę zgonów związanych z zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego i jest jedynym krajem w Europie, w którym w latach 2015–2021 wzrosła z tego powodu śmiertelność: stężenie pyłu zawieszzonego PM_{2,5} odpowiada za ponad 40 tys. przedwczesnych zgonów w skali kraju⁴⁰; za 23

RYCINA 1.5. Polski eksport zajmuje pierwsze miejsce w UE pod względem poziomu wbudowanych emisji



Źródło: Bank Światowy 2022.

Uwagi: Eksport emisji CO₂ netto.

uprawnienia dla ok. 72 proc. zweryfikowanych emisji (po uwzględnieniu bezpłatnych przydziałów), średnia UE wyniosła zaledwie 55 proc., zapewniając firmom spoza Polski znaczną przewagę porównawczą³⁵. Bez zdecydowanie szybszej dekarbonizacji wyższe ceny energii i emisji dwutlenku węgla w UE, a także przesunięcia w łańcuchach dostaw nie pozostaną bez wpływu na konkurencyjność polskiej gospodarki.

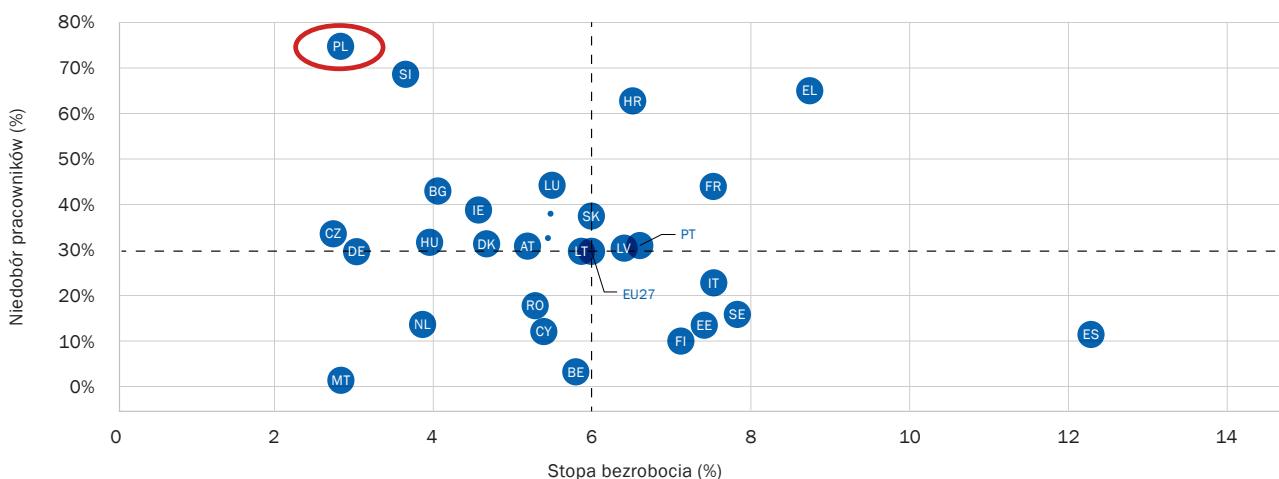
Uzależnienie od węgla nie gwarantuje ani bezpieczeństwa energetycznego, ani ochrony przed wstrząsami na rynku cen surowców, natomiast pociąga za sobą znaczne koszty. W ciągu ostatniej dekady sektor energetyczny dodatkowo uzależnił się od importu energii – udział importowanej energii wzrósł z 31 proc. w 2011 r. do 43 proc. w 2021 r. Co najmniej

i 33 proc. rocznego obciążenia zapaleniem oskrzeli u dzieci i u dorosłych, odpowiednio, a także za 8 proc. całkowitej liczby utraconych dni roboczych rocznie. Dowody wskazują, że zanieczyszczenie powietrza ma znaczący krótkoterminowy wpływ na wyniki nauczania, co w dłuższej perspektywie odbija się na wydajności.⁴¹ Lasy i inne naturalne ekosystemy w Polsce również odczuwają negatywne konsekwencje zanieczyszczenia powietrza i jego skutków ubocznych. Największe obciążenie zachorowalnością i śmiertelnością na skutek zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego notuje się w grupach szczególnie wrażliwych, do których oprócz dzieci zalicza się osoby starsze i ubogie; a także w tych województwach, w których dominują przestarzałe, węglowe instalacje grzewcze w budynkach mieszkalnych. Najnowsze szacunki wskazują, że całkowite koszty gospodarcze zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego wynoszą od 0,6 proc. do 6,4 proc. PKB⁴², podczas gdy realizując cele dyrektywy UE w sprawie jakości powietrza⁴³ można podnieść PKB o 2,9 proc.⁴⁴ w 2023 r. Górnictwo węglowe

jest istotnym źródłem emisji metanu i w skali globu odpowiada za ok. 12 proc. ogółu emisji metanu wywołanych przez człowieka – głównie w kopalniach wciąż będących w eksploatacji, ale do pewnego stopnia również w tych wycofanych z użycia⁴⁵.

Szybka dekarbonizacja to potencjalna szansa w kontekście niskoemisyjnych łańcuchów dostaw. Pod względem udziału w nowych niskoemisyjnych łańcuchach dostaw takich jak pojazdy elektryczne, części do turbin wiatrowych, komponenty dla kolejnictwa, pompy ciepła oraz autobusy elektryczne, wodorowe i hybrydowe Polska już wyprzedza kilka innych krajów UE. Polska gospodarka mogłaby z powodzeniem zwiększyć eksport na bazie krajowej produkcji pięciu podstawowych kategorii produktów potrzebnych do dekarbonizacji w UE (fotowoltaika, energia wiatrowa, pojazdy elektryczne, pompy ciepła i elektrolizery), wykorzystując w tym celu od ok. 50 proc. do 80 proc. więcej etapów łańcucha wartości niż wiele innych państw regionu. Z uwagi na dobrą pozycję Polski w międzynarodowych rankingach zielonej gospodarki, takich jak Green Complexity Index⁴⁶ (od kilku dekad w pierwszej jedenastce) oraz Green Complexity Potential Index (7. miejsce w 2023 r.) należy domniemywać, że w miarę postępów dekarbonizacji na świecie konkurencyjność polskiej gospodarki może rosnąć. Jednak ostatecznie to kierunki krajowej polityki i inwestycje dekarbonizacyjne zadecydują, na ile Polska umocni swoją pozycję w zielonych łańcuchach wartości.

RYCINA 1.6. Zdaniem pracodawców w Polsce występuje największy niedobór pracowników



Źródło: European Labor Authority (2024), EURES Report on labor shortages and surpluses 2023.

https://www.ela.europa.eu/sites/default/files/2024-05/EURES-Shortages_Report-V8.pdf

Uwagi: Niedobór pracowników mierzony odsetkiem menedżerów deklarujących ograniczenia w produkcji na skutek niedoboru siły roboczej, na podstawie Europejskiego badania firm i konsumentów¹. Stopa bezrobocia za badaniem siły roboczej w UE (LFS).

Chcąc wykorzystać szanse, jakie niesie transformacja trzeba będzie sprostać kilku wpływającym na gospodarkę wyzwaniom o charakterze strukturalnym, poczynając od bardzo wymagających rynków pracy. Obecnie stopa bezrobocia wynosi w Polsce 2 proc., co jest jednym z najniższych wyników w Europie, a wskaźnik wolnych miejsc pracy jest na poziomie niespełna 1 proc.⁴⁷ Zdaniem ponad 70 proc. menedżerów firm (2023 r.) napięty rynek pracy oznacza poważne niedobory siły roboczej i skutkuje ograniczeniami w produkcji (Ryc. 1.6). Niedobory siły roboczej występują we wszystkich województwach⁴⁸, ale dostępność miejsc pracy charakteryzuje się dużymi dysproporcjami regionalnymi, a wysokie wskaźniki wakatów są wszechobecne w dużych aglomeracjach miejskich. Problemy z naborem pracowników utrudniają firmom niezbędną adaptację procesów produkcyjnych i modeli biznesowych, również w branżach o istotnym znaczeniu dla zielonej transformacji. Popyt na umiejętności w zielonych zawodach już teraz przewyższa podaż: w 2023 r. zanotowano niedobory wykwalifikowanej siły roboczej w 28 zawodach. Największy deficyt pracowników i umiejętności występuje w sektorze budowlanym, w którym wskaźnik wakatów wzrósł w latach 2015–2021 z 1 proc. do 2,5 proc., a w 2022 r. 75 proc. ankietowanych firm zadeklarowało, że boryka się z niedoborem umiejętności na rynku⁴⁹.

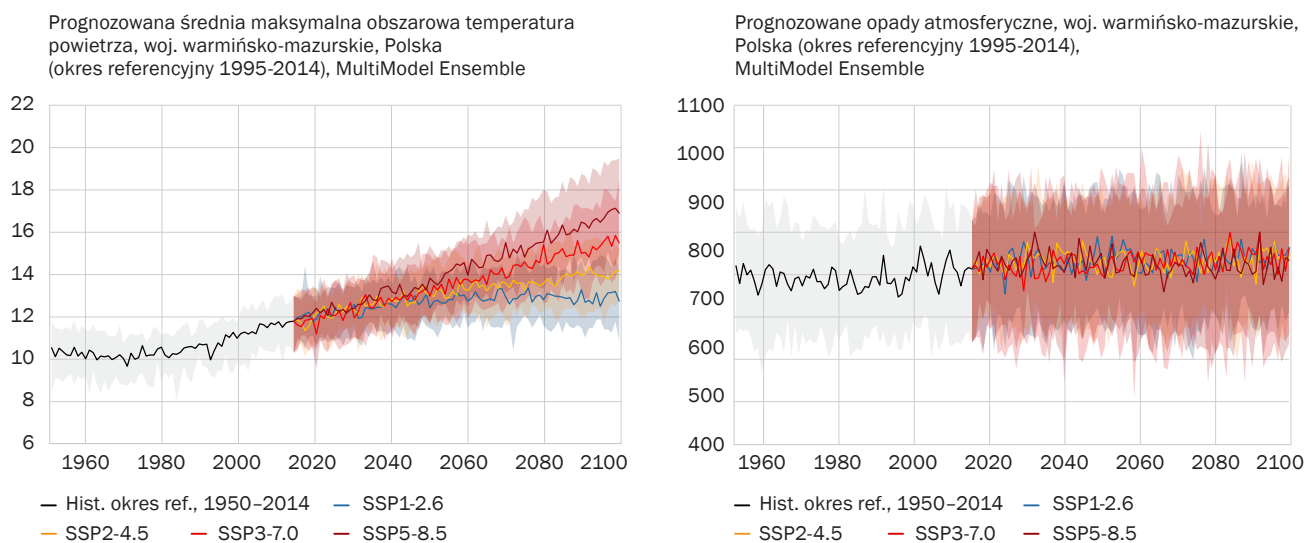
Konsekwencje dekarbonizacji w wymiarze społecznym i zatrudnienia będą się różnić w zależności od branży, regionu i wrażliwości gospodarstwa domowego na rosnące koszty paliw kopalnych. Proces odchodzenia od węgla w Polsce sięga lat 1990-tych. Obecnie bezpośrednio w kopalniach zatrudnionych ich

ok. 88 tys. osób, podczas gdy w 1989 r. było to 444 tys.; do tego trzeba doliczyć ok. 150 tys. pracowników na stanowiskach związanych z węglem (kamiennym i brunatnym), co w sumie stanowi połowę europejskiego zatrudnienia w sektorze węglowym. O ile w skali całego kraju ubytek miejsc pracy w wyniku zamknięcia kopalni węgla będzie zjawiskiem o ograniczonej sile rażenia, lokalna gospodarka z pewnością odczuje istotne skutki bezpośredniej i pośredniej utraty miejsc pracy. Zjawisko ubóstwa energetycznego, dotykające w Polsce w 2021 r. 11 proc. ludności, tj. 1,5 mln gospodarstw domowych, wynika zarówno z niskich dochodów i wysokich kosztów energii, jak i złego stanu technicznego budynków mieszkalnych. W przypadku gospodarstw domowych zaliczanych do ubogich energetycznie częściej mamy do czynienia z nieocieplonymi budynkami i nisko-sprawnymi źródłami ciepła⁵⁰. Oznacza to, że ubogie energetycznie gospodarstwa domowe są bardziej narażone na wyższe ceny energii i rzadziej są w stanie pokryć koszty inwestycji w poprawę efektywności energetycznej, aby zabezpieczyć się na wypadek podwyżki cen. Niewystarczające postępy w poprawie efektywności energetycznej nieruchomości mieszkalnych i komercyjnych doprowadziły do trudnej sytuacji opałowej w gospodarstwach domowych w związku rosnącymi kosztami paliw kopalnych w 2022 i 2023 r., i to pomimo znaczących działań osłonowych mających chronić gospodarstwa domowe przed skutkami rosnących cen paliw (w tym subsydiów w postaci obniżenia podatku VAT na gaz, węgiel i benzynę). Pod koniec 2023 r. co czwarte gospodarstwo domowe mieszkające w budynku jednorodzinny deklarowało, że koszty ogrzewania stanowią poważne obciążenie, z którym trudno sobie poradzić, przy czym odsetek ten był wyższy w przypadku gospodarstw domowych w budynkach o nieocieplonych ścianach⁵¹. Mieszkańcy musieli zmienić dotychczasowe nawyki kosztem obniżenia komfortu cieplnego: aż 32 proc. budynków jednorodzinnych było słabiej ogrzewanych, a w co piątym gospodarstwie domowym zmieniono paliwo na tańsze. Chcąc skorzystać z możliwości, jakie oferuje transformacja trzeba będzie ułatwić gospodarstwom domowym przejście na nowe technologie i zmobilizować je do zmian, pamiętając o skutecznym wsparciu dla osób ubogich i będących w trudnej sytuacji życiowej; a także zastosować ukierunkowane interwencje na skądinąd trudnym i wymagającym rynku pracy.

1.2 Przygotowanie gospodarki i społeczeństwa na konsekwencje zmian klimatu

Podobnie jak pozostałe państwa członkowskie UE, Polska jest narażona na nadchodzące zagrożenia klimatyczne. Między dekadą 1951–1960 a 2011–2020 średnia temperatura wzrosła o ponad 2°C, zdecydowanie przewyższając średnie globalne tempo wzrostu z dwóch ostatnich dekad.

RYCINA 1.7. Zmiana średniej temperatury i opadów atmosferycznych w kolejnych dekadach względem linii bazowej (1995–2020)



Źródło: Opracowanie własne na podstawie utworzonego przez Bank Światowy portalu wiedzy o zmianach klimatu oraz globalnych scenariuszy przygotowanych przez Bank Światowy dla celów analitycznych dla wybranego zakresu SSP-RCPS (3 lutego 2022 r.).

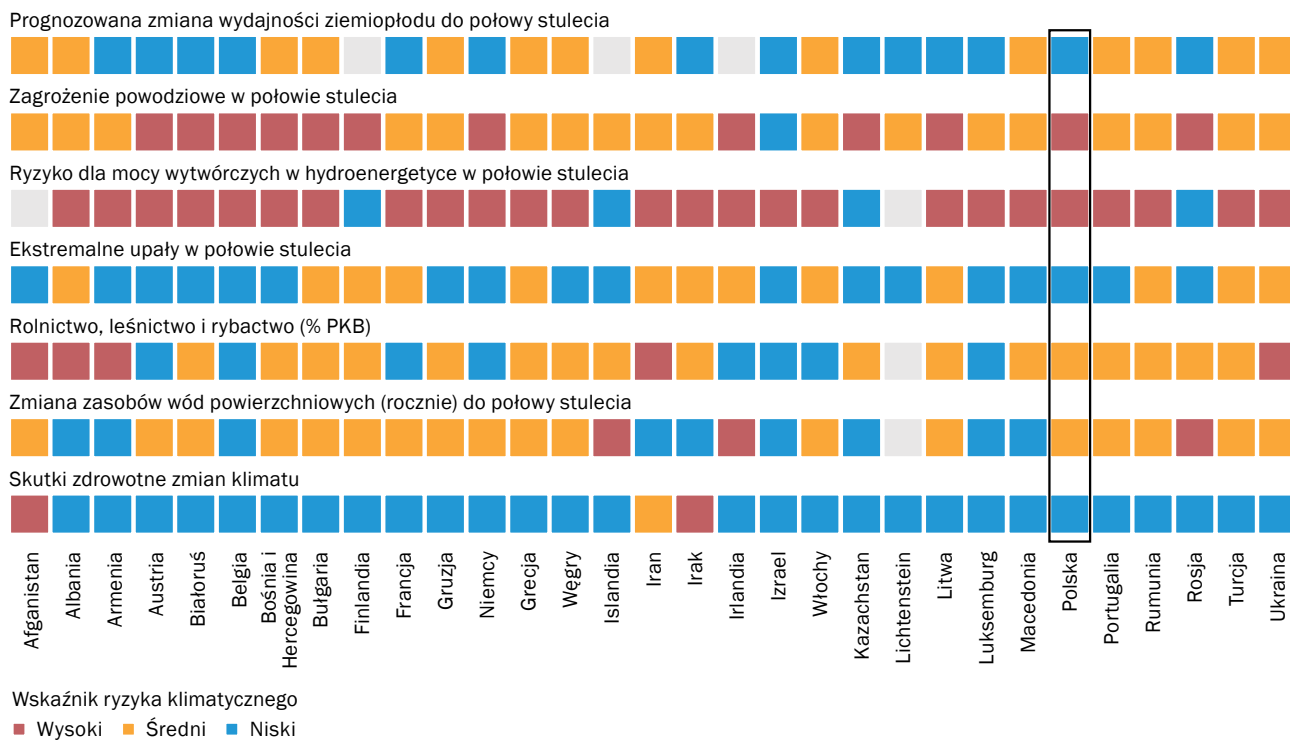
Uwagi: RCP = Reprezentatywna ścieżka koncentracji gazów cieplarnianych. SSP=Wspólne ścieżki rozwoju społeczno-gospodarczego.

Wzrost temperatury nieproporcjonalnie mocno uderza w ludność miejską (w 2023 r. wskaźnik urbanizacji w Polsce wyniósł 59,5⁵²) w tym ze względu na efekt miejskiej wyspy ciepła. Pomimo znacznego zróżnicowania prognoz dotyczących opadów atmosferycznych i tego, że przewidywany średni wzrost temperatury do połowy wieku nawet w pesymistycznych scenariuszach utrzymuje się w granicach 1,5°C (Ryc. 1.7), już zaistniałe zjawiska są dla ludzi i gospodarki zagrożeniem w kontekście dalszych zmian klimatu.

Sumaryczne oddziaływania mogą być nieco słabsze z uwagi na specyficzne uwarunkowania geograficzne i gospodarcze, ale należy się spodziewać wzrostu ryzyka wstrząsów nieliniowych oraz regionalnej podatności na zagrożenia. Przewiduje się, że w przypadku Polski spadek produktywności spowodowany stresem cieplnym będzie słabo odczuwalny ze względu na szerokość geograficzną kraju i stosunkowo niski udział rolnictwa w PKB (8,25 proc.). Nawet w najbardziej pesymistycznych scenariuszach spadek produktywności rolnictwa w perspektywie 2041–2050 r. nie przekracza -0,8 proc., a spadek całkowitej wydajności pracy -0,2 proc. Mimo to, choć w najbardziej pesymistycznych scenariuszach przewiduje się, że do 2041–2050 r. wstrząsy nie przekroczą średnio -2,7 proc. produkcji dla upraw nawadnianych sztucznie, w przypadku upraw nawadnianych deszczem, które stanowią 99 proc. ziemi uprawnej i są podstawą gospodarki na obszarach wiejskich, mogą one osiągnąć -12 proc. (Ryc. 1.8).

RYCINA 1.8. Pomimo korzystnego położenia geograficznego Polska ma podobny profil ryzyka co kraje z grupy porównawczej

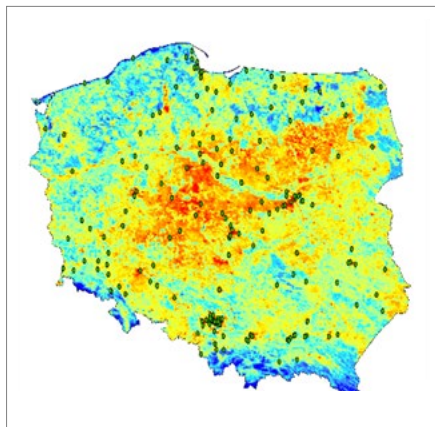
Wybrane wskaźniki ryzyka klimatycznego dla Polski i innych państw



Źródło: Opracowanie własne na podstawie World Development Indicators (WDI).

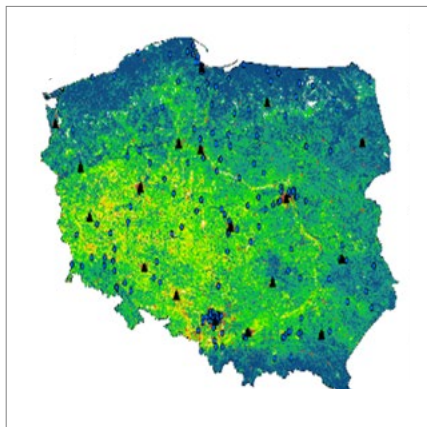
Nadchodzące zagrożenia trzeba rozpatrywać w świetle już obecnych wyzwań. W Polsce średnie zasoby wody słodkiej na mieszkańca wynoszą 1400 m³ (spadek z 1629,7 m³ w 1971 r.) i jest to jedna z najniższych wartości w Europie, zatem już teraz kraj znajduje się pod presją z uwagi na ilość odnawialnych zasobów wody słodkiej⁵³. Na 40 proc. obszarów rolniczych i leśnych (50 proc. w dorzeczu Odry) występuje silne ryzyko suszy rolniczej⁵⁴; szacuje się, że w ciągu ostatnich pięciu lat średnio około 7 proc. upraw uległo zniszczeniu na skutek wstrząsów temperaturowych i opadowych. Historycznie, zagrożeniem powodziowym objęte jest ok. 27 proc. zasobów majątkowych kraju, zgromadzonych w przeważającej mierze na obszarach miejskich, a roczne szkody z tego tytułu stanowią równowartość 0,04 proc. zasobów.

RYCINA 1.9A. Wzrost temperatury nie jest obojętny dla miast i infrastruktury
Temperatura przy gruncie (2022-2023)



Źródło: OD16A2 MODIS/Terra Net Evapotranspiration 8-Day L4 Global 500m version 6.
Uwagi: dobowa temperatura i emisyjność 1 km.

RYCINA 1.9B. Polskie miasta już teraz odczuwają niedobory wody
Średni deficyt wody w latach 2017–2019



Źródło: OD16A2 MODIS/Terra Net Evapotranspiration 8-Day L4 Global 500m version 6.
Uwagi: dobowa temperatura i emisyjność 1 km.

Wstrząsy związane ze zjawiskami atmosferycznymi już teraz wywołują znaczące skutki makroekonomiczne. Polska traci średnio 6 mld zł rocznie (1,3 mld euro) z powodu ekstremalnych susz, a powodzie zagrażają 600 tys. osób i majątkowi o wartości 7 mld dol.⁵⁵ Niektóre regiony, zwłaszcza w środkowo-zachodniej części kraju, pustoszeją. Prognozowany wzrost intensywności opadów atmosferycznych i temperatury prawdopodobnie doprowadzi do dalszego wzrostu częstotliwości powodzi, pożarów i susz (tylko

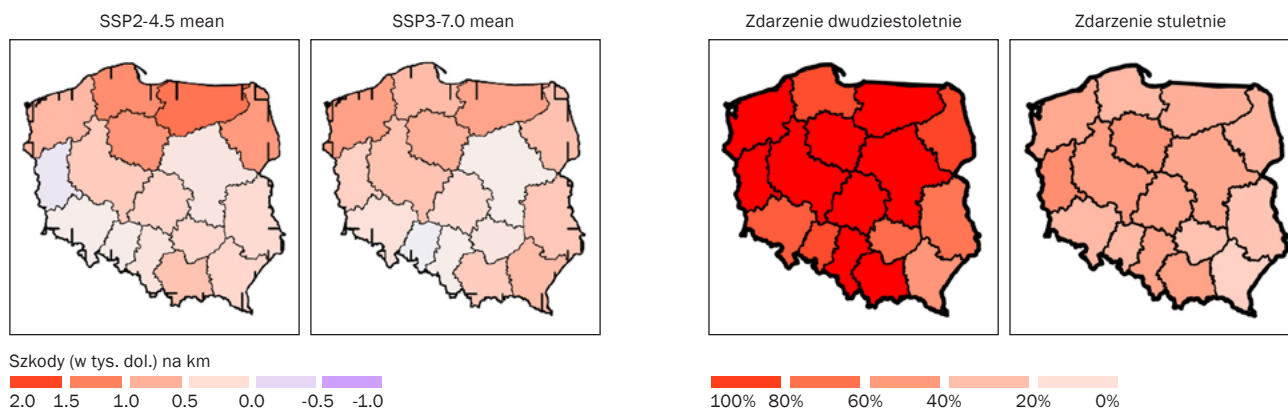
w latach 2010-2019 ich liczba uległa podwojeniu), narażając kraj na znaczne ryzyko makroekonomiczne. W perspektywie dekady 2041–2050 r. skala szkód dla infrastruktury transportowej mogą sięgnąć 1,5 mld dol. rocznie, a całkowite oczekiwane roczne szkody powodziowe mogą wzrosnąć o 81 proc.

Nagromadzenie ludzi, infrastruktury i działalności gospodarczej na obszarach miejskich zwiększa i tak już wysoki poziom ryzyka. Wysokie ryzyko powodzi dotyczy 70 proc. polskich miast, w tym największych aglomeracji takich jak miasto stołeczne Warszawa, Wrocław, Trójmiasto (Gdańsk, Gdynia, Sopot), Poznań⁵⁶ Co drugie miasto w Polsce notuje umiarkowane lub wysokie ryzyko wystąpienia burz i powodzi rzecznych z powodu intensywnych opadów deszczu i topnienia śniegu⁵⁷. Katastrofalne powodzie z 1997 i 2010 roku pokazały, co dla miasta oznacza bliskość zbiorników wodnych w połączeniu z brakiem skutecznego spływu wody z powodu nieprzepuszczalnego pokrycia terenu i niedrożnych dróg wodnych. Jednocześnie miasta takie jak Warszawa, Wrocław, Kraków i Poznań już dzisiaj borykają się z niedoborem wody (Ryc. 1.9b)⁵⁸.

RYCINA 1.10. Infrastruktura może ucierpieć na skutek temperatur i opadów wykraczających poza obecnie obowiązujące techniczne wymagania projektowe

a: Dodatkowe roczne szkody w latach 2041-2050, w podziale na województwa

b: Procentowa dynamika szkód majątkowych do 2050 r., w podziale na województwa

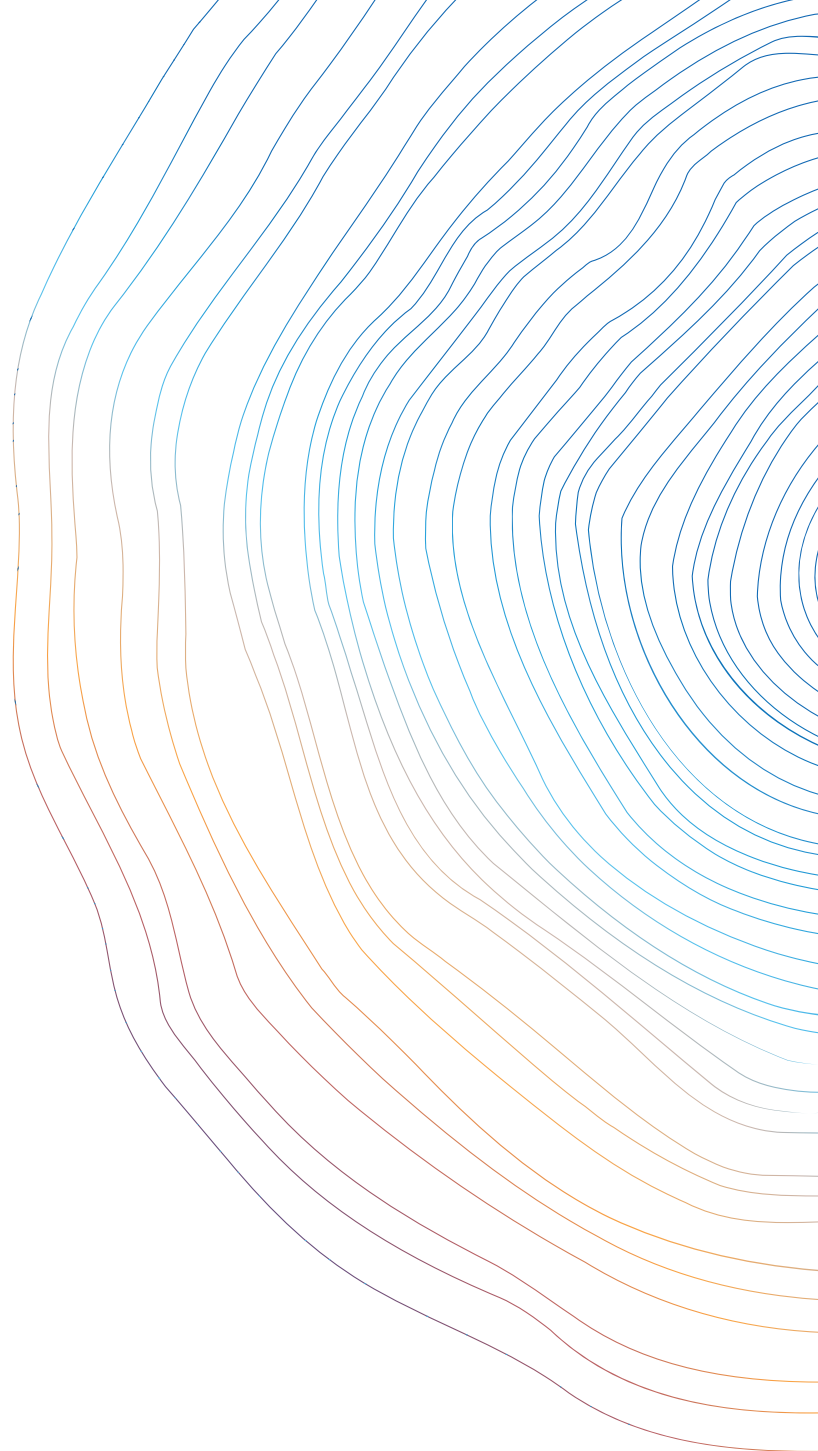


Źródło: Opracowanie własne.

Zmieniające się wzorce pogodowe ograniczą również potencjał deponowania dwutlenku węgla w lasach i w gruncie. W ostatnich dziesięcioleciach powierzchnia lasów zwiększała się głównie z powodu przekształcania gruntów rolnych, co doprowadziło do wzrostu pojemności pochłaniaczy dwutlenku węgla - w

latach 2015–2019 lasy w Polsce pochłaniały ok. 30 milionów ton CO₂ rocznie⁵⁹. Potencjał pochłaniania dwutlenku węgla w tym sektorze wykazuje jednak obecnie tendencję spadkową ze względu na ubytki wywołane starzeniem się zasobów leśnych (uśredniając). W 2022 r. ok. 86 proc. drzew ucierpiało na skutek defoliacji (90 proc. w 2021 r.)⁶⁰, co jest symptomem degradacji lasów na dużą skalę, przy czym konsekwencje tego zjawiska to kwestia magazynowania dwutlenku węgla, ale także perspektyw gospodarki leśnej, na której opiera się trzeci co do wielkości eksport mebli na świecie (za Niemcami i Chinami) i stanowi źródło utrzymania dzięki miejscom pracy przy pozyskiwaniu drewna i w przemyśle drzewnym, w przeważającej mierze na obszarach wiejskich.

Rozdział 2. 2. Polityka i instytucje >>



Rozdział 2

Polityka i instytucje

2.1. Domykanie luk w polityce klimatycznej

Proces dekarbonizacji mógłby przebiegać szybciej, gdyby nie niepewność co do krajowych kierunków polityki. Polska polityka klimatyczna w ciągu ostatniej dekady z trudem nadążała za tempem wyznaczonym na szczelbu UE. Do końca 2023 r. Polska była jedynym państwem członkowskim, które nie podjęło zobowiązania co do realizacji unijnego celu neutralności klimatycznej do 2050 r.; jednym z pięciu, które nie przedstawiły długoterminowej strategii niskoemisyjnej; i chronologicznie ostatnim, które przedstawiło długoterminową strategię renowacji (Tabela 2.1 i Ryc. 2.1). Trzymając się dotychczasowej polityki Polska byłaby w stanie osiągnąć tylko 69 proc. celów redukcyjnych wyznaczonych przez władze krajowe w perspektywie 2040 r. i mniej niż 31 proc. celu UE w zakresie ograniczenia emisji o co najmniej 55 proc. do 2030 r.⁶¹ Znane z przeszłości mechanizmy reagowania na cele unijne, a czasem nawet ich podważania sprawiły, że nie wykorzystano wielu możliwości związanych z transformacją i nie sprostano wielu wyzwaniom, mnożąc przy tym znaki zapytania dla firm i inwestorów [A1].

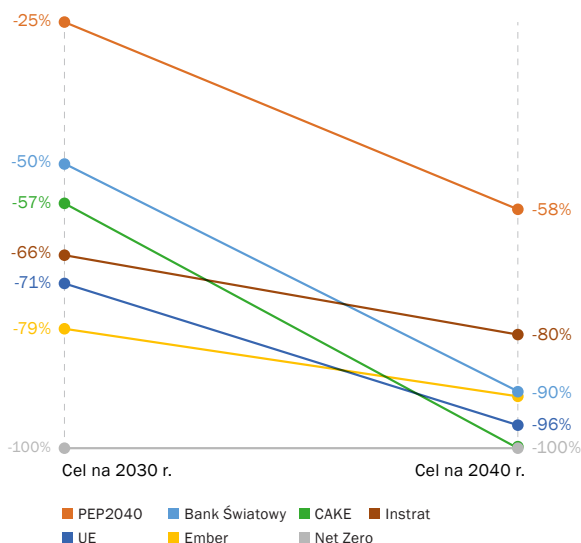
TABELA 2.1. Polskie⁶² i unijne cele polityki klimatycznej w perspektywie 2020 i 2030 roku

Cel		2020	2030 (obowiązujące)	2030 (proponowane)
Redukcja emisji GC	UE	-20% w por. do 1990 r.	-40% w por. do 1990 r.	-55% w por. do 1990 r.
	Polska	Maks. +14% w sektorach objętych dyrektywą ESD 95 w por. do 2005 r.	-7% w sektorach objętych dyrektywą ESD w por. do 2005 r.	
Udział OZE	UE	20% całkowitego zużycia energii (10% w sektorze transportu)	32% całkowitego zużycia energii (14% w sektorze transportu)	38–40% całkowitego zużycia energii
	Polska	15% (10% w sektorze transportu)	21–23% (14% w sektorze transportu)	
Efektywność energetyczna	UE	+20% w por. do prognozy dla 2020 r.	+32,5% w por. do prognozy dla 2030 r.	+36% całkowitego zużycia energii albo +39% dla energii pierwotnej w por. do prognozy dla 2030 r.
		Maks. zużycie energii pierwotnej: 96,4 mln toe	+23% w por. do prognozy dla 2030 r. (maks. zużycie energii pierwotnej: 91,3 mln toe)	

Źródło: Bank Światowy 2022.

RYCINA 2.1. Obecna polityka nie prowadzi do realizacji celów UE.

Cele redukcji emisji w sektorze energetycznym na tle poziomów z 2015 r. (%)



Źródło: Bank Światowy 2022, Komisja Europejska, PEP2040, CAKE, Ember.

Pomimo zanotowanych w ostatnim czasie postępów, takich jak m.in. jednoznaczne wyznaczenie terminu zakończenia wydobycia węgla, nadal nie wiadomo, kiedy i w jaki sposób Polska zamierza zrealizować cel zerowych emisji netto. Polityka energetyczna Polski do 2040 r. (KPEiK 2019)⁶³ opiera się na trzech filarach, jakimi są: „sprawiedliwa transformacja, zeroemisyjny system energetyczny i dobra jakość powietrza”⁶⁴. Zasadnicze cele zapisane w strategicznych dokumentach straciły na aktualności: cele dotyczące mocy OZE już zostały osiągnięte, a harmonogram dla energii jądrowej uważa się obecnie za nierealistyczny⁶⁵. Planując inwestycje w gaz ziemny nie uwzględniono ich przejściowego charakteru [B2]. Wyznaczony na 2049 r. termin zakończenia wydobycia węgla kamiennego⁶⁶ nie został uzupełniony o terminarz zakończenia pracy elektrowni⁶⁷, a brak wizji dekarbonizacji sektorów końcowego wykorzystania energii kreuje nowe znaki zapytania w harmonogramie osiągnięcia zerowego poziomu

emisji netto do 2050 r. (ZEN2050) i najprawdopodobniej oddala kraj od realizacji unijnego celu⁶⁸. Strategiczne dokumenty, takie jak aktualizacja Krajowego Planu na rzecz Energii i Klimatu (projekt opublikowany w lutym 2024 r.) oraz Dziesięcioletni Plan Rozwoju Sieci (projekt opublikowany do konsultacji w marcu 2024 r.) nie odzwierciedlają celów ZEN2050. Skuteczność najnowszych przepisów dotyczących efektywności energetycznej, energii odnawialnej oraz ochrony powietrza i środowiska pozostawia wiele do życzenia ze względu na brak ustawy klimatycznej konsolidującej działania, prerogatywy i potencjał instytucjonalny administracji publicznej oraz odpowiedzialność za realizację celów w zakresie transformacji i gotowości na zmiany klimatu. W rezultacie opóźniają się publiczne i prywatne inwestycje w niezbędną infrastrukturę [A1].

RAMKA 2.1 Zapewnienie osłon socjalnych w procesie odchodzenia od węgla

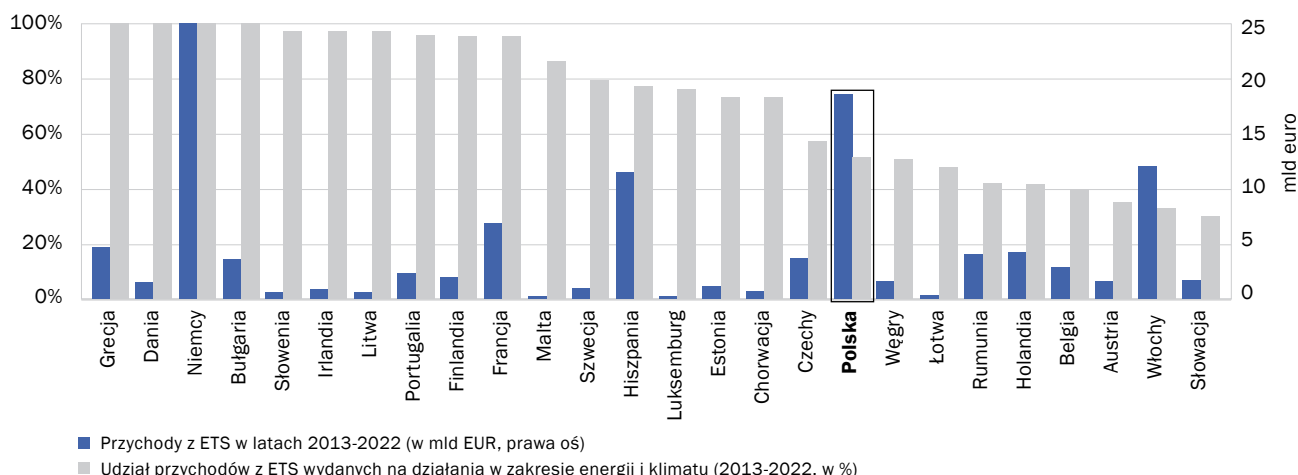
W umowie społecznej z maja 2021 r. zapisano szczegółowy harmonogram zaprzestania wydobycia węgla kamiennego w każdym zakładzie produkcyjnym do końca 2049 r., a także ramową definicję nowego systemu wsparcia i plan rozwoju czystych technologii węglowych; a dla pracowników kopalń przewidziano osłony socjalne. Górnicy tracący zatrudnienie w zamykanych kopalniach mogą podjąć pracę w tych, które nadal działają, przejść na wcześniejszą emeryturę ze świadczeniem w wysokości 80 proc. wynagrodzenia lub otrzymać odprawę w wysokości 120 tys. zł (26 500 euro) w przypadku zmiany sektora. Jako że sektor jest aktualnie niekonkurencyjny, porozumienie de facto oznacza dalsze dotowanie produkcji węgla. Oprócz nakładów z budżetu państwa w porozumieniu przewidziano również wkład środków unijnych [B6].

Niepewność dotyczy również postępów w zarządzaniu skutkami społecznymi odejścia od węgla. Polska zobowiązała się zaprzestać wydobycia węgla do 2049 r. Kluczowe znaczenie dla osiągnięcia tego celu ma porozumienie zawarte w maju 2021 r. przez rząd i przedstawicieli związków zawodowych, mające zapobiec przymusowym zwolnieniom wśród 83 tys. polskich górników oraz ograniczyć skutki dla setek tysięcy miejsc pracy pośrednio związanych z sektorem (patrz Ramka 2.1). Porozumienie nie zostało jednak opatrzone oceną skutków oddziaływania, co każe zadać pytania o długoterminową rentowność pozostałych w eksploatacji elektrowni węglowych i prawdopodobieństwo dalszego wspierania sektora przez państwo przez następne 25 lat, z wszystkimi konsekwencjami fiskalnymi. Harmonogram zamykania kopalni stoi w sprzeczności z tym, co zainteresowane strony uznają za wykonalne, a także z ostatnimi dokumentami rządowymi, takimi jak projekt „Krajowego planu w dziedzinie energii i klimatu”, przedłożony KE w lutym 2024 r. Brak pewności co do harmonogramu i warunków odchodzenia od węgla negatywnie wpływa na decyzje inwestorów i grozi opóźnieniem inwestycji mających zastąpić dominację węgla w koszyku energetycznym, ostatecznie podnosząc całkowite koszty systemowe [B6; B7].

Zamiast mobilizować do dekarbonizacji, wektory prowadzonej polityki były skierowane w przeciwnym kierunku. Podatek węglowy obowiązuje od 1990 r., ale obejmuje tylko 4 proc. krajowych emisji GC i wynosi zaledwie 0,08 dol. za tonę ekwiwalentu CO₂⁶⁹. Licząc w wartościach bezwzględnych i w ujęciu per capita, Polska uzyskuje niemal najwyższe przychody z unijnego systemu handlu emisjami⁷⁰, a mimo to na cele klimatyczno-energetyczne przeznaczają średnio zaledwie 50 proc. z tej puli przychodów, co jest absolutnym minimum zapisanym w dyrektywie ETS (Ryc. 2.2). Polska jest jednym z niewielu państw członkowskich UE, w których w porównaniu z 2015 r. wzrosła intensywność dopłat do paliw kopalnych⁷¹ - w 2021 r. skala wsparcia w postaci dopłat do paliw kopalnych nie tylko przewyższała średnią UE (0,35 proc. PKB w 2021 r.), ale była także zdecydowanie większa niż pomoc fiskalna dla OZE (wynosząca niespełna 0,1 proc. PKB, w porównaniu do średniej w UE w wysokości 0,55 proc. PKB dla UE-27). Sprawozdawczość w obszarze dopłat do paliw kopalnych zazwyczaj charakteryzuje się „niską jakością danych i brakiem przejrzystości”⁷², pojawiają się pytania, czy wsparcie państwa nie jest wyższe od poziomu podawanego w oficjalnych statystykach. Ciągłe wsparcie dla sektora węglowego, a w szczególności bezpośrednie wsparcie dla energii elektrycznej opartej na węglu, zniechęca do wdrażania alternatywnych źródeł energii i rozwiązań na rzecz poprawy efektywności energetycznej oraz pozbawia budżet środków na krytycznie ważne inwestycje, takie jak wzmocnienie sieci energetycznej czy transfery socjalne dla osób będących w najtrudniejszej sytuacji. Polska nie ogłosiła jeszcze planów wycofania dopłat do paliw kopalnych [A9].

RYCINA 2.2. Zaledwie połowa przychodów z systemu ETS wspiera cele związane z transformacją

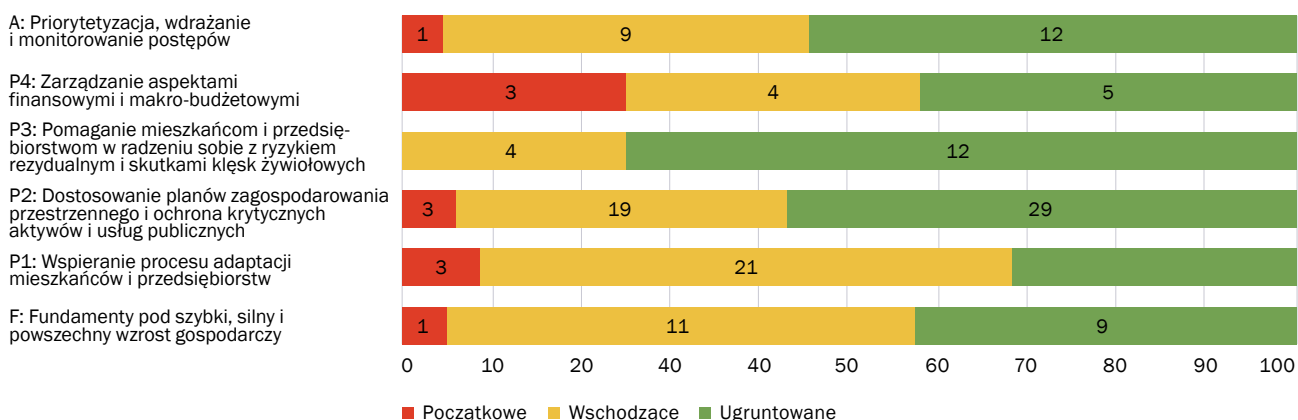
Całkowite przychody z systemu ETS (2013-2022): kolor niebieski, prawa oś i odsetek przeznaczony na działania w dziedzinie energii i klimatu (%): kolor szary, lewa oś.



Źródło: Europejska Agencja Środowiska (EEA) i WWF (2021).

Strategiczne ramy budowy odporności są obecnie pozbawione mechanizmów koordynacji międzysektorowej i zasadniczej atencji rządu. Polska ma niskie wskaźniki odporności społeczno-gospodarczej (dolny tercyl w grupie porównawczej), głównie ze względu na wzrost nierówności w ciągu ostatnich pięciu lat, pomimo stabilnego wzrostu gospodarczego i niższego ubóstwa bezwzględne⁷³. Do uwarunkowań społeczno-gospodarczych trzeba dodać obciążenia związane ze starzeniem się społeczeństwa i malejącym wskaźnikiem urodzeń, co źle wróży wzrostowi gospodarczemu na przyszłość, a także słabe wyniki pod względem łagodzenia wpływu katastroficznych szkód rzeczowych na dobrobyt. Strukturalna ocena ram polityki⁷⁴ ujawnia słabe punkty na styku sektorów, takie jak: i) zarządzanie aspektami finansowymi i makro-budżetowymi; ii) dostosowanie planów zagospodarowania przestrzennego i ochrona krytycznych aktywów i usług publicznych; iii) wspieranie procesu adaptacji osób fizycznych i firm (Ryc. 2.3); podpowiadając, że cele odpornościowe trzeba wpisać do agendy w różnych sektorach, pamiętając o koordynacji poziomej i pionowej – pomimo zachęt do podejmowania działań na szczeblu niższym niż krajowy, duża część (37 proc.) interwencji uwzględnionych w obecnej strategii adaptacyjnej na poziomie niższym niż krajowy nie zostałyby sklasyfikowane jako działania adaptacyjne [A1; A4]⁷⁵.

RYCINA 2.3. Skrócone wyniki oceny kraju pod względem adaptacji i odporności



Źródło: Opracowanie własne na podstawie opracowanych przez Bank Światowy „Ram oceny stanu zaawansowania mechanizmów adaptacji i odporności”.

Polskie miasta i obszary funkcjonalne już teraz podejmują działania w odpowiedzi na zmiany klimatu. W wielu miastach i obszarach funkcjonalnych w Polsce obowiązują plany adaptacji do zmian klimatu, a pięć polskich miast uczestniczy w unijnej misji 100 miast neutralnych dla klimatu do 2030 r. Administracja szczebla

niższego niż krajowy wdraża ambitne projekty redukcji emisji. Samorządy lokalne potrzebują zatem wiedzy merytorycznej i uprawnień decyzyjnych do planowania, koordynowania i wdrażania rozmaitych inwestycji na obszarach miejskich. Potrzebują również solidnych ram fiskalnych, by skutecznie pozyskiwać środki finansowe na inwestycje i nimi zarządzać [B20].

2.2. Rola polityki i instytucji w mobilizacji sektora prywatnego

Podmioty sektora prywatnego w Polsce mają coraz większą świadomość transformacyjnych szans i wyzwań, ale pod względem gotowości pozostają w tyle za innymi krajami UE. Spośród polskich firm, 60 proc. spodziewa się wpływu zmian klimatu na wyniki biznesowe – w UE takie przekonanie podziela nieco mniej, bo 58 proc. firm. W porównaniu do unijnej średniej, polskie firmy zgłaszają więcej przeszkód dla inwestycji klimatycznych, przy czym najczęściej wymieniana jest niepewność co do opodatkowania i przepisów (ośmioro na dziesięcioro respondentów)⁷⁶. Z jednej strony, 60 proc. polskich firm deklaruje, że ich wzrost i wydajność zależy m.in. od zmian klimatu, ale z drugiej tylko 10 proc. zdecydowało się zatrudnić pracowników do zadań związanych z klimatem, w porównaniu do 23 proc. w UE. Polskie firmy są bardziej zaniepokojone ryzykiem związanym z dążeniem do zerowych emisji netto: w Polsce takie obawy zgłasza 47 proc. firm, a w UE średnio 31 proc. W Polsce duży gracz wydaje się bardziej zaniepokojony (54 proc.) niż firmy z sektora MŚP (38 proc.)⁷⁷. Z drugiej strony, tylko 19 proc. polskich firm postrzega transformację jako szansę, znacznie poniżej średniej unijnej wynoszącej 28 proc⁷⁸.

Gotowość sektora prywatnego byłaby zapewne większa, gdyby nie utrudnienia natury politycznej i instytucjonalnej. Nadzwyczajne postępy Polski w takich obszarach jak wytwarzanie energii ze źródeł odnawialnych wydają się jeszcze bardziej niezwykłe, gdy weźmiemy pod uwagę ograniczenia infrastrukturalne, administracyjne i regulacyjne zgłaszane przez inwestorów. Przykłady to brak koordynacji między ministerstwami i agencjami wdrażającymi [A1]; częste zmiany przepisów, które powodują opóźnienia (np. kwestia lokalizacji i eksploatacji lądowych instalacji wiatrowych); a także wąskie gardła w administracji (np. tryb zarządzania systemem białych certyfikatów dla poprawy efektywności energetycznej w przemyśle, de facto hamujący wykorzystanie certyfikatów na pełną skalę)⁷⁹. Kolejnym czynnikiem hamującym dynamikę rozwoju OZE są częste ograniczenia generacji z odnawialnych źródeł wymuszone niską elastycznością systemu przesyłowego [B12].

W kontekście inwestycji dekarbonizacyjnych na pierwszy plan wysuwa się atrakcyjność Polski dla bezpośrednich inwestycji zagranicznych, ale słabiej rozwinięte regiony kraju będą potrzebować celowanych interwencji publicznych. Napływ BIZ u zarania polskiej transformacji gospodarczej⁸⁰ doprowadził do znaczącej poprawy produktywności firm dzięki oddziaływaniom na wszystkie ogniwa łańcucha wartości, co stało się dźwignią eksportu⁸¹. Na podobnej zasadzie, bezpośrednie inwestycje zagraniczne generują efekt domina w zakresie efektywności energetycznej u krajowych dostawców, jako że przedsiębiorstwa wielonarodowe są zazwyczaj bardziej efektywne energetycznie niż krajowi gracze⁸². Co więcej, BIZ mogą odegrać kluczową rolę nie tylko w finansowaniu inwestycji związanych z transformacją, ale także w rozwoju innowacji w zakresie najnowocześniejszych technologii dekarbonizacyjnych. Przyciągnięcie BIZ do regionów słabiej rozwiniętych, także tych odchodzących do węgla, będzie jednak wymagało specjalnych strategii dla pobudzenia gospodarki poprzez inwestycje w rozwój kapitału ludzkiego, infrastruktury i potencjału instytucjonalnego, by zrekompenzować brak korzyści aglomeracji⁸³. Inwestycje w pobudzenie gospodarki powinny uwzględniać zarówno krajowe priorytety, jak i lokalny kontekst, opierając się na lokalnych umiejętnościach i zasobach, a jednocześnie odpowiadając na dynamiczne zmiany w gospodarce (np. radzenie sobie z utratą lokalnych miejsc pracy wywołaną rozwojem sytuacji na światowych rynkach albo zmianą technologiczną) [B6].

W kontekście PPP wyzwaniem jest fragmentacja i luki instytucjonalne w zakresie ram nadzoru i sprawozdawczości PPP. Polskie Ministerstwo Finansów jest co prawda ustawowo powołane do oceny stabilności fiskalnej projektów PPP, ale w praktyce prerogatywy MF w tym obszarze są ograniczone (MFW, 2023), ponieważ projekty PPP z dofinansowaniem z budżetu państwa poniżej 100 mln zł nie są objęte nadzorem MF. Sprawozdawczość w zakresie PPP pozostawia wiele do życzenia zważywszy, że obecnie zobowiązania rządowe w ramach wieloletnich projektów PPP nie są wykazywane w dokumentach budżetowych, a gwarancje związane

z PPP nie są ujmowane w sprawozdaniach dotyczących długu sektora publicznego. Dane dotyczące stanu zobowiązań związanych z PPP są wykazywane pozabilansowo i nie są przekazywane do Eurostatu (MFW, 2023). Co więcej, plany inwestycji kapitałowych j.s.t. nie są formalnie konsultowane z rządem, o ile finansowanie nie pochodzi z budżetu państwa ani funduszy UE. W trosce o wykorzystanie potencjału PPP dla celów zielonej transformacji trzeba zadbać o spójność planów inwestycji kapitałowych i projektów PPP z aktualnymi priorytetami rządowymi zarówno na szczeblu centralnym, jak i niższym, a także usprawnić monitorowanie i sprawozdawczość wyników finansowych [A3].

Odpowiedzią na wyzwania rynku pracy jest podnoszenie i zmiana kwalifikacji. Trudno planować rozwój, wdrożenie i wykorzystanie zielonych technologii bez kompetentnych menedżerów, wykwalifikowanych pracowników i inwestycji w badania i rozwój (B+R). W Polsce premia za wykształcenie w przypadku zielonych miejsc pracy w branżach o wysokim potencjale – takich jak odnawialne źródła energii, energia jądrowa, elektro-mobilność, infrastruktura sieciowa, cyfryzacja i termomodernizacja budynków – jest o 5 proc. wyższe niż w brązowej gospodarce⁸⁴. Jednak szkolnictwo nie koncentruje się jeszcze na umiejętnościach, które napędzają tę różnicę w wynagrodzeniach (i pozostają deficytowe); podobnie jak aktywne polityki rynku pracy nie są jeszcze ukierunkowane na podnoszenie kwalifikacji i przekwalifikowanie celem wsparcia pracowników i zaspokojenia nowych wymagań rynku pracy. Bez inwestycji w rozwój kapitału ludzkiego polska transformacja będzie mniej skuteczna i bardziej kosztowna, co może zwiększyć już i tak wysokie dysproporcje regionalne i zahamować wzrost konkurencyjności [B9].

Potwierdzone korzyści eko-innowacji dla produktywności i odporności podmiotów gospodarczych jak dotąd nie znalazły przełożenia na decyzje inwestycyjne polskich firm. Pomimo bezdyskusyjnych korzyści płynących z przyjęcia zrównoważonych technologii i zielonych innowacji, szczególnie w obliczu wyzwań związanych z bardziej rygorystycznymi przepisami środowiskowymi i rosnącymi kosztami energii, pozostają one w strefie pobożnych życzeń. Wydaje się, że polskie firmy nie są pozytywnie nastawione do inwestowania w zielone technologie, warto więc zainterweniować, by wyeliminować luki w świadomości przedsiębiorców, usprawnić praktyki zarządcze i pobudzić inwestycje cyfrowe⁸⁵. Zważywszy na bardzo niski wskaźnik wkładu kapitałowego ICT we wzrost gospodarczy kraju (zaledwie 4 proc.), potrzebne są dodatkowe inwestycje w ICT i technologie cyfrowe, aby uwolnić potencjał firm i pomóc im przejść na wyższy poziom łańcucha wartości [A8].

Pomimo znacznego wzrostu publicznych nakładów na B+R Polska nadal wydaje stosunkowo niewiele na wspieranie innowacji związanych ze zmianami klimatu. Średnie wydatki na innowacje na pracownika są w UE niemal trzykrotnie wyższe niż w Polsce. Polska od dawna ma słabe notowania na europejskiej tablicy wyników eko-innowacji, zajmując w 2021 r. przedostatnie miejsce w UE. W porównaniu z innymi krajami UE, poziom inwestycji w B+R w polskich firmach należy do najniższych. Trzeba jednak zaznaczyć, że słabe parametry innowacyjności wynikają nie tylko z niewystarczającego finansowania, ale także z braku adekwatnych bodźców instytucjonalnych, w szczególności w zakresie interakcji między jednostkami badawczymi a firmami. Wskaźniki aktywności badawczej idą w górę (publikacje w dziedzinie nauk o środowisku i badań związanych z energią, a także w dziedzinach inżynierskich), ale współpraca między uczelniami wyższymi, publicznymi organizacjami badawczymi i sektorem prywatnym kuleje na tle sytuacji w innych krajach UE⁸⁶. W Polsce powstaje obecnie 120 branżowych centrów umiejętności (BCU) w sektorach związanych z zieloną transformacją, by stworzyć przestrzeń dla innowacyjnej i trwałej współpracy między biznesem a szkolnictwem zawodowym na wszystkich poziomach⁸⁷. Potrzebne są podobne inicjatywy na rzecz poprawy jakości badań publicznych oraz upowszechnienia wiedzy i rozwiązań technologicznych w przemyśle i społeczeństwie.

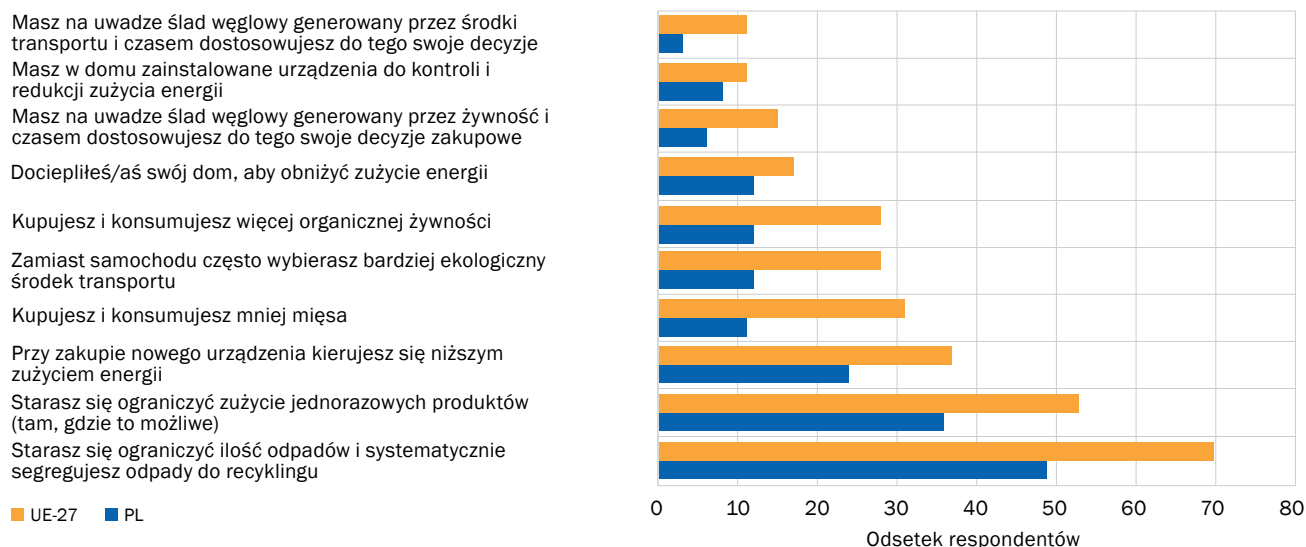
Testy warunków skrajnych w zakresie ryzyka związanego z klimatem i klęskami żywiołowymi dla banków, ubezpieczycieli i dużych inwestorów są nadal dobrowolne i nie są systematycznie uwzględniane w firmowych planach działania. Sektor finansowy dopiero zaczyna sobie uświadamiać ryzyka związane z dekarbonizacją i fizycznymi konsekwencjami zjawisk klimatycznych. Obecnie w Polsce testy warunków skrajnych w zakresie ryzyka klimatycznego nie są obowiązkowe, ale w przyszłości prawdopodobnie staną się standardem, zgodnie z międzynarodowymi trendami. Komitet Stabilności Finansowej (KSF) analizuje przydatne metodologie, by do swoich ram testów warunków skrajnych włączyć testy ryzyka klimatycznego i katastroficznego. Podobnie, Sieć na rzecz Ekologicznego Systemu Finansowego (NGFS), w tym Narodowy

Bank Polski (NBP), opracowują zalecenia dotyczące włączenia ryzyka klimatycznego do testów warunków skrajnych, co może być punktem wyjścia dla przyszłych inicjatyw w zakresie testów warunków skrajnych w Polsce. Z kolei na rynku ubezpieczeniowym Polska Izba Ubezpieczeń (PIU) uruchomiła w 2021 r. pilotażowy test warunków skrajnych dla swoich członków, koncentrując się na typowych ryzykach związanych z ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi, takimi jak powódzie i susze.

Publiczne instytucje finansujące cele rozwojowe dopiero zaczynają uwzględniać kwestie klimatyczne w swoich strategiach i inwestycjach. Krajowe instytucje finansowania rozwoju dysponują znacznym potencjałem w zakresie oceny możliwości zrównoważonych inwestycji, zapewniania pomocy technicznej, oferowania hybrydowych instrumentów rynku kapitałowego i obniżania ryzyka. Mogłyby również wspierać zieloną sekurytyzację w celu ponownego wykorzystania kapitału bankowego i odblokowania nowych prywatnych zielonych/zrównoważonych kredytów. Nowe strategie tworzone przez Polski Fundusz Rozwoju (PFR) i Bank Gospodarstwa Krajowego (BGK) mają w większym stopniu uwzględniać aspekty związane z klimatem i transformacją energetyczną, nadając im większą wagę w praktyce inwestycyjnej [A5].

Orędownikiem zielonej transformacji powinien być bank centralny, organy nadzoru finansowego i regulatorzy rynków kapitałowych. Przejawem aktywnego wspierania zielonej transformacji jest m.in. (a) usuwanie luk w danych klimatycznych i ulepszanie ujawnień finansowych, (b) włączanie raportowania ryzyka klimatycznego do ram nadzorczych oraz (c) rozwój kompetencji w zakresie analizy ryzyka klimatycznego i otwarte udostępnianie wyników prac analitycznych. Instytucje finansowe mogą zasadniczo łagodzić skutki zmian klimatycznych poprzez włączenie ryzyka klimatycznego do długoterminowych strategii i polityk kredytowych na bazie rzetelnych ujawnień. Ponadto instytucje nadzorcze powinny egzekwować dyscyplinę rynkową, aby umożliwić prawidłową wycenę projektów i firm przez inwestorów i kredytodawców, którzy mogą następnie skłonić instytucje finansowe do lepszego zarządzania ryzykiem klimatycznym. Dodatkowo, chcąc przyspieszyć przejście na gospodarkę niskoemisyjną należy dbać o przejrzystość standardów (np. taksonomie zrównoważonego finansowania) oraz poszukiwać mechanizmów zachęcających do finansowania projektów ekologicznych.

RYCINA 2.4. Polacy rzadziej niż obywatele innych krajów UE podejmują działania mające przeciwdziałać zmianom klimatu



Źródło: Special Eurobarometer 538, Climate Change.

Spoleczne poparcie dla transformacji zależy od tego, czy władze zastosują sprawiedliwe środki zaradcze w związku ze skutkami przekształceń i wyznaczą jasny kierunek polityki. Wyniki badań opinii społecznej wskazują na ewolucję postaw – ankietowani oczekują podjęcia większej liczby działań na rzecz klimatu. Jak pokazały wyniki sondażu przeprowadzonego w 2021 r. przez Centrum Badań Opinii Społecznej, 74 proc. ludności popiera stopniowe wygaszanie sektora energetycznego opartego na węglu, podczas gdy

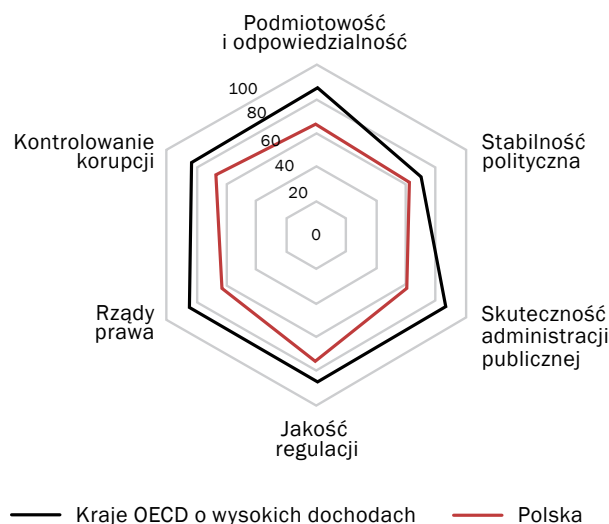
tylko 19 proc. uważa, że węgiel powinien być głównym surowcem do produkcji energii. Prawie trzy czwarte respondentów popiera likwidację dotacji i ulg podatkowych dla firm silnie uzależnionych od paliw kopalnych. Polscy obywatele kładą jednak duży nacisk na kwestie sprawiedliwości i spójności społecznej w procesie budowania gospodarki neutralnej dla klimatu, a prawie dwie trzecie ankietowanych deklaruje, że zaakceptowałyby podwyżkę podatku dochodowego, aby pomóc osobom o najniższych dochodach w spełnieniu wymagań polityki klimatycznej. Podczas gdy dwie trzecie Polaków (66 proc.) opowiada się za bardziej zdecydowanymi działaniami rządu, tylko 42 proc. respondentów deklaruje, że ma zaufanie do kompetencji rządu w kontekście równościowego wymiaru transformacji⁸⁸ klimatu (Ryc. 2.3). O ile respondenci słusznie uważają, że rząd, biznes i przemysł powinny wziąć odpowiedzialność za przeciwdziałanie zmianom klimatycznym, niespełna co szósty ankietowany (17 proc.) zauważa istotność indywidualnych działań, w porównaniu z nieco ponad jedną trzecią osób w UE (35 proc.)⁸⁹. Dobrym sposobem na pozyskanie poparcia opinii publicznej dla celów transformacji byłoby nagłośnienie coraz lepszej jakości powietrza w lokalnej skali, która jest skutkiem ubocznym dekarbonizacji [C12].

2.3 Instytucjonalne przeszkody dla reform i inwestycji związanych ze zmianami klimatu

Niedawne pogorszenie jakości instytucji w Polsce może stać się przeszkodą na drodze do zerowych emisji netto i wzmocnienia odporności. W ostatniej dekadzie w kraju doszło do erozji większości wskaźników ładu zarządczego⁹⁰, przez co powiększył się dystans do innych gospodarek o wysokich dochodach (Ryc. 2.5). Funkcjonowanie polskiego systemu zarządzania kwestiami klimatycznymi jest zatem odbiciem szerszych wyzwań instytucjonalnych. Ustanowiony zaraz po przystąpieniu Polski do UE w 2004 r. system zarządzania kwestiami klimatycznymi de iure odzwierciedla zarówno normy unijne, jak i lokalne rozwiązania. De facto jednak luki informacyjne, ograniczony potencjał merytoryczny oraz przekrojowe deficyty instytucjonalne, takie jak brak odpowiedniej koordynacji, prowadzą do braku konsekwencji w kształtowaniu polityki; rozmyte granice na styku poszczególnych resortów i spółek skarbu państwa (SSP) skutkują brakiem wiodącej roli i odpowiedzialności za działania wdrożeniowe i pozbawiają organy uprawnień wykonawczych; a dialog i konsultacje publiczno-prywatne są nadal w powijakach.

Pod względem skuteczności instytucji odpowiedzialnych za politykę klimatyczną i ochronę środowiska Polska pozostaje w tyle za większością państw członkowskich Unii Europejskiej. Zadawnione problemy, zaostrzone na skutek erozji ładu zarządczego, m.in. w obszarze skuteczności rządu i jakości regulacji (Ryc. 2.5); deprecjacja jakości ocen skutków regulacji i mechanizmów konsultacyjnych; wreszcie, niskie zaufanie do rządu (34 proc. w 2022 r., jeden z najniższych wskaźników w OECD), negatywnie odbiły się na kluczowych aspektach planowania i wdrażania transformacji, takich jak m.in. dalekowzroczna wizja, ramy prawne⁹¹, monitorowanie, sprawozdawczość i weryfikacja oraz strategia finansowania, które to aspekty albo nie zostały zabezpieczone, albo występują w szcątkowej postaci⁹² [A1].

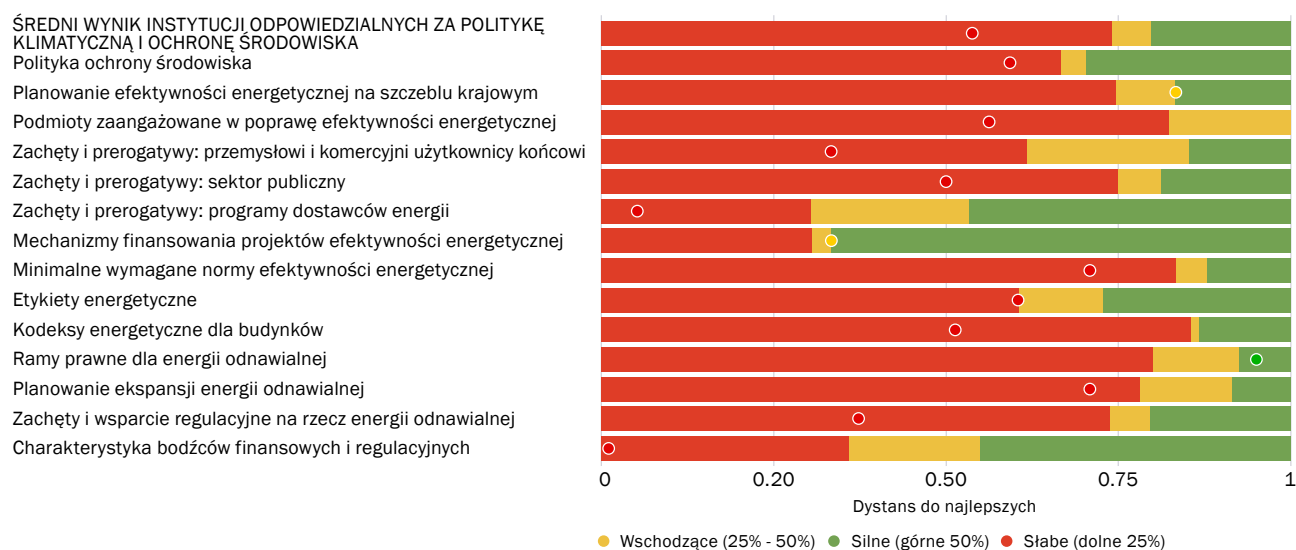
RYCINA 2.5. Słabe punkty ładu zarządczego w kontekście transformacji



Źródło: WGI, Bank Światowy, 2023.

Uwagi: Wskaźniki skuteczności ładu zarządczego w Polsce i OECD, 2022 r.

RYCINA 2.6. Obszary do poprawy w polskich instytucjach odpowiedzialnych za politykę klimatyczną i ochronę środowiska



Źródło: Baza danych CLIAR 2024, Bank Światowy (<https://datanalytics.worldbank.org/CLIAR/>)

Polska notuje słabe wyniki w większości wymiarów potencjału instytucjonalnego o kluczowym znaczeniu dla sprawnego zarządzania transformacją klimatyczną⁹³.

- Przywództwo instytucjonalne.** Do niedawna polska polityka klimatyczna w znacznej mierze funkcjonowała w trybie reagowania na cele wyznaczone na arenie unijnej i międzynarodowej, co świadczy o braku wizji i porozumienia w sprawie priorytetów klimatycznych wykraczających poza kwestię przeszkód i kosztów oraz uwzględniających korzyści płynące z aktywnej polityki klimatycznej. Wiodącą rolę w zielonej transformacji polskiej gospodarki odgrywa Ministerstwo Klimatu i Środowiska (MKiŚ), które odpowiada za opracowywanie krajowych polityk i przepisów oraz monitorowanie kwestii środowiskowych, w tym związanych z jakością powietrza, gospodarką odpadami i gospodarką wodną. Ponadto MKiŚ koordynuje zagadnienia polityki środowiskowej i energetycznej na forum rządu i wspiera działania wdrożeniowe na szczeblu niższym niż krajowy, co jednak w praktyce stanowi wyzwanie pomimo jasnego podziału zadań, m.in. na skutek luk merytorycznych.
- Koordinacja pozioma i pionowa.** Istnieje szereg podmiotów instytucjonalnych, takich jak komitety i wewnątrzresortowe grupy robocze, ale brakuje im adekwatnych uprawnień do tworzenia i wdrażania polityki. Spółki skarbu państwa wykorzystują dostęp do informacji i sieci kontaktów, aby wpływać na kształt polityki klimatycznej i utrudniać tworzenie wspólnej wizji. Jedną z konsekwencji nawracających konsolidacji i podziałów ministerstw i departamentów jest brak ciągłości w działaniach administracji publicznej. Odpowiedzialność za adaptację do zmian klimatu i łagodzenie skutków – w tym odejście od węgla – scedowano na jednostki samorządu lokalnego (j.s.t.), chociaż struktura dochodów j.s.t. jest wyjątkowo skomplikowana z powodu reform podatkowych i fragmentarycznych systemów wsparcia.
- Zarządzanie inwestycjami publicznymi.** Skomplikowane i niespójne ramy prawne, na które składają się rozliczne normy rozsiiane po wielu ustawach, nie sprzyjają efektywności administracji publicznej i rodzą wyzwania zarówno dla inwestycji publicznych, jak i prywatnych. Na zarządzanie infrastrukturą i aktywami negatywnie wpływa niewystarczające zaangażowanie w przestrzeganie istniejących standardów i ich niekonsekwentne stosowanie, różnice wdrożeniowe w zależności od źródła finansowania, niewystarczające wytyczne z centrali i luki w przepisach. Efektem jest brak spójnego podejścia, niska efektywność i brak zielonej transformacji z prawdziwego zdarzenia.
- Monitorowanie i sprawozdawczość.** W procesy monitorowania i sprawozdawczości danych środowiskowych i klimatycznych w Polsce zaangażowanych jest kilka organów administracji publicznej.⁹⁴ Lista luk w stosowaniu systemów monitorowania obejmuje: i) brak pełnego zaangażowania ministerstw i agencji

sektorowych; ii) nieprzestrzeganie standardów wprowadzania informacji i danych; iii) brak mechanizmów weryfikacji informacji i danych; oraz iv) brak precyzyjnych standardów oceny (co pozostawia przestrzeń dla uznaniowości). Podczas gdy UE wiezie prym w stosowaniu standardów sprawozdawczości w dziedzinie zrównoważonego rozwoju w sektorze prywatnym, nie ma analogicznych standardów dla sektora publicznego. Mimo to, w oparciu o międzynarodowe dobre praktyki, zaleca się przygotowanie przynajmniej podstawowych metodologii zielonego/klimatycznego budżetowania w sektorze publicznym. Trwające reformy sektora publicznego mogą być okazją do uwzględnienia zrównoważonego rozwoju w zaktualizowanym planie kont, klasyfikacji budżetowej, podlegających audytowi sprawozdaniach z wykonania budżetu, planowaniu zamówień publicznych, wieloletnim planowaniu finansowym, zwłaszcza w przypadku inwestycji publicznych, a także w odniesieniu do SSP, PPP i spółek celowych [A4].

