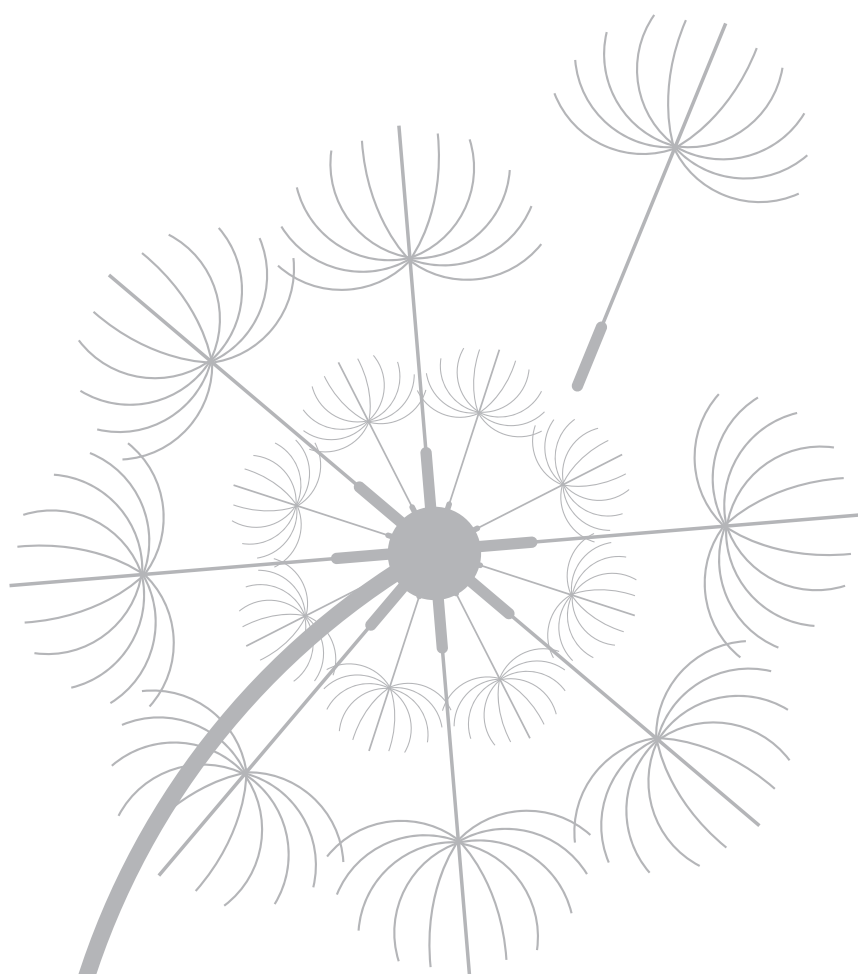




niskoemisyjna  
Polska 2050



# 2050.pl

podróż do niskoemisyjnej przyszłości

pod redakcją Macieja Bukowskiego

# 2050.pl

podróż do niskoemisyjnej przyszłości

pod redakcją Macieja Bukowskiego

Autorzy

Redakcja naukowa:  
Maciej Bukowski

#### **Część I**

Maciej Bukowski  
Jan Gąska  
Franciszek Jackl  
Andrzej Kassenberg

#### **Część II**

Maciej Bukowski  
Jan Gąska  
Anna Pankowicz  
Aleksander Śniegocki

#### **Część III**

Maciej Bukowski  
Aleksander Śniegocki  
Agnieszka Śpionek

#### **Część IV**

Maciej Bukowski  
Aleksander Śniegocki

#### **Część V**

Zbigniew Karaczun  
Andrzej Kassenberg  
Aleksander Szpor  
Agnieszka Śpionek



Instytut Badań Strukturalnych  
ul. Rejtana 15 lok. 28  
02-516 Warszawa, Polska  
[www.ibs.org.pl](http://www.ibs.org.pl)



Instytut na rzecz Ekorozwoju  
ul. Nabelaka 15 lok. 1  
00-743 Warszawa, Polska  
[www.ine-isd.org.pl](http://www.ine-isd.org.pl)



Raport przygotowany w ramach projektu „Niskoemisyjna Polska 2050” realizowanego przy wsparciu Europejskiej Fundacji Klimatycznej.

ISBN: 978-83-63857-12-7  
Warszawa 2013

Projekt, skład  
studio graficzne Temperówka  
[www.temperowka.pl](http://www.temperowka.pl)

Podziękowania	5
Streszczenie	7
<b>Część I: Dylematy modernizacji</b>	<b>27</b>
Wprowadzenie	28
1. Pułapka średniego dochodu – polskie wyzwanie rozwojowe do roku 2050	30
2. Innowacje, efektywność i regulacje – nowe silniki rozwoju dla Polski w XXI wieku	36
3. Rozwój i środowisko – czy polityka klimatyczna może być polityką rozwoju?	41
Podsumowanie	50
<b>Część II: Efektywność energetyczna</b>	<b>51</b>
Wprowadzenie	53
1. Budynki efektywne energetycznie	54
Wprowadzenie	54
Doświadczenia międzynarodowe	55
Podstawowa termomodernizacja i energooszczędne wyposażenie – scenariusz odniesienia	57
Energoszczędne rozwiązania w domach pasywnych – scenariusz modernizacji	63
Koszty i korzyści modernizacji	68
Podsumowanie	73
2. Zrównoważona mobilność – efektywność paliwowa w polskim transporcie	74
Wprowadzenie	74
Doświadczenia międzynarodowe	76
Dyktat silnika spalinowego – scenariusz odniesienia	77
Hybrydy i biopaliwa II generacji – scenariusz modernizacji	81
Koszty i korzyści modernizacji	86
Podsumowanie	89
3. Sektor przemysłu, rolnictwa i zarządzania odpadami	90
Wprowadzenie	90
Doświadczenia międzynarodowe	92
Imitacje w przemyśle, prymitywne rolnictwo i dzikie wysypiska – scenariusz odniesienia	96
Efektywny przemysł, recykling i produkcja zielonej energii – scenariusz modernizacji	101
Korzyści i koszty modernizacji	104
Podsumowanie	109
Podsumowanie	110
<b>Część III: Niskoemisyjna energetyka</b>	<b>113</b>
Wprowadzenie	115
1. Modernizacja w sektorze energetycznym – od dominacji węgla do miks z zrównoważonego	116
Energetyka dziś i jutro	116
Doświadczenia międzynarodowe	121
Ugruntowana pozycja węgla – scenariusz odniesienia	129
Bezpieczeństwo energetyczne i wysoka jakość życia – scenariusz modernizacji	133
Koszty i korzyści modernizacji	143
Podsumowanie	156
<b>Część IV: Ekonomia niskoemisyjnej modernizacji</b>	<b>159</b>
Wprowadzenie	161
1. Niskoemisyjna modernizacja okiem przedsiębiorcy i konsumenta	162
2. Niskoemisyjna modernizacja okiem makroekonomisty	166
3. Wpływ niskoemisyjnej transformacji na bezpieczeństwo energetyczne kraju	171
4. Niskoemisyjna modernizacja – wymiar środowiskowy i zdrowotny	178
Podsumowanie	185
<b>Część V: Klimat dla polityki klimatycznej</b>	<b>187</b>
Wprowadzenie	189
1. Polityka klimatyczna w Polsce AD 2013	190
Wprowadzenie	190
Cztery pory roku polskiej polityki klimatycznej 1989-2013	191
Polskie dylematy polityczne – modernizacja czy status quo	191
Główne bariery w rozwoju polskiej polityki klimatycznej	195
Potencjalne pola współpracy w zakresie polityki klimatycznej UE i rządu	197
Klimat polityczny dla polityki klimatycznej w Polsce	198
2. Jak powinna wyglądać polityka wdrażania niskoemisyjnej ścieżki rozwoju?	200
Czym ma być polityka wdrażania niskoemisyjnej ścieżki rozwoju?	200
Pakiet narzędzi	202
Podsumowanie	214
Bibliografia	215

## Podziękowania

W 2012 roku, dzięki wsparciu ze strony Europejskiej Fundacji Klimatycznej, Instytut Badań Strukturalnych i Instytut na rzecz Ekorozwoju zainicjowały prace nad przygotowaniem dokumentu analizującego możliwości stworzenia do 2050 roku w Polsce gospodarki niskoemisyjnej. Gospodarki szanującej środowisko naturalne, biorącej pod uwagę interesy nie tylko bieżącego, ale i przyszłych pokoleń, dla której czyste powietrze, niezdeformowany krajobraz i zdrowie publiczne nie są mniej ważne niż zysk finansowy. Dziś oddajemy w Państwa ręce opracowanie będące owocem tych prac. Mamy nadzieję, że stanie się ono swoistą mapą drogową niskoemisyjnego rozwoju Polski do roku 2050, pomocną przy dokonywaniu wyborów strategicznych w naszej polityce przemysłowej, energetycznej, transportowej, środowiskowej i regionalnej.


Centralnym pojęciem raportu *2050.pl - podróż do niskoemisyjnej przyszłości*, jest „modernizacja”. Rozumiemy przez nią nie tyle rozwój *stricto* gospodarczy, co raczej cywilizacyjny – a więc taki, w którym hierarchia wartości cenionych przez polskie społeczeństwo i polską politykę zmieni się tak, jak zmienia się dziś w krajach rozwiniętej Północy. W naszym przekonaniu Polska przyszłości musi być krajem kreatywnym, konkurencyjnym instytucjonalnie, atrakcyjnym kulturowo, a nade wszystko – takim, który wie, że jego rozwój nie może odbywać się kosztem innych – mieszkańców biedniejszych regionów świata i przyszłych pokoleń. By tak się stało, musimy zmienić nasz sposób myślenia i działania – zainwestować w innowacyjność, efektywność zasobową i jakość instytucji publicznych. W raporcie dowodzimy, analizując kompleksowy pakiet zmian w polskiej energetyce, przemyśle, rolnictwie i usługach, że taka niskoemisyjna modernizacja jest w zasięgu ręki.

Do tych wniosków nie doszliśmy sami, lecz we współpracy z szerokim gronem ekspertów. Równoległe z pracami analitycznymi projekt rozwijał się bowiem dzięki spotkaniom z przedstawicielami świata nauki, działaczami społecznymi, politykami i pracownikami administracji, tworzącymi nasze **Forum Ekspertów** oraz z osobami uczestniczącymi w konsultacjach i prezentacji kolejnych wyników projektu. Duże zainteresowanie i zaangażowanie ze strony licznych wspierających nasze prace osób pozwala nam patrzeć optymistycznie na przyszłość agendy modernizacyjnej w naszym kraju i perspektywy budowy w nim gospodarki niskoemisyjnej. Debaty, które na przestrzeni kilkunastu miesięcy mieliśmy okazję prowadzić, okazały się być bardzo merytoryczne i konstruktywne, pokazując dobitnie, że w Polsce można dyskutować o rozwoju gospodarczym i wspierającej go polityce klimatycznej bez odwoływania się do uproszczonych symboli i stereotypów.

Wśród licznych osób, z którymi mieliśmy okazję współpracować, a których wiedza przyczyniła się do powstania niniejszego opracowania, szczególne podziękowania należą się ekspertom: panu profesorowi Jerzemu Merkiszowi i panu doktorowi Maciejowi Bajerleinowi z Politechniki Poznańskiej, panu doktorowi inżynierowi Sławomirowi Pasierbowi, panu inżynierowi Michałowi Pyce, i panu inżynierowi Jerzemu Wojtulewiczowi z Fundacji na rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii w Katowicach, panu doktorowi Jerzemu Kozyrze i panu doktorowi Mariuszowi Matyce z Instytutu Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, panu doktorowi inżynierowi Jackowi Walczakowi z Instytutu Zootechniki w Krakowie oraz panu Ewarystowi Hille, ekspertowi energetycznemu z Warszawy. Bez ich wkładu merytorycznego przygotowanie tego opracowania nie byłoby możliwe.

Mamy nadzieję, że lektura raportu *2050.pl - podróż do niskoemisyjnej przyszłości* będzie dla państwa tak inspirująca jak dla nas była praca nad nią.

Maciej Bukowski



Andrzej Kassenberg





# STRESZCZENIE

# Streszczenie

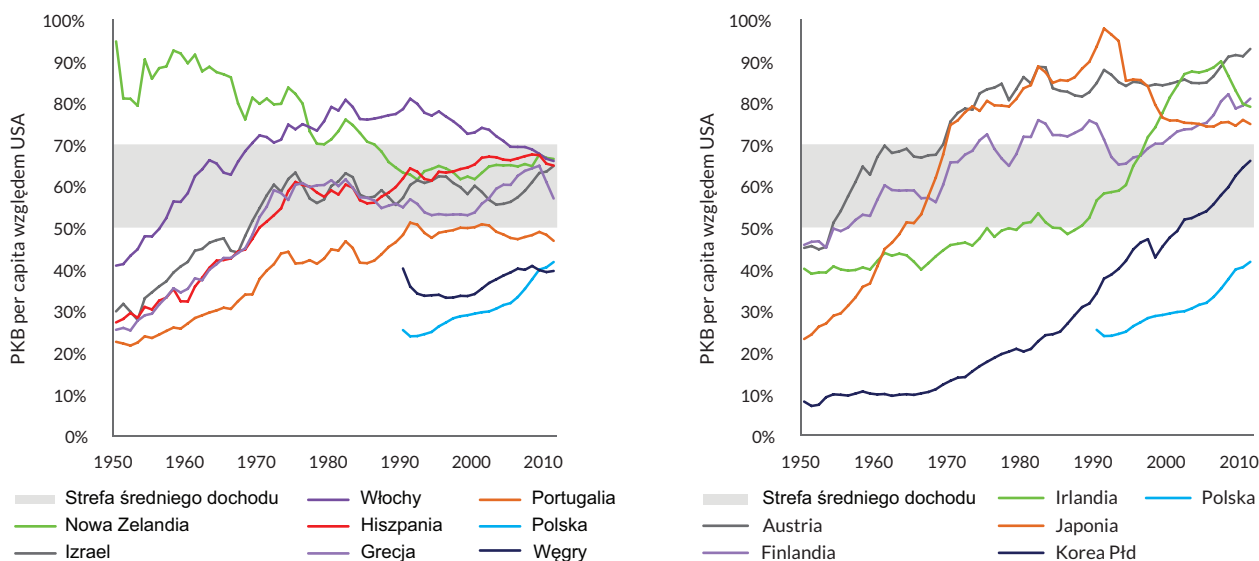
## Niskoemisyjna transformacja powinna być integralną częścią szerszej agendy modernizacyjnej

Po ponad dwudziestu latach gospodarki rynkowej i niemal dekadzie od przystąpienia do Unii Europejskiej, Polska może podążyć jedną z dwóch ścieżek dalszego rozwoju. Pierwsza sprowadzi się do pozostania przy regulacyjnym i instytucjonalnym status quo, powolnej adaptacji do wyzwań rozwojowych i spóźnionym reagowaniu na trendy światowe. W tym scenariuszu, niechęć do podejmowania reform sprawi, że podążając drogą gospodarek południowej Europy, wpadniemy w pułapkę średniego dochodu tj. stan wolnego wzrostu gospodarczego i ekonomicznego oraz cywilizacyjnego niedorozwoju. Alternatywą jest scenariusz modernizacji, w którym Polska zbuduje swoją przyszłość opierając się na trzech filarach: (1) wysokiej jakości instytucji publicznych i stanowionego prawa, (2) kreatywności i innowacyjności oraz (3) efektywności wykorzystania kapitału ludzkiego i zasobów naturalnych. Reformy w tych obszarach wzmocnią potencjał naszego kraju i pozwolą na dołączenie do liderów światowych w perspektywie roku 2050.

Trzy kluczowe cele scenariusza modernizacyjnego są silnie sprzężone z ideą niskoemisyjnej transformacji. Poprawa jakości regulacji oraz zrównoważenie krótko-, średnio- i długookresowych celów polityki rozwojowej stworzy stabilne warunki dla rozwoju technologii niskoemisyjnych, a także zagwarantuje, że koszty zewnętrzne funkcjonowania gospodarki znacząco spadną. Inwestycje w polski potencjał innowacyjny nie tylko zmotywują rynek do poszukiwania nowych rozwiązań problemów środowiskowych, ale również zaowocują powstaniem tych technologii w polskich firmach, co pozwoli nam stać się ich producentem i eksporterem. Poprawę efektywności zasobowej gospodarki przyniosą z kolei działania w obszarze efektywności energetycznej. Dzięki nim wzrośnie bezpieczeństwo energetyczne Polski, a budżety gospodarstw domowych oraz małych i średnich przedsiębiorstw zyskają dodatkowe środki. Z kolei pojawianie się wysokiej jakości zielonych miejsc pracy będzie wspomagało restrukturyzację i modernizację gospodarki, łagodząc zaburzenia makroekonomiczne i stymulując jej rozwój.

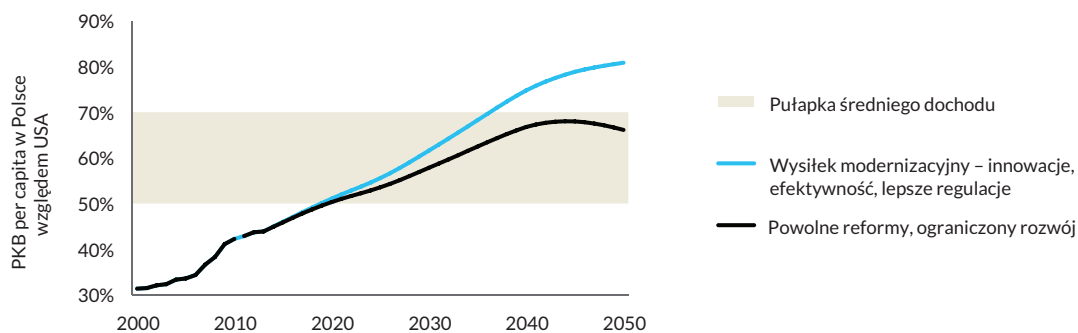
- *Dotychczasowe paliwo wzrostu polskiej gospodarki się wyczerpuje*
- *Już niedługo wpadniemy w pułapkę średniego dochodu – spowolnienie wzrostu bez szans na dogonienie liderów*
- *By temu zapobiec potrzebne są inwestycje w innowacyjność, efektywność zasobową oraz dobre regulacje*
- *Modernizacja to nie tylko wyższy wzrost gospodarczy lecz także bezpieczeństwo surowcowe, czyste środowisko naturalne i zdrowe otoczenie*
- *Konkurencyjna Polska przyszłości będzie także Polską niskoemisyjną*

Sukcesy i porażki rozwojowe innych krajów wskazują, że w nadchodzących dekadach Polsce grozi wyczerpanie się motorów wzrostu oraz wpadnięcie w wieloletnią stagnację gospodarczą – nie jest to jednak nieuniknione



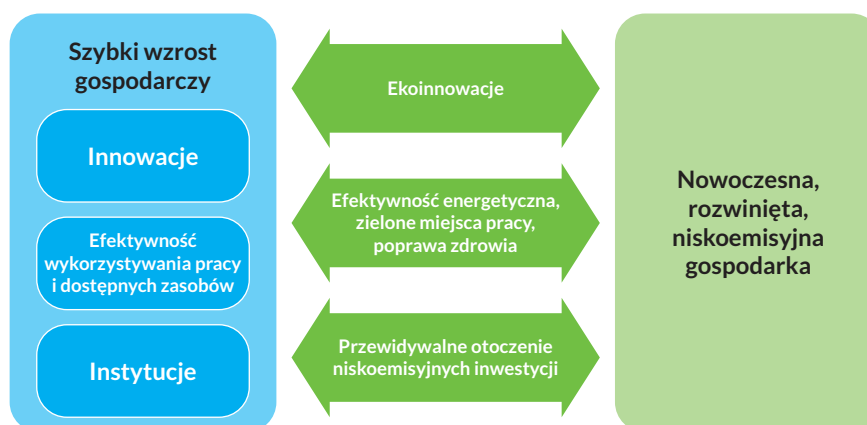
Źródło: Opracowanie własne.

Uniknięcie pułapki średniego dochodu wymaga konsekwentnych działań modernizujących nasz system prawny, instytucjonalny oraz gospodarke



Źródło: Opracowanie własne

Polityka rozwoju i nowoczesna polityka klimatyczna będą się wzajemnie wspierać współtworząc nowoczesną gospodarke przyszłości



Źródło: Opracowanie własne

Więcej o wyzwaniach rozwojowych Polski w Części I



## Inwestycje w efektywność energetyczną przyniosą znaczne korzyści netto zarówno samym inwestorom jak i całej gospodarce

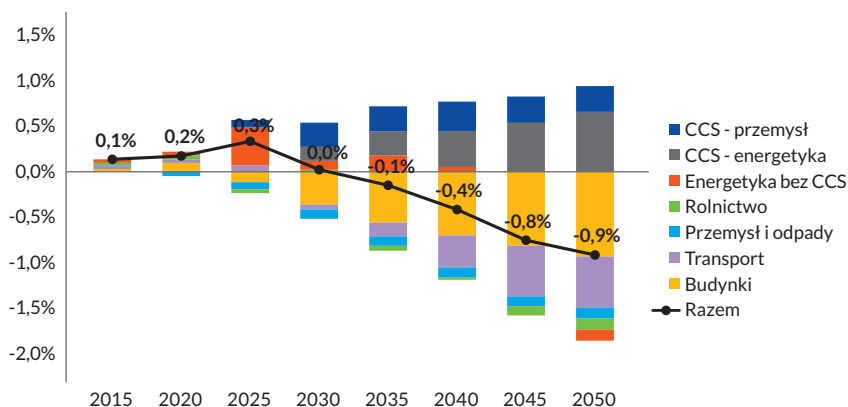
Pierwszym celem polityki publicznej w scenariuszu niskoemisyjnej modernizacji jest przełamanie barier informacyjnych, technologicznych i finansowych, mogących zablokować pełne wykorzystanie potencjału efektywności drzemiącego w polskiej gospodarce. Polityka publiczna może dawać gospodarstwu domowemu oraz przedsiębiorstwom silne bodźce do inwestycji w energooszczędne budynki, sprzęt RTV i AGD, paliwooszczędne samochody. Może też wspomagać modernizację praktyk w rolnictwie oraz bardziej efektywne wykorzystanie dostępnych surowców w przemyśle i zarządzaniu odpadami. Pozwoli to w krótkim czasie uzyskać duży zwrot z podjętych inwestycji, zwłaszcza jeśli jednocześnie dojdzie do rozwoju energetyki prosumenckiej, która w naturalny sposób współgra z efektywnymi energetycznie budynkami, a której koszty już w kolejnej dekadzie staną się w pełni konkurencyjne z cenami detalicznymi energii elektrycznej w Polsce.

Drugą kategorią działań tworzących program niskoemisyjnej modernizacji są te, które, choć trochę bardziej kosztowne, w bardzo pozytywny sposób oddziałują na swoje otoczenie zewnętrzne. Dodatkowe nakłady zwracają się społeczeństwu w postaci poprawy bezpieczeństwa energetycznego, niższych kosztów zdrowotnych oraz środowiskowych. Polityka publiczna musi dostarczyć wystarczających bodźców do tego, by rachunek inwestorów uwzględniał koszty zewnętrzne ich działalności. Dotyczy to przede wszystkim sektora energetycznego, którego dywersyfikacja wymaga poniesienia nieco wyższych inwestycji w porównaniu do opcji węglowej. Dodatkowe nakłady zwracają się jednak nawet w przypadku bardzo powolnego wzrostu opłat za emisje, obniżając jednocześnie szkodliwy wpływ sektora na zdrowie obywateli i środowisko naturalne. Średni koszt redukcji 1 tony CO<sub>2</sub>e szacujemy na 6 euro, jednak jest on znacząco podwyższony przez kosztowne technologie wychwytu i składowania dwutlenku węgla (CCS). Rezygnacja z nich zmniejszyłaby potencjał redukcyjny rozważanego pakietu działań, jednak uczyniłaby go jednoznacznie opłacalnym ekonomicznie: średnie oszczędności związane z redukcją 1 tony CO<sub>2</sub>e sięgnęłyby 26 euro.

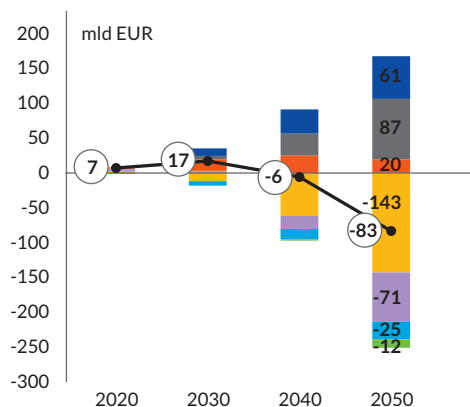
- *Postawienie na poprawę efektywności energetycznej przyniesie duże korzyści gospodarcze*
- *Bardzo opłacalna już w perspektywie roku 2020 będzie także energetyka prosumencka*
- *Spójna polityka klimatyczna pozwala na głęboką redukcję emisji średnim kosztem kilku euro za tonę CO<sub>2</sub>*
- *Koszt ten jest minimalny w porównaniu do korzyści dla bezpieczeństwa energetycznego, zdrowia obywateli oraz środowiska, najkosztowniejszą opcją redukcji emisji jest CCS*
- *Zmniejszenie ambicji redukcyjnych i rezygnacja z tej technologii czyni cały pakiet jednoznacznie ekonomicznie opłacalnym*

Łączne korzyści ekonomiczne analizowanych działań przeważają nad kosztami, szczególnie w razie rezygnacji z technologii CCS

Średnioroczne koszty analizowanych działań, % PKB

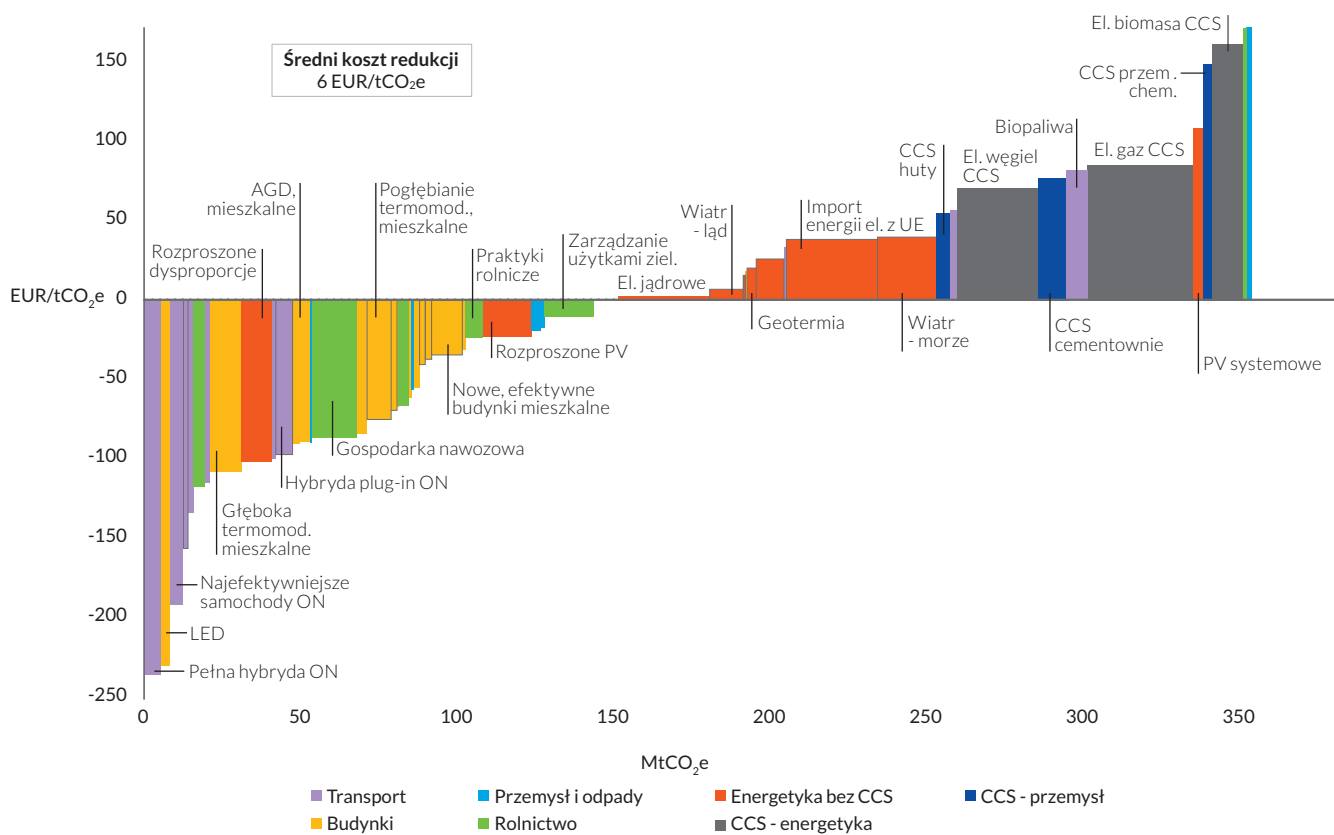


Skumulowane koszty analizowanych działań, mld EUR



Źródło: Opracowanie własne

### Efektywność energetyczna i energetyka prosumencka redukują emisje i przynoszą oszczędności netto swoim inwestorom



Uwaga: oś pozioma – wielkość redukcji emisji w 2050 r. względem scenariusza odniesienia, oś pionowa – średni koszt redukcji z perspektywy inwestora (ujemne wartości oznaczają oszczędności netto); stopa dyskontowa – 9% dla energetyki, 6% dla pozostałych sektorów.

Źródło: Opracowanie własne

Niskoemisyjne inwestycje przyniosą zysk w większości sektorów, a w energetyce będą tanie, o ile nie będziemy stosować technologii CCS

	Ogółem	Ogółem bez CCS	Budynki	Transport	Przemysł i odpady	Rolnictwo	Energetyka bez CCS	CCS - energetyka	CCS - przemysł
	<b>Średni koszt (+) lub korzyść (-) netto z redukcji emisji wg obszarów (euro/tonę CO<sub>2</sub>)</b>								
2030	10	-7	-83	-14	-66	12	21	110	326
2050	6	-26	-83	-71	-57	-20	8	88	147

Źródło: Opracowanie własne

Więcej o mikroekonomicznych kosztach i korzyściach niskoemisyjności w Części IV

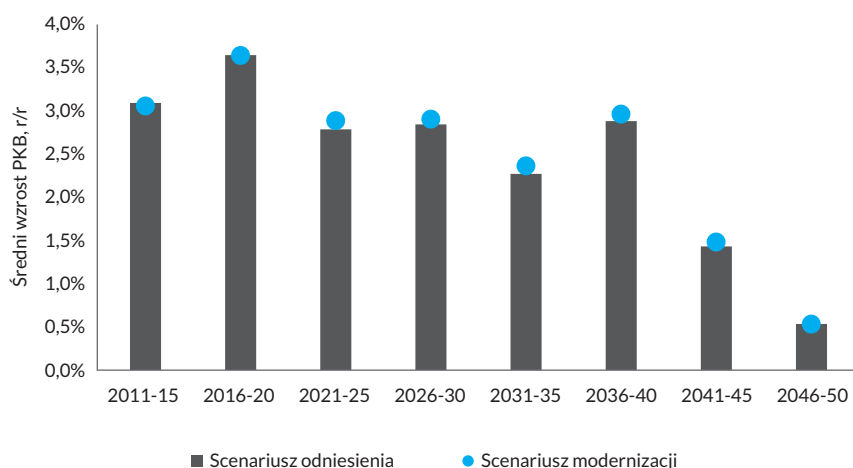
## Niskoemisyjna transformacja będzie wspierać wzrost gospodarczy Polski w perspektywie 2050 roku

Wdrożenie proponowanego pakietu działań niskoemisyjnych już po kilkunastu latach zaczyna mieć pozytywny wpływ na polską gospodarkę, przyczyniając się do zwiększenia poziomu PKB o 0,5 % w roku 2030 roku oraz o ponad 1 % w roku 2050. Co ważne, w rachunku tym nie uwzględniliśmy oddziaływania, jaki na gospodarkę wywarłoby wzmocnienie jej innowacyjności – efekt ten zależy bowiem nie tylko od samego faktu dokonania inwestycji w rozwiązania energooszczędne, ale i od tego czy wdrażanie polityki redukcji emisji stanie się stymulatorem polskiej innowacyjności, wpisując się w szerszą agendę modernizacyjną polskiej gospodarki. W takim wypadku niskoemisyjna modernizacja podniosłaby wartość polskiego PKB w roku 2050 nawet o 3,5%, przy czym 1,5% przypadłoby na wzrost efektywności energetycznej, a 2% na sprzężony wzrost innowacyjności polskiej gospodarki tj. wynalezienie i wytworzenie w kraju szeregu produktów wspomagających oszczędzanie i produkowanie energii w sposób zrównoważony.

Najsilniej na wzrost gospodarczy oddziałuje poprawa efektywności energetycznej budynków. Drugim obszarem stymulującym wzrost PKB w długim okresie jest obniżenie paliwochłonności samochodów. Również wzrost efektywności wykorzystania zasobów i energii w przemyśle oraz poprawa zarządzania odpadami przyczynia się do pomyślności ekonomicznej, jednak nie jest to wpływ duży ze względu na ograniczony potencjał techniczny tych działań. Wśród przedsięwzięć polegających na poprawie efektywności energetycznej tylko działania w rolnictwie przekładają się na niewielki spadek produktu. Negatywny wpływ na PKB można w tym wypadku tłumaczyć wzrostem zapotrzebowania na dobra pośrednie oraz wzrostem znaczenia rolnictwa w strukturze produkcji względem innych sektorów o wyższej produktywności pracy. Również dywersyfikacja źródeł wytwarzania energii elektrycznej i ciepła wiąże się z niskimi kosztami makroekonomicznymi. Wynikają one najpierw z wysokich początkowych nakładów kapitałowych, a następnie – ze zwiększonej wymiany energii elektrycznej z zagranicą. Łączny negatywny wpływ rolnictwa oraz energetyki (bez CCS) jest w dłuższym okresie na tyle mały, że może być w całości zrównoważony przez działania w samym tylko obszarze transportu.

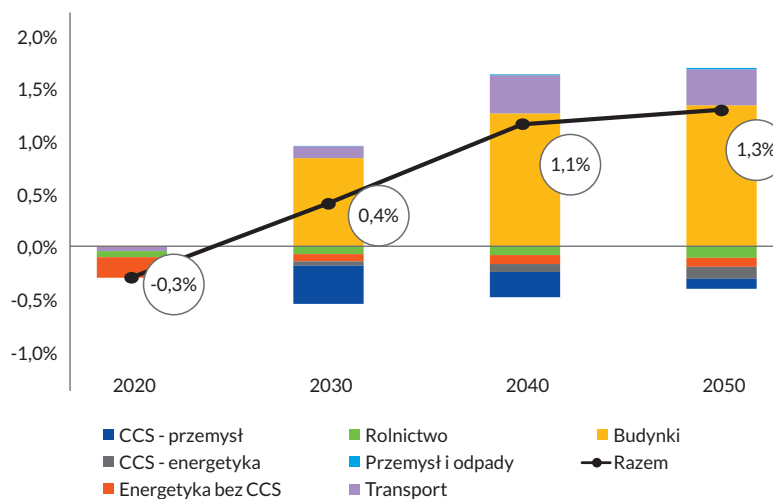
- *Budowa niskoemisyjnej gospodarki nie jest przeszkodą na drodze do dobrobytu*
- *Niskoemisyjna modernizacja może dostarczyć pro wzrostowego impulsu dla gospodarki, jeżeli będzie częścią szerszej polityki rozwojowej*
- *Szczególnie wysokie korzyści przyniesie ona jeśli równoległe rozwijać się będzie w Polsce pro-innowacyjna orientacja w polityce publicznej: wzrosną wydatki na innowacje, polskie uniwersytety awansują w międzynarodowych rankingach, a zachęty podatkowe skłonią sektor prywatny do angażowania się w innowacje.*

Wzrost PKB w Polsce w scenariuszu modernizacji będzie wyższy niż w scenariuszu odniesienia



Źródło: Opracowanie własne

Sam wzrost efektywności energetycznej podniesie poziom PKB w Polsce o 1,5%, a w połączeniu z innowacjami nawet o 3,5%



Uwaga: wartości dodatnie – wzrost poziomu PKB

Źródło: Opracowanie własne

Niskoemisyjnej transformacji obok wzrostu gospodarczego towarzyszyć będzie także kreacja zielonych miejsc pracy

	Wpływ analizowanego pakietu działań na:				
	PKB, %	PKB, mld euro PPP	PKB na osobę, euro PPP	zatrudnienie, %	zatrudnienie, tys. osób
2011-2015	-0,1	-0,6	-15	-0,1	-15
2016-2020	-0,2	-1,8	-46	-0,2	-40
2021-2025	0,2	1,7	44	0,4	71
2026-2030	0,4	4,3	113	0,2	35
2031-2035	0,6	7,1	190	0,1	12
2036-2040	1,0	13,1	357	0,3	42
2041-2045	1,2	17,4	484	0,3	46
2046-2050	1,2	18,5	527	0,1	9

Źródło: Opracowanie własne

Więcej o wymiarze makroekonomicznym niskoemisyjnej modernizacji w Części IV

## Wykorzystanie dużego potencjału efektywności energetycznej pozwoli utrzymać zużycie energii na dzisiejszym poziomie

Wraz ze wzrostem gospodarczym i stopniowym ograniczaniem marnotrawstwa energii luka energochłonności pomiędzy Polską a UE będzie zanikać. Przewidujemy, że w scenariuszu odniesienia, bez dodatkowych bodźców modernizacyjnych, energochłonność polskiego PKB powinna poprawić się o niemal połowę w latach 2010-2050. Całkowite zużycie energii wzrośnie jednak w tym samym czasie o ponad jedną trzecią. Podjęcie kompleksowych działań wspierających ograniczanie energochłonności pozwoliłoby utrzymać historyczne tempo poprawy efektywności energetycznej także w kolejnych dekadach. Dzięki temu finalne zużycie energii w polskiej gospodarce mogłoby nawet spaść w porównaniu do stanu obecnego, pomimo tego, że nasza zamożność w tym samym czasie wzrosłaby trzykrotnie. Głównymi działaniami pozwalającymi na osiągnięcie tego efektu jest promowanie energooszczędnych budynków oraz paliwooszczędnych samochodów.

### Energooszczędne budynki

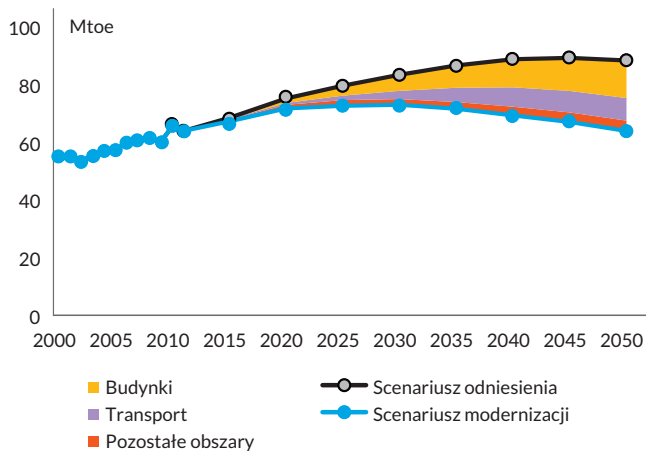
Pogłębiona termomodernizacja istniejących budynków mieszkalnych i użytkowych, stopniowe przejście do pasywnego budownictwa w przypadku nowych inwestycji budowlanych oraz zastrzanie standardów energetycznych sprzętu AGD i RTV pozwoli na obniżenie zużycia energii w budynkach o 40% względem scenariusza odniesienia oraz o jedną czwartą względem stanu obecnego. Zmniejszą się przy tym koszty ogrzewania – kluczowa przyczyna ubóstwa energetycznego w Polsce. Przeciętna rodzina będzie wydawać na ogrzewanie oraz elektryczność o blisko jedną trzecią mniej niż w scenariuszu odniesienia. Spadną też szkodliwe dla zdrowia niskie emisje, będące obecnie jednym z głównych problemów środowiskowych polskich miast.

### Efektywny transport

Systematyczne zastrzanie norm w zakresie emisyjności samochodów doprowadzi do poprawy ich efektywności paliwowej i rozwoju napędów alternatywnych. Wraz z rozwojem nowej generacji biopaliw pozwoli to na ograniczenie importu ropy naftowej o niemal połowę względem scenariusza odniesienia oraz o jedną trzecią względem jego obecnego wolumenu. Udział wydatków na paliwa transportowe w budżetach domowych Polaków również spadnie. Do ograniczania zależności paliwowej Polski oraz uzyskania korzyści środowiskowych i zdrowotnych przyczyni się także promowanie transportu zbiorowego oraz planowanie przestrzenne sprzyjające zrównoważonym formom mobilności.

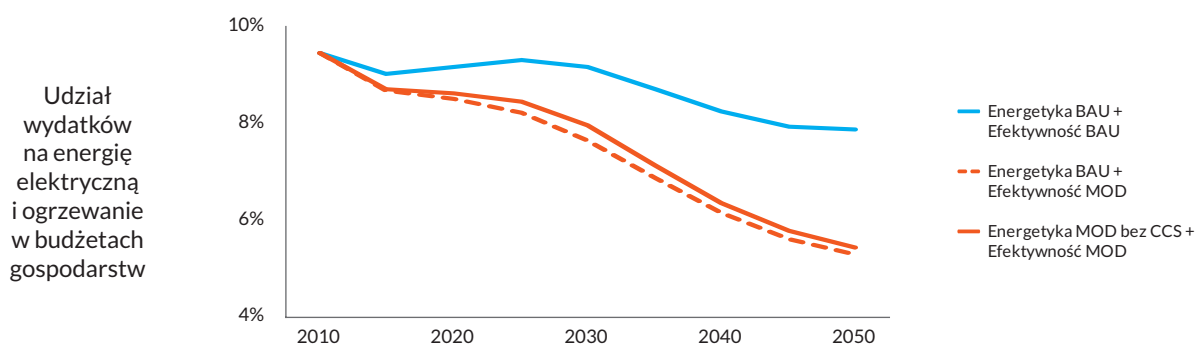
- *Jeśli nie wykorzystamy potencjału efektywności nasze potrzeby energetyczne znacznie wzrosną, a wraz z nimi – wydatki w budżecie każdej rodziny i firmy*
- *Można tego uniknąć, jeżeli polska polityka publiczna wspomóż podmioty prywatne w inwestycjach w efektywność energetyczną*
- *Upowszechnienie się energooszczędnego budownictwa oraz paliwooszczędnych samochodów wzmocni nasz wzrost gospodarczy, ograniczy też ubóstwo energetyczne oraz import surowców energetycznych*
- *Pozytywne skutki inwestycji w energooszczędne technologie powinny być wspomagane przez zmiany behawioralne, zwłaszcza w transporcie*

Ilość energii zaoszczędzona łącznie do roku 2050 w scenariuszu modernizacji zaspokończy potrzeby energetyczne Polski na niemal 8 lat



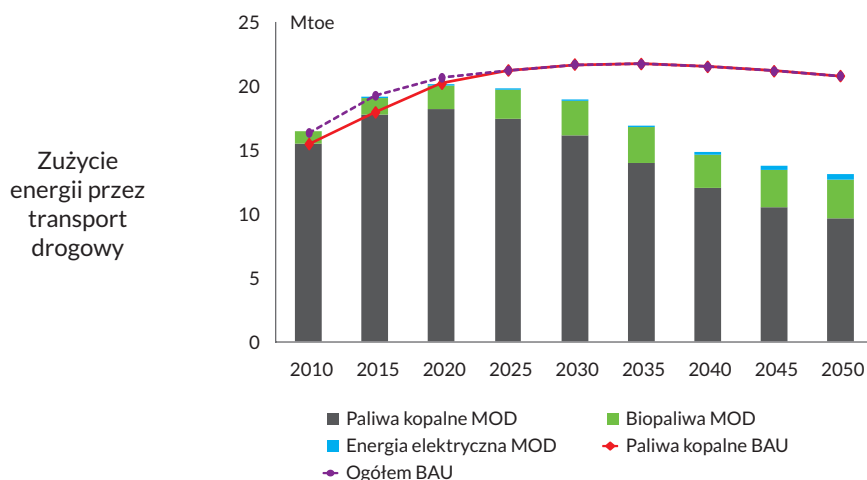
Źródło: Opracowanie własne

Głęboka termomodernizacja i coraz ambitniejsze standardy energetyczne dla nowych budynków przyczynią się do ograniczenia ubóstwa energetycznego, ułatwią transformację energetyki oraz zmniejszą szkodliwe dla zdrowia niskie emisje



Źródło: Opracowanie własne

Konsekwentna polityka promowania paliwooszczędnych pojazdów oraz alternatywnych źródeł energii w transporcie poprawi bezpieczeństwo energetyczne Polski oraz wzmocni jej gospodarkę



Źródło: Opracowanie własne

Więcej o potencjale poprawy efektywności energetycznej w Części II

## Nowe technologie już dziś przewartościowują obraz światowej energetyki, w Polsce są jednak niedoceniane

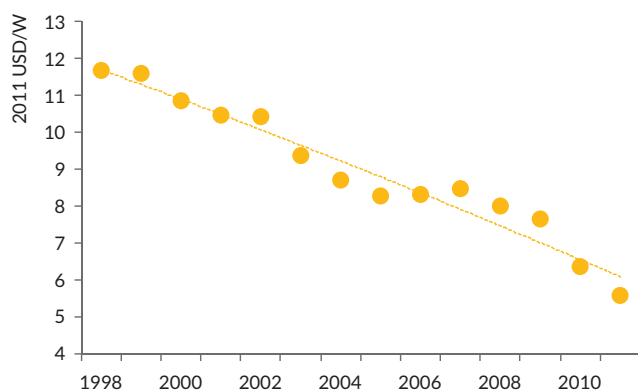
Polska polityka, dokonując rozstrzygnięć przesądających o przyszłym kształcie sektora energetycznego, musi brać pod uwagę nie tylko sytuację bieżącą, ale i zewnętrzne trendy technologiczne, gospodarcze i polityczne. Szczególnie istotne są zmiany krajowego potencjału paliwowego. Zwiększenie zapotrzebowania na węgiel kamienny wobec niskiej konkurencyjności krajowego górnictwa i wyczerpywania się dostępnych zasobów oznaczałoby zwiększenie zależności od importu albo akceptację wyższych cen energii. Z kolei utrzymanie węgla brunatnego w miksie energetycznym wymagać będzie otwierania nowych złóż, co wiąże się z dużymi nakładami początkowymi, wysokimi kosztami społecznymi oraz licznymi problemami środowiskowymi. Hipotetycznym źródłem energii pierwotnej mógłby być także gaz łupkowy, jednak możliwości i koszt jego eksploatacji na terenie Polski są obecnie nieznane. To duża szansa, ale i ryzyko niespełnienia nadziei. Rozpoznanym, ale, jak dotąd, mało wykorzystywanym zasobem energetycznym są źródła odnawialne. Sięgnięcie przez Polskę w przyszłości do zasobów wiatru, wody czy słońca – w szczególności poprzez energetykę rozproszoną – pozwoliłoby wykorzystać część pomijanego dziś polskiego potencjału energetycznego. Osobnym wyzwaniem jest energetyka nuklearna, której wdrożenie wymagałoby bardzo wysokich nakładów inwestycyjnych zwracających się przez długi czas, akceptacji dla kosztów i ryzyka składowania odpadów nuklearnych oraz wysiłku organizacyjnego wykraczającego poza standard naszej polityki. Do czynników, które w przyszłości mogą znacząco zmienić polską energetykę, należy zaliczyć także rozwój wspólnego europejskiego rynku energii. Otworzy to krajową energetykę na konkurencję międzynarodową, ułatwiając zarazem Polsce dostęp do rynków energetycznych innych państw europejskich i rozkładając równomiernie ryzyka systemowe, gospodarcze i polityczne w całej Unii. Wreszcie, obecna europejska presja regulacyjna na obniżenie negatywnego wpływu energetykę na zdrowie (dyrektywa IED) oraz środowisko (system EU ETS) będzie się z czasem nasilać, zwiększając koszty wykorzystania paliw kopalnych, a w szczególności węgla do celów energetycznych.

Zmieniające się otoczenie globalne będzie miało duży wpływ na kształt przyszłego miks technologii w polskiej energetyce. W szczególności, wzrost konkurencji międzynarodowej o ograniczone zasoby naturalne prowadzi do utrzymywania się ich wysokich cen na rynkach światowych. Innowacje techniczne co prawda umożliwiają sięganie do coraz trudniej dostępnych złóż, jednak ze względu na ciągłe obniżanie się zwrotu energetycznego z ich eksploatacji (EROI), korzystne oddziaływania nowych metod wydobywania na ceny energii będzie zapewne krótkotrwałe. Próba odpowiedzi na to wyzwanie jest „zielony wyścig” państw rozwiniętych oraz Chin i, do pewnego stopnia, także Brazylii i Indii. Od blisko dekady w czołowych gospodarkach mają miejsce duże inwestycje w rozwój alternatywnych źródeł energii i eko-innowacje. Ich celem jest dokonanie przełomu technologicznego, dzięki któremu możliwe byłoby częściowe lub nawet całkowite wyeliminowanie potrzeby wytwarzania energii z paliw kopalnych. Działania te doprowadziły już do tego, że w niektórych lokalizacjach energetyka słoneczna i wiatrowa zaczyna być konkurencyjna wobec technologii konwencjonalnych, sprzyjając rozwojowi źródeł rozproszonych oraz pojawieniu się tzw. prosumenta – odbiorcy energii, który jednocześnie posiada instalacje do produkcji energii na własny użytek oraz do jej sprzedaży do sieci. Wykładniczy spadek cen OZE pozwala sądzić, że w niedługim czasie tak stanie się i w Polsce.

- *Ceny surowców energetycznych rosną, a ich wydobywanie jest coraz bardziej kosztowne i trudniejsze technicznie i energetycznie*
- *Na świecie trwa wyścig w obszarze OZE, dzięki któremu ich ceny spadają wykładniczo*
- *Opłacalność rynkowa fotowoltaiki i wiatru w generacji rozproszonej jest tuż za rogiem*

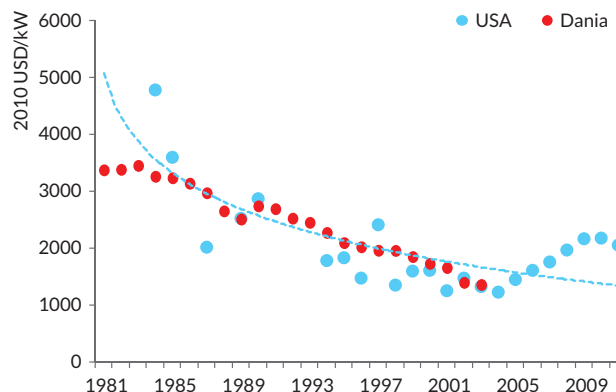
Koszty OZE spadają w tempie wykładniczym czyniąc je rynkowo coraz bardziej atrakcyjnymi

### Koszt instalacji fotowoltaicznych w USA



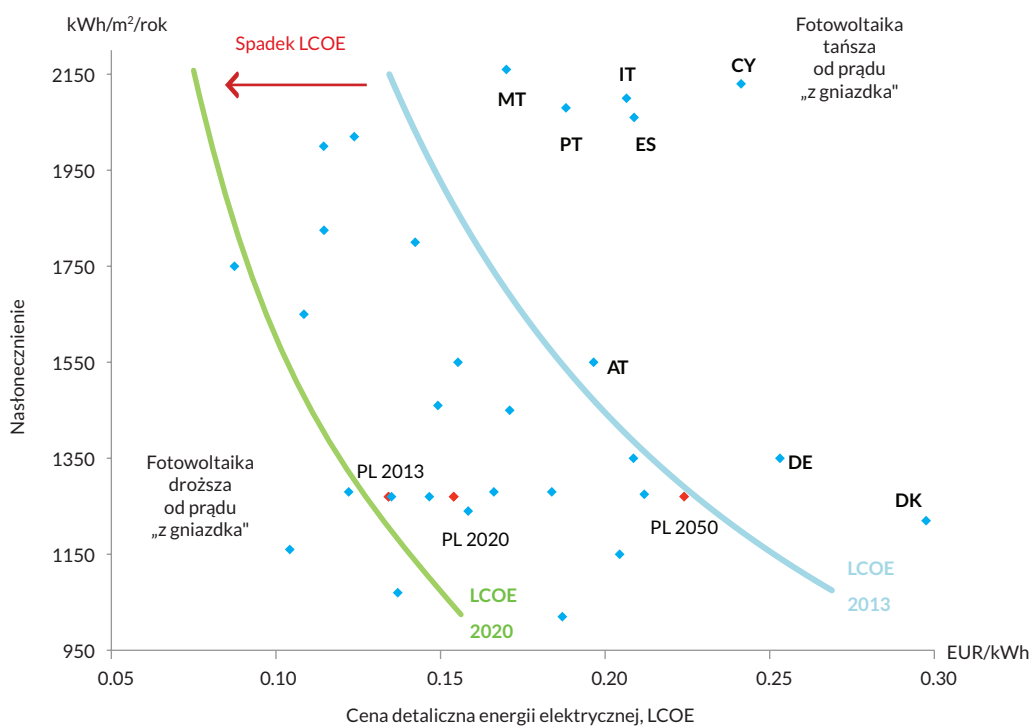
Źródło: Lawrence Berkeley National Lab

### Koszt farm wiatrowych w USA i Danii



Źródło: IRENA 2012

Około roku 2020 fotowoltaika powinna być atrakcyjna ekonomicznie dla odbiorców końcowych niemal w całej Europie, w tym w Polsce



Uwaga: Ceny energii elektrycznej dla Polski w roku 2020 i 2050 na podstawie scenariusza odniesienia, bez ETS.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Breyer i Gerlach (2011) oraz własnych prognoz dla lat 2020 i 2050

Więcej o polskich perspektywach energetycznych w Części III



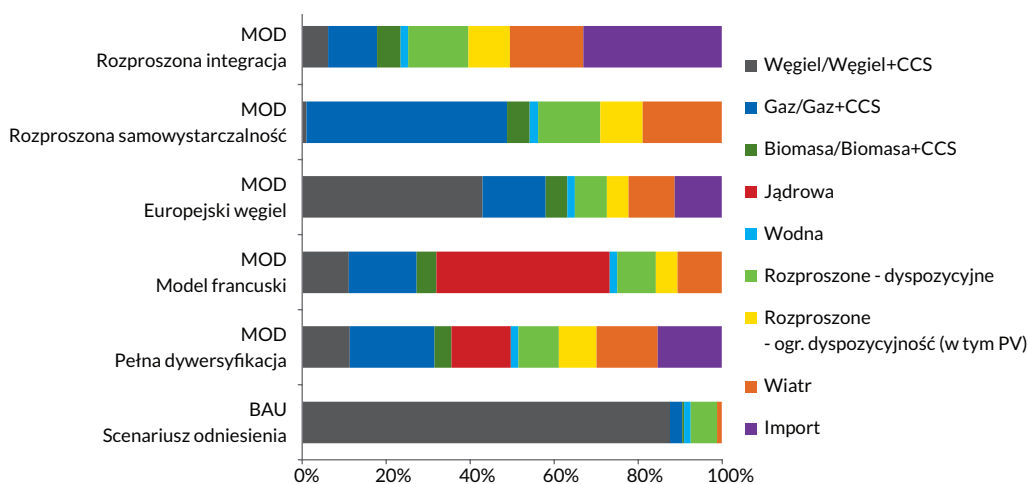
## Modernizacja sektora energetycznego musi doprowadzić do dywersyfikacji sposobów wytwarzania energii elektrycznej i ciepła

Wyzwanie modernizacji sektora energetycznego jest szczególnie doniosłe w Polsce, gdzie produkcja energii elektrycznej jest w ok. 90% uzależniona od węgla, a zużycie techniczne starych bloków tworzy potrzebę znaczących inwestycji już w tej dekadzie. W perspektywie 2050 roku konieczna będzie niemal całkowita wymiana obecnych mocy wytwórczych, a już w nadchodzącym dziesięcioleciu inwestycje powinny być znaczące. Nowoczesny system energetyczny można zbudować na wiele sposobów. Z perspektywy polityki publicznej ważny jest jednak nie tyle wybór konkretnych technologii wytwarzania, co raczej przyjęcie racjonalnego modelu ram systemowych kształtujących jej rozwój w zgodzie z celami społecznymi: (1) stabilizacji dostaw energii, (2) dywersyfikacji jej źródeł oraz (3) ograniczenia negatywnych efektów, jakie sektor wywiera na swoje otoczenie. Możliwe warianty modernizacji sektora energetycznego w Polsce różnią się między sobą nie tylko strukturą wykorzystywanych źródeł, lecz także stopniem centralizacji całego rynku i jego integracją z resztą Europy. W raporcie analizujemy pięć takich alternatywnych wariantów omawiając ich zalety i wady, a także koszty i korzyści z ich wyboru w porównaniu do scenariusza odniesienia, w którym węglowa orientacja polskiej energetyki zostaje utrzymana.

Poważna redukcja emisji z sektora energetycznego (o 70-80% względem 1990) jest w pełni osiągalna po kosztach w pełni porównywalnych ze scenariuszem odniesienia i to pod nieobecność opłat emisyjnych. W sytuacji, w której cel redukcyjny postawiony byłby wyżej (90%) konieczne byłoby zastosowanie relatywnie kosztownej i społecznie kontrowersyjnej technologii CCS, której sens ekonomiczny zależałby od przyszłego poziomu opłat emisyjnych. W zakładanym w raporcie stopniowym wzroście ceny uprawnień do 45 euro/tCO<sub>2</sub> w roku 2050 koszt scenariusza węglowego byłby znacznie wyższy niż koszt niemal zeroemisyjnej energetyki wyposażonej w systemy CCS. Niższy koszt scenariuszy modernizacyjnych to także niższe oczekiwane ceny energii dla odbiorców końcowych. W roku 2050 płaćliby oni za elektryczność mniej więcej tyle samo, ile dziś płać odbiorcy niemieccy (będąc jednocześnie dużo bogatsi), podczas gdy poziom emisji – zarówno jednostkowej jak i zagregowanej – byłby wyraźnie mniejszy. Ilustruje to potencjał, jaki, dzięki postępowi technicznemu w obszarze energetyki odnawialnej i umiejętnemu zastosowaniu zero- lub niskoemisyjnych technologii konwencjonalnych, kryje się pod zaproponowanym kształtem modernizacji sektora energetycznego.

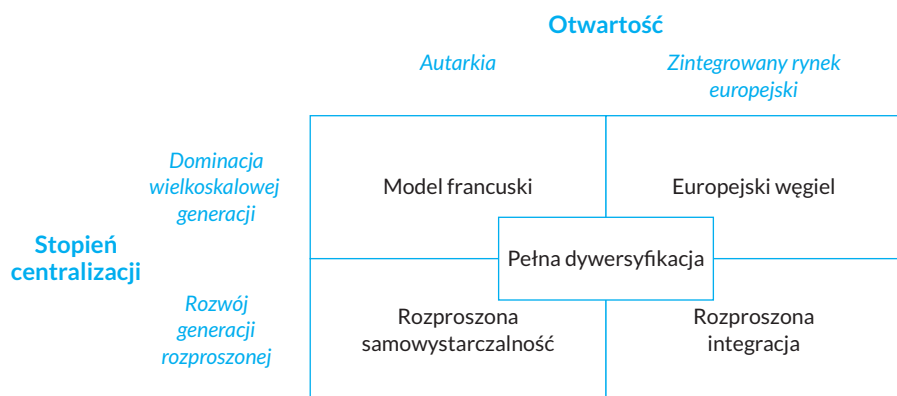
- *Celem modernizacji energetyki powinien być zdywersyfikowany, stabilny i przyjazny otoczeniu miks energetyczny*
- *Znacząca (70-80%) redukcja emisji w energetyce możliwa jest po koszcie w pełni porównywalnym z kosztem scenariusza węglowego, warunkiem jest jednak rezygnacja z zastosowania CCS*
- *Zastosowanie CCS zwiększyłoby skalę redukcji do 90%, jednak całkowity koszt także by wzrósł, choć nadal koszty transformacji sektora energetycznego byłyby niewielkie w skali całej gospodarki,*
- *Kluczem do sukcesu niskoemisyjnej modernizacji jest umiejętne wykorzystanie różnorodnych technologii energetycznych ze szczególnym miejscem zarezerwowanym dla generacji rozproszonej opartej o źródła odnawialne*

Możliwe są różne warianty modernizacji polskiej energetyki do roku 2050



Źródło: Opracowanie własne

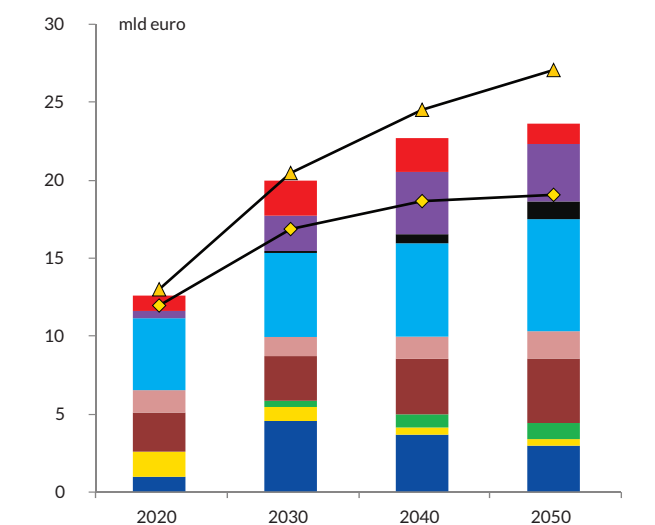
Każdy z nich wiąże się z innym rozstrzygnięciem dylematu: otwartość - centralizacja



Źródło: Opracowanie własne

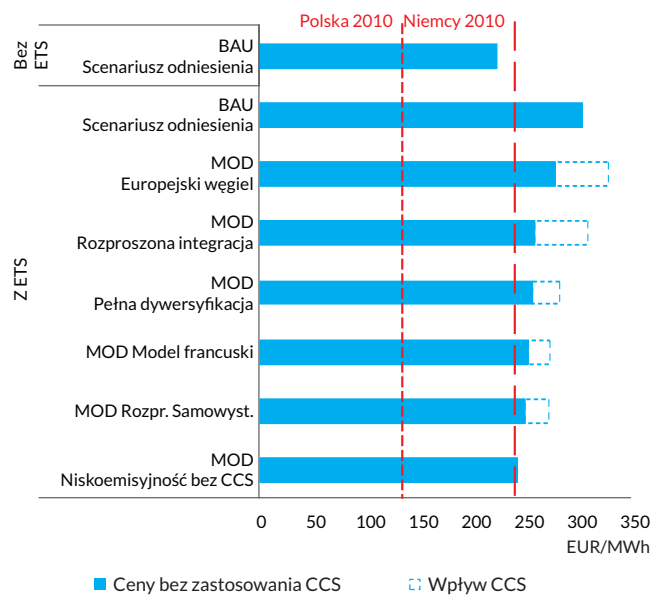
Dywersyfikacja energetyki obniży ryzyko związane z polityką klimatyczną, a w razie rezygnacji ze stosowania CCS jej koszt będzie porównywalny od najkorzystniejszych scenariuszy węglowych

### Koszty produkcji energii elektrycznej



Źródło: Opracowanie własne

### Ceny energii elektrycznej dla gosp. domowych – 2050 r.



Źródło: Opracowanie własne

Więcej o modernizacji polskiej energetyki w Części III

## Niskoemisyjna modernizacja podniesie nasze bezpieczeństwo energetyczne

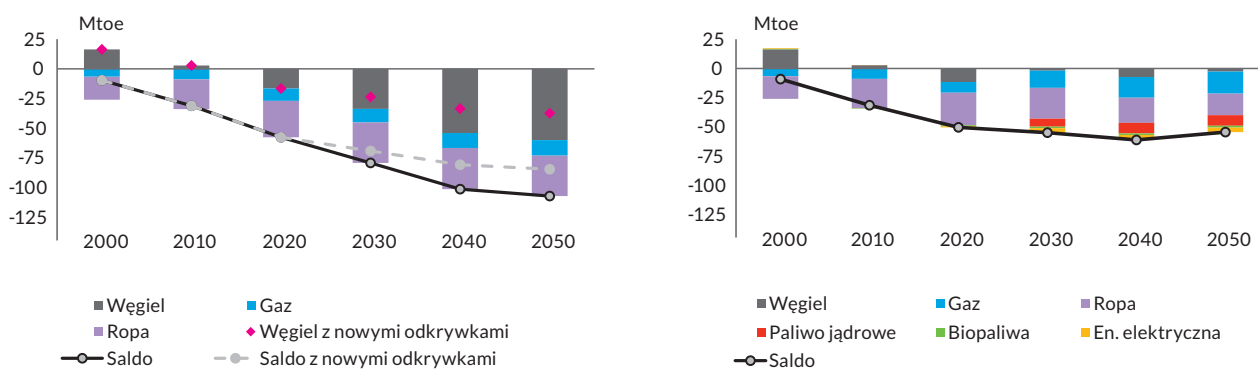
W scenariuszu odniesienia zarówno wolumen importowanej energii, jak również stopień zależności energetycznej kraju nieprzerwanie wzrasta za sprawą rosnącego importu węgla kamiennego. Stałoby się tak dlatego, że krajowe możliwości wydobywcze tego surowca wyczerpują się na tyle szybko, że w 2050 roku węgiel kamienny mógłby stanowić nawet połowę ogółu importowanych źródeł energii. Równoległe o niemal połowę wzrósłby import gazu oraz o ponad jedną trzecią – ropy naftowej. Łączna zależność energetyczna kraju zwiększyłaby się więc do 61%-78% zależnie od tego czy i w jakim stopniu doszłoby równoległe do otwierania nowych złóż węgla brunatnego.

W scenariuszu modernizacji zmniejszenie potrzeb energetycznych oraz dywersyfikacja mixu pozwala na spadek importu węgla kamiennego po 2020 roku. Będzie to możliwe bez konieczności kosztownych inwestycji w szkodzące środowisku i nieakceptowane przez społeczności lokalne nowe odkrywki węgla brunatnego. Również import ropy naftowej w 2050 r. byłby, dzięki bardziej efektywnemu transportowi, o połowę niższy niż w scenariuszu odniesienia. Wzrósłby natomiast import gazu ziemnego, oraz paliwa dla elektrowni jądrowych o ile byłyby one obecne w mixie energetycznym (jak w prezentowanym obok wariantcie *Pełnej dywersyfikacji*). Ogólny wolumen importowanej energii w scenariuszu modernizacji byłby nie tylko wyraźnie niższy w porównaniu ze scenariuszem odniesienia, ale i znacznie bardziej zdywersyfikowany. Zależność energetyczna Polski w 2050 roku kształtowałaby się w nim na poziomie 57%, a więc dużo niższym niż w scenariuszu odniesienia, nawet w wariantcie z daleko idącą ekspansją węgla brunatnego. Niższy import surowców energetycznych wpłynąłby korzystnie na saldo handlu zagranicznego – w scenariuszu modernizacji jest ono w roku 2050 lepsze nie tylko od scenariusza odniesienia, ale i od sytuacji obecnej.

Powyższe wyniki różnią się w zależności od przyjętego kierunku rozwoju sektora energetycznego, który odpowiada za znaczną część zużycia energii pierwotnej. Warto pamiętać, że prawdopodobieństwo realizacji niektórych wariantów w istotnym stopniu zależy od kształtowania się krajowego potencjału surowcowego, co także dotyczy salda handlowego. Przykładowo, przełom w eksploatacji gazu łupkowego zwiększy prawdopodobieństwo rozwoju energetyki w kierunku zarysowanym przez scenariusz *Rozproszona samowystarczalność*, natomiast decyzja o inwestycjach w nowe kopalnie odkrywkowe – w kierunku *Europejskiego węgla*. W obu przypadkach nastąpi też poprawa salda handlowego względem scenariusza odniesienia, choć w drugim odbędzie się to za cenę znacznych szkód środowiskowych i nasilenia negatywnego wpływu sektora energetycznego na zdrowie publiczne.

- *Krajowe zasoby odfalcalnego do wydobycia węgla kamiennego szybko się kurczą*
- *Jeśli polska energetyka pozostanie oparta na węglu to nie będzie to węgiel krajowy*
- *Nawet podwojenie wydobycia węgla brunatnego nie rozwiązuje tego problemu*
- *Możliwym wyjściem jest ograniczenie roli węgla w mixie energetycznym – wydłuży to okres wykorzystania złóż krajowych i pozwoli uniknąć eksplozji importu tego surowca*
- *Niskoemisyjna transformacja Polski poprawi bezpieczeństwo energetyczne kraju*

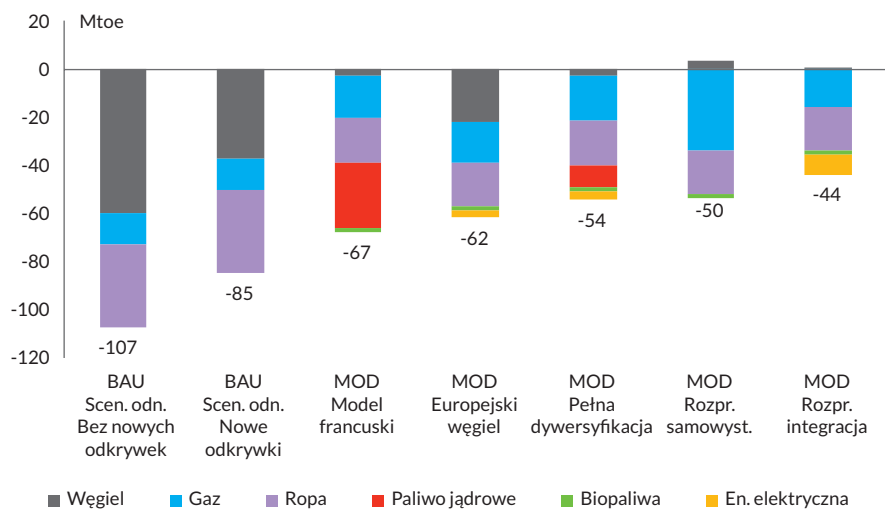
Saldo handlu surowcami energetycznymi przy energetycznym status quo pogarsza się, a w scenariuszu modernizacji – poprawia



Źródło: Opracowanie własne

Źródło: Opracowanie własne

Niezależnie jaki model niskoemisyjnej energetyki zostanie wybrany – bezpieczeństwo wzrośnie.



Źródło: Opracowanie własne

Węgiel brunatny nie jest warunkiem wysokiego bezpieczeństwa energetycznego

	Scenariusz odniesienia bez nowych odkrywek	Scenariusz odniesienia z nowymi odkrywkami	Scenariusz modernizacji
	<i>Saldo handlu surowcami energetycznymi, % PKB</i>		
2010	-3,5	-3,5	-3,5
2020	-5,0	-5,0	-4,8
2030	-5,0	-4,8/-5	-4,4
2040	-4,7	-4,3/-4,5	-3,6
2050	-4,5	-4,1/-4,3	-3,1
	<i>Zależność energetyczna</i>		
2010	31%	31%	31%
2020	50%	50%	46%
2030	62%	54%/60%	51%
2040	74%	59%/67%	59%
2050	78%	61%/69%	57%

Uwagi: 1. Zależność energetyczna – import jako % zużycia energii pierwotnej;

2. W scenariuszu modernizacji przyjęty wariant rozwoju energetyki to „Pełna dywersyfikacja”

Źródło: Opracowanie własne

Więcej o wpływie niskoemisyjnej transformacji na bezpieczeństwo energetyczne w Części IV

## Pozytywnym efektem modernizacji będzie także redukcja emisji gazów cieplarnianych

Emisje gazów cieplarnianych w 2050 r. są w scenariuszu modernizacji o 2/3 niższe niż w scenariuszu odniesienia i o 63% w stosunku do roku 1990. Stopniowa dywersyfikacja źródeł wytwarzana w polskiej energetyce leżeć będzie u podstaw tego sukcesu, choć istotne redukcje zapewnia również poprawa efektywności energetycznej budynków, obniżenie paliwochłonności polskiej floty samochodowej, upowszechnienie się bardziej zrównoważonych praktyk w rolnictwie oraz gospodarce odpadami. Przemysł ciężki, pomimo wdrożenia licznych działań poprawiających efektywność energetyczną, nie przyczyni się znacząco do redukcji emisji bez wdrożenia technologii wychwytywania i składowania dwutlenku węgla. Bez jej zastosowania także w energetyce redukcja całkowitych emisji w Polsce może sięgnąć ok. 55% w porównaniu do roku 1990.

Osiągnięcie celu redukcyjnego na poziomie 80% wymagałoby wykorzystania wszystkich istniejących już dziś możliwości technologicznych, a w razie niesprawdzenia się technologii CCS także kilku nowych przełomów technologicznych np. tanich metod magazynowania energii czy gospodarki wodorowej. Ważnym aspektem analizowanych zmian jest ich wzajemne wspieranie się. O ile sama redukcja zużycia energii cieplnej w gospodarstwach domowych i sektorze usługowym prowadzi do spadku ich bezpośredniego zapotrzebowania na paliwa kopalne, to jednocześnie przemiany w strukturze popytu na energię przesuwają go w kierunku elektryczności stymulując emisję w energetyce. W tym miejscu niskoemisyjne technologie energetyczne spotykają się z termomodernizacją, wspólnie służąc zmniejszeniu emisji gazów cieplarnianych. Podobne, choć mniejsze co do skali, związki można dostrzec między rolnictwem a sektorem transportu (biopaliwa), czy gospodarką odpadami a termomodernizacją (energia ciepła dla miast). Oznacza to, że fragmentaryczna realizacja każdej z części programu w izolacji od pozostałych przyniosłaby mniejsze efekty niż ich łączne wcielenie w życie. Dlatego ważne jest, aby przygotowywany obecnie w Rządzie program transformacji niskoemisyjnej brał pod uwagę wszystkie kluczowe sektory, rozpatrując zwłaszcza energetykę i efektywność energetyczną łącznie.

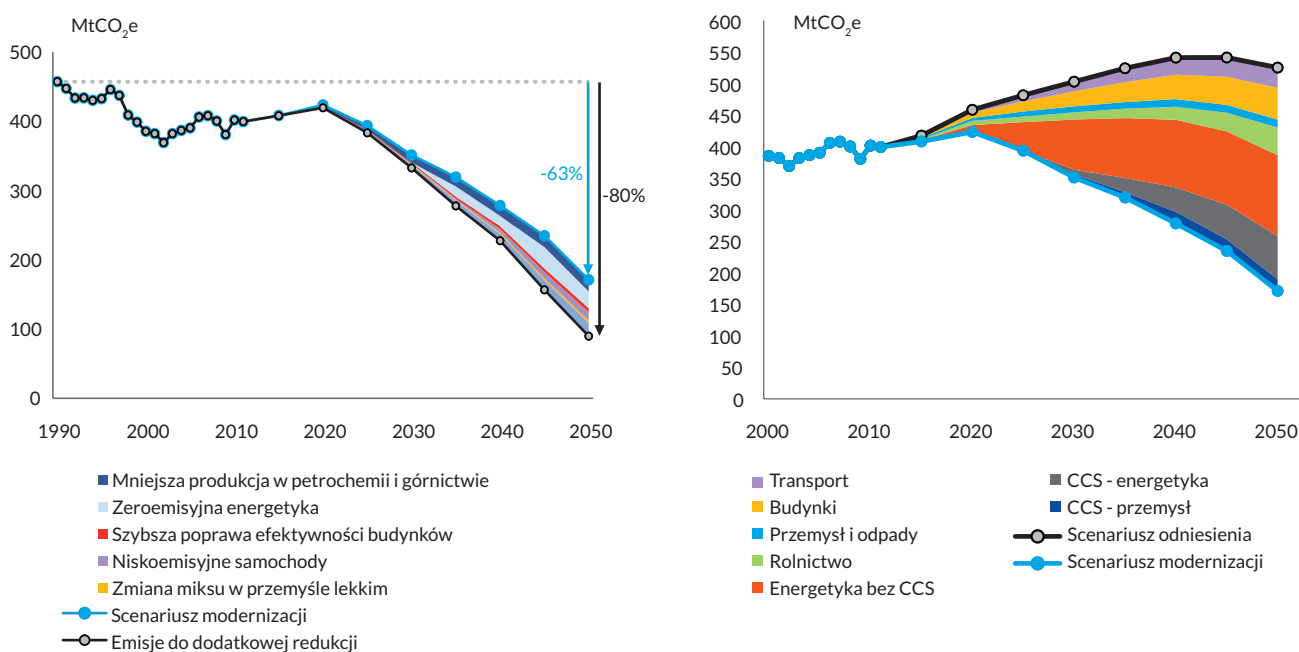
- *W perspektywie roku 2050 zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o ponad połowę w stosunku do roku 1990 jest nie tylko możliwe, ale i nie wymaga uciekania się do kosztownych technologii CCS*
- *Kluczem do tego celu będą działania korzystne dla kraju – poprawa efektywności energetycznej oraz dywersyfikacja energetyki z dużym udziałem źródeł rozproszonych,*
- *Zastosowanie technologii CCS zwiększa potencjał redukcyjny do ponad 60%*
- *Osiągnięcie 80% redukcji wymagałoby szybkiego rozwoju tanich, niskoemisyjnych technologii energetycznych pozwalających na głęboką zmianę miksu energetycznego*

Emisje w Polsce w scenariuszu modernizacji są znacznie niższe zarówno względem scenariusza odniesienia, jak i roku 1990 r.

	2010	2020	2030	2040	2050
	<i>MtCO<sub>2</sub>e</i>				
Scenariusz odniesienia	402	458	503	541	525
Scenariusz modernizacji	402	423	351	278	171
Scenariusz modernizacji bez CCS	402	423	360	312	206
	<i>Redukcja względem 1990 r., proc.</i>				
Scenariusz odniesienia	12%	0%	-10%	-18%	-15%
Scenariusz modernizacji	12%	7%	23%	39%	63%
Scenariusz modernizacji bez CCS	12%	8%	21%	32%	55%

Źródło: Opracowanie własne

Emisje gazów cieplarnianych mogłyby spaść o 55% bez uciekania się do technologii drogich (CCS) lub jeszcze słabo poznanych. Osiągnięcie celu 80% redukcji emisji względem 1990 r. będzie dużo trudniejsze, jednak zapewne możliwe przy korzystnych zmianach technologicznych i dodatkowych działaniach



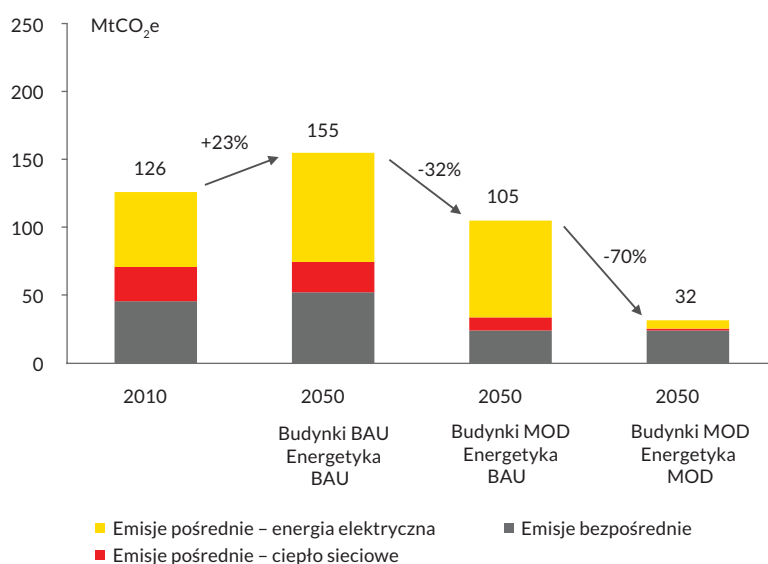
Uwaga: Ścieżka redukcyjna dla scenariusza energetycznego „Pełna dywersyfikacja”

Źródło: Opracowanie własne

Uwaga: Ścieżka redukcyjna dla scenariusza energetycznego „Pełna dywersyfikacja”

Źródło: Opracowanie własne

Modernizacja w energetyce i budynkach będą się wzajemnie wspierać na drodze do redukcji emisji dwutlenku węgla



Źródło: Opracowanie własne

Więcej o korzyściach środowiskowych modernizacji w Części IV

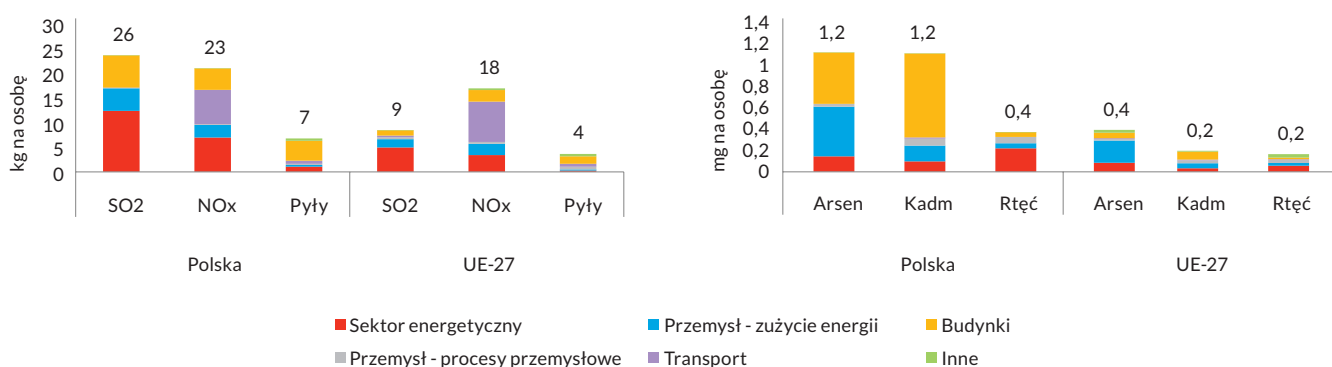
## Niskoemisyjna gospodarka przyniesie duże korzyści zdrowotne mieszkańcom Polski

Dywersyfikacja miks energetyczny oraz poprawa efektywności energetycznej pozwala na zmniejszenie koncentracji substancji wyrządzających bezpośrednią szkodę ludzkiemu zdrowiu. Porównanie emisji zanieczyszczeń przypadających na mieszkańca w Polsce i UE-27, wykazuje, że ich wyższe wartości w naszym kraju wynikają przede wszystkim z kompozycji paliwowej naszej energetyki oraz tzw. „niskich emisji” odnotowywanych w gospodarstwach domowych. W obu wypadkach związane to jest z wysokim wykorzystaniem węgla w celach energetycznych. Kluczowe obszary potencjalnego obniżenia emisji gazów cieplarnianych – energetyka, budynki i transport – pokrywają się więc z największymi źródłami szkodliwych dla zdrowia i kosztownych dla gospodarki zanieczyszczeń. Realizacja programu niskoemisyjnej modernizacji prowadzi wprost do istotnego ograniczenia oddziaływania szkodliwych substancji pochodzących ze spalania paliw oraz procesów przemysłowych na zdrowie obywateli.

Największe korzyści zdrowotne przyniesie ograniczenie niskich emisji z ogrzewania budynków poprzez poprawę efektywności energetycznej oraz zmiany w miesie źródeł ogrzewania. Ze względu na już dokonane w przeszłości znaczne postępy w ograniczeniu emisji z silników samochodowych wpływ dalszej poprawy paliwochłonności nowych pojazdów na koszty zdrowotne jest relatywnie niski, odczuwalny głównie w dużych ośrodkach miejskich cechujących się znaczną kongestią. Łączny, skumulowany korzystny bilans podejmowanych działań na zdrowie obywateli wyrażony w jednostkach pieniężnych sięga w 2030 roku 24 mld euro, a w roku 2050 – ponad 93 mld euro, z czego 26 mld euro przypada na dywersyfikację w sektorze energetycznym, a niemal 56 mld euro – na ograniczenie niskich emisji z budynków mieszkalnych i niemieszkalnych. Wielkości te należy uznać za szacunki konserwatywne, ponieważ w scenariuszu odniesienia zakładane jest daleko idące zaostrzenie norm emisji szkodliwych substancji w energetyce węglowej. W razie braku nowych regulacji w tym zakresie, korzyści zdrowotne modernizacji energetyki wzrosną do 2050 roku do 2 mld euro rocznie i wyniosą w latach 2010-2050 łącznie 46 mld euro. Budowa efektywnej, racjonalnie korzystającej z zasobów naturalnych i niskoemisyjnej gospodarki może być więc skutecznym sposobem podnoszenia jakości życia Polaków.

- *Dużą część rachunku za energię Polacy płacą obecnie własnym zdrowiem*
- *Postawienie na niskoemisyjną modernizację przyniesie im wymierne korzyści zdrowotne*
- *Szczególnie korzystne będzie ograniczenie niskich emisji z budynków oraz dywersyfikacja źródeł wytwarzania energii*

Uzależnienie krajowej energetyki oraz ogrzewania budynków od węgla przekłada się na wysoki na tle innych państw europejskich poziom szkodliwych dla zdrowia zanieczyszczeń



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat

Więcej o korzyściach zdrowotnych modernizacji w Części IV

## Wnioski dla polityki publicznej

Działania niezbędne dla realizacji celów polityki klimatycznej w długim okresie przekładają się na rozwój Polski, przynoszą korzyści gospodarcze, ekologiczne, zdrowotne i społeczne. Z tego powodu, świadome i długotrwałe opieranie się transformacji niskoemisyjnej stwarza ryzyko zapóźnienia polskiej gospodarki względem liderów światowych. Podjęcie odważnych, systematycznych i skoordynowanych działań modernizacyjnych zawartych w uprzednio stworzonej strategii wydaje się być jedyną rozsądną drogą do utrzymania konkurencyjności na najbliższe dekady. Odpowiednio skonstruowana polityka klimatyczna ma szansę przeniknąć we wszystkie wymiary życia społeczno-gospodarczego i zbudować trwałe fundamenty nowoczesnej, ekologicznej, wysoko rozwiniętej Polski.

Obecnie w krajowej debacie publicznej o polityce klimatycznej dominuje sceptycyzm i podejście zachowawcze, poddające w wątpliwość możliwości realizacji przez Polskę ambitnych celów środowiskowych. Zapomina się jednak, że niskoemisyjna transformacja jest długookresową strategią, która przyczyni się do rozwoju kraju i przygotuje go do uczestnictwa w przyspieszającym wyścigu globalnej konkurencyjności. Choć Polska może w przyszłości pozostać krajem opierającym się działaniom niskoemisyjnym, wydaje się, że większe korzyści przynieść może dołączenie do państw wdrażających politykę klimatyczną. Współtworzenie jej kształtu może pomóc Polsce złagodzić negatywne skutki transformacji, rozłożyć działania w czasie oraz obrać ścieżkę modernizacji optymalną dla naszego kraju. Trzy podstawowe cele wspólne dla Unii Europejskiej i Polski, a więc: poprawa efektywności energetycznej i zasobowej, technologiczna modernizacja oraz bezpieczeństwo energetyczne, wydają się być dobrym punktem do wznowienia rozmów i otwarcia się na poszukiwanie wspólnych rozwiązań.

- *Polityka klimatyczna może i powinna być częścią szerszej polityki rozwojowej Polski*
- *Współtworzenie europejskiej polityki klimatycznej jest dla naszego kraju lepszym wyjściem niż jej blokowanie, pozwala bowiem lepiej dostosować jej kształt do potrzeb krajowych*
- *Kluczowym pytaniem nie powinno być więc pytanie o to czy angażować się w niskoemisyjną transformację ale o to jak ją ukształtować by przyniosła ona jak najwięcej korzyści gospodarczych, środowiskowych i społecznych Polsce i jej obywatelom*
- *W raporcie proponujemy szeroki pakiet działań, zawierający zarówno „twarde” (np. podatkowe), jak i „miękkie” (np. etykietowania czy kampanie promocyjne) propozycje działań wspomagających transformację (por. Część V)*

Więcej rekomendacji dla polskiej polityki klimatycznej w Części V





niskoemisyjna  
Polska 2050

# I. DYLEMATY MODERNIZACJI

Maciej Bukowski, Jan Gąska, Franciszek Jackl, Andrzej Kassenberg

## Wprowadzenie

Europa stoi obecnie przed wyzwaniem powrotu do szybkiego, a jednocześnie zrównoważonego wzrostu. Trwały rozwój – bo tak również można tłumaczyć pojęcie **sustainable development** – wymaga nie tylko solidnych fundamentów gospodarczych, lecz również społecznych oraz środowiskowych. Jaki system ekonomiczny może pogodzić te trzy wymiary? Czy stare recepty nadal są dobre, lecz musimy je wdrażać sprawniej, czy też należy szukać nowych rozwiązań? Czy z przeszłości można wyciągnąć konstruktywne wnioski, a dzisiejsze obserwacje uchylają nam okna do przyszłości, czy też błądzimy we mgle naszej niewiedzy, a to, w którą stronę pójdzie świat jest przed nami całkowicie ukryte? Chociaż nie da się udzielić jednoznacznej odpowiedzi na te pytania, w tym raporcie przyjmujemy pragmatycznie, że konstruując dokumenty o charakterze strategicznym, trzeba przede wszystkim wziąć pod uwagę najwyraźniejsze trendy o charakterze globalnym. Jednym z takich megatrendów jest szybki rozwój gospodarek jeszcze niedawno nazywanych rozwijającymi się, a dziś – rynkami wschodzącymi. Środek ciężkości w globalnym układzie sił przesuwa się w kierunku nowych – a raczej odradzających się – potęg takich jak Chiny czy Indie, rośnie też znaczenie krajów Ameryki Łacińskiej oraz kontynentu afrykańskiego. Do niedawna przebywające na skraju biedy, a dziś szybko bogacący się nowi globalni gracze zmieniają nie tylko sytuację geopolityczną, lecz również zwiększają problemy związane z zużyciem zasobów nieodnawialnych oraz rosnącą presją człowieka na środowisko.

Wyzwaniem dla nas – Europejczyków – staje się więc nie tylko bezpośrednia konkurencja rynkowa, ale również zaostrzające się wyzwania energetyczne i środowiskowe wywołane przez niezrównoważony model rozwoju wspólny zarówno dla państw rozwiniętych, jak i rozwijających się. W sytuacji rosnącej konkurencji o ograniczone zasoby naturalne państwa europejskie znajdują się w trudnej sytuacji. Wobec relatywnie słabej własnej bazy zasobowej Europa zmuszona jest sprowadzać duże ilości niezbędnych surowców z krajów trzecich. W przypadku niektórych surowców, w szczególności energetycznych, występuje znacząca niepewność dostaw z niestabilnych politycznie rejonów świata. Stwarza to poważne i ciągle rosnące ryzyko zawirowań gospodarczych spowodowanych wahaniami cen surowców energetycznych. Jednocześnie coraz wyraźniej ujawniają się w skali globalnej problemy środowiskowe związane z naruszeniem przez działalność człowieka równowagi biologicznej planety. Problemem przy tym jest często nie tylko skala zmian, lecz także, niespotykane w historii Ziemi, tempo ich zachodzenia.