RAMKA 2.2. Wzmocnienie instytucjonalne dla poprawy zarządzania jakością powietrza

Zanieczyszczenie powietrza w Polsce odpowiada za ponad 48 tys. przedwczesnych zgonów, a także co najmniej 23 proc. przypadków zapalenia oskrzeli rocznie. Koszt gospodarczy chorób i przedwczesnych zgonów wywołanych zanieczyszczeniem powietrza atmosferycznego (PM_{2,5}) oszacowano w 2016 r. na 6,4–8,3 proc. PKB. Mając świadomość, że w Polsce znajduje się 36 z 50 najbardziej zanieczyszczonych europejskich miast, rząd podjął daleko idące działania na rzecz redukcji emisji zanieczyszczeń powietrza, zwłaszcza SO₂ i NO₂, w wielu różnych sektorach. Jednak walkę z emisjami zanieczyszczeń utrudniają uwarunkowania systemowe, z powodu których skuteczne rozwiązanie kwestii zarządzania jakością powietrza w Polsce oddala się w czasie, szczególnie że największym pojedynczym źródłem zanieczyszczeń powietrza na terenie kraju jest ogrzewanie lokali mieszkalnych.

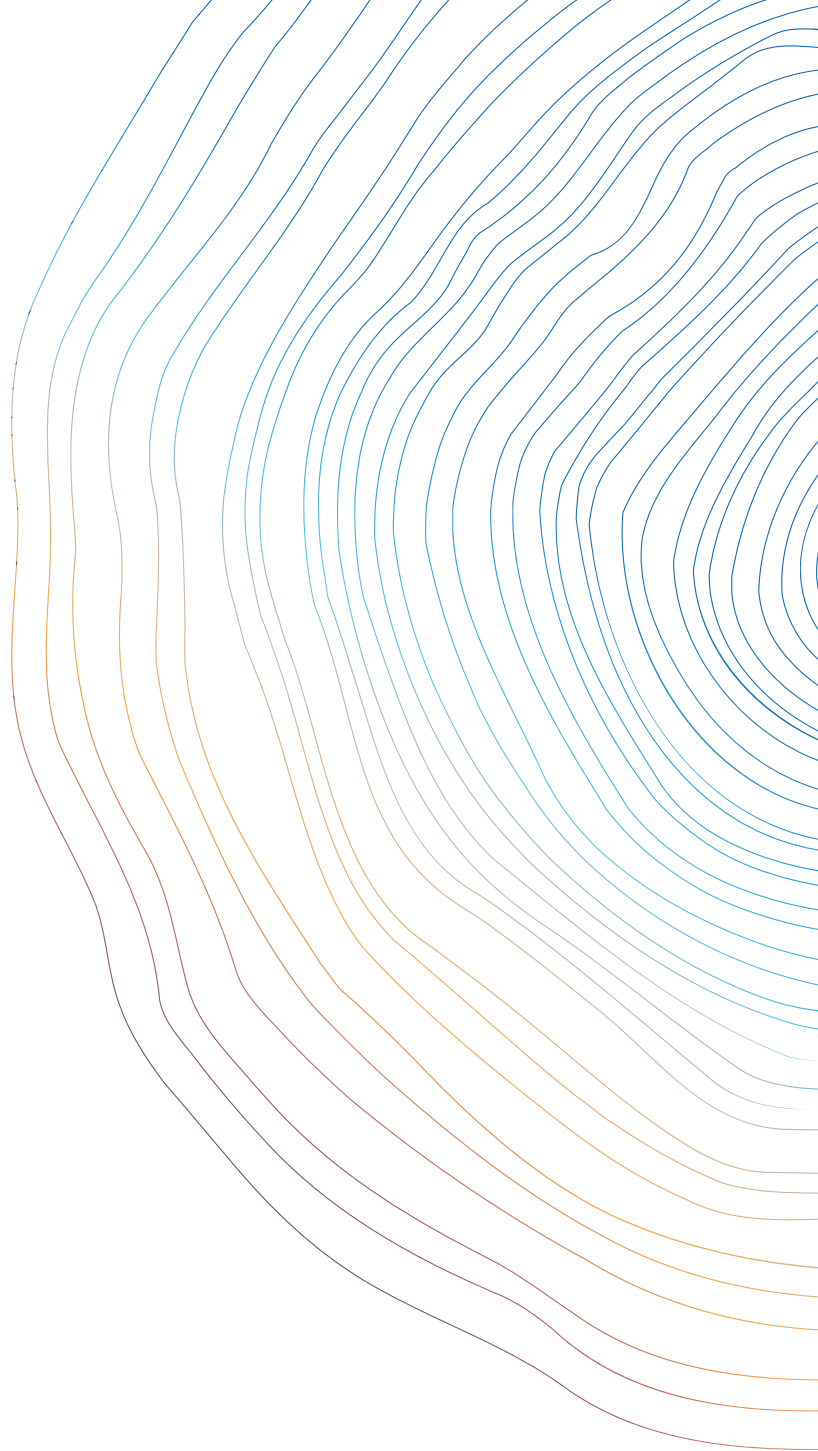
W 2018 r. rząd ogłosił program priorytetowy „Czyste powietrze”, a w ślad za nim program „Stop Smog”, adresowany do gospodarstw domowych będących w szczególnie trudnej sytuacji, aby rozprawić się z problemem zanieczyszczeń powietrza w sektorze mieszkaniowym, a w pierwszej kolejności w budynkach jednorodzinnych. Hamulcem dla postępów w procesie znaczącej redukcji emisji zanieczyszczeń z instalacji grzewczych w lokalach mieszkalnych okazały się prawne, wdrożeniowe i instytucjonalne rozbieżności na poziomie kraju, województwa i gminy. Odczuwalny jest brak krajowych mechanizmów stanowienia norm, monitorowania, wdrażania i oceny. Sytuację dodatkowo komplikuje fakt, iż za sporządzenie Planu Ochrony Powietrza odpowiada samorząd województwa, który jednak nie ma uprawnień do nadzorowania realizacji planu, podczas gdy za realizację POP odpowiadają samorządy lokalne, którym brakuje niezbędnych zasobów merytorycznych, przeszkolenia i środków finansowych. Oprócz systemowych „wąskich gardeł” na poziomie wojewódzkim i gminnym, wyzwaniem jest brak wyczerpującej, szczegółowej ewidencji źródeł emisji oraz danych z monitorowania jakości powietrza na szczeblu lokalnym (z wyjątkiem Krakowa), które są niezbędne, by móc wyznaczyć wymagany poziom redukcji emisji i spełnić cele w zakresie jakości powietrza obowiązujące na szczeblu krajowym i unijnym.

Poprawa jakości powietrza jest jednym z głównych założeń KPEIK z 2019 r., o czym świadczą następujące priorytety: czterokrotny wzrost zastosowania efektywnych energetycznie systemów ciepłowniczych do 2030 r. oraz wymiana indywidualnych pieców grzewczych na pompy ciepła i ogrzewanie elektryczne; wycofanie węgla z gospodarstw domowych (miejskich do 2030 r. i wiejskich do 2040 r.) oraz zastosowanie paliw bezdymnych do 2040 r.; zeroemisyjna komunikacja miejska do 2030 r. i rozwój transportu niskoemisyjnego, w tym m.in. 40 mln zł na obniżenie zużycia paliwa w komunikacji miejskiej oraz zastosowanie autobusów elektrycznych do przewozów szkolnych na terenie 16 gmin. Trzeba jednak podkreślić, że pomyślna realizacja krajowych priorytetów i wartości docelowych (wraz z oceną wykonania) będzie wymagać potężnych inwestycji, aby usunąć bariery natury systemowej, instytucjonalnej i regulacyjnej, jak również wypełnić luki w zakresie wiedzy i potencjału w organach rządowych i samorządowych każdego szczebla. Jak uczy przykład Małopolski, samo sfinansowanie inwestycji w poprawę efektywności energetycznej (czy jakichkolwiek innych zadań) nie wystarczy – niezbędne są także środki w skali lokalnej na zatrudnienie pracowników, rozwój potencjału, szkolenia i wymianę wiedzy, a także narzędzia prawne usprawniające proces wdrożeniowy.

Skuteczne zarządzanie jakością powietrza wymaga zastosowania przekrojowych rozwiązań instytucjonalnych obejmujących wszystkich istotnych interesariuszy. Jak wynika z doświadczeń różnych krajów, tworząc ramy polityki zorientowanej na działanie warto uwzględnić zalecane przez Bank Światowy aspekty, takie jak: (i) ramy prawne i regulacyjne, (ii) zaangażowany wiodący organ władzy wykonawczej, (iii) planowanie zagnieżdżone, (iv) koordynacja

pozioma i pionowa oraz (v) odpowiedzialność i przejrzystość. Według tej metody opracowano zalecenia dotyczące wzmocnienia instytucji zarządzających jakością powietrza w Polsce, które obejmują wzmocnienie cyklu planowania działań na rzecz poprawy jakości powietrza, usprawnienia w zakresie generowania danych i rozwój kompetencji merytorycznych pracowników, szczególnie na poziomie regionalnym i lokalnym; a ponadto podnoszenie świadomości społecznej co do tego, że istnieje pilna potrzeba wzmocnienia odporności na zmiany klimatu i poprawy jakości powietrza poprzez zmniejszenie emisji w gospodarstwach domowych [A7 i C12].

Źródło: Bank Światowy, Air Quality Management in EU Member States: Governance and Institutional Arrangements: International Experience and Implications; (2024).



Rozdział 3

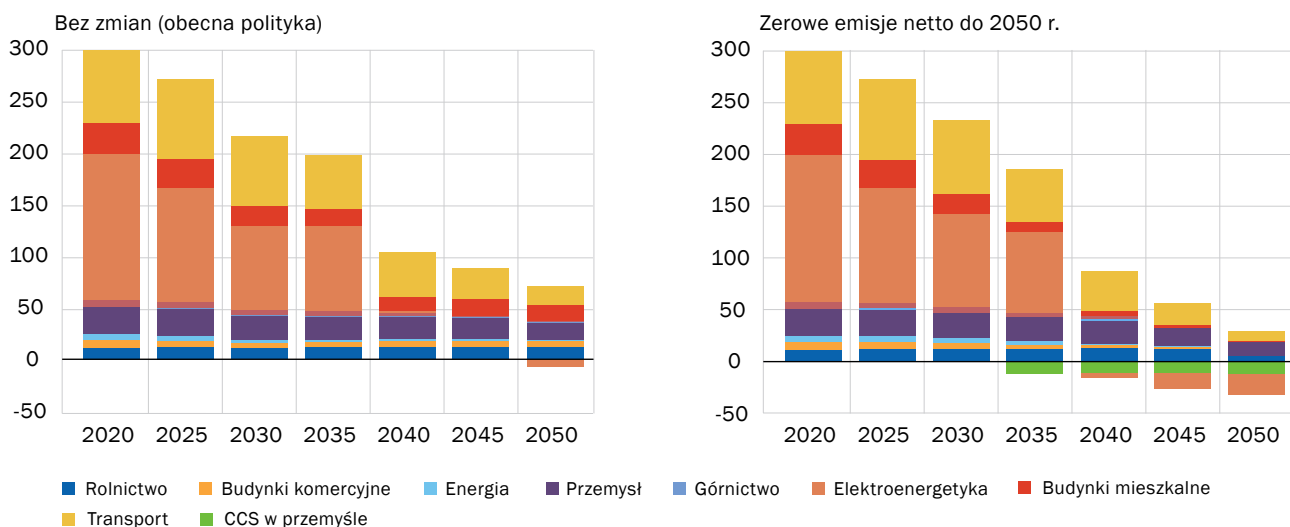
Dekarbonizacja i odporność

3.1. Gospodarka o zerowych emisjach netto w perspektywie 2050 r.

Przez ostatnie kilkadziesiąt lat Polska rozdzieliła wzrost gospodarczy od wzrostu emisji, a teraz może podjąć zobowiązanie pełnej dekarbonizacji sektora energetycznego do 2050 r. Poniżej porównujemy dwie ścieżki dekarbonizacji w perspektywie 2050 r.; do każdej z nich przypisano szereg wyborów politycznych i technologicznych. I tak, ścieżka „bez zmian” (BZ – kontynuacja dotychczasowej polityki) uwzględnia: a) skutki obecnego unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji (ETS1); b) już zakontraktowane alokacje na rynku mocy; c) projekty jądrowe będące w toku (z uwzględnieniem spodziewanych opóźnień); oraz d) politykę sektora elektroenergetycznego, która ma na celu zapewnienie bezpieczeństwa systemu elektroenergetycznego przy niskim poziomie handlu transgranicznego (zaspokajanie szczytowego zapotrzebowania głównie z krajowych mocy wytwórczych, z wyjątkiem 1,5 GW), co skutkuje niższym poziomem handlu energią w porównaniu ze scenariuszami wolnego handlu (w niniejszym raporcie nazywamy to samowystarczalnością energetyczną). Natomiast ścieżka „zerowych emisji netto” (ZEN2050) to najmniej kosztowny scenariusz pełnej dekarbonizacji w perspektywie 2050 r. W tym transformacyjnym scenariuszu za punkt wyjścia przyjęto obecną politykę (w tym politykę jądrową); zachowano obowiązujące umowy (w tym postanowienia dotyczące przyznanych alokacji rynku mocy i aukcji OZE) i założono, że w perspektywie długoterminowej rząd może elastycznie kształtować dotychczasową politykę dla jak największego dobrobytu i dobrostanu społeczeństwa. Na tej ścieżce samowystarczalność energetyczna nie stanowi aksjomatu, a handel energią jest dozwolony w sytuacji znacznej różnicy cen (np. gdy w krajach skandynawskich dostępna jest energia elektryczna po znacznie niższej cenie).

RYCINA 3.1. Zarówno w scenariuszu BZ, jak i ZEN2050 większa część zysków z dekarbonizacji musi się zmaterializować do 2040 r.

Emisje ze zużycia energii w poszczególnych sektorach gospodarki, scenariusz BZ i scenariusz ZEN2050, lata 2020–2050, mln ton CO₂



Źródło: Opracowanie własne.

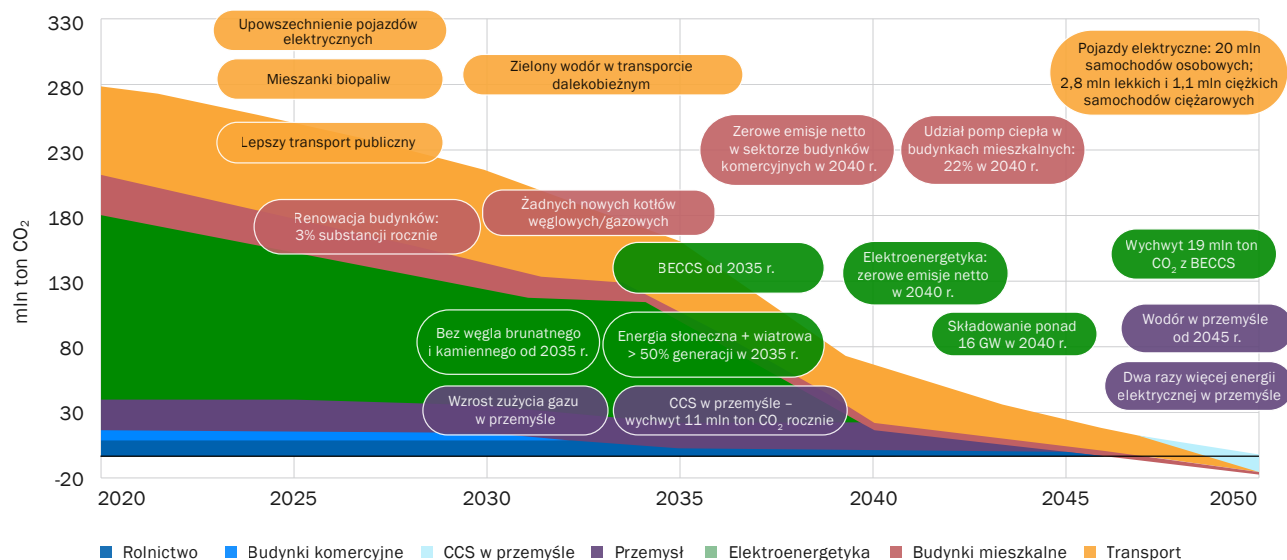
3.1.1 Zerowe emisje netto w systemie energetycznym warunkiem zachowania konkurencyjności i wzrostu gospodarczego

Obecna polityka pozwala na redukcję emisji jedynie o 79 proc. w perspektywie 2050 r. Ok. 90 proc. krajowych emisji to emisje związane z energią, w tym podażą i popytem na energię (transport, budynki, przemysł i rolnictwo). Transport (22,6 proc.), przemysł (20,1 proc.) i budynki (13,8 proc.) zajmują poczesne miejsce, tuż za sektorem produkcji energii elektrycznej i ciepła systemowego (43,8 proc.). Emisje niezwiązane z energią (w tym w rolnictwie) stanowiły w 2021 r. ok. 10 proc. wszystkich emisji. W ramach obecnej polityki zakłada się gwałtowną dekarbonizację do 2040 r. (Ryc. 3.1). Aby jednak osiągnąć neutralność węglową w 2050 r. w sposób opłacalny, system energetyczny musi do 2040 r. zrealizować cel zerowych emisji netto z nawiązką (tj. musi wygenerować ujemne emisje dwutlenku węgla), a neutralność węglowa budynków komercyjnych i miesz-

kalnych musi zostać osiągnięta odpowiednio do 2040 i 2045 r. Dekarbonizacja transportu i przemysłu będzie wyzwaniem; nawet w 2050 r. sektory te będą musiały stosować technologie usuwania dwutlenku węgla jako rozwiązanie dekarbonizacyjne. Ceny emisji dwutlenku węgla w systemie ETS1 są silnym, ale niewystarczającym bodźcem do osiągnięcia ZEN2050. Sygnał cenowy⁹⁵ emisji dwutlenku węgla w 2050 r., wynoszący w warunkach obecnej polityki 150 dol., w scenariuszu ZEN2050 rośnie do 464 dol., co oznacza, że konieczny jest ambitny plan ukierunkowanych polityk i środków (w tym interwencji rynkowych i regulacyjnych), aby systemowi energetycznemu nadać jak najmniej kosztowny kurs ZEN2050 i pozyskać kapitał prywatny dla inwestycji w technologie niskoemisyjne (Ryc. 3.2).

RYCINA 3.2. Realizacja celu ZEN2050 wymaga zdecydowanej transformacji systemu energetycznego

Kluczowe etapy na drodze sektora energetycznego do zerowych emisji netto w 2050.



Źródło: Opracowanie własne.

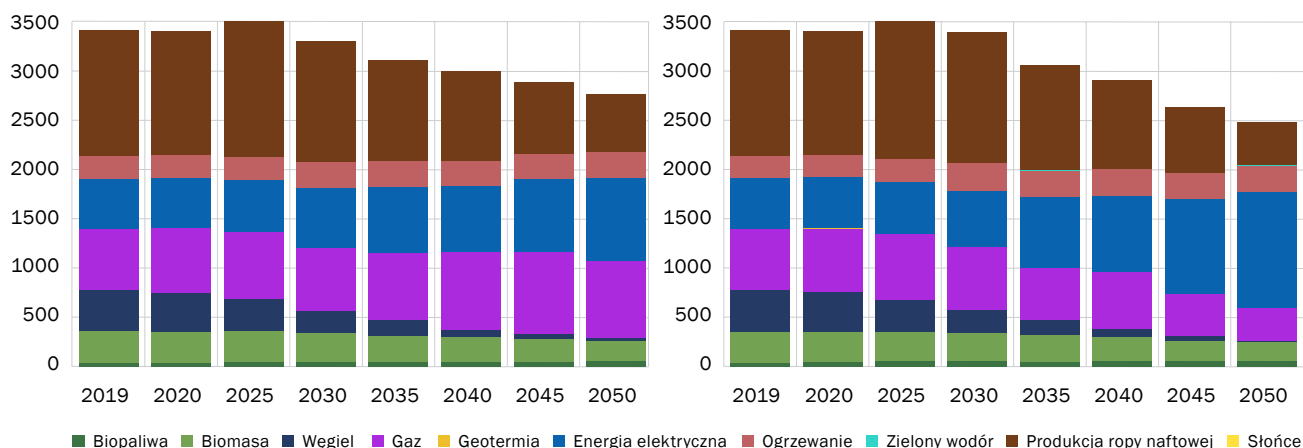
Zwrot w kierunku zielonych technologii niesie ze sobą duże możliwości wzrostu gospodarczego już w krótkim okresie, ale polskie przedsiębiorstwa będą musiały się dostosować, by zachować konkurencyjność. Polska gospodarka już teraz umacnia swoją pozycję na rynku produkcji pojazdów elektrycznych (branża motoryzacyjna jako całość generuje 8 proc. PKB i 13 proc. eksportu), części do turbin wiatrowych, technologii solarnych, komponentów dla kolejnictwa, pomp ciepła i autobusów elektrycznych, wodorowych i hybrydowych. Polskie przedsiębiorstwa będą jednak potrzebowały szybkich dostosowań, aby nie polec w konkurencji z firmami zlokalizowanymi w gospodarkach UE o niższej emisji - polski zakład przemysłowy emituje średnio prawie sześć razy więcej gazów cieplarnianych w przeliczeniu na jedno euro wartości dodanej niż jego odpowiednik w krajach najbardziej zaawansowanych we wdrażaniu polityki klimatycznej, takich jak Dania. Polską „lukę ETS”⁹⁶ oszacowano w 2022 r. na ok. 8 mld dol. Rachunek zapłaciły polskie przedsiębiorstwa (a w szczególności elektrownie węglowe), które musiały kupować uprawnienia do emisji za granicą, ponieważ krajowy przydział okazał się niewystarczający. Koszty te przełożyły się następnie na wzrost cen energii elektrycznej. Zgodnie z obecną polityką, luka w systemie handlu uprawnieniami do emisji do 2030 r. może wynieść prawie 40 mld euro, co odbije się echem w całej gospodarce (zob. Rozdział 4)⁹⁷.

3.1.2. Dekarbonizacja dostaw energii

Pomimo pewnych podobieństw, ścieżka pełnej dekarbonizacji dostaw energii wygląda zupełnie inaczej w każdym z dwóch rozważanych scenariuszy (BZ i ZEN2050). W obu przypadkach przewidywany spadek liczby ludności, poprawa efektywności energetycznej i pojawienie się bardziej wydajnych technologii razem powodują, że zużycie energii osiąga szczyt około 2025 r., a jednocześnie maleje udział paliw kopalnych. Ciepłownictwo, budynki i transport będą równolegle wprowadzać specyficzne zrównoważone rozwiązania, odchodząc od mocno zanieczyszczającej i nisko wydajnej biomasy i ropy naftowej (29 proc. emisji związanych z

RYCINA 3.3. Dla zeroemisyjnej przyszłości Polski decydujące jest zastąpienie węgla i gazu trzykrotnym wzrostem udziału energii elektrycznej w końcowym zużyciu energii

Całkowite końcowe zużycie energii według rodzaju paliwa, w scenariuszu BZ (po lewej) i ZEN2050 (po prawej) [PJ]



Źródło: Opracowanie własne.

Uwagi: „Ogrzewanie” oznacza ogrzewanie miejskie. Udział szarego i niebieskiego wodoru w końcowym zużyciu energii ujęto w ramach kategorii „gaz”.

energiją w 2022 r.)⁹⁸, przy czym ropa naftowa ma pozostać w użyciu również w scenariuszu ZEN2050 wyłącznie jako surowiec chemiczny i paliwo dla rolnictwa i transportu. W sektorze transportu najtrudniej będzie ograniczyć emisje w lotnictwie, przewozach ciężarowych oraz żegludzie, i to pomimo intensywnego zastosowania czystych technologii (biopaliwa, niskoemisyjny wodór, amoniak, metanol, paliwa syntetyczne, pojazdy elektryczne) i niezależnie od zmiany behawioralnej w społeczeństwie (wybór transportu publicznego). Jednak poza podobieństwami, ścieżka ZEN2050 odróżnia się zdecydowanie w pięciu kluczowych wymiarach, takich jak: A) harmonogram wycofywania węgla; B) malejące znaczenie gazu; C) perspektywy niskoemisyjnego wodoru; D) skala handlu energią elektryczną oraz E) konkurencyjność polskiego przemysłu i przedsiębiorstw w zielonych łańcuchach wartości w UE.

Osiągnięcie celu ZEN2050 wymaga wycofania węgla z sektora elektroenergetycznego w ciągu najbliższych 15 lat; przy czym trzeba zauważyć, że niezależnie od dekarbonizacji o zaniku polskiego sektora węglowego już dzisiaj decydują względy ekonomiczne (Ryc. 3.4). Polska jest 9. największym użytkownikiem węgla na świecie, 2. największym użytkownikiem węgla w regionie ECA (po Rosji), a pod względem zużycia węgla na mieszkańca wyprzedza Chiny (2022 r.). Węgiel odpowiada za 59 proc. ogółu emisji związanych z energią, 67,5 proc. całkowitej produkcji energii elektrycznej i 42 proc. całkowitej podaży energii (MAE 2024). Większość części węgla kamiennego i brunatnego w energetyce zawodowej i przemyśle pochodzi z krajowej produkcji [B4], podczas gdy lepszy jakościowo węgiel importowany służy głównie do ogrzewania lokali mieszkalnych. Produkcja węgla kamiennego i brunatnego spadła jednak ostatnio do poziomu z I wojny światowej. W obu rozważanych scenariuszach wydobywanie węgla będzie spadać ze względu na wysokie krajowe koszty wydoby-

RAMKA 3.1. Ograniczenie emisji metanu z węgla.

Oprócz wymogów w zakresie monitorowania, weryfikacji i raportowania emisji metanu z kopalń węgla, rozporządzenia UE w sprawie redukcji emisji metanu w sektorze energetycznym wprowadzi ostre limity emisji.

W 2023 r. Polska zajmowała 37. miejsce na świecie pod względem emisji metanu i 27. miejsce pod względem emisji metanu w sektorze energetycznym. Spośród 21 czynnych kopalń tylko pięć działa w warunkach wolnych od metanu (stan na 2021 r.), a pozostałe wymagają aktywnego zarządzania metanem w trosce o bezpieczne warunki eksploatacji. Kopalnie węgla kamiennego w Polsce są trzecim co do wielkości emitentem metanu w przeliczeniu na tonę węgla na świecie. W skali globu tylko Rosja i Kazachstan – gdzie kopalnie są generalnie głębsze i geologicznie starsze – mają wyższe emisje metanu niż Polska. Polski węgiel emituje średnio 698 tys. ton metanu, czyli 19,4 mln ton ekw. CO₂. Polskie kopalnie węgla mogą ograniczyć 21 proc. emisji, co oznacza zysk w wysokości 31 mln euro rocznie. (MAE 2024b).

cia wynikające z czynników geologicznych i technologicznych, które już teraz podkopują rentowność spółek węglowych, o czym świadczy coraz słabsza konkurencyjność polskiego węgla na światowych rynkach (Ryc. 3.5), a rosnące koszty emisji dwutlenku węgla i metanu (Ramka 3.1) dodatkowo zwiększą już istniejącą presję.

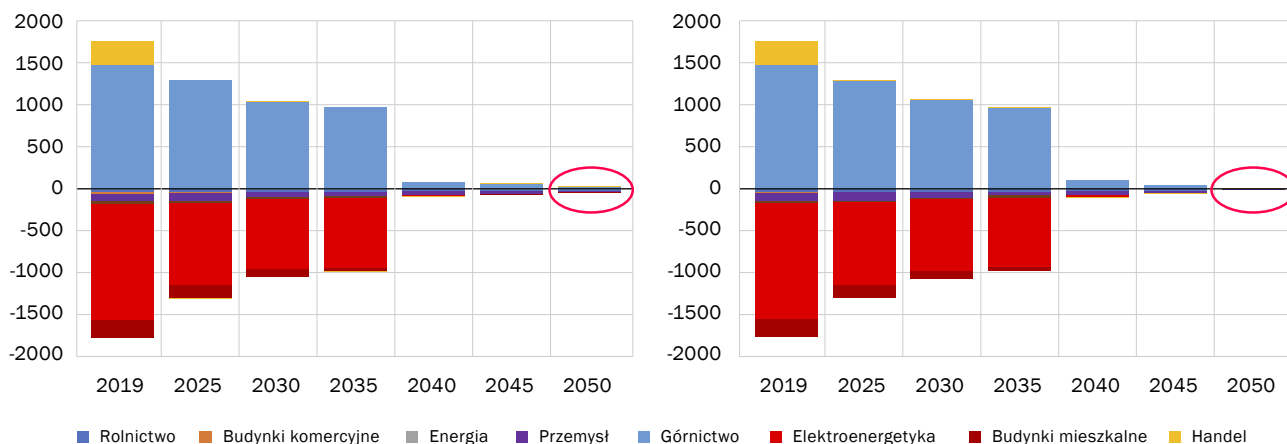
Utrzymanie węgla w koszyku energetycznym po 2040 r. oznacza koszty. Polski sektor węglowy korzysta z różnorodnych form wsparcia na wszystkich etapach łańcucha wartości [A9]. Oficjalnie dofinansowanie węgla wzrosło z 1,3 mld dol. w 2021 r. do 4,6 mld dol. w 2022 r.⁹⁹, ale faktyczny zakres wsparcia – w sensie skumulowanych kosztów systemowych – nie jest znany i prawdopodobnie przekracza podane kwoty. Gdyby nie czynniki zakłócające grę rynkową (takie jak alokacje na rynku mocy), węgiel w sektorze elektroenergetycznym przynosiłby straty już w 2030 r.¹⁰⁰, przesuwając optymalną (najmniej kosztowną) datę wycofania węgla na 2035 r., niezależnie od trajektorii dekarbonizacji (Ryc. 3.4). W katalogu bezpośrednich i pośrednich mechanizmów wsparcia znajdziemy następujące rozwiązania:

- Bezpośrednie zastrzyki finansowe i transfery socjalne dla przedsiębiorstw wydobywczych, zwolnienia z niektórych danin¹⁰¹, oraz średnioterminowe umowy na dostawy z wytwórcami energii często ustalone powyżej dominujących cen rynkowych;
- Umowy na transport kolejowy węgla kamiennego są konstruowane w taki sposób, by obniżyć koszty operacyjne transportu krajowego węgla i ograniczyć wybór alternatywnych źródeł węgla z zagranicy, co potęguje problem ograniczonej zdolności polskiej infrastruktury portowej do zwiększenia importu węgla zgodnie z popytem;
- Rynek mocy zaprojektowany z myślą o zapewnieniu niezawodności systemu elektroenergetycznego poprzez rekompensowanie elektrowniom (na paliwa kopalne) gotowości do wytwarzania energii elektrycznej na żądanie;
- Przedsiębiorstwa ciepłownicze wykorzystujące węgiel są często własnością jednostek samorządu terytorialnego i są przez nie subsydiowane w celu zrekompensowania strat operacyjnych;
- Bezpośrednie dopłaty węglowe dla konsumentów energii i zamrożone ceny energii elektrycznej w celu złagodzenia szoków cenowych, co jednak osłabia skłonność do inwestowania w poprawę efektywności energetycznej;
- Regulowane taryfy grzewcze dla gospodarstw domowych nie odzwierciedlają faktycznych kosztów produkcji, w tym środków finansowych potrzebnych w celu wprowadzenia usprawnień i przejścia na bardziej wydajne i zrównoważone rozwiązania grzewcze;
- Przydział bezpłatnych uprawnień do emisji CO₂ mający na celu ochronę niektórych gałęzi przemysłu, co oznacza obniżenie kosztów emisji i opóźnienie inwestycji w czystsze technologie;

Ograniczone możliwości przyłączenia OZE do sieci de facto przedłużają uzależnienie od węgla.

RYCINA 3.4. Celu ZEN2050 nie da się osiągnąć bez rezygnacji z węgla do 2040 r.

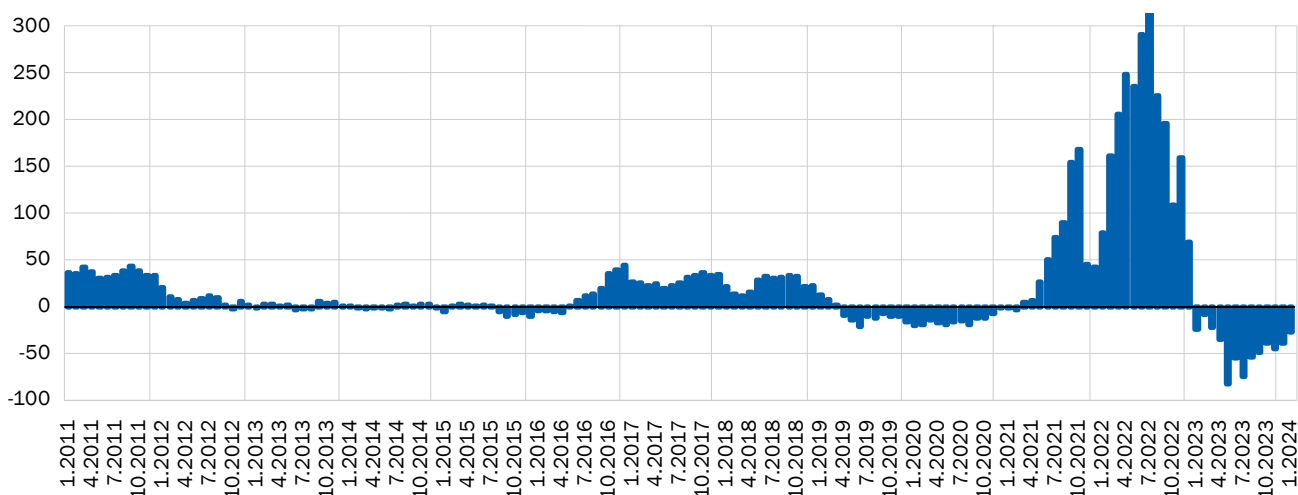
Polskie saldo węglowe, źródła (+) i zużycie (-) węgla w scenariuszu BZ (po lewej) oraz ZEN (po prawej), 2019-2050 r.



Źródło: Opracowanie własne.

RYCINA 3.5. Krajowy węgiel coraz mniej konkurencyjny w porównaniu do światowych rynków

Polski Indeks Rynku Węgla Energetycznego (PSCMI 1) na międzynarodowym tle cen węgla w portach ARA, 2011–2024 r. [dol. za tonę]



Źródło: Opracowanie własne.

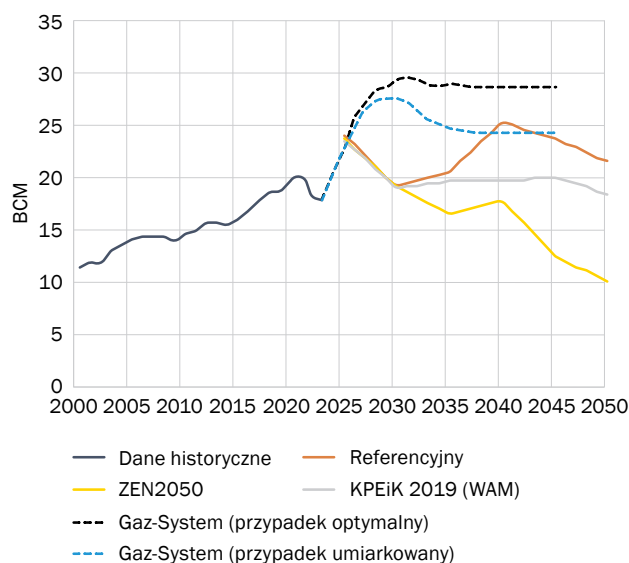
Uwagi: Polski Indeks Rynku Węgla Energetycznego (indeks PSCMI), porty ARA – Amsterdam Rotterdam Antwerpia
Wartości ujemne odnoszą się do niekonkurencyjnego węgla z Polski.

W scenariuszu ZEN2050 rola gazu jako technologii przejściowej jest ograniczona. Zgodnie z obecną polityką, zapotrzebowanie na gaz ziemny (odpowiedzialny za 10 proc. emisji związanych z energią w 2022 r.) osiąga szczytową wartość w 2025 r., a następnie spada do 2030 r. i ponownie wzrasta w dekadzie do 2040 r., zastępując stopniowo wycofywany węgiel i biomasę stałą. Zużycie gazu ponownie spada wraz z dynamicznym rozwojem morskiej energetyki wiatrowej i jądrowej, ale aż do 2050 r. utrzymuje się na poziomie znacznie przekraczającym stan z 2022 r., głównie ze względu na rosnące zużycie gazu w budynkach, a także niewielki wzrost w przemyśle. Tymczasem trajektoria ZEN2050 przewiduje, że zapotrzebowanie na gaz również gwałtownie wzrośnie do 2025 r. (i będzie o ponad jedną trzecią wyższe niż w 2022 r.), by przez następne 25 lat skurczyć się o ponad 55 proc. (Ryc. 3.6). Do 2050 r. gaz zostanie praktycznie wyeliminowany z segmentu budynków i sektora elektroenergetycznego dzięki, odpowiednio, powszechnej elektryfikacji ogrzewania i szybko rosnącej produkcji energii ze źródeł odnawialnych i jądrowych, podczas gdy pozostała część (około 10 mld m³) będzie skoncentrowana w stanowiących duże wyzwanie sektorach przemysłowych, w których stosowane będą technologie wychwytu i składowania CO₂ (CCS) [B2].

W 2022, 2023 i 2024 r. średnia cena gazu ziemnego na rynku hurtowym w Polsce była od dwóch do pięciu euro za MWh wyższa niż w innych dojrzałych europejskich gospodarkach ze względu na strategię cenową (cena indeksowa + transport) dominującej spółki Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo (PGNIG, obecnie część Grupy Orlen) oraz braku konkurencji i wydolności na lokalnym rynku gazu. Dlatego wskazane są dalsze reformy rynkowe prowadzące do większej konkurencji i obniżenia kosztów gazu dla konsumentów.

RYCINA 3.6. Zużycie gazu w scenariuszu BZ rośnie, a w scenariuszu ZEN2050 maleje

Zużycie gazu ziemnego dla SR i ZEN2050, w porównaniu do KPEiK i prognoz OSP (mld m³)

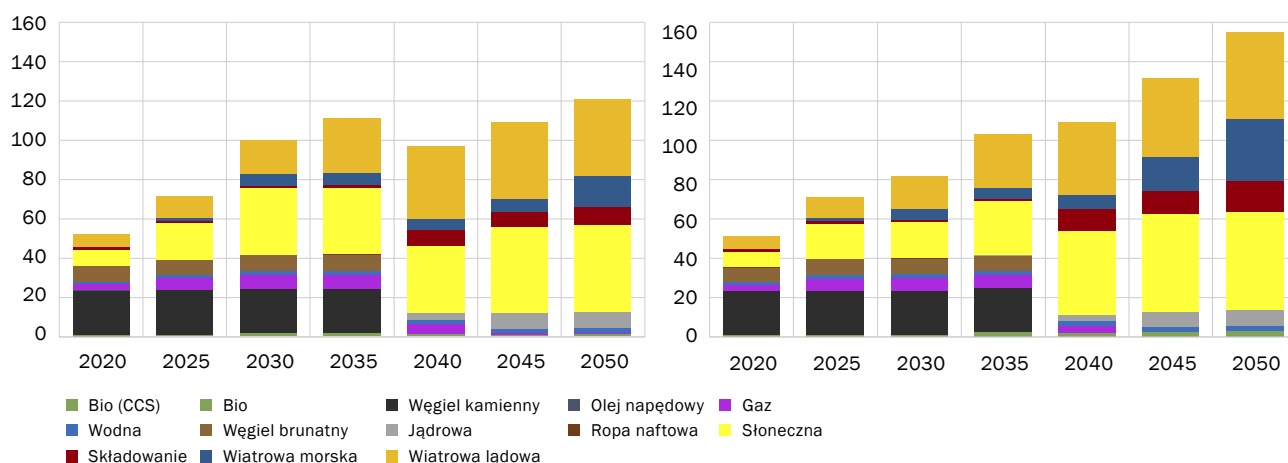


Źródło: Opracowanie własne.

Uwagi: Zawarty w KPEiK 2019 WAM to modelowy scenariusz uwzględniający ścieżkę określoną w „Krajowym planie na rzecz energii i klimatu” z 2019 r. w wersji „z dodatkowymi środkami” (ang. With Additional Measures). Scenariusz Gaz-System (przypadek umiarkowany) odzwierciedla najnowsze prognozy zapotrzebowania na gaz opracowane przez spółkę Gaz-System, tj. polskiego operatora systemu przesyłowego (OSP), skorygowane całkowitym zużyciem gazu w Polsce.

RYCINA 3.7. W scenariuszu ZEN2050 moc zainstalowana morskiej energetyki wiatrowej ma się podwoić

Moc w elektroenergetyce według rodzaju paliwa w scenariuszu BZ (po lewej) i ZEN2050 (po prawej), lata 2020–2050 [GW]



Źródło: Opracowanie własne.

Uwagi: Liczby ujemne wskazują na niekonkurencyjność polskiego węgla.

RAMKA 3.2. Czy Polska mogłaby zrealizować scenariusz ZEN2050 przyspieszając tempo odchodzenia od paliwa gazowego?

Polska mogłaby potencjalnie osiągnąć zerową emisję netto do 2050 r. poprzez wycofanie się z wykorzystania gazu ziemnego wcześniej niż sugeruje ścieżka ZEN2050, ale wiązałoby się to z wyzwaniami w obszarze bezpieczeństwa energetycznego i kosztów. Testy warunków skrajnych scenariusza ZEN2050 wskazują, że istniejąca i planowana infrastruktura LNG jest wystarczająca, aby zaspokoić zapotrzebowanie na gaz zarówno Polski, jak i UE podczas testowanych szoków podażowych. Stosunkowo niskie wykorzystanie infrastruktury LNG w scenariuszu ZEN2050 sugeruje dostępne wolne moce przy wyższych kosztach. Jednak wysokie ceny LNG w teście warunków skrajnych wywołały reakcję po stronie popytu: 15 proc. redukcję zużycia gazu w przemyśle do 2050 r. i 4 proc. redukcję zużycia w gospodarstwach domowych do 2030 r., przyspieszając przejście na droższe paliwa alternatywne, takie jak zielony wodór lub elektryfikacja procesów przemysłowych (na przykład zamiast stosowania gazu ziemnego z CCS w przemyśle), a ostatecznie zwiększając koszt transformacji energetycznej w porównaniu do scenariusza ZEN2050.

W przeszłości gaz ziemny odgrywał ograniczoną rolę w polskim koszyku energetycznym opartym na węglu, stanowiąc zaledwie 14 proc. dostaw energii pierwotnej w 2022 r., w porównaniu do 22 proc. w UE i 30 proc. w OECD. Stosunkowo niewielka zależność od gazu może Polsce ułatwić przejście na czystsze alternatywy w szybszym tempie niż w przypadku krajów silnie uzależnionych od gazu ziemnego.

Jednym z warunków osiągnięcia przez Polskę zerowych emisji netto jest szybkie wdrożenie zielonego wodoru i CCS. Odbiorcami zielonego wodoru będą prawdopodobnie sektory, które już wdrażają technologie szarego wodoru, czyli np. lotnictwo, miejskie zakłady autobusowe czy też branża nawozów sztucznych – Polska jest trzecim co do wielkości producentem nawozów sztucznych w UE i szóstym na świecie. Zgodnie z wymogami unijnymi, od 2030 r. zielony wodór ma być wykorzystywany w lotnictwie, co otworzy nowy rynek (zgodnie z rozporządzeniem UE – ReFuelEU Aviation – do 2030 r. udział syntetycznych paliw lotniczych opartych na niskoemisyjnym wodorze i sekwestracji na wszystkich lotniskach w UE ma wynosić co najmniej 1,2 proc., a do 2050 r. 35 proc.). Polski rynek konwencjonalnego szarego wodoru już teraz ma spory rozmach, a roczna produkcja (szacowana na ponad milion ton¹⁰²) stawia Polskę na trzecim miejscu pod względem produkcji wodoru w Unii Europejskiej (za Niemcami i Holandią). Jednak chcąc przyspieszyć wdrażanie technologii zielonego wodoru, które wciąż nie są konkurencyjne kosztowo, trzeba podobnie jak w innych krajach zaoferować zachęty po stronie produkcji i popytu, by zaprojektowany na 1300 MW pakiet projektów zielonego wodoru mógł z fazy studiów wykonalności przejść w fazę decyzji inwestycyjnych i wdrożeniowych, a przyjęty przez rząd cel 2000 MW w 2030 r. mógł się zmaterializować. Poza tym, szerokie zastosowanie zielonego wodoru nie będzie możliwe bez inwestycji w infrastrukturę, czyli porty i ewentualne przedłużenie gazociągu

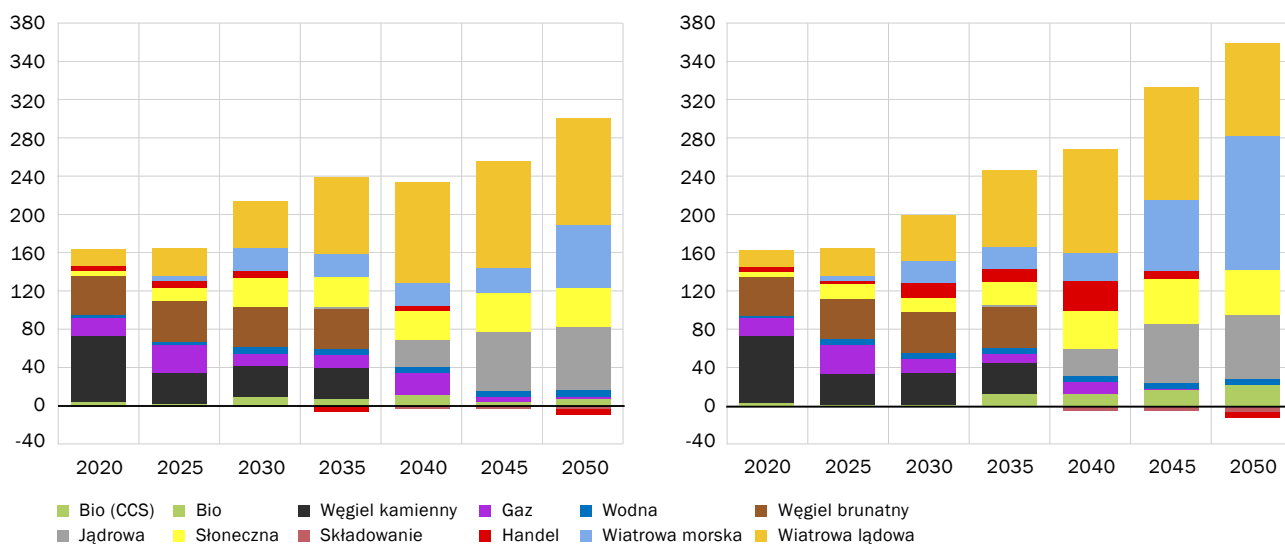
do transportu zielonego wodoru importowanego z Holandii (Rotterdam) do Niemiec. Bez tych zachęt niskoemisyjny wodór ma szansę osiągnąć komercyjną efektywność kosztową dopiero w okolicach 2040 r., a w perspektywie roku 2050 może stanowić od jednego do dziesięciu procent końcowego zużycia energii – w zależności od tego, na ile skuteczne będą mechanizmy wsparcia i jak szybko uda się obniżyć koszty dzięki wiedzy zdobytej w praktyce¹⁰³. Obecnie wielu potencjalnych użytkowników wodoru wskazuje, że niebieski wodór staje się coraz bardziej konkurencyjny kosztowo wobec swego zielonego odpowiednika, zwłaszcza że Polska ma duże możliwości deponowania dwutlenku węgla, co zapewnia istotną przewagę kosztową dla rozwiązań opartych na technologiach CCS¹⁰⁴.

Powszechne zastosowanie energii odnawialnej (EO) zmieni sektor elektroenergetyczny nie do poznania.

Technologie solarne i wiatrowe na lądzie, a także biomasa już dzisiaj są w Polsce efektywne kosztowo. Co prawda pod względem mocy zainstalowanej instalacji solarnych oba scenariusze (BZ i ZEN) rysują taką samą perspektywę 52 GW do 2050 r., lecz trajektoria rozwoju energetyki wiatrowej przyjmuje zupełnie inny kształt: na ścieżce ZEN ilość energii z lądowych instalacji wiatrowych ma być o ok. 13 proc. wyższa, a generacja morskiej energetyki wiatrowej ma się podwoić (140 TWh)¹⁰⁵.

RYCINA 3.8. W scenariuszu ZEN2050 następuje podwojenie generacji energii elektrycznej dzięki

Wytwarzanie energii elektrycznej według rodzaju paliwa w scenariuszu BZ (po lewej) i ZEN2050 (po prawej), lata 2020–2050 [TWh]



Źródło: Opracowanie własne.

Jako że zamiana węgla na OZE wymaga sporej powierzchni, do 8 tys. km² niewykorzystanych terenów przemysłowych i pokopalnianych w Polsce mogłoby znaleźć dobre zastosowanie.

Zmiana użytkowania pokopalnianych terenów przemysłowych, zważywszy na ich wielkość i atuty pod kątem instalacji OZE, to scenariusz korzystny dla wszystkich zainteresowanych: pozwala rozwiązać zastane problemy środowiskowe, łagodzi niedobory przestrzenne i tworzy miejsce dla inwestycji w zieloną gospodarkę, generując miejsca pracy i alternatywne źródła dochodów dla ludności wcześniej żyjącej z węgla. Może się okazać, że warunkiem koniecznym dla szybkiego rozwoju morskiej energetyki wiatrowej są inwestycje w infrastrukturę portową potrzebną do budowy i montażu turbin wiatrowych. Zastępując węgiel energią odnawialną pozwalamy więc portowej infrastrukturze węglowej złapać „drugi oddech” [B6].

Kolejnym impulsem dla szerokiej elektryfikacji w wielu sektorach gospodarki będzie energetyka jądrowa.

Obecna polityka zakłada, że do 2050 r. potencjał energii jądrowej rozwinie się od zera do 8 GW, z zastosowaniem zarówno dużych reaktorów atomowych, jak i małych reaktorów modułowych (tzw. SMRów). Jednak energetyka jądrowa nie jest w przypadku Polski opcją o najniższych kosztach – na ścieżce ZEN bez energii jądrowej potrzeby inwestycyjne w latach 2025-2050 mogą być nawet o 4 mld dol. niższe ze względu na wysokie koszty SMRów (technologia będąca dopiero w fazie rozwoju i obciążona wysoką niepewnością). Mimo wszystko, tradycyjna energetyka jądrowa pozostaje opcją o niższych kosztach (pod warunkiem, że ewentu-

alne opóźnienia i przekroczenia kosztów będą pod kontrolą) z uwagi na niską emisyjność i korzyści, jakimi są: stabilne źródło mocy obciążenia podstawowego, dywersyfikacja źródeł energii oraz poprawa bezpieczeństwa energetycznego kraju. Energetyka jądrowa jest częścią składową polskiej polityki energetycznej¹⁰⁶, a pierwsze bloki jądrowe mają zostać podłączone do sieci elektroenergetycznej między rokiem 2023 a 2050 (zarówno w scenariuszu BZ, jak i ZEN2050). Pierwszy reaktor atomowy (lokalizacja Lubiawo-Kopalino) ma być oddany do eksploatacji po 2033 r., a kolejne są planowane co dwa lata. Jednak przyszłość energetyki jądrowej w Polsce jest niepewna z uwagi na kwestie dotyczące źródeł finansowania, ram czasowych i wysokich kosztów, w tym SMRów.

RAMKA 3.3. Wspieranie transformacji w polskich regionach węglowych poprzez zmianę przeznaczenia terenów górniczych

Odchodzenie od węgla będzie miało wpływ nie tylko na osoby bezpośrednio i pośrednio związane z tym sektorem z racji zatrudnienia, ale także na stan gospodarki regionów zależnych od węgla, które oprócz polityk pomocy społecznej i rynku pracy będą potrzebować inwestycji w alternatywne ścieżki rozwoju gospodarczego. W latach 2020–2023 Bank Światowy wspierał polski rząd i regiony węglowe (w Wielkopolsce oraz na Dolnym i Górnym Śląsku, a także w Małopolsce, na Lubelszczyźnie i w Łódzkiem) analizując różne ścieżki postępowania w związku z odejściem od węgla. Szczególną uwagę poświęcono aktywnym politykom rynku pracy (specjalne programy osłonowe dla pracowników zamykanych kopalni lub elektrociepłowni); ocenie skutków fiskalnych likwidacji kopalni dla okolicznych miejscowości zależnych od węgla; oraz rozeznaniu zasadniczych uwarunkowań i wymagań dla skutecznej dywersyfikacji gospodarczej.

Rozwój OZE w skali pozwalającej zastąpić wycofywany węgiel wymaga sporo przestrzeni, co może stać się szansą dla regionów pogórnich. Chcąc pozyskać grunty na potrzeby ekspansji OZE trzeba pokonać szereg ograniczeń fizycznych i spełnić wiele wymogów natury prawno-regulacyjnej. W przypadku terenów zielonych wiązałyby się ze znacznymi skutkami klimatycznymi, środowiskowymi i społecznymi, tymczasem tereny pokopalniane to ogromne potencjalne zasoby przestrzenne dla instalacji OZE i należy je przywrócić do użytku gospodarczego. Byłoby to korzystne dla wszystkich zainteresowanych rozwiązaniem zastanych problemów środowiskowych, złagodzeniem niedoboru wolnej przestrzeni oraz tworzeniem warunków sprzyjających inwestycjom w zieloną gospodarkę, która zapewni miejsca pracy i alternatywne źródła dochodów dla społeczności pogórnich. Na czoło wysuwają się cztery główne obszary działań dla rządu w związku z wyzwaniem, jakie towarzyszą odchodzeniu od węgla: (i) zmiana przeznaczenia gruntów i aktywów górniczych, które mogą stać się katalizatorem nowych inwestycji w miejscowościach przechodzących transformację; obecnie potencjał gruntów i aktywów górniczych jest niedostatecznie wykorzystywany, ponieważ zmiana przeznaczenia gruntów jest zablokowana w wyniku m.in. przestarzałego modelu biznesowego regulującego tryb zarządzania gruntami i aktywami pogórnymi; (ii) zmiana przeznaczenia aktywów energetycznych poprzez przekształcenie elektrociepłowni i pilotażowe projekty magazynowania energii z wykorzystaniem możliwości kopalni podziemnych i odkrywkowych – potencjalnym przykładem nowych technologii na dawnych terenach węglowych może być połączenie produkcji energii odnawialnej z innowacyjnymi typami elektrowni szczytowo-pompowych lub produkcją wodoru; (iii) zarządzanie konsekwencjami dla rynku pracy w regionach węglowych (zatrudnienie bezpośrednio i pośrednie). Tam, gdzie zależność od węgla jest największa warto zastosować innowacyjne rozwiązanie, jakim są „modelowe społeczności na ścieżce transformacji”, wykorzystując grunty i zasoby ludzkie do generowania nowego, zróżnicowanego rozwoju gospodarczego; (iv) wspieranie inwestycji i dywersyfikacji gospodarczej w społecznościach pogórnich w oparciu o ich unikalną charakterystykę i atuty, w tym m.in.: duży areal gruntów z uregulowanymi kwestiami własnościowymi i nielicznymi ograniczeniami co do ich użytkowego przeznaczenia; obecność wykwalifikowanej siły roboczej; doskonała infrastruktura transportowa i energetyczna; perspektywiczne dostawy czystej energii; wygodne do życia miejscowości wyposażone w infrastrukturę społeczną, ofertę kulturalną i handlową.

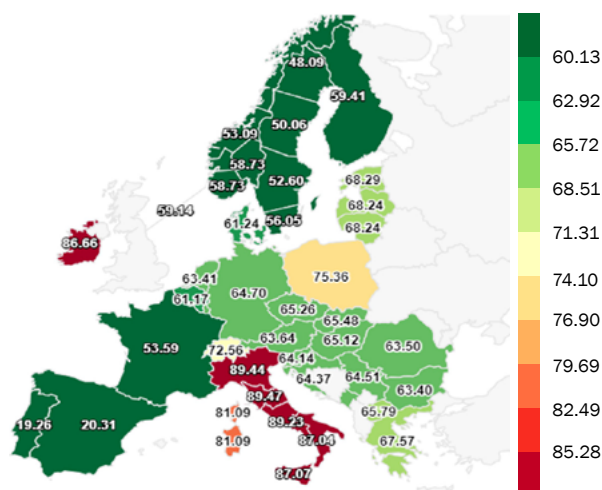
Ani planów przewidujących potrojenie odsetka energii elektrycznej (47 proc. energii końcowej w 2050 r. w stosunku do 16 proc. w 2019 r.), ani tych zakładających podwojenie skali produkcji (powyżej 380 TWh w 2050 r.) nie uda się zrealizować bez znacznych inwestycji w rozbudowę sieci elektroenergetycznej i pojemności magazynowych. Polski system elektroenergetyczny zaprojektowano niegdyś z myślą o potrzebach i charakterystyce tradycyjnych jednostek wytwórczych, w szczególności elektrowni na węgiel

kamienny i brunatny. Systemowe możliwości podłączenia sporych mocy OZE bez budowy nowych linii i magazynów energii uległy wyczerpaniu w 2023 r. Obecnie z powodu braku elastyczności systemu nie można zwiększać udziału OZE, a obowiązkowe ograniczenia przesyłowe dla OZE stają się standardem. Z uwagi na wahania podaży i popytu, oprócz wzmocnienia infrastruktury sieciowej niezbędne będą bardziej pojemne magazyny energii. Dotychczasowy wolumen podpisanych umów i warunków podłączenia do sieci dla magazynów energii – który do końca 2023 r. wyniósł w sumie 11,7 GW dla sieci przesyłowej oraz 6,5 GW dla sieci dystrybucyjnej – świadczy o tym, że na rynku istnieje potencjał dla usług magazynowania energii. Ponadto reforma polskiego rynku bilansującego, wdrożona w czerwcu 2024 r., powinna dodatkowo poprawić opłacalność finansową magazynów energii. Począwszy od 2035 r., dla zaspokojenia potrzeb w zakresie elastyczności systemu oprócz dodatkowych inwestycji magazynowych trzeba będzie zapewnić generację na bazie gazu ziemnego z towarzyszeniem technologii CCS albo wodorowych – przy czym obecnie żadna z tych technologii nie jest komercyjnie dostępna na dużą skalę.

Proces modernizacji i rozwoju inteligentnych sieci powinien uwzględniać m.in. rozwiązania cyfrowe, których stosowanie może się w pełni przyczynić do redukcji emisji. Jednym z filarów inteligentnych sieci (obok wyżej wspomnianej elastyczności i dwukierunkowego przepływu energii elektrycznej) są inteligentne liczniki, które swoim zasięgiem obejmowały w 2022 r. zaledwie 15 proc. kraju (co stawia Polskę na 20. miejscu w UE). Inteligentne liczniki pozwalają na bardziej precyzyjne rozliczenia z konsumentem, dzięki czemu zasada „zanieczyszczający płaci” może być egzekwowana w bardziej sprawiedliwy sposób, a co najważniejsze konsumenci mają motywację, by kontrolować swoje zapotrzebowanie¹⁰⁷. Tempo instalacji inteligentnych liczników w Polsce wypadła błądo w porównaniu do osiągnięć sąsiadów i raczej nie uda się zrealizować 80 proc. pokrycia do 2028 r., choć jest to cel zapisany w dyrektywie UE. Inteligentne liczniki nie tylko bezpośrednio wpływają na popyt, ale otwierają ogromne możliwości analizy danych, szczególnie w zakresie predyktywnej analizy popytu i optymalizacji wytwarzania energii elektrycznej¹⁰⁸. Zastosowania te w Polsce dopiero raczkują, po części z powodu braku niezbędnego oprzyrządowania, a po części ze względu na generalnie niskie zastosowanie sztucznej inteligencji i analizy danych przez operatorów (i przedsiębiorstwa w ogólności, o czym więcej w Rozdziale 4.1.1).

Kolejnym warunkiem dekarbonizacji systemu energetycznego jest zmiana podejścia do handlu energią elektryczną. Tradycyjny nacisk na bezpieczeństwo energetyczne i samowystarczalność energetyczną kraju stanowi ograniczenie dla handlu energią elektryczną i generuje dodatkowe koszty. Hurtowe ceny energii elektrycznej w Polsce należą do najwyższych w regionie (Ryc. 3.9) nie tylko z powodu wysokich kosztów produkcji węgla i wysokich kosztów emisji związanych z jego wytwarzaniem, ale również z uwagi na niskie wskaźniki handlu transgranicznego na skutek ograniczonej zdolności połączeń międzysystemowych¹⁰⁹. Wraz ze wzrostem elektryfikacji użytkowników końcowych i produkcji energii ze źródeł odnawialnych, szersze możliwości handlu w regionie otworzą dostęp do skandynawskich rynków taniej energii elektrycznej, co powinno się przełożyć na poprawę elastyczności i obniżenie cen energii elektrycznej dla konsumentów, zmniejszając w efekcie potrzeby inwestycyjne w zakresie krajowego wytwarzania energii i pobudzając konkurencyjność. Poza tym, inwestorzy w branży OZE zwracają uwagę na brak możliwości międzynarodowego handlu gwarancjami pochodzenia, co stanowi dodatkowe utrudnienie dla przedsiębiorstw, które chcą kupować energię elektryczną z niskoemisyjnych źródeł i uczestniczyć w rozwoju niskoemisyjnych usług (w tym centrów danych), procesów i produkcji¹¹⁰.

RYCINA 3.9. Ograniczenia w handlu energią elektryczną obniżają elastyczność systemu elektroenergetycznego i podnoszą koszty ponoszone przez konsumentów Średnie ceny energii elektrycznej na Rynku Dnia Następnego w 2024 r. (do 9 kwietnia 2024 r.) [euro/MWh]

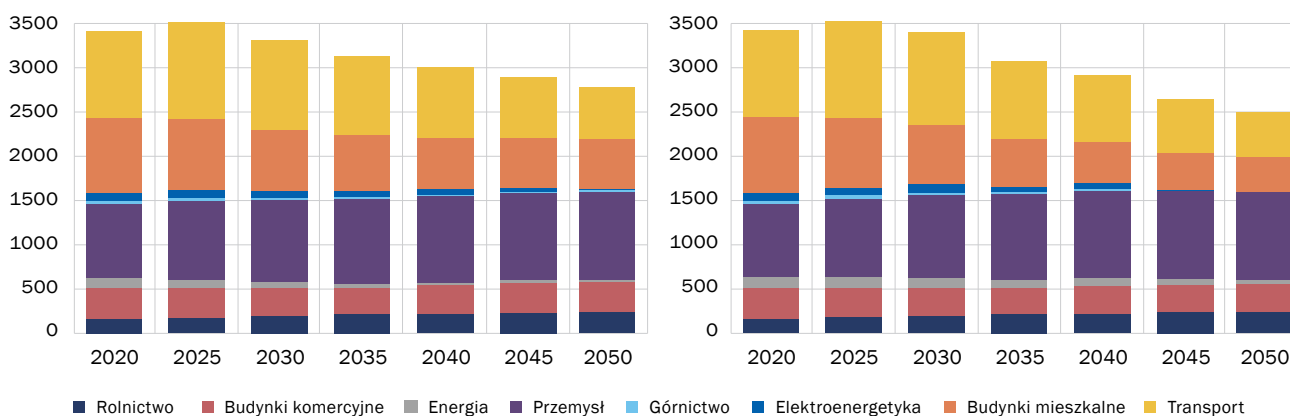


Źródło: Fraunhofer-energy-charts.info.

3.1.3. Droga do zerowych emisji netto w transporcie, ogrzewaniu i przemyśle

Na drodze do zerowych emisji netto znacząco obniży się krajowe zapotrzebowanie na energię. Przewiduje się, że poprawa efektywności energetycznej i zmiany technologiczne spowodują dekarbonizację popytu na energię, szczególnie w budynkach i transporcie. Pełna dekarbonizacja spowoduje, że do 2050 r. czynniki te zmniejszą całkowite sektorowe zużycie końcowe (TFC) o ponad 27 proc. (w porównaniu z 2019 r.), podczas gdy oddziaływanie obecnej polityki to zaledwie 19 proc. spadek TFC. Liderem spadku wskaźnika TFC w perspektywie 2050 r. będą budynki mieszkalne (54 proc.) dzięki upowszechnieniu pomp ciepła i modernizacji energetycznej budynków, szczególnie po 2030 r.¹¹¹ Wskaźnik TFC dla budynków komercyjnych spadnie nieznacznie (5 proc.), ponieważ wzrost PKB będzie impulsem dla rozwoju działalności usługowej [B1]. Podobnie jak w przypadku budynków mieszkalnych, wskaźnik TFC w sektorze transportu spadnie do 2050 r., aż o 49 proc. w wyniku szeroko zakrojonej elektryfikacji floty pojazdów (począwszy od 2030 r.) Z kolei całkowite zużycie końcowe w przemyśle znacznie wzrośnie w perspektywie 2050 r. (21 proc.), a to z uwagi na wzrost PKB oraz wyzwania dekarbonizacyjne typowe dla sektora, takie jak długoterminowa zależność od węgla i gazu oraz późne zastosowanie wodoru i technologii CCS [B4].

RYCINA 3.10. Znaczący spadek zapotrzebowania na energię, zwłaszcza w budynkach i transporcie, będzie sprzyjać trajektorii ZEN
Prognozowane całkowite końcowe zużycie energii w scenariuszu BZ i ZEN2050, według sektora, 2019–2050 [PJ]



Źródło: Opracowanie własne.

W sektorze budynków można przeprowadzić znaczącą i szybką dekarbonizację. Do 2035 r. emisje z budynków komercyjnych i mieszkalnych spadną odpowiednio o 57 proc. i 67 proc. (w porównaniu z 2020 r.), a następnie o 100 proc. i 96 proc. do 2050 r. Równolegle, coraz większy udział w całkowitym zużyciu końcowym w sektorze budynków będzie zdobywać energia elektryczna z sieci: od niespełna 24 proc. w 2019 r. do prawie 65 proc. w 2050 r., przy czym większość pozostałego udziału (31 proc.) będzie przypadać na ciepło sieciowe oraz niewielki, resztkowy odsetek produktów ropopochodnych (2 proc.). Tymczasem w scenariuszu BZ udział gazu w całkowitym zużyciu końcowym w sektorze budynków wzrośnie z niecałych 18 proc. w 2019 r. do prawie 40 proc. w 2050 r., przy mniejszym udziale energii elektrycznej z sieci (34 proc.) i ciepła sieciowego (26 proc.) [B1].

Polski sektor ciepłowniczy znajduje się obecnie na rozdrożu potrzeb dekarbonizacyjnych i modernizacyjnych. Wykorzystanie węgla jest nadal powszechne zarówno na obszarach wiejskich, jak i miejskich, a w 2020 r. węgiel generował niemal 70 proc. emisji z budynków mieszkalnych i 9 proc. emisji z paliw wykorzystywanych w ciepłownictwie. W sektorze mieszkaniowym gaz jest drugim co do wielkości emitentem CO₂, generującym 27 proc. emisji. Jednak na drodze do jednoczesnej likwidacji węglowych i gazowych instalacji stoi obecnie brak rozwiązań technicznych umożliwiających wychwytywanie i składowanie emisji dwutlenku węgla. Ciepłownictwo komunalne (40 proc. indywidualnych potrzeb grzewczych w 2020 r.) stoi przed wyzwaniami finansowymi związanymi ze złym stanem technicznym wielu systemów i niską wydajnością. Aby utrzymać swój udział w rynku w świecie zerowych emisji netto ciepłownictwo będzie musiało się przestawić z węgla na pompy ciepła stosowane na skalę użytkową obok bioenergii (w tym biomasy, biometanu) i gazu ziemnego, a w niektórych obszarach miejskich zastosować na dużą skalę geotermię, a także uruchomić innowacyjne modele biznesowe w zakresie zarządzania popytem i agregacji dla dużych użytkowników [B13].

RAMKA 3.4. Dekarbonizacja technologii grzewczych oznacza wzrost dobrostanu dzięki poprawie jakości powietrza.

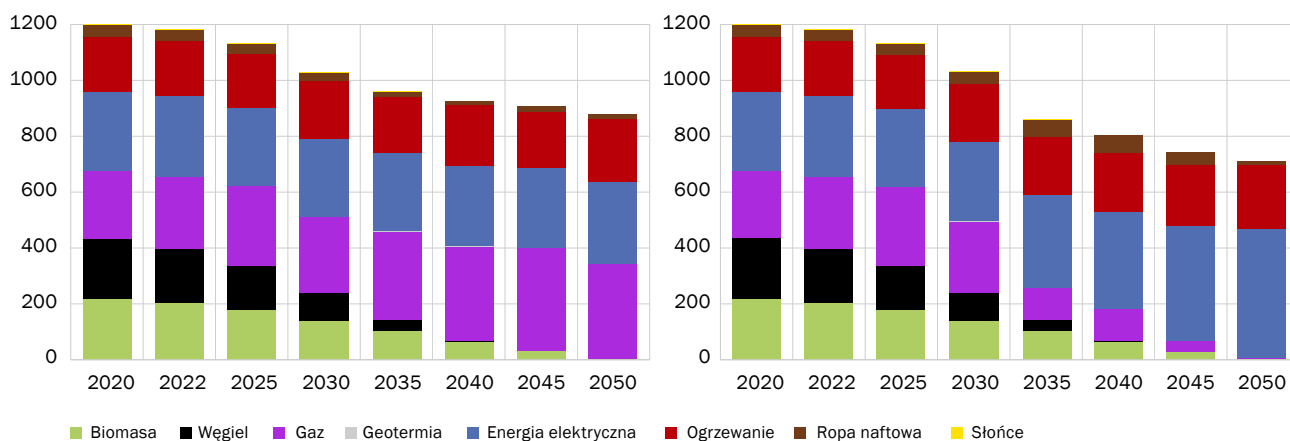
Dekarbonizacja w sektorze budynków na fali powszechnego zastosowania pomp ciepła (oraz inwestycji w efektywność energetyczną) przyczyniłaby się do znacznej poprawy jakości powietrza. Polskie wskaźniki zanieczyszczeń powietrza należą do najgorszych w Europie, a powstający przy spalaniu biomasy i węgla w kotłach pył zawieszony $PM_{2,5}/10$ poważnie szkodzi zdrowiu. Zgodnie ze scenariuszem ZEN, biomasa w sektorze grzewczym prawie zniknie do 2050 r. ze względu na jej niską wydajność w porównaniu z alternatywnymi instalacjami (w tym pompami ciepła). Uruchomiony w 2018 r. program priorytetowy „Czyste powietrze” (PPCP) wspiera termomodernizację, czyli poprawę efektywności energetycznej budynków oraz wymianę źródeł ciepła, m.in. na elektryczne instalacje grzewcze i kotły gazowe, a także powietrzne i gruntowe pompy ciepła. W przeciwieństwie do pomp ciepła, które nie emitują cząstek stałych, dofinansowane w ramach PPCP kotły na biomasę są tylko nieznacznie sprawniejsze od wysokowydajnych kotłów węglowych pod względem emisji cząstek stałych: kocioł opalany peletem z biomasy emituje średnio $24 \text{ mg}/\text{m}^3 \text{ PM}_{10}$ w porównaniu ze średnią $28 \text{ mg}/\text{m}^3$ w przypadku kotła grzewczego opalanego węglem. Dążąc do pełnej dekarbonizacji trzeba będzie zmienić wymagania wobec tych technologii w ramach PPCP, aby zmotywować wnioskodawców do wyboru alternatywnych rozwiązań bezemisyjnych, takich jak pompy ciepła, co przyniesie trojaką korzyść w postaci poprawy jakości powietrza, redukcji emisji i oszczędności energii [B1].

Renowacja starzejących się zasobów budowlanych poprzez inwestowanie w poprawę efektywności energetycznej opłaca się zarówno w scenariuszu obecnej polityki (BZ), jak i pełnej dekarbonizacji (ZEN).

W 2023 r. 30 proc. budynków jednorodzinnych w Polsce nie posiadało żadnej termoizolacji, a 70 proc. wymagało docieplenia. Niezależnie od przewidywanego spadku liczby ludności popyt na usługi grzewcze będzie coraz większy ze względu na wzrost PKB i oczekiwany znaczny wzrost powierzchni użytkowej budynków. Inwestycje w poprawę efektywności energetycznej mogą obniżyć zapotrzebowanie na energię cieplną o 430 PJ do 2050 r.¹¹², ale warunkiem byłyby roczny wskaźnik głębokiej termomodernizacji na poziomie 3 proc., odpowiadający 200 tys. budynków rocznie i stanowiący ponad trzykrotność obecnego rocznego wskaźnika termomodernizacji ogółem [B1] – el ten wydaje się być w zasięgu ręki, biorąc pod uwagę niedawne postępy w finansowanej z programu „Czyste Powietrze” modernizacji budynków jednorodzinnych.

RYCINA 3.11. Zużycie energii w budynkach można zmniejszyć przez poprawę charakterystyki energetycznej z jednoczesnym wycofaniem węgla i biomasy, przy czym gaz pozostaje w użyciu tylko w scenariuszu BZ

Prognozowane całkowite końcowe zużycie energii w sektorze budynków w scenariuszu BZ i ZEN2050, według rodzaju paliwa, lata 2019–2050 [PJ]



Źródło: Analiza własna Banku Światowego.

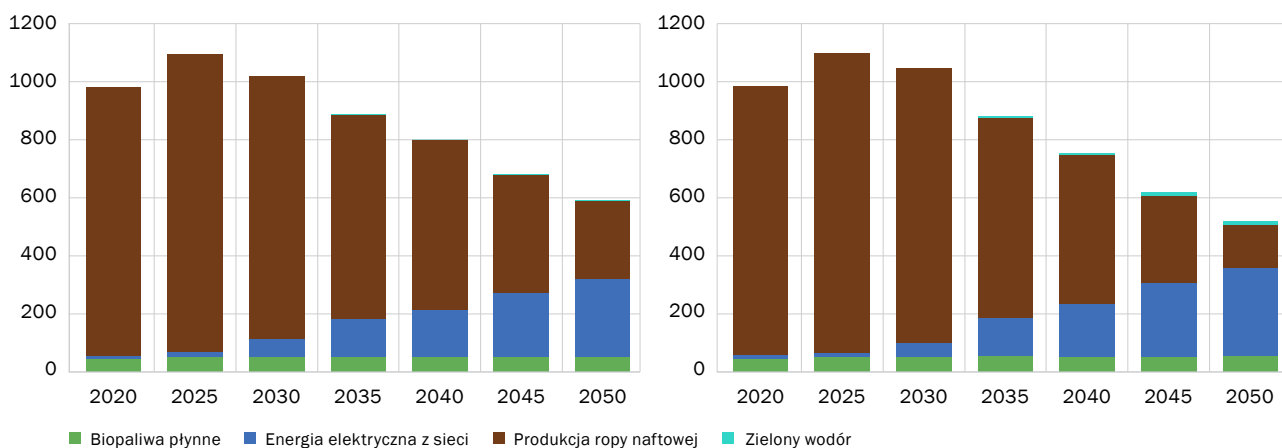
Uwagi: „Ogrzewanie” oznacza wielkoskalowe ciepłownictwo sieciowe.

W scenariuszu ZEN2050 emisje w sektorze transportu mogą się skurczyć o 90 proc. przed końcem 2050 r. dzięki wielotorowym wysiłkom ukierunkowanym na: (i) wzrost dostępności z mniej licznymi i krótszymi przejazdami (unikanie); (ii) wykorzystanie bardziej zrównoważonych środków transportu (zmiana); (iii) wykorzystanie

energooszczędnych pojazdów napędzanych czystszyimi paliwami (poprawa). W kontekście przejazdów osobowych chcąc zrealizować scenariusz ZEN2050 trzeba ograniczyć przejazdy prywatnymi samochodami na rzecz pasażerskich przejazdów kolejowych (z obecnych 5 proc. do 8 proc.) oraz transportu publicznego (z 18 proc. do 22 proc. w 2050 r.). W tym celu należy: (i) nie tylko zwiększyć podaż usług transportu publicznego, ale także wdrożyć dodatkowe rozwiązania w zakresie zarządzania popytem, aby zinternalizować koszty społeczne korzystania z samochodów (np. dynamiczne opłaty za zatoki i opłaty parkingowe); (ii) upowszechnić na obszarach wiejskich elastyczne rozwiązania przewozowe przewidziane w koncepcji transportu reagującego na popyt (DRT), usprawnić koordynację między organami wydającymi zezwolenia oraz zintegrować bilety i na styku z koleją regionalną; (iii) poprawić konkurencyjność i niezawodności regionalnych usług kolejowych (w związku z nowymi planowanymi połączeniami kolei dużych prędkości)¹¹³, oraz (iv) wprowadzić kryteria uzależniające przydział krajowych środków dla JST od celów (albo wyników) budżetu aktywnej mobilności [B10].