Jednym z największych współczesnych problemów środowiskowych jest wywołane przez Człowieka radykalne przyspieszenie zmian ziemskiego klimatu. Chociaż jego negatywne skutki dotykają dziś i będą dotykać w przyszłości przede wszystkim krajów rozwijających się, również państwa rozwinięte są na nie narażone – zarówno w sposób bezpośredni, jak i pośrednio. Obecne stulecie z dużym prawdopodobieństwem będzie więc czasem wzrastającej konkurencji o ograniczone zasoby naturalne oraz narastających problemów środowiskowych destabilizujących ład międzynarodowy. W tym kontekście w interesie Europy – w tym również Polski – leżą działania, które pozwolą ograniczyć zależność surowcową oraz zapobiec eskalacji problemów

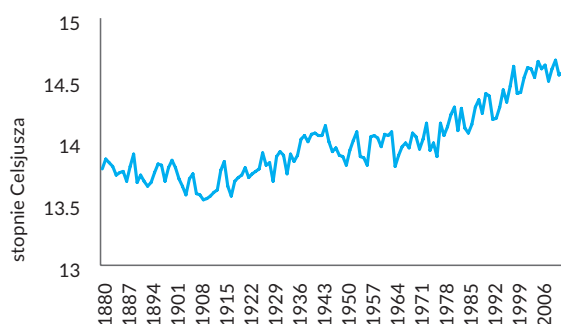
środowiskowych do rozmiarów mogących zagrozić mieszkańcom kontynentu oraz stabilności jego otoczenia. W przypadku Polski dodatkowym wyzwaniem jest utrzymanie tempa wzrostu gospodarczego pozwalającego na dalsze skracanie dystansu w poziomie życia dzielącego nas od państw najwyżej rozwiniętych. Niniejszy raport został poświęcony możliwym sposobom pogodzenia wyzwań środowiskowych, społecznych i gospodarczych w spójnej strategii modernizacyjnej, zgodnie z którą Polska AD 2050 odróżniałaby się od swojej poprzedniczki sprzed czterech dekad nie tylko poziomem czysto monetarnego bogactwa, lecz także efektywnością wykorzystania zasobów i wpływem wywieranym na swoje zewnętrzne otoczenie.

## Ramka I.1. Zmiany klimatu jako problem globalny

Ponieważ globalny system klimatyczny cechuje się znaczną bezwładnością, dwutlenek węgla, który na skutek czynników antropogenicznych już wprowadzony został do atmosfery, będzie jeszcze przez długi czas wzmacniał efekt cieplarniany. Globalne ocieplenie rzędu 0,4°C w ciągu najbliższych 20 lat jest więc przesądzone, ale jego wielkość w następnych dekadach można ograniczyć poprzez podjętą odpowiednio wcześniej redukcję emisji gazów cieplarnianych (GHG). Pozwoliłoby to na uniknięcie wystąpienia niektórych niekorzystnych konsekwencji zmian klimatu, osłabienie ich, lub opóźnienie.

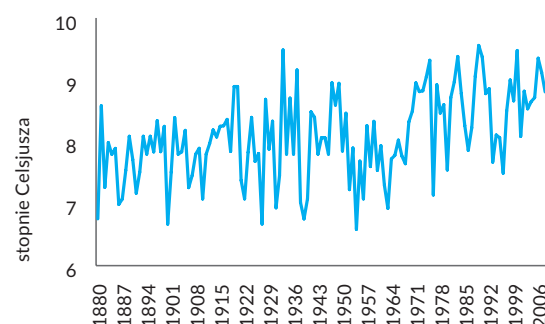
Bez skutecznego przeciwdziałania zmianom klimatu, najbardziej prawdopodobny zakres ocieplenia globalnego w horyzoncie roku 2100 dla różnych scenariuszy rozwoju gospodarczego i emisji, wynosi od 1,8 do 4,0°C w porównaniu z okresem 1980–1999 (czyli od 2,3 do 4,5°C w porównaniu z okresem preindustrialnym). Według najmniej korzystnego scenariusza (szybki rozwój gospodarki światowej, głównie w oparciu o paliwa kopalne) temperatura globalna do końca wieku może wzrosnąć w zakresie od 2,4 do 6,4°C. Prawdopodobieństwo dotkliwych konsekwencji zmian klimatu rośnie wraz ze wzrostem szybkości i amplitudy zmian. Ocenia się, że przy większym ociepleniu straty przeważałyby nad korzyściami, osiągając poziom rzędu 5% produktu globalnego, a przy uwzględnieniu mniej prawdopodobnych scenariuszy – nawet kilkakrotnie więcej. Skutki te będą najmocniej odczuwalne w krajach rozwijających się.

Wykres I.1. Średnie temperatury globalne; 1880-2010



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych NASA GISS

Wykres I.2. Średnie temperatury w Polsce; 1880-2008



Opracowanie własne na podstawie danych Lorenc (2011) i ICM UW (2012)

Pośród obszarów „podwyższonego ryzyka”, dla których zmiana klimatu jest szczególnie niebezpieczna, są wrażliwe ekosystemy (lądowe: górskie i arktyczne, oceaniczne - w tym rafy koralowe, i nadmorskie); zasoby wodne na obszarach suchych i półsuchych (np. basen Morza Śródziemnego); rolnictwo w niskich szerokościach geograficznych (z powodu gorąca i braku wody); i zdrowie ludzkie na obszarach o niskim potencjale adaptacji. Regionami najbardziej zagrożonymi są: Afryka (z racji niskiej zdolności do adaptacji i prognozy silnych i niekorzystnych zmian klimatu), nisko położone obszary nadmorskie i wyspy (z powodu ekspozycji ludności i infrastruktury; oraz wrażliwości na wzrost poziomu morza i powodzie sztormowe), oraz delty wielkich rzek w Azji i Afryce (z uwagi na wielkie populacje ludzkie, wzrost poziomu morza i powodzie rzeczne).

Tendencje do wzrostu poziomu mórz i do kurczenia się kriosfery w coraz cieplejszym klimacie będą się nasilać. Na koniec XXI wieku przewiduje się wzrost poziomu morza o 18-59 cm powyżej poziomu z lat 1980-1999, choć część ekspertów bierze pod uwagę możliwość radykalnego przyspieszenia topnienia lądolodów Grenlandii i Antarktydy, i znacznie większy wzrost poziomu mórz. Roztopienie tylko czwartej części lądolodów Grenlandii spowodowałoby zatopienie znacznej części gęsto zaludnionego Bangladeszu. Zagrożeniem jest także wzrost częstotliwości występowania trzech kategorii problemów wodnych: niedobór nadmiar lub - zanieczyszczenia, a także ich dotkliwości w zmieniającym się klimacie. W cieplejszym świecie ekstrema hydrologiczne – susze i powodzie - mogą być coraz silniejsze i coraz częstsze.

Polska nie musi być wielkim przegranym przy niekontrolowanym ociepleniu. Projekcje zmian klimatu na obszarze naszego kraju wskazują jednak, że istnieją poważne zagrożenia falami upałów, intensywnymi opadami, powodzią i osuwiskami, suszami w sezonie wegetacyjnym, silnymi wiatrami, rozwojem patogenów związanym z ociepleniem, i wzrostem poziomu morza. Można dostrzec i korzystne zjawiska – wyższa temperatura wody w morzu i w jeziorach sprzyjająca kąpielom, mniejsza śmiertelność zimą, i mniejsze zużycie opału na ogrzewanie pomieszczeń. W ramach światowej emigracji klimatycznej napłyną do Polski uchodźcy z obszarów, gdzie warunki życia znacząco się pogorszą.

Autor: Prof. dr hab. Zbigniew Kundzewicz, Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN. Koordynator i autor prowadzący publikacji Międzyrządowego Panelu ds. Zmian Klimatu

# 1 PUŁAPKA ŚREDNIEGO DOCHODU

## ▲ – POLSKIE WYZWANIA ROZWOJOWE DO ROKU 2050

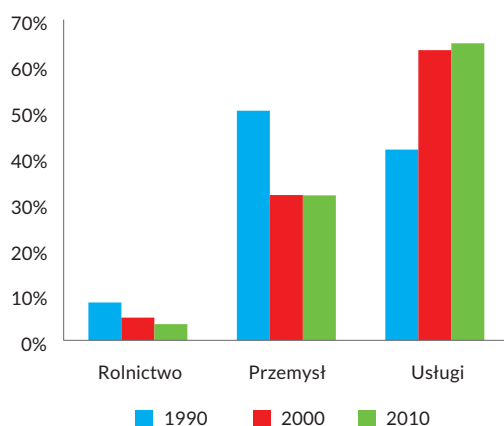
Ostatnie dwudziestolecie upłynęło w Polsce pod znakiem głębokich przeobrażeń gospodarczych – tak ilościowych, jak i strukturalnych. Produktywność pracy i wynagrodzenia podwoiły się, a produkt *per capita* przekroczył 21tys USD – poziom niewiele ustępujący najmniej rozwiniętemu krajowi Europy Zachodniej – Portugalii. Znacząco zmieniła się także struktura sektorowa: udział rolnictwa w tworzeniu wartości dodanej spadł niemal trzykrotnie do ok. 3,2% PKB, a przemysł, odpowiadający niegdyś za połowę polskiego PKB, stracił na znaczeniu na rzecz dynamicznie rosnącego sektora usługowego. W odróżnieniu od rolnictwa, którego znaczenie dla gospodarki systematycznie maleje, charakterystyczna dla lat 1990. szybka dezindustrializacja w kolejnej dekadzie zatrzymała się, dzięki czemu przemysł pozostał w Polsce znaczącym źródłem tworzenia wartości dodanej (30%) i miejsc pracy (29%). Pod tym względem dzisiejszy profil polskiej gospodarki przypomina raczej Niemcy i Koreę Południową, niż USA czy Wielką Brytanię. Dotyczy to także intensywnej wymiany handlowej z zagranicą: obroty handlu zagranicznego, które w 1990 roku nie przekraczały 45% PKB dziś są niemal dwukrotnie wyższe, a eksport, niegdyś zdominowany przez artykuły spożywcze, surowce i inne niskoprzetworzone towary, dziś opiera się o średniozaawansowaną produkcję przemysłową (por. Wykres I.4).

Przemysłowa orientacja polskiej gospodarki i relatywnie duże zatrudnienie w rolnictwie (13% ogółu pracujących) powodują, że,

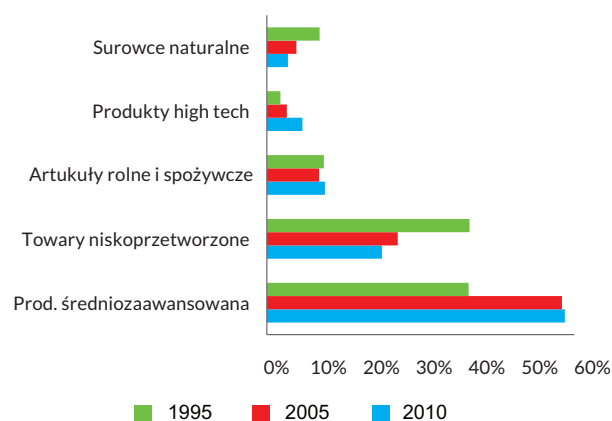
mimo ekspansji w latach 1990-2010, sektor usług jest w Polsce nadal nie w pełni rozwinięty. Świadczy o tym nie tylko jego mniejszy udział w tworzeniu wartości dodanej (66% wobec ok. 70% w Niemczech i 77% USA) lecz także dominacja usług prostych – transportu, handlu, gastronomii – a relatywny niedorozwój usług dostarczających wyższej wartości dodanej – bankowości, finansów, usług dla biznesu (por. Mapa I.1). Podobną specyfiką wyróżnia się polski przemysł, skoncentrowany wokół produkcji nisko i średnio przetworzonej – meblarskiej, spożywczej, AGD – w której kluczową przewagą konkurencyjną są relatywnie niskie, w skali europejskiej, koszty pracy. Restrukturyzacja przemysłu w kierunku produkcji high tech zachodzi stosunkowo powoli. Dziś wyroby tego rodzaju odpowiadają za 6,2% eksportu, w czym Polska przypomina raczej Hiszpanię niż Koreę Południową z czasów, gdy kraje te zajmowały podobną pozycję rozwojową do dzisiejszej Polski.

Kraje znajdujące się na różnych etapach rozwoju, odróżniają się od siebie nie tylko strukturą produkcji ale i stanem infrastruktury, jakością regulacji, poziomem innowacyjności oraz znaczeniem kwestii środowiskowych w hierarchii wartości społecznych. Różnice te w syntetyczny sposób przedstawia Tabela I.1. W chwili obecnej Polska znajduje się na granicy między małą innowacyjną, wykazującą szereg luk infrastrukturalnych i instytucjonalnych **gospodarką uprzemysłowioną** (etap III), a zdolną do uczenia się, kreatywną, wysoko rozwiniętą **gospodarką**

Wykres I.3. Struktura polskiej produkcji; 1990-2010

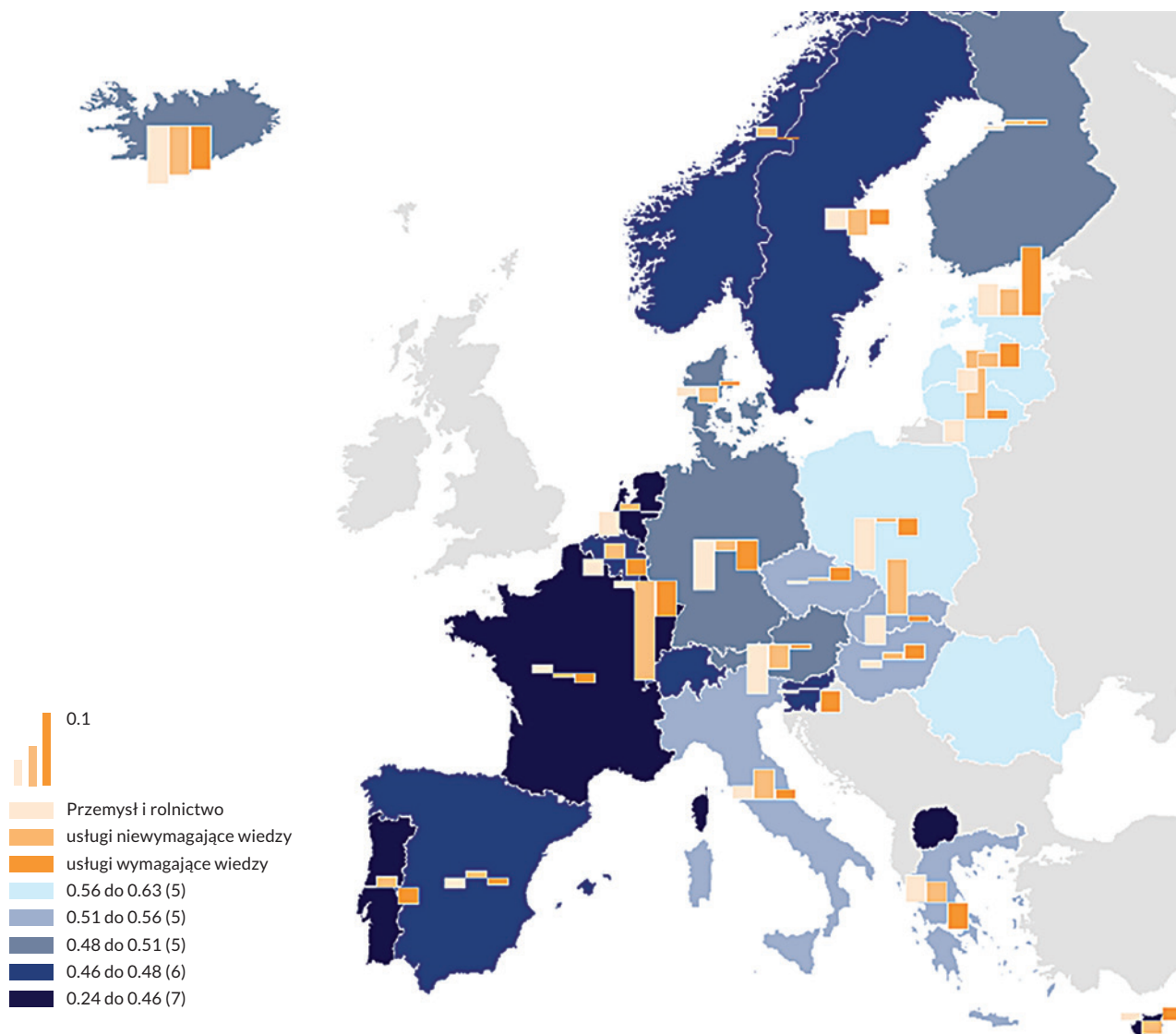


Wykres I.4. Struktura polskiego eksportu; 1990-2010



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS 2011

Mapa I.1. Udział usług niewymagających wiedzy w wartości dodanej usług ogółem (kolor powierzchni) i zmiana udziału wynagrodzeń w produkcji w sektorach (słupki)



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat

**usługowo-przemysłową** (etap IV rozwoju). Od Stanów Zjednoczonych, Australii, Korei Południowej czy krajów Europy Północnej, Polskę odróżnia przede wszystkim wyraźnie gorszy

**Polska znajduje się dziś na granicy między gospodarką średnio - a wysokorozwiniętą. Awansowanie do światowej czołówki wymagać będzie zmiany dotychczasowego modelu rozwoju.**

stan infrastruktury, niska ranga innowacyjności w agendzie publicznej, niedostateczna jakość regulacji i instytucji publicznych oraz niedocenywanie jakości środowiska naturalnego jako czynnika rozwoju. Z pozoru może się wydawać, że awansowanie z grona krajów średnio rozwiniętych do grupy światowych liderów jest jedynie kwestią czasu,

a na dołączenie do nich Polska potrzebuje tylko korzystnych uwarunkowań zewnętrznych. Historia gospodarcza wskazuje

jednak, że to z pozoru proste zadanie okazuje się być dla wielu państw zbyt trudne. O ile bowiem przekształcenie państwa rolniczego w gospodarkę przemysłową, a później pogłębienie tego procesu poprzez budowę średniozaawansowanej gospodarki przemysłowo-usługowej (etapy II i III z Tabeli I.1) wymaga przede wszystkim wykorzystania prostych rezerw rozwojowych – akumulacji kapitału, poprawy wykształcenia obywateli, importu technologii z zagranicy, wyeliminowania podstawowych nieefektywności w korzystaniu z zasobów naturalnych – to już dogonienie krajów najbogatszych nie jest możliwe bez zastąpienia czysto imitacyjnego modelu rozwoju modelem kreatywnym. Kopiowanie sprawdzonych rozwiązań od światowej czołówki staje się bowiem tym trudniejsze, im bliżej niej znajduje się dany kraj.

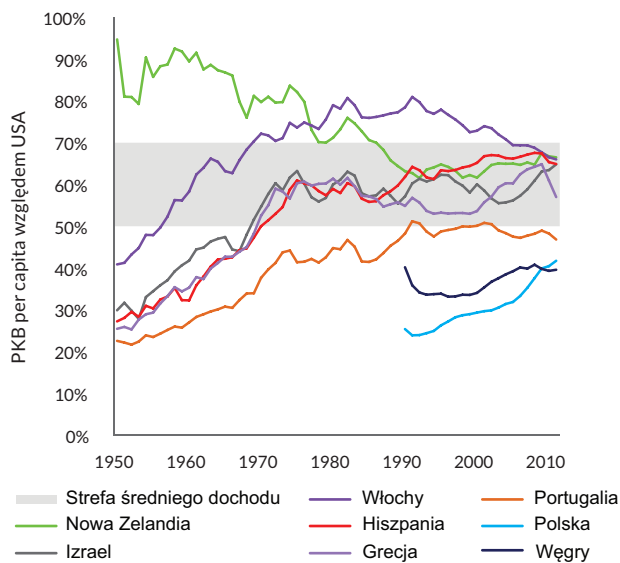
Tabela I.1. Pięć etapów rozwoju krajów na przełomie XX/XXI wieku

	ETAP I GOSPODARKA ROLNICZA	ETAP II I FALA UPRZEMYSŁOWIENIA	ETAP III II FALA UPRZEMYSŁOWIENIA
Rolnictwo	Nisko produktywna produkcja, niska mechanizacja, udział w PKB na poziomie 80%.	Mniejsze znaczenie rolnictwa (ok. 30-50% PKB), migracje rolników ze wsi do miast, do nowotworzonych fabryk.	Ciąg dalszy spadku znaczenia rolnictwa (5-15% PKB), początek znaczących przemian, rosnąca mechanizacja rolnictwa (ciągniki, kombajny), agrotechnika.
Przemysł	Brak zorganizowanego przemysłu, manufaktury.	Pierwszy etap mechanizacji, duży udział prac ręcznych -przemysł nie wymaga wykwalifikowanej siły roboczej.	Zwrot w kierunku gałęzi przemysłu charakteryzujących się wyższą wartością dodaną, np. produkcja maszyn i urządzeń, sprzętu AGD i RTV, samochodów.
Usługi	Dominują proste usługi i handel.	Usługi są wciąż ograniczoną gałęzią gospodarki, udział rolnictwa maleje na rzecz rodzącego się przemysłu.	Rozwój usług o coraz większym poziomie złożoności, nie tylko handlu i napraw, lecz również różnego typu usług wsparcia dla biznesu, finansów. Napływający offshoring usług, korzystający z taniej siły roboczej.
Regulacje	Mierna jakość regulacji, duża skala korupcji, klientelizmu, nepotyzmu.	Rządy prawa zyskują na znaczeniu, jakość regulacji jest nadal niska ale poprawia się względem Etapu I, niskie podatki stymulują inwestycje.	Znaczny wzrost rangi dobrego otoczenia instytucjonalnego dla gospodarczego sukcesu, częsty brak systemowej zdolności do kompleksowych reform ogranicza możliwości dalszego rozwoju.
Infrastruktura	Brak podstawowej infrastruktury.	Szybki rozwój infrastruktury, często jednak chaotyczny i bez zorganizowanego planu.	Dalszy rozwój infrastruktury, lecz w bardziej zorganizowany i głębiej przemyślany sposób. Eliminowanie wąskich gardeł infrastrukturalnych.. Infrastruktura społeczna.
Innowacje	Innowacje rzadkie, przypadkowe, finansowane ze środków prywatnych. Wolne rozprzestrzenianie się wynalazków.	Wzrost produktywności następuje głównie przez imitację rozwiązań z zagranicy, podwykonawstwo i lokalną propagację idei.	Głównym źródłem innowacji jest imitacja, w szczególności BIZ i know-how spółek matek. Pierwsze przymiarki do budowania własnego potencjału innowacyjności. Częste niedoinwestowanie B+R z kieszeni publicznej i prywatnej.
Środowisko	Wypieranie lasów przez tereny rolne i pastwiska, stopień eksploatacji zależny od liczby ludności i gęstości populacji.	Ignorowanie wpływu przemysłu na środowisko prowadzi do gwałtownego wzrostu zanieczyszczeń i obniżenia jakości życia.	Dostrzeżenie, że czyste środowisko wpływa na jakość życia, wdrażanie regulacji mających je chronić. Szczytowy punkt środowiskowej krzywej Kuzneta.
1990	Kraje afrykańskie, Myanmar, Laos, Wietnam	Chiny, Indie	Irlandia, Finlandia, Hiszpania
Kraje 2010	Etiopia, Liberia, Sierra Leone itp.	Myanmar, Wietnam, Laos, Bangladesz	Chiny, Polska

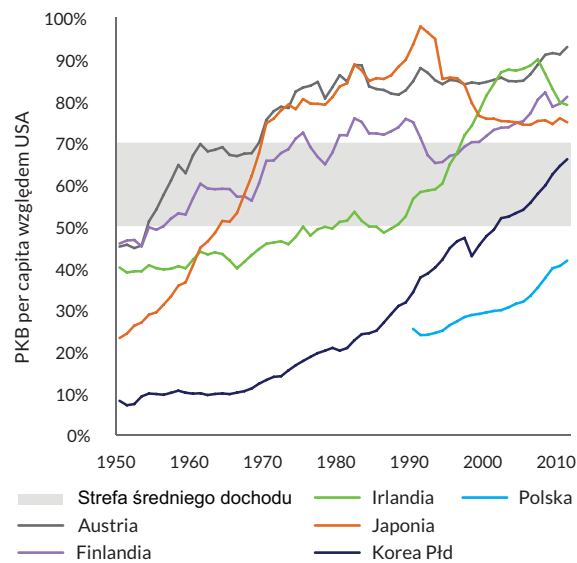
Źródło: Opracowanie własne

	ETAP IV INNOWACJE I NOWOCZESNE USŁUGI	ETAP V LIDERZY NOWOCZESNYCH TECHNOLOGII
PUŁAPKA ŚREDNIEGO DOCHODU	Wysokorozwinięte, zmechanizowane rolnictwo tworzy 2-3% wartości dodanej., wykorzystuje mechanizację i wysokoefektywną agrotechnikę.	Wysoko produktywne, zmechanizowane rolnictwo o niewielkiej pracochłonności, czerpiące z najnowszych osiągnięć badawczych w tym. biotechnologii.
	Przemysł wymagający wykwalifikowanej siły roboczej, np. przemysł farmaceutyczny, precyzyjny, optyczny, chemiczny. Oddziaływanie na środowisko jest minimalizowane.	Reshoring przemysłu, wysoko zautomatyzowane fabryki, w których faza produkcji niemal nie wymaga pracy człowieka. Fabryki w pobliżu rynków zbytu i uniwersytetów, będących źródłem innowacji.
	Najwyższej jakości usługi edukacyjne, zdrowotne, rozwinięte usługi wymagające wykwalifikowanej siły roboczej, np. informatyczne.	Mechanizacja prostych usług, szczególnie w takich sekcjach jak handel i naprawy czy transport, bardzo istotne znaczenie usług wymagających wiedzy, a także tych, których efektem są innowacje. Istotna rola nauki.
	Świadomość znaczenia jakości regulacji wśród polityków. Dążenie do nieustannej poprawy prawa, kraje plasują się w czołówce rankingów są atrakcyjne dla inwestorów.	Innowacyjność dotyka również sfery otoczenia instytucjonalnego, nowe rozwiązania prawne stanowią źródło inspiracji dla krajów na niższych etapach rozwoju.
	Dobrze rozwinięta, nowoczesna i właściwie utrzymana infrastruktura. Na znaczeniu zaczyna zyskiwać jej wymiar środowiskowy.	Nowoczesna infrastruktura, inkorporująca nowinki technologiczne nakierowana na zrównoważony rozwój. Ciągła poprawa jej jakości, wspierana przez innowacje.
	Duże zaangażowanie państwa w budowę potencjału innowacyjnego. Rozwinięty ekosystem innowacji (wsparcie państwa dla innowacji rośnie, dofinansowywanie i komercjalizacja wynalazków ze strony prywatnej).	Światowa czołówka naukowa i technologiczna, przyjazne otoczenie regulacyjne sprzyja szybkiemu wdrażaniu innowacji, wsparcie finansowe na wczesnych etapach rozwoju powoduje, że rodzi się wiele pomysłów, z których część zmienia gospodarkę.
	Rosnąca dbałość o środowisko naturalne, świadomość ograniczonych zasobów i konieczności zmniejszania oddziaływania człowieka na środowisko dla dalszego rozwoju.	Poprawa jakości środowiska jest naturalnym następstwem innowacyjności – postęp techniczny przyczynia się do zwiększenia efektywności, przez ograniczanie zużycia zasobów potrzebnych do zaspokojenia potrzeb.
	USA, Wielka Brytania, Niemcy, Holandia, Szwecja, Dania	-
	Czechy, Korea Południowa, Izrael, Irlandia, Finlandia, Polska 2030 (?)	USA, Wielka Brytania, Niemcy, Skandynawia 2020-2030? Polska 2050 (?)

Wykres I.5. Pułapka średniego dochodu i kraje, które w nią wpadły



Wykres I.6. Pułapka średniego dochodu i kraje, które ją przezwyciężyły



Źródło: Bukowski, Gąska i Śniegocki (2012)

Nic więc dziwnego, że proces nadganiań zapóźnień rozwojowych (konwergencja gospodarcza) dla wielu państw ustaje z chwilą osiągnięcia przez nie ok. 50-70% poziomu zamożności Stanów Zjednoczonych (por. Wykres I.5). Strefę tę nazywa się pułapką średniego dochodu. Krajom, które jak m.in. Grecja, Hiszpania czy Nowa Zelandia, ugrzęzły w niej na wiele lat, nie udało się wytworzyć impulsów wzrostowych zdolnych do nadania ich gospodarkom drugiego oddechu. Pozostały one relatywnie sprawnymi w skali świata „gospodarkami poddostawców”, których rozwój uzależniony jest od rozwoju silniejszych partnerów zagranicznych. Stało się tak przede wszystkim dlatego, że kraje

**Pułapka średniego dochodu dotknęła te kraje średnio rozwinięte, które nie zdołały się przygotować na czas, kiedy imitacyjny silnik ich rozwoju się zatrze. Przed zagrożeniem powtórzenia tego błędu stoi dziś Polska.**

te, po spożyciu wszystkich nisko wiszących owoców, nie zdołały wytworzyć mechanizmów umożliwiających im dorównania wyżej rozwiniętym państwom Europy i Ameryki Północnej. O ile więc do czasu osiągnięcia poziomu ok. 60% bogactwa USA wysoką dynamikę wzrostu zamożności zapewniała im poprawa alokacji zasobów dzięki bodźcom

rynkowym, stopniowe poszerzanie zasięgu edukacji publicznej na poziomie średnim i wyższym oraz wyróżnianie się na rynku międzynarodowym relatywnie niskimi kosztami pracy i specjalizacją w wyrobach o średniej wartości dodanej (AGD, przemysł stalowy, tradycyjny przemysł maszynowy itp), to po osiągnięciu tej granicy okazało się, że te tradycyjne recepty rozwojowe nie wystarczają.

Jednocześnie rządy, których czujność została uspijona w okresie dynamicznego wzrostu lat 1945-1975, okazały się bezradne, kiedy przyszło im tworzyć przyjazne ramy regulacyjne dla biznesu, finansować prace badawczo-rozwojowe światowej klasy uniwersytetów, wspierać elastyczność rynku pracy oraz budować

ekosystem wspierający innowacyjność firm. Dziś większość państw znajdujących się w strefie średniego dochodu nie potrafi przyspieszyć swojego wzrostu gospodarczego od niemal 40 lat, mimo tego, że poziom ich zamożności o około 40%-50% ustępuje zamożności USA, przez co także jakość życia odpowiada tej, jaką Amerykanie cieszyli się dwie, trzy dekady wcześniej. Nic więc dziwnego, że stanęły one przed pokusą, aby sfinansować wzrost poziomu życia poprzez zaciąganie długów zagranicznych, w nadziei że pobudzi to koniunkturę i ułatwi wyjście z pułapki niedorozwoju. W sytuacji braku reform strukturalnych zdolnych do zaadresowania wyzwań rozwojowych – nieefektywnych ram prawnych działalności gospodarczej, małych wydatków na innowacyjność i nieskutecznych regulacji rynków pracy, finansowego czy dóbr i usług (por. Ramka I.2) nadzieja ta okazała się złudna.

Tabela I.2 pozwala także wyobrazić sobie możliwe scenariusze rozwoju Polski do roku 2050. Według najbardziej optymistycznego, Polska mogłaby wkroczyć w IV etap rozwoju ok. 2020-2025 roku, i V – ok. 2035-2040. Globalizacja i stopniowe wyrównywanie się różnic pomiędzy krajami sprawiają, że tempo postępu technicznego w ostatnich latach gwałtownie przyspieszyło – dzięki temu możliwe jest przejście z trzeciego etapu rozwoju do piątego, relatywnie krótko znajdując się na czwartym. Taki scenariusz wymaga jednak wyciągnięcia wniosków z doświadczeń europejskiego Południa oraz podjęcia wysiłku modernizacyjnego umożliwiającego wykorzystanie wszystkich szans rozwojowych stojących przed Polską. W szczególności dotyczy to zainwestowania w rozwój innowacyjności, poprawy jakości stanowienia prawa, rozwiązań instytucjonalnych wspierających działalność przedsiębiorstw i ich międzynarodową konkurencyjność, a także wsparcia dla efektywnego wykorzystania zasobów pracy i energii na wzór krajów północnoeuropejskich. Jak bowiem widać w Tabeli I.2 to właśnie niska innowacyjność, słabe regulacje i niewykorzystany potencjał efektywnościowy są czynnikami, które odróżniają *in minus* kraje, które wpadły w pułapkę średniego dochodu od tych, które jej uniknęły.



## Ramka I.2. Pułapka średniego dochodu

Sformułowanie „pułapka średniego dochodu” określa się sytuację, w której dane państwo, po osiągnięciu dochodów per capita na poziomie 50-70% dochodów obserwowanych w Stanach Zjednoczonych, nie rozwija się już tak szybko jak dotąd, a relatywny dystans jego zamożności względem USA przestaje maleć. Hiszpania, czy Grecja wpadły w pułapkę w czasie kryzysów naftowych lat 1970. kiedy osiągnęły 66% PKB per capita USA a ich model rozwoju oparty o energochłonne branże produkcyjne stracił na aktualności. Ponieważ jednocześnie wytworzenie nowych, zdrowszych podstaw dalszego rozwoju okazało się wykraczać poza możliwości ich polityki publicznej, dynamika wzrostu gospodarczego osłabła, a konwergencja do Stanów Zjednoczonych i Europy północnej ustała. W przypadku Portugalii momentem wpadnięcia w pułapkę średniego dochodu był rok 1990, kiedy kraj ten osiągnął połowę zamożności USA. Także w tym wypadku wyczerpały się już możliwości łatwego podnoszenia produktywności przez urynkwienie gospodarki i zwiększony udział w wymianie handlowej z zagranicą, a kraj uległ pokusie zwiększenia konsumpcji kosztem zadłużenia zagranicznego.

### Słabości krajów znajdujących się w pułapce średniego dochodu na tle tych, które jej uniknęły

Tabela I.2. Wybrane wskaźniki dla krajów w pułapce średniego dochodu oraz tych, które ją ominięły

		Miejsce w rankingu Global Innovation Index 2012	Zatrudnienie w grupie wiekowej 15-64 (%), 2000-2010	Średnioroczna zmiana energochłonności gospodarki w latach 2000-2011 (w %)	Miejsce w rankingu Doing Business 2012
Ponad pułapką	Austria	22	70.7	-0.8	32
	Finlandia	4	69.5	-1.7	11
	Irlandia	9	67.1	-2.3	10
	Japonia	25	75.6	-1.7	20
	Korea Płd.	21	67.1	-2.3	8
W pułapce	Nowa Zelandia	13	75.2	-1.7	3
	Izrael	17	58.8	-0.5	34
	Włochy	36	57.8	-0.8	87
	Hiszpania	29	62.3	-1.3	44
	Grecja	66	60.5	-1.6	100
	Portugalia	35	72.2	-1.1	30
	Polska	44	56.2	-2.5	62
	Węgry	31	56.8	-1.9	51

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat, OECD, Banku Światowego i World Energy Council

Przyczyną spowolnienia wzrostu gospodarczego po osiągnięciu 2/3 poziomu rozwoju światowych liderów jest ujawnienie się słabości polityki publicznej w postaci instytucjonalnej niezdolności do wytworzenia nowoczesnych rozwiązań prawnych w sferach kluczowych dla biznesu: wymiaru sprawiedliwości, rynków kapitałowych, wymiany dóbr, prawa podatkowego czy rynku pracy, a także brak umiejętności zainwestowania większych środków publicznych w innowacyjność oraz wytworzenia instytucjonalnego systemu jej wspierania. Efektem jest nie tylko obniżenie dynamiki wzrostu produktywności do poziomów państw-liderów, mimo utrzymywania się znaczącej luki w jej poziomie, ale także niska odporność na zaburzenia makroekonomiczne, trudności z pozyskaniem zagranicznych inwestorów czy rosące zadłużenie gospodarstw domowych i państwa.

Źródło: Opracowanie własne

## 2 INNOWACJE, EFEKTYWNOŚĆ I REGULACJE ▲ – NOWE SILNIKI ROZWOJU DLA POLSKI W XXI WIEKU

Podstawowymi czynnikami produkcji są praca i kapitał. Wzrost ich nakładów jest, obok postępu technicznego oraz innowacji procesowych i organizacyjnych, główną przyczyną wzrostu gospodarczego. Zwiększenie zasobu kapitału wymaga aby wzrosły inwestycje krajowe albo zagraniczne. Wobec postępującej automatyzacji procesów przemysłowych, przedsiębiorstwa międzynarodowe coraz rzadziej kierują się jednak kryterium ceny pracy przy wyborze miejsca inwestycji. Zamiast tego, biorą pod uwagę inne czynniki decydujące o kosztach produkcji: korzystne regulacje, niskie podatki, sprawnie działające instytucje publiczne (np. wymiar sprawiedliwości), bliskość rynków zbytu, dostęp do infrastruktury o dobrej jakości czy kwalifikacje pracowników na lokalnym

**Przedłużające się prace nad ustawą o odnawialnych źródłach energii oraz innymi ustawami Trójpaku energetycznego są świadectwem ogólniejszego problemu Polski ze sprawnym tworzeniem przyjaznej legislacji**

rynku. Dla krajów pragnących przyciągać kapitał w branżach o najwyższej produktywności szczególnie ważna jest więc wysoka jakość, przejrzystość i stabilność stanowionego prawa. Przykładem polskich deficytów w tym obszarze mogą być losy ustaw wchodzących w skład tzw. Trójpaku energetycznego. Niemożność ich uchwalenia przez polski Parlament w ostatnich kilku latach skutecznie zablokowała dużą część inwestycji w elektroenergetyce, zarówno w obszarze energetyki klasycznej jak i odnawialnej – inwestorzy, nie wiedząc w jakiej rzeczywistości prawnej przyjdzie im funkcjonować w przyszłości, wstrzymują się bowiem z rozpoczęciem projektów, których ekonomiczna opłacalność wymaga uzyskania wieloletniej rentowności.

W nowoczesnym państwie, od kosztu pracy istotniejsza jest jej jakość i elastyczność, pojmowana jako zdolność do dostosowywania się do zmieniających warunków. W przypadku Polski, cechy te w nadchodzących dziesięcioleciach zyskają na znaczeniu w związku z postępującymi zmianami technologicznymi (automatyzacja procesów wytwórczych nie tylko w przemyśle ale i usługach) oraz demograficznymi (znaczący spadek liczby osób w wieku produkcyjnym do roku 2050). Wobec kurczenia się zasobów pracy, utrzymanie wysokiej dynamiki wzrostu produktu *per capita* wymaga zwiększenia poziomu aktywności zawodowej osób w wieku roboczym, przy jednocześnie silniejszym nacisku na ich umiejętności zawodowe i komplementarność z kapitałem,

w tym zwłaszcza z nowo powstającymi technologiami gospodarki cyfrowej. Dotyczy to wszystkich grup aktywnych na rynku pracy, w tym tych, które tradycyjnie rzecz biorąc znajdowały się na jego obrzeżach – a więc najmłodszych i najstarszych grup ludności w wieku roboczym i kobiet. Myśląc o polskim rynku pracy w przyszłości, trzeba pamiętać, że inwestycje, które stanowią szansę dla rozwoju nowoczesnego przemysłu i usług, nie będą tworzyły wielu miejsc pracy dla osób nisko i średnio wykwalifikowanych, choć jednocześnie wciąż będą poszukiwały pracowników zdolnych do pracy w twórczym środowisku, w sposób wnoszący wartość dodaną do bardziej rutynowych zadań wykonywanych przez algorytmy komputerowe i roboty przemysłowe. Zjawisko to już dziś możemy obserwować w gospodarkach wysokorozwiniętych – coraz więcej czynności może być wykonywanych przez maszyny, co powoduje, że spada znaczenie pracy prostej jako czynnika produkcji, a rośnie rola kapitału i pracy wysokokwalifikowanej.

Znajduje to odbicie zarówno w liczbie zatrudnionych w różnego rodzaju branżach jak i w różnicach w poziomie wynagrodzeń. Wykresy I.9-I.10 pokazują zmiany udziału płac w produkcji dla dwóch podsektorów w ramach usług – usług profesjonalnych, naukowych i technicznych oraz handlu i napraw.

**Dominacja polskiego sektora usług przez branże o niskiej wartości dodanej może w przyszłości stać się hamulcem rozwoju. Przełamanie tej bariery wymagać będzie stworzenia warunków dla usług o wyższym potencjale wzrostu, takich jak B+R.**

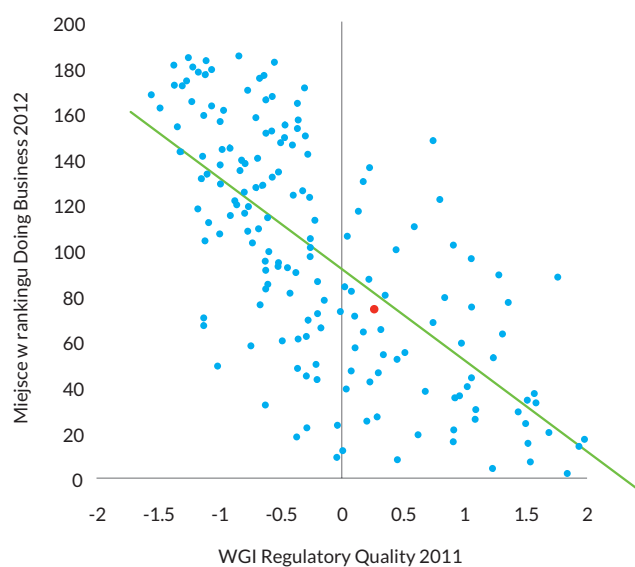
O ile w pierwszym przypadku udział ten w krajach Zachodniej Europy od 1995 roku stale rośnie, o tyle dla działalności handlowej – spada. Oznacza to, że wykształceni pracownicy odgrywają coraz większą rolę w sektorze usług profesjonalnych i mogą żądać wyższych wynagrodzeń za swoją pracę. Z kolei w sektorze handlu i napraw widoczna jest tendencja do automatyzacji produkcji przekładająca się na spadek udziału wynagrodzeń w produkcji. Spostrzeżenia te dodatkowo wzmacnia Mapa I.1, pokazująca z jednej strony znaczenie usług wymagających wysokich umiejętności w usługach ogółem, a z drugiej obrazująca zmiany udziału pracy w produkcji w usługach wymagających wysokich kompetencji i specjalistycznej wiedzy (ang. *knowledge-intensive services*).

Nie jest szczególnym zaskoczeniem, że w Polsce usługi te mają niewielki udział w strukturze produkcji – dość powiedzieć, że

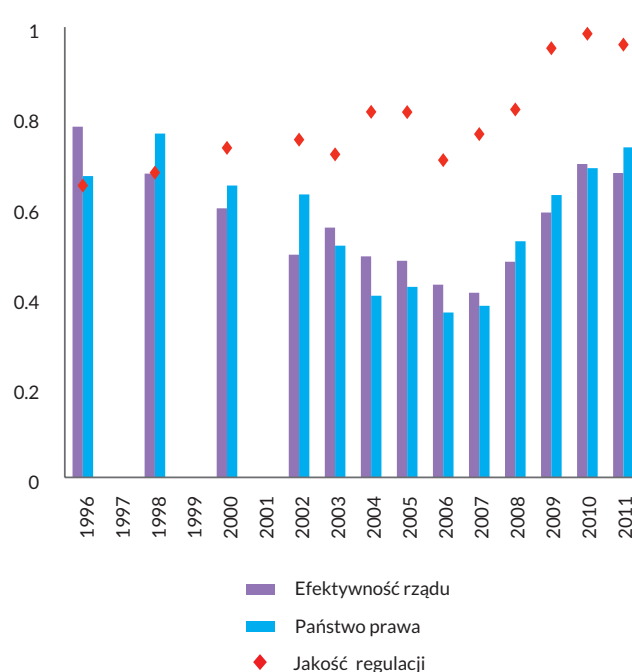
### Ramka I.3. Jakość stanowienia prawa w Polsce – sztuczny problem czy realna bariera?

Koncepcja jakości prawa jest stosunkowo trudna do skwantyfikowania. Raporty Banku Światowego z serii Doing Business przy badaniu jakości regulacji starają się mierzyć czas, liczbę procedur i koszt potrzebny do dokonania określonych czynności prawnych, uwzględniając m.in. takie obszary, jak zakładanie i rejestracja nowego biznesu, uzyskiwanie pozwoleń na budowę, czy system podatkowy. Nieco inne podejście zastosowano przy budowie miernika Worldwide Governance Indicator. Badanie to jest kompilacją danych o instytucjach dostarczanych przez ponad 30 różnego rodzaju organizacji międzynarodowych. Informacje te są z jednej strony wynikiem subiektywnych percepcji mieszkańców, urzędników czy przedsiębiorstw w poszczególnych krajach, a z drugiej odzwierciedlają poglądy organizacji międzynarodowych i ekspertów zajmujących się danym zjawiskiem. Skomplikowanie tego miernika jest często krytykowane, m.in. ze względu na dużą liczbę zaangażowanych w jego budowę organizacji implikującą brak porównywalności danych pomiędzy krajami czy brak przejrzystej metodologii.

**Wykres I.7.** Miejsce w rankingu Doing Business, a indeks jakości regulacji WGI Regulatory Quality. Wyróżniono Polskę.



**Wykres I.8.** Kształtowanie się wskaźników WGI w Polsce w latach 1996-2011



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych BŚ 2012 i WGI 2011

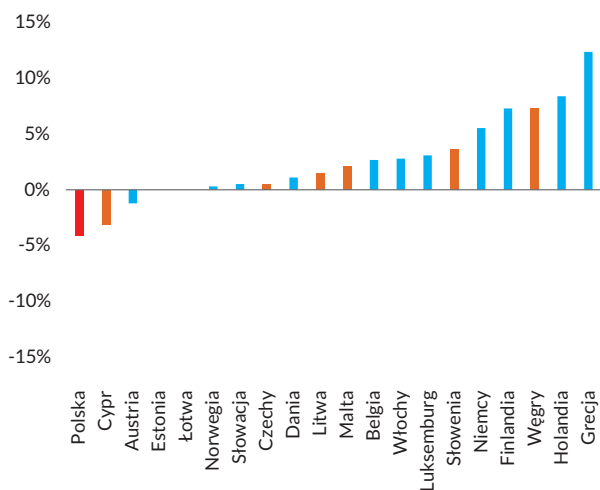
Wykres I.7 pokazuje, że obie próby mierzenia jakości regulacji dają podobne rezultaty. W tym kontekście niepokoi, że od 1996 roku, pomimo znacznego podniesienia się poziomu życia w Polsce, subiektywne postrzeganie jakości prawa w Polsce utrzymuje się na podobnym poziomie, niezależnie od analizowanej kategorii, ustępując jednocześnie bardzo wielu innym krajom świata. Szeroko rozumiana poprawa regulacji wydaje się więc być warunkiem koniecznym, bez którego uniknięcie pułapki średniego dochodu i dogonienie krajów rozwiniętych nie będzie możliwe.

Źródło: Opracowanie własne

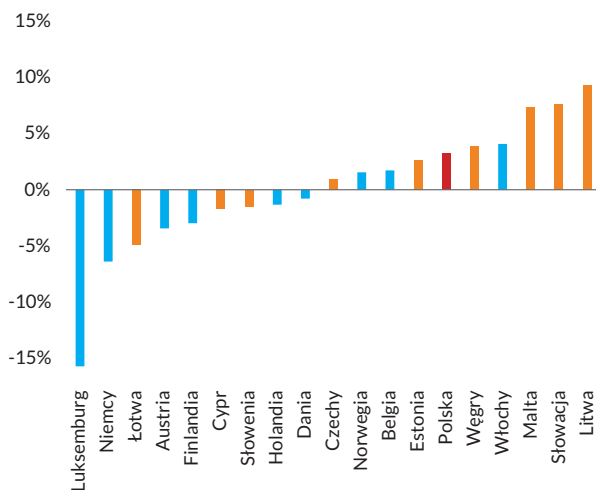
ekonomiczne znaczenie handlu i napraw jest w Polsce największe w Europie. Oznacza to, że nasz kraj wyspecjalizował się w usługach prostych, niewymagających wysokich kwalifikacji, w których potencjał dalszego wzrostu wydajności jest ograniczony. Ze względu na ich duży udział w PKB, może się to już niedługo stać dużą barierą rozwojową dla Polski. By tak się nie stało, konieczny jest rozwój tych gałęzi sektora usługowego, które tworzą znacznie wyższą wartość dodaną niż usługi proste. Miejsca pracy tego typu tworzy m.in. sektor badawczo-rozwojowy (B+R). To właśnie jego relatywne niedoinwestowanie identyfikowane jest jako jedna z przyczyn stagnacji wzrostu gospodarczego

w krajach europejskiego Południa. Przedsiębiorstwa polskie coraz częściej mają świadomość wagi innowacyjności dla swojego przyszłego rozwoju i chcą w ten cel inwestować. Wsparcie jakie otrzymują ze strony sektora publicznego jest jednak nieporównywalne z tym, jakie dociera do ich zagranicznych konkurentów. Dotyczy to zarówno wsparcia bezpośredniego, jak i pośredniego. W Polsce brak jest m.in. efektywnej ulgi podatkowej pozwalającej na dokonywanie znaczących odpisów tym podmiotom, które ryzykują, przeznaczając własne zasoby na prace B+R. Jednocześnie na innowacje z kieszeni publicznej przeznaczają się najmniej wśród krajów OECD, co znacząco zmniejsza wydajność

**Wykres I.9.** Zmiana relacji wynagrodzenia pracowników do produktu w sektorze usług profesjonalnych, naukowych i technicznych – różnica w latach 1995-2010 (w punktach procentowych)



**Wykres I.10.** Zmiana relacji wynagrodzenia pracowników do produktu w sektorze handlu i napraw – różnica w latach 1995-2010 (w punktach procentowych)



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat

Uwaga: Pomarańczowe słupki oznaczają kraje NMS10. Przedstawiono tylko te kraje, dla których dostępne dane obejmowały zarówno rok 1995, jak i 2010.

całego systemu wspierania innowacyjności. Programy specjalne, takie jak organizowany przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej oraz Narodowe Centrum Badań i Rozwoju program GEKON, wspierający działania z obszaru ekoinnowacyjności są niewątpliwie potrzebne, jednak ich efekt byłby większy, gdyby stanowiły one element składowy znacznie szerszego narodowego programu innowacji, obejmującego zarówno większe niż dziś finansowanie badań podstawowych, jak i instrumenty, które (jak GEKON) ułatwiają wdrażanie rodzących się w ten sposób pomysłów w życie.

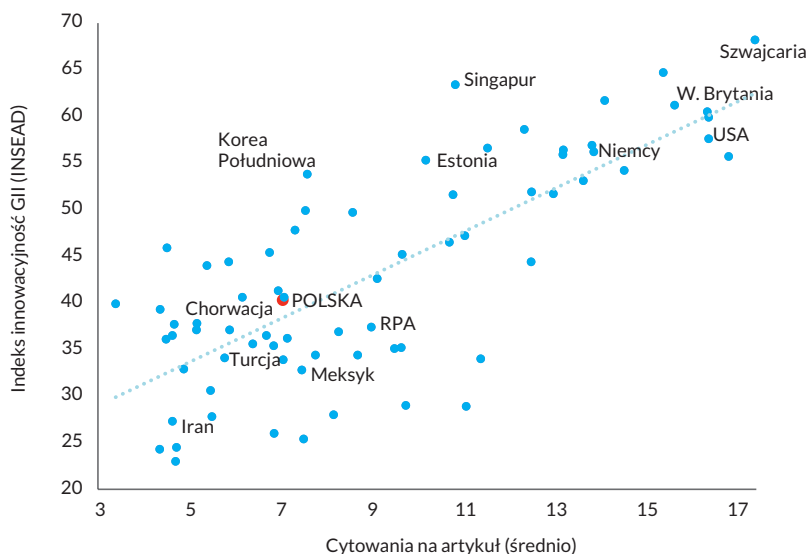
Rola rządu we wspieraniu innowacyjności jest dwojaka: po pierwsze finansowanie badań naukowych oraz silnych ośrodków je prowadzących (uniwersytetów, instytutów badawczych), a po drugie - tworzenie systemu zachęcającego przedsiębiorców do angażowania się w działalność B+R i ułatwiającego przekazywanie innowacyjnych idei i prototypów w realne produkty. Kraje mogące pochwalić się dużą liczbą naukowców i konkurencyjnych ośrodków naukowych prowadzących badania na światowym poziomie, wygrywają w globalnym wyścigu innowacyjnym. Dobitnie pokazuje to Wykres I.11 – choć części krajów (takich jak Singapur, Estonia czy Korea Południowa) udało się osiągnąć wysoki poziom innowacyjności przy nieco gorszym wskaźniku liczby cytowań na artykuł mierzącym jakość nauki, to są to raczej wyjątki potwierdzające regułę. Nie należy również zapominać, że obie miary zależą wprost od nakładów publicznych na badania i rozwój, które są wyższe w krajach bardziej innowacyjnych.

**Bez wsparcia publicznego w postaci wyższych nakładów na badania, ulg podatkowych dla biznesu i aktywnej polityki klastrowej, potencjał polskiej innowacyjności nie rozwinie się.**

Wysoki poziom badań naukowych jest koniecznym, lecz nie dostatecznym warunkiem innowacyjności. Równie ważny jest konkurencyjny system bodźców w nauce oraz silne powiązania pomiędzy nauką, a biznesem, kreujące innowacje i sprawiające, że dobre wyniki badań przekładają się na wzrost produktywności, a więc postęp techniczny. Najlepsze uniwersytety prowadzące badania na światowym poziomie stanowią pewną bazę dla regionów innowacji. Jak pokazujemy w ramce I.4, tego typu placówki stanowią źródło założycieli i pracowników nowoczesnych przedsiębiorstw. Ich biblioteki przyczyniają się do zwiększenia produktywności lokalnych firm, a wysoka jakość badań naukowych przyciąga najambitniejszych i najzdolniejszych studentów. Wokół nich w naturalny sposób tworzą się klastry – *Dolina Krzemowa* rozwinęła się dzięki uniwersytetom Stanforda i Berkeley. Niedostateczne wsparcie publiczne dla nauki w Polsce oraz krajach Europy Południowej jest podstawową przyczyną niedorozwoju tego typu placówek, a w konsekwencji ich niskiej innowacyjności. Bez znakomitych wyższych uczelni, regiony nowoczesnych technologii nie mają szans powstać, gdyż innowacyjne firmy mają tendencję do koncentracji na stosunkowo małych obszarach wokół tego typu ośrodków.

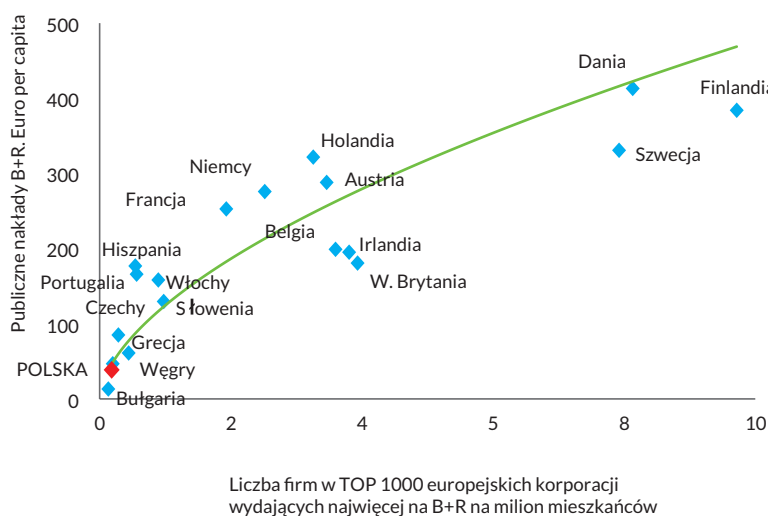
Niemal wszystkie przykłady regionów, w których wytworzyły i rozpowszechniły się nowoczesne usługi wskazują, że *poliska Dolina Krzemowa* nie wykształciła się sama z siebie, bez udziału państwa i wzrostu nakładów na naukę. Dowodzi tego historia amerykańskiego pierwowzoru. Początki *Doliny Krzemowej* związane są z rozwijaniem przez rząd Stanów Zjednoczonych technologii obronnych i powstaniem kilku spółek służących do rozwijania przemysłu zbrojeniowego, założonego przez naukowców wywodzących się z Uniwersytetu Stanforda. Badania te dały początek wielu wynalazkom i przedsiębiorstwom. Dzięki powstaniu instytucji prywatnych, inspirujących i finansujących innowacje, możliwe było stopniowe wycofywanie się instytucji

Wykres I.11. Indeks innowacyjności, a jakość badań naukowych



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Web of Knowledge Thomson Reuters; Global Innovation Index

Wykres I.12. Publiczne wydatki B+R a liczba korporacji-liderów B+R w krajach UE; 2010



Źródło: Bukowski, Szpor i Śniegocki (2012)

publicznych, choć państwo nadal pozostało obecne jako strona finansująca badania na uniwersytetach. Ich rolę w tworzeniu sieci innowacji przejęły wielkie korporacje, takie jak IBM czy Microsoft (por. Fleming i Frenken 2006) w latach dziewięćdziesiątych, a Google, Apple czy Facebook - obecnie. Późniejszy rozwój *Doliny Krzemowej*, jako światowego centrum innowacji jest efektem dodatniego sprzężenia zwrotnego – innowacyjne środowisko przyciąga najzdolniejszych ludzi, którzy wymyślają nowe wynalazki i tworzą otoczenie sprzyjające nowym ideom i pomysłom (Saxenian 1996). Do specyficznej kultury sprzyjającej innowacjom, dochodzą centra naukowe, prowadzące badania na światowym poziomie (Uniwersytet Stanforda i Berkeley),

wielkie spółki technologiczne, tworzące własne sieci innowacji i wspierające powiązania pomiędzy światem nauki i biznesu. Rozwojowi *Doliny Krzemowej* pomagają również rząd poprzez tworzenie sprzyjającego otoczenia instytucjonalnego i budowę infrastruktury o możliwie najwyższej jakości.

## Ramka I.4. Nowa Geografia Ekonomiczna – dlaczego innowacje są skoncentrowane w przestrzeni?

Innowacje w dużej mierze rozwijają się w regionach, przez klastry. Jest to związane przede wszystkim z ich charakterem i dodatnimi korzyściami skali – nowoczesne przedsiębiorstwa przyciągają kreatywne jednostki, których nagromadzenie w jednym miejscu skutkuje rozwojem nowych pomysłów i idei. Nowa geografia ekonomiczna, czyli prąd badań zajmujący się teorią lokalizacji inwestycji wskazuje na szereg czynników, które przyczyniają się do tego, że innowacje rozwijają się „punktowo”, tj. ich pojawianie się nie jest równomierne na terenie danego kraju - powstają regiony innowacji, które generują nowe pomysły.

Centralne znaczenie w wyjaśnieniu lokalizacji innowacji ma pojęcie tzw. rozlewania się wiedzy (ang. knowledge spillovers). Zjawisko to polega na tym, że wynalazki dokonane przez jedną firmę, pozwalają zwiększyć produktywność również w innych przedsiębiorstwach. Wczesne prace (np. Jacobs 1969) wskazują, że wiedza nie rozchodzi się błyskawicznie, lecz jej dyfuzja zajmuje czas, przez co lokalizacja wielu innowacyjnych przedsiębiorstw blisko siebie pozwala na szybkie dzielenie się innowacjami i wzajemne podnoszenie produktywności. Manski (2000) wskazuje, że wydatnym czynnikiem sprzyjającym rozprzestrzenianiu się innowacji są interakcje społeczne pomiędzy kreatywnymi mieszkańcami, którzy dzielą się ze sobą pomysłami w czasie osobistych, często nieformalnych, spotkań.

Drugim czynnikiem przyczyniającym się do koncentracji działalności innowacyjnej na ograniczonej przestrzeni jest dostępność do tzw. wiedzy początkowej, znacznie ograniczającej ryzyko porażki. Część owej wiedzy stanowi pewien niekwantyfikowalny zasób, którego nie można odnaleźć w Internecie bądź bibliotekach – przykładowo, informacje, że ktoś miał już jakiś pomysł i jego wdrożenie się nie powiodło, rozpowszechniane są przez kontakty osobiste i rozmowę (Feldman 1994). Ponadto, koncentrowaniu się działalności innowacyjnej sprzyja zapotrzebowanie na podobnych pracowników i lokalizacja ich w jednym miejscu. Wówczas, w przypadku zwolnienia jednej osoby, znalezienie następcy na dane stanowisko jest stosunkowo łatwe. Nie bez znaczenia jest również lokalizacja wyższych uczelni, dostarczających na rynek pracy obfitą liczbę wykwalifikowanych pracowników. Nie należy również zapominać o tym, że wiele innowacyjnych firm wywodzi się ze współpracy naukowców w laboratoriach wyższych uczelni. Wbrew pozorom, pomimo zwiększonej mobilności siły roboczej, wciąż większość absolwentów szuka pracy w okolicach uniwersytetu, który skończyli.

Podsumowując, nawet w dobie dynamicznego rozwoju telekomunikacji, kluczową rolę w rozprzestrzenianiu się innowacji odgrywają kontakty osobiste i trudno spodziewać się w najbliższej przyszłości zmian w tym zakresie. Fakt, że większym zaufaniem darzą się osoby, które znają się osobiście, ma swoje źródła głęboko w ludzkiej naturze. W konsekwencji, lokalizacja innowacji na niewielkich powierzchniowo obszarach jest związana z ich charakterem. Państwa chcące budować innowacyjność, powinny skoncentrować się więc na tworzeniu „regionów innowacji”, skupionych na określonej tematyce i wspierać innowacyjność tam, gdzie rodzi się ona samoczynnie, a nie marnować środki na próby rozwijania nowych pomysłów tam, gdzie nie ma szans na ich powstanie i powodzenie. Dotyczy to także „ekoinnowacji” tj. innowacji koncentrujących się na technologiach przyjaznych środowisku naturalnemu np. w energetyce czy efektywności energetycznej.

Źródło: Opracowanie własne

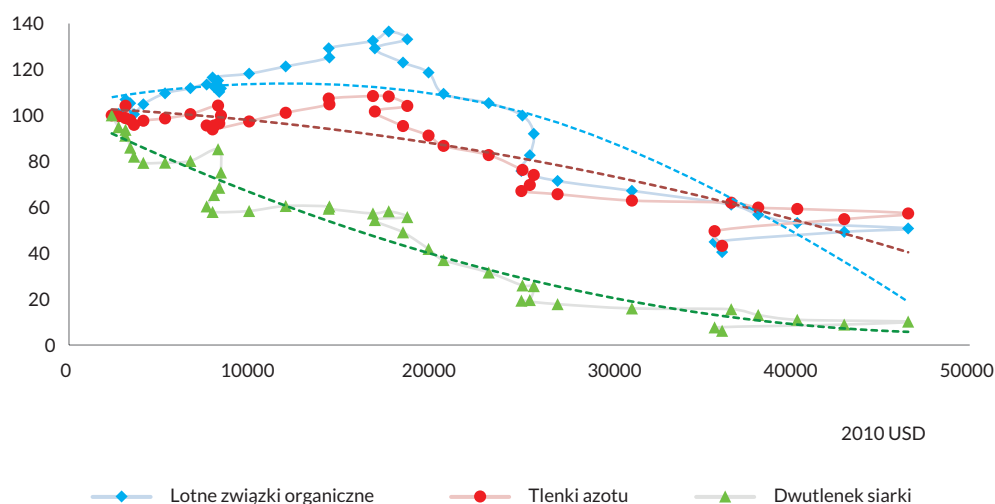
### 3 ROZWÓJ I ŚRODOWISKO – CZY POLITYKA ▲ KLIMATYCZNA MOŻE BYĆ POLITYKĄ ROZWOJU?

Istotną konsekwencją postępu technicznego jest oddziaływanie na środowisko naturalne. Do lat 90. XX wieku, w społeczeństwach dominowało przekonanie, że wzrost gospodarczy musi być nieodłącznie związany z zanieczyszczeniem środowiska. Grossman i Krueger (1991), zauważyli, na przykładzie Meksyku, że jakość powietrza jest ujemnie skorelowana ze wzrostem gospodarczym, lecz trend ten ulega załamaniu przy osiągnięciu określonego poziomu dochodu. Krzywa obrazująca to zjawisko nazwana została środowiskową krzywą Kuznetsa (por. Wykres I.13). Badania te, ze względu na daleko idące wnioski, zrodziły szeroką falę polemiki. Katalog zastrzeżeń obejmuje takie pozycje jak wysokie prawdopodobieństwo pominięcia innych istotnych zmiennych czy zbyt duży poziom ogólności analizy z punktu widzenia statystyki. Ponadto, szereg autorów zanegowało istnienie krzywej Kuznetsa w zaproponowanej oryginalnie formie. Przykładowo Shafik i Bandyopadhyay (1992) podają, że nie ma ona zastosowania dla pyłów, dwutlenku węgla oraz odpadów komunalnych jako przyjętych wskaźników środowiskowych. Także De Bruyn, Bergh i Opschoor (1998) na podstawie danych dla Holandii, Wielkiej Brytanii, USA i Zachodnich Niemiec, a Aufhammer i Carson (2008) w oparciu o dane zgromadzone dla

chińskich prowincji nie potwierdzili istnienia krzywej Kuznetsa. Z drugiej strony, inne, liczne, studia (Selden i Song 1994, Antle i Heidenbrink 1995, Panayotou 1997, Cole, Rayner i Bates 1997) dostrzegły tę zależność dla takich wskaźników środowiskowych jak stężenie  $SO_2$  i  $NO_x$  czy zalesienie.

Jak się wydaje, rozbieżności te można wyjaśnić odmienną naturą poszczególnych rodzajów zanieczyszczeń. W naturalny sposób ochronie środowiska naturalnego sprzyjają zmiany regulacyjne i instytucjonalne budujące innowacyjną gospodarkę. Bogate, świadome i kreatywne społeczeństwo ceni czyste środowisko, co przekłada się również na polityków i na instytucje. Wynika to stąd, że czyste środowisko naturalne znajduje się wyżej w hierarchii potrzeb Masłowa, przez co, gdy potrzeby niższego rzędu zostaną zaspokojone, w miarę bogacenia się pojawia się potrzeba zadbania również o otoczenie. Dotyczy to zwłaszcza emisji tych substancji, które przekładają się wprost na obniżenie jakości powietrza w skali lokalnej. Innymi słowy, wyższy poziom dochodu sprawia, że społeczeństwo zaczyna żądać od władz większego zaangażowania w ochronę środowiska w swoim bezpośrednim otoczeniu, co wpływa na częstsze potwierdzanie istnienia

**Wykres I.13.** Środowiskowa krzywa Kuznetsa dla Wielkiej Brytanii – poziom emisji (1970=100) w zależności od wartości PKB per capita (2010 USD) wraz z krzywymi trendów (przerwane linie)



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych data.gov.uk

krzywej Kuznetza w przypadku zanieczyszczeń tlenkami siarki i azotu, czy pyłami, emisji dwutlenku węgla, czy ilości odpadów, których zmniejszenie wymaga aktywnej postawy ze strony państwa niestymulowanej wprost opinią publiczną lub znacznego wzrostu świadomości ekologicznej ludności. Jak podkreśla Rothman (1998), część efektu obniżenia emisyjności przypisywać należy konkretnym działaniom władz, które odgórnie przekładają się na zmianę poziomu emisji. W konsekwencji, nie należy rozumieć konstrukcji krzywej Kuznetza jako teorii mówiącej, że rozwój gospodarczy stanowi automatyczne remedium na pro-

**Jakość środowiska naturalnego zależy od zamożności społeczeństwa i jego edukacji ekologicznej. Polityka rozwoju powinna więc stawiać na wzrost gospodarczy oparty o innowacje i wzmacniać społeczną świadomość znaczenia rozwoju zrównoważonego.**

blemy środowiskowe. Wielkie znaczenie ma bowiem także edukacja ekologiczna (por. Ramka I.5) oraz ogólny model rozwoju, jaki dane społeczeństwo wybierze – wśród państw wysoko rozwiniętych znajdują się bowiem zarówno takie, które kwestie rozwoju zrównoważonego stawiają wysoko w agendzie publicznej, jak i takie, w których znajduje się on nieco niżej w hierarchii wartości. Warto zauważyć, że innowacyjność sama w sobie prowadzi do większej efektywności wykorzystania zasobów, a tym samym do zmniejszenia zużycia materiałów i energii. Polityka ją wspierająca promuje więc niejako automatycznie bardziej zrównoważony model rozwoju. Co więcej, innowacyjność *sensu largo* implikuje na ogół także ekoinnowacyjność *sensu stricto*, a tym samym kraje, które szukają szansy rozwojowej w tworzeniu nowych idei i promowaniu kreatywności, stają się niejako automatycznie krajami, w których powstaje wiele pomysłów na technologie i rozwiązania organizacyjne sprzyjające ochronie środowiska naturalnego. Część nowych wynalazków i pomysłów ma bowiem na celu nie tylko efektywniejsze gospodarowanie energią i surowcami, ale i usuwanie zanieczyszczeń z odpadów przemysłowych, odzyskiwanie surowców wtórnych czy bardziej zrównoważone pozyskiwanie energii. Regulacje proinnowacyjne sprzyjają więc z jednej strony gospodarce, dzięki wzmacnianiu efektywności materiałowej i energetycznej, a z drugiej służą powstawaniu pomysłów o charakterze ściśle ekologicznym. Powinny one przy tym egzekwować reguły równowagi międzypokoleniowej – zgodnie z którymi środowisko służyć powinno nie tylko obecnemu ale i przyszłym pokoleniom, a co za tym idzie także ich interes powinien być brany pod uwagę przy wyborze optymalnej ścieżki rozwoju gospodarczego.

Wzmocnieniem tej argumentacji może być także koncepcja Michaela Portera (1991), mówiąca, że regulacje mające na celu ochronę środowiska wzmacniają konkurencję pomiędzy podmiotami, sprzyjając wzrostowi gospodarczemu i kreatywności jako takiej. Twierdzi ona, że wdrażanie restrykcyjnych regulacji pro-środowiskowych nie tyle obniża produktywność kapitału i zniechęca inwestorów, co raczej pomaga podnosić produktywność, ponieważ emisja zanieczyszczeń wiąże się często z marnotrawieniem zasobów. Wobec tego odgórne ograniczanie emisji przez państwo daje firmom bodziec do poprawiania efektywności.

Porter i van der Linde (1995) wskazują na szereg przyczyn, dla których proekologiczne inwestycje miałyby oddziaływać na innowacyjność: (1) regulacje wskazują przedsiębiorcom potencjalną przestrzeń do poprawy efektywności i wskazują kierunki rozwoju technologii, (2) dobrze zaprojektowane prawo pomaga podnosić świadomość przedsiębiorstw w zakresie skutków ich działalności dla środowiska, (3) regulacje ograniczają niepewność przedsiębiorstw, dotyczącą zysków z tworzenia innowacyjnych rozwiązań, (4) Ustawodawstwo tworzy na przedsiębiorstwa nacisk przyspieszający ich decyzje o badaniach, rozwoju i innowacjach.

Krytycy hipotezy Portera zwracają uwagę, że ignoruje ona założenie o racjonalności firmy maksymalizującej zysk – jeżeli ograniczenia środowiskowe istotnie miałyby doprowadzić do wzrostu produktywności, to przedsiębiorstwa powinny samodzielnie ograniczać swój wpływ na otoczenie naturalne. Niemniej jednak, jak wskazują inni autorzy, przedsiębiorstwa mogą mieć inne funkcje celu niż maksymalizacja zysku – np. ograniczają ryzyko, bądź są niechętnie kosztownym zmianom – dlatego niepodjęcie przez nich działań pro-środowiskowych, nawet gdy te byłyby ekonomicznie opłacalne, może być spowodowane przyczynami o innym charakterze. Nie należy przy tym zapominać, że tylko dobrze zaprojektowane regulacje nakierowane na poprawę jakości środowiska naturalnego przynoszą rzeczywiste efekty – szczególnie ważna jest więc jakość stanowienia prawa. Reformy zmierzające do ograniczenia wpływu działalności gospodarczej na środowisko nie będą skuteczne, jeśli korzyści finansowe wynikające z nałożenia na firmy gorsetu ograniczeń środowiskowych nie będą pokrywać swoich kosztów ani w krótkim,

**Polityka klimatyczna Unii Europejskiej jest w coraz większym stopniu kształtowana w sposób integrujący cele ekonomiczne, dobrobytowe i środowiskowe.**

ani w długim okresie, nawet jeśli weźmiemy pod uwagę długookresową troskę o stan środowiska i korzyści społeczne z niej wynikające. Otwiera to pole dla polityki publicznej starającej się godzić perspektywę gospodarczą i środowiskową.

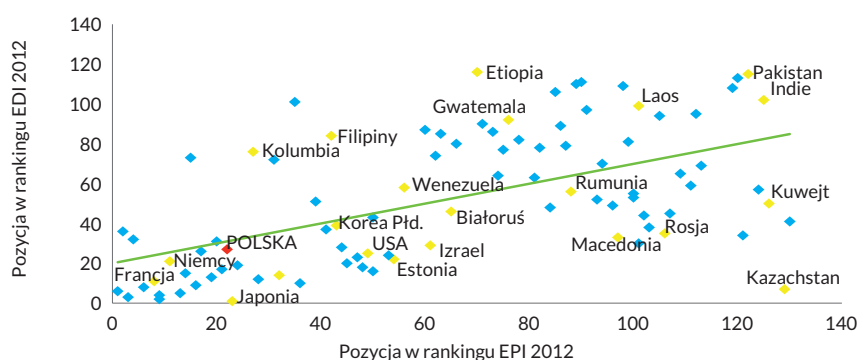
Tego typu politykę stara się realizować Unia Europejska w odniesieniu do kwestii klimatycznych, starając się być światowym liderem w działaniach na rzecz ochrony klimatu, proponując wysokie cele redukcyjne i gotowość istotnego wsparcia finansowego dla państw rozwijających się. UE ma przy tym wypracowane stanowisko dotyczące przyszłego porozumienia w sprawie ochrony klimatu i próbuje włączyć je w cele globalne, a w ostatnim czasie także kładzie nacisk na wbudowanie tych działań w szerszą politykę energetyczną i gospodarczą budującą konkurencyjną gospodarkę przyszłości. Początki polityki klimatycznej UE sięgają 1991 roku, kiedy pojawiły się pierwsze inicjatywy ograniczenia emisji gazów cieplarnianych oraz poprawy efektywności energetycznej takie jak: (i) promowanie produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych, (ii) dobrowolne zobowiązania dla przemysłu samochodowego do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> z pojazdów o 25% czy (iii) propozycje dotyczące opodatkowania zużycia energii. W roku 1996 przyjęty został cel ograniczenia wzrostu temperatury globalnej do 2°C w stosunku do okresu przed przemysłowego. W celu zrealizowania zobowiązań podjętych



## Ramka I.5. Nowoczesna edukacja a środowisko

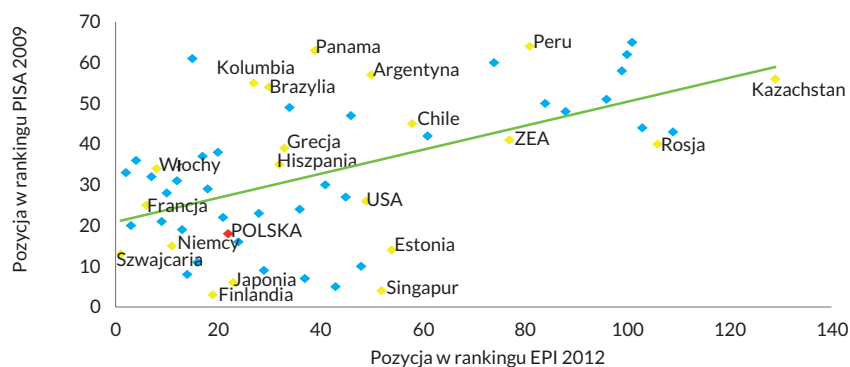
Z uwagi na to, że z ekoinnowacyjnością sprzężona jest w zasadzie każda działalność innowacyjna, a w politykę proinnowacyjną każdego państwa wbudowana jest polityka edukacyjna, wnioskować można, że poziom wykształcenia społeczeństwa ma wpływ na jego troskę o środowisko naturalne. Analizy cząstkowe niektórych grup edukacyjnych (np. studentów - Önder 2007) sugerują, że stopień zainteresowania tematyką ekologii wśród osób z wykształceniem wyższym lub ubiegających się o nie jest znaczący. Wykres I.14 przedstawia zależność między wskaźnikami środowiskowymi w gospodarce (pozycją w rankingu Environmental Performance Index 2012) a dostępem do edukacji (mierzonym zajmowaną pozycją wg EFA Development Index). Kraje rozwinięte zajmują wysokie pozycje w obu rankingach, natomiast gospodarki na niższym poziomie rozwoju zajmują odpowiednio dalsze miejsca. Z kolei z wykresu I.15 można wywnioskować, że wyższe miejsce w rankingu PISA 2009 wiąże się z relatywnie wyższą pozycją w rankingu Environmental Performance Index. Ponieważ ranking PISA obrazuje efekty kształcenia, można domniemywać, że jego jakość może mieć wpływ na poziom świadomości ekologicznej w społeczeństwie. W różnych studiach (Fien 1993, Sudarmadi et al. 2001, Ajzen 2001) podkreślana jest konieczność wbudowania edukacji ekologicznej w proces nauczania, tak by wykształcenie wiązało się ze wzrostem świadomości problemów globalnych, w tym również środowiskowych.

Wykres I.14. Zależność między wynikami działalności proekologicznej w gospodarce a dostępem do edukacji



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych UNESCO (2012) i EPI (2012)

Wykres I.15. Zależność między wynikami działalności proekologicznej w gospodarce a poziomem kształcenia



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych PISA i EPI (2012)

Edukacja ekologiczna odnosi się nie tylko do osób objętych kształceniem formalnym (zarówno w formie tradycyjnej jak i w ramach programów kształcenia ustawicznego), ale w szerszym kontekście również do ogółu społeczeństwa. Program rozwojowy Agenda 21 zaproponowany przez ONZ w 1992 roku kładzie nacisk na kwestie podnoszenia świadomości ekologicznej wśród wszystkich obywateli i traktuje to jako fundament zmian.

Podsumowując, można wnioskować, że wyższy poziom edukacji oraz szerszy dostęp do niej i dłuższy okres przebywania w szkole/uczelni wyższej sprzyjają budowaniu społeczeństwa świadomego zagrożeń środowiskowych, które w sposób aktywny ma szansę szkodliwym zmianom przeciwdziałać. Nie bez znaczenia jest jednak także zawartość merytoryczna programów nauczania, które powinny obecnie uwzględniać problemy ekologii i kształtować postawy zgodne z duchem zrównoważonego rozwoju. W wielu krajach kwestia ta jest rozwiązywana na poziomie reform regulacji rządowych.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych PISA i EPI (2012)

w Kioto tj. ograniczenia średniej rocznej emisji gazów cieplarnianych z okresu 2008 – 2012 o 8% w stosunku do roku 1990, przygotowany został I Europejski Program Ochrony Klimatu, przyjęty w roku 2000. Jego celem jest koordynacja i wprowadzenie wielosektorowych działań służących realizacji Protokołu z Kioto w tym m.in. Europejski System Handlu Emisjami. Polityka klimatyczna UE ma od początku charakter aktywny, co oznacza, że Wspólnota od wielu lat wprowadza specyficzne instrumenty wspierające ograniczenie emisji gazów cieplarnianych na terenie państw członkowskich. Są to zarówno instrumenty prawne – zawarte w dyrektywach i rozporządzeniach UE – jak i instrumenty ekonomiczne: programy i fundusze wspierające działania redukcyjne oraz programy naukowe i edukacyjne.

Na przełomie XX i XXI wieku widać wyraźnie zmianę w zakresie polityki klimatycznej UE, która do tej pory była głównie skoncentrowana na aspektach środowiskowych, a znacznie mniej na aspektach gospodarczych. Zmniejszający się udział w emisji światowej (a jednocześnie potrzeba wypełnienia zobowiązań z Kioto), trudności w negocjacjach międzynarodowych, jak i wyraźnie przechylający się w kierunku zielonej gospodarki rozwój wielu krajów, w tym w szczególności Chin, USA czy innych gospodarek wschodzących (por. Ramka I.6) czy też ekonomiczny kryzys na świecie wymuszający znaczący wzrost produktywności zasobów i ograniczenie importu kosztownych paliw kopalnych spoza UE, doprowadziły do innego widzenia polityki klimatycznej

**Polityka klimatyczna UE stara się obejmować pełne spektrum działań: od efektywności energetycznej, po generację energii, politykę przemysłową, innowacyjną, bezpieczeństwo energetyczne i materiałowe.**

w UE i jej silnej integracji z innymi politykami UE. W szczególności dotyczy to polityki energetycznej i transportowej. Ta próba wmontowania polityki klimatycznej w politykę gospodarczą napotyka wiele trudności i to nie tylko na poziomie UE, ale także w poszczególnych krajach, co objawia się coraz trudniejszym wypracowaniem progresywnego kompromisu.

Jednym z podstawowych instrumentów UE w zakresie ochrony klimatu jest wprowadzony 13 października 2003 r. przez dyrektywę 2003/87/WE program handlu uprawnieniami do emisji gazów cieplarnianych na obszarze Wspólnoty. **Europejski System Handlu Emisjami** (EU ETS) stworzono w celu zmniejszenia kosztów ochrony klimatu ponoszonych przez poszczególne kraje członkowskie i przedsiębiorstwa. Program jest realizowany na poziomie przedsiębiorstw. Ustalony rozdział uprawnień obowiązuje w wyznaczonym okresie. Pierwszy okres – lata 2005–2007, to faza pilotażowa, podczas której tworzone infrastrukturę niezbędną do funkcjonowania rynku uprawnień do emisji, a wyznaczone limity były łagodniejsze. Obecnie zakończył się drugi okres, który trwał do roku 2012. W 2013 r. rozpoczął się kolejny okres handlu emisjami, który będzie trwał do roku 2020. W grudniu 2008 r. Unia Europejska przyjęła **Pakiet energetyczno-klimatyczny**. Główny jego cel, określany jako 3 x 20, zatwierdzono już w 2007 r. Cel obejmuje m.in. (1) zmniejszenie zużycia energii w latach 1990–2020 o 20% w stosunku do scenariusza „biznes jak zwykle”, (2) wzrost udziału energii ze źródeł odnawialnych w ogólnym

bilansie energii zużytej również o 20% (łącznie z 10% udziałem biopaliw w transporcie), (3) zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych o 20% w stosunku do poziomu z roku 1990, z zastrzeżeniem, że skala zmniejszenia może osiągnąć 30%, pod warunkiem zobowiązania się – w trakcie negocjacji klimatycznych – innych krajów wysoko rozwiniętych do podobnego poziomu redukcji oraz zadeklarowania przez kraje słabiej rozwinięte działań na miarę ich możliwości. Do ważnych dyrektyw dotyczących ochrony klimatu należą dyrektywy dotyczące **poprawy efektywności energetycznej**, a w szczególności dyrektywa przyjęta 4 października 2012. Kraje członkowskie zostały także zobowiązane do opracowania własnych planów działania na rzecz efektywności energetycznej.

Ilustracją nowego podejścia Komisji Europejskiej do integracji polityki klimatycznej z innymi politykami Wspólnoty jest opublikowany 8 marca 2011 roku komunikat **Mapa Drogowa 2050**, prezentujący efektywną kosztowo drogę dojścia do redukcji emisji gazów na poziomie 80–95 % do roku 2050. Według tego dokumentu, kraje UE powinny do 2030 r. osiągnąć ten cel w 40 %, a do roku 2040 – w 60 %. Sektor energetyczny powinien zredukować do 2050 r. ponad 90 % emisji. Plan przewiduje, że całość przedsięwzięć ma kosztować rocznie 270 mld EUR, tj. ok. 1,5% obecnego PKB Unii, ale przynieść ma korzyści w postaci oszczędności na poziomie 175–320 mld EUR rocznie (wynikających z ograniczenia importu ropy i gazu, kreowania nowych trwałych miejsc pracy (1,5 mln), poprawy jakości powietrza i korzyści dla zdrowia: 27 mld EUR w 2030 r. i 88 mld EUR w 2050 r. Dokument ten znalazł swoje odbicie w **Energetycznej Mapie Drogowej 2050** zawierającej propozycje zmian strukturalnych w transformacji systemu energetycznego w perspektywie najbliższego czterdziestolecia.

W sprzężeniu ze strategiami europejskimi działają także strategie krajowe. Przykładem może być tu podejście niemieckie. Mimo znacznego ograniczenia w ostatnich 20 latach, Niemcy nadal pozostają krajem o znacznej emisji gazów cieplarnianych – zajmując pod tym względem szóste miejsce na świecie. Wynika to przede wszystkim z wysoce emisjogennego miks energetycznego. W kontekście działań ogólnoeuropejskich Niemcy podjęły zobowiązanie przekształcenia się w jedną z najbardziej energetycznie efektywnych gospodarek na świecie, z ustalonym ambitnym celem ograniczenia emisji gazów cieplarnianych idącym dalej niż zobowiązania w ramach UE. Dominantą polityki niemieckiej jest pobudzenie opracowania i wdrażania innowacji, a w szczególności ambitna polityka ekologiczna mająca przyczynić się do budowania przewag konkurencyjnych w sektorach zielonej gospodarki. Osiągnięcie tak ambitnych celów będzie kosztowne, co wynika z wycofania się z energetyki jądrowej i znacznie mniejszy wielkość zainstalowanej mocy niskowęglowej. Dlatego też wdrożenie ekonomicznie efektywnej polityki klimatycznej wspierać będzie konkurencyjność sektorów zielonej gospodarki, przynosząc całemu krajowi korzyści z progresywnej polityki klimatycznej (por. Ramka I.7).

W kontekście działań europejskich i krajowych, niezwykle ważne jest pytanie, w jaki sposób należy tworzyć regulacje środowiskowe, aby w maksymalny sposób pomagały one budować siłę gospodarczą. Badania Portera i van der Linde (1995) dowodzą,

## Ramka I.6. Plany i wyzwania budowy niskoemisyjnej gospodarki w Chinach

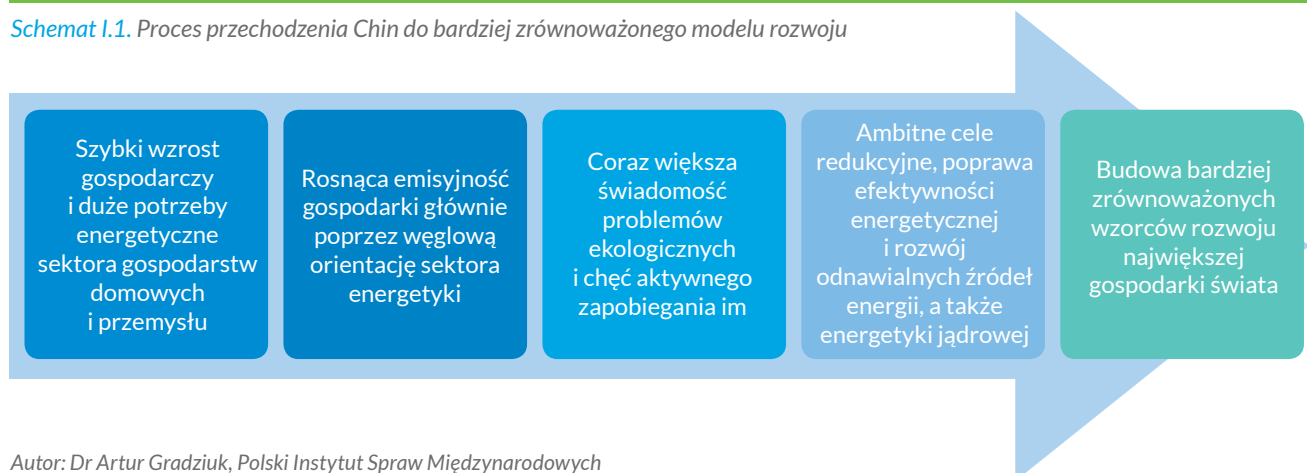
Pomimo bezprecedensowego w historii sukcesu reform, dzięki którym Chiny osiągały w ostatnich 20 latach dwucyfrowy wzrost gospodarczy, stały się trzecią po Unii Europejskiej i Stanach Zjednoczonych **największą gospodarką na świecie**, największym producentem wielu coraz bardziej zaawansowanych technologicznie produktów, największym eksporterem, posiadaczem największych rezerw walutowych, a kilkaset milionów osób wyszło ze skrajnego ubóstwa, jest to też kraj, przed którym w najbliższych latach stoi wciąż wiele wyzwań. Wyzwaniem najważniejszym pozostaje **utrzymanie wysokiego tempa wzrostu gospodarczego** w celu zapewnienia miejsc pracy dla setek milionów obywateli oraz utrzymania względnej stabilności społecznej. Nie mniejszym jest **zaspokojenie rosnących potrzeb energetycznych** rozwijającej się gospodarki. Już w 2010 roku Chiny, wyprzedzając Stany Zjednoczone, stały się największym konsumentem energii na świecie. W latach 2000-2010 ich popyt na energię wzrósł dwukrotnie, a biorąc pod uwagę stosunkowo niski wskaźnik konsumpcji energii *per capita* oraz to, że Chiny są krajem o największej liczbie ludności na świecie, przy zachowaniu wysokiego tempa wzrostu gospodarczego można oczekiwać, że ich zapotrzebowanie na energię wciąż będzie rosło.

Ponieważ w bilansie energetycznym dominującym źródłem energii jest węgiel, Chiny stały się tak dużym emitentem gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń związanych ze spalaniem paliw kopalnych, że skutki środowiskowe stały się poważnym problemem dla samych Chińczyków. **Kwestie ochrony klimatu są więc przez politykę publiczną traktowane coraz poważniej**. Zanieczyszczenie powietrza, zwłaszcza w takich ośrodkach jak Pekin czy Szanghaj, oraz degradacja środowiska w otoczeniu zakładów przemysłowych są problemami, co do których opinia publiczna domaga się działań od rządu. Z drugiej strony, takie działania postrzegane są jako szansa na unowocześnienie gospodarki chińskiej i rozwój nowoczesnych niskoemisyjnych gałęzi przemysłu, takich jak **energetyka oparta na odnawialnych źródłach energii** czy **niskoemisyjne środki transportu** (pojazdy o silnikach elektrycznych i hybrydowych). Dlatego elementem, który od kilku lat coraz poważniej jest brany pod uwagę przy planach rozwoju gospodarczego kraju są kwestie zrównoważonego rozwoju.

W jedenastym planie pięcioletnim na lata 2006-2010 pojawiły się pierwsze cele związane z poprawą efektywności energetycznej. Jako cel na 2010 r. zapowiedziano redukcję zużycia energii na jednostkę PKB o 20% w stosunku do roku 2005 (wskaźnik ten osiągnął poziom 19,1% w roku 2010). Podjęto przy tym **narodową kampanię poprawy efektywności energetycznej** skierowaną przede wszystkim do 1000 największych i najmniej efektywnych odbiorców energii. W kolejnym planie pięcioletnim na lata 2011-2015 zapowiedziano redukcję energochłonności PKB o kolejne 16%, a programami jej poprawy ma być objętych 10 tys. przedsiębiorstw. Ważnym elementem mającym sprzyjać realizacji tego celu ma być włączenie kwestii jego realizacji do **ewaluacji wyników pracy urzędników lokalnych**, którzy są odpowiedzialni za wdrażanie planów rządu.

Ze względu na trudności związane z prognozowaniem całkowitej emisji gazów cieplarnianych w rządowych programach skupiono się na **poprawie efektywności energetycznej i rozwoju niskoemisyjnych źródeł energii**, zwłaszcza energetyki jądrowej i OZE. Natomiast pierwszy oficjalny cel odnoszący się do redukcji emisji CO<sub>2</sub> ogłoszono w listopadzie 2009 roku, przed Konferencją Klimatyczną w Kopenhadze, zapowiadając do roku 2020 redukcję emisji w przeliczeniu na jednostkę PKB o 40-45% w stosunku do roku 2005. Nie oznaczało to zmniejszenia emisji GHG w Chinach, lecz jedynie spowolnienie tempa ich wzrostu. Wola realizacji tego celu została potwierdzona w planie pięcioletnim 2011-2015. Sposobem na poprawę efektywności energetycznej oraz ograniczanie emisji ma być promocja niskowęglowych źródeł energii (energia wodna, wiatrowa, słoneczna i jądrowa), których udział w strukturze zużycia energii finalnej ma wzrosnąć z 8,3% w 2010 r. do 11,4% w 2015 r. Rozwój OZE i energetyki jądrowej wspiera także **aktywna polityka przemysłowa** promująca wzrost krajowych zdolności wytwórczych w dziedzinie technologii wiatrowych, słonecznych i nuklearnych.

Schemat I.1. Proces przechodzenia Chin do bardziej zrównoważonego modelu rozwoju



Autor: Dr Artur Gradziuk, Polski Instytut Spraw Międzynarodowych

że powinny one pozostawiać maksymalną elastyczność przedsiębiorcom w dostosowaniu się do nich – przykładowo narzucanie określonej metody redukcji emisji nie powinno być preferowane względem metod które pozostawiają swobodę wyboru przedsiębiorcy. Zgodnie z tą argumentacją instrumenty rynkowe (takie jak np. system handlu emisjami) sprawdzają się lepiej niż nierynkowe, gdyż dzięki nim redukcja ma szansę odbyć się tam, gdzie jest to najłatwiejsze. Ponadto, korzystniejsze są te systemy, w których przedsiębiorcy są nagradzani za każdą dodatkową redukcję zanieczyszczeń, a nie takie, gdzie ustala się standardy technologiczne. W tym kontekście, podatek jest bardziej proinnowacyjnym rozwiązaniem niż przyznawane z góry uprawnienia do emisji lub nakładanie arbitralnych ograniczeń, gdyż każda kolejna zmiana jest opłacalna dla przedsiębiorcy.

W tym miejscu warto podkreślić, że jednym z kluczowych założeń europejskiej polityki klimatyczno-energetycznej jest zmniejszenie wrażliwości Europy na zewnętrzne zaburzenia na rynkach surowcowych i paliwowych, a także ograniczenie strat wynikających ze zmian klimatycznych i konieczności wydatkowania środków na adaptację do nich. Oddziaływanie strategii zielonego wzrostu na redukcję ryzyka związanego z surowcami naturalnymi wynika przede wszystkim z nacisku, jaki kładzie ona na efektywność energetyczną i paliwową – innowacyjność, szeroko rozumiana efektywność i środowisko naturalne są ze sobą nieodłącznie związane. Przyjazna środowisku gospodarka to taka,

**Niezależność energetyczna, innowacyjność, wyższa efektywność gospodarowania oraz adaptacja do zmian klimatycznych to wzajemnie komplementarne aspekty polityki klimatycznej.**

która zużywa małe ilości zasobów – jest więc mniej wrażliwa na zmiany cen surowców niż jej nieekologiczny odpowiednik. Drugim ryzykiem, na które narażona będzie Europa w XXI wieku, jest rosnąca ekspozycja na ekstremalne zjawiska klimatyczne (por. Ramka I.8). Globalne ocieplenie oddziaływać bowiem będzie na klimat Europy przede wszystkim poprzez narastanie ekstremów pogodowych – większych upałów na południu, wyższych opadów na północy.

Zagrożenia, jakie się z nimi wiążą, mają wymiar nie tylko demograficzny czy geograficzny, ale również i ekonomiczny, pociągając za sobą znaczące koszty gospodarcze. Główną przyczyną strat będą przy tym ekstremalne, występujące nieregularnie, zjawiska pogodowe, występujące częściej i w większej skali. Polska, podobnie jak cała Europa Środkowa, może, według przewidywań klimatologów, w przyszłości zostać dotknięta przede wszystkim częstszymi i bardziej intensywnymi zjawiskami powodziowymi (por. Wykres I.16). Według prognoz największe, nazywane dziś „stuletnimi”, katastrofy będą pod koniec bieżącego stulecia nawiedzać Polskę raz na 27 lat. Katalog możliwych zjawisk zawiera również inne pozycje. Są to np. huragany i trąby powietrzne czy fale ciepła i zimna. Mają one jednak znacznie mniejsze znaczenie w kontekście kalkulowanych strat, jakie przyniosą. Drugim najistotniejszym źródłem strat gospodarczych będą te wyrządzone w rolnictwie. Już obecnie straty ponoszone przez polską gospodarkę na skutek niekorzystnych zjawisk pogodowych w ponad 40% (a w latach klęsk w prawie 90%) dotyczą gospodarstwa rolne. Podstawowe przejawy zmian klimatu w tym sektorze to

coraz częściej występujące susze. W największym stopniu przełożą się one na zmniejszone plony ziemniaka, pszenicy i buraka cukrowego oraz ogólną zmienność rocznych plonów. Suma strat wynikających z poszczególnych ekstremalnych zjawisk pogodowych, jakie prognozują Bukowski i Gąska (2012) dla Polski w perspektywie do roku 2100 oscyluje wokół 0,6% PKB pod koniec stulecia. Szacunki te obarczone są błędami i dużym stopniem niepewności nie tylko względem rzeczywistej częstotliwości kataklizmów, ale i możliwych kosztów, które warunkowane są wieloma czynnikami niezależnymi od warunków klimatycznych. Wszystko to może przełożyć się na wahania faktycznych kosztów, jakie poniesie polska gospodarka na skutek zmian klimatu. Adaptacja do wymienionych wyżej zjawisk jest do pewnego stopnia możliwa i z pewnością konieczna. Bogatsze gospodarki będą nie tylko w stanie lepiej przygotować się do czekających je zmian klimatycznych, a także lepiej zniosą straty, których nie będzie się dało uniknąć.

Celem polityki klimatycznej powinna być więc nie tylko mitygacja emisji, lecz także adaptacja do zachodzących zmian klimatu. W zielonej gospodarce straty ograniczane są zarówno dzięki skutecznym systemom wczesnego ostrzegania, jak i inwestycjom w infrastrukturę. W Polsce jednym z najpilniejszych zadań jest utworzenie systemu zbierania i gromadzenia informacji o wrażliwości gospodarki i społeczeństwa na zmiany klimatu, zwłaszcza zjawiskach nadzwyczajnych, ich skutkach, kosztach już podjętych działań zapobiegawczych oraz kosztach usuwania powstałych szkód. Informacje te są niezbędne dla prawidłowego kształtowania polityki państwa w tym zakresie. Pierwszym krokiem w tym zakresie było przygotowanie krajowej strategii adaptacyjnej, znajdującej się w chwili obecnej w konsultacjach społecznych (por. Ramka I.8).

Podsumowując, można powiedzieć, że w rozwiniętej, innowacyjnej i konkurencyjnej gospodarce wymiar środowiskowy polityki powinien być sprzęgnięty z jej wymiarem ekonomicznym. Nowoczesna polityka rozwoju dostrzega przy tym wiele pól zbieżności pomiędzy nimi. O ile bowiem głównym celem polityki przemysłowej i regulacyjnej jest stworzenie przyjaznego otoczenia prawno-instytucjonalnego dla biznesu, to jednocześnie otoczenie takie sprzyjać będzie inwestycjom o charakterze proekologicznym. Z drugiej strony, stworzenie przejrzystej legislacji m.in. dla energetyki odnawialnej, eksploatacji gazu łupkowego czy efektywności energetycznej mogłoby posłużyć jako dowód na to, że Polska potrafi budować korzystne ramy dla inwestycji o charakterze długoterminowym, biorąc jednocześnie pod uwagę standardy środowiskowe i długofalowe interesy społeczne. Podobnie, o ile reformy strukturalne na rynku pracy zwiększające jego adaptacyjność do zmieniających się warunków gospodarowania są polityką horyzontalną, znajdującą zastosowanie nie tylko w powiązaniu z gospodarką niskoemisyjną, to, jak dowodziemy w dalszej części raportu, zielone miejsca pracy i pozytywne skutki zdrowotne zmniejszenia emisji szkodliwych zanieczyszczeń będą miały bezpośrednie przełożenie na cały polski rynek pracy – poziom aktywności zawodowej, zatrudnienia i płac – co pozwoli na pełniejsze wykorzystanie kapitału ludzkiego Polaków. Jednym z kluczowych elementów poprawy efektywności zasobowej gospodarki jest ograniczenie jej energochłonności, co leży też u podstaw niskoemisyjnej transformacji. Wreszcie, kluczowy

## Ramka I.7. Energiewende – Niemiecka rewolucja energetyczna z wyzwaniami na przyszłość

Określenie **Energiewende** oznacza transformację energetyczną i stanowi zasadniczy punkt zwrotny w polityce energetycznej Niemiec –rewolucję energetyczną. W czerwcu 2011 Parlament Niemiecki przyjął podstawy prawne do **Energiewende** i ostatecznie zdecydował o wycofaniu się z energetyki atomowej. Do końca 2022 roku ostania elektrownia jądrowa w Niemczech ma przestać działać.

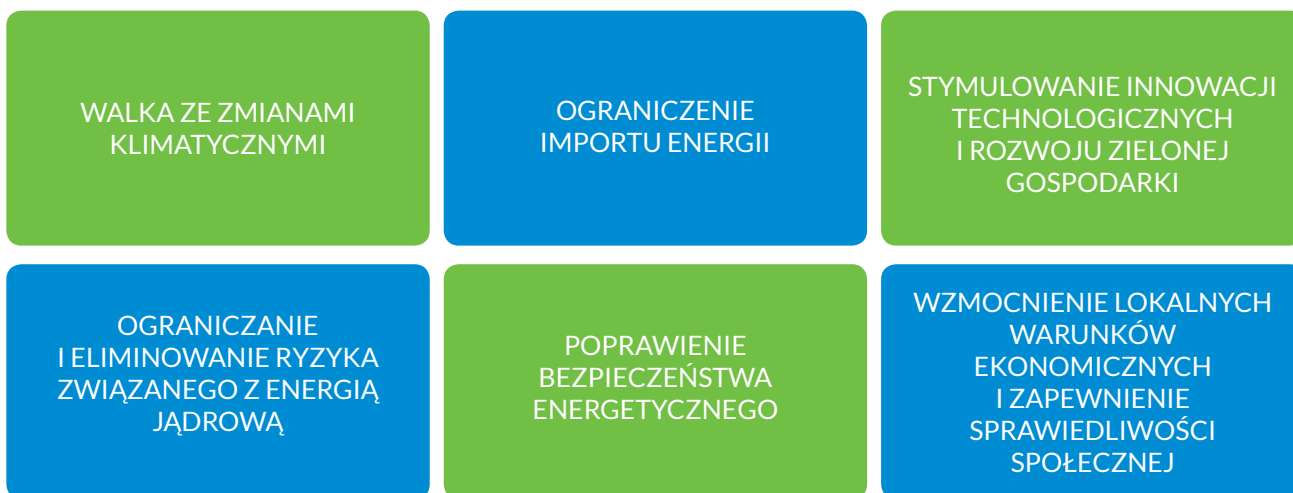
Główny cel *Energiewende* to zmiana z energetyki tradycyjnej na odnawialną. Udział energetyki odnawialnej w miksie energetycznym ma osiągnąć **80% w roku 2050**. Jednakowoż *Energiewende* jest czymś więcej - zawiera znaczącą poprawę w efektywności energetycznej i zaangażowanie się w nią takich sektorów jak transport i budownictwo.

Istnieje wiele powodów, dla których *Energiewende* staje się rzeczywistością. Awaria nuklearna w Czarnobylu i ostatnia katastrofa nuklearna w Fukushima udowodniły, że energia nuklearna nie jest możliwa do kontrolowania i może prowadzić do niewyobrażalnych katastrof. Ponadto, brak jest bezpiecznych rozwiązań służących składowaniu odpadów nuklearnych. Jednocześnie *Energiewende* pomoże zredukować zależność Niemiec od importu energii, a nastawienie się na energetykę odnawialną pozwoli zredukować emisje i przyczynić się do ochrony klimatu globalnego. Taka transformacja energetyczna przyniesie korzyści gospodarce, co także jest kluczem do jej sukcesu. *Energiewende* tworzy miejsca pracy – obecnie blisko 400.000 osób pracuje w Niemczech w sektorze energetyki odnawialnej. Warto pamiętać, że energetyka odnawialna jest lokalną energetyką co oznacza, że dochody z niej pozostają na miejscu. W końcu ci, którzy będą pierwszymi innowatorami w obszarze transformacji energetycznej będą tymi, którzy osiągną znaczny sukces gospodarczy, kiedy idea *Energiewende* upowszechni się.

Jakkolwiek wiele wyzwań stoi przed *Energiewende*, może ona być wdrażana szybciej i bardziej ambitnie. Można wskazać na kilka z zadań, które mogą być realizowane optymalniej, np. rozszerzenie sieci elektroenergetycznych czy przemodelowanie rynku energii. Rosnący sens rozwoju *Energiewende* tkwi również w potrzebie demokratyzacji, która oznacza, że ludzie mają znacznie silniejszy wpływ na proces podejmowania decyzji i ich wdrażania. Idąc dalej, *Energiewende* powinna być podjęta na poziomie UE – dla Polski, jako istotnego partnera w polityce energetycznej i klimatycznej, byłoby to bardzo znaczące.

*Energiewende* osiągnie sukces i stanie się zrównoważonym rozwiązaniem tylko wtedy, kiedy będzie się ją realizować z przystępnym kompasem w rękę. Przeciwdziałanie zmianom klimatu jest jednym z ukierunkowujących i decydujących czynników. Cel przeciwdziałania zmianom klimatu przypomina, że transformacja energetyczna to nie tylko problem zaopatrzenia w energię. Społeczno-gospodarcza transformacja naszego społeczeństwa jest niezbędna, a *Energiewende* stanowi jej kluczową część. Wycofanie się z energetyki nuklearnej i promowanie ekologicznie racjonalnych surowców energetycznych ma nie tylko zapewnić zrównoważone życie nam dzisiaj, ale także kolejnym generacjom.

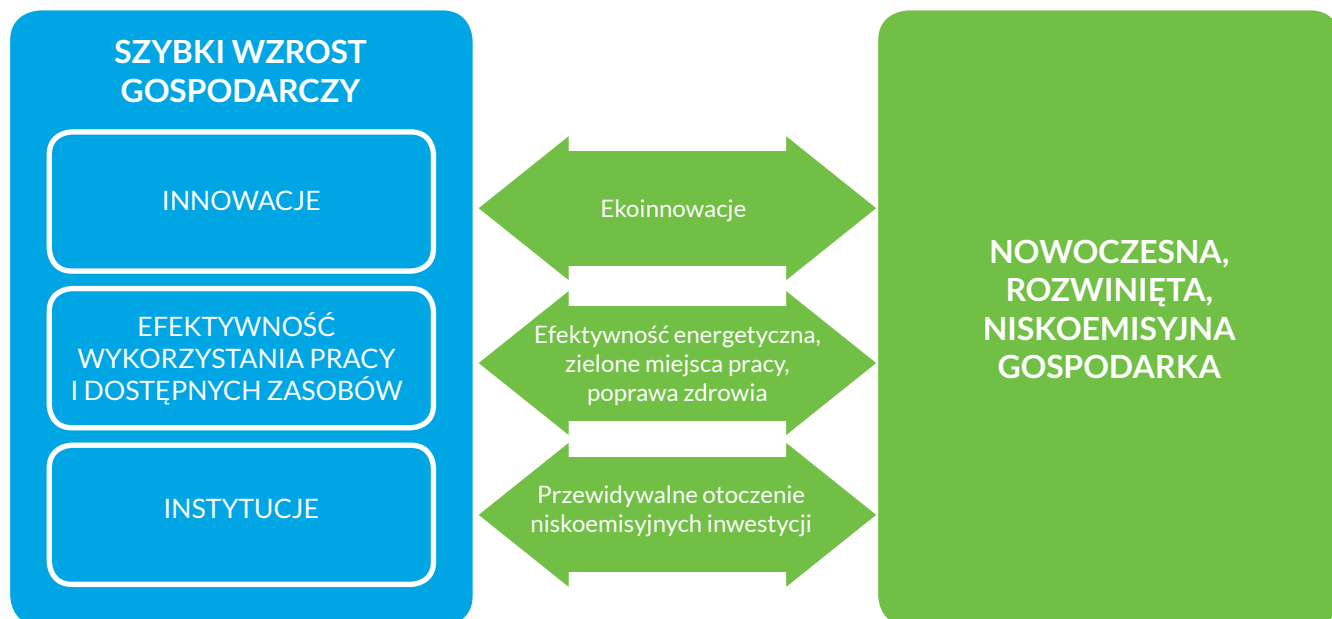
Schemat I.2. Przesłanki wdrażania strategii *Energiewende* w Niemczech



Źródło: Morris i Pehnt (2012)

Autor: Dr Hermann Ott, Członek Parlamentu Niemieckiego przemawiający nt. zmian klimatu w imieniu partii Zielonych

Schemat I.3. Powiązania między polityką rozwoju a polityką klimatyczną



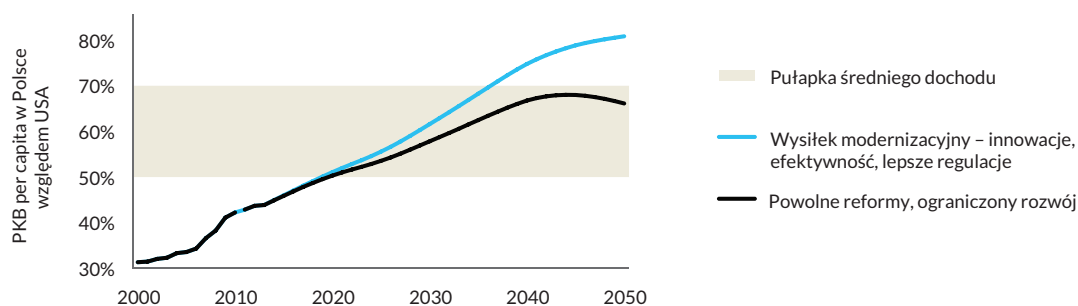
Źródło: Opracowanie własne

dla zielonej gospodarki aspekt ekoinnowacyjności wpisuje się bezpośrednio w podstawową polską potrzebę modernizacyjną okresu post-transformacyjnego, jaką jest przestawienie naszej gospodarki z torów imitacyjnych na innowacyjne (por. Schemat I.3).

W tej części raportu omówiliśmy ogólne ramy i uwarunkowania jakim powinna podlegać polska polityka rozwojowa najbliższych kilkadziesiąt lat. W kolejnych częściach staramy się te ramy uszczegółowić, proponując program niskoemisyjnej modernizacji Polski do roku 2050. Przyglądamy się w nim z jednej strony problematyce efektywności energetycznej m.in. w budownictwie, przemyśle i transporcie, a z drugiej strony niewykorzystanemu jak dotąd potencjałowi ewolucyjnej przebudowy polskiej energetyki w stronę modelu znacznie bardziej zrównoważonego i zdywersyfikowanego niż dzisiejszy. Staramy się przy tym nie

tylko ocenić jakościowo i ilościowo skutki jakie niskoemisyjna modernizacja mogłaby przynieść polskiej gospodarce, ale także zaproponować wachlarz konkretnych instrumentów polityk publicznych, których wcielenie w życie bardzo uprawdopodobniłoby maksymalizację korzyści jakie polskie społeczeństwo mogłoby odnieść z obrania proponowanej przez nas ścieżki zmian.

Wykres I.16. Pułapka średniego dochodu oraz dwie możliwe ścieżki rozwoju Polski



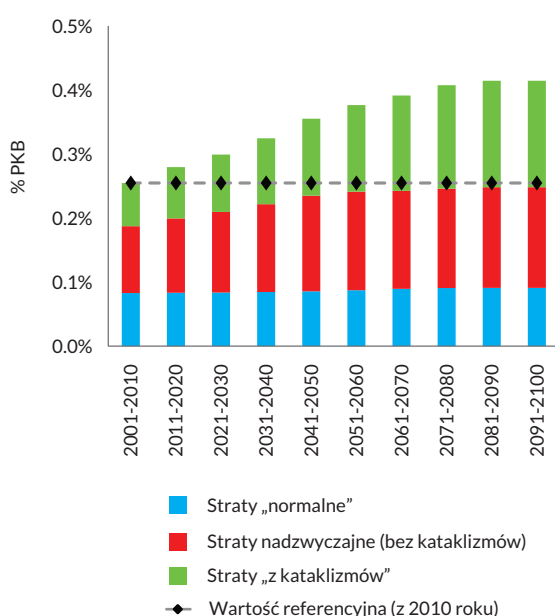
Źródło: Opracowanie własne

## Ramka I.8. Adaptacja: tak, ale czy w zamian za ograniczenie emisji?

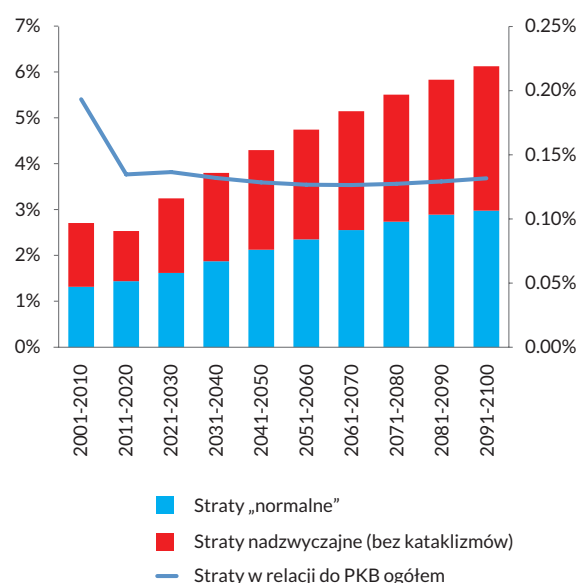
Od początku sformalizowania problemu ocieplenia globalnego i nadania mu międzynarodowej rangi politycznej tj od lat 1988-1990 cały wysiłek kładziony był na problem redukcji emisji i tym samym ograniczenia koncentracji gazów cieplarnianych w atmosferze w celu ograniczenia wzrostu temperatury. Jednak im więcej czasu upływa od chwili podjęcia rezolucji 45/212 przez Zgromadzenie Ogólne ONZ, tym bardziej entuzjazm do podejmowania radykalnych działań redukcyjnych opada. I trudno się temu dziwić. Świat nie składa się z decydentów- idealistów który gotowi są poświęcić interes narodowy lub korporacyjny tak szczytnym celom jak ochrona klimatu.

Skoro realne redukcje emisji są trudne do osiągnięcia, pozostaje jedynie pogodzenie się z faktem, że zmiany klimatu mają i mieć będą miejsce. A skoro tak, to wniosek jest jeden: trzeba się do nich dostosować. Dlatego centrum zainteresowania społeczności międzynarodowej stopniowo przesuwa się z problemu redukcji emisji na problem adaptacji do zmian klimatu. I, jak niektórzy oczekują, w ciągu najbliższych kilku lat będzie to główny problem związany z globalnym ociepleniem.

**Wykres I.17.** Wartość oczekiwana strat ze zjawisk „normalnych” (zdarzających się każdego roku), ekstremalnych i „kataklizmów”



**Wykres I.18.** Straty w rolnictwie w relacji do PKB w rolnictwie (lewa oś) i w relacji do PKB ogółem (prawa oś)



Źródło: Bukowski, Gąska i Śpionek (2012)

Problem adaptacji formalnie istniał w postanowieniach Konwencji Klimatycznej i Protokołu z Kioto od samego początku, jednakże był on głównie ukierunkowany na adaptację w krajach rozwijających się. Miał on na celu zdefiniowanie potrzeb tych krajów w zakresie działań ograniczających wpływ zmian klimatu, które mogą być finansowane przez kraje rozwinięte i organizacje międzynarodowe. Od początku XXI wieku coraz intensywniej problem ten jest podejmowany przez kraje OECD. Powstają różne krajowe dokumenty o charakterze strategicznym definiujące wpływ zmian klimatu na społeczeństwo i gospodarkę oraz określające niezbędne działania, jakie powinny być podejmowane na szczeblu krajowym, regionalnym i lokalnym. W przeciwieństwie do redukcji emisji, ograniczanie skutków zmian klimatu jest problemem, który musi być przede wszystkim rozwiązywany na poziomie mikro, gdyż ich skutki uzależnione są od lokalnych warunków geograficznych i infrastrukturalnych. Takie zjawiska jak powódzie, susze, silne wiatry czy upały mają zasięg najwyżej regionalny i działania ograniczające ich skutki muszą być rozpatrywane w takiej skali. Polska podjęta w 2011 roku prace nad utworzeniem krajowej strategii adaptacyjnej. Jej pierwszy etap do roku 2020 został zakończony i poddany konsultacjom społecznym, a obecnie jest skierowany do akceptacji przez Rząd. Strategia jest ściśle związana z pakietem rządowych strategii społeczno-gospodarczych i określa działania, jakie powinny zostać podjęte w celu ograniczenia skutków zmian klimatu w kraju. Problemem decydującym o powodzeniu realizacji strategii jest na obecnym etapie zwiększenie świadomości społeczeństwa i decydentów o problemach adaptacji i możliwościach realizacji stosownych działań ograniczających negatywny wpływ zmian klimatu. Pomocą może służyć zarówno tworzona strona internetowa KLIMADA (w trakcie uruchamiania) jak i portal Unii Europejskiej Climate-ADAPT a także ogłoszona w kwietniu strategia adaptacyjna Unii Europejskiej.

Autor: prof. dr hab. Maciej Sadowski, Instytut Ochrony Środowiska

## Podsumowanie

Niskoemisyjna transformacja i niezbędna modernizacja polskiej gospodarki są ze sobą ściśle związane. Dziś, po ponad dwudziestu latach szybkiego wzrostu gospodarczego, wspartego przystąpieniem do Unii Europejskiej, Polska może wkroczyć na jedną z dwóch alternatywnych ścieżek rozwoju. Pierwsza sprowadza się do pozostania przy *status quo ante*, co w horyzoncie 20 lat przełoży się na spowolnienie dynamiki wzrostu i wpadnięcie w tzw. pułapkę średniego dochodu. Niechęć polityki do zmiany Polski sprawi, że podążymy drogą gospodarek południowej Europy, pozostając z tyłu, daleko za peletonem państw rozwiniętych. Alternatywą jest scenariusz modernizacji, w którym przyszły rozwój opiera się na trzech silnych filarach: wysokiej jakości instytucjach, innowacyjności oraz efektywności zasobowej. Reformy adresujące te obszary zwiększą szanse Polski na osiągnięcie wysokiego poziomu rozwoju i pozwolą jej na dołączenie do liderów europejskich i światowych w perspektywie roku 2050.

W niniejszej Części staraliśmy się pokazać, że te trzy kluczowe cele modernizacji są silnie sprzężone z niskoemisyjną transformacją. Polepszenie jakości regulacji oraz zrównoważenie krótko-, średnio- i długookresowych polityk rozwojowych nakreśli stabilne warunki niskoemisyjnych inwestycji, a także zagwarantuje, że koszty zewnętrzne funkcjonowania sektora energetyki znacząco się obniżą. Wydatki na polski potencjał innowacyjny nie tylko zmotywują rynek do poszukiwania rozwiązań problemów środowiskowych, ale również te rozwiązania wytworzą, co pozwoli Polsce stać się producentem (i być może eksporterem) przełomowych zielonych technologii. Poprawa efektywności zasobowej zależy w dużym stopniu od działań w obszarze efektywności energetycznej, które zbudować mogą trzon efektywnej energetycznie gospodarki przyszłości, jednak nie ograniczają się do nich, obejmując również reformy rynku pracy pozwalające na lepsze spożytkowanie kapitału ludzkiego i reformy rynku produktów poprawiające alokację kapitału w gospodarce. Stanie się to możliwe także dzięki powstaniu wielu zielonych miejsc pracy.

Warto podkreślić, że model niskoemisyjnej modernizacji nie realizuje jednego zamiaru – uniknięcia negatywnych skutków zmian klimatu – lecz cały ich katalog. Udowadniamy, że działania przyczyniające się do realizacji scenariusza modernizacyjnego nie tylko nie hamują rozwoju naszego kraju, ale wręcz wspierają go i przyspieszają. Oznacza to, że w dobie coraz silniejszej konkurencji globalnej efektywność zasobowa i prowadzące do niej innowacje mogą stać się języczkiem u wagi, decydującym o rozwojowym być albo nie być. Choć działania te wiążą się z realnymi kosztami, warto uzmysłwić sobie, że korzyści mają charakter nie mniej materialny. Troska o redukcję emisji dotyczy dziś bowiem nie tylko najbogatszych gospodarek świata, ale i wielu państw rozwijających się, na czele z Chinami i Indiami. Paleta działań możliwych do podjęcia przez władze krajowe rozpocząć się powinna od tych polityk publicznych, których efekty rozlegają się na funkcjonowanie kluczowych rynków lub gospodarstw domowych. Pozytywne skutki zmian odczuwalne będą zatem nie tylko na rynku dóbr i usług, ale również na rynku pracy oraz w formie lepszej strategii rozwoju całego kraju.





niskoemisyjna  
Polska 2050

II.

# EFEKTYWNOŚĆ ENERGETYCZNA

Maciej Bukowski, Jan Gąska, Anna Pankowicz, Aleksander Śniegocki



## Wprowadzenie

Kiedy polska prasa zastanawia się nad redukcją emisji CO<sub>2</sub> skupia się zazwyczaj na sektorze energetycznym zapominając, że producentami i odbiorcami energii są także inne sektory: gospodarstwa domowe, usługi, transport, przemysł i rolnictwo. Odpowiadają one często nie mniejszym niż energetyka stopniu za emisję nie tylko dwutlenku węgla, ale i wielu innych szkodliwych dla zdrowia substancji takich jak pyły zawieszane, tlenki azotu i siarki czy metale ciężkie. Właśnie w tych sektorach kryje się ogromny a jednocześnie wciąż niedostrzegany potencjał modernizacyjny, którego wykorzystanie nie tylko służyłoby naszemu zdrowiu i naszym portfelom, ale ułatwiłoby niełatwą transformację sektora energetycznego.

Pierwszy rozdział poświęciliśmy sektorowi budownictwa, zarówno mieszkalnego, jak i użytkowego. Prezentujemy w nim ogólne wzorce konsumpcji energii cieplnej i elektrycznej w polskich gospodarstwach domowych i firmach, analizując przełożenie tych wielkości na perspektywę finansową gospodarstwa domowego i mikroprzedsiębiorstwa, a także zarysowujemy potencjał wdrożenia praktyk efektywności energetycznej w branży. Nasze rozważania osadzamy w realiach międzynarodowych, wskazując na te doświadczenia europejskie i światowe, na których powinniśmy się opierać, planując i wdrażając politykę podnoszenia efektywności energetycznej naszej substancji mieszkaniowej i budynków komercyjnych. Bazując na dotychczasowych kierunkach rozwoju polskiego budownictwa, formułujemy scenariusz odniesienia - towarzyszące mu założenia, prognozowane zmiany postaw w społeczeństwie oraz konsekwencje jakie Polska poniesie jeśli jej polityka publiczna będzie zachowawca. Przewidywane zmiany są tu powolne, a potencjał oszczędności w dużej mierze niewykorzystany. Kontrastem dla tej ścieżki jest scenariusz modernizacji, w którym do Polski w krótkim czasie wkraczają normy budownictwa nisko i zeroenergetycznego. Społeczeństwo, świadome korzyści płynących z nowych standardów, chętnie je wdraża, co ułatwiane jest przez mądrze zaprojektowane publiczne wsparcie finansowe i podatkowe. Postępuje elektryfikacja systemów grzewczych, zużycie energii spada, a wydatki na ogrzewanie maleją. Jednocześnie wzrasta średnia temperatura w budynkach. Rozdział kończy analiza kosztów i korzyści transformacji nieskoenergetycznej - w ujęciu finansowym oraz pod kątem emisji. Wskazuje ona jednoznacznie na wysoką opłacalność tego wyboru dla indywidualnych inwestorów i całego społeczeństwa.

Drugi rozdział dotyczy newralgicznego w wymiarze krajowym sektora transportu. Z uwagi na kluczową rolę, jaką odgrywa on w funkcjonowaniu polskiej gospodarki, wszelkie sugerowane zmiany, nawet jeśli przynoszą wymierne korzyści zdrowotne czy środowiskowe, rozważane muszą być w kontekście celu nadrzędnego, jakim jest zapewnienie płynnego przewozu pasażerów oraz dóbr. Przedstawiamy te specyficzne cechy sektora i określamy, jakimi alternatywnymi ścieżkami może on podążać w przyszłości. Tradycyjnie, opieramy się o przykłady zagraniczne, które pomagają nam w identyfikacji prawdopodobnych trendów mobilności w najbliższych dekadach. Następnie wprowadzamy Czytelnika do scenariusza odniesienia, analizując możliwe skutki rozwoju sektora transportu w tym scenariuszu. Prognozujemy rozwój wzorców transportowych obywateli i firm, oraz oceniamy

ryzyko, jakie niesie ze sobą opieszale podążanie drogą innowacji technicznych w tym sektorze. Alternatywną ścieżkę rozwoju tworzy prezentowany dalej scenariusz modernizacji. Zakłada on szybsze wdrażanie norm środowiskowych stawianych samochodom dopuszczanym do ruchu w Polsce, upowszechnianie się biopaliw oraz racjonalne zarządzanie przestrzenią miejską i promocję zrównoważonego transportu w obszarach natężonego ruchu. Analiza kosztów i korzyści inwestowania w podnoszenie efektywności paliwowej nie pozostawia wątpliwości co do tego, że jest to opcja wysoce opłacalna w sensie ekonomicznym, środowiskowym, zdrowotnym i czasowym.

W ostatnim rozdziale zawarliśmy analizę modernizacji trzech istotnych sektorów gospodarki: przemysłu, rolnictwa i zarządzania odpadami. W tej kolejności omawiamy równolegle najpierw charakterystykę branż, a następnie trendy ich rozwoju w ujęciu międzynarodowym wraz z prezentacją dobrych praktyk oraz głównymi działaniami modernizacyjnymi. Następnie pochyliśmy się nad przyszłością tych sektorów w scenariuszu odniesienia, omawiając główne czynniki, które, jak sądzimy, będą wpływać na nie w ciągu najbliższych kilku dekad. Pokazujemy skutki pasywnej polityki publicznej i opieszalności we wprowadzaniu działań modernizacyjnych przez podmioty prywatne. Dalej, omawiamy scenariusz modernizacji, a więc zastanawiamy się, na ile optymalnie ukształtować można rozwój badanych gałęzi przy założeniu konsekwentnych działań w sektorze publicznym oraz prywatnym, z uwzględnieniem odrębnych cech analizowanych branż, które rodzą zróżnicowane szanse i wyzwania. Koszty i korzyści płynące z inwestycji w efektywność energetyczną w przemyśle oraz zarządzanie odpadami i generację energii w rolnictwie omawiamy szerzej w końcowej części rozdziału, gdzie analizujemy wpływ transformacji na wielkości finansowe oraz te rzadziej mierzone - środowiskowe i zdrowotne. Ważnym atutem tego scenariusza jest podniesienie społecznej świadomości w zakresie efektywności energetycznej, co, jak można sądzić, przyniesie dobre owoce również w innych sferach życia i gospodarowania.

# 1 BUDYNKI EFEKTYWNE ENERGETYCZNIE

## Wprowadzenie

**Podniesienie efektywności energetycznej budynków przyczyni się do znaczącego ograniczenia zużycia energii w całej gospodarce.**

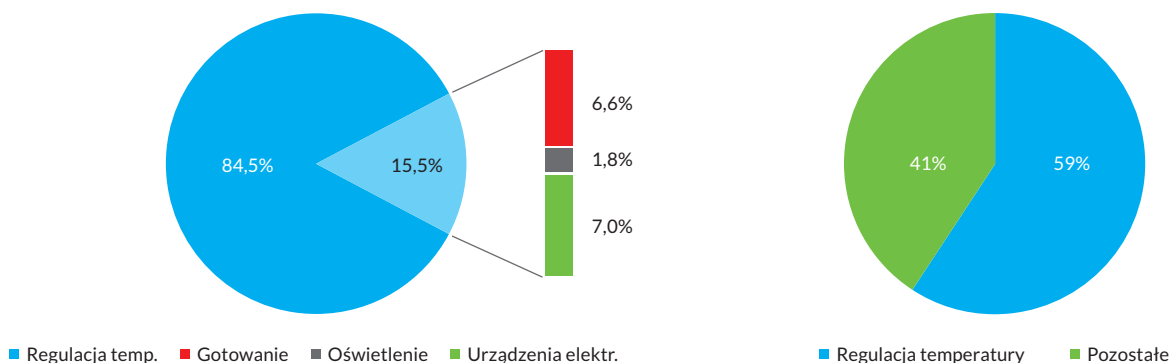
Na ogrzewanie, klimatyzowanie oraz oświetlenie budynków przeznaczana się około 30% całej zużywanej na świecie energii. W krajach OECD, w których przez większą część roku temperatura powietrza istotnie odbiega od wartości dla człowieka optymalnej, udział ten sięga nawet 40%, przy czym za dwie trzecie odpowiadają mieszkania prywatne, a za jedną trzecią – pomieszczenia komercyjne i budynki publiczne. Polska nie jest tu wyjątkiem: aż 32% konsumpcji energii netto w naszym kraju przypada na gospodarstwa domowe, a 13% na nietransportowe firmy usługowe, instytucje rządowe i samorządowe. Tym samym, łączne zapotrzebowanie na energię ze strony budownictwa mieszkaniowego i komercyjnego (ok. 320-340 TWh) daleko przekracza to, jakie zgłasza transport (ok. 200 TWh), przemysł (ok. 160 TWh) czy rolnictwo (ok. 60 TWh). Nic więc dziwnego, że to właśnie poprawa efektywności energetycznej budynków jest, obok redukcji zużycia paliw w transporcie, tym obszarem, z którym wiąże się najwięcej nadziei na zmniejszenie naszego zapotrzebowania na energię w przyszłości.

Oszczędności te mają przy tym silnie ekonomiczne podłoże. Przeciętne polskie gospodarstwo domowe przeznaczają dziś na

energii ok. 15% swojego rocznego budżetu, tj. 4,8 mld złotych. Zmniejszenie tych wydatków wymagałoby od Polaków przede wszystkim ograniczenia strat energii cieplnej w mieszkaniach i domach prywatnych oraz instalowania mniej energochłonnych systemów grzewczych, urządzeń AGD i oświetlenia. Także sektor usługowy, tworzący ponad 65% polskiego PKB, mógłby znacząco skorzystać na termomodernizacji, poprawie efektywności energetycznej oświetlenia oraz urządzeń biurowych. Większość konsumowanej energii spożytkowuje on dziś bowiem na cele podobne do gospodarstw domowych: ogrzewanie (ok. 59%), zasilanie urządzeń elektrycznych czy oświetlenie (por. Wykres II.B.1). Wydatki na energię powiązaną z prywatnymi, publicznymi i komercyjnymi budynkami kosztuje więc dziś gospodarkę ponad 70 mld złotych, czyli ok. 4% PKB rocznie, tworząc swoistą rezerwę, której spożytkowanie dzięki wzrostowi efektywności podniosłoby nie tylko wydajność polskiej gospodarki, lecz także dobrobyt społeczny, uwalniając część środków przeznaczaną do tej pory na ogrzewanie i zasilanie urządzeń elektrycznych na inne cele.

Wykorzystanie potencjału efektywności energetycznej w budynkach zależeć będzie od rozproszonych, indywidualnych decyzji poszczególnych gospodarstw domowych i firm. Te z kolei pozostawać będą pod wpływem czynników o charakterze makroekonomicznym, technologicznym i instytucjonalnym,

**Wykres II.B.1.** Szacunkowa struktura zużycia energii w gospodarstwach domowych (lewy panel) i w sektorze usług (prawy panel) w Polsce; 2010



Uwaga: Pominięto paliwa w transporcie

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS

takich jak ceny nośników energii, dostępność energooszczędnych rozwiązań konstrukcyjnych czy kształt publicznych programów termomodernizacyjnych. Oznacza to, że dynamika oraz skala poprawy energochłonności polskiego budownictwa w najbliższych kilku dekadach jest *a priori* nieznana. Dla celów niniejszego raportu postanowiliśmy więc, podobnie jak w wypadku sektora transportowego, przemysłowego oraz energetyki, porównać ze sobą dwa scenariusze:

1. **scenariusz odniesienia (BAU)**, w którym wsparcie regulacyjne, finansowe i instytucjonalne ze strony państwa dla energooszczędnych rozwiązań w budownictwie pozostaje na dotychczasowym poziomie, oraz
2. **scenariusz modernizacji (MOD)**, w którym przeprowadzany jest, wspierany przez państwo świadomą polityką, kompleksowy program modernizacji energetycznej polskiego budownictwa.

Podstawę scenariusza odniesienia w zakresie zużycia energii w budynkach tworzy referencyjny scenariusz makroekonomiczny opisany w Części IV. Przewiduje on stopniową, rozłożoną na ok. 30 lat konwergencję gospodarczą Polski do średniego europejskiego poziomu, w ślad za którą postępuje ewolucyjna poprawa efektywności energetycznej w poszczególnych segmentach gospodarki, w tym – w eksploatacji budynków mieszkalnych, komercyjnych i publicznych. Pasywna postawa państwa jako promotora modernizacji w tym scenariuszu sprawia jednak, że jej poprawa w horyzoncie prognozy jest zawężona do bezpośredniej kontynuacji trendów znanych z przeszłości. Tym samym, w scenariuszu odniesienia zakładamy, że potencjał technologiczny ograniczenia strat energii w prywatnych, publicznych i komercyjnych budynkach nie zostanie w pełni wykorzystany.

W odróżnieniu do scenariusza odniesienia, scenariusz modernizacji przewiduje (por. Część IV), że polska polityka publiczna przyjmie w nadchodzących dekadach jednoznacznie proaktywną

**Polityka wspierania działań modernizacyjnych w budynkach jest warunkiem koniecznym pełnego wykorzystania potencjału technologicznego w zakresie ograniczenia strat energetycznych.**

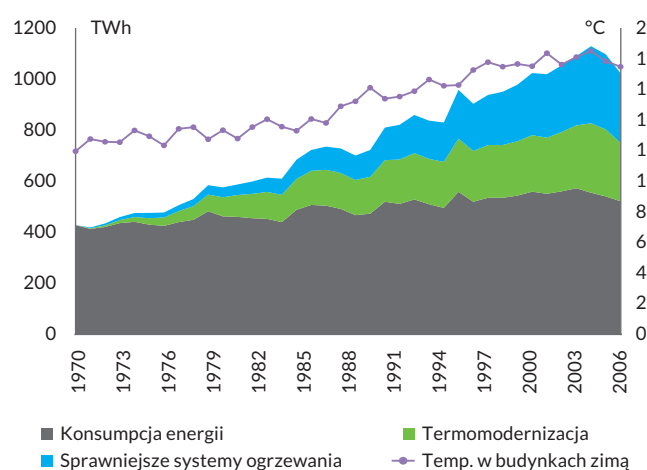
postawę wobec głównych wyzwań rozwojowych: konkurencyjności instytucjonalnej, innowacyjności oraz efektywnego wykorzystania zasobów. W szczególności oznacza to wsparcie dla racjonalnego gospodarowania energią w budownictwie oraz promocję efektywnych energetycznie rozwiązań technicznych w obszarze AGD, RTV i urzędzeń biurowych. Analizując scenariusz modernizacji, przyglądamy się korzyściom, jakich polskim gospodarstwom domowym i firmom mogłoby przysporzyć wcielenie w życie kompleksowego programu termomodernizacji, a także konsekwentne podnoszenie standardów efektywnościowych nie tylko w budownictwie, lecz także w odniesieniu do urzędzeń tworzących wyposażenie mieszkań prywatnych oraz biur i innych powierzchni komercyjnych. Korzyści te zestawiamy z kosztami, jakie musiałyby ponieść polskie gospodarstwa domowe i firmy usługowe w związku z tym jednoznacznie proefektywnościowym kierunkiem zmian.

## Doświadczenia międzynarodowe

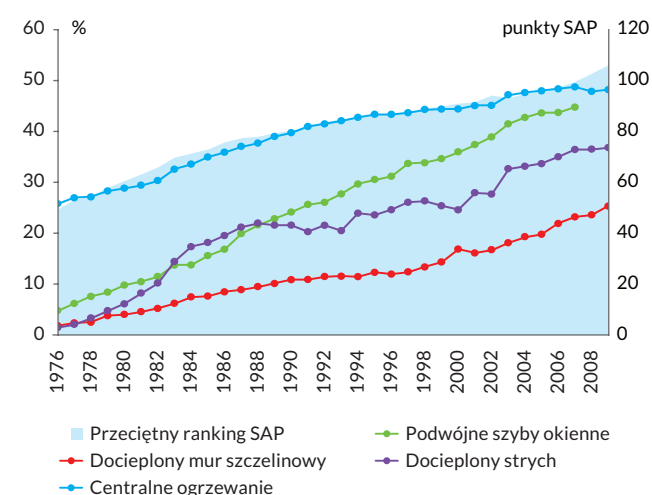
**Działania termomodernizacyjne przekładają się na realne oszczędności w wydatkach na energię, zarówno gospodarstw domowych jak i firm, oraz poprawę komfortu życia.**

Znacząca redukcja wydatków na energię, dzięki konsekwentnym działaniom modernizacyjnym w obszarze budownictwa mieszkaniowego i komercyjnego, nie jest koncepcją czysto teoretyczną. W ostatnim czterdziestoleciu stała się ona udziałem wszystkich państw rozwiniętych,

**Wykres II.B.2.** Struktura oszczędności energii w brytyjskich budynkach wskutek wzrostu efektywności energetycznej; 1970-2007



**Wykres II.B.3.** Brytyjskie gospodarstwa domowe w budynkach po termomodernizacji oraz przeciętna efektywność energetyczna; 1976-2010



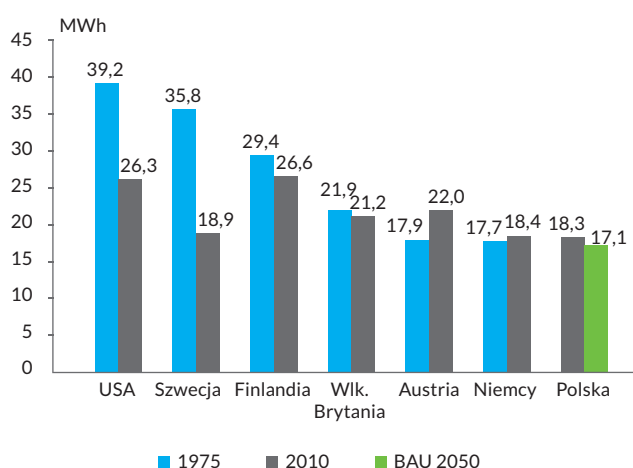
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych DECC

w tym m.in. USA, Wielkiej Brytanii czy Niemiec. Przykładowo: przeciętny Brytyjczyk jeszcze na początku lat 1970. przeznaczał na ogrzewanie i oświetlenie swojego mieszkania ok. 6% własnej pensji – dziś jest to już tylko 4%. Tylko częściowo trend ten można wyjaśnić wzrostem realnych dochodów, które w tym okresie zwiększyły się o 170%. Gdyby nie usprawnienia w systemach ogrzewania i termomodernizacja, zużycie energii na cele mieszkaniowe w Wielkiej Brytanii, a tym samym – prywatne wydatki na ogrzewanie i oświetlenie – byłyby dziś dwukrotnie wyższe. Warto podkreślić, że w przeszłości ważnym motywem podnoszenia efektywności energetycznej budynków były nie tylko korzyści finansowe, lecz także potrzeba podniesienia temperatury pomieszczeń w okresie jesienno-zimowym. Jeszcze w roku 1975 Brytyjczycy w czasie chłódów musieli chodzić po domu

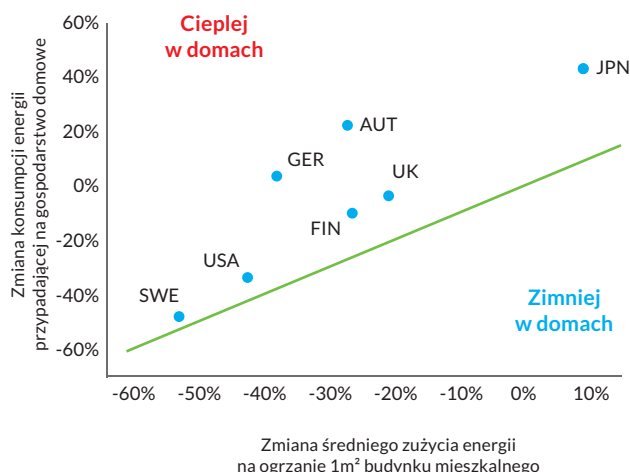
w swetrach. Dziś, dzięki inwestycjom w centralne ogrzewanie i termomodernizację, jest to już rzadkie, gdyż niezależnie od aury pogodowej średnia temperatura w brytyjskich mieszkaniach w zimie wynosi 18 stopni – o połowę więcej niż cztery dekady temu (por. Wykres II.B.2).

Długookresowy trend poprawy efektywności energetycznej budynków i podnoszenia standardu korzystania z nich w okresie zimowym nie jest przy tym specyfiką Wielkiej Brytanii. Wprost przeciwnie, na przestrzeni ostatniego czterdziestolecia zaznaczył się on wyraźnie we wszystkich krajach rozwiniętych (por. Wykres II.B.6). Przepiętne zużycie energii przypadającej na 1m<sup>2</sup> powierzchni mieszkalnej w latach 1975-2010 zmniejszyło się, w zależności od kraju, o 25-50%. Na uwagę zasługują zwłaszcza

**Wykres II.B.4.** Przepiętne roczne zużycie energii w gospodarstwach domowych na cele mieszkaniowe

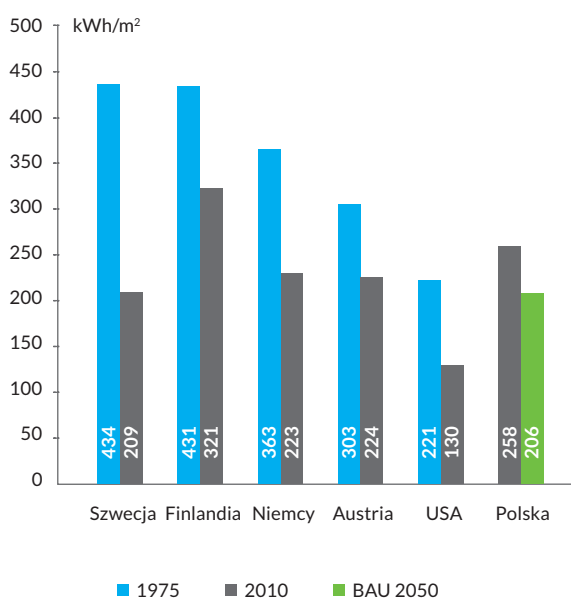


**Wykres II.B.5.** Efektywność energetyczna i konsumpcja energii w budynkach; 1975-2010

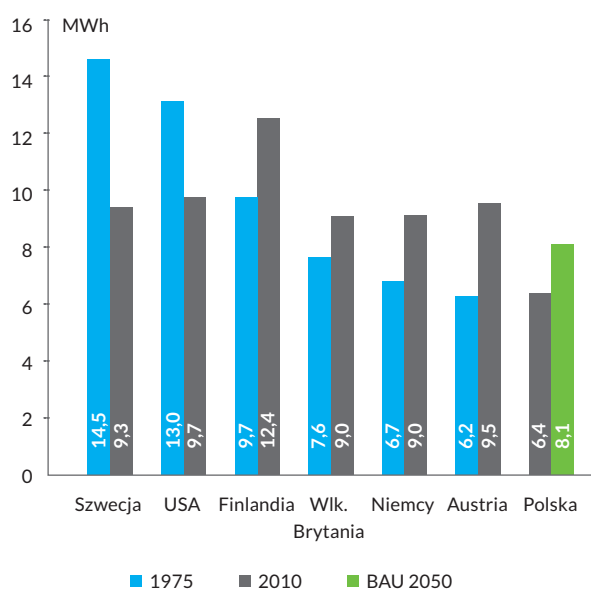


Źródło: Opracowanie własne

**Wykres II.B.6.** Przepiętne roczne zużycie energii w budynkach mieszkalnych



**Wykres II.B.7.** Przepiętne roczne zużycie energii per capita w budynkach



Źródło: Opracowanie własne

Stany Zjednoczone i Szwecja, w których odnotowano największy postęp, dzięki czemu szczególnie rozrzutne gospodarowanie energią (charakterystyczne dla lat 60.) odeszło w niepamięć. Bodźcem, który skłonił szwedzkie i amerykańskie gospodarstwa domowe do inwestowania w termomodernizację oraz elektryfikację własnych systemów grzewczych, był silny wzrost cen ropy naftowej i gazu w połowie lat 70. Duże zużycie tych paliw przekonało zarówno gospodarstwa prywatne i firmy, jak i rządy, do działania, co przełożyło się na szczególnie znaczące (na tle innych państw OECD) obniżenie ilości energii niezbędnej do ogrzania przeciętnego domu w USA i Szwecji. W pozostałych krajach rozwiniętych, w których już w połowie lat 1970. zużycie energii nie było nadmierne, bodźce cenowe do poprawy efektywności energetycznej były słabsze.

**Silnym bodźcem do ograniczenia zużycia energii były szoki naftowe w latach 70., jednak kraje rozwinięte również w późniejszym okresie wdrażały aktywną politykę w obszarze efektywności energetycznej budynków.**

Mimo to, aktywna polityka rządów także w ich wypadku stopniowo podnosiła obowiązujące standardy budowlane i wspomagala termomodernizację istniejących budynków, zbiegając się w czasie z szybką poprawą warunków mieszkaniowych mierzonych rosnącym rozmiarem powierzchni przypadającej na jednego mieszkańca. Dzięki

temu, konsumpcja energii w Niemczech, Austrii czy Finlandii mogła na przestrzeni lat 1975-2010 zauważalnie wzrosnąć, mimo że jednocześnie energochłonność budynków spadała. Podobnie jak w Wielkiej Brytanii, pozwoliło to także (jak można sądzić) na wzrost średnich temperatur we wnętrzach w okresie zimowym (por. Wykres II.B.5).

## Podstawowa termomodernizacja i energochłonne wyposażenie – scenariusz odniesienia

**Choć zużycie energii w gospodarstwach domowych nie różni się znacząco między Polską a Europą Zachodnią, przyczyną nie jest modernizacja, a oszczędność. Świadczy to o niższym komforcie mieszkalnictwa w naszym kraju.**

Doświadczenia ostatniego czterdziestolecia zdobyte przez kraje rozwinięte dostarczają istotnych wskazówek do prognozowania zmian w prywatnym zapotrzebowaniu na energię do roku 2050. Średnie wykorzystanie energii przypadające na 1 m<sup>2</sup> domu czy mieszkania w Polsce (232 kWh/m<sup>2</sup> rocznie) nie odbiega dziś znacząco od poziomu niemieckiego, austriackiego czy szwedzkiego.

Tabela II.B.1. Mieszkania i budynki komercyjne – scenariusz odniesienia

	PKB p.c. (PPP, tys. EUR 2010)	Ludność (mln)	Średnia płaca (EUR/mc, ceny 2010)	Powierzchnia mieszkalna (mln m <sup>2</sup> )	Liczba mieszkań (mln)	Średnia pow. jednego mieszkania (m <sup>2</sup> )	Średnia pow. mieszkania p.c. (m <sup>2</sup> )
2010	15,3	38,3	700	951	13,4	70,9	24,9
2020	21,2	38,4	972	1113	15,1	73,9	29,0
2030	28,4	37,8	1302	1240	16,1	77,1	32,8
2040	38,1	36,4	1747	1317	16,4	80,2	36,2
2050	43,8	34,9	2008	1372	16,5	83,2	39,3

	Produkt. pracy w usługach (tys. EUR 2010)	Zatrudnienie w usługach (mln)	Udział usług w PKB (%)	Pow. komercyjna (mln m <sup>2</sup> )	Liczba m <sup>2</sup> na zatrudnionego w usługach	Produkt. pow. w usługach (tys. EUR 2010 /m <sup>2</sup> )	Średnia pow. komercyjna p.c. (m <sup>2</sup> )
2010	42,6	9,3	68,0	402,4	43,2	1,0	10,5
2020	52,2	10,9	69,8	442,9	40,8	1,3	11,5
2030	68,4	11,2	71,3	462,5	41,4	1,7	12,2
2040	89,4	11,2	72,4	459,5	41,0	2,2	12,6
2050	111,3	10,1	73,3	442,1	44,0	2,5	12,7

Źródło: Opracowanie własne

To samo można powiedzieć o energii konsumowanej przez typowe gospodarstwo domowe (16,4 MWh rocznie). Nie oznacza to jednak, że nasz wzorzec zapotrzebowania na energię jest zbliżony do zachodnioeuropejskiego. Przeciętny Polak zużywa dziś bowiem w ciągu roku zaledwie 5,8 MWh ciepła i prądu elektrycznego, a więc o połowę mniej niż Niemiec czy Anglik. Tym samym, obserwowany brak różnic między Polską a Europą Zachodnią w odniesieniu do popytu na energię średniego gospodarstwa domowego nie jest pochodną zmodernizowanej infrastruktury mieszkaniowej, lecz raczej wynikiem oszczędnego gospodarowania energią jako taką. Polacy zużywają mało prądu, węgla czy gazu do celów prywatnych, mimo że budynki, w których mieszkają, nie są dostatecznie docieplone, a temperatury we wnętrzach w okresie zimowych są niższe niż na Zachodzie. Przypominamy pod tym względem raczej Europę lat 1970. niż współczesną.

**Rozwój gospodarczy i związany z nim wzrost zamożności Polaków, a także spodziewane w kolejnych dekadach zmiany demograficzne, wywołają wzrost zapotrzebowania na energię w budynkach.**

Opisany w Części IV bazowy scenariusz makroekonomiczny przewiduje, że w najbliższych czterech dekadach dochody przeciętnej polskiej rodziny wzrosną niemal trzykrotnie. Wzrost zamożności społeczeństwa sprzyjać będzie zwiększeniu wydatków na utrzymanie pożądanej temperatury w pomieszczeniach, skurczy się bowiem grupa ludzi zmuszonych do oszczędzania na ogrzewaniu w zimie. Jednocześnie przełoży się to na kilka innych procesów stymulujących popyt na energię – podobnych do tych, jakie zachodziły w Europie zachodniej po roku 1970. Po pierwsze, spodziewamy się, że w wyniku przemian demograficznych liczba niezależnych gospodarstw domowych zwiększy się o 25%. Po drugie, rosnąca zamożność Polaków pozwoli na wzrost średniej powierzchni mieszkalnej *per capita* o 50%. Po trzecie, w posiadaniu gospodarstw domowych znajdzie się znacznie więcej zasilanych prądem dóbr trwałego użytku. Po czwarte, mimo pewnych postępów w zakresie termomodernizacji, relatywny spadek roli ogrzewania i chłodzenia (traktowanego łącznie) w bilansie energetycznym mieszkań prywatnych nie będzie miał miejsca. Wynika to ze wzrostu pożądanych w nich temperatur w okresie zimowym oraz upowszechnienia klimatyzacji, wraz z rosnącymi dochodami. Po piąte, większe znaczenie sektora usług w gospodarce stymulować będzie rozbudowę powierzchni biurowej i magazynowej wymagającej ogrzewania, klimatyzowania i oświetlenia, podnosząc rolę budynków komercyjnych w całkowitym bilansie energetycznym. Po szóste, w ślad za coraz większą komputeryzacją i mechanizacją całej gospodarki, rosnąć będzie także popyt sektora usługowego na urządzenia elektroniczne, a co za tym idzie – wzrośnie udział elektryczności w całkowitym popycie na energię ze strony budynków komercyjnych (por. Tabela II.B.1).

Równoległe do zjawisk stymulujących wzrost zapotrzebowania na energię zakładamy kontynuowanie procesów sprzyjających jej oszczędzaniu. Poprawne przeprowadzenie termomodernizacji budynku pozwala znacznie obniżyć jego zapotrzebowanie na energię cieplną, jednak proces ten, w sytuacji

braku zainteresowania ze strony polityki publicznej, zachodzi powoli ze względu na szereg zawodności rynku zmniejszających liczbę gospodarstw domowych i firm zainteresowanych inwestowaniem w termomodernizację. Wśród najważniejszych z nich należy wymienić:

- **niedostateczną informację wśród inwestorów** – brak wiedzy o dostępnych rozwiązaniach, ich kosztach i korzyściach. Ze względu na niewielkie rozpowszechnienie domów niskoenergetycznych, inwestorzy nie mieli okazji poznać zasad ich działania. Opcja niskoenergetyczna często nie jest w ogóle brana pod uwagę lub odrzucana z powodu ryzyka inwestowania w mało znaną technologię.
- **ograniczenia kapitałowe i płynnościowe inwestorów** – wielu potencjalnych inwestorów nie jest w stanie zdobyć kapitału początkowego niezbędnego do rozpoczęcia projektu.
- **deficyt know-how architektów** – odejście od tradycyjnych projektów na rzecz budynków energooszczędnych wymaga od architektów poniesienia nakładów na zdobycie nowych kwalifikacji oraz angażowania się w bardziej skomplikowane prace projektowe niż dotychczas.
- **wysokie postrzegane ryzyko inwestycji** – przy budowie domu niskoenergetycznego i pasywnego kluczową kwestią jest profesjonalność wykonania, ponieważ to od niej zależy ostateczne zużycie energii. Inwestorzy mogą się obawiać, że błędy budowlane znacznie ograniczą rzeczywiste oszczędności, podając w wątpliwość ekonomiczny sens inwestycji.
- **problemy związane z rozbieżnością bodźców:**
  - **problem agencyjny** często występuje na rynku mieszkań na wynajem lub czynszowych. Właściciel budynku nie ma motywacji, by inwestować w termomodernizację, ponieważ korzyści w postaci niższych rachunków za ogrzewanie będą osiągały osoby wynajmujące lokale. Te z kolei nie pozostają w jednym miejscu wystarczająco długo, by liczyć na uzyskanie zwrotu z inwestycji.
  - **niespójność czasowa kosztów i korzyści** polega na tym, że koszty termomodernizacji ponoszone są od razu, a zwrot z inwestycji jest rozłożony w czasie i następuje po kilku lub kilkunastu latach. Z tego powodu mniejszą motywację do termomodernizacji wykazują np. osoby starsze.

W scenariuszu odniesienia zakładamy, że państwo nie prowadzi konsekwentnej polityki zmierzającej do przełamania tych barier, w związku z czym podnoszenie efektywności energetycznej budynków przebiega wolniej niż byłoby to optymalne ze społecznego i ekonomicznego punktu widzenia. Dotyczy to po pierwsze zainicjowanego przed ponad dekadą procesu



termomodernizacji istniejących domów prywatnych przy użyciu podstawowych technologii i docieplaniu budynków (podstawowa termomodernizacja, ok. 130 kWh/m<sup>2</sup>, por. Schemat II.B.1). Po drugie, zakładamy, że inercja wynikająca z licznych barier informacyjnych oraz kosztów transakcyjnych w sektorze budowlanym będzie dotyczyła także nowo budowanych budynków, których standard stopniowo osiąga poziom budynków energooszczędnych (ok. 60-70 kWh/m<sup>2</sup>), jednak proces ten będzie stosunkowo powolny i ograniczony technologicznie.

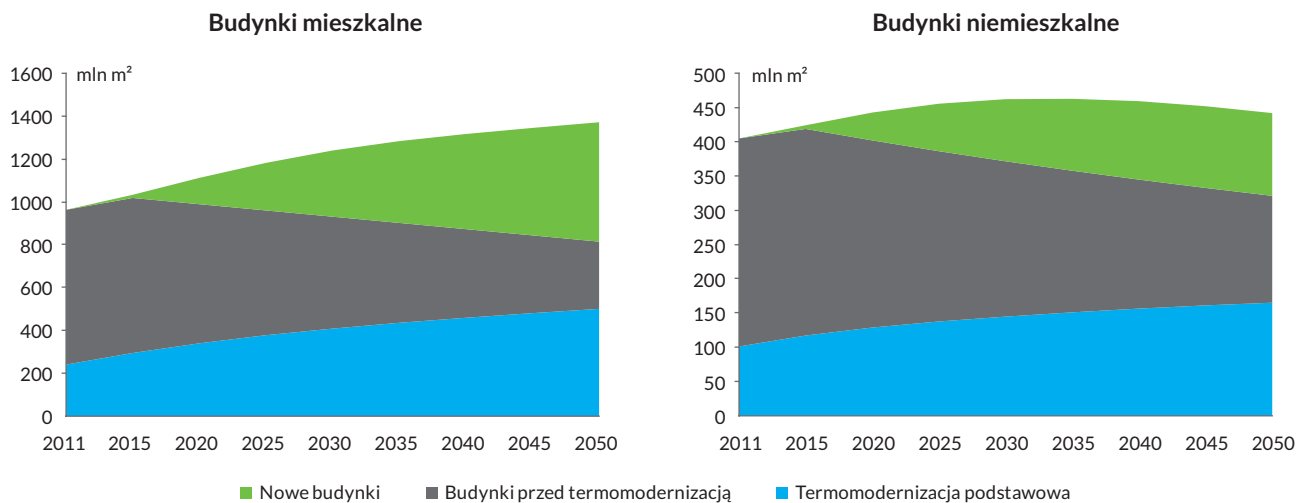
Innymi słowy, brak jednoznacznej orientacji na promocję rozwiązań energooszczędnych w budownictwie spowoduje, że standardy energetyczne stawiane nowym budynkom mieszkalnym i komercyjnym w scenariuszu odniesienia wzrosną,

**Różniczne bariery rynkowe oraz behawioralne ograniczają tempo działań modernizacyjnych w budownictwie.**

jednak skala upowszechnienia najbardziej efektywnych rozwiązań będzie ograniczona. Zakładamy, że do 2050 roku podstawowe rozwiązania zmniejszające zapotrzebowanie na energię ciepłą obejmą ok. 74% wszystkich budynków, jednak istotna część potencjału poprawy efektywności energetycznej, drzemącego

m.in. w uszczelnieniu ścian, docieplaniu dachów i stropów piwnicznych, wymianie okien i drzwi, a także unowocześnieniu technologii ogrzewania budynków i pracach dodatkowych, nie zostanie wykorzystana.

**Wykres II.B.8.** Przeciętne roczne zużycie energii per capita w budynkach – scenariusz odniesienia



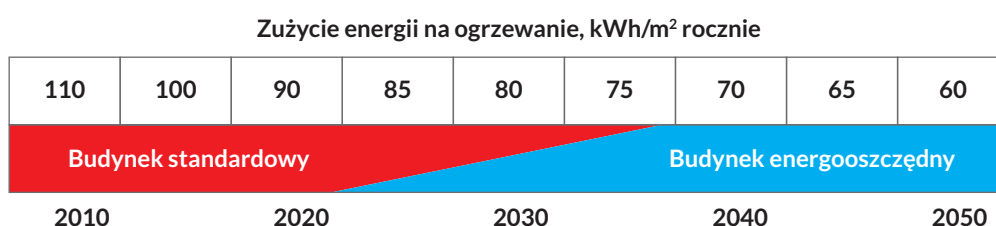
Źródło: Opracowanie własne

**Schemat II.B.1.** Termomodernizacja istniejących budynków mieszkalnych – scenariusz odniesienia



Źródło: Opracowanie własne

**Schemat II.B.2.** Poprawa efektywności energetycznej nowych budynków mieszkalnych – scenariusz odniesienia



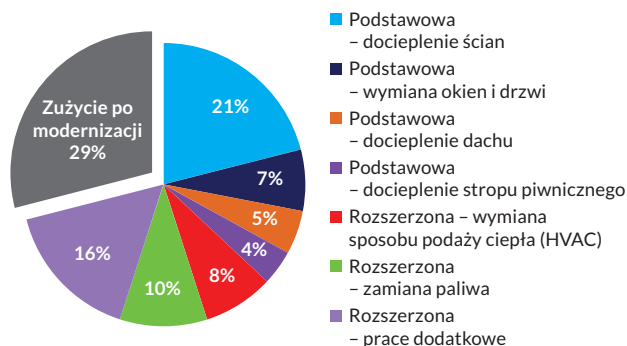
Źródło: Opracowanie własne

## Ramka II.B.1. Rodzaje budynków niskoenergetycznych

### Dom energooszczędny / niskoenergetyczny

Budynki te charakteryzują się zmniejszonym zużyciem prądu w stosunku do zwykłych konstrukcji. Zużycie na m<sup>2</sup> w ciągu roku zawiera się pomiędzy 30 a 70 kWh. Do głównych cech należą: szczelność i izolacja cieplna, kontrolowana wentylacja i redukcja ucieczki ciepła w miejscach szczególnie na to narażonych (tzw. mostkach cieplnych – w okolicach ościeży i nadproży okien i drzwi zewnętrznych, przy połączeniu balkonu ze stropem). Ze względu na wysoką szczelność instalacji, wentylacja grawitacyjna (stosowana powszechnie w tradycyjnych domach, charakteryzująca się wysokimi stratami ciepła) jest niewystarczająca. Konieczny jest montaż wentylacji mechanicznej z rekuperatorem (urządzeniem służącym do odzyskiwania ciepła). Koszt budowy domu niskoenergetycznego nie musi być wyższy od kosztu budowy tradycyjnego domu. Wymaga on lepszej izolacji, jednak ze względu na niskie zapotrzebowanie na ogrzewanie, nie ma konieczności doprowadzania centralnego ogrzewania – wystarcza ogrzewanie elektryczne. Standard energooszczędny w istniejących budynkach mieszkalnych może zostać osiągnięty dzięki rozszerzonej termomodernizacji (por. Wykres II.B.9).

Wykres II.B.9. Potencjał technologiczny oszczędności energii z termomodernizacji



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych FEWE

### Dom pasywny

Budynek uznaje się za pasywny, kiedy roczne zapotrzebowanie na ogrzanie 1 m<sup>2</sup> powierzchni nie przekracza 15 kWh. Osiągnięcie tak niskiego zużycia energii wymaga zastosowania specjalnych materiałów budowlanych charakteryzujących się bardzo wysoką szczelnością. Między innymi występuje konieczność zamontowania specjalnych okien oraz drzwi zewnętrznych. Dodatkowo w utrzymaniu niskiego zużycia energii cieplnej pomaga usytuowanie domu w taki sposób, by najwięcej okien było od strony południowej ('pobór' energii słonecznej) i jak najmniej od strony północnej (zminimalizowanie strat ciepła). Dodatkowo, ze względu na tak niewielkie zapotrzebowanie na ogrzewanie, zamiast tradycyjnych systemów ogrzewania wystarczy pompa ciepła. Wyższe koszty budowy domu mogą być zrekompensowane przez krótki czas wznoszenia konstrukcji, ponieważ najczęściej domy pasywne wykonuje się z prefabrykowanych części.

### Dom zeroenergetyczny

Dom zeroenergetyczny jest skrajnym przypadkiem budynku energooszczędnego, który jest samowystarczalny energetycznie. W takich budynkach całe zapotrzebowanie na energię zarówno elektryczną, jak i cieplną, jest zaspokajane przez energię z niekonwencjonalnych źródeł.

### Dom aktywny/plusenergetyczny

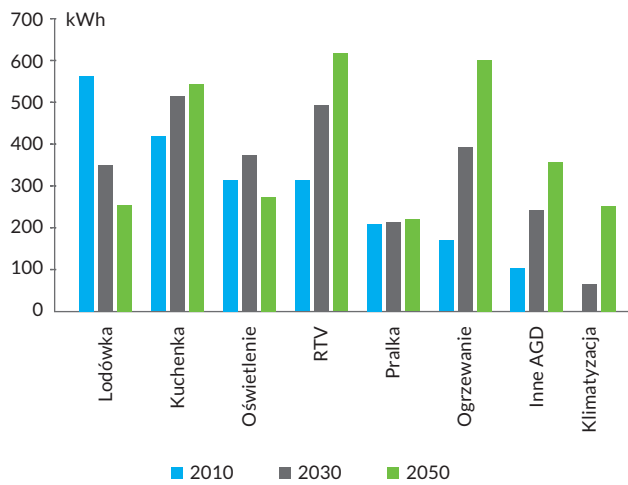
Dom aktywny charakteryzuje się taką samą izolacją jak dom pasywny. Główną różnicą jest to, że w domu aktywnym energia pochodzi z przydomowych instalacji OZE i budynek oprócz konsumpcji energii sprzedaje ją do sieci.

Tabela II.B.2. Rodzaje budynków niskoenergetycznych i ich zastosowanie – scenariusz odniesienia i scenariusz modernizacji

Typ budynku mieszkalnego	Energia potrzebna do zaspokojenia obecnych potrzeb grzewczych	Zastosowanie w scenariuszach	
		Odniesienia	Modernizacji
Stary standard	150-250 kWh/m <sup>2</sup> rocznie.	Spada z 75% do 26%	Spada z 75% do 10%
Nowy standard	90-120 kWh/m <sup>2</sup> rocznie.	Standard nowych budynków do 2030 roku, podstawowa termomodernizacja w całym okresie	Podstawowa termomodernizacja do 2020 roku
Energooszczędny	Mniej niż 70 kWh/m <sup>2</sup> rocznie.	Nowe budynki po 2030 roku	Rozszerzona termomodernizacja po 2020 roku, przejściowy standard dla nowych budynków 2020-2035
Pasywny	Mniej niż 15 kWh/m <sup>2</sup> rocznie.	Brak	Docelowy standard nowych budynków po 2035 roku
Zeroenergetyczny	Samowystarczalny energetycznie	Brak	Osiągany przez połączenie budynku pasywnego z energią rozproszoną, powszechność zależy od scenariusza w energetyce.
Aktywny	Nadwyżki sprzedawane do sieci.	Brak	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie FEWE, InE (2011a), InE (2011b)

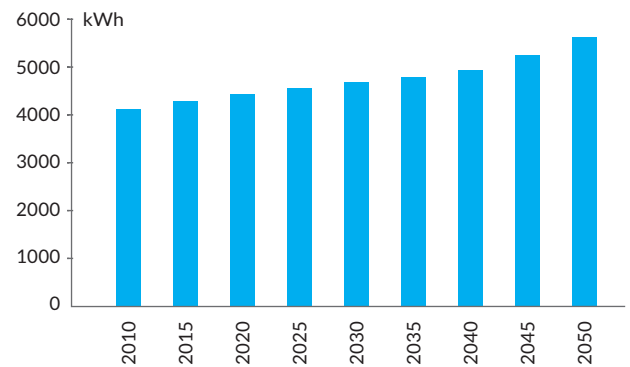
Wykres II.B.10. Roczne zużycie energii elektrycznej w typowym gospodarstwie domowym – scenariusz odniesienia



Źródło: Opracowanie własne

W scenariuszu odniesienia zakładamy także, że – w zgodzie z trendami światowymi – podnosić się będzie efektywność energetyczna oświetlenia, sprzętu AGD i RTV oraz biurowego wykorzystywanego w sektorze usług. Ze względu na wzrost liczby tych urządzeń przypadających na jedno gospodarstwo

Wykres II.B.11. Roczne zużycie energii elektrycznej na pracownika sektora usług – scenariusz odniesienia



Uwaga: Kategoria nie obejmuje ogrzewania

Źródło: Opracowanie własne

domowe lub firmę, w tym zwłaszcza z powodu upowszechniania się urządzeń elektronicznych i klimatyzacji (por. Wykres II.B.10), dojdzie do przechylenia proporcji konsumpcji energii w budynkach na rzecz elektryczności. Obecnie lodówki są najbardziej energochłonnymi urządzeniami w gospodarstwie domowym.

Tabela II.B.3. Mieszkania – scenariusz odniesienia

Rok	Całkowite zużycie energii w mieszkaniach (TWh/rok)	Zużycie energii elektrycznej w mieszkaniach (TWh/rok)	Zużycie energii per capita w mieszkaniach (MWh p.c./rok)	Zużycie energii na jedno mieszkanie (MWh/rok)	Zużycie energii w mieszkaniach na m <sup>2</sup> powierzchni (kWh/rok)	Zużycie energii elektrycznej w mieszkaniach na m <sup>2</sup> powierzchni (kWh/rok)
2010	245,7	27,4	6,4	18,3	258,3	29
2020	270,7	41,5	7,1	18,0	243,3	37
2030	291,8	53,4	7,7	18,1	235,2	43
2040	293,0	60,2	8,1	17,8	222,4	46
2050	282,9	63,1	8,1	17,1	206,1	46

Tabela II.B.4. Budynki komercyjne – scenariusz odniesienia

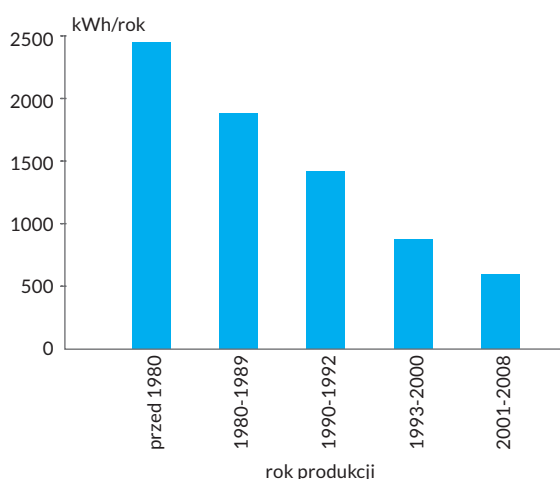
Rok	Całkowite zużycie energii w budynkach usługowych (TWh/rok)	Zużycie energii elektrycznej w budynkach usługowych (TWh/rok)	Udział energii elektrycznej w energii ogółem (%)	Zużycie energii w budynkach usługowych na jednego pracownika (MWh/rok)	Zużycie energii w budynkach usługowych na 1 m <sup>2</sup> (kWh/rok)	Zużycie energii elektrycznej w budynkach usługowych na 1 m <sup>2</sup> (kWh/rok)
2010	99,4	43,3	43,5	10,7	247,1	108
2020	110,0	54,8	49,8	10,1	248,3	124
2030	114,9	59,9	52,2	10,3	248,5	130
2040	118,5	63,4	53,5	10,6	257,8	138
2050	120,1	65,0	54,2	11,9	271,6	147

Źródło: Opracowanie własne

## Ramka II.B.2. Technologiczne i behawioralne uwarunkowania poprawy efektywności energetycznej sprzętu AGD

Lodówkę można znaleźć w niemal każdym gospodarstwie domowym w Polsce. Ze względu na to, że pobiera energię elektryczną praktycznie bez przerwy, jest ona istotnym czynnikiem kształtującym zużycie prądu w gospodarstwach domowych. Producenci sprzętu AGD, wychodząc naprzeciw oczekiwaniom konsumentów oraz presji ze strony regulatorów, oferują sprzęt coraz bardziej efektywny energetycznie. Wykres II.B.12 pokazuje, jak zmieniło się średnie zużycie prądu przez chłodziarki w Stanach Zjednoczonych od końca lat 70. do 2008 roku. W okresie tym zużycie energii zmniejszyło się o ponad 75%. Miało to związek ze zmianami technologicznymi, między innymi – dodaniem systemów usuwających wilgoć z lodówek. W użytkowaniu chłodziarki istotne są również czynniki behawioralne takie jak zawartość, częstotliwość i długość otwierania, jednak ciągle to postęp technologiczny jest istotnym czynnikiem kształtującym zużycie energii. Nacisk na poprawę efektywności energetycznej w Unii Europejskiej sprawił, że obecnie dostępne lodówki o klasach energetycznych od A+ do A+++ są o 20-60% efektywniejsze od modeli klasy A, które zdominowały rynek europejski i polski w poprzedniej dekadzie. Lodówki są przykładem urządzenia, w którym to postęp technologiczny odgrywa kluczową rolę w redukcji zapotrzebowania na energię. Są one dobrami w znacznym stopniu wystandaryzowanymi, a sposób ich wykorzystywania przez odbiorców nie zmienia się istotnie w czasie. Na rynku powszechnie oferuje się modele o tej samej specyfikacji, różniące się jedynie klasą energetyczną. Wobec tego wybór stojący przed konsumentami jest relatywnie prosty, wymagający jedynie świadomości potencjału oszczędności w cyklu życia danego produktu. Głównym czynnikiem jest tu postęp technologiczny, natomiast czynnik behawioralny można uwzględnić poprzez zwrócenie uwagi konsumentów na korzyści wynikające ze zmniejszenia zużycia energii elektrycznej.

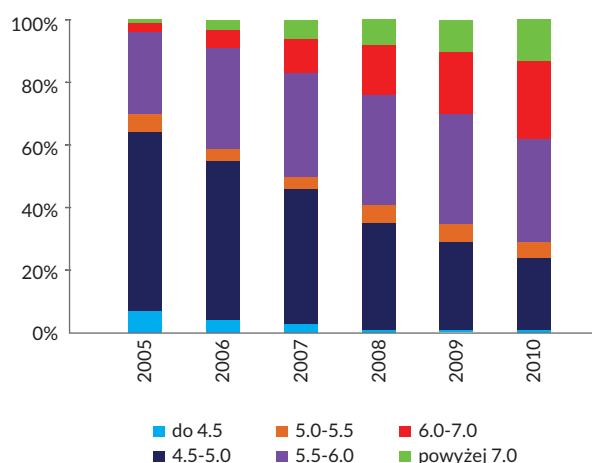
Wykres II.B.12. Roczne zużycie energii przez nowe lodówki w USA według roku produkcji



Uwaga: Model z zamrażarką na dole, o pojemności 0,54-0,61 m<sup>3</sup>.

Źródło: ENERGY STAR

Wykres II.B.13. Struktura sprzedaży pralek według wielkości wsadu; w kilogramach



Uwaga: Dane ankiетowe z 10 krajów UE: Austrii, Belgii, Niemiec, Hiszpanii, Francji, Grecji, Włoch, Holandii, Portugalii, Szwecji.

Źródło: KE (2012)

W przypadku pralek przełożenie się postępu technologicznego na zmniejszenie zużycia energii elektrycznej w dużej mierze zależy od czynników behawioralnych. Przy pracy pralki kluczową jest pojemność bębna i poziom jego wykorzystania, temperatura i czas prania (postęp w dziedzinie detergentów pozwala skrócić czas prania i prac w znacznie niższych temperaturach) oraz dodatkowe programy ograniczające wielkość wsadu lub zużycie wody. Na pierwszy plan przebija się jednak kwestia pojemności bębna. Postęp technologiczny, pozwalający na miniaturyzację urządzeń grzewczych i sterowania, stworzył możliwość zwiększenia pojemności bębna bez zwiększania gabarytów całego urządzenia lub też zmniejszenia rozmiaru pralki bez pogorszenia jej parametrów. Jak wskazują dane dotyczące sprzedaży pralek na rynku europejskim (por. Wykres II.B.13), doprowadziło to do szybkiego spadku udziału pralek o mniejszej pojemności. Biorąc pod uwagę względną zamożność analizowanych krajów (a więc wysokie prawdopodobieństwo, że już przed wprowadzeniem zmian technologicznych konsumenci dysponowali pralkami zapewniającymi pożądaną przez nich komfort) można stwierdzić, że konsumenci zwracali uwagę raczej na gabaryty całego urządzenia (np. w kontekście wymiany urządzenia o takich samych wymiarach), a nie na jego parametry użytkowe. W efekcie postęp technologiczny w warunkach utrzymujących się przyzwyczajenia Europejczyków doprowadził do upowszechnienia się większych, bardziej energochłonnych pralek. Pełniejsze wykorzystanie potencjału poprawy efektywności energetycznej jest trudniejsze niż w przypadku lodówek – wymaga bowiem nie tylko prostego informowania konsumentów o znaczeniu poszczególnych parametrów pralki, ale i zmiany ich przyzwyczajenia.

Źródło: Opracowanie własne

Z drugiej strony, to właśnie w odniesieniu do nich zachodzi najszybszy postęp technologiczny, a nowe, bardziej efektywne energetycznie modele łatwo się upowszechniają. Jest to jeden z nielicznych sprzętów, dla którego wprowadzono dodatkowe klasy energetyczne A+, A++ oraz A+++. Ze względu na popularyzację efektywniejszych modeli oraz fakt, że urządzenia klasy A+++ są już obecne na rynku, w kolejnych dekadach należy spodziewać się znaczącego obniżenia energii zużywanej w gospodarstwach domowych na chłodzenie żywności. Otwartą pozostaje kwestia tempa wdrażania efektywniejszych rozwiązań, zaangażowania przemysłu w dalsze rozwijanie technologii oszczędzających energię, a także podnoszenie świadomości konsumentów w zakresie efektywnego użytkowania chłodziarek.

Pozostałe rodzaje AGD cechują się niższym potencjałem poprawy efektywności energetycznej. Po części wynika to z osiągnięcia bariery technologicznej, a po części – z istotnego wpływu czynników behawioralnych na decyzje o zakupie i sposobie użytkowania nowego sprzętu (por. Ramka II.B.2). Przykładowo, wraz z poprawą efektywności pralek, konsumenci częściej wybierają modele większe lub też cechujące się wyższym zapotrzebowaniem na energię pralko-suszarki. Z kolei w odniesieniu do kucharek spodziewamy się dalszego spadku wykorzystania gazu do gotowania na rzecz efektywniejszych technologii elektrycznych (np. płyt indukcyjnych). Pozwoli to na ograniczenie zużycia energii wykorzystywanej w procesie gotowania, doprowadzając jednocześnie do wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną. Wśród innych rodzajów urządzeń AGD należy wyróżnić zmywarki obecne dziś jedynie w co szóstym polskim domu – w kolejnych dekadach oczekujemy ich szybkiego upowszechniania, co stymulować będzie popyt na energię elektryczną w gospodarstwach domowych.

Wypadkową tych procesów będzie wzrost całkowitego rocznego zużycia energii w budynkach z ok. 320 TWh dziś do ok. 392 TWh w roku 2050. Jednocześnie energia potrzebna do ogrzania 1m<sup>2</sup> powierzchni mieszkalnej obniży się na przestrzeni lat 2010-2050 z poziomu 196 kWh do 168 kWh. W podobnym stopniu spadnie także całkowite zużycie energii gospodarstw domowych przypadające na 1 m<sup>2</sup> użytkowanego mieszkania, mimo że jednocześnie – za sprawą upowszechniania się urządzeń elektrycznych i poprawy standardu mieszkań – zwiększy się konsumpcja energii *per capita*. Podobne trendy obserwować będziemy w sektorze usług. Także w tym przypadku termomodernizacja przełoży się na spadek zapotrzebowania na energię cieplną, podczas gdy równoległe upowszechnianie się sprzętu elektronicznego i klimatyzacji sprawi, że całkowita konsumpcja energii w przeliczeniu na jednego zatrudnionego i 1m<sup>2</sup> będzie rosła. Pod względem profilu konsumpcji energii, Polska w roku 2050 będzie już jednak bardzo zbliżona do gospodarek zachodnioeuropejskich (w tym zwłaszcza do Niemiec), o ile kraj nasz będzie rozwijał się zgodnie z utrwalonym historycznie trendem, prowadząc podobną do zakładanej w scenariuszu odniesienia pasywną politykę promocji rozwiązań energooszczędnych w budownictwie.

## Energooszczędne rozwiązania w domach pasywnych – scenariusz modernizacji

**Poprawa efektywności energetycznej budynków niesie ze sobą szereg korzyści ekonomicznych, które przekładają się na wzrost tempa wzrostu gospodarczego i dobrobytu.**

Główne argumenty przemawiające za promowaniem i wspieraniem bardziej ambitnej, niż to przewiduje scenariusz odniesienia, ścieżki poprawy efektywności energetycznej w budynkach, mają naturę ekonomiczną. Gospodarstwa domowe i firmy mogłyby, dzięki racjonalizacji

zużycia energii, osiągnąć pożądany standard życia i poziom aktywności gospodarczej, ponosząc jednocześnie mniejsze wydatki na ogrzewanie i prąd elektryczny. Przeznaczenie zaoszczędzonych w ten sposób środków na konsumpcję lub inwestycje podniosłoby dobrobyt społeczny, służąc także wzrostowi gospodarczemu. Podobnie, do poprawy komfortu życia przyczyniłyby się szybsze przemiany w strukturze zapotrzebowania na energię. Przesunęłyby one bowiem popyt w kierunku mniej emisyjnych, a jednocześnie nieuciążliwych w obsłudze, sposobów jej produkcji, zmniejszając szkodliwy wpływ, jaki na zdrowie ludności wywierają dziś domowe sposoby ogrzewania, oparte o spalanie węgla, drewna i odpadów w tradycyjnych piecach czy kotłowniach. Dlatego głównym założeniem scenariusza modernizacji jest osiągnięcie większych niż w scenariuszu odniesienia oszczędności z tytułu zmniejszenia zużycia paliw kopalnych, ciepła sieciowego i prądu elektrycznego w gospodarstwach domowych oraz firmach usługowych. Zakładamy przy tym, że jego realizacja będzie warunkowana proaktywną polityką publiczną sprzyjającą poprawie efektywności energetycznej poprzez:

1. **publiczne wsparcie finansowe (w tym podatkowe) dla prywatnych inwestycji ograniczających zużycie energii m.in. w formie termomodernizacji,**
2. **stopniowe podnoszenie standardów energetycznych stawianych nowym budynkom,**
3. **zachęty regulacyjne do zmniejszania energochłonności urządzeń RTV, AGD i oświetlenia – oddziałujące zarówno na podaż energooszczędnych rozwiązań, jak i na popyt na nie,**
4. **programy i kampanie informacyjno-edukacyjne, przybliżające gospodarstwom domowym i przedsiębiorcom korzyści ekonomiczne i dobrobytowe z oszczędzania energii.**

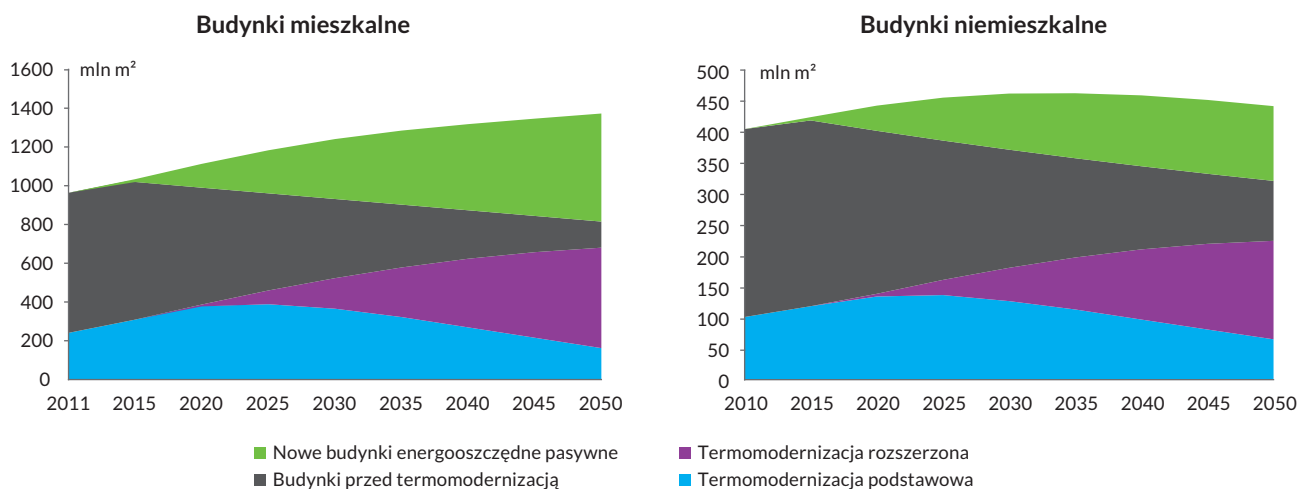
Aktywna polityka państwa w scenariuszu modernizacji sprzyjać będzie upowszechnianiu się rozwiązań technologicznych o parametrach wykraczających poza parametry przewidziane w scenariuszu odniesienia. Podstawowy pakiet termomodernizacyjny, który w scenariuszu odniesienia był główną stosowaną na dużą skalę technologią docieplania istniejących budynków, pełni w scenariuszu modernizacji rolę pomostową, znajdując zastosowanie tylko w najbliższej dekadzie. Poczynając od roku 2015, na skutek

Tabela II.B.5. Scenariusz odniesienia a scenariusz modernizacji – różnice

	Scenariusz odniesienia	Scenariusz modernizacji
Termomodernizacja pakiet podstawowy	Główna technologia docieplania budynków istniejących już w 2010 roku, stosowana powszechnie w scenariuszu odniesienia.	Technologia pomostowa, zastąpiona przez termomodernizację rozszerzoną po roku 2015. Zużycie energii w budynku zmodernizowanym według technologii podstawowej wynosi ok. 130 kWh/m <sup>2</sup> rocznie.
Termomodernizacja pakiet rozszerzony	Stosowana rzadko, bez wpływu na gospodarkę w skali makro.	Po roku 2015 stopniowo wypiera termomodernizację w zakresie podstawowym, dzięki wsparciu finansowemu i informacyjnemu ze strony państwa. Zużycie energii w budynku zmodernizowanym według technologii rozszerzonej wynosi ok. 60-70 kWh/m <sup>2</sup> rocznie.
Budynki energooszczędne, pasywne i zeroenergetyczne (por. Ramka II.B.1)	Standardy stawiane nowo budowanym budynkom rosną stopniowo do poziomu ok. 60 kWh/m <sup>2</sup> rocznie. W scenariuszu nie występują budynki pasywne.	Polityka państwa promuje rozwiązania energooszczędne, pasywne i zeroenergetyczne. Parametry cieplne nowych budynków poprawiają się stopniowo co najmniej do poziomu budynków pasywnych tj. ok. 15 kWh/m <sup>2</sup> rocznie.
AGD, RTV i oświetlenie	Poprawa efektywności urządzeń następuje, jednak jej dynamika zwalnia z powodu braku wystarczająco silnych bodźców regulacyjnych.	Presja regulacyjna na producentów sprzętu zostaje utrzymana, urządzenia wchodzące na rynek w kolejnych dekadach są coraz efektywniejsze, a konsumenci wybierają i stosują je bardziej świadomie. Regulacje sprzyjają wymianie rozwiązań mniej na bardziej energooszczędne.