Jako rynek z wysokim wskaźnikiem motoryzacji (601 samochodów na 1000 mieszkańców)¹¹⁴ Polska musi w znacznym stopniu zelektryfikować flotę pojazdów. W porównaniu z obecną polityką, w scenariuszu ZEN2050 w perspektywie średnio- i długoterminowej większość redukcji emisji w sektorze transportu zapewnia właśnie elektryfikacja floty pojazdów: spadek o 29 proc. do 2035 r. oraz o 90 proc. do 2050 r. (w porównaniu do 74 proc. w scenariuszu referencyjnym). Popularyzacja pojazdów elektrycznych sprawia, że udział energii elektrycznej z sieci w całkowitym zużyciu końcowym sektora sięga 15 proc. w 2035 r. i 63 proc. w 2050 r. (scenariusz ZEN2050). Produkty naftowe utrzymują do 2050 r. 20 proc. udział w całkowitym zużyciu końcowym nawet w ramach ZEN2050, podczas gdy biopaliwa pozostają na stosunkowo stałym poziomie ok. 5 proc. do 2035 r., aby do 2050 r. zwiększyć swój udział do 14 proc. Oznacza to, że napęd elektryczny będzie wykorzystywany przez 30% wszystkich samochodów osobowych w 2035 r. i 90% w 2050 r. Chcąc przyspieszyć elektryfikację w skali całej floty pojazdów, dotychczasowe programy elektro-mobilności nadzorowane przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej trzeba będzie uzupełnić o dodatkowe interwencje publiczne, np. zachęty do szybkiej elektryfikacji¹¹⁵ pojazdów o wysokim stopniu wykorzystania (np. taksówki, car sharing), flot firmowych i flot leasingowych, ponieważ z racji większego przebiegu mogą one przynieść większe oszczędności w eksploatacji (w porównaniu z pojazdami spalinowymi). Ponadto, w oparciu o obecne systemy opłat rejestracyjnych, które różnią się w zależności od układu napędowego i wielkości silnika pojazdu, można rozważyć system premii/sankcji (okresowo aktualizowany i odpowiednio zaprojektowany z uwzględnieniem efektów dystrybucyjnych) w celu zmotywowania użytkowników do zakupu pojazdów elektrycznych (obejmujący również import pojazdów używanych, które stanowią około 60 proc. rejestrowanych pojazdów w skali roku¹¹⁶ [B11]).

RYCINA 3.12. Scenariusz ZEN2050 przewiduje spadek zużycia energii oraz przejście na energię elektryczną i biopaliwa w sektorze transportu w wyniku zmiany technologicznej, ale w scenariuszu BZ ropa naftowa zachowuje dominującą pozycję. Prognozowane całkowite końcowe zużycie energii w sektorze transportu w scenariuszu BZ (po lewej) i ZEN2050 (po prawej), według rodzaju paliwa, 2019–2050 [PJ]



Źródło: Opracowanie własne.

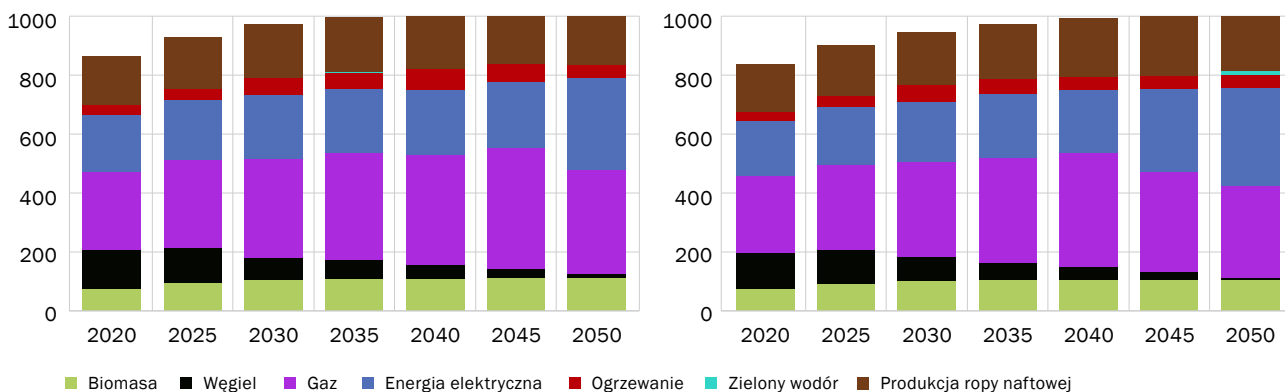
Zmniejszenie wysokiej emisyjności transportu towarowego (EEA 2024) wymaga znacznych zmian technologicznych w sektorze przewozów ciężarowych (z innowacyjnymi rozwiązaniami w zakresie finansowania i zmniejszania ryzyka) oraz dywersyfikacji usług kolejowego transportu towarowego (nacisk na intermodalność). Udział transportu kolejowego w przewozach towarowych w Polsce skurczył się z 36 proc. w 2005 r. do 23 proc. w 2022 r., ponieważ cały wzrost przewozów towarowych został przejęty przez transport kołowy¹¹⁷. Utrzymanie obecnego udziału kolei w transporcie towarowym (23 proc.) w ramach ścieżki ZEN2050 będzie wyzwaniem, biorąc pod uwagę szybki spadek udziału węgla i produktów ropopochodnych, czyli surowców najczęściej przewożonych koleją, które obecnie stanowią około 45 proc. wolumenu w transporcie kolejowym. Chcąc ten spadek zrekomensować trzeba by na przykład zwiększyć udział modalny wszystkich pozostałych towarów do szczytowego poziomu z ostatnich dwóch dekad. Promowanie intermodalności i synergii między elastycznością transportu drogowego a niższymi kosztami operacyjnymi na kolei ma kluczowe znaczenie dla dywersyfikacji rynku kolejowych przewozów towarowych i obniżenia zarówno całkowitych kosztów logistycznych, jak i emisji sektora [B10]. Oprócz już stosowanych rozwiązań (obniżone opłaty za dostęp do torów dla jednostek intermodalnych) trzeba będzie dopilnować, by budowa nowych terminali intermodalnych w przyszłości była skoordynowana z planowaną rozbudową sieci kolejowej, a także zapewnić odpowiednie warunki dla mobilizacji inwestycji sektora prywatnego. W przypadku ścieżki NZ2050 wymagane są dodatkowe inwestycje w sieć kolejową o szacowanej wartości 8,5 mld USD do 2050 r. (po uwzględnieniu dyskonta), oprócz już zaplanowanych inwestycji w kolej dużych prędkości w ramach projektu CPK sięgającego 2032 r.

Nawet przy udanej dywersyfikacji rynku kolejowych przewozów towarowych filarem przewozów towarowych pozostanie transport kołowy (ponad 75 proc. ruchu lądowego), zatem istotne będzie upowszechnienie zeroemisyjnych pojazdów ciężarowych. W scenariuszu ZEN2050 przewiduje się wymianę 30 proc. ciężkich samochodów ciężarowych na pojazdy akumulatorowo-elektryczne do 2040 r. i 75 proc. do 2050 r. (głównie akumulatorowo-elektryczne z potencjalnym niewielkim udziałem wodoru – ogniwo paliwowych – w ciężarówkach do długich cykli pracy). Mając na uwadze bariery utrudniające wdrożenie zeroemisyjnych pojazdów ciężarowych na szeroką skalę, należy m.in. zaprojektować i wprowadzić w życie rozwiązania w obszarze finansowania i redukcji ryzyka, aby zachęcić sektor prywatny do inwestycji w infrastrukturę ładowania zeroemisyjnych pojazdów ciężarowych i ułatwić małym i średnim przedsiębiorstwom dostęp do kapitału. Przykładem może być wsparcie w postaci rzeczywistej i nierzeczywistej ochrony kredytowej, mechanizmy obniżania ryzyka (np. gwarancje wartości rezydualnej) albo finansowanie luki rentowności (VGF). Gdy zostaną pokonane przeszkody wynikające z wyższych kosztów początkowych, na pierwszy plan wysuną się korzyści zeroemisyjnych pojazdów ciężarowych w postaci znacznie niższych kosztów operacyjnych w porównaniu z ciężarówkami napędzanymi olejem napędowym [B11].

Przed najtrudniejszymi wyzwaniami dekarbonizacyjnymi stanie polski przemysł. Kluczem do pełnej dekarbonizacji polskiego przemysłu będzie niskoemisyjny wódór i gaz ziemny w połączeniu z przemysłowym zastosowaniem CCS. Pełna dekarbonizacja polskiego sektora przemysłowego będzie oparta na niskoemisyjnym wodorze i gazie ziemnym w połączeniu z przemysłową sekwestracją CO₂. Według trajektorii ZEN2050, wysoki (15 proc.) udział węgla w sektorach przemysłowych będzie stopniowo zastępowany przez gaz i energię elektryczną, tak że po 2035 r. udział węgla spadnie poniżej 1 proc. [B4]. Do 2040 r. rola gazu w przemysłowym miksie energetycznym będzie rosła z obecnych 30 proc. do 39 proc. całkowitego zużycia energii (TFC), podczas gdy udział energii elektrycznej pozostanie na poziomie ok. 20 proc. W późniejszym okresie, w latach 2040-2050, scenariusz ZEN2050 przewiduje wyższy udział elektryfikacji (wskaźnik TFC na poziomie 33 proc. w 2050 r.). Sektor chemiczny, reprezentowany przez ORLEN S.A. i Grupę Azoty, to obecnie wiodący użytkownik gazu ziemnego w polskim przemyśle i największy producent szarego wodoru (trzeci największy producent szarego wodoru w UE), ale już przed końcem 2030 r. ma się orientować na rozwiązania niskoemisyjne w związku z ETS. Główne opcje dekarbonizacyjne dla branży chemicznej to zielony amoniak, płynne i gazowe paliwa odnawialne pochodzenia niebiologicznego (RFNBO) oraz CCS. Niebieski wódór jest obecnie bardziej opłacalny niż wódór odnawialny, jednak ramy regulacyjne UE ograniczają wykorzystanie alternatyw innych niż RFNBO. Przy braku dalszych zachęt wódór odnawialny w miksie przemysłowym pojawia się dopiero w 2050 r. i to w niewielkiej ilości (1 proc. TFC), głównie w branży chemicznej, przemyśle metali nieżelaznych (aluminium), przetwórstwie spożywczym i przemyśle maszynowym [B3]. Co prawda w scenariuszu ZEN2050 ropa naftowa jako paliwo energetyczne jest stopniowo wycofywana po 2045 r., jej znaczna ilość (17-20 proc. TFC) będzie

wykorzystywana jako surowiec chemiczny. Z kolei w scenariuszu BZ węgiel również zostaje wyeliminowany do 2050 r. (i w podobnym tempie) z uwagi na już widoczne wyzwania związane z konkurencyjnością kosztową. Jednak w scenariuszu referencyjnym na wysokim poziomie utrzymuje się wykorzystanie gazu (40 proc. TFC w 2045 r. i 34 proc. TFC w 2050 r.), natomiast w scenariuszu dekarbonizacji po 2040 r. obserwujemy częściowe zastąpienie gazu przez energię elektryczną. Względny udział zużycia paliw z innych źródeł energii (ciepło, biomasa) w obu scenariuszach przyjmuje podobne wartości [B4].

RYCINA 3.13. Ograniczenie zużycia gazu w polskim przemyśle może być jeszcze trudniejszym zadaniem niż odejście od węgla
Prognozowane całkowite końcowe zużycie energii w przemyśle w scenariuszu BZ i ZEN2050, według rodzaju paliwa, 2019–2050 [PJ]



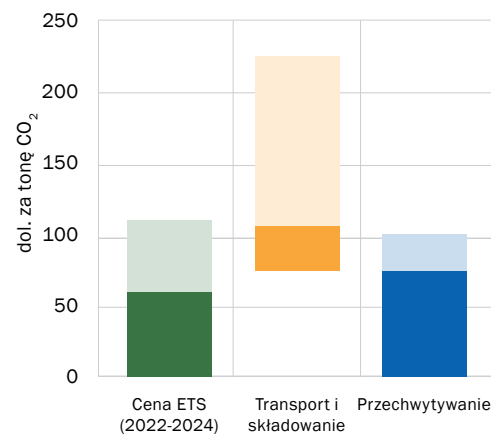
Źródło: Analiza własna.

Uwagi: Udział szarego i niebieskiego wodoru w końcowym zużyciu energii ujęto w ramach kategorii „gaz”.

Przebieg dekarbonizacji polskiego przemysłu jest zróżnicowany sektorowo:

- Polska branża chemiczna, z jedną trzecią zużycia energii pochodzącą z węgla, należy do najbardziej emisyjnych na świecie¹¹⁸. Pełna dekarbonizacja w perspektywie 2050 r. oznacza, że węgiel zostanie zastąpiony przez większe zużycie biomasy, gazu ziemnego (z CCS) i energii elektrycznej, podczas gdy niskoemisyjny wodór, zielony amoniak i bienergia (biomasa i biometan) pozostaną potencjalną alternatywą dla gazu ziemnego przy produkcji nawozów¹¹⁹. Obecnie ceny gazu ziemnego stanowią ok. 70-80 proc. kosztów nawozu, a zastąpienie go niskoemisyjnymi alternatywami grozi wzrostem cen. Wyższe ceny nawozów mogą wpłynąć na konkurencyjność polskiego sektora rolnego, co może wywołać obawy o bezpieczeństwo dostaw żywności.
- W ciągu następnej dekady cementownie będą musiały stosować więcej alternatywnych paliw termicznych i sporo zainwestować w technologie CCS. W porównaniu z przemysłem stalowym i chemicznym polska branża cementowa ma korzystny wskaźnik emisyjności wynoszący 0,8 tony CO₂ na tonę klinkieru (podobnie do średniej europejskiej) i imponujący, 65 proc. wskaźnik wykorzystania paliw alternatywnych do produkcji energii cieplnej (średnia UE to 52 proc.)¹²⁰. Dzięki zastosowaniu biomasy i gazu zużycie węgla spadnie do zera. Jednak aż 60-70 proc. emisji CO₂ przy produkcji cementu nie pochodzi z paliw, lecz z procesów materiałowych¹²¹; przemysł ten będzie również wymagał wdrożenia CCS.
- Kolejnym ważnym przemysłowym konsumentem węgla w Polsce jest hutnictwo żelaza i stali (MAE 2023), a rezygnacja z węgla będzie się wiązać z elektryfikacją, szerszym wykorzystaniem gazu oraz poprawą efektywności ener-

RYCINA 3.14. Niskokosztowe rozwiązania CCS w branży cementowej mogą być konkurencyjne kosztowo przy cenie ETS powyżej 100 dol. za tonę.



Źródło: opracowanie własne na podstawie zakresu cen ETS za EMBER 2024. Szacunek kosztów CCS na podstawie CATF 2023 oraz wewnętrznych źródeł.

Uwagi: Koszt w dol. za tonę CO₂, kolor lity reprezentuje niższy zakres, a kolor półprzezroczysty wyższy zakres.

tycznej. Przy obecnie dostępnych technologiach istnieją dwie ścieżki dekarbonizacji w przemyśle stalowym: po pierwsze, szersze wykorzystanie elektrycznych pieców łukowych, opalanych wsadem złożonym ze złomu. Niestety stal produkowana tą metodą nie dorównuje jakością stali z wielkich pieców, a zatem nie nadaje się do wszystkich zastosowań. Dekarbonizacja wielkich pieców wymaga zastosowania odnawialnego wodoru lub odnawialnego wodoru w połączeniu z CCS. W Polsce tylko 37 proc. mocy wytwórczych w przemyśle stalowym zapewniają piece łukowe (w Europie jest to 41 proc.), więc branża ma potencjał do ulepszenia tej metody i produkcji zielonej stali (pod warunkiem uprzedniej dekarbonizacji sektora elektroenergetycznego). Trzeba jednak zaznaczyć, że obecnie 85 proc. emisji przemysłu stalowego w Polsce pochodzi z dwóch wielkich pieców w Dąbrowie Górniczej¹²², które zostały niedawno zmodernizowane, co wydłużyło ich żywotność o co najmniej 15 lat. Scenariusz ZEN2050 sugeruje, że sposobem na dekarbonizację hutnictwa żelaza i stali jest elektryfikacja (wzrost z 33 proc. do 39 proc. TFC w 2050 r.) w połączeniu z większym wykorzystaniem gazu ziemnego w połączeniu z CCS (z 38 proc. w 2019 r. do 56 proc. TFC w 2050 r.) Na podstawie aktualnych założeń do modelu systemów energetycznych w scenariuszu ZEN2050 stwierdzono, że wykorzystanie wodoru w hutnictwie żelaza i stali nie byłoby konkurencyjne kosztowo [B4].

CCS wyrasta na jedną z wiodących technologii umożliwiających dekarbonizację niełatwego pod tym względem sektora przemysłowego, jako że Polska dysponuje trzecim co do wielkości potencjałem składowania dwutlenku węgla w Europie, a koszty sekwestracji są coraz bardziej konkurencyjne, ale bieżące projekty nie rozwijają się zgodnie z harmonogramem do 2035 r. z powodu niedostatecznego finansowania i opóźnień w wydawaniu pozwoleń. W modelu energetycznym Banku Światowego oszacowano, że począwszy od 2035 r. w Polsce trzeba by wychwytywać ok. 11 mln ton paliwowych emisji CO₂ w przemyśle, a wartość inwestycji w perspektywie 2030-35 r. wynosi 15 mld dol. Krajowy potencjał (pojemność) składowania CO₂ wynosi od 13 do 159 gigaton, co daje Polsce trzecie miejsce w Europie (za Norwegią i Bułgarią). Jako że transport i składowanie odpowiadają za lwią część kosztów (Ryc. 3.14), zlokalizowane w południowej Polsce branże wysokoemisyjne rozważają lądowe opcje składowania CO₂ w centralnej części kraju, natomiast przemysł na północy spogląda w stronę morskich instalacji CCS. Zdaniem MAE, koszty wychwytu dwutlenku węgla przy produkcji stali w wielkim piecu powinny wynieść ok. 40-90 dol. za tonę CO₂ (MAE 2023), natomiast zdaniem ekspertów branżowych w przypadku cementowni koszt byłby nieco wyższy – od 75 dol. do 100 dol. za tonę.

Koszty transportu i składowania są dość znaczne i uzależnione od odległości i skali – mogą wynieść od 30 dol. do 150 dol. za tonę dwutlenku węgla (składowanie na lądzie plasuje się bliżej dolnej części tego przedziału), zatem niskokosztowe rozwiązania w branży cementowej mogą być konkurencyjne przy cenach emisji CO₂ nieco powyżej 100 dol. za tonę (Ryc. 3.14). Przewiduje się, że koszt wychwytu dwutlenku węgla (lub alternatywnie cena ETS dla produkcji bez obniżenia emisji) zostanie z czasem uwzględniony w cenie produktu dla użytkownika końcowego. Aktualnie ceny cementu wysokoemisyjnego wynoszą około 110-140 dol. za tonę i w przypadku Polski mogą niemal dwukrotnie wzrosnąć dla cementu zeroemisyjnego (po dodaniu kosztów wychwytu dwutlenku węgla)¹²³ (Więcej o analizie CCS można przeczytać w materiale dodatkowym poświęconym tematyce energii i transportu oraz w IBIS 2024) [B5].

Poprawa efektywności i skuteczna dekarbonizacja polskiego przemysłu to zadania wymagające zastosowania odpowiednich mechanizmów i wsparcia. Najważniejsze decyzje dotyczące interwencji w energochłonnych gałęziach przemysłu zapadają co prawda na szczeblu europejskim (unijny system handlu uprawnieniami do emisji ETS, graniczna opłata węglowa CBAM), ale polskie władze mogą kształtować politykę w kluczowych obszarach, takich jak a) ukierunkowanie uprawnień ETS na dekarbonizację przemysłu; b) poszerzenie i poprawa skuteczności istniejących mechanizmów wsparcia na rzecz poprawy efektywności energetycznej w przemyśle; c) kontynuowanie wysiłków regulacyjnych w celu wspierania przemysłowych zastosowań CCS i niskoemisyjnego wodoru; d) usuwanie przeszkód dla wytwarzania energii elektrycznej na miejscu [B4 i B5].

3.1.4 Koszty i korzyści dekarbonizacji

Dodatkowe potrzeby inwestycyjne wynikające ze ścieżki ZEN są niewielkie, a oszczędności operacyjne z nawiązką rekompensują koszty. W porównaniu z potrzebami inwestycyjnymi ujętymi w scenariuszu BZ, ścieżka ZEN2050 wymaga jedynie dodatkowych 28 mld dol. na nakłady inwestycyjne w latach 2025-2050

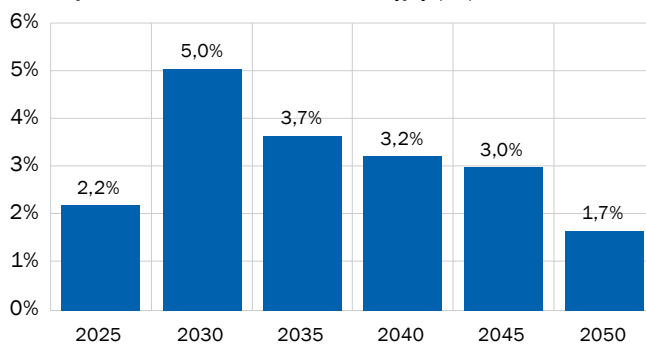
(kwota zdyskontowana), a jednocześnie generuje oszczędności operacyjne w wysokości 75 mld dol., co daje 47 mld dol. korzyści ekonomicznych netto. Oszczędności operacyjne wynikają z niższych kosztów eksploatacji, utrzymania i paliw w związku z bardziej ambitną ścieżką dekarbonizacji. Wreszcie, z racji wyższej dynamiki handlu energią elektryczną potrzeby inwestycyjne sektora elektroenergetycznego są w scenariuszu ZEN2050 o 6,5 mld dol. niższe niż w scenariuszu BZ¹²⁴.

Nie ulega jednak wątpliwości, że całkowite skumulowane potrzeby inwestycyjne w obszarze dekarbonizacji są bardzo znaczące. Struktura łącznych skumulowanych inwestycji w latach 2025-50 wygląda następująco: 92 mld dol. w sektorze elektroenergetycznym (nowa generacja i jej segment przesyłowy, akumulatory do magazynowanie energii elektrycznej, transgraniczne połączenia międzysystemowe); 230 mld dol. w sektorze transportu (komunikacja publiczna (np. autobusy), ciężarówki), 133 mld dol. w sektorze budynków mieszkalnych i komercyjnych (renowacja budynków, docieplenie, nowe urządzenia, w tym pompy ciepła, kotły); oraz 34 mld dol. w sektorach przemysłowych (nowe maszyny i urządzenia). Produkcja cementu, stanowiąca największe wyzwanie pod względem redukcji emisji, będzie wymagać inwestycji w przemysłowe technologie wodorowe i CCS o przybliżonej wartości 15 mld dol. w latach 2035-2040.

Natomiast opóźnienia na ścieżce odchodzenia od węgla podbijają koszty transformacji ZEN. Roczne potrzeby inwestycyjne w elektroenergetyce, transporcie i segmencie budynków mieszkalnych osiągają szczyt na poziomie 5 proc. PKB w 2030 r., ponieważ ceny w systemie ETS zmuszą sektor elektroenergetyczny do działania pomimo obowiązujących postanowień umownych (rynki mocy itp.) betonujących węgiel w koszyku energetycznym do 2035 r., co w rezultacie oznacza sprzeczne sygnały dla inwestorów, ze szkodą dla wyników gospodarczych (Ryc. 3.14) [B4; B6]. Co prawda CAPEX jako odsetek PKB w obu scenariuszach wygląda podobnie, ale już w strukturze inwestycji występują znaczne różnice: np. na ścieżce ZEN2050 wcześniejsza dekarbonizacja sektora transportu (w porównaniu z obecną polityką) zmniejsza potrzeby inwestycyjne poprzez przesunięcie ruchu drogowego w kierunku transportu publicznego [B10], a bardziej intensywna elektryfikacja i dodatkowe zastosowanie CCS oznaczają wzrost potrzeb inwestycyjnych odpowiednio w elektroenergetyce i przemyśle.

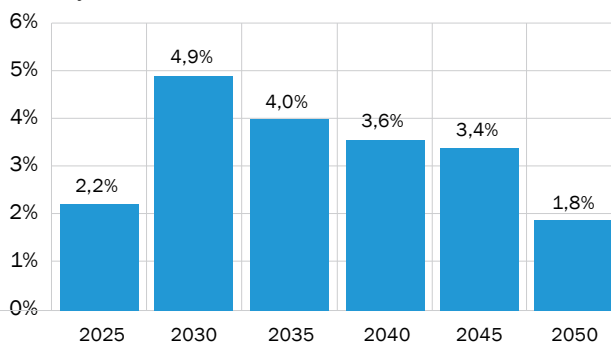
RYCINA 3.15. Zarówno w ramach obecnej polityki (scenariusz BZ), jak i w scenariuszu ZEN2050 szczyt potrzeb inwestycyjnych przypada na 2030 r. (mld dol.)

CAPEX jako % PKB – scenariusz referencyjny (BZ)



■ CAPEX jako % PKB mld dol. – scenariusz referencyjny (BZ)

CAPEX jako % PKB – scenariusz ZEN2050



■ CAPEX jako % PKB mld dol. – scenariusz ZEN2050

Źródło: Analiza i opracowanie własne.

Uwagi: Roczne potrzeby inwestycyjne jako odsetek PKB; konsumpcja prywatna w sektorze transportu uwzględnia nakłady inwestycyjne na pojazdy 2-3-kołowe i samochody (pojazdy osobowe); inwestycje transportowe uwzględniają komercyjne i publiczne inwestycje w autobusy i ciężarówki.

3.1.5. Zmniejszanie wolumenu emisji i zwiększanie pojemności pochłaniaczy w leśnictwie i rolnictwie

Rolnictwo generuje 8,8 proc. całkowitych krajowych emisji i jest drugim najważniejszym sektorem z punktu widzenia strategii ZEN2050. Realizacja celów przewidzianych na 2030 r. wymaga zmniejszenia emisji w tym sektorze o 30-33 proc. (w porównaniu z poziomami z 1990 r.). W latach 2000-2019 poziom emisji gazów cieplarnianych w rolnictwie obniżył się w sumie o 23,5 proc., głównie dzięki niższym emisjom z fermentacji jelitowej¹²⁵. Rolnictwo odpowiada za 80,2 proc. emisji NO₂ i prawie 40 proc. emisji CH₄. Główne źródła emisji

to fermentacja jelitowa zwierząt gospodarskich (43 proc.), grunty orne (42,9 proc.) i zarządzanie obornikiem (12,06 proc.). Na kolejnych etapach łańcucha wartości generowane jest ok. 15,5 proc. strat żywności (2017-2018), co przekłada się na ok. 2 074 mln ton emisji CO₂, tj. 9,4 razy więcej niż wynoszą roczne emisje sektora [B19]¹²⁶.

Dostosowanie emisji w rolnictwie do trajektorii ZEN będzie wymagało znacznych nakładów inwestycyjnych. Ogromny potencjał redukcji emisji mają technologie dotychczas rzadko wykorzystywane w polskim rolnictwie, takie jak: praktyka odłogowania gleb organicznych (na pierwszym miejscu pod względem kosztu utraconych korzyści) z potencjałem redukcji emisji wynoszącym 6,4 mln ton ekw. CO₂ i niskimi kosztami (ok. 3 euro za tonę); inhibitory nityfikacji (potencjał redukcji emisji wynoszący 1,6 mln ton ekw. CO₂ i koszt ok. 40 euro za tonę) oraz rolnictwo precyzyjne z potencjałem redukcji emisji wynoszącym 1,8 mln ton ekw. CO₂ przy stosunkowo wysokich kosztach redukcji emisji wynoszących prawie 100 euro za tonę. Rozwiązania mające na celu obniżenie emisyjności hodowli zwierząt gospodarskich to m.in. poprawa wydajności metod hodowlanych, poprawa żywienia (dodatki paszowe w celu zmniejszenia emisji metanu z fermentacji jelitowej: siemię lniane) oraz doskonalenie genetyczne. Listę niezbędnych inwestycji zamyka poprawa efektywności energetycznej w 2100 budynkach gospodarskich oraz 2300 biogazowni rolniczych. Wdrożenie tych interwencji ma potencjał znacznej redukcji emisji o 14,8 mln ton ekw. CO₂ rocznie, co pozwoliłoby wprowadzić polskie rolnictwo na ścieżkę ZEN2050, przy średnich sumarycznych kosztach wynoszących 829 mln dol. rocznie. Inwestycjom musi jednak towarzyszyć lepsza współpraca między interesariuszami, począwszy od podmiotów zajmujących się rozpowszechnianiem wiedzy rolniczej i ich zdolności do skutecznego promowania pożądaných rozwiązań. Pierwszym krokiem byłoby obniżenie kosztów transakcyjnych wdrażania programów rolno-środowiskowych WPR, szacowanych na około 15 proc. całkowitych kosztów tej polityki i 25 proc. płatności wyrównawczych¹²⁷.

Polskie lasy odgrywają pierwszoplanową rolę w realizacji zarówno krajowych, jak i unijnych celów ZEN, ale ich zdolność do pochłaniania dwutlenku węgla spada. W polskich lasach zmagazynowane jest ok. 3300 mln ton ekw. CO₂, czyli 10 proc. całego węgla w lasach UE¹²⁸ i ponad dekada krajowych emisji. W ciągu ostatnich dwóch dekad polski segment użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwa (LULUCF) rekompensował ok. 10 proc. rocznych krajowych emisji, głównie dzięki zagęszczaniu pokrywy leśnej (średnio 90 proc. całkowitego wkładu), a także dzięki zalesianiu dodatkowej powierzchni¹²⁹. Jednak ta rola słabnie¹³⁰, utrudniając realizację krajowych i unijnych celów w zakresie dekarbonizacji: potencjał pochłaniaczy był na szczytowym poziomie w 2005 r.¹³¹ (48 mln ton ekw. CO₂), podczas gdy potencjał oczekiwany w 2050 r. wynosi 10 mln ton¹³². Główną przyczyną spadku jest starzejąca się struktura leśna, a wszelkie opcje dla odwrócenia kierunku spadkowego (np. inne praktyki gospodarki leśnej, zalesienia i odnowienia, rekultywacja torfowisk itp.) wymierne korzyści w zakresie sekwestracji mogłyby przynieść w bardzo długim okresie. Należy się zatem spodziewać, że spadkowa dynamika pojemności pochłaniaczy w segmencie LULUCF będzie się utrzymywać i w 2050 r. wyniesie niespełną połowę wartości znanych z ostatnich lat, przy czym lwią część ubytku przypadnie na lasy państwowe (Tabela 3.1) [B19].

TABELA 3.1. Potencjał pochłaniaczy w segmencie użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwa (LULUCF), 2005–2030 (kilotony ekw. CO₂)

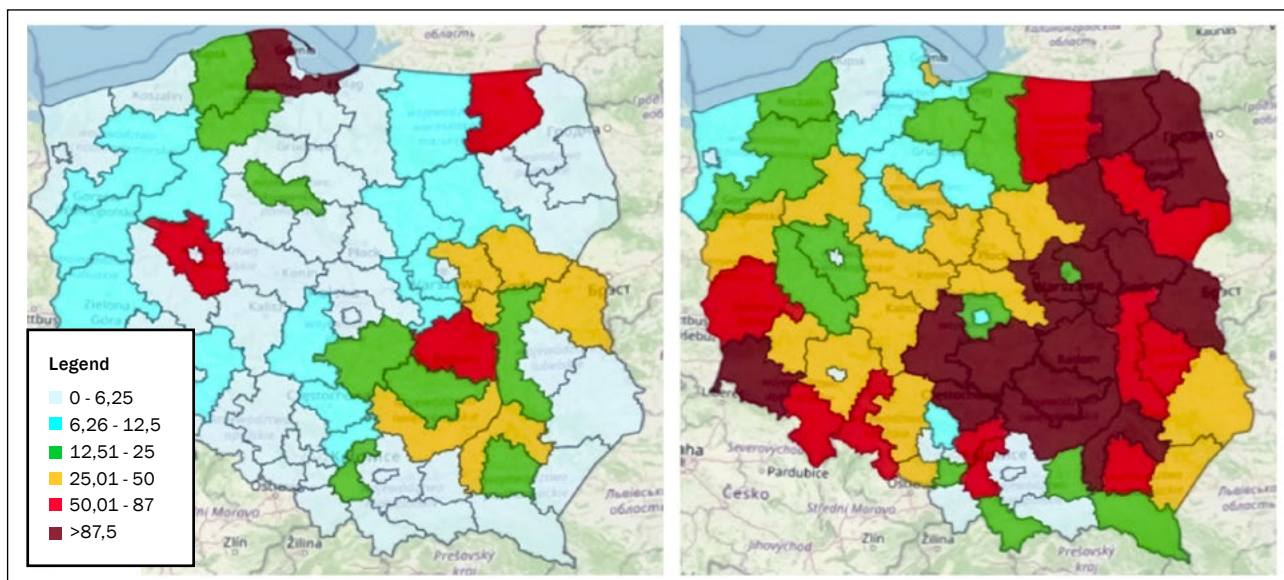
kilotony ekw. CO ₂	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2050
LULUCF	48 019	32 962	29 143	18 958	15 261	-6 892	10 000**
Cel UE						38,098	
% emisji***	-13%	-9%	-8%	-5%	do ustalenia	do ustalenia	

Źródło: Ministerstwo Środowiska i Klimatu 2024b**, McKinsey & Co. 2020***, Rzeczypospolita Polska 2022.

Pochłaniacze leśne znajdują się pod presją czynników antropogenicznych i klimatycznych. Ok. 86 proc. ulega defoliacji, która wpływa na ich wzrost, odporność na stres klimatyczny i długoterminowy potencjał depozytowania dwutlenku węgla¹³³. Skoro zanieczyszczenie dwutlenkiem siarki i tlenkami azotu wpływa na zdrowie drzew, dekarbonizacja może również przynieść korzyści dla zdrowia lasów. Pożary lasów to w zdecydowanej

większości zdarzenia wywołane przez człowieka, ale na ich występowanie wpływa również krótkoterminowa zmienność pogody oraz długoterminowe trendy klimatyczne - modele klimatyczne wskazują na stały wzrost ryzyka pożarów w Polsce¹³⁴, (Ryc. 3.16). Konieczne będą dodatkowe wydatki na działania przeciwpożarowe w lasach (reagowania i zapobieganie), aby potencjał leśnych magazynów i pochłaniaczy dwutlenku węgla w Polsce został zachowany, a najlepiej zwiększony. Rosnące wydatki na działania przeciwpożarowe są kosztami adaptacyjnymi i odzwierciedlają również zwiększone ryzyko pożarów w obliczu zmian klimatu (Ryc. 3.17).

RYCINA 3.16. Suchsze i cieplejsze lato oznacza wielokrotnie większe ryzyko pożarów leśnych
Spalone obszary leśne w podregionach (poziom NUTS3) w 2015 r. (po lewej) i 2021 r. (po prawej) (ha)

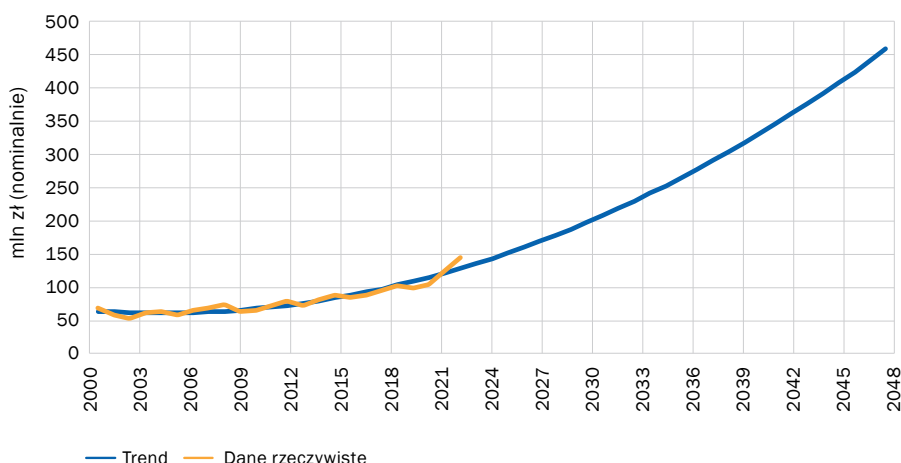


Źródło: Instytut Badawczy Leśnictwa <https://geoportal.ibles.pl/>

Uwagi: Na podstawie dynamicznego modelu oceny ryzyka wystąpienia pożarów leśnych, w którym ryzyko jest definiowane z uwzględnieniem: a) wilgotności wierzchniej warstwy ściółki sosnowej (określa możliwość inicjacji pożaru); b) temperatury i wilgotności względnej powietrza, mierzonych na wysokości 0,5 m oraz c) dziennej sumy opadów atmosferycznych.

RYCINA 3.17. Inwestycje przeciwpożarowe na obszarach leśnych

Koszty działań przeciwpożarowych, faktyczne i prognozowane (od 2000 do 2050 r., w mln zł, nominalnie)



Źródło: Opracowanie własne na podstawie szacunków IBLES.

wananie terenami podmokłymi, powiększanie arealów terenów leśnych, itp. Jednak efekty klimatyczne i większy potencjał pochłaniania CO₂ zmaterializowałyby się dopiero w kolejnych dekadach, pod koniec lat trzydziestych XXI wieku i później, w zależności od gatunków i tempa wzrostu nowo założonych lasów [B19].

Zachowanie dotychczasowych depozytów CO₂ i zwiększenie zasobów leśnych pochłaniaczy jest krytycznie ważne dla realizacji celu ZEN2050. Bez powrotu do szczytowych poziomów pochłaniania z 2005 r. (Tabela 3.1) Polska ma niewielkie szanse na osiągnięcie zera emisji netto do 2050 r. Proces sekwestracji można przyspieszyć wdrażając odpowiednie praktyki gospodarki leśnej, odnawianie zdegradowanych lasów, sadzenie szybciej rosnących gatunków, lepsze gospodarowanie

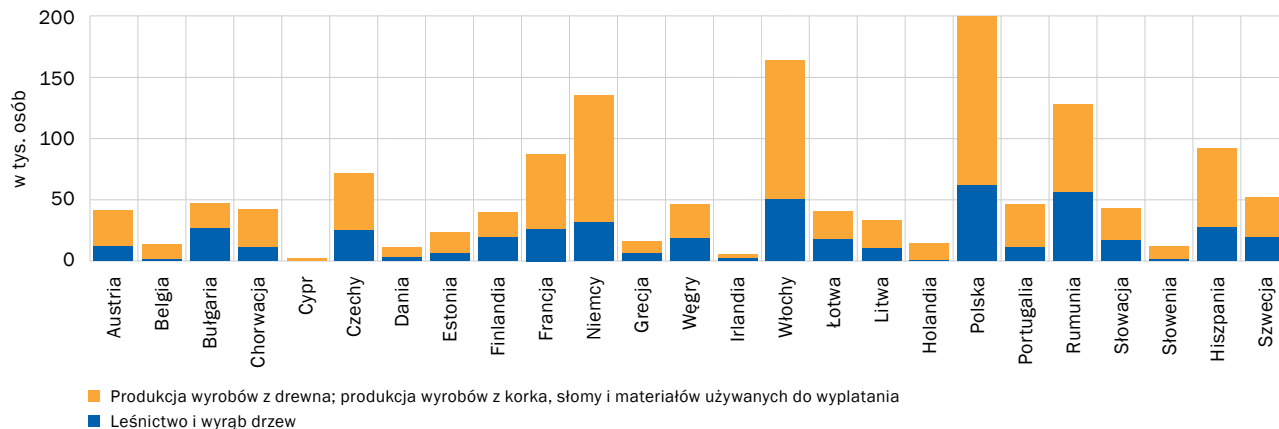
Zwiększenie potencjału polskich lasów pod względem pochłaniania dwutlenku węgla będzie jednak kosztowne. Zakładając, że 1/3 „dystansu” między obecnymi i szczytowymi wartościami sekwestracji CO₂ przez pochłaniacze można pokonać poprzez zmiany w gospodarce leśnej, chcąc osiągnąć cel do 2050 r. trzeba by zwiększyć powierzchnię lasów o 2,8 mln ha (tj. o 30 procent). Wymaga to przestrzeni większej niż ogólnie przyjęta wartość 2,3 mln ha niewykorzystanych gruntów nadających się do ponownego zalesienia¹³⁵. Całkowite potrzeby inwestycyjne wyniosłyby 3,2 mld dol. (Tabela 3.2)¹³⁶. Do zwiększenia powierzchni lasów można wykorzystać grunty publiczne i prywatne. Wykorzystanie gruntów prywatnych jest w dużej mierze zależne od polityki rolnej i charakterystyki dopłat do działalności rolniczej¹³⁷.

Awans polskiego przemysłu drzewnego w górę łańcucha wartości byłby z korzyścią dla dekarbonizacji.

Przemysł drzewny wytwarza ok. 10 proc. krajowej produkcji przemysłowej¹³⁸ i daje zatrudnienie ok. 366 tys. osób¹³⁹ – żadne inne państwo członkowskie UE nie ma tylu zatrudnionych w sektorze leśnym (Ryc. 3.17). Polska jest drugim największym eksporterem mebli w UE i trzecim co do wielkości na świecie, po Chinach (39 proc.) i Niemczech (6,3 proc.), z udziałem w światowym eksporcie wynoszącym 5,7 proc.¹⁴⁰. Sektor ten plasuje się również powyżej średniej UE pod względem udziału w PKB (0,3 proc. w Polsce w porównaniu do 0,17 proc. w UE)¹⁴¹, a także pod względem generowanej przez lasy wartości gospodarczej (196 euro z hektara w Polsce w porównaniu do 146 euro z hektara w UE). Zmiana struktury wykorzystania pozyskiwanego drewna przemysłowego na korzyść produktów bardziej zaawansowanych w miejsce produktów o krótkim cyklu życia, takich jak masa celulozowa czy biomasa drzewna, może nie tylko przynieść wartość dodaną i zwiększyć konkurencyjność, ale pozwoli także magazynować dwutlenek węgla przez dziesięciolecia, a nawet stulecia¹⁴². Istnieje duże pole do popisu jeżeli chodzi o większy udział drewna okrągłego w puli surowców wykorzystywanych w budownictwie: Polska pozostaje pod tym względem w tyle z udziałem na poziomie 1,8 proc. w porównaniu z tradycyjnymi krajami leśnymi, takimi jak Szwecja (11,2 proc.) i Finlandia (8,8 proc.), czy z będącą sąsiadem Polski Słowacją (5,5 proc.)¹⁴³.

RYCINA 3.18. Polskie lasy są ważnym źródłem miejsc pracy

Zatrudnienie w przemyśle drzewnym – państwa członkowskie UE (tys. osób, 2019 r.)



Źródło: Trinomics, VITO, Wageningen University, Research, Technische Universität Graz and Ricardo (2021), na podst. danych Eurostatu.

3.2. Ochrona gospodarki i ludności przez ryzykiem klimatycznym

3.2.1. Zabezpieczenie perspektyw wzrostu rolnictwa

rolnictwie wzrosła piętnastokrotnie od 2000 r. i jest to najwyższa tendencja wzrostowa (Ryc. 3.19).

Szersze spojrzenie na znaczenie gospodarcze rolnictwa dają wskaźniki sektora rolno-spożywczego, który z wynikiem 9 proc. PKB w 2021 r. zajmuje w tymże roku szóste miejsce w UE pod względem wartości dodanej i drugie pod względem skali zatrudnienia (Eurostat)¹⁴⁴; Polska jest także trzecim największym eksporterem netto artykułów rolno-spożywczych w Europie, z nadwyżką handlową wynoszącą 18,7 mld euro¹⁴⁵. Wreszcie, sektor rolny ma ogromne znaczenie dla poziomu życia ludności mieszkającej na obszarach wiejskich – w Polsce jest to ok. 39,9 proc. ludności kraju, w porównaniu do średniej UE wynoszącej 24,8 proc. Jest to

również sektor o kluczowym znaczeniu dla zachowania spójności społecznej, z wskaźnikiem ubóstwa wyższym od średniej krajowej (14,1 proc. w 2023 r., w porównaniu do 6,6 proc. średnio w całym kraju¹⁴⁶).

Notowanemu od niedawna wzrostowi produktywności w rolnictwie zagrażają po części te same bariery strukturalne, które nękają całą gospodarkę. Modernizacja rolnictwa i standardy UE doprowadziły do wzrostu skali i wartości produkcji – wskaźniki wydajności większości upraw systematycznie zbliżają się do średniej UE albo ją przekraczają, co wynika z lepszych praktyk rolniczych, wyższej jakości nakładów i bardziej efektywnego wykorzystania nawozów i pestycydów. Sektor hodowlany – w szczególności produkcja drobiu, mleka i bydła – wykazuje podobne tendencje wzrostowe. Jednak rolnictwo mierzy się z wieloma trudnościami wewnętrznymi i zewnętrznymi, które hamują jego dalszy wzrost. Rozdrobniona struktura produkcyjna niewielkich gospodarstw rolnych¹⁴⁷ i niechęć wobec rozmaitych modeli współpracy skutkują brakami w wyposażeniu i umiejętnościach, co nie sprzyja wdrażaniu nowych technologii i utrudnia efektywne wykorzystanie środków produkcji; do tego trzeba dodać trudności w dostępie do kapitału wynikające z braku odpowiednich zabezpieczeń i umiejętności zarządczych. Katalog słabych stron sektora zamyka niezaawansowany i fragmentaryczny system wiedzy i innowacji w rolnictwie oraz nieadekwatne inwestycje w infrastrukturę (sztucznie nawadnianych jest niespełna dwa procent gruntów).

TABELA 3.2 Skala inwestycji potrzebnych, by w 2050 r. potencjał pochłaniaczy w sektorze LULUCF osiągnął poziom z 2005 r.

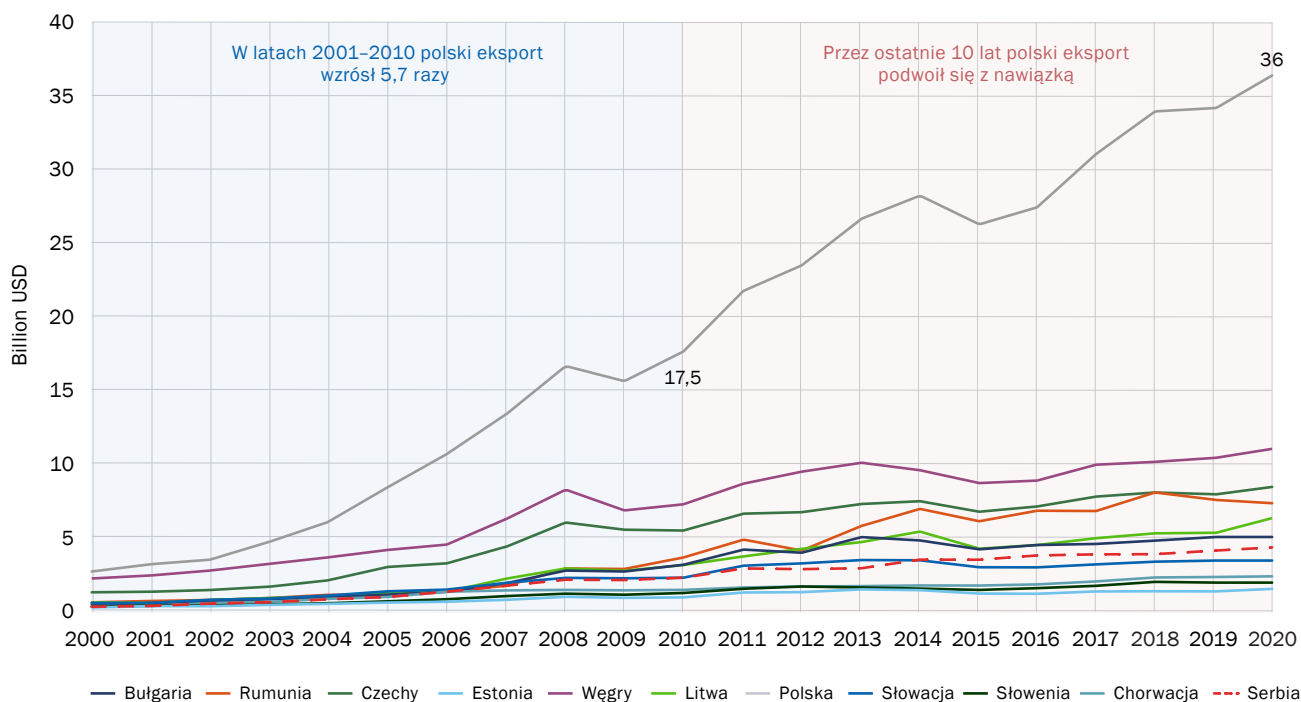
Powierzchnia do zalesienia/odnowienia, w hektarach	2,806,000
Wzrost powierzchni lasów w stosunku do sytuacji z 2022 r	30 percent
Wydatki inwestycyjne (w dol., ceny z 2020 r., 0 do 5 lat)	3,222 million

Źródło: na podstawie szacunków w Kwiatkowski i in. 2021 (powierzchnia) oraz Cabbage et al. 2022 (wydatki, sosna).

Uwagi: szacunki oparte na średnim tempie wzrostu i sekwestracji dwutlenku węgla, bez harmonogramu nasadzeń. Nie uwzględniono kosztów wykupu gruntów.

RYCINA 3.19. Na tle ospałego wzrostu eksportu w sektorze rolnictwa w UE, Polska jest chlubnym wyjątkiem

Eksport w rolnictwie – Polska i inne państwa członkowskie UE



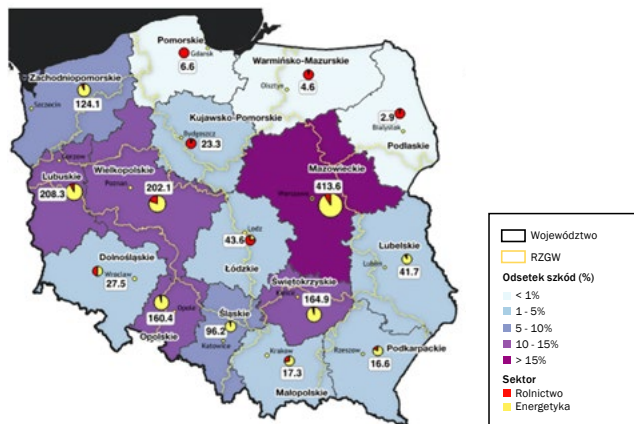
Polskie rolnictwo, które już teraz mocno odczuwa skutki wstrząsów klimatycznych, jest nieprzygotowane na przyszłe wstrząsy. W ostatnich latach bezprecedensowe, ekstremalne susze stały się bez mała normą; występują dwa razy częściej i powodują duże straty, wykraczające poza granice sektora. Susze w 2018 r. i 2020 r. doprowadziły do średnich strat w sektorze rolnym w wysokości 2-3 mld zł rocznie i do spadku PKB o 0,5-1 proc. w tym okresie¹⁴⁸. Oczekuje się, że zapotrzebowanie sektora rolnego na wodę wzrośnie do 2050 r.

o 25-30 proc¹⁴⁹. Skutki suszy są bardziej dotkliwe ze względu na niską jakość gleby – ok. 8,2 proc. gruntów ornych jest dotkniętych erozją wodną lub wietrzną, 3,6 proc. niską jakością składników odżywczych, a 7,4 proc. jest podatnych na azotany. Większość systemów odwadniających wymaga modernizacji i rozbudowy. Grunty sztucznie nawadniane stanowią niespełna dwa procent całkowitej powierzchni gruntów rolnych, w porównaniu ze średnią UE wynoszącą 9 proc¹⁵⁰. Podczas gdy susze występujące na północy szkodzą głównie rolnictwu, te w południowej części kraju zagrażają produkcji energii elektrycznej ze względu na dużą zależność sektora od wód powierzchniowych (Ryc. 3.20).

Skala prognozowanych skutków dla produkcji roślinnej jest ściśle powiązana z przebiegiem trajektorii ocieplenia. W pesymistycznym scenariuszu negatywne skutki dla upraw pozbawionych sztucznego nawadniania sięgają -12,1 proc. w perspektywie dekady 2041-2050 r., przy czym szczególnie podatne na skutki ocieplenia mają być najważniejsze uprawy, np. ziemniaki¹⁵¹, ze spadkiem plonów nawet o 30 proc. I odwrotnie, wariant „wilgotno/ciepło” (średnia SSP 1-1,9) powinien skutkować dramatycznym wzrostem produkcji o ok. +5,4 proc. (Ryc. 3.21). Z drugiej strony wpływ na uprawy nawadniane, choć mniej znaczący, jest negatywny we wszystkich scenariuszach, co wskazuje, że inwestycje w nawadnianie są słusznym mechanizmem adaptacyjnym w warunkach przyszłej niepewności, biorąc również pod uwagę stan obecny, czyli niski odsetek gruntów sztucznie nawadnianych. Produktowność chowu zwierząt gospodarskich, który stanowił 59,4 proc. komercyjnej produkcji rolnej w 2022 r.¹⁵², skurczy się niezależnie od przyszłej trajektorii ocieplenia [C2].

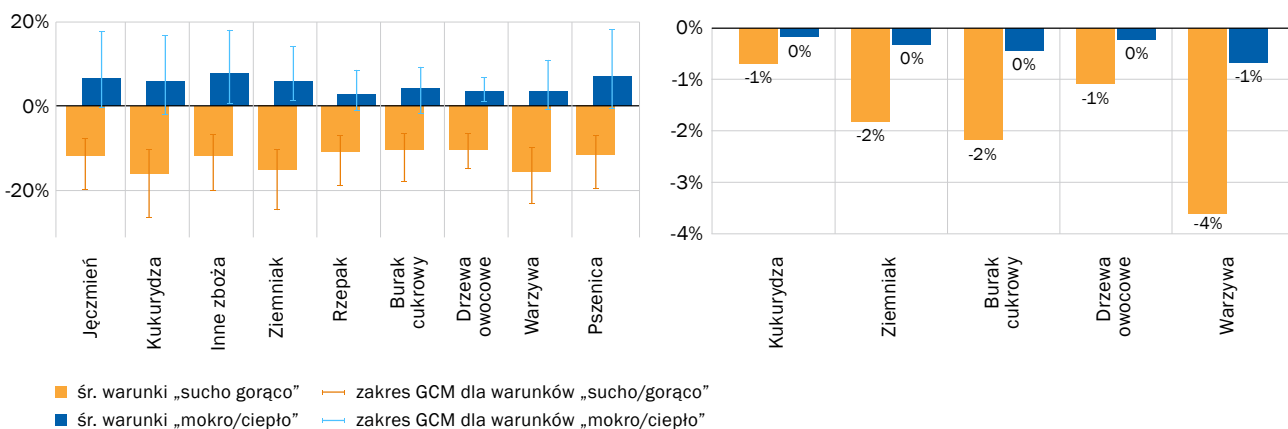
RYCINA 3.20. Susze są zagrożeniem dla produkcji żywności i bezpieczeństwa energetycznego kraju

Przewidywane średnie roczne szkody wywołane suszą w rolnictwie i elektroenergetyce, w podziale na województwa (mln euro)



Źródło: „Perspektywy bezpieczeństwa wodnego Polski i plan działań”, 2022 r.

RYCINA 3.21. Wstrząsy produkcyjne w przypadku upraw bez sztucznego nawadniania (po lewej) i upraw sztucznie nawadnianych (po prawej) według rodzaju uprawianych roślin, 2041–2050



Źródło: Opracowanie własne.

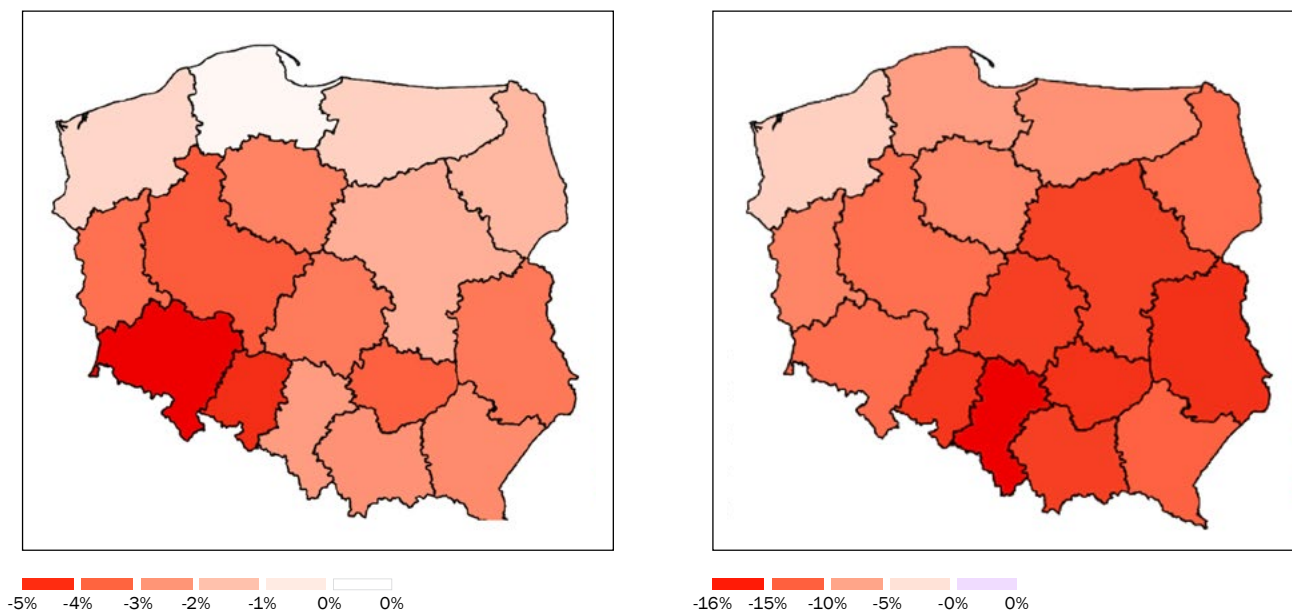
Skutki dla sektora rolnego będą zróżnicowane przestrzennie w zależności od rodzaju upraw i zasięgu nawadniania. W scenariuszu „sucho/gorąco” wpływ na produkcję pszenicy – najważniejszej pod względem wartości produkcji kategorii upraw bez sztucznego nawadniania – będzie prawdopodobnie stosunkowo wysoki w woj. lubelskim, gdzie może wynieść -15 proc. W województwach położonych w środkowej części kraju skutki powinny być nieco mniej dotkliwe, jednak nadal rzędu -10 proc. Z drugiej strony, w przypadku upraw sztucznie nawadnianych skutki wystąpią głównie na południowym zachodzie, tj. w woj. wielkopolskim, dolnośląskim i opolskim (Ryc. 3.22) Podczas gdy w przypadku rolników z tych województw wskaźniki zagrożenia ubóstwem

były w 2021 r. na poziomie zbliżonym do średniej krajowej, mimo wszystko jest to grupa mocno narażona na ubóstwo i zagrożenia klimatyczne, z medianą dochodów 20 proc. powyżej granicy ubóstwa w 2021 r.

Ramy strategiczne sektora uwzględniają kwestie związane z klimatem, w tym poprzez zwiększone finansowanie, ale nie brakuje wyzwań instytucjonalnych i finansowych. Polska jest jednym z liderów pod względem ilości dostępnych użytków rolnych w UE, ale odsetek polskich użytków rolnych objętych zobowiązaniami rolno-środowiskowymi¹⁵³ jest zdecydowanie poniżej średniej UE (19 proc. w porównaniu do 26 proc.)¹⁵⁴. Strategia dla sektora rolnego do 2030 r.¹⁵⁵ przewiduje przyjęcie „dostosowań technicznych, organizacyjnych i technologicznych w celu przeciwdziałania zmianom klimatu”. Alokacja budżetowa w wysokości 5,3 mld euro na lata 2021-2025 zostanie uzupełniona znacznymi środkami Wspólnej Polityki Rolnej (WPR) (Ramka 3.3). Przyszłe inwestycje będą musiały pogodzić tradycyjne cele, takie jak modernizacja i wymiana parku maszynowego, urządzeń i budynków, ze zwiększonymi nakładami na prace badawczo-rozwojowe w rolnictwie: obecny poziom nakładów na B+R to 0,09 proc., czyli cztery razy mniej niż w UE (0,35 proc.)¹⁵⁶, a także z zachętami do upowszechniania inteligentnego rolnictwa przyjaznego dla klimatu, co nie jest takie łatwe ze względu na niewielki potencjał usług i instytucji zajmujących się upowszechnianiem wiedzy rolniczej, a także wyśrubowane wymagania dla ubiegających się o wsparcie z UE, które stanowią barierę dla drobnych rolników. Kolejny potencjalny obszar wydatków to system zachęt dla upowszechnienia ubezpieczeń rolnych: obecnie takie ubezpieczenie wykupiło jedynie 10,8 proc. rolników i obejmuje ono niewiele ponad jedną czwartą gruntów ornych [C1].

W dniu 17 października 2023 r. Rada Ministrów przyjęła aktualizację „Strategii zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybackstwa 2030” z myślą o wzmocnieniu działań publicznych w obszarze zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego i zwiększanie odporności sektora rolno-spożywczego na kryzysy, a także w związku potrzebą budowania większej odporności na zmiany klimatu, odbudową łańcuchów dostaw przerwanych w czasie pandemii COVID-19 i w wyniku wojny na Ukrainie, wzmocnieniem krajowych producentów i przetwórców rolno-spożywczych dla zapewnienia trwałego bezpieczeństwa żywnościowego (w tym w odniesieniu do produkcji zwierzęcej) oraz zabezpieczeniem uczciwych warunków konkurencji w rozszerzonej UE i w obliczu nowych warunków handlu zagranicznego.

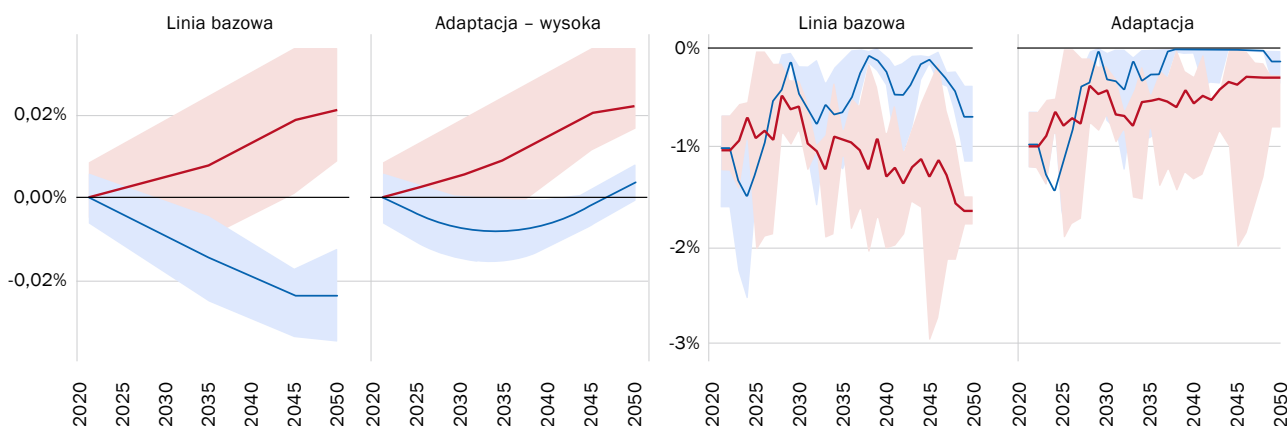
RYCINA 3.22. Nasilenie skutków w skali lokalnej będzie zależeć od rodzaju upraw i zasięgu systemów nawadniających
Wpływ na plony z upraw pszenicy: sztucznie nawadnianych (po lewej) i bez sztucznego nawadniania (po prawej), w podziale na województwa, 2041-2050



Źródło: Opracowanie własne.

RYCINA 3.23. Siła wstrząsów dla produkcji będzie mniejsza dzięki działaniom dostosowawczym

Wstrząs w produkcji roślinnej spowodowany erozją w scenariuszu bazowym i scenariuszu adaptacyjnym (po prawej) oraz wstrząs w produkcji zwierzęcej w scenariuszu bazowym i scenariuszu adaptacyjnym, 3-letnia średnia krocząca



Źródło: Opracowanie własne.

Odporność w rolnictwie można wzmocnić dzięki ukierunkowanym działaniom dostosowawczym. Działania dostosowawcze mogą doprowadzić do znacznej poprawy wydajności rolnictwa i hodowli już w latach 2030-tych, niwelując negatywne skutki w perspektywie dekady 2040-2050. Poważniejsze negatywne skutki dla upraw rolnych są związane z intensywną utratą wierzchniej warstwy gleby, której można przeciwdziałać poprzez stosowanie orki oszczędzającej glebę oraz pozostawianie na polu resztek poźniwnych jako ściółki. Do najbardziej wrażliwych produktów pochodzenia zwierzęcego zalicza się mięso kozie i owcze – w ich przypadku skala przewidywanych wstrząsów to ok. -14 proc. do 2041-2050 r. w scenariuszu „sucho/gorąco”; znaczące konsekwencje mają też odczuć hodowcy bydła mięsnego. Oczekuje się jednak, że wprowadzenie dodatkowej paszy (jak zbadano w scenariuszu adaptacyjnym) o ponad połowę zniweluje wpływ na produkcję szacowany w scenariuszu „sucho/gorąco”, chociaż przewiduje się, że resztkowy negatywny wpływ na produkcję utrzyma się pomimo zmiany paszy (Ryc. 3.23). Całkowite (zdyskontowane) koszty inwestycji adaptacyjnych w celu zwiększenia odporności rolnictwa – w tym rozwój systemów nawadniających i wdrażanie inteligentnych praktyk rolnictwa przyjaznego dla klimatu – szacuje się na 1,7 mld dol. do 2050 r. [C1].

3.2.2. Bezpieczeństwo wodne ludności i podmiotów gospodarczych

Zbilansowanie gospodarki wodnej pod względem popytu i podaży ma kluczowe znaczenie dla wyników gospodarczych kraju. Polska jest jednym w krajów o największych niedoborach wody w Europie, a dostępność zasobów wodnych wynosi w kraju 1,500 m³ na mieszkańca, co jest jednym z najniższych poziomów w Europie¹⁵⁷ i od dwóch dekad systematycznie spada. Wyraźna zmienność przestrzenna splotu wód powierzchniowych zderza się z wysoce skoncentrowanym zapotrzebowaniem na wodę: za

RAMKA 3.5. Priorytety WPR w zakresie dekarbonizacji i odporności

Polski Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 (PS WPR) przewiduje, że ok. jedna trzecia wynoszącego 25 mld euro budżetu ma być przeznaczona na ekologiczne interwencje na rzecz budowy odporności w rolnictwie i dla rozwoju obszarów wiejskich, w tym m.in. zachęty dla rolników zainteresowanych praktykami inteligentnego rolnictwa przyjaznego klimatowi (ang. CSA). Dwadzieścia pięć procent budżetu I filaru (płatności bezpośrednie) przeznaczono na ekoschematy, czyli dobrowolne płatne praktyki dostosowane pod kątem realizacji celów środowiskowych i klimatycznych. Co najmniej 35 procent środków z II filaru (rozwój obszarów wiejskich) zostanie przeznaczonych na finansowanie działań rolno-środowiskowych. Skala finansowania ekoschematów, których celem jest upowszechnianie zrównoważonych praktyk rolniczych, jest prawie taka sama jak budżet na cały program rozwoju obszarów wiejskich (4,3 mld euro w porównaniu z 4,7 mld euro). Jednak ostatecznie to od skuteczności doradztwa zależy, czy rolnicy zechcą wdrożyć zalecane praktyki.

ok. 50 proc. całkowitego zapotrzebowania odpowiada sześć z 50 zlewni. Stres wodny uderza bezpośrednio w konkurencyjność kraju. Ok. 23,9 proc. eksportu (75,9 mld dol.) opiera się na produktach zależnych od wody: wyroby metalowe, plastikowe i gumowe, artykuły spożywcze i koks naftowy. Sektory gospodarki silnie zależne od wody zapewniają 17 proc. zatrudnienia (nie wliczając rolnictwa). Do ważnych konsumentów wody w podsektorach wytwórczych należy m.in. przemysł chemiczny, produkcja papieru, żywności i napojów, przemysł tekstylny i obróbka metali.

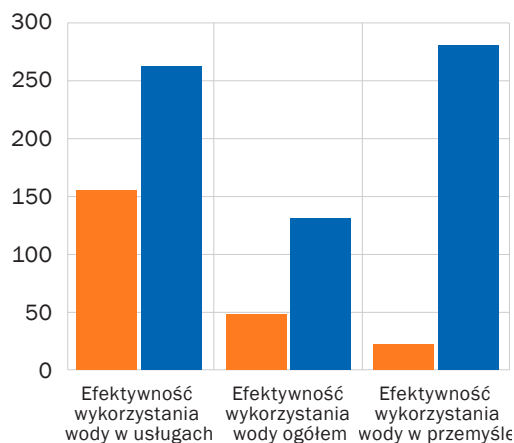
Coraz większa zmienność powierzchniowego spływu wody będzie trudnym sprawdzianem dla słabo rozwiniętej, skoncentrowanej geograficznie i starzejącej się infrastruktury magazynowania wody w kontekście ochrony przed powodzią i suszami. Przy skali sztucznej retencji wynoszącej ok. 4 km³, pojemność zbiorników w przeliczeniu na mieszkańca jest w Polsce niższa niż w sąsiednich krajach o podobnej skali gospodarczej i podobnym nasileniu stresu wodnego¹⁵⁸. Pomimo występowania wielu małych akwenów i stawów większość wody jest przechowywana w siedmiu dużych zbiornikach zlokalizowanych w południowej Polsce. Wszystkie duże polskie zbiorniki są stare (zbudowane między 1905 r. a 1990 r., z wyjątkiem jednego w Świnnej Porębie na Skawie, oddanego do użytku w 2016 r.) i tracą swój potencjał retencyjny, co w dłuższej perspektywie osłabia również ich funkcję ochronną [C9]¹⁵⁹.

Niezależnie od najnowszych osiągnięć, efektywność wykorzystania wody pozostaje na niskim poziomie. W obliczu trudności z dostępem do wody w ciągu ostatnich dwóch dekad udało się oddzielić wzrost gospodarczy od zwiększania poboru wody; a poprawa efektywności wykorzystania wody¹⁶⁰ nastąpiła w wyniku udoskonalenia pomiarów zużycia, modernizacji przemysłu i zmniejszenia strat na skutek wycieków¹⁶¹. Ogólna efektywność wykorzystania w wody w Polsce jest jednak w przybliżeniu trzykrotnie niższa od średniej dla porównywalnych krajów UE, przy czym najbardziej zauważalna jest różnica w sektorze przemysłowym, w którym efektywność wykorzystania wody jest niższa o ok. 14 proc. (Ryc. 3.23) [C7]¹⁶².

Do ochrony przed nadchodzącą zmiennością można wykorzystać obfite i stosunkowo niewyeksplloatowane zasoby wód podziemnych. Polska stosuje konserwatywne podejście do wykorzystania zasobów wód podziemnych, pobierając jedynie ok. 8 proc. szacowanych poziomów zasilania wód podziemnych. W kraju znajduje się ok. 15-21 mld m³ odnawialnych, dostępnych warstw wodonośnych wód podziemnych. Roczna wielkość poboru to 2500 mln m³, podczas gdy zasilanie szacuje się na 32800 mln b3. Wody podziemne stanowią 20 proc. całkowitego zużycia wody, głównie na potrzeby zaopatrzenia ludności w wodę pitną (80 proc. pobranych wód podziemnych), niewielkie ilości trafiają także do sektora wytwórczego (ok. 9 proc.). Zużycie wód podziemnych na potrzeby sztucznego nawadniania w rolnictwie jest znikome (mniej niż 0,15 proc. całkowitej ilości pobranych wód podziemnych). Pomimo tego, że zasoby wód podziemnych na niektórych obszarach narażone są na nadmierny pobór i zanieczyszczenie, stosunkowo niski poziom poboru wód podziemnych stwarza możliwość zwiększenia ich zrównoważonego wykorzystania w przyszłości [C8].

Wodochłonna struktura wytwarzania energii elektrycznej ogranicza dostępność wody i stanowi zagrożenie dla bezpieczeństwa energetycznego. Polskie elektrownie „zużywają” około 6 mld m³ wody¹⁶³ czyli ok. 60 proc. wszystkich zasobów wodnych wykorzystywanych w kraju, co sprawia, że produkcja energii elektrycznej jest podatna na niedobór wody jednocześnie go pogłębiając. Według niedawnych badań¹⁶⁴ na temat poboru wody przez elektrownie ciepłownicze na obszarach dotkniętych niedoborem wody, w obecnych warunkach (bez uwzględnienia prognoz dotyczących zmian klimatu), ryzyko niedoborów wody do produkcji energii elektrycznej dotyczy całej południowej części kraju, a 15 z 22 dużych elektrowni opalanych paliwami kopalnymi znajduje się na obszarach o wysokim niedoborze wody. Może to prowadzić do wzrostu kosztów wytwarzania energii elektrycznej i wyższych cen dla konsumentów – zarówno osób fizycznych, jak i przemysłu/przedsiębiorstw. Uzależnienie od wody można zmniejszyć zastępując elektrownie węglowe źródłami alternatywnymi; każda technologia wytwarzania energii elektrycznej wymagająca chłodzenia¹⁶⁵ oznacza zużycie stosunkowo dużej ilości odnawialnych wód powierzchniowych¹⁶⁶. Co prawda obecnie niezaspokojony popyt koncentruje się głównie w zlewni Górnej Noteci, lecz ostre problemy z dostępnością wody, spowodowane suszą czy choćby intensyfikacją nawadniania z wód powierzchniowych na terenach leżących bliżej źródła, byłyby odczuwalne w sektorze wytwarzania energii elektrycznej.

RYCINA 3.24. Efektywność wykorzystania wody, wyrażona kwotą wygenerowaną z każdego metra sześciennego wykorzystanej wody (w dol.) jest w Polsce trzy razy niższa od średniej UE



Źródło: Bank Światowy CLEAR Water Diagnostic.

Uwagi: Efektywność wykorzystania wody (dol. na m³) w Polsce (kolor pomarańczowy) i w UE (kolor niebieski).

Zagrożenie powodziowe rośnie m.in. na skutek zjawisk towarzyszących obecnie rozwojowi miast. Od 1985 r. ekspansja osadnictwa w strefach o wysokim lub bardzo wysokim ryzyku powodziowym wzrosła odpowiednio o ponad 118 proc. i 135 proc., w porównaniu do wskaźnika na poziomie 92 proc. w przypadku osadnictwa na terenach niezagrożonych wystąpieniem powodzi. W niektórych dzielnicach zabudowa na terenach zagrożonych rozwija się nawet 1,5 razy szybciej niż w skądinąd bezpiecznych lokalizacjach, generując zagrożenie powodziowe na nadchodzące dziesięciolecie. Chcąc zarządzać obecnym i przyszłym rozwojem miast należy zadbać o to, by wśród priorytetów polityki znalazło się egzekwowanie zasad miejskiego planowania przestrzennego z uwzględnieniem ryzyka: w ten sposób można zapobiec zabudowywaniu terenów najbardziej zagrożonych i promować urbanizację w bezpiecznych lokalizacjach poprzez zagęszczanie i realizację usług publicznych. Wreszcie tam, gdzie z różnych względów nie można zapobiec zabudowie na zagrożonych terenach należy wdrażać systemy ochrony przeciwpowodziowej i środki przygotowawcze, aby wzmocnić odporność na wypadek wystąpienia klęski żywiołowej (Ryc. 3.26) [C10].