Źródło: Opracowanie własne

Wykres II.B.14. Wdrażanie działań termomodernizacyjnych i nowe budownictwo – scenariusz modernizacji



Źródło: Opracowanie własne

zachęt skierowanych do właścicieli istniejących budynków, technologie wchodzące w skład pakietu podstawowego, zakładające docieplenie budynków do poziomu ok. 130 kWh/m<sup>2</sup> rocznie, wychodzą z użycia, ustępując miejsca termomodernizacji rozszerzonej, której standardem są budynki energooszczędne o przeciętnym zapotrzebowaniu ok. 60-70 kWh/m<sup>2</sup> rocznie. W odniesieniu do nowych budynków scenariusz modernizacji wyróżnia się przede wszystkim konsekwencją działań publicznych, które po roku 2030 zaczynają kłaść nacisk nie tylko na dalsze zaawansowanie standardów w budynkach energooszczędnych (30-60 kWh/m<sup>2</sup> rocznie), lecz także na popularyzację budynków pasywnych (ok. 15 kWh/m<sup>2</sup> rocznie). Ważną różnicą między scenariuszem modernizacji a scenariuszem odniesienia jest także dynamika oraz zakres zmian. Termomodernizacja podstawowa następuje szybciej i obejmuje większą powierzchnię, a obiekty, które przeszły proces termomodernizacji podstawowej, zostają stopniowo poddane głębszym zmianom

obejmującym także budynki, które w scenariuszu odniesienia pozostawały niezmodernizowane.

Za około 4% dodatkowej oszczędności energii w scenariuszu modernizacji odpowiada poprawa efektywności sprzętu RTV i AGD. W scenariuszu odniesienia zakładaliśmy, że istniejąca od lat 70. presja regulacyjna na podnoszenie standardów wykorzystania energii w sprzęcie AGD dobiegnie końca, czego rezultatem będzie stagnacja postępu technologicznego w tej dziedzinie. W scenariuszu modernizacji to założenie jest uchylone, a urządzenia o najniższych klasach energetycznych są szybko wycofywane z rynku. Scenariusz zakłada także, że jednym z działań polityki publicznej jest promowanie energooszczędnych rozwiązań technicznych w świadomości konsumentów oraz zwracanie ich uwagi na praktyki pozwalające ograniczyć zużycie energii bez obniżania komfortu życia gospodarstw domowych.

Tabela II.B.6. Poprawa efektywności energetycznej sprzętu AGD

	Średnie zużycie energii elektrycznej w gosp. domowym w 2010 r., kWh (% zużycia ogółem)	Zmiana zużycia energii przez jedno urządzenie		Wzrost liczby urządzeń przypadających na gosp. domowe	Wzrost liczby gospodarstw domowych
		Scenariusz odniesienia	Scenariusz modernizacji		
Lodówka	560 (27%)	-63%	-72%	0%	23%
Pralka	207 (10%)	-13%	-31%	0%	
Kuchenka	415 (20%)	-19%	-27%	60%	
Pozostałe AGD	103 (5%)	-18%	-28%	150%	
RTV	311 (15%)	-34%	-47%	150%	
Oświetlenie	311 (15%)	-53%	-87%	85%	

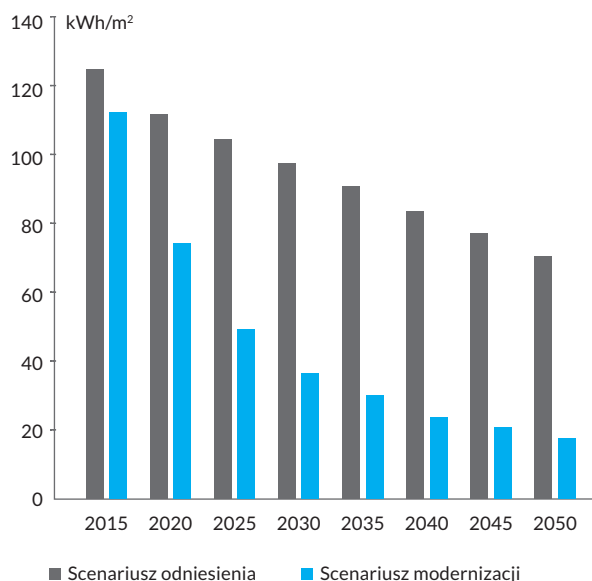
Uwagi: Pominięte ogrzewanie (8% w 2010 roku). Wzrost w przypadku kuchenek związany z upowszechnianiem się płyt elektrycznych.

Źródło: Opracowanie własne

W przypadku elektroniki użytkowej dominujący udział w zużyciu energii elektrycznej przypada na telewizory. Miniaturyzacja innych urządzeń elektronicznych przy wykładniczej poprawie ich parametrów prowadzi do wzrostu ich funkcjonalności, różnorodności, a przez to też ich liczby w gospodarstwach domowych, przy relatywnie niewielkim wpływie na konsumpcję energii elektrycznej ogółem. Tablety czy smartfony zużywają mniej energii niż laptopy, które z kolei są bardziej efektywne od komputerów stacjonarnych. W przypadku telewizorów jest nieco inaczej. W ostatnich latach największą popularnością wśród nabywców w Polsce cieszą się telewizory plazmowe i LCD. Te technologie początkowo charakteryzowały się

dużą elektrochłonnością, jednak w krótkim czasie producentom udało się znacząco poprawić parametry kolejnych modeli. Przykładowo, w UE-15 nowe telewizory o przekątnej 40 cali w 2010 roku zużywały średnio tyle samo energii elektrycznej, co nowe modele 32-calowe w 2006 roku (KE 2012). Taka poprawa efektywności energetycznej nie przekłada się automatycznie na energochłonność przeciętnego telewizora. Związane jest to ze zwiększoną dostępnością cenową modeli o coraz większych ekranach. Konsumenci, kupując coraz większe telewizory, równoważą więc zysk energetyczny związany ze spadkiem energochłonności mniejszych modeli. W nadchodzących dekadach można jednak spodziewać się upowszechnienia coraz bardziej

Wykres II.B.15. Zużycie energii na ogrzewanie i podgrzanie wody w nowych budynkach – scenariusz odniesienia i modernizacji



Źródło: Opracowanie własne

Tabela II.B.7. Potencjał termomodernizacji w budynkach niemieszkalnych według rodzajów

	Udział	Roczne zużycie ciepła, kWh/m²		
		Przed modernizacją	Termomodernizacja podstawowa	Termomodernizacja rozszerzona
Handel	25%	169	152	135
Biura	23%	146	117	88
Edukacja	26%	146	117	88
Hotele i restauracje	11%	146	139	131
Szpitala	3%	195	166	137
Obiekty sportowe	4%	90	81	72
Pozostałe	8%	150	135	120

efektywnych energetycznie technologii (np. OLED) oraz coraz wolniejszego wzrostu wielkości ekranów wraz z nasycaniem się potrzeb użytkowników. Oznacza to, że w przyszłości także w przypadku telewizorów postęp technologiczny powinien wpływać na spadek całkowitego zużycia energii w dużo większym stopniu niż dotychczas.

Efektom wdrożenia scenariusza modernizacji będzie znaczny spadek zapotrzebowania na energię, przy jednoczesnym wzroście znaczenia prądu w bilansie energetycznym budynków. Najistotniejsze oszczędności zostaną osiągnięte dzięki termomodernizacji i podnoszeniu standardów cieplnych nowych obiektów. Oczekujemy, że konsekwentne działania publiczne, stojące u podstaw scenariusza, przełożą się na poprawę przeciętnego zużycia energii w budynkach mieszkalnych z ok. 230 kWh/m<sup>2</sup> na rok dziś, do 110 kWh/m<sup>2</sup> na rok w roku 2050. Spowoduje to, że w 2050 roku zużycie energii do celów grzewczych będzie w scenariuszu modernizacji o 130 TWh niższe (w tym 62 TWh z węgla) niż w scenariuszu odniesienia. W budynkach mieszkalnych szczególnie znaczące oszczędności przyniosą działania podejmowane w już istniejących obiektach, przy czym do rezultatu końcowego w podobny sposób przyczyni się docieplanie obiektów nigdy

wcześniej nie modernizowanych, jak i pogłębianie przeprowadzonej już termomodernizacji podstawowej. Z kolei, w przypadku budynków komercyjnych potencjał oszczędzania energii leży przede wszystkim w obiektach nowobudowanych. Oznacza to, że polityka podnoszenia standardów budowlanych w zakresie energochłonności ma relatywnie większe znaczenie w odniesieniu do powierzchni komercyjnych, zaś programy zachęcające do docieplania istniejących budynków są nieco ważniejsze dla poprawy parametrów energetycznych powierzchni mieszkalnych.

Główne korzyści wynikające z termomodernizacji obserwowane będą pod postacią zmniejszonego zapotrzebowania na paliwo. Węgiel zostanie zastąpiony gazem i energią elektryczną. Z uwagi na jednoczesny spadek całkowitego zapotrzebowania na energię, także ich zużycie w gospodarstwach domowych obniży się. W przypadku energii elektrycznej oszczędności wynikające z zastosowania efektywnych energetycznie urządzeń AGD i RTV, a przede wszystkim lepszego oświetlenia, zbilansują wzrost popytu wynikający z instalowania w budynkach elektrycznego ogrzewania i klimatyzacji. Ostatecznym rezultatem wdrożenia scenariusza modernizacji będzie niewielka oszczędność zużywanego prądu.

Tabela II.B.8. Zużycie energii w mieszkaniach i budynkach komercyjnych – scenariusz modernizacji

	Zużycie energii ogółem mieszkania (TWh/rok)	Zużycie energii elektrycznej w mieszkaniach (TWh/rok)	Zużycie energii w mieszkaniach per capita (MWh p.c./rok)	Zużycie energii na jedno mieszkanie (MWh/rok)	Zużycie energii w mieszkaniach na m <sup>2</sup> powierzchni (kWh/rok)	Zużycie energii elektrycznej w mieszkaniach na m <sup>2</sup> powierzchni (kWh/rok)
2010	245,7	27,4	6,4	18,3	258,3	29
2020	256,6	36,9	6,7	17,0	230,6	33
2030	239,0	45,5	6,3	14,8	192,7	37
2040	198,2	51,1	5,4	12,1	150,4	39
2050	154,2	53,5	4,4	9,3	112,4	39

	Zużycie energii w usługach (TWh/rok)	Zużycie energii elektrycznej w budynkach usługowych (TWh/rok)	Udział energii elektrycznej w energii ogółem	Zużycie energii w usługach na pracownika (MWh/rok)	Zużycie energii w budynkach usługowych na 1 m <sup>2</sup> (kWh/rok)	Zużycie energii elektrycznej w budynkach usługowych na 1 m <sup>2</sup> (kWh/rok)
2010	99,4	43,3	43,5	10,7	247,1	108
2020	106,2	53,4	50,3	9,8	239,7	121
2030	104,3	57,0	54,7	9,3	225,5	123
2040	102,5	59,4	58,0	9,1	223,0	129
2050	100,7	60,2	59,7	10,0	227,9	136

Źródło: Opracowanie własne



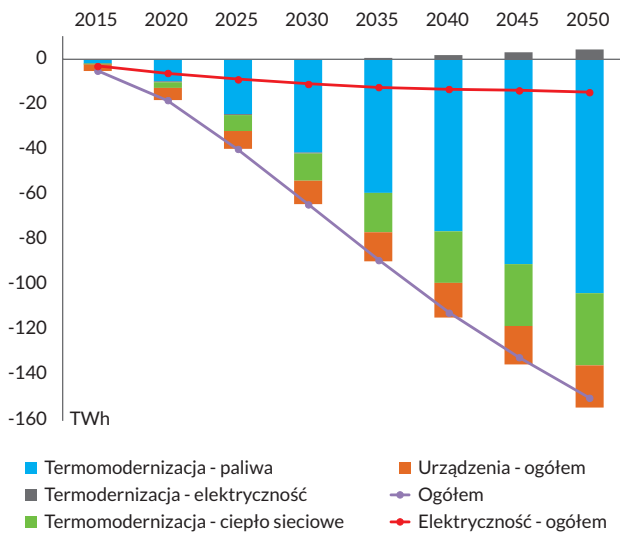
W scenariuszu modernizacji łączne zapotrzebowanie na energię w budynkach mieszkalnych i usługowych jest o ponad jedną trzecią niższe niż przy pasywnej polityce energetycznej.

i firm usługowych na energię w roku 2050 oszacowaliśmy na 403 TWh. Scenariusz modernizacji przewiduje, że wzmocnienie prac termomodernizacyjnych i konsekwentne podnoszenie norm stawianych nowym budynkom i urządzeniom obniży tę

Porównanie scenariusza modernizacji ze scenariuszem odniesienia pokazuje korzyści, jakie w skali całej gospodarki może przynieść długofalowa polityka nakierowana na podnoszenie standardów energetycznych w budynkach. W scenariuszu odniesienia roczne zapotrzebowanie gospodarstw domowych

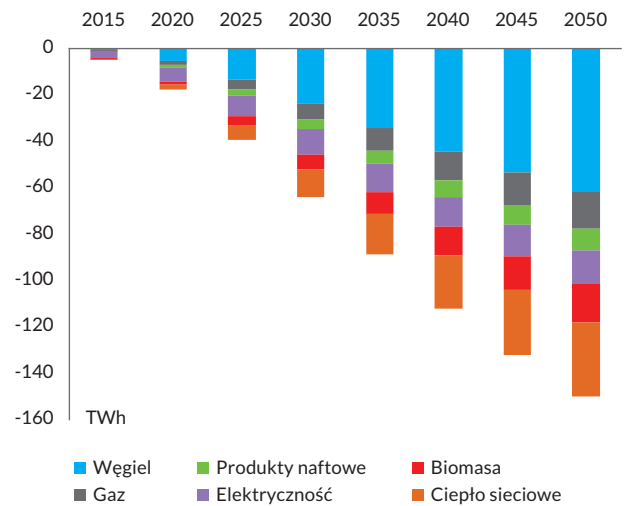
liczbę aż o 37%. Oszczędności sięgnęłyby zatem 150 TWh rocznie – a tym samym byłyby dużo większe niż całe obecne i przyszłe roczne zużycie energii w budynkach usługowych w Polsce. Efektem modernizacji byłaby także daleko bardziej zaawansowana niż w scenariuszu odniesienia elektryfikacja ogrzewania w budynkach mieszkalnych i komercyjnych, przy czym wzrosłby nie tyle wolumen konsumowanej energii elektrycznej, co raczej jej udział w całkowitym bilansie energetycznym budynków. Modernizacja nie oznacza więc potrzeby budowy dodatkowych mocy w elektrowniach, gdyż efektywne energetycznie budynki mogą z powodzeniem osiągnąć pożądany poziom temperatur bez używania dużych ilości energii. Bezpośrednim jej efektem będzie za to znaczący spadek zużycia paliw kopalnych (a zwłaszcza węgla) na potrzeby grzewcze, co znacząco podniesie komfort użytkowania budynków w okresie jesienno-zimowym.

Wykres II.B.16. Łączne oszczędności energii według obszarów – scenariusz modernizacji; 2015-2050

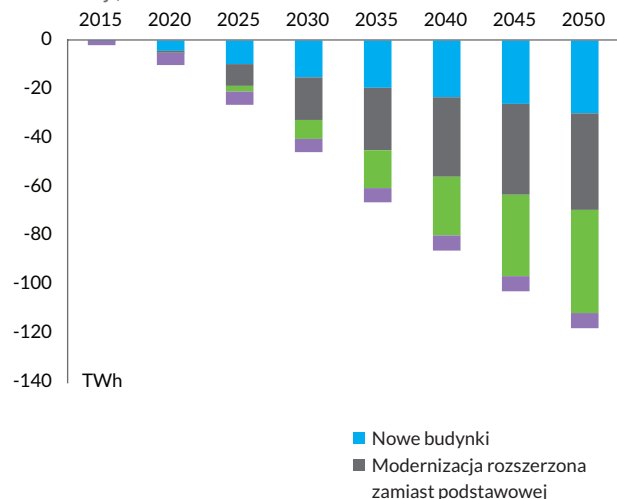


Źródło: Opracowanie własne

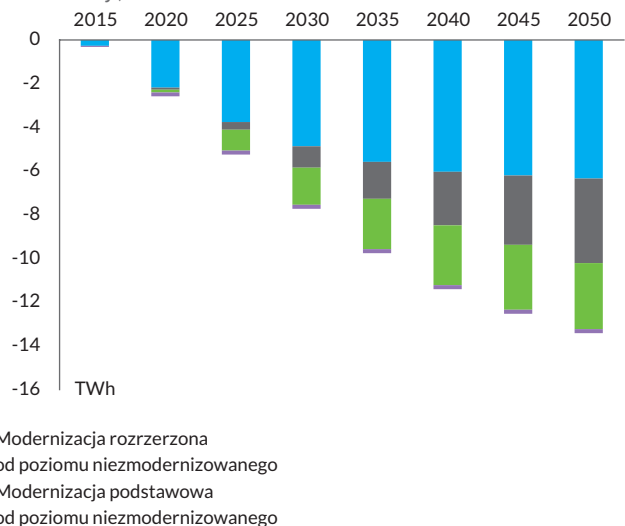
Wykres II.B.17. Łączne oszczędności energii według źródeł – scenariusz modernizacji; 2015-2050



Wykres II.B.18. Oszczędności energii wynikające z działań termomodernizacyjnych w budynkach mieszkalnych – scenariusz modernizacji; 2015-2050

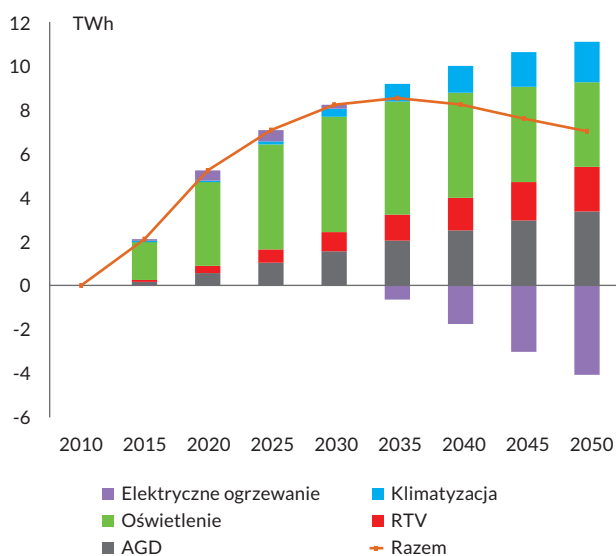


Wykres II.B.19. Oszczędności energii wynikające z działań termomodernizacyjnych w budynkach komercyjnych – scenariusz modernizacji; 2015-2050

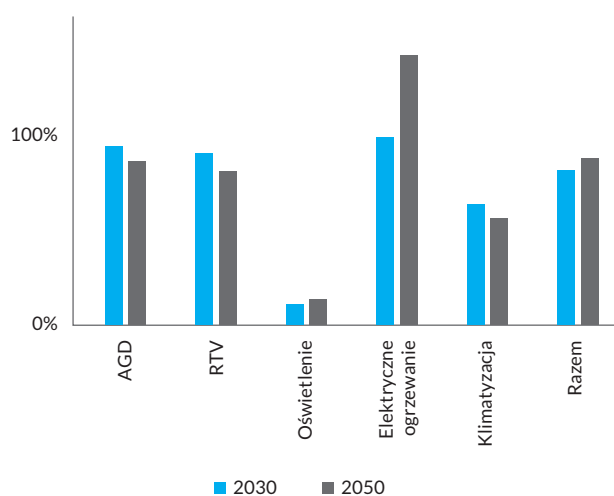


Źródło: Opracowanie własne

**Wykres II.B.20.** Różnica zużycia energii elektrycznej pomiędzy scenariuszem odniesienia i modernizacji w budynkach mieszkalnych; 2010-2050



**Wykres II.B.21.** Zużycie energii elektrycznej w budynkach mieszkalnych na określone cele – scenariusz odniesienia i modernizacji; 2030, 2050



Źródło: Opracowanie własne

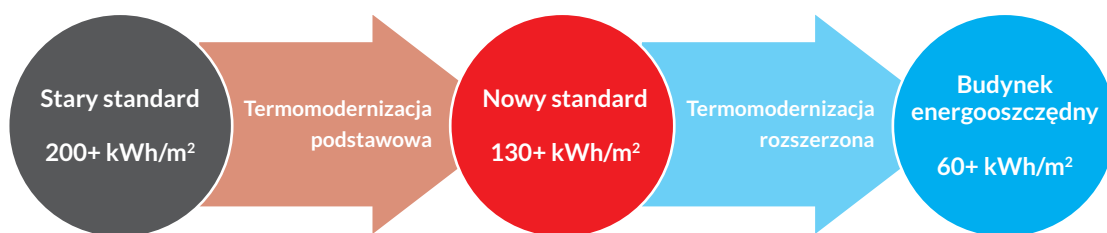
## Koszty i korzyści modernizacji

Budowa domu energooszczędnego pozostaje dziś znacznie droższa niż budowa jego mniej efektywnego odpowiednika. Wraz z rozwojem know-how, różnica powinna spadać.

Poprawa parametrów cieplnych istniejących budynków wiąże się z koniecznością poniesienia dodatkowych nakładów na izolację ścian, stropów, docieplanie dachów, wymianę okien i drzwi oraz modernizację systemów grzewczych. Zgodnie z danymi katowickiej Fundacji na Rzecz Efektywnego Wykorzystania Energii (FEWE)

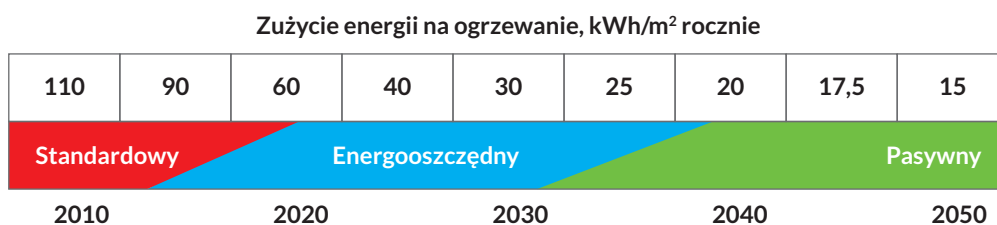
koszt podniesienia standardu energochłonności typowego budynku z poziomu 215 kWh/m<sup>2</sup> rocznie do 135 kWh/m<sup>2</sup>, a więc w sposób przewidywany przez nas w podstawowym pakiecie termomodernizacyjnym, można szacować na 45 euro/m<sup>2</sup>. Pójście krok dalej, i, w zgodzie z założeniami pakietu rozszerzonego, zredukowanie energochłonności do poziomu 60 kWh/m<sup>2</sup> rocznie, wiązałoby się dziś z dodatkowym nakładem 63 EUR/m<sup>2</sup>. Także budowane od podstaw domy energooszczędne są obecnie droższe od swoich mniej efektywnych odpowiedników. InE szacuje, że wybudowanie domu energooszczędnego to wydatek o ok. 5% wyższy niż w wypadku domu standardowego. Gdyby inwestor

**Schemat II.B.3.** Termomodernizacja istniejących budynków mieszkalnych – scenariusz modernizacji



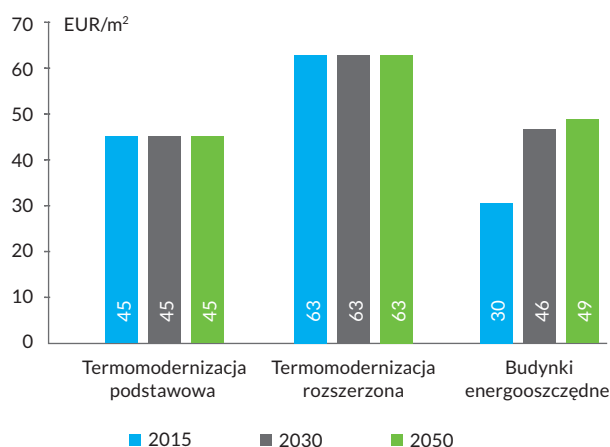
Źródło: Opracowanie własne

**Schemat II.B.4.** Poprawa efektywności energetycznej nowych budynków mieszkalnych – scenariusz modernizacji

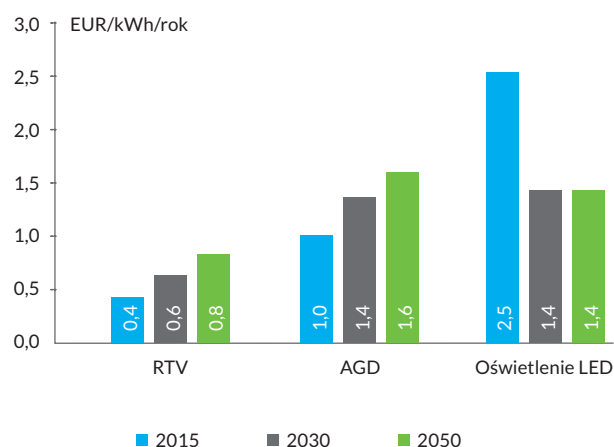


Źródło: Opracowanie własne

Wykres II.B.22. Dodatkowe nakłady początkowe na działania w budownictwie mieszkalnym – scenariusz modernizacji



Wykres II.B.23. Dodatkowe nakłady początkowe na RTV, AGD i oświetlenie – scenariusz modernizacji



Uwagi: Koszt budowy i standardy nowych budynków rosną w obu rozważanych scenariuszach, stąd na końcu okresu dodatkowy koszt w scenariuszu modernizacji odpowiada przejściu do pasywnego od budynku energooszczędnego, a nie od budynku zbudowanego według obecnego standardu.

W przypadku sprzętu AGD, RTV i oświetlenia LED na opłacalność działań wpływa też zróżnicowana długość życia tych urządzeń.

Źródło: Opracowanie własne

decydował się dziś na dom pasywny o tym rozmiarze, musiałby zapłacić 20-25% więcej. Z drugiej strony, jak pokazuje historia, koszty nowych technologii spadają w czasie wraz z ich upowszechnianiem, wzrostem rozmiarów rynku i stopniowym udoskonalaniem technik produkcyjnych.

Dlatego też, obecne różnice cen między mniej i bardziej energooszczędnymi rozwiązaniami technicznymi powinny z czasem zanikać. Na potrzeby naszych analiz w scenariuszu modernizacji przyjęliśmy stopniowe dochodzenie do najwyższych standardów budownictwa pasywnego (por. Schemat II.B.4). Oznacza to, że na początku rozważanego okresu dodatkowy koszt nowych budynków względem scenariusza odniesienia będzie, podobnie jak uzyskiwane oszczędności, relatywnie niski, by po kilkunastu latach wzrosnąć wraz ze zwiększaniem się różnicy parametrów nowych budynków w obu scenariuszach (por. Wykresy II.B.24-II.B.25). Koszt poprawy efektywności nowych budynków w scenariuszu modernizacji względem scenariusza odniesienia wzrośnie więc z 30 EUR/m<sup>2</sup> w najbliższych latach do 45-50 EUR/m<sup>2</sup> w kolejnych dekadach w budynkach mieszkalnych. W przypadku powierzchni użytkowej poprawa parametrów technicznych i koszty z tym związane będą mniejsze. Polityka państwa stymulująca rozwój rynku energooszczędnego budownictwa wspomaga pojawienie się na nim dużej konkurencji i efektów skali wystarczających do tego, aby rozłożona w czasie poprawa parametrów nowych budynków nie skutkowałą nagłym wzrostem cen.

Także w przypadku sprzętu RTV i AGD mniejsza energochłonność wiąże się z koniecznością poniesienia wyższych wydatków w fazie inwestycyjnej. Urządzenia elektroniczne od budynków odróżnia to, że najłatwiej osiągalne udoskonalenia, które poprawiły m.in. parametry energetyczne lodówek w przeszłości, są już prawdopodobnie na wyczerpaniu. Dlatego dalsze zmniejszenie zapotrzebowania na energię będzie zapewne wiązało się z podniesieniem kosztów jednostkowych oszczędności dla sprzętu AGD i RTV, nawet jeśli uwzględnione zostaną pozytywne efekty

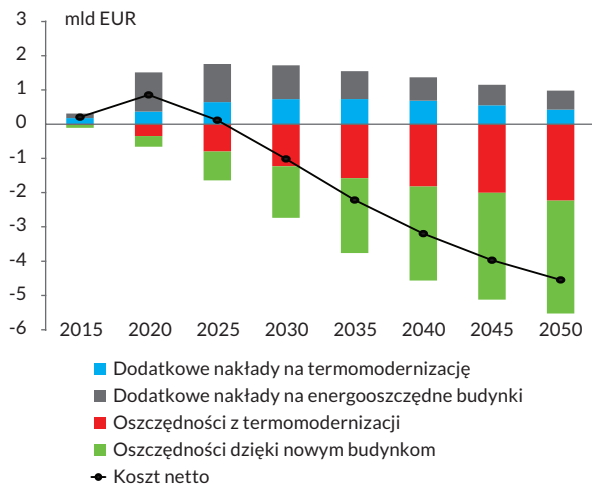
skali i zdobywanie doświadczenia w stosowaniu nowych technologii przez producentów. Nie oznacza to, że bardziej efektywny sprzęt elektroniczny będzie z dekady na dekadę coraz droższy, a jedynie to, że będzie on taniał wolniej niż ma to miejsce w scenariuszu odniesienia, w którym

**Ograniczenie energochłonności urządzeń RTV i AGD oraz oświetlenia wiąże się z koniecznością poniesienia wyższych wydatków inwestycyjnych, które jednak zwracają się w dłuższej perspektywie czasowej.**

poprawa energochłonności ma mniejsze znaczenie dla konsumentów i producentów. Wraz z upowszechnianiem się liczby tych urządzeń zainstalowanych w domach i biurach przełoży się to na wzrost różnicy między wydatkami w scenariuszu modernizacji i scenariuszu odniesienia. W przypadku oświetlenia LED, które nadal jest technologią rozwojową, w najbliższych kilkunastu latach nastąpi znaczący spadek kosztów zakupu instalacji tego typu i wzrost ich opłacalności. W okresie przejściowym rynek zdominują bardziej opłacalne (początkowo), tańsze świetlówki CFL. Warto zauważyć, że w przypadku inwestycji w termomodernizację i nowe, energooszczędne budynki, profil kosztów jest nieco inny. O ile początkowo dodatkowe wydatki rosną, ze względu na to, że w fazie tworzenia się rynku spadek cen jednostkowych nie równoważy rosnącego popytu, to po roku 2030 sytuacja odwraca się i z roku na rok możemy obserwować konwergencję kosztową między scenariuszem odniesienia a scenariuszem modernizacji.

Całkowita skumulowana różnica między kosztami kapitałowymi obu scenariuszy w latach 2015-2050 wynosi ok. 93 mld EUR, z czego 52 mld EUR przypada na budynki, a 41 mld – na urządzenia elektroniczne. Jednocześnie jednak, łączne korzyści uzyskane dzięki niższym rachunkom za energię (235 mld EUR) ponad dwukrotnie przekraczają poniesione nakłady. W ujęciu rocznym wydatki inwestycyjne przekraczają bieżące oszczędności

**Wykres II.B.24. Dodatkowe nakłady i oszczędności z modernizacji budynków – scenariusz modernizacji**



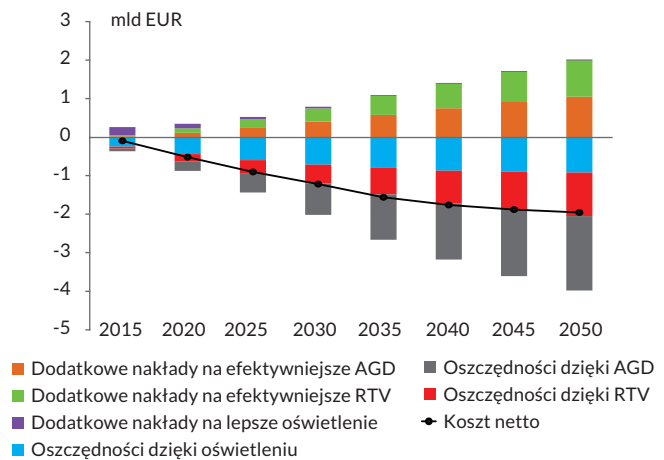
Uwaga: Podano wartości roczne

Źródło: Opracowanie własne

uzyskane dzięki mniejszemu zużyciu energii w roku 2022. Po tej dacie scenariusz modernizacji staje się źródłem korzyści netto dla całej gospodarki, gdyż oszczędności przewyższają ponoszone nakłady. Różnica ta rośnie z roku na rok, przekraczając 2 mld EUR w roku 2030, 5 mld ok. roku 2040 i 8 mld EUR w roku 2050.

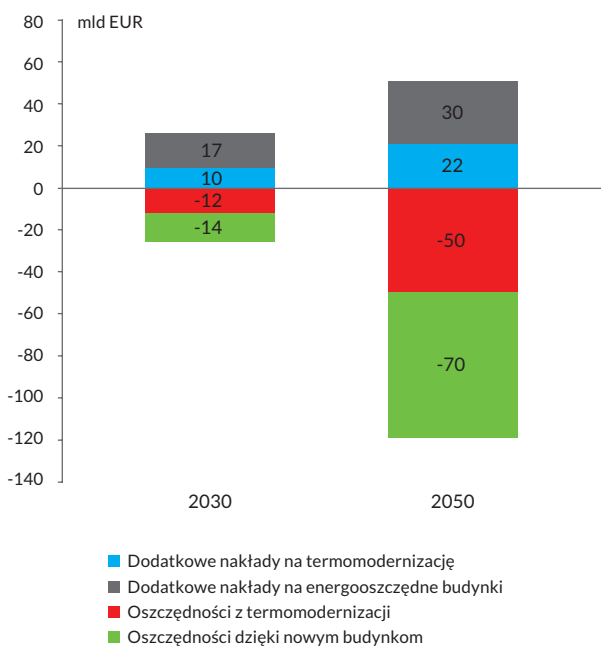
Około 60% oszczędności w budynkach przyniesie termomodernizacja obiektów już dziś istniejących, a 40% podwyższenie standardów tych budynków, które dopiero powstaną w przyszłości.

**Wykres II.B.25. Dodatkowe nakłady i oszczędności z inwestycji w AGD, RTV i oświetlenie – scenariusz modernizacji**

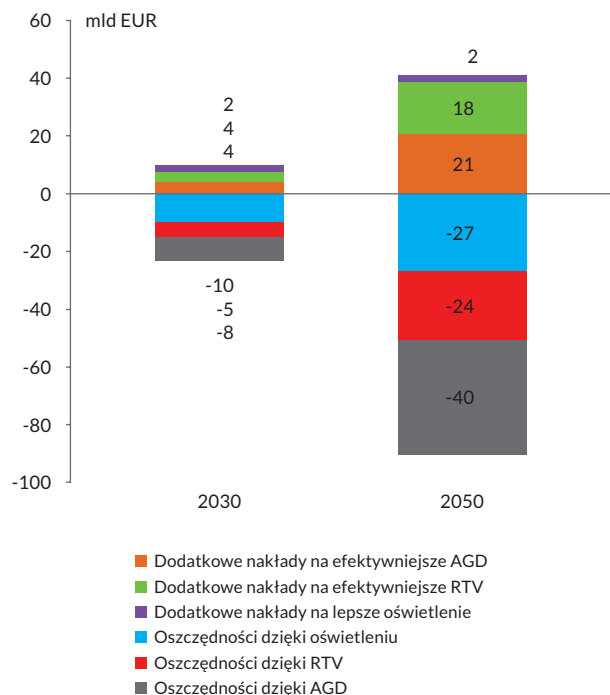


Zwrot z inwestycji w termomodernizację będzie również dużo wyższy (oszczędności ponad trzykrotnie przekroczą nakłady) niż w przypadku nowych budynków (oszczędności przekroczą nakłady o 60%). Wiązać to należy z parametrami cieplnymi obecnie użytkowanych obiektów, które już dziś odbiegają od obowiązujących standardów budowlanych. W rezultacie, relatywny postęp, jaki można uzyskać dzięki dociepleniu istniejącej bazy mieszkalnej i komercyjnej, jest znacznie większy niż ten, jaki przyniesie podnoszenie wymogów stawianych nowym

**Wykres II.B.26. Dodatkowe nakłady i oszczędności z poprawy efektywności energetycznej budynków – scenariusz modernizacji**



**Wykres II.B.27. Dodatkowe nakłady i oszczędności z inwestycji w RTV, AGD i oświetlenie – scenariusz modernizacji**



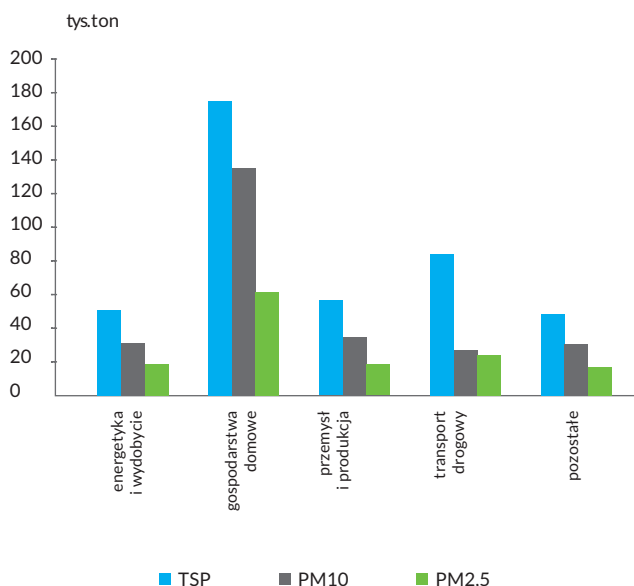
Uwaga: Podano wartości skumulowane. Wszystkie wielkości relatywnie do scenariusza odniesienia. W przypadku oświetlenia koszty restytucji uwzględnione poprzez obniżenie oszczędności netto, w przypadku innych działań – w dodatkowych nakładach

Źródło: Opracowanie własne

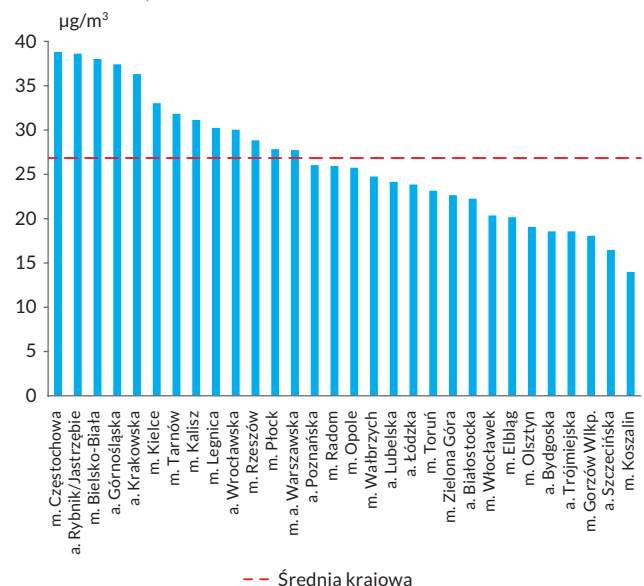
### Ramka II.B.3. Niskie emisje

Czystość powietrza jest ważnym czynnikiem wpływającym na jakość życia. W miastach ze względu na rozproszone ogrzewanie, intensywny transport samochodowy oraz zakłady przemysłowe jest o nią najtrudniej z uwagi na zanieczyszczenie aerozolami atmosferycznymi (pyłami zawieszonymi), smogiem, tlenkiem węgla (CO), dwutlenkiem siarki (SO<sub>2</sub>), tlenkami azotu (NO<sub>x</sub>) oraz benzoalofipirenem. W przypadku braku odpowiedniej wentylacji w miastach pyły mogą utrzymywać się w powietrzu przez dłuższy czas, a w połączeniu z wilgotnym powietrzem tworzą smog. Stanowią one zagrożenie dla zdrowia ludzkiego, przede wszystkim – dla dróg oddechowych oraz układu krążenia, choć mogą także przenikać do innych narządów, stając się nośnikiem metali ciężkich w nich zawartych. Najczęstszymi schorzeniami powodowanymi i wzmaganymi przez niskie emisje są zawały serca, arytmia, pogarszająca się astma, mniejsza sprawność płuc, kaszel i inne problemy z oddychaniem (US EPA). Szacuje się, że w skali globalnej niskie emisje odpowiadają za: (i) 3% zgonów osób dorosłych z powodu chorób układu krwionośnego, (ii) 5% zgonów z powodu raka tchawicy, płuc oraz oskrzeli, (iii) 1% zgonów dzieci z powodu chorób układu oddechowego (Cohen et al. 2005).

Wykres II.B.28. Struktura sektorowa emisji pyłu zawieszonego (TSP, PM10, PM2,5) w Polsce; 2011



Wykres II.B.29. Wartości wskaźnika średniego narażenia na pył PM2,5 dla aglomeracji i miast powyżej 100 tys. mieszkańców; 2011



Uwaga: Zastosowano oznaczenia: a. - aglomeracje, m. - miasta.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GIOŚ

Źródło: Opracowanie własne na podstawie KOBIZE (2013)

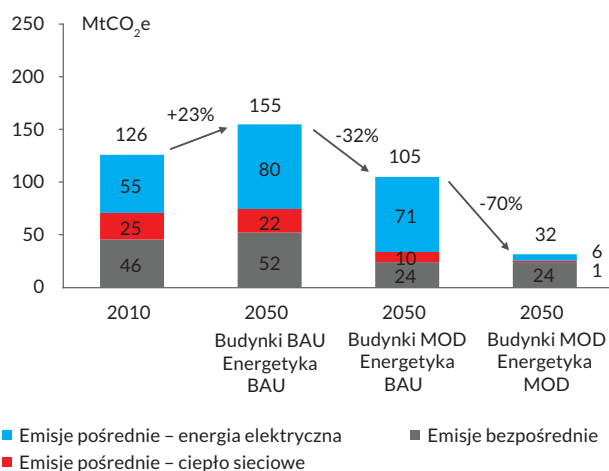
W polskich warunkach stężenie pyłów zawieszonych jest na tle Europy szczególnie wysokie. Dotyczy to zwłaszcza cząsteczek PM2,5, które w roku 2011 przekroczyły europejską normę (25 µg/m<sup>3</sup>) w aż 16 miastach i aglomeracjach powyżej 100 tys. mieszkańców. Warto podkreślić, że norma zakłada obniżenie średniorocznego stężenia PM2,5 do 20 µg/m<sup>3</sup> do roku 2020 (MŚ 2012). Dziś aż 25 z 31 dużych i średnich polskich miast przekracza ten poziom. Głównym źródłem problemu są gospodarstwa domowe generujące energię ciepłą na własne potrzeby z węgla o niskiej jakości czy odpadów gospodarczych takich jak meble, opony, zużyte opakowania czy tkaniny. Całkowite emisje (TSP) gospodarstw domowych przekraczają dwukrotnie emisje transportu i trzykrotnie przemysłu i energetyki. Udział gospodarstw domowych w emisji cząsteczek o średnicy do 10 mikrometrów (PM10) i do 2,5 mikrometra (PM2,5) jest jeszcze większy, sięgając odpowiednio 52% i 44% (por. Wykres II.B.28). Co więcej, w przeciwieństwie do elektrociepłowni czy zakładów przemysłowych, pozostają one praktycznie poza kontrolą.

Źródło: Opracowanie własne

inwestycjom. W obu przypadkach jest to jednak operacja ekonomicznie opłacalna i jako taka powinna być nie tylko promowana, a wręcz aktywnie wspierana przez państwo. Warto dodać, że kluczowe dla pozytywnego efektu programu modernizacyjnego są budynki mieszkalne, które odpowiadają za 90% ogólnej kwoty zaoszczędzonej dzięki termomodernizacji (tj. 72,9 mld EUR). Mniejsze, choć nadal znaczące, korzyści (7,9 mld EUR w ujęciu skumulowanym) przyniosą inwestycje w budynki komercyjne.

Pośród pozostałych dzwigni, największym potencjałem oszczędności charakteryzują się zmiany sprzętu AGD w gospodarstwach domowych. Oszczędności z tego tytułu mogą dwukrotnie przekroczyć poniesione nakłady. W przypadku sprzętu RTV zwrot jest wyraźnie mniejszy (12%), jednak dzieje się tak przede wszystkim dlatego, że dodatkowe oszczędności są częściowo konsumowane poprzez wzrost innych parametrów tego typu urządzeń, takich jak rozmiar ekranów telewizyjnych. Z czysto

Wykres II.B.30. Bezpośrednie i pośrednie emisje gazów cieplarnianych w budynkach – scenariusz odniesienia i modernizacji; 2010, 2050



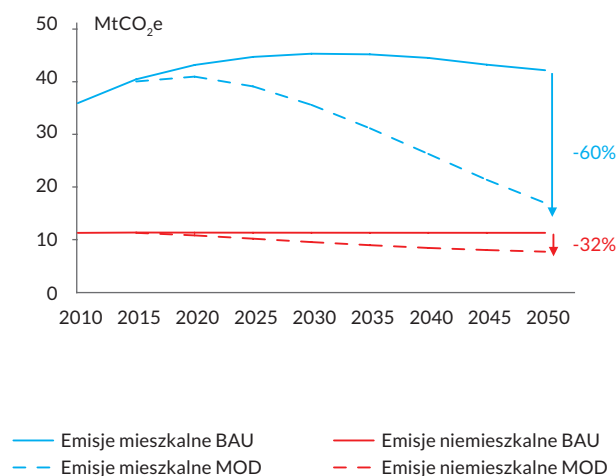
Źródło: Opracowanie własne

Oświetlenie energooszczędne pozwala osiągnąć znaczący zwrot z inwestycji dzięki niewielkim początkowym nakładom kapitałowym i pozostaje jednym z najefektywniejszych sposobów modernizacji w budynkach.

w scenariuszu z modernizacji oświetlenia są mniejsze od tych wynikających z AGD, to początkowe nakłady kapitałowe niezbędne do ich uzyskania są znikomo małe, powodując, że zwrot z inwestycji w obszarze oświetlenia jest aż dziesięciokrotny. Wydaje się więc, że pole do interwencji publicznej przetamującej nieufność konsumentów do nowych technologii i ich przyzwyczajenie do tradycyjnych rozwiązań żarowych powinno być priorytetowe. Regulacje prowadzące do zastąpienia tradycyjnego oświetlenia

ekonomicznego punktu widzenia na szczególną uwagę zasługuje oświetlenie. Wymiana tradycyjnych technologii żarowych i halogenowych na nowoczesne systemy typu LED nie jest bardzo droga ze względu na wysoką niezawodność i długi czas użytkowania tych drugich, które z powodzeniem równoważą wyższy koszt jednostkowy ich zakupu. W rezultacie, choć sumaryczne oszczędności uzyskane

Wykres II.B.31. Dynamika emisji bezpośrednich w scenariuszu modernizacji i odniesienia – scenariusz odniesienia i modernizacji; 2010-2050

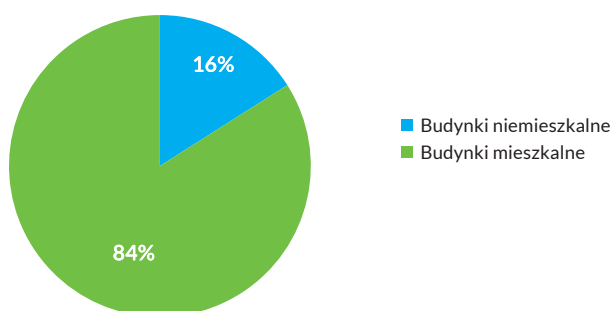


diodami LED są bowiem jednym z najefektywniejszych ekonomicznie sposobów uwolnienia zasobów, pozwalającym w łatwy sposób podnieść dobrobyt społeczny przy bardzo niewielkich nakładach kapitałowych.

Dodatkowym pozytywnym efektem wynikającym ze zmniejszonego zużycia energii w scenariuszu modernizacji jest zmniejszenie tzw. niskich emisji, czyli wywodzących się z ogrzewania gospodarstw domowych szkodliwych dla zdrowia produktów spalania paliw kopalnych, odpadów komunalnych i drewna w przydomowych kotłowniach i piecach. Modernizacja przyczynia się do tego trzema kanałami: (i) poprzez zmniejszenie zapotrzebowania na ciepło, (ii) poprzez poprawę efektywności przetwarzania energii, (iii) poprzez zmianę miksu paliwowego (przede wszystkim odejście od węgla). Szacujemy, że spadną one do roku 2050 o ok. 80%, szczególnie silnie ograniczając liczbę zgonów na choroby układu krążenia w miastach, w których obecnie ten problem występuje najsilniej (por. Ramka II.B.3)

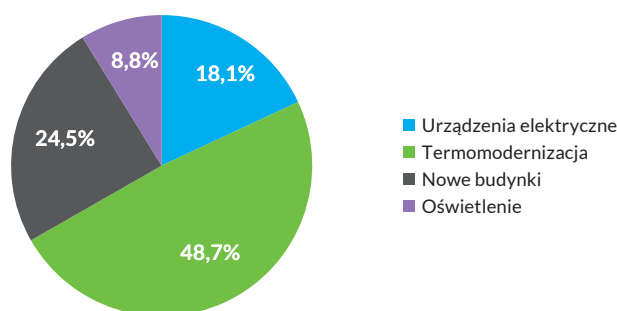
Jeszcze silniej od emisji pyłów zawieszonych spadną emisje dwutlenku węgla i innych gazów cieplarnianych (w tym zwłaszcza tlenków azotu NO<sub>x</sub>). Realizacja scenariusza modernizacji

Wykres II.B.32. Struktura skumulowanej redukcji emisji do 2050 roku według typów budynków



Źródło: Opracowanie własne

Wykres II.B.33. Struktura skumulowanej redukcji emisji do 2050 roku według obszarów działania



spowoduje, że w roku 2020 budynki mieszkalne będą bezpośrednio emitować o ok. 5% ekwiwalentu dwutlenku węgla mniej niż w scenariuszu odniesienia, w roku 2030 będzie to już 21%, w roku 2040 – 41%, a w 2050 – aż 60% mniej. Redukcja emisji jest przy tym większa niż oszczędność kosztów energii, gdyż energia cieplna zużywana do ogrzewania pomieszczeń jest dziś pozyskiwana w bardziej emisyjny sposób niż ta zużywana do zasilania oświetlenia i urządzeń elektrycznych. Ze względu na fakt, że istotnym komponentem scenariusza modernizacji jest zmniejszenie uciążliwości obsługi systemów ogrzewania poprzez ich elektryfikację, kluczowe znaczenie dla całkowitej redukcji emisji dzięki wdrożeniu tego scenariusza ma to, co będzie się równolegle działo w sektorze energetycznym. Jeśli także jego udziałem będzie niskoemisyjna modernizacja, to emisje wynikające z konieczności ogrzewania i zasilania w energię elektryczną budynków mieszkalnych i komercyjnych spadną niemal do zera. Jeśli do takiej modernizacji nie dojdzie, to wzrost emisji pośrednich w dużej mierze zrównoważy spadek emisji pośrednich. Mimo to, rezultatem końcowym będzie zapewne niewielka redukcja emisji gazów cieplarnianych – energetyka systemowa jest bowiem bardziej efektywna niż lokalne kotłownie węglowe.

Głównym źródłem redukcji emisji, zarówno pyłów zawieszonych, jak i gazów cieplarnianych, będzie (podobnie jak w przypadku oszczędności energii) termomodernizacja. W perspektywie 2050 roku może ona przynieść rocznie ponad 27 MtCO<sub>2</sub>e redukcji emisji (bezpośrednich oraz pośrednich) dla budynków mieszkalnych i 2 MtCO<sub>2</sub>e dla niemieszkalnych. Nieco mniejsze, choć również znaczące, są redukcje wynikające z budowania nowych, energooszczędnych budynków (10 MtCO<sub>2</sub>e dla mieszkalnych i prawie 2 MtCO<sub>2</sub>e dla niemieszkalnych). Sumarycznie, do 2050 roku, termomodernizacja i budowa efektywniejszych budynków może przyczynić się do redukcji emisji o ponad 830 MtCO<sub>2</sub>e, z czego ponad 740 MtCO<sub>2</sub>e przypada na budynki mieszkalne.

Nieco mniejsze znaczenie mają dźwignie związane z urządzeniami elektrycznymi, które przynoszą o jedną czwartą mniej niż termomodernizacja i wznoszenie nowych budynków razem wzięte. W tym przypadku największym potencjałem charakteryzuje się efektywniejszy sprzęt AGD w gospodarstwach domowych (w szczególności lodówki), pozwalający zredukować emisje o, maksymalnie, 23 MtCO<sub>2</sub>e. Pozostałe dźwignie powodują podobną redukcję emisji, w wysokości ok. 6-8 MtCO<sub>2</sub>e do 2050 roku. Rozkład redukcji emisji w czasie w naturalny sposób pokrywa się z rozkładem oszczędności energii. Należy podkreślić, że oddziaływanie termomodernizacji i pozostałych zmian w obszarze użytkowania energii w budynkach na emisje dwutlenku węgla zależy od zmian w sektorze energetycznym – konsekwencją modernizacji budynków jest bowiem zwiększone zapotrzebowanie na elektryczność. Utrzymanie emisyjnego modelu energetyki spowoduje więc, że redukcja całkowitych emisji implikowanych przez budownictwo będzie znacząco niższa niż miałyby to miejsce, gdyby niskoemisyjna modernizacja objęła także sektor energetyczny.

## Podsumowanie

Gospodarstwa domowe, usługi prywatne oraz administracja centralna i samorządowa zużywają aż 45% konsumowanej w Polsce energii. W większości energia ta wykorzystywana jest do regulacji temperatury – ogrzewania i klimatyzacji – przy czym standardy cieplne i sposoby ogrzewania polskich budynków znacząco odbiegają od innych państw OECD. Poprawa efektywności cieplnej pozwoliłaby znacząco ograniczyć udział wydatków na energię gospodarstw domowych i firm, podnosząc poziom życia i wspierając produktywnie wykorzystanie zasobów w gospodarce.

Do roku 2050 najistotniejszym wyzwaniem będzie termomodernizacja istniejących obiektów. Dziś, niemal ćwierć wieku po początku transformacji ustrojowej, aż 75% mieszkań i domów nie jest docieplonych, tracąc w okresie jesienno-zimowym znaczące ilości energii. Ich termomodernizacja pozwoliłaby niewielkim kosztem na znaczące zmniejszenie strat ciepła.

Przyniosłoby to ich użytkownikom wymierne oszczędności w postaci trzykrotnego spadku zapotrzebowania na energię potrzebną do ogrzania jednego metra kwadratowego przeciętnego mieszkania. Znaczne korzyści gospodarcze przynieść może także poprawa standardów energetycznych stawianych sprzętowi RTV i AGD oraz oświetleniu. Pozwoliłaby ona w dużej mierze zniwelować spodziewany wzrost zapotrzebowania na energię elektryczną w wyniku zwiększenia liczby instalowanych urządzeń i zmiany ich gabarytów.

W budownictwie, oprócz modernizacji istniejących obiektów ważne są także te, które dopiero powstaną. Jednak bez świadomej polityki państwa poprawa parametrów efektywnościowych nowych budynków będzie powolna, ze szkodą dla ich użytkowników i całego systemu energetycznego. Dlatego stopniowe podnoszenie świadomości w zakresie niskoenergetycznego budownictwa połączone z systematycznym zaostrzaniem standardów budowlanych i wsparciem finansowym dla inwestycji w efektywność energetyczną, jest kluczem do przeprowadzenia skutecznej modernizacji polskiej powierzchni mieszkaniowej i użytkowej do roku 2050.

Dobrze zaprojektowana i skutecznie zaimplementowana polityka publiczna w tym obszarze mogłaby pozwolić na zmniejszenie zapotrzebowania na energię o 65 TWh w roku 2030 i aż o 151 TWh w roku 2050 oraz uniknięcie 20% emisji w 2030 i 54% w 2050 przy średnim koszcie 42 EUR/MWh i 83 EUR/tCO<sub>2</sub>e. Korzyści finansowe dla gospodarstw domowych i firm sięgnęłyby 236 mld EUR, ponad dwukrotnie przekraczając konieczne nakłady inwestycyjne. Owocem tych inwestycji byłoby także znaczące zmniejszenie szkodliwych dla zdrowia tzw. niskich emisji oraz istotna poprawa komfortu i jakości życia w miastach.

## 2 ZRÓWNOWAŻONA MOBILNOŚĆ – EFEKTYWNOŚĆ PALIWOWA W POLSKIM TRANSPORCIE

### Wprowadzenie

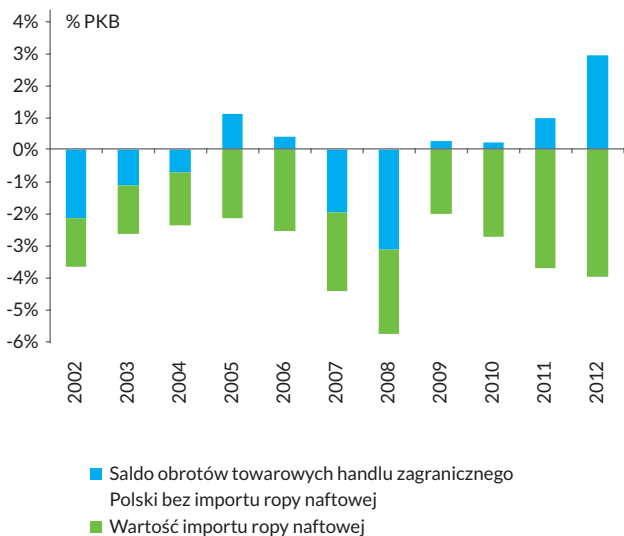
Mobilność jest fundamentem nowoczesnej gospodarki. Prywatne i publiczne środki transportu zapewniają obywatelom większą elastyczność w życiu codziennym – pracy, zakupach, rozrywkach i podróżach. Sprawnie działający sektor transportowy umożliwia firmom tworzenie zaawansowanych łańcuchów dostaw oraz organizację szybkiego i terminowego przemieszczania towarów i przewożenia osób, poprawiając funkcjonowanie rynków dóbr i pracy. Jego wagę dla współczesnej gospodarki syntetycznie oddaje wkład wnoszony w tworzenie PKB – średnio w Unii Europejskiej sektor ten odpowiada za 5% produktu – to więcej niż np. elektronika, energetyka czy rolnictwo. Wydatki transportowe stanowią również istotną część budżetów domowych – w 2005 roku w całej Unii Europejskiej wyniosły one prawie 12%. W Polsce ten odsetek jest nadal mniejszy (8%), co można tłumaczyć tym, że przemieszczanie się jest tzw. dobrem wyższego rzędu, tzn. dobrem, które konsumuje się tym chętniej, im wyższym dochodem się dysponuje.

Bogatsze społeczeństwa jeżdżą więcej, wydając też relatywnie większą część swojego dochodu na podróże. Dzieje się tak m.in. ze względu na postępujące wraz z rozwojem gospodarczym

Wzrost zamożności i mobilności społeczeństwa są ze sobą ściśle związane.

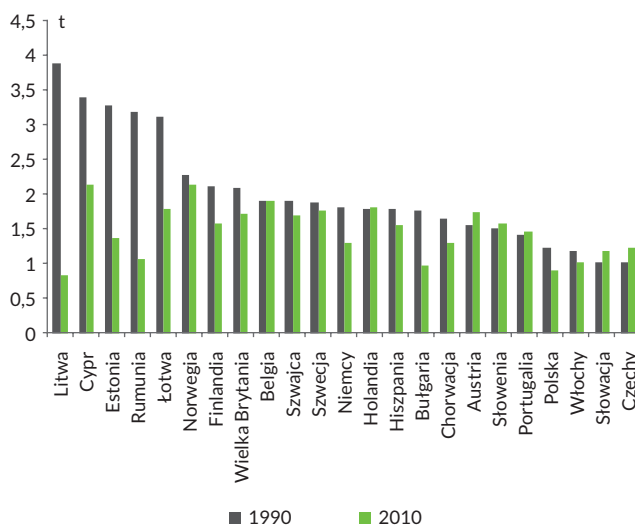
trendy suburbanizacyjne, które zwiększają zapotrzebowanie na transport indywidualny. Nie bez znaczenia jest również postęp techniczny, umożliwiający szybkie i tanie przemieszczanie się na coraz większe dystanse – koleją, samochodem czy samolotem. Wzrost zamożności wiąże się nie tylko z intensyfikacją przewozów pasażerskich, lecz także towarowych. W Unii Europejskiej transport dóbr wzrastał w latach 1995-2008 niemal w tym samym tempie, co PKB. Trend ten uległ przerwaniu w 2009 roku, kiedy, wskutek kryzysu finansowego, doszło do załamania w europejskim budownictwie i przemyśle. W konsekwencji odnotowano obniżenie pracy przewozowej i zmniejszenie transportochłonności europejskiej gospodarki, tj. wolumenu usług przewozowych niezbędnych do wyprodukowania jednostki produktu. Od 2010 roku zauważalny jest jednak powrót do dawnego trendu – można się więc spodziewać, że w przyszłości, po pokonaniu kryzysu, wolumen transportowanych dóbr będzie znowu rósł – w ślad za rosnącym PKB.

Wykres II.T.1. Wpływ importu ropy naftowej na bilans handlowy Polski; 2002-2012



Źródło: Opracowanie własne na podstawie MG (2013a)

Wykres II.T.2. Zużycie ropy naftowej na samochód w krajach UE; 1990, 2010



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat



Mankamentem współczesnego sektora transportowego jest jego silne uzależnienie od ropy naftowej, z czego wynika szereg problemów o charakterze ekonomicznym i geopolitycznym. Wśród nich wymienić należy uzależnienie krajów, które nie dysponują własnymi rezerwami tego surowca (a więc większości państw europejskich), od jego dostaw z regionów o zróżnicowanej stabilności politycznej i niedemokratycznych systemach władzy. Naraża to sektor transportowy w Europie na skutki wzrostu cen ropy naftowej na rynkach światowych, co z kolei – wobec roli, jaką sektor ten pełni we współczesnej gospodarce – stanowi realne zagrożenie dla perspektyw wzrostu gospodarczego w długim okresie.

### Uzależnienie sektora transportowego od paliw kopalnych rodzi szereg problemów ekonomicznych, geopolitycznych, zdrowotnych i środowiskowych.

Mając świadomość, że światowe zasoby ropy naftowej są ograniczone, a popyt na nią szybko rośnie wraz ze wzrostem zamożności rynków wschodzących i postępami globalizacji, pytanie o możliwości zmniejszenia zapotrzebowania na nią ze strony państw rozwiniętych jest równie aktualne dziś, jak w połowie lat 1970., na fali kryzysów naftowych. Ograniczenie zapotrzebowania nie tylko poprawiłoby bilans handlowy krajów OECD (w tym Polski) i podniosłoby ich bezpieczeństwo energetyczne, lecz także przyniosłoby szereg korzyści społecznych i środowiskowych. Dotyczy to m.in. emisji zanieczyszczeń takich jak tlenki azotu czy sadza, które nie tylko są szkodliwe dla zdrowia człowieka i obniżają komfort życia w miastach, lecz które także, obok emitowanego równolegle dwutlenku węgla, przyczyniają się do wzrostu temperatur w skali globalnej.

Potencjału poprawy efektywności w transporcie upatruje się zwykle na dwóch głównych polach – behawioralnym i technologicznym. W pierwszym przypadku chodzi o promowanie i rozwijanie ekologicznych form transportu pasażerskiego – w tym zwłaszcza szynowego, tworzącego wygodną, „zieloną” alternatywę dla samochodów osobowych i samolotów. Drugą częścią potencjalnych zmian behawioralnych jest poprawa efektywności transportu lokalnego, czyli zwiększenie udziału komunikacji zbiorowej, pieszej i rowerowej w codziennym poruszaniu się po

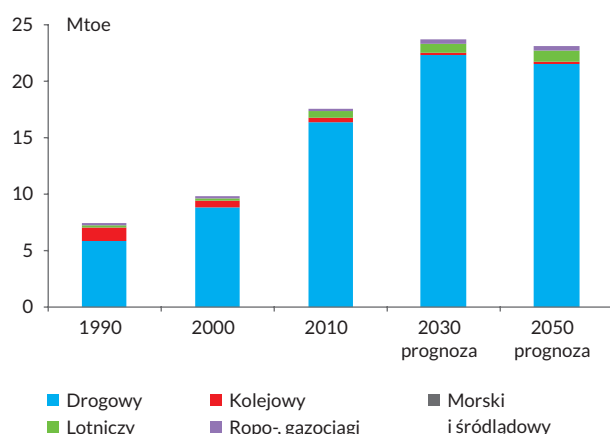
mieście, a także efektywniejsze wykorzystanie samochodów na średnich dystansach. Obok zmian behawioralnych wyjątkowo duży potencjał poprawy efektywności drzemie w zmianach o charakterze technologicznym: w konstrukcji samochodów i ich silników, zmniejszeniu wagi aut oraz poprawie ich aerodynamiki. Samochody elektryczne wciąż znajdują się we wczesnym stadium rozwoju, jednak hybrydowe pojazdy spalinowo-elektryczne już dziś są produkowane masowo, stopniowo zyskując na popularności. Jednocześnie producenci prześcigają się w oferowaniu coraz bardziej oszczędnych pojazdów o tradycyjnych silnikach, do czego skłaniają ich nie tylko wymagania klientów i zmiany cen paliw, lecz także coraz bardziej wymagające limity nakładane przez państwa rozwinięte na poziom emisji spalin z silników benzynowych i diesla.

### Konkurencyjny sektor transportu musi wspierać nie tylko wzrost mobilności, ale również zrównoważony rozwój całego kraju

Konkurencyjny i efektywny sektor transportu niewątpliwie odegra ważną rolę w rozwoju Polski w kolejnych dekadach. Ważne jest, aby wspierał on dalszy wzrost mobilności, nie pogłębiając jednocześnie problemów środowiskowych i zależności gospodarki od niepewnych dostaw surowców energetycznych z zagranicy, a także nie narażając jej na ryzyko stagnacji w sytuacji gwałtownego wzrostu cen ropy naftowej. Znacząca poprawa efektywności paliwowej oraz stopniowe przestawianie się transportu na inne źródła energii jest kluczem do sprostania tym wyzwaniom. W ostatniej dekadzie do podobnego wniosku doszła większość państw rozwiniętych, o czym świadczy silny nacisk, jaki polityka publiczna w Europie, Japonii czy Stanach Zjednoczonych zaczęła wywierać na producentów samochodów, zachęcając ich do wdrażania rozwiązań technologicznych znacząco ograniczających zużycie paliwa w transporcie indywidualnym i zbiorowym.

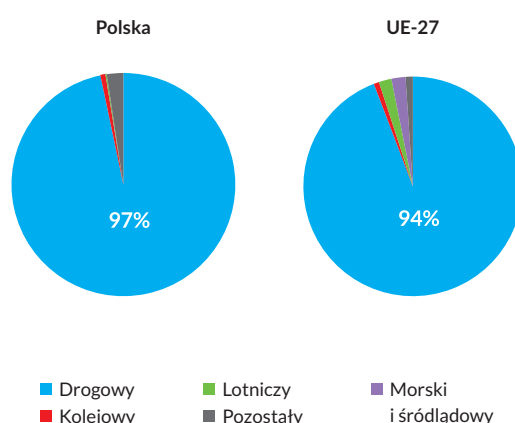
W dalszej części rozdziału przedstawiamy te doświadczenia, zastanawiając się nad możliwością budowy zrównoważonego modelu mobilności w Polsce. Analizujemy przy tym dwie możliwe drogi rozwoju polskiego transportu drogowego:

Wykres II.T.3. Zużycie energii w polskim transporcie według jego rodzajów – scenariusz odniesienia; 1990-2050



Źródło: Opracowanie własne

Wykres II.T.4. Źródła emisji GHG w sektorze transportu w Polsce i UE; 2010



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat

1. **scenariusz odniesienia (BAU)**, w którym zanika europejska presja regulacyjna na zmniejszanie paliwochłonności transportu, ograniczone zostaje wsparcie rozwoju nowych technologii w tym obszarze, a polityka krajowa nie wprowadza żadnych bodźców przyspieszających modernizację polskiej floty samochodowej, oraz
2. **scenariusz modernizacji (MOD)**, w którym na szczelnie europejskim realizowana jest i wspierana przez Polskę ambitna agenda poprawy efektywności paliwowej oraz wykorzystania alternatywnych źródeł energii w transporcie, natomiast na poziomie krajowym wprowadzane są zachęty do wybierania pojazdów bardziej paliwooszczędnych oraz przyjaznych zdrowiu i środowisku.

Podobnie jak w przypadku innych sektorów, powyższe scenariusze są powiązane ze scenariuszami makroekonomicznymi przedstawionymi w Części IV. W scenariuszu odniesienia zachowawcza postawa państwa wpływa na powolne zmniejszanie się dystansu Polski do średniej UE na poziomie całej gospodarki, a w przypadku transportu objawia się to w stagnacji i niepełnym wykorzystaniu potencjału poprawy efektywności paliwowej floty samochodowej. Z kolei proaktywna postawa państwa wobec ogólnogospodarczych wyzwań rozwojowych w scenariuszu modernizacji przekłada się na przyspieszenie regulacyjne i – w ślad za nim – technologiczne w transporcie. Uzależnienie mobilności Polaków od paliw kopalnych znacząco spada dzięki inwestycjom w droższe, ale bardziej paliwooszczędne technologie konwencjonalne oraz alternatywne typy napędu samochodowego. Analiza przedstawia ekonomiczne i pozaekonomiczne koszty oraz korzyści decyzji o zastąpieniu pojazdów paliwochłonnych i szkodliwych dla otoczenia, nieco droższymi, ale znacznie wydajniejszymi samochodami, rozważając jednocześnie opcje alternatywne w postaci rozwoju napędów hybrydowych, a także zwiększenia roli nowoczesnych, pozyskiwanych w sposób zrównoważony, biopaliw w transportowym miksie energetycznym.

## Doświadczenia międzynarodowe

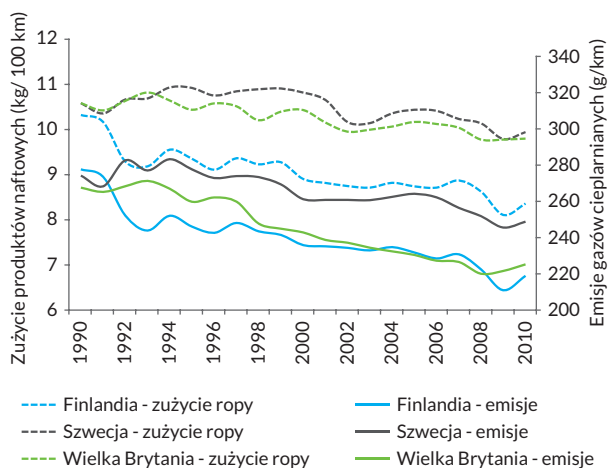
Historia transportu drogowego skutecznie dowodzi, że dobrze zaprojektowana interwencja publiczna może tak wspomagać przemysł w zakresie innowacji i produkcji, aby cele środowiskowe nie tylko nie znalazły się w konflikcie z celami ekonomicznymi, ale by były z nimi zbieżne.

**Historia sektora transportowego dowodzi, że ambitne normy wytyczone producentom przez regulatorów są efektywnym sposobem na przyspieszenie pożądanych zmian.**

Kluczem do osiągnięcia tej synergii jest jednoczesne wspieranie efektywności zasobowej i społecznej mobilności. Wraz ze wzrostem cen paliw i podnoszeniem się wrażliwości ekologicznej społeczeństw państw rozwiniętych, rządy krajów OECD coraz częściej wdrażają rozwiązania instytucjonalne zachęcające producentów i konsumentów do inwestowania w samochody o wyższej sprawności paliwowej i niższej emisyjności.

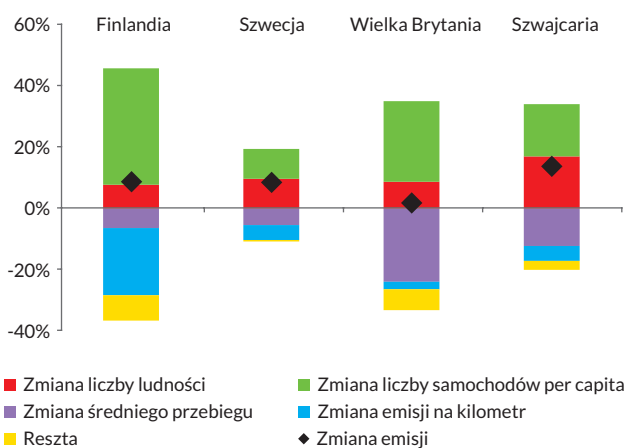
Doświadczenia te pokazują, że z perspektywy państwa szczególnie skutecznym sposobem ograniczenia zużycia energii i szkodliwych emisji jest wprowadzenie wiążących norm dla nowych pojazdów, pod warunkiem zapewnienia producentom określonego czasu na dostosowanie. Podejście to okazało się skuteczne w przypadku obowiązujących w Unii Europejskiej standardów emisji spalin (Euro 1-6), regulujących dopuszczalną emisję tlenków azotu (NO<sub>x</sub>), węglowodorów (HC), tlenków węgla (CO) oraz cząstek stałych. Na przestrzeni kilkunastu lat producentom udawało się spełniać kolejne, coraz bardziej rygorystyczne standardy i głęboko zredukować szkodliwe dla zdrowia emisje. Z kolei w Japonii cele na 2010 rok w zakresie poprawy efektywności paliwowej nowych samochodów zostały osiągnięte przed czasem i znacznie przekroczone (JAMA 2011). Dziś podobną politykę wdrażają także Amerykanie, którzy narzucili producentom standardy emisyjności pojazdów obowiązujące modele wytwarzane od 2012 roku. Początkowy program administracji Baracka Obamy na lata 2012-2016 został przedłużony do 2025 roku, przy czym cele emisyjne od 2017 roku będą podlegać corocznej rewizji według z góry przyjętego planu (EPA 2012).

**Wykres II.T.5. Emisje gazów cieplarnianych i zużycie produktów naftowych w transporcie w wybranych krajach UE; 1990-2010**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat, IPCC

**Wykres II.T.6. Struktura zmian emisji w sektorze transportu w wybranych krajach UE; 1990-2010**



Z drugiej strony, dobrowolne zobowiązania producentów nie zawsze prowadzą do osiągnięcia zakładanych rezultatów. Tak stało się m.in. z (wprowadzonymi w ubiegłej dekadzie) unijnymi celami emisji CO<sub>2</sub> dla nowych samochodów (140 g/km do roku 2008/2009). Kolejne wytyczne w tym obszarze mają już charakter wiążący, co przynosi efekty – producenci są obecnie na dobrej drodze do spełnienia celów na 2015 rok (EEA 2012). Potencjał do zmniejszenia uciążliwości aut dla środowiska przy pomocy stosowania efektywniejszych silników pozostaje duży. Obiecującym kierunkiem dalszego rozwoju motoryzacji wydaje się być także zmniejszanie masy produkowanych aut dzięki zastosowaniu lżejszych materiałów nowej generacji, a skuteczną drogą do ograniczenia zużycia paliw mogą być także napędy hybrydowe, spalinowo-elektryczne.

**Oprócz zmian technologicznych istotne są również zmiany zachowań obywateli, zachęcanie ich do wyboru oszczędniejszych i bardziej przyjaznych środowisku środków transportu.**

Drugim typem interwencji stosowanym w Europie i innych krajach rozwiniętych są regulacje wspierające zmiany behawioralne i zachęcające użytkowników transportu indywidualnego do wybierania przyjaźniejszych środowisku form przemieszczania się. W szczególności dotyczy to obszarów miejskich. Koszty użytkowania samochodu w miastach nie uwzględniają efektów zewnętrznych dla jakości życia, wynikających z zatłoczenia, hałasu i zanieczyszczenia środowiska. Władze miast uwzględniają te efekty, wdrażając zrównoważoną politykę transportową opartą m.in. o zwiększenie podaży usług komunikacji publicznej oraz przekierowanie popytu na jej rzecz np. poprzez obciążenie transportu prywatnego opłatami za parkowanie lub wjazd do

centrum. Ostatnie edycje badań Urban Audit, przeprowadzane w miastach Europy Zachodniej, pokazują, że udaje się tam skutecznie ograniczyć odsetek ludności dojeżdżającej do pracy samochodem (por. Wykres II.T.8). Zmiany w krajach Europy Środkowej i Wschodniej nie są aż tak jednoznaczne – w tym wypadku nadal istotnym czynnikiem jest wzrost zamożności, sprawiający, że coraz większa grupa osób może sobie pozwolić na wybór pomiędzy dojazdem komunikacją miejską a własnym samochodem. Władze państw tego regionu (w tym polskie) muszą się mierzyć z sytuacją, w której coraz więcej osób już nie musi – z przyczyn dochodowych – korzystać jedynie z komunikacji miejskiej, a jednocześnie chce w większym niż do tej pory stopniu polegać na transporcie indywidualnym. Utrzymanie historycznie dużej roli transportu zbiorowego w Europie Środkowej wymaga więc systematycznej poprawy jakości oferowanych usług i intensywnej promocji tej formy mobilności w bogacącym się społeczeństwie.

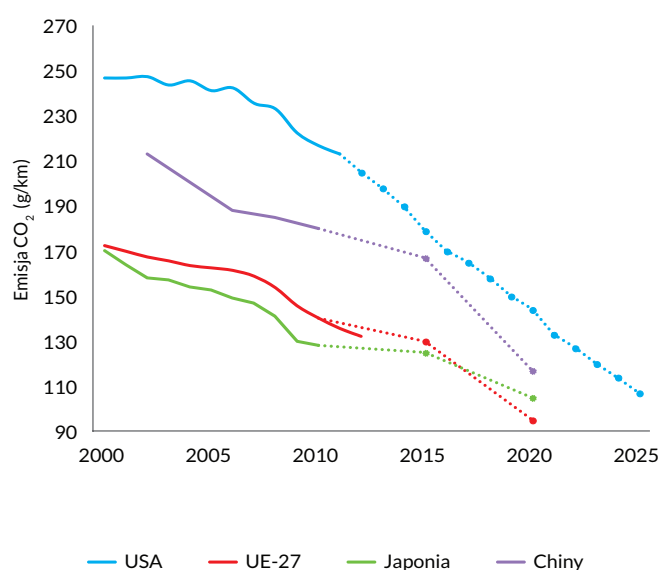
## Dyktat silnika spalinowego – scenariusz odniesienia

Wśród różnych rodzajów transportu kluczowym z punktu widzenia niskoemisyjnej modernizacji jest transport drogowy.

**Transport drogowy w Polsce jest i pozostanie dominującą formą mobilności, zużywającą najwięcej paliwa i wywierającą największą presję na środowisko.**

Zarówno w Polsce, jak i całej Unii Europejskiej, odpowiada on za ponad 90% zużycia energii oraz emisji gazów cieplarnianych w sektorze. W Polsce dominacja samochodów wzmocniła się w okresie transformacji ustrojowej i jest dziś bardziej wyraźna niż w całej

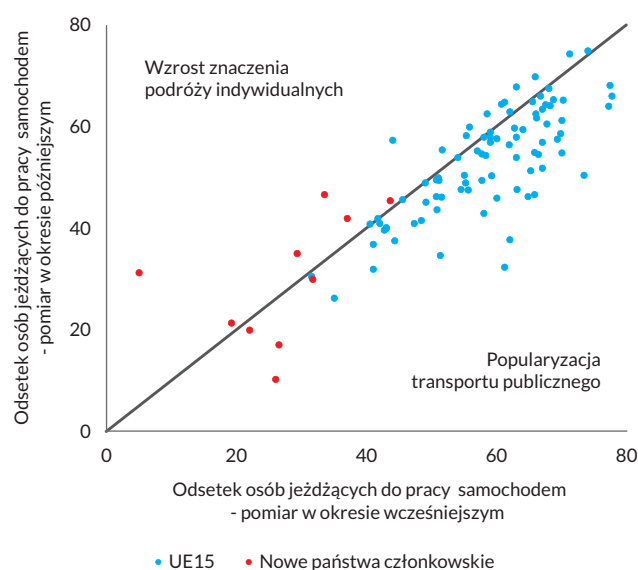
Wykres II.T.7. Przeciętna emisyjność nowych samochodów; 2000-2025



Uwaga: Przerywaną linią oznaczono normy

Źródła: Opracowanie własne na podstawie danych EEA, EPA, ICCT

Wykres II.T.8. Zmiana odsetka osób dojeżdżających do pracy samochodem w europejskich miastach



Uwaga: Dane z lat 2007-2010 oraz 2003-2006 dla Niemiec, Hiszpanii, Finlandii, Estonii i Słowacji oraz dane z lat 2003-2006 i 1999-2002 dla Danii, Irlandii i Holandii.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Urban Audit

Wspólnocie. Dzieje się tak z kilku powodów. Po pierwsze, ze względu na położenie geograficzne kraju, niewielką rolę gospodarczą odgrywa w Polsce transport morski. Jednocześnie, w następstwie restrukturyzacji gospodarki, maleje rola przewozów kolejowych, czemu towarzyszy zmiana technologiczna w samym kolejnictwie, polegająca na przejściu od węgla do energii elektrycznej i paliw ciekłych. Istotnie zmniejszyło to zarówno zużycie energii, jak i emisje gazów cieplarnianych w transporcie szynowym. Także w przypadku lotnictwa można mówić o znacząco niższym poziomie zużycia energii i emisjach niż ma to miejsce przeciętnie w Europie. Można to tłumaczyć nadal mniejszą niż w Europie Zachodniej popularnością tej formy podróży, ale i słabym rozwojem lotów wewnątrz krajowych oraz brakiem lotnisk o znaczeniu ponadnarodowym. Pojawienie się tanich linii lotniczych, ułatwienie podróży w ramach UE oraz wzrost zamożności społeczeństwa polskiego sprawiły, że od 2004 roku zachodzi jednak dynamiczny (80% w latach 2004-2010) rozwój tego sektora, skutkujący wzrostem jego zapotrzebowania na energię. W kolejnych dekadach należy oczekiwać utrzymania tej tendencji, aż do osiągnięcia wskaźników charakterystycznych dla Europy Zachodniej. Nadal jednak to transport drogowy będzie dominował w całkowitym bilansie energetycznym sektora. Ograniczenie jego popytu na paliwa kopalne będzie stanowiło główne wyzwanie na drodze do osiągnięcia zrównoważonej mobilności. Z tego powodu w dalszej części rozdziału skupiamy się właśnie na nim.

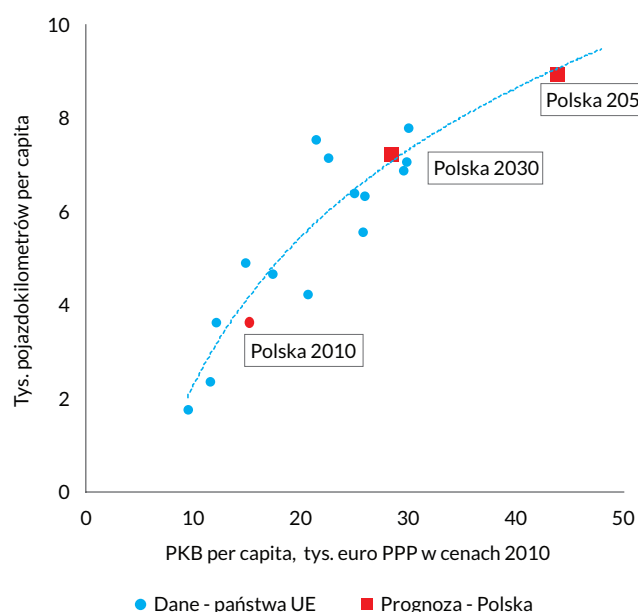
Bazując na doświadczeniach międzynarodowych, można zakładać, że zużycie energii w polskim transporcie drogowym będzie zmieniało się w podobny sposób, jak miało to miejsce w przeszłości w innych państwach Unii Europejskiej (por. Wykres II.T.11). Nieco inne prawidłowości rządzą przy tym (użytkowanymi

**Energochłonność transportu drogowego w Polsce zmieniać się będzie zgodnie z historycznymi trendami dla Europy Zachodniej i zrówna się ze średnią dla UE ok. 2050 roku.**

głównie przez gospodarstwa domowe) samochodami osobowymi oraz wykorzystywanymi przy prowadzeniu działalności gospodarczej samochodami ciężarowymi, autobusami i pojazdami specjalnymi. Wolumen transportu zbiorowego i towarowego podąża za skalą obrotów gospodarczych mierzonych rozmiarem PKB. Opierając się na prognozie produktu (por. Część IV), można zatem oszacować przebieg samochodów niesobowych w najbliższych dekadach. Sądzymy, że do roku 2050 powinien on – w związku z zakładaną w scenariuszu makroekonomicznym konwergencją Polski do średniej UE – osiągnąć wartość zbliżoną do obserwowanej w krajach Europy Zachodniej. To samo dotyczyć będzie liczby użytkowanych ciężarówek i autobusów (por. Tabela II.T.2). Nieco bardziej złożone mechanizmy rządzą transportem indywidualnym, który, jak wynika z danych historycznych, jest wypadkową kilku dziejących się równolegle procesów:

1. **wzrostu liczby samochodów na mieszkańca wraz z dochodem *per capita*, choć tempo tego przyrostu stopniowo maleje** – można więc zakładać, że w Polsce, po osiągnięciu nasycenia odpowiadającego najbardziej „zmotoryzowanym” nacjiom Europy Zachodniej dalszy przyrost liczby aut ustanie i ustabilizuje się na poziomie ok. 545 pojazdów na 1000 mieszkańców (por. Tabela II.T.1), przekraczając nieco dzisiejszą wartość wskaźnika dla Finlandii czy Niemiec.

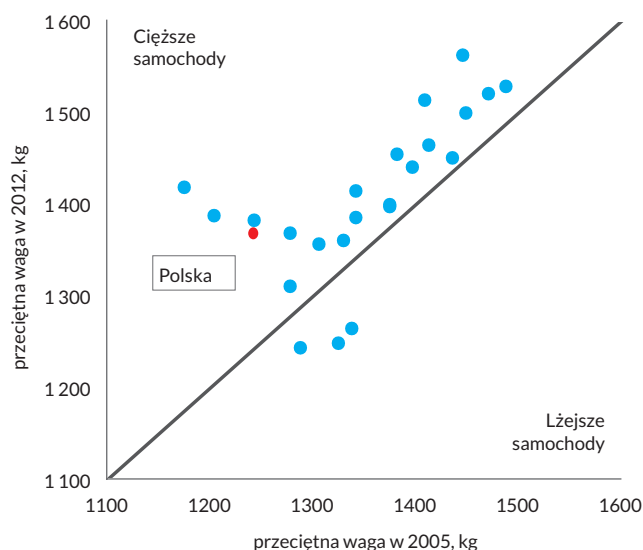
**Wykres II.T.9.** Wykorzystanie samochodów osobowych a poziom rozwoju gospodarczego



Uwaga: Dane dla państw europejskich dla ostatniego dostępnego roku.

Źródło: Opracowanie własne

**Wykres II.T.10.** Zmiana wagi nowych samochodów osobowych w państwach UE w latach 2005-2012



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EEA (2013)

2. **szybkiego wzrostu średniego przebiegu przeciętnego samochodu osobowego**, podążającego za wzrostem zamożności, aż do osiągnięcia nasycenia – wielkość ta kształtuje się obecnie w Polsce znacznie poniżej poziomów typowych dla państw rozwiniętych – ok. 8000 km rocznie. Porównanie danych historycznych z różnych krajów UE – w tym Polski – wskazuje jednak, że wzrost gospodarczy przekłada się bezpośrednio na intensywniejsze korzystanie z transportu indywidualnego, zapewniającego obywatelom pożądany stopień mobilności (Wykres II.T.9), dlatego można zakładać, że także w przyszłości będzie podobnie (por. Tabela II.T.1).
3. **wzrostu wagi użytkowanych samochodów osobowych**, skorelowanego z przeciętnymi dochodami do dyspozycji gospodarstw domowych – tendencja ta jest obserwowana od lat zarówno na Zachodzie, jak i w Polsce, czego powodem jest zapewne przesiadanie się coraz majątniejszych kierowców z samochodów mniejszych i bardziej ergonomicznych do samochodów większych i bardziej komfortowych (Wykres II.T.10) – można zatem zakładać, że regularność ta utrzyma się w przyszłości.

Ze względu na spodziewany wzrost średniej liczby samochodów osobowych i ciężarowych, ich wagi oraz przeciętnej liczby przejechanych przez nie kilometrów (por. Tabele II.T.1-II.T.2) można

**Znaczenie gazu LPG jako paliwa w transporcie drogowym będzie maleć, a jego udział w miksie zbliży się do wartości obserwowanych w UE – poniżej 10%.**

spodziewać się dalszego wzrostu zużycia energii w sektorze transportu. Tempo tych zmian powinno być wolniejsze niż przyrost przewożonych ładunków i pasażerów, jednak szybsze niż przyrost konsumowanego paliwa oraz emisji. Obok zmian we flocie samochodowej i intensywności przewozów oczekujemy bowiem stopniowych przeobrażeń w miksie paliwowym.

Na potrzeby scenariusza odniesienia przyjmujemy, że będą się one sprowadzały jedynie do zmiany proporcji między dotychczasowymi jego składnikami, a więc – że nie znajdą w Polsce na dużą skalę zastosowania nowe technologie, takie jak samochody hybrydowe czy elektryczne. W przypadku samochodów osobowych na znaczeniu zyska olej napędowy kosztem benzyny, co wynika z spodziewanego wzrostu przebiegu i wagi przeciętnego pojazdu. Droższe, ale bardziej paliwooszczędne silniki ON powinny być częściej wybierane, ponieważ z chwilą, gdy podróże w przekroju całego użytkownika samochodu osobowego przekraczają ok. 60-100 tys. km. stają się one bardziej opłacalne od silników benzynowych, sprawdzających się w samochodach o niższych przebiegach. Pod tym względem Polska zacznie się więc upodabniać do innych krajów europejskich, w których silniki wysokoprężne są dominującym typem napędu samochodów osobowych. Z tego samego powodu przewidujemy, że znaczenie gazu LPG będzie powoli spadało, jednak utrzyma on istotny udział

**Tabela II.T.1. Samochody osobowe – scenariusz odniesienia**

	Samochody osobowe na 1000 mieszk.	Pojazdkm na osobę, tys.	Średni przebieg, tys. km/rok	Liczba samochodów osobowych, mln	Przebieg ogółem (mld pojazdkm)
2010	452	3,6	8,0	17,3	138
2020	522	5,9	11,3	20,0	227
2030	532	7,3	13,6	20,1	275
2040	540	8,2	15,3	19,6	300
2050	545	9,0	16,5	19,0	313

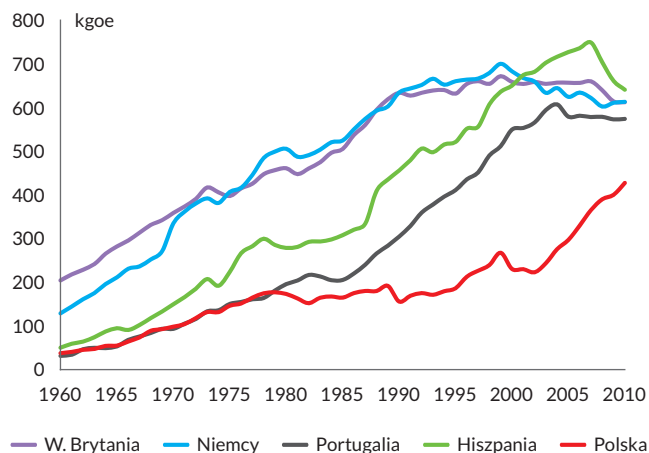
**Tabela II.T.2. Samochody inne niż osobowe – scenariusz odniesienia**

	Pojazdkm na osobę, tys.	Samochody poniżej 3,5t			Samochody powyżej 3,5t		
		Średni przebieg, tys. km/rok	Liczba pojazdów, mln	Przebieg ogółem (mld pojazdkm)	Średni przebieg, tys. km/rok	Liczba pojazdów, mln	Przebieg ogółem (mld pojazdkm)
2010	1,32	12,9	2,2	28	27,3	0,83	22,7
2020	1,50	14,6	2,2	32	29,0	0,88	25,4
2030	1,64	15,8	2,2	35	30,1	0,90	27,1
2040	1,73	16,7	2,1	36	30,7	0,89	27,4
2050	1,80	17,2	2,1	36	31,1	0,88	27,2

Uwaga: Kategoria samochodów innych niż osobowe obejmuje samochody ciężarowe, autobusy i samochody specjalne.