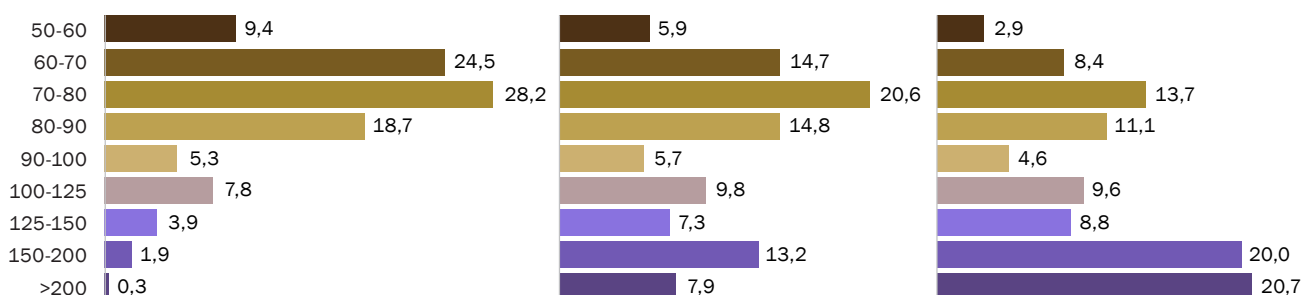
Powodzie już teraz generują wysokie koszty gospodarcze, szczególnie w przypadku najsłabszych grup społecznych. Straty powodziowe z ostatnich 30 lat szacuje się na 10 mld dol. Rocznie zagrożonych jest ok. 600 tys. osób i majątek o wartości 7 mld dol. Na skutek procesów urbanizacji coraz większe połacie gruntu stają się nieprzepuszczalne, co tylko potęguje ryzyko. Abstrahując od faktu, że powódź ekstremalna może być niszczycielską klęską żywiołową, spodziewane skutki powodzi 100-letnie¹⁶⁷ są tylko nieznacznie wyższe niż powodzi 10-letniej, co sugeruje, że mniejsze, częstsze powodzie mogą generować więcej szkód i stanowić większe ryzyko niż te rzadziej spotykane, o dużych rozmiarach. Na obszarach zagrożonych wystąpieniem powodzi występuje koncentracja dochodów znacznie niższych od średniej¹⁶⁸. Szkody w nieproporcjonalnie silnym stopniu uderzają w obszary o niższych wskaźnikach PKB na mieszkańca (Ryc. 3.25), a ich intensywność ma rosnąć (Ramka 3.6).

RAMKA 3.6. Powodzie z września 2024 r. to zapowiedź nowej rzeczywistości

W połowie września 2024 r. Europę Środkową dotknęła nawałnica Borys, która spowodowała zniszczenia w południowo-zachodniej Polsce na skutek kumulacji prawie sześciomiesięcznych opadów deszczu w ciągu zaledwie trzech dni. Najbardziej ucierpiały woj. opolskie i dolnośląskie, gdzie spadło 400 mm deszczu. Doszło do przerwania wielu tam i zapór przeciwpowodziowych, co doprowadziło do rozległych szkód i pierwszego w historii ogłoszenia stanu klęski żywiołowej w kraju. Obecne szacunki mówią o dziesięciu ofiarach śmiertelnych i 230 tys. osób, które ucierpiały bezpośrednio na skutek powodzi. Powódź objęła obszar około 1600 km², powodując zniszczenia ok. 100 tys. budynków, dróg, mostów i wielu kilometrów wałów. Skutki ekonomiczne ocenia się jako poważne, a szkody szacuje się na około 500 mln euro. Jednak w porównaniu z poprzednimi powodziami – w szczególności z kataklizmem z 1997 r. – szkody z września 2024 r. są w ujęciu realnym znacznie mniejsze ze względu na zmodernizowaną infrastrukturę przeciwpowodziową i ulepszone prognozy pogody. Wczesne analizy szacują liczbę dotkniętych budynków na zaledwie 20 procent substancji, która ucierpiała w 1997 r. Niemniej jednak powodzie te są kolejnym dowodem na to, że zwiększona intensywność opadów stanowi rosnące ryzyko w świetle prognoz zmian klimatycznych.

RYCINA 3.25. Szkody powodziowe nieproporcjonalnie mocno uderzają w grupy o niższych dochodach

Odsetek obszarów zagrożonych powodzią (1), ludności (2) i łącznego PKB (3) w ujęciu PKB per capita



Źródło: Bank Światowy 2022, „Perspektywy bezpieczeństwa wodnego Polski i plan działań”.

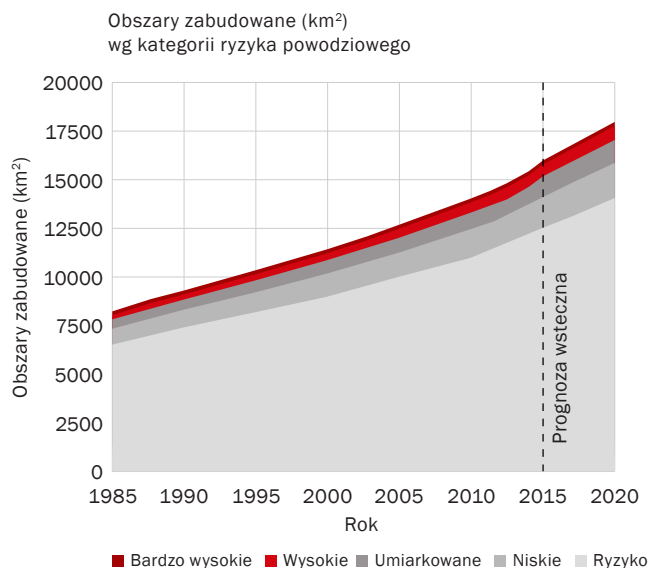
Uwagi: Na osi Y pokazano przedziały dochodu (mierzonego w PKB per capita) w stosunku do średniej krajowej (=100); 50 oznacza połowę, a 200 dwukrotność średniej krajowej. Liczby przy poszczególnych słupkach reprezentują wartości procentowe w każdej kolumnie.

Bezpośrednio w strefach wysokiego zagrożenia powodziowego znajduje się ponad 40 tys. km dróg miejskich, co grozi poważnymi zakłóceniami mobilności.

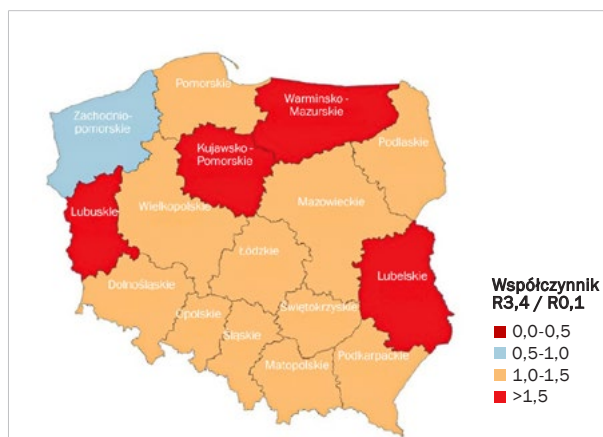
Jak wynika z analizy zagrożenia powodziowego w 63 polskich miastach, 40 179 km (lub 18 proc.) dróg miejskich jest bezpośrednio narażonych na powódź o wysokości co najmniej 20 cm w scenariuszu „raz na sto lat”. W przypadku bardziej intensywnych scenariuszy (tj. większej częstotliwości zdarzeń powodziowych) skala zagrożonej sieci drogowej systematycznie wzrasta (Ryc. 3.26). Tak jak w przypadku każdej infrastruktury sieciowej, nawet lokalne wstrząsy klimatyczne mogą silnie wpływać na mobilność. Zalanie niektórych odcinków dróg może zakłócić ruch w całym mieście. Analiza pokazuje, że ten pośredni wpływ na mobilność, wyrażony wskaźnikiem nieudanych przejazdów, może zdecydowanie przewyższać poziom bezpośredniego zagrożenia sieci drogowej. Podczas powodzi występującej raz na sto lat w polskich miastach może dojść do zalania niemal 20 proc. sieci drogowej, co z kolei może spowodować zakłócenia mobilności szacowane na śr. 66 proc. [C11].

RYCINA 3.26. Wraz z urbanizacją rośnie ryzyko powodziowe dla ludności i podmiotów gospodarczych

Połączona dynamika urbanizacji i ryzyka powodziowego w Polsce w latach 1985-2022



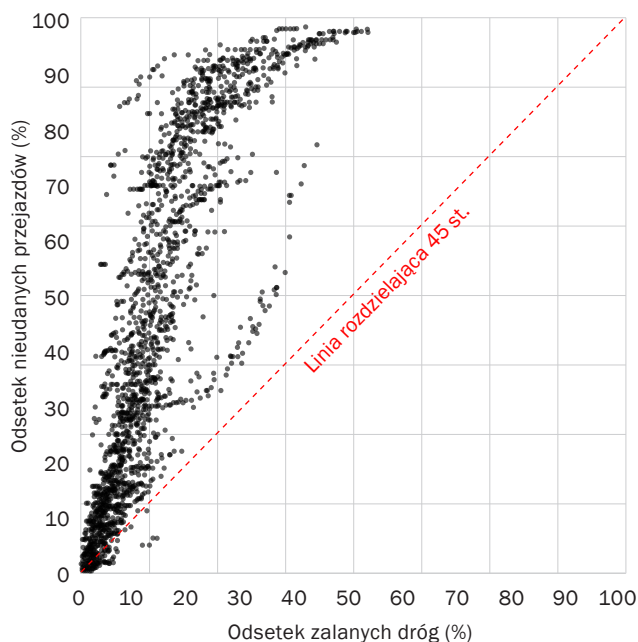
Współczynnik nowej zabudowy na terenach wysokiego (R3” wysokie, R4: bardzo wysokie) do nowej zabudowy na terenach zerowego lub niskiego ryzyka (brak ryzyka, R1: niskie ryzyko)



Źródło: Szacunki własne z wykorzystaniem modelu MANAGE.

RYCINA 3.27. Skutki wynikające z pośrednich oddziaływań na mobilność zdecydowanie przewyższają poziom bezpośredniego zagrożenia dla sieci drogowej

Szacowany stopień zalania sieci drogowej i związanych z tym zakłóceń mobilności (nieudanych przejazdów) dla różnych scenariuszy powodziowych (po lewej); wybór miast najbardziej narażonych na wystąpienie powodzi pod względem zakłóceń mobilności przy zdarzeniu występującym statystycznie raz na 100 lat (próg 20 cm) (po prawej)

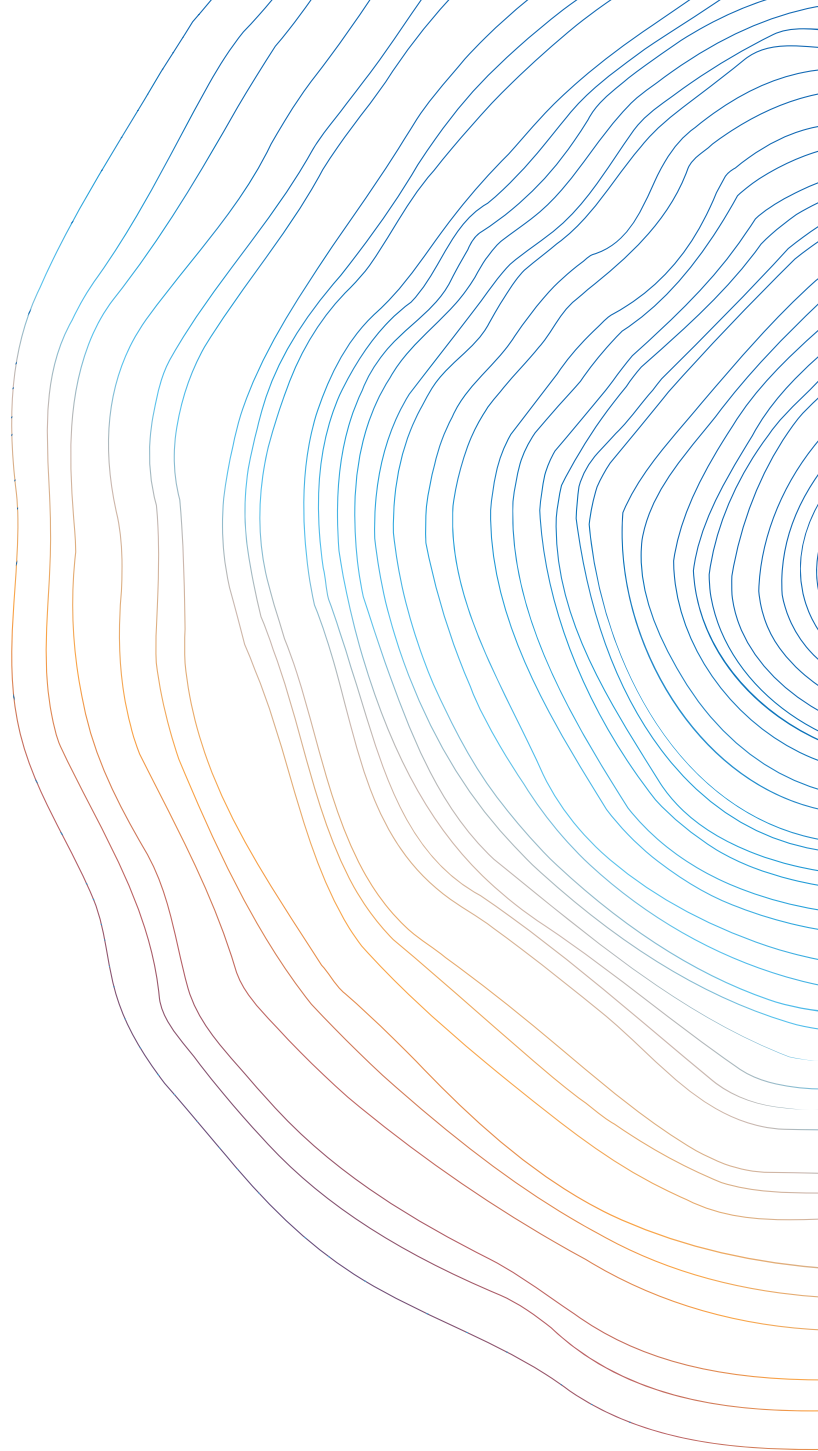


Źródło: Na podstawie Rentschler et al. (2022).

Uwagi: Każdy punkt danych reprezentuje jedno miasto w jednym ze scenariuszy powodziowych. Wyniki dla 63 miast w Polsce i dziesięciu kategorii zdarzeń powodziowych: 5-letnich, 10-letnich, 20-letnich, 25-letnich, 50-letnich, 75-letnich, 100-letnich, 250-letnich, 500-letnich oraz 1000-letnich.

Zapewnienie bezpieczeństwa wodnego będzie wymagało znacznych inwestycji, wykraczających poza wydatki uwzględnione w scenariuszu bazowym¹⁶⁹, ale ich całkowity budżet jest dość przystępny.

Największa luka finansowa dotyczy dodatkowych potrzeb w zakresie magazynowania wody, w tym małych, lokalnych zbiorników na obszarach miejskich oraz małych i mikro zbiorników w gospodarstwach rolnych, a także dodatkowych rozwiązań w zakresie magazynowania na dużą skalę oraz z wykorzystaniem zasobów przyrodniczych w postaci np. odtworzonych terenów podmokłych (4,45 mld dol.); trzeba też uwzględnić niezbędną modernizację infrastruktury dla zarządzania popytem i poprawy wydajności (5,9 mld dol.) Wraz z dodatkowymi inwestycjami w ochronę przeciwpowodziową miast, całkowite dodatkowe (zdyskontowane) potrzeby inwestycyjne w celu osiągnięcia odporności sektora wodnego wynoszą 10,6 mld dol. [C6].



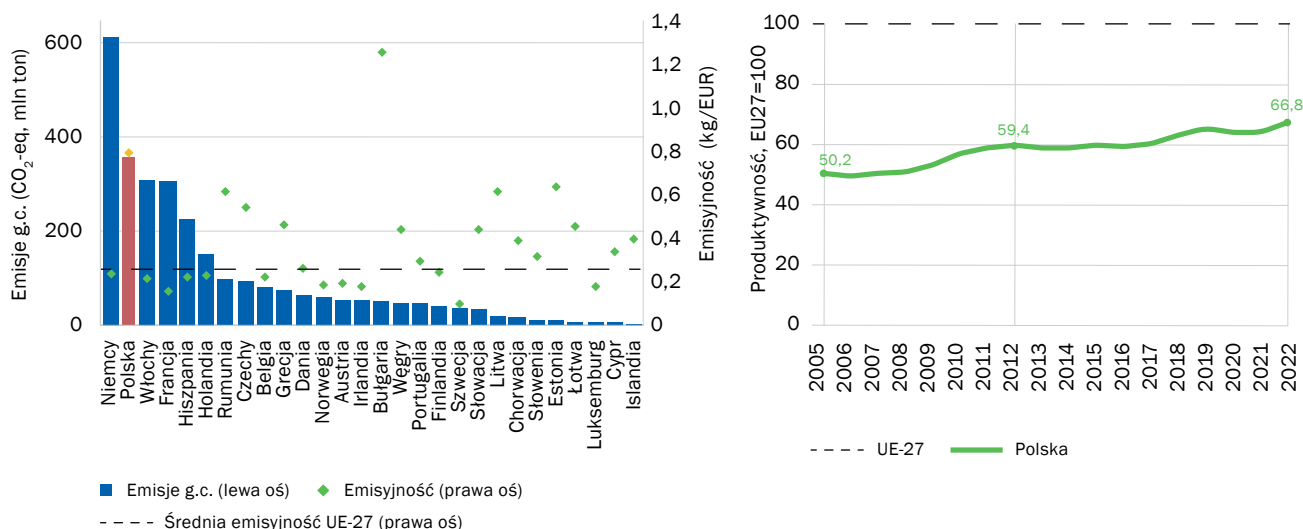
Rozdział 4

Wzrost gospodarczy, finanse i spójność społeczna

4.1. Konkurencyjna gospodarka i sprawiedliwa transformacja¹⁷⁰

Konkurencyjność gospodarki i konwergencja dochodów – dwa wyznaczniki sukcesu Polski w ostatnich dziesięcioleciach – są obecnie zależne od przyspieszenia zielonej transformacji i wzmocnienia odporności kraju na wstrząsy klimatyczne. Pomimo oddzielenia wzrostu gospodarczego od wzrostu emisji Polska doświadcza presji konkurencyjnej ze strony krajów o niskoemisyjnej gospodarce (Ryc. 4.1). Pokonując kolejne strukturalne wyzwania dla wzrostu gospodarczego Polska może wykorzystać transformację, by pobudzić innowacyjność i stworzyć nowe miejsca pracy¹⁷¹. Na poziomie makro korzyści i koszty transformacji powinny się zbilansować (Podrozdział 4.1), ale trzeba pamiętać o znaczących skutkach dla rynku pracy oraz efektach dystrybucyjnych, które wymagają odpowiednich działań polityczno-programowych (Podrozdział 4.2). Ze względu na skalę nakładów inwestycyjnych w transformacji musi uczestniczyć sektor prywatny oraz rynki finansowe, poza tym konieczne będą regulacje i zachęty (Podrozdział 4.3). Podsumowując, Polska – jako państwo członkowskie UE – powinna postawić na szybszą zieloną transformację, aby wzmocnić krajowy potencjał produkcyjny i zwiększyć tempo konwergencji dochodów.

RYCINA 4.1. Pod względem emisyjności gospodarki Polska pozostaje w tyle za innymi państwami członkowskimi UE (po lewej), ale usunięcie wyzwań strukturalnych (4.1, po prawej) umożliwi dalszą konwergencję do średniej produktywności UE



Źródło: Air Emissions Accounts (prawa oś); Eurostat (lewa oś).

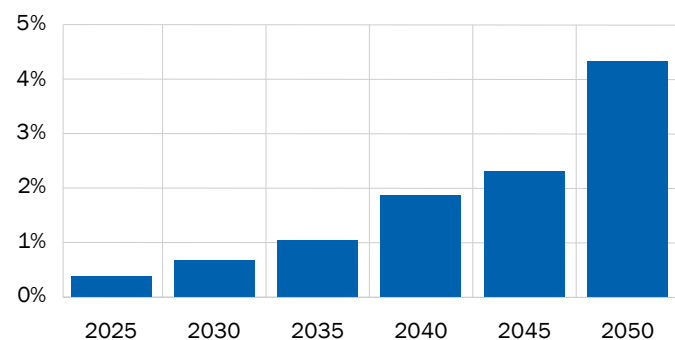
Uwagi: Po lewej – emisyjność wyrażona wskaźnikiem, który w liczniku ma kilogramy emisji GC przeliczone na ekw. emisji CO₂, a w mianowniku PKB (PSN, ceny stałe w dol. 2017 r.); (prawa oś) za Eurostatem, emisyjność wyrażona wskaźnikiem, który w liczniku ma kilogramy emisji GC przeliczone na ekw. emisji CO₂, a w mianowniku wartość dodaną (w euro, łańcuch wartości z 2010 r.). Po prawej: oś Y – produktywność UE27 = 100.

4.1.1. Korzyści dla wzrostu gospodarczego wynikające z pełnej dekarbonizacji

W scenariuszu ZEN2050 poziom PKB jest w 2050 r. co najmniej 4 proc. wyższy niż przy kontynuacji obecnej polityki. Szybsza ścieżka dekarbonizacji na miarę celów UE (zob. rozdział 3) spowodowałaby wzrost realnego PKB średnio o 0,2 proc. rocznie w ciągu 25 lat (w porównaniu z obecną polityką), co oznacza ok. 4 proc. wzrostu do 2050 r. (Ryc. 4.2). Korzyści są tym większe, im bliżej 2050 r.: od 0,7 proc. w 2030 r., kiedy to nakłady inwestycyjne w obu scenariuszach są bardziej znaczące, do niemal 2 proc. w 2040 r. Największą różnicę widać bliżej 2050 r., kiedy to inwestycje w zieloną energię i akumulacja kapitału wynikająca z rozmaitych źródeł popra-

RYCINA 4.2. Realizacja celu ZEN2050 pobudzi wzrost gospodarczy

Wpływ na PKB jest pozytywny w porównaniu z mniej dynamiczną dekarbonizacją w scenariuszu BZ



Źródło: Szacunki własne z wykorzystaniem modelu MANAGE.

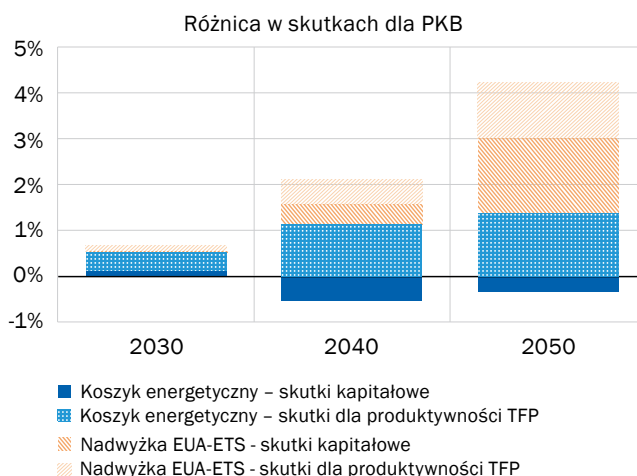
wy konkurencyjności w kontekście rosnących cen emisji dwutlenku węgla w sumie generują wyższy wzrost produktywności.

Zważywszy na unijny wspólny rynek i ochronę środowiska w UE, przyspieszenie na ścieżce ZEN2050 oznacza większe korzyści dla polskiej gospodarki¹⁷².

Dla wzrostu korzystna będzie zwłaszcza akumulacja kapitału i poprawa wydajności na skutek napędzanych technologią zmian w koszyku energetycznym oraz realokacji przychodów z systemu ETS. Szybsza transformacja to dodatkowe koszty, ale z perspektywy makroekonomicznej są one w dużej mierze rekompensowane przez korzyści, które rosną z czasem, w miarę jak rośnie cena uprawnień w systemie ETS. Korzyści wynikają zasadniczo z wdrożenia nowych technologii i realokacji czynników produkcji w związku z obniżaniem emisyjności produkcji. Zmiana ta generuje w większości pozytywną dywidendę w postaci

szybszego wzrostu gospodarczego napędzanego poprawą produktywności, która z biegiem czasu zyskuje na dynamice (Ryc. 4.4, jasnoniebieskie kropki). Z drugiej strony nie wolno zapominać, że wyższe nakłady inwestycyjne potrzebne do przeprowadzenia zmian (zob. podrozdział 4.4) spowodują wzrost cen dóbr inwestycyjnych, co nie będzie korzystne dla wzrostu (kolor ciemnoniebieski) w porównaniu ze scenariuszem obecnej polityki. To niekorzystne oddziaływanie zrównoważą jednak efekty w systemie ETS (Ramka 4.1): gdy Polska zamiast deficytu zacznie notować nadwyżkę przychodów z ETS, do kraju napłynie dodatkowy kapitał. Rezultatem powinien być wzrost inwestycji i akumulacji kapitału (kolor ciemnopomarańczowy). Ponadto napływ obcej waluty doprowadzi do obniżenia cen towarów importowanych (w tym maszyn i innych nakładów produkcyjnych w przedsiębiorstwach), co dodatkowo przyczyni się do poprawy wydajności (kolor jasnopomarańczowy).

RYCINA 4.3. Różnice w tempie wzrostu gospodarczego wynikają z dodatkowej akumulacji kapitału, wydajności i produktywności (dekompozycja typu Solowa) – te dodatkowe korzyści zwiększają potencjał produkcji



Źródło: Szacunki własne z wykorzystaniem modelu MANAGE.

RAMKA 4.1 Unijne ceny uprawnień do emisji dwutlenku węgla jako czynnik wpływający na konkurencyjność krajowej gospodarki

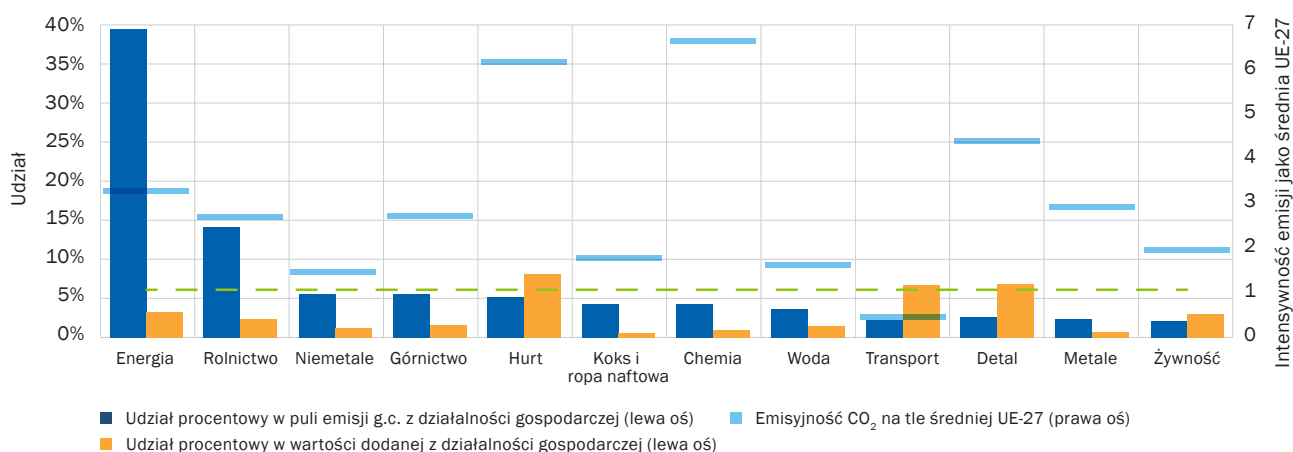
Polska transformacja niskoemisyjna toczy się w kontekście polityki dekarbonizacji UE. Państwa członkowskie UE zobowiązały się do wspólnego ograniczenia emisji gazów cieplarnianych netto o 55 proc. do 2030 r. (w porównaniu z poziomami z 1990 r.) oraz do osiągnięcia neutralności klimatycznej do 2050 r. Polityka Europejskiego Zielonego Ładu, w tym pakiet Fit-for-55, ma przyspieszyć transformację energetyczną poprzez zmiany strukturalne na rynkach energii. Osiągnięcie tych celów wymaga ambitnych instrumentów polityki klimatycznej, począwszy od cen emisji dwutlenku węgla. W UE ceny emisji dwutlenku węgla w sektorze elektroenergetycznym, w energochłonnych gałęziach przemysłu oraz w niektórych segmentach działalności lotniczej i morskiej są regulowane postanowieniami dyrektywy z 2003 r. ustanawiającej system handlu przydziałami emisji gazów cieplarnianych w Unii, która stanowi podstawę wprowadzonego w 2005 r. systemu opartego na zasadzie tzw. limitów i handlu (ETS)¹⁷³. Od 2027 roku w systemie ETS2 będą również wyceniane emisje w segmencie budynków, sektorze transportu i innych gałęziach gospodarki (głównie mały przemysł nieobjęty jak dotąd zasadami ETS).

Szacuje się, że w 2024 r. cena uprawnień do emisji dwutlenku węgla w ramach systemu ETS wyniesie średnio 65 euro za tonę metryczną dwutlenku węgla (tona ekw. CO₂); ponadto przewiduje się, że do końca dekady ceny wzrosną ponad dwukrotnie, do prawie 150 euro za tonę ekw. CO₂; aby do 2035 r. osiągnąć poziom blisko 200 euro za tonę ekw. CO₂e. Wyższe ceny emisji dwutlenku węgla będą bardziej obciążać niezdekarbonizowane sektory gospodarki, które staną się mniej konkurencyjne na wspólnym rynku. Przychody z ETS i dodatkowych danin (podatek węglowy) w państwach członkowskich osiągną rekordowo wysoki poziom ok. 95 mld dol.¹⁷⁴. Koszty poniosą kraje, sektory i przedsiębiorstwa, które produkują w sposób najbardziej emisyjny. Konkurencyjność polskich przedsiębiorstw w dużej mierze zależy zatem od tempa krajowej dekarbonizacji.

Transformacja może być dźwignią zmian technologicznych, innowacji i inwestycji, a także rozwoju umiejętności i nowych nawyków dla pobudzenia wzrostu. Jednym z filarów długoterminowego wzrostu w latach 2000-2019 była całkowita produktywność czynników produkcji (TFP), która przyczyniła się do ponad jednej czwartej wzrostu. W ostatniej dekadzie wzrost produktywności wynikał głównie z poprawy wydajności przedsiębiorstw: po stagnacji w okresie 2012-2015, w kolejnych latach (do 2018 r.) zarówno w przemyśle, jak i usługach zaobserwowano przyspieszenie tempa wzrostu dzięki czynnikom takim jak innowacje, lepsze umiejętności menedżerskie i wdrażanie wysokosprawnych technologii¹⁷⁵. Inwestycje towarzyszące transformacji mogą wygenerować dodatkowy wzrost produktywności:

- Niektóre wiodące dziedziny innowacji technologicznych są dziś mocno związane z transformacją: np. pojazdy elektryczne i odnawialne źródła energii, efektywność operacyjna i cyfryzacja. Sztuczna inteligencja i analityka danych, które w Polsce są wykorzystywane w bardzo niewielkim stopniu (3,7 proc. i 19,3 proc. przedsiębiorstw zatrudniających ponad 10 pracowników, co daje Polsce, odpowiednio, trzecie i drugie miejsce od końca w UE) nie tylko odgrywają coraz większą rolę we współczesnych systemach produkcyjnych, ale otwierają też międzysektorowe pole do działania na rzecz klimatu poprzez zastosowanie analityki predykcyjnej, zarządzanie popytem i wykorzystanie wielkich zbiorów danych w procesach decyzyjnych¹⁷⁶.
- Wyższe koszty dla zanieczyszczających „zaszyte” w systemie ETS i polityce ograniczania odpadów (Ramka 4.1) niewątpliwie wpłyną na procesy wytwórcze, projektowanie produktów i wybory technologiczne. Jeśli odpowiedzią firm będzie zmiana stosunku kapitału do pracy poprzez zastosowanie technologii, pogłębienie kapitału powinno pociągnąć za sobą wzrost produktywności zarówno na poziomie organizacji, jak i całej gospodarki¹⁷⁷. Jako że zielona transformacja wymaga (i) umiejętności B+R; (ii) innowacji i przeprojektowania produktów w kontekście nowych wzorców konsumpcji; oraz (iii) rynku pracy zdolnego do reagowania na zmiany technologiczne poprzez podnoszenie i zmianę kwalifikacji, punkt ciężkości będzie można przenieść na mocno niedoinwestowane wartości niematerialne i prawne¹⁷⁸, a także na przekwalifikowanie pracowników i pobudzenie innowacyjności. Byłoby to bardzo pożądane w obliczu strukturalnych zmian demograficznych.
- Skoro metody produkcji stosowane w polskich zakładach są bardziej emisyjne niż te stosowane w innych państwach członkowskich (niezależnie od sektora) (Ryc. 4.4), korzyści z modernizacji technologicznej powinny być w przypadku Polski szczególnie znaczące, a dodatkowy wzrost produktywności wynikający z podnoszenia kwalifikacji i umiejętności menedżerskich powinien być większy.

RYCINA 4.4. Przeciętny polski zakład przemysłowy emituje prawie sześć razy więcej gazów cieplarnianych w przeliczeniu na jedno euro wartości dodanej niż podobne podmioty gospodarcze w krajach nadających ton polityce klimatycznej

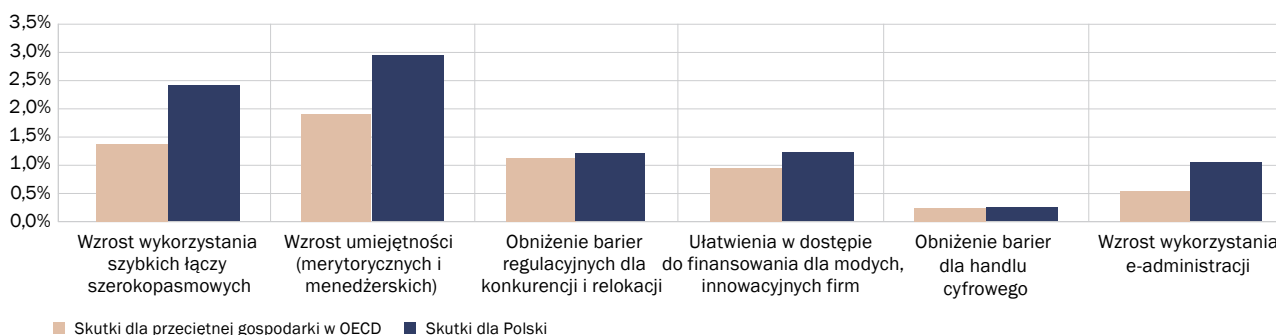


Źródło: Eurostat. Air Emissions Accounts.

Uwagi: Za Eurostatem, emisyjność gospodarki wyrażona wskaźnikiem, który w liczniku ma kilogramy emisji GC przeliczone na ekw. emisji CO₂, a w mianowniku wartość dodaną (w euro, wartość dla 2010 r.).

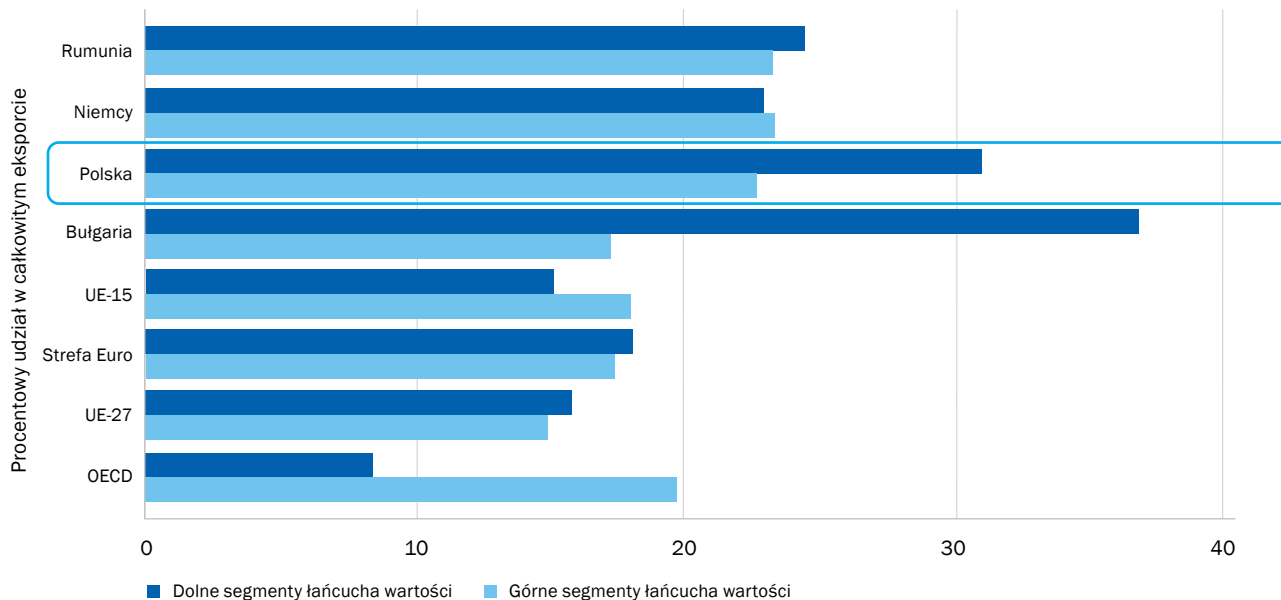
Jednym z warunków realizacji celu ZEN2050 jest dodatkowa polityka na rzecz przyspieszenia innowacji i upowszechnienia technologii. W dekadzie bezpośrednio poprzedzającej wybuch pandemii COVID-19 zanotowano czterokrotny wzrost inwestycji B+R, które z bardzo niskiego poziomu wzrosły do 1,46 proc. PKB w 2022 r., skracając dystans do średniej w krajach UE¹⁷⁹. Scenariusz ZEN2050 przewiduje rozwój B+R w wiodących dziedzinach transformacji energetycznej, takich jak ochrona środowiska i energetyka odnawialna. Zakłada się również, że postępy zachęcą sektor prywatny do zwiększenia potencjału B+R+I, szczególnie pod względem zaangażowania MŚP w proces zielonej transformacji. Jednym z efektów powinna być fala patentów dla zielonych technologii – jak dotąd jest to obszar słabo zagospodarowany, z wyjątkiem kilku niszowych dziedzin z potencjałem specjalizacji, takich jak przetwarzanie ścieków i energia geotermalna. Potrzebna jest konsekwentna polityka i bodźce finansowe, aby przyspieszyć innowacje i upowszechnianie technologii, co nie tylko wywoła pozytywne efekty zewnętrzne w gospodarce, ale umożliwi też realizację celu ZEN2050.

RYCINA 4.5. Wdrożenie technologii cyfrowych w Polsce może być dźwignią wzrostu produktywności



Źródło: Poland Systematic Country Diagnostic Update (2024); na podstawie Sorbe et al. (2019), „Digital dividend: policies to harness the productivity potential of digital technologies”, OECD Economic Policy Papers, nr 26.

RYCINA 4.6. Integracja polskiej gospodarki z globalnymi łańcuchami wartości oferuje możliwości, ale wiele zależy od tempa dekarbonizacji



Źródło: Maerkova i Matczuk (2024).

Uwagi: Integracja wstecz odnosi się do zagranicznej wartości dodanej zawartej w eksporcie (np. import części samochodowych do montażu samochodów na eksport); natomiast integracja w przód oznacza krajową wartość dodaną wykorzystywaną przez kraj przeznaczenia do swojej produkcji eksportowej.

Kolejnym źródłem dywidendy dla wzrostu jest konkurencyjność kosztowa istniejących technologii dekarbonizacji oraz skuteczna polityka cenowa w zakresie emisji dwutlenku węgla. Jednym z założeń scenariusza ZEN2050 jest wysoce skuteczna rynkowa polityka dekarbonizacji polegająca na opodatkowaniu wszelkich emisji i emitentów mających wpływ na zmiany klimatu, której mają towarzyszyć rządowe programy

oszczędności energii, zwłaszcza w segmencie budynków i sektorze transportu. Biorąc pod uwagę konkurencyjność OZE przy różnych prognozach cen emisji dwutlenku węgla, elektryfikacja transportu, budynków i sektora elektroenergetycznego staje się w dłuższej perspektywie opłacalna, a uzyskane oszczędności są większe od nakładów inwestycyjnych.

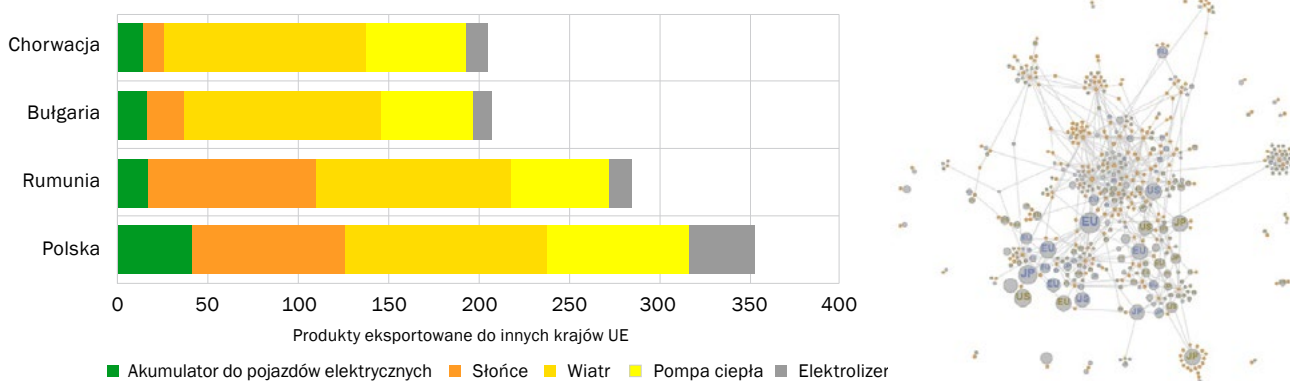
Polska czerpie korzyści ze ścisłej integracji z ogniwami łańcuchów wartości przekształcanych przez dekarbonizację i politykę przemysłową. Integracja w ramach regionalnych łańcuchów wartości to jedno z głównych kół zamachowych polskiego sukcesu gospodarczego – bez niej trudno byłoby wykorzystać akcesję do doskonalenia ram regulacyjnych i efektywnego wykorzystania funduszy strukturalnych UE oraz BIZ. Kluczowe znaczenie w tym kontekście odgrywa sektor przemysłowy, a w szczególności wytwórczy. Udział przemysłu wytwórczego w PKB wzrósł z 12 proc. w 2000 r. do 19 proc. w 2022 r. (zł z 2015 r.). Wśród dynamicznie rozwijających się gałęzi przemysłu trzeba wymienić branżę farmaceutyczną i sektory zaawansowanych technologii. W eksporcie prym wiodą pojazdy, maszyny, metale i meble, a także prężny sektor eksportu usług, przede wszystkim ICT¹⁸⁰. Pod względem skierowanych w przód powiązań w globalnych łańcuchach wartości Polska może rywalizować z Niemcami, natomiast pod względem udziału wstecz Polska jest jednym z liderów Europy Środkowo-Wschodniej (Ryc. 4.6). UE jest dla Polski głównym rynkiem eksportowym, który przyjmuje ponad 70 proc. krajowego eksportu, przy czym 27 proc. towarów wyeksportowanych przez Polskę w 2022 r. trafiło do Niemiec. Polityka dekarbonizacji, w tym ceny emisji dwutlenku węgla i unijny mechanizm dostosowywania cen na granicach z uwzględnieniem emisji CO₂ (CBAM) oraz polityka przemysłowa, w tym Plan Przemysłowy Zielonego Ładu, przemodelują perspektywy rozwoju sektorów i łańcuchów wartości (Ramka 4.1). Chcąc nadal czerpać z potencjału wzrostu związanego z udziałem w łańcuchach wartości Polska będzie musiała nie tylko obniżyć emisyjność gospodarki, ale także zapewnić jej konkurencyjność na rynkach zielonego wzrostu. Transformacja niskoemisyjna w Europie i na świecie będzie zatem wymagać od polskich eksporterów adaptacji do nowych możliwości rynkowych i niskoemisyjnych procesów produkcyjnych [A8].

Ze względu na swój potencjał wytwórczy polska gospodarka może z powodzeniem rozwijać wschodzące lub dopiero powstające linie produkcyjne związane z transformacją niskoemisyjną. Polska zajmuje 11. miejsce (na 227) w rankingu Green Complexity Index, co wskazuje na zdolność do konkurencyjnej produkcji technologii niskoemisyjnych¹⁸¹. Jeszcze wyżej jest oceniana w rankingu Green Complexity Potential (7. miejsce), a więc krajowa gospodarka dysponuje znacznym potencjałem w zakresie wykorzystania istniejących zdolności wytwórczych do zainicjowania nowych linii produkcyjnych, które na razie nie generują eksportu, ale ich rynki rosną na skutek światowej dekarbonizacji. Dodatkowym atutem Polski jest know-how w zakresie starszych technologii opartych na paliwach kopalnych, który można wykorzystać do rozwoju niskoemisyjnych gałęzi przemysłu wytwórczego zamiast skazywać gospodarkę na rolę wysokoemisyjnego eksportera: Polska zajmuje dopiero 132. miejsce w zestawieniu Brown Lock-in¹⁸². W wielu sektorach powiązanych z gospodarką niskoemisyjną polskie wskaźniki ujawnionej przewagi technologicznej RTA należą do najwyższych wśród państw członkowskich UE. W latach 2015-2019 wartość RTA dla Polski wzrosła ponad dwukrotnie w porównaniu z okresem 2005-2009, do czego przyczynił się wzrost liczby patentów w dziedzinie recyklingu i niskoemisyjnych dostaw energii (przy czym stanowiąca punkt odniesienia liczba patentów była niska).

Polska gospodarka ma sprzyjające warunki po temu, by zostać silnym graczem w kilku wiodących zielonych globalnych łańcuchach wartości o dużym potencjale wzrostu. Aby skonkretyzować wyniki rankingów rozważmy pięć kluczowych produktów dekarbonizacji: fotowoltaikę, energię wiatrową, pojazdy elektryczne, pompy ciepła i elektrolizery. W unijnej ustawie o zerowej wartości netto dla przemysłu wyznaczono cele w zakresie zwiększenia krajowej produkcji (onshoringu) tych i innych technologii „zerowych emisji netto”. Przeprowadzona równolegle przez Bank Światowy analiza 400 etapów produkcji dla wspomnianych łańcuchów wartości wykazała, że Polska wyróżnia się na tle wschodnioeuropejskich państw członkowskich UE pod względem aktywności sektora prywatnego w niektórych ogniwach pięciu wspomnianych łańcuchów wartości. Na podstawie 18 wskaźników skonstruowanych na bazie danych dotyczących produkcji i udziału w rynku oraz konkurencyjności eksportu należy stwierdzić, że polska gospodarka ma duży potencjał pod względem rozszerzenia eksportu krajowej produkcji w ponad 350 z tych etapów – jest to wynik o ok. 20 proc. do 80 proc. lepszy niż w niektórych krajach z grupy porównawczej (Ryc. 4.7). Możliwości występują wzdłuż całego łańcucha: od obróbki materiałów (np. stal na elementy konstrukcyjne turbin wiatrowych) przez podzespoły (np. generatory prądu

stałego i szklane moduły fotowoltaiczne, liczniki energii elektrycznej, przekładnie, śruby kulowe, koła zamachowe i pasowe oraz elektryczne panele sterujące i tablice rozdzielcze do turbin wiatrowych) aż po produkty końcowe (takie jak akumulatory elektryczne, ogniwa i baterie pierwotne oraz kwasowo-ołowiowe akumulatory elektryczne w pojazdach akumulatorowych/elektrycznych). Jeśli cele krajowej produkcji w ramach ustawy o zerowym przemyśle netto zostaną osiągnięte, tylko w tych pięciu łańcuchach wartości Polska może do 2030 r. zwiększyć wartość eksportu o ok. 12 mld dol. [A8].¹⁸³

RYCINA 4.7. Możliwości sprowadzenia do Polski etapów produkcji wyodrębnionych dla pięciu technologii zerowych emisji netto (po lewej) i potencjał integracji z międzynarodowymi łańcuchami wartości w tych obszarach (po prawej)



Źródło: Bank Światowy, 10.edycja raportu EU RER (2024).

Uwagi: Etapy łańcucha wartości o wysokim potencjale onshoringu. Polskie firmy w sieci niskoemisyjnych dostawców i nabywców.

Skala integracji w ramach globalnych i europejskich łańcuchów wartości może stać się przyczynkiem dla krajowych efektów zewnętrznych.

W próbie dużych firm produkcyjnych tworzących niskoemisyjne łańcuchy wartości polskie przedsiębiorstwa odznaczają się intensywnymi międzynarodowymi powiązaniem w zielonym łańcuchu dostaw. Jednocześnie Polska dysponuje szeroką bazą dostawców krajowych: 46,9 proc. relacji nabywca-dostawca dotyczy krajowego rynku (w porównaniu ze średnią unijną wynoszącą 21 proc.). Można się więc spodziewać, że wzrost eksportu przyniesie liczne pozytywne oddziaływania za pośrednictwem krajowego łańcucha dostaw. Trzeba jednak zaznaczyć, że relacje między dostawcami a nabywcami są dość mocno skoncentrowane, z przewagą kilku dużych firm zagranicznych. Spośród zagranicznych dostawców, 11,5 proc. wszystkich powiązań z polskimi przedsiębiorstwami dotyczy USA, a następnie 9,3 proc. Niemiec i 8,4 proc. Japonii (Ryc. 4.7, prawa strona), zatem polskie przedsiębiorstwa muszą się liczyć z prowadzoną na tych rynkach polityką dekarbonizacji.

Dekarbonizacja systemu energetycznego byłaby korzystna dla konkurencyjności gospodarki, ponieważ pozwoliłaby uniknąć polskim przedsiębiorcom dodatkowych kosztów, które nie grożą ich konkurentom z krajów o niskoemisyjnej gospodarce.

Biorąc pod uwagę mocną pozycję polskiej gospodarki pod względem obecności w już istniejących i potencjalnych niskoemisyjnych łańcuchach wartości oraz ścisłą integrację, zwłaszcza z europejskimi łańcuchami wartości, głównym zagrożeniem dla polskich przedsiębiorstw są rosnące koszty na tle konkurencji, jeśli system energetyczny nie zostanie szybko zdekarbonizowany (zob. również Ramka 4.1). Polska energochłonna produkcja, która pod względem emisyjności zajmuje jedno z czołowych miejsc w UE, już teraz jest bardziej kosztowna niż za granicą. Przykład łańcuchów wartości w przemyśle wytwórczym ilustruje potencjał niskoemisyjnej trajektorii ZEN2050 dla pobudzenia konkurencyjności i wzrostu gospodarczego Polski.

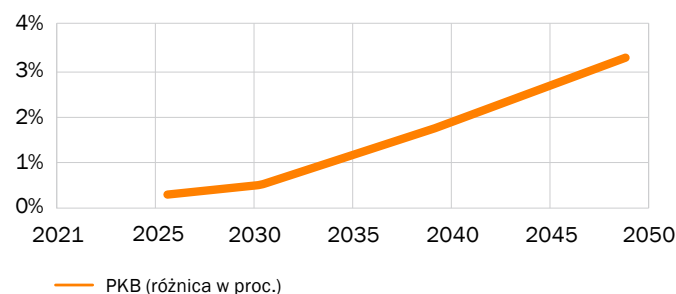
Dekarbonizacji towarzyszą także wymierne w skali lokalnej „korzyści uboczne” w postaci redukcji zanieczyszczeń powietrza, co przekłada się na poprawę stanu zdrowia i wzrost wydajności.

Jako że za skrajnie wysoki poziom zanieczyszczeń powietrza odpowiada węgiel i w coraz większym stopniu transport miejski, scenariusz ZEN2050 może przynieść Polsce istotne korzyści lokalne. Zanieczyszczenie powietrza jest bardzo szkodliwe dla zdrowia, szczególnie w przypadku dzieci i osób starszych. Statystycznie niemal co dziewiąty przedwczesny zgon związany z zanieczyszczeniem drobnymi cząsteczkami w UE dotyczy Polski – kraju, w którym każdego roku dochodzi do 40 tys. przedwczesnych zgonów wywołanych zanieczyszczeniem powietrza¹⁸⁴. Zła jakość powietrza przyczynia się do prawie jednej czwartej przypadków zapalenia oskrzeli wśród dzieci, tj. ponad 200 tys. przypadków rocznie. Oprócz szkód zdrowotnych i kosztów opieki zdrowotnej zanieczyszczenie powietrza powo-

duje bezpośrednie straty gospodarcze spowodowane spadkiem wydajności, przy czym wpływ na wydajność pracowników jest odczuwalny już przy stosunkowo niskich poziomach zanieczyszczenia powietrza¹⁸⁵. Szacuje się, że w ramach trajektorii ZEN2050 zanieczyszczenie powietrza będzie o mniej więcej jedną trzecią niższe niż w warunkach dotychczasowej polityki (Scenariusz BZ). Korzyści wynikające ze spadku zanieczyszczenia powietrza dla wzrostu PKB narastają w zrównoważonym tempie, z górną granicą szacowaną na 0,54 proc. w perspektywie 2030 r. i maks. 3 proc. w perspektywie 2050 r. (zob. Załącznik 2)¹⁸⁶.

RYCINA 4.8. Towarzysząca dekarbonizacji poprawa jakości powietrza może w perspektywie 2050 r. przynieść korzyści sięgające 3 proc. PKB

Korzyści dla PKB wynikające ze zmniejszenia zanieczyszczenia powietrza



Źródło: Opracowanie własne (zob. szczegóły metodologiczne w załączniku 3).

W kontekście oczekiwanej w związku z ZEN2050 poprawy jakości powietrza trzeba podkreślić, że w Polsce wdrożono już kilka

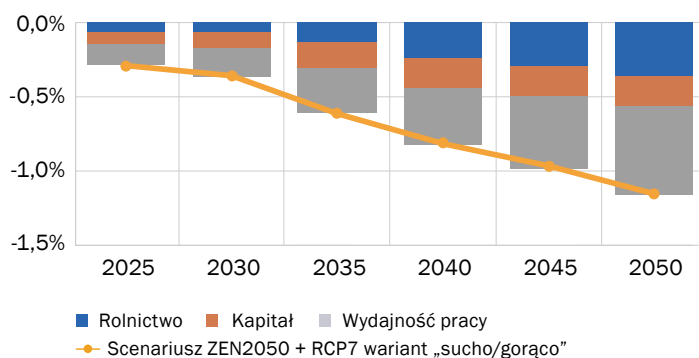
publicznych programów ukierunkowanych bezpośrednio na likwidację zanieczyszczeń powietrza. I tak, program priorytetowy „Czyste powietrze” ma na celu poprawę jakości powietrza na skutek zwiększenia efektywności energetycznej w budynkach jednorodzinnych, a program TERMO w budynkach wielorodzinnych, jako że tzw. „niska emisja” w znacznym stopniu przyczynia się do emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych. Poprawa charakterystyki energetycznej budynków jednorodzinnych, szczególnie w najbardziej zanieczyszczonych miastach Polski, ma obniżyć poziom zanieczyszczeń powietrza, co z kolei powinno pozytywnie wpłynąć na stan zdrowia pracujących i spowodować wzrost wydajności. Kolejne pakiety działań, w tym doposażenie zakładów i pojazdów w urzędzenia do kontroli zanieczyszczeń lub wybór czystszych źródeł energii, mogą niemal natychmiast poprawić jakość powietrza. Inicjatywy te nie tylko wpisują się w wysiłki na rzecz łagodzenia skutków zmian klimatu, ale niosą znaczące dodatkowe korzyści w postaci lepszej jakości życia i ożywienia działalności gospodarczej dzięki poprawie wydajności pracy.

4.1.2. Wzmacnianie odporności i zapobieganie erozji korzyści z napędzanego szybszym tempem dekarbonizacji wzrostu PKB

Polska nie jest tak bardzo narażona na ryzyko klimatyczne jak wiele innych państw, ale krajowa ekspozycja na ryzyko klimatyczne rośnie, a straty PKB będą się z czasem nasilać, przez co oczekiwana dywidenda wzrostu z szybszej dekarbonizacji może się skurczyć aż o połowę. Szybsza dekarbonizacja przyniesie korzyści ekonomiczne, ale gospodarka nadal będzie podatna na wstrząsy klimatyczne z uwagi na oddziaływanie po stronie czynników produkcji¹⁸⁷. Przewiduje się, że roczny ubytek PKB spowodowany wpływem klimatu będzie początkowo niewielki i wyniesie do 0,37 proc. PKB do 2030 r. Jednak bez działań adaptacyjnych w kluczowych sektorach gospodarki i czynnikach produkcji średni roczny ubytek PKB spowodowany wstrząsami klimatycznymi z czasem wzrasta nieliniowo, by w 2050 r. wynieść 1,18 proc. w wariantcie „sucho/gorąco” i SSP3-7.0 (zob. załącznik 1). W wariantcie „wilgotno/ciepło” (0,23 proc.) skutki są mniej dotkliwe ze względu na odmienny wpływ temperatur i deszczu na plody rolne (Ryc. 4.10). Biorąc pod uwagę przewidziane w scenariuszu ZEN2050 dywidendy wzrostu, przy braku odpowiednich inwestycji w odporność zyski z szybszej dekarbonizacji kurczą się w perspektywie 2045 r. o mniej więcej połowę, a w 2050 r. – kiedy dywidendy ZEN2050 rosną – zostaje z nich zaledwie ¼.

Główną przyczyną jest ubytek wydajności pracy spowodowany gwałtownymi szkodami w kapitale rzeczowym (np. drogi, mosty) oraz wyższymi kosztami napraw i odbudowy infrastruktury po wystąpieniu szkód. Roczne szkody powodziowe dla infrastruktury szacowano w poprzednich latach na 0,04 proc. zasobów, co oznacza, że w skali roku 0,04 proc. krajowych zasobów zostaje uszkodzonych przez powódź. Zgodnie ze scenariuszem klimatycznym SSP3-7.0, do 2050 r. straty mają wzrosnąć do około -0,6 proc., -1,1 proc. i -1,6 proc. odpowiednio dla zdarzeń 25-letnich, 50-letnich i 100-letnich. Ogólnie rzecz biorąc oczekuje się, że dynamika szkód majątkowych będzie najwyższa w przypadku mniejszych, częstszych zdarzeń powodzi-

RYCINA 4.10. Skutki wynikają głównie z ubytku wydajności pracy



Źródło: Opracowanie własne (zob. szczegóły metodologiczne w załączniku 3).

szu bez działań adaptacyjnych wpływ na sektory przemysłu i usług w perspektywie 2041-2050 r. wyniesie od ok. -0,05 proc. do -0,21 proc. (Ryc. 4.10).

Po stronie podaży ogólny wpływ wstrząsów w rolnictwie na PKB jest stosunkowo niewielki, ale skutki dla pracowników i mieszkańców obszarów wiejskich mogą być znaczne. Wariant „sucho/gorąco” prawdopodobnie niekorzystnie wpłynie na produkcję roślin uprawianych bez sztucznego nawadniania (dla wszystkich rozważanych upraw). Biorąc pod uwagę bardzo wysoki odsetek gruntów pozbawionych sztucznego nawadniania (98 proc.) oraz znaczenie tych gruntów dla małych, nietowarowych gospodarstw rolnych należy się spodziewać poważnych konsekwencji gospodarczych i społecznych, szczególnie w kontekście nieliniowych wstrząsów klimatycznych, które nie zostały ujęte w modelu. Ponieważ jednak produkcja rolna ma niewielki udział w PKB (2,8 proc. w 2022 r.), całkowite średnie straty PKB w latach 2030-2050 wynoszą w wariantcie „sucho/gorąco” zaledwie 0,23 proc.

Wariant „sucho/gorąco” prawdopodobnie niekorzystnie wpłynie na produkcję roślin uprawianych bez sztucznego nawadniania (dla wszystkich rozważanych upraw). Biorąc pod uwagę bardzo wysoki odsetek gruntów pozbawionych sztucznego nawadniania (98 proc.) oraz znaczenie tych gruntów dla małych, nietowarowych gospodarstw rolnych należy się spodziewać poważnych konsekwencji gospodarczych i społecznych, szczególnie w kontekście nieliniowych wstrząsów klimatycznych, które nie zostały ujęte w modelu. Ponieważ jednak produkcja rolna ma niewielki udział w PKB (2,8 proc. w 2022 r.), całkowite średnie straty PKB w latach 2030-2050 wynoszą w wariantcie „sucho/gorąco” zaledwie 0,23 proc.

Straty PKB spowodowane czynnikami klimatycznymi można do 2050 r. niemal całkowicie zniwelować dzięki inwestycjom w rolnictwo, infrastrukturę i systemy chłodzenia (między innymi). Same tylko inwestycje uwzględnione dla celów modelowania (patrz załącznik 3) znacząco zmniejszają wpływ zmian klimatu na gospodarkę i chronią dywidendy wzrostu generowane w ramach ścieżki ZEN2050. Podsumowując, inwestując w odporność (infrastruktura, rolnictwo, gospodarka wodna) można istotnie ograniczyć straty PKB w perspektywie krótkoterminowej, co najmniej o blisko 50 proc. do 2040 r. i prawie całkowicie do 2050 r. (Ryc. 4.11), co wskazuje, że korzyści z adaptacji przewyższają jej koszty.

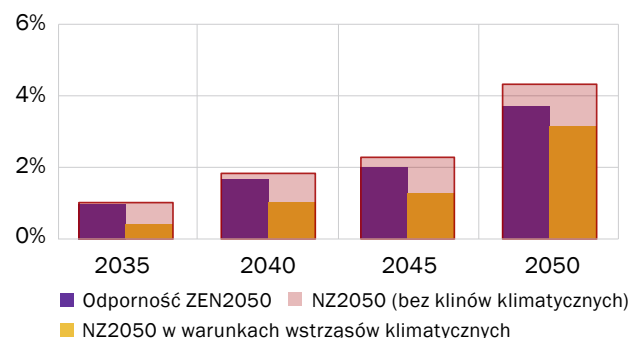
4.2. Zabezpieczenie i przygotowanie ludności

4.2.1. Nierówno rozłożone skutki społeczne i zawodowe ZEN2050

Konsekwencje polityki dekarbonizacyjnej i wstrząsów klimatycznych będą różne dla różnych grup społeczno-ekonomicznych. Oddziaływania wywierają swój wpływ różnymi kanałami, a skala ekspozycji poszczególnych gospodarstw domowych nie jest jednakowa, tymczasem właśnie od tych czynników zależy, jak bardzo odczuwalne będą skutki zmian klimatu i polityki klimatycznej w wymiarze indywidualnym. Chcąc lepiej zrozumieć, w jaki sposób wstrząsy klimatyczne i środowiskowe oraz polityka klimatyczna mogą wpływać na gospodarstwa domowe w Polsce, w niniejszym podrozdziale omówiono średnioterminową analizę wpływu ścieżki

wych, a do tego stosunkowo jednolita w całym kraju. Uszkodzenia dróg i mostów wynikają głównie z wpływu temperatur¹⁸⁸ (ponad 70 proc. wszystkich szkód), powodzi (ponad 20 proc.) i wzrostu intensywności opadów (ok. 7 proc.). Z wszystkich sektorów makroekonomicznych to rolnictwo ma doświadczyć największego wstrząsu wydajności pracy w latach 2041–2050, a za nim odpowiednio przemysł i usługi. Jednak skala wstrząsów w rolnictwie w latach 2041–2050 pozostaje w scenariuszu bez działań adaptacyjnych niewielka i waha się od ok. -0,22 proc. do -0,55 proc. Przewiduje się ponadto, że w scenariuszu

RYCINA 4.11. Inwestując w odporność możemy ograniczyć spowodowany wstrząsami klimatycznymi ubytek PKB



Źródło: Opracowanie własne (zob. szczegóły metodologiczne w załączniku 3).

Uwagi: Zysk ZEN2050 to scenariusz bez żadnych wstrząsów klimatycznych.

ZEN2050 na gospodarstwa domowe z uwzględnieniem zagrożeń klimatycznych. W przeprowadzonej na potrzeby raportu analizie skoncentrowano się na kierunkach oddziaływania wskazanych w załączniku 4, aby rozważyć, w jaki sposób wstrząsy klimatyczne, zagrożenia środowiskowe i polityka klimatyczna mogą wpływać na dobrobyt gospodarstw domowych w Polsce. Główne kierunkach oddziaływania przedstawione w tym podrozdziale dotyczą rynku pracy, a w szczególności skutków dla struktury zatrudnienia i wynagrodzeń, które wpływają na wielkość realnych dochodów.

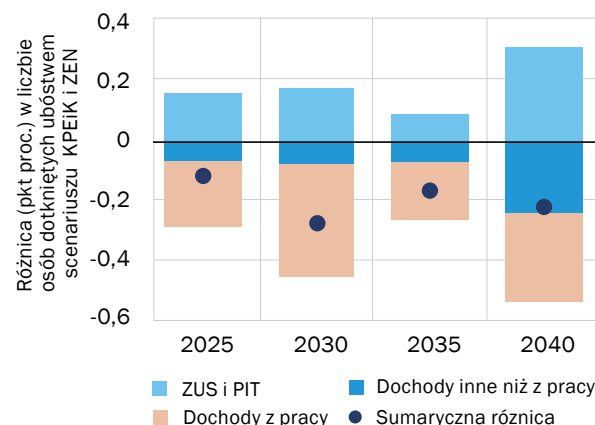
Nawet w ramach bardziej ambitnej ścieżki ZEN2050 możliwe jest utrzymanie tempa spadku ubóstwa i wzrostu średniego dochodu na poziomie zbliżonym do parametrów zapisanych w dotychczasowej polityce. Dzięki szybszej dekarbonizacji może też wystąpić niewielka dywidenda wzrostu w perspektywie krótko- i

średnioterminowej w przypadku uboższych gospodarstw domowych i tych o średnim poziomie (Ryc. 4.12)¹⁸⁹. Chociaż brak jest zauważalnego wpływu na współczynnik Giniego, scenariusz szybszej dekarbonizacji jest skorelowany z nieco wyższym wzrostem dochodów na korzyść lepiej sytuowanych gospodarstw domowych w porównaniu z tymi stanowiącymi dolne 10 procent rozkładu dochodów (0,1–0,2 p.p.), co można przypisać rosnącej premii za umiejętności. Oczekuje się, że szybszy wzrost produktywności (wynikający z zastosowania nowych technologii) oraz pogłębienie zasobów kapitału (wywołane szybką dekarbonizacją) przełoży się na wzrost płac realnych, przy szybszych średniorocznych wzrostach w przypadku pracowników wykwalifikowanych. Ponadto przewiduje się, że wzrost cen zostanie złagodzony przez szybsze przejście na gospodarkę o niższej intensywności emisji dwutlenku węgla, co osłoni gospodarstwa domowe przed wzrostem cen energii, w tym w związku z przewidywanym rozszerzeniem systemu ETS. Wreszcie, nieznacznie szybsze tempo redukcji ubóstwa wynika również z większych transferów nieskładkowych powiązanych ze wzrostem PKB, ponieważ najuboższe gospodarstwa domowe w Polsce są beneficjentami pomocy społecznej (Bank Światowy, 2024).

Bardziej ambitna ścieżka dekarbonizacji najprawdopodobniej przełoży się na umiarkowanie szybszą transformację rynku pracy. Oczekuje się, że zmiany na rynku pracy będą szczególnie widoczne w rolnictwie i górnictwie, zgodnie z historycznym trendem¹⁹⁰. W ramach szybszej ścieżki dekarbonizacji zmiany sektorowe mają być zarówno nieco szybsze, jak i bardziej intensywne, a pracowników wchłonie sektor usług (usługi proste i zaawansowane) oraz budownictwo (Ryc. 4.13). Zmiany te przyczynią się do wzrostu dochodów z pracy w gospodarstwach domowych z dolnej części rozkładu dochodów, ponieważ oczekuje się, że pracownicy o niższych kwalifikacjach przejdą gremialnie do sektorów, które oferują premię płacową w stosunku do linii bazowej, w szczególności takich jak budownictwo, produkcja zbywalna i niewymagające wyższych kwalifikacji usługi domowe. Co więcej, bardziej dynamiczna transformacja może przyczynić się do szybszego zmniejszenia różnicy w wynagrodzeniach kobiet i mężczyzn, jeśli istniejące wzorce segmentacji rynku pracy będą się utrzymywać, ze względu na zmiany wydajności pracy w sektorach z większą koncentracją pracowników płci żeńskiej. Należy jednak zauważyć, że skala zmian sektorowych związanych z obiema trajektoriami dekarbonizacji ma drugorzędne znaczenie w obliczu siły oddziaływania przemian demograficznych (starzenie się i spadek liczebności siły roboczej), w wyniku których liczba zatrudnionych spadnie szacunkowo o 12 proc. do 2040 r. i o 28 proc. do 2050 r.

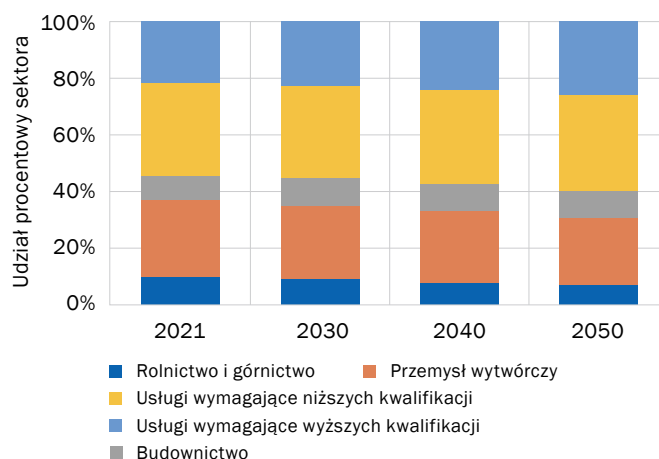
Polska ma co prawda mniejszą ekspozycję na ryzyko klimatyczne niż wiele innych krajów, ale w scenariuszu ZEN2050 przewiduje się, że podatność na zagrożenia klimatyczne spowoduje wzrost dochodów gospodarstw domowych z dolnych czterdziestu procent i tych na poziomie średniej, aczkolwiek wpływ na redukcję ubóstwa będzie marginalny. Zarówno w wariantcie „sucho/gorąco” jak i w wariantcie „wilgotno/ciepło” wpływ na wzrost dochodów będzie do 2025 r. niewielki, by z upływem czasu rosnąć. W rezultacie oczekuje się, że niewielkie dywidendy wzrostu w scenariuszu ZEN2050 zmniejszą się o 30 proc. i 36 proc.

RYCINA 4.12. Potencjał utrzymania i przyspieszenia tempa spadku ubóstwa na bardziej ambitnej ścieżce dekarbonizacji



Źródło: Szacunki własne z wykorzystaniem modelu do symulacji makroekonomicznych.

RYCINA 4.13. Pełna dekarbonizacja powoduje szybszą transformację sektorową



Źródło: Opracowanie własne.

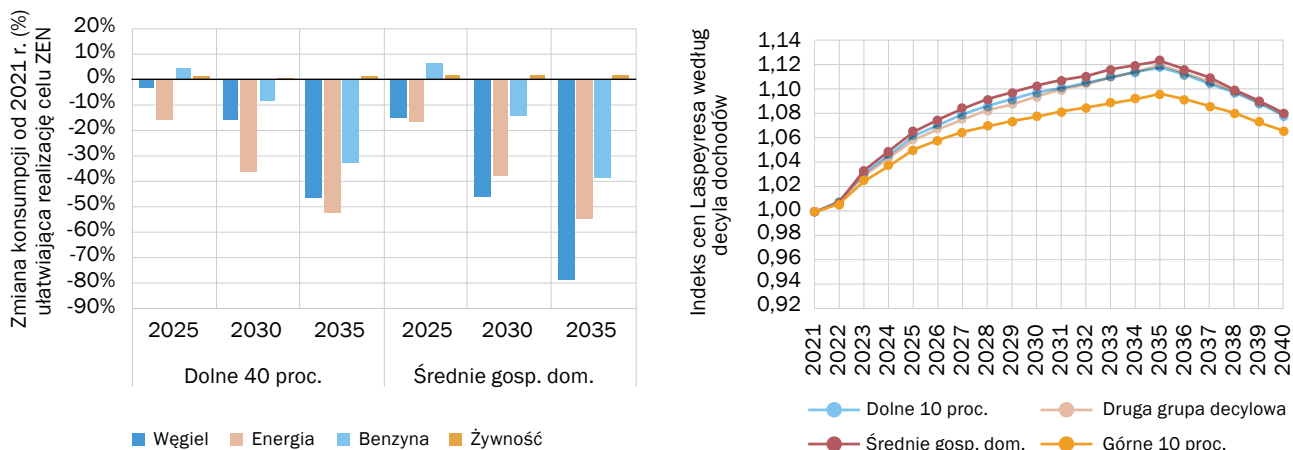
inwestycjom we wzmacnianie odporności na wstrząsy klimatyczne¹⁹¹.

Trwała redukcja ubóstwa i wzrost średniego dochodu nie staną się faktem na ścieżkach dekarbonizacji bez daleko idących zmian wzorców konsumpcji, zwłaszcza w gospodarstwach domowych, których styl życia jest mocno powiązany z wykorzystaniem paliw kopalnych. Efekty dystrybucyjne odzwierciedlają dolną granicę wpływu, zgodnie z założeniem ewolucji konsumpcji i zatrudnienia w odpowiedzi na przewidywane zmiany cen i potrzeb sektorowych. Przewiduje się, że rosnące ceny energii wynikające z przejścia na gospodarkę neutralną dla klimatu zostaną zrównoważone przez wzrost wydajności pracy i przesunięcia w kierunku sektorów o wyższej pracochłonności, a także przez zmianę nawyków konsumpcyjnych, w miarę jak konsumenci będą się starali chronić swoje gospodarstwa domowe przed skutkami fluktuacji cen. Oba scenariusze dekarbonizacji wiążą się ze znacznymi zmianami we wzorcach konsumpcji gospodarstw domowych w reakcji na zmiany cen energii elektrycznej, benzyny i innych paliw (Ryc. 4.14, lewa strona). Zmianom w koszykach zakupowych muszą towarzyszyć potencjalnie znaczące inwestycje w energooszczędne urządzenia, a także zmiana dotychczasowych nawyków i stylu życia, przy czym jedno i drugie z reguły trudniej jest zrealizować gospodarstwom domowym o mniejszych zasobach społecznych i finansowych.

Osiągnięcie celu ZEN2050 przy jednoczesnym zachowaniu sprawiedliwości społecznej będzie zatem częściowo zależę od tego, jak szybko ludność kraju skoryguje własne emisje bezpośrednie. Wielkość śladu węglowego zdecydowanie rośnie wraz ze wzrostem dochodu w gospodarstwie domowym, a osobiste wybory na rzecz bardziej energooszczędnego stylu życia i podróżowania mają wyraźny wpływ na zmniejszenie śladu węglowego. Polskie gospodarstwa domowe odpowiadają za 14 proc. bezpośrednich krajowych emisji dwutlenku węgla, co wiąże się z wykorzystaniem paliw kopalnych do ogrzewania, chłodzenia, gotowania i eksploatacji prywatnych pojazdów¹⁹². Osoby o wysokoemisyjnym stylu życia „zużyły” 5,4 razy więcej ton dwutlenku węgla niż osoby generujące mniejszy ślad węglowy (Bank Światowy, 2022). Chociaż istnieje wyraźny związek między dochodami a emisją dwutlenku węgla, wybory dotyczące stylu życia mają znaczenie i istotnie wpływają na ślad węglowy. Emisje dwutlenku węgla są rozłożone bardzo nierównomiernie: 36 procent ogółu emisji pochodzi od górnych 20 procent gospodarstw domowych (najwięksi emitenci), podczas gdy dolne 20 procent gospodarstw domowych wytwarza 10 procent ogółu emisji (Ryc. 4.14, prawa strona). W gospodarstwach domowych o niskich dochodach emisje CO₂ wynikają z zaspokojenia podstawowych potrzeb: żywność i mieszkanie odpowiadają za 63 proc. całkowitej emisji, w porównaniu do 42 proc. w górnych grupach decylowych. W poszczególnych grupach decylowych widać znaczne zróżnicowanie będące odzwierciedleniem stylu życia i wyborów konsumpcyjnych: u największych emitentów widzimy większy odsetek emisji GC w związku z podróżami w celach rekreacyjnych (zarówno na lądzie, jak i w powietrzu)¹⁹³. Podróże lądem, a w szczególności transportem publicznym, stanowią ważną kategorię wydatków także w uboższych gospodarstwach domowych, a także wśród gospodarstw domowych o niższej emisji.

do 2040 r. odpowiednio w wariacie „sucho/gorąco” i „wilgotno/ciepło” w przypadku gospodarstw domowych z dolnych czterdziestu procent rozkładu dochodów, a także o 37 proc. i 33 proc. w przypadku gospodarstw domowych mieszczących się na poziomie średniej. Przyczyną jest niższy wzrost płac na skutek spadku wydajności pracy, szczególnie w segmencie pracowników o niższych kwalifikacjach, jak również mniej dynamiczny wzrost transferów z pomocy społecznej i emerytur. W wariacie „sucho/gorąco” przewiduje się szybszy odpływ siły roboczej z rolnictwa, przez co sektor może do 2040 i 2050 r. stracić, odpowiednio, kolejne 0,1 proc. i 0,2 proc. siły roboczej (w porównaniu do scenariusza bez wstrząsów klimatycznych). Prognozowane przepływy sektorowe można znacznie złagodzić dzięki przemyślanym

RYCINA 4.14. Oczekuje się, że zmiany wzorców konsumpcji w ramach ZEN2050 będą konsekwencją zarówno sygnałów cenowych, jak i zmian technologicznych (wykres po prawej); w przypadku braku zmian w konsumpcji gospodarstwa domowe mogą doświadczyć co najmniej 10-12 proc. spadku siły nabywczej spowodowanego wzrostem cen energii i benzyny (wykres po lewej).