Źródło: Opracowanie własne

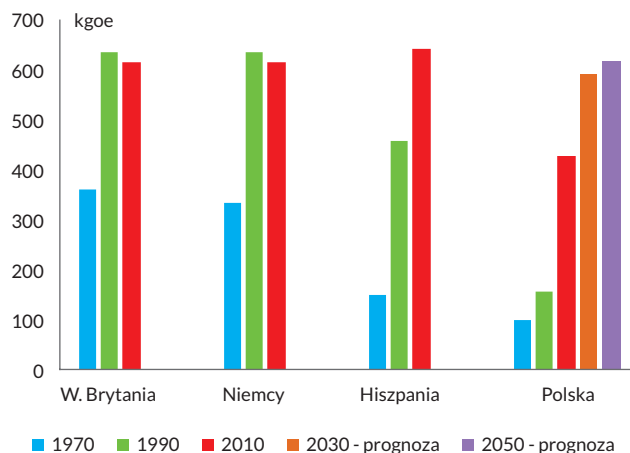
Wykres II.T.11. Zużycie energii w transporcie drogowym na mieszkańca w wybranych krajach UE; 1960-2010



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych BS

w miksie paliwowym. Obecny, nadzwyczaj wysoki na tle UE, udział samochodów osobowych napędzanych LPG (18% zużycia paliwa w 2010) zmniejszy się wraz ze spadkiem popytu na samochody używane wśród polskich konsumentów. Samochody nowe rzadko wyposaża się w ten rodzaj napędu, a ich użytkownicy nie są skłonni do dokonywania modyfikacji w okresie gwarancyjnym. Jednak już istniejąca infrastruktura (przystosowane stacje paliw) oraz opłacalność tego rozwiązania sprzyjać będzie dalszemu wykorzystywaniu tego paliwa w kolejnych dekadach (udział w miksie – 9% w 2050). W scenariuszu odniesienia przyjmujemy także, że samochody użytkowane w działalności gospodarczej nadal będą wykorzystywały głównie olej napędowy, którego udział będzie dodatkowo rósł w pojazdach poniżej 3,5 t (od 68% do 84% – por. Tabela II.T.3), utrzymując się na poziomie 100% w samochodach cięższych. Dodatkowo scenariusz zakłada, że nie nastąpi upowszechnienie się alternatywnych napędów (np. silniki hybrydowe, elektryczne, wodorowe, ogniwa paliwowe), a wsparcie państwa dla działalności badawczo-rozwojowej oraz inwestycje w rozwój niezbędnej infrastruktury (np. stacje ładowania) pozostaną niewielkie. Udział biopaliw w miksie wzrasta do 2016 roku, zgodnie z obowiązującymi regulacjami, lecz w późniejszym okresie, wskutek wycofania wsparcia, znikają one z miksu.

Wykres II.T.12. Zużycie energii w transporcie drogowym na mieszkańca – scenariusz odniesienia; 1970-2050



Źródło: Opracowanie własne

Należy podkreślić, że scenariusz odniesienia zakłada istotną poprawę efektywności paliwowej przeciętnego pojazdu. Podąża ona w ślad za już dziś wyraźnie widocznymi trendami. Jej powodem będzie, poza postępem technologicznym ujawniającym się w nowych samochodach, poprawa parametrów polskiej floty samochodowej dzięki stopniowemu obniżaniu się wieku sprawdzanych z zagranicy pojazdów oraz spadającego udziału w rynku aut używanych. Wzrost zamożności polskiego społeczeństwa powinien bowiem doprowadzić do wzrostu zainteresowania bardziej komfortowymi i bezpiecznymi samochodami. Z drugiej strony, wspomniana już ogólnoswiatowa tendencja do zwiększania

**Pozytywne skutki modernizacji polskiej floty zostaną ograniczone przez skłonność do zakupu większych, bardziej paliwochłonnych samochodów.**

się przeciętnej wagi pojazdu, wraz ze wzrostem zamożności, ograniczy wpływ innowacji technologicznych na poprawę przeciętnej paliwochłonności samochodów w Polsce. Polacy będą wprawdzie jeździli pojazdami nowszymi, o lepszych silnikach – staną się one jednak większe i cięższe niż dziś.

Tabela II.T.3. Zużycie energii przez samochody – scenariusz odniesienia

	Samochody osobowe		Samochody poniżej 3,5t		Samochody powyżej 3,5t		Zużycie energii ogółem, Mtoe
	Silniki ON (udział)	Zużycie paliwa, l/100 km	Silniki ON (udział)	Zużycie paliwa, l/100 km	Silniki ON (udział)	Zużycie paliwa, l/100 km	
2010	35%	8,1	68%	11	100%	24,80	15
2020	56%	7,1	78%	10	100%	23,76	20
2030	63%	6,4	82%	9	100%	22,96	22
2040	66%	5,9	83%	8	100%	22,33	22
2050	67%	5,5	84%	8	100%	21,85	21

Źródło: Opracowanie własne

Luźne przestrzeganie obowiązujących standardów (np. znaczące, nawet kilkudziesięcioprocentowe różnice w zużyciu paliwa i emisjach pomiędzy oficjalnymi testami i rzeczywistymi osiągnięciami pojazdów, por. T&E 2013) oraz zakładane w tym scenariuszu pasywne (w długim okresie) podejście polskiej i europejskiej administracji do wdrażania nowych, ambitniejszych norm, doprowadzi do spowolnienia inwestycji w paliwooszczędne rozwiązania. Wobec braku wspólnych ram działania producenci niechętnie będą wprowadzali na rynek droższe, ale mniej energochłonne samochody. Nie będą oni ryzykowali utraty tej części potencjalnych konsumentów, dla której z różnych przyczyn to cena samochodu, a nie całkowity koszt jego posiadania (uwzględniający nie tylko koszt zakupu, ale również wszystkie późniejsze wydatki) jest kluczowym kryterium wyboru pojazdu.

**Polska jest na drodze do szybkiego osiągnięcia porównywalnego z Europą Zachodnią zużycia paliw na mieszkańca – ale przy niższym poziomie dochodu będzie to oznaczało większe obciążenie dla gospodarki i obywateli.**

Do 2030 roku wypadkową tych procesów będzie wzrost całkowitego popytu na paliwa w Polsce o jedną trzecią. Zapotrzebowanie przeciętnego Polaka wzrośnie jeszcze bardziej, bo o ponad 50%. Wzrost ten nastąpi mimo tego, że efektywność paliwowa samochodów osobowych zwiększy się równoległe (w porównaniu do stanu obecnego) aż o 33%. Podążymy w tym względzie śladami Hiszpanii i Portugalii (Wykres II.T.12) sprzed kilkunastu lat, kiedy kraje te znajdowały się na podobnym poziomie rozwoju i możliwości do tego, jakim cieszy się obecnie Polska. Oznacza to, że wobec braku możliwości zaspokojenia popytu na ropę naftową ze źródeł krajowych, wskutek wzrostu popytu na ten surowiec w transporcie, zależność energetyczna Polski od importu paliw kopalnych spoza UE również istotnie się powiększy – na przełomie ostatnich 10 lat udział wartości importu ropy naftowej (która w ponad 90% pochodzi z Rosji) w polskim PKB wzrósł ponad dwukrotnie (do prawie 4%). W przyszłości należy się spodziewać utrzymania tego trendu.

## Hybrydy i biopaliwa II generacji – scenariusz modernizacji

W scenariuszu odniesienia mobilność Polaków podnosi się za cenę narastającego uzależnienia gospodarki od importowanych paliw kopalnych i wzrostu ryzyka ekonomicznego, zdrowotnego i środowiskowego. Sensem scenariusza modernizacji jest uniknięcie tej pułapki poprzez wybór alternatywnej ścieżki rozwoju, w której transport rozwija się w sposób niezagrożony, przy jednoczesnym spadku popytu na ropę naftową oraz wzroście konkurencyjności międzynarodowej i bezpieczeństwa energetycznego. U podstaw tego scenariusza leży aktywna polityka publiczna nakierowana na osiągnięcie rezultatów na polu:

1. **znaczącej poprawy efektywności paliwowej, dzięki unowocześnieniu floty samochodowej drogą:**
  - (i) udoskonalenia napędów konwencjonalnych,

- (ii) modyfikacji konstrukcji pojazdów w sposób zmniejszający ich wagę,
- (iii) promocji lepszej, bardziej paliwooszczędnej aerodynamiki oraz
- (iv) wprowadzenia napędów hybrydowych. Cel ten jest osiągnięty przez stopniowe, lecz konsekwentne ustanawianie coraz bardziej rygorystycznych standardów dla producentów samochodów na szczeblu europejskim (wpływ na długoterminowy trend technologiczny) oraz wdrożenie na szczeblu krajowym systemu bodźców zachęcających do wyboru efektywniejszych pojazdów (wpływ na tempo upowszechniania się paliwooszczędnych innowacji u polskich użytkowników).

2. **dywersyfikacji miksu energetycznego transportu,** mającej na celu zmniejszenie jego zależności od pochodnych ropy naftowej. Do tej kategorii zaliczyć można wsparcie dla pozyskiwanych w sposób zrównoważony biopaliw, rozbudowę infrastruktury dla napędów alternatywnych (np. stacji ładowania dla hybryd plug-in) ułatwiającej ich przechodzenie od fazy wdrożenia do rynku masowego, a także utrzymanie we flocie pojazdów napędzanych gazem.
3. **rozwoju atrakcyjnych alternatyw dla transportu indywidualnego,** w tym komunikacji zbiorowej, rowerowej i pieszej w miastach oraz kolejowej w przewozach na większe odległości. Istotne w tym kontekście jest odpowiednie planowanie przestrzenne w aglomeracjach, pozwalające uniknąć tzw. *urban sprawl*, czyli rozlewania się przestrzeni miejskiej na okoliczne tereny, które wymusza wydłużanie tras podróży i utrudnia skuteczne funkcjonowanie systemu komunikacji miejskiej. Zwarta zabudowa, zawierająca obiekty o zróżnicowanych funkcjach, sprzyja ograniczeniu potrzeb transportowych bez pogorszenia standardu życia.

W tym rozdziale koncentrujemy się na efektach działań podejmowanych na pierwszych dwóch polach, a więc na polu

**Sprawne, nowoczesne państwo, zapewniające wysokiej jakości usługi publiczne, infrastrukturę oraz planowanie przestrzenne, sprzyja zainteresowaniu obywateli zrównoważonymi formami mobilności.**

zmian technologicznych oraz w następstwie zmian w strukturze miksu paliwowego w transporcie. Efekty działań z zakresu uatrakcyjniania alternatywnych środków transportu zależą od zróżnicowanych czynników behawioralnych, są więc nadzwyczaj trudne do skwantyfikowania, szczególnie dla całego kraju, na przestrzeni kilku

dekad. Nie znaczy to jednak, że nie są one ważnym i korzystnym sposobem na sprostanie wyzwaniom rosnącej mobilności polskiego społeczeństwa. Świadczą o tym chociażby przytoczone wcześniej dane, potwierdzające udane doświadczenia krajów zachodnich w promowaniu zrównoważonych form transportu miejskiego. Sprawne planowanie przestrzenne, rozbudowa zróżnicowanej infrastruktury transportowej oraz dostarczanie usług publicznych (w tym przewozów) na wysokim poziomie są warunkami koniecznymi udanej modernizacji.

Tabela II.T.4. Scenariusz odniesienia a scenariusz modernizacji – różnice

	Scenariusz odniesienia	Scenariusz modernizacji
Silniki spalinowe	Brak konsekwentnej polityki na szczeblu europejskim i krajowym prowadzi do stagnacji technologicznej i bardzo powolnej poprawy efektywności paliwowej.	Polityka UE, Japonii, USA i Chin motywuje producentów samochodów do inwestowania w przyjazne zdrowiu i środowisku, paliwooszczędne pojazdy. Bodźce zachęcające właścicieli samochodów do ich kupowania powodują stopniowe upowszechnianie się coraz efektywniejszych silników już w latach 2010-2025. Wyższe początkowe nakłady kapitałowe zwracają się w cyklu życia samochodu.
Silniki hybrydowe – pełna hybryda (silnik spalinowy ze wsparciem małego silnika elektrycznego)	Nierozwijane, bardzo rzadkie występowanie we flocie, wyłącznie samochody osobowe.	Presja regulacyjna i wsparcie B+R na poziomie unijnym prowadzi do stopniowego obniżania kosztów baterii i napędów hybrydowych. Silniki hybrydowe zaczynają się upowszechniać po 2025 roku, początkowo wśród samochodów osobowych o największym oczekiwanym przebiegu. Do 2050 roku – ok. 25% samochodów osobowych to pełne hybrydy. Równoległe następuje stopniowa hybrydyzacja napędów pozostałych pojazdów.
Silniki hybrydowe <i>plug-in</i> (silnik spalinowy ze wsparciem dużego silnika elektrycznego, ładowanego z sieci)	Praktycznie nie występują z powodu zarzucenia rozwoju tej technologii przez producentów i braku odpowiedniej infrastruktury.	Po roku 2030 wśród samochodów osobowych zaczynają się upowszechniać hybrydy <i>plug-in</i> . Są one używane przez kierowców regularnie jeżdżących po miastach. Do 2050 roku kilkanaście procent samochodów osobowych to hybrydy <i>plug-in</i> . Podłączone do sieci, stanowią wsparcie dla systemu energetycznego.
Zmniejszenie wagi pojazdu	Niewielkie zmiany	Rozpowszechnia się stopniowo, poczynając od roku 2015. Początkowe zmniejszenie wagi nowych samochodów jest niewielkie, jednak w kolejnych generacjach czynnik ten zyskuje na znaczeniu, docelowo obniżając zużycie paliwa nawet o 1/3.
Inne udoskonalenia (aerodynamika, opony, systemy elektroniczne itp.)	Niewielkie zmiany	Czynnik, którego rola dla podnoszenia efektywności paliwowej widoczna jest przed rokiem 2025. W okresie późniejszym potencjał tych zmian jest w większości wykorzystany i, jako taki, nie jest już motorem zmian.
Zmiana miksu -biopaliwa	Wycofanie wsparcia dla biopaliw po 2016 roku, do 2025 r. znikają one z miksu paliwowego.	Osiągnięcie 10% udziału biopaliw w miksie paliwowym w perspektywie 2020 roku i 25% do roku 2050. Duża waga przywiązywana do zrównoważonego pozyskiwania biopaliw pierwszej generacji, przejście do biopaliw drugiej generacji w latach 2017-2030.

Źródło: Opracowanie własne

### Scenariusz modernizacji zakłada przede wszystkim zmiany w konstrukcji silników spalinowych oraz redukcję wagi pojazdów.

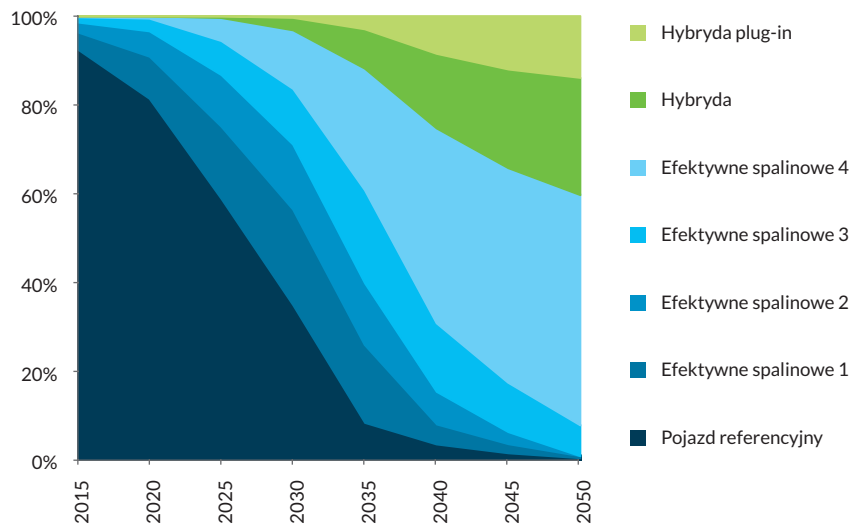
zwłaszcza tzw. *downsizing*, czyli zmniejszenie rozmiaru silnika przy zachowaniu jego mocy dzięki zastosowaniu technologii poprawiających sprawność (np. bezpośredni wtrysk paliwa, turboładowanie). Po drugie, prawdopodobnym kierunkiem rozwoju technologicznego, który w przyszłości przynieść może znaczące oszczędności w zużyciu paliwa, jest redukcja wagi pojazdów dzięki lepszemu projektowaniu i zastosowaniu lżejszych materiałów. Po trzecie, pewien potencjał oszczędnościowy drzemie w szeregu drobnych udoskonalień w postaci np. wprowadzenia lepszych opon i monitorowania ciśnienia powietrza, efektywniejszej klimatyzacji, aerodynamiki czy ograniczania strat ciepła. Wreszcie, obiecującym, choć w chwili obecnej jeszcze dość kosztownym, rozwiązaniem są spalinowo-elektryczne silniki hybrydowe. Obecność silnika spalinowego umożliwia jazdę na

Postęp techniczny warunkujący realizację scenariusza modernizacji w pierwszym rządzie dotyczyć będzie modyfikacji konstrukcji silników spalinowych (por. Tabela II.T.4). Do tej kategorii należy

dłuższe dystanse w niesprzyjających warunkach pogodowych, decydując o przewadze tego rozwiązania nad samochodami elektrycznymi, póki nie nastąpi przełom technologiczny w magazynowaniu energii elektrycznej pozwalający na zwiększenie zasięgu i skrócenie okresu ładowania pojazdów w pełni zelektryfikowanych. Istnieje kilka typów pojazdów hybrydowych, różniących się względny znaczeniem napędów tradycyjnego i elektrycznego. W tzw. *mild hybrids* elementy instalacji elektrycznej służą jedynie jako wsparcie dla efektywniejszej pracy napędu spalinowego, np. poprzez system start-stop (automatyczne zatrzymanie silnika, gdy samochód nie jest w ruchu), stąd tego typu rozwiązania zaliczyć można raczej do działań poprawiających efektywność tradycyjnych napędów, niż do wprowadzenia napędów w pełni hybrydowych. W pojazdach typu *full hybrid* napęd elektryczny jest w stanie samodzielnie dostarczyć energię niezbędną do ruchu pojazdu, pozyskując ją ze strat energetycznych w cyklu napędu konwencjonalnego. Z kolei pojazdy *plug-in hybrid* posiadają większy silnik elektryczny od *full hybrid*, a ich akumulatory ładowane są z sieci elektrycznej, zwiększając rolę napędu elektrycznego i zmniejszając spalanie paliwa w napędzie konwencjonalnym.



Wykres II.T.13. Mix technologiczny dla samochodów osobowych – scenariusz modernizacji; 2015-2050



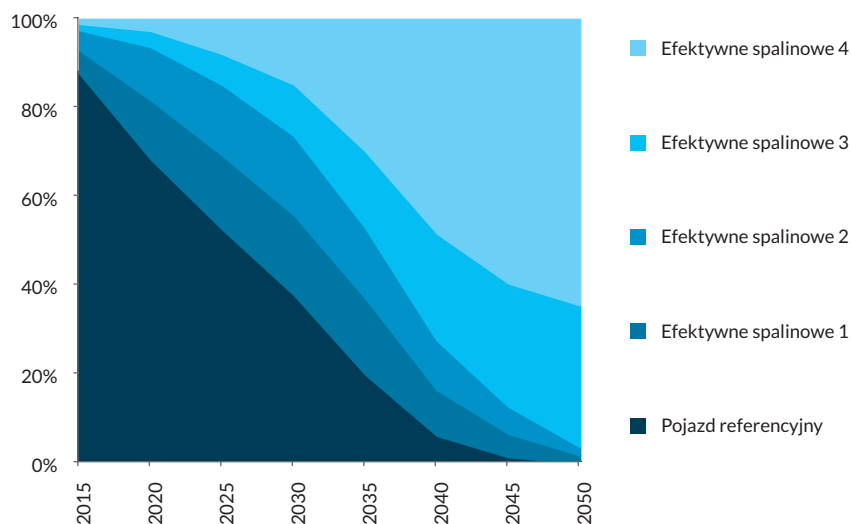
Źródło: Opracowanie własne

Jeśli kierunek polityki publicznej w zakresie transportu w krajach OECD nie zmieni się, paliwochłonność pojazdów osobowych będzie spadać.

Największe rezerwy poprawy energochłonności w transporcie samochodowym, ale i najwyższe wydatki początkowe, charakteryzują technologie ograniczające wagę pojazdów oraz samochody hybrydowe. Niewielka redukcja ciężaru samochodu możliwa jest do osiągnięcia relatywnie niskim kosztem, opiera się bowiem głównie na zmianach konstrukcyjnych, pozwalających na obniżenie ilości użytkowanych materiałów bez zmiany jego funkcjonalności. Jednak koszty dalszego obniżania wagi szybko rosną, gdyż wymaga to zastosowania lżejszych, lecz droższych zamienników stali, takich jak aluminium, włókno węglowe, tworzywa sztuczne czy materiały kompozytowe. Podobnie jest z pojazdami hybrydowymi, które, choć od kilku lat obecne na rynku,

są nadal raczej w fazie eksperymentalnej, nie pozwalając producentom na zebranie wystarczającego doświadczenia i know-how oraz uruchomienia produkcji w rozmiarach umożliwiających osiągnięcie na tyle dużych efektów skali, by pojazdy te znalazły uznanie w oczach masowego odbiorcy. Mimo bardzo obiecującego wpływu, jaki zastosowanie technologii hybrydowych i zmian materiałowych ograniczających wagę samochodów mogłoby wywrzeć na poziom zużycia paliw w transporcie, czynniki te powodują, że wykorzystanie całego potencjału oszczędności nie będzie możliwe przed rokiem 2030. Z drugiej strony, agenda rozwoju silników konwencjonalnych wydaje się być już dziś na tyle dobrze ugruntowana, że, o ile proefektywnościowa orientacja polityki publicznej w krajach OECD zostanie utrzymana, to w najbliższych kilkunastu latach możemy oczekiwać dalszego spadku przeciętnej paliwochłonności samochodów osobowych.

Wykres II.T.14. Mix technologiczny dla pozostałych samochodów – scenariusz modernizacji; 2015-2050



Źródło: Opracowanie własne

W scenariuszu modernizacji zakładamy taki właśnie rozwój wypadków (por. Wykresy II.T.13-II.T.14.). Dotychczasowa orientacja polityki Unii Europejskiej, Japonii, Korei Południowej i USA zostaje utrzymana, a technologie poprawiające efektywność silników spalinowych stopniowo upowszechniają się. Do Polski docierają one z kilkuletnim opóźnieniem ze względu na duży udział pojazdów używanych we flocie samochodowej, jednak z czasem to

### Na poprawie efektywności paliwowej samochodów korzystają też – z opóźnieniem, ale i po niższych kosztach – nabywcy pojazdów używanych.

Charakteryzuje je coraz większy zakres oszczędności w porównaniu do pojazdów referencyjnych ze scenariusza odniesienia, lecz także nieco wyższy wydatek inwestycyjny. Różnica w kosztach względem pojazdu standardowego z czasem maleje dzięki rozwojowi technologii oraz efektom skali. W pierwszych kilkunastu latach (tj. do roku 2030) wzrost efektywności energetycznej napędzany jest przede wszystkim zmianami konstrukcyjnymi w silnikach, wspartymi przez postęp w zakresie aerodynamiki i ogumienia, oraz przez niewielki spadek średniej wagi nowych pojazdów. W okresie późniejszym postęp w zakresie materiałów i konstrukcji samochodów powoduje, że producenci mogą do swojej oferty włączyć modele niewiele droższe, ale, dzięki niższej wadze, znacznie bardziej ekonomiczne w użytkowaniu. Po roku 2030 wśród konsumentów zaczynają zyskiwać na popularności pojazdy *full-hybrid*, a w 2050 roku ich udział w rynku sięga 25%. Stopniowo upowszechniają się także hybrydy typu *plug-in*, jednak ich udział w ogóle kupowanych samochodów osobowych w analizowanym horyzoncie nigdy nie przekracza 14%. Ogółem w scenariuszu modernizacji napędy hybrydowe będą zamontowane w 40% samochodów osobowych w Polsce w 2050 roku. W przypadku pozostałych samochodów najwyższy (czwarty) poziom oszczędności przewiduje możliwość zastosowania pełnej hybrydy w zależności od specyfiki danego pojazdu – dłuższe dystanse oraz większa masa przewożonego ładunku nie sprzyjają stosowaniu tego rozwiązania.

opóźnienie technologiczne względem Europy Zachodniej zanika, wraz z towarzyszącym rosnącej zamożności społeczeństwa przekierowaniem popytu w stronę samochodów nowych. Zmiany technologiczne podzielone zostały na cztery kolejno wdrażane poziomy.

Ważnym wymiarem modernizacji są także zmiany w miksie paliwowym. Podobnie jak w scenariuszu odniesienia, w związku z coraz większą mobilnością Polaków, na znaczeniu zyskują silniki diesla kosztem pojazdów benzynowych. Scenariusz modernizacji cechuje jednak szybsza poprawa ich parametrów efektywnościowych. W odróżnieniu od silników benzynowych i dieslowskich, silniki wykorzystujące LPG pozostają tak samo popularne i efektywne jak w scenariuszu odniesienia. Popularność zasilania gazowego samochodów osobowych jest bowiem cechą specyficzną polską, a udział tego rodzaju napędów na rynku europejskim jest niski – producenci samochodów nie będą więc mieli wystarczających bodźców do podejmowania wysiłku poprawy ich efektywności. Mimo to, wdrożenie rozwiązań niezwiązanych bezpośrednio z silnikami (np. lżejsze materiały, aerodynamika, lepsze opony) w modelach konwencjonalnych wpłynie również na parametry pojazdów napędzanych skroplonym gazem. Przypadek ten ilustruje trzy istotne elementy przyspieszenia postępu technologicznego w transporcie:

1. **poprawa efektywności paliwowej nie sprowadza się jedynie do wprowadzania coraz lepszych silników,**
2. **istotną rolę w powodzeniu zmian ma zaangażowanie producentów – koncernów ponadnarodowych, dysponujących odpowiednimi zasobami do rozwoju najnowocześniejszych rozwiązań,**
3. **korzyści z przyspieszenia poprawy parametrów samochodów odnoszą nie tylko pierwsi, ale też kolejni właściciele – dzieje się tak z opóźnieniem, jednak dodatkowe nakłady początkowe również są niższe niż w przypadku zakupu najnowszych modeli dostępnych na rynku.**

Scenariusz modernizacji odróżnia się od scenariusza odniesienia także rolą biopaliw. Użytkowane obecnie biopaliwa pierwszej generacji produkowane są z płodów rolnych, które mogłyby być alternatywnie wykorzystane w celach spożywczych. Powoduje to, że współczesne biopaliwa są poddawane znacznej krytyce ze strony organizacji zajmującymi się m.in. problemem niedożywienia i głodu na świecie. Dlatego w literaturze przedmiotu

Tabela II.T.5. Zużycie energii przez samochody – scenariusz modernizacji

	Zużycie paliwa, l/100 km			Zużycie energii – cała flota, Mtoe			
	Osobowe	Inne poniżej 3,5t	Inne powyżej 3,5t	Paliwa kopalne	Biopaliwa	Energia elektryczna	Ogółem
2010	8,1	10,6	24,8	15	0,9	0	15,5
2020	6,9	9,0	23,0	18	1,9	0,0001 (1 GWh)	19,6
2030	5,5	7,6	20,7	16	2,7	0,01 (0,1 TWh)	18,9
2040	3,7	5,9	17,7	12	2,6	0,25 (2,9 TWh)	14,8
2050	3,0	5,1	16,4	10	3	0,39 (4,6 TWh)	13,0

### Scenariusz modernizacji zakłada stopniowe wycofanie biopaliw produkowanych z płodów rolnych na rzecz budzących mniej kontrowersji paliw drugiej generacji.

przewiduje się, że w przyszłości ich miejsce powinny zająć biopaliwa drugiej generacji, w której źródłem węglowodorów byłyby specjalnie uprawy energetyczne, zmodyfikowane genetycznie sinice lub bakterie, a także odpady rolne, spożywcze lub leśne. W scenariuszu odniesienia zakładaliśmy, że rozwój biopaliw drugiej generacji nie zakończy się sukcesem wystarczającym do tego, aby stały się one produktem rynkowym, czy to ze względu na osłabienie zainteresowania ze strony rządów państw rozwiniętych, czy z powodu problemów natury technologicznej.

Jednocześnie scenariusz ten przewidywał, że krytyka wymierzona w biopaliwa pierwszej generacji doprowadzi do ich wycofania z produkcji po roku 2020. W scenariuszu modernizacji rozwój drugiej generacji biopaliw będzie na tyle obiecujący, że badania nad nimi będą kontynuowane, a jednocześnie na tyle szybki, żeby już pod koniec lat 2020. mogły one z powodzeniem zastąpić biopaliwa pierwszej generacji, które do tego czasu będą pełniły rolę technologii pomostowej. Jednocześnie, europejska i polska polityka innowacyjna i przemysłowa będą konsekwentnie wspierały badania nad biopaliwami, umożliwiając im zajęcie do 2050 roku istotnego miejsca w miksie energetycznym sektora transportowego (24,5%).

## Ramka II.T.1. Biopaliwa w transporcie

Ograniczenie zależności transportu od paliw kopalnych możliwe jest także poprzez wykorzystanie biokomponentów tj. wytwarzanych biologicznie zamienników paliw konwencjonalnych. Nie wymaga to modyfikacji floty pojazdów czy wymiany napędów. Przy tym, ich wprowadzanie może być rozłożone w czasie, poprzez mieszanie biopaliw i paliw konwencjonalnych oraz stopniowe zwiększanie udziału biokomponentów w miksie. Biopaliwa pozyskiwane w sposób zrównoważony stanowią odnawialne źródło energii, natomiast źródła ich dostaw (zarówno lokalne, jak i zagraniczne) są dużo liczniejsze i bardziej zróżnicowane, a przez to bezpieczniejsze niż w przypadku ropy naftowej.

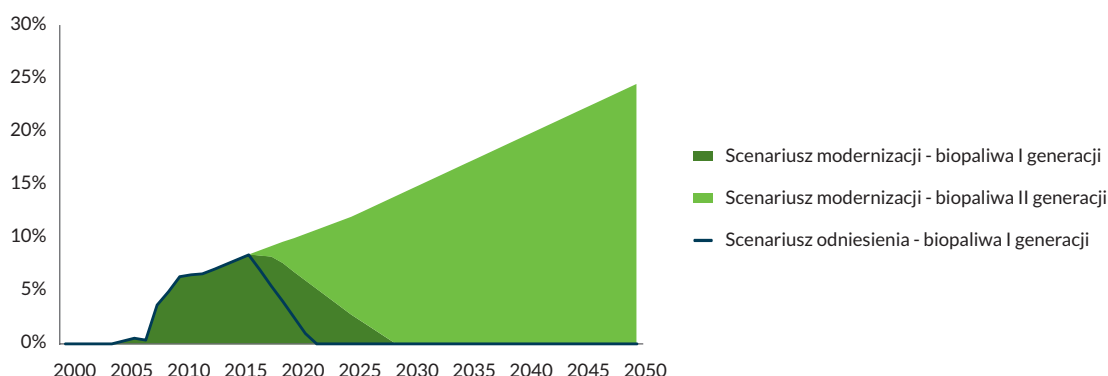
### ZALETY

- szansa na częściowe uniezależnienie się od importu surowców energetycznych
- bodziec rozwojowy dla rolnictwa w krajach UE i rozwijających się
- możliwość obniżenia emisji gazów cieplarnianych pod warunkiem pozyskiwania biokomponentów w sposób zrównoważony
- postęp technologiczny dot. II generacji – spadające koszty i pojawianie się nowych sposobów produkcji (np. sinice, *E.Coli*)

### WADY

- stosunkowo wysokie koszty produkcji
- w przypadku biopaliw I generacji presja na wzrost cen żywności i ryzyko nadmiernej eksploatacji lokalnych zasobów naturalnych,
- niski zwrot energetyczny z inwestycji (EROI) w biopaliwa
- biopaliwa II generacji wymagają dalszych inwestycji, czemu nie sprzyja obecne otoczenie makroekonomiczne

Wykres II.T.15. Udział biopaliw w miksie paliwowym – scenariusz odniesienia i modernizacji; 2000-2050



Źródło: Opracowanie własne

Unia Europejska w ramach strategii UE 2020 ustaliła cel udziału biopaliw w zużyciu paliw płynnych na 10% do roku 2020. Przyswieceła temu idea zapewnienia bezpieczeństwa dostaw paliw oraz uniezależnienie się od importu, a także ograniczenia emisji dwutlenku węgla (KE 2006). Wzrost wątpliwości, co do zasadności wspierania biopaliw I generacji w ostatnich latach, może doprowadzić do rewizji polityki w tym obszarze w kierunku przesunięcia wsparcia na rozwój innych paliw alternatywnych oraz biopaliw II generacji (KE 2012).

Źródło: Opracowanie własne

Z punktu widzenia użytkowników samochodów osobowych, scenariusz modernizacji przyniesie znaczące oszczędności paliwa. Efektywność samochodów osobowych poprawi się o 60% w porównaniu do roku 2010, a więc dwukrotnie silniej niż w scenariuszu odniesienia (Tabela II.T.5). W przypadku samochodów dostawczych i małych autobusów postęp będzie nieco mniejszy (50%), lecz nadal prawie o 80% wyższy niż miałyby to miejsce przy pasywnym nastawieniu polityki publicznej w stosunku do efektywności paliwowej. Najwięcej w scenariuszu modernizacji zyskają firmy wykorzystujące ciężkie samochody transportowe i duże autobusy – dzięki obniżeniu wagi pojazdów i zmianom konstrukcji silników ich zużycie paliwa spadnie o 34% – prawie trzykrotnie więcej niż w scenariuszu odniesienia, w którym bardziej wymagające zmiany technologiczne nie wchodziły na rynek masowy.

**Realizacja scenariusza modernizacji doprowadzi do obniżenia importu płynnych paliw kopalnych o ponad jedną trzecią, podczas gdy zaniechanie zmian skutkować będzie jego wzrostem.**

Docelowo polskie zapotrzebowanie na ropę spadnie zatem o ponad połowę w porównaniu do scenariusza odniesienia i o niemal 40% w porównaniu z sytuacją obecną. Znajdzie to swoje bezpośrednie przełożenie na import paliw i ropy naftowej. Łącznie w latach 2015-2050, dzięki wdrażaniu (tak na poziomie krajowym, jak i europejskim) konsekwentnej polityki nakierowanej na efektywność energetyczną w transporcie, Polska mogłaby sprowadzić ponad 340 mln ton ropy i LPG mniej. Ponad dwie trzecie tych oszczędności można przypisać efektywniejszym silnikom spalinywym. Skumulowane oszczędności energii uzyskane z tego tytułu do roku 2050 są dziewięciokrotnie większe niż całkowite zużycie energii w transporcie drogowym w Polsce w 2010 roku. Na pozostałą jedną trzecią redukcji zużycia paliw kopalnych składają się przede wszystkim biopaliwa, choć po roku 2030 coraz istotniejszy wkład wnoszą także energia elektryczna.

W ujęciu makroekonomicznym, realizacja scenariusza modernizacji pozwoli przede wszystkim na zmniejszenie zużycia paliw: o 2 mln ton w roku 2020 (tj. o około 15% obecnego zużycia), 6 mln w roku 2030, 10 mln ton w roku 2040 i 11 mln ton w roku 2050.

## Koszty i korzyści modernizacji

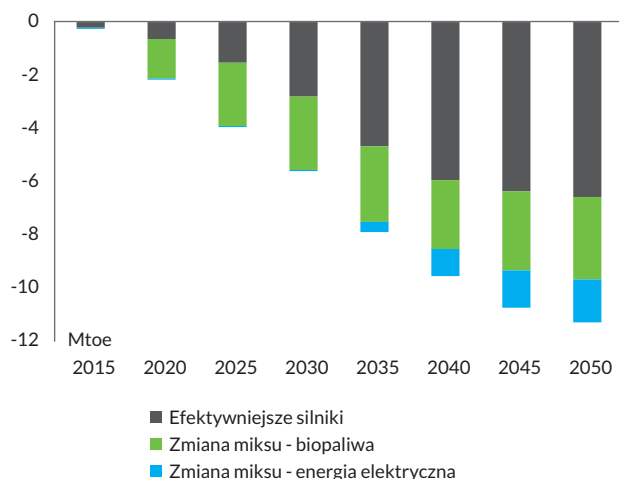
Wdrażanie innowacji zwiększających efektywność paliwową i redukujących negatywny wpływ na środowisko podnosi koszt zakupu samochodów, jednak większy początkowy wydatek zwraca się dzięki oszczędnościom na paliwie.

**Kluczowy dla opłacalności paliwooszczędnych technologii jest przebieg samochodu, który znacząco wzrośnie w kolejnych dekadach.**

Z punktu widzenia kupującego, opłacalność konkretnego rozwiązania zależy od jego ceny, ale i od indywidualnej mobilności. Niższy oczekiwany przebieg zmniejsza korzyści z początkowej inwestycji redukującej koszty przejechanych kilometrów. Aby uwzględnić ten problem, zastosowaliśmy zarówno w scenariuszu odniesienia, jak i scenariuszu modernizacji, podział na samochody z silnikami benzynowymi i diesla. Służy on wyróżnieniu samochodów o wyższym (silniki ON) i niższym (silniki benzynowe) przeciętnym przebiegu, a także pozwala na zróżnicowanie kosztów poprawy efektywności obu technologii, co z kolei różnicuje możliwe do uzyskania oszczędności w całym okresie użytkowania.

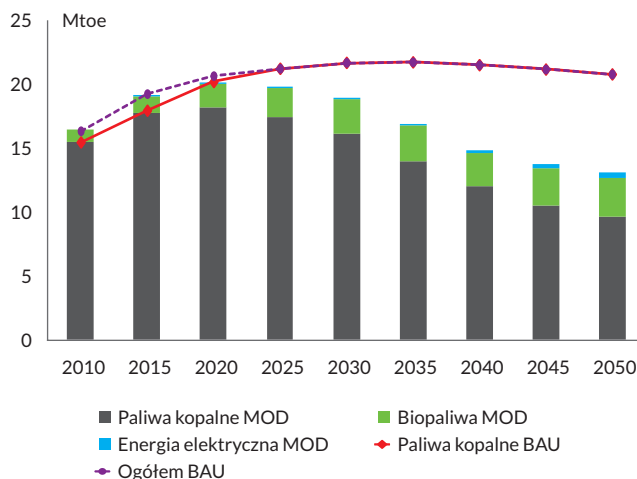
Na Schemacie II.T.1 przedstawiamy jakościowy związek między oczekiwanym ograniczeniem zużycia paliwa a kosztem technologii różnych typów. Napędy hybrydowe oferują największy potencjał oszczędnościowy, są jednak także najdroższe. Na drugim biegunie znajdują się ulepszenia aerodynamiczne, dotyczące opon czy systemy odzyskujące energię cieplną. Pomiędzy nimi lokują się usprawnienia napędu konwencjonalnego oraz zmiany konstrukcyjne i materiałowe prowadzące do spadku masy samochodów. Postęp techniczny rozpatrywany w scenariuszu modernizacji ujawnia się przy tym na dwa sposoby. Po pierwsze, z czasem na rynku dostępne są coraz bardziej zaawansowane rozwiązania, umożliwiające osiągnięcie wyższych sprawności. Po drugie, rozwiązania te stają się – *ceteris paribus* – coraz tańsze, przy czym spodziewamy się ok. 3-4-krotnego spadku kosztów rozwiązań najdroższych i najbardziej efektywnych, ok. dwukrotnego obniżenia kosztów technologii pośrednich i relatywnie

**Wykres II.T.16. Wpływ działań na zużycie paliw kopalnych w transporcie – scenariusz modernizacji; 2015-2050**

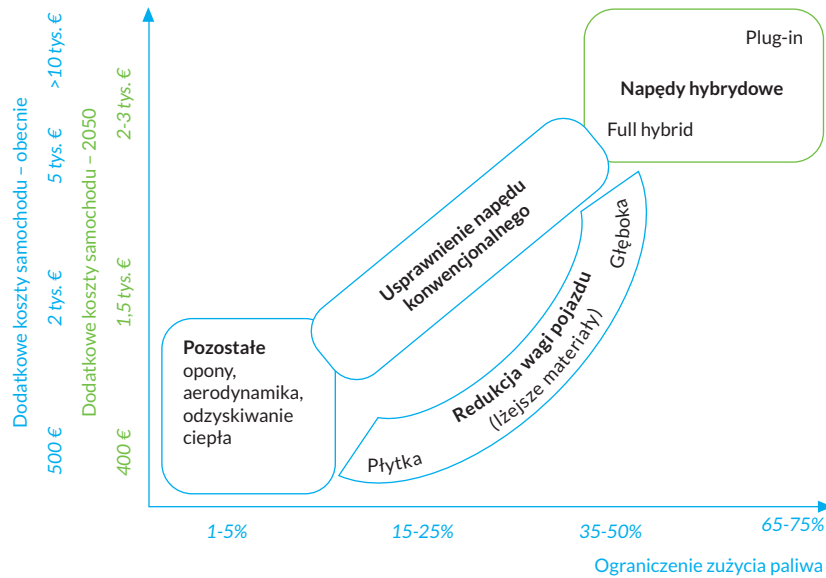


Źródło: Opracowanie własne

**Wykres II.T.17. Zużycie energii ogółem w transporcie drogowym – scenariusz odniesienia i modernizacji; 2010-2050**



Schemat II.T.1. Poprawa efektywności paliwowej w samochodach osobowych – kluczowe technologie



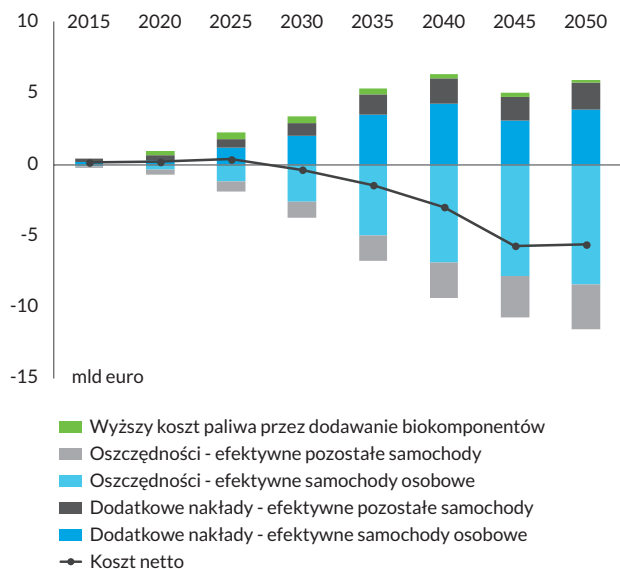
Uwaga: Wartości przybliżone dla samochodów osobowych, w scenariuszach zależą one od rodzaju silnika i typu pojazdu.

Źródło: Opracowanie własne

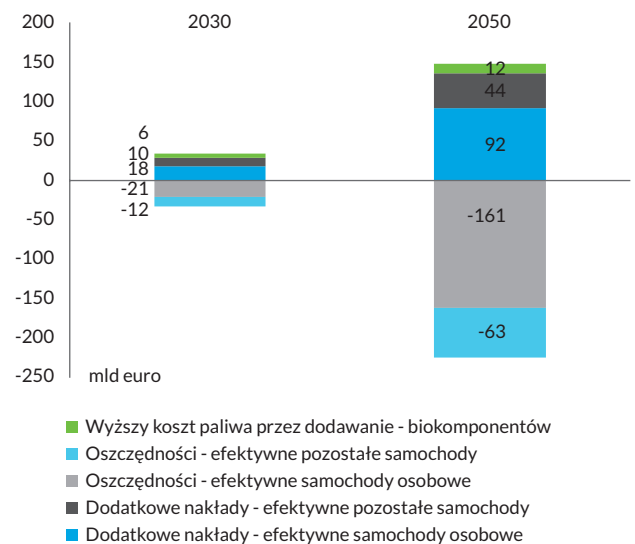
niewielkiego ich obniżenia w przypadku innowacji najtańszych o najmniejszym potencjale efektywnościowym. Z powodu dużej niepewności technologicznej i kosztowej pojazdy o napędach niekonwencjonalnych innych niż hybrydy spalinowo-elektryczne (np. samochody elektryczne) nie są poddane analizie. Należy jednak pamiętać, że w przypadku pokonania barier na etapie ich wprowadzenia na rynek masowy (funkcjonalność, wygoda użytkowania, odpowiednia infrastruktura), będą one miały istotny wpływ na mix technologii w transporcie drogowym. W rozważanym scenariuszu modernizacji opcją ilustrującą kluczowe własności zaawansowanych napędów alternatywnych (wysokie, ale spadające z czasem koszty zakupu, współzależności z sektorem energetycznym) są hybrydy plug-in.

Oszczędności paliw kopalnych (sięgające łącznie w przekroju czterdziestu lat ponad 450 mln ton) przekładają się bezpośrednio na mniejsze wydatki gospodarstw domowych i firm. Szacujemy, że koszty zakupu paliw będą w roku 2020 o ok. 360 mln euro niższe w porównaniu ze scenariuszem odniesienia. Dekadę później ta kwota wzrośnie do 3,7 mld euro, by w roku 2040 sięgnąć 9,3 mld euro, a w roku 2050 nawet 11,5 mld euro. Oszczędności te z nawiązką pokryją zawarte w cenie samochodów koszty ich modernizacji, zawierające się w przedziale do 6 mld euro rocznie. Głównym źródłem oszczędności będą samochody osobowe, choć wkład transportu towarowego i zbiorowego także będzie zauważalny. Co ważne, inwestycje w energooszczędne rozwiązania będą opłacalne zarówno dla gospodarstw domowych,

Wykres II.T.18. Dodatkowe roczne nakłady i oszczędności uzyskane w transporcie – scenariusz modernizacji; 2015-2050

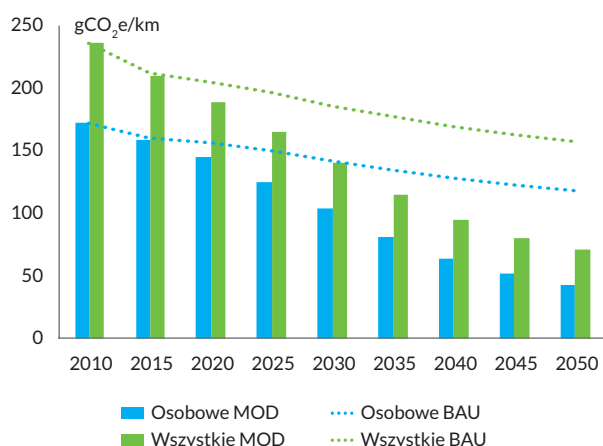


Wykres II.T.19. Dodatkowe skumulowane nakłady i oszczędności uzyskane w transporcie – scenariusz modernizacji; 2030, 2050



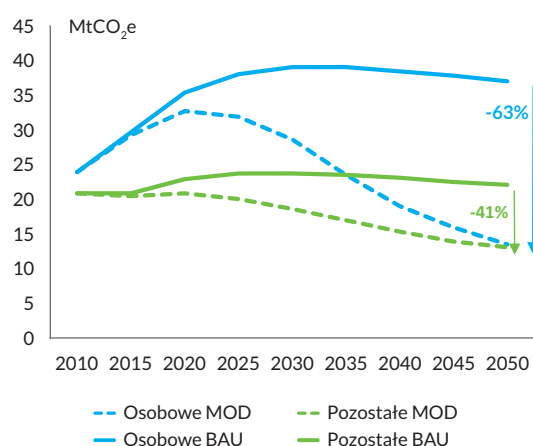
Źródło: Opracowanie własne

Wykres II.T.20. Emisyjność samochodów – scenariusz odniesienia i modernizacji; 2010-2050

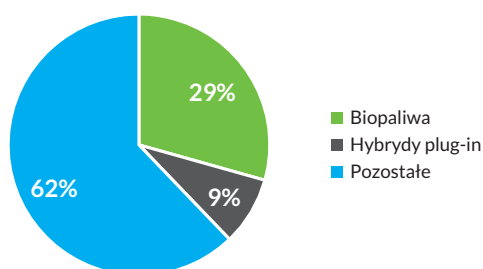


Źródło: Opracowanie własne

Wykres II.T.21. Emisje samochodów ogółem – scenariusz odniesienia i modernizacji; 2010-2050



Wykres II.T.22. Struktura działań w skumulowanej redukcji emisji gazów cieplarnianych do 2050 roku – scenariusz modernizacji



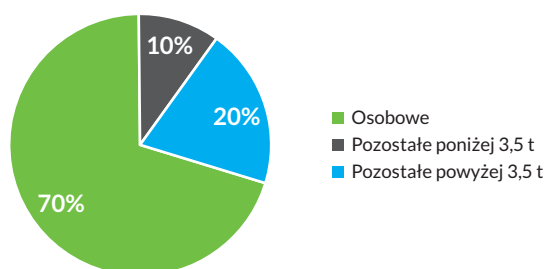
Źródło: Opracowanie własne

jak i sektora komercyjnego, choć w tym drugim wypadku – ze względu na mniejszy potencjał modernizacyjny – zwrot z inwestycji będzie niższy.

Skumulowane dodatkowe nakłady na ograniczenie zależności transportu od paliw kopalnych zrównują się w latach 2030-2035, przy czym oszczędności netto z poprawy efektywności paliwowej pokrywają dodatkowe wydatki na zwiększanie udziału biokomponentów w paliwach. Skumulowane koszty dalszego wspierania rozwoju biopaliw w scenariuszu modernizacji sięgają 6 mld euro do roku 2030 i 12 mld w perspektywie roku 2050, czyli ok. 300 mln euro rocznie. Jest to cena za dodatkowe ograniczenie uzależnienia transportu od importu ropy naftowej o 25%, przy pełnym wdrożeniu innych działań na rzecz poprawy efektywności paliwowej. Działania proefektywnościowe z nawiązką rekompensują koszty wspierania biopaliw, dając w roku 2050 skumulowane oszczędności na poziomie 225 mld euro przy skumulowanych nakładach wynoszących 136 mld euro.

Mniejsze zapotrzebowanie na paliwa to także niższe emisje – zarówno dwutlenku węgla, jak i innych gazów cieplarnianych, m.in. tlenków węgla i azotu, które, obok negatywnego wpływu na klimat, oddziałują niekorzystnie na zdrowie człowieka i obniżają komfort życia w miastach. Głębokość osiągniętych redukcji

Wykres II.T.23. Struktura redukcji emisji gazów cieplarnianych do 2050 roku według rodzaju samochodów – scenariusz modernizacji



emisji prognozujemy na 60% w przypadku samochodów osobowych i 40% w odniesieniu do pozostałych pojazdów. Szacunek ten zależy jednak także od kształtu procesu modernizacji w innych sektorach. Upowszechnianie się dobrych praktyk w rolnictwie, egzekwowanie regulacji środowiskowych, ograniczających presję upraw na środowisko oraz zapewniających zrównoważone pozyskiwanie biokomponentów do paliw, sprawią, że zakładana w scenariuszu modernizacji redukcja emisji dzięki zastosowaniu biopaliw II generacji (emisyjność niższa o 80% od paliw tradycyjnych) zostanie zrealizowana. Podobnie, redukcja emisji płynąca z wdrożenia hybryd *plug-in*, zależy od emisyjności sektora energetycznego – stąd pochodzi część zużywanej przez pojazd energii. Przykładowo, samochód hybrydowy benzynowo-elektryczny o standardowym przebiegu będzie w 2050 roku odpowiadał za emisje niższe o 0,75 tony ekwiwalentu CO<sub>2</sub> w porównaniu do samochodu spalinowego pod warunkiem równoległego rozwoju niskoemisyjnej energetyki. Realizacja scenariusza niskoemisyjnego w energetyce zwiększa skalę redukcji emisji, wynikającą z wdrożenia samochodów czerpiących energię elektryczną z sieci, ponad trzykrotnie po 2030 roku. Z drugiej strony, baterie zamontowane w tych pojazdach będą wspierały rozwój systemu energetycznego.

## Podsumowanie

We współczesnej gospodarce transport jest obok bankowości i energetyki jednym z trzech kluczowych sektorów. To dzięki niemu ludzie mogą przemieszczać się w zgodzie ze swoimi potrzebami, a firmy tworzyć elastyczne i niezawodne łańcuchy. Im lepiej rozwinięty i bogatszy kraj, tym bardziej mobilni są jego obywatele, i tym większe są ich wydatki transportowe. Rozwój sektora jest bowiem szybszy od wzrostu całej gospodarki.

Podstawowym problemem, z jakim boryka się ten sektor w Europie, jest jego wysokie uzależnienie od ropy naftowej. Rosnący światowy popyt na ropę wywiera presję na wzrost jej cen, ten zaś przekłada się na bilans handlowy krajów-importerów, zagrażając stabilności ich wzrostu gospodarczego. Efektem zewnętrzną intensyfikacji przewozów w transporcie drogowym są zanieczyszczenia, obniżające w znaczącym stopniu komfort życia i stan zdrowia osób stale przebywających w ośrodkach wzmożonego ruchu pojazdów, a także przyczyniające się do globalnego ocieplenia.

Modernizacja sektora transportu odbywa się dwoma podstawowymi kanałami. Pierwszym są zmiany behawioralne, a więc efektywniejsze wykorzystanie samochodów wsparte promocją bardziej zrównoważonych sposobów przemieszczania się. Drugim, nie mniej ważnym kanałem są przemiany technologiczne w przemyśle samochodowym. Wzorców dla Polski w tym obszarze szukać należy w doświadczeniach i działaniach czołowych gospodarek: USA, Japonii i Europy Zachodniej, gdzie podstawą przemian są umiejętnie projektowane i egzekwowane normy środowiskowe, odpowiednio kształtujące kierunek rozwoju sektora. W rozdziale przeanalizowaliśmy dwie możliwe ścieżki rozwoju polskiego transportu.

**W scenariuszu odniesienia** liczba samochodów, ich przeciętny przebieg i średnia waga pojazdu zwiększają się aż do osiągnięcia poziomów obserwowanych w Zachodniej Europie. W efekcie następuje wzrost zużycia paliw, nieco ograniczany przez zmiany w ich strukturze. Nowe technologie pozostają domeną ekskluzywnych nisz rynkowych, a głównym typem zmian będzie odchodzenie od silników benzynowych na rzecz oleju napędowego. Regulacje unijne w zakresie standardów emisyjności i zużycia paliwa nie są w Polsce ściśle przestrzegane, a rozpowszechnianie się na rynku energooszczędnych pojazdów jest stosunkowo powolne. W rezultacie przewidujemy, że w roku 2050 przeciętny Polak powinien w scenariuszu odniesienia zużywać o połowę więcej paliwa niż obecnie. Zwiększy się zatem również zależność gospodarki krajowej od importu ropy, głównie z Rosji.

**Scenariusz modernizacji** pokazuje alternatywną drogę zapewnienia wysokiej mobilności Polaków. Dzięki aktywnej polityce publicznej dokonują się trzy równoległe przemiany: (1) poprawa efektywności paliwowej (zmiana parametrów konstrukcyjnych pojazdów, poprawa aerodynamiki i obniżenie ich wagi oraz rozpowszechnienie innowacyjnych napędów elektrycznych i hybrydowych), (2) dywersyfikacja miksu energetycznego w transporcie (dzięki wdrożeniu biopaliw drugiej generacji i rozwojowi infrastruktury dla pojazdów elektrycznych) oraz (3) promocja zrównoważonych form transportu (w tym

komunikacji pieszej, rowerowej, kolejowej oraz zbiorowej). W 2050 roku w miksie pojazdów osobowych napędy alternatywne stanowią będą 40%, a tradycyjne, nieefektywne pojazdy spalinowe zostaną w pełni wyparte. Do 2050 roku całkowite zużycie energii w sektorze transportu spada o 16%, a zapotrzebowanie na paliwo o 11 mln ton. Paliwochłonność samochodów osobowych obniży się ponad dwukrotnie, podczas gdy firmy eksploatujące największe pojazdy (ciągniki, duże autobusy) obniżą zużycie paliwa o 1/3. Pozwoli to na ograniczenie łącznego importu ropy i gazu w latach 2015-2050 o ponad 340 mln ton i przełożyć się na niższe koszty ich zakupu o 11,5 mld euro w roku 2050.

Tak osiągnięte oszczędności prawie dwukrotnie przewyższą koszty modernizacji zawarte w wyższej cenie samochodów. Ubocznym efektem modernizacji floty samochodowej jest spadek emisji w sektorze - do roku 2050 o 63% w segmencie samochodów osobowych i o 41% dla pozostałych pojazdów. Ważną korzyścią będą też oszczędności finansowe i korzystniejszy bilans handlowy kraju, a także lepszy stan zdrowia i jakość życia Polaków.

## 3 SEKTOR PRZEMYSŁU, ROLNICTWA I ZARZĄDZANIA ODPADAMI

### Wprowadzenie

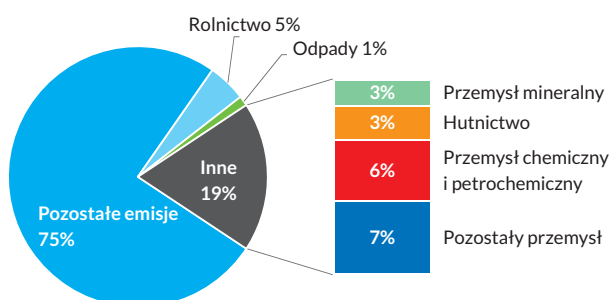
**Dotychczasowa modernizacja przyczyniła się do istotnego ograniczenia emisji w przemyśle – dalsze zmiany wymagają będą rewizji polityki przemysłowej.**

Przemysł wytwarza dziś w Polsce niemal jedną trzecią wartości dodanej, odpowiadając za jedną czwartą krajowego zużycia energii oraz jedną piątą emisji gazów cieplarnianych. Na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat doświadczył on jednak daleko idących zmian w strukturze produkcji i zatrudnienia. W największym stopniu objęły one najbardziej energochłonne gałęzi, tj. hutnictwo żelaza i stali, produkcję cementu czy ciężkiej chemii. O ile w połowie lat 90. wytwarzały one jedną czwartą całej produkcji przemysłowej w Polsce, dziś jest to około 20%. Modernizację przeszły również stosowane technologie produkcji, dzięki czemu wzrostowi wydajności pracy towarzyszył spadek zapotrzebowania na energię. Przykładowo, w hutnictwie upowszechniły się proces odlewania ciągłego i metoda konwertorowo-tlenowa, a w produkcji cementu metodą moką wytwarzania klinkieru zastąpiono metodą suchą. Modyfikacje te pozwoliły na znaczącą redukcję zapotrzebowania na energię, a co za tym idzie – na zmniejszenie jednostkowej emisji azotanów, siarczanów, pyłów oraz tlenu i dwutlenku węgla. Dzisiejsze parametry technologiczne w polskim przemyśle ciężkim nie tylko nie ustępują podobnym instalacjom w Europie Zachodniej, lecz często są od nich lepsze. Nie oznacza to jednak, że cały potencjał

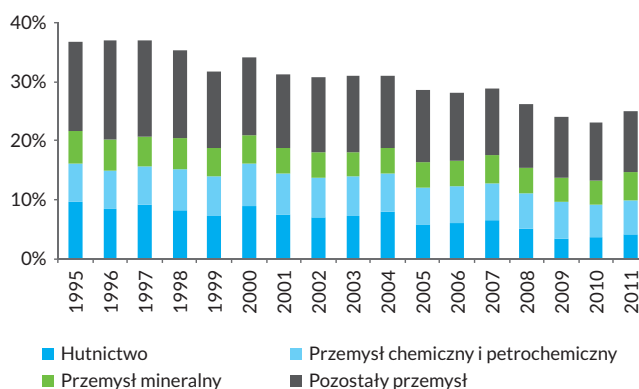
poprawy energochłonności i ograniczenia emisji zanieczyszczeń i gazów cieplarnianych w polskim przemyśle został już wyczerpany, a jedynie, że dalsza poprawa wymagać będzie wsparcia ze strony świadomej i długofalowej polityki przemysłowej, uwzględniającej potrzeby środowiskowe.

Drugim (obok przemysłu) sektorem, który w minionych dwóch dekadach przeszedł restrukturyzację, było rolnictwo. Dziś jego udział w polskim PKB wynosi zaledwie 3% – niewiele więcej niż analogiczny odsetek w Hiszpanii czy Grecji. Spadający udział sektora w zatrudnieniu (z blisko 30% w roku 1990 do ok. 10% w roku 2012) potwierdza, że rolnictwo w coraz mniejszym stopniu jest wyodrębnionym od reszty gospodarki sposobem na życie, a w coraz większym – jednym z wielu traktowanych równorzędnie, w pełni rynkowych, zawodów. Dzisiejsza produkcja rolna w Polsce, czy to roślinna czy zwierzęca, nadal jednak ustępuje krajom Europy Zachodniej pod względem poziomu mechanizacji produkcji, w związku z czym popyt na energię tego sektora pozostaje relatywnie niewielki. W przyszłości należy się spodziewać wyraźnych zmian w tym zakresie, z uwagi na dążenie do zastępowania produkcji pracochłonnej bardziej wydajną produkcją kapitało- i energochłonną. Trend ten już się ujawnia, a rolnictwo łączy z przemysłem ciężkim relatywnie wysoka emisyjność, tzn. relacja między ilością wytwarzanego przy produkcji rolnej dwutlenku węgla i metanu a wartością dodaną produkcji rolnej.

Wykres II.P.1. Struktura emisji w Polsce; 2010



Wykres II.P.2. Struktura zużycia energii w przemyśle; 1995-2011 (zużycie ogółem=100%)



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat



### Wyzwaniem dla Polski jest umiejętne wykorzystanie odpadów - z pożytkiem dla środowiska i gospodarki.

Trzecim sektorem, który omawiamy w tym rozdziale, jest gospodarka odpadami. Podwojenie się rozmiarów polskiego PKB w ostatnim dwudziestolecu dosyć naturalnie znalazło swoje przełożenie na znaczne zwiększenie ilości odpadów wytwarzanych przez przemysł, usługi i gospodarstwa domowe. Równocześnie, odziedziczone po gospodarce centralnie planowanej standardy ich utylizacji w sposób jednoznaczny odróżniały Polskę od Europy Zachodniej. Większość odpadów przewożono na składowiska w stanie nieprzetworzonym, bez dokonania uprzedniej selekcji – a więc także z wszelkimi substancjami niebezpiecznymi w nich zawartymi. Poza tym, znaczący odsetek gospodarstw domowych i firm (zwłaszcza na terenach wiejskich) utylizował odpady na dzikich składowiskach, a odsetek odzyskiwanych surowców wtórnych był znikomy. Dwie dekady transformacji gospodarczej w niewielkim stopniu zmieniły ten stan rzeczy. Wprawdzie część gmin wprowadziła sortowanie odpadów komunalnych, a inne zaczęły korzystać z możliwości ich selektywnej zbiórki, jednak nadal zdecydowana większość odpadów w Polsce jest usuwana na – legalne bądź nie – składowiska, spalarnie pozostają rzadkością, recykling dotyczy zaledwie 21% wszystkich odpadów (wobec 62% w Niemczech), a będące standardem w Europie Zachodniej sortowanie śmieci komunalnych stanowi jednostkowe zjawisko. Jednym ze skutków ubocznych tego stanu rzeczy jest relatywnie wysoka emisja metanu z polskich składowisk, będąca nie tylko syntetycznym miernikiem negatywnych efektów zewnętrznych, jakie wywierają one na środowisko naturalne, ale i źródłem realnej ekonomicznej straty – świadectwem niefrasobliwego marnowania cennych zasobów, które mogłyby stać się łatwo dostępnym, a jednocześnie tanim źródłem energii cieplnej dla polskich miast.

### Na decyzje o zużyciu surowców i energii wpływają bodźce ekonomiczne i regulacyjne.

W dalszej części rozdziału zastanawiamy się nad możliwością kontynuowania procesu modernizacji polskiego przemysłu, rolnictwa i gospodarki odpadami w sposób motywowany ekonomicznie, a jednocześnie przyjazny środowisku naturalnemu. By taki scenariusz się ziścił, zaistnieć muszą odpowiednie bodźce regulacyjne i instytucjonalne, oddziałujące na motywy funkcjonowania firm i gospodarstw domowych, w tym:

- **motywacje ekonomiczne** – podstawowym celem wdrażanych narzędzi powinna być promocja szeroko rozumianej oszczędności – energii, surowców bądź wykorzystania marnotrawionych rezerw dla osiągnięcia potencjalnych zysków. Redukcja emisji szkodliwych zanieczyszczeń jest w tym przypadku osiąganą jest niejako mimochodem.
- **motywacje środowiskowe** – propagowane działania nie przynoszą firmom i gospodarstwom domowym bezpośrednich korzyści ekonomicznych, lecz – poprzez ograniczenie szkodliwego oddziaływania działalności gospodarczej człowieka na środowisko – przyczyniają się do poprawy warunków życia ludności, ochrony

bioróżnorodności itd. Narastające działania na rzecz środowiska motywowane są chęcią jego ochrony, co, przy prognozowanym wzroście dochodów, pozostaje w zgodzie ze środowiskową krzywą Kuzneta.

Większość omawianych poniżej kategorii działań należy do tej pierwszej grupy – stosunkowo duży potencjał redukcji emisji w przemyśle wynika z surowco- i energooszczędnych technologii, pozwalających na osiągnięcie korzyści finansowych. Podobnie, odzyskiwanie i spalanie metanu w rolnictwie i odpadach umożliwia produkcję energii cieplnej i elektrycznej w ekonomicznie opłacalny sposób – dopiero w dalszej kolejności przyczyni się do ograniczenia emisji szkodliwych zanieczyszczeń i gazów cieplarnianych. Z drugiej strony, zastanawiamy się także nad działaniami o dużych pozytywnych skutkach środowiskowych, których ekonomiczna opłacalność jest ograniczona lub wręcz ujemna. Do tej grupy zaliczyć można zwłaszcza technologie sekwestracji dwutlenku węgla, stosowane w przemyśle (ang. *CCS – carbon capture and storage*).

Wykorzystanie potencjału ograniczenia zużycia surowców i energii w przemyśle, a także pozyskiwania taniej energii pochodzącej z odpadów czy produkcji rolnej, zależeć będzie od indywidualnych decyzji przedsiębiorstw przemysłowych i rolników, podejmujących je zarówno pod wpływem czynników rynkowych, jak też bodźców regulacyjnych formowanych przez państwo. Do pierwszej grupy czynników należy przede wszystkim cena energii, determinująca opłacalność inwestycji wspierających jej oszczędzanie i produkcję. Do tej drugiej zaliczyć można regulacje narzucające standardy emisyjne, opłaty i kary za ich naruszanie, oraz systemy bodźców promujące efektywne wykorzystanie dostępnych technologii.

Podobnie jak w przypadku innych obszarów tematycznych, porównujemy ze sobą dwa scenariusze:

1. **scenariusz odniesienia (BAU)**, w którym wsparcie regulacyjne, finansowe i instytucjonalne ze strony państwa dla energooszczędnych i surowcooszczędnych rozwiązań w przemyśle, rolnictwie i gospodarce odpadami pozostaje ograniczone, oraz
2. **scenariusz modernizacji (MOD)**, w którym przeprowadzany jest, wspierany przez państwo świadomą polityką, kompleksowy program modernizacji polskiego przemysłu i rolnictwa, a gospodarka odpadami już dziś stojąca na progu zmian wymuszanych przez nową ustawę, jest konsekwentnie przekształcana, stopniowo konvergując do najlepszych standardów zachodnioeuropejskich.

Emisje zanieczyszczeń przemysłowych i gazów cieplarnianych, nawet w przypadku scenariusza odniesienia, będą się zmniejszać. Jest to przede wszystkim naturalny efekt zachodzących na świecie przemian – w miarę rozwoju gospodarczego energochłonne gałęzie przemysłu modernizują się, a w gospodarce coraz większą rolę zaczynają odgrywać gałęzie o mniejszym zapotrzebowaniu na energię, które są jednocześnie bardziej przyjazne dla środowiska. Postęp techniczny prowadzić więc

Nawet mało aktywna postawa polskiego rządu nie powstrzyma postępu technicznego i, będącego jego konsekwencją, spadku emisji - zmiany będą jednak płytsze i wolniejsze niż w przypadku przyjęcia postawy proaktywnej.

oddziaływanie na środowisko przemysłu i powinno się zmniejszać, nawet jeśli polityka polskiego rządu w tym obszarze będzie mało aktywna. Postęp ten jednak będzie zapewne wolniejszy i mniej głęboki niż byłoby to możliwe w wypadku przyjęcia bardziej proaktywnej postawy. Dotyczy to nie tylko gospodarki odpadami, w której rola podmiotów publicznych jest najlepiej widoczna, lecz także polityki przemysłowej, która – jak pokazuje szereg przykładów Europy Północnej – może skutecznie promować przyjazne środowiskowo rozwiązania, nie stając się jednocześnie barierą dla konkurencyjności kluczowych branż przemysłowych.

Dlatego w scenariuszu modernizacji zakładamy pełną determinację państwa do działań przyczyniających się do redukcji zużycia energii w przemyśle i rolnictwie, a także wykorzystania marnowanych zasobów w gospodarce odpadami, zakładając, że świadoma polityka uwzględni będzie pozytywne efekty zewnętrzne związane z ograniczaniem emisji. Rosnąca świadomość ekologiczna polskiego społeczeństwa, które pod tym względem coraz bardziej upodabnia się do społeczeństw zachodnich, pozwala sądzić, że w przyszłości aktywne działanie państwa na rzecz niskoemisyjnej modernizacji w przemyśle czy rolnictwie będzie nie tylko pasywnie, ale i aktywnie wspierane przez opinię publiczną – podobnie jak dzieje się to w innych krajach europejskich.

będzie do powolnego, lecz konsekwentnego spadku ilości energii potrzebnej do wyprodukowania samochodu, tony stali czy cementu, a w przypadku rolnictwa – do coraz mniej ekstensywnych sposobów produkcji, przynoszących wyższą wartość dodaną dzięki lepszemu wykorzystaniu produktów rolnych i rozwiązań agrotechnicznych.

W konsekwencji, negatywne

## Doświadczenia międzynarodowe

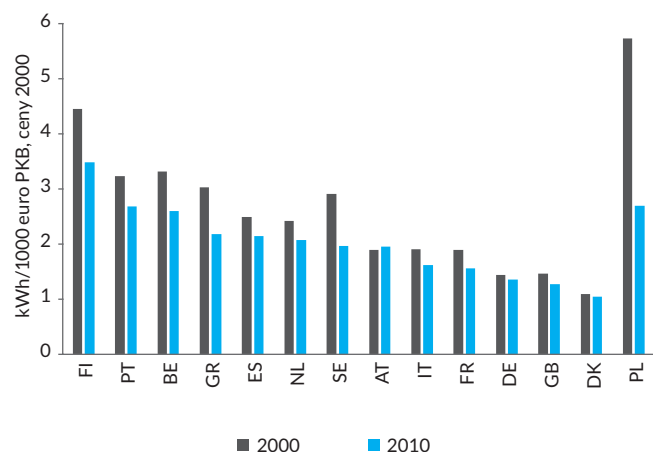
W warunkach gospodarki rynkowej przedsiębiorstwa konkurują ze sobą zarówno jakością, jak i ceną swoich produktów. By to osiągnąć, nie tylko inwestują w innowacje, poszerzając ich możliwości wytwórcze oraz w kanały dystrybucji, pomagające w lepszym dotarciu do odbiorcy, lecz także starają się ograniczać ponoszone straty materiałowe, koszty wytworzenia i magazynowania. Ważnym przejawem tego postępowania, widocznym zwłaszcza w przemyśle ciężkim, jest dążenie do zmniejszenia energii zu-

żywanej w procesie produkcyjnym. Choć tzw. *decoupling*, tj. oderwanie wzrostu gospodarczego od zapotrzebowania na energię, nie został jeszcze osiągnięty, to jednak na przestrzeni ostatnich czterech dekad dynamika produktu była w krajach rozwiniętych wyraźnie wyższa od dynamiki popytu na energię, wskutek czego energochłonność spadała. W ostatnim dwudziestolecu poprawa energochłonności była szczególnie szybka w Europie Środkowej, w tym w Polsce, która po okresie socjalistycznym odziedziczyła wyjątkowo marnotrawne sposoby produkcji przemysłowej. Konieczność sprostania konkurencji jakościowej i cenowej wywołała pilną potrzebę wdrożenia zmian organizacyjnych i technologicznych ograniczających zużycie energii i materiałów praktycznie we wszystkich gałęziach przemysłu. Efekty są dziś wyraźnie widoczne (por. Wykres II.P.3).

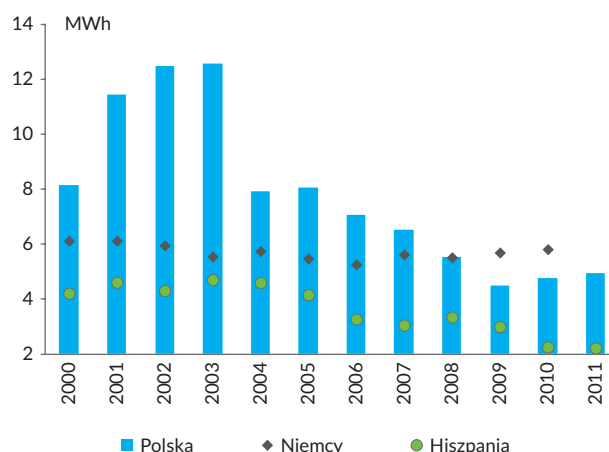
Od 1995 roku zużycie energii w przemyśle zmniejszyło się o niemal 30%. Lwią część tego spadku przypisać należy zmianom w hutnictwie, gdzie zużycie energii ograniczono z niemal 70 TWh w 1995 roku do nieco ponad 30 TWh w 2011 roku. Zmniejszenie produkcji stali w tym czasie o 30% wyjaśnia zaledwie połowę tych zmian. Dziś do wyprodukowania tony stali surowej potrzeba

Reguły gospodarki rynkowej wymuszają na przedsiębiorstwach poszukiwanie oszczędności w zakresie materiałów i energii. Prawdopodobnie zmiany zachodzące w Europie Środkowej na przestrzeni ostatnich 20 lat.

Wykres II.P.3. Energochłonność przemysłu w Polsce i krajach UE-15; 2000-2010



Wykres II.P.4. Energochłonność przemysłu motoryzacyjnego: zużycie energii do wyprodukowania 1 samochodu; 2000-2011



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat

aż o 30% mniej energii niż w roku 1995. To samo można powiedzieć o przemyśle cementowym, który dzięki zmianom technologicznym zużywa dziś o 40% mniej ciepła na tonę wyprodukowanego klinkieru niż na początku lat 90., choć wobec wzrostu znaczenia energii elektrycznej w procesie wytwórczym oraz zwiększeniu skali produkcji o 15% całkowita konsumpcja energii w branży cementowej zmalała tylko o 10%. Podobną poprawę odnotowały także przemysły chemiczny i petrochemiczny. Poprawiająca się szybko energochłonność nie jest przy tym wyłączną specyfiką środkowoeuropejską, spowodowaną nadganiem zaniedbań z okresu gospodarki centralnie planowanej, lecz raczej trendem ogólnoeuropejskim. W Niemczech zużycie energii w przemyśle stalowym przypadające na jedną tonę produktu spadło w latach 1995-2010 o 10%. Dwukrotnie większe zmiany odnotowano w Hiszpanii i Włoszech.

**Potencjał redukcji emisyjności spada wraz z rozwojem przemysłu. O ile emisyjność produkcji cementu w Polsce nie odbiega od Europy Zachodniej, w przemyśle stalowym wciąż możliwa jest poprawa.**

Poprawa emisyjności hutnictwa, przemysłu papierniczego czy cementowni odbywa się dwoma kanałami. Z uwagi na krajowy mix energetyczny, zdominowany przez paliwa kopalne, redukcję można osiągnąć przede wszystkim za pomocą ograniczenia energochłonności tych branż (tj. produkcji energii elektrycznej i ciepła na użytek własny). Drugim kanałem jest ograniczenie emisji z procesów chemicznych charakterystycznych dla danego sektora, jednak jego potencjał maleje wraz z rozwojem technologii w sektorze. Nic więc dziwnego, że emisyjność europejskiej produkcji cementu czy stali w ostatnich kilkunastu latach zmniejszała się tym wolniej, im lepiej przemysły te były rozwinięte w danym kraju (por. Wykres II.P.5).

Przykładowo w Niemczech, gdzie wytwarza się stal wysokiej jakości i samochody znajdujące się na granicy technologicznej, zużycie energii w przeliczeniu na jednostkę produktu zmniejszyło

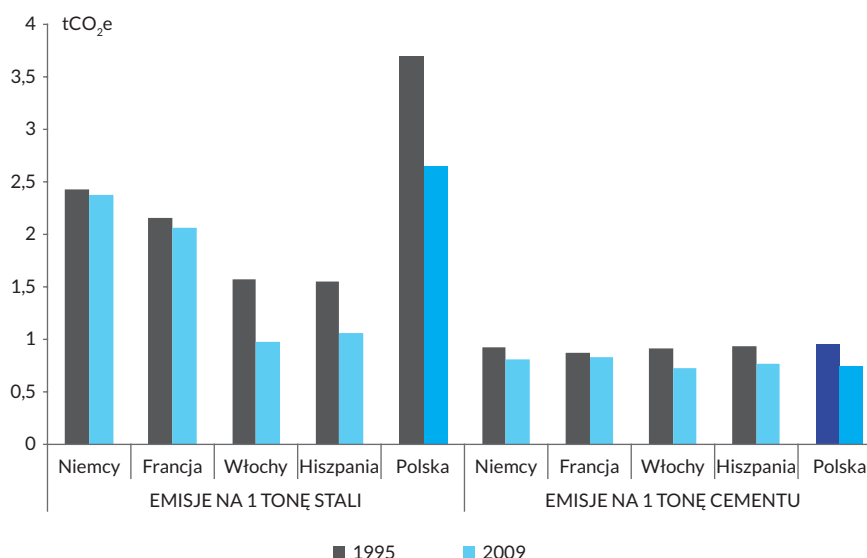
się w bardzo niewielkim stopniu (odpowiednio o 1% i 5% w latach 2000-2010). W tym samym okresie, w nadrabiającej zapóźnienia technologicznie Polsce, analogiczne wielkości spadły o 30% i 40%. Cement już dziś wykazuje się emisyjnością podobną jak w innych krajach europejskich, hutnictwo nadal ma pewien dystans do nadrobienia, choć jest on wyraźnie mniejszy niż kilka lat temu (por. Wykres II.P.5).

Dzisiejszy poziom energochłonności i emisyjności w polskim przemyśle ciężkim, bardzo nieznacznie odbiega od wartości odnotowywanych w Europie Zachodniej. Potencjał do dalszej poprawy jest wciąż widoczny, gdyż nie wszystkie technologie przyczyniające się do oszczędności energii i redukcji emisji zostały już w Polsce zaadaptowane, jednak, inaczej niż miało to miejsce w ostatnich dwóch dekadach, przyszłe zmiany będą raczej ewolucyjne niż rewolucyjne, a tempo poprawy będzie coraz wolniejsze, w miarę osiągnięcia światowej granicy technologicznej przez kolejne polskie zakłady.

Inaczej jest w przypadku odpadów. Choć w 2010 roku z tego źródła pochodziło niewiele ponad 1% całkowitych emisji gazów cieplarnianych w Polsce, to jednocześnie, wobec ograniczonych zmian w gospodarce odpadami po roku 1990, potencjał ich ograniczenia jest duży, pod warunkiem prowadzenia przez państwo aktywnej polityki w tym obszarze. Dowodzą tego przykłady państw, którym w przeszłości się to udało. W Unii Europejskiej emisja metanu i innych gazów cieplarnianych z wysypisk spadła w latach 1995-2010 o niemal 30%, a w takich krajach jak Niemcy, Wielka Brytania czy Holandia nawet o 60-70%, pomimo tego, że tylko w Wielkiej Brytanii odnotowano niewielki spadek produkcji odpadów *per capita* w tym okresie.

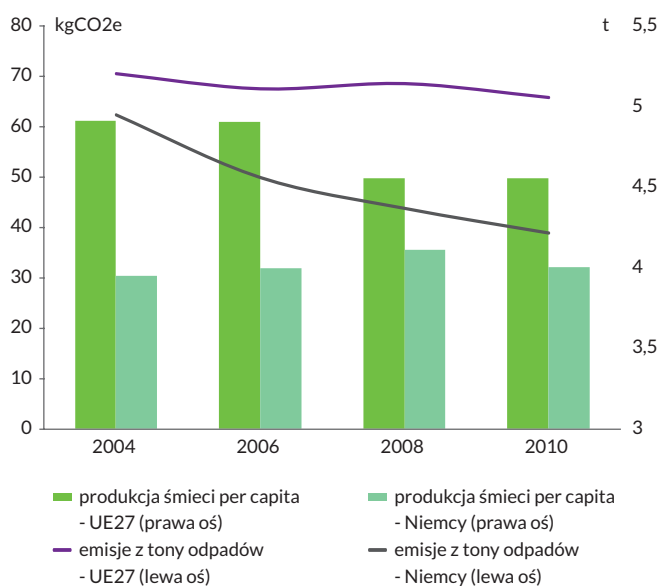
Doświadczenia międzynarodowe pokazują również, że redukcja emisji jest w dużej mierze niezależna od ilości produkowanych śmieci. Możliwe jest wskazanie zarówno przykładów krajów, w których, pomimo ograniczenia ilości produkowanych odpadów, emisje tego sektora wzrosły, jak

Wykres II.P.5. Emisyjność gazów cieplarnianych w przemyśle stalowym i cementowniach w wybranych krajach UE; 1995, 2009



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat i IPCC

Wykres II.P.6. Produkcja odpadów per capita oraz ich emisyjność w Niemczech i UE-27; 2004-2010



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EEA i Eurostat

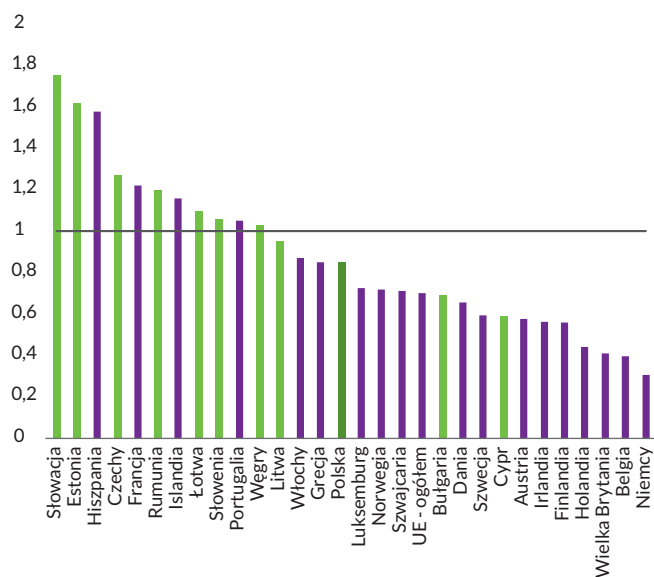
### Nie ma prostej zależności między ilością produkowanych odpadów a emisją gazów cieplarnianych.

Europejskiej istotnemu upowszechnieniu (szczególnie w takich krajach jak Niemcy, Austria czy Belgia) (por. Ramka II.P.1).

Choć w 2010 roku niemal trzy czwarte emisji gazów cieplarnianych w Unii Europejskiej spowodowanych przez odpady

również tych, w których zaobserwowano zależność odwrotną (por. Wykres II.P.9). Tym, co naprawdę ma znaczenie dla emisji, są segregacja i recykling odpadów – techniki, które w ostatnich latach uległy w Unii

Wykres II.P.7. Emisja odpadów w Europie; 2010 (1995=1)

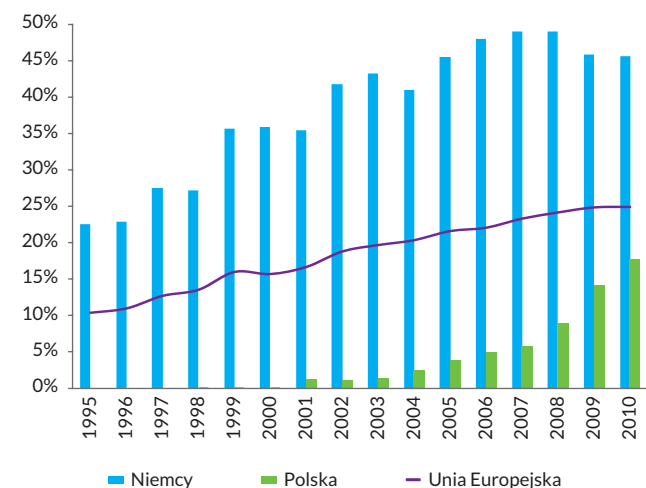


Uwaga: Zielonym kolorem oznaczono NMS

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych IPCC

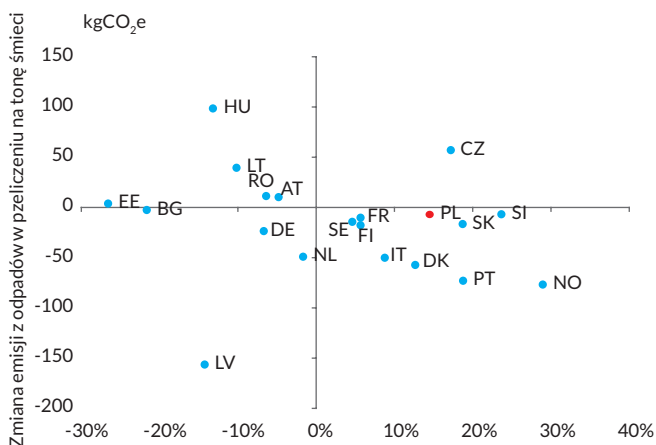
pochodziło z ich składowisk, to udział ten od 1990 roku stale maleje. Ograniczenie szkodliwości dla środowiska następuje w tym obszarze znacznie szybciej niż w przypadku ścieków czy spalania odpadów – od 1990 roku emisje spowodowane składowaniem odpadów stałych spadły o ok. 35%, natomiast w przypadku płynów wskaźnik – o 17%. Oznacza, że w tym pierwszym przypadku zmniejszenie wydalania gazów cieplarnianych do atmosfery może być łatwiejsze, ze względu na odzyskiwanie surowców wtórnych, kompostowanie części odpadów organicznych czy spalanie biogazu.

Wykres II.P.8. Udział recyklingowanych odpadów komunalnych w Niemczech, Polsce i UE-27; 1995-2010



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat

Wykres II.P.9. Zmiana emisyjności a zmiana wolumenu odpadów w krajach UE-27; 2002-2010



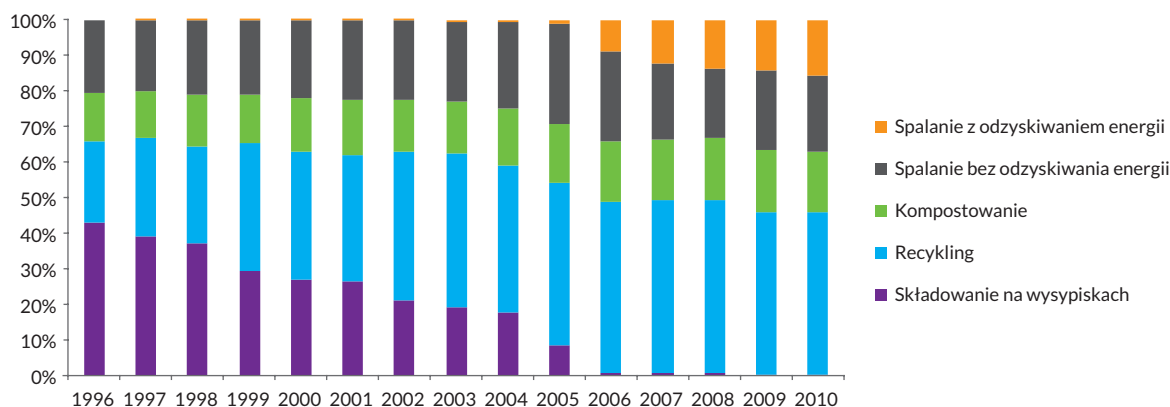
## Ramka II.P.1. Polityka Niemiec w obszarze ograniczenia emisji z wysypisk

Niemcy są jednym z najmocniej zaangażowanych w politykę proekologiczną krajów Unii Europejskiej. Ich akty prawne, zachęty fiskalne i bodźce instytucjonalne, stawiające sobie ambitny cel redukcji zanieczyszczeń, recyklingu materiałów, czy ograniczenia odpadów, należą do najskuteczniejszych na kontynencie. Jednym z bardziej spektakularnych osiągnięć niemieckiej polityki środowiskowej ostatnich lat jest redukcja emisji gazów cieplarnianych z wysypisk aż o 75% w latach 1990-2012. Jej przyczyn należy się doszukiwać nie w jednej reformie, ale w całym zestawie działań wdrażanych przez rząd Niemiec już od lat 80.

Choć od 1972 roku, za sprawą pierwszej Ustawy o Utylizacji Odpadów w Niemczech, nie istnieją już nielegalne wysypiska śmieci (liczba legalnych zamyka się w 300), a od 1973 spalanie śmieci jest źródłem energii elektrycznej i ciepła dzięki funkcjonowaniu 56 spalarni, to dopiero w 1986 w systemie prawnym Republiki Federalnej pojawiła się kluczowa ustawa o unikaniu odpadów i zarządzaniu nimi. Na jej mocy priorytet nadany został ograniczaniu wolumenu odpadów i recyklingowi tych już wygenerowanych. Wprowadzono również (w 1990 roku) standardy norm emisyjności w procesie spalania śmieci, którym wkrótce nadano wymiar globalny m.in. dzięki dyrektywom UE z lat 1999 i 2000, które rozszerzyły normy niemieckie na całą Wspólnotę. Ważnym wymogiem narzuconym prawnie była instalacja filtrów, dzięki którym z produktów spalania wyłapywane są metale ciężkie, tak aby cały proces utylizacji przebiegał w bezpieczny dla środowiska sposób.

Kolejnym, bardziej sprofilowanym krokiem, była ustawa o opakowaniach z 1991 roku, która nałożyła na sprzedawców obowiązek przyjmowania od konsumentów i przekazania do recyklingu wszelkich opakowań przetwarzalnych (przy czym progi minimalnej stopy zwrotu opakowań sięgały 70%). Podobne reguły dotyczą opakowań zabezpieczających w transporcie. W efekcie osiągnięto dwa cele: waga i wolumen stosowanych opakowań zmniejszyły się (o 15%), a stopa recyklingu odpadów wzrosła do 60-80% w każdej z grup materiałów (wyznaczono bowiem rygorystyczne limity – np. 72% opakowań po sprzedanych napojach miało zostać odzyskane przez punkty sprzedaży). Przełomowy dla redukcji emisji z wysypisk był dokument rządowy Techniczne Instrukcje w Zakresie Odpadów z Gospodarstw Domowych z 1993 roku, w którym zarządzono, że jedynie odpady niepoddające się recyklingowi (ze względów ekonomicznych, ekologicznych bądź technicznych) mogą zalegać na wysypiskach śmieci.

Wykres II.P.10. Struktura odpadów komunalnych w Niemczech według metod utylizacji; 1996-2010



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat

Cyklu reform dopełniła ustawa o zamkniętym cyklu substancji i zarządzaniu odpadami, która weszła w życie w 1996 roku. Zgodnie z jej treścią, odpady powinny w miarę możliwości pozostawać w ekonomicznym obiegu i w wyniku przetwarzania powracać do procesu produkcyjnego w postaci surowców. W ramach ustawy określono również, że śmieci nie podlegają spalaniu, jeśli nie mają kaloryczności 11 MJ/kg lub wyższej (wyjątkiem są odpady komunalne, którymi zarządzają lokalne władze). Od 2006 roku wszystkie odpowiednio kaloryczne śmieci muszą zostać spalone przy zachowaniu odpowiednich procedur, natomiast odpady bez wstępnej obróbki (biologiczne suszenie, przygotowanie mechaniczne) w ogóle nie mogą być składowane. Kształt ustawy o zamkniętym cyklu został zrewidowany, a jej nowa forma obowiązuje od 1 czerwca 2012 roku. Ogólne przesłanie przewiduje nowy cykl zarządzania odpadami: prewencja – przygotowanie do ponownego użycia – recykling – inne formy przetwarzania – odpad.

Niemiecka legislacja jest z pewnością skuteczna. Obecnie do ponownego obiegu wraca 75% plastikowych opakowań (w 1991 wskaźnik wynosił 12%). Jedyne 1% plastikowych odpadów wygenerowanych w 2011 roku był składowany na wysypiskach. W 2010 roku wtórne surowce zaspokoiły 13% popytu niemieckiego sektora przemysłowego. Ograniczenie emisji z wysypisk jest w tym przypadku efektem ubocznym i stanowi dodatkową korzyść dla społeczeństwa.

Źródło: Opracowanie własne

### Ograniczenie energochłonności i emisji w rolnictwie jest znacznie trudniejsze niż w przemyśle, m.in. z uwagi na specyfikę hodowli zwierzęcej.

Ostatnim z omawianych w tym rozdziale sektorów jest rolnictwo. Kształtuje ono relacje między dynamiką emisji i dynamiką zużycia energii nieco inaczej niż w przemyśle. W jego przypadku zdecydowana większość emisji jest wynikiem produkcji energii, a więc zmiana emisyjności produkcji jest w dużej mierze pochodną zmian w technologii jej wytwarzania. Dodatkowo, do spadku emisji gazów cieplarnianych kontrybuować mogą innowacje technologiczne, modyfikujące sposoby produkcji stali czy cementu w kierunku nie tylko mniej energochłonnym, lecz także mniej emisyjnym *sensu stricto*. Dlatego też, w przemyśle spadek emisji może być nieco głębszy niż spadek zapotrzebowania na energię. W rolnictwie jest inaczej – ograniczanie energochłonności jest trudniejsze, a dodatkowo emisje spadają w nim wolniej niż zużycie energii. Jest to efekt tego, że gros z nich pochodzi z hodowli zwierzęcej (zarówno z fermentacji żołądkowej, jak i z odchodów zwierząt), w której ograniczenie emisji wymaga zmiany biochemii zwierząt, co jest trudniejsze niż np. wprowadzanie bardziej energooszczędnych silników w przemyśle chemicznym czy stalowym.

Wskutek tych trudności, struktura emisji z rolnictwa obserwowana w ostatnich dwudziestu latach uległa zmianie. O ile udział zużycia energii w strukturze emisji stale spada, o tyle coraz większa ich część pochodzi ze źródeł odzwierzęcych – emisji gazów jelitowych i odchodów, a także z gleb. Doświadczenia krajów zachodnioeuropejskich pokazują, że potencjał ograniczenia emisji poprzez zmiany metabolizmu zwierząt jest podobny do możliwości ich zmniejszenia poprzez inne nawożenie (najlepiej – substancjami organicznymi), dzięki czemu ilość węgla w glebie nie zmienia się, bądź wręcz rośnie. Warto dodać, że zarówno w 1990, jak i w 2010 roku emisje odzwierzęce przyczyniały się do wydalania gazów cieplarnianych w unijnym rolnictwie w podobnym stopniu, co emisje z gruntów – nie można więc jednoznacznie określić, które ze źródeł w większym stopniu pozwoli zmniejszyć emisje w przyszłości.

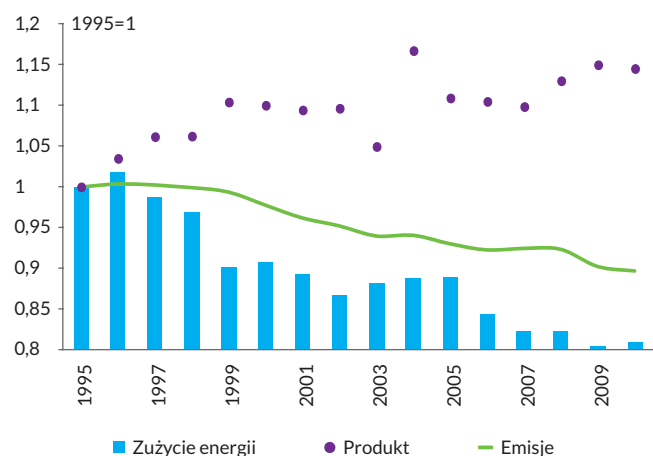
Konsekwencją tych cech przemysłu i rolnictwa jest odmienny charakter niskoemisyjnych innowacji w obu sektorach. W pierwszym przypadku koncentrują się one na poprawie efektywności wykorzystania i odzyskiwania energii, a w drugim – próbują oddziaływać na hodowlę zwierzęcą i agrotechnikę.

### Imitacje w przemyśle, prymitywne rolnictwo i dzikie wysypiska – scenariusz odniesienia

#### Proste rezerwy w zakresie zużycia energii zostały wykorzystane – dalsze zmiany uzależnione będą od kształtu polityk publicznych.

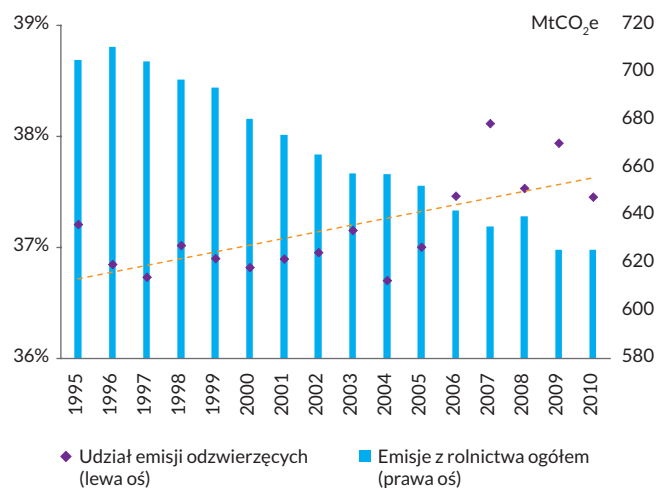
Przedstawione wyżej procesy gospodarcze dostarczają istotnych wskazówek, co do dalszego kształtowania się zużycia energii i emisji w przemyśle, rolnictwie i sektorze odpadów w najbliższych kilku dekadach. Mimo znacznych przemian ostatniego dwudziestolecia, polskie rolnictwo jest nadal, na tle Europy Zachodniej, znacznie bardziej rozdrobnione, mniej produktywnie i niedokapitalizowane, a polscy rolnicy zbyt rzadko wykorzystują najnowsze osiągnięcia techniki w swojej działalności. Podobnie, pomimo dwukrotnego spadku, energochłonność w przemyśle jest nadal wyższa niż w Finlandii, Szwecji czy Danii. Świadczy to po części o odmiennej strukturze gałęziowej, skoncentrowanej na wytwarzaniu stosunkowo energochłonných dóbr położonych niżej w łańcuchu wartości dodanej, a po części – o nie w pełni zniwelowanym dystansie technologicznym między firmami polskimi a ich zachodnioeuropejskimi konkurentami. Można sądzić, że konwergencja techniczna oraz imitacja rozwiązań organizacyjnych przyczynią się będą do ograniczenia zużycia energii, zmiany te będą jednak dużo wolniejsze niż w przeszłości, gdyż większość prostych rezerw została już wykorzystana. Przykład krajów zachodnioeuropejskich wskazuje, że tempo zmian zależy będzie od kształtu kilku polityk: gospodarczej, środowiskowej i innowacyjnej. Jeśli nie będą one konsekwentnie zarządzać

Wykres II.P.11. Produkt, zużycie energii i emisje gazów cieplarnianych w rolnictwie w UE-27; 1995-2010 (1995=1)



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat

Wykres II.P.12. Emisje z rolnictwa oraz udział emisji odzwierzęcych w UE-27; 1995-2010



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych IPCC

Tabela II.P.1. Przemysł – scenariusz odniesienia

	Produktywność pracy w przemyśle (tys. euro 2010)	Zatrudnienie w przemyśle (mln)	Udział przemysłu w PKB	Energochłonność przemysłu (kWh na 1000 euro PKB, ceny 2010)	Emisyjność przemysłu (tCO <sub>2</sub> e na 1000 euro PKB, ceny 2010)	Zużycie energii w przemyśle (TWh)	Emisje w przemyśle bez energetyki (MtCO <sub>2</sub> e)	Zużycie energii elektrycznej w przemyśle (TWh)
2010	29.3	4.8	29%	2053	0.62	179	78.9	39.2
2020	38.8	5.0	28%	1767	0.55	211	93.5	52.9
2030	54.6	4.7	27%	1700	0.50	260	107.0	72.1
2040	75.8	4.3	26%	1655	0.46	316	121.1	94.3
2050	99.8	3.6	25%	1606	0.43	329	118.7	103.6

Uwaga: Kategoria przemysł nie uwzględnia budownictwa i energetyki.

Źródło: Opracowanie własne

poprawą efektywności energetycznej i zmianami strukturalnymi w polskim przemyśle i rolnictwie, to oba sektory będą zapewne potrzebować kilkudziesięciu lat na dogonienie najwyżej rozwiniętych państw Europy Zachodniej. Jest to jeszcze bardziej prawdopodobne w przypadku gospodarki odpadami. Doświadczenia międzynarodowe wskazują bowiem, że zmiany w tym sektorze są silnie uzależnione od polityki państwa. Przykład niemiecki (por. Ramka II.P.1) pokazał, że konsekwencja w działaniu przekłada się na bardzo znaczącą poprawę efektu ekonomicznego i środowiskowego gospodarki odpadami. W krajach, w których takiej determinacji zabrakło (np. we Włoszech lub w Polsce) postęp jest niewielki, a istotna część surowców i energii, które mogłyby być pozyskiwane z odpadów, wciąż jest marnotrawiona.

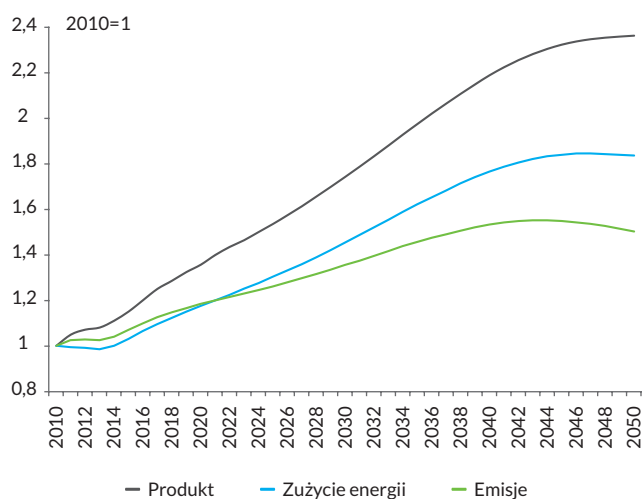
W scenariuszu odniesienia zakładamy, że charakterystyczne dla lat 1990-2012 zmienne nastawienie państwa do osiągania celów środowiskowych będzie utrzymane. Okresy większej determinacji w działaniu będą więc przeplatane fazami bierności,

W scenariuszu odniesienia głównym źródłem wzrostu efektywności wykorzystania energii w przemyśle będzie wzrost wartości dodanej jego gałęzi.

a modernizacja efektywnościowa polskiego przemysłu, rolnictwa i sektora odpadów będzie zachodzić relatywnie powoli. Jej podstawowym źródłem będzie przy tym konwergencja gospodarcza z Unią Europejską przewidziana w scenariuszu makroekonomicznym opisanym w Części IV. Główną siłą, która podnosić będzie efektywność wykorzystania energii w przemyśle w najbliższych dekadach, będzie

wzrost wartości dodanej wewnątrz poszczególnych gałęzi. Choć znaczenie przemysłu w strukturze PKB będzie maleć, to wciąż wartość dodana w nim wytworzona będzie w 2050 roku prawie dwupółkrotnie większa niż obecnie. Nie pozostanie to bez wpływu na zużycie energii – wzrost jej konsumpcji o 200% na przestrzeni następných 40 lat nie dorówna jednak wzrostowi PKB.

Wykres II.P.13. Produkt, zużycie energii i emisje w przemyśle – scenariusz odniesienia; 2010-2050 (2010=1)



Źródło: Opracowanie własne

Wykres II.P.14. Struktura zużycia energii w przemyśle – scenariusz odniesienia; 2010-2050

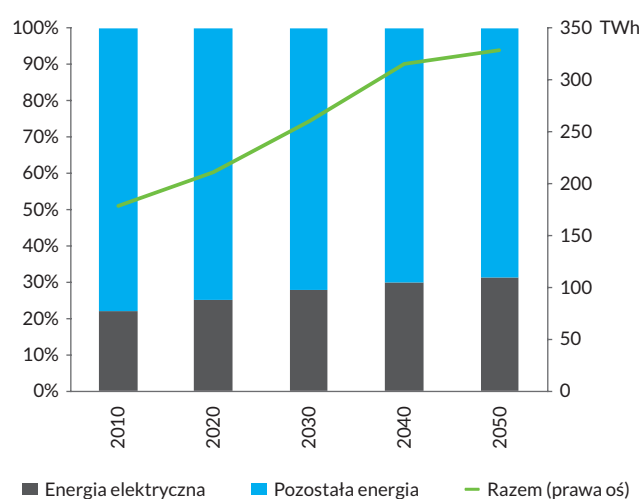


Tabela II.P.2. Rolnictwo – scenariusz odniesienia

	Produktywność pracy w rolnictwie (tys. euro 2010)	Zatrudnienie w rolnictwie (mln)	Udział rolnictwa w PKB	Energochłonność rolnictwa (kWh na 1000 euro PKB, ceny 2010)	Emisyjność rolnictwa (tCO <sub>2</sub> e na mln euro PKB, ceny 2010)	Zużycie energii w rolnictwie (TWh)	Emisje w rolnictwie (MtCO <sub>2</sub> e)	Zużycie energii elektrycznej w rolnictwie (TWh)
2010	9.4	2.2	3.3%	2252	2.14	44	41.8	4.3
2020	14.0	1.4	2.5%	2036	2.11	41	42.7	4.7
2030	23.4	0.9	2.0%	1968	2.10	42	44.6	5.5
2040	41.0	0.6	1.7%	1889	2.02	45	47.8	6.5
2050	68.2	0.3	1.5%	1860	1.96	43	45.6	6.9

Źródło: Opracowanie własne

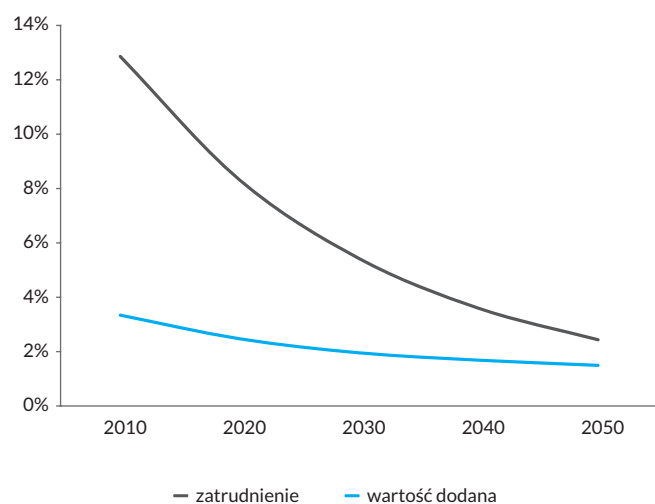
Stanie się tak również dlatego, że drugą przyczyną poprawy energochłonności i emisyjności polskiego przemysłu i rolnictwa w scenariuszu odniesienia będzie stopniowe upodobnianie się profilu wytwórczego polskiego przemysłu do wzorców zachodnich, a zwłaszcza realokacja produkcji w kierunku dóbr o nieco wyższej wartości dodanej. Czynniki te będą miały małe znaczenie dla całkowitego zapotrzebowania na energię. Transformacja międzysektorowa będzie stosunkowo powolna, a brak znaczących innowacji wewnętrznych, będący pochodną rudymen tarnej polityki proinnowacyjnej zakładanej w makroekonomicznym scenariuszu odniesienia, spowoduje, że firmy przez cały rozpatrywany okres uzależnione będą od importu technologii i know-how z Zachodu.

Zmianom zużycia energii na jednostkę produktu w przemyśle towarzyszyć będzie znaczące upowszechnienie energii elektrycznej wśród odbiorców przemysłowych. Trend ten jest naturalną konsekwencją przemian strukturalnych – w krajach

wysokorozwiniętych rola prądu jest znacząco wyższa niż w Polsce. Wynika to ze specyfiki nowoczesnych maszyn, które do funkcjonowania potrzebują znaczących ilości energii elektrycznej. W scenariuszu odniesienia zużycie prądu w przemyśle jest w 2050 roku prawie trzykrotnie wyższe niż obecnie. W konsekwencji, łączne emisje (pośrednie i bezpośrednie) powodowane przez przemysł będą ściślej związane z miksem energetycznym niż dotąd. Nawet w przypadku braku zmian zagregowanego zużycia energii, wzrost znaczenia prądu w strukturze jej wykorzystania doprowadzi do spadku emisji bezpośrednich sektora przemysłu.

W scenariuszu odniesienia zmieniać się będzie również polskie rolnictwo, choć jego modernizacja, postępująca w zgodzie z dotychczasowymi trendami, pozostanie niedokończona. Przyczyną będzie polityczna niechęć do zmiany systemu bodźców fiskalnych opóźniających zmiany strukturalne na terenach wiejskich. Mimo to, konsolidacja gruntów i urynkowanie rolnictwa będą

Wykres II.P.15. Udział rolnictwa w zatrudnieniu i wartości dodanej – scenariusz odniesienia; 2010-2050



Źródło: Opracowanie własne

Wykres II.P.16. Dekompozycja zmian zużycia energii w rolnictwie według dekad – scenariusz odniesienia; 2010-2050

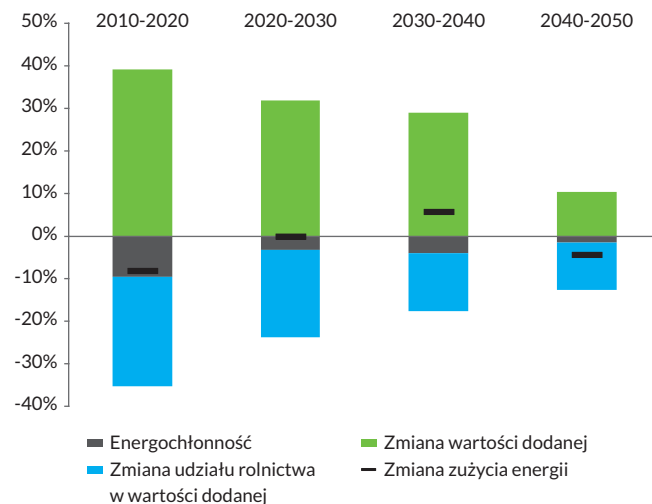




Tabela II.P.3. Gospodarka odpadami – scenariusz odniesienia

	Liczba ludności (mln)	Wytworzone odpady per capita (kg)	Wytworzone odpady ogółem (mln t)	Emisyjność odpadów (kgCO <sub>2</sub> e na tonę)	Emisje sektora odpadów (MtCO <sub>2</sub> e)
2010	38.3	3943	151	61	9.1
2020	38.4	3984	153	55	8.3
2030	37.8	4015	152	52	7.9
2040	36.4	4037	147	51	7.5
2050	34.9	4054	141	50	7.1

Źródło: Opracowanie własne

postępować, a zatrudnienie w sektorze – spadać. Z kolei zużycie energii w rolnictwie będzie sterowane przez dwie przeciwstawne siły – z jednej strony mechanizacja i postęp techniczny sprawiać będą, że zapotrzebowanie na energię będzie się zwiększać. Z drugiej strony natomiast, podobnie jak w innych sektorach, urządzenia i maszyny będą coraz oszczędniejsze. Mechanizacja i konsolidacja gospodarstw przyczynią się do uwolnienia istotnych rezerw siły roboczej, która będzie mogła być wykorzystana w innych sektorach. Oznacza to, że w scenariuszu odniesienia spodziewamy się znaczącej poprawy produktywności pracy w rolnictwie. Doprowadzi to także do wzrostu zapotrzebowania sektora na energię i zwiększenia energochłonności produkcji rolnej mierzonej zużyciem energii na jednostkę PKB w sektorze.

**W scenariuszu odniesienia spodziewamy się znaczącej poprawy produktywności pracy w rolnictwie, jednak istotna część zasobów energetycznych pozostanie niewykorzystana.**

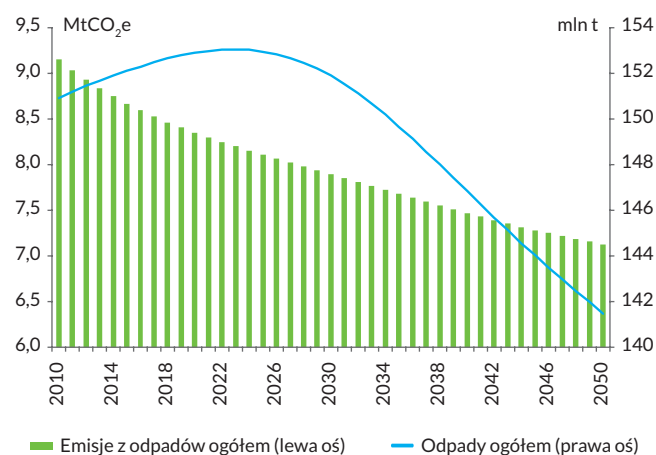
Stanie się tak dlatego, że polscy rolnicy nie zwracają uwagi na energochłonność kupowanego i użytkowanego sprzętu. Zmiana tego stanu rzeczy będzie w scenariuszu odniesienia ewolucyjna w świetle pasywnej polityki publicznej. Istotna część zasobów

energetycznych rolnictwa (w szczególności biogazu i resztek poźniwnych) pozostanie niewykorzystana, a nowoczesne i przyjazne środowisku metody upraw i hodowli będą wdrażane relatywnie rzadko.

Nie oznacza to, że scenariusz odniesienia zakłada stagnację technologiczną w rolnictwie. Przewidujemy w nim, że rozwijać się będą metody pozyskiwania energii z biomasy, choć tempo zmian będzie umiarkowane. Przyjmujemy też, że poprawa energochłonności będzie dominującą determinantą zużycia energii w przemyśle w pierwszych dwóch dekadach. W drugiej dekadzie XXI wieku dynamika reform zostanie zahamowana, a energochłonność będzie kształtowana przez coraz wolniejszą dynamikę produktu. W scenariuszu odniesienia umiarkowana modernizacja rolnictwa i wykorzystanie wolnych zasobów przyczyniają się do stopniowego ograniczenia energochłonności i emisyjności rolnictwa. Zmiany te będą jednak zbyt małe, aby zahamować wzrost emisji – te w scenariuszu odniesienia wzrosną do 2050 roku o ok. 10%.

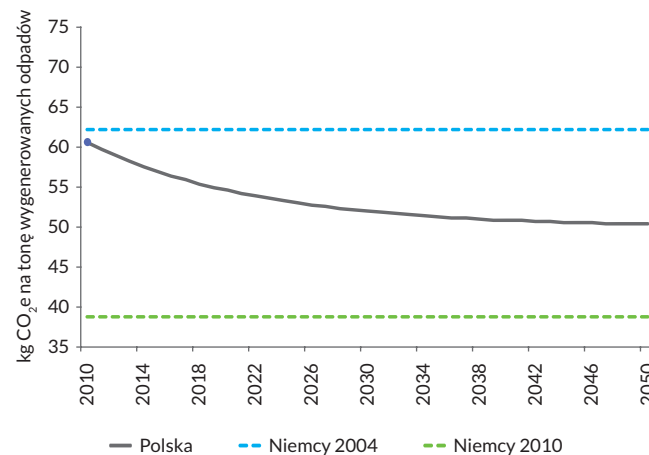
Sposoby utylizacji odpadów są w Polsce odległe od standardów zachodnioeuropejskich. Recykling jest w Polsce mało powszechny – zgodnie z danymi EEA, obejmuje w Polsce ok. jedną piątą odpadów, podczas gdy w Niemczech jest to około dwóch trzecich.

Wykres II.P.17. Odpady i ich emisje – scenariusz odniesienia; 2010-2050



Źródło: Opracowanie własne

Wykres II.P.18. Emisyjność odpadów w Polsce na tle Niemiec – scenariusz odniesienia; 2010-2050



Jeszcze bardziej uderzające są dane dotyczące produkcji energii z odpadów komunalnych – w Polsce jest to 0,23 kWh na mieszkańca, podczas gdy u naszych zachodnich sąsiadów wartość tego wskaźnika jest ponad tysiącrotnie wyższa (290 kWh) przy podobnej ilości generowanych odpadów. Nie dziwi zatem, że w 2010 roku emisje powodowane przez ten sektor były porównywalne do niemieckich, pomimo tego, że w Polsce mieszka dwukrotnie mniej ludzi, a gospodarka jest siedmiokrotnie mniejsza (czterokrotnie jeśli mierzyć PKB wg parytetu siły nabywczej). W scenariuszu odniesienia zakładamy, że przykład Niemiec, które zmniejszyły emisje z tego źródła niemal czterokrotnie od 1990 roku i dwukrotnie od 2002 roku, nie będzie w pełni wykorzystany, mimo że niedawna ustawa o odpadach (por. Ramka II.P.2) otworzyła do tego pole.

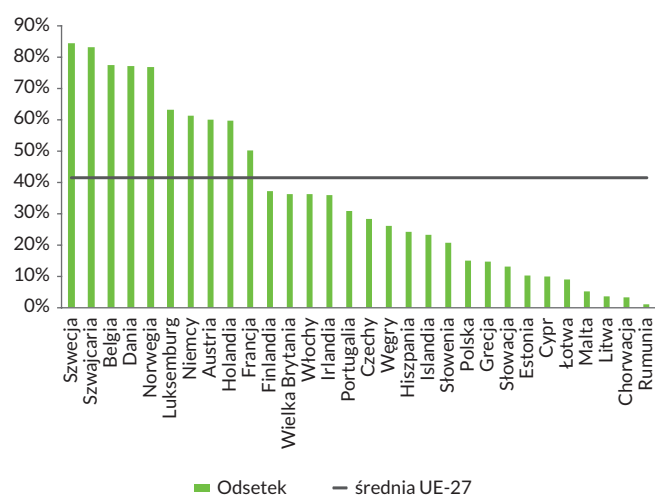
**Brak konsekwencji w polityce publicznej sprawi, że struktura utylizacji odpadów w Polsce pozostanie na przeciętnym poziomie, a emisyjność w tym sektorze nie zmieni się znacząco.**

W scenariuszu odniesienia zakładamy bardzo niewielki wzrost ilości generowanych odpadów *per capita* – do czterech ton na osobę po roku 2030. Polska pozostanie więc europejskim średniakiem – mniej śmieci produkują Hiszpanie, Włosi, Brytyjczycy czy Duńczycy zaś więcej – Grecy, Francuzi, Szwedzi czy Finowie. Średnia dla 27 krajów Unii Europejskiej jest o ok. 600 kg większa niż wartość tego wskaźnika dla Polski, ale już Niemcy ze swoimi 4004 kg mają wartość wskaźnika nieznacznie wyższą od polskiej. W konsekwencji przypuszczenia dotyczące znacznego wzrostu ilości produkowanych odpadów nie mają uzasadnienia, a (w miarę zachęcania do recyklingu i wdrażania proekologicznych uregulowań forsowanych przez organy Unii Europejskiej) ilość tych odpadów powinna spadać. Z drugiej strony jednak, malejąca wielkość gospodarstw domowych oddziałuje na zwiększenie wartości tego wskaźnika. W scenariuszu odniesienia zakładamy, że te dwie siły będą się niemal równoważyć i wzrost ilości produkowanych odpadów *per capita* będzie bardzo nieznaczny.

W scenariuszu odniesienia zakładamy, że niekonsekwentna polityka publiczna nie zdoła wdrożyć na szeroką skalę utylizacji odpadów przez spalanie, zaś odsetek odpadów poddawanych w Polsce recyklingowi nie wzrośnie znacząco powyżej obecnego poziomu (21%), sięgając najwyżej 30%, a więc istotnie niższej niż poziom 60% już dziś obserwowany u europejskich liderów – Austriaków, Niemców czy Belgów. W konsekwencji, w scenariuszu odniesienia nawet w roku 2050 duża część (ok. 60%) odpadów będzie trafiała na wysypiska w postaci niskoprzetworzonej. Konsekwencją skromnej poprawy w gospodarce odpadami przewidywanej w scenariuszu odniesienia jest niewielkie ograniczenie emisyjności odpadów z obecnych 61 do ok. 50 kg ekwiwalentu dwutlenku węgla na tonę w 2050. Nawet za 37 lat poziom emisji z wysypisk będzie więc w Polsce wyższy od obecnie rejestrowanego w Niemczech poziomu 38 kg CO<sub>2</sub>e.

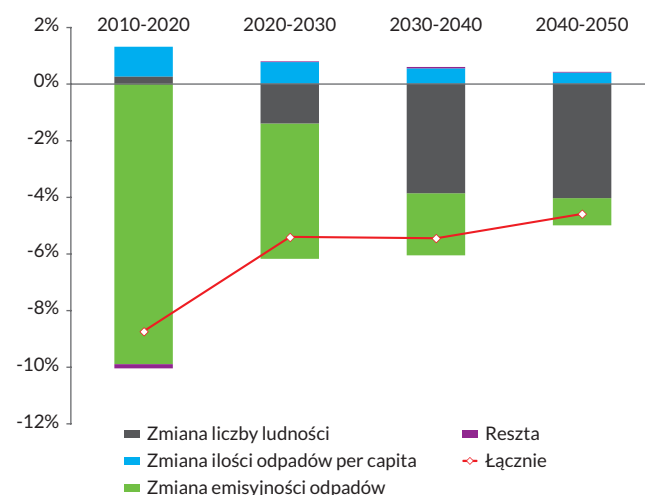
Wypadkową prognozy emisyjności odpadów, liczby ludności i ilości śmieci *per capita* jest prognoza zagregowanych emisji. W przypadku scenariusza odniesienia przewiduje ona, że do 2050 roku emisje obniżą się o niecałą jedną czwartą, z 9.1 do 7.1 MtCO<sub>2</sub>e (Wykres II.P.17). W początkowym okresie, za spadek emisji odpowiedzialne będą wdrażane, w następstwie nowej ustawy o odpadach, zmiany instytucjonalne i organizacyjne w gospodarce odpadami, a w szczególności – ograniczone upowszechnienie się instalacji do spalania gazów wysypiskowych. Z kolei w ostatnich dwóch dekadach prognozy, spadek emisji będzie, wobec niekonsekwentnej polityki reform, wyłącznym efektem malejącej liczby ludności (Wykres II.P.20). Spadek ten jest jednak stosunkowo niewielki w stosunku do potencjału obniżenia emisji i wykorzystania gazu wysypiskowego do celów energetycznych. Największą stratą dla polskiego społeczeństwa z niekonsekwentnej agendy reformatorskiej będzie bowiem w tym wypadku marnotrawstwo surowców i energii, które można by z powodzeniem odzyskiwać z dużej ilości odpadów komunalnych powstających w Polsce każdego roku.

**Wykres II.P.19. Udział odpadów poddawanych odzyskowi (recykling i odzyskiwanie energii) w krajach UE; 2010**



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat

**Wykres II.P.20. Dekompozycja zmian emisji pochodzących z odpadów według dekad; 2010-2050**



Źródło: Opracowanie własne

## Ramka II.P.2. Nowa ustawa „śmieciowa”

Na początku 2013 roku debatę publiczną zdominowała nowa ustawa o utrzymaniu porządku i czystości w gminach, zwana również ustawą „śmieciową”. Akt ten, oparty na analogicznych rozwiązaniach stosowanych w innych krajach europejskich, ma za zadanie uporządkować gospodarkę odpadami i przenieść odpowiedzialność za nią na gminy. Dzięki temu, instytucje publiczne będą mogły oddziaływać na sposób utylizacji odpadów. Samorządy będą zlecać odbiór i utylizację odpadów przedsiębiorstwom wyłonionym w drodze przetargu, a wszyscy mieszkańcy będą płacić ujednoliconą stawkę za wywóz śmieci. Z założenia takie podejście ma sprawić, że samodzielne wywożenie śmieci na dzikie wysypiska będzie nieopłacalne i większa ich część trafić będzie do specjalistycznych przedsiębiorstw zajmujących się ich utylizacją. Jednocześnie, gminy zyskają narzędzia do skuteczniejszego oddziaływania na firmy zajmujące się zagospodarowaniem odpadów, aby śmieci utylizowane były w bardziej proekologiczny sposób.

Ponadto, ustawa nakłada na gminy obowiązek corocznej analizy stanu gospodarki odpadami, która dostarczyć ma informacji o możliwościach przetwarzania odpadów komunalnych i ich ilości, dzięki czemu możliwe będzie skuteczniejsze wdrażanie rozwiązań dopasowanych do potrzeb konkretnych jednostek samorządu terytorialnego. Zgodnie z nową ustawą, gminom i podmiotom odbierającym odpady, zostaną wskazane instalacje regionalne, zajmujące się przetwarzaniem odpadów komunalnych, budowane i utrzymywane przez samorządy. Dodatkowo, ustawa nakłada na gminy limity odpadów przekazywanych do składowania, co zwiększy ma znaczenie recyklingu i odzyskiwania energii w zagospodarowaniu odpadów.

Ustawa „śmieciowa” pomoże w zagospodarowaniu odpadów komunalnych na dwa sposoby – z jednej strony wprowadzenie komunalnej zbiórki odpadów pomoże zebrać większy odsetek śmieci, gdyż nie będą one wywożone do lasów, a zbierane. Ponadto, dzięki wprowadzeniu limitów ilości odpadów, które mają być ponownie odzyskiwane, mniejsza ich część będzie składowana na wysypiskach, co przyczyni się do dodatkowej redukcji emisji.

Pomimo to należy pamiętać, że odpady komunalne objęte ustawą stanowią niecałe 5% ogólnej sumy odpadów produkowanych w Polsce. W związku z tym, choć jest ona krokiem w dobrym kierunku, to może przyczynić się do ograniczenia redukcji emisji spowodowanych odpadami jedynie w niewielkim stopniu.

Źródło: Opracowanie własne

## Efektywny przemysł, recycling i produkcja zielonej energii – scenariusz modernizacji

**Struktura gałęziowa przemysłu przesunie się w kierunku produkcji dóbr mniej wymagających energetycznie, o wyższej wartości dodanej. Kwestią otwartą pozostaje jednak zakres tych zmian.**

Ekonomicznym sensem promowania zmian technologicznych ograniczających emisyjność polskiego przemysłu jest podnoszenie jego konkurencyjności, dzięki wykorzystaniu rezerw tkwiących w lepszym zarządzaniu energią w procesie produkcji i bardziej przemyślanej gospodarce ograniczonymi zasobami. Z kolei w przypadku rolnictwa modernizacja polega przede wszystkim na sięgnięciu po potencjał ekonomiczny

kryjący się w resztkach poprodukcyjnych i wykorzystaniu ich do celów gospodarczych. Zarówno w scenariuszu odniesienia, jak i scenariuszu modernizacji, zakładamy, że struktura gałęziowa przemysłu przesunęła się w kierunku produkcji dóbr mniej wymagających energetycznie, o wyższej wartości dodanej. Jednocześnie w obu scenariuszach branże energochłonne wdrażają innowacje poprawiające parametry techniczne ich produkcji oraz, podobnie jak w rolnictwie, wspomagające uzyskiwanie ekonomicznej korzyści z zasobów do tej pory marnowanych. Tym, co różni oba scenariusze, jest zakres wdrażanej modernizacji.

W scenariuszu odniesienia jest ona węższa i bardziej powolna, ponieważ zakładamy w nim, że rząd nie zdoła zadziałać odpowiednią polityką na liczne niedoskonałości rynkowe krępujące proefektywnościowe działania podmiotów prywatnych. W scenariuszu modernizacji jest inaczej – dobrze zaprojektowana interwencja publiczna, doceniając potencjał niskoemisyjnej modernizacji w przemyśle i rolnictwie, stara się co najmniej zrównoważyć efekt, jaki na działania przedsiębiorstw i rolników wywierają m.in.:

- niedostateczna informacja o nowoczesnych technologiach w przemyśle, powodująca brak wystarczających bodźców do ograniczania zużycia energii,
- brak wiedzy rolników o nowoczesnych metodach przetwarzania resztek poźniwnych i wykorzystania odpadów,
- niechęć banków do finansowania przedsięwzięć podnoszących efektywność energetyczną, spowodowana percepcją ryzyka inwestycyjnego z nimi związanego,
- ograniczona świadomość społeczna dużej wagi działań ograniczających emisję i oszczędzających energię dla środowiska naturalnego.

Ponadto, scenariusz modernizacji zakłada, że państwu udaje się stworzyć, jako uzupełnienie uchwalonej w roku 2012 ustawy

o odpadach, pełny system bodźców instytucjonalnych i finansowych wspierający odzyskiwanie i recykling odpadów. Oznacza to ambitniejsze niż w scenariuszu odniesienia podejście do problemu wykorzystania surowców wtórnych. Dzięki lepiej rozwiniętej i bardziej racjonalnej gospodarce odpadami, wysypiska śmieci są stopniowo likwidowane, a te, które zostają, obudowywane są instalacjami do odzyskiwania biogazu. Nie tylko umożliwia to zmniejszenie importu gazu w skali całej gospodarki, lecz również poprawia komfort życia mieszkańców dzięki wyeliminowaniu negatywnego wpływu, jaki wysypiska wywierają na swoje bezpośrednie otoczenie. Ograniczeniu ulega także emisja metanu i innych gazów cieplarnianych. Najważniejszym, obok recyklingu, rozważanym w scenariuszu modernizacji sposobem ograniczenia emisji, jest spalanie gazu wysypiskowego. Skuteczność środowiskowa tego rozwiązania wynika z faktu, że spalanie tony metanu powoduje emisję 2.8 ton dwutlenku węgla, podczas gdy ta sama ilość wyemitowana do atmosfery wywołuje efekt cieplarniany równoważny emisji 21 ton dwutlenku węgla. W konsekwencji,

nawet spalanie gazów wysypiskowych w pochodniach, bez odzyskiwania energii, pozwala siedmiokrotnie zmniejszyć wpływ emisji, nie mówiąc o potencjale energetycznym, wynikającym z tego procesu. Należy jednak podkreślić, że w scenariuszu zakładamy, że pewna część tak produkowanej energii będzie odzyskiwana. Szacujemy, że to źródło energii pozwoli uzyskać przynajmniej 1.8 TWh dodatkowej energii w 2030 roku i 1.9 TWh w 2050, co odpowiada ok. 8% energii uzyskiwanej dziś w ten sposób w Niemczech. Pomimo to, recykling odpadów jest skuteczniejszym sposobem redukcji emisji nimi spowodowanych niż ich spalanie.

Dzięki modernizacji inne stają się także rolnictwo – resztki pożywnie wykorzystuje się do nawożenia, a rolnicy, choć intensywnie wykorzystują swoją ziemię, to uprawiają ją w sposób bardziej zrównoważony, uzyskując dodatkowy efekt ekonomiczny w postaci energii wytwarzanej w przydomowych biogazowniach. Znacznie szersze niż w scenariuszu odniesienia jest bowiem

Tabela II.P.4. Scenariusz odniesienia a scenariusz modernizacji – różnice

	Scenariusz odniesienia	Scenariusz modernizacji
<b>Przemysł hutniczy</b>	Przemysł hutniczy podejmuje ograniczone działania w zakresie oszczędzania energii. Wysiłek ten rozłożony jest na całe 40 lecie, a efektywność energetyczna polskich hut na trwale pozostaje poniżej efektywności hut zachodnioeuropejskich.	Różnorodne metody odzyskiwania energii z gazów i ciepła odpadowego są wdrażane już w pierwszej dekadzie (w horyzoncie do 2020 roku). Działania te przynoszą oszczędności rzędu 2 TWh rocznie aż do połowy XXI wieku. W drugiej dekadzie wdrażane są technologie oszczędzania rud żelaza, które wprowadzają pogarszają bilans energetyczny, lecz pozwalają na oszczędności finansowe.
<b>Przemysł cementowy</b>	Cementownie przez najbliższe dziesięciolecie utrzymują obecne status quo w obszarze efektywności energetycznej. Postęp w kolejnych dekadach jest niewielki.	Działania na rzecz wykorzystywania ciepła odpadowego i poprawy efektywności, a także zastępowanie klinkieru innymi materiałami następują już w pierwszej dekadzie. W późniejszym okresie dostrzegalne są korzyści w postaci niższego zużycia energii, oszczędność jest jednak relatywnie niewielka w porównaniu z hutnictwem.
<b>Przemysł chemiczny i petrochemiczny</b>	Nieefektywne zarządzanie przyczynia się do strat paliw i energii. Nie instaluje się skutecznych narzędzi odzyskiwania energii.	Polityka państwa promuje rozwiązania energooszczędne, pozwalające na redukcję zużycia paliw, a w konsekwencji na zmniejszenie uzależnienia od importu kopalin. W przypadku przemysłu petrochemicznego, ilość oszczędzonej energii stopniowo rośnie, aż do 2035 roku, kiedy stabilizuje się na poziomie 1.2 Mtoe. W przemyśle chemicznym działania na rzecz wykorzystania ciepła odpadowego, a także produkcja etylenu metodą krakingu pozwalają na stopniowy wzrost ilości zaoszczędzonego paliwa aż do 1 Mtoe w 2050 roku.
<b>Rolnictwo</b>	Działalność rolnicza odróżnia się od innych form aktywności gospodarczej. Rolnicy, koncentrując się na uprawie ziemi i hodowli zwierzęcej, nie starają się wykorzystywać resztek pożywnych i odpadów hodowlanych w ekonomicznie korzystny sposób.	Rząd wspiera działania na rzecz racjonalnego wykorzystania gruntów rolnych, odpadów hodowlanych i resztek pożywnych. Ponadto prowadzone są działania na rzecz efektywnego wykorzystania biogazu do produkcji energii elektrycznej. Rolnicy stają się przedsiębiorcami produkującymi nie tylko żywność, ale i zieloną energię. Działania te przynoszą oszczędność paliw rzędu 760 ktoe w 2050 roku, przy czym wzrost jest równomiernie rozłożony w czasie.
<b>Gospodarka odpadami</b>	Pomimo niewielkiej poprawy, recykling wciąż obejmuje niewielką część odpadów. Metan ulatnia się z wysypisk i nie jest wykorzystywany do produkcji energii.	Znacznie większa część odpadów niż w scenariuszu odniesienia poddawana jest recyklingowi, intensywniej wykorzystuje się je również do produkcji energii. Większość działań podejmowanych jest do 2025 roku, przynosząc oszczędności energii w wysokości 160 ktoe rocznie w 2026 roku, utrzymujące się do 2050 roku.

Źródło: Opracowanie własne

zastosowanie praktyk ograniczających marnotrawstwo resztek rolniczych i wykorzystanie ich do nawożenia pól uprawnych. Dzięki temu nie tylko oszczędza się energię elektryczną, ale również ogranicza koszty uprawy ziemi. Co więcej, takie zabiegi rolnicze jak odpowiednie zmianowanie, uprawa bezorkowa czy pozostawianie resztek na polach pozwalają zatrzymać węgiel w glebie. Ponadto, praktyki takie pozwalają ograniczyć użycie nawozów chemicznych i emisje tlenków azotu z gleby. Jest to o tyle istotne, że emisja jednej tony podtlenku azotu jest równoważna wydaleniu 298 ton dwutlenku węgla. Nie bez znaczenia jest również spalanie biogazu, dzięki czemu można pozyskać dodatkową energię do zasilania nowoczesnych maszyn rolniczych, zwiększających produkcję i pozwalających na uwolnienie zasobów. Redukcja emisji gazów jelitowych zwierząt jest stosunkowo trudna i kosztowna, a jej potencjał – niewielki. Łącznie, dzięki praktykom wykorzystania resztek rolniczych i rekultywacji odpadów możliwe jest zaoszczędzenie 140 ktoe paliw w 2030 i 410 ktoe w 2050 roku, natomiast spalanie biogazu pozwala na uzyskanie odpowiednio 173 i 347 ktoe energii.

Ze względu na heterogeniczność przemysłu, trudnym zadaniem jest sklasyfikowanie wszystkich interwencji możliwych do zrealizowania w tym sektorze. W tym rozdziale skupiamy się więc na branżach najbardziej energochłonnych, a jednocześnie najbardziej emisyjnych: hutnictwie żelaza i stali oraz przemyśle mineralnym (cementowym). Rozważamy także kilka działań możliwych do podjęcia w przemyśle chemicznym.

Poprawa efektywności energetycznej w sektorze hutnictwa związana jest przede wszystkim z odzyskiwaniem dotychczas traconych zasobów, takich jak ciepło czy gaz wielkopiecowy. Ze względu na wysokie temperatury spalania rud żelaza, piece hutnicze emitują ogromne ilości ciepła, które mogą być wykorzystywane np. do ogrzewania domów czy generacji elektryczności.

Obecnie zasoby te są niewykorzystane, przez co w kraju produkuje się więcej energii niż byłoby to konieczne np. do ogrzania domów i mieszkań, czy budynków komercyjnych. Ważnym ograniczeniem tego rozwiązania może być duży dystans geograficzny, dzielący zakłady hutnicze od potencjalnych odbiorców ich ciepła odpadowego, albo niedostatki infrastruktury przesyłowej. Dlatego nasze szacunki oszczędności energii na poziomie zagregowanych z tego tytułu są bardzo ostrożne (por. Wykres II.P.21).

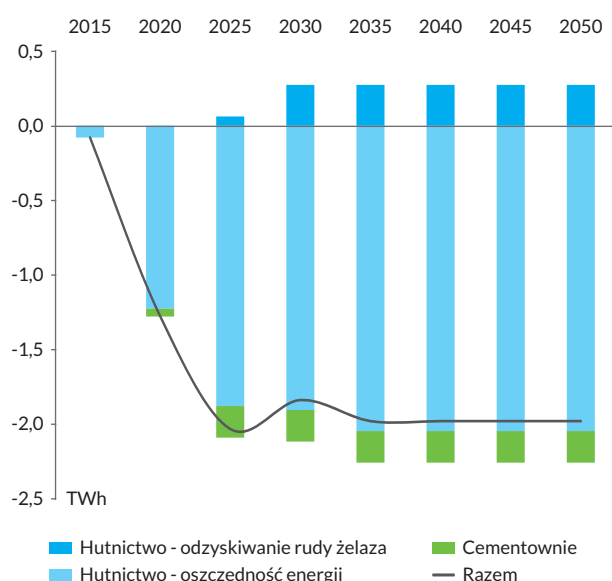
**Poprawy efektywności energetycznej w sektorze hutnictwa upatrujemy przede wszystkim w odzyskiwaniu dotychczas traconych zasobów – zwłaszcza ciepła i gazu.**

Jednocześnie rozpatrujemy inne sposoby podniesienia efektywności w sektorze stalowym, w tym m.in. wykorzystanie efektywniejszych silników elektrycznych i redukcję ilości rudy żelaza potrzebnej do wytworzenia określonego wolumenu stali. Ich działanie ekonomiczne jest podobne – dzięki zastosowaniu relatyw-

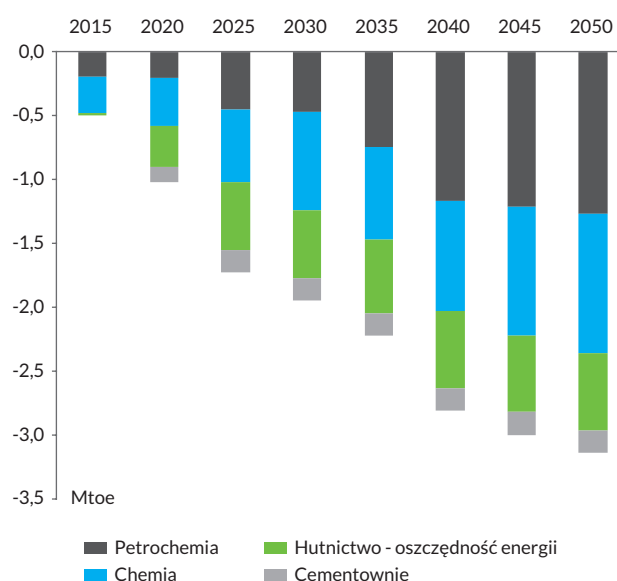
nie kapitałochłonnych rozwiązań technicznych w późniejszych latach uzyskuje się oszczędności w wydatkach na energię lub surowce. Szczególną cechą zmniejszenia zapotrzebowania technologicznego na rudę żelaza jest to, że wymaga ono zużycia dodatkowej energii elektrycznej, co w pewnym stopniu zmniejsza skalę redukcji zużycia energii w scenariuszu modernizacji. W tym przypadku rolą rządu jest wyeliminowanie ewentualnych barier inwestycyjnych, które mogą napotykać huty zamierzające zainstalować urządzenia pomagające oszczędzać energię, a w uzasadnionych przypadkach także wsparcie finansowe.

Spadek energochłonności hutnictwa pozwala na redukcję zapotrzebowania na energię elektryczną o ok. 2 TWh rocznie. Zakładamy przy tym, że modernizacja technologiczna zachodzi przede wszystkim w najbliższej dekadzie. Pozwala to

**Wykres II.P.21. Roczne oszczędności energii elektrycznej w hutnictwie i cementowniach – scenariusz modernizacji; 2015-2050**

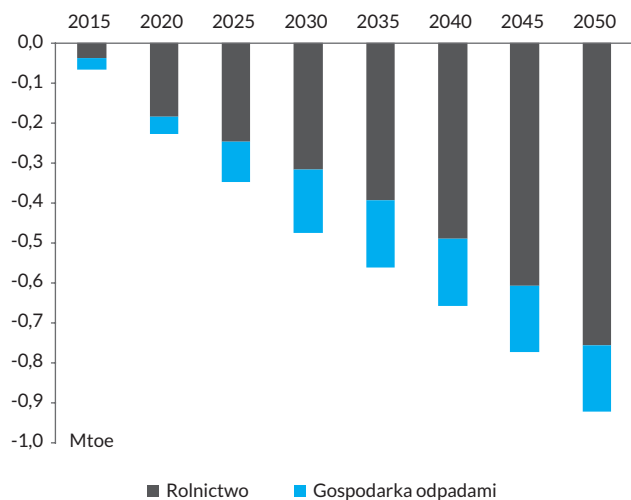


**Wykres II.P.22. Roczne oszczędności paliw w przemyśle – scenariusz modernizacji; 2015-2050**

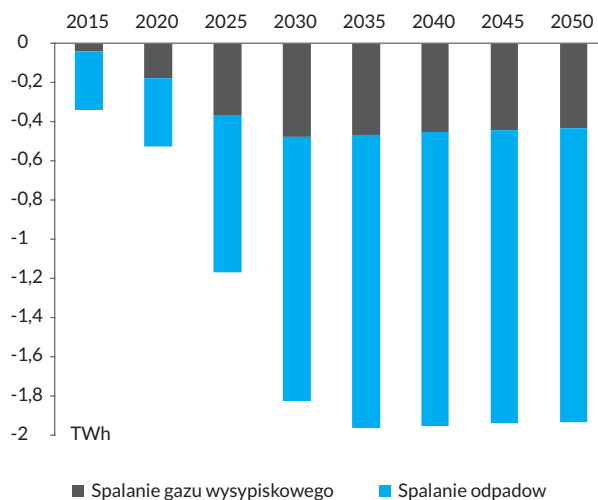


Źródło: Opracowanie własne

**Wykres II.P.23. Roczne oszczędności paliw w sektorze rolnictwa i gospodarce odpadami – scenariusz modernizacji; 2015-2050**



**Wykres II.P.24. Roczne oszczędności energii elektrycznej wskutek lepszego wykorzystywania produkowanych odpadów – scenariusz modernizacji; 2015-2050**



Źródło: Opracowanie własne

zmaksymalizować uzyskiwane oszczędności, które utrzymują się aż do połowy XXI wieku na podobnym poziomie. W scenariuszu modernizacji roczne zapotrzebowanie hutnictwa na paliwa spada o ok. 600 ktoe, a więc więcej niż przy produkcji cementu i mniej niż w przemyśle petrochemicznym i chemicznym.

Sposoby zmniejszenia emisji w cementowniach są podobne do tych w hutnictwie, a ich istota ekonomiczna jest taka sama. Największy potencjał modernizacyjny ma wykorzystanie ciepła odpadowego, jak również ogólne zwiększenie efektywności energetycznej produkcji cementu. W przyszłości potencjalnie możliwe będzie zapewne także zwiększenie udziału dodatków mineralnych w produkcji cementu, co przynieść może nie tylko oszczędności finansowe, lecz również redukcję emisji dwutlenku węgla do atmosfery. Ze względu na zaawansowanie techniczne polskiego przemysłu cementowego, potencjał oszczędności energii elektrycznej wynikający z ponadstandardowej modernizacji technologicznej w tym sektorze jest naszym zdaniem niewielki (ok. 210 MWh), czyli 10% wielkości dla hutnictwa. Podobnie małe jest zmniejszenie zapotrzebowania na paliwa (180 ktoe tj. 9% całości oszczędności w 2030 roku i ok. 6% w 2050 roku).

### Źródłem obiecujących zmian w przemyśle chemicznym i petrochemicznym staną się bodźce behawioralne.

Trzecią gałęzią przemysłu, w której leży największy potencjał oszczędności energii, jest przemysł chemiczny i petrochemiczny. Mechanizm ograniczania zużycia energii jest tu podobny do tego, jaki możliwy jest do zastosowania w hutnictwie i przemyśle mineralnym – z tą różnicą, że w przypadku petrochemii większa część obiecujących zmian ma charakter behawioralny, opierając się raczej na zmianach procesów zarządczych i sposobów działania w dużych zakładach petrochemicznych niż na wdrażaniu konkretnych rozwiązań technicznych. Konsekwencją są stosunkowo niskie nakłady kapitałowe na początku okresu i istotne oszczędności energii później (tj. o 472 ktoe w roku 2030 i o 13 tysięcy

ktoe w roku 2050). Z kolei w przemyśle chemicznym możliwe jest zainstalowanie urządzeń odzyskiwania energii, które, jak szacujemy, mogą przyczynić się do redukcji zużycia paliw o 770 ktoe w 2030 roku i o 1100 ktoe w roku 2050. Warto w tym miejscu podkreślić, że na przemysł petrochemiczny znaczny wpływ będą miały także zmiany, jakie zajdą w transporcie – poprawa parametrów paliwochłonności w tym sektorze wywoła znacznie silniejsze ograniczenie poziomu emisji w sektorze petrochemicznym niż zmiany *stricte* sektorowe.

## Korzyści i koszty modernizacji

Poza oszczędnościami energii, scenariusz modernizacji przynosi również inne korzyści. Zaoszczędzone zasoby – ciepła, elektryczności czy rudy żelaza – mogą być wykorzystane do innych celów, podnosząc produkt i obniżając zagregowane emisje. Przedsiębiorstwa hutnicze lub cementownie, wydając mniej na energię potrzebną do ich produkcji, stają się bardziej konkurencyjne, a jednocześnie odbiorcy ich wyrobów mogą zaspokoić swoje potrzeby taniej i lepiej niż dotychczas. Rośnie więc poziom dobrobytu. Na zmianach korzysta także środowisko naturalne, bowiem dzięki ograniczeniu zużycia energii zmniejszają się emisje gazów cieplarnianych, pyłów i innych zanieczyszczeń. Dzięki lepszemu środowisku poprawia się także komfort życia i zdrowie mieszkańców terenów przemysłowych. Po stronie kosztów modernizacji należy za to zapisać wyższe wydatki kapitałowe, które muszą być poniesione z góry na inwestycje w nowe instalacje techniczne i prace badawczo-rozwojowe, a także wydatki publiczne związane z upowszechnianiem wiedzy na temat sensu i potencjału wykorzystania energooszczędnych rozwiązań. Koszty te są jednak stosunkowo niewielkie w porównaniu z korzyściami, które mogą być dzięki nim osiągnięte. Co więcej, oszczędności te przyrastają z roku na rok, osiągając rekordowy poziom 350 mln euro w 2050 roku.

### Największy zwrot z inwestycji w modernizację przynoszą kolejno: gospodarka odpadami, hutnictwo i przemysł cementowy.

Zdecydowana ich większość powstaje w hutnictwie, podczas gdy rola przemysłu cementowego jest ograniczona, tak po stronie nakładów, jak i uzyskiwanych korzyści zagregowanych. Co ważne, zysk społeczny i gospodarczy ujawniają się szybko i przyrastają stopniowo w kolejnych latach, sięgając niemal 360 mln euro w 2030 roku. Największe oszczędności przynosi szeroko rozumiana poprawa efektywności w hutnictwie, generowanie elektryczności z układów gazowo-parowych, inwestycje w efektywne przemysłowe silniki elektryczne, a także odzysk gazu konwektorowego. Podobnymi metodami można zmniejszyć emisje w przypadku cementowni. Dodatkowo, możliwą do zastosowania technologią jest bezpośrednia redukcja rudy żelaza powodująca oszczędność energii w przypadku hut i zastąpienie klinkieru innymi materiałami w cementowniach.

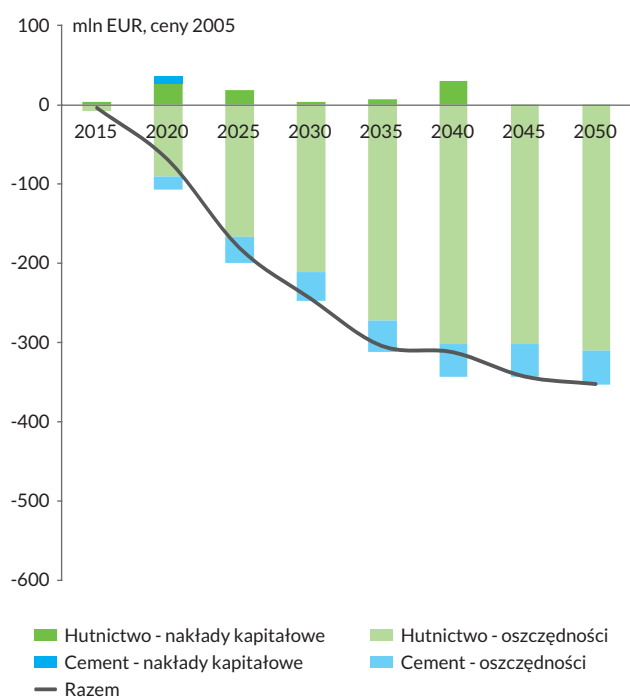
Również w przypadku przemysłu chemicznego i petrochemicznego oszczędności są bardzo duże w zestawieniu z początkowymi nakładami kapitałowymi (głównie na budowę i modernizację elektrociepłowni w przemyśle chemicznym), przy czym te drugie są wielokrotnie większe niż w przypadku przemysłu hutniczego. Pomimo to, jedynie w pierwszej pięciolatce przewyższają one oszczędności wynikające z generowania elektryczności w tych elektrociepłowniach i przemian behawioralnych w branży petrochemicznej. Ścieżka oszczędności netto jest podobna do tej w przemyśle hutniczym i cementowym – w 2030 roku sięgają one 190 mln euro, zaś w ciągu kolejnych 20 lat rosną ponad dwukrotnie, do 466 mln euro w 2050 roku. Tym razem, w przeciwieństwie do przemysłu hutniczego i cementowniczego, część zmian

wynika z udoskonaleń w zarządzaniu procesem produkcyjnym – największe efekty w oszczędzaniu energii przynoszą zmiany behawioralne w sektorze wydobywania gazu i ropy naftowej (ang. *downstream*).

Potencjał oszczędności tkwiący w rolnictwie jest znacząco większy – w scenariuszu modernizacji korzyści odnotowane w tym sektorze w 2050 roku przewyższają te osiągnięte w przemyśle ponad trzykrotnie. Ich źródłem jest głównie upowszechnienie się nowoczesnych praktyk rolnych. Negatywną stroną zmian jest to, że są one znacznie bardziej kosztowne niż w przemyśle. Wydatki, jakie rolnicy będą musieli ponieść w fazie implementacyjnej sięgają dziewięciuset milionów euro w 2030 roku i ponad 2,3 mld w roku 2050. Warto jednak pamiętać, że gigantyczne oszczędności rekompensują te nakłady z nawiązką. Jedyne w pierwszej dekadzie nakłady kapitałowe są wyższe niż korzyści – w kolejnych okresach relacja odwraca się, a zyski sięgają nawet 1 mld rocznie w latach 2046-2050 tj. ok. 0,1% PKB.

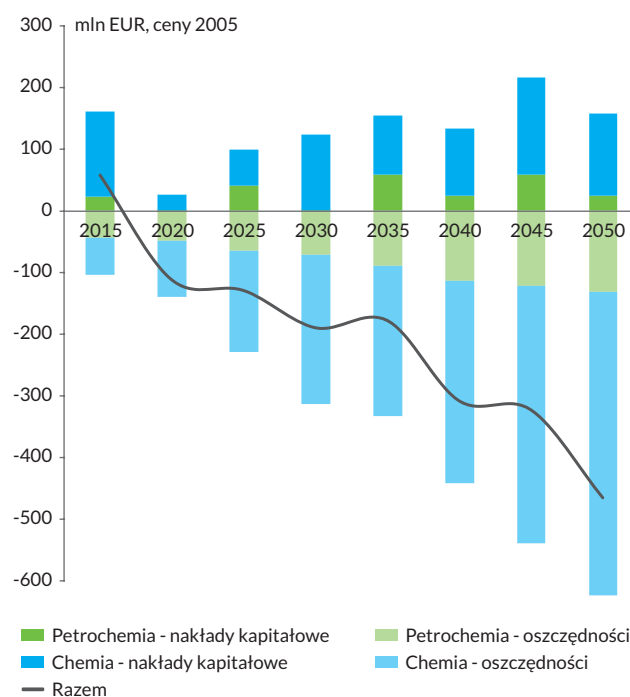
Zdecydowanie najkosztowniejszym w pierwszej fazie sposobem ograniczenia emisji są praktyki rolnicze. Najbardziej energochłonnym, a więc również emisyjnym zabiegiem rolniczym jest orka. Możliwe jest stopniowe ograniczanie emisji gazów cieplarnianych z tego źródła poprzez stosowanie agregatów uprawowych umożliwiających zarówno spulchnienie gleby, jak i siew w czasie jednego przejazdu. Urządzenia umożliwiające tego typu uprawy są jednak stosunkowo kosztowne – nakłady kapitałowe, które będą musiały zostać poniesione na instrumenty skupione pod jedną zbiorczą nazwą praktyk agronomicznych (ang. *agronomy practices*) przekraczają 100 milionów rocznie przez niemal cały okres interwencji, aż do 2050 roku.

Wykres II.P.25. Nakłady kapitałowe i oszczędności w przemyśle hutniczym i produkcji cementu – scenariusz modernizacji; 2015-2050

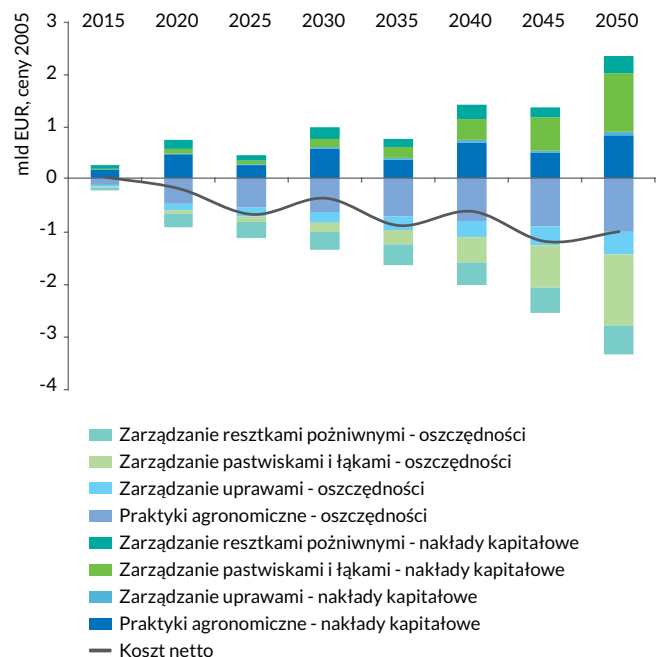


Źródło: Opracowanie własne

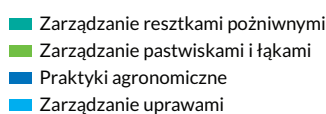
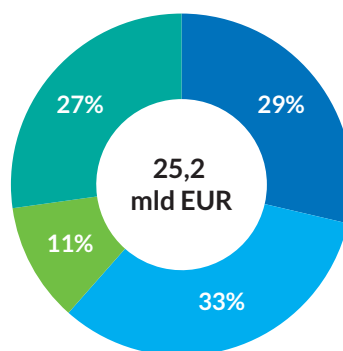
Wykres II.P.26. Nakłady kapitałowe i oszczędności w przemyśle chemicznym i petrochemicznym – scenariusz modernizacji; 2015-2050



Wykres II.P.27. Roczne nakłady kapitałowe i oszczędności w rolnictwie według obszarów modernizacji; 2015-2050



Wykres II.P.28. Skumulowane oszczędności netto w rolnictwie do 2050 roku według obszarów modernizacji



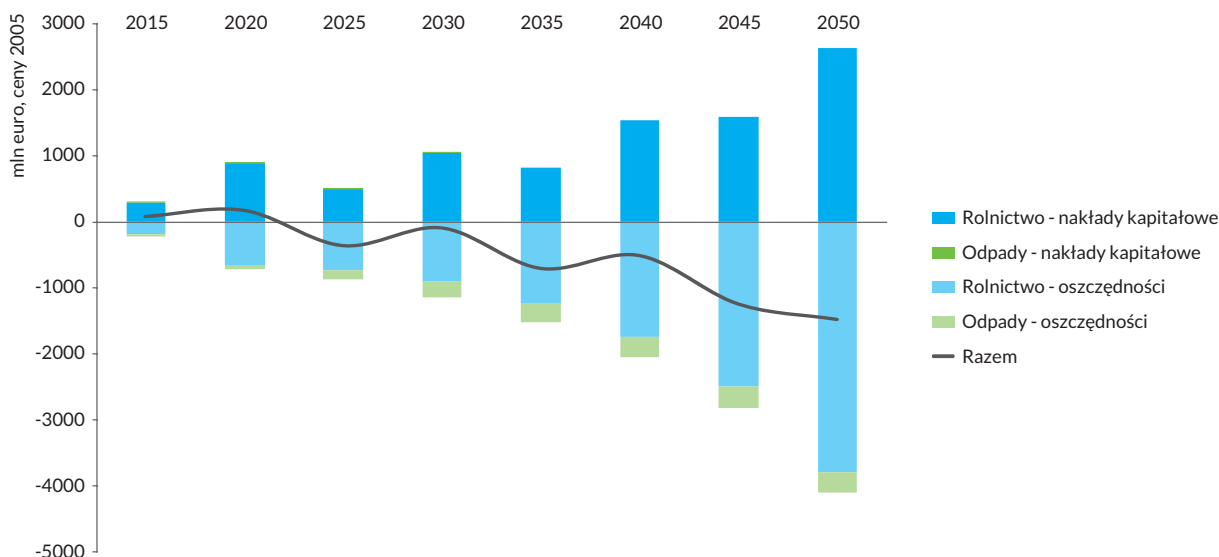
Źródło: Opracowanie własne

Narzędziem, które po 2030 roku zaczyna być główną determinantą nakładów kapitałowych w rolnictwie jest zarządzanie łąkami i pastwiskami (ang. *grassland management*). Działania ujęte w ramach tego pakietu obejmują praktyki powodujące zatrzymywanie węgla w gruncie, czyli uprawę bezorkową, zmianowanie czy przede wszystkim zastępowanie nawozów azotowych innymi środkami umożliwiającymi zarówno ograniczenie emisji tlenków azotu do atmosfery, jak też zatrzymywanie węgla w glebie. Nakłady kapitałowe na tego typu interwencję sięgają 214 mln euro rocznie w 2035 roku i 1,1 mld euro rocznie w 2050.

Warto jednak dodać, że ze względu na znaczącą poprawę jakości gleb, praktyki te przynoszą istotne oszczędności finansowe już od pierwszego roku (por. Wykres II.P.27).

Potencjalne oszczędności wynikające z proefektywnościowego nacisku w gospodarce odpadami są znacznie mniejsze niż w rolnictwie. Sektor ten jest jednak wart uwagi ze względu na bardzo niewielkie nakłady kapitałowe konieczne do uzyskania wymiernych korzyści ekonomicznych i środowiskowych, a więc także małe ryzyko zmian. Wskaźnik zwrotu z inwestycji jest tu

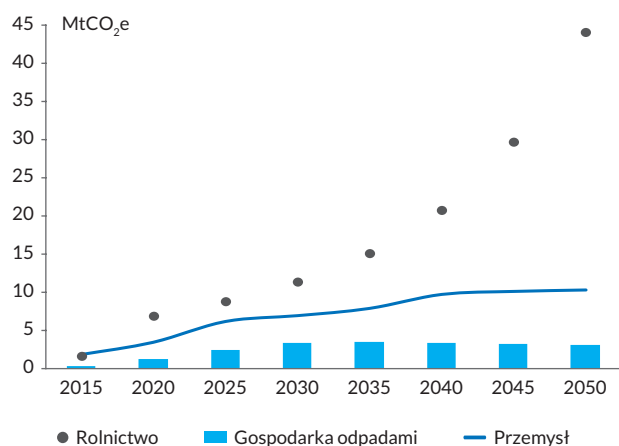
Wykres II.P.29. Roczne nakłady kapitałowe i oszczędności w rolnictwie i gospodarce odpadami – scenariusz modyfikacji; 2015-2050



Źródło: Opracowanie własne



Wykres II.P.30. Ograniczenie emisji w przemyśle, rolnictwie i gospodarce odpadami – scenariusz modernizacji; 2015-2050



Źródło: Opracowanie własne

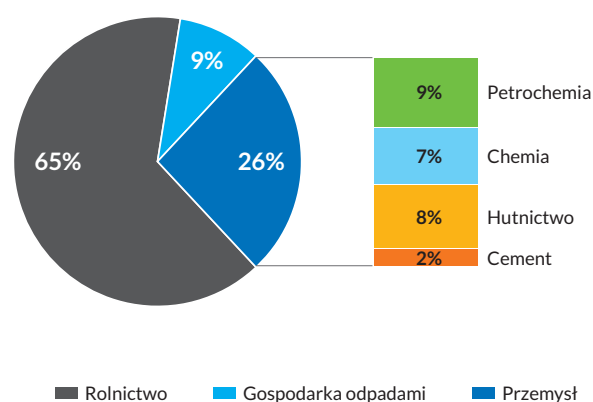
największy, co wyjaśnia w dużej mierze, dlaczego w Niemczech udało się wprowadzić system odzyskiwania odpadów tak szybko i skutecznie.

Dodatkową korzyścią będącą efektem modernizacji jest redukcja emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Wynika ona przede wszystkim ze zmniejszenia zapotrzebowania na energię w stosunku do scenariusza odniesienia, dzięki czemu do uzyskania tego samego efektu ekonomicznego potrzeba jest mniejsza ilość gazu i węgla. Z kolei w ramach utylizacji odpadów największą część redukcji przynosi ich bezpośrednie spalanie uzupełnione o spalanie gazów wysypiskowych.

Zdecydowanie największą możliwością redukcji emisji charakteryzuje się rolnictwo – dzięki zastosowaniu nowoczesnych metod uprawy ziemi, emisje w sektorze rolnictwa są w 2030 roku o ponad 11 MtCO<sub>2</sub>e niższe niż w scenariuszu odniesienia. W ciągu kolejnych 20 lat, do 2050 roku, różnica pomiędzy emisjami w scenariuszu modernizacji i odniesienia rośnie niemal czterokrotnie, do 44 MtCO<sub>2</sub>e. Dla porównania, zmniejszenie emisji w przemyśle sięga 10 MtCO<sub>2</sub>e w 2050 i niemal 7 MtCO<sub>2</sub>e w 2030 roku. W obszarze gospodarki odpadami jest to jeszcze mniej: 3,5 MtCO<sub>2</sub>e w 2030 roku i nieco ponad 3 MtCO<sub>2</sub>e w 2050 roku. Łącznie działania z obszaru przemysłu, rolnictwa i gospodarki odpadami pozwalają zredukować emisje GHG o niemal 34 MtCO<sub>2</sub>e w 2030 roku i 57 MtCO<sub>2</sub>e w 2050 roku, czyli odpowiednio 6,6% i ponad 10% ogólnej ilości gazów cieplarnianych wydalanych do atmosfery w tych latach. Łącznie, wszystkie działania w tych sektorach pozwalają uniknąć do 2050 roku ok. 5% skumulowanych emisji.

Zwielokrotnienie skali redukcji w przemyśle wymagałoby zastosowania kosztownej i kontrowersyjnej środowiskowo technologii CCS (por. Ramka II.P.3). Ten sposób ograniczenia emisji jest więc narzędziem ostatniej instancji, które może być wykorzystywane, kiedy pozostałe możliwości będą już wyczerpane, a społeczeństwo, zgodnie ze środowiskową krzywą Kuznetsa, wciąż domagać się będzie ograniczenia emisji gazów cieplarnianych do atmosfery. Potencjał zmniejszenia emisji, wynikający z tego typu technologii, w przemyśle hutniczym, cementowym, chemicznym

Wykres II.P.31. Struktura skumulowanych ograniczonych emisji do 2050 roku – scenariusz modernizacji

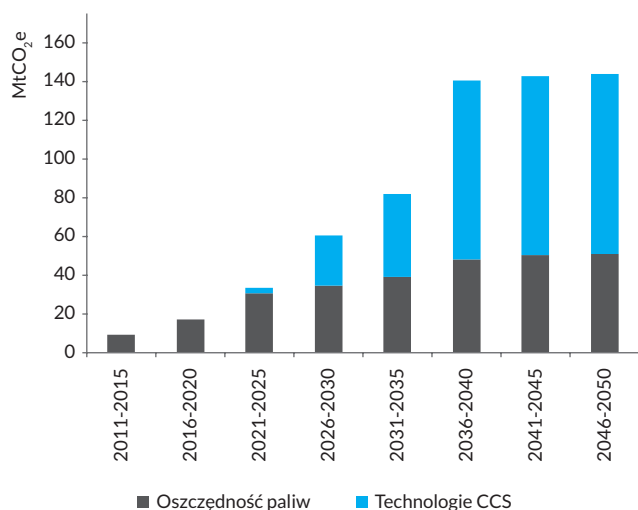


i petrochemicznym jest znacząco większy niż wszystkich pozostałych metod razem wziętych i sięga 70 MtCO<sub>2</sub>e na przestrzeni 40 lat. W obliczeniach ekspertów, na których opieramy swoje szacunki, zakładana sprawność instalacji do wychwytywania dwutlenku węgla wynosi 80% emisji. Jeżeli technologie te w istocie będą aż tak skuteczne, możliwe będzie drastyczne ograniczenie wydalenia gazów cieplarnianych w przemyśle – na razie jednak tego typu narzędzia są w początkowej fazie rozwoju. Z tego powodu, nawet w przypadku ich wdrożenia, zakłada się, że redukcja emisji będzie miała miejsce w dwóch ostatnich dekadach i będzie stosunkowo kosztowna. Ponadto, wobec trudności związanych z tego typu metodami i ich bardzo wysokim kosztem, można spodziewać się, że zanim zaczną one być dostępne, pojawią się inne technologie produkcji stali czy cementu – skuteczniejsze i mniej emisyjne.

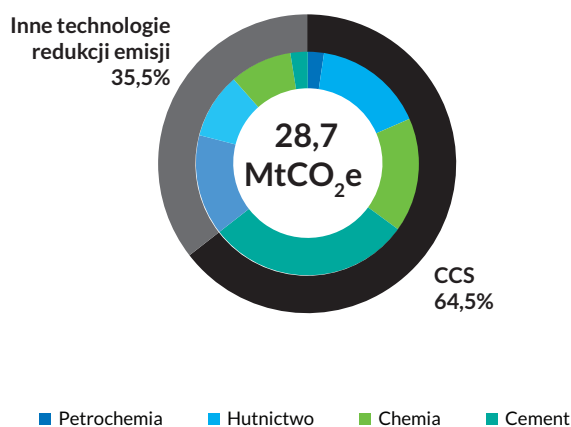
### Ramka II.P.3. CCS w przemyśle – łatwy sposób ograniczenia emisji czy technologia ostatniej instancji?

Technologie sekwestracji dwutlenku węgla (ang. *carbon capture and storage* – CCS) są obiecującym, acz kosztownym, sposobem ograniczenia emisji w przemyśle. Instrumenty tego typu mogą przyczynić się do ograniczenia emisji głównie w sektorze energetyki, niemniej również w przemyśle znajdują one zastosowanie. Potencjalne zmniejszenie emisji, jakie może przynieść technologia CCS zastosowana w hutnictwie, cementowniach i petrochemii sumarycznie przewyższa redukcje możliwe do osiągnięcia dzięki szeroko rozumianej oszczędności energii. Rozkład spadku emisji w czasie jest jednak nieco inny – technologia ta nie jest bowiem jak do tej pory gotowa. O ile instrumenty ograniczania zużycia emisji poprzez wykorzystywanie marnotrawionej dziś energii są możliwe do zastosowania niemal natychmiast, to trudno oczekiwać, by tak samo stało się z systemami CCS. Technologia ta będzie dojrzała ekonomicznie i technicznie raczej po 2030 roku, a co za tym idzie także jej wpływ na środowisko i gospodarkę będzie odłożony w czasie.

Wykres II.P.32. Redukcja emisji dzięki oszczędności paliw i technologii CCS – scenariusz modernizacji; 2011-2050



Wykres II.P.33. Redukcja emisji wskutek oszczędności paliw i technologii CCS – scenariusz modernizacji; 2050



Źródło: Opracowanie własne

Najważniejszą przewagą technologii ograniczania emisji przez wykorzystywanie zasobów nad metodami sekwestracji dwutlenku węgla jest jednak ich cena, która stanowi niewielką część oczekiwanych kosztów wdrożenia sekwestracji dwutlenku węgla w hutach i cementowniach. Z drugiej strony technologia sekwestracji dwutlenku węgla przynosi największe oszczędności, w przypadku cementu, dla którego redukcja emisji indukowana przez zmianę zużycia energii jest najmniejsza. Również w przypadku sektora chemicznego, potencjalne zmniejszenie emisji wynikające z zastosowania CCS przewyższa to uzyskane dzięki oszczędzaniu energii, dysproporcja nie jest jednak aż tak znacząca. W konsekwencji, polityka niskoemisyjna mogłaby rozważać selektywne zastosowanie technologii CCS tylko dla przemysłu chemicznego (gdzie koszty CCS mogą być sfinansowane przez oszczędności wynikające z zastosowania innych technologii obecnych w scenariuszu modernizacji), bądź w przypadku cementowni (gdzie uniknięte emisje są najwyższe nie tylko w wartościach bezwzględnych, lecz również w relacji do kosztów). Wybór ten wymagałby jednak jednoznacznego poparcia publicznego.

Źródło: Opracowanie własne

## Podsumowanie

Niskoemisyjna transformacja przemysłu, rolnictwa i gospodarki odpadami otwiera przed Polską zupełnie nowe możliwości rozwojowe. Wytwarzający prawie 1/3 wartości dodanej przemysł odpowiada za 1/4 krajowego zapotrzebowania na energię i 1/5 emisji gazów cieplarnianych. Jest on jednak także technologicznie najbardziej zaawansowaną gałęzią gospodarki, w której luka technologiczna względem Europy zachodniej jest dużo mniejsza niż w usługach czy rolnictwie, a co za tym idzie także gałęzią, w której poprawa efektywności energetycznej i ograniczenie emisji są najtrudniejsze. Główną barierą dla przeprowadzenia modernizacji w sektorze przemysłu jest fakt wyczerpania prostych źródeł podnoszenia efektywności energetycznej. Konieczne będzie sięganie po relatywnie kosztowne rozwiązania technologiczne.

Z kolei rolnictwo pozostaje nadal raczej sposobem na życie, niż w pełni rynkowym sektorem gospodarki. Jego spadający udział w PKB, postępująca konsolidacja gospodarstw i mechanizacja produkcji są jednak trendami, które w przyszłości nieuchronnie upodobnią sektor rolny do innych gałęzi gospodarki. Rolnicy - przedsiębiorcy będą znacznie częściej niż dziś sięgać do technologii pozwalającym im na dywersyfikację źródeł ich przychodów, a takimi właśnie są technologie niskoemisyjnej produkcji energii z odpadów rolniczych. Utrudnieniem zmian w rolnictwie będą bariery informacyjne i ograniczona społeczna świadomość w zakresie istoty i celu działań modernizacyjnych.

Specyfika sektora zarządzania odpadami jest o tyle istotna, że jego kształt odbiega obecnie od norm europejskich, a problem z wysypiskami śmieci, mało rozpowszechniony recykling i marnotrawienie możliwości pozyskiwania energii i innych zasobów w procesie przetwarzania odpadów zasługują na szerszą uwagę ze strony polityki publicznej. Na konsekwentne i rozsądne decyzje dotyczące tej branży wpływać muszą nie tylko kwestie ekonomiczne, ale i środowiskowe, tak by było możliwe równoległe osiągnięcie obydwu tych celów. Sektor musi natomiast zostać gruntownie przebudowany pod względem regulacyjnym i instytucjonalnym, czego ważnym początkiem jest nowa ustawa o odpadach.

Podobnie jak w innych obszarach, omówiliśmy dwa scenariusze rozwoju. W scenariuszu odniesienia wsparcie regulacyjne i finansowe ze strony państwa jest ograniczone, a redukcje emisji i ogólna poprawa efektywności następują, lecz w powolnym tempie. Scenariusz modernizacji zakłada natomiast świadomą i konsekwentną politykę państwa, która przyczynia się do głębokiej modernizacji we wszystkich trzech branżach i podniesienia ich standardu do najwyższego poziomu światowego. Plan transformacji czerpie przy tym z dobrych praktyk zidentyfikowanych w innych krajach. W przemyśle motorem zmian będzie poszukiwanie przewag konkurencyjnych w lepszym zarządzaniu energią oraz bardziej racjonalnym gospodarowaniu zasobami. Z kolei w rolnictwie promowane będą nowoczesne praktyki agronomiczne, oraz racjonalne wykorzystanie resztek poźniwnych i użycie biogazu do produkcji energii elektrycznej. W sektorze odpadów dokonuje się znaczące upowszechnienie recyklingu, a odpady służą do pozyskiwania energii.

Największe możliwości redukcji zapotrzebowania na energię, głównie dzięki odzyskiwaniu ciepła i gazu wielkopieczowego, daje hutnictwo (nawet 2 TWh rocznie w 2050), jednak owocne działania proefektywnościowe przewidywane są również w sektorze chemicznym, petrochemicznym oraz cementowym. W wyniku niskoemisyjnej modernizacji w połowie wieku o prawie 2 Mtoe spaść może zużycie paliw w przemyśle. Ogólne oszczędności możliwe do osiągnięcia w sektorze przemysłu, rolnictwa i gospodarki odpadami sięgają (po uwzględnieniu kosztów) 0,5 mld euro w 2030 roku i 2,3 mld euro w roku 2050. Emisje gazów cieplarnianych będą mogły być przy tym zredukowane o niemal 34 MtCO<sub>2</sub>e w 2030 roku i 57 MtCO<sub>2</sub>e w 2050 roku, czyli o odpowiednio 6,6% i ponad 10% ogólnej ilości gazów cieplarnianych wydalanych do atmosfery w tych latach.

## Podsumowanie

Efektywność energetyczna i zasobowa mogłaby do roku 2050 przynieść polskiemu gospodarstwu domowemu i przedsiębiorstwom szereg wymiernych korzyści ekonomicznych. Z perspektywy całego kraju równie ważne byłyby jej pozytywne efekty środowiskowe, poprawa stanu zdrowia ludności i podniesienie dobrobytu społecznego dzięki lepiej ogrzany mieszkaniami, mniej zatłoczonym ulicom, ograniczeniu liczby wysypisk i powodowanego przez nie skażenia środowiska naturalnego. Wspólną korzyścią niskoemisyjnej transformacji, widoczną zarówno w transporcie czy przemyśle jak i w budownictwie, rolnictwie czy gospodarce odpadami, byłaby wyższa produktywność i większe zyski polskich firm, a także wzmocnienie ich odporności na zawirowania cenowe na światowych rynkach surowcowych.

Co ważne, niskoemisyjna transformacja w wymienionych sektorach nie wiąże się z koniecznością ponoszenia wysokich nakładów inwestycyjnych przez długi okres - każde z podejmowanych działań ma swoje uzasadnienie ekonomiczne, ich stopy zwrotu są bardzo wysokie, a realizacja przyjętych strategii modernizacyjnych nie wiąże się z pogorszeniem warunków życia i gospodarowania. Wręcz przeciwnie, podnosi się konkurencyjność przedsiębiorstw, wzrasta powierzchnia użytkowa i mieszkalna, rośnie produktywność pracy.

Ścieżka efektywności energetycznej, którą powinna podążać Polska, nie jest rozwiązaniem pionierskim. Jak wykazaliśmy, podobne transformacje od wielu lat zachodzą w gospodarkach zachodnich. Budownictwo zeroenergetyczne i pasywne, nowoczesne i ekologiczne napędy samochodowe, rozwój biopaliw, produktywnie i zmechanizowane gospodarstwa rolne łączące produkcję żywności z wytwarzaniem energii z odpadów czy w pełni nowoczesne gałęzie przemysłu maksymalizujące korzyści z własnych zasobów produkcyjnych to rzeczywistość świata zachodniego, do której Polska powinna obecnie dążyć. Patrząc na poziom rozwoju krajów OECD, wydaje się, że niskoemisyjna modernizacja oparta o efektywność energetyczną i paliwową jest ścieżką jednoznacznie korzystną, a wręcz niezbędną, jeśli Polska nie chce ulec marginalizacji w wymiarze europejskim i światowym.

Największy potencjał oszczędności energii tkwi w budownictwie (w tym szczególnie w budownictwie mieszkalnym), gdzie działania termomodernizacyjne w połączeniu ze zwiększoną efektywnością urządzeń RTV, AGD i oświetlenia, mogą na przestrzeni najbliższych 37 lat zmniejszyć zapotrzebowanie na energię o ponad 2800 TWh. Innymi pozytywnymi skutkami są: wzrost średniej temperatury w budynkach mieszkalnych, obniżenie relatywnych kosztów ogrzewania w budżetach domowych, eliminacja bardzo szkodliwych dla zdrowia tzw. niskich emisji, oraz postępująca elektryfikacja funkcjonowania sektora gospodarstw domowych i usług na wzór państw rozwiniętych.

Główną korzyścią z modernizacji w sektorze transportu są oszczędności paliwowe. Dzięki podjętym działaniom łączne zużycie pochodnych ropy naftowej w sektorze zmniejszy się w latach 2015-2050 aż o 255 Mtoe (prawie 3000 TWh), przez co jej import zdecydowanie spadnie. Oprócz oszczędności dla

właścicieli samochodów (osób prywatnych i przedsiębiorców) oraz poprawy bilansu handlowego Polski, ograniczy to zależność kraju od dostaw surowców z mniej stabilnych ekonomicznie regionów świata. Innymi korzyściami oferowanymi przez niskoemisyjną transformację w transporcie są: poprawa płynności przewozów w skali lokalnej i krajowej dzięki zmianie wzorców mobilności w komunikacji miejskiej i na dłuższych trasach, poprawa jakości powietrza szczególnie w aglomeracjach miejskich, oraz „odmłodzenie” polskiej floty samochodowej, co podniesie bezpieczeństwo na drogach.

Przemysł zyska na modernizacji przede wszystkim dzięki wyższej konkurencyjności w wymiarze międzynarodowym. Oszczędności wynikające z racjonalnego gospodarowania wszystkimi zasobami (również ciepłem i gazem wielkopieczym) oraz efektywniejsze zarządzanie energią w procesie produkcyjnym mają jasny wymiar finansowy, kluczowy dla firm dążących do maksymalizacji zysków z prowadzonej działalności gospodarczej. Zaoszczędzone środki będą one mogły przeznaczyć na dalsze inwestycje i rozwój produkcji.

Sektor rolnictwa dzięki proponowanym przemianom nie tylko podniesie swoją produktywność, ale i zmniejszy energochłonność swojej produkcji. Choć procesy, w które trzeba będzie zainwestować, są kosztowne, korzyści możliwe do osiągnięcia przewyższają zyski z modernizacji w innych omawianych sektorach. Skutkiem upowszechniania się lepszych praktyk rolnych będzie również poprawa jakości gleb oraz wzrost świadomości w zakresie nowoczesnych technik upraw wśród rolników. Istotną drogą poprawy bilansu energetycznego sektora stworzy aktywizacja gospodarstw w obszarze pozyskiwania energii z biogazu i sprzedaży jej nadwyżek do sieci.

Zmiany w dziedzinie zarządzania odpadami nie są kapitałochłonne i w dużej mierze opierają się na dostosowaniach behawioralnych. Dziedzina ta jest obecnie w Polsce bardzo zaniedbana, lecz nowa ustawa o odpadach jest pierwszym krokiem na drodze do jej restrukturyzacji. Przykładem powinny być dla nas Niemcy, które w ciągu zaledwie 20 lat ograniczyły liczbę wysypisk śmieci, zredukowały emisję wydzielanego na nich metanu, podniosły udział śmieci poddawanych recyklingowi do 70% i zaczęły na dużą skalę pozyskiwać energię ze spalania odpadów. Korzyści dla niemieckiej gospodarki wynikające z czystszej środowiska i dodatkowe zyski energetyczne oraz materiałowe są niepodważalne. Scenariusz modernizacji, który proponujemy, wymaga od rządu prowadzenia konsekwentnej polityki publicznej przez najbliższe 20-30 lat, przy czym zmiany powinny być zainicjowane już dziś. Być może najtrudniejsza okaże się promocja postaw proefektywnościowych wśród podmiotów gospodarujących, dla których odległe zyski nie są często wystarczającym bodźcem do działania. Warto jednak pamiętać, że postęp technologiczny podnoszący efektywność wykorzystania zasobów to obok dobrych regulacji i innowacji jedyny sposób na wyrwanie się z pułapki średniego dochodu i utrzymanie międzynarodowej konkurencyjności Polski w średnim i długim okresie. Co więcej, zgodnie ze środowiskową krzywą Kuzneta, bogacące się polskie społeczeństwo będzie się coraz częściej aktywnie domagać poprawy jakości

środowiska naturalnego. Antycypując te potrzeby oraz właściwie identyfikując kierunek zmian, u progu których znajduje się nasza gospodarka, należy stwierdzić, że niskoemisyjna, proefektywnościowa modernizacja jest kierunkiem dzięki któremu potencjał ekonomiczny Polski zostanie najlepiej wykorzystany.