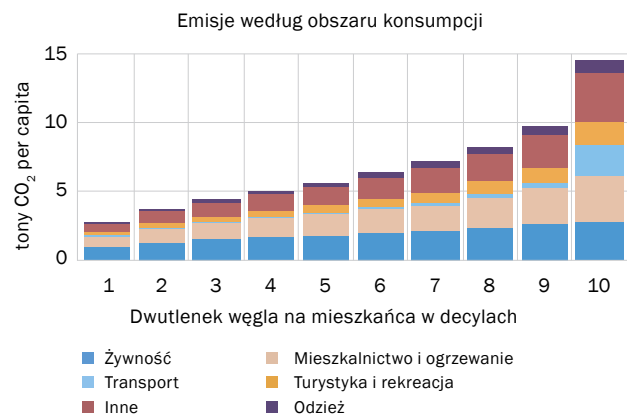
Źródło: Opracowanie własne.

Kontrast między wysoką świadomością klimatyczną z jednej strony a niewielkim zaangażowaniem w działania energooszczędne z drugiej pokazuje, jak wiele pozostaje do zrobienia, by proaktywne nastawienie potrzebne dla realizacji ZEN2050 stało się w Polsce faktem. Indywidualne ograniczanie zużycia energii nie jest dla Polaków taką oczywistością jak dla mieszkańców innych państw członkowskich UE. Tylko 16 proc. ludności kraju deklaruje pewność co do własnych możliwości w zakresie redukcji zużycia energii – w porównaniu z prawie 40 proc. ankietowanych w pięciu największych krajach UE¹⁹⁴. Zanim zmaterializują się reaktywne zmiany wzorców konsumpcji trzeba pobudzić świadomość i gotowość do podjęcia niezbędnych działań w celu zmniejszenia zużycia energii. Liczne sygnały wskazują, że chęci i gotowość ludności pod tym względem wymagają zdecydowanego wzmocnienia, zanim pojawią się korzyści i zostanie uruchomiony reaktywny mechanizm warunkujący realizację ZEN2050. Pomimo tego, że zdecydowana większość ankietowanych w Polsce (ponad 90 proc.) deklaruje, że zmiany klimatu są poważnym wyzwaniem, poproszeni o uszeregowanie zagadnień pod względem ważności konsekwentnie stawiają zmiany klimatyczne i kwestie środowiskowe w tyle za innymi wyzwaniami¹⁹⁵. Takie nastawienie przekłada się jednoznacznie na decyzje gospodarstw domowych: Polacy znacznie rzadziej podejmują wysiłki mające na celu przeciwdziałanie zmianom klimatu lub propagują zmiany społeczne i behawioralne niezbędne do ograniczenia zarówno bezpośrednich, jak i pośrednich emisji dwutlenku węgla (Ryc. 2.3) [C9].

W sektorze ogrzewania budynków mieszkalnych, w którym dostępne są rozwiązania technologiczne, ale na przeszkodzie stoją ułomności rynku, jak w soczewce skupiają się zasadnicze wyzwania w zakresie zmiany wzorców zużycia energii w gospodarstwach domowych zgodnie z założeniami ZEN2050, a także społeczny wymiar procesu transformacji. Sektor ogrzewania budynków mieszkalnych wymaga zarówno rozwiązań technologicznych, jak i zmiany nawyków gospodarstw domowych, a jego ewolucja będzie papierkiem lakmusowym dla pozostałych aspektów transformacji w Polsce. Skala zmian i inwestycji związanych z przejściem na czystszy opał będzie większa w przypadku uboższych gospodarstw domowych, w tym gospodarstw osób starszych. Dostępnych jest sporo instrumentów mających na celu zwiększenie tempa wymiany źródeł ciepła. Wsparcie publiczne obejmuje dotacje oraz ulgi podatkowe (program priorytetowy „Czyste powietrze” w segmencie budynków jednorodzinnych, program TERMO w segmencie budynków wielorodzinnych). Dotacje są dostępne dla wszystkich, a uboższe gospodarstwa domowe mogą liczyć na większą intensywność dofinansowania, lecz tym ostatnim trudniej jest skorzystać z dotacji ze względu na obawy co do wysokości rachunków za ogrzewanie, mniejszą zdolność do pokrycia potencjalnie wyższych rachunków z domowego budżetu oraz generalnie mniejszy potencjał pod względem realizacji inwestycji, która jest dość wymagająca. Gospodarstwa te częściej wykorzystują darmowe paliwo, tj. śmieci, a także drewno z lasów; do tego częściej mieszkają w nieocieplonych budynkach, wymagających większych inwestycji (Ryc. 4.15). Z tego powodu absolutnie niezbędna jest praktyczna pomoc obejmująca zarówno wsparcie, jak i mechanizmy

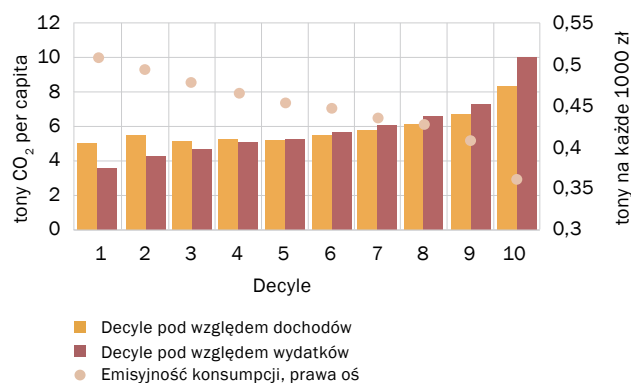
osłonowe dla gospodarstw domowych znajdujących się w szczególnie trudnym położeniu; na początku 2024 r. przeprowadzono pilotaż takiego programu, który ma być docelowo wdrożony w skali całego kraju. Wprowadzono też specjalne instrumenty finansowe w celu obniżenia kosztów początkowych, ale wykonawców zniechęca konieczność ponoszenia wydatków w oczekiwaniu na realizację płatności. Podczas gdy wiele gospodarstw domowych planuje modernizację domu i wymianę instalacji grzewczej na bardziej energooszczędnej, nie jest to dla nich priorytet w porównaniu z innymi inwestycjami mieszkaniowymi¹⁹⁶ [B8].

RYCINA 4.15. Najwięksi emitenci dwutlenku węgla mają ślad węglowy ponad dwukrotnie większy od mediany



Źródło: Analiza Banku Światowego na podstawie BBGD 2018.
Uwagi: Grupy decylowe zdefiniowano wg percentyla emisji dwutlenku węgla na osobę.

Emisje dwutlenku węgla w ujęciu per capita są większe w gospodarstwach domowych o wyższych dochodach i wydatkach



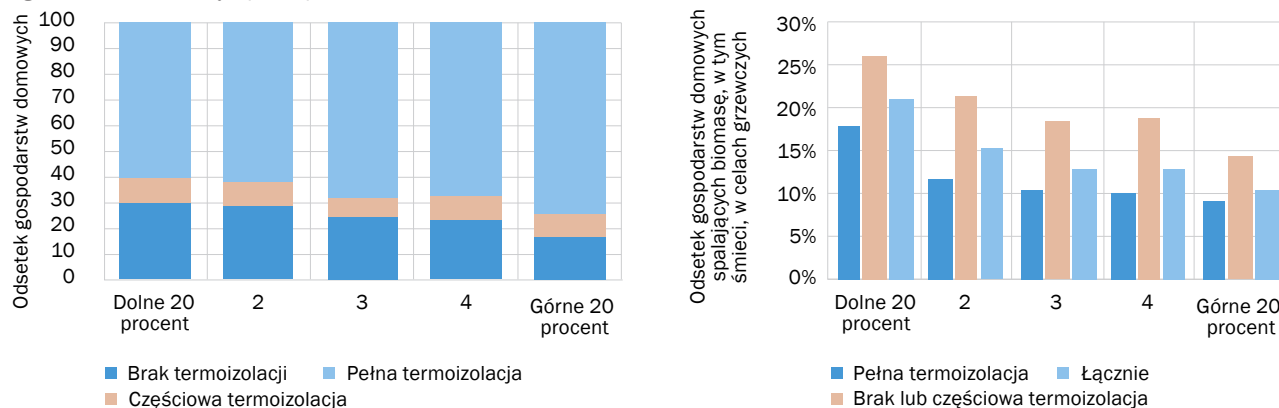
Źródło: Pracownicy Banku Światowego oszacowali wielkość emisji CO₂ w gospodarstwach domowych na podstawie danych z Badania Budżetów Gospodarstw Domowych z 2018 r.

Droga do poprawy charakterystyki energetycznej budynków mieszkalnych i wymiany instalacji grzewczych na niskoemisyjne jest usiana licznymi przeszkodami natury behawioralnej, finansowej i technicznej, zwłaszcza w przypadku uboższych lub szczególnie wrażliwych gospodarstw domowych. Dekarbonizacja budynków mieszkalnych ma być jednym z kluczowych mechanizmów poprawy efektywności energetycznej, zatem nie wolno ignorować barier, które przyczyniły się do historycznie ospałego tempa transformacji¹⁹⁷. Na decyzje i harmonogram działań wpływa przede wszystkim koszt instalacji oraz obawy co do kosztów eksploatacyjnych nowego paliwa. Obawy te są szczególnie istotne w przypadku uboższych gospodarstw domowych, częściej deklarujących brak komfortu cieplnego (niedogrzanie mieszkania) (Karpieńska and Śmiech, 2024¹⁹⁸) i wykorzystujących niskosprawne kotły grzewcze opalane wieloma rodzajami paliw stałych (tym sposobem ubożsi starają się zabezpieczyć na wypadek wahań cen opału). Okazuje się, że wśród najuboższych gospodarstw domowych mieszkających w budynkach jednorodzinnych 9 proc. deklaruje, że w 2021 r. spalało w domowych instalacjach grzewczych śmieci. Stosowanie takich kotłów i możliwość spalania paliw o niepewnej jakości wpływa na niską efektywność energetyczną gospodarstw domowych oraz złą jakość powietrza w Polsce.

Wrażliwe grupy społeczne już teraz borykają się z dość powszechnym ubóstwem energetycznym, a wraz ze wzrostem podatków węglowych ich sytuacja może ulec dalszemu pogorszeniu, o ile nie zmienią wzorców konsumpcji na mniej emisyjne. Ubóstwem energetycznym dotknięte jest ok. 11 proc. ludności kraju, czyli 1,5 mln gospodarstw domowych („niskie dochody/wysokie koszty”, Sokołowski, 2024).¹⁹⁹ Ubóstwo energetyczne statystycznie częściej występuje w gospodarstwach domowych zamieszkujących starsze budynki o gorszej charakterystyce energetycznej²⁰⁰. Co więcej, 15–20 proc. osób żyjących w gospodarstwach domowych o niskich dochodach (pierwsze dwie grupy centylowe) może być dotkniętych ubóstwem transportowym, przy czym częściej występuje ono na obszarach wiejskich oraz w woj. wielkopolskim, opolskim i pomorskim²⁰¹. Z uwagi na zazwyczaj gorszy stan infrastruktury mieszkaniowej, ubogie energetycznie gospodarstwa domowe stoją przed podwójnym wyzwaniem: z jednej strony chcąc sobie zapewnić określony standard efektywności energetycznej muszą więcej wydać na termomodernizację, a z drugiej mają niższe dochody. Na podobnej zasadzie, gospodarstwa domowe dotknięte ubóstwem transportowym częściej są posiadaczami starszych

i mniej wydajnych samochodów (o ile w ogóle posiadają własny samochód), a do tego mieszkają na obszarach pozbawionych potencjalnych alternatyw w postaci transportu publicznego. Przy ograniczonych środkach i możliwościach finansowania niezbędnych zmian w zakresie mieszkalnictwa i transportu gospodarstwa te mogą być narażone na przejściowe skutki rosnących podatków od emisji dwutlenku węgla.

RYCINA 4.16. Uboższe gospodarstwa domowe częściej mieszkają w niedocieplonych budynkach i częściej wykorzystują do ogrzewania darmowy opał, np. śmieci



Źródło: Analiza Banku Światowego na podstawie EGD-2021, pyt. nr 6: deklarowany poziom termoizolacji.

Źródło: Analiza Banku Światowego na podstawie EGD-2021, pyt. nr 17: darmowy opał to drewno, odpady drzewne i inne formy biomasy pozyskane za darmo lub prawie za darmo.

Jednym z podstawowych sposobów na złagodzenie tych przejściowych oddziaływań jest podjęcie szerszych reform fiskalnych, w tym dobrze ukierunkowanych transferów pomocy społecznej, a także recykling dochodów. Oceniając wpływ systemu ETS-2 na dobrobyt gospodarstw domowych oszacowano, że przy braku wsparcia finansowego i zmian wzorców konsumpcji dobrobyt gospodarstw domowych o niższych dochodach może się obniżyć o 1,2–2,5 proc. (Gutowski i Kłowacki, 2023). W przypadku uboższych gospodarstw domowych te dodatkowe koszty wynikają głównie z rosnących kosztów ogrzewania związanych z emisją dwutlenku węgla z pieców węglowych; natomiast spadek dobrobytu w zamożniejszych gospodarstwach domowych jest konsekwencją większego zużycia paliw w transporcie. Stwierdzono, że recykling dochodów, w tym poprzez sprzyjające wzrostowi gospodarczemu reformy opodatkowania pracy, łagodzi regresywność podatków od emisji dwutlenku węgla w Polsce (przy całkowitym braku zmian w konsumpcji), ale musiałyby mu towarzyszyć programy pomocy społecznej wykraczające poza dotychczasowe świadczenia warunkowane wysokością dochodów beneficjenta, które – jak stwierdzono – trafiają do niespełna 50 proc. potrzebujących²⁰². Recykling dochodów za pośrednictwem Społecznego Funduszu Klimatycznego²⁰³ mógłby w znacznej mierze złagodzić konsekwencje ETS-2 z perspektywy uboższych gospodarstw domowych (trzy dolne grupy decylowe), ale wymagałoby to zaawansowanych mechanizmów identyfikacji beneficjentów, wykraczających swoim zasięgiem poza obecnie obowiązujące w Polsce programy społeczne²⁰⁴. Z uwagi na brak rejestru dla celów socjalnych oraz ograniczony zasięg wsparcia dla ubogich energetycznie polityczna zdolność reagowania na potrzeby słabszych grup społecznych w zakresie poprawy efektywności energetycznej i łagodzenia skutków zmiany cen produktów energetycznych pozostaje w Polsce ograniczona²⁰⁵ [B8].

Utrzymanie ubóstwa i nierówności w ryzach będzie wymagało mobilności lub przekwalifikowania w określonych segmentach rynku pracy, aby ułatwić przepływ pracowników między sektorami gospodarki i lokalizacjami. Co prawda w modelowaniu nie uwzględniono wzrostu mobilności w wymiarze terytorialnym, ale w obliczu nadchodzących zmian na rynku pracy i idących w ślad za nimi zmian w dynamice aglomeracji wzmożona mobilność terytorialna może być koniecznością. W bazowym scenariuszu dekarbonizacyjnym przewiduje się, że w perspektywie 2035 r. i 2050 r. sektor zatrudnienia zmieni odpowiednio ok. 2 proc. i 3,5 proc. pracowników, natomiast w scenariuszu przyspieszonej dekarbonizacji skala będzie umiarkowanie większa. Nie obejmuje to pracowników, którzy pozostając w tym samym sektorze, np. budowlanym, zmieniają pracodawcę albo podsektor. W niektórych przypadkach będą to zmiany poziome, niewymagające przekwalifikowania, ale biorąc pod uwagę potrzebę dopasowania oczekiwań pracowników i pracodawców pod względem lokalizacji, umiejętności i osobistych preferencji trudno liczyć na to, że transformacja na rynku pracy przebiegnie gładko.

RAMKA 4.2. Inwestowanie w umiejętności cyfrowe na potrzeby transformacji

Umiejętności cyfrowe są jednym z czynników warunkujących powstanie zielonych miejsc pracy, które będą silnie czerpać z zasobów technologii i danych, a także polisą, która zabezpieczy przyszłość zarówno brązowych, jak i białych miejsc pracy. Polska plasuje się poniżej średniej UE na każdym poziomie umiejętności cyfrowych (podstawowy, zaawansowany, specjalistyczny ICT), ale szczególnie kuleje pod względem podstawowych umiejętności cyfrowych: w 2023 r. kraj zajął trzecie miejsce od końca w UE, z zaledwie 44,3 proc. obywateli w wieku 16-74 lat dysponujących choćby minimalnym zakresem umiejętności niezbędnych do korzystania z urządzeń oraz zdobywania informacji i zarządzania informacją.²⁰⁶ Świadczy to o braku gotowości szerokich mas pracujących do sprostania obecnym i przyszłym wyzwaniom rynku pracy (niekoniecznie wynikającym z polityki klimatycznej), a dodatkowo wskazuje na niski potencjał łagodzenia skutków zmian klimatu ze względu na mniejszą popularność platform cyfrowych, za pośrednictwem których można szerzyć wiedzę na temat stanu środowiska i promować niskoemisyjne nawyki, a także na trudności w dostępie do różnych narzędzi cyfrowych do zarządzania popytem, analityki dużych zbiorów danych, itp.²⁰⁷. Cyfrowy analfabetyzm trzeba zwalczać wielotorowo: od wzmocnienia nauki podstawowych umiejętności i wykorzystania narzędzi cyfrowych w nauczaniu przez promowanie dalszego szkolenia zawodowego aż po uruchamianie programów kształcenia ustawicznego. Jeśli chodzi o specjalistyczne umiejętności ICT, w 2024 r. nie stwierdzono krytycznych niedoborów siły roboczej w tym sektorze, ponieważ w ostatnich latach w Polsce nie tylko wzrosła krajowa podaż absolwentów kierunków ICT, ale udało się przyciągnąć zagranicznych specjalistów dla zaspokojenia rosnącego popytu (wzrost liczby specjalistów z 486 tys. w 2018 r. do 744 tys. w 2023 r.)²⁰⁸. Jednak odsetek specjalistów i absolwentów ICT w Polsce utrzymuje się poniżej poziomów UE, co już teraz obniża konkurencyjność sektora, ogranicza potencjał niskoemisyjnego wzrostu i generuje ryzyko istotnego niedopasowania w przyszłości, chyba że uda się utrzymać notowany w ostatnim czasie wzrostowy trend po stronie podaży – zważywszy że popyt będzie rósł, przede wszystkim z powodu zielonej transformacji. Nawet bez (skądinąd wskazanej) pogłębionej oceny nie będzie błędem stwierdzenie, że wszystkie umiejętności cyfrowe powszechnie uznawane w kontekście zielonej transformacji za najważniejsze są związane z technologiami o znacznym potencjale gospodarczym i jednocześnie niskim stopniu wykorzystania w Polsce: sztuczna inteligencja, analityka danych, Internet rzeczy. W związku z tym należy położyć większy nacisk na szkolenie i zdobywanie kwalifikacji w tych podsektorach [B9].

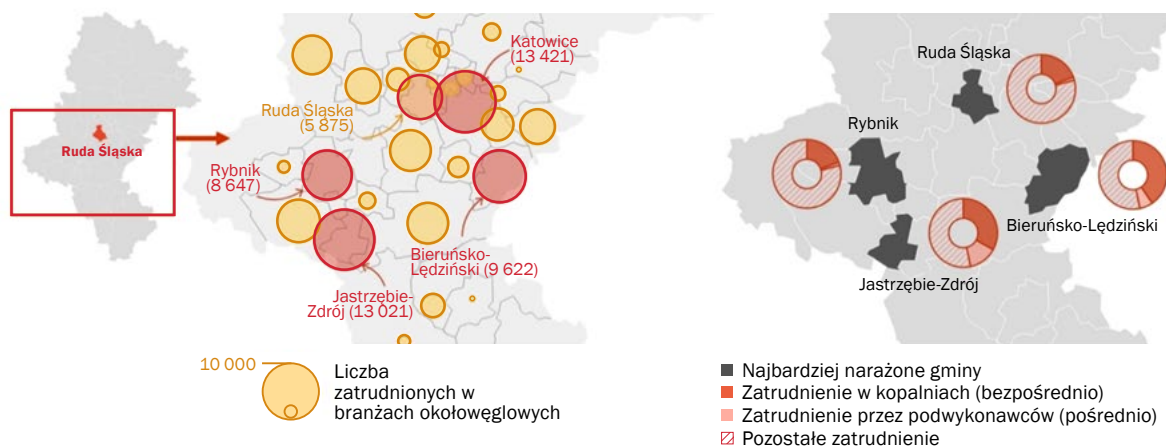
Na rynku pracy należy się spodziewać nie tyle zmierzchu brązowych i nadejścia nowych, zielonych miejsc pracy, ile przede wszystkim zmian w ramach dotychczasowych stanowisk²⁰⁹. Brązowe miejsca pracy zapewniają 5,7 proc. zatrudnienia ogółem (ok. 0,92 mln miejsc pracy)²¹⁰. Oczekuje się, że ok. 300 tys. nowych miejsc pracy powstanie w branżach o wysokim potencjale, w szczególności w sektorze odnawialnych źródeł energii, energii jądrowej, elektro-mobilności, infrastruktury sieciowej, cyfryzacji i termomodernizacji budynków, zgodnie z PEP2040. Jednak w Polsce, podobnie jak w innych krajach²¹¹, transformacja najprawdopodobniej będzie miała większy wpływ na już istniejące miejsca pracy: w przypadku nawet 11 proc. z nich (ok. 1,77 mln) istotnie zmieni się zakres zadań i obowiązków służbowych²¹². Już dzisiaj widoczny deficyt konkretnych umiejętności zostanie spotęgowany przez szersze niedobory umiejętności ści w dziedzinie nauk przyrodniczych, technicznych, inżynierskich i matematycznych (tzw. STEM) i zaawansowanych kompetencji cyfrowych, a także w zakresie podstawowych umiejętności poznawczych i społeczno-emocjonalnych nabywanych na wczesnym etapie edukacji przedszkolnej i podstawowej, które przydają się w każdym miejscu pracy i mają decydujące znaczenie dla pomyślnego przebiegu kształcenia ustawicznego i zmiany zawodu²¹³. Biorąc pod uwagę różnicę w poziomie aktywności zawodowej kobiet i mężczyzn (co prawda w ostatnich latach malejąca), zasadne jest kontynuowanie wysiłków na rzecz wspierania przechodzenia kobiet z systemu kształcenia na rynek pracy i podejmowania przez nie zatrudnienia związanego z naukami ścisłymi i przyrodniczymi [B9].

Utrata miejsc pracy związanych z węglem będzie najprawdopodobniej skupiona geograficznie wokół kilku gmin, na terenie których znajdują się konglomeraty górnicze. Szacuje się, że według stanu na koniec 2020 r. w polskim sektorze wydobywczym pracowało bezpośrednio 88 tys. osób (prawie 2 proc. wszystkich zatrudnionych).²¹⁴ Poza bezpośrednią utratą miejsc pracy zamknięcie kopalni węgla może jednak spowodować w skali kraju ubytek od 57 tys. do 130 tys. miejsc pracy pośrednio związanych z węglem²¹⁵ – ze względu na ogólne spowolnienie gospodarcze na terenach zdominowanych przez górnictwo. Węglowe miejsca pracy, w tym te w ramach kopalnianego łańcucha wartości, koncentrują się w okolicy kilku dużych konglomeratów górniczych i ich podwykonawców. W tych nielicznych gminach, w których prowadzona jest działalność wydobyw-

cza, miejsca pracy związane z węglem stanowią do 50 proc. zatrudnienia. Koncentracja przestrzenna i rynkowa jest szczególnie widoczna na Śląsku, gdzie 80 proc. wartości kontraktów trafia do firm zlokalizowanych w promieniu 20 km od siedziby kopalni i gdzie 30 proc. pośrednio powiązanej siły roboczej jest zatrudnionych przez dziesięciu wiodących podwykonawców (Ryc. 4.17) – szacuje się, że w tym przypadku zagrożonych jest dodatkowo 17 tys. pośrednio powiązanych miejsc pracy²¹⁶. Zielona transformacja będzie zatem wyzwaniem w kontekście walki z już istniejącym, znacznym rozwarstwieniem regionalnym i może stanowić źródło nowych dysproporcji. Bez inwestycji w rozwój potencjału kapitału ludzkiego napędzany innowacjami wzrost wydajności będzie ograniczony; ucierpi też konkurencyjność krajowej gospodarki [B6].

RYCINA 4.17. Zdecydowana większość zagrożonych miejsc pracy znajduje się na terenie kilku gmin

Całkowite zatrudnienie w branżach (około)węglowych (po lewej); udział procentowy zatrudnienia w branżach (około)węglowych (po prawej)



Źródło: Honorati et al. 2023.

4.2.2. Znaczenie osłon socjalnych, rozwoju umiejętności oraz mobilności siły roboczej w procesie transformacji

Zasięg systemu pomocy społecznej okazał się niewystarczający w obliczu niedawnych wstrząsów, takich jak m.in. presja inflacyjna wywołana pandemią COVID-19 i wzrost cen energii. Z wyjątkiem programów TERMO, „Stop Smog” i „Czyste powietrze”, które mają przeciwdziałać ubóstwu energetycznemu poprzez przyspieszenie termomodernizacji i wymiany źródeł ciepła w uboższych gospodarstwach domowych, walka z ubóstwem energetycznym nie została wpisana na listę zadań pomocy społecznej. Funkcjonuje jednak kilka kategorii świadczeń, których cele się pokrywają i które odnoszą się do niektórych aspektów ubóstwa energetycznego – przede wszystkim jest to dodatek mieszkaniowy, dodatek energetyczny oraz zasiłki rodzinne (trafiają do ok. 50 proc. osób z najniższego kwintyla rozkładu dochodów)²¹⁷. Programy te nie zostały jednak zaprojektowane po to, by wspierać osoby ubogie energetycznie, a dwa z najbardziej znaczących świadczeń, tzn. dodatek mieszkaniowy i dodatek energetyczny, nie trafiają do tej grupy docelowej. Przy braku programów adresowanych z założenia do gospodarstw domowych zagrożonych ubóstwem energetycznym, w trzecim kwartale 2022 r. wprowadzono tymczasowe dofinansowanie do zakupu opału, by złagodzić skutki podwyżek cen energii: interwencja w dużej mierze ochroniła najuboższe gospodarstwa domowe, ale koszty fiskalne były znaczące [B8].

Zapewnienie gospodarstwom domowym o niskich dochodach energii po przystępnej cenie oraz nakłonienie ich do poprawy efektywności energetycznej wymaga konsolidacji i udoskonalenia dystrybucji świadczeń z pomocy społecznej. Należy zaktualizować i zrewidować progi dochodowe uprawniające do świadczeń oraz zasady programów warunkowanych wysokością dochodu beneficjenta, a także koszyk produktów energetycznych, kwoty świadczeń i metody indeksacji, aby skutecznie chronić rodziny o niskich dochodach przed wzrostem cen energii, jednocześnie zachęcając je do stosowania sprawniejszych instalacji grzewczych. W 2021 r. świadczenia z pomocy społecznej dla rodzin poniżej dochodu minimalnego były hojne (stanowiły około 40 proc. dochodu w przypadku gospodarstw domowych z najniższej grupy kwintylowej), ale obejmowały tylko

3 procent ludności (za BBGD); warunkowany wysokością dochodu dodatek mieszkaniowy obejmował tylko 2 proc. ludności; a pozostałe warunkowane wysokością dochodu zasiłki rodzinne i na dziecko obejmowały ok. 15 proc. rodzin, ale kwoty transferów były dość skromne. Największy program to „Rodzina 800+”: jest to powszechne wsparcie dla rodzin z dziećmi, trafiające do ponad 50 proc. ludności z kwotą odpowiadającą ok. 10 procentom dochodu rodzin z dolnej grupy kwintylowej. Ulepszone mechanizmy doboru beneficjentów i większa adekwatność świadczeń pod kątem potrzeb osób, których nie stać na choćby podstawowe usługi energetyczne byłyby skuteczniejsze jako istotne dopełnienie programów wymiany źródeł ciepła [C3].

Sprawiedliwa transformacja wymaga inwestycji w rozwój kapitału ludzkiego, osłon socjalnych i aktywnych polityk rynku pracy. Część pracowników odchodzących z sektorów wysokoemisyjnych może stosunkowo łatwo znaleźć nowe miejsce pracy, ale będzie potrzebować wsparcia w zdobyciu dodatkowych umiejętności, zmianie miejsca zamieszkania (tam, gdzie to konieczne) czy w dostosowaniu się do nowego poziomu wynagrodzenia [B9]. Innym znalezienie nowego zatrudnienia zajmie z różnych powodów więcej czasu (niższy poziom umiejętności merytorycznych i przekrojowych). Dodatkowe świadczenia z tytułu ochrony socjalnej przewidziane w umowie społecznej są skierowane wyłącznie do pracowników kopalń węgla kamiennego i brunatnego po ich likwidacji. Pozostali pracownicy muszą polegać na istniejącym systemie zabezpieczenia społecznego, który powinien być lepiej przygotowany w obliczu utraty miejsc pracy i dochodów związaną z transformacją energetyczną. W przypadku niektórych grup pracowników konieczne może być połączenie aktywnej polityki rynku pracy i tymczasowego wsparcia dochodów. Skuteczną metodą ochrony pracowników i pomocy w zmianie pracy może być podejście indywidualne, łączące interwencje z obszaru pomocy społecznej i publicznych służb zatrudnienia. Dodatkowe świadczenia z ubezpieczenia społecznego mogą być wsparciem dla osób w wieku przedemerytalnym [B7].

Aktywni zawodowo mieszkańcy gmin węglowych, których miejsca pracy ucierpią w sposób pośredni, a także ich najbliżsi, są w gruncie rzeczy bardziej narażeni na negatywne konsekwencje zamknięcia kopalni niż zrzeszona w związkach zawodowych załoga spółek górniczych, ponieważ są mniej wykwalifikowani, nie mają dostępu do świadczeń z tytułu „umowy społecznej” i mieszkają daleko od metropolii, na terenach o niskim popycie na pracę. Na niektórych obszarach, takich jak Wielkopolska Wschodnia, perspektywy zaleźnienia innego zatrudnienia są ograniczone ze względu na płytki rynek pracy. Realne opcje zatrudnienia prawdopodobnie wymagałyby od potencjalnych pracowników mobilności. Tymczasem badanie przeprowadzone na próbie ponad 3500 pracowników kopalni i elektrowni oraz aktywnych zawodowo mieszkańców przedmiotowych gmin w Wielkopolsce wykazało silną niechęć do zmiany miejsca zamieszkania lub długich dojazdów do pracy²¹⁸. Barierą mogą być też niższe kompetencje merytoryczne i społeczno-emocjonalne: pod względem poziomu kompetencji przeciętny pracownik kopalni nie odbiega od średniej krajowej, podczas gdy zatrudnieni poza górnictwem mieszkańcy okolicznych gmin (Wielkopolska i Dolny Śląsk) oraz słabiej wykształceni pracownicy sektora węglowego (Śląsk) są z reguły mniej wykwalifikowani, więc prawdopodobnie będą potrzebować dodatkowych szkoleń i wsparcia na rynku pracy²¹⁹. Kształcenie i szkolenia techniczne i zawodowe oraz sterowane popytem szkolenia krótkoterminowe w regionach węglowych i słabiej rozwiniętych pomogłyby zmniejszyć dysproporcje umiejętności cyfrowych i nierówności między regionami słabiej rozwiniętymi i rozwijającymi się. Oprócz zawodowych związków z przemysłem węglowym, co trzecie gospodarstwo domowe w Rudzie Śląskiej deklaruje, że ponad 40 proc. dochodów w gospodarstwie domowym zależy od węgla i szerzej od sektora paliwowo-energetycznego (Honorati et al., 2023) [B6].

Chcąc złagodzić społeczne skutki zamykania kopalni węgla trzeba wdrożyć regionalnie ukierunkowane strategie rozwoju gospodarczego. Adresowane do konkretnych grup zawodowych programy rynku pracy są dla udanej transformacji warunkiem koniecznym, ale niewystarczającym, ponieważ nie mają racji bytu bez ofert zatrudnienia i określonego popytu na siłę roboczą. Dlatego zanim zacznie się etap zamykania zakładów i zwalniania pracowników należy z wyprzedzeniem opracować i wdrożyć regionalnie ukierunkowaną strategię rozwoju gospodarczego z uwzględnieniem restrukturyzacji przemysłowej, aby zwiększyć lokalne zapotrzebowanie na siłę roboczą, zwłaszcza w regionach peryferyjnych i słabszych gospodarczo. Jako że powstające zielone miejsca pracy wymagają wysokich kwalifikacji i występują częściej na obszarach miejskich, zielona transformacja prawdopodobnie spowoduje względne przesunięcie punktu ciężkości w kierunku miejsc pracy wymagających znajomości technologii i zaawansowanej wiedzy oraz pogłębi efekt aglomeracji. Towarzysząca

zielonej transformacji premia za umiejętności będzie faworyzować bardziej wykształconych i młodszych pracowników, co daje duże pole do popisu dla interwencji w zakresie edukacji włączającej i rozwoju umiejętności z myślą o studentach i gorzej wykształconych pracownikach, których trzeba będzie wyposażać w kompetencje niezbędne w warunkach szybko zmieniającego się charakteru miejsc pracy. Wówczas korzyści z transformacji odniosą wszyscy pracujący, a nie tylko osoby lepiej wykwalifikowane [B9].

Brak ukierunkowanych krótkoterminowych polityk ułatwiających przekwalifikowanie i rozwój umiejętności zawodowych obecnych pracowników oraz ograniczona zdolność systemu edukacji do reagowania na popyt na umiejętności potrzebne w nowych, zielonych miejscach pracy najprawdopodobniej utrudnią dostosowanie rynku pracy do potrzeb transformacji. W porównaniu z rutynową rotacją zachodzącą na rynku pracy skala zmian spowodowanych odchodzeniem od węgla jest niewielka, ale będzie stanowić wyzwanie dla pracowników o anachronicznych umiejętnościach²²⁰. W najbliższych latach, w miarę jak gospodarka będzie się zazieleniać, należy monitorować tempo i charakter powstawania miejsc pracy w łańcuchach wartości energetyki odnawialnej, zielonej produkcji, budownictwa oraz, do pewnego stopnia, usług i zakładów użyteczności publicznej, aby w odpowiednim czasie wyciągnąć wnioski istotne dla kształtowania polityki oświatowej i podnoszenia umiejętności. Zwrot z posiadanych umiejętności jest w Polsce jest o 5 proc. wyższy dla zielonych miejsc pracy niż dla brązowych²²¹. Jednak podaż umiejętności, które generują różnice w wynagrodzeniach na korzyść bardziej ekologicznych miejsc pracy jest niewystarczająca. O ile polski system edukacji nie odpowiedział jeszcze na zapotrzebowanie wszystkich sektorów na umiejętności w zakresie transformacji, dekarbonizacji i budowania odporności, podjęto inicjatywy mające na celu uwzględnienie zielonych umiejętności w szkoleniu zawodowym. Zielone umiejętności znalazły się w podstawie programowej i programach nauczania w ramach kształcenia i szkolenia zawodowego²²². Powstają plany rozszerzenia i lepszego dostosowania oferty aktywnych programów rynku pracy dla pracowników i osób poszukujących pracy pod kątem „zielonych” umiejętności, aby pomóc im dostosować się do nowych wymagań rynku pracy. Pakiet instrumentów zachęcających do inwestowania w rozwój umiejętności i uczenie się przez całe życie wśród pracowników i poszukujących pracy powinien uwzględniać sponsorowane przez Komisję Europejską indywidualne konta szkoleniowe [B9]²²³.

W kraju już dzisiaj występuje niedobór umiejętności, który spowalnia tempo wdrażania zielonych technologii, obniża konkurencyjność przedsiębiorstw i osłabia dynamikę tworzenia miejsc pracy. W niektórych sektorach (np. budownictwo) i zawodach o kluczowym znaczeniu dla zielonej transformacji (np. hydraulik, monter rur, dekarz, elektryk budowlany i pokrewne) uporczywe niedobory siły roboczej stały się codziennością. Przyczyna niedoborów tkwi w braku dopasowania umiejętności, a także w mało atrakcyjnych warunkach płacy i pracy. Coraz ważniejsze stają się kompetencje społeczno-emocjonalne, poznawcze, cyfrowe i specjalistyczne umiejętności merytoryczne, a także gotowość pracownika do wykonywania coraz to innych, nowych zadań²²⁴. Jednak tylko co czwarta firma w Polsce inwestuje w szkolenia pracowników i nie planuje tego robić w kolejnym roku²²⁵. Zapotrzebowanie na konkretne umiejętności w zielonych zawodach już teraz przewyższa podaż. W ostatnich latach mnożą się przykłady niedoborów wykwalifikowanej siły roboczej, szczególnie w sektorach kluczowych dla zielonej transformacji: w 2023 r. odnotowano niedobory w 28 zawodach. Deficyty siły roboczej i umiejętności w sektorze budowlanym należą do najwyższych: w latach 2015–2021 wskaźnik wolnych miejsc pracy wzrósł z 1 proc. do 2,5 proc., a w 2022 r. trzy na cztery firmy zgłaszały niedobory umiejętności²²⁶ [B9].

4.2.3. Wzmacnianie odporności społecznej

Polska jest w mniejszym stopniu niż inne kraje narażona na zagrożenia klimatyczne, ale podatność na negatywne skutki zmian klimatu jest wyższa wśród niektórych grup ludności, takich jak m.in. mieszkańcy obszarów wiejskich, rodziny o niskich dochodach i mieszkańcy obszarów zagrożonych powodzią. Mieszkańcy obszarów wiejskich (około 40 proc. ludności kraju) są znacznie bardziej narażeni na skutki suszy i niedoborów wody ze względu na uzależnienie rolnictwa od opadów atmosferycznych oraz generalnie ograniczony dostęp do ubezpieczeń i socjalnych instrumentów osłonowych. Ludność wiejska jest również bardziej zagrożona ubóstwem (30 proc. w porównaniu do 21 proc. w całym kraju)²²⁷. Rolnictwo, stanowiące ok. 8,25 proc. zatrudnienia ogółem i dające pracę 11 proc. mieszkańców obszarów wiejskich²²⁸, czerpie do-

chody głównie z upraw pozbawionych sztucznego nawadniania. Prognozuje się, że bez wprowadzenia praktyk adaptacyjnych oraz środków wsparcia mających na celu budowanie odporności, na skutek ryzyka suszy i rosnących niedoborów wody obniżą się dochody z pracy i spadnie wydajność upraw zasilanych wyłącznie opadem atmosferycznym, szczególnie w przypadku drobnych rolników produkujących na własne potrzeby. Przy braku skutecznych osłon socjalnych główne zagrożenia klimatyczne w Polsce, czyli susze i powódzie, mogą spowodować niedożywienie matek i dzieci, spowodować decyzje o zabraniu dzieci ze szkoły albo zmusić uboższe gospodarstwa domowe do sprzedaży aktywów produkcyjnych, co dodatkowo utrwali i pogłębi dotychczasowe nierówności [C4].

Programów zabezpieczenia społecznego nie projektowano z założeniem, że mają uodparniać ludność na ryzyko klimatyczne i zapewniać pomoc w razie katastrofy klimatycznej. Chcąc zainwestować w „adaptacyjne” programy zabezpieczenia społecznego zapewniające wsparcie pieniężne w obliczu zagrożeń klimatycznych na czas i w sposób sprawiedliwy społecznie trzeba usprawnić systemy wymiany informacji pod kątem identyfikacji osób podatnych na zagrożenia klimatyczne i poszerzyć ewidencję pomocy społecznej (wykorzystywaną do zarządzania świadczeniami), a także skomunikować je z systemami wczesnego ostrzegania; zapewnić finansowanie i określić procedury budżetowe na wypadek sytuacji nadzwyczajnej pod kątem dodatkowego wsparcia z pomocy społecznej; wzmocnić międzyresortowe ustalenia w zakresie reagowania kryzysowego (z uwzględnieniem zaangażowanych podmiotów administracji publicznej); a także dostosować procedury programowania i systemy realizacji świadczeń socjalnych dla szybkiej wypłaty środków mających zrekompensować utratę dochodu. Wreszcie, pomoc w razie utraty środków utrzymania i polityka ubezpieczeń społecznych musiałyby zostać zrewidowane pod kątem wzmocnienia odporności i przeciwdziałania utracie miejsc pracy z powodu zmian klimatu [C3].

Istotną rolę we wzmacnianiu odporności może również odegrać sektor edukacji. Sektor edukacji może odegrać kluczową rolę poprzez kształtowanie świadomości i zmianę nawyków pod kątem budowania odporności i ukrócenia marnotrawstwa. W tym celu warto wzbogacić programy nauczania oraz potencjał uczących o zagadnienia i wiedzę na temat środowiska, a także podstawowe informacje na temat zagrożeń, ryzyka i złych/dobrych nawyków. System edukacji powinien również promować adaptację do zmian klimatu i niskoemisyjne rozwiązania, co z kolei wymaga pracowników z szerzej rozwiniętym zakresem umiejętności (zarówno podstawowych, jak i zaawansowanych)²²⁹ [B9; C1].

Chociaż ryzyko dla zdrowia ludzkiego w związku z zagrożeniami klimatycznymi jest w Polsce niższe niż w innych krajach, przeciwdziałania mogą przynieść dodatkowe korzyści zdrowotne. W skali globalnej Polska ma stosunkowo niskie wskaźniki narażenia na upały i ekstremalne zjawiska atmosferyczne, dlatego ryzyko potencjalnych konsekwencji upałów pod względem bezpieczeństwa żywnościowego, szerzenia się chorób zakaźnych i spadku wydajności pracy jest względnie niskie w porównaniu z krajami Europy Południowej i reszty świata. Na przykład w 2022 r. z powodu upałów polska gospodarka straciła 43 mln potencjalnych godzin pracy (w porównaniu do 243 mln we Włoszech), co jednak stanowi wzrost o prawie 33 proc. w latach 1991–2000 (raport Lancet Countdown z 2023 r.). Oprócz istotnych dodatkowych korzyści zdrowotnych wynikających z wyżej opisanych skutków dekarbonizacji w zakresie redukcji zanieczyszczenia powietrza²³⁰, oczekuje się, że działania łagodzące skutki i zwiększające odporność przyniosą korzyści dla zdrowia i dobrostanu ludzi w postaci czystszej powietrza, zdrowszej diety i miast bardziej przyjaznych mieszkańcom [C5].

4.3. Finansowanie transformacji

4.3.1 Inwestycje sektora prywatnego i ich rola w zmniejszaniu luki finansowej

Wzmacnianie odporności zgodnie z kursem na ZEN205 wymaga jedynie niewielkich dodatkowych inwestycji, za to daje nadzieję na znaczący spadek kosztów. Dekarbonizacja gospodarki w perspektywie 2050 r. będzie wymagać łącznych inwestycji w wysokości 105 mld dol. w elektroenergetyce i 449 mld dol. ogółem, tj. w transporcie, budynkach, przemyśle, rolnictwie i leśnictwie, co stanowi odpowiednio 1,1 proc. i 4,5 proc. PKB przez najbliższe 25 lat. Ze względu na starzejącą się infrastrukturę – w tym bloki wytwórcze w elektrowniach – większość inwestycji i tak trzeba będzie zrealizować niezależnie od tempa dekarbonizacji, są one

zresztą przewidziane w ramach obecnej polityki. W porównaniu z obecnym kursem, dodatkowe nakłady inwestycyjne CAPEX niezbędne dla osiągnięcia celu ZEN2050 to w skali ćwierćwiecza tylko 28 mld dol., czyli 0,3 proc. skumulowanego PKB w tym okresie. Jednocześnie, realizacja celu ZEN2050 pozwoli zaoszczędzić 75 mld dol., głównie dzięki wyższej efektywności energetycznej i niższym wydatkom operacyjnym, co zapewni Polsce korzyści gospodarcze netto (Tabela S1). W porównaniu z potrzebami w zakresie finansowania dekarbonizacji, dodatkowe inwestycje CAPEX we wzmacnienie odporności w sektorach analizowanych dla potrzeb niniejszego raportu są stosunkowo skromne: 3 mld dol. na inwestycje w zakresie bezpieczeństwa wodnego; 1 mld dol. na działania dostosowawcze w rolnictwie, 2 mld dol. na gospodarkę leśną i 4 mld dol. na poprawę odporności transportu, co daje w sumie 11 mld dol., tj. 0,08 proc. PKB. Wszystkie kwoty podano w dolarach z 2020 r. i zastosowano 6 proc. dyskonto.

Wzmacnianie odporności zgodnie z kursem na ZEN205 wymaga mobilizacji wielu źródeł i rodzajów finansowania. Finansowanie transformacji stanowi spore wyzwanie. Na cele związane z transformacją Polska może pozyskać znaczące środki unijne (Ramka 4.4), ale szacuje się, że do 56 proc. kosztów inwestycji na ścieżce budowania odporności i dążenia do zerowych emisji netto zostanie pokrytych przez sektor prywatny. Chcąc zmobilizować środki publiczne i prywatne trzeba ustanowić odpowiednie ramy instytucjonalne i schematy zarządzania (zob. rozdział 2) oraz zachęty, a jednocześnie ułatwić sektorowi finansowemu efektywną alokację kapitału na cele sprzyjające transformacji. Pomimo dominacji komercyjnych potrzeb kapitałowych, finansowanie publiczne odegra bardzo ważną rolę (44 proc. całkowitej puli inwestycji), zwłaszcza w obliczu ograniczeń fiskalnych wynikających m.in. z członkostwa Polski w UE. Kluczowe będzie wykorzystanie środków publicznych w celu pobudzenia inwestycji w sektorze prywatnym.

Realizacja średniookresowych założeń zależy od tego, czy w najbliższym czasie zapadną najważniejsze wybory i decyzje. Poprawa efektywności energetycznej, dodatkowa produkcja energii odnawialnej i zdecydowanie sprawniejsza elektryfikacja systemów transportowych to kierunki działań, które w dużej mierze zwracają się same. W przyszłości, na skutek erozji bazy podatkowej i spadku trafiających z powrotem do gospodarki przychodów z emisji dwutlenku węgla trzeba będzie zabezpieczyć alternatywne dochody podatkowe (np. poprzez odwrócenie trendu spadkowego podatków bezpośrednich). Najważniejszym wyzwaniem jest finansowanie inwestycji o wysokich kosztach początkowych, w przypadku których ograniczenia finansowe wymuszają pójście na kompromis (por. Podrozdział 4.4.3), takich jak pompy ciepła czy pojazdy elektryczne: te absolutnie kluczowe technologie wymagają specjalnych narzędzi finansowania i dobrze przemyślanych decyzji prowadzących do powszechnego wyboru tych technologii przez rzesze konsumentów; a ich zastosowanie utrudniają przeszkody związane z ekonomią polityczną [A4].

4.3.2. Podniesienie sektora prywatnego - finansowego i niefinansowego - na wyższy poziom

Większość przedsiębiorstw w Polsce podejmuje co prawda wysiłki dekarbonizacyjny, ale pozostaje w tyle pod względem przeciwdziałania fizycznym zagrożeniom klimatycznym i wdrażania eko-innowacji. Zielona transformacja jest w dużej mierze zależna od sektora prywatnego i działań takich jak akumulacja czynników produkcji w sektorach zrównoważonego rozwoju; inwestowanie w zielone technologie; pobudzanie innowacyjności; dynamika zakładania nowych firm i znikania podmiotów gospodarczych z rynku;²³¹ finansowanie dużych potrzeb inwestycyjnych w celu przyspieszenia transformacji węglowej (z udziałem instytucji finansowych oraz rynków). Spośród polskich firm, 92 proc. podejmuje działania mające na celu redukcję emisji GC, przede wszystkim w obszarach takich jak gospodarka odpadami i recykling (81 proc.), a następnie nowe technologie czystej energii i efektywność energetyczna (po dwie trzecie). Jednak obawy związane z klimatem rosną, a ponad 60 proc. firm planuje zainwestować w działania dostosowawcze lub łagodzące²³². Tymczasem w 2023 r. zaledwie 38 proc. firm podjęło kroki w zakresie gotowości na zjawiska atmosferyczne mające wpływ na ich działalność (spadek z 48 proc. w 2022 r.)²³³. Polska zajmuje jedno z ostatnich miejsc na europejskiej tablicy wyników eko-innowacyjności (edycja z 2022 r.)²³⁴, z rezultatem o prawie 40 proc. niższym od średniej UE, przy czym ranking obejmuje nie tylko takie przejawy eko-innowacji jak liczba certyfikatów ISO na milion mieszkańców, ale także nakłady na eko-innowacje mierzone kwotą publicznych środków i

wydatków B+R w dziedzinie środowiska i energii. Korzyści z przyjęcia zrównoważonych technologii i zielonych innowacji, szczególnie w obliczu wyzwań związanych z bardziej rygorystycznymi przepisami środowiskowymi i rosnącymi kosztami energii, są oczywiste, ale wymagają interwencji polityki publicznej.²³⁵

TABELA 4.1. Większość pożyczek na cele związane ze zrównoważonym rozwojem trafia do dużych korporacji

Pożyczkobiorca	Sektor	Rok	Pożyczkodawca(y)	Kwota	Cel zrównoważonego rozwoju
JSW	Wydobycie węgla koksowego	2023	Konsorcjum banków polskich	1,6 mld zł	Redukcja emisji gazów cieplarnianych; wyższy wskaźnik wychwytywania metanu
Cyfrowy Polsat	Media i energia	2023	Konsorcjum banków międzynarodowych	10,6 mld zł	Zużycie i produkcja zielonej energii
Igłotex	Produkcja żywności	2023	BNP Paribas	300 mln zł	Ograniczenie marnotrawstwa żywności, podniesienie standardów bezpieczeństwa pracowników, uwzględnienie ESG w łańcuchu dostaw
Velvet Care	Papier	2022	BNP Paribas/ EBOR	100 mln zł	Zmniejszenie zużycia wody, zmniejszenie wagi opakowań, podniesienie standardów bezpieczeństwa pracowników
Wirtualna Polska	TMT	2022	Konsorcjum banków polskich	n.d.	Zwiększenie udziału energii z OZE, 800 publikacji w mediach na tematy związane z klimatem, zwiększenie odsetka kobiet w puli stanowisk kierowniczych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie informacji medialnych.

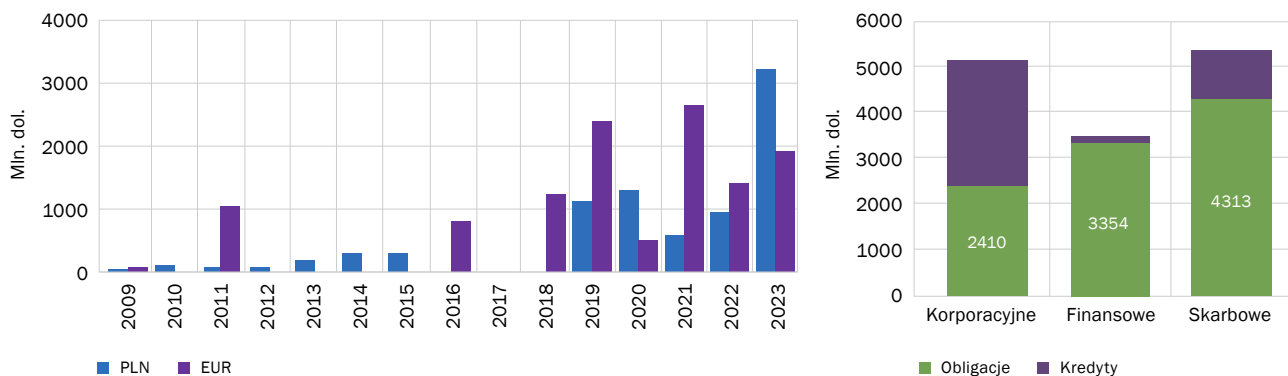
Rośnie i tak spory dystans między dużymi międzynarodowymi firmami z jednej strony a małymi i średnimi przedsiębiorstwami z drugiej. Wielcy gracze oraz firmy zintegrowane w ramach międzynarodowych struktur częściej niż MŚP mają opracowane plany działania dotyczące zmian klimatu oraz tworzą albo inwestują w inicjatywy łagodzące skutki zmian klimatu i ułatwiające dostęp do zrównoważonych funduszy (Tabela 4.1). To samo dotyczy firm produkcyjnych w porównaniu z firmami budowlanymi lub usługowymi. Z uwagi na znaczenie MMŚP dla gospodarki (ok. 68 proc. zatrudnienia i 51 proc. wartości dodanej w 2020 r.) trzeba w tym sektorze koniecznie upowszechnić zielone technologie i metody ograniczania emisji²³⁶. Może to również spowodować, że bardziej konkurencyjne firmy przetrwają lub połączą się, aby uzyskać większy udział w rynku i korzyści skali. Wśród głównych barier trzeba wymienić trudności z szerokim dostępem do kredytu²³⁷, a zwłaszcza finansowania zagranicznego. Podczas gdy prawie połowa polskich firm korzysta z finansowania zagranicznego (3-krotność średniej UE), dla MŚP jest to znacznie trudniejsze niż dla większych graczy.

Sektor bankowy, w którym znajduje się 78 proc. aktywów finansowych, jest głównym źródłem finansowania, ale nie zaspokaja istniejących w tym zakresie potrzeb. W latach 2013-2019 banki dostarczyły 61 proc. finansowania na cele związane z klimatem. Jednak przy aktywach na poziomie około 150 proc. PKB sektor finansowy wciąż nie jest w pełni rozwinięty. Aby pokryć roczne zapotrzebowanie inwestycyjne w obszarze dekarbonizacji, odporności i infrastruktury krytycznej niezbędne jest dodatkowe finansowanie od inwestorów zagranicznych, międzynarodowych instytucji finansowych i UE [A2].

Sektor finansowy staje w obliczu rosnących zagrożeń w wymiarze fizycznym i transformacyjnym. Polski sektor bankowy stoi w obliczu ryzyka transformacji związanego z unijnymi regulacjami klimatycznymi, które mogą zagrozić stabilności finansowej w razie osierocenia i niewłaściwej wyceny aktywów. Na dzień 30 września 2022 r. ekspozycja banków na działalność wysokoemisyjną wynosiła 75,8 mld zł (17,2 proc. całkowitej ekspozycji kredytowej);²³⁸ w tym 54,3 proc. w sektorze transportu oraz 10,7 proc. w sektorze wydobywania paliw kopalnych. Jak czytamy w raporcie NBP z grudnia 2021 r.²³⁹, prezentującym pierwszą kompleksową ocenę ryzyka klimatycznego dla polskiego systemu finansowego, ekspozycja banków w związku z działalnością największych emitentów GC wynosi łącznie 17,8 mld zł (0,9 proc. aktywów), natomiast szersza ekspozycja

na sektory wysokoemisyjne to 36,7 mld zł (1,8 proc. aktywów). Cytowane wskaźniki ekspozycji w sektorach przyczyniających się do zmian klimatu były bardzo zróżnicowane (dane z czterech banków) i wahały się w zależności od banku od 12 proc. do 84 proc. Gdy porównamy mapy występowania zagrożeń z danymi na temat rozkładu kredytów bankowych pod względem sektora i lokalizacji zobaczymy, że polskie banki charakteryzują się wysoką ekspozycją na wybrane zagrożenia fizyczne. W szczególności, polskie banki mają wysoką ekspozycję na wrażliwe sektory jednostek samorządu terytorialnego o dużym ryzyku powodzi rzecznych i przybrzeżnych – przypada na nie odpowiednio 19,81 proc. i 11,43 proc. całkowitego portfela kredytowego (Tabela 4.2).

RYCINA 4.18. Wszyscy emitenci zwiększają wolumen zielonych i zrównoważonych kredytów i obligacji, 2009–23



Źródło: Baza danych BNEF (styczeń 2024).

W Polsce odnotowano najniższy w UE odsetek funduszy zrównoważonych: fundusze sklasyfikowane w art. 8 lub 9 unijnego rozporządzeniem w sprawie ujawniania informacji związanych ze zrównoważonym rozwojem w sektorze usług finansowych (SFDR) stanowiły pod koniec 2022 r. zaledwie 1 proc. aktywów polskich funduszy, co wyraźnie kontrastuje z poziomem 47,5 proc. w UE. Ze względu na słabo rozwinięty rynek kapitałowy i rynek akcji, kluczowe dla sfinansowania transformacji będzie zainteresowanie produktami ESG inwestorów instytucjonalnych i zarządzających aktywami (Bank Światowy 2024 [A2]). Obecnie aż 80 proc. polskich inwestorów podejmuje decyzje inwestycyjne nie biorąc pod uwagę czynników ESG. Gdyby rząd podjął szybkie działania mające na celu zmianę zasad funkcjonowania głównych funduszy (takich jak quasi-obowiązkowy fundusz emerytalny PPK) pod kątem obowiązkowych kryteriów ESG, byłoby to z korzyścią dla zaangażowania spółek notowanych na GPW w realizację celów ESG (Ramka 4.3).

RAMKA 4.3. Przepisy regulujące raportowanie ESG w Polsce

Dla rozwoju zrównoważonego finansowania kluczowe jest raportowanie wyników przedsiębiorstw z perspektywy ESG, bo dzięki niemu instytucje finansowe są w stanie zarządzać ryzykiem i wyszukiwać inwestycje spełniające przesłanki zrównoważonego rozwoju. Nowa dyrektywa w sprawie sprawozdawczości przedsiębiorstw w zakresie zrównoważonego rozwoju (CSRD - dyrektywa (UE) 2022/2464) rozszerza zakres sprawozdawczości i wprowadza jednolite ujawnienia ilościowe, w tym szczegółowe informacje na temat emisji gazów cieplarnianych. Sprawozdawczość niefinansowa, wdrażana etapami od 2024 r., będzie podlegać obowiązkowemu badaniu przez niezależnego biegłego rewidenta i będzie sporządzana w formacie elektronicznym, co zapewni inwestorom i innym interesariuszom dostęp do porównywalnych i rzetelnych informacji pokazujących wpływ czynników zrównoważonego rozwoju na spółkę pod względem finansowym i fizycznym oraz wpływ działalności spółki na społeczeństwo i środowisko. Zgodnie z projektami nowelizacji ustawy o rachunkowości oraz ustawy o biegłych rewidentach, firmach audytorskich oraz nadzorze publicznym²⁴⁰, za pośrednictwem których wdraża się w Polsce postanowienia dyrektywy CSRD, sprawozdawczość niefinansowa będzie stosowana w pierwszej kolejności do jednostek zainteresowania publicznego (JZP) zatrudniających ponad 500 pracowników, a następnie krok po kroku do wszystkich innych dużych spółek, małych i średnich spółek giełdowych oraz spółek zależnych grup kapitałowych z państw trzecich.

W 2023 r. polskie banki podniosły priorytet dla zadania, jakim jest rozszerzenie oferty produktów przyjaznych dla środowiska (awans na drugie miejsce z trzeciego w poprzednim roku), z wynikiem 63 proc.²⁴¹

Do zielonych opcji finansowania dodano usługi takie jak audyty efektywności energetycznej z dofinansowaniem z prowadzonego przez EBI programu ELENA czy też oceny śladu węglowego. Pojawiły się również adresowane głównie do wielkich korporacji kredyty SSL, w przypadku których warunki zależą nie tyle od przeznaczenia kredytu, ile od spełnienia celów w zakresie zrównoważonego rozwoju²⁴². Od czasu pierwszej na świecie emisji zielonych obligacji skarbowych w grudniu 2016 r. Polska znajduje się w czołówce tego rynku. Pomimo wiodącej pozycji w Europie Środkowo-Wschodniej pod względem wolumenu emisji zielonych obligacji, z przedsiębiorstwami (2,4 mld dol.) i podmiotami finansowymi (3,4 mld dol.) pozyskującymi fundusze w euro i złotych na projekty środowiskowe (Ryc. 4.18), na rynku wciąż występują bariery, jak choćby zdefiniowanie w ustawie „obligacji transformacyjnych” przez odniesienie do unijnego standardu zielonych obligacji²⁴³, bez powiązanych zachęt fiskalnych dla emitentów²⁴⁴.

Przyczynkiem do zasypania luki finansowej może być rozwój umiejętności w zakresie sprawozdawczości ESG.

W 2022 r. dane na temat emisji GC publikowało niemal dwie trzecie największych spółek notowanych na GPW, ale mniej niż połowa spółek miała wyznaczone cele klimatyczne, co zdecydowanie odbiega od wyników innych zachodnich giełd (Ryc. 4.19)²⁴⁵. Sprawozdawczość spółek według dyrektywy o obowiązku raportowania niefinansowego w UE²⁴⁶ oraz zastosowanie unijnej taksonomii również są poniżej poziomu krajów z grupy porównawczej²⁴⁷, w tym pod względem jakości i zgodności – ok. 90 proc. spółek nie wyjaśniło, w jaki sposób dostosowały się do taksonomii ani nie ujawniło fizycznych zagrożeń klimatycznych w sposób zgodny z wymogami. Tylko połowa polskich spółek giełdowych przestrzega kodeksu ładu korporacyjnego GPW z lipca 2021 r., który wymaga od emitentów brania pod uwagę tematyki ESG przy ustalaniu strategii biznesowej i ujawniania, w jaki sposób kwestie klimatyczne są uwzględniane w wewnętrznych procesach i w obszarze zarządzania ryzykiem²⁴⁸ (Ramka 4.3). Chcąc przenieść do polskiego prawodawstwa unijną dyrektywę w sprawie sprawozdawczości przedsiębiorstw w zakresie zrównoważonego rozwoju (CSRD) trzeba podnieść poziom kompetencji menedżerów, audytorów i organów regulacyjnych w zakresie sprawozdawczości [A5].

TABELA 4.2. Ekspozycja sektora bankowego na fizyczne zagrożenie jest niewielka i ogranicza się zasadniczo do zdarzeń powodziowych

% kredytów ogółem	Ryzyko			
	Wysokie	Umiarkowane	Niskie	Bardzo niskie
Pożary	0.15%	0.01%	0.00%	0.00%
Susze	0.00%	2.86%	0.00%	2.75%
Osuwiska	1.59%	0.04%	0.88%	0.12%
Powodzie przybrzeżne	11.43%	0.22%	0.00%	0.00%
Powodzie rzeczne	19.81%	5.79%	2.90%	3.71%

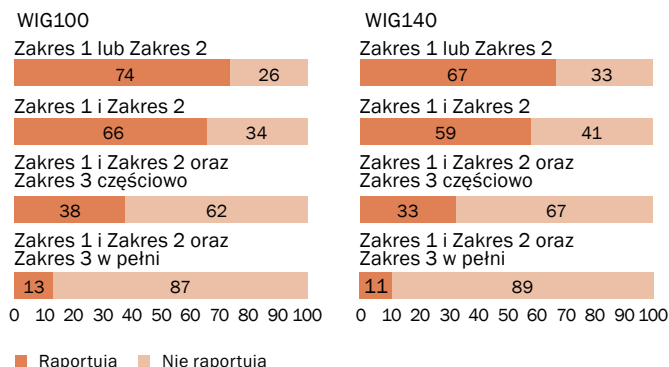
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych BIK oraz Think hazard!

Instytucje finansowe powinny w swoich procesach zarządzania ryzykiem w większym stopniu uwzględnić aspekty dotyczące środowiska naturalnego. Podczas gdy zarządzanie ryzykiem ESG jest w dużej mierze ustandaryzowane w całej UE, a transpozycja przepisów do polskiego prawa jest faktem od sierpnia 2022 r.²⁴⁹, z oczekiwanym włączeniem do głównego nurtu regulacji ostrożnościowych przed końcem 2025 r., polskie władze nie zajęły jednoznacznego stanowiska w sprawie ryzyka ESG w sektorze finansowym. Komisja Nadzoru Finansowego (KNF) jest co prawda od grudnia 2020 r. oficjalnym członkiem sieci NGFS (Network for Greening the Financial System), ale metody pomiaru i zarządzania ryzykiem ESG dopiero powstają i nie ma jeszcze ugruntowanych najlepszych praktyk. Ryzyko klimatyczne zostało uwzględnione w opracowanym przez KNF w 2021 r. teście warunków skrajnych dla ubezpieczycieli i jest jednym z istotnych punktów programu organu nadzoru na lata 2020-2024, ale podejście banków do ryzyka ESG jest mało przejrzyste.

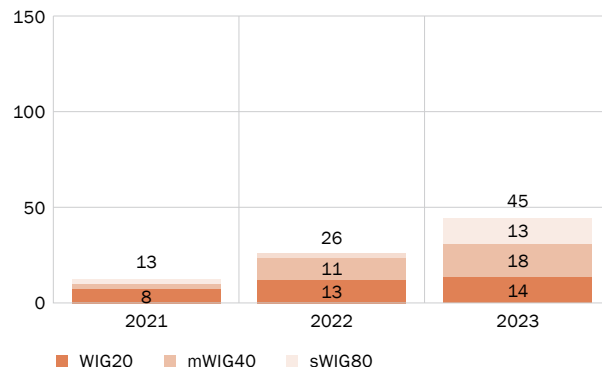
RYCINA 4.19. Postępy we wdrażaniu standardów sprawozdawczości zrównoważonego rozwoju są nadal ograniczone

Jedynie 2/3 spółek raportuje emisje GC, a jeszcze mniej zadeklarowało cele klimatyczne

Odsetek spółek z WIG100 i WIG140, które przedstawiły dane o poziomie emisji g.c. w roku obrotowym 2022



Liczba spółek z WIG140, które zadeklarowały cele klimatyczne



Źródło: InStrat Foundation.

4.3.3. Optymalne wykorzystanie ograniczonych środków publicznych i instrumentów polityki fiskalnej

Oprócz inwestycji i finansowania z publicznych źródeł potrzebne są zasoby prywatne. Rozważając wady i zalety publicznych i prywatnych ścieżek finansowania po jednej stronie mamy obawy o naruszenie zasad sprawiedliwości społecznej w krótkim terminie, a po drugiej długoterminowe korzyści gospodarcze. Na podstawie modelowania można wnioskować, że gdy wszystkie dodatkowe inwestycje związane z energią będą finansowane ze środków publicznych, a nie prywatnych, długoterminowy poziom prywatnej konsumpcji w latach 2040-tych będzie zdecydowanie niższy, co obniży ogólny wzrost PKB o co najmniej 1 p.p. W średnim okresie, choć należy się spodziewać niższych cen i niższych kosztów dla konsumenta, sytuacja wpłynie na oszczędności publiczne i osłabi tempo akumulacji kapitału (obniżając tym samym produktywność i ceny w długim okresie). Należy przeprowadzić dokładną analizę wszystkich za i przeciw, aby podjąć optymalne decyzje co do wykorzystania funduszy publicznych celem mobilizacji jak największych środków z sektora prywatnego [A4].

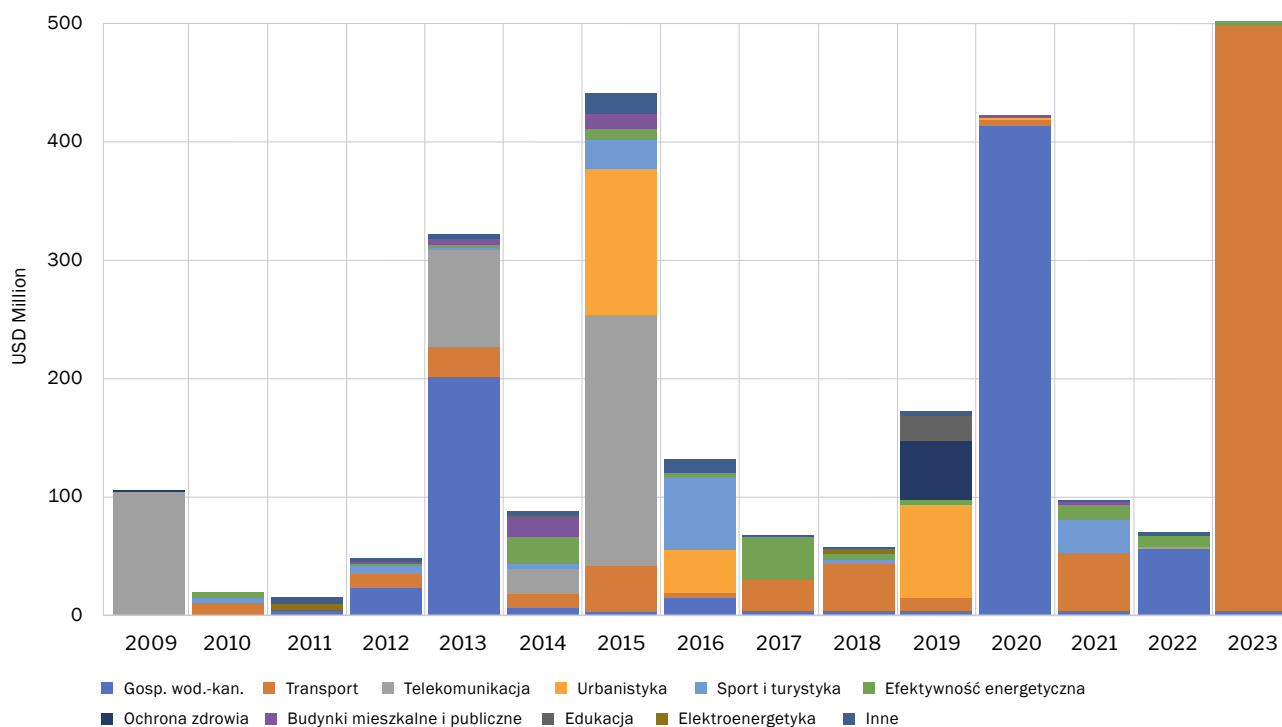
W obliczu ułomności samego rynku, chcąc pobudzić zielone innowacje i rozwój infrastruktury warto inwestować w przyjazną dla środowiska infrastrukturę publiczną i zamawiać takie rozwiązania na rynku. W przypadku zielonych projektów, które często rodzą wyzwania w postaci wyższych kosztów początkowych, podwyższonego ryzyka i dłuższych okresów zwrotu z inwestycji, pieniądze publiczne niejednokrotnie mogą nadać kierunek i przetrzeć szlak dla sektora prywatnego. Kolejnym utrudnieniem dla prywatnego inwestora mogą się okazać tzw. ułomności czy niedoskonałości rynku, z powodu których faktyczne korzyści energooszczędnych rozwiązań nie są w pełni odzwierciedlone, a koszty zużycia paliw kopalnych nie są w całości uwzględnione. Strategiczne dofinansowanie i inwestycje publiczne pomagają obniżyć ryzyko i zminimalizować rozdźwięk, co powinno zachęcić prywatny kapitał. Obecnie skala zielonych inwestycji publicznych w Polsce pozostaje w tyle za wynikami UE, ale fundusze unijne mają to zmienić. Zielone inwestycje publiczne są niezbędne zarówno na szczeblu krajowym, jak i lokalnym, ponieważ obszary miejskie, generujące znaczną część emisji GC, są ośrodkami działalności gospodarczej. W krajach OECD i UE władze szczebla niższego niż krajowy (stanowe, regionalne, gminne) zarządzają 2/3 inwestycji publicznych i wydatków związanych z klimatem. Tymczasem w Polsce brakuje mechanizmów monitorowania takich inwestycji i budżetowania zielonych inicjatyw. Wreszcie, w trosce o lokalne zielone innowacje, które pobudzą konkurencyjność polskich firm i pozwolą im wykorzystać możliwości związane z przejściem na bardziej ekologiczną gospodarkę, trzeba koniecznie rozpowszechnić zielone zamówienia publiczne i zabezpieczyć prawa własności intelektualnej²⁵⁰.

Duży potencjał mobilizacji prywatnych inwestycji w infrastrukturę niskoemisyjną tkwi w wysokiej wartości projektach PPP. Pod względem udziału w PKB, inwestycje oparte na partnerstwie publiczno-prywatnym osiągnęły szczytowy poziom w 2009 r. (0,2 proc. w porównaniu do średniego poziomu 0,07 proc. w latach 2000-2005), po czym w latach 2014-2019 nastąpił ostry spadek do ok. 0,01-0,02 proc. Przyczyn nagłego za-

łamania upatruje się w tym, że w latach 2007-2020 Polska była największym odbiorcą europejskich funduszy strukturalnych i inwestycyjnych (Ramka 4.4)²⁵¹. Średnia wielkość kontraktu PPP w Polsce w latach 2009-2023 wyniosła 14,1 mln dol., a 39 proc. projektów miało wartość poniżej 1,0 mln dol. Co więcej, zawarciem umowy zakończyło się niespełna 30 proc. wszczętych postępowań, co świadczy o niskiej skuteczności. Aby podnieść skuteczność trzeba stosować PPP komplementarnie, a nie w opozycji do funduszy UE. Dostępność środków z UE może stanowić dodatkową zachętę dla potencjalnych projektów PPP, szczególnie na szczeblu niższym niż krajowy. Skoro wpływy podatkowe maleją, a lista zadań i wydatków rośnie, gminne budżety są prawdopodobnie napięte. Presję finansową na miejskie budżety można zmniejszyć dzięki zaangażowaniu funduszy unijnych we wdrażanie PPP. Polskie Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej niedawno zajęło pozytywne stanowisko wobec projektów hybrydowych [A3].

Dotychczasowe doświadczenia z PPP można wykorzystać do realizacji projektów w sektorach istotnych dla łagodzenia skutków zmian klimatu i działań dostosowawczych. Licząc od 2009 r., najwięcej umów PPP w oparciu o ustawę Prawo zamówień publicznych i ustawę o umowie koncesji podpisano w sektorze wod.-kan. (ok. 21 proc. wszystkich umów), infrastruktury i usług transportowych (ok. 20 proc.), efektywności energetycznej (ok. 16 proc.) oraz sportu i rekreacji (ok. 13 proc.). W latach 2009–2023 niemal dwie trzecie (64 proc.) inwestycji PPP trafiło do sektorów związanych z klimatem, w tym gospodarki wod.-kan., transportu, efektywności energetycznej, mieszkalnictwa i elektroenergetyki (Ryc. 4.20).

RYCINA 4.20. Bazując na dotychczasowych doświadczeniach, Polska może zastosować mechanizmy PPP w projektach klimatycznych i adaptacyjnych



Źródło: „Raport rynku PPP 2009-2023”, Departament Partnerstwa Publiczno-Prywatnego, Ministerstwo Funduszy i Polityki Regionalnej.

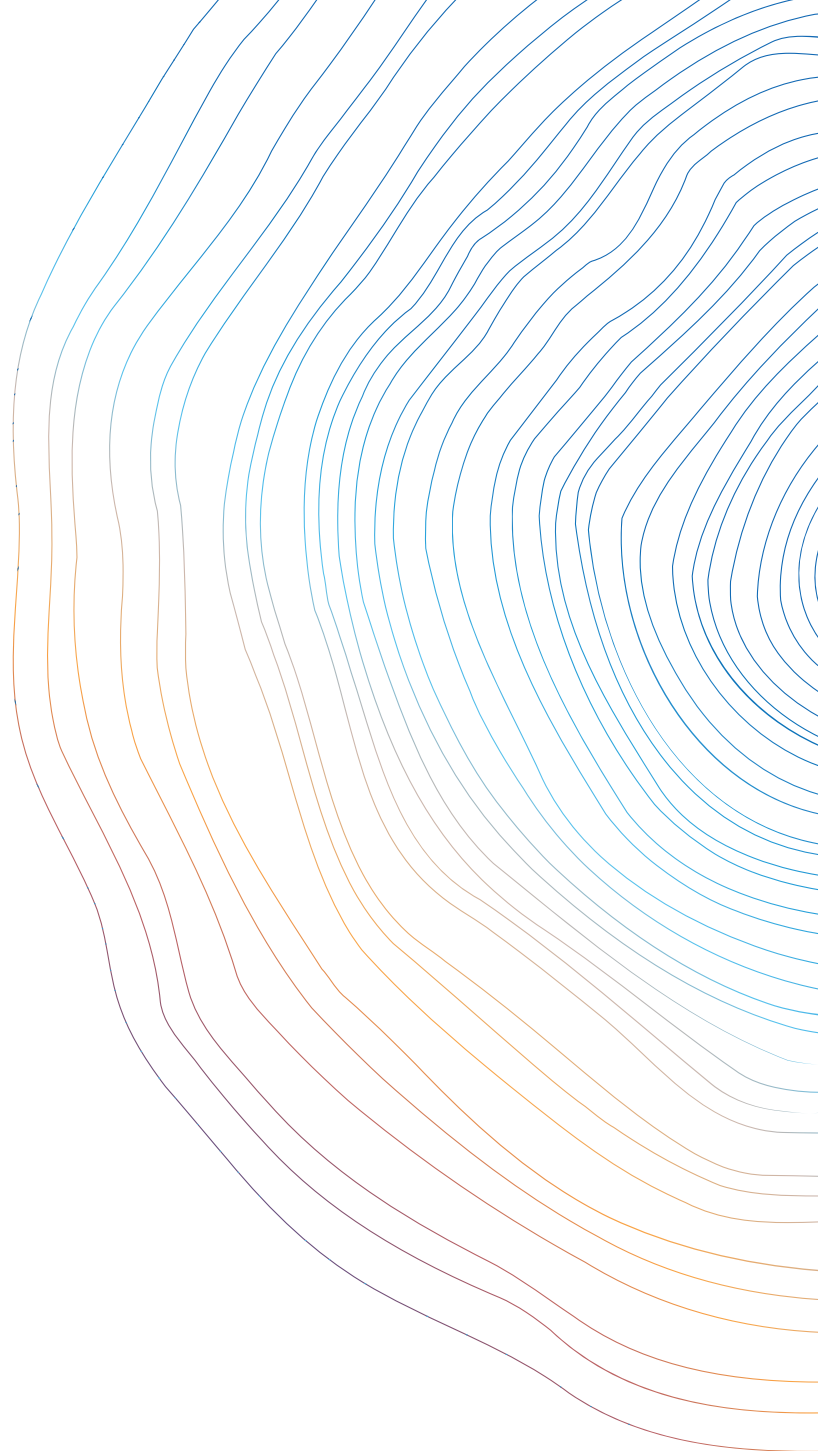
Spółki skarbu państwa (s.s.p.) nadal pełnią ważną rolę w polskiej gospodarce, dlatego skuteczna dekarbonizacja wymaga zapewnienia neutralności pod względem konkurencji w sektorach istotnych dla klimatu. Spółki kontrolowane przez państwo wytwarzają 15 proc. polskiego PKB²⁵², czyli znacznie więcej niż wynosi wskaźnik dla krajów z grupy porównawczej czy UE-15. Od czasu ostatniej dużej prywatyzacji przedsiębiorstw państwowych, która miała miejsce w 2015 r., polskie władze prowadzą aktywną konsolidację państwowych udziałów w branżach uznawanych za „strategicznie ważne” lub „gospodarczo istotne”, takich jak sektor energetyczny, paliwowy, górnictwo, media, telekomunikacja, transport i finanse²⁵³. W sektorach o krytycznym znaczeniu dla polityki klimatycznej działa wiele SSP. Państwo umacnia swoją pozycję na rynku energetycz-

nym przejmując aktywa energetyki konwencjonalnej i odnawialnej od międzynarodowych graczy takich jak Vattenfall, Dong, Iberdrola, EDF czy Engie. W latach 2020–2023 polskie agencje wykonawcze i spółki skarbu państwa nabyły pakiety kontrolne w uznanych za strategiczne dla państwa aktywach infrastruktury kolejowej (PKP Energetyka) i produkcji taboru kolejowego (Pesa), odwracając wcześniejszy proces prywatyzacji tych podmiotów [A6]. Potrzebne są ramy regulacyjne i mechanizmy nadzoru, aby SSP weszły na ścieżkę zerowych emisji netto i nie odbierały sektorowi prywatnemu wiodącej roli na rynkach, na których ma on przewagę komparatywną. Promując neutralność państwa, chroniąc uczciwą konkurencję i wspierając współpracę między spółkami skarbu państwa a firmami prywatnymi Polska może pobudzić innowacyjność, poprawić sytuację konsumentów i skutecznie wypromować transformację niskoemisyjną.

RAMKA 4.4. Finansowanie UE dla zielonej transformacji w Polsce

Polska ma dostęp do unijnych funduszy na rzecz zrównoważonego rozwoju, wzrostu gospodarczego i spójności społecznej. Fundusze są dostępne z dwóch źródeł, jakimi są: (i) Wieloletnie Ramy Finansowe UE (WRF) na lata 2021–2027 (ok. 76 mld euro); oraz (ii) Fundusz NextGenerationEU (NGEU) na lata 2021–2026 (ok. 40 mld euro). Te znaczące środki mają wspierać realizację europejskiego zielonego ładu w kontekście wzmocnienia odporności oraz dostosowania do zmian klimatu i łagodzenia skutków. Ponadto Polska ma otrzymać równowartość 8 proc. PKB ze środków NGEU (co jest jednym z najwyższych przydziałów w UE) w celu wsparcia transformacji ekologicznej i cyfrowej, a także szeroko pojętej odbudowy po pandemii. Te specjalne fundusze (połączenie dotacji i pożyczki) są dystrybuowane głównie za pośrednictwem Instrumentu na rzecz Odbudowy i Zwiększania Odporności (RFR) w ramach krajowych planów odbudowy i zwiększania odporności (KPO) w poszczególnych państwach członkowskich. W ramach rumuńskiego KPO blisko połowę środków z RFR przeznaczono na zielone interwencje. W przeciwieństwie do innych krajów, fundusze dla Polski zostały zamrożone w XX. Co więcej, historyczne osiągnięcia we wchłanianiu i wykorzystywaniu funduszy UE wskazują na utrzymujące się wyzwania instytucjonalne; warto też pamiętać o kluczowej roli inwestycji sektora prywatnego.

Rozdział 5. Zalecane działania i inwestycje na rzecz transformacji >>



Rozdział 5

Zalecane działania i inwestycje na rzecz transformacji

W niniejszym raporcie wykazano, że bardziej ambitna polityka klimatyczna jest zgodna z polskimi priorytetami, ale dla udanej transformacji istotne jest uszeregowanie interwencji według pierwszeństwa. Dlatego poniższym zaleceniom nadano priorytet w zależności od przewidywanych skutków oraz pilności. Oprócz wpływu na dekarbonizację i odporność, przy ustalaniu priorytetów wzięto pod uwagę perspektywę zmniejszenia ryzyka makroekonomicznego i społecznego i/lub wzmocnienia kapitału ludzkiego. Jeśli chodzi o pilność, działania krótkoterminowe (w tym projekty określane jako „no-regret”, czyli takie, które zapewniają korzyści niezależnie od ewentualnych zmian klimatu oraz te, których pomimo dodatkowych kosztów nie można przełożyć na później, bo groziłoby to w przyszłości uzależnieniem od technologii wysokoemisyjnych lub powstaniem aktywów osieroconych) mają pierwszeństwo nad interwencjami o długoterminowym charakterze, które mogą poczekać bez (większych) konsekwencji po stronie wydatków, na przykład ze względu na oczekiwany spadek kosztu technologii. Dodatkowo, zalecenia co do kierunków polityki zweryfikowano pod kątem instytucjonalnej gotowości wdrożeniowej z uwzględnieniem oceny potrzeb w zakresie finansowania oraz adekwatności obecnych ram programowo-instytucjonalnych, potencjału fiskalnego oraz warunków dla inwestycji sektora prywatnego. Tabela 5.1 zawiera zwięzły opis kryteriów, na bazie których zdecydowano o poziomie priorytetu dla każdej z pozycji, a w Tabeli 5.2 przedstawiono zalecane strategiczne działania i inwestycje; cele, jakim mają one służyć; a także niezbędne instrumenty programowe i inwestycyjne oraz ocenę uciążliwości związanych z nimi wymogów finansowych. Większość zalecanych działań wymaga współpracy publiczno-prywatnej, jak również kluczowych reform prowadzących do zmiany postępowania podmiotów prywatnych i odblokowania finansowania komercyjnego na dużą skalę.

TABELA 5.1. Priorytety i kryteria dla zalecanej polityki i inwestycji

	Wymiar	Opis
Wpływ rozwojowy	Kapitał ludzki	<ul style="list-style-type: none"> Mniejsza strata w obszarze dochodów, uczenia się i zdrowia w związku z transformacją Umiejętności dla powstających zielonych miejsc pracy / potencjał dla dodatkowego zatrudnienia
	Wzrost gospodarczy	<ul style="list-style-type: none"> Znaczenie dla wzrostu mierzone wkładem w PKB
	Kapitał naturalny	<ul style="list-style-type: none"> Oddziaływanie pod względem ochrony i odbudowy zasobów przyrodniczych
Wpływ klimatyczny	Łagodzenie	<ul style="list-style-type: none"> Skutki dla redukcji emisji Ryzyko uzależnienia od aktywów, które mogą stać się aktywami osieroconymi
	Odporność	<ul style="list-style-type: none"> Zmniejszona podatność osób fizycznych i przedsiębiorstw na zagrożenia klimatyczne Wyższy potencjał adaptacyjny
Gotowość wdrożeniowa	Architektura	<ul style="list-style-type: none"> Adekwatność ram politycznych Adekwatność ram instytucjonalnych Dostępność technologii
	Finansowanie	<ul style="list-style-type: none"> Wpływ na obciążenia fiskalne Atrakcyjność dla sektora prywatnego

Źródło: Opracowanie własne na potrzeby niniejszej publikacji.

TABELA 5.2. Zalecenia dotyczące kierunków polityki

	Zasadniczy cel	Zalecenie	Instrument	Poziom priorytetu	Gotowość	
					Potrzeby finansowe	Zaawansowanie architektury
Pakiet A. Dostosowania polityczno-instytucjonalne niezbędne dla działań w sektorze publicznym i prywatnym						
A1	Doprecyzowanie kierunków polityki klimatycznej i poprawa koordynacji międzysektorowej	Wpisanie do aktów prawnych celów w obszarze zerowych emisji netto oraz zadań i obowiązków w zakresie wzmocnienia odporności; poszerzenie prerogatyw koordynacyjnych i kompetencji merytorycznych w Ministerstwie Klimatu i Środowiska przy jednoczesnym wpisaniu polityki klimatycznej na agendę głównych agencji rządowych; wykorzystanie interwencji w dziedzinie jakości powietrza do realizacji korzyści zdrowotnych i gospodarczych; wdrożenie takiego systemu zarządzania inwestycjami publicznymi, który będzie uwzględniał dane i informacje klimatyczne.	Prawo klimatyczne; ustawa o jakości powietrza; system zarządzania inwestycjami publicznymi uwzględniający kwestie klimatyczne; średniookresowe strategie sektorowe dostosowane do długoterminowych celów klimatycznych. Strategie powinny zapewniać przejrzystość w zakresie funkcjonalności i finansów, z opisem wymiernych oczekiwanych efektów i mechanizmów monitorowania.	<i>Pilne</i>	Niskie	Umiarkowane
A2	Wzmocnienie rynków kapitałowych i rynków papierów wartościowych w celu pozyskania dodatkowych źródeł finansowania transformacji	Stworzenie listy sektorów dotkniętych zieloną transformacją w celu opracowania planu reform obejmujących zachęty podatkowe, umiejętności, technologie i nowe rynki. Zachęcanie do stosowania wymogów w zakresie zrównoważonego rozwoju i kontroli ryzyka (począwszy od BGK i Polskiego Funduszu Rozwoju); bardziej systematyczne zaangażowanie sektora bankowego w finansowanie transformacji poprzez podnoszenie świadomości wśród MŚP, w tym poprzez łączenie usług finansowych z dodatkowymi usługami klimatycznymi (doradztwo w zakresie efektywności energetycznej, obliczanie śladu węglowego, audyty energetyczne) i umożliwienie bankom odpisywania kosztów takich usług od podatku.	Zielona Strategia Przemysłowa; wspólne centrum danych ESG (prace w toku w BGK); Polska Platforma Zrównoważonego Finansowania; Polskie Fora Zrównoważonego Inwestowania; internetowa platforma szkoleniowa w BGK.	Średnioterminowe	Niskie	Wysokie
A3	Zastosowanie PPP w dużych inwestycjach klimatycznych. Wykorzystanie funduszy UE jako uzupełniającego źródła finansowania PPP	Przetarcie szlaku na rzecz atrakcyjnych dla banków średnio- i długoterminowych projektów niskoemisyjnych inwestycji infrastrukturalnych poprzez poprawę aspektów zaawansowania i przeglądu istniejących ram prawnych i regulacyjnych PPP. Zachęcanie do wykorzystywania funduszy UE do wdrażania hybrydowych postępowań PPP.	Przegląd ram PPP; rozwiązanie problemu fragmentacji i wzmocnienie zdolności instytucjonalnej pod względem przeglądu i raportowania PPP; rozeznaczenie projektów o ogólnokrajowym zakresie i potencjale PPP.	Średnioterminowe	Niskie	Wysokie

	Zasadniczy cel	Zalecenie	Instrument	Poziom priorytetu	Gotowość	
					Potrzeby finansowe	Zaawansowanie architektury
A4	Wprowadzenie sprawozdawczości środowiskowej/klimatycznej do ram sprawozdawczości sektora publicznego i wykorzystanie raportowanych informacji do kształtowania polityki i planowania działań	Opracowanie metodologii raportowania środowiskowego/klimatycznego i przystąpienie do wprowadzania tego zagadnienia do wymogów sprawozdawczości za pośrednictwem systemu informatycznego dla sektora publicznego w oparciu o dobre praktyki międzynarodowe, tak aby stało się ono częścią dorocznych sprawozdań z wykonania oraz kontroli wykonania budżetu.	Przegląd prawodawstwa, metodologii, systemów informatycznych, rozwijanie potencjału personelu.	Średnioterminowe	Niskie	Umiarkowane
A5	Rozwój umiejętności firm i pozostałych interesariuszy w zakresie sprawozdawczości ESG	Zapewnienie szkoleń, materiałów edukacyjnych i innych form wsparcia przez różnych krajowych graczy (instytucje publiczne i prywatne).	Inicjatywy na rzecz rozwoju potencjału i podnoszenia świadomości.	<i>Pilne</i>	Niskie	Umiarkowane
A6	Zapewnienie neutralności konkurencyjnej i zmotywowanie SSP do działań w obszarze klimatu	Zapewnienie neutralności konkurencyjnej i polityki równych szans, aby przedsiębiorstwa publiczne i prywatne mogły ze sobą konkurować na takich samych warunkach, zwłaszcza w sektorach związanych z klimatem. Promowanie uczciwej konkurencji, wspieranie współpracy między przedsiębiorstwami państwowymi i prywatnymi oraz zachęcanie SSP do działań na rzecz klimatu.	Przegląd ram prawnych i zasobów związanych z organem ochrony konkurencji.	Średnioterminowe	Niskie	Umiarkowane
A7	Usprawnienia ram instytucjonalnych w obszarze zarządzania jakością powietrza	Doprecyzowanie krajowych wytycznych w sprawie sporządzania programów ochrony powietrza na szczeblu wojewódzkim i ich wdrażania na szczeblu lokalnym; ustanowienie przez Ministerstwo Klimatu skutecznej funkcji zapewniania jakości. Postanowienia wytycznych POP oraz mechanizmy wdrożeniowe powinny być prawnie obowiązujące; ponadto należy opracować, wdrożyć i cyklicznie aktualizować szczegółowe ewidencje emisji w skali wojewódzkiej i gminnej.	Przegląd polityki, ram prawnych i instytucjonalnych, w tym przepływ funduszy wdrożeniowych do władz lokalnych.	Krótko- do średnioterminowe	Niskie	Umiarkowane
A8	Zwiększenie konkurencyjności sektora prywatnego w zielonej gospodarce w skali regionu i świata	Wykorzystanie istniejących możliwości w sektorze wytwórczym i w sektorze usług oraz wspieranie modernizacji przedsiębiorstw w kontekście wschodzących zielonych łańcuchów wartości, w tym poprzez zielone zamówienia publiczne przy realizacji krajowych inwestycji publicznych.	Więcej inwestycji we wdrażanie zielonych technologii, zielone badania i rozwój oraz umiejętności menedżerskie, a także przyciąganie odpowiednich inwestycji w ramach bezpośrednich inwestycji zagranicznych.	Średnioterminowe	Wysokie	Umiarkowane

	Zasadniczy cel	Zalecenie	Instrument	Poziom priorytetu	Gotowość	
					Potrzeby finansowe	Zaawansowanie architektury
A9	Likwidacja dopłat do paliw kopalnych i przesunięcie wydatków na inwestycje związane ze sprawiedliwą transformacją	Usunięcie zakłóceń cenowych faworyzujących wykorzystanie paliw kopalnych i przekierowanie zasobów do konsumentów i pracowników znajdujących się w szczególnie trudnej sytuacji.	Zmiana programów dopłat; programy zabezpieczenia społecznego; interwencje na rynku pracy.	Krótko- do średnioterminowe	Niskie	Umiarkowane
A10	Budowanie nowych przewag konkurencyjnych w łańcuchu dostaw produktów rolno-spożywczych	W obliczu rosnącej konkurencji i konieczności realizacji celów klimatycznych ważne jest dokonanie niezbędnych korekt w polskiej polityce rolnej w celu zbudowania nowych przewag konkurencyjnych i łańcuchów dostaw przy jednoczesnym znalezieniu nowej równowagi między konkurencyjnością a celami klimatycznymi. Wdrażanie działań środowiskowych i klimatycznych nie może kolidować z realizacją tych zasadniczych celów WPR.	„Strategia zrównoważonego rozwoju wsi, rolnictwa i rybactwa 2030”; „Plan strategiczny dla WPR”	<i>Pilne</i>	Umiarkowane	Niskie
Pakiet B. Wprowadzenie gospodarki na kurs ZEN2050						
B1	Redukcja emisji w segmencie budynków	Zmniejszenie emisji w sektorze budynków o ponad 30% do 2030 r. poprzez zwiększenie rocznego wskaźnika renowacji energetycznej budynków do co najmniej 3%. Zapewnienie źródeł finansowania dla programu priorytetowego „Czyste powietrze” z naciskiem na promowanie pomp ciepła i opracowanie systemu wsparcia dla budynków wielorodzinnych.	Długoterminowa Strategia Renowacji Budynków (DSRB); program priorytetowy „Czyste powietrze”; dodatkowe programy wsparcia dla budynków wielorodzinnych.	Średnioterminowe	Wysokie	Wysokie
B2	Zmniejszenie uzależnienia od gazu ziemnego i oraz ryzyka związanego z osieroconymi aktywami gazowymi	Usunięcie przeciw-skutecznych bodźców i dopłat do paliw kopalnych, które sztucznie zawyżają popyt na gaz w perspektywie średnioterminowej. Tworzenie infrastruktury gazowej uwzględniającej wyzwania przyszłości dzięki opracowaniu planów zmiany przeznaczenia wybranych rurociągów, magazynów i terminali importowych na potrzeby przyszłego wykorzystania wodoru. Większe wsparcie polityczne dla wykorzystania biometanu i CCS w sektorach korzystających z gazu.	Polityka Energetyczna Polski, krajowa strategia rozwoju rynku biometanu.	<i>Pilne</i>	Umiarkowane	Niskie
B3	Przyspieszenie wdrażania niskoemisyjnego wodoru	Wprowadzenie dodatkowych zachęt (w tym dotacji), by zmniejszyć dystans między aspiracjami a rzeczywistością w dziedzinie niskoemisyjnego wodoru zgodnie z założeniem 2 mln ton niskoemisyjnego wodoru wyprodukowanego w Polsce przed końcem 2030 r. >>	Ramy regulacyjne dotyczące wodoru; programy wspierające infrastrukturę wodorową.	Średnioterminowe	Wysokie	Wysokie

	Zasadniczy cel	Zalecenie	Instrument	Poziom priorytetu	Gotowość	
					Potrzeby finansowe	Zaawansowanie architektury
		<p>» Wsparcie w generowaniu popytu w celu odblokowania inwestycji po stronie podaży. Opracowanie przejrzystych ram regulacyjnych dla gazów niskoemisyjnych i zobowiązanie się do stopniowego zmniejszania zużycia gazu ziemnego w sektorach, w których można zastosować niskoemisyjny wodór.</p>				
B4	Zmniejszenie zużycia węgla w przemyśle z ostatecznym wycofaniem węgla przed końcem 2050 r	<p>Mając na uwadze, że wiodącym instrumentem polityki dekarbonizacji przemysłu jest stopniowe wycofywanie bezpłatnych uprawnień do emisji w systemie ETS i wprowadzanie mechanizmu CBAM, trzeba jednocześnie zwiększyć wsparcie finansowe na poziomie krajowym na rzecz poprawy efektywności energetycznej i zmiany paliwa w przemyśle ciężkim (z uwzględnieniem zasad udzielania pomocy publicznej).</p>	<p>Mechanizmy wsparcia dla inwestycji przemysłowych na rzecz poprawy efektywności energetycznej, zrównoważonych systemów grzewczych i OZE.</p>	Średnioterminowe	Wysokie	Niskie
B5	Poprawa krajowej gotowości do wprowadzenia CCS w przemyśle	<p>Kontynuacja prac nad tworzeniem ram regulacyjnych dla wdrażania przemysłowych zastosowań CCS i promowanie inwestycji w rozwój niezbędnej infrastruktury sieciowej i magazynowej dla tych technologii.</p>	<p>Ramy regulacyjne CCS; systemy wsparcia dla CCS.</p>	Średnioterminowe	Wysokie	Niskie
B6	Planowanie i inwestowanie w rozwój regionalny obszarów pogórnich	<p>(1) Zmapowanie utraconych i powstających miejsc pracy w każdym z dotkniętych regionów w układzie chronologicznym; (2) zilustrowanie przewagi konkurencyjnej każdego z dotkniętych regionów oraz sprecyzowanie – w oparciu o występujące w danym regionie zasoby i umiejętności – jakiego rodzaju nowym inwestycjom powinno się przyznać najwyższy priorytet, (3) pełna harmonizacja i koordynacja promocji inwestycji i lokalnych wysiłków na rzecz rozwoju gospodarczego oraz instytucji działających na poziomie lokalnym, regionalnym i krajowym. Dostosowanie harmonogramu zamykania kopalni do modelu transformacji energetycznej. Należy zastosować podejście oparte na faktach (opłacalność ekonomiczna każdej kopalni, jej wkład w emisje metanu, względy społeczne). Zmiana przepisów dotyczących zamykania kopalni pod kątem rekultywacji i ponownego wykorzystania. Ograniczenie subsydiów i interwencji zakłócających rynek.</p>	<p>Kompleksowy plan likwidacji i zmiany przeznaczenia; regionalne strategie rozwoju gospodarczego; inwestycje w infrastrukturę komunikacyjną; rozwój potencjału administracji publicznej.</p>	Pilne	Umiarkowane	Wysokie

	Zasadniczy cel	Zalecenie	Instrument	Poziom priorytetu	Gotowość	
					Potrzeby finansowe	Zaawansowanie architektury
B7	Zarządzanie konsekwencjami odejścia od węgla wśród ludności i na rynku pracy	Dostosowanie i rozszerzenie oferty świadczeń społecznych, umiejętności i polityki zatrudnienia w regionach węglowych do poziomu ryzyka i zagrożeń, przed jakimi stoją pracownicy bezpośrednio i pośrednio dotknięci zamknięciem kopalni i elektrowni; w tym celu być może trzeba będzie poszerzyć pulę beneficjentów dotychczasowych świadczeń zabezpieczenia społecznego i aktywnych polityk rynku pracy, wprowadzając m.in. krótkoterminowe programy rozwoju umiejętności oraz kształcenia i szkolenia zawodowego i technicznego pod kątem brakujących umiejętności w regionach węglowych; wprowadzić nowe świadczenia (np. dodatek mobilnościowy ułatwiający zwalnianym pracownikom przeprowadzkę na tereny oferujące miejsca pracy) oraz zasiłki dla bezrobotnych, wcześniejsze emerytury dla osób spoza puli objętej postanowieniami „Umowy społecznej”, a także zaprojektować i wdrożyć – we współpracy z kopalniami i Urzędami Pracy – specjalne programy wsparcia zatrudnienia dla potrzebujących.	Tymczasowe świadczenia finansowe, programy kształcenia i szkolenia zawodowego i technicznego oraz rozwoju umiejętności adresowane do pracowników związanych z węglem; lokalne programy zwolnień monitorowanych we współpracy z konglomeratami górniczymi i Urzędami Pracy dla skutecznej aktywizacji zawodowej byłych pracowników.	<i>Pilne</i>	Umiarkowane	Wysokie
B8	Zapewnienie ubogim gospodarstwom domowym dostaw energii po przystępnej cenie	Dostosowanie i rozszerzenie obecnego systemu zabezpieczenia społecznego pod kątem walki z ubóstwem energetycznym. W tym celu trzeba stworzyć programy uwzględniające zarówno energetyczny, jak i społeczny wymiar ubóstwa energetycznego, co wymaga instytucjonalnej koordynacji między odpowiednimi ministerstwami. Po stronie społecznej należy zrewidować zasady przyznawania świadczeń, koszyk produktów energetycznych, kwoty świadczeń oraz metody indeksacji stosowane w przypadku pomocy warunkowanej wysokością dochodów potencjalnego beneficjenta (w tym dopłat do ogrzewania), aby chronić rodziny o niskich dochodach przed wzrostem cen energii jednocześnie zachęcać je do wyboru bardziej efektywnych metod ogrzewania.	Zapewnienie finansowania na pokrycie kosztów zasiłków dla ubogich energetycznie gospodarstw domowych.	<i>Pilne</i>	Umiarkowane	Wysokie

	Zasadniczy cel	Zalecenie	Instrument	Poziom priorytetu	Gotowość	
					Potrzeby finansowe	Zaawansowanie architektury
B9	Rozszerzenie oferty rozwoju umiejętności merytorycznych potrzebnych w procesie zazieleniania gospodarki	Wzmacnianie, promowanie i dostosowywanie zawartości programów rozwoju umiejętności merytorycznych i „miękkich” do oczekiwań firm wdrażających zielone technologie i przyczyniających się do dekarbonizacji. Ze względu na potrzeby w zakresie innowacji oraz projektowania i wdrażania nowych technologii należy się spodziewać coraz większego popytu na zaawansowane umiejętności merytoryczne. Kontynuowanie wysiłków na rzecz zniwelowania różnic w uczestnictwie kobiet i mężczyzn w rynku pracy, ze szczególnym wsparciem dla kobiet w momencie przejścia a z systemu kształcenia na rynek pracy i podejmowania przez nie zatrudnienia związanego z naukami ścisłymi i przyrodniczymi.	Krótkoterminowe szkolenia umożliwiające podnoszenie i zmianę kwalifikacji zawodowych; reformy systemu edukacji, kształcenia i szkolenia zawodowego i technicznego oraz kształcenia ustawicznego. Pilotażowe wdrożenie indywidualnych kont szkoleniowych sponsorowanych przez Komisję Europejską. Wzmocnienie Rad ds. Umiejętności i systemów informacji o rynku pracy.	Krótko- do średnioterminowe	Umiarkowane	Niskie
B10	Zachęcanie do przejścia na bardziej zrównoważone środki transportu pasażerskiego i towarowego	(1) Wzbogacenie transportu publicznego o dodatkowe środki zarządzania popytem w celu wywołania zmiany nawyków (np. opłaty za wjazd do centrum i zarządzanie parkowaniem), (2) rozszerzenie wykorzystania systemów transportu na żądanie (DRT) na obszarach wiejskich i poprawa koordynacji na styku poszczególnych służb planistycznych; (3) opracowanie krajowej strategii rowerowej i powiązanie dostępu samorządów do puli krajowych środków z celami budżetowymi w zakresie aktywnej mobilności; (4) poprawa wydajności regionalnych połączeń kolejowych i ich integracja z miejskimi i wiejskimi sieciami transportu publicznego; (5) w przypadku transportu towarowego zwiększenie nacisku na intermodalność w celu zrównoważenia spadku liczby towarów tradycyjnie przewożonych koleją.	Opłaty za wjazd do centrum i zarządzanie parkowaniem na obszarach miejskich. Koncesje dla transportu na żądanie DRT na obszarach wiejskich. Uzależnienie dostępu gmin do funduszy krajowych od celów budżetowych w zakresie aktywnej mobilności. Ukierunkowane inwestycje w infrastrukturę kolejową i inwestycje w multimodalne centra logistyczne.	Średnioterminowe	Umiarkowane	Umiarkowane
B11	Przyspieszenie wdrażania e-mobilności zarówno w przypadku lekkich, jak i ciężkich pojazdów	(1) Zwiększenie penetracji samochodów osobowych z napędem elektrycznym o 20% do 2030 r. poprzez ukierunkowanie na wczesną elektryfikację flot firmowych i pojazdów intensywnie eksploatowanych z pomocą wymogów regulacyjnych i instrumentów podatkowych; (2) wprowadzenie systemów zniżek i wyżek rejestracyjnych w celu zachęcenia do e-mobilności; >>	Wymogi regulacyjne i instrumenty podatkowe różnicowane pod względem emisji CO ₂ . Innowacyjne instrumenty zmniejszania ryzyka i finansowania wspierające priorytetowe korytarze zeroemisyjnego transportu ciężarowego	Średnioterminowe	Wysokie	Umiarkowane

	Zasadniczy cel	Zalecenie	Instrument	Poziom priorytetu	Gotowość	
					Potrzeby finansowe	Zaawansowanie architektury
		<p>» (3) wykorzystanie sektora prywatnego do zwiększenia wykorzystania e-autobusów poprzez rozszerzenie stosowania nowoczesnych modeli koncesyjnych i agregację zamówień flotowych; (4) opracowanie innowacyjnych mechanizmów finansowania i zmniejszania ryzyka w celu wsparcia przejścia na zeroemisyjny transport ciężarowy i związaną z nim infrastrukturę, ze szczególnym uwzględnieniem MŚP; oraz (5) priorytet dla zeroemisyjnego transportu ciężarowego wzdłuż strategicznych korytarzy, w których istnieje możliwość agregacji wysokiego popytu.</p>				
B12	Wzrost produkcji energii ze źródeł odnawialnych	<p>Rewizja ram regulacyjnych pod kątem szybszego rozwoju lądowej energetyki wiatrowej. Zapewnienie ciągłości realizacji projektów morskiej energetyki wiatrowej poprzez zabezpieczenie strumieni przychodów, wykwalifikowanej siły roboczej i zasobów finansowych. Zmiana przepisów dotyczących ograniczeń sieciowych pod względem rekompensat i elastyczności rynku.</p>	<p>Ramy regulacyjne dla lądowej energetyki wiatrowej; kontrakty różnicowe (CfD); przejrzyste zasady wprowadzania ograniczeń sieciowych; większa płynność na giełdzie energii; zachęty dla programów szkoleniowych i rozwoju umiejętności, by rozwiązać problem niedoboru siły roboczej i umiejętności w dziedzinie OZE.</p>	<i>Pilne</i>	Umiarkowane	Wysokie
B13	Spadek poziomu emisji i zanieczyszczeń z systemów ciepłowniczych	<p>Rewizja ram regulacyjnych w celu zminimalizowania zużycia węgla w ciepłownictwie. Zwiększenie udziału wysokosprawnych systemów ciepłowniczych poprzez promowanie odnawialnych i odpadowych źródeł ciepła, a także wysokosprawnej kogeneracji. Zapewnienie środków finansowych na wsparcie przedsiębiorstw ciepłowniczych w procesie transformacji.</p>	<p>Wspieranie rozwoju wysokowydajnych systemów grzewczych; fundusz ciepłowniczy.</p>	<i>Pilne</i>	Wysokie	Niskie
B14	Wzrost elastyczności systemu elektroenergetycznego dzięki dodatkowemu magazynowaniu energii	<p>Ułatwienie uczestnikom rynku mocy wejścia na rynek bilansujący i usług pomocniczych. Utrzymanie zachęt dla systemów magazynowania energii na rynku mocy. Zachęcanie do instalacji indywidualnych jednostek magazynowania energii w budynkach wyposażonych w panele słoneczne.</p>	<p>Rynek bilansujący; rynek częstotliwości; rynek mocy; systemy wsparcia dla indywidualnych magazynów energii.</p>	<i>Pilne</i>	Wysokie	Niskie
B15	Wzrost zdolności przesyłowych połączeń międzysystemowych	<p>Rozbudowa połączeń międzysystemowych w kierunku północnym i zachodnim w celu obniżenia średniej ceny energii elektrycznej. Optymalizacja wykorzystania istniejących zdolności handlowych.</p>	<p>Dochód z ograniczeń przesyłowych; systemy wsparcia dla projektów infrastrukturalnych.</p>	Średnioterminowe	Wysokie	Wysokie

	Zasadniczy cel	Zalecenie	Instrument	Poziom priorytetu	Gotowość	
					Potrzeby finansowe	Zaawansowanie architektury
B16	Wyższa efektywność energetyczna i oszczędność w przedsiębiorstwach	Mając na uwadze politykę klimatyczną i jednocześnie cele w obszarze produktywności i konkurencyjności gospodarki trzeba podjąć odpowiednie decyzje i inwestycje w sektorze przemysłowym, aby firmy (zwłaszcza MŚP) mogły i chciały wykorzystać możliwości, jakie niesie poprawa efektywności energetycznej. Wprowadzenie bardziej efektywnych cen emisji dwutlenku węgla poprzez stopniowe wyrównywanie obciążeń podatkowych związanych z ochroną środowiska we wszystkich sektorach gospodarki nie tylko pomogłoby zachęcić firmy do przyspieszenia własnej transformacji i innowacji, ale także wygenerowałoby przychody, które można wykorzystać do sfinansowania kosztów działań dostosowawczych. Jednocześnie w perspektywie krótkoterminowej należy zapewnić wsparcie finansowe dla przemysłu, aby zrównoważyć wyższe koszty związane z inwestycjami w technologie niskoemisyjne i w długim okresie zapewnić udaną zieloną transformację bez szkody dla konkurencyjności gospodarki.	Zielona strategia przemysłu; finansowanie wdrażania technologii, innowacji i inwestycji przemysłowych w zakresie efektywności energetycznej i efektywnego gospodarowania zasobami; polityka na rzecz powszechnej zmiany stosowanego paliwa.	Średnioterminowe	Umiarkowane	Wysokie
B17	Poprawa zdolności przesyłowych sieci elektroenergetycznych i przyspieszenie wdrażania inteligentnych sieci	Wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w miksie wytwórczym dzięki zmniejszeniu ograniczeń sieciowych. Szybsze wzmocnienie sieci przesyłowej i dystrybucyjnej w celu stworzenia nowych, dodatkowych zdolności przyłączeniowych. Stosowanie bodźców premiujących wdrażanie technologii inteligentnych sieci; rozważenie „inteligentnej modernizacji” sieci elektroenergetycznych; tworzenie partnerstw publicznych z operatorami; reagowanie na ułomności rynku w wysokokosztowych segmentach sieci.	Źródła finansowania i programy wsparcia w celu przyspieszenia inwestycji sieciowych.	Średnioterminowe	Wysokie	Niskie
B18	Mniej emisyjne rolnictwo i hodowla zwierząt	Obniżenie emisyjności rolnictwa i hodowli zwierząt gospodarskich na skutek stosowania infrastruktury zasilanej energią odnawialną i produkcji biogazu; stosowanie praktyk rolnictwa przyjaznego dla klimatu w zakresie emisji dwutlenku węgla z gleby (np. rezygnacja z orki w rolniczych MŚP) oraz hodowli zwierząt gospodarskich (ulepszona hodowla, żywienie, itp.).	Wsparcie inwestycji w poprawę efektywności energetycznej 2 100 budynków gospodarczych wykorzystywanych do produkcji rolnej i ponad 2.300 budynków wykorzystywanych do produkcji energii z biogazu rolniczego lub energii słonecznej; usługi wsparcia przy uprawie roli i hodowli zwierząt gospodarskich; dopłaty hodowlane.	Wysoki	Umiarkowane	Niskie

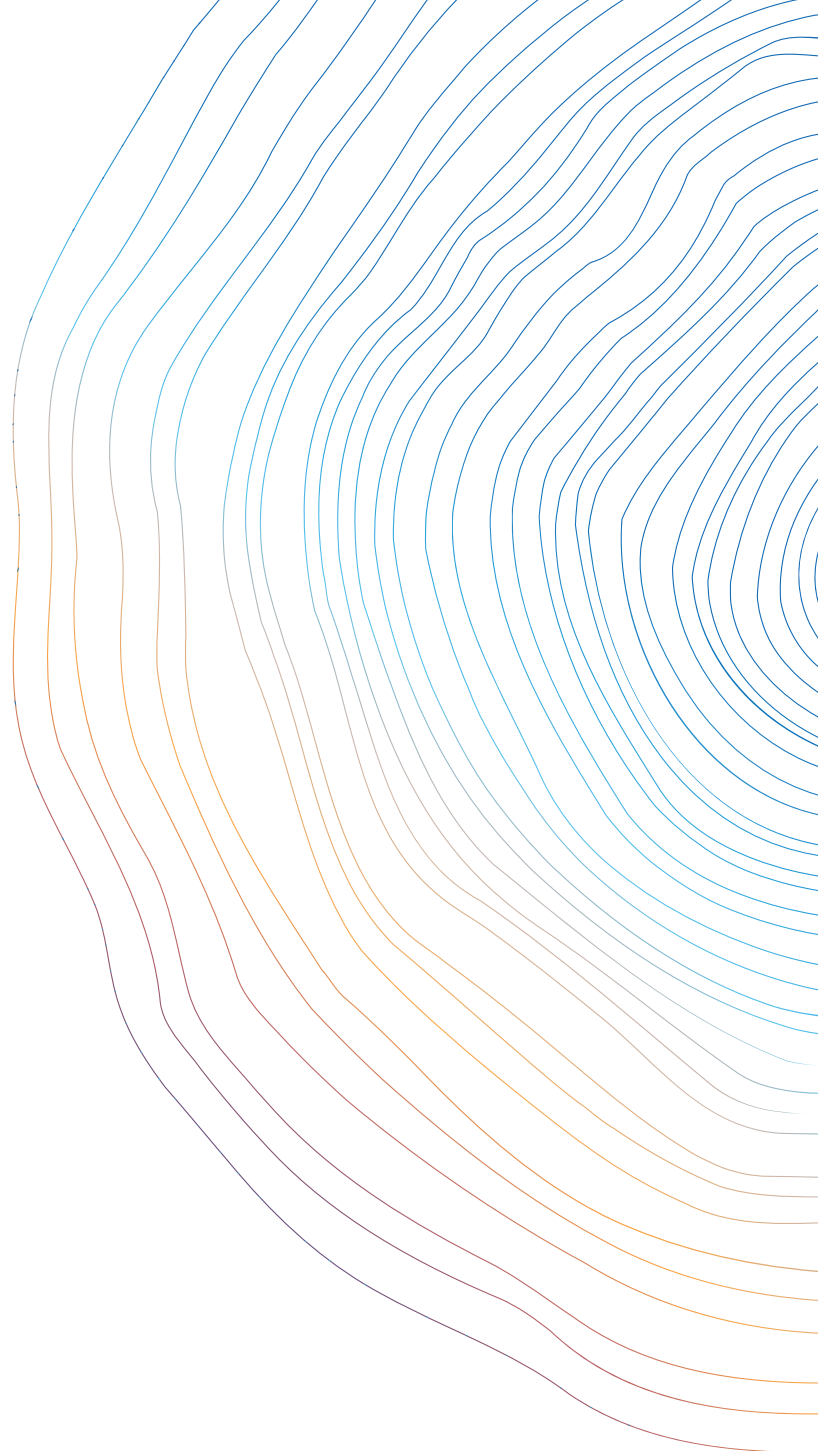
	Zasadniczy cel	Zalecenie	Instrument	Poziom priorytetu	Gotowość	
					Potrzeby finansowe	Zaawansowanie architektury
B19	Zachowanie depozytów CO ₂ w leśnictwie i powrót do szczytowego potencjału obszarów leśnych pod względem pochłaniania CO ₂ (do poziomu z 2005 r.)	Zapewnienie Lasom Państwowym odpowiednich środków finansowych na cele gospodarki leśnej i ochrony lasów oraz inwestycje pomimo spodziewanego spadku przychodów z pozyskiwania drewna w związku z polityką klimatyczną i dążeniem do zachowania bioróżnorodności.	Przegląd dotacji na zalesianie gruntów wiejskich pod kątem zachęt dla (ponownego) zalesiania niewykorzystanych gruntów rolnych. Finansowanie ze środków publicznych zalesień na gruntach państwowych oraz rozbudowy pochłaniaczy w lasach państwowych. Zwiększenie wydatków na działania p-poż. (prewencja i reagowanie) do poziomu prognozowanych potrzeb (450 zł do 2050 r.).	Wysoki	Niskie	Umiarkowane
B20	Spadek wskaźników emisyjności polskich miast	Promowanie zwartej zabudowy na obszarach miejskich poprzez ograniczanie niekontrolowanego rozrastania się miast i zachęcanie do korzystania z transportu publicznego.	Kompleksowe plany zagospodarowania przestrzennego dla obszarów miejskich, inwestycje w transport publiczny.	Średnioterminowe	Niskie	Wysokie
B21	Dwa razy niższe emisje w sektorze gospodarki odpadami	Zmniejszenie ilości odpadów składowanych na wysypiskach (40%), zachęcanie do recyklingu i inwestowanie w wychwyty metanu.	Modernizacja składowisk odpadów; normy gospodarki obiegu zamkniętego dla odpadów budowlanych i rozbiórkowych; inwestycje w zbiorniki fermentacji beztlenowej dla odpadów rolno-spożywczych.	Średnioterminowe	Niskie	Niskie
Pakiet C. Wzmocnienie odporności osób fizycznych i podmiotów gospodarczych						
C1	Pakiet C. Wzmocnienie odporności osób fizycznych i podmiotów gospodarczych	Repurpose national agriculture budgets to incentivize farmers to implement AEMs and CSA practices with a special focus on soil protection and sustainable production method; strengthen farm advisory services (FAS) for agro-climatic forecasts and advisory extension services to accelerate the uptake and upscale of CSAs.	National CAP program; Agricultural subsidies reform; Strengthened Polish agricultural extension and advisory services	Urgent	Low	Weak
C2	Zmniejszenie oczekiwanych skutków dla upraw pozbawionych sztucznego nawadniania	Zwiększenie areału upraw sztucznie nawadnianych powyżej obecnych 2% całkowitej powierzchni uprawnej; rozbudowa i modernizacja systemów odwadniających.	Uzupełnienie źródeł wody deszczowej o nawadnianie oparte na wyższym poborze wód gruntowych; inwestowanie w magazynowanie wody; priorytetowe traktowanie magazynowania na małą skalę, w miastach i w gospodarstwach rolnych, a także rozwiązań opartych na naturze.	Średnioterminowe	Umiarkowane	Wysokie

	Zasadniczy cel	Zalecenie	Instrument	Poziom priorytetu	Gotowość	
					Potrzeby finansowe	Zaawansowanie architektury
C3	Dostosowanie mechanizmów zabezpieczenia społecznego pod kątem osób dotkniętych zmianami klimatu	Wzmocnienie odporności mieszkańców w obliczu zmian klimatu (głównie ludność wiejska i zagrożenie suszą) i gwałtownych zjawisk atmosferycznych (głównie ludność miejska i ryzyko powodziowe) poprzez zapewnienie dodatkowych świadczeń pieniężnych, dostępu do podstawowych usług, źródeł utrzymania i programów gospodarczych w powiązaniu z dofinansowaniem środków produkcji rolnej i narzędzi w przypadku rolników o niskich dochodach.	Opracowanie narzędzi do oceny podatności na zmiany klimatu, wzmocnienie systemu zabezpieczenia społecznego w celu lepszego przygotowania i reagowania na zagrożenia związane z klimatem.	Średnioterminowe	Niskie	Wysokie
C4	Przygotowanie pracowników na zieloną transformację	Przygotowanie przyszłych pracowników na uwarunkowania zielonej transformacji i wzmocnienie ich odporności, ze szczególnym uwzględnieniem osób najbardziej narażonych na negatywne konsekwencje (osoby słabiej wykwalifikowane, przedstawiciele zmarginalizowanych grup społecznych, środowiska o niskich wskaźnikach społeczno-gospodarczych). W tym celu trzeba wytrwale inwestować w rozwój podstawowych umiejętności (w tym społeczno-emocjonalnych) w zakresie edukacji przedszkolnej, w rozwój umiejętności cyfrowych, w szkolnictwo podstawowe i systemy kształcenia i szkolenia zawodowego, co powinno doprowadzić do nadrobienia strat w nauce widocznych w wynikach PISA z 2022 r. i pomóc przyszłym pracownikom dostosować się do zmieniającego się charakteru pracy, podnoszenie świadomości klimatycznej w podstawie programowej i rozwoju nauczycieli. Fundamentem kształcenia ustawicznego są podstawowe umiejętności poznawcze i społeczno-emocjonalne.	Edukacja podstawowa, systemy kształcenia i szkolenia zawodowego, kształcenie ustawiczne, platformy cyfrowe do nauki.	Średnioterminowe	Niskie	Wysokie
C5	Wsparcie działań dostosowawczych w dziedzinie zdrowia publicznego	Działania dostosowawcze w dziedzinie zdrowia publicznego, w tym profilaktyka zdrowotna, utrzymanie i ulepszenie infrastruktury medycznej, wzmocniony nadzór nad występowaniem chorób związanych z klimatem w celu podjęcia adekwatnych interwencji (np. systemy ostrzegania o upałach); a także wykorzystanie systemów i kanałów komunikacji o zasięgu krajowym i lokalnym, w tym kampanii publicznych, dla budowania świadomości.	Krajowy system opieki zdrowotnej.	Średnioterminowe	Niskie	Umiarkowane

	Zasadniczy cel	Zalecenie	Instrument	Poziom priorytetu	Gotowość	
					Potrzeby finansowe	Zaawansowanie architektury
C6	Wzmocnienie ram finansowych i organizacyjnych dla zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi	Usprawnienie zintegrowanego zarządzania zasobami wodnymi, wzmocnienie ram organizacyjnych i zapewnienie odpowiedniego finansowania dla sektora.	Opracowanie mapy drogowej dla zintegrowanej gospodarki wodnej (IWRM); zrewidowanie taryf za wodę.	<i>Pilne</i>	Wysokie	Wysokie
C7	Dalsze oddzielanie wzrostu gospodarczego od zużycia wody	Usprawnienie zarządzania popytem na wodę poprzez m.in. oszczędne gospodarowanie wodą, ponowne wykorzystanie/recykling wody oraz poprawę efektywności wykorzystania wody.	Ponowne wykorzystanie wody przemysłowej, recykling / recyrkulacja w akwakulturze; inwestycje dla ograniczenia ilości wody nieprzynoszącej dochodu (NRW).	Średnioterminowe	Wysokie	Wysokie
C8	Usprawnienie gospodarki wodami gruntowymi w celu wsparcia rolnictwa (przede wszystkim)	Zwiększenie zrównoważonego poboru wód podziemnych.	Zrewidowanie definicji „bezpiecznych poziomów poboru wody” pod kątem lokalnych warunków (w oparciu o szczegółową ocenę).	<i>Pilne</i>	Niskie	Wysokie
C9	Zwiększenie zdolności magazynowania wody	Zbadanie i zaprojektowanie małoskalowych rozwiązań umożliwiających gromadzenie wody opadowej, ze szczególnym uwzględnieniem (a) lokalnego magazynowania na małą skalę w naturalnych zbiornikach na obszarach miejskich, (b) magazynowania na małą i mikroskalę w gospodarstwach rolnych oraz (d) rozwiązań opartych na przyrodzie (naturalne magazynowanie wody, takie jak przywracanie funkcji terenom podmokłym lub zmiana biegu rzek).	Magazynowanie wody na małą skalę w całym kraju z wykorzystaniem obiektów inżynierskich i naturalnych.	<i>Pilne</i>	Umiarkowane	Wysokie
C10	Ochrona miast przed zagrożeniem powodziowym	Zbadanie i zaprojektowanie rozwiązań umożliwiających wykorzystanie elementów zielonej infrastruktury do działań przeciwpowodziowych w miastach.	Naturalne bufory biologiczne (tereny podmokłe, namorzyny, lasy i miejskie tereny zielone), strefy buforowe, zielone dachy i przepuszczalne chodniki.	<i>Pilne</i>	Umiarkowane	Wysokie
C11	Wzmocnienie odporności sieci drogowej na ryzyko powodziowe oraz wysokie temperatury	Utrzymanie infrastruktury drogowej; planowanie nadmiarowości dróg; uwzględnienie ryzyka zagrożeń podczas planowania nowych inwestycji drogowych; branie pod uwagę wzrostu temperatur przy projektowaniu i konserwacji nawierzchni.	Inwestycje w systemy odwadniające i przepusty; rozwiązania w zakresie zielonej (przyrodniczej) oraz szarej infrastruktury do ochrony przeciwpowodziowej; zrewidowane mapy ryzyka; projektowanie nawierzchni pod kątem wyższych temperatur.	Średnioterminowe	Niskie	Wysokie

	Zasadniczy cel	Zalecenie	Instrument	Poziom priorytetu	Gotowość	
					Potrzeby finansowe	Zaawansowanie architektury
C12	Podnoszenie instytucjonalnej i publicznej świadomości co do wagi budowania odporności na zmiany klimatu oraz poprawy jakości powietrza	Rozwój i wzmocnienie nauki własnej oraz wymiany wiedzy wśród JST na tematy takie jak odporność na zmiany klimatu, poprawa jakości powietrza czy ochrona środowiska poprzez oddelegowanie personelu, mechanizmy wzajemnej weryfikacji, programy szkoleniowe i tworzenie stanowisk eko-menedżerów na szczeblu lokalnym/gminnym. Podnoszenie poziomu świadomości społecznej na temat potrzeby budowania odporności klimatycznej i poprawy jakości powietrza poprzez redukcję emisji, ze szczególnym uwzględnieniem poprawy efektywności energetycznej i technologii energooszczędnych w budynkach jednorodzinnych.	Inwestycje w społeczne programy uświadamiające oraz szkolenia i rozwój potencjału kadr administracji publicznej.	Krótkoterminowe	Niskie	Umiarkowane

Załączniki >>



Załączniki

Załącznik 1. Proces wyboru scenariuszy klimatycznych

W przyszłość klimatu wpisana jest naturalna niepewność wynikająca ze zmienności reakcji fizycznych planety, niepewności co do dalszej trajektorii emisji gazów cieplarnianych, a także niepewności, jaka wyziera z rozmaitych prognostycznych modeli klimatycznych sięgających kilka dekad w przód. Dlatego dla celów analizy makroekonomicznej spośród większego zestawu dostępnych scenariuszy klimatycznych wybrano osiem, aby przeanalizować konsekwencje rozmaitych warunków klimatycznych, jakie mogą zaistnieć w przyszłości.

Scenariusze klimatyczne pochodzą z prowadzonego przez Bank Światowy portalu wiedzy o zmianach klimatu (CCKP) i obejmują 29 modeli ogólnej cyrkulacji (GCM) z projektu CMIP6 na bazie zestawu danych wyjściowych Międzyrządowego Zespołu ds. Zmian Klimatu (IPCC). Każdy model GCM uwzględnia do pięciu kombinacji scenariuszy emisji w ramach tzw. Wspólnych Ścieżek Społeczno-Ekonomicznych (ang. Shared Socioeconomic Pathway [SSP]) i Reprezentatywnych Ścieżek Koncentracji (ang. Representative Concentration Pathway [RCP]). Dla każdej kombinacji GCM–SSP z portalu pobrano modelowaną historię od 1995 r. do 2014 r. oraz prognozy od 2015 r. do 2100 r. dla średniej miesięcznej temperatury i opadów oraz rozdzielczości siatki 1x1 st. Z uwagi na stroniczość danych wyjściowych modeli GCM w stosunku do obserwowanych warunków klimatycznych dokonano korekcji biasu i przeprowadzono dezagregację przestrzenną, a następnie zmienne miesięczne interpolowano do dobowych odcinków.

Jako że modele GCM są stronicze pod względem obserwowanych warunków klimatycznych, zastosowano metodę korekcji biasu i dezagregacji przestrzennej (BCSD), aby prognozy poddać dezagregacji do siatki o komórkach 0,5 x 0,5 st., a następnie skorygować je za pomocą obserwowanego historycznego zbioru danych z lat 1995–2000 (zbiór danych CRU TS4.0, Uniwersytet Wschodniej Anglii²⁵⁴). Następnie dane miesięczne poddano interpolacji do dobowego przedziału czasowego na podstawie dziennej historycznej prognozy Uniwersytetu Princeton (Terrestrial Hydrology Research Group)²⁵⁵.

Kierując się wytycznymi Banku Światowego dotyczącymi globalnych scenariuszy wykorzystywanych dla celów krajowych raportów klimatyczno-rozwojowych (Global scenarios for CDDR analyses, 3 lutego 2022 r.), z ośmiu scenariuszy uwzględnionych w badaniu wybrano dwa, by ułatwić porównanie różnych scenariuszy emisji – nazywamy je scenariuszami łagodzenia skutków. W wytycznych przedstawiono dwa następujące scenariusze łagodzenia skutków:

- Multimodel ensemble śr. SSP3-7.0: wariant pesymistyczny. Scenariusz, w którym ocieplenie osiąga 4°C do 2100 r. z powodu ospałej polityki klimatycznej lub zmniejszenia zdolności ekosystemów i oceanów do wychwytywania dwutlenku węgla.
- Multimodel ensemble śr. SSP1-1.9: wariant optymistyczny. Zakłada redukcję emisji gazów cieplarnianych proporcjonalnie do umiarkowanego ocieplenia wynoszącego 1,5°C do 2100 r.

Mając zatem możliwość porównania różnych scenariuszy emisji, pozostałe sześć scenariuszy klimatycznych wybrano w taki sposób, aby uchwycić jak najszerszy zakres konsekwencji wywołanych zmianą klimatu w różnych modelach GCM. W ten sposób można ocenić wrażliwość gospodarki i skuteczność opcji adaptacyjnych dla możliwych wyników modelowania GCM: wilgotno czy sucho oraz gorąco czy ciepło. Następujący zestaw scenariuszy wybrano w oparciu o zmiany w stosunku do klimatu bazowego w porównaniu do okresu między 2051 a 2060 r.

- **Scenariusze „sucho/gorąco”:** trzy scenariusze wokół 10. percentyla zmian średnich opadów (tj. „sucho”) i 90. percentyla zmian średniej temperatury (tj. „gorąco”) dla modeli GCM SSP2-4.5 i SSP3-7.0. Ostateczne wyniki dla kanałów wpływu będą również obejmować średnie skutki klimatyczne trzech wybranych modeli GCM z warunkami „sucho/gorąco”.
- **Scenariusze „wilgotno/ciepło”:** trzy scenariusze wokół 90. percentyla zmian średnich opadów (tj. „wilgotno”) i 10. percentyla zmian średniej temperatury (tj. „ciepło”) dla modeli GCM SSP2-4.5 i SSP3-7.0.

Ostateczne wyniki dla kanałów wpływu będą również obejmować średnie skutki klimatyczne trzech wybranych modeli GCM z warunkami „wilgotno/ciepło”.

Wybrane scenariusze klimatyczne zestawiono w Tabeli A.1. Jak wspomniano, scenariusze łagodzenia skutków służą do porównywania wyników dla kanałów wpływu według scenariuszy rozmaitych wysiłków podejmowanych na całym świecie w celu łagodzenia skutków, podczas gdy scenariusze „sucho/gorąco” i „wilgotno/ciepło” nadają się do badania indywidualnych ścieżek warunków klimatycznych, pokazując górną i dolną granicę szacowanych skutków. Biorąc pod uwagę, że do 2050 r. różnice między dwoma scenariuszami łagodzenia skutków są stosunkowo niewielkie, wyniki przedstawione w niniejszym raporcie koncentrują się przede wszystkim na przewidywanych skutkach w wariacie „sucho/gorąco” i „wilgotno/ciepło”. Dla wszystkich kanałów wpływu wykorzystano te same scenariusze klimatyczne (załącznik 3), z wyjątkiem kanałów dotyczących powodzi rzecznych oraz dróg i mostów. Zarówno analizy powodzi rzecznych, jak i mostów opierają się na danych dotyczących szczytowej wielkości i częstotliwości opadów w ciągu jednej doby, a nie na średnich wielkościach opadów. Ponieważ portal CCKP zawiera te dane wyłącznie dla kombinacji SSP, nie rozważamy przyszłości w wariacie „sucho/gorąco” ani „wilgotno/ciepło”, lecz zamiast tego przeprowadzamy analizę dla mediany (50. percentyl) wyników SSP2-4.5 i 3-7.0. Ponadto skutki dla dróg oceniamy w 55 scenariuszach klimatycznych SSP2-4.5 i SSP3-7.0 (tj. wszystkich modelach GCM SSP2-4.5 i SSP3-7.0 w portalu). Dzięki uruchomieniu tak dużego zestawu przyszłych scenariuszy możemy scharakteryzować zarówno niepewność emisji (tj. SSP), jak i niepewność modelu klimatycznego (tj. różnych modeli GCM). W raporcie przedstawiono tylko 3-7.0, aby pokazać najbardziej ekstremalny scenariusz.

Raport CCDR dla Polski koncentruje się na okresie od chwili obecnej do 2050 r., a przedstawione w nim oddziaływania wskazują, że zmiany klimatu już teraz wpływają na różne aspekty funkcjonowania kraju. Abstrahując od ram czasowych raportu, wszelkie decyzje inwestycyjne na rzecz adaptacji trzeba podejmować dalekowszecznie. Pokazane niżej ryciny zaczerpnięto z portalu CCKP; przedstawiają one średnią temperaturę (górny panel) i opady (dolny panel) w kraju do 2100 r. w różnych kombinacjach ścieżek SSP–RCP. Pogrubiona linia pokazuje średnie z prognoz GCM dla każdej z czterech ścieżek SSP–RCP, natomiast zacieniony obszar wokół

pokazuje pełny zakres prognoz GCM w ramach danej ścieżki RCP. Jak widać na górnym rysunku, średnie temperatury dla zespołu modeli GCM bardzo znacznie się różnią w dekadach od 2050 r. do 2100 r., co sugeruje, że możliwe skutki wzrostu temperatury mogą się zdecydowanie nasilić po 2050 r. Ma to szczególne znaczenie dla tych kanałów wpływu, w przypadku których przekroczenie określonego progu temperatury jest istotne (np. stres cieplny odczuwany przez pracowników). W przypadku opadów zmiana po 2050 r. jest mniej wyraźna, ponieważ średnie dla zespołu modeli GCM nie zmieniają się w stosunku do opadów bazowych tak znacząco jak temperatura, ale zakres opadów prognozowanych w pełnym zakresie modeli GCM rośnie do połowy wieku, z średnio prognozowaną niewielką tendencją spadkową.

TABELA A1.1. Wybrane scenariusze klimatyczne

Typ	Scenariusz
Łagodzenie skutków	Średnia SSP1-1.9
	Średnia SSP3-7.0
Przyszłość: warunki „sucho i gorąco”	SSP3-7.0 CMCC-ESM2
	SSP2-4.5 EC-EARTH3
	SSP3-7.0 CNRM-ESM2-1
Przyszłość: warunki „wilgotno i ciepło”	SSP3-7.0 MPI-ESM1-2-HR
	SSP3-7.0 NORESM2-LM
	SSP2-4.5 MRI-ESM2-0

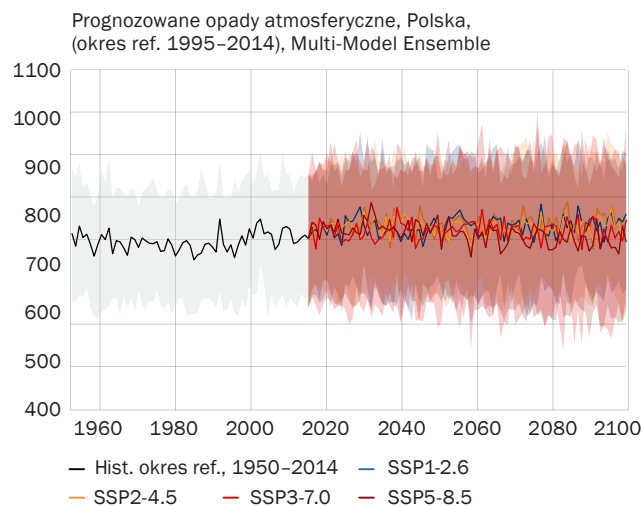
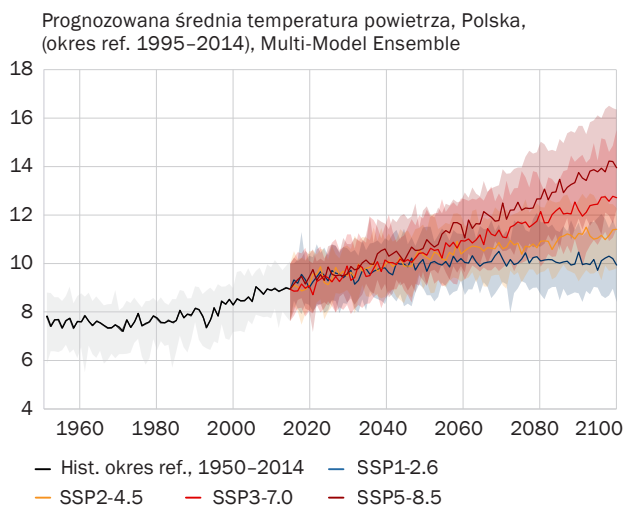
Źródło: Raport IEc dla Polski.

TABELA A1.2. Zmiana średniej temperatury w kraju w kolejnych dekadach w stosunku do wartości bazowej (1995-2020)

Scenariusz	Dekada po 2020 r.	Dekada po 2030 r.	Dekada po 2040 r.
Śr. „sucho/gorąco”	+0,38 °C	+1,05 °C	+1,68 °C
Śr. „wilgotno/ciepło”	+0,70 °C	+0,70 °C	+1,04 °C

Źródło: Opracowanie własne na podstawie World Bank CCKP.

RYCINA A1.1. Zmienne dotyczące klimatu (temperatura powietrza i opady) dla różnych ścieżek SSP–RCP w Polsce



Źródło: Portal CCKP w Banku Światowym.

Załącznik 2. Modelowanie i założenia makroekonomiczne

W Banku Światowym powstał model makroekonomiczny umożliwiający zintegrowaną analizę scenariuszy klimatycznych, adaptacyjnych i łagodzących skutki, wraz z mechanizmami finansowania, z perspektywy kluczowych agregatów makroekonomicznych. Model MANAGE (Mitigation, Adaptation and New Technologies Applied General Equilibrium) to rekurencyjny, dynamiczny model równowagi ogólnej (CGE) zaprojektowany z myślą o energii, emisjach i zmianach klimatu w skali jednego kraju. Zmiany klimatu mogą wpływać na polską gospodarkę w sposób bezpośredni i pośredni. Oddziaływania bezpośrednie – takie jak stres cieplny, wstrząsy dla infrastruktury i produkcji rolnej oraz ekstremalne zdarzenia, np. powodzie – wprowadza się do modeli makro i mikro wektorem szkód (tj. oddziaływanie na produktywność sektorów i wydajność siły roboczej, podaż siły roboczej i kapitału) oszacowanych w modelu biofizycznym (załącznik 3). Oddziaływania pośrednie wędrują różnymi drogami, m.in. przez powiązania produkcyjne, substytucję czynników produkcji i mobilność międzysektorową, a także ramy fiskalne i handel.

Model MANAGE jest na tyle elastyczny i szczegółowy, że pozwala uwzględnić szeroki zakres „pasów transmisyjnych”, za pomocą których wstrząsy klimatyczne wywierają swój wpływ, a także uchwycić konsekwencje w kilku wymiarach, takich jak: rachunki narodowe (PKB, konsumpcja i inwestycje), ramy fiskalne (dochody sektora instytucji rządowych i samorządowych, deficyt i zadłużenie), rachunek zewnętrzny (handel, inwestycje zagraniczne i rachunek bieżący), a także efekty dystrybucyjne dla poszczególnych branż, czynników produkcji i gospodarstw domowych, podpowiadając, które z nich mogą najbardziej ucierpieć. Działania dotyczące klimatu wprowadza się za pomocą scenariuszy polityki adaptacyjnej i łagodzenia skutków, które uwzględniają implikacje różnych opcji finansowania i dzięki temu naświetlają obszary kompromisu. Przeprowadzono szczegółową analizę podaży i popytu na energię, uwzględniając różne źródła wytwarzania energii elektrycznej i ich miejsce w koszyku energetycznym. Wreszcie, model został skonfigurowany w taki sposób, by śledzić ewolucję emisji gazów cieplarnianych według ich rodzaju i źródła.

Kluczowe prognozy wzrostu gospodarczego powstały z zastosowaniem pomocniczych modeli makroekonomicznych, takich jak MFMod (na podstawie którego Bank Światowy sporządza makroekonomiczne prognozy ubóstwa) oraz World Bank Long Term Growth Model (wykorzystany dla potrzeb krajowego raportu Country Economic Memorandum of Poland w 2022 r.). Polska ma perspektywy prężnego wzrostu gospodarczego w długim okresie pod warunkiem, że zostaną zrealizowane reformy o charakterze strukturalnym, przy czym tempo wzrostu nieco spowolni pod koniec analizowanego okresu w miarę skracania dystansu w poziomie życia do średniej UE. Na potrzeby raportu CCDR przyjęto prognozę średniej stopy wzrostu na lata 2023-2050 na poziomie ok. 1,7 proc., co jest wskaźnikiem dość konserwatywnym w porównaniu do: (i) wartości 3,8 proc. notowanej w latach 2000-2020, z uwagi na spodziewane spowolnienie tempa wzrostu wraz z konwergencją poziomu życia; (ii) potencjalnego wzrostu o 2,0 proc. w ciągu następnej dekady (2023-2030); jest to wartość zasadniczo porównywalna – choć nieco wyższa – od prognoz KE; (iii) średniej 1,5 proc. w horyzoncie 2023-2050, na której bazują symulacje zawarte w wieloletniej strategii rozwoju kraju. Modelowane trendy demograficzne są zbieżne ze scenariuszami ludnościowymi Eurostatu, które przewidują zmianę liczebności populacji o -0,5% do 2050 r. Dodatkowo uchodźcy z Ukrainy w liczbie około 1,5 miliona zostali uwzględnieni zgodnie z najnowszymi danymi bazowymi z 2023 r. Dodatkowe założenia obejmują przestrzeganie reguły fiskalnej UE w średnim i długim okresie (tj. dług publiczny poniżej 60 proc. PKB z konwergencją do 3 proc. pułapu deficytu fiskalnego). Jak wskazano wcześniej w treści raportu, opisane tutaj scenariusze mają charakter poglądowy i są obciążone znacząco niepewnością.

Wreszcie, charakterystyka przedstawionych w raporcie wyników wygląda następująco: (1) analiza dekarbonizacji mierzy odchylenia od scenariusza obecnej polityki (kurs BZ [KPEiK, zgodnie z omówieniem zawartym w Rozdziale 3] w porównaniu do ZEN2050); (2) wyniki dotyczące szkód i działań dostosowawczych modelowano według scenariusza ZEN2050, przedstawiając korzyści (kosztowe) z (nie)odpornej ścieżki wzrostu ZEN2050 dla poszczególnych kanałów wpływu; (3) wyniki dotyczące zanieczyszczenia powietrza zaprezentowane w odniesieniu do scenariusza bazowego bez dekarbonizacji (gdyby koszyk energetyczny w przyszłości pozostał taki jak jest teraz) (por. Ramka A1). W Tabeli A.3 zestawiono główne agregaty makroekonomiczne dla okresu objętego modelowaniem.

RAMKA A2.1. Pomiar wpływu jakości powietrza na wzrost gospodarczy, z wykorzystaniem modelu MANAGE

Przystępując do modelowania związku przyczynowo-skutkowego między spadkiem zanieczyszczeń powietrza a wzrostem gospodarczym trzeba przyjąć szereg założeń.

Po pierwsze, w odniesieniu do wyboru scenariusza referencyjnego, głównym źródłem zanieczyszczeń powietrza w Polsce jest spalanie biomasy w budynkach mieszkalnych. W scenariuszu ZEN2050 zużycie biomasy maleje do zera, co stanowi wyzwanie o tyle, że biomasa w modelu MANAGE nie jest ujmowana indywidualnie, ale jako część produkcji leśnej i drzewnej. W związku z tym trudniej jest przewidzieć dynamikę zanieczyszczeń powietrza spowodowanych spalaniem biomasy, ponieważ krzywa zużycia drewna tylko częściowo wynika ze zużycia biomasy. Sytuację dodatkowo komplikuje scenariusz kontynuacji dotychczasowej polityki, w którym zużycie biomasy początkowo rośnie, a następnie maleje, co oznacza, że gospodarstwa domowe wymieniają stare kotły grzewcze na nowe, o potencjalnie niższych współczynnikach zanieczyszczenia powietrza, przez co dane historyczne nie nadają się do modelowania.

Aby temu zaradzić przyjęto, że w scenariuszu ZEN2050 emisje ze zużycia biomasy w gospodarstwach domowych liniowo spadają do zera, co odzwierciedla dynamikę prognozowaną w modelu KINESYS. W rezultacie wartości zanieczyszczeń powietrza w odniesieniu do roku bazowego można podawać w scenariuszu ZEN2050, ale nie w scenariuszu BZ ze względu na zmienność zużycia biomasy i niemożność odzwierciedlenia nowych kotłów grzewczych. Podejście to przedstawia zatem górną granicę wpływu.

Po drugie, brak jest danych pokazujących elastyczność wydajności pracy względem zanieczyszczenia powietrza konkretnie dla Polski. Ostatecznie zastosowano współczynnik 0,25 na podstawie porównywalnych przypadków i piśmiennictwa.

Modelowaniu towarzyszy daleko idąca niepewność co do dalszego rozwoju sytuacji pod względem zmian klimatu, technologii, polityk i ścieżek rozwoju. Uzyskane wyniki skwantyfikowano przy użyciu licznych założeń, aby przybliżyć obraz wyzwań i kompromisów. Jednak odpowiedzi nie są ostateczne, a do konkretnych wartości liczbowych należy podchodzić ostrożnie. Kluczowe zastrzeżenia i ograniczenia modelowania przedstawiono w skrócie poniżej.

- **Brakujące kanały wpływu i ścieżki oddziaływania:** liczba potencjalnych kanałów i ścieżek oddziaływania jest bardzo wysoka, jednak na potrzeby niniejszego raportu do modelu wpisano ich tylko dziesięć, więc szacunki wpływu na PKB nie są wyczerpujące. Część istotnych ścieżek, np. wpływ zmian klimatu na odżywianie i poziom wykształcenia, bardzo trudno jest modelować, chociaż rodzą znaczące i utrzymujące się przez całe życie konsekwencje dla zdrowia, uczenia się, produktywności i zarobków.
- **Czynniki potęgujące:** modelowanie makroekonomiczne zatrzymuje się na 2050 roku i nie obejmuje potencjalnych czynników potęgujących, takich jak możliwość załamania ekosystemu czy przyspieszenia emigracji spowodowanej zmianami klimatu. Ryzyko urzeczywistnienia się tych czynników jest znaczne, zwłaszcza po 2050 r., jeśli nie uda się szybko obniżyć globalnych emisji.
- **Niepełne odzwierciedlenie pozytywnego wpływu inkluzywnych mechanizmów rozwoju:** model w bardzo niewielkim stopniu uwzględnia to, że dzięki wyższym dochodom, lepszemu dostępowi do infrastruktury (zasilanie wentylatorów, wodociągi i kanalizacja, opieka zdrowotna) oraz dodatkowym środkom finansowym (np. dostęp do finansowania i ubezpieczeń oraz silna ochrona socjalna) gospodarstwa domowe i podmioty gospodarcze będą mogły się skuteczniej zaadaptować do wstrząsów wywołanych zmianą klimatu i złagodzić odczuwalne skutki.

TABELA A2.1. Główne agregaty makroekonomiczne ZEN (2021-2050)

		2021	2030	2040	2050
Dochód narodowy (stały 2021 r.)	Realny PKB (mld zł)	2293,20	2842,31	3407,96	3860,47
	Realny PKB (mld dol.)	568,19	704,24	844,39	956,51
	Realny PKB per capita (dol.)	14924,78	18870,29	23599,51	27676,76
	Realne spożycie gospodarstw domowych per capita (dol.)	8581,94	10564,95	13658,93	16978,20
Średni roczny wzrost gospodarczy, %	Realny PKB		2,41%	1,83%	1,25%
	Realny PKB per capita		2,63%	2,25%	1,60%
Udział sektorów gospodarki w PKB (% PKB)	Rolnictwo	4,3%	4,0%	3,6%	2,4%
	Przemysł i budownictwo	31,5%	33,5%	32,5%	31,4%
	Usługi	64,2%	62,4%	63,8%	66,3%
Agregaty fiskalne (% PKB)	Dochody podatkowe	35,1%	37,8%	37,5%	40,9%
	Wydatki ogółem	41,8%	41,1%	41,8%	43,1%
	Zewnętrzny dług publiczny	12,0%	8,9%	6,7%	5,3%
Ludność i zatrudnienie	Liczba ludności (mln)	38,07	37,32	35,78	34,56
	Stopa wzrostu liczby ludności (%)		-0,22%	-0,42%	-0,35%

Źródło: Szacunki własne Banku Światowego, wyniki modelu MANAGE.

Uwagi: Zmienne dochodu narodowego przedstawiono po wyrównaniu.

(1) średni roczny wzrost od zakończenia poprzedniego okresu.

Załącznik 3. Modelowanie wstrząsów klimatycznych oraz działań dostosowawczych

Pomiar wpływu zmian klimatu na gospodarkę

W analizie uwzględniono kanały wpływu mogące wywołać krajowe wstrząsy makroekonomiczne. Wstrząsy te zostały oszacowane przez Industrial Economics (IEc). Można je z grubsza podzielić na trzy kategorie: (i) kapitał ludzki, (ii) rolnictwo i zasoby naturalne oraz (iii) infrastruktura i usługi.

Kanały wpływu wyłoniono w czteroetapowym procesie: (i) uzyskanie historycznych i prognozowanych klimatycznych danych gridowych dla zestawu scenariuszy klimatycznych; (ii) dobór, dopasowanie i/lub przygotowanie modeli biofizycznych celem przekształcenia zmian danych klimatycznych we wstrząsy biofizyczne (np. zmiana wydajności plonów); (iii) agregowanie wstrząsów biofizycznych z poziomu siatki do poziomu krajowego i/lub sektorowego przy użyciu danych geo-przestrzennych o wysokiej rozdzielczości; oraz (iv) wygenerowanie wstrząsów, które zostaną wprowadzone do krajowego modelu makroekonomicznego. Wyniki są agregowane albo względem nakładów w skali całego kraju (np. kapitał lub praca), albo względem sektorów gospodarki (np. rolnictwo), zgodnie z rozdzielczością modelu. W przedmiotowej analizie uwzględniono sześć kanałów wpływu. Tabela A4 zawiera ogólny opis każdego z nich w podziale na kategorie. Wstrząsy w ramach każdego kanału obliczono na podstawie zmian zmiennych klimatycznych (np. miesięcznych opadów lub maksymalnej dobowej temperatury powietrza) w 30-letnim okresie objętym raportem CCDR (2021 – 2050) w stosunku do linii bazowej z lat 1995 – 2020. Wstrząsy te zostaną następnie wprowadzone do krajowego modelu makroekonomicznego.