# III. NISKOEMISYJNA ENERGETYKA

Maciej Bukowski, Aleksander Śniegocki, Agnieszka Śpionek



## Wprowadzenie

Sektor energetyczny, choć w ujęciu finansowym nie wydaje się stanowić podstawy gospodarki, w rzeczywistości przesądza o jej funkcjonowaniu i decydować może o jej sukcesach albo porażkach. Niniejsza część poświęcona jest analizie perspektyw rozwoju tej branży w Polsce oraz możliwym opcjom jej transformacji w perspektywie roku 2050. Celem przedstawionych analiz jest rozproszenie wielu mitów jakie narosły w Polsce wokół możliwości przeobrażenia polskiej energetyki na wzór przekształceń jakim w przeszłości podlegały i nadal podlega ten sektor w innych krajach OECD. Przyglądamy się więc zarówno energetyce węglowej jak i nuklearnej, gazowej czy źródłom odnawialnym, zestawiając ze sobą wszystkie – bezpośrednie i pośrednie, wewnętrzne i zewnętrzne – koszty alternatywnych zmian w tym sektorze, z uwzględnieniem światowych trendów technologicznych i specyficznych warunków polskich.

W pierwszym podrozdziale przedstawiamy obraz polskiej energetyki AD 2013: główne mechanizmy jej funkcjonowania, czynniki krajowe i zewnętrzne kształtujące jej rozwój w przeszłości, w tym trendy charakteryzujące ten sektor na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat. Przyglądamy się jednocześnie efektom zewnętrznym procesu produkcji energii i ich wpływowi na polskie społeczeństwo. Punktem odniesienia jest tu Unia Europejska, jako że nasz kraj stopniowo stara się dorównać do standardów środowiskowych, gospodarczych i instytucjonalnych charakteryzujących innych członków Wspólnoty. Nakreśliwszy warunki funkcjonowania branży, formułujemy dwie alternatywne ścieżki jej przyszłego rozwoju, które są punktem wyjścia dla dalszych analiz.

Drugi podrozdział poświęciliśmy doświadczeniom międzynarodowym w zakresie transformacji energetycznej. Szczególnie istotne było dla nas pokazanie tła tych zmian, kluczowych czynników decyzyjnych oraz problemów, z jakimi borykały się państwa zależne od jednego surowca energetycznego w przeszłości, gdy kryzys utrudnił lub podrożył jego pozyskiwanie. Na całym świecie próżno już szukać gospodarek o niezdywersyfikowanych mikrosach technologicznych w elektroenergetyce, choć jeszcze czterdzieści lat temu tak nie było. Wyjaśniamy, dlaczego tak się stało oraz jakie płyną z tego wnioski dla Polski. Prezentujemy światowe trendy rozwoju technologii węglowej, nuklearnej, gazowej, a nade wszystko odnawialnych źródeł energii, które posłużą nam do wyjaśnienia sensu i logiki proponowanych w dalszej części działań modernizacyjnych.

Osią następnego podrozdziału jest prezentacja scenariuszy rozwoju polskiej energetyki. W pierwszej kolejności przedstawimy scenariusz odniesienia, który w dużej mierze zakłada kontynuację obecnej polityki energetycznej naszego kraju. Pozostanie przy węgla posiada swoje atuty, ale i znaczące wady, które szczegółowo omawiamy. Konsekwencje węglowej ścieżki oceniać należy w świetle prognozowanych zmian zarówno w polskiej gospodarce jak i w wymiarze globalnym, co staramy się uargumentować. Kolejnym krokiem jest skonfrontowanie scenariusza odniesienia z kilkoma opcjami modernizacji, które dogłębnie omawiamy w kolejnym podrozdziale. W kontekście wspomnianych wcześniej globalnych i światowych zmian szukamy odpowiedzi na pytanie, jak

zapewnić Polsce bezpieczeństwo energetyczne, konkurencyjność międzynarodową i stabilność ekonomiczną, która nie jest możliwa bez gwarancji terminowych i niezaburzonych dostaw prądu elektrycznego do domów, firm i zakładów przemysłowych. Prezentujemy katalog technologii pozyskiwania energii elektrycznej z punktu widzenia typów ryzyka, na jakie przygotowani muszą być inwestorzy i definiujemy cele, które polityka publiczna musi uwzględnić, jeśli zamierza w sposób odpowiedzialny kształtować przyszły mix energetyczny naszego kraju. Proponujemy pięć opcji transformacji realizujących te założenia, opisując ich silne i słabe strony.

Ostatnim elementem tej części raportu jest analiza kosztów i korzyści każdego z wariantów modernizacji w zderzeniu z kosztami i korzyściami płynącymi z wyboru ścieżki wysokoemisyjnej. Po wprowadzeniu do metodologii takiej analizy, prezentujemy różne aspekty tego wyboru - koszty produkcji energii elektrycznej, ceny energii dla odbiorców detalicznych i przemysłowych, emisyjność i inne efekty zewnętrzne funkcjonowania poszczególnych mikсів. Wszystkie wyniki pokazujemy na tle scenariusza odniesienia, dla lepszego zrozumienia potrzeby transformacji w sektorze. Wskazujemy, jakie konsekwencje dla uzyskanych wyników mają opłaty emisyjne w ramach systemu ETS, a jakie nasze ambicje redukcyjne ucieleśnione w zastosowaniu technologii CCS. Przeprowadzone analizy prowadzą do konkluzji, iż w długim okresie podtrzymywanie dominacji węgla w miksie energetycznym jest działaniem nieuzasadnionym, i to nie tylko w wymiarze środowiskowym czy zdrowotnym, ale także pod kątem bezpieczeństwa energetycznego i w wymiarze czysto finansowym.



# 1 MODERNIZACJA W SEKTORZE ENERGETYCZNYM – OD DOMINACJI WĘGLA DO MIKSU ZRÓWNOWAŻONEGO

## Energetyka dziś i jutro

Wytwarzająca jedynie 1,5% PKB w USA, 2% PKB Unii Europejskiej, i 3,8 % PKB w Polsce, energetyka z pozoru wydaje się być jedną z wielu branż, której znaczenie ekonomiczne jest niewielkie. Wrażenie to jest jednak mylne. Choć przetwarzanie różnorodnych form energii pierwotnej (węgla, gazu, uranu, wody czy wiatru) w jej jedną, uniwersalną postać finalną – elektryczność – nie wnosi bezpośrednio znaczącego wkładu do bogactwa współczesnych krajów rozwiniętych, to jednocześnie tylko dzięki przewidywalności i pewności dostaw energii elektrycznej do wielkich zakładów przemysłowych, małych i średnich firm oraz gospodarstw domowych, możliwy był spektakularny

**Sektor energetyczny warunkuje rozwój współczesnych gospodarek, a kierunek jego transformacji stanowić będzie o przyszłym ich potencjale.**

wzrost gospodarczy i rozwój cywilizacyjny, jakiego Europa i Ameryka Północna doświadczyły w ciągu ostatniego stulecia. Wynalezienie pod koniec XIX wieku metod produkcji prądu elektrycznego na skalę przemysłową uważa się dziś, obok m.in. produkcji masowej czy silników parowych, za jedną z kilku najważniejszych innowacji w dziejach ludzkości, których powstanie całkowicie przeobraziło każdą sferę ludzkiej aktywności. Po stu kilkudziesięciu latach od momentu odkrycia elektryczność wykorzystywana jest wszędzie – napędza maszyny, roboty przemysłowe i komputery, umożliwia komunikację na wielkie odległości, oświetla ulice, biura i mieszkania prywatne, a także pozwala na niezakłócone dostawy wody i ciepła do milionów gospodarstw domowych. Można bez wahania powiedzieć, że sektor energetyczny stał się zwornikiem współczesnego społeczeństwa i nowoczesnej gospodarki, od którego funkcjonowania zależy nie tylko jej codzienne działanie, lecz także perspektywy przyszłego rozwoju.

Nic więc dziwnego, że zainteresowanie polityki publicznej energetyką jest duże. Pośrednie efekty ekonomiczne jej działalności, w postaci wpływu na konkurencyjność firm-odbiorców energii oraz standard życia gospodarstw domowych, są nie do przecenienia. Jednocześnie ukształtowany historycznie rozwój sektora, oparty o łatwo dostępne i tanie paliwa kopalne, wydaje się być dziś, wobec spektakularnego rozwoju gospodarczego Chin i innych krajów tzw. Trzeciego Świata oraz zmian w świadomości ekologicznej społeczeństw państw rozwiniętych, kierunkiem

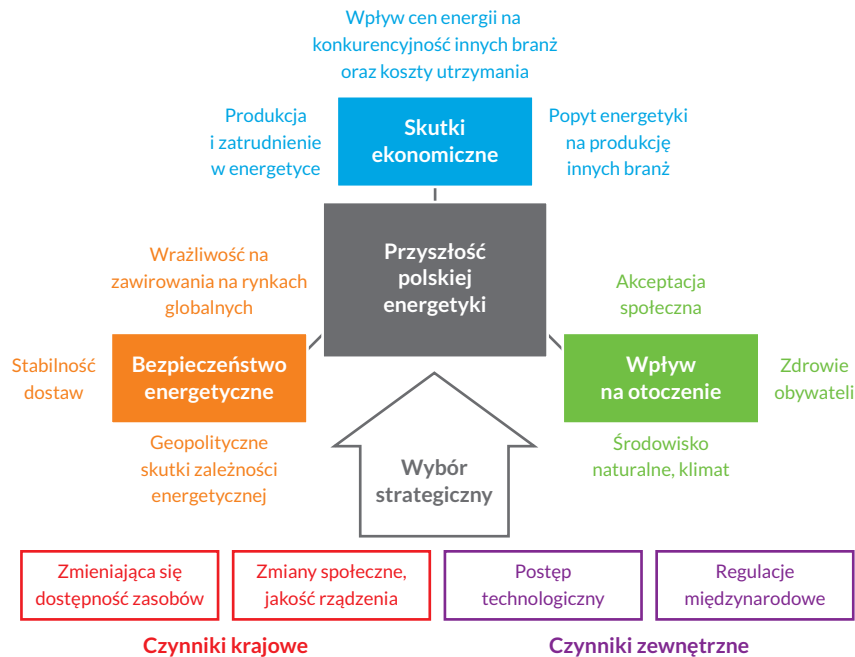
anachronicznym, tworzącym szereg średnio- i długookresowych zagrożeń. Dlatego pytanie o możliwe warianty modernizacji energetyki wydaje się być jednym z kluczowych pytań rozwojowych, przed jakim stają współczesne gospodarki. Do odpowiedzi na nie trzeba przy tym podchodzić całościowo, biorąc pod uwagę (por. Schemat III.1):

- **skutki ekonomiczne** – oddziaływanie zmian w energetyce nie tylko na podmioty z tego sektora, ale przede wszystkim na całą gospodarkę;
- **bezpieczeństwo energetyczne** – zarówno w wymiarze technicznym (stabilność dostaw), jak i ekonomicznym (zabezpieczenie się przed zawirowaniami na globalnych rynkach surowcowych) oraz politycznym (unikanie uzależnienia energetycznego od państw trzecich);
- **wpływ sektora na otoczenie** – zdrowie obywateli i środowisko naturalne, w tym na społeczną percepcję działań podejmowanych w energetyce.

Wyzwanie modernizacji sektora energetycznego jest szczególnie doniosłe w Polsce, gdzie jest on dziś w ok. 90% uzależniony od paliw kopalnych. Jest to w równym stopniu pochodną krajowej bazy surowcowej, obejmującej znaczne zasoby węgla kamiennego i brunatnego, jak i dziedzictwem panującego w czasach PRL paradygmatu rozwoju, upatrującego pomyślności gospodarczej w rozbudowie energochłonnego przemysłu ciężkiego

**Konieczność odnowy przestarzałego systemu energetycznego oznacza wysokie nakłady, ale również możliwość dopasowania sektora do nadchodzących wyzwań.**

go i górnictwa. Po roku 1990 konieczność działania na wolnym rynku zweryfikowała ten pogląd w odniesieniu do hutnictwa, przemysłu cementowego czy chemicznego, który został zmuszony przez konkurencję zagraniczną do szybkiego redukcji nadwyżkowych mocy produkcyjnych i podnoszenia własnej efektywności energetycznej. Wywołało to stagnację popytu na energię i zawiesiło konieczność istotnej rozbudowy mocy wytwórczych w systemie. W połączeniu z kilkudziesięcioletnim, wydłużanym przez prace modernizacyjne, okresem życia elektrowni węglowych sprawiło

**Schemat III.1.** Czynniki determinujące przyszłość polskiej energetyki oraz trzy wymiary skutków jej rozwoju


Źródło: Opracowanie własne

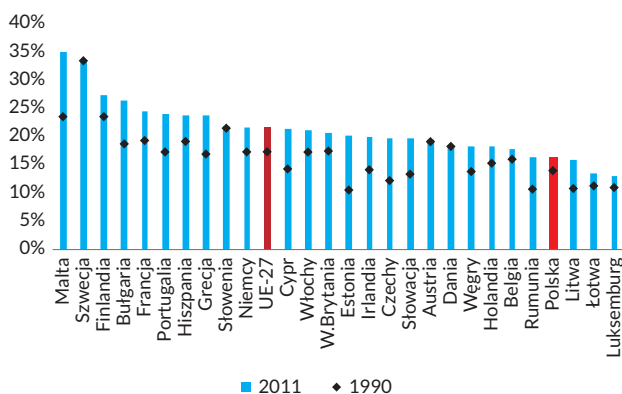
to, że nowe inwestycje były przez wiele lat odkładane na przyszłość. Dopiero po dwóch dekadach transformacji, wraz z podwojeniem rozmiarów gospodarki oraz zakończeniem głównej fazy podnoszenia standardów efektywnościowych w przemyśle, Polska stanęła przed koniecznością przebudowy swojego systemu energetycznego. Zużycie techniczne starych bloków, ich niedopasowanie do współczesnych wymogów środowiskowych oraz średniookresowe perspektywy rozwojowe rysują potrzebę znaczących inwestycji w nowe moce produkcyjne, otwierając jednocześnie drogę do przeprowadzenia restrukturyzacji sektora.

W perspektywie 2050 roku konieczna będzie niemal całkowita wymiana obecnych mocy wytwórczych. Z drugiej strony, ze względu na długi czas życia elektrowni, decyzje podejmowane w obecnej dekadzie w dużej mierze ukształtują przyszły mix. Ważne jest więc, aby sektor energetyczny, dokonując trudnych

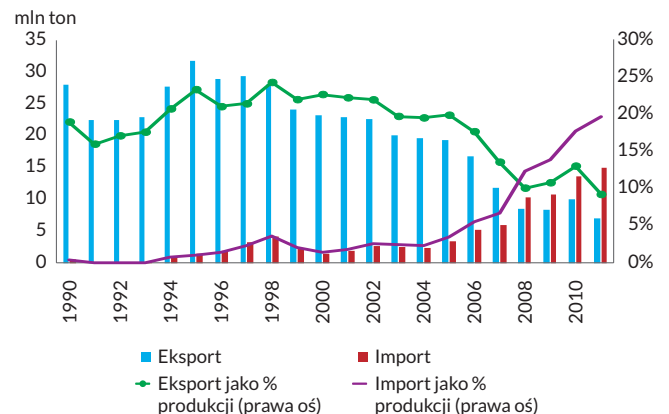
wyborów technologicznych, brał pod uwagę nie tylko sytuację bieżącą, ale i trendy, jakie w najbliższym czterdziestoleciu zdeteminują jego otoczenie zewnętrzne. Pierwszym z nich są **zmieniające się potrzeby energetyczne gospodarki**. Wrzaz ze wzrostem

**Dzisiejsze decyzje o strukturze mixu energetycznego muszą uwzględniać światowe trendy oraz prognozy krajowych przemian gospodarczych i społecznych.**

zamozności społeczeństwa i złożoności systemu ekonomicznego, zakłady przemysłowe, przedsiębiorstwa usługowe oraz gospodarstwa domowe przekierowują swoje zapotrzebowanie na energię w stronę prądu elektrycznego – trend elektryfikacji (wzrostu udziału energii elektrycznej w mixie energii finalnej) jest widoczny we wszystkich krajach OECD, w tym w nadrabiającej zapóźnienia Polsce (por. Wykres III.1). Elektryczność zyskuje na znaczeniu względem innych form energii, ponieważ w firmach i gospodarstwach

**Wykres III.1.** Udział energii elektrycznej w zużyciu energii finalnej w krajach UE; 1990, 2011


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat

**Wykres III.2.** Eksport oraz import węgla kamiennego w Polsce; 1990-2011


domowych upowszechniają się urządzenia zasilane prądem. Powoduje to także rosnące rozpraszanie się konsumentów. Coraz ważniejsi stają się drobni odbiorcy – małe, zautomatyzowane zakłady produkcyjne, firmy usługowe korzystające z rozwiązań IT, wyposażone w pełne spektrum urządzeń elektrycznych gospodarstwa domowe, a w przyszłości być może także samochody pobierające energię elektryczną z sieci. W tej sytuacji na znaczeniu zyskuje sprawne funkcjonowanie sektora energetycznego, zdolnego do skutecznego zaspokajania rosnącego i zmieniającego się jakościowo popytu na energię elektryczną.

Drugim czynnikiem, który należy brać pod uwagę analizując perspektywy rozwoju sektora energetycznego w Polsce, jest **zmieniający się krajowy potencjał energetyczny**. Konieczność wydobycia węgla kamiennego z coraz trudniej dostępnych

**Przesłanki dla ograniczenia zużycia węgla w procesie produkcji energii elektrycznej mają nie tylko charakter ekologiczny czy społeczny, ale również ekonomiczny. Dywersyfikacja źródeł energii podnosi bezpieczeństwo energetyczne kraju.**

zapotrzebowania na węgiel kamienny do celów energetycznych oznaczałoby zatem albo zwiększenie zależności od importu, albo akceptację jego wyższych cen, a w konsekwencji – także wzrost kosztów produkcji energii. Z kolei utrzymanie węgla brunatnego

wysokie uzwiąz-kowanie branży górniczej oraz brak prywatyzacji sprawiają, że kapitałochłonność i koszty polskiego górnictwa rosną, a jego wewnętrzna i zewnętrzna konkurencyjność obniża się – co przekłada się na spadek eksportu oraz wypieranie polskiego węgla przez tańszy, importowany, na rynku krajowym. Utrzymanie lub zwiększenie

w miksie energetycznym wymagać będzie otwierania nowych złóż, co wiąże się z kosztami społecznymi (przesiedlenie ludności) oraz problemami środowiskowymi (zniszczenie krajobrazu, odwodnienie, pogorszenie jakości wód – por. Wilczyński 2012), co już dziś wywołuje narastający opór społeczności lokalnych. Hipotetycznym źródłem energii pierwotnej mógłby być także gaz łupkowy, jednak możliwości i koszt jego eksploatacji na terenie Polski są obecnie nieznane, a co za tym idzie budowanie przyszłości sektora w oparciu o ten zasób byłoby obciążone dużym ryzykiem. Rozpoznany, ale, jak dotąd, mało wykorzystywanym zasobem energetycznym są za to źródła odnawialne. Sięgnięcie przez Polskę w przyszłości do zasobów wiatru, wody czy słońca pozwoliłoby wykorzystać część pomijanego dziś wewnętrznego potencjału energetycznego. Przykład Niemiec, Danii, Hiszpanii czy Portugalii pokazuje, że nawet dziś możliwe jest zaspokajanie niebagatelnej części popytu na energię elektryczną w ten sposób, choć nadal warunkiem koniecznym jest subsydiowanie OZE przez konsumentów energii. Konieczne jest, aby koszty energetyki odnawialnej obniżyły się na tyle, by technologie te stały się w pełni konkurencyjne rynkowo i mogły rozwijać się na dużą skalę. Osobnym wyzwaniem technicznym i organizacyjnym jest energetyka nuklearna, która, choć nie ma w Polsce tradycji, jest od lat stosowana w większości państw europejskich. Budowa jej potencjału wymagać będzie relatywnie wysokich nakładów inwestycyjnych i akceptacji dla uzależnienia części energetyki od importu paliwa nuklearnego z zagranicy. Z drugiej jednak strony, kierunki dostaw oraz ich charakter byłyby w przypadku energetyki jądrowej zupełnie inne, niż w przypadku węgla kamiennego, ropy naftowej i gazu. W efekcie bezpieczeństwo energetyczne wzrosłoby. Wreszcie, do czynników, które w przyszłości mogą znacząco zmienić energetykę, należy zaliczyć rozwój wspólnego europejskiego rynku energii, gwarantującego dostęp do

Tabela III.1. Zmieniający się potencjał energetyczny Polski

Źródło energii	Perspektywy
Węgiel kamienny	Wzrost kosztów wydobycia w kraju, niska konkurencyjność międzynarodowa i wypieranie przez import.
Węgiel brunatny	Konieczność otwarcia nowych złóż – wysokie koszty pozaekonomiczne.
Gaz łupkowy	Nieznany potencjał - niepewna skala i opłacalność wydobycia.
Źródła odnawialne	Dziś relatywnie wysoki, ale szybko spadający wraz z rozwojem technologii, koszt wykorzystania OZE.
Energia nuklearna	Brak własnych zasobów uranu, brak tradycji technicznej w energetyce jądrowej i ograniczone know-how w tym zakresie.
Wspólny europejski rynek energii	Wymaga dokończenia reform na szczeblu europejskim oraz rozbudowy infrastruktury, a także uwolnienia cen na rynku krajowym.

Źródło: Opracowanie własne

zasobów innych państw Unii Europejskiej i zarazem rozkładającego ryzyka systemowe, gospodarcze i polityczne w sektorze energetycznym.

Trzecią grupą zjawisk o dużym znaczeniu dla kształtowania przyszłego miks technologiczny w polskiej energetyce będzie **zmieniające się otoczenie globalne**, w szczególności wzrost konkurencji międzynarodowej o ograniczone zasoby naturalne (por.

**Największe potęgę gospodarcze świata nie oszczędzą środków na badania i rozwój w obszarze odnawialnych źródeł energii, by możliwe było w przyszłości częściowe bądź całkowite wyeliminowanie paliw kopalnych z procesu produkcji energii elektrycznej.**

Bukowski, Gąska i Śniegocki 2012). Doprowadzi to zapewne do utrzymania się cen ropy naftowej na wysokim poziomie, a także wpłynąć będzie na ceny innych, kluczowych dla sektora energetycznego, surowców takich jak gaz ziemny czy węgiel kamienny. Co prawda innowacje techniczne umożliwiają sięganie do coraz trudniej dostępnych złóż paliw kopalnych, czego

przykładem jest obserwowana w ostatniej dekadzie „rewolucja łupkowa” w Stanach Zjednoczonych, ale jednocześnie oznacza to obniżenie zwrotu energetycznego z eksploatowanych złóż (tzw. EROI), a więc stosunku wolumenu pozyskanej energii do energii wydatkowanej w procesie wydobywania. Konsekwencją obniżającego się EROI (por. Ramka III.1.) będzie szybsza eksploatacja nowych złóż w porównaniu do ich klasycznych poprzedników, a co za tym idzie: ograniczenie korzystnego oddziaływania nowych metod wydobywania na ceny energii do relatywnie krótkiego okresu – obejmującego co najwyżej jeden cykl życia elektrowni. Częściową odpowiedzią na to wyzwanie jest „zielony wyścig” państw rozwiniętych oraz Chin i, do pewnego stopnia, także Brazylii i Indii. Duże inwestycje w rozwój alternatywnych źródeł energii i ekoinnowacje, jakie obserwuje się od blisko dekady w czołowych globalnych gospodarkach (Niemcy, Wielka Brytania, USA, Korea Południowa, Japonia i Chiny), starają się doprowadzić do przełomu technologicznego, dzięki któremu

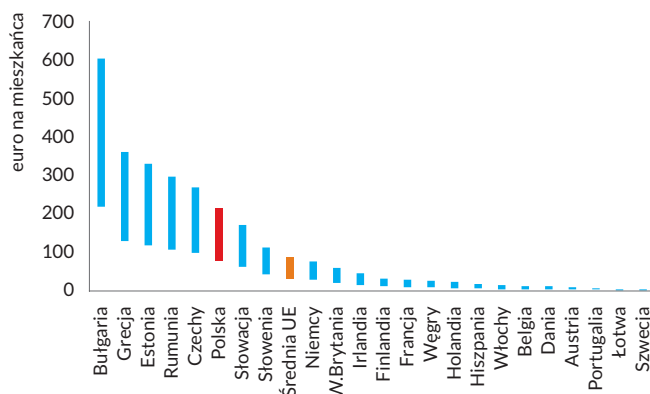
możliwe byłoby w przyszłości częściowe lub nawet całkowite wyeliminowanie potrzeby wytwarzania energii z paliw kopalnych (por. Kassenberg i Śniegocki 2013). Działania te doprowadziły już do tego, że w niektórych lokalizacjach energetyka słoneczna i wiatrowa zaczyna być konkurencyjna wobec technologii konwencjonalnych, sprzyjając rozwojowi energetyki rozproszonej oraz pojawieniu się tzw. prosumenta – odbiorcy energii, który jednocześnie posiada instalacje do produkcji energii na własny użytek oraz do sprzedaży do sieci. Pozytywnym aspektem rozwoju technologii odnawialnych jest wykładniczy spadek ich cen, który pozwala mieć nadzieję, że w niedługim czasie niektóre z nich staną się w pełni konkurencyjne rynkowo z tradycyjnymi rozwiązaniami opartymi o źródła nieodnawialne. Wadą jest natomiast niska dyspozycyjność tych źródeł, która w sytuacji braku – jak dotąd – dostatecznie atrakcyjnych technicznie i ekonomicznie możliwości magazynowania energii, musi ograniczać ich miejsce w miksie energetycznym do roli mocy wspomagających.

Ostatnim czynnikiem oddziałującym na przyszły popyt na energię i jej podaż będą **zmieniające się potrzeby polskiego społeczeństwa**. Wraz ze wzrostem

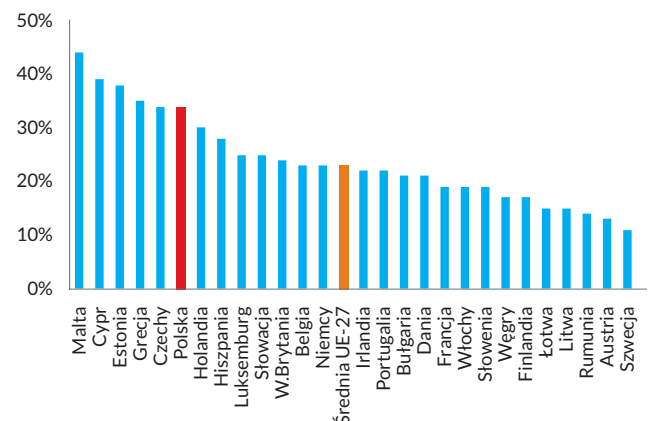
**Ograniczenie emisyjności energetyki staje się jedną z potrzeb społeczeństw o wysokim poziomie rozwoju. Normy regulacyjne są nieustannie zaostrzane, co obniża atrakcyjność inwestycji w elektrownie węglowe.**

zamożności rośnie bowiem waga przykładana przez jednostki do wartości pozamaterialnych, takich jak jakość środowiska naturalnego czy stan zdrowia publicznego. Kiedy obywatele zaspokoją swoje podstawowe potrzeby konsumpcyjne, ich uwaga zaczyna skupiać się raczej na jakości życia, niż na czysto finansowym jego wymiarze. Jednocześnie zmniejsza się ich akceptacja dla technologii ryzykownych lub postrzeganych jako ryzykowne, a świadomość realnego wpływu, jaki obywatele mają na wybory polityczne, rośnie. Jednym z przejawów tego stanu rzeczy jest wyraźna ujemna korelacja między kosztami zdrowotnymi funkcjonowania sektora energetycznego, a poziomem zamożności poszczególnych państw rozwiniętych (por. Wykres III.3).

Wykres III.3. Szacunkowe jednostkowe koszty zdrowotne funkcjonowania elektrowni węglowych w krajach europejskich



Wykres III.4. Odsetek osób uważających, że energetyka jest jednym z głównych zagrożeń dla jakości powietrza w ich kraju



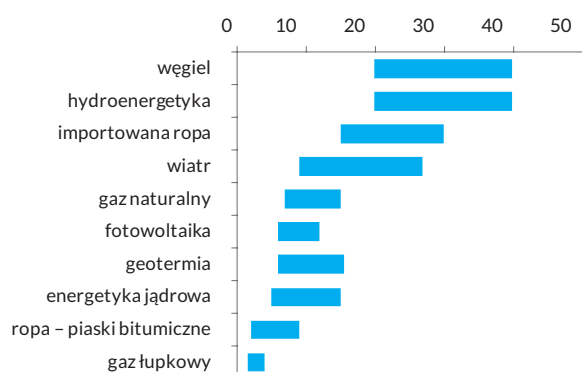
Warto zauważyć, że już dziś społeczeństwa tych krajów europejskich, w których udział energetyki węglowej jest najwyższy, postrzegają to jako problem dla ich standardu życia, wskazując na energetykę jako na sektor będący jednym z głównych zagrożeń dla jakości powietrza w ich kraju (por. Wykres III.4) i oczekując od energetyki podjęcia niezbędnych działań zapobiegawczych. Przekonanie to jest uzasadnione – spalanie węgla wiąże się bowiem z emisją do atmosfery nie tylko dwutlenku węgla, ale i lotnych popiołów oraz innych szkodliwych dla zdrowia substancji takich jak tlenki azotu ( $\text{NO}_x$ ) i siarki ( $\text{SO}_x$ ), czy związków rtęci. Usuwanie tych substancji z produktów spalania jest technicznie możliwe, choć zwiększa koszty produkcji energii elektrycznej, dlatego państwa rozwinięte, w tym Polska, nakładają na sektor energetyczny coraz bardziej wymagające normy środowiskowe. W przeszłości dotyczyło to zwłaszcza konieczności odsiarczania, odpylania i odazotowania spalin w elektrowniach

węglowych. Najnowszym przykładem mogą być niedawno wprowadzone normy amerykańskie przewidujące, że do roku 2014 emisja rtęci z dużych kotłów spalających węgiel zmniejszy się z 40 Mg/rok do 2,5 Mg/rok. Podobne działania podejmowane są w Unii Europejskiej, w której przygotowывается nowa dyrektywa dotycząca redukcji emisji związków rtęci w przemyśle i energetyce. Internalizacja efektów zewnętrznych energetyki węglowej poprzez podnoszenie norm emisyjnych i nakładanie na producentów obowiązku usuwania zanieczyszczeń zyskuje także coraz większe zrozumienie w Polsce – można sądzić, że wraz ze wzrostem zamożności zrozumienie dla porównywania kosztów poszczególnych technologii energetycznych w całości tj. z uwzględnieniem kosztów ekonomicznych, środowiskowych i zdrowotnych będzie się upowszechniało, a wsparcie dla utrzymania węglowego *status quo* będzie, podobnie jak w innych państwach rozwiniętych, coraz słabsze.

### Ramka III.1. Energetyczny zwrot z inwestycji (EROI)

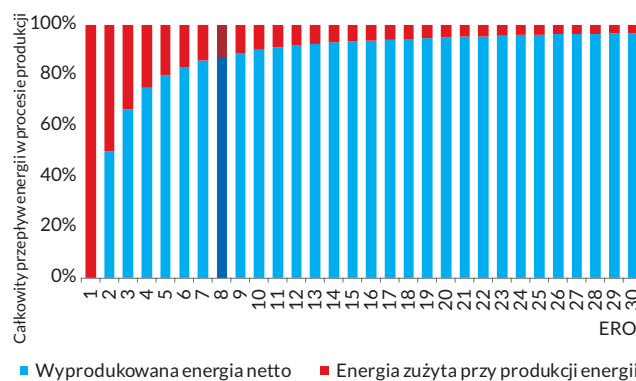
Wskaźnik energetycznego zwrotu z inwestycji, wprowadzony w roku 1970 przez Charlesa Halla, stosowany jest do pomiaru korzyści netto z eksploatacji różnych źródeł energii. W przypadku paliw kopalnych EROI liczone jest jako stosunek energii pozyskanej z danej ilości wydobytego i dostarczonego paliwa do całkowitej energii pierwotnej wykorzystanej w łańcuchu dostaw (zużycie w procesie ekstrakcji, rafinacji i transportu). Wartość wskaźnika determinowana jest przy tym przez dwa główne, wzajemnie znośzące się czynniki: (1) postęp technologiczny, który ogranicza energochłonność pozyskiwania energii bądź zwiększa jej efektywność (podnosi EROI), oraz (2) wyczerpywanie się zasobów, a przez to konieczność sięgania do coraz trudniejszych w wydobyciu rezerw (co obniża EROI). Za poziom minimum dla współczesnej cywilizacji uważa się zwykle EROI równe 8 – wszystkie źródła o wyższej wartości tego wskaźnika oceniane są jako korzystne energetycznie (por. Wykres III.6). Gdy energetyczny zwrot z inwestycji wynosi znacznie mniej niż 5, technologia nie jest technicznie akceptowalna w przemyśle, chyba że można stosować gorsze paliwa do pozyskania energii o wysokiej jakości.

Wykres III.5. Wartość wskaźnika EROI dla różnych źródeł energii



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Gupta i Hall (2011) oraz Murphy (2011)

Wykres III.6. Udział energii netto uzyskanej w procesie produkcji w zależności od wartości EROI



Źródło: Murphy (2011)

Węgiel i ropa naftowa osiągają wysokie wskaźniki EROI (nawet 40 i 30), a historycznie sięgały one ponad dwukrotnie wyższego poziomu. Mimo to w przyszłości energetyczny zwrot z inwestycji będzie mała dla wszystkich technologii opartych o paliwa kopalne. W przypadku ropy naftowej i gazu ziemnego ograniczenia związane będą z koniecznością ekstrakcji surowca, w miarę wyczerpywania się zasobów, z coraz głębszych i trudniej dostępnych pokładów. W przypadku węgla względy ekologiczne zwiększą energochłonność procesu produkcji energii np. poprzez technologię CCS, czy spalania w złożu. Technologie OZE mają natomiast potencjał dla obniżenia stosunku energii wkładu do energii pozyskiwanej, co może być kolejnym argumentem za ich upowszechnianiem. Obecne wartości EROI dla alternatywnych technologii wytwarzania energii elektrycznej przedstawia Wykres III.5.

Źródło: Opracowanie własne

Dalej w niniejszej Części analizujemy dotychczasowe doświadczenia innych krajów w zakresie transformacji energetycznej. Przyglądamy się także ich planom na przyszłość oraz zastanawiamy się nad możliwymi kierunkami rozwoju sektora energetycznego w Polsce, rozpatrując dwa scenariusze:

- **scenariusz odniesienia (BAU)**, w którym polska polityka energetyczna upatruje podstawy miks energetycznego w dobrze znanych technologiach spalania węgla brunatnego i kamiennego.
- **scenariusz modernizacji (MOD)**, w którym polityka energetyczna promuje odejście od dominacji tradycyjnych technologii na rzecz jednego z kilku alternatywnych modeli, dzięki czemu następuje dywersyfikacja miks energetycznego, a ryzyka systemowe, środowiskowe, polityczne, społeczne i ekonomiczne zostają inaczej rozlokowane.

W wymienionym wyżej **scenariusz odniesienia (BAU)** społeczeństwo nie wywiera presji na decydentów, a model energetyki pozostaje niezmienny, choć bloki energetyczne są stopniowo unowocześniane, stare moce zastępowane nowymi, sprawniejszymi instalacjami, zaś normy środowiskowe i emisyjne (poza emisją CO<sub>2</sub>) są coraz bardziej wymagające. Mimo stosowania w elektrowniach zaawansowanych filtrów spalin, duża skala produkcji energii z węgla powoduje, że sektorowe emisje pyłów, związków rtęci, węglowodorów, azotanów, siarczanów etc. są najwyższe w OECD. Jeszcze silniej zaznacza się to w emisji CO<sub>2</sub> na jednego mieszkańca, wskaźnika, pod względem którego Polska pozostaje niechlubnym rekordzistą w gronie państw rozwiniętych.

W **scenariuszu modernizacji (MOD)** w szczególności koszty zdrowotne i środowiskowe sektora podlegają pełnej internalizacji tak, że w roku 2050 sektorowe emisje nie tylko CO<sub>2</sub> ale i innych szkodliwych substancji (pyłów, związków rtęci, węglowodorów,

**O ile w scenariuszu odniesienia Polska pozostaje krajem węglowym, każda ze ścieżek modernizacji zakłada rozwój polskiej energetyki, który znacząco redukuje uzależnienie od tego surowca.**

azotanów, siarczanów etc) są na znikomym poziomie. Rynek energii pozostaje zdominowany przez dużych producentów, a alternatywne technologie energetyczne nie rozwijają się ze względu na niedostatek odpowiednich rozwiązań prawnych oraz bodźców ekonomicznych i instytucjonalnych – rozwiniętego rynku, rozbudowanej infrastruktury i wsparcia finansowego dla niewęglowych inwestycji. Polityka energetyczna w scenariuszu odniesienia nie uwzględnia wszystkich efektów zewnętrznych funkcjonowania elektrowni – ich wpływu na zdrowie publiczne i środowisko naturalne – czego skutkiem jest to, że sektor energetyczny w Polsce wyróżnia się na tle Europy poziomem emisji nie tylko gazów cieplarnianych, ale także pyłów zawieszonych i innych substancji będących skutkiem ubocznym produkcji energii elektrycznej z węgla. Stopniowa wymiana starych bloków na nowe, bardziej wydajne, oraz stosowanie filtrów i innych rozwiązań technicznych znacznie ogranicza dotkliwość tego zjawiska w porównaniu ze stanem obecnym, jednak nie eliminuje go w całości.

W scenariuszu modernizacji zakładamy stopniowe zróżnicowanie miks energetycznego, w sposób dopasowany do przyszłych wyzwań gospodarczych i środowiskowych oraz zmieniających się oczekiwań społecznych. Rozważamy przy tym pięć różnych wariantów docelowego kształtu sektora, dyskutując koszty, korzyści i ryzyka wiążące się z każdym z alternatywnych wyborów. Poszczególne warianty różnią się między sobą stopniem rozproszenia produkcji energii elektrycznej i ciepła oraz zakresem integracji polskiego rynku z rynkiem europejskim. Dla wszystkich analizowanych opcji rozwoju wspólne jest wsparcie dla alternatywnych źródeł energii (pośrednie, przez stworzenie odpowiedniej infrastruktury i regulacji, a początkowo również bezpośrednie – finansowe), dywersyfikację technologii w miksie, zapewnienie stabilności dostaw energii i podniesienie bezpieczeństwa energetycznego kraju, a także dążenie do znacznego obniżenia emisyjności krajowej energetyki w perspektywie długookresowej, tak by wyeliminowane zostały niekorzystne efekty zewnętrzne jakie sektor ten wywiera obecnie na swoje otoczenie.

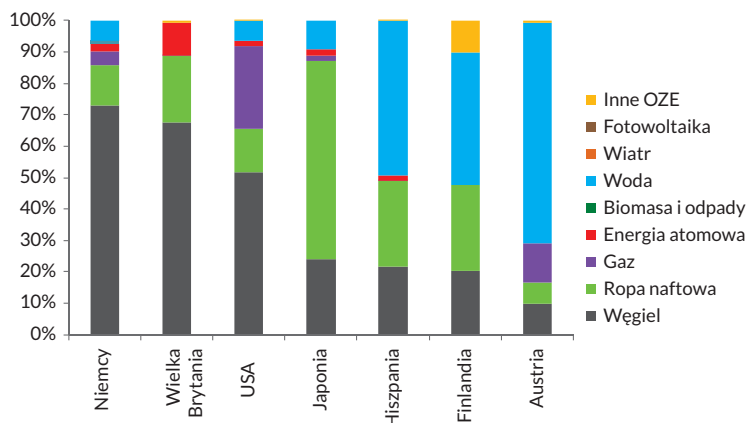
## Doświadczenia międzynarodowe

W ujęciu historycznym podstawowym źródłem energii pierwotnej wykorzystywanej do produkcji elektryczności były surowce kopalne: na początku przede wszystkim węgiel, później również ropa naftowa. W drugiej połowie XX wieku ten stan rzeczy zaczął się stopniowo zmieniać w następstwie kilku kluczowych wydarzeń: (i) opracowania pierwszych elektrowni jądrowych oraz ich zastosowania do celów cywilnych w latach 50. XX wieku, (ii) dążenia do wzmocnienia bezpieczeństwa energetycznego państw rozwiniętych i zapewnienia im konkurencyjnych kosztów źródeł energii po kryzysach naftowych połowy lat 70., (iii) wzrostu świadomości zagrożenia globalnym ociepleniem w opinii publicznej i u decydentów, a w związku z tym – silniejszego wsparcia dla produkcji energii ze źródeł odnawialnych w krajach OECD stymulującego rewolucję technologiczną w tym obszarze, (iv) zyskania na atrakcyjności ekonomicznej przez elektrownie gazowe po odkryciu bogatych złóż konwencjonalnych m.in. w Norwegii i Wielkiej Brytanii w latach 1990. lub po opracowaniu technologii jego pozyskiwania ze źródeł niekonwencjonalnych takich jak skały łupkowe ok. roku 2010, oraz (v) wzrostu kosztów energetyki jądrowej w wyniku spadku akceptacji społecznej dla tej technologii po katastrofach w Czarnobylu (1986) i Fukushima (2011).

**Ewolucję światowej energetyki zapoczątkowały szoki naftowe w latach 70. XX wieku, na które nałożyły się w późniejszym czasie zmiany nastrojów społecznych zarówno względem emisyjnych źródeł energii, jak i energetyki jądrowej.**

Najistotniejsze zmiany w miksie energetycznym wielu krajów OECD wywołane zostały przez perturbacje gospodarcze lat 1970. Gwałtowny i drastyczny wzrost cen ropy naftowej ujawnił ryzyko związane z oparciem produkcji energii o ten – importowany – surowiec i przesądził o potrzebie przynajmniej częściowego uniezależnienia się państw uprzemysłowionych od jego dostaw

Wykres III.7. Struktura produkcji energii elektrycznej w wybranych krajach; 1970

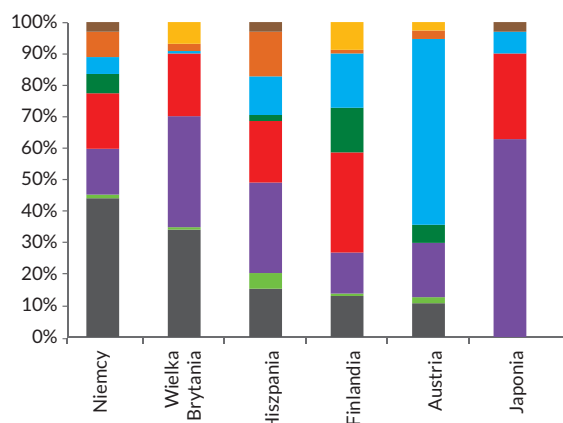


Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Greening et al. (2001) i danych IEA

z Bliskiego Wschodu. W efekcie znacznemu zmniejszeniu uległ udział ropy w generowaniu energii elektrycznej, a głównym beneficjentem zmian stały się elektrownie węglowe i jądrowe. Taka sytuacja miała miejsce między innymi w Danii, w której przed kryzysem udział ropy naftowej w generowaniu energii elektrycznej wynosił prawie 80%, Japonii (63%) oraz Francji (40%). By zapewnić ciągłość dostaw prądu, szybko przeprowadzono zmianę źródeł jego wytwarzania.

Postawienie na energetykę atomową jako najlepszy substytut drogiej ropy było w tym okresie najpowszechniejsze – w połowie lat 1970. każdego roku rozpoczynano na świecie budowę kilkudziesięciu nowych gigawatów mocy w elektrowniach jądrowych (por. Wykres III.9). Technologia ta umożliwiała bowiem produkcję dużej ilości taniej energii, a co najważniejsze już od połowy lat 1950. była obecna w miksach energetycznych wielu państw rozwiniętych, istniał więc odpowiedni know-how umożliwiający

Wykres III.8. Struktura produkcji energii elektrycznej w wybranych krajach; 2011



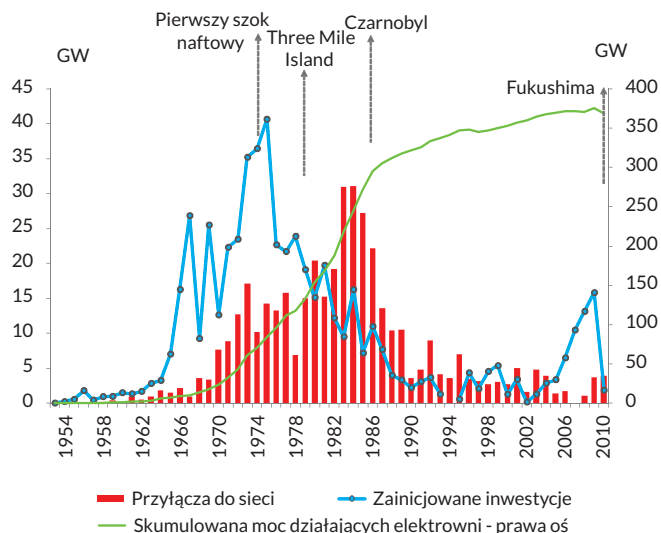
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych IEA

szybką rozbudowę mocy nuklearnych. Krajem, który dokonał najbardziej zdecydowanej transformacji miks energetyczny i zastąpił paliwa kopalne praktycznie w całości energią jądrową,

**Pierwszą alternatywą dla produkcji energii elektrycznej z ropy naftowej była energetyka jądrowa. W krajach, w których nie zdecydowano się na tę technologię, ropę zastąpił węgiel lub gaz ziemny. Rozwój OZE jest trzecią falą transformacji.**

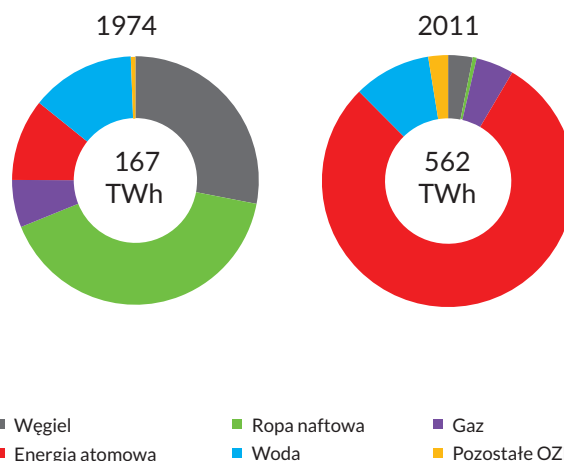
jest Francja, w której z elektrowni atomowych pozyskuje się dziś ponad 74% energii elektrycznej (por. Wykres III.10). Rozwój mocy nuklearnych w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych XX wieku pozostawał w ścisłym związku nie tylko z dynamiką cen ropy naftowej, ale również poziomem społecznej akceptacji dla technologii nuklearnej, która, początkowo wysoka, zaczęła zanikać. Do najsilniejszego

Wykres III.9. Ewolucja skumulowanej mocy elektrowni jądrowych na świecie oraz jej rocznych przyrostów; 1954-2010



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych IAEA 2012

Wykres III.10. Struktura produkcji energii elektrycznej we Francji; 1974, 2011



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Greening et al. (2001) i danych IEA

Tabela III.2. Najpoważniejsze awarie w historii technologii nuklearnej

Rok	Miejsce	Opis
1966	Fermi (USA)	Uszkodzenie rdzenia reaktora
1969	St. Laurent (Francja)	
1974	Wurgassen (RFN)	Uszkodzenie obudowy reaktora
1975	Brown's Ferry (USA)	Zniszczenie wyposażenia obiektu
1979	Three Mile Island (USA)	Uszkodzenie rdzenia reaktora
1986	Czarnobyl (Ukraina)	Uszkodzenie reaktora, skażenie radioaktywne
2011	Fukushima (Japonia)	Uszkodzenie reaktora, skażenie radioaktywne

Źródło: Rosen i Schmidt (1980)

jednostkowego spadku zaufania doszło w drugiej połowie lat 1980. po katastrofie w Czarnobylu. Choć skala oraz bezpośrednie skutki tej katastrofy były przede wszystkim konsekwencją niewydolności gospodarki socjalistycznej i autorytarnej systemu władzy w Związku Radzieckim, zaufanie do technologii jądrowej zostało podważone także wśród społeczeństw demokratycznych, których przychylnie nastawienie wobec elektrowni atomowych było już nadwątlone od czasu znacznie mniej poważnej awarii, do jakiej doszło w Stanach Zjednoczonych w roku 1979 (por. Wykres III.9).

Zmiana nastrojów społecznych nie spowodowała natychmiastowego odwrótu od energetyki jądrowej, jednak wstrzymała inwestycje w nowe moce produkcyjne – politycy stali się bowiem niechętni do jej otwartego promowania, odpowiadając na sceptycyzm ze strony opinii publicznej zaostreniem wymogów technicznych stawianych nowym instalacjom (por. Tabele III.2 i III.3). Dziś elektrownie jądrowe są jednymi z najbezpieczniejszych obiektów energetycznych na świecie – w wymiarze śmiertelnych ofiar awarii w przeliczeniu na jednostkę wyprodukowanej energii znacznie większym ryzykiem charakteryzuje się funkcjonowanie hydroelektrowni lub elektrowni węglowej (wg IEA jedna ofiara śmiertelna przypada na 8,3 TWh energii wyprodukowanej z elektrowni jądrowej, 0,18 TWh z elektrowni wodnej i 0,31 TWh z elektrowni węglowej). Maksymalne dopuszczalne prawdopodobieństwo wystąpienia awarii elektrowni umożliwiające wybudowanie takiego obiektu w USA wynosi 1 incydent na 100 000 lat, przy czym najnowsze obiekty są nawet dziesięciokrotnie bezpieczniejsze, a jak się szacuje, w ciągu kolejnych 10 lat ryzyko technologiczne będzie musiało być ograniczone do 1 awarii na 10 milionów lat. Powodem tak rygorystycznych wymogów jest kolejny kryzys zaufania opinii publicznej wobec technologii nuklearnych po tsunami, które uderzyło w wybrzeża Japonii w marcu 2011. W jego następstwie zalana

Tabela III.3. Wymogi stawiane elektrowniom jądrowym

Rok	Wymóg bezpieczeństwa
1979	Obowiązkowe przygotowanie planów szybkiej reakcji dla każdej elektrowni atomowej
1996	Wprowadzenie pasywnych systemów bezpieczeństwa, reagujących nawet bez udziału czynnika ludzkiego
2002	Zapewnienie ochrony w przypadku zderzenia z samolotem i ataku cybernetycznego
2003	Zapewnienie ochrony przed atakami militarnymi
2005	Zabezpieczenie zbiorników ze zużytym paliwem
2009	Dodatkowe standardy w zakresie przeszkolenia personelu bezpieczeństwa
2012	Zapewnienie ochrony obiektu w obliczu powodzi, tsunami, trzęsienia ziemi

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Holt i Andrews (2012)

została elektrownia jądrowa w Fukushima, co z kolei doprowadziło do niewielkiego skażenia jej bezpośredniego sąsiedztwa pierwiastkami radioaktywnymi.

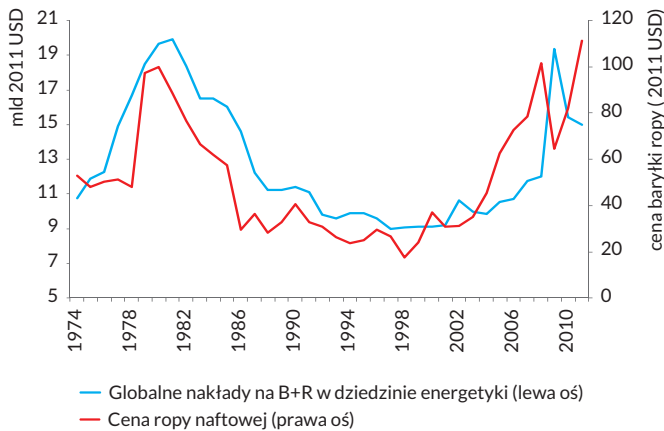
Piętrzące się wymogi stawiane inwestorom sprawiają, że koszt wyprodukowania 1 MWh energii elektrycznej w elektrowni jądrowej stale rośnie, a wiele nowych projektów jest opóźnianych (m.in. Finlandia czy Słowacja) lub zarzucanych z przyczyn czysto ekonomicznych. Najdalej w tym względzie poszedł rząd Niemiec, który ogłosił strategię *Energiewende* polegającą na rezygnacji z energii jądrowej do 2022 roku, wycofaniu nawet już zamortyzowanych, lecz w pełni sprawnych instalacji i przejściu ich roli w miksie energetycznym przez odnawialne źródła energii. Współczesny sceptycyzm wobec technologii nuklearnej ogranicza się do państw rozwiniętych – od blisko dekady obserwować można bardzo dynamiczny rozwój mocy nuklearnych w Chinach i Indiach, gdzie potrzeby energetyczne zarówno w obszarze przemy-

**Wobec globalnego spadku zaufania do technologii jądrowej, kraje rozwinięte zdecydowały się na dalszą dywersyfikację miksu, z pomocą alternatywnych źródeł energii, oraz podniesienie efektywności energetycznej.**

zarówno w obszarze przemy-  
słu, jak i gospodarstw domowych rosną tak szybko, że zaspokojenie ich wyłącznie przy pomocy węgla czy gazu staje się niemożliwe lub zbyt ryzykowne. Z drugiej strony, kraje OECD, by uniknąć wyniszczającej walki o zasoby energetyczne, zdecydowały się powrócić do zarzuconego w latach 1980. rozwoju odnawialnych źródeł energii, podejmując równoległe szereg działań zmierzających do poprawy bezpieczeństwa energetycznego oraz zróżnicowania dostaw surowców energetycznych. Ważnym wsparciem dla przemian okazała się być także efektywność energetyczna, dzięki promowaniu której takie kraje jak Wielka Brytania,



**Wykres III.11.** Zależność między ceną ropy naftowej a światowymi nakładami na badania i rozwój w dziedzinie energetyki; 1974-2011

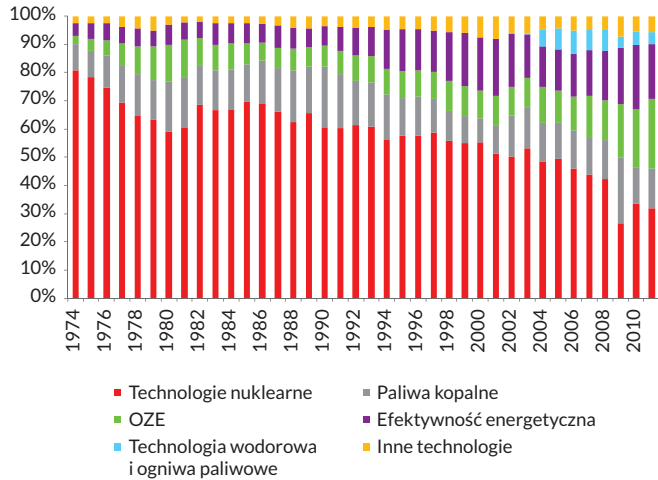


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych BP (2012) i IEA

Niemcy czy Dania mogły ograniczyć swoje potrzeby inwestycyjne w energetyce.

Pionierską drogę transformacji energetycznej zaproponowała Dania, która, jako jeden z nielicznych krajów rozwiniętych, nie zbudowała żadnej elektrowni atomowej. Gospodarka duńska w latach 70. była niemal całkowicie uzależniona od ropy naftowej, wobec czego szczególnie silnie odczuła wzrost jej cen w następstwie działań OPEC w połowie dekady. Wymusiło to szybkie dostosowanie i oparcie mixu energetycznego o jedyną, nienuklearną, a jednocześnie dostępną w tym czasie tanią alternatywę tj. węgiel. Rozbudowa mocy węglowych była jednak jedynie przejściowa – już w drugiej połowie lat 90. doszło w Danii do gwałtownego odwrótu od tej wysokoemisyjnej technologii, czemu pomogło z jednej strony odkrycie i eksploatacja bogatych złóż gazu ziemnego na dnie Morza Północnego, a z drugiej wspomagany świadomą polityką państwa rozwój technologii wiatrowych. Obecnie wiatr zaspokaja prawie 30% – najwięcej na świecie – zapotrzebowania Duńczyków na prąd elektryczny, choć plany rządu są znacznie bardziej ambitne – Dania ma w przyszłości stać się krajem, który korzysta wyłącznie ze źródeł odnawialnych (por. Ramka III.3).

**Wykres III.12.** Udział poszczególnych typów technologii w globalnych wydatkach na badania i rozwój energetyki; 1964-2011



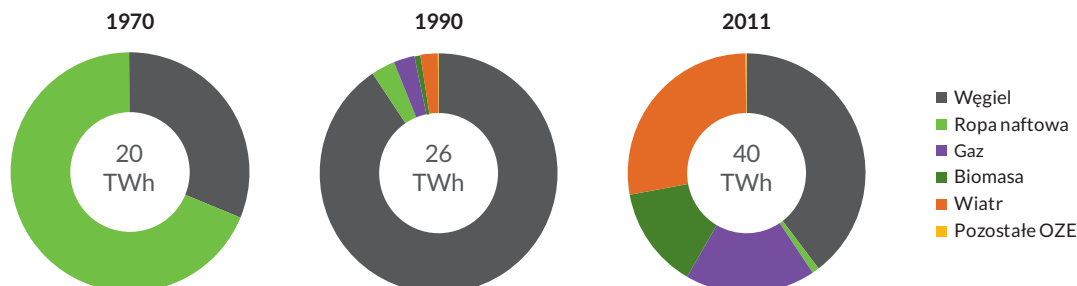
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych IEA

Porównanie przykładu duńskiego z innymi krajami rozwiniętymi pokazuje, że o ile wybór energetyki atomowej jako technologii pomostowej między generacją energii elektrycznej z ropy naftowej a OZE był najbardziej powszechny, to nie był jedyny. Państwa, które nie zdecydowały się na jej akceptację w miksie energetycznym, niejako zmuszone zostały do oparcia się o węgiel bądź znacznie droższy gaz, a tym samym na ogół także do akceptacji uzależnienia od importu tych surowców z zagranicy (przykładem jest tu chociażby Japonia). Obecnie – w następstwie wzrostu świadomości zagrożenia zmianami klimatycznymi i powrotem pytania o trwałość bezpieczeństwa energetycznego – kraje rozwinięte starają się stopniowo wycofywać z technologii emisyjnych, a jednocześnie uzależniających je nadmiernie od importu surowców energetycznych. Węgiel odgrywa więc coraz mniejszą rolę w miksie energetycznym, a rola OZE, jako źródeł niezależnych od dostaw surowców

**Jeszcze długo nie będzie możliwe wyeliminowanie paliw kopalnych z procesu produkcji energii elektrycznej. Z tego względu nie słabną wysiłki rządów, by opracować jak najmniej emisyjne technologie ich spalania.**

węgiel bądź znacznie droższy gaz, a tym samym na ogół także do akceptacji uzależnienia od importu tych surowców z zagranicy (przykładem jest tu chociażby Japonia). Obecnie – w następstwie wzrostu świadomości zagrożenia zmianami klimatycznymi i powrotem pytania o trwałość bezpieczeństwa energetycznego – kraje rozwinięte starają się stopniowo wycofywać z technologii emisyjnych, a jednocześnie uzależniających je nadmiernie od importu surowców energetycznych. Węgiel odgrywa więc coraz mniejszą rolę w miksie energetycznym, a rola OZE, jako źródeł niezależnych od dostaw surowców

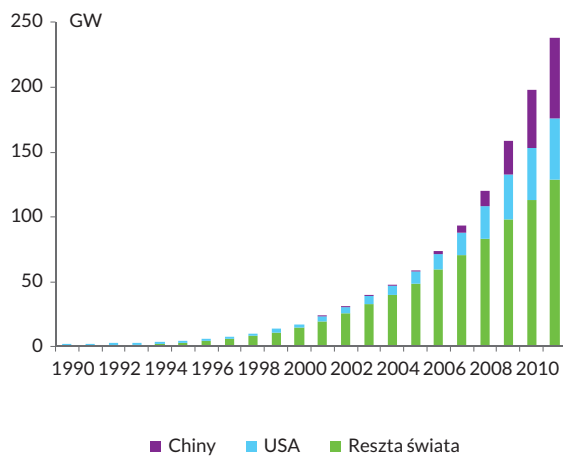
**Wykres III.13.** Struktura produkcji energii elektrycznej w Danii; 1972, 1990 i 2011



Uwaga: Wykresy są oparte o dane o produkcji energii elektrycznej brutto.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Greening et al. (2001) i danych Eurostat

Wykres III.14. Skumulowana wielkość mocy elektrowni wiatrowych na świecie; 1990-2011

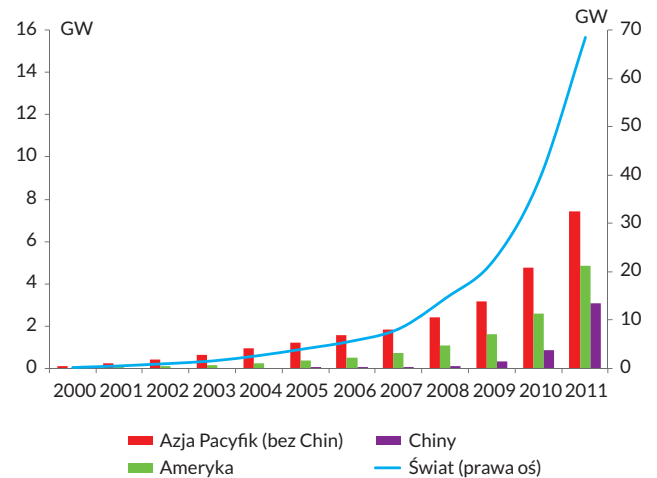


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EPI

z zagranicy, rośnie. Nie oznacza to, że państwa całkowicie zarzucały technologię węglową, a raczej, że – podobnie jak elektrowniom nuklearnym – stawiają jej coraz bardziej rygorystyczne wymagania m.in. w zakresie emisji związków siarki, azotu, rtęci, kadmu, pyłów zawieszonych czy dwutlenku węgla. Sądząc po wydatkach na B+R w USA, liderzy gospodarki światowej, równoległe do rozwoju źródeł alternatywnych, liczą na wdrożenie w przyszłości znacznie przyjaźniejszych środowisku technik spalania węgla (w samym 2009 roku w USA przeznaczono na ten cel ponad 2 mld USD). Główny nacisk badawczy przesunął się jednak w kierunku technologii odnawialnych, ogni w paliwowych, efektywności energetycznej oraz magazynowania energii – to w nich bowiem upatruje się szansy na uniezależnienie energetyczne w czasie, gdy światowe zasoby paliw kopalnych przestaną wystarczać do zaspokojenia rosnącego popytu na energię.

Na przełomie lat 70. i 80. w Stanach Zjednoczonych i Europie poszukiwanie alternatywnych rozwiązań energetycznych zyskało na znaczeniu, czego przejawem było zwielokrotnienie nakładów na prace badawcze i rozwojowe w tym obszarze (por. Wykres III.11). Jednak ze względu na powrót cen ropy naftowej do niskiego poziomu po roku 1980 oraz prowadzone równoległe intensywne inwestycje w energetykę jądrową, alternatywy solarne czy wiatrowe nie wyszły poza fazę laboratoryjną, pozostając daleko od możliwości rynkowego wdrożenia. Zainicjowane na fali kryzysu naftowego zainteresowanie rozwojem odnawialnych źródeł energii jednak nie ustało, a prace badawcze kontynuowano, dzięki czemu trwał także postęp technologiczny. Był on w latach 1990-2010 stymulowany nie tylko obawą o wzrost cen paliw kopalnych, lecz także coraz powszechniejszą w społeczeństwach zachodnich świadomością problemu globalnego ocieplenia i ryzyka z nim związanego. Obecnie na decyzje odnośnie struktury mixu energetycznego coraz częściej mają wpływ zobowiązania międzynarodowe, względy bezpieczeństwa i niezależności od zagranicznych dostaw, a także troska o kurczące się zasoby naturalne i próba ograniczenia degradacji środowiska naturalnego. Energia odnawialna zajmuje szczególne miejsce w planach rozwojowych Unii Europejskiej – Europa jest bowiem kontynentem

Wykres III.15. Skumulowana wielkość mocy instalacji fotowoltaicznych na świecie; 2000-2011



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EPIA

pozbawionym dużych zasobów surowców energetycznych (poza węglem), a więc takim, który jest najbardziej narażony na koszty ewentualnego wzrostu cen surowców w przyszłości. Przykładem mogą być Niemcy, w których stopniowo, ale systematycznie zmniejsza się udział energii atomowej, a rośnie znaczenie gazu i OZE. Jeszcze w 1990 roku Republika Federalna uzyskiwała tylko 4% energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych – dziś jest to 16%, a po uwzględnieniu energii elektrycznej pozyskiwanej z biomasy i odpadów – 22%. W zaskakującym tempie, dzięki wsparciu w formie *feed-in-tariff* (por. Ramka III.2), rozwija się fotowoltaika. W roku 2011 pozyskano ponad 19 tys. GWh energii słonecznej w stosunku do 11 700 GWh w roku poprzednim. Dziś z wiatru i słońca Niemcy zaspokajają ok. 10% swoich potrzeb energetycznych, a udział ten stale rośnie. Podobny trend daje się dziś zauważyć w Australii – kraju, którego energetyka była do niedawna zdominowana przez węgiel. Podjęto tam strategiczną decyzję o stopniowym odchodzeniu od technologii węglowych na rzecz bardziej sprawnych i przyjaznych środowisku technologii gazowych, przyjmując jednocześnie ambitny cel dla OZE, którego udział w produkcji energii elektrycznej miałby sięgnąć co najmniej 20% w roku 2020 (APEREC, 2012).

**Rozbudowa mocy odnawialnych źródeł energii figuruje w planach nie tylko najbogatszych gospodarek europejskich, ale i Chin, które upatrują w tych taniejących technologiach rozwiązania problemów szybko rozwijającego się społeczeństwa.**

Przykład australijski jest o tyle interesujący, że kraj ten jest jednocześnie jednym z największych na świecie producentów i eksporterów węgla kamiennego, który dostarcza na potrzeby szybko rosnących gospodarek azjatyckich, a przede wszystkim Chin.

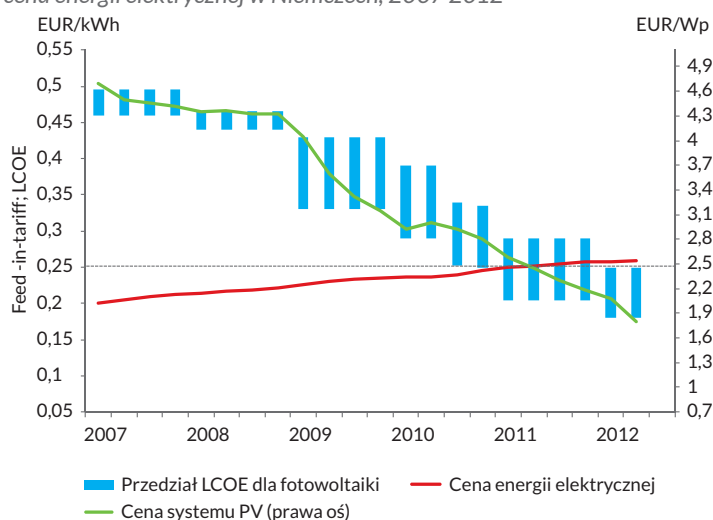
Zwrot w kierunku technologii odnawialnych nie jest specyfiką europejską. Popularyzacja technologii wiatrowych i solarnych dotyczy całego świata – w tym także Stanów Zjednoczonych

## Ramka III.2. Feed-in tariff w Niemczech jako przykład skutecznego wsparcia OZE

**Feed-in tariff (FiT)** jest instrumentem trwałego wsparcia powstawania i rozwoju OZE stosowanym w Niemczech, Danii i Hiszpanii. Jego celem jest zrównanie cenowej konkurencyjności tradycyjnych technologii pozyskiwania energii oraz OZE. Polega na ustaleniu dopłat do cen energii pochodzącej z OZE na stałym lub zmiennym poziomie przez określony czas (od 15 do 20 lat) oraz nakładzie obowiązków przyłączenia instalacji do sieci i nabywania tej energii. Najczęściej koszty działania systemu ponoszą konsumenci jako finalni odbiorcy energii. W Niemczech są to gospodarstwa domowe, gdyż zakłady przemysłowe oraz kolej zostały wyłączone z obowiązku zakupu OZE. Natomiast instalacje OZE będące w posiadaniu skarbu państwa lub jednostek terytorialnych (powyżej 25% udziałów) nie podlegają wsparciu z tytułu FiT.

Niemcy wprowadziły system dopłat na stałym poziomie (bez uwzględnienia poziomu inflacji) w roku 2000. System okazał się dużym sukcesem, ponieważ w ciągu dekady udało się zwielokrotnić pozyskiwanie energii z fotowoltaiki. Wsparcie było stopniowo redukowane tak, że w roku 2012 dopłaty FiT zrównały się z ceną detaliczną energii elektrycznej w Niemczech, co otwiera przestrzeń do stopniowego wycofania systemu wsparcia fotowoltaiki, ze względu na osiągnięcie przez nią konkurencyjności cenowej na rynku detalicznym.

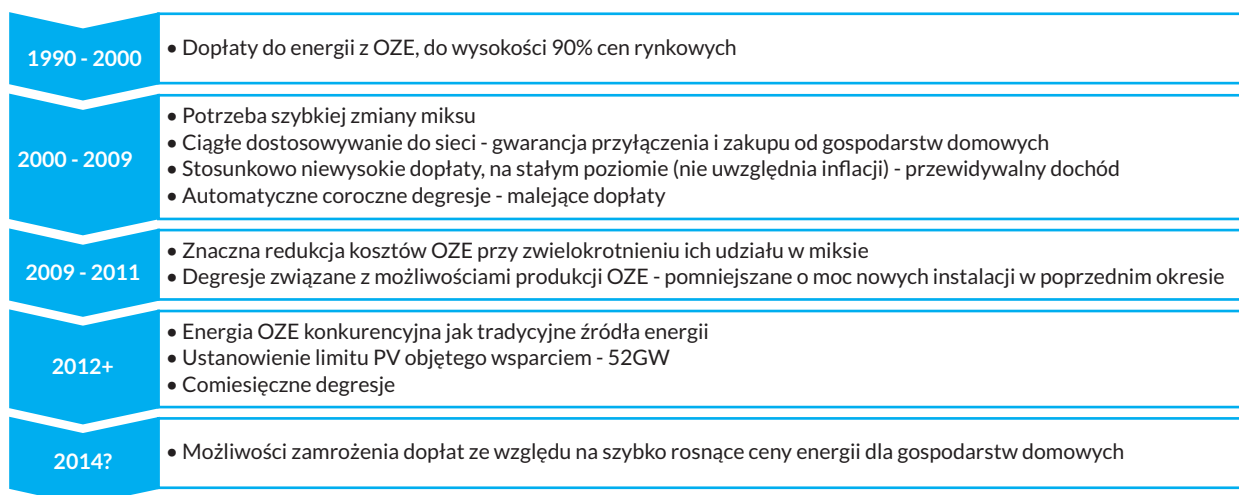
Wykres III.16. Feed-in-tariff a cena energii elektrycznej w Niemczech; 2007-2012



Uwaga: Dla danej ceny systemu (prawa oś) odczytać należy wysokość FiT (lewa oś), która zapewni inwestorowi zwrot 6% z inwestycji, np. cena systemu 2,5 EUR/Wp wymaga FiT w wysokości 0,25 EUR/kWh.

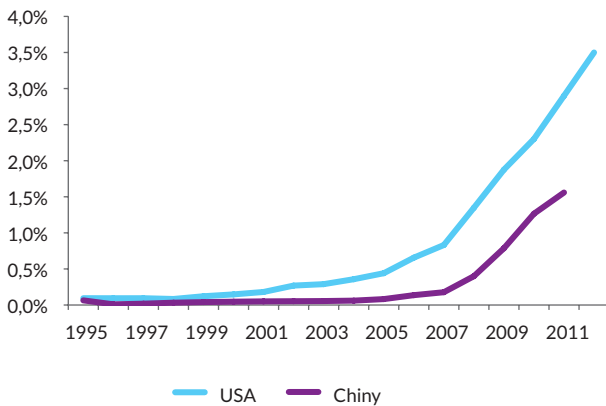
Źródło: GTAI (2012)

Schemat III.2. Ewolucja wsparcia OZE w Niemczech



Źródło: Opracowanie własne

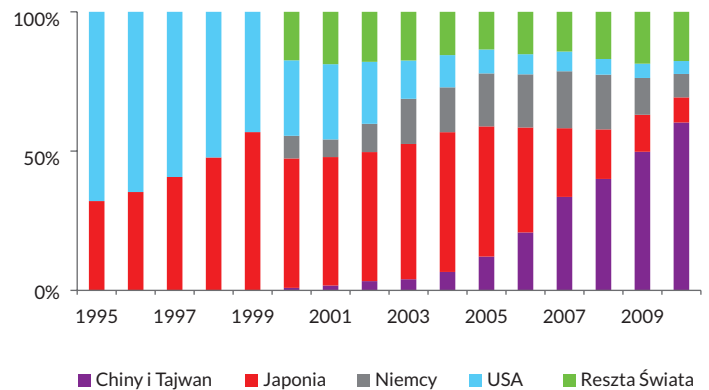
Wykres III.17. Udział energii elektrycznej z wiatru w miksie energetycznym Chin i USA; 1995-2011



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EIA

i Chin, które niedługo przewyższą Europę pod względem ilości zainstalowanych mocy wiatrowych i słonecznych. Wynika to przy tym nie tylko z ich ekologicznego charakteru, ale i prostego rachunku ekonomicznego. Ceny zarówno instalacji fotowoltaicznych, jak i wiatrowych, stale spadają (por. Wykresy III.19-III.21), a świadoma polityka publiczna coraz silniej wspiera wykorzystanie technologii odnawialnych nie tylko w Europie (por. Ramka III.3). Poprawia się także wydajność. OZE nie są już zatem eksperymentem, ale realną i opłacalną alternatywą dla gospodarek o różnym poziomie rozwoju. Ponieważ bodźce ekonomiczne są z reguły silniejsze niż ekologiczne, spadek cen odnawialnych źródeł energii może ostatecznie skierować gospodarki na niskoemisyjne tory. Do 2020 roku cała Unia Europejska (a zatem również Polska) osiągnie parytet sieci, a więc zainstalowanie paneli fotowoltaicznych zrówna się kosztowo z pobieraniem prądu elektrycznego z gniazdka (por. Wykres III.21). W przypadku elektrowni wiatrowych spadek cen jest nieco wolniejszy, jednak technologia turbin lądowych jest już dojrzała i stosunkowo tania – opłacalna nawet przy bardzo niskim poziomie dopłat (por. Wykres III.20). Pozyskiwanie energii elektrycznej na morzu jest relatywnie nową i drogą technologią (obecnie instalacje morskie

Wykres III.18. Udział poszczególnych krajów w rocznej produkcji paneli fotowoltaicznych; 1995-2010



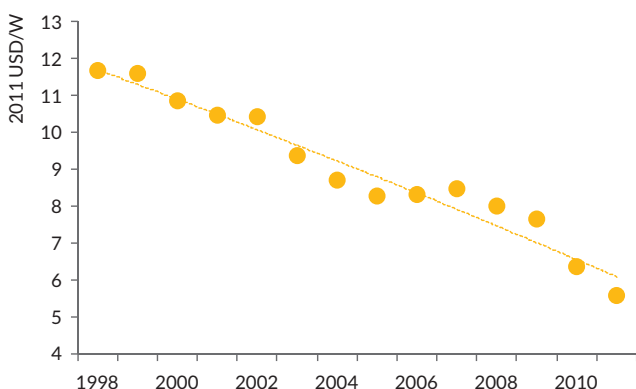
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EPI

stanowią jedynie 2% wszystkich wiatrowych na świecie) jednak istnieją przesłanki do oczekiwania spadku kosztów w przyszłości.

Z perspektywy Polski szczególnie interesujące są doświadczenia Wielkiej Brytanii z lat 80. Na początku dekady większość energii elektrycznej produkowanej w Zjednoczonym Królestwie pochodziło z węgla. Działające kopalnie były przy tym silnie subsydiowane przez państwo, a ceny surowca przewyższały poziom światowy. Utrzymywanie tej ekonomicznej nierównowagi podminowywałoby perspektywę rozwojową, dlatego premier Margaret Thatcher podjęła decyzję o zamknięciu nierentownych zakładów wydobywczych i sprywatyzowaniu pozostałych. Po rocznym strajku górniczych związków zawodowych udało się przeprowadzić zamierzoną reformę, w czym

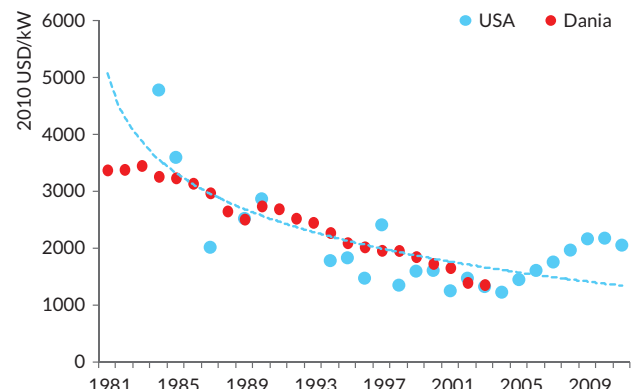
**W Wielkiej Brytanii, pomimo oporów społecznych, udało się przeprowadzić reformę sektora energetycznego, a współcześnie do zdywersyfikowanego miks krajowej produkcji energii wkraczą też technologie odnawialne.**

Wykres III.19. Koszt instalacji fotowoltaicznych w USA; 1998-2011



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych LBNL

Wykres III.20. Koszt instalacji wiatrowych w USA i w Danii; 1981-2011

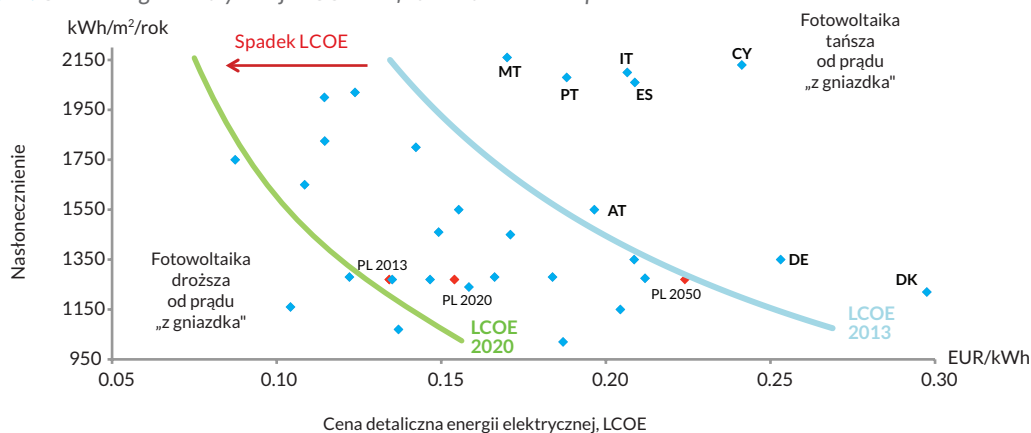


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych IRENA (2012)

### Ramka III.3. Perspektywy rozwoju niskoemisyjnych technologii energetycznych na świecie

Największe gospodarki świata mają bardzo ambitne plany w obszarze rozwoju niskoemisyjnej energetyki do roku 2050. Zależnie od lokalnych uwarunkowań i możliwości technicznych stawia się na rozwój energetyki odnawialnej, gazowej lub nuklearnej. Wraz z wynalezieniem i skomercjalizowaniem technologii wydobycia gazu łupkowego zwiększa się jego udział w produkcji energii elektrycznej w Stanach Zjednoczonych. Wobec nadpodaży surowców energetycznych ceny energii elektrycznej są niskie, a tania energia wspiera proces reindustrializacji USA, tzn. powrotu przemysłu do kraju po okresie jego realokacji do Azji (IEA 2011). Renesans znaczenia gazu ziemnego nie jest przy tym jedynym komponentem zmian w amerykańskim *energy mix*. **Polityka publiczna USA** dużą wagę przykłada do działań, które mają zdywersyfikować źródła energii i zapobiec silnemu uzależnieniu sektora energetycznego od jednego surowca. Rząd Federalny znacząco zwiększył nakłady badawczo-rozwojowe na energetykę odnawialną, a USA przejęły w tym względzie rolę światowego lidera. Dzięki równoległemu wzrostowi skali produkcji światowe ceny OZE szybko spadają, oddając skalę postępu technologicznego, jaki dokonał się w tym obszarze w ostatnich kilkudziesięciu latach. Wobec orientacji wielu rządów na wspieranie niskowęglowych alternatyw technologicznych wydaje się więc przesądzone, że w skali świata w kolejnych dekadach technologie wysokoemisyjne będą stopniowo zastępowane przez mniej emisyjne alternatywy: gaz, energię wiatrową, słoneczną, nuklearną oraz biomasę. W Unii Europejskiej za minimum uznano uzyskiwanie ok. 1/5 energii z odnawialnych źródeł. **Szczególnym przykładem jest Dania**, która już w 2020 roku ma zamiar produkować prawie połowę energii z wiatru. Przyjęta w lutym 2011 roku przez rząd duński Strategia Energetyczna przewiduje całkowite wycofanie z paliw kopalnych w perspektywie 2050 roku. Dania zamierza to osiągnąć przede wszystkim przez silne promowanie efektywności energetycznej i OZE. Wycofanie paliw kopalnych ma w najbliższych 40 latach pozwolić ograniczyć emisję gazów cieplarnianych o 75% w stosunku do roku 1990. **Także w Wielkiej Brytanii** przyjęto Ustawę o zmianach klimatu (2008), która wprowadziła jeszcze ambitniejszy cel ograniczenia emisji – 80% do roku 2050. Ma to się stać możliwe dzięki zmniejszeniu potrzeb energetycznych w wyniku wspieranych przez państwo inwestycji efektywnościowych, a także poprzez głębokie zmiany w brytyjskim miksie energetycznym, budującym podstawy zielonej gospodarki. Najbardziej optymistyczne scenariusze przewidują eliminację węgla w przeciągu najbliższych 20 lat. Główną narodową technologią pozyskiwania prądu ma być wiatr (instalacje zarówno na lądzie jak i na morzu).

Wykres III.21. Cena energii elektrycznej i LCOE dla fotowoltaiki w Europie



Uwaga: Ceny energii elektrycznej dla Polski w roku 2020 i 2050 na podstawie scenariusza BAU, bez ETS.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Breyer i Gerlach (2011) oraz własnych prognoz dla lat 2020 i 2050

Reorientację na odnawialne i niskoemisyjne źródła energii elektrycznej można dostrzec także w Azji Wschodniej. **Japonia do 2030 roku** oprze o OZE 13% swojego miksu, a importowany gaz dostarczy 1/5 całkowitego zapotrzebowania na prąd. Także **Korea Południowa jest silnie zaangażowana** w promowanie modelu niskoemisyjnego rozwoju. W roku 2008, z okazji 60. rocznicy powstania Republiki Korei, prezydent kraju ogłosił „Zielony Wzrost” jako wizję narodu na najbliższe 50 lat. Priorytetem rządu stało się przygotowanie kompleksowego systemu handlu emisjami, co zostało zakończone z sukcesem w roku 2012 – niemal jednogłośnie przyjęto ustawę powołującą od 1 stycznia 2015 r. system ETS. **Podobnie jest w Chinach**, gdzie pomimo nieustającego wzrostu emisji gazów cieplarnianych rozpoczęto w ostatnich latach wdrażanie bardzo aktywnej polityki klimatycznej, której elementem jest uruchomienie w latach 2013-2014 siedmiu pilotażowych regionalnych systemów handlu emisjami, przy czym uruchomienie systemu krajowego przewiduje się na lata 2015-2016. Chińskie władze liczą, że rzeczywista wycena emisji CO<sub>2</sub> z sektorów energetycznego, cementowego, żelaza i stali, chemicznego oraz dużych budynków użyteczności publicznej zachęci przedsiębiorstwa do zwiększenia inwestycji w technologie niskoemisyjne, w tym zwłaszcza w OZE, zmniejszając zależność Państwa Środką od surowców kopalnych oraz tworząc nowe szanse eksportowe. W planach jest osiągnięcie wskaźników porównywalnych do amerykańskich, tj. jak najszybsze osiągnięcie 15% udziału OZE w miksie (do 2050 roku ma funkcjonować 1000 GW instalacji wiatrowych, a do 2030 66 GW instalacji solarnych), przy czym Chiny starają się ograniczyć emisję CO<sub>2</sub> także przez intensywny rozwój elektrowni atomowych i gazowych.

Źródło: Opracowanie własne

pomogły także przeobrażenia w sektorze energetycznym. W latach 1990-2010 udział węgla w produkcji elektryczności spadł ponad dwukrotnie na rzecz efektywniejszych i czystszych technologii – gazu ziemnego i OZE – przy czym w pierwszych latach redukcja roli węgla w miksie odbywała się w dużej mierze poprzez zakrojone na szeroką skalę działania proefektywnościowe. Wydobycie gazu ziemnego, który ostatecznie zdominował brytyjską energetykę rozpoczęło się na skalę masową dopiero w latach 90. w ramach tzw. pędu ku gazowi (Karaczun 2012). Stopniowy rozwój dotyczył też źródeł odnawialnych, w tym zwłaszcza, komplementarnych wobec gazu, turbin wiatrowych, które zajmują obecnie centralny punkt brytyjskich planów energetycznych na przyszłość.

Należy podkreślić, że fakt, iż OZE wkraczają do globalnego miks energetycznego stosunkowo powoli, wynika nie tyle z ograniczonego rozwoju technologii solarnych czy wiatrowych, co raczej z szybko rosnącego zapotrzebowania mieszkańców państw rozwijających się na energię. W roku 1990 bez dostępu do energii elektrycznej pozostawało prawie 437 mln osób (50 % ludności) w Indiach i 113 mln osób (10%) w Chinach, dwadzieścia lat później było to odpowiednio 290 mln osób w Indiach (25 % społeczeństwa) i już tylko 8 milionów osób w Chinach (0,6 %) (WEO 2011). Oba kraje są dziś największym inwestorem w energetyce, przy czym, ze względu na skalę potrzeb, ich inwestycje obejmują praktycznie wszystkie dostępne technologie – Chiny są jednym z liderów energetyki słonecznej, a Indie wiatrowej, choć jednocześnie oba kraje przodują w budowie elektrowni węglowych i jądrowych. Przyrosty mocy OZE muszą zatem przewyższyć wzrost popytu na energię, by ich udział w całkowitej produkcji powiększył się. Szczególnie widoczne jest to na przykładzie Chin, w których mimo spektakularnego tempa rozwoju technologii solarnych i wiatrowych, węgiel wciąż wytwarza 4/5 energii. Plany rządu są jednak bardzo ambitne – do roku 2015 przewidują one zainstalowanie 111 GW mocy wiatrowych i 15 GW mocy solarnych odpowiadających łącznie za 3,3% produkowanej energii. Choć OZE i energetyka jądrowa nie będą w stanie w najbliższych

dekadach zastąpić konwencjonalnych źródeł energii w Chinach czy Indiach, to umożliwią im one znaczącą dywersyfikację miks energetycznego, podobną do tej, jaka dokonała się już w innych krajach rozwiniętych od lat 1970 (por. Wykresy III.7 – III.8).

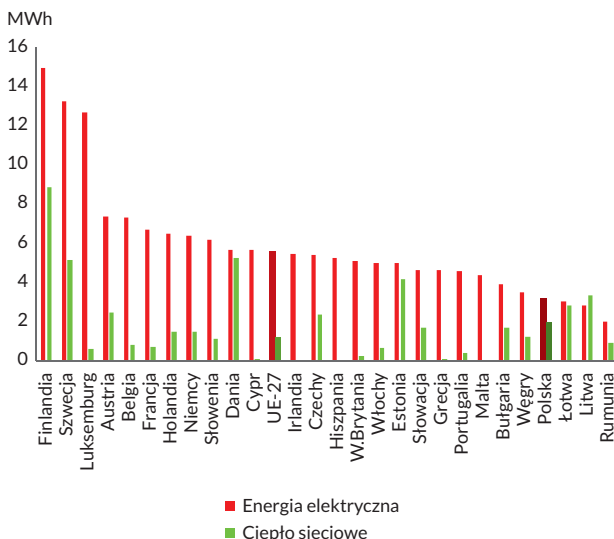
## Ugruntowana pozycja węgla – scenariusz odniesienia

W Unii Europejskiej Polska wyróżnia się ograniczonym zapotrzebowaniem na energię elektryczną – przeciętny Polak zużywa jej 3,2 MWh rocznie, tj. o ok. 40% mniej niż przeciętny Europejczyk (5,5 MWh). Przyczyn tego stanu rzeczy należy upatrywać przede wszystkim w niższym o ok. 33% poziomie produktywności pracy. Kraje zamożniejsze, aby produkować i konsumować więcej, potrzebują bowiem więcej energii, bez której niemożliwe byłoby nie tylko zasilanie maszyn i urządzeń wykorzystywanych w procesie produkcyjnym, lecz także transportowanie wytworzonych przy ich pomocy dóbr i ogrzewanie powierzchni mieszkalnych i komercyjnych. Drugim czynnikiem, który ma niebagatelny wpływ na relatywnie niską konsumpcję elektryczności w Polsce, jest inna niż w zachodniej Europie struktura zapotrzebowania na energię finalną. Rozbudowana w okresie gospodarki centralnie planowanej sieć ciepłownicza decyduje o dużej popularności ciepła sieciowego w dużych i średnich miastach. Z kolei niskie ceny i wysoka dostępność węgla kamiennego sprawiają, że paliwo to jest powszechnie wykorzystywane dla celów grzewczych

**Scenariusz odniesienia nie przewiduje odważnych działań rządu w zakresie polityki energetycznej. Węgiel pozostanie w nim głównym źródłem generacji prądu, a OZE – technologią niszową.**

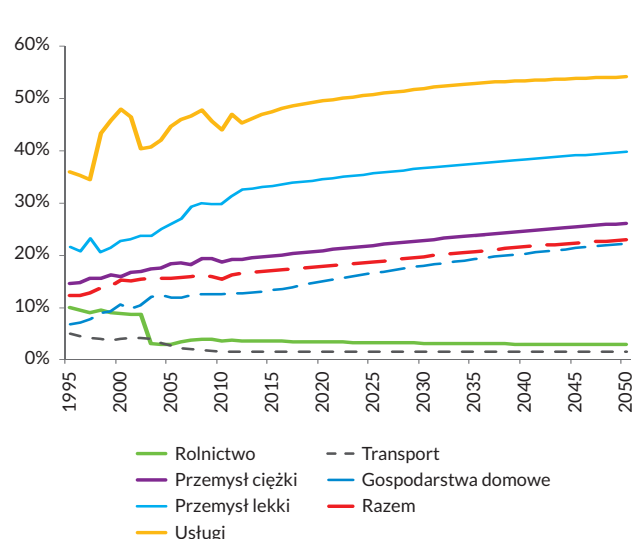
w domach jednorodzinnych w mniejszych miejscowościach oraz kotłowniach lokalnych (por. Część II). *Per saldo* ogrzewanie elektryczne jest więc w Polsce relatywnie mało rozpowszechnione, co, wraz z wyraźnie niższym stopniem automatyzacji gospodarki, a także uboższym wyposażeniem

Wykres III.22. Zużycie energii elektrycznej i ciepła sieciowego na mieszkańca w krajach UE; 2011



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Eurostat

Wykres III.23. Udział energii elektrycznej w zużyciu energii finalnej według sektorów w Polsce – scenariusz odniesienia; 1995-2050



Źródło: Opracowanie własne

gospodarstw domowych w sprzęt AGD i RTV, sprawia, że elektrochłonność polskiej gospodarki jest dziś niższa niż w całej Unii, mimo że jednocześnie jej całkowita energochłonność jest wyższa (por. Tabela III.4).