Oprócz wstrząsów dla potrzeb modelu makroekonomicznego wygenerowano również wstrząsy klimatyczne w celu oszacowania wpływu na wskaźniki ubóstwa. Przy obliczaniu wstrząsów dotyczących ubóstwa zastosowano to samo podejście, co w przypadku wstrząsów makroekonomicznych (te same modele, dane wejściowe i założenia), ale wyników nie zagregowano do skali krajowej. Zamiast tego podano je w większej rozdzielczości, zbieżnej z dostępnymi mikro-danymi na temat ubóstwa. W miarę możliwości mikro-dane dotyczące ubóstwa będą również wykorzystywane do kształtowania danych wejściowych oraz założeń dla modelowania ogólnego kanału wpływu.

Kanały wpływu oparto na stylizowanych modelach biofizycznych uwzględniających informacje i prognozy klimatyczne oraz stymulujących zmiany zmiennych biofizycznych (np. natężenia przepływu lub warunków infrastrukturalnych) i/lub społeczno-gospodarczych (np. godzin podaży pracy). Zmienne te są następnie przekształcane w dane dla modelu makroekonomicznego. Jak wspomniano, modele biofizyczne są dostosowywane do kontekstu danego kraju. Można to osiągnąć wykorzystując specyficzne dla danego kraju dane wejściowe oraz zasadnicze założenia sformułowane przez krajowych ekspertów i na bazie dostępnej literatury, a także kalibrując dane wyjściowe (wyniki) przy użyciu danych lokalnych. Wreszcie, wzięto pod uwagę alternatywne scenariusze z uwzględnieniem decyzji politycznych i inwestycyjnych (czy to w kontekście adaptacji do zmian klimatu czy rozwoju kraju w ogólności), odpowiednio modyfikując dane wejściowe i założenia (2.2).

TABELA A3.1. Sześć kanałów wpływu

Kanał wpływu	Opis
Kapitał ludzki	
1	Stres cieplny odczuwany przez pracowników Wstrząs dla wydajności pracy spowodowany codziennym stresem cieplnym u pracowników pracujących w pomieszczeniach i na zewnątrz. Uwzględnia opracowane przez Międzynarodową Organizację Pracy (MOP) krzywe specyficzne dla danego zawodu.
Rolnictwo i zasoby naturalne	
2	Uprawy bez sztucznego nawadniania Wstrząs dla przychodów z upraw na skutek zmian w wydajności plonów. Na podstawie typowych dla poszczególnych upraw funkcji reakcji plonów na dostępność opadów i stres cieplny, opracowanych przez Organizację Narodów Zjednoczonych do spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO).

Kanał wpływu	Opis
3 Erozja	Wstrząs dla upraw spowodowany erozją wierzchniej warstwy gleby i powodzią wynikającymi z warunków wegetacji. Wpływ zmian opadów na erozyjność w oparciu o model RUSLE.
4 Żywy inwentarz	Wstrząs dla przychodów z żywego inwentarza na skutek zmian produktywności w zależności od gatunku oraz produktu. Uwzględniono wpływ ekstremalnych upałów i dostępności paszy poprzez krzywe specyficzne dla poszczególnych gatunków zwierząt.
Infrastruktura i usługi	
5 Powodzie rzeczne	Wstrząs dla kapitału spowodowany zmianami w występowaniu opadów nawałnych, które skutkują powodzią rzecznych. Uwzględniono modelowanie przepływów i terenów zalewowych oraz szacowanie szkodowości z wykorzystaniem krzywych ilustrujących głębokość szkód.
6 Drogi i mosty	Wstrząs dla kapitału wynikający ze zmian w szkodach majątkowych spowodowanych 25-letnimi, 50-letnimi i 100-letnimi powodzią i ekstremalnymi opadami atmosferycznymi.

Źródło: Raport IEc 2024.

Pomiar wpływu działań adaptacyjnych w ramach odpornej ścieżki ZEN2050

Twórcy raportu CCDR modelują korzyści (tj. spadek strat PKB) i koszty interwencji o wysokim potencjale adaptacyjnym dla wszystkich kanałów wpływu (szczegółowy opis w Tabeli A5 poniżej, podsumowanie wyników i kosztów w Tabeli A6):

- 1. Adaptacja cieplna zakładu m.in.** szersze wykorzystanie technologii chłodzących przez osoby pracujące w pomieszczeniach oraz wzrost mechanizacji rolnictwa, skutkujący spadkiem pracochłonności. Stres cieplny może również wypchnąć wrażliwe grupy z rolnictwa w kierunku obszarów miejskich. Ogólnie rzecz biorąc, wpływ stresu cieplnego na wydajność stopniowo słabnie, zwłaszcza z początkiem dekady 2041-2050.
- 2. Adaptacja w zakresie upraw sztucznie nawadnianych i tych pozbawionych sztucznego nawodnienia zakładu m.in.** budowę nowej infrastruktury nawadniającej w celu rozwiązania problemu niedoboru wody dla najważniejszych upraw oraz poprawę wydajności nawadniania. W związku ze zmianami klimatu plony mogą uciec na skutek zmian w schematach opadów deszczu i dostępności wody do nawadniania, rosnącego zapotrzebowania na parowanie i ekstremalnych upałów towarzyszących wzrostowi temperatur.
- 3. Zwierzęta gospodarskie.** Hodowla zwierząt jest istotną składową polskiego sektora rolnego; w 2022 r. stanowiła 59,4 proc. komercyjnej produkcji rolnej. Zmiany klimatu stwarzają ryzyko dla produkcji zwierzęcej zarówno ze względu na skutki bezpośrednie, jak i pośrednie. Rosnący stres cieplny u zwierząt (efekt bezpośredni) powoduje spadek wydajności, podczas gdy zmiany klimatu mogą również potencjalnie ograniczać dostępność źródeł paszy (efekt pośredni), co przełoży się na niższe spożycie energii i spadek wydajności.
- 4. Adaptacja w zakresie erozji gleby.** Historyczne mapy ryzyka erozji wskazują na podatność Polski na erozję wodną. Utrata gleby na skutek erozji wierzchniej warstwy gleby może zmniejszyć ilość składników odżywczych dostępnych dla roślin uprawnych, o ile niedobory nie zostaną uzupełnione nawozami.
- 5. Powodzie rzeczne.** Polska jest mocno narażona na występowanie powodzi rzecznych, które niejednokrotnie powodowały uszkodzenia infrastruktury krytycznej i utratę życia. Zlewnie dwóch głównych rzek odpowiedzialnych za powodzie – Odry i Wisły – obejmują odpowiednio 34 proc. i 54 proc. powierzchni kraju. Co więcej, rozwój upraw i osadnictwa na obszarach zagrożonych powodzią poprzez wykorzystanie sztucznych wałów przeciwpowodziowych oznacza wzrost potencjalnych powodziowych szkód majątkowych. Zmiany klimatu mogą zaostrzyć sytuację pod względem częstotliwości, intensywności i czasu trwania zjawisk burzowych.

6. Drogi i mosty. Polska dysponuje rozległą i dobrze utrzymaną siecią transportową, która umożliwia sprawny przepływ towarów i osób na terenie całego kraju. Zmiany klimatu mogą wpływać na infrastrukturę drogową na wiele sposobów, m.in. przez wzrost temperatur oraz nasilenie opadów i powodzi, które przyspieszają degradację stanu dróg, co nie pozostaje bez wpływu na koszty napraw i utrzymania infrastruktury oraz powoduje opóźnienia dla pasażerów. Infrastruktura mostowa ma kluczowe znaczenie dla przepływu towarów i osób na terenie całego kraju.

Działaniom tym powinny towarzyszyć ukierunkowane inicjatywy dotyczące inwestycji związanych z klimatem, m.in.:

- Przeprowadzanie okresowych ocen ryzyka dla aktywów publicznych i zobowiązań warunkowych sektora instytucji rządowych i samorządowych oraz rozwój mechanizmów rynkowych i instrumentów ubezpieczeniowych.
- Poprawa efektywności inwestycji publicznych odpornych na zmiany klimatu poprzez: (i) systematyczne oznaczanie i monitorowanie takich wydatków w budżetach władz krajowych i lokalnych; oraz (ii) ocenę projektów przy użyciu stopy dyskontowej powiązanej z dobrem publicznym/społecznym (w odróżnieniu od rynkowej stopy dyskontowej) w celu usprawnienia szybkich interwencji.
- Wdrożenie procedur zielonych zamówień publicznych, np. norm budowlanych i przepisów regulujących gospodarkę gruntami, które jednoznacznie uwzględniają zagrożenia klimatyczne (w tym w spółkach skarbu państwa).
- Wzmocnienie ram prawnych partnerstwa publiczno-prywatnego (PPP) w celu stworzenia zachęt do większego udziału sektora prywatnego w projektach infrastrukturalnych ukierunkowanych na wzmocnienie odporności na zmiany klimatu poprzez instrumenty podziału ryzyka związanego z inwestycjami w nowe technologie, innowacyjne praktyki biznesowe i wrażliwe klimatycznie umowy oparte na wynikach.
- Rozważenie wprowadzenia zachęt podatkowych w celu zachęcenia prywatnych operatorów do wydawania większych kwot na poprawę odporności aktywów własnych lub do zwiększenia inwestycji w dobro publiczne w ramach społecznej odpowiedzialności biznesu.

TABELA A3.2. Modelowanie adaptacji do zmian klimatu/kluczowe założenia

Adaptacja	Hipotezy
Kanał wpływu: Stres cieplny	
<p>Zakłada się, że do 2050 r. nastąpi wzrost mechanizacji w rolnictwie z 3,4% do 15%, a część pracochłonnych zawodów rolniczych ulegnie przekształceniu w kierunku niższej intensywności zadań i mniejszej ekspozycji na temperatury zewnętrzne.</p> <p>Dodatkowo, zakłada się zwiększone inwestycje w chłodzenie (tj. klimatyzację) – z 0,8% pracowników pracujących w pomieszczeniach obecnie do 25% w 2050 r.</p>	<p>Narażenie na oddziaływanie czynników zewnętrznych w poszczególnych zawodach oszacowano na podstawie badania Occupational Requirements Survey przeprowadzonego przez amerykańskie Biuro Statystyki Pracy (BLS 2022). Najbardziej narażone na warunki zewnętrzne są osoby wykonujące prace proste (94-procentowa ekspozycja); w przypadku robotników wykwalifikowanych ekspozycja waha się od 50 do 81 procent; a wszystkie inne zawody mieszczą się w przedziale od 5 a 30 proc. ekspozycji na warunki zewnętrzne.</p> <p>Dla każdego sektora wyliczono wstrząsy dla wydajności pracy w oparciu o względną liczbę godzin w zawodach w każdej branży i stopień ekspozycji na pracę na zewnątrz. Wskaźniki zatrudnienia według zawodu i sektora na podstawie krajowego badania siły roboczej (LFS) z 2021 r., za danymi statystycznymi Międzynarodowej Organizacji Pracy.</p>

Kanał wpływu: Plony z upraw sztucznie nawadnianych i pozbawionych sztucznego nawodnienia

Najpierw zidentyfikowano uprawy reprezentatywne dla kraju, tj. generujące co najmniej 80 proc. przychodów z produkcji rolnej ogółem i stanowiące co najmniej 80 proc. krajowego arealu zbiorów. Dla każdej uprawy zebrano dane dotyczące arealu zbiorów, produkcji, plonów, przychodów i nawadniania (na podstawie dostępnych źródeł). Jeśli chodzi o dostępność wody zastosowaliśmy metody udokumentowane przez Organizację ds. Wyżywienia i Rolnictwa w opracowaniu zat. Irrigation and Drainage Paper 66, gdzie plony z upraw pozbawionych sztucznego nawadniania szacuje się z wykorzystaniem współczynników wrażliwości danej uprawy na wodę oraz efektywnych opadów i potencjalnej ewapotranspiracji. W przypadku upraw nawadnianych do analizy dostępności wody dodatkowo zastosowano model systemu wodnego WEAP (Water Evaluation And Planning). Następnie, na podstawie oszacowanych z pomocą modelu systemu wodnego wartości niezaspokojonego zapotrzebowania na wodę w skali zlewni przeprowadzono kwantyfikację spadku plonów, analogicznie jak w przypadku roślin uprawianych bez sztucznego nawodnienia.

Przechodząc do stresu cieplnego, wpływ ekstremalnych upałów na plony został zamodelowany przy użyciu modelu AquaCrop, który bada niekorzystne skutki temperatur wyższych od optymalnych w fazie kwitnienia roślin. Na koniec, wstrząsy związane z dostępnością wody i wartościami temperatury zsumowano w pojedynczy wstrząs dla poszczególnych upraw, przy czym skutki te zostały zagregowane na poziomie krajowym w oparciu o przestrzenne rozmieszczenie produkcji roślinnej. Wstrząsy specyficzne dla rodzaju upraw zostały również zagregowane w całkowity wstrząs produkcyjny po zważeniu poziomie przychodów z upraw.

Kanał wpływu: Żywy inwentarz

Skutki bezpośrednie oszacowaliśmy przy użyciu zestawu specyficznych równań dla mleka i jaj, które odnoszą się do dziennego wskaźnika temperatury i wilgotności jako wskaźnika stresu cieplnego, ze stratami produktywności opartymi na progach tolerancji na ciepło. Obliczanie wskaźnika temperatury i wilgotności różni się w zależności od gatunku i wymaga danych dotyczących temperatury powietrza, temperatury mokrego termometru i wilgotności względnej. Skutki pośrednie oszacowaliśmy w oparciu o zmiany w produktywności użytków zielonych wpływające na odsetek zwierząt gospodarskich żywionych na pastwiskach.

Produktywność pastwisk w zakresie dostępności wody modelujemy za dokumentem Organizacji ds. Wyżywienia i Rolnictwa zat. Irrigation and Drainage Paper 66, a w zakresie wpływu stresu cieplnego na trawy przy użyciu modelu AquaCrop, który bada niekorzystne skutki temperatur wyższych od optymalnych w fazie kwitnienia roślin. Spadek dostępności paszy przekłada się na zmiany energii metabolicznej, prowadząc do spowolnienia metabolizmu reprezentującego bezpośrednio straty w produkcji mięsa. Poszczególne skutki zagregowano w skali kraju w oparciu o pogłowie zwierząt gospodarskich według regionu oraz przychody z każdego z produktów.

Zamodelowano trzy scenariusze:

- (1) Zakładamy kontynuację inwestycji w usprawnianie systemów nawadniających z zamianą nawadniania powierzchniowego (zakładana wydajność 50 proc.) na nawadnianie tryskaczowe (zakładana wydajność 80 proc.) do 2030 r. Następnie wydajność pozostaje na stałym poziomie do 2050 r.
- (2) Zakładamy, że w 15 zlewniach o najwyższym odsetku arealu pozbawionego sztucznego nawadniania 10 proc. arealu zostanie objęte systemami nawadniającymi. W tym scenariuszu całkowity nawadniany obszar roślinie liniowo z 70 699 hektarów w 2021 r. do 539 373 hektarów w 2030 r., po czym całkowita liczba nawadnianych hektarów pozostaje stała do 2050 r.
- (3) Zakładamy, że zmaterializują się interwencje przewidziane zarówno w scenariuszu 1., jak i scenariuszu 2.
- (4) Zakładamy, że zmaterializują się interwencje przewidziane zarówno w scenariuszu 1., jak i scenariuszu 2. Ponadto zakładamy, że całe niezaspokojone zapotrzebowanie na wodę zostanie zaspokojone (np. dzięki inwestycjom w magazynowanie lub pompowanie wód gruntowych).

Kanał wpływu: Erozja gleby

Straty erozyjne gleby prognozujemy za pomocą uniwersalnego równania strat glebowych (RUSLE), do którego potrzebne jest pięć kluczowych danych wejściowych, takich jak erozyjność opadu i spływów oraz parametry klimatyczne i gruntowe, a także wskaźniki związane z zabiegami przeciwerozynnymi i zarządzaniem na poziomie gospodarstwa. Ogólnie rzecz biorąc obszary nieprzepuszczalne (np. powierzchnie skaliste lub zbiorniki wodne) oraz obszary o średnim nachyleniu przekraczającym 20 proc. zostały wyłączone z analizy, ponieważ w ich przypadku erozja jest zwykle niewielka lub jej prognozowanie w modelu RUSLE jest obciążone wysoką niepewnością.

Zakłada się, że interwencje te rozpoczną się w 2025 r. i do 2050 r. zostaną wdrożone w skali 4 proc.

Zabiegi upraw konserwujących w celu zmniejszenia erozji i utraty wierzchniej warstwy gleby, w tym uprawa bezorkowa i ściółkowanie resztkami poźniwnymi wdrożone w skali 4 proc. do 2050 r. Ściółkowanie resztkami poźniwnymi, czyli pozostawianie odpowiedniej ilości resztek poźniwnych na ziemi po zbiorach, pozwala ograniczyć erozję powierzchniową i żłobinową.

Kanał wpływu: Powodzie rzeczne

Opracowano mapy zagrożenia powodziowego wskazujące obszary o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia powodzi o określonej częstotliwości w wariacie bazowym i w wariacie zmian klimatu. Wyniki mapowania zagrożenia powodziowego obejmują wskaźniki takie jak zasięg i głębokość wód powodziowych, które następnie wykorzystuje się do szacowania szkód infrastrukturalnych. Analizę przeprowadza się dla każdego przedmiotowego okresu, scenariusza klimatycznego i częstotliwości zdarzenia, a rozdzielczość przestrzenna wyników zależy od dostępnych danych hydrologicznych i danych o rozmieszczeniu obiektów infrastrukturalnych. Uzyskane wyniki agreguje się do skali krajowej, by zaprognozować zakres oczekiwanych szkód majątkowych w porównaniu z historycznym poziomem referencyjnym (lata 1995–2020).

Zakłada się, że wszystkie nowe obiekty infrastrukturalne będą konstruowane zgodnie z wyższymi normami architektonicznymi niż obecnie, opartymi na obecnych parametrach powodzi 20-letniej.

Kanał wpływu: Drogi i mosty

W odniesieniu do dróg analizujemy wpływ zmian klimatu w postaci wyższych kosztów napraw i konserwacji ponoszonych w wyniku szkód klimatycznych. Dodatkowe naprawy i konserwacja mogą wynikać z przyspieszonego starzenia się lepiszcza, koleinowania asfaltu, deformacji uszczelki z powodu temperatury, zmniejszonej nośności z powodu zwiększonej wilgoci z opadów atmosferycznych oraz podmywania i zalewania w wyniku powodzi. Koszty napraw i konserwacji infrastruktury drogowej opierają się na założeniach dotyczących kosztów jednostkowych.

Drogi: zakłada się wdrożenie prewencyjnych zabiegów odpornościowych na całej sieci drogowej – w momencie, gdy kończy się okres eksploatacji istniejącej infrastruktury albo gdy potrzebna jest renowacja na skutek zaistniałych szkód. Zabiegi odpornościowe sprawiają, że droga jest w stanie funkcjonować przy wyższych temperaturach i większych opadach, a także w razie wystąpienia powodzi 50-letniej.

W odniesieniu do mostów analizujemy liczbę mostów nad drogami wodnymi i ich podatność na zagrożenie w oparciu o charakterystykę danej rzeki, natężenie ruchu drogowego i rodzaj nawierzchni. Szkody powodziowe określono modelując przepływy i ich prędkość na danym odcinku rzeki, by wyznaczyć obszary o określonym prawdopodobieństwie wystąpienia szkód powodziowych na skutek zdarzenia o określonej częstotliwości – w wariacie bazowym i przy zmianach klimatu. Sumaryczne oddziaływanie pod względem kosztów napraw i konserwacji, a także opóźnień w podróży, szacuje się dla scenariusza bazowego bez adaptacji oraz dla scenariusza adaptacyjnego.

Mosty: zakłada się modernizację obiektów mostowych do następnego wyższego poziomu bezpieczeństwa (np. most zaprojektowany na 25-letni przepływ wody zostanie zmodernizowany pod kątem zdarzenia 50-letniego). Zakłada się, że w latach 2021–2050 rokrocznie modernizowane będzie 2 proc. substancji.

Źródło: Raport IEC na potrzeby polskiego CCDR, 2024.

TABELA A3.3. Podsumowanie średnich rocznych oddziaływań, 2041–2050

Kanał wpływu	Zmienna będąca przedmiotem oddziaływania	Linia bazowa		Adaptacja		Koszt (mln dol.)
		Śr. wilgotno/ciepło	Śr. sucho/gorąco	Śr. wilgotno/ciepło	Śr. sucho/gorąco	
Stres cieplny odczuwany przez pracowników	Wydajność	-0,10%	-0,25%	-0,06%	-0,17%	121,2
Uprawy bez sztucznego nawadniania	Przychody z upraw	5.4%	-12.1%	14.8%	-0.2%	110.3
Uprawy sztucznie nawadniane ²⁵⁶	Przychody z upraw	-0.5%	-2.7%			
Erozja gleby	Przychody z upraw	-0.02%	0.02%	0.0%	0.0%	Cost neutral
Żywy inwentarz	Przychody z hodowli zwierząt gospodarskich	-0.4%	-1.3%	0.0%	-0.4%	58.1
		SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP2-4.5	SSP3-7.0	Koszt (mln dol.)
Drogi	Dostępność siły roboczej	-0.3%	-0.3%	0.0%	0.0%	204.8
	Środki pieniężne (mln)	1,515	1,391	189	172	
Most	Dostępność siły roboczej (oczekiwana wartość)	-0.1%	-0.1%	0.0%	0.0%	34.7
	Dostępność siły roboczej (zdarzenie 100-letnie)	-1.1%	-1.1%	-0.4%	-0.4%	
	Środki pieniężne (mln - oczekiwana wartość)	2.9	2.7	1.3	1.2	
	Środki pieniężne (zdarzenie 100-letnie)	45.5	42.1	39.5	36.1	
Powodzie rzeczne	Kapitałowe (oczekiwana wartość)	-0.034%	-0.031%	0.0%	0.0%	Cost neutral
	Zdarzenie 100-letnie	-0.47%	-0.45%			

Źródło: Raport IEc na potrzeby polskiego CCCR, 2024.

Przewiduje się, że skutki zmian klimatu i polityki klimatycznej – która ma w założeniu przyspieszyć adaptację do zmian klimatu, a także zapobiegać nadchodzącym zmianom lub je łagodzić poprzez redukcję emisji gazów cieplarnianych – będą silnie zróżnicowane w przekroju społecznym. O sile oddziaływania zdecydowanie stopień ekspozycji gospodarstwa domowego na poszczególne kanały wpływu stanowiące „pas transmisyjny” dla skutków. W analizach przeprowadzonych na potrzeby niniejszego raportu – i przedstawionych w wielu rozdziałach – wzięto pod uwagę kanały wpływu ujęte na Ryc. A3.1., rozważając, w jaki sposób zmiany klimatu i polityka klimatyczna mogą wpływać na dobrobyt gospodarstw domowych w Polsce. Uwzględniono następujące kanały wpływu: i) rynki pracy; ii) produktywność; iii) ceny; iv) infrastruktura; v) nowe regulacje i kierunki polityki; vi) działania osłonowe.

RYCINA A3.1. Schemat kanałów wpływu, jakimi zmiany klimatu i działania adaptacyjne oddziałują na dobrobyt



Źródło: Bank Światowy, Poverty & Equity Global Practice Global Solutions Group 5²⁵⁷.

Zmiany klimatu i polityka klimatyczna a dobrobyt: szacowanie skutków z wyprzedzeniem

Poniżej przedstawiamy techniczne szczegóły dotyczące modelu mikro-symulacyjnego oraz jego powiązań z modelem CGE w kontekście skutków oddziaływania scenariuszy zielonej transformacji w Polsce, przy czym modelowanie zakończono na roku 2050, lecz przedstawione wyniki sięgają 2040 r.

Ramy mikro-symulacji stosuje się w połączeniu z modelem CGE (MANAGE) opisanym w załączniku 2. Jest to „odgórne” podejście mikro-obrachunkowe, w którym kwantyfikujemy pierwszorzędowe lub krótkoterminowe skutki dla dobrobytu na poziomie mikro w odpowiedzi na wstrząs implikowany przez model makro najwyższego poziomu. W modelowaniu uwzględniono ujęte w badaniach gospodarstw domowych różnice pod względem obserwowalnych cech (wykształcenie, zagregowany sektor zatrudnienia, płeć) w celu dokonania dystrybucji wstrząsów makroekonomicznych wśród populacji. Rozkład dochodów zmienia się w czasie wraz z dynamiką sektorowego zatrudnienia i płac, zgodnie z przewidywaniami modelu CGE, a także egzogenicznym przesunięciem rozkładu wieku i wykształcenia w wyniku zmian demograficznych. W oparciu o zmienność gospodarstw domowych i populacji symulujemy zagregowane efekty makro w obszarze ubóstwa i nierówności. W analizie wykorzystano polskie Badanie Budżetów Gospodarstw Domowych (2021), a wpływ na gospodarstwa domowe jest generowany w mikro-symulacjach spójnych ze wskaźnikami makroekonomicznymi generowanymi przez CGE. Metoda pochodzi z opracowania²⁵⁸. Model uznaje się za podejście arytmetyczne lub obrachunkowe, ponieważ zachowania gospodarstw domowych i reakcje na zmiany cen nie są modelowane w rygorystyczny sposób na poziomie mikro. W związku z tym zmiany w zatrudnieniu i dochodach nie wynikają z charakterystyki ani reakcji gospodarstw domowych w mikro-symulacjach, lecz raczej powiązane ze ścieżkami wyznaczonymi przez reprezentatywne gospodarstwa domowe w CGE²⁵⁹. Jest to zatem podejście bardziej odpowiednie do badania zmian zachodzących w krótszym horyzoncie czasowym.

Biorąc pod uwagę cechy indywidualne, uczestnictwo w rynku pracy i sektorze gospodarczym oraz prognozy ludnościowe, mikro-symulacja prognozuje ewolucję dystrybucji dobrobytu w sześciu krokach: (a) kalibracja wag próby w oparciu o prognozy dotyczące populacji i wykształcenia; (b) kalibracja wag próby w oparciu o sektorowe udziały siły roboczej zaktualizowane prognozami CGE; (c) zastosowanie zmian realnych dochodów z wykorzystaniem prognoz CGE, w podziale na sektory gospodarki i kategorie pracowników (umiejętności, płeć i lokalizacja); (d) zastosowanie wzrostu podatku dochodowego od osób fizycznych, składek na ubezpieczenie społeczne, emerytur i transferów z wykorzystaniem prognoz CGE; (e) prognoza agregatu dochodów i dobrobytu gospodarstw domowych; oraz (f) prognoza wskaźników ubóstwa i nierówności. Osobno

przeprowadzono analizę zmiany cen względnych, wykorzystując w tym celu prognozy GCE dotyczące wzrostu konsumpcji w połączeniu z ewolucją cen.

Taki schemat modelowania wymaga przyjęcia szeregu kluczowych założeń, które mogą wpływać na ostateczną interpretację wyników. Oto najważniejsze z nich:

- **Oczekuje się, że transfery – nieskładkowe i składkowe – będą ewoluować w tym samym tempie, w szczególności wraz ze wzrostem PKB.** Historycznie nie miało to w Polsce miejsca, a emerytury były corocznie indeksowane z uwzględnieniem rocznego wskaźnika cen towarów i usług konsumpcyjnych z poprzedniego roku kalendarzowego z dodatkiem co najmniej 20 proc. realnego wzrostu średniego wynagrodzenia z poprzedniego roku. Tymczasem wysokość transferów warunkowanych dochodem beneficjenta jest zazwyczaj indeksowana z mniejszą regularnością, a historycznie aktualizacje odzwierciedlały raczej zmiany wskaźnika cen konsumpcyjnych, a nie wynagrodzeń: progi dochodowe wyznaczające dostęp do świadczeń, a także poziom świadczeń z głównych programów pomocy społecznej są przedmiotem przeglądu co trzy lata w celu ustalenia, czy aktualizacja jest uzasadniona.
- **Emerytury nie odzwierciedlają zmian na rynku pracy, w szczególności produktywności w poszczególnych sektorach.** Oznacza to, że wpływ polityki klimatycznej na rynek pracy nie jest modelowany w odniesieniu do składek ani świadczeń emerytalnych. Jest to szczególnie ważne założenie z perspektywy starzenia się ludności kraju i przewidywanego wzrostu ubóstwa wśród osób starszych (raport SCD, Bank Światowy, 2024). Z tego względu modelowanie ubóstwa i nierówności ograniczono do roku 2035.
- **Heterogeniczność geograficzna nie została uwzględniona ani w modelu CGE, ani w modelu mikro-symulacyjnym.** Klęski żywiołowe niejednokrotnie uderzają w ograniczony obszar i dotyczą niewielkiego odsetka ludności, tymczasem model agreguje skutki oddziaływania na poziomie kraju. Niezależnie od tego zastrzeżenia model ma pewną heterogeniczność (jak wspomniano wcześniej), ponieważ zatrudnienie i płace zdezagregowano według sektorów, trzech poziomów umiejętności i płci, a w większości przypadków zmiany w zatrudnieniu są prezentowane w ujęciu sektorowym, jeśli nie przestrzennym.

Zakres makro-modelowania sięga 2050 r., natomiast analiza mikro-symulacyjna kończy się na 2040 r. ze względu na zastosowane podejście mikro-obrachunkowe, które nadaje się bardziej do prognozowania zmian w krótkim okresie.

Załącznik 4. Metodologia opracowanego w Banku Światowym modelu energetycznego dla Polski

Opracowany przez Bank Światowy na potrzeby raportu CCDR model energetyczny dla Polski czerpie z modelu energetycznego dla regionu ECA (Bank Światowy 2024b) i jest innowacyjnym, wieloregionalnym, zintegrowanym modelem oceny obejmującym globalny system energetyczny i przybliżającym scenariusze dekarbonizacji w Polsce z uwzględnieniem polityki UE i światowego kontekstu. Oferuje szczegółowe odzwierciedlenie wydobycia paliw i transformacji paliwowej, wytwarzania energii elektrycznej i ciepła oraz trzech sektorów końcowego zużycia energii (transport, budynki i przemysł). Do projektowania wykorzystano KINESYS (Knowledge-based Investigation of Energy System Scenarios), tj. oddolny, zorientowany na technologie model optymalizacji i najniższych kosztów, oparty na generatorze TIMES (IEA-ETSAP)²⁶⁰.

Model energetyczny definiuje jednocześnie inwestycje i eksploatację aktywów wzdłuż całego łańcucha wartości, w tym dostaw i handlu energią. W przeciwieństwie do większości odgórnych metod modelowania KINESYS nie opiera się na egzogenicznie podanych parametrach elastyczności substytucji przy wyborze technologii; zamiast tego wykorzystuje szeroką gamę technologii po stronie popytu i podaży, tworząc dla nich krzywe obejmujące endogeniczne koszty paliwa i wydatki operacyjne oraz egzogeniczne nakłady inwestycyjne, by w rezultacie uzyskać alternatywy o niższych kosztach.

Model uwzględnia szeroki wybór już istniejących i perspektywicznych technologii po stronie popytu i podaży, takich jak m.in. nakłady inwestycyjne i wydatki operacyjne, czynniki poprawy wydajności i wskaźniki uczenia się, pokazując spadek kosztów technologii w czasie. Wszystkie technologie uwzględnione w modelu albo są już dostępne na rynku, albo znajdują się na stosunkowo zaawansowanym etapie rozwoju (po fazie demonstracji i prototypu, według zasad opracowanego przez MAE przewodnika pt. Clean Energy Technology Guide.²⁶¹ KINESYS uwzględnia szacowaną wartość zasobów (urządzeń) związanych z energią we wszystkich sektorach (np. liczba pojazdów w transporcie, moce wytwórcze w przemyśle czy powierzchnia użytkowa w budynkach). Przedstawia szeroką gamę surowców i towarów będących przedmiotem obrotu oraz szczegółowy obraz sektorów energii elektrycznej i cieplnej aż do poziomu jednostek wytwórczych. Do istotnych danych wejściowych dla modelu zalicza się zapotrzebowanie na usługi energetyczne, takie jak zapotrzebowanie na stal w przemyśle lub zapotrzebowanie na podróże drogowe samochodem. Ich wielkość szacuje się na podstawie danych historycznych i egzogenicznych czynników społeczno-gospodarczych. Główne czynniki społeczno-gospodarcze służące do szacowania popytu to wzrost gospodarczy (dane dostarcza globalny zespół makroekonomiczny Banku Światowego) oraz prognozy wzrostu liczby ludności tworzone przez ONZ.

Model skalibrowano względem bilansu energetycznego z 2019 r.²⁶², ponieważ późniejsze punkty danych nie były wiarygodne jako podstawa do długoterminowej analizy dekarbonizacji z powodu zakłóceń w globalnym systemie energetycznym podczas pandemii COVID-19 w 2020 i 2021 r. oraz późniejszego kryzysu energetycznego. Nowe i planowane przyrosty mocy uwzględniono aż do momentu odcięcia danych wejściowych w czerwcu 2024 r. Dla oceny krótko- i średnioterminowego wpływu niedawnych i potencjalnych przyszłych wstrząsów dla rynków energii i bezpieczeństwa energetycznego przeprowadzono obliczenia wrażliwości (w tym testy warunków skrajnych dla gazu ziemnego i konsekwencji zablokowania przepływu rosyjskiego gazu do kilku krajów w Europie). Historyczne parametry podaży i transformacji energii oraz popytu na energię pobrano z energetycznych i ekonomicznych baz danych MAE; uzupełniając je tam, gdzie było to możliwe dodatkowymi danymi z licznych sektorowych źródeł zewnętrznych, by w ten sposób udoskonalić i wzbogacić zestaw danych (Bank Światowy 2024b).

Model zapewnia wierne odzwierciedlenie emisji CO₂ i nadaje się zwłaszcza do analizy polityk energetycznych i środowiskowych, które można przedstawić z dużą dokładnością dzięki precyzyjnemu odzwierciedleniu technologii i paliw we wszystkich sektorach. Krajowe i regionalne trajektorie emisji i/lub budżety emisji dwutlenku węgla wyznaczono w scenariuszach dekarbonizacji w oparciu o dyskusje z ekspertami Banku Światowego pracującymi w pionie ds. zmian klimatu. Model określa budżety emisji dwutlenku węgla dla poszczególnych sektorów na poziomie podregionów, chyba że podano inaczej.

W raporcie CDDR przedstawiono następujące wyniki modelowania:

- Trajektorie emisji gazów cieplarnianych, w tym lata z zerowymi emisjami netto (w podziale na sektory, paliwa)
- Zużycie energii końcowej i podaż energii pierwotnej (w podziale na towary, sektory)
- Koszyk technologiczny i jego ewolucja na osi czasu (moc zainstalowana w podziale na technologie i sektory, a także wykorzystanie technologii w czasie)
- Nakłady inwestycyjne (w czasie, w podziale na technologie i sektory)
- Krańcowe koszty redukcji emisji gazów cieplarnianych (na osi czasu)
- Zdyskontowane koszty systemowe: OPEX i CAPEX (na osi czasu, w podziale na sektory).

Długoterminowe prognozy i analizy dekarbonizacji obarczone są wysokim stopniem niepewności. W związku z tym w raporcie przedstawiono wyniki analiz wrażliwości w celu oceny skutków zmian wybranych, najbardziej krytycznych założeń, takich jak np. dostępność i koszty ważnych dźwigni dekarbonizacji, jakimi są: odnawialne źródła energii, energia jądrowa, gaz ziemny, bioenergia, CCS; zielony wodór, baterie do magazynowania energii elektrycznej i infrastruktura transgraniczna. Obszary poddane analizie wrażliwości zostały wybrane dlatego, że dotyczące ich założenia wiążą się z wysokim stopniem niepewności, a obszary jako takie mają kluczowe znaczenie dla osiągnięcia zerowej emisji netto w Polsce w perspektywie 2050 r.

W scenariuszach i w definicjach uwzględniono kwestię wrażliwości na koszty, by móc przedstawić szeroką gamę potencjalnych wariantów. Wyrazem tego są różne krzywe nakładów inwestycyjnych dla poszczególnych technologii, odzwierciedlające różne parametry wdrożenia i uczenia się technologii w głównych scenariuszach. Na przykład koszt energii słonecznej w globalnym scenariuszu ZEN2050 jest niższy niż w scenariuszu opóźnionej dekarbonizacji ze względu na wyższe wskaźniki intensywności wdrożenia i większą skalę. W przypadku odnawialnych źródeł energii w modelowaniu wykorzystano krzywe kosztów scenariuszy Międzynarodowej Agencji Energii: STEPS i Net Zero 2050 (MAE 2022b).

Załącznik 5. Ocena wpływu dekarbonizacji na jakość powietrza atmosferycznego w Polsce

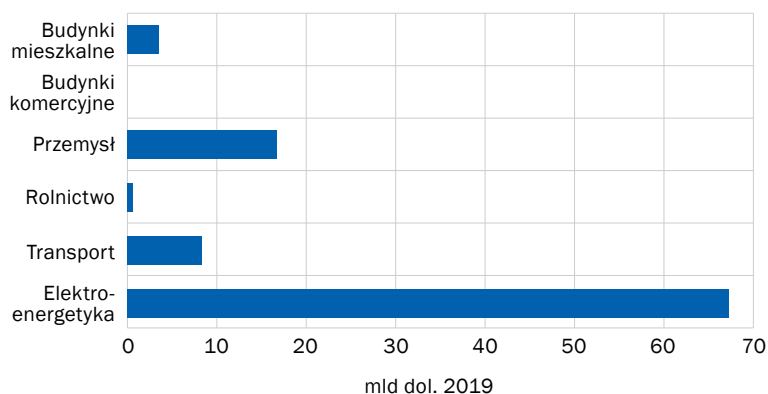
Średnie roczne stężenie drobnego pyłu zawieszonego (PM_{2,5}) w Polsce przekracza parametry WHO i stanowi poważne zagrożenie dla zdrowia ludzkiego. W 2019 r. Polska zajęła ostatnie miejsce wśród krajów UE pod względem średniego rocznego ważonego stężenia pyłu PM_{2,5}. W pierwszej pięćdziesiątce miast o najwyższym stężeniu PM_{2,5} w Europie znajdziemy 23 polskie miejscowości. Głównym źródłem tych zanieczyszczeń jest spalanie paliw stałych, w tym węgla, miału węglowego i drewna opałowego, dla ogrzewania domów i mieszkań, produkcji energii elektrycznej oraz działalności przemysłowej. Dodatkowym źródłem zanieczyszczenia pyłem PM_{2,5} w Polsce jest wiekowa i szósta co do wielkości flota samochodowa.

Głównym źródłem zanieczyszczenia pyłem zawieszonym (PM₁₀ i PM_{2,5}) jest ogrzewanie budynków mieszkalnych, które odpowiada za około 50-60 proc. emisji cząstek stałych. Do zanieczyszczenia powietrza, szczególnie w miesiącach zimowych i na obszarach wiejskich, znacząco przyczynia się silne uzależnienie od węgla i drewna do ogrzewania. Po drugie, elektrociepłownie węglowe i sektor przemysłowy przyczyniają się do około 20-25 proc. emisji cząstek stałych, dotyczy to zwłaszcza przemysłu ciężkiego, takiego jak produkcja metali, chemikaliów i cementu. Sektor transportu (Polska ma szóstą co do wielkości flotę samochodową w Europie), w szczególności starsze pojazdy z silnikiem Diesla, przyczynia się do 10-15 proc. puli zanieczyszczeń, przy czym emisje w transporcie pochodzą również ze zużycia opon i hamulców. Za pozostałą część emisji cząstek stałych odpowiada rolnictwo, w tym spalanie pyłów i biomasy (5-10 proc. ogółu zanieczyszczeń PM), natomiast budownictwo, gospodarka odpadami i źródła naturalne stanowią łącznie mniej niż 5 proc.

Kotły na węgiel i biomasę są już teraz w odwrocie z przyczyn ekonomicznych: niskosprawne kotły są zastępowane bardziej wydajnymi i niskoemisyjnymi alternatywami (wg norm UE tylko takie kotły są dostępne na rynku). Trend został uwzględniony w scenariuszu „braku ambicji klimatycznych” i może znacznie ograniczyć narażenie na zanieczyszczenie powietrza w sektorze mieszkaniowym, zmniejszając bezpośrednią śmiertelność z 3 481 w 2019 r. do 271 w 2050 r.

Wycofanie węgla z elektroenergetyki i budynków mieszkalnych oraz wprowadzenie elektro-mobilnych rozwiązań w transporcie może korzystnie wpłynąć na jakość powietrza w Polsce, przynosząc istotne „korzyści uboczne” wyceniane na ponad 133 mld dol. (w porównaniu do polityki pozbawionej ambicji klimatycznych), wynikające przede wszystkim ze spadku śmiertelności. W scenariuszu referencyjnym korzyści te przekraczają 96 mld dol. do 2050 r. (jak oszacowano przy pomocy CPAT, tj. opracowanego przez Bank Światowy instrumentu do oceny polityki klimatycznej, z wykorzystaniem wartości wygenerowanych przez bankowy model energetyczny dla Polski). Decydująca jest rezygnacja z węgla w sektorze elektroenergetycznym do 2040 r., która w scenariuszu referencyjnym zapewnia aż 64 proc. spadku śmiertelności, co wycenia się na 67 mld dol. całkowitych szacowanych „korzyści ubocznych”. Drugim najważniejszym czynnikiem jest ograniczenie zużycia węgla w przemyśle, które w scenariuszu referencyjnym prowadzi do 35 proc. spadku liczby zgonów spowodowanych zanieczyszczeniem powietrza. W scenariuszu ZEN2050 skalę dodatkowych „korzyści ubocznych” szacuje się na 37,7 mld dol. do 2050 r., co stanowi ok. 0,3% PKB w tym okresie. Wyliczenia zakładają spadek czynników emisji w scenariuszu ZEN między innymi na skutek postępu technologicznego, wdrożenia technologii umożliwiających kontrolę emi-

RYCINA A5.1. Wartość bieżąca spadku śmiertelności spowodowanej zanieczyszczeniem powietrza w podziale na sektory gospodarki, scenariusz referencyjny



Źródło: Analiza własna z wykorzystaniem CPAT (instrument do oceny polityki klimatycznej) i KINESYS, opartego na modelu TIMES i opracowanego przez Bank Światowy na potrzeby raportu CCDR dla Polski.

Uwagi: Więcej informacji na temat danych i metod można znaleźć w odrębnym dokumencie poświęconym zagadnieniom metodologicznym.

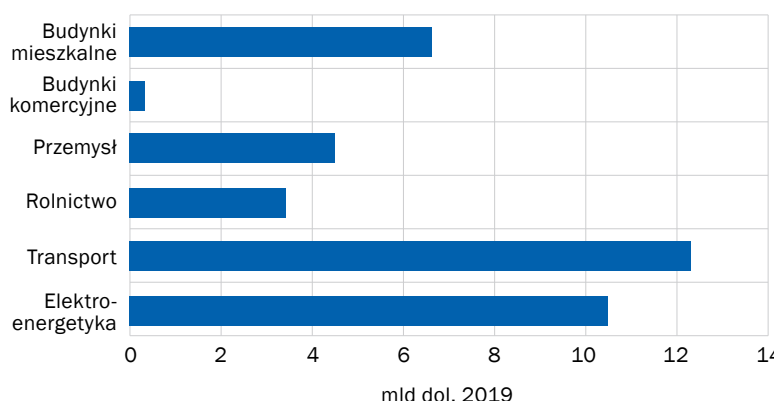
sji zanieczyszczeń i wychwyty dwutlenku węgla, lub decyzji politycznych prowadzących do dalszej poprawy jakości powietrza.

Co prawda planowane odejście od wykorzystania węgla w krajowej elektroenergetyce już w scenariuszu referencyjnym przynosi znaczące „korzyści uboczne”, ale w scenariuszu ZEN pojawiają się dodatkowe „korzyści uboczne”, w szczególności w sektorze transportu i budynków mieszkalnych, i to pomimo wzrostu wykorzystania biomasy w elektroenergetyce.

Szybsze i bardziej kompleksowe wdrożenie elektro-mobilności w scenariuszu ZEN2050 prowadzi do dodatkowej redukcji PM_{2,5} dzięki redukcji spalania benzyny i oleju napędowego w transporcie drogowym. Dalsze

korzyści w postaci mniejszej liczby śmiertelnych ofiar wypadków drogowych i mniejszych uszkodzeń dróg przynosi tzw. przesunięcie modalne i wzrost znaczenia transportu publicznego w scenariuszu ZEN2050. W segmencie mieszkaniowym scenariusz ZEN2050 także przewiduje dodatkowe „korzyści uboczne” (zobacz szczegóły poniżej) w wyniku poprawy efektywności energetycznej budynków dzięki podkreśleniu tempa projektów termomodernizacyjnych oraz bardziej dynamicznemu wdrożeniu pomp ciepła na szerszą skalę.

RYCINA A5.2. Wartość bieżąca ukrócenia efektów zewnętrznych według rodzaju i sektora w scenariuszu ZEN2050



Źródło: Opracowanie własne Banku Światowego z wykorzystaniem CPAT (instrument do oceny polityki klimatycznej) oraz modelu TIMES.

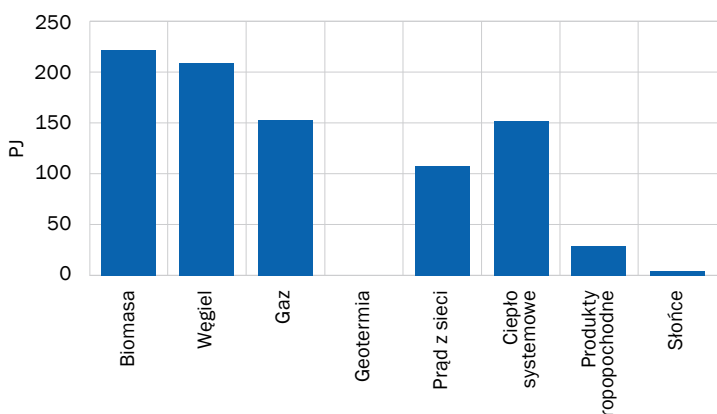
Uwagi: W oparciu o stałe współczynniki emisji.

Szczegółowe omówienie sytuacji w segmencie budynków mieszkalnych

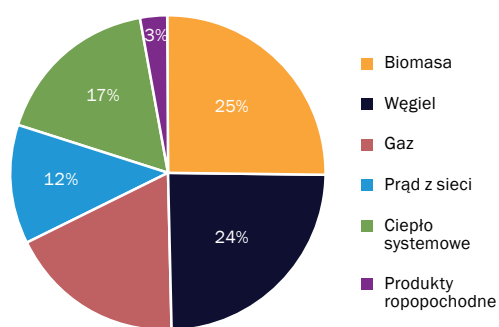
W 2019 r. zapotrzebowanie na energię do ogrzewania pomieszczeń w polskich domach zaspokajano głównie przez węgiel, biomasę i olej opałowy, przy niespełna jednej czwartej udziału gazu ziemnego i ciepła systemowego oraz marginalnym udziale energii elektrycznej. W 2019 r. w budynkach mieszkalnych w Polsce zużyto 867 GJ, tj. 30 proc. całkowitego końcowego zużycia energii.

RYCINA A5.3. Struktura końcowego zużycia energii w budynkach mieszkalnych pod względem ilości i udziału procentowego poszczególnych rodzajów paliwa, 2019 r.

Całkowite końcowe zużycie energii w budynkach mieszkalnych według rodzaju paliwa



Udział procentowy paliw w całkowitym końcowym zużyciu energii w budynkach mieszkalnych



Źródło: Bilanse energetyczne MAE, 2019.

Uwagi: Udział procentowy nie obejmuje energii geotermalnej ani słonecznej, ponieważ stanowią one mniej niż 1 proc. całkowitego końcowego zużycia energii.

W ciągu ostatnich dwóch dekad w koszyku paliw wykorzystywanych do zaspokojenia zapotrzebowania na energię ciepłą w polskich domach i mieszkaniach nastąpiło przesunięcie: miejsce węgla zaczęła zajmować biomasa, gaz ziemny i pompy ciepła. W latach 2002-2021 zużycie węgla spadło o prawie 7 proc.,

podczas gdy zużycie drewna opałowego i gazu ziemnego wzrosło odpowiednio o ponad 25 proc. i prawie 6 proc. W 2019 r. energię elektryczną do celów grzewczych wykorzystywało nieco ponad 5 proc. gospodarstw domowych, a w ostatnich latach pompy ciepła konkurowały z technologiami gazu ziemnego jako rozwiązanie pierwszego wyboru wśród konsumentów instalujących nowe lub wymieniających dotychczasowe systemy grzewcze. Pompy ciepła odnotowały znaczny wzrost popularności w 2022 r. ze względu na gwałtowny wzrost cen gazu ziemnego po rosyjskiej inwazji na Ukrainę. W 2023 r. dynamika wzrostu sprzedaży pomp ciepła w Polsce osłabła w porównaniu do 2022 r. (a w Europie odnotowano ogólny spadek sprzedaży pomp ciepła), ponieważ ceny gazu spadły, a konsumenci ponownie skierowali uwagę na gaz ziemny i inne alternatywy, jednak zainteresowanie pompami ciepła utrzymywało się znacznie powyżej poziomów z 2021 r.

TABELA A4.1. Wyimki z badań ankietowych polskich gospodarstw domowych w 2021 r.

Wskaźnik / miara	Wynik
Średnie roczne zużycie energii na mieszkańca	24,6 GJ
Odsetek gospodarstw domowych wykorzystujących paliwo stałe do ogrzewania pomieszczeń	32,8%
Odsetek gospodarstw domowych wykorzystujących paliwo stałe do ogrzewania wody	22,5%
Odsetek gospodarstw domowych wykorzystujących paliwo stałe do gotowania	1,7%
Odsetek gospodarstw domowych wykorzystujących gaz ziemny	56,5%
Odsetek gospodarstw domowych wykorzystujących gaz ziemny do gotowania	30,8%
Odsetek gospodarstw domowych wykorzystujących gaz ziemny do ogrzewania pomieszczeń	14,5%
Odsetek gospodarstw domowych wykorzystujących do gotowania gaz LPG (tam, gdzie nie ma dostępu do gazu ziemnego)	30,6%
Wykorzystanie drewna opałowego przez gospodarstwa domowe	21,0%
Wykorzystanie kolektorów słonecznych	1 na 38 gosp. dom.
Wykorzystanie pomp ciepła	1 na 132 gosp. dom.
Odsetek gospodarstw domowych wykorzystujących energię elektryczną do celów grzewczych	5,5%
Odsetek gospodarstw domowych mających dostęp do bieżącej wody	0,7%
Odsetek gospodarstw domowych niedogrzanych w zimie	2,5%
Zmiana zużycia energii elektrycznej przez gospodarstwa domowe – od 2002 do 2021 r.	nie dotyczy
Zmiana zużycia gazu ziemnego przez gospodarstwa domowe – od 2002 do 2021 r.	+ 5,9%
Zmiana zużycia drewna opałowego przez gospodarstwa domowe – od 2002 do 2021 r.	+ 26%
Zmiana zużycia gazu LPG przez gospodarstwa domowe – od 2002 do 2021 r.	+ 1,2%
Zmiana zużycia węgla kamiennego przez gospodarstwa domowe – od 2002 do 2021 r.	- 6,6%

Źródło: Główny Urząd Statystyczny, Zużycie energii w gospodarstwach domowych w 2021 r.

Zużycie energii w budynkach mieszkalnych ma istotny wpływ na jakość powietrza w Polsce ze względu na emisję pyłów powstających podczas spalania węgla i biomasy w kotłach. W reakcji na to wyzwanie polskie władze uruchomiły w 2018 r. program priorytetowy „Czyste powietrze” (PPCP) celem dofinansowania termomodernizacji i wymiany źródeł ogrzewania m.in. na elektryczne systemy grzewcze i kotły gazowe, a także powietrzne i gruntowe pompy ciepła. Spośród wszystkich technologii instalowanych do tej pory przy wsparciu PPCP, na kotły gazowe i powietrzne pompy ciepła przypada odpowiednio 37 proc. i 28 proc., a na gruntowe pompy ciepła 4 proc. Kotły na węgiel i biomasę również były objęte dofinansowaniem i stanowią odpowiednio 19 proc. i 11 proc. dotychczasowych instalacji zrealizowanych przy wsparciu PPCP. W 2024 r. na popularności zyskały kotły na biomasę, zwiększając swój udział w PPCP porównaniu do kotłów gazowych. Obecnie trwają dyskusje, czy nie należałoby zawiesić finansowania kotłów gazowych ze środków PPCP w 2025 r., by dodatkowo zachęcić beneficjentów do wyboru alternatywnych urządzeń opalanych biomasą.

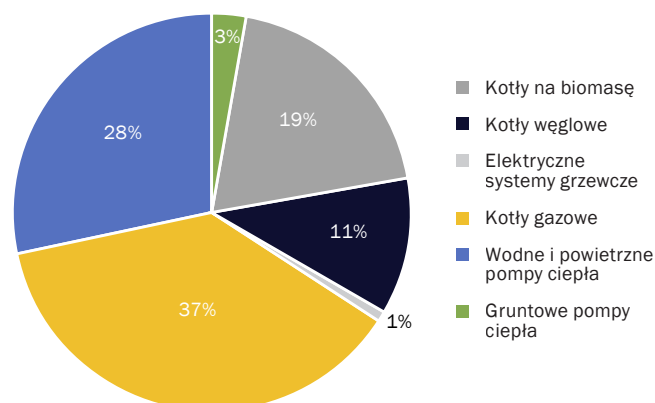
Mając na względzie zanieczyszczenie powietrza powiązane z technologiami grzewczymi w budynkach mieszkalnych rząd dokonał korekty wymagań i limitów dla instalacji objętych dofinansowaniem z PPCP. Od stycznia 2022 r. kwalifikacja dla kotłów węglowych jako jednej z dopuszczonych do programu technologii została zawieszona; zaostrzono też progi emisji cząstek stałych i innych dla kotłów na biomasę. W przypadku PM₁₀ kocioł opalany biomasą nie może emitować więcej niż 20 mg/m³. Dzięki temu wykluczono technologie o najgorszych parametrach emisji cząstek stałych, ale wciąż jest to poziom daleki od najlepszej dostępnej technologii (BAT), która oferuje wynik w granicach 5 mg/m³ lub mniej, przy czym niektóre technologie dostępne w ramach PPCP już spełniają te parametry sprawności²⁶³.

Dekarbonizacja budynków w scenariuszu ZEN2050, w szczególności poprzez upowszechnienie pomp ciepła, przyczyniłaby się do znacznej poprawy jakości powietrza w Polsce, w tym w miastach należących do europejskiej „czołówki” pod względem zanieczyszczeń powietrza.

W przeciwieństwie do pomp ciepła, które nie emitują cząstek stałych, kotły na biomasę (objęte dofinansowaniem z PPCP) działają tylko nieznacznie lepiej niż wysokosprawne kotły węglowe, jeśli chodzi o emisje cząstek stałych przyczyniających się do powstawania smogu, chorób układu oddechowego i przedwczesnych zgonów. I tak, analizując emisje cząstek stałych z wybranych kotłów na biomasę i kotłów węglowych wcześniej wpisanych na listę technologii zakwalifikowanych do PPCP (por. Tabela A1 w aneksie), kotły na pellet z biomasy emitują średnio 24 mg/m³ pyłu zawieszonego PM₁₀ w porównaniu ze średnią 28 mg/m³ dla kotłów węglowych, zatem pod względem emisji cząstek stałych kotły na biomasę mają tylko nieznaczną przewagę nad swoimi węglowymi odpowiednikami. Ponadto, kotły węglowe mają znacznie gorsze parametry emisji gazów cieplarnianych i tlenków azotu oraz średnio o 30 proc. niższą sprawność niż alternatywne kotły na biomasę.

Dalsze zaostrzenie progów emisji cząstek stałych i innych emisji wpływających na jakość powietrza może zmotywować część konsumentów do wyboru pomp ciepła, co przyczyniłoby się do poprawy jakości powietrza, a także do osiągnięcia celów redukcji emisji zgodnie ze scenariuszem ZEN2050. Oprócz dotacji, decydującą rolę w popularyzacji pomp ciepła w Polsce odegrają ceny gazu ziemnego: po rosyjskiej inwazji na Ukrainę w PPCP zanotowano skokowy wzrost liczby wniosków o dofinansowanie pomp ciepła: z 28 proc. w styczniu 2022 r. do 68 proc. w grudniu tego samego roku²⁶⁴. Pompy ciepła są nadal promowane w ramach PPCP, a od 2024 r. od wnioskodawców wymaga się przeprowadzenia audytu energetycznego, przy czym koszt audytu jest pokrywany z dodatkowej dotacji programowej obejmującej złożone projekty termomodernizacyjne.

RYCINA A5.4. Udział procentowy poszczególnych technologii grzewczych w dotychczasowych projektach objętych dofinansowaniem z programu priorytetowego „Czyste powietrze” (PPCP)



Uwagi: Z powodu zaokrągleń podane na wykresie wartości procentowe sumują się do 99% zamiast do 100%. Ponadto na wykresie nie pokazano ciepła sieciowego ani kotłów olejowych, które stanowią, odpowiednio, 0,20% i 0,07% całości.

Źródło: Ministerstwo Klimatu i Środowiska, Raport z realizacji PPCP

TABELA A5.1. Wskaźniki emisji cząstek stałych dla wybranych technologii wspieranych wcześniej przez PPCP

Rodzaj paliwa	Nr modelu	Nominalna moc cieplna (kW)	Pył zawieszony PM ₁₀ (mg/m ³)	Tlenek węgla CO (mg/m ³)	Tlenki azotu NO _x (mg/m ³)	Lotne związki organiczne LZO
Pellet drzewny	KB-000092	40	12	375	147	14
Pellet drzewny typu C	KB-000087	22	9	335	141	13
Pellet	KB-500198	17	22	179	156	2
Pellet	KB-900200	11	35	309	176	3
Pellet drzewny C1	KB-200166	24	24	164	157	7
Pellet drzewny	KB-000469	20	16	131	155	5
Pellet	KB-500216	20	37	87	156.3	8.9
Pellet	KB-600268	30	37	437	182	16
Pellet	KB-600273	30	35	426	186	17
Pellet drzewny	KB-500711	40	11	180	155	4
Pellet drzewny	KB-900549	29	22	173	198	4
Pellet drzewny 6mm	KB-600517	25	24.5	34.4	118.8	5.3
Pellet drzewny	KB-700036	62	27	92	124	1
Pellet	KB-000006	22	29	98	177	16
Średnie		28	24	216	159	8
Zakres		11 do 62	9 do 37	87 do 437	124 do 177	1 do 17
Drewno okrągłe	KZ-600079	26	6	151	112	4
Drewno	KZ-500287	25	13	594	141	22
Drewno	KZ-800115	47.9	38	617	165	11
Drewno kawałkowe	KZ-500027	37	17.6	274	199	12
Drewno	KZ-600022	14	22	654	145	8
Drewno okrągłe	KZ-600055	40	11	151	140	14
Drewno okrągłe	KZ-800078	40	15	400	135	9
Średnie		33	18	406	148	11
Zakres		25 do 48	6 do 22	151 do 654	112 do 199	4 do 22
Węgiel kamienny	KW-600075	20	14	286	317	3.5
Węgiel kamienny	KW-100087	40	35	437	332	17.4
Węgiel kamienny	KW-800178	46	34	309	322	15
Węgiel kamienny	KW-600103	20	24	147	240	2
Węgiel kamienny	KW-500170	100	34	373	326	11
Średnie		45	28	310	307	10
Zakres		20 do 100	14 do 35	147 do 437	240 do 326	2 do 17.4

Źródło: Lista ZUM – lista zielonych urządzeń i materiałów objętych dofinansowaniem z PPCP przed 2022 r.

Załącznik 6. Inwestycje w obszarze łagodzenia i adaptacji w kolejnych dekadach

Skumulowane zdyskontowane potrzeby inwestycyjne w okresie 2025-2050 podzielono na trzy przedziały, by ukazać ich rozkład czasowy. W Tabeli S1 zestawiono skumulowane prognozy CAPEX i OPEX w podziale na dekady i sektory zarówno dla scenariusza BZ, jak i ZEN2050. Z kolei w Tabelach A6.1 i A6.2 podzielono CAPEX i OPEX dla tych inwestycji na trzy przedziały: pierwszy z nich to lata 2025-2030, a dwa następne obejmują dwie kolejne dekady. Pierwszy przedział obejmuje tylko 6 lat, ale to w jego przypadku wynosząca 6 proc. stopa dyskontowa wywołuje najmniejszy efekt.

TABELA A6.1. Skala nakładów inwestycyjnych (CAPEX) w kolejnych dekadach (wartość bieżąca netto: mld dol. 2020 r.; stopa dyskontowa 6 proc.)

Skumulowane 2025-50	Obecna polityka (A)				ZEN2050 (B)			
	2025 – 2030	2031 – 2040	2041 – 2050	Skumulowane 2025-50	2025 – 2030	2031 – 2040	2041 – 2050	Skumulowane 2025-50
Dekarbonizacja								
Energia elektryczna [1]	19.2	47.8	34.1	101.1	16.8	44.9	43.8	105.5
Transport	106.8	99.0	47.3	253.1	104.0	98.3	48.5	250.8
Mieszkalne	21.4	38.6	20.6	80.6	22.1	42.9	25.3	90.2
Komercyjne	15.1	26.8	15.9	57.9	15.1	26.9	16.0	58.1
Przemysł i inne	10.5	10.8	6.0	27.4	10.5	16.4	10.5	37.4
Leśnictwo	0.5	0.5	0.3	1.3	0.9	1.0	0.6	2.5
Rolnictwo	0.4	0.4	0.2	1.0	3.7	4.1	2.3	10.1
Dekarbonizacja ogółem	154.7	176.1	90.3	421.2	156.2	189.6	103.3	449.0
Adaptacja								
Rolnictwo [2]	0.3	0.1	0.1	0.5	0.8	0.3	0.3	1.3
Bezpieczeństwo wodne	10.1	10.7	6.0	26.7	11.2	11.8	6.6	29.6
Odporność w transporcie	21.2	20.6	12.2	54.0	23.3	22.5	12.9	58.7
Adaptacja ogółem	31.6	31.4	18.3	81.3	35.3	34.6	19.8	89.7

[1] Przyrostowy CAPEX dla energii elektrycznej został już uwzględniony w wydatkach OPEX trzech innych sektorów (transport, budynki mieszkalne oraz przemysł i inne), ponieważ został odzwierciedlony w kosztach energii elektrycznej ponoszonych przez sektory końcowego wykorzystania energii. W związku z tym CAPEX dla energii elektrycznej wyłączono z dekarbonizacji ogółem.

[2] CAPEX działań adaptacyjnych w rolnictwie został rozdzielony równomiernie na osi czasu, podczas gdy w rzeczywistości część inwestycji trzeba będzie sfinansować z góry.

TABELA A6.2. Skala kosztów operacyjnych (OPEX) w kolejnych dekadach
(wartość bieżąca netto: mld dol. 2020 r.; stopa dyskontowa 6 proc.)

2025–2050 cumulative	Current policies (A)				Net Zero 2050 (B)			
	2025 – 2030	2031 – 2040	2041 – 2050	Skumulowane 2025-50	2025 – 2030	2031 – 2040	2041 – 2050	Skumulowane 2025-50
Dekarbonizacja								
<i>Energia elektryczna [1]</i>	36.6	46.5	26.1	109.2	41.0	46.1	16.8	103.9
Transport	91.1	111.3	64.1	266.5	78.4	92.4	58.0	228.8
Mieszkalne	129.5	97.9	39.2	266.7	122.7	92.7	42.0	257.4
Komercyjne	70.3	61.8	32.3	164.5	66.9	60.0	35.9	162.8
Przemysł i inne	111.7	130.8	73.7	316.2	94.2	114.3	79.3	287.8
Leśnictwo	8.0	8.5	4.8	21.3	8.0	8.6	5.0	21.6
Rolnictwo	0.1	0.1	0.0	0.2	0.7	0.8	0.5	2.0
Dekarbonizacja ogółem	410.7	410.4	214.2	1035.4	371.0	368.8	220.7	960.5
Adaptacja								
Rolnictwo	0.1	0.1	0.1	0.3	0.1	0.2	0.1	0.4
Bezpieczeństwo wodne	8.3	8.7	4.9	26.7	9.2	9.7	5.4	24.2576
Odporność w transporcie	23.3	22.5	12.9	58.7	4.2	4.1	2.3	10.566
Adaptacja ogółem	31.7	31.4	17.8	86.0	13.5	13.9	7.8	35.2

[1] Przyrostowy OPEX dla energii elektrycznej został już uwzględniony w wydatkach OPEX trzech innych sektorów (transport, budynki mieszkalne oraz przemysł i inne), ponieważ został odzwierciedlony w kosztach energii elektrycznej ponoszonych przez sektory końcowego wykorzystania energii. W związku z tym OPEX dla energii elektrycznej wyłączono z dekarbonizacji ogółem.

Przypisy końcowe

- 1 <https://www.iea.org/reports/poland-2022/executive-summary>.
- 2 Dechezlepretre, Rivers, and Stadler 2019.
- 3 Każde z zaleceń zebranych w tabeli 5 (rozdział 5) opatrzone w raporcie odsyłaczami (np. A1; A2; B1, itp.).
- 4 UNFCCC 2021. Report on the technical review of the fourth biennial report of Poland; FCCC/TRR.4/POL
- 5 Wszystkie dane dla roku 2021 (Źródło: Eurostat - https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Forests,_forestry_and_logging#Economic_indicators_for_forestry_and_logging).
- 6 <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/coal-consumption-by-country>.
- 7 Solaris 2023. Hydrogen Solaris buses roll along the streets of Poznań, <https://www.solarisbus.com/en/press/hydrogen-solaris-buses-roll-along-the-streets-of-poznan-2039>.
- 8 W porównaniu do scenariusza ZEN2050 z wysoką samowystarczalnością.
- 9 W porównaniu do średniej MAE poniżej 5 proc. (MAE 2024).
- 10 Zapowiedziano inwestycje w instalacje biogazu/bionawozów w północnej części kraju <https://www.europeanbiogas.eu/three-combined-biofertilizer-biogas-facilities-to-be-built-in-north-poland/>.
- 11 WDI 2023.
- 12 W raporcie modelujemy cztery kategorie działań adaptacyjnych w rolnictwie. (A) Adaptacja cieplna zakłada m.in. szersze wykorzystanie technologii chłodzących przez osoby pracujące w pomieszczeniach oraz wzrost mechanizacji rolnictwa, skutkujący spadkiem pracochłonności. Stres cieplny może również wypchnąć wrażliwe grupy z rolnictwa w kierunku obszarów miejskich. Ogólnie rzecz biorąc, wpływ stresu cieplnego na wydajność stopniowo słabnie, zwłaszcza z początkiem dekady 2041-2050. (B) Adaptacja w zakresie upraw sztucznie nawadnianych i tych pozbawionych sztucznego nawodnienia zakłada m.in. budowę nowej infrastruktury nawadniającej w celu rozwiązania problemu niedoboru wody dla najważniejszych upraw oraz poprawę wydajności nawadniania. W związku ze zmianami klimatu plony mogą ucieść na skutek zmian w schematach opadów deszczu i dostępności wody do nawadniania, rosnącego zapotrzebowania na parowanie i ekstremalnych upałów towarzyszących wzrostowi temperatur. (C) Zwierzęta gospodarskie. Hodowla zwierząt jest istotną składową polskiego sektora rolnego; w 2022 r. stanowiła 59,4 proc. komercyjnej produkcji rolnej. Zmiany klimatu stwarzają ryzyko dla produkcji zwierzęcej zarówno ze względu na skutki bezpośrednie, jak i pośrednie. Rosnący stres cieplny u zwierząt (efekt bezpośredni) powoduje spadek wydajności, podczas gdy zmiany klimatu mogą również potencjalnie ograniczyć dostępność źródeł paszy (efekt pośredni), co przełoży się na niższe spożycie energii i spadek wydajności. (D) Adaptacja w zakresie erozji gleby. Historyczne mapy ryzyka erozji wskazują na podatność Polski na erozję wodną. Utrata gleby na skutek erozji wierzchniej warstwy gleby może zmniejszyć ilość składników odżywczych dostępnych dla roślin uprawnych, o ile niedobory nie zostaną uzupełnione nawozami.
- 13 Modelujemy skutki makroekonomiczne wybranych wstrząsów klimatycznych w przypadku wzrostu temperatury i zmienności opadów (warianty „wilgotno/ciepło” i „sucho/gorąco”), patrz załącznik 1. Wstrząsy w scenariuszu ZEN2050 modelujemy poprzez ich wpływ na wydajność rolnictwa (produkcja roślinna, produkcja zwierzęca, erozja gleby); infrastrukturę (powodzie śródlądowe, drogi i mosty) oraz podaż i wydajność siły roboczej (stres cieplny).
- 14 Zgodnie z PEP2040.
- 15 Honorati and Banaszczyk 2023.
- 16 Honorati, Ferre, and Gajderowicz 2023.
- 17 INSTRAT 2021.
- 18 Christiansen et al. 2022a, b, c.
- 19 Christiansen et al. 2022a.
- 20 Wszystkie kwoty podano w dol. w 2020 r. i zdyskontowano o 6 proc. W załączniku 6 przedstawiono szacunki inwestycyjne w rozbiu na dekady do 2050 r.
- 21 Babić and Dixon 2022.
- 22 Bank Światowy 2012.
- 23 Bank Światowy 2024a.

- 24 W oparciu o krajowe minimum egzystencji i koncepcje ubóstwa relatywnego. Stosując europejską koncepcję zagrożenia ubóstwem, zakotwiczoną na poziomie granicy ubóstwa z 2017 r., zasięg ubóstwa skurczył się z 54 proc. ludności w 2005 r. do 7 proc. w 2021 r., co trzeba uznać za imponujące osiągnięcie. (Źródło: SCD Update - Bank Światowy 2024a).
- 25 Patrinos et al. 2022.
- 26 Ibid.
- 27 KE 2023.
- 28 Bank Światowy 2024a.
- 29 Dane rachunków narodowych Banku Światowego i pliki danych rachunków narodowych OECD. Wartość dodana sektora usług wzrosła z 55,3 proc. w 2010 r. do 58,2 proc. w 2022 r.
- 30 Względne rozdzielanie odnosi się do stanu, w którym emisje rosną wolniej niż produkt krajowy brutto w danym okresie.
- 31 MAE 2022a.
- 32 W latach 2010–2019 energochłonność polskiej gospodarki (TFC do PKB) spadła z 79 ton ekwiwalentu ropy naftowej (toe) do 61 toe na milion dol. PKB –MAE 2022 Poland EPR.
- 33 Carter and Boukerche 2020.
- 34 Kowalewski, Markowski, and Śleszyński 2018.
- 35 <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/dashboards/emissions-trading-viewer-1>.
- 36 W kwietniu 2022 r. weszła w życie nowa ustawa zakazująca importu węgla i koksu z Rosji i Białorusi do Polski lub przez terytorium Polski, aby nie dopuścić do wspierania agresji na Ukrainę. Od tego czasu Polska uniezależniła się od importu węgla z Rosji, zastępując go dostawami z krajów takich jak Kolumbia, Indonezja i RPA.
- 37 <https://ecfr.eu/publication/from-coal-to-consensus-polands-energy-transition-and-its-european=-future/#:~:text=The%20Polish%20energy%20sector's%20dependence,a%20record%20level%20in%202021>.
- 38 IMF 2023.
- 39 IMF 2023.
- 40 EEA 2020.
- 41 Roche et al. 2024.
- 42 (Bank Światowy 2019) Koszty ekonomiczne chorób i przedwczesnych zgonów na skutek kontaktu z pyłem zawieszonym PM_{2,5} szacuje się na 31–40 mld dol., tj. 6,4–8,3% PKB (rok odniesienia 2016) licząc wg ubytku dobrostanu; oraz na 3 mld dol., tj. 0,6% PKB (rok odniesienia 2016) licząc wg ubytku wydajności.
- 43 Dyrektywa 2008/50/WE.
- 44 Dechezleprêtre, Rivers, and Stadler 2019.
- 45 UNECE 2021.
- 46 Indeks tworzy ranking krajów na podstawie liczby i złożoności ekologicznych produktów, w których są konkurencyjne (GTN, 2024).
- 47 Eurostat 2023.
- 48 EURES 2024.
- 49 Zawody: hydraulik, monter rur, dekarz, elektryk budowlanych i pokrewni specjaliści-elektrycy (European Commission Poland Country Report 2023).
- 50 Sokolowski 2023.
- 51 Bank Światowy 2022.
- 52 GUS.
- 53 <https://www.mdpi.com/2076-3263/10/8/312#B22-geosciences-10-00312> (oceny stanu zaawansowania pod względem adaptacji i odporności).
- 54 <https://www.nik.gov.pl/aktualnosci/zapobieganie-suszy-rolniczej.html>.
- 55 https://pie.net.pl/wp-content/uploads/2022/11/PIE_Gospodarcze-koszty-suszy-dla-polskiego-rolnictwa.pdf.
- 56 <https://thinkhazard.org/en/report/198-poland>.
- 57 Komisja Europejska, Baza danych dotyczących ośrodków miejskich. <https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/ucdb2018visual.php>.

- ⁵⁸ Narzędzie do analizy ryzyka Aqueduct Water Risk opracowane przez World Resources Institute (WRI).
- ⁵⁹ Ministerstwo Klimatu i Środowiska, 2022.
- ⁶⁰ GUS 2023a. Utrata listowia na skutek oddziaływania czynników zewnętrznych, takich jak stres lub uszkodzenia spowodowane przez owady, szkodniki albo zjawiska (np. wiatry, burze).
- ⁶¹ Raport CEM dla Polski 2022, na podstawie PEP 2040.
- ⁶² Zgodnie z treścią zrewidowanego rozporządzenia w sprawie wspólnego wysiłku redukcyjnego (ESR) Polska ma zaktualizowany cel redukcji emisji na poziomie -17,7 proc. Nowy KPEiK (który ma zostać opublikowany w 2025 r.) zakłada redukcję emisji gazów cieplarnianych o 50,4 proc. do 2030 r. oraz wzrost udziału odnawialnych źródeł energii w całej gospodarce do 32,6 proc. (56,1 proc. w elektroenergetyce, 35,4 proc. w ciepłownictwie i chłodnictwie oraz 17,7 proc. w transporcie).
- ⁶³ Zaktualizowana polityka energetyczna zostanie opublikowana w 2025 roku. <https://www.gov.pl/web/klimat/prekonsultacje-projektu-aktualizacji-krajowego-planu-w-dziedzinie-energii-i-klimatu-do-2030-roku>.
- ⁶⁴ Ministerstwo Klimatu i Środowiska (2021) „Polityka energetyczna Polski do 2040 r.” (PEP 2040), Warszawa.
- ⁶⁵ Docelowy poziom mocy z OZE wyznaczony na 2040 r. wynosi zaledwie 28,7 GW, co zostało osiągnięte w 2023 r. Aktualizacja polityki jest w toku. Polska zamierza uruchomić energetykę jądrową, a pierwsza z sześciu planowanych elektrowni ma być oddana do eksploatacji przed końcem 2033 r.
- ⁶⁶ Wielkopolska, Śląsk i Dolny Śląsk; Czyżak, Śniegocki i Wetmańska (2023).
- ⁶⁷ Jednostki wytwórcze starsze niż 35 lat stanowią ponad jedną trzecią węglowych mocy wytwórczych w Polsce.
- ⁶⁸ Polski Instytut Ekonomiczny (2020) szacuje, że w oparciu o parametry PEP2040 Polska osiągnie neutralność węglową w okresie od 2056 r. do 2067 r.
- ⁶⁹ Opracowana przez Bank Światowy tablica wskaźników cen emisji dwutlenku węgla (Carbon Pricing Dashboard).
- ⁷⁰ Kwota przychodów z ETS w latach 2013–2022 to 490 euro na mieszkańca, co jest trzecią najwyższą wartością w UE po Estonii i Bułgarii.
- ⁷¹ Pozostałe kraje UE zwiększające intensywność dopłat to: Cypr, Chorwacja, Finlandia, Francja, Luksemburg, Malta, Holandia i Rumunia.
- ⁷² EC 2023b.
- ⁷³ Jak wynika z analizy nierówności opartej na danych europejskiego badania warunków życia ludności (EU-SILC), które są przekazywane przez Polskę do Eurostatu dla celów porównawczych, współczynnik Giniego w odniesieniu do dochodu do dyspozycji spadł w latach 2018–2020 o 2 punkty procentowe, w przeciwieństwie do zaobserwowanego w BBGD wzrostu o 2 punkty procentowe. Aktualizacja raportu SCD będzie opierać się na wynikach BBGD, ale dane statystyczne dotyczące tego zagadnienia zostaną poddane triangulacji.
- ⁷⁴ Na podstawie opracowanych przez Bank Światowy ram oceny stanu zaawansowania pod względem adaptacji i odporności (Adaptation and Resilience Principles Assessment Framework) (2020).
- ⁷⁵ Kalbarczyk i Kalbarczyk 2020, na podstawie przeglądu „Strategicznego planu adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020 z perspektywą do roku 2030” (SPA 2020).
- ⁷⁶ EBI [European Investment Bank] (2023) Ankieta EBI dotycząca zmian klimatycznych.
- ⁷⁷ EBI 2021.
- ⁷⁸ https://www.eib.org/attachments/publications/eibis_2021_poland_en.pdf.
- ⁷⁹ Instrat 2021.
- ⁸⁰ Według Narodowego Banku Polskiego, sumaryczna wartość BIZ na koniec 2022 r. przekroczyła 300 mld dol.
- ⁸¹ Hagemeyer and Kolasa 2011.
- ⁸² Brucal, Javorcik, and Love 2019.
- ⁸³ Crescenzi, Pietrobelli, and Rabellotti 2014.
- ⁸⁴ <https://www.worldbank.org/en/region/eca/publication/eu-green-deal-for-people>.
- ⁸⁵ Marc and Malec 2022.
- ⁸⁶ Ambaszw. Sanchez-Reaza, and Lara 2023.
- ⁸⁷ Komisja Europejska i Dyrekcja Generalna ds. Zatrudnienia, Spraw Społecznych i Włączenia Społecznego 2023.

- ⁸⁸ EBI 2023.
- ⁸⁹ Wyższe wskaźniki poczucia osobistej odpowiedzialności można jednak zaobserwować w badaniu świadomości ekologicznej przeprowadzonym przez Ministerstwo Środowiska i NFOŚiGW. W badaniu tym 60% respondentów deklaruje, że działania mające na celu zminimalizowanie negatywnych skutków zmian klimatu powinny być podejmowane przede wszystkim przez osoby fizyczne, nieco ponad połowa (53%) wskazuje na rząd, a następnie respondenci wskazują na instytucje międzynarodowe (21%) i władze samorządowe (19%).
- ⁹⁰ Ranking percentylowy pokazuje pozycje kraju w zestawieniu wszystkich państw świata, przy czym „0” odpowiada najniższej pozycji, a „100” najwyższej (WGI, Bank Światowy).
- ⁹¹ MFW 2021.
- ⁹² Bank Światowy 2022a.
- ⁹³ Na podstawie Bank Światowy 2022a.
- ⁹⁴ W tym: Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW), Główny Urząd Statystyczny (GUS), Instytut Ochrony Środowiska (IOŚ), Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE).
- ⁹⁵ Ceny emisji dwutlenku węgla są odzwierciedlone w modelowaniu jako ceny dualne (kalkulacyjne).
- ⁹⁶ „Luka ETS” odnosi się do rozbieżności między liczbą uprawnień do emisji CO₂ przyznanych Polsce w ramach unijnego systemu handlu uprawnieniami do emisji (EU-ETS) a rzeczywistymi emisjami z instalacji objętych ETS. Forum Energii 2023.
- ⁹⁷ Forum Energii 2023. <https://www.forum-energii.eu/en/the-spectre-of-the-ets-gap>.
- ⁹⁸ MAE 2024. “Poland Country page.” <https://www.iea.org/countries/poland>.
- ⁹⁹ Fossil Fuel Subsidy Tracker (2023), www.fossilfuelsubsidytracker.org/country/. Subsidia dla paliw kopalnych osiągnęły w 2022 r. w Polsce rekordowo wysoki poziom 13,2 mld dol., w porównaniu z kwotą 2,9 mld dol. w 2021 r., głównie w odpowiedzi na inflację cen paliw w czasie kryzysu energetycznego w celu ochrony konsumentów (podobnie jak w wielu krajach ECA); wprowadzono m.in. obniżki podatku VAT na węgiel, gaz i benzynę. Co prawda subsidia dla ropy naftowej (4,7 mld dol. w 2022 r.) wycofano w 2023 r., ale te dla gazu (3,9 mld dol. w 2022 r.) i węgla (4,6 mld dol. w 2022 r.) wg stanu na czerwiec 2024 r. pozostają w mocy.
- ¹⁰⁰ Według analizy wrażliwości bez wyników alokacji rynku mocy dla jednostek węglowych.
- ¹⁰¹ Na przykład w czerwcu 2022 r. rząd przeznaczył obligacje skarbowe o wartości 1 006,7 mln zł na zasilenie kapitału zakładowego spółek wydobywczych Polska Grupa Górnicza S.A. (PGG) i Tauron Wydobywanie S.A., zapewniając im tym samym istotne wsparcie [1]. Ponadto w grudniu 2023 r. Sejm RP przedłużył PGG do końca 2025 r. termin spłaty blisko 820 mln zł zobowiązań wobec ZUS, które narosły z tytułu niezapłaconych składek na ubezpieczenie społeczne. Dodatkowo zawieszono spłatę 1,0 mld zł pożyczki z PFR[2]. Groszem publicznym finansuje się także szereg świadczeń socjalnych dla górników i ich rodzin, z opcjami wcześniejszego przechodzenia na emeryturę, specjalnymi zasiłkami i innymi formami pomocy pieniężnej.
- ¹⁰² <https://www.gov.pl/web/klimat/polska-strategia-wodorowa-do-roku-2030>.
<https://iea.blob.core.windows.net/assets/b9ea5a7d-3e41-4318-a69e-f7d456ebb118/Poland2022.pdf>.
- ¹⁰³ W 2021 r. polski rząd przyjął ambitny plan zainstalowania 2000 MW mocy produkcyjnych na bazie niskoemisyjnego wodoru do 2030 r., ale zastosowanie potrzebnych do tego elektrolizerów (dojrzałej, ale kosztownej technologii) jest na stosunkowo wczesnym etapie ze względu na wysokie koszty inwestycyjne i operacyjne. Na koniec 2023 r. cały portfel projektów niskoemisyjnego wodoru w Polsce obejmował około 1300 MW mocy. Z tego jednak tylko ok. 2 MW było w eksploatacji, a kolejne 10 MW w budowie (stan na koniec 2023 r.) (MAE 2024), podczas gdy reszta była na etapie sporządzania studiów wykonalności lub w fazie koncepcyjnej.
- ¹⁰⁴ Szczegóły w pkt 3.1.3 w podrozdziale na temat przemysłu.
- ¹⁰⁵ Prognozy są zgodne z konserwatywnymi założeniami Polskiego Stowarzyszenia Energetyki Wiatrowej odzwierciedlającymi ograniczenia natury fizycznej (maksymalnie 45 GW dla lądowej energetyki wiatrowej i 33 GW dla morskiej energetyki wiatrowej do 2050 r.).
- ¹⁰⁶ Główne dokumenty strategiczne - Polityka Energetyczna Polski do 2040 r. (PPE2040), opublikowana w 2018 r., a następnie zrewidowana w 2021 r., oraz Program Polskiej Energetyki Jądrowej 2020 - potwierdzają plany rozwoju 6-9 GW energii jądrowej.
- ¹⁰⁷ Creutzig et al. 2022; Khanna et al. 2021.
- ¹⁰⁸ Hassani, Huang, and Silva 2019.
- ¹⁰⁹ Średnie ceny energii elektrycznej na Rynku Dnia Następnego w UE w 2024 r. za: Fraunhofer https://energy-charts.info/charts/price_average_map/chart.html?l=en&c=DE&interval=year&year=2024.

- ¹¹⁰ Bank Światowy 2024 c, (w przygotowaniu) Scaling up Renewables in Europe and Central Asia, Barriers and Opportunities.
- ¹¹¹ Potencjał oszczędności energii w segmencie budynków jest szczególnie wysoki, ponieważ około jedna trzecia budynków mieszkalnych w Polsce została zbudowana przed 1980 r. i ma zapotrzebowanie na energię powyżej 200 kWh/m² rocznie. Ponad trzykrotny wzrost rocznego wskaźnika modernizacji w scenariuszu ZEN2050 przyczynia się do lokalnego wzrostu zatrudnienia i zmniejszenia zużycia energii w gospodarstwach domowych, zwiększając przystępność cenową.
- ¹¹² Forum Energii 2023.
- ¹¹³ Rząd rozważa wzmocnienie regionalnej łączności kolejowej i rozbudowę kolei dużych prędkości w ramach projektu Centralnego Portu Komunikacyjnego (CPK). Przedstawiony tutaj scenariusz NZ2050 nie obejmuje bezpośrednio konkretnych interwencji związanych z projektem CPK, lecz zawiera ogólne rozważania dotyczące potencjalnego rozwoju transportu kolejowego. Kwestia wykonalności i zwrotu z konkretnych projektów i programów inwestycyjnych powinna zostać poddana szczegółowej ocenie przed podjęciem decyzji.
- ¹¹⁴ Jak szacuje się na podstawie bazy danych Eurostatu (2024), wskaźnik motoryzacji w Polsce wynosił w 2023 r. 601 samochodów osobowych na tysiąc mieszkańców. Liczba ta różni się od oficjalnego wskaźnika podawanego przez GUS (723 samochody osobowe na tysiąc mieszkańców w 2023 r.), ponieważ ten ostatni nie uwzględnia korekty o liczbę pojazdów, które w rzeczywistości nie są w eksploatacji, ale nie zostały usunięte z ewidencji. Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego szacuje, że po uwzględnieniu tej korekty wskaźnik motoryzacji może spaść do 520 samochodów/1000 mieszkańców. W niniejszym raporcie za punkt odniesienia przyjęto wartość środkową oszacowaną przez Eurostat.
- ¹¹⁵ Można to osiągnąć poprzez powiązane z emisyjnością opodatkowanie pojazdów należących do flot firmowych (jak ma to miejsce w Belgii); sprawozdawczość w zakresie społecznej odpowiedzialności biznesu i/lub obowiązki w zakresie ograniczania emisji gazów cieplarnianych; i/lub poprzez szczególne wymogi regulacyjne dla flot. Pozytywnym rezultatem takich działań byłaby również uzyskana w sposób efektywny kosztowo średnioterminowa poprawa dostępności przystępnych cenowo pojazdów elektrycznych na rynku pojazdów używanych oraz zachęty dla inwestycji sektora prywatnego w infrastrukturę ładowania pojazdów elektrycznych.
- ¹¹⁶ W 2023 r. ponad 60 proc. importowanych używanych samochodów osobowych miało więcej niż 10 lat.
- ¹¹⁷ Podczas gdy całkowity wolumen towarowych przewozów kolejowych wzrósł w wartościach bezwzględnych (z 50 mld tonokilometrów w 2005 r. do 59 mld tonokilometrów w 2022 r.), wzrost obserwowany w drogowym transporcie towarowym był znacznie wyższy (z 86 do 197 mld tonokilometrów w tym samym okresie), co oznacza spadek udziału kolei w rynku w 2022 r.
- ¹¹⁸ W porównaniu do średniej MAE wynoszącej mniej niż 5% (MAE, 2024).
- ¹¹⁹ Zapowiedziano inwestycje w instalacje biogazu i nawozów w północnej części kraju <https://www.europeanbiogas.eu/three-combined-biofertilizer-biogas-facilities-to-be-built-in-north-poland/>.
- ¹²⁰ CEMBUREAU 2023.
- ¹²¹ (Cheng et al. 2023) CO₂ jest produktem ubocznym procesu chemicznego, w którym z wapienia (CaCO₃) otrzymuje się wapno (CaO). Dokładny udział procentowy tych emisji materiałowych zależy od specyfiki zakładu, ale 50% można uznać za górną granicę.
- ¹²² Wise Europa 2023.
- ¹²³ Szczegóły zostaną przedstawione w materiale towarzyszącym zat. CCDR Energy-Transport Background Note.
- ¹²⁴ Przedstawione powyżej koszty inwestycyjne mają w założeniu odzwierciedlać inwestycje wskazane przez interesariuszy sektorowych w zakresie przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej i gazu ziemnego oraz modernizacji sieci ciepłowniczych, chociaż niekoniecznie w całości. Potrzeby inwestycyjne w zakresie przesyłu i dystrybucji energii elektrycznej oszacowane przez PSE (polskiego operatora systemu przesyłowego) sięgają 122 mld euro do 2040 r. zgodnie z obecną polityką (PSE 2023), ale w przypadku ścieżki ZEN można się spodziewać wyższych kwot. Polskie Towarzystwo Elektrociepłowni Zawodowych szacuje, że potrzeby inwestycyjne ciepłownictwa wyniosą w perspektywie 2045 r. od 69 mld dol. do 102 mld dol. (od 277 mld zł do 410 mld zł). Potrzeby inwestycyjne w zakresie przesyłu i dystrybucji gazu ziemnego są szacowane przez Gaz-System (polskiego operatora systemu przesyłowego) na około 5 mld dol. w latach 2024-2033. W transporcie kolejowym oprócz już zapowiedzianej w perspektywie 2032 roku inwestycji w kolej dużych prędkości (projekt CPK), r. ścieżka ZEN2050 wymaga dodatkowych 8,5 mld dol. (kwota zdyskontowana) tytułem inwestycji w sieć kolejową do 2050 r. Szacuje się także, iż do 2050 r. w porównaniu do SR potrzebne będzie dodatkowe 1,5 mld dol. (kwota zdyskontowana) na rozbudowę infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych.
- ¹²⁵ Genstwa and Zmyslona 2023.

- ¹²⁶ Kuzniar et al. 2024.
- ¹²⁷ Baccour, Albiac, and Kahil 2021.
- ¹²⁸ Wszystkie dane dla 2021 r. (źródło: Eurostat - https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Forests,_forestry_and_logging#Economic_indicators_for_forestry_and_logging).
- ¹²⁹ McKinsey and Company 2020.
- ¹³⁰ Do głównych przyczyn spadku pojemności leśnych pochłaniaczy w Polsce zalicza się średni wiek lasów, szczególnie w lasach państwowych, gdzie duże obszary znajdują się poza szczytowym okresem wzrostu, a także nasilające się szkody (pożary, szkodniki, letnie susze itp.).
- ¹³¹ Poziomy pochłaniania w sektorze LULUCF były znacznie powyżej trendu w latach 2004-2005. Ministerstwo Klimatu i Środowiska. 2024. Załącznik 1 do scenariusza przejściowego EPOIK w warunkach rynkowych i technicznych (z istniejącymi środkami - wersja wstępna). Warszawa.
- ¹³² McKinsey and Company 2020.
- ¹³³ Statistics Poland 2023a; Ferretti et al. 2021.
- ¹³⁴ Szczygie, Kwiatkowski, and Kołakowski 2020.
- ¹³⁵ Szacowany znacznie większy obszar gruntów rolnych niewykorzystywanych do produkcji – 2,7 mln hektarów. Ten areał, wraz z innymi rezerwami gruntów nierolniczych, może być wystarczający, by osiągnąć cele w zakresie (ponownego) zalesienia (Pudełko et al. 2018).
- ¹³⁶ Kwiatkowski et al. 2021; Cabbage et al. 2022.
- ¹³⁷ W ostatnich dziesięcioleciach, zwłaszcza po przystąpieniu Polski do UE, prywatni właściciele w dużej mierze unikali sadzenia drzew, aby oficjalnie utrzymać swoją ziemię w kategorii gruntów rolnych. Ze względu na zakaz wylesiania, ponowne zalesianie jest nieodwracalne (Kaliszewski and Jabłoński 2022). Kaliszewski i Jabłoński. 2022. Dzieje się tak pomimo tego, że Polska stosunkowo hojnie wspiera zalesianie gruntów prywatnych. Jednorazowa stawka dla gruntów przeznaczonych do zalesienia wynosi 16 059 zł/ha, a dodatkowe finansowanie można uzyskać na ogrodzenie młodego lasu i utrzymanie zalesionych gruntów rolnych przez okres do 12 lat (zob. <https://www.gov.pl/web/rolnictwo/zalesianie-gruntow-rolnych>).
- ¹³⁸ GUS 2023b. Dane za 2022 r., obejmują przemysł drzewny, celulozowo-papierniczy i meblarski.
- ¹³⁹ Ministerstwo Klimatu i Środowiska 2023b.
- ¹⁴⁰ <https://notesfrompoland.com/2023/01/16/polands-booming-furniture-industry-hit-by-soaring-wood-prices-and-consumer-belt-tightening/> (17 lipca 2023 r.)
- ¹⁴¹ Obejmuje tylko produkcję drewna, a nie przetwórstwo (tartaki, płyty drewnopochodne, masa celulozowa i papier, itp.).
- ¹⁴² Polska ma specjalny program promujący wykorzystanie drewna w budownictwie. Program polskich drewnianych domów powstał w 2019 r. (zob. <https://pdds.com.pl/>)
- ¹⁴³ European Commission Trinomics, VITO, Wageningen University, Research, Technische Universität Graz and Ricardo. 2021.
- ¹⁴⁴ GUS 2022.
- ¹⁴⁵ <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/15216629/18054337/KS-FK-23-001-EN-N.pdf/048e130f-79fa-e870-6c46-d80c9408620b?version=7.0&t=1707290893751>.
- ¹⁴⁶ GUS 2024.
- ¹⁴⁷ Ponad 50 procent gospodarstw rolnych ma powierzchnię poniżej 5 ha, a około 75 procent mniej niż 10 ha; w porównaniu ze średnią wielkością gospodarstwa w UE-28 wynoszącą 16 ha.
- ¹⁴⁸ <https://climate-adapt.eea.europa.eu/en/metadata/publications/adaptation-to-the-climate-change-in-poland/broszura-adaptacja-ang.pdf>
- ¹⁴⁹ <https://faolex.fao.org/docs/pdf/pol178018.pdf>
- ¹⁵⁰ Ibid.
- ¹⁵¹ Sawicka et al. 2022.
- ¹⁵² GUS 2023
- ¹⁵³ Zobowiązania rolno-środowiskowe są uzgadniane między organem wdrażającym a rolnikami w drodze umów zawieranych na okres od pięciu do siedmiu lat w przeliczeniu na każdy hektar. Zobowiązania rolno-środowiskowe polegają na ochronie, utrzymaniu i poprawie jakości gruntów rolnych i mogą być ukierunkowane na ochronę, zachowanie lub poprawę jakości gleby, w szczególności z związku z erozją wodną (praktyki uprawy konserwującej, takie jak uprawa zerowa), zanieczyszczeniem gleby.

- ¹⁵⁴ Was et al. 2020.
- ¹⁵⁵ Przyjęta w grudniu 2019 r. Strategia Zrównoważonego Rozwoju Wsi, Rolnictwa i Rybactwa 2030.
- ¹⁵⁶ Eurostat.
- ¹⁵⁷ Bank Światowy 2022b.
- ¹⁵⁸ Pojemność zbiorników w Polsce wynosi 78 m³ na mieszkańca, czyli 6% średniego rocznego odpływu, w porównaniu do 299 m³ na mieszkańca, czyli 24,4% średniego rocznego odpływu, w Czechach.
- ¹⁵⁹ Trafne podsumowanie kluczowych kwestii związanych z pojemnością zbiorników można znaleźć w Pieron et al. (2021).
- ¹⁶⁰ Efektywność zużycia wody, mierzona w dolarach na metr sześcienny, określa ilościowo wartość produkcji gospodarczej na jednostkę zużytej wody.
- ¹⁶¹ Efektywność zużycia wody jest tutaj definiowana jako stosunek wartości dodanej w dolarach do ilości zużytej wody.
- ¹⁶² CCDR-CLEAR - diagnoza dot. wody dla Polski, dane źródłowe pochodzą z prowadzonego przez FAO systemu informacyjnego Aquastat.
- ¹⁶³ Pod względem zużycia wody na cele energetyczne, w 2015 r. wyższy poziom zanotowały jedynie Francja i Niemcy, gdzie woda jest wykorzystywana do chłodzenia elektrowni jądrowych. Zob. publikację Towarzystwa na rzecz Ziemi autorstwa Roberta Wawrety i Janusza Żelazińskiego, 2024. Elektrownie gazowe i węglowe w kryzysie wodnym.
- ¹⁶⁴ Wawrety and Zelazinski 2024.
- ¹⁶⁵ Zużycie wody do produkcji energii elektrycznej to ilość wody w litrach/MWh, która zostaje zużyta (nie wraca do środowiska). Najmniej wody zużywa energetyka wiatrowa, a najwięcej spalanie biomasy. Zużycie wody do produkcji energii cieplnej (olej, węgiel, gaz, energia jądrowa i biomasa) zależy od zastosowanej technologii chłodzenia. W elektrowniach wykorzystuje się dwa główne systemy chłodzenia mokrego. Systemy otwarte (jednokrotne) pobierają wodę z dostępnych źródeł znajdujących się w pobliżu, a woda jest zwracana do źródła po schłodzeniu, w temperaturze do 30 razy wyższej niż woda wlotowa, przy czym wodę o najwyższej temperaturze produkują elektrownie węglowe. Systemy chłodzenia w obiegu zamkniętym poddają wodę recyklingowi, więc zużywają jej znacznie mniej, ale za to konsumują większość pobieranej wody. Przy chłodzeniu suchym co prawda zużywa się najmniej wody, ale jest to technologia bardziej kosztowna i mniej wydajna niż chłodzenie za pomocą wody.
- ¹⁶⁶ Według danych elektrowni wykorzystanych w modelu energetycznym raportu CCDR. Reszta (ok. 30%) wykorzystuje połączenie chłodzenia jednokrotnego wspomaganego przez wieżę chłodniczą (3%) oraz chłodzenia jednokrotnego przy użyciu wody słonawej lub powietrza (po niespełna 1%).
- ¹⁶⁷ Powódź 100-letnia to zdarzenie o statystycznym prawdopodobieństwie wystąpienia raz na 100 lat.
- ¹⁶⁸ Przedstawione w sekcji 3.2.2 WSO i na Rysunku 19: Tereny zalewowe i względny PKB na mieszkańca.
- ¹⁶⁹ Obecny roczny poziom inwestycji w sektorze wodnym w Polsce szacuje się na około 3,74 mld USD rocznie, w oparciu o średnie inwestycje dokonywane przez władze krajowe i regionalne, inwestorów zewnętrznych, takich jak UE, Bank Światowy, Europejski Bank Inwestycyjny (EBI), Europejski Bank, Europejski Bank Odbudowy i Rozwoju (EBOR) itp., a także sektor prywatny. Oznacza to skumulowane inwestycje bazowe w wysokości 49,4 mld USD (ceny z 2020 r., przy 6-procentowej stopie dyskontowej na lata 2025-2050). Zob. Tabela S1.
- ¹⁷⁰ W tym podrozdziale opisano kompromisy makroekonomiczne towarzyszące ścieżkom dekarbonizacji i adaptacji w latach 2021-2050 w porównaniu ze scenariuszem referencyjnym, który opisuje trajektorię sektora energetycznego i gospodarki, jakiej należy się spodziewać przy kontynuacji obecnie prowadzonej polityki (zob. załącznik 2 w celu zapoznania się z kluczowymi założeniami oraz rozdział 3, w którym podano szczegółowe informacje na temat sektora energetycznego).
- ¹⁷¹ Bank Światowy 2024a.
- ¹⁷² For modeling assumptions see Annexes 1-3.
- ¹⁷³ https://climate.ec.europa.eu/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/development-eu-ets-2005-2020_en.
- ¹⁷⁴ Bank Światowy 2023.
- ¹⁷⁵ Marc et al. 2021.
- ¹⁷⁶ Fan, Xiao, and Zhao 2017; Rolnick et al. 2019; Wolfert et al. 2017.
- ¹⁷⁷ Sanchez-Reaza et al. 2023.

- ¹⁷⁸ Bank Światowy 2022. Występuje „deficyt” inwestycji sektora prywatnego, a udział polskich inwestycji prywatnych w PKB mieści się blisko dolnego 25. percentyla w gronie państw UE-27 (Bank Światowy 2024a).
- ¹⁷⁹ Bank Światowy 2024a.
- ¹⁸⁰ Maerkova and Matczuk 2024.
- ¹⁸¹ Indeks mierzy „zieloną” konkurencyjność kraju w oparciu o liczbę i złożoność ekologicznych produktów, w których gospodarka danego jest konkurencyjna (GTN, 2024).
- ¹⁸² Green Transition Navigator (2024) <https://green-transition-navigator.org/>.
- ¹⁸³ Bank Światowy 2024a.
- ¹⁸⁴ Smog w Polsce i jego konsekwencje, working paper 5/2019, Polski Instytut Ekonomiczny 2019.
- ¹⁸⁵ Neidell 2023.
- ¹⁸⁶ Ze względów metodologicznych te dodatkowe „korzyści uboczne” oszacowano nie w stosunku scenariusza BZ (kontynuacja obecnej polityki), ale w stosunku do scenariusza braku dekarbonizacji, patrz załącznik 2.
- ¹⁸⁷ Modelujemy makroekonomiczny wpływ wybranych wstrząsów klimatycznych w przypadku wzrostu temperatury i zmienności opadów (warianty „wilgotno/ciepło” i „sucho/gorąco”), patrz załącznik 1. W scenariuszu ZEN2050 wstrząsy są modelowane poprzez ich wpływ na wydajność rolnictwa (produkcja roślinna, produkcja zwierzęca, erozja gleby); infrastrukturę (powodzie rzeczne, drogi i mosty) oraz podaż i wydajność siły roboczej (stres cieplny).
- ¹⁸⁸ Wysoki odsetek szkód spowodowanych wzrostem temperatury może wydawać się sprzeczny z intuicją, biorąc pod uwagę stosunkowo umiarkowany klimat Polski w historycznym scenariuszu bazowym: tak znaczące szkody są spowodowane wzrostem temperatury wykraczającym poza obecne standardy projektowe istniejącej sieci drogowej. W latach 2041-2050 przewidujemy również wzrost opóźnień drogowych o 105 mln i 100 mln godzin w ramach scenariuszy klimatycznych SSP2-4.5 i SSP3-7.0.
- ¹⁸⁹ Ograniczony wpływ scenariusza szybszej dekarbonizacji na ubóstwo jest spójny ze skromnymi skutkami makroekonomicznymi dekarbonizacji do 2040 roku. Taki a nie inny wynik modelowania zależy również od przyjętych szczegółowych założeń, przepływu siły roboczej między gałęziami gospodarki (co powinno skutkować m.in. zmianą rozkładu przestrzennego ludności) oraz istotnej zmiany wzorców konsumpcji. Badanie będące podstawą analizy opiera się na kompleksowym przeglądzie polskiego systemu fiskalnego, natomiast ewolucja podatków, składek na ubezpieczenie społeczne oraz transferów składkowych i nieskładkowych ewoluuje zgodnie z zagregowanymi zmianami przewidywanymi w makro modelu CGE. W związku z tym wyniki zależą od konkretnych założeń modelowania i zdecydowanych działań polityki gospodarczej i społecznej, więc ostatecznie są wysoce niepewne. Ponieważ stosowane przez Polskę miary ubóstwa uwzględniają zarówno podejście bezwzględne, jak i względne, w analizie przeprowadzonej na potrzeby niniejszego raportu potraktowano te dwie koncepcje oddzielnie, uzyskując nieznacznie zróżnicowane wyniki (w zależności od tego, czy stosowana jest koncepcja ubóstwa bezwzględnego czy względnego). W tekście przedstawiono jedynie koncepcję zagrożenia ubóstwem bezwzględnym.
- ¹⁹⁰ W 2021 r. w polskim rolnictwie pracowało 8% ogółu zatrudnionych; w obu scenariuszach dekarbonizacji przewiduje się spadek o 19-20%. W 2021 r. w polskim sektorze wydobywczym pracowało 0,6% ogółu zatrudnionych; przewiduje się, że do 2050 r. nastąpi spadek do poziomu 0,45%.
- ¹⁹¹ Jednakże w konsekwencji transformacja sektorowa w kierunku sektorów o wyższej wydajności pracy zostałaaby spowolniona, co doprowadziłoby do nieznacznego zmniejszenia wzrostu dochodu w dolnych czterdziestu procentach rozkładu dochodów.
- ¹⁹² W latach 2012–2022 na skutek poprawy efektywności energetycznej w zakresie ogrzewania i chłodzenia lokali mieszkalnych nastąpił spadek bezpośrednich emisji z gospodarstw domowych na mieszkańca (choć punkt wyjścia był ustawiony na bardzo niskim poziomie), natomiast wzrósł analogiczny wskaźnik emisji emisje w sektorze z transportu. Ogrzewanie odpowiada za 60% emisji z gospodarstw domowych, czyli znacznie więcej niż wynosi średnia w krajach UE (40%), a od 2012 r. nastąpił spadek w przeliczeniu na mieszkańca. Emisje z transportu w przeliczeniu na mieszkańca wzrosły, podobnie jak w innych krajach UE, ponieważ wraz ze wzrostem dochodów rośnie liczba prywatnych samochodów.
- ¹⁹³ Skala emisji związanych z transportem i rekreacją waha się od 13 proc. dla gospodarstw domowych o niskiej emisji do 27 proc. w przypadku gospodarstw domowych o wyższej emisji, które w tej kategorii i w ujęciu bezwzględnym emitują 10 razy więcej dwutlenku węgla niż gospodarstwa o niskiej emisji. Szacuje się, że najwyższa elastyczność konsumpcji w UE występuje w podróżach lotniczych, ze średnią elastycznością wydatków wynoszącą 1,5 i rosnącą w całym rozkładzie dochodów, od prawie zera wśród biedniejszych gospodarstw domowych do 2-2,7 wśród osób wydających najwięcej (Ivanova and Wood 2020).

- ¹⁹⁴ EC 2023c.
- ¹⁹⁵ W 2023 r., w specjalnym badaniu Eurobarometru poświęconym zmianom klimatu, ponad 90% Polaków uznało zmiany klimatu za bardzo poważny (69%) lub dość poważny (24%) problem, co pokrywa się ze średnią w UE. Jednak statystycznie tylko co trzeci respondent z Polski uważa przeciwdziałanie zmianom klimatu za najpoważniejszy problem, przed którym stoi świat, podczas gdy w całej UE uważa tak prawie połowę ankietowanych. Podobnie, w badaniu ekologicznej świadomości i nawyków mieszkańców Polski w 2022 r. (MŚ, NFOŚiGW), respondenci uznali, że Polska ma ważniejsze problemy do rozwiązania (w ochronie zdrowia – 52%, oświacie i wychowaniu – 31%, sądownictwie – 30%), w porównaniu do zaledwie jednej czwartej, która za priorytet uznaje ochronę środowiska.
- ¹⁹⁶ Country Economic Memorandum 2022, Bank Światowy Group.
- ¹⁹⁷ W literaturze przedmiotu naświetlono szereg czynników ekonomicznych i behawioralnych, które mogą wyjaśniać brak obiektywizmu w ocenie kosztów i korzyści i wpływać na decyzję o wymianie źródła ciepła czy i przeprowadzeniu termomodernizacji w Polsce (Badiani-Magnusson and Karver, 2020). Istnieją przekonujące dowody na to, że oszczędności energii są niedoceniane przy rozważaniu inwestycji (Greene, 2011), co prawdopodobnie wynika z nieuwagi (Allcott, 2011, Turrentine and Kurani, 2007, Burlinson et al., 2018), niskiego poziomu wiedzy na temat kwestii związanych z energią (Brounen et al., 2013) oraz obciążenia poznawczego (lub kosztów transakcyjnych) związanych z konsolidacją wiedzy powziętej z różnych źródeł w celu sformułowania dokładnych prognoz co do kosztów (Wilson et al., 2015, Phillips, 2012). Na przyszłe oszczędności wyraźnie wpływają również irracjonalnie wysokie stopy dyskontowe (Frederick et al., 2002) oraz (ewentualne) przekonanie, że nowsza technologia oszczędzania energii wiąże się z wyższym poziomem ryzyka (awarie), co wzmacnia awersję do strat (Kahneman and Tversky, 1979). Ponadto, chociaż istnieją bardzo mocne dowody na to, że lepsza charakterystyka energetyczna budynku mieszkalnego podnosi jego wartość (Brounen and Kok, 2011, Fuerst et al., 2016, Hyland et al., 2013, Fuerst and van de Wetering, 2015, Jensen et al., 2016), jest prawdopodobne, że wiele gospodarstw domowych uwagę w swoich prognozach finansowych nie bierze tego czynnika należycie pod uwagę.
- ¹⁹⁸ Karpinska and Śmiech 2024.
- ¹⁹⁹ Zgodnie z treścią art. 5gb ustawy Prawo energetyczne, ubóstwo energetyczne oznacza sytuację, w której gospodarstwo domowe prowadzone przez jedną osobę lub przez kilka osób wspólnie w samodzielnym lokalu mieszkalnym lub w budynku mieszkalnym jednorodzinny, w którym nie jest wykonywana działalność gospodarcza, nie może zapewnić sobie wystarczającego poziomu ciepła, chłodu i energii elektrycznej do zasilania urządzeń i do oświetlenia, w przypadku gdy gospodarstwo domowe łącznie spełnia następujące warunki: osiąga niskie dochody, ponosi wysokie wydatki na cele energetyczne oraz, zgodnie z art. 5gb, zamieszkuje w lokalu lub budynku o niskiej efektywności energetycznej. Jako takie, przepisy biorą pod uwagę przystępny cenowo dostęp do podstawowych usług energetycznych, sytuację ekonomiczną gospodarstwa domowego (w tym jego wydatki na energię) oraz warunki mieszkaniowe.
- ²⁰⁰ Gospodarstwa domowe dotknięte ubóstwem energetycznym statystycznie częściej korzystają z niesprawnych, przestarzałych źródeł ciepła w budynkach bez dostępu do ciepła sieciowego i statystycznie częściej mieszkają w budynkach będących w gorszym stanie technicznym i wymagającym bardziej znaczących inwestycji termomodernizacyjnych. Ze względu na zazwyczaj gorszy stan infrastruktury mieszkaniowej ubogie energetycznie gospodarstwa domowe stoją przed podwójnym wyzwaniem: nie tylko muszą więcej zainwestować w termomodernizację, by uzyskać określony standard efektywności energetycznej, ale mają też niższe dochody.
- ²⁰¹ Gutowski and Głowacki 2023.
- ²⁰² Badiani-Magnusson et al. 2022.
- ²⁰³ Społeczny Fundusz Klimatyczny, utworzony w czerwcu 2023 r., przewiduje dla Polski środki na walkę z ubóstwem energetycznym i transportowym w latach 2026-2032 za pomocą interwencji programowych takich jak m.in. tymczasowe dopłaty i projekty EE oraz renowacja budynków.
- ²⁰⁴ Gutowski and Głowacki 2023.
- ²⁰⁵ Nie ma co prawda wątpliwości, że uboższe gospodarstwa domowe będą potrzebowały dalszego wsparcia w radzeniu sobie z kilkoma aspektami transformacji klimatycznej – czy to w formie dofinansowania inwestycji w poprawę efektywności energetycznej czy też odnalezienia się na nowo na rynku pracy – ale warunkiem powodzenia zaprojektowanych z myślą o nich programów jest sprawna identyfikacja potrzebujących (osób fizycznych i gospodarstw domowych) – w przeciwnym razie nie będzie można do nich dotrzeć (albo koszty dotarcia będą zaporowe) lub programy będą nieszczelne, co skutkuje nieefektywnością wydatków publicznych. W niektórych krajach UE o bardziej rozbudowanych mechanizmach socjalnych programy po-

prawy efektywności energetycznej wdrożono na dodatkowej zasadzie, obok tych wcześniej istniejących. Jednak w Polsce, gdzie finansowa pomoc socjalna dociera obecnie do zaledwie 3 procent ludności (GUS 2024), podczas gdy ubogie energetycznie gospodarstwa domowe stanowią 11 proc. ludności (Sokołowski 2024), objęcie bardziej zaawansowanym wsparciem tylko beneficjentów pomocy społecznej oznacza pominięcie wielu ubogich energetycznie gospodarstw domowych. Z uwagi na brak rejestru dla celów socjalnych oraz dość skromny zasięg wsparcia z pomocy społecznej polityczna zdolność reagowania na potrzeby uboższych i słabszych grup społecznych w procesie transformacji pozostaje w Polsce ograniczona.

- ²⁰⁶ Komisja Europejska 2024; Koundouri et al. 2023.
- ²⁰⁷ Liu, Zhang, and Zhan 2024.
- ²⁰⁸ W oparciu o ramy Programu Zielonej Gospodarki opracowanego przez US Occupational Information Network (O*NET), gdzie zielone zawody podzielono na trzy grupy: (i) zawody już istniejące, które będą coraz bardziej potrzebne w związku z zazielenieniem gospodarki (popyt na zieleń); (ii) zawody, które czeka sporo istotnych zmian w zakresie opisu zadań w związku z zazielenieniem gospodarki (zmiana przez zieleń); oraz (iii) nowe i powstające zawody w zielonej gospodarce (nowa zieleń).
- ²⁰⁹ likwidacja „brązowych” miejsc pracy i tworzenie nowych „zielonych” miejsc pracy.
- ²¹⁰ Gukovas, Garrote-Sanchez, and Makovec 2024. Szacunki co do liczby brązowych miejsc pracy zgodnie z podejściem metodologicznym Vona et al. (2018). Zielone miejsca pracy to zawody, które będą coraz bardziej potrzebne w związku z zazielenieniem gospodarki oraz te, które czeka sporo istotnych zmian w zakresie opisu zadań w związku z zazielenieniem gospodarki, zgodnie z O*NET. Źródłem danych jest badanie Eurostatu Poland EU-LFS 2018, według którego liczba zatrudnionych w wieku 15-64 lata wynosi 16,13 mln.
- ²¹¹ Ekonomiczne modele transformacji niskoemisyjnej przewidują niewielki wzrost zatrudnienia netto w skali globalnej (Hafstead and Williams 2020; MAE 2021; MOP 2018; MFW 2020). W regionie ECA, tj. w Europie i Azji Środkowej (w tym w Europie Zachodniej) 4,2 proc. całkowitego zatrudnienia stanowią obecnie brązowe miejsca pracy zagrożone likwidacją, natomiast 13 proc. miejsc pracy ma ulec znacznym zmianom w zakresie wykonywanych zadań w związku z zazielenieniem gospodarki.
- ²¹² Gukovas, Garrote-Sanchez, and Makovec 2024.
- ²¹³ Dalvit et al. 2023; Deming 2022; WDR 2018; Bank Światowy, UNESCO oraz MOP 2023.
- ²¹⁴ W grupie ok. 88 tys. pracowników znajduje się 80 tys. pracowników wydobywających węgiel kamienny i 7 600 pracowników wydobywających węgiel brunatny, co oznacza spadek z ok. 444 tys. w 1989 r. (415 tys. w przypadku węgla kamiennego; 29 tys. w przypadku węgla brunatnego), INSTRAT 2021. <http://hdl.handle.net/10986/39729>.
- ²¹⁵ Szacunki oparte na tabelach przepływów międzygałęziowych mają swoje ograniczenia ze względu na upraszczające założenia metodologiczne.
- ²¹⁶ Christiansen et al. (2022 a, b, c) w oparciu o oddolne szacunki pośredniej utraty miejsc pracy w wyniku zamknięcia kopalni.
- ²¹⁷ BBGD 2021.
- ²¹⁸ Górnicy wyrazili silną preferencję do pozostania w dotychczasowym miejscu (gminie) zamieszkania i kontynuacji zatrudnienia na podobnych stanowiskach / w podobnym sektorze gospodarki; poza tym wysoko cenią bezpieczeństwo pracy: dodatkowa godzina dojazdu do pracy jest ich zdaniem warta 5 342 zł miesięcznie (więcej niż wynosi średnie miesięczne wynagrodzenie w podregionie konińskim) (Christiansen et al. 2022 a, b, c).
- ²¹⁹ Christiansen et al. 2022 a, b, c.
- ²²⁰ <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/80bffb0d-195f-5764-8caf-3f6b9154e432/content>.
- ²²¹ <https://www.worldbank.org/en/region/eca/publication/eu-green-deal-for-people>.
- ²²² Komisja Europejska i Dykcja Generalna ds. Zatrudnienia, Spraw Społecznych i Włączenia Społecznego 2023.
- ²²³ KE 2023a; <https://www.worldbank.org/en/region/eca/publication/eu-green-deal-for-people>.
- ²²⁴ Polski Instytut Ekonomiczny 2022 (Dębkowska et al. 2022).
- ²²⁵ Ibid.
- ²²⁶ Zawody: hydraulik, monter rur, dekarz, elektryk budowlanych i pokrewni specjaliści-elektrycy (European Commission Poland Country Report 2023).
- ²²⁷ Aktualizacja raportu SCD, Bank Światowy.

- ²²⁸ Za BBGD 2021.
- ²²⁹ Sabarwal et al. 2024.
- ²³⁰ Raport Countdown in Europe 2024, The Lancet.
- ²³¹ Dynamika emisji gazów cieplarnianych zależy od czynników takich jak: (i) wzrost gospodarczy, ponieważ większa produkcja generuje większe emisje, (ii) postęp technologiczny, ponieważ innowacje zmniejszają emisje zanieczyszczeń w procesach produkcyjnych lub nawet całkowicie je eliminują (np. stopniowe wycofywanie węgla na rzecz odnawialnych źródeł energii), (iii) zmiany w wielkości udziałów rynkowych firm i sektorów o różnych poziomach intensywności emisji, na przykład gdy do gry rynkowej wchodzi nowe, zrównoważone przedsiębiorstwa albo następuje ekspansja tych już istniejących (gospodarka oparta na usługach) bądź też czołowi emitenci kończą działalność (Ang 2015; Ang & Zhang 2000).
- ²³² Europejski Bank Inwestycyjny, badanie Investment Survey 2023, <https://www.eib.org/en/publications/online/all/eib-investment-survey-2023.htm>.
- ²³³ Ibid.
- ²³⁴ Komisja Europejska, Digital Economy and Society Index (DESI) 2022.
- ²³⁵ Europejski Bank Inwestycyjny, badanie Investment Survey 2022.
- ²³⁶ Podobnie do średnich wartości w UE, ale mniej niż w innych regionach – na przykład MŚP zapewniają prawie 80% zatrudnienia w krajach bałtyckich i prawie 70% w Słowacji i Chorwacji.
- ²³⁷ Lukę w finansowaniu MŚP szacuje się na 22,7% PKB, przy czym około 18% mikroprzedsiębiorstw i 15% małych i średnich przedsiębiorstw posiada ograniczoną albo zerową zdolność kredytową. Niemal 100% kredytów udzielanych MŚP wymaga dodatkowego zabezpieczenia (jest to najwyższy poziom w grupie porównywalnych krajów regionu), przy czym bardzo rzadko zabezpieczeniem jest ruchomość.
- ²³⁸ Działalność wysokoemisyjna to sektory istotne z punktu widzenia polityki klimatycznej, zdezagregowane według NACE Rev. 2, które są dotknięte negatywnymi skutkami lub można oczekiwać, że staną przed wyzwaniami związanymi z transformacją technologiczną w celu dostosowania do celów klimatycznych UE. Wynika to z faktu, że wspomniana grupa obejmuje zarówno sektory, które zyskują, jak i sektory, które tracą na przejściu na gospodarkę niskoemisyjną. Na przykład wytwarzanie energii elektrycznej lub produkcja samochodów to gałęzie gospodarki, które mogą odnieść korzyść lub stratę w zależności od tego, na ile firmy przekształcą swoje procesy produkcyjne i wdrożą niskoemisyjne technologie. Zob. Battiston, S., Mandel, A., Monasterolo, I. et al. (2017, A climate stress-test of the financial system. Nature Clim Change 7, str. 283–288).
- ²³⁹ NBP, Raport o stabilności systemu finansowego, 12.2021, 94, <https://www.nbp.pl/systemfinansowy/rsf122021.pdf>.
- ²⁴⁰ <https://legislacja.gov.pl/projekt/12381804/katalog/13035986#13035986>.
- ²⁴¹ PwC „Zielone finanse po polsku 2023”, w 8, PwC „Zielone finanse po polsku 2022”, w 9.
- ²⁴² Wilkes and Binnie 2023.
- ²⁴³ Ustawa z dnia 15 stycznia 2015 r. o obligacjach (Dz. U. 2015 poz. 238 z późn. zm.)
- ²⁴⁴ Istnieją jednak dodatkowe wymagania. Obligacje transformacyjne muszą zostać wyemitowane w drodze oferty publicznej i dopuszczone do obrotu na rynku regulowanym. Kwota emisji powinna wynosić co najmniej 20 mln zł. Ponadto powinny one posiadać rating kredytowy, a bank powinien zostać wyznaczony jako wspólny reprezentant obligatariuszy.
- ²⁴⁵ Fundacja Instrat gromadzi dane na temat działań na rzecz klimatu podejmowanych przez 140 największych pod względem kapitalizacji spółek notowanych na GPW, należących do trzech kluczowych indeksów szerokiego rynku (WIG20, mWIG40, sWIG80). Grupa ta określana jest jako WIG140, natomiast 100 największych pod względem kapitalizacji spółek notowanych na GPW określanych jest jako WIG100. Baza danych jest dostępna pod adresem: https://esg.instrat.pl/esg_instrat_database/.
- ²⁴⁶ Coroczne Badanie Świadomości Klimatycznej Spółek, realizowane przez Stowarzyszenie Emitentów Giełdowych (SEG) wraz z organizacjami partnerskimi, dotyczy ujawnień klimatycznych w sprawozdaniach niefinansowych sporządzanych przez spółki notowane na GPW, które są zobowiązane do raportowania w ramach NFRD. Liczba spółek objętych badaniem jest zbliżona do liczby spółek objętych badaniem Fundacji Instrat (w 2023 r. n = 152), ale próby tylko częściowo się pokrywają.
- ²⁴⁷ RF 2022 był pierwszym rokiem, w którym spółki objęte aktualnie zakresem dyrektywy NFRD były zobowiązane do zgłaszania dostosowania taksonomii. Spośród 131 raportów NFRD od przedsiębiorstw niefinansowych, 111 zawierało wymagane ujawnienia dotyczące taksonomii.

- ²⁴⁸ GPW gromadzi informacje na temat przestrzegania kodeksu w oparciu o deklaracje samych zainteresowanych.
- ²⁴⁹ Rozporządzenie Ministra Finansów, Funduszy i Polityki Regionalnej z dnia 18 listopada 2020 r. w sprawie sposobu, trybu oraz warunków prowadzenia działalności przez towarzystwa funduszy inwestycyjnych (Dz. U. 2024, poz. 2).
- ²⁵⁰ Bank Światowy 2022a.
- ²⁵¹ MFW 2022.
- ²⁵² Ministerstwo Aktywów Państwowych 2023. <https://www.gov.pl/web/premier/nadzor-wlascicielski2>.
- ²⁵³ Przykładem jest PKN Orlen, 155. największa firma na świecie z przychodami przekraczającymi 10 proc. polskiego PKB (2022). PKN Orlen z rafinerii przekształcono w koncern multi-energetyczny, w skład którego wchodzi m.in. spółki zajmujące się wytwarzaniem energii oraz dystrybucją energii i gazu. Wychodząc poza macierzysty sektor energetyczny Orlen zaczął wydawać i dystrybuować prasę, wywołując kontrowersje dotyczące wpływu państwa np. na wolność prasy w kraju.
- ²⁵⁴ Harris et al. 2020 (Version 4 of the CRU TS monthly high-resolution gridded multivariate climate dataset Scientific Data volume 7, Article number: 109 (2020)
- ²⁵⁵ Production shocks under the adaptation scenario represent impacts under adaptation scenario 3 for rainfed and irrigated crops combined. Adaptation costs also correspond to adaptation scenario 3.
- ²⁵⁶ Li, Sheffield, and Wood 2010.
- ²⁵⁷ Dostępne na stronie:
<https://worldbankgroup.sharepoint.com/sites/WBPoverty/SitePages/PublishingPages/GSG5%20Resources-1648676175260.aspx>.
- ²⁵⁸ Metoda ta pochodzi od Bussolo et al (2010).
- ²⁵⁹ Określane przez reprezentatywne gospodarstwa domowe CGE.
- ²⁶⁰ Loulou et al. 2016
- ²⁶¹ MAE. 2023a. "ETP Clean Energy Technology Guide." Interaktywna baza danych.
<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/etp-clean-energy-technology-guide>.
- ²⁶² MAE. 2022. "World Energy Balances (database)." Paris, IEA.
<https://www.iea.org/percent/data-product/world-energy-balances>.
- ²⁶³ <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-023-02645-6>.
- ²⁶⁴ <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-023-02645-6>. <https://www.ehpa.org/news-and-resources/news/port-pc-2022-was-the-year-of-heat-pumps-in-poland/>.

Piśmiennictwo

- Allcott, H. 2011. "Consumers' Perceptions and Misperceptions of Energy Costs." *American Economic Review* 101: 98–104.
- Ambasz, Diego, Javier Sanchez-Reaza, and Maria Pluvia Zuniga Lara. 2023. *R&D Policy and the Role of Research Institutions in Fostering Green Innovation in Poland*. Washington, DC: World Bank Group.
- Babić, M., and A. D. Dixon. 2022. "Decarbonizing States as Owners." *New Political Economy* 28 (4): 608–627. DOI: 10.1080/13563467.2022.2149722.
- Baccour, S., J. Albiac, and T. Kahil. 2021. "Cost-Effective Mitigation of Greenhouse Gas Emissions in the Agriculture of Aragon, Spain." 18: 1084.
<https://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/17022/1/ijerph-18-01084.pdf>.
- Badiani-Magnusson, R., Carroll, J. and J. Karver. 2022. "Clean air and heating choices: How to change homeowners' behavior in Poland." <https://blogs.worldbank.org/en/climatechange/clean-air-and-heating-choices-how-change-homeowners-behavior-poland>.
- Badiani-Magnusson, Reena, Karolina Goraus, Michal Myck, and Kajetan Trzcinski. 2022. "Distributional Implications of Carbon Pricing in Poland." Working Paper.
- BNEF (BloombergNEF). 2024. "EU ETS Market Outlook 1H 2024: Prices Valley Before Rally." *BloombergNEF*, May 1, 2024.
<https://about.bnef.com/blog/eu-ets-market-outlook-1h-2024-prices-valley-before-rally/>.
- Brounen, D., N. Kok, and J. M. Quigley. 2013. "Energy Literacy, Awareness, and Conservation Behavior of Residential Households." *Energy Economics* 38: 42–50.
- Brounen, D. and N. Kok. 2021. "On the Economics of Energy Labels in the Housing Market." *Journal of Environmental Economics and Management* 62 (2): 166–179.
- Brucal, A., B. Javorcik, and I. Love. 2019. "Good for the Environment, Good for Business: Foreign Acquisitions and Energy Intensity." *Journal of International Economics* 121: 103247.
- Burlinson, A., M. Giuliatti, and G. Battisti. 2018. "Technology Adoption, Consumer Inattention and Heuristic Decision-making: Evidence from a UK District Heating Scheme." *Research Policy* 47: 1873–1886.
- Bussolo et al. 2010. "Economic Growth and Income Distribution: Linking Macro-economic Models with Household Survey Data at the Global Level." *International Journal of Microsimulation* 3 (1): 92–103. <https://econpapers.repec.org/article/ijmjournl/>.
- Carter, L., and S. Boukerche. 2020. *Catalyzing Private Sector Investment in Climate Smart Cities* (English). Invest4Climate Knowledge Series. Washington, DC: World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/179101596519553908/Catalyzing-Private-Sector-Investment-in-Climate-Smart-Cities>.
- CATF (Clean Air Task Force). 2023. Mapping the cost of carbon capture and storage in Europe. February 22. Accessed July 30, 2024.
<https://www.catf.us/2023/02/mapping-cost-carbon-capture-storage-europe/>.
- CATF. 2024. *Carbon Capture & Storage in Poland*. Clean Air Task Force.
- CBM-CFS3: Carbon Budget Model of the Canadian Forest Sector.
- CEMBUREAU. 2023. "EY 2017 The Impact of the Cement Industry on Poland's Economy."
- Cheng et al. 2023. "Projecting Future Carbon Emissions from Cement Production in Developing Countries." *Nature Communications* 14: 8213.
- Christiaensen, Luc, Céline Ferré, Tomasz Gajderowicz, Maddalena Honorati, and Sylwia Wrona. 2022a. *Towards a Just Coal Transition: Labor Market Challenges and People's Perspectives from Wielkopolska*. Washington, DC: World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099052323122090749/P17307906aa8ca0b509507052b20780ee1a>.

- Christiaensen, Luc, Céline Ferré, Tomasz Gajderowicz, Elizabeth Ruppert Bulmer, and Sylwia Wrona. 2022b. „Towards a Just Coal Transition: Labor Market Challenges and People’s Perspectives from Silesia.” *Jobs Working Papers*, Issue No. 70. World Bank, Washington DC. <https://openknowledge.worldbank.org/server/api/core/bitstreams/50b441f1-1999-538c-863f-a99c835a47a0/content>.
- Christiaensen, Luc, Céline Ferré, Tomasz Gajderowicz, Elizabeth Ruppert Bulmer, and Sylwia Wrona. 2022c. „Towards a Just Coal Transition: Labor Market Challenges and People’s Perspectives from Lower Silesia.” *Jobs Working Papers*, Issue No. 69. World Bank, Washington DC. <http://hdl.handle.net/10986/38090>
- Crescenzi, R., C. Pietrobelli, and R. Rabellotti. 2014. “Innovation Drivers, Value Chains and the Geography of Multinational Corporations in Europe.” *Journal of Economic Geography* 14 (6): 105–1086.
- Creutzig, F., L. Niamir, X. Bai, et al. 2022. “Demand-side Solutions to Climate Change Mitigation Consistent with High Levels of Well-being.” *Nature Climate Change* 12: 36–46.
- Cubbage, Frederick, Rafael Rubilar, Patricio Mac Donagh, Bruno Kanieski Da Silva, Adriana Bussoni, Virginia Morales, Gustavo Balmelli, Vitor Afonso Hoeflich, Roger Lord, Carmelo Hernández, Pu Zhang, Ha Tran Thi Thu, Richard Yao, Peter Hall, Jaana Korhonen, Luis Díaz-Balteiro, Roque Rodríguez-Soalleiro, Robert Davis, Rafał Chudy, Rafael De La Torre, Gabriel Jaime Lopera, Somvang Phimmavong, Sebastián Garzón, and Ana Cubas-Baez. 2022. “Comparative Global Timber Investment Costs, Returns, and Applications.” *Journal of Forest Business Research* 1 (1): 90–121.
- Czyżak, P., A. Śniegocki, and Z. Wetmańska. 2023. *PEP2040: Progress or Disappointment?* <https://ember-energy.org/latest-insights/pep2040-progress-or-disappointment/>.
- Dalvit, N., R. de Hoyos, L. Iacovone, I. Pantelaiou, A. Peeva, and I. Torre. 2023. *The Future of Work: Implications for Equity and Growth in Europe*. Washington, DC: World Bank.
- Dębikowska, K., U. Kłosiewicz-Górecka, A. Szymańska, P. Ważniewski, and K. Zybertowicz. 2022. *Kompetencje pracowników dziś i jutro*. Warszawa: Polski Instytut Ekonomiczny.
- Dechezleprêtre, Antoine, Nicholas Rivers, and Balazs Stadler. 2020. „*The Economic Cost of Air Pollution: Evidence from Europe*,” *OECD Economics Department Working Papers* 1584, OECD Publishing, Paris. [https://one.oecd.org/document/ECO/WKP\(2019\)54/En/pdf](https://one.oecd.org/document/ECO/WKP(2019)54/En/pdf).
- Deming, D. J. 2022. “Four Facts about Human Capital.” *Journal of Economic Perspectives* 36 (3): 75–102.
- EC (European Commission). 2023a. *Poland Country Report - Poland. EC Staff Working Document*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7163e69e-fa30-11ed-a05c-01aa75ed71a1/language-en>.
- EC. 2023b. *Study on Energy Subsidies and Other Government Interventions in the European Union*. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/32d284d1-747f-11ee-99ba-01aa75ed71a1/language-en>.
- EC 2023c. “Eurobarometer.” <https://europa.eu/eurobarometer/surveys/detail/3053>.
- European Commission, and Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion, 2023. *Vocational Education and Training and the Green Transition – A Compendium of Inspiring Practices*, Publications Office of the European Union. <https://data.europa.eu/doi/10.2767/183713>.
- European Commission Trinomics, VITO, Wageningen University Research, Technische Universität Graz and Ricardo. 2021. *Evaluation of the Climate Benefits of the Use of Harvested Wood Products in the Construction Sector and Assessment of Remuneration Schemes*. Report to the European Commission, DG Climate Action, under Contract N°340201/2020/831983/ETU/CLIMA.C.3. Rotterdam: Trinomics BV.
- EEA (European Environment Agency). 2024. National Emissions Reported to the UNFCCC and to the EU under the Governance Regulation, April 2024.
- EIB (European Investment Bank). 2023. “EIB Climate Survey: Poland.”
- Ember. 2023. Changing the course of Poland’s energy in 2023. <https://ember-climate.org/insights/in-brief/changing-course-polands-energy-in-2023/>.

- Ember. 2024. Carbon Price Tracker. July 26. Accessed July 30, 2024. <https://ember-climate.org/data/data-tools/carbon-price-viewer/>.
- EU Transport in Figures. 2023. *Statistical Pocketbook 2023*. https://transport.ec.europa.eu/facts-funding/studies-data/eu-transport-figures-statistical-pocketbook/statistical-pocketbook-2023_en.
- EEA (European Economic Agency). 2020. *Air Quality in Europe*. <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2020-report>.
- EEA. 2024. National emissions reported to the UNFCCC and to the EU under the Governance Regulation, April 2024.
- Fan, Cheng, Fu Xiao, and Yang Zhao. 2017. „A Short-term Building Cooling Load Prediction Method Using Deep Learning Algorithms.” *Applied Energy* 195: 222–233.
- Ferretti, Marco, Giovanni Bacaro, Giorgio Brunialti, Marco Calderisi, Luc Croisé, Luisa Frati, Manuel Nicolas. 2021. “Tree Canopy Defoliation Can Reveal Growth Decline in Mid-latitude Temperate Forests.” *Ecological Indicators* 127: 107749. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107749>, 7/14/2023.
- Forum Energii. 2023. <https://www.forum-energii.eu/en/the-spectre-of-the-ets-gap>.
- Frederick, S., G. Loewenstein, and T. O’Donoghue. 2002. “Time Discounting and Time Preference: A Critical Review.” *Journal of Economic Literature* 40: 351–401.
- Fuerst, F., and J. van de Wetering. 2015. “How Does Environmental Efficiency Impact on the Rents of Commercial Offices in the UK?” *Journal of Prosperity Research* 23 (3).
- Gaz System. 2024. *Forecast of Demand for Gas Transmission Services in Poland 2024-2045*. Gas Market Development Division, OGP GAZ-SYSTEM S.A.
- Genstwa, Natalia, and Jagoda Zmyslona. 2023. “Greenhouse Gas Emissions Efficiency in Polish Agriculture.”
- Global CCS Institute. 2023. *State of the Art: CCS Technologies 2023*. Global CCS Institute.
- Greene, D. L. 2011. “Uncertainty, Loss Aversion, and Markets for Energy Efficiency.” *Energy Economics* 33: 608–616.
- GUS (Poland Central Statistical Office). 2022. “Environnemental Protection 2021.”
- GUS. 2024. “Economic Poverty Rates in Poland in 2023.”
- Gukovas, Mayer, Garrote-Sanchez, and Makovec. 2024. “Who’s At Risk of the Green Transition? An Analysis of the Extensive and Intensive Margin Across Countries in Europe and Central Asia.”
- Gutowski, Piotr, and Krzysztof Glowacki. 2023. “Country Report: Study of the Impact of EU ETS2 on Household Welfare in Poland in the Context of Energy and Transport Poverty – Recommendations for the Social Climate Plan.” WiseEuropa Policy Note. <https://wise-europa.eu/wp-content/uploads/2024/06/Country-Report.pdf>.
- Hagemeyer, J., and M. Kolasa. 2011. “Internationalisation and Economic Performance of Enterprises: Evidence from Polish firm-level Data. *The World Economy* 34 (1): 74–100.
- Hafstead, M. A. C., and C. Williams. 2020. “Jobs and Environmental Regulation.” In *Environmental and Energy Policy and the Economy*, University of Chicago Press, volume 1, edited by Kotchen, Stock, and Wolfram. 192–240.
- Hassani, H., X. Huang, and E. Silva. 2019. “Big Data and Climate Change.” *Big Data and Cognitive Computing*, 3(1), Article 12. <https://doi.org/10.3390/bdcc3010012>.
- Honorati, Maddalena, and Anna Banaszczyk. 2023. “Options to Support Workers through a Transition away from Coal in Eastern Wielkopolska.” *Jobs Group Papers, Notes, and Guides* 32574393. World Bank, Washington DC.

- Honorati, Maddalena, Celine Ferre, and Tomasz Gajderowicz. 2023. "Who is Most Vulnerable to the Transition Away from Coal? Ruda Śląska Residents' Preferences Towards Jobs and Land Repurposing." *Jobs Working Paper*, Issue No.74. World Bank, Washington DC.
- Hyland, M., R. Lyons, and S. Lyons. 2013. "The Value of Domestic Building Energy Efficiency – Evidence from Ireland." *Energy Economics* 40 (C): 943–952.
- IBIS World. 2024. *Business Environment Profiles - United States Price of Cement*. March 4. Accessed July 9, 2024. <https://www.ibisworld.com/us/bed/price-of-cement/190/>.
- IEA (International Environment Agency). 2022a. *Poland 2022 Energy Policy Review*. <https://www.iea.org/reports/poland-2022/>.
- IEA. 2022b. *World Energy Outlook 2022*. Paris: IEA. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2022>.
- IEA. 2023b. *CCUS Policies and Business Models: Building a Commercial Market*. Paris: International Energy Agency.
- ILO (International Labour Organization). 2018. *Greening with Jobs – World Employment and Social Outlook 2018*. Geneva: International Labour Organization.
- IMF (International Monetary Fund). 2021. "Poland Public Investment Management Assessment." <https://www.imf.org/en/Publications/CR/Issues/2022/09/30/Republic-of-Poland-Technical-Assistance-Report-Public-Investment-Management-Assessment-524111>.
- IMF. 2022. *Republic of Poland: Selected Issues*. Country Report N. 22/59 <https://www.elibrary.imf.org/view/journals/002/2023/190/article-A001-en.xml>.
- INSTRAT Foundation. 2021. *Achieving the Goal. Coal Phase-out in the Polish Power Sector*. <https://instrat.pl/en/coal-phase-out/>
- INSTRAT Foundation. 2021. "Just Transition in Eastern Wielkopolska: Diagnosis and Recommendations." <https://instrat.pl/en/jt-eastern-wielkopolska/>.
- Ivanova, Diana, and Richard Wood. 2020. "The Unequal Distribution of Household Carbon Footprints in Europe and its Link to Sustainability." *Global Sustainability* 3 (2020): e18.
- Jensen, C., G. Goggins, I. Ropke, and F. Fahy. 2019. "Achieving Sustainability Transitions in Residential Energy Use across Europe: The Importance of Problem Framings." *Energy Policy* 133. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.110927>.
- Kahneman, D., and A. Tversky. 1979. "Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk." *Econometrica* 47: 263–291.
- Kalbarczyk, E., and R. Kalbarczyk R. 2020. "Typology of Climate Change Adaptation Measures in Polish Cities up to 2030." *Land Journal* 10. Multidisciplinary Publishing Institute.
- Kaliszewski, A., and M. Jabłoński. 2022. "Is It Possible for Poland to Achieve the Policy Goal of 33% Forest Cover by Mid-Century?" *Sustainability* 14: 6541. <https://doi.org/10.3390/su14116541>.
- Karpinska, Lilia, and Sławomir Śmiech. 2024. "Does a Household's Income Affect Its Carbon Emissions? Results for Single-Family Homes in Poland." *Journal of Housing and the Built Environment*, 39: 593–615.
- Khanna et al. 2021. "A Multi-country Meta-analysis on the Role of Behavioural Change in Reducing Energy Consumption and CO₂ Emissions in Residential Buildings." *Nature Energy* 6: 925–932.
- Koundouri, P., C. Landis, E. Toli, K. Papanikolaou, M. Slamari, G. Epicoco, C. Hui, R. Arnold, and S. Moccia. 2023. "Twin Skills for the Twin Transition: Defining Green & Digital Skills and Jobs." AE4RIA, ATHENA Research Centre.
- Kowalewski A., T. Markowski, and P. Śleszyński (red.). 2018. *Studia nad chaosem przestrzennym*. Studia KPZK PAN, t. 182, Warszawa.

- Kuźniar W, Kawa M, Kuźniar P, Witek L. 2024. „Selected aspects of reducing food waste in the context of sharing economy development.” *Annals PAAAE XXVI(1):139-153*.
<https://doi.org/10.5604/01.3001.0054.3119>.
- Kwiatkowski, Cezary A, Lucjan Pawłowski, Elżbieta Harasim, Małgorzata Pawłowska, Wojciech Cel, Aneta Czechowska-Kosacka, Artur Pawłowski, and Guomo Zhou. 2021. „Enhancement of Carbon Dioxide Sequestration by Forest.” *International Journal of Conservation Science* 12 (4) October-December: 1455–1466.
- Li, Sheffield, and Wood. 2010. “Bias Correction of Monthly Precipitation and Temperature Fields from Intergovernmental Panel on Climate Change AR4 Models Using Equidistant Quantile Matching.” *Journal of Geophysical Research* 115.
- Liu, Han, Yushu Zhang, and Yingliang Zhan. 2024. “How Does Digital Literacy Impact Household Carbon Emissions? Evidence from Household Survey in China.” *Sustainable Futures* 7.
- Loulou, R., G. Goldstein, A. Kanudia, A. Lettila, and U. Remme. 2016. “Documentation for the TIMES Model, Part I.” Energy Technology Systems Analysis Programme.
https://iea-etsap.org/docs/Documentation_for_the_TIMES_Model-Part-I_July-2016.pdf.
- Maerkova, M., and P. Matczuk. 2024. “Poland: Private Sector Note for the CCDR.” Washington DC: International Finance Corporation.
- Marc, Lukasz Marek, and Magda Malec. 2022. *Drivers of Productivity Growth in Poland: A Firm-Level Perspective on Technology Adoption and Firm Capabilities (English)*. Washington, DC: World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099140111022281114/P17424900a27fa07c08d980c86aceda7642>.
- Marc, Lukasz Marek, Umut Kilinc, Magda Malec, and Bartłomiej Dominik Skowron. 2021. *Paths of Productivity Growth in Poland: A Firm Level Perspective (English)*. Washington, D.C.: World Bank Group. <http://documents.worldbank.org/curated/en/099235002102240024/P17424902ef0460db083a002cec248affd7>
- McKinsey and Company. 2020. *Carbon-neutral Poland 2050 - Turning a Challenge into an Opportunity*. Accessed October 1, 2024. https://www.mckinsey.com/pl/~media/mckinsey/locations/europe%20and%20middle%20east/polska/raporty/carbon%20neutral%20poland%202050/carbon%20neutral%20poland_mckinsey%20report.pdf.
- Ministry of Climate and Environment. 2019. *National Forestry Accounting Plan*. https://bip.mos.gov.pl/fileadmin/user_upload/bip/strategie_plany_programy/Krajowy_Plan_Rozliczen_dla_Lesnictwa/NFAP_2019_POLAND_ENG_FINAL.pdf.
- Ministry of Climate and Environment. 2021. *Polish Hydrogen Strategy until 2030*. <https://www.gov.pl/web/klimat/polska-strategia-wodorowa-do-roku-2030>.
- Ministry of Climate and Environment. 2022. *Polish Voluntary National Contribution towards achieving the Global Forest Goals and United Nations Strategic Plan for Forests*. https://www.un.org/esa/forests/wp-content/uploads/2022/05/VNC_Poland_May2022.pdf.
- Ministry of Climate and Environment. 2023a. *CCUS Activities in Poland*.
- Ministry of Climate and Environment 2023b. *Poland 2023 – Statement on the Wood Market Review and Prospects*. The joint session of the Committee on Forests and the Forest Industry and the European Forestry Commission San Marino November 2023.
- Neidell, Matthew Pestel. 2023. „Air Pollution and Worker Productivity.” IZA World of Labor.
- Pahle, Michael, Joanna Sitarz, Sebastian Osorio, and Benjamin Goerlach. 2022. *The EU-ETS Price through 2030 and beyond: A Closer Look at Drivers, Models and Assumptions*. Brussels: Ariadne Projekt.
- Patrinos, Harry, Tomasz Gajderowicz, Maciej Jakubowski, and Sylwia Wrona. 2022. “Capturing the Educational and Economic Impacts of School Closures in Poland.” *Policy Research Working Papers* 10253. World Bank, Washington DC.

- Phillips, Y. 2012. "Landlords Versus Tenants: Information Asymmetry and Mismatched Preferences for Home Energy Efficiency." *Energy Policy* 45: 112–121.
- Pieron, L, et al. 2021. "Inventory of Reservoirs of Key Significance for Water Management in Poland—Evaluation of Changes in Their Capacity." *Energies* 14(23) 7951. <https://doi.org/10.3390/en14237951>.
- Pudełko, Rafał, Małgorzata Kozak, Anna Jędrejek, Małgorzata Gałczyńska, and Bogdan Pomianek. 2018. "Regionalisation of Unutilised Agricultural Area in Poland." *Polish Journal of Soil Science* LI/1. ISSN 0079-2985 DOI: 10.17951/pjss/2018.51.1.119.
- Rentschler, Jun Erik, Paolo Avner, Mattia Marconcini, Rui Su, Emanuele Strano, Louise Alice Karine Bernard, Capucine Anne Veronique Riom, and Stephane Hallegatte. 2022. „Rapid Urban Growth in Flood Zones : Global Evidence since 1985” *Policy Research Working Paper Series* 10014, World Bank, Washington DC. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/6f976b10-9b7d-5743-a9e2-69e1a40f5ede>.
- Roche, I. V., M. Ubalde-Lopez, C. Daher, et al. 2024. „The Health-Related and Learning Performance Effects of Air Pollution and Other Urban-Related Environmental Factors on School-Age Children and Adolescents—A Scoping Review of Systematic Reviews.” *Curr Envir Health Rpt* 11: 300–316. <https://doi.org/10.1007/s40572-024-00431-0>.
- Rolnick, D., A. Ahuja, J. Schwarz, T. Lillicrap, and G. Wayne. 2019. "Experience Replay for Continual Learning." *Advances in Neural Information Processing Systems* 32. https://papers.nips.cc/paper_files/paper/2019.
- Sabarwal, Shwetlena, Sergio Venegas Marin, Marla Spivack, and Diego Ambasz. 2024. *Choosing Our Future: Education for Climate Action*. Washington, DC: World Bank. <http://hdl.handle.net/10986/42098>.
- Sawicka, Barbara, Piotr Barbaś, Piotr Pszczółkowski, Dominika Skiba, Farhood Yeganehpour, and Barbara Krochmal-Marczak. 2022. „Climate Changes in Southeastern Poland and Food Security” *Climate* 10, no. 4: 57. <https://doi.org/10.3390/cli10040057>
- Sokolowski, Jakub. 2023. *Energy Poverty and Unfit Housing in Poland*. Brussels: Feantsa (European Federation of National Organisations Working with the Homeless). https://www.feantsa.org/public/user/Resources/reports/2023/Energy_poverty_unfit_housing_in_Poland/Energy_Poverty_Unfit_Housing_in_Poland.pdf.
- Turrentine, T. S., and K. S. Kurani. 2007. "Car Buyers and Fuel Economy?" *Energy Policy* 35: 1213–1223.
- Statistics Poland. 2023. *Statistical Yearbook of Forestry*. (<https://stat.gov.pl/en/topics/statistical-yearbooks/statistical-yearbooks/statistical-yearbook-of-forestry-2023,12.6.html>).
- Statistics Poland. 2023b. *Statistical Yearbook of Industry*. <https://stat.gov.pl/en/topics/statistical-yearbooks/statistical-yearbooks/statistical-yearbook-of-industry-poland-2023,5.17.html>.
- Szczygieł Ryszard, Mirosław Kwiatkowski, and Bartłomiej Kołakowski. 2020. „Dynamic Forest Fire Risk Evaluation in Poland.” *Folia Forestalia Polonica, Series A – Forestry* 62 (2): 139–144. doi: 10.2478/ffp-2020-0014.
- UNECE (United Nations Economic Commission for Europe). 2021. *Best Practice Guidance for Effective Management of Coal Mine Methane at National Level: Monitoring, Reporting, Verification and Mitigation*. <https://unece.org/sustainable-energy/publications/best-practice-guidance-effective-management-coal-mine-methane>.
- Van Ruijven, Bas J., Brian C. O’Neill, and Jean Chateau. 2015. „Methods for Including Income Distribution in Global CGE Models for Long-term Climate Change Research.” *Energy Economics* 51(C): 530–543. <https://ideas.repec.org/a/eee/eneeco/v51y2015icp530-543.html>.
- Vona, F., G. Marin, D. Consoli, and D. Popp. 2018. "Environmental Regulation and Green Skills: An Empirical Exploration." *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 5 (4). doi.org/10.1086/698859.

- Was, A., et al. 2020. "In Search of Factors Determining the Participation of Farmers in Agri-Environmental Schemes." *Land Use Policy* 101. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S026483772032528X>.
- Wawrety, Robert, and Janusz Zelazinski. 2024. "Gas and Coal Power Plants in the Water Crisis, 2024." Society for Earth, Poland.
- Wilkes, T., and I. Binnie. 2023. "Loans Linked to ESG Face Overhaul by Under-Pressure Banks." *Reuters*, October 11. 2023.
- Wilson, C., L. Crane, and G. Chrysochoidis. 2015. "Why Do Homeowners Renovate Energy Efficiently? Contrasting Perspectives and Implications for Policy." *Energy Research & Social Science* 7: 12–22.
- Laskowski, Kamil and Maciej Giers. 2023. *Poland's Heavy Industry Decarbonization – A Policy and Financing Roadmap*. Warsaw: Wise Europa. https://wise-europa.eu/wp-content/uploads/2024/06/Poland_Roadmap-ENG-1.pdf.
- Wolfert, S., L. Ge, C. Verdouw, and M. J. Bogaardt. 2017. "Big Data in Smart Farming – A Review." *Agricultural Systems* 153: 69–80.
- World Bank. 2012. *Golden Growth: Restoring the Lustre of the European Economic Model*. Washington DC: World Bank. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/723961468032339818/pdf/681680PUB0v10G00Box379791B00PUBLIC0.pdf>.
- World Bank. 2018. *World Development Report 2018: Learning to Realize Education's Promise*. Washington, DC: World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/28340/9781464810961.pdf>.
- World Bank. 2019. *Air Quality Management in Poland*. Washington, DC: World Bank. <https://documents1.worldbank.org/curated/es/574171554178748054/pdf/Air-Quality-Management-in-Poland.pdf>.
- World Bank. 2022a. *Poland Country Economic Memorandum: The Green Transformation in Poland – Opportunities and Challenges for Economic Growth*. Washington, DC: World Bank. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099855010032219698/pdf/P1776730bee10d-096087ca0b19e448af8e1.pdf>.
- World Bank. 2022b. *Poland Water Security Outlook and Action Plan*. Technical Report Volume 3. Unpublished.
- World Bank, UNESCO, and ILO. 2023. *Building Better Formal TVET Systems: Principles and Practice in Low- and Middle-Income Countries*. Washington D.C., Paris, Geneva: The World Bank, UNESCO, and ILO.
- World Bank. 2023. *State and Trends of Carbon Pricing* Washington, DC: The World Bank. <https://openknowledge.worldbank.org/entities/publication/58f2a409-9bb7-4ee6-899d-be47835c838f>.
- World Bank. 2024a. *Systematic Country Diagnostic Update: Reaching the Last Mile of Convergence*. Washington, DC: World Bank. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099070224095586654/pdf/BOSIB14f73ab6b00c1a1371e2bce391062c.pdf>.
- World Bank. 2024b. *Net Zero Energy by 2060—Charting the Path of Europe and Central Asia toward a Secure and Sustainable Energy Future*. Washington, DC: World Bank. <https://www.worldbank.org/en/region/eca/publication/net-zero-energy-by-2060-charting-europe-and-central-asia-s-journey-toward-sustainable-energy-futures>
- World Resources Institute. 2023. *State of Climate Action 2023*. Washington, DC: World Resources Institute.