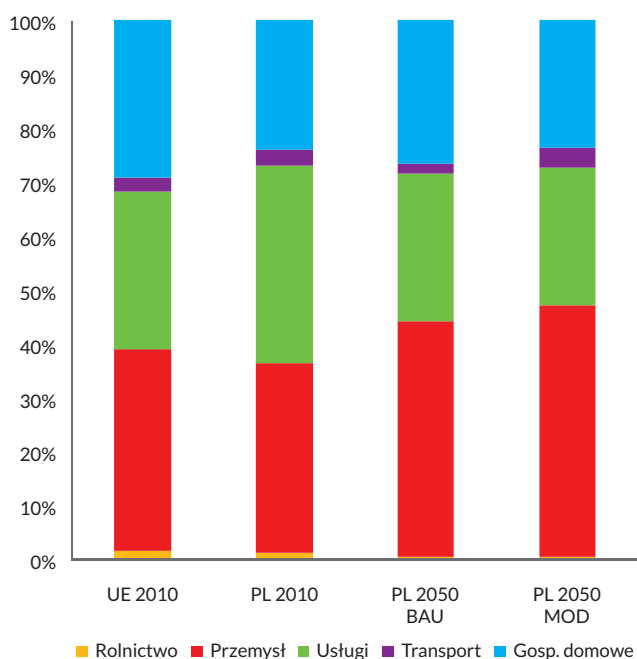
OCzekujemy, że luka w popycie na energię elektryczną między Polską a Europą Zachodnią będzie się w przyszłości stopniowo domykać, w ślad za kurczącą się różnicą w poziomie rozwoju gospodarczego. Stanie się tak przede wszystkim za sprawą wzrostu zapotrzebowania na elektryczność ze strony przemysłu. Dziś pełna automatyzacja procesów produkcyjnych jest mniej opłacalna niż na Zachodzie, przede wszystkim z uwagi na niższy poziom wynagrodzeń. Ze względu na stopniowy wzrost produktywności pracy, na przestrzeni następnych 20-30 lat Polska powinna jednak osiągnąć zbliżony do średniej europejskiej poziom płac (por. Część IV). O ile więc dziś liczba robotów przemysłowych przypadająca na 10 tys. pracowników jest niemal dwudziestokrotnie mniejsza niż w Niemczech (14 wobec 261), to stan ten ulegnie zmianie, co spowoduje, że zapotrzebowanie sektora produkcyjnego na energię elektryczną, znacząco wzrośnie. W scenariuszu odniesienia spodziewamy się, że w roku 2030 sięgnie ono 74 TWh rocznie, w roku 2040 będzie to już 96 TWh, a w roku 2050 – 104 TWh. Warto zauważyć, że dynamika tego wzrostu (2% średniorocznie) będzie nieznacznie niższa od dynamiki PKB w tym samym okresie (2,1%), co wynikać będzie z poprawy poziomu elektrochłonności produkcji. Nastąpi bowiem spadek ogólnej energochłonności, który zrównoważy wzrost udziału energii elektrycznej w miksie energetycznym przemysłu.

Nieco wolniej niż w przemyśle będzie rósł popyt na energię elektryczną zgłaszany przez gospodarstwa domowe i firmy

usługowe (por. Część II). Także w ich przypadku będzie to wypadkową dwóch, zachodzących równolegle, procesów. Z jednej strony stopniowo poprawiać się będzie efektywność energetyczna budynków mieszkalnych i komercyjnych oraz urządzeń AGD i RTV w nich zainstalowanych, co *ceteris paribus* obniży ich zapotrzebowanie na prąd. Z drugiej strony, dojdzie do transformacji struktury zapotrzebowania na energię finalną w budynkach na rzecz elektryczności (por. Część II), co wywoła wzrost popytu na nią. Wypadkową obu tych procesów będzie zwiększenie zapotrzebowania na energię elektryczną poza przemysłem i energetyką do 119 TWh w roku 2030 i 133 TWh w roku 2050. Również ten wzrost będzie jednak mniejszy niż wzrost PKB w tym samym okresie, co oznacza, że także w wypadku sektora usługowego można mówić o oczekiwanej poprawie poziomu elektrochłonności.

W scenariuszu odniesienia zakładamy, że popyt na energię elektryczną będzie w całości zaspakajany przez produkcję krajową, której poziom zależy także od poziomu strat przesyłowych oraz energii zużywanej na potrzeby własne sektora energetycznego (zob. Schemat III.3). Wielkości te oszacowaliśmy w oparciu o dane z lat 1990-2010, zakładając dodatkowo, że w kolejnych latach poziom strat przesyłowych będzie się stopniowo obniżał w zgodzie z historycznym trendem, aż do osiągnięcia wielkości zbliżonej do innych państw europejskich. Analogiczne szacunki przeprowadziliśmy dla ciepła sieciowego. W scenariuszu odniesienia zakładamy także zbilansowanie krajowego rynku energii (zerowy eksport netto po 2015 roku). Warto podkreślić, że spodziewamy się niemal dwukrotnie głębszej poprawy poziomu całkowitej energochłonności niż elektrochłonności polskiego PKB (por. Tabela III.4). Powodem jest zarówno relatywnie mniejszy potencjał poprawy efektywności silników elektrycznych

**Wykres III.24.** Zużycie energii elektrycznej w podziale na sektory – Polska i Unia Europejska; 2010, 2050



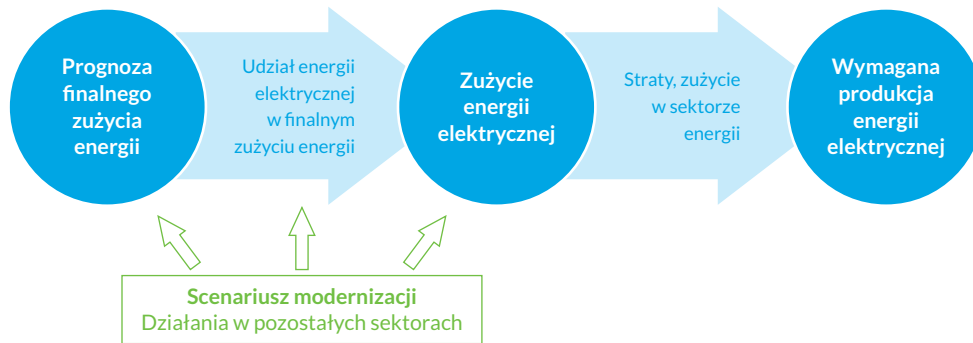
Źródło: Opracowanie własne

**Tabela III.4.** Elektrochłonność i energochłonność PKB w Polsce do roku 2050

	Energochłonność PKB (kWh/EUR)	Elektrochłonność PKB (kWh/EUR)
UE15, 2010	1,03	0,22
UE27, 2010	1,06	0,22
PL, 2010	1,23	0,20
Scenariusz odniesienia		
PL 2030	0,92	0,18
PL 2050	0,68	0,16
Scenariusz modernizacji		
PL 2030	0,80	0,17
PL 2050	0,50	0,15

Uwaga: EUR w cenach stałych z 2010 roku, wg parytetu siły nabywczej  
Źródło: Opracowanie własne

Schemat III.3. Prognoza finalnego zużycia oraz wymaganej produkcji energii elektrycznej



Źródło: Opracowanie własne

niż spalinowych, jak i stopniowa realokacja zapotrzebowania na energię finalną w kierunku energii elektrycznej (przede wszystkim w budynkach, lecz do pewnego stopnia także w transporcie (por. Część II)). Powoduje to także, że oczekiwany wzrost zapotrzebowania polskiej gospodarki na energię elektryczną w latach 2010-2050 w niewielkim stopniu zależy od tego, czy przyjmujemy mniej czy bardziej zaawansowany scenariusz modernizacyjny w pozostałych sektorach – szacujemy, że w roku 2050 popyt ten będzie o ok. 2,0-2,1 razy wyższy niż dziś (por. Tabele III.5-6).

O ile sektor energetyczny może więc zakładać, że popyt na energię elektryczną w latach 2010-2050 będzie zmieniał się w podobną stronę niezależnie od zakresu działań modernizacyjnych podejmowanych w innych sektorach gospodarki, to już w przypadku ciepła sieciowego tak nie jest. Ambitny program termomodernizacyjny w istniejących budynkach mieszkalnych oraz konsekwentne podnoszenie standardów stawianych nowym budynkom może obniżyć popyt na ciepło nawet o ok. 40% w porównaniu ze stanem obecnym (por. Część II), podczas gdy

Tabela III.5. Sektor energetyczny w scenariuszu odniesienia przy braku działań modernizacyjnych (BAU) w pozostałych sektorach

	Produkcja energii elektrycznej (TWh)	Zużycie energii elektrycznej na mieszkańca (MWh)	Produkcja ciepła sieciowego (TWh)	Zużycie ciepła sieciowego na mieszkańca (MWh)
2010	158	3,1	96	2,1
2020	206	4,1	100	2,2
2030	267	5,3	102	2,3
2040	315	6,4	102	2,4
2050	<b>332</b>	<b>7,0</b>	<b>96</b>	<b>2,3</b>

Tabela III.6. Sektor energetyczny w scenariuszu odniesienia przy działaniach modernizacyjnych (MOD) w pozostałych sektorach

	Produkcja energii elektrycznej (TWh)	Zużycie energii elektrycznej na mieszkańca (MWh)	Produkcja ciepła sieciowego (TWh)	Zużycie ciepła sieciowego na mieszkańca (MWh)
2010	158	3,1	96	2,1
2020	196	3,8	97	2,2
2030	254	5,0	88	2,0
2040	302	6,1	74	1,7
2050	<b>320</b>	<b>6,7</b>	<b>58</b>	<b>1,4</b>

Źródło: Opracowanie własne



w tym samym czasie zużycie energii elektrycznej przez przeciętnego Polaka co najmniej podwoi się. W scenariuszu odniesienia oczekujemy więc, że w roku 2050 produkcja energii elektrycznej w Polsce wyniesie ok. 320-330 TWh, a produkcja ciepła sieciowego ok. 58-96 TWh rocznie, zależnie od podjęcia bądź nie działań modernizacyjnych w pozostałych sektorach (por. Tabele III.5 i III.6).

Sektor energetyczny pozostaje w scenariuszu odniesienia przy strukturze produkcji zbliżonej do stanu obecnego. Inwestycje w nowe moce oraz odtworzenie starych koncentrują się na jednostkach zasilanych węglem oraz – w ramach rozbudowy rezerw – gazem naturalnym. Ryzyko techniczne i organizacyjne jest relatywnie niskie, gdyż spółki energetyczne podejmujące się realizacji projektów dysponują odpowiednią wiedzą i doświadczeniem. Źródła odnawialne w scenariuszu odniesienia pozostają technologiami niszowymi, z niewielkim udziałem w miksie. Wynika to z zakładanego w tym scenariuszu braku wsparcia dla OZE ze strony polityki publicznej w najbliższym czasie oraz braku inwestycji w infrastrukturę przesyłową, pozwalającą na ich przyłączenie do sieci w ilości większej niż, przewidziany w scenariuszu, poziom 13,2 GW. Polityka energetyczna w tym scenariuszu skupia się na wspieraniu technologii węglowych o podwyższonej sprawności, dąży do terminowej rozbudowy mocy wytwórczych oraz modernizacji sieci pod kątem tradycyjnego, scentralizowanego systemu energetycznego z niskim udziałem handlu międzynarodowego. Polska pozostaje wyspą tradycyjnej energetyki na mapie Europy, a jedynymi istotnymi źródłami rozproszonymi w 2050 roku są wciąż elektrownie w zakładach przemysłowych, choć ich znaczenie w miksie energetycznym pozostaje na dotychczasowym poziomie.

Scenariusz zakłada, że nowe moce produkcyjne będą charakteryzowały się znacznie wyższą sprawnością wykorzystania paliwa od tych, które obecnie dominują na polskim rynku. Pojawienie

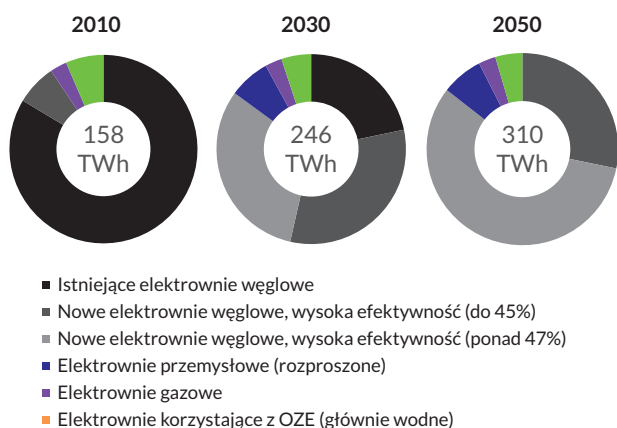
się nowych bloków węglowych o dużo wyższej efektywności sprawi, że średnia sprawność produkcji energii elektrycznej z węgla będzie na przestrzeni lat 2010-2050 systematycznie rosła z ok. 36% obecnie do 43% w roku 2030 i 46% w roku 2050. Oznacza to, że wytworzenie jednostki energii elektrycznej w przeciętnej polskiej elektrowni węglowej w 2050 roku będzie wymagało o ok. 1/5 węgla mniej niż obecnie. Jednak wobec znaczącego wzrostu zapotrzebowania na energię elektryczną, całkowita ilość węgla zużywanego w produkcji energii elektrycznej w scenariuszu odniesienia będzie musiała wzrosnąć o prawie 40% do roku 2030 i o ponad 60% do roku 2050.

Węglowa orientacja produkcji energii stojąca u podstaw scenariusza odniesienia dotyczy także ciepła sieciowego. Utrzymane

**Mimo poprawy parametrów technicznych elektrowni konwencjonalnych, zapotrzebowanie na węgiel wzrośnie do 2050 roku o 60% w porównaniu do dzisiejszego zużycia.**

zostanie duże znaczenie kogeneracji (łączone wytwarzanie energii elektrycznej i ciepła sieciowego), a jej sprawność będzie stopniowo wzrastać. Z drugiej strony, jednoczesny duży spadek popytu na ciepło w wyniku modernizacji budynków mieszkalnych i komercyjnych oraz wzrost zapotrzebowania na elektryczność sprawi, że zmniejszy się potencjał dla zastosowania kogeneracji – więcej inwestycji będzie musiało być dedykowane wyłącznie produkcji energii elektrycznej wobec konieczności zaspokojenia wysokiego popytu na ten rodzaj energii oraz nasycenie popytu na ciepło sieciowe. Proces ten obniży tempo poprawy ogólnej efektywności wykorzystania paliwa dla celów grzewczych – podniesie się ona jedynie o ok. 10% w perspektywie roku 2050. Z drugiej strony, ogólny przyrost generowanej energii (ciepłej i elektrycznej) będzie wolniejszy niż samej energii elektrycznej.

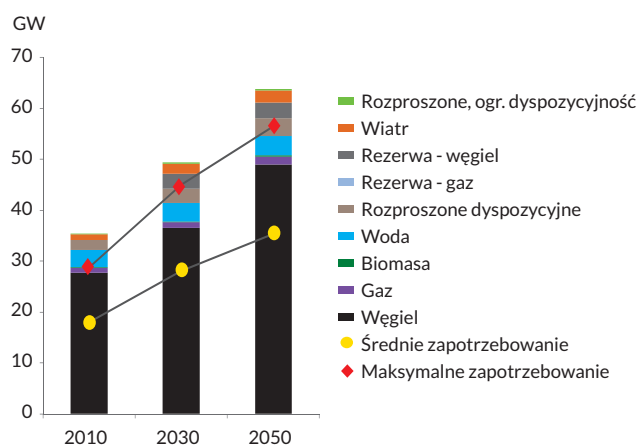
**Wykres III.25. Produkcja energii elektrycznej według źródeł – scenariusz odniesienia**



Uwaga: Założono, że w pozostałych sektorach realizowany jest scenariusz modernizacji, co powoduje spadek zapotrzebowania na energię elektryczną w porównaniu z sytuacją, w której takiej modernizacji by nie dokonano.

Źródło: Opracowanie własne

**Wykres III.26. Zainstalowane moce – scenariusz odniesienia**



Przyjęte w scenariuszu odniesienia utrzymanie obecnego modelu energetyki nie wymaga od polityki publicznej znaczącej interwencji, a od spółek energetycznych – istotnych zmian w prowadzeniu działalności. Z drugiej strony, doprowadzi to do dużego wzrostu całkowitego zużycia węgla w sektorze energetycznym – o ok. 35% (tj. o ok. 35 mln ton) do roku 2030 i o ok. 50% (50 mln ton) do roku 2050, w porównaniu z sytuacją obecną. Wobec licznych typów ryzyka związanych z tym paliwem i ograniczeń wykorzystania jego krajowych złóż, zasadne jest pytanie o alternatywne ścieżki rozwoju dla polskiej energetyki – jakie opcje dywersyfikacji mixu energetycznego są dostępne, oraz jakie koszty i korzyści czekają na Polskę w zależności od kierunku, w którym zechce ona zmieniać swoją energetykę.

## Bezpieczeństwo energetyczne i wysoka jakość życia – scenariusz modernizacji

Sensem modernizacji sektora energetycznego do roku 2050 jest przede wszystkim poprawa poziomu bezpieczeństwa energetycznego Polski poprzez zmniejszenie zależności produkcji energii elektrycznej i ciepła od jednego rodzaju technologii. Po drugie, modernizacja oznacza podniesienie konkurencyjności całego rynku poprzez dywersyfikację źródeł energii elektrycznej i dążenie do tego, aby żaden typ elektrowni nie zyskał dominującej roli rynkowej. Po trzecie, jej celem jest zapewnienie stabilności dostaw energii elektrycznej dla rosnącej gospodarki, w niepewnym otoczeniu zewnętrznym. Oznacza to, że zainstalowane moce dyspozycyjne oraz pewne możliwości importowe muszą

być zdolne do pokrycia krajowego zapotrzebowania na energię z uwzględnieniem wahań popytu w przekroju cyklu dobowego, tygodniowego i rocznego. W szczególności, każda z rozpatrywanych opcji modernizacyjnych musi zapewnić, że system energetyczny będzie w stanie pokryć maksymalne roczne zapotrzebowanie – w zgodzie z danymi historycznymi odpowiada to 145% zapotrzebowania średniego z uwzględnieniem dodatkowego 15% zapasu mocy na wypadek planowanych i nieplanowanych wyłączeń elementów składowych systemu. Po czwarte modernizacja musi brać pod uwagę konieczność zmniejszenia negatywnych efektów zewnętrznych, jakie energetyka wywiera na swoje otoczenie – środowisko naturalne i zdrowie mieszkańców Polski. Zakładamy, że emisje gazów cieplarnianych będą w scenariuszu

**Głównym celem wdrażania modernizacji w sektorze energetyki jest zapewnienie Polsce bezpieczeństwa energetycznego przy jednoczesnym podniesieniu konkurencyjności gałęzi.**

modernizacji systematycznie spadać, tak by w roku 2050 osiągnąć ok. 10%-30% wartości z 1990 roku, zależnie od tego czy zastosowane zostaną instalacje CCS czy też nie. Z kolei emisje pyłów oraz innych zanieczyszczeń takich jak związki rtęci, kadmu czy azotu będą w scenariuszu modernizacji spadać szybciej niż

w scenariuszu odniesienia – nie tylko bowiem zastrzone zostaną normy emisyjne, lecz także znaczącej redukcji ulegnie liczba źródeł węglowych, których wpływ na zdrowie publiczne jest szczególnie niekorzystny.

Tabela III.7. Scenariusz odniesienia a scenariusz modernizacji – różnice

	Scenariusz odniesienia	Scenariusz modernizacji
<b>Dywersyfikacja i wpływ na konkurencyjność</b>	Energia elektryczna generowana jest w modelu wielkoskalowym tj. przy pomocy niewielkiej liczby dużych źródeł. Rynek krajowy jest zamknięty i skonsolidowany. Cena energii silnie uzależniona od ceny emisji CO <sub>2</sub> .	Stopień dywersyfikacji źródeł zależny od przyjętego wariantu niskoemisyjnej modernizacji. Żadna technologia nie zajmuje więcej niż 50% całkowitego mixu produkcji energii. Koszt energii wyższy niż w scenariuszu odniesienia tylko przy niskich cenach CO <sub>2</sub> i zastosowaniu technologii CCS.
<b>Bezpieczeństwo energetyczne</b>	Koncentracja na technologii węglowej powoduje (wobec obniżającej się konkurencyjności wydobycia krajowego) uzależnienie energetyki od importu	Zmniejszenie roli importu węgla i gazu, w szczególności z państw o niedemokratycznych systemach władzy, podnosi bezpieczeństwo energetyczne kraju i poprawia bilans handlowy.
<b>Wpływ na zdrowie</b>	Państwo stopniowo zaostrza normy emisji pyłów, związków rtęci i kadmu, a także NO <sub>x</sub> i SO <sub>x</sub> , które usuwane są za pomocą systemów filtrowania spalin, co zwiększa koszty produkcji energii.	Eliminacja emisji szkodliwych substancji odbywa się zarówno poprzez instalowanie filtrów w elektrowniach węglowych, jak i zmniejszanie ich roli w mixie energetycznym. Skala redukcji emisji jest większa niż w scenariuszu odniesienia.
<b>Wpływ na klimat</b>	Najwyższa w krajach OECD emisyjność energetyki zostaje utrzymana. Na przestrzeni lat 2010-2050 Polska emituje 8830 MtCO <sub>2</sub> e z tytułu produkcji elektryczności i ciepła.	Emisyjność energetyki systematycznie spada, aż do osiągnięcia ok. 10%-30% poziomu bazowego zależnie od faktu zastosowania lub nie technologii CCS. Na przestrzeni lat 2010-2050 Polska emituje o ok. 50%-60% mniej CO <sub>2</sub> niż w scenariuszu odniesienia.

Źródło: Opracowanie własne

W perspektywie roku 2050 mix źródeł energii w polskiej energetyce może się fundamentalnie zmienić, bowiem do tego czasu niemal wszystkie dziś funkcjonujące bloki energetyczne będą musiały zostać wymienione na nowe. Paleta dostępnych rozwiązań technicznych jest przy tym bardzo szeroka i obejmuje nie tylko najlepsze dostępne rozwiązania węglowe czy gazowe, lecz także elektrownie jądrowe i szereg typów OZE takich, jak: lądowe i morskie turbiny wiatrowe, panele słoneczne, czy elektrownie na biomasę. Do **technologii dyspozycyjnych** operujących na sieciach najwyższych, wysokich i średnich napięć zaliczają się elektrownie systemowe i przemysłowe zasilane węglem, gazem lub paliwem jądrowym, a także małe elektrownie na biomasę, biogaz czy odpady, elektrownie geotermalne (nieliczne instalacje w najbardziej dogodnych miejscach) oraz małe elektrociepłownie wykorzystujące paliwa kopalne. Ten rodzaj instalacji znajduje podobne wykorzystanie zarówno w scenariuszu odniesienia, jak i modernizacji. Do źródeł o podobnej skali, jednak o **ograniczonej dyspozycyjności**, zostały zaliczone farmy wiatrowe oraz małe farmy fotowoltaiczne. We wszystkich rozpatrywanych wariantach modernizacji w dłuższym okresie relatywnie istotniejsze stają się mniejsze źródła, instalowane na poziomie sieci niskich napięć, w gospodarstwach domowych czy firmach. Do dyspozycyjnych źródeł rozproszonych należą małe instalacje generujące energię elektryczną i ciepło w oparciu o gaz, olej, biomasę oraz odpady, silniki Stirlinga (zasilane ciepłem geotermalnym, słonecznym lub odpadowym) oraz małe ogniwa paliwowe. W przypadku tych źródeł z czasem wzrasta udział instalacji korzystających z technologii odnawialnych, przyczyniając się do obniżenia konsumpcji paliw kopalnych oraz niepożądaných emisji. Do małych źródeł rozproszonych o ograniczonej

dyspozycyjności należą przede wszystkim panele fotowoltaiczne, ale również małe wiatraki.

Poszczególne źródła i technologie produkcji energii charakteryzują się przy tym nie tylko nieco innym zbiorem zalet i wad, ale i odmiennym ryzykiem technicznym, inwestycyjnym, operacyjnym, politycznym i społecznym (por. Tabela III.8). Powoduje to, że nowoczesny system energetyczny można zbudować na wiele sposobów. Z perspektywy polityki publicznej ważny jest przy tym nie tyle wybór konkretnych technologii wytwarzania energii – te bowiem powinien selekcjonować rynek – lecz raczej przyjęcie racjonalnego modelu ram systemowych kształ-

**Przy konstruowaniu przyszłego miks produkcji energii elektrycznej dla Polski uwzględnić należy najważniejsze typy ryzyka związane z poszczególnymi technologiami. Możliwe jest zbudowanie różnych wariantów systemu energetycznego, które realizują cele rozwoju kraju.**

tujących rozwój polskiej energetyki w zgodzie z wymienionymi celami ważnymi z punktu widzenia kraju: (1) stabilizacji dostaw energii, (2) dywersyfikacji jej źródeł oraz (3) ograniczenia negatywnych efektów, jakie sektor wywiera na swoje otoczenie. W dalszej części podrozdziału omawiamy pięć wariantów modernizacji sektora energetycznego różniących się między

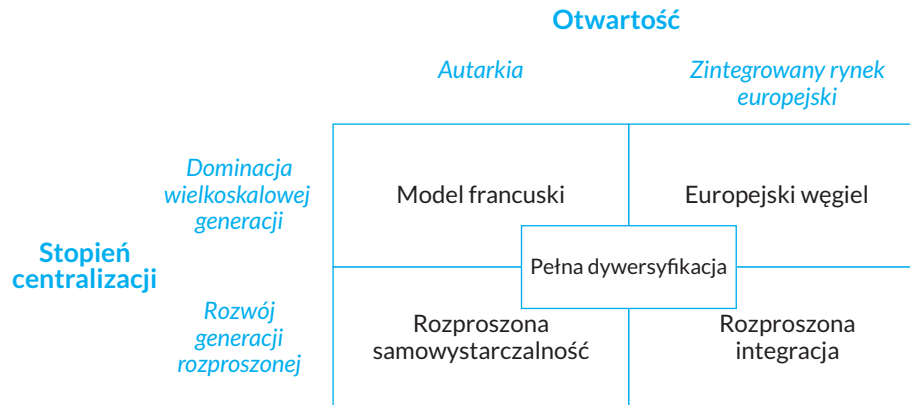
sobą nie tylko strukturą wykorzystywanych źródeł, lecz także stopniem centralizacji całego rynku i jego integracją z resztą Europy (por. Schemat III.4). Większy stopień rozproszenia generacji to większa odporność systemu na jednostkowe awarie

Tabela III.8. Obszary ryzyka systemowego poszczególnych typów elektrowni

	Węglowe	Gazowe	CCS	Nuklearne	OZE/ rozproszone	Import z UE
Ryzyko budowy i finansowania	++	++	++/+++	++/+++	++/+++	+
Ryzyko zmienności cen paliwa (eksploatacji)	+++	++/+++	+++	+	+	++
Ryzyko zmiany cen uprawnień do emisji	+++	++	+	+	+	+
Ryzyko polityczne dostaw surowca	+	+++	+ /+++	+	+	++/+++
Ryzyko regulacyjne	+++	+++	+++	+++	+++	+++
Ryzyko rozbudowy i stabilizacji sieci	+	+	+	+++	+++	+++
Ryzyko postępu technicznego	+	+	+++	+	+++	++
Ryzyko utraty akceptacji społecznej	+ /++	+	+++	+++	+	+
Razem ryzyka	15-16	15-16	17-18	15-16	15-16	15-16

Źródło: Opracowanie własne

Schemat III.4. Rozważane kierunki rozwoju energetyki – scenariusz modernizacji



Źródło: Opracowanie własne

i wyłączenia, ale jednocześnie konieczność głębszej przebudowy istniejącej sieci przesyłowej. Z kolei silniejsze włączenie polskiego systemu energetycznego w rynek europejski to z jednej strony szansa na wzrost konkurencyjności i spadek cen energii, a z drugiej konieczność zredefiniowania pojęcia bezpieczeństwa energetycznego. To, gdzie przyszły polski system energetyczny ułoży się w przestrzeni między autarkią a integracją oraz rozproszoną a wielkoskalową generacją, zadecyduje więc nie tylko o ekonomicznych i społecznych kosztach i korzyściach, jakie odniosą odbiorcy energii elektrycznej w przyszłości, ale i postawi odmienne wyzwania przed polityką publiczną prowadzoną w najbliższych dekadach.

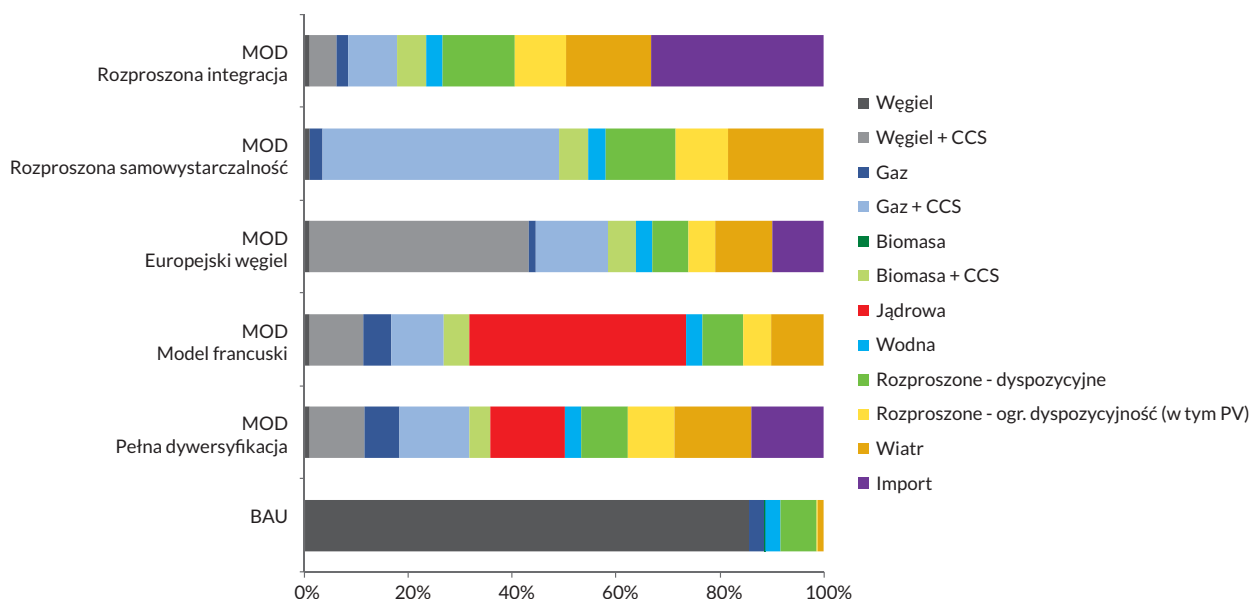
Otworzenie polskiego systemu energetycznego na konkurencję europejską wymagałoby po pierwsze: podjęcia na szczeblu ponadnarodowym skoordynowanych działań w zakresie rozbudowy infrastruktury przesyłowej i harmonizacji regulacji, a po drugie: gotowości polskich władz publicznych do zredefiniowania

Położenie geograficzne Polski sprawia, że import energii z krajów partnerskich może okazać się zarówno bezpieczną, jak i korzystną ekonomicznie strategią. Opcją przeciwną jest rozbudowa krajowych mocy energetycznych (w tym atomowych), które uniezależnią Polskę od dostaw z zagranicy.

z dużym udziałem OZE prawdopodobne będzie utrzymywanie się wysokiego importu taniej energii elektrycznej z terenów

pojęcia bezpieczeństwa energetycznego na szczeblu krajowym. W perspektywie 2050 roku, wraz z rozwojem technologii OZE, tereny o najbardziej sprzyjających warunkach naturalnych dla energetyki wiatrowej oraz słonecznej będą oferować możliwość generacji dużej ilości taniej energii elektrycznej. Polska cechuje się relatywnie niską wietrznością oraz nasłonecznieniem, dlatego w razie rozwoju spójnego europejskiego systemu energetycznego

Wykres III.27. Struktura produkcji energii elektrycznej według scenariuszy i ich wariantów; 2050



Źródło: Opracowanie własne

o bardziej sprzyjających warunkach naturalnych (wybrzeże atlantyckie, Skandynawia, Europa Południowa). Sytuacja taka jest odległa od obecnego sposobu rozumienia bezpieczeństwa energetycznego Polski jako zdolności do zaspokojenia własnych potrzeb w oparciu o moce wytwórcze znajdujące się na terenie kraju. Pełne wykorzystanie szans związanych ze wspólnym rynkiem energetycznym, tj. tańszej energii i dywersyfikacji źródeł wytwarzania – wymaga przeniesienia myślenia o bezpieczeństwie energetycznym na poziom europejski. Z tej perspektywy granice energetyczne w ramach Unii stopniowo zanikają, a polskie moce wytwórcze stają się elementem większego systemu europejskiego, w którym o „narodowości” elektrowni decyduje już nie jej lokalizacja, a pochodzenie zainwestowanego kapitału. Przykładowo, polska spółka energetyczna może wybudować moce wiatrowe na Morzu Północnym i sprzedawać energię na rynek krajowy bądź zagraniczny. Takim wariantem modernizacji sektora jest **Rozproszona integracja**, w której następuje pełne otwarcie polskiego systemu energetycznego na konkurencję międzynarodową, a produkcja elektryczności w kraju opiera się w dużej mierze o rozproszone źródła odnawialne. Proces ten wymaga jednak, oprócz stworzenia możliwości swobodnego korzystania z infrastruktury i mocy wytwórczych na terenie całej Unii, akceptacji politycznej i społecznej dla rozwoju w tym kierunku. Alternatywą jest konieczność utrzymania autarkicznego,

wyspowego charakteru polskiego systemu energetycznego i podjęcie dodatkowych inwestycji w moce krajowe, lub wybór drogi pośredniej między głęboką integracją a autarkią. Właśnie takimi pośrednimi wariantami modernizacji są: **Europejski węgiel** oraz **Pełna dywersyfikacja**, które przewidują ograniczony udział importu energii w miksie oraz budowę mocy rezerwowych na terenie kraju.

Drugim wymiarem, jaki polityka energetyczna powinna wziąć pod uwagę, jest pożądaný stopień centralizacji krajowej energetyki. Obecny system opiera się o relatywnie niewielką liczbę dużych elektrowni produkujących znaczącą część energii elektrycznej w kraju. W przyszłości możliwa jest kontynuacja tego modelu lub, alternatywnie, rozwój rozproszonej generacji – wielu małych źródeł zaspokajających lokalne potrzeby energetyczne gmin czy nawet poszczególnych budynków. Podobnie jak w przypadku osi autarkia-integracja, także wybór między źródłami rozproszonymi a wielkoskalową generacją nie jest wyborem zerojedynkowym. Istnieje wiele możliwych rozwiązań pośrednich, których atrakcyjność ekonomiczna i techniczna zależeć będzie od kształtowania się kosztów poszczególnych technologii i od możliwości zintegrowania źródeł rozproszonych z dużą energetyką systemową. Brak odpowiednich regulacji oraz inwestycji w infrastrukturę (sieci, moce rezerwowe) pozwalającą

#### Ramka III.4. Dywersyfikacja źródeł wytwarzania polskiej energetyki a bezpieczeństwo energetyczne

**Główne szanse poprawy bezpieczeństwa energetycznego Polski** poprzez dywersyfikację źródeł wytwarzania elektryczności i ciepła wiążą się z budową wspólnego europejskiego systemu energetycznego, rozbudową energetyki rozproszonej oraz wykorzystaniem krajowych zasobów odnawialnych.

Integracja europejskiej energetyki będzie korzystna dla bezpieczeństwa dostaw energii w Polsce pod warunkiem równego traktowania wszystkich podmiotów na wspólnym unijnym rynku. **Włączenie krajowej energetyki w szerszy ponadnarodowy system** obniżyłoby ryzyko związane z lokalną produkcją energii, pozwalając na dywersyfikację jej dostaw nie tylko pod kątem technologii, ale również ich geograficznego rozmieszczenia. Dodatkową zaletą rozbudowy europejskiej sieci energetycznej byłoby uniknięcie ryzyka utraty konkurencyjności względem tych krajów Unii, które – z racji lepszych warunków naturalnych – będą w przyszłości korzystać z dużej ilości taniej energii pozyskiwanej z OZE. Wreszcie, integracja w ramach jednolitego, unijnego rynku pozwoliłaby uodpornić Polskę na problemy dostaw energii spoza UE. „Rozpłynięcie się” polskiej energetyki w większym, europejskim systemie sprawi, że nie będzie możliwe wywieranie presji na polskich odbiorców energii bez uderzenia w cały rynek unijny.

**Rozproszona generacja energii** zapewnia z kolei wyższą odporność całego systemu na problemy punktowe. W przypadku dużych elektrowni systemowych nagła awaria samych bloków lub przerwanie ich połączenia z krajową siecią spowoduje wypadnięcie z systemu dużej ilości mocy wytwórczych. Stwarza to ryzyko rozległej awarii zasilania i odcięcia dużej części kraju od energii elektrycznej. Prawdopodobieństwo nagłego wypadnięcia z systemu tysięcy niezależnych, rozproszonych instalacji prądowórczych jest natomiast praktycznie zerowe, a fluktuacje podaży energii ze źródeł o ograniczonej dyspozycyjności przewidywalne z wystarczającym wyprzedzeniem dla uruchomienia mocy rezerwowych. Źródła rozproszone mogą też służyć jako zabezpieczenie na wypadek problemów elektrowni systemowych dla przedsiębiorstw oraz gospodarstw domowych. Rozproszenie produkcji pozwala również na lepsze wykorzystanie lokalnych, zróżnicowanych źródeł odnawialnych. Zwiększenie w miksie roli OZE przyczyni się do wzrostu niezależności polskiej energetyki od cen i dostępności paliw kopalnych na rynku globalnym i regionalnym.

**Głównym zagrożeniem dla bezpieczeństwa energetycznego** płynącym z przedstawionych opcji dywersyfikacji miksu jest wzrost (przynajmniej przejściowy, jako technologii pomostowej) roli elektrowni gazowych, operujących na importowanym surowcu. Działaniami zmniejszającymi związane z tym ryzyka ekonomiczne i polityczne byłaby wspomniana rozbudowa europejskiego systemu energetycznego (w szczególności regionalnej infrastruktury przesyłowej), dywersyfikacja źródeł dostaw gazu oraz inwestycje w rozwój wydobycia tego surowca z krajowych złóż niekonwencjonalnych.

Źródło: Opracowanie własne

**Ważną decyzją z punktu widzenia rządu jest ta o stopniu centralizacji polskiej energetyki. Brak odpowiednich regulacji i inwestycji w infrastrukturę zamknie bowiem drogę dla rozwoju źródeł rozproszonych.**

prawdopodobnie w stanie samodzielnie zaspokoić wszystkich potrzeb energetycznych Polski, ze względu na ograniczenia o charakterze technicznym i ekonomicznym. Przykłady międzynarodowe (por. Ramka III.3) wskazują jednak, że przy sprzyjających okolicznościach zewnętrznych i bodźcach regulacyjnych, mogą one w krótkim czasie zająć istotne miejsce w miksie energetycznym, stanowiąc ważne uzupełnienie generacji wielkoskalowej, wzmacniając konkurencję na rynku energii i przyczyniając się do obniżenia wydatków na energię odbiorców detalicznych.

Generacja rozproszona pojawia się we wszystkich analizowanych scenariuszach modernizacyjnych, jednak w przypadku **Modelu francuskiego** oraz **Europejskiego węgla** jej rola pozostaje niewielka wobec słabego wsparcia ze strony państwa, a sektor energetyczny wciąż jest zdominowany przez duże elektrownie (głównie węglowe lub jądrowe). W przypadku **Rozproszonej samowystarczalności** i **Rozproszonej integracji** państwo podejmuje dodatkowy wysiłek regulacyjny oraz inwestycyjny w celu poprawy sytuacji drobnych inwestorów wchodzących na rynek energetyczny. Akceptowany jest przy tym spadek znaczenia dużych spółek energetycznych i mniejsza kontrola nad wytwarzaniem energii niż w systemie scentralizowanym. W wariantcie **Pełnej dywersyfikacji** źródła rozproszone są jednym z kilku równoprawnych elementów zróżnicowanego miksu energetycznego.

Poszczególne warianty technologiczne produkcji energii elektrycznej w różnym stopniu ułatwiają lub utrudniają dopasowanie geograficzne struktury podaży i popytu na energię elektryczną, co z kolei rzutuje na oczekiwany zakres strat przesyłowych (por. Wykres III.28). W kolejnych dekadach rozkład przestrzenny popytu na energię elektryczną powinien przesuwać się w ślad za rozwojem ośrodków gospodarczych na północy i wschodzie

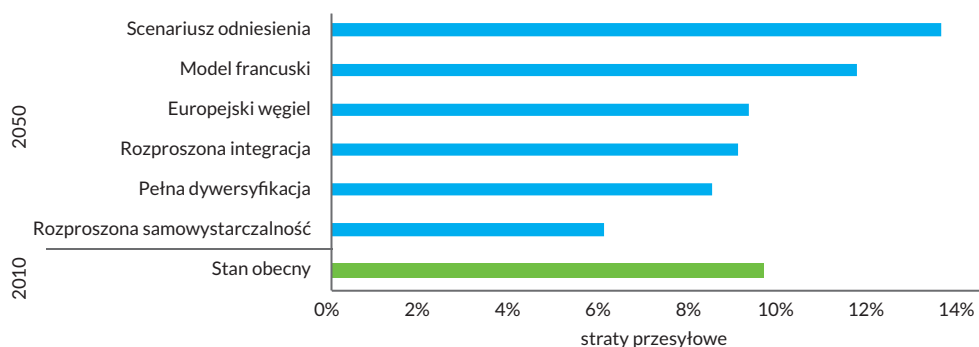
kraju i wzrostem zapotrzebowania na energię elektryczną ze strony sektora usługowego i gospodarstw domowych. Utrzymanie dotychczasowego skupienia dużych jednostek wytwórczych na południowym zachodzie Polski, w historycznych ośrodkach przemysłowych, będzie więc prawdopodobnie skutkowało wydłużeniem średniego dystansu między producentem a odbiorcą energii oraz, co za tym idzie, zwiększeniem strat przesyłowych w tych scenariuszach energetycznych, w których moce produkcyjne są silniej scentralizowane. Drugą istotną zmianą rzutującą na poziom strat jest rozproszenie odbiorców energii elektrycznej w miarę unowocześniania się gospodarki i wzrostu znaczenia niewielkich, wyspecjalizowanych zakładów produkcyjnych i nowoczesnych firm usługowych. Przesunięcie popytu w stronę sieci średnich i niskich napięć przy utrzymaniu scentralizowanej struktury wytwarzania spowoduje wyższe straty przesyłowe związane z konieczną transformacją energii na drodze od producentów operujących na sieciach najwyższych napięć do coraz bardziej rozproszonych odbiorców końcowych. W razie niedopasowania struktur podaży i popytu straty sieciowe w polskim systemie będą narastały w kolejnych dekadach nawet pomimo realizacji prac modernizacyjnych. Źródła rozproszone oraz elektrownie systemowe o małej mocy pozwalają na poprawę zarówno geograficznego, jak i systemowego dopasowania popytu i podaży, ograniczając tym samym straty przesyłowe silniej

**Dzięki rozwojowi infrastruktury energetycznej szczególnie na północy i wschodzie kraju możliwe będzie ograniczenie strat w przesyłach energii elektrycznej.**

w tych scenariuszach, w których stopień decentralizacji generacji energii elektrycznej jest większy (por. Wykres III.28). Oprócz odmiennej struktury produkcji elektrycznej, rozważane warianty modernizacji istotnie różnią się pod względem ogólnej zainstalowanej mocy. Wynika to z różnego efektywnego czasu pracy poszczególnych technologii (por. Ramka III.5).

Technologie dyspozycyjne, wykorzystujące węgiel, gaz, energię nuklearną czy biomasę, są w stanie pracować przez 70-90% czasu, tworząc podstawę systemu energetycznego i zabezpieczając pokrycie zapotrzebowania na moce w każdych warunkach. Z kolei technologie cechujące się ograniczoną dyspozycyjnością (wiatr, fotowoltaika) wykorzystują zainstalowane moce tylko przy odpowiednich porach dnia, roku czy warunkach

**Wykres III.28. Straty przesyłowe w scenariuszach (% finalnego zużycia energii elektrycznej); 2010, 2050**



Źródło: Opracowanie własne

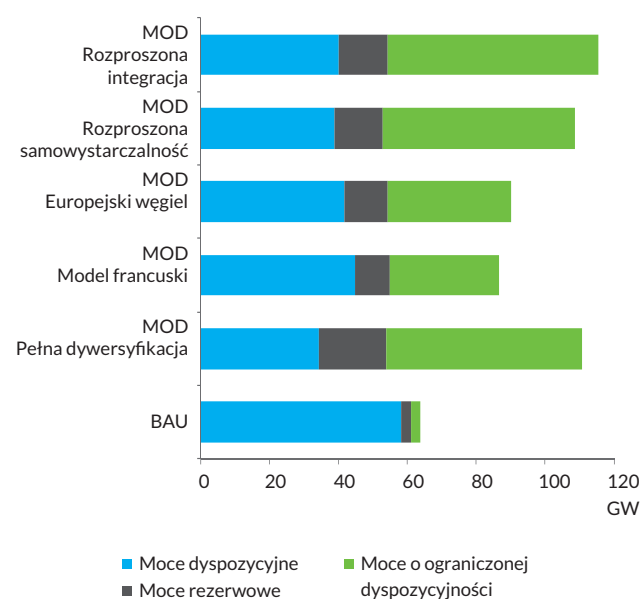
### Ramka III.5. Moc elektrowni a produkcja energii elektrycznej

Przy porównywaniu kosztów i korzyści różnych opcji energetycznych należy zwracać uwagę na stopień wykorzystania mocy w elektrowniach korzystających z odmiennych technologii produkcji energii. Produkcja energii z jednostek o tej samej mocy może się bowiem różnić kilkukrotnie.

**Przykład 1:** 1 GW mocy elektrowni węglowej, wykorzystanie mocy na poziomie 80%  
 $80\% \times 1 \text{ GW} \times 8760 \text{ godzin w roku} = 7008 \text{ GWh} = 7 \text{ TWh}$  produkcji energii elektrycznej rocznie

**Przykład 2:** 1 GW mocy farm wiatrowych na lądzie, wykorzystanie mocy na poziomie 20%  
 $20\% \times 1 \text{ GW} \times 8760 \text{ godzin w roku} = 1752 \text{ GWh} = 1,75 \text{ TWh}$  produkcji energii elektrycznej rocznie

Wykres III.29. Moce produkcyjne energetyki krajowej – scenariusz modernizacji; 2050



Źródło: Opracowanie własne

Tabela III.9. Wykorzystanie mocy w różnych typach elektrowni i instalacji prądotwórczych

Typ elektrowni	Wykorzystanie mocy
Węglowa – istniejąca	50-70%
Węglowa – nowa	80-90%
Gazowa	75-85%
Jądrowa	80-90%
Biomasy	55-75%
Wiatrowa – ląd	18-20%
Wiatrowa – morze	35-40%
Rozproszone dyspozycyjne	60-70%
Fotowoltaika	10-12%

Źródło: Opracowanie własne

Stopień wykorzystania mocy elektrowni wpływa więc zarówno na ocenę wysokości nakładów początkowych danej technologii (tańsza moc nie oznacza niższych nakładów kapitałowych na produkcję jednostki energii), jak i na interpretację struktury mocy w systemie energetycznym (duże różnice w mocy zainstalowanej w zależności od udziału technologii wiatrowych i słonecznych w miksie). Należy jednak podkreślić, że sama w sobie niższa dyspozycyjność i konieczność wybudowania większej ilości mocy nie musi świadczyć o nieopłacalności danej technologii, gdyż niższe wydatki bieżące (koszty operacyjne, paliwo) mogą zrównoważyć wyższe nakłady początkowe na moce produkcyjne. Miarą porównującą pełny koszt produkcji energii elektrycznej jest LCOE, opisane w Ramce III.6.

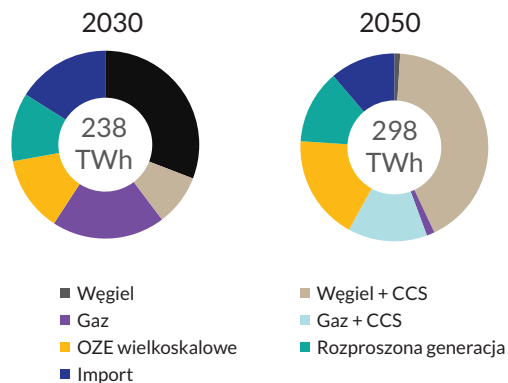
Źródło: Opracowanie własne

pogodowych, a więc przez 10-40% czasu (por. Tabela III.9). Także w scenariuszach przewidujących zaspakajanie części popytu krajowego importem elektryczności zakładamy, że dyspozycyjne źródła krajowe pokrywają zapotrzebowanie szczytowe, zaś import cechuje się ograniczoną dyspozycyjnością i nie tworzy podstawy systemu, a jedynie wspomaga krajowe moce szczytowe i rezerwowe.

Jedynym wyjątkiem jest scenariusz **Rozproszona integracja**, w którym udział energii ze źródeł dyspozycyjnych (a więc takich, do których polscy odbiorcy będą mieli zapewniony dostęp

w każdym warunkach) w wolumenie importowanej energii wynosi 1/3 do 2030 roku, 1/2 w latach 2030-2040 oraz 2/3 po roku 2040. Na stopień wykorzystania mocy wpływa też sytuacja na rynku energii elektrycznej. Jednostki o wysokich bieżących kosztach wytworzenia dodatkowej jednostki energii mogą jedynie incydentalnie znajdować nabywców na swoją produkcję, pełniąc co najwyżej rolę mocy domykających lukę energii w szczycie zapotrzebowania. Choć trzon mocy rezerwowych tworzą docelowo źródła gazowe, które cechują się wysoką dyspozycyjnością oraz relatywnie niskim kosztem budowy, to po roku 2020 do rezerwy przechodzi także część starszych bloków węglowych,

Wykres III.30. Produkcja energii elektrycznej według źródeł, Europejski węgiel



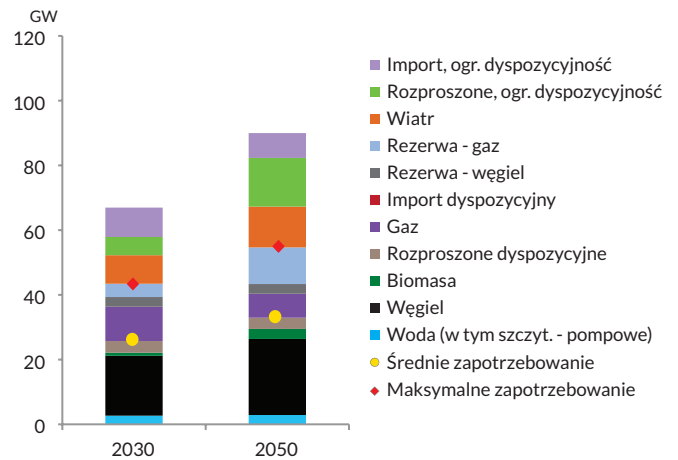
Źródło: Opracowanie własne

tracących konkurencyjność rynkową w podstawie systemu na rzecz nowych, efektywniejszych jednostek.

## Europejski węgiel

Wariantem modernizacji polskiej energetyki, w którym w roku 2050 elektrownie węglowe nadal tworzą trzon systemu energetycznego jest **Europejski węgiel**. Zakłada on, że do ograniczenia emisji CO<sub>2</sub> dojdzie dzięki instalacji systemów przechwytywania i składowania dwutlenku węgla (CCS), zaś emisja związków rtęci, kadmu, siarki, azotu i pyłów będzie zmniejszana dzięki instalowaniu coraz bardziej zaawansowanych filtrów przechwytyjących zanieczyszczenia. Scenariusz podzielony jest na dwie fazy. Do roku 2030 trwa proces dywersyfikacji źródeł energii – na znaczeniu zyskują odnawialne źródła wielkoskalowe (przede wszystkim wiatr) i rozproszone, uzupełnione o elektrownie gazowe zapewniające stabilność systemu. Jednocześnie polski system energetyczny otwiera się na źródła zagraniczne. Główny strumień inwestycyjny dotyczy jednak niskoemisyjnych elektrowni węglowych – już w 2030 roku jednostki z systemem CCS zyskują udział w miksie porównywalny z wielkoskalowymi OZE

Wykres III.31. Zainstalowane moce – Europejski węgiel



Źródło: Opracowanie własne

i źródłami rozproszonymi. W latach 2030-2050 konwencjonalne moce węglowe i gazowe są wycofywane lub przechodzą do rezerwy, a ich miejsce zajmują kolejne elektrownie z instalacjami CCS.

Zaletą tego scenariusza jest umożliwienie długookresowego wykorzystywania krajowych zasobów węgla do celów energetycznych, co może nie być bez znaczenia, jeśli otoczenie międzynarodowe będzie zbyt niestabilne – gospodarczo lub politycznie – żeby oparcie energetyki np. o importowany gaz było opłacalne ekonomicznie i bezpieczne strategicznie. Połączenie otwartości polskiego systemu energetycznego z inwestycją w rozwój technologii redukujących emisje gazów cieplarnianych pozwala w tym scenariuszu na trwałe wkomponowanie polskich mocy węglowych w szerszy, europejski, system energetyczny. Jednocześnie częściowa dywersyfikacja krajowych źródeł energii pozwala na ograniczenie – w porównaniu ze stanem obecnym oraz scenariuszem odniesienia – zależności polskiej energetyki od jednego surowca, a także ułatwia spełnienie ambitnych celów redukcyjnych. Główne mankamenty scenariusza są ściśle związane z problemami, z którymi boryka się obecnie

Schemat III.5. Problemy i szanse technologii CCS



Źródło: Opracowanie własne

Tabela III.10. Zmiana zużycia węgla w elektroenergetyce względem 2010

	2030	2050
BAU Scenariusz odniesienia	41%	66%
MOD Europejski węgiel	-28%	-12%
MOD Pełna dywersyfikacja	-39%	-77%
MOD Model francuski	-39%	-77%
MOD Rozproszona samowystarczalność	-41%	-87%
MOD Rozproszona integracja	-41%	-87%

Źródło: Opracowanie własne



technologia CCS. Możliwość jej wdrożenia na dużą skalę w warunkach polskich jest dziś wysoce niepewna ze względów gospodarczych (kapitałochłonność), technicznych (możliwości realizacji) oraz społecznych (akceptacja dla stosowania na dużą skalę). Technologia ta powoduje istotne zmniejszenie sprawności bloków energetycznych, przez co do wytworzenia tej samej ilości energii niezbędne jest zużycie większej ilości surowca. W efekcie jej wdrożenie jest nie tylko kapitałochłonne, ale i kosztowne w fazie użytkowania. Problem wysokiego zużycia węgla przez krajową energetykę, a więc zapewne uzależnienia od importu podobnego tematu, z jakim liczymy się w scenariuszu odniesienia, nie jest w tym przypadku rozwiązany.

## Model francuski

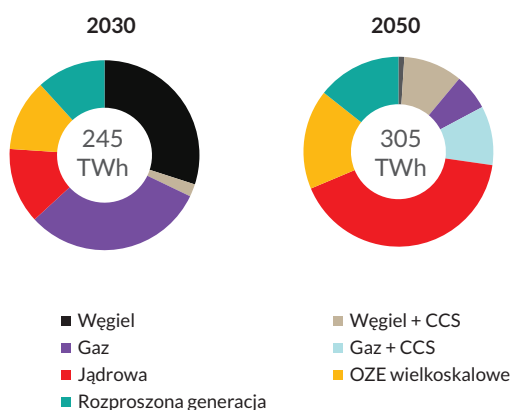
Drugi rozważany wariant modernizacji o wysokim stopniu centralizacji – **Model francuski** – ilustruje konsekwencję przyjęcia przez polską energetykę jednoznacznego kursu nuklearnego. Przewiduje on budowę 4,5 GW mocy jądrowych w perspektywie roku 2030 oraz podjęcie decyzji o inwestycjach w kolejne moce wytwórcze w późniejszym okresie – 7,5 GW w latach 2030-2040 oraz 6 GW w latach 2040-2050. Rozłożone na prawie czterdzieści lat inwestycje w kilka dużych obiektów spowodują, że w roku 2050 niemal połowa energii elektrycznej pochodzącej będzie ze elektrowni atomowych. Systematycznie rozbudowana energetyka jądrowa miałaby więc w zgodzie z tym scenariuszem zastąpić większość mocy węglowych w podstawie systemu. Resztę miks stanowić będzie kombinacja elektrowni gazowych ze źródłami odnawialnymi oraz generacją rozproszoną. Gaz pełni w tym scenariuszu także rolę technologii pomostowej, zastępując wychodzące z użycia moce węglowe do czasu wybudowania elektrowni atomowych. Elektrownie zasilane paliwami kopalnymi zostaną przy tym docelowo wyposażone w technologię wychwytywania i składowania dwutlenku węgla (CCS) – pierwsze instalacje pojawią się w miksie w perspektywie roku 2030, jednak dalsze zwiększanie się ich udziału w miksie zostaje zahamowane przez stabilnie rozbudowywane krajowe moce jądrowe.

Uzależnienie rozwoju sektora energetycznego od udanej realizacji niewielkiej liczby wielkich projektów jest jednocześnie zaletą i wadą tego kształtu polskiej energetyki. Transformacja jest jednak stopniowa (w 2030 roku elektrownie atomowe dostarczą tylko ok. 15% energii elektrycznej w Polsce) a co za tym idzie nie wiąże się z nadmiernie skoncentrowanym wysiłkiem inwestycyjnym w żadnej dekadzie i umożliwia elastyczną adaptację do zmieniających się okoliczności zewnętrznych. Główną zaletą scenariusza jest znaczące obniżenie negatywnych efektów wewnętrznych energetyki i jej podatności na wahania cen surowców kopalnych. Znaczącymi zasobami uranu dysponują bowiem także demokratyczne kraje sojusznice takie jak Kanada czy Australia. Złożoność transformacji polskiej energetyki jest niższa niż w innych scenariuszach, a polityka energetyczna może skupić zasoby materialne i organizacyjne na prowadzeniu działań w jasno zdefiniowanym obszarze. Znacząca rozbudowa mocy jądrowych po 2030 roku będzie prostsza ze względu na zgromadzone wcześniej doświadczenia. Z drugiej strony, zajęcie dużej części rynku energetycznego na wiele dekad przez kolejne obiekty nuklearne może zdeterminować kształt polskiego systemu energetycznego na całą drugą połowę XXI wieku, czyniąc go równie nieelastycznym jak w wariantcie odniesienia. Co więcej, budowa elektrowni jądrowych wymaga dużych nakładów początkowych oraz znacznego wysiłku organizacyjnego, wiąże się też z niepewnością dotyczącą przyszłych standardów bezpieczeństwa oraz percepcji społecznej tej technologii. Ewentualne problemy i opóźnienia w realizacji poszczególnych projektów będą stanowiły większe ryzyko dla całego systemu niż w bardziej zdyspersyfikowanych scenariuszach. Z kolei zmiana przyszłych nastrojów społecznych i silny opór przeciwko technologii jądrowej mogą nie tylko podnieść koszt finansowania, ale nawet spowodować wycofanie się z już zrealizowanych inwestycji i zmarnotrawienie zasobów. Orientacja nuklearna powoduje, że inne źródła wielkoskalowe ulegają marginalizacji, a dalszy rozwój generacji rozproszonej jest zablokowany.

## Rozproszona samowystarczalność

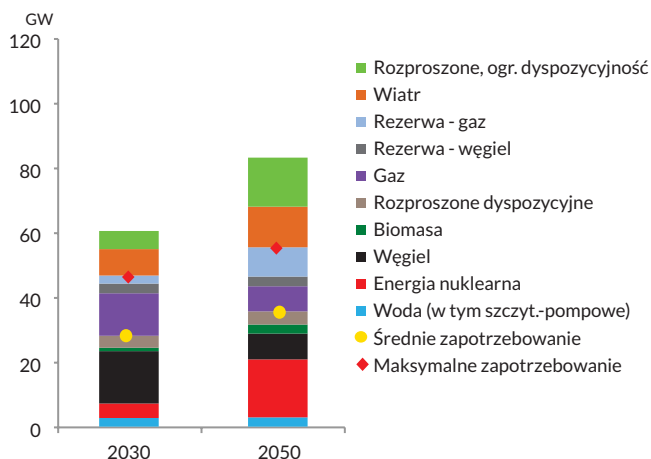
Modernizację energetyki poprzez oparcie jej o liczne, niewielkie źródła wytwórcze, opisuje wariant **Rozproszonej samowystarczalności**. W tym scenariuszu to nie coraz kosztowniejszy do

Wykres III.32. Produkcja energii elektrycznej według źródeł, Model francuski



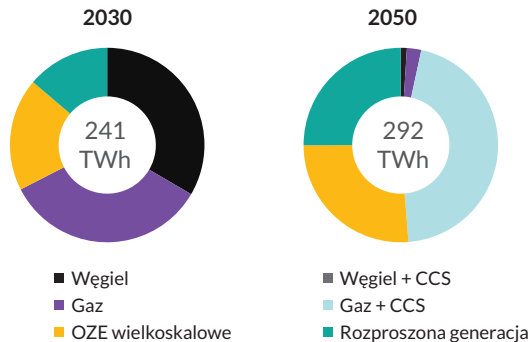
Źródło: Opracowanie własne

Wykres III.33. Zainstalowane moce – Model francuski



Źródło: Opracowanie własne

Wykres III.34. Produkcja energii elektrycznej według źródeł, Rozproszona samowystarczalność



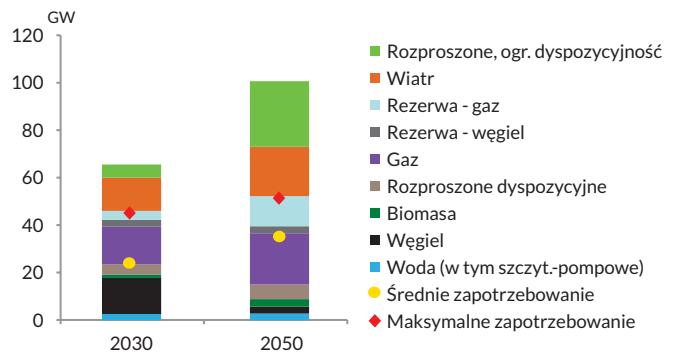
Źródło: Opracowanie własne

wydobycia krajowy węgiel, ale źródła odnawialne i wykorzystanie gazu łupkowego zapewnia samowystarczalność energetyczną oraz stabilność i elastyczność systemu energetycznego. Wycofywane moce węglowe są sukcesywnie zastępowane elektrowniami gazowymi, początkowo korzystającymi z importowanego surowca, a po 2020 roku już z gazu z krajowych złóż konwencjonalnych i niekonwencjonalnych. Jest to więc scenariusz, którego realizacja zależeć będzie od rozwoju wydobywania gazu w Polsce oraz stworzenia niezbędnej infrastruktury prawnej umożliwiającej jego opłacalne wydobycie i wykorzystanie do celów energetycznych. Energia produkowana jest w znacznym stopniu na poziomie poszczególnych powiatów, miast, a nawet zakładów przemysłowych i gospodarstw domowych – realizuje się więc model rozproszonego rozwoju polskiej energetyki, co zwiększa odporność systemu na awarie pojedynczych instalacji. Newralgicznym surowcem dla energetyki staje się gaz, dlatego szczególna uwaga poświęcana jest zarówno pełnemu wykorzystaniu krajowych złóż gazu – łupkowego i konwencjonalnego – jak i dywersyfikacji źródeł jego dostaw z zagranicy.

Zaletą przedstawionego scenariusza jest utrzymanie wysokiego stopnia niezależności energetycznej na poziomie kraju pomimo stopniowego – rozłożonego na 40 lat – odchodzenia od energetyki węglowej. Korzyścią systemową jest także dopasowanie struktury generacji do coraz bardziej rozproszonego popytu na energię elektryczną, co pozwoli zmniejszyć straty przesyłowe. Do wad tego scenariusza zaliczyć należy przede wszystkim dużą wrażliwość na efekt poszukiwań i eksploatacji krajowych złóż gazu łupkowego.

W razie niepowodzenia „łupkowej rewolucji” w Polsce konieczne może się okazać znaczące zwiększenie importu tego surowca albo pozostawienie części dużych elektrowni węglowych w miksie energetycznym. Scenariusz cechuje się więc także wysoką wrażliwością na wahania światowych cen gazu. Podobnie jak w przypadku **Europejskiego węgla**, występują w nim duże ryzyka związane z wprowadzeniem technologii CCS. Jednak w przypadku elektrowni gazowych ilość wychwytywanego dwutlenku węgla, a więc również koszty związane z jego transportem i składowaniem, są niższe niż w bardziej emisyjnych elektrowniach węglowych. Dodatkowo, przyszły rozwój technologii pozyskiwania gazu ze złóż niekonwencjonalnych może pozwolić na

Wykres III.35. Zainstalowane moce – Rozproszona samowystarczalność



Źródło: Opracowanie własne

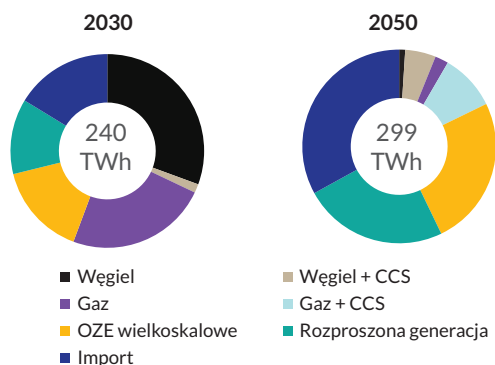
produktywne wykorzystanie wychwyconego dwutlenku węgla dla zwiększenia wydobywania gazu łupkowego.

## Rozproszona integracja

Podobnie jak w przypadku **Rozproszonej samowystarczalności**, modernizacja drogą **Rozproszonej integracji** zakłada, że polska polityka energetyczna ukierunkowuje się na rozwój źródeł odnawialnych i rozproszonych. W tym scenariuszu nie dochodzi jednak do rozwoju krajowej energetyki gazowej, a zamiast tego polski sektor energetyczny w perspektywie roku 2050 głęboko integruje się z systemem ogólnoeuropejskim, opartym o energię pozyskiwaną ze źródeł odnawialnych w najbardziej sprzyjających lokalizacjach na kontynencie oraz o generację rozproszoną. Z racji relatywnie słabych zasobów OZE, Polska sprowadza ok. 1/3 energii spoza własnego terytorium. Paliwa kopalne stanowią utątek polskiego miksu energetycznego w roku 2050, zapewniając głównie moce rezerwowe i poprawiając stabilność systemu. Eliminuje to konieczność rozwoju kosztownych i niepewnych technologii CCS.

Wariant **Rozproszonej integracji** ilustruje, jaką ścieżką może podążać polska energetyka w razie utrzymania i wzmocnienia na szczeblu europejskim kursu na budowę wspólnego, zintegrowanego rynku energii bazującego na źródłach odnawialnych. Zasadniczą korzyścią przyjęcia tego kierunku będzie uniezależnienie się całej europejskiej energetyki od importu surowców spoza kontynentu oraz znaczne zmniejszenie negatywnych efektów zdrowotnych i środowiskowych funkcjonowania tego sektora. Jego realizacja będzie jednak wymagała skoordynowanych inwestycji w sieci przesyłowe oraz stabilnego, przewidywalnego otoczenia prawnego. Jest to szczególnie ważne w przypadku Polski – sprowadzanie dużej części energii elektrycznej spoza kraju wymaga pewności co do długoterminowych perspektyw współpracy europejskiej oraz równego traktowania wszystkich podmiotów na rynku krajowym i europejskim. Istotnym bodźcem dla rozwoju zintegrowanego europejskiego systemu energetycznego byłoby włączenie do niego następczości obszarów Afryki Północnej (np. projekt DESERTEC). Jednak, podobnie jak w przypadku ponadnarodowych projektów na kontynencie europejskim, udana realizacja tego rodzaju przedsięwzięć musi brać pod uwagę niepewne otoczenie polityczne i gospodarcze, jak

Wykres III.36. Produkcja energii elektrycznej według źródeł, Rozproszona integracja



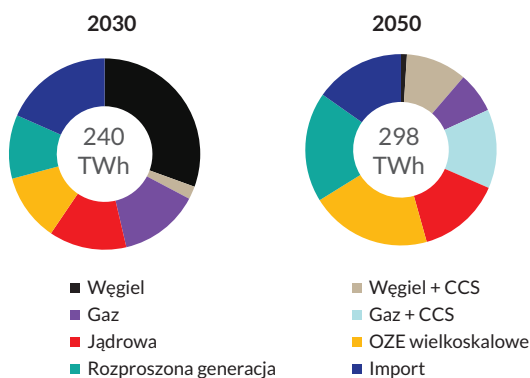
Źródło: Opracowanie własne

również komplikacje techniczne i wyzwania ekonomiczne związane ze zbudowaniem odpowiedniej infrastruktury przesyłowej. Pytaniem otwartym pozostaje, czy na szczeblu europejskim uda się przezwyciężyć te przeszkody i zapewnić otoczenie regulacyjne oraz infrastrukturę dającą możliwość realizacji scenariusza głębokiej integracji systemów narodowych.

## Pełna dywersyfikacja

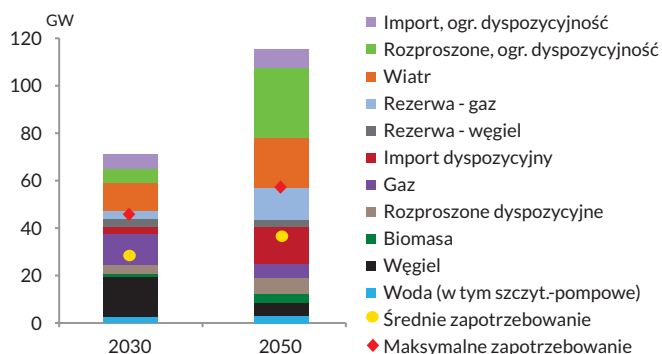
Założeniem **Pełnej dywersyfikacji** jest wykorzystanie wszystkich opcji technologicznych: paliwa kopalne, energetykę jądrową, źródła odnawialne, generację rozproszoną oraz import z systemu europejskiego. Stare źródła węglowe stopniowo zastępowane są więc przez zróżnicowany mix technologiczny. W perspektywie 2035 roku w pełni zrealizowane zostają plany budowy elektrowni jądrowej, a już w 2030 działa pierwsza instalacja CCS w elektrowni węglowej. Do roku 2050 wzrasta znaczenie wielkoskalowych OZE (zarówno krajowych, jak i europejskich) oraz generacji rozproszonych. Żadne źródło nie zyskuje pozycji dominującej, co umożliwia elastyczną adaptację inwestycji do zmieniających się warunków gospodarowania.

Wykres III.38. Produkcja energii elektrycznej według źródeł, Pełna dywersyfikacja



Źródło: Opracowanie własne

Wykres III.37. Zainstalowane moce – Rozproszona integracja

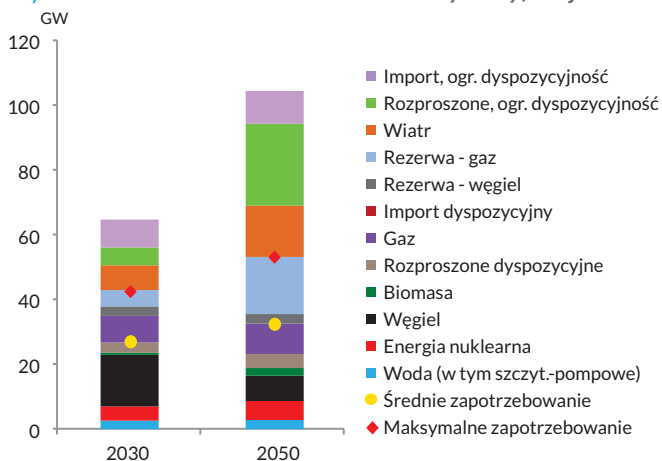


Źródło: Opracowanie własne

Mocną stroną tego wariantu modernizacji jest zmniejszenie ogólnego ryzyka transformacji polskiej energetyki poprzez rozłożenie go na dużą liczbę technologii. Podążanie tą drogą rozwoju nie zamyka żadnych drzwi, pozwalając na rewizję polityki energetycznej w razie znaczącej poprawy lub pogorszenia perspektyw dla któregoś z elementów mixu. Z kolei podstawową słabością przyjęcia tej strategii jest konieczność pogodzenia rozwoju różnorodnych źródeł energii w ramach jednego systemu. Wiąże się to zarówno z wyższymi początkowymi nakładami na „przetarcie szlaków” dla wszystkich opcji technologicznych oraz zdobycie odpowiedniego know-how, jak również pogodzeniem się z częstszymi niepowodzeniami regulacyjnymi niż w przypadku prostszych wariantów polityki energetycznej, skupiających się na jednej czy dwóch opcjach technologicznych. Wymienione w opisach pozostałych scenariuszy szanse i zagrożenia dotyczą też **Pełnej dywersyfikacji**, jednak w tym przypadku zarówno przetomy, jak i porażki technologiczne czy regulacyjne będą miały mniejszy wpływ na ostateczne koszty i korzyści płynące z przyjęcia tej ścieżki rozwoju polskiej energetyki.

Podsumowując, można powiedzieć, że rozpatrywane warianty rozwoju polskiej energetyki do roku 2050 różnią się między sobą proporcją wdrażanych rozwiązań technologicznych

Wykres III.39. Zainstalowane moce – Pełna dywersyfikacja



Źródło: Opracowanie własne

oraz strukturą i logiką działania sektora energetycznego. Jednocześnie współdzielą jednak kilka podstawowych cech bezpośrednio wynikających z celów, jakie postawiliśmy przed scenariuszem modernizacji:

- **Bezpieczeństwo dostaw jest zapewnione** – zainstalowane moce dyspozycyjne oraz – w przypadku scenariuszy z otwartą energetyką – możliwości importowe zawsze pokrywają zapotrzebowanie systemu krajowego. Sieci przesyłowe ulegają modernizacji i wzmocnieniu,
- **Bezpieczeństwo energetyczne znajduje się w centrum uwagi** – dywersyfikacja źródeł prowadzi do przebudowy wewnętrznej miksu na wzór doświadczeń innych państw tak, że docelowo żadna z technologii nie dostarcza więcej niż 50% konsumowanej energii elektrycznej i ciepła,
- **Zmiana miksu energetycznego jest ewolucyjna** – konwencjonalne elektrownie gazowe odgrywają rolę technologii pomostowej ze względu na relatywnie krótki cykl życia oraz dobre dopasowanie do potrzeb systemu z rosnącym udziałem źródeł o ograniczonej dyspozycyjności,
- **Wpływ na środowisko naturalne i na zdrowie obywateli** jest ważnym parametrem wyboru publicznego w polityce energetycznej – wymagania środowiskowe dotyczą m.in. emisji rtęci, kadmu, pyłów, tlenków azotu i siarki a także dwutlenku węgla. Nowe elektrownie korzystające z paliw kopalnych po roku 2030 są wyposażane w instalacje wychwytywania i składowania dwutlenku węgla (CCS). Wpływ uchylenia tego założenia (brak instalacji CCS) na koszty i korzyści związane z poszczególnymi scenariuszami omówiony jest w kolejnym podrozdziale.

## Koszty i korzyści modernizacji

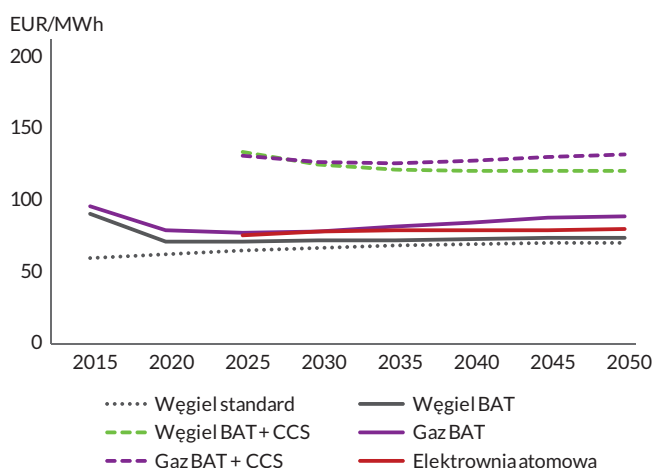
Dyskusja o alternatywnych technologiach energetycznych często ogranicza się do porównania nakładów inwestycyjnych niezbędnych do budowy nowych mocy, mimo, że koszt ich spłaty stanowić będzie jedynie ułamek pełnego kosztu produkcji energii w przyszłości. W rzeczywistości kompletny rachunek ekonomiczny wymaga uwzględnienia także innych parametrów: (1) kosztów bieżącego utrzymania, (2) nakładów na funkcjonowanie w sieci oraz (3) kosztu zużywanego paliwa. Dodatkową trudnością przy porównaniu ekonomicznej atrakcyjności alternatywnych rozwiązań technicznych jest to, że różnią się one nie

**Kompletna analiza kosztów technologii zawierać musi, oprócz nakładów konstrukcyjnych, również wydatki na bieżące utrzymanie obiektu, funkcjonowanie sieci oraz zużywane paliwo. Nie bez znaczenia jest też okres działania instalacji a także efektywność produkcji energii.**

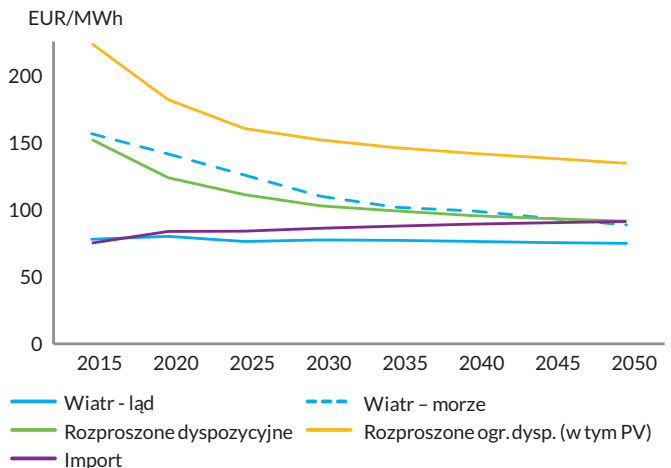
tylko ogólną skalą kosztów, ale i ich rozkładem w czasie oraz oczekiwanym okresem pracy elektrowni (por. Ramka III.5). Syntetyczną miarą, pozwalającą na dokonanie takiego porównania, jest wskaźnik LCOE, uwzględniający zarówno początkowe nakłady kapitałowe na budowę elektrowni i jej przyłączenie do sieci, jak i wszystkie koszty operacyjne związane z późniejszym funkcjonowaniem. Odzwierciedla on w przybliżeniu minimalną cenę prądu netto, jakiej wymaga

dana instalacja, aby możliwe było ekonomiczne zbilansowanie projektu w jego cyklu życia. Wartości LCOE dla najważniejszych rodzajów technologii składających się na rozpatrywane warianty modernizacji oraz koszt importowanej energii przedstawiają Wykresy III.40-41. Dla większej przejrzystości uwzględniliśmy tylko koszty bezpośrednie produkcji, bez kosztów przesyłu i nakładanych przez państwo podatków i opłat oraz efektów zewnętrznych (kosztów zdrowotnych i środowiskowych).

Wykres III.40. Koszt bezpośredni produkcji energii elektrycznej- źródła nieodnawialne



Wykres III.41. Koszt bezpośredni produkcji energii elektrycznej – źródła odnawialne, rozproszone oraz import



Uwaga: Przedstawione koszty dla źródeł rozproszonych dotyczą instalacji operujących na poziomie sieci niskich napięć. Koszty mocy rezerwowych dla scenariusza **Pełna dywersyfikacja**.

Źródło: Opracowanie własne

## Ramka III.6. LCOE – wskaźnik kosztu produkcji energii elektrycznej

**LCOE (ang. levelised cost of energy)** to miernik stosowany do porównywania kosztów wytworzenia dodatkowej jednostki energii elektrycznej z różnych źródeł. Jest to miara długookresowa (również ang. *long run marginal cost* – Hearsps, McConnell 2011). W założeniu LCOE to cena zrównująca przychody i koszty związane z budową i użytkowaniem instalacji prądotwórczej w okresie jej funkcjonowania. Konstrukcja LCOE podlega dwóm podstawowym założeniom:

1. Stopa dyskontowa  $r$  jest stabilna przez okres trwania projektu
2. Cały wygenerowany prąd jest natychmiast sprzedawany po stałej cenie energii elektrycznej

Ponadto koszty spłaty zainwestowanego kapitału rozłożone są na cały okres działania danej elektrowni – krótszy czas spłaty długu przełożyłby się na większe koszty finansowe w pierwszych dekadach działania i niższe koszty w późniejszym okresie. Wzór na LCOE (por. Tidball et al. 2010) przedstawia się następująco:

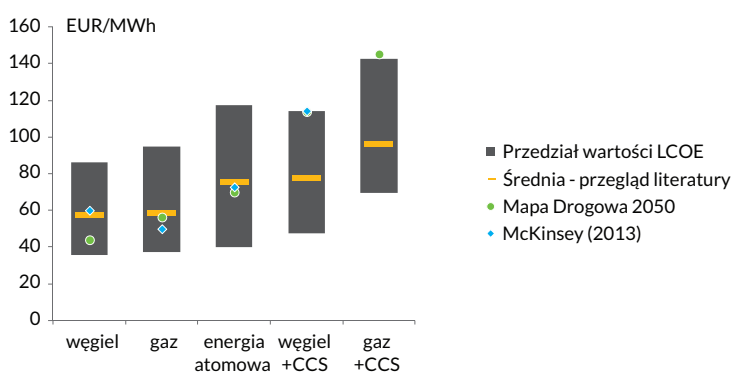
$$LCOE = \frac{OC \times S + \sum \frac{FC \times (1 + FE) + FOM \times S + VOM \times MWh \times (1 - DF)^n}{(1 + DR)^n}}{\sum \frac{MWh \times (1 - DF)^n}{(1 + DR)^n}}$$

Gdzie:

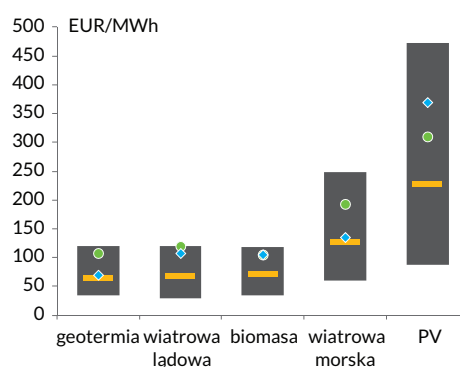
- **OC** – nakłady kapitałowe (np. EUR/MW)
- **S** – moc elektrowni (MW)
- **FC** – koszty paliwa (EUR/MWh)
- **FE** – czynnik eskalacji (roczna zmiana powyżej inflacji – %)
- **FOM** – stałe koszty operacyjne i utrzymania (z inflacją) – EUR/MW/rok
- **VOM** – zmienne koszty operacyjne i utrzymania (z inflacją) – EUR/MWh
- **MWh** – produkcja prądu (MWh/rok)
- **DF** – czynnik degradacji – roczny spadek produkcji energii na skutek zużycia kapitału
- **n** – liczba lat użytkowania elektrowni
- **e** – stopa inflacji (dla obliczenia FC, FOM i VOM w kolejnych latach)
- **DR** – stopa dyskontowa (nominalna, realna)
- **CF** – (ang. *capacity factor*) – współczynnik dostępności, czyli stosunek faktycznej produkcji energii i potencjalnej, wyliczonej przy pełnym wykorzystaniu mocy znamionowej elektrowni

Wartość wskaźnika LCOE zmienia się dwupłaszczyznowo: w zależności od źródła energii, ale i z uwagi na położenie geograficzne instalacji prądotwórczej. Np. koszty wytworzenia energii z wiatru czy energii słonecznej kształtują się w Polsce powyżej bardziej wietrznych lub nasłonecznionych terenów, a koszty technologii kapitałochłonnych niższe niż w krajach o wyższym ryzyku makroekonomicznym, a co za tym idzie wyższym koszcie finansowania zewnętrznego. W różnych opracowaniach podawane są różne wartości zarówno poszczególnych składników LCOE, jak i całego wskaźnika. Wykresy III.41-42 przedstawiają przedziały obecnych wartości LCOE wg technologii konwencjonalnych i OZE oszacowane na podstawie literatury przedmiotu. Wyróżnione zostały wskaźniki oparte na danych z niniejszego opracowania oraz studium McKinsey (2013) dla Polski.

**Wykres III.42.** Wartości LCOE poszczególnych technologii na tle innych opracowań, nieodnawialne źródła energii, 2015



**Wykres III.43.** Wartości LCOE na tle innych opracowań, odnawialne źródła energii, 2015



Uwaga: W obliczeniach LCOE dla danych McKinsey oraz w niniejszym opracowaniu przyjęto stopę dyskonta 9%.

Źródło: Opracowanie własne

W całym okresie elektrownie węglowe cechują się najniższym kosztem jednostkowym produkcji energii elektrycznej netto tj. bez uwzględnienia opłat emisyjnych. Dotyczy to zarówno standardowych nowych jednostek, jak również elektrowni budowanych po 2020 roku według najlepszych dostępnych technologii (ang. **best available technologies**, BAT) o najwyższych wskaźnikach sprawności. Spadek cen gazu przed rokiem 2025 związany z dywersyfikacją dostaw, pojawieniem się na rynkach światowych dużych ilości tego surowca z USA i Bliskiego Wschodu oraz wzrostem konkurencji w Polsce, przybliży do siebie koszty generacji w najbardziej efektywnych jednostkach węglowych i gazowych. Spodziewamy się jednak, w ślad za Międzynarodową Agencją Energii (IEA), ponownego wzrostu ceny niebieskiego paliwa po roku 2030, a tym samym także spadku relatywnej atrakcyjności bloków gazowych w drugiej połowie okresu objętego analizą (por. Tabela III.11).

Nie spodziewamy się znaczącego wzrostu realnych kosztów budowy elektrowni jądrowych na przestrzeni najbliższych 40 lat, ustalając go na konserwatywnym poziomie ok. 5 mld euro za 1MW mocy. Możemy więc oczekiwać, że także koszt produkcji prądu w tego typu instalacjach będzie się w całym okresie kształtował na poziomie zbliżonym do najefektywniejszych jednostek węglowych. Dodanie instalacji CCS do elektrowni węglowych i gazowych zmieniłoby ten stan rzeczy, prowadząc do znaczącego wzrostu kosztów działania technologii tradycyjnych, zarówno w wyniku pojawienia się wydatków na wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla (szacowanych początkowo na 60, a po roku 2035 na 30 euro za tonę CO<sub>2</sub>), jak i z powodu obniżenia sprawności elektrowni oraz wyższych kosztów budowy (por. Tabela III.11).

W odróżnieniu od technologii funkcjonujących na rynku od kilkudziesięciu lat, źródła odnawialne charakteryzują się stromą krzywą uczenia się, tj. wysoką dynamiką spadku kosztów inwestycyjnych wraz z postępem technicznym, efektami skali oraz gromadzonym know-how. W przypadku dojrzałych technologii już dziś rozpowszechnionych na polskim rynku, takich jak farmy wiatrowe na lądzie, pole do obniżenia kosztów jest mniejsze niż np. dla fotowoltaiki czy innych technologii mikrogeneracji, które nadal znajdują się na początku drogi swojego rozwoju

(por. Ramka III.3). Dlatego też LCOE dla morskich farm wiatrowych oraz źródeł rozproszonych spada w całym okresie znacznie szybciej niż w przypadku turbin instalowanych na lądzie. Dla importu z UE przyjęto konserwatywne założenie stopniowej

**Obecnie obserwujemy zarówno dynamiczny spadek cen energii ze źródeł odnawialnych (wiatr i fotowoltaika), jak i stopniowy wzrost cen prądu generowanego w elektrowniach konwencjonalnych.**

konwergencji cen do poziomu krajowego. Zapewnienie stabilności dostaw przy jednoczesnym przestrzeganiu coraz bardziej rygorystycznych norm środowiskowych w innych krajach europejskich sprawia, że cena energii importowanej stopniowo rośnie, choć przez cały okres pozostaje niższa od średnich

kosztów wytwarzania energii ze źródeł odnawialnych w Polsce. Przyczyniają się do tego lepsze warunki naturalne pozwalające na tańsze pozyskiwanie energii z OZE w Europie Zachodniej. Przedstawione LCOE w przypadku źródeł o ograniczonej dyspozycyjności (w tym importu) uwzględniają też koszty budowy i utrzymania mocy rezerwowych. W pierwszych kilkunastu latach są one znikome, gdyż system energetyczny może zostać zrównoważony przez rezerwy na poziomie scenariusza odniesienia, jednak po roku 2025 wymagana jest ich istotna rozbudowa. Dokładna wartość kosztów zrównoważenia źródeł o ograniczonej dyspozycyjności zależy od rozwoju całego sektora energetycznego w konkretnym wariantcie modernizacji, jednak ogólnie rzecz biorąc spowalniają one trend obniżania się kosztów technologii odnawialnych i rozproszonych.

Należy pamiętać, że jednostkowe koszty produkcji energii elektrycznej nie muszą się bezpośrednio przekładać na jej cenę rynkową, a tym samym na opłacalność systemową poszczególnych alternatyw technologicznych. Zaprezentowane wartości LCOE bazują na technicznych możliwościach użytkowania poszczególnych źródeł, podczas gdy rzeczywisty stopień ich wykorzystania jest ściśle uzależniony od wahań popytu na energię elektryczną oraz struktury miksu energetycznego. Źródła oparte o paliwa kopalne cechują się wyższymi kosztami krańcowymi produkcji energii. Jeśli znaczna część jej podaży pochodzić będzie ze źródeł

**Tabela III.11. Kluczowe założenia kosztowe dla scenariuszy energetycznych**

Rok	Cena węgla, EUR/tona mixu	Cena gazu, EUR/tys. m <sup>3</sup>	Koszt wychwyty i składowania CO <sub>2</sub>	Koszt budowy el. jądrowej, EUR/kW	Koszt małej instalacji PV, EUR/kW	Hurtowa cena importowanej energii, EUR/MWh
2020	56	300	-	-	1350	80
2030	65	300	40	5000	1075	83
2040	69	338	30	5000	950	85
2050	<b>70</b>	<b>385</b>	<b>30</b>	<b>5000</b>	<b>900</b>	<b>87</b>

Źródło: Opracowanie własne

o niskich lub zerowych kosztach krańcowych, niektóre elektrownie węglowe lub gazowe mogą nie znaleźć odbiorców dla swojej produkcji, poza wyjątkowymi sytuacjami, gdy zapotrzebowanie na rynku będzie bardzo wysokie. Stanie się tak, gdyż nabywcy w pierwszej kolejności kupują energię od jej najtańszych producentów, powodując powstanie tzw. **merit order** poszczególnych obiektów w systemie. Sytuację tę ilustruje Schemat III.6, przedstawiający trzy hipotetyczne rynki, przekładające się na różne wyniki ekonomiczne tej samej technologii – nowoczesnych elektrowni węglowych. Atrakcyjność inwestycji zależy od stopnia wykorzystania mocy wytwórczych – jeżeli będą one zbyt niskie, wysokie początkowe nakłady nie zrównoważą oszczędności powstałych przy produkcji energii. Wariant A. przedstawia rynek, na którym wydajne bloki węglowe mogą liczyć na wysoki stopień wykorzystania mocy, gdyż nawet przy najniższym popycie znajdują odbiorców na większość mocy

**W obliczu rewolucji technologicznej w odnawialnych źródłach energii oraz planów rządowych przewidujących rozwój energetyki jądrowej, ekonomiczny sens instalacji węglowych jest coraz mniejszy.**

– plasują się bowiem w czołówce wytwórców o najniższych kosztach krańcowych energii.

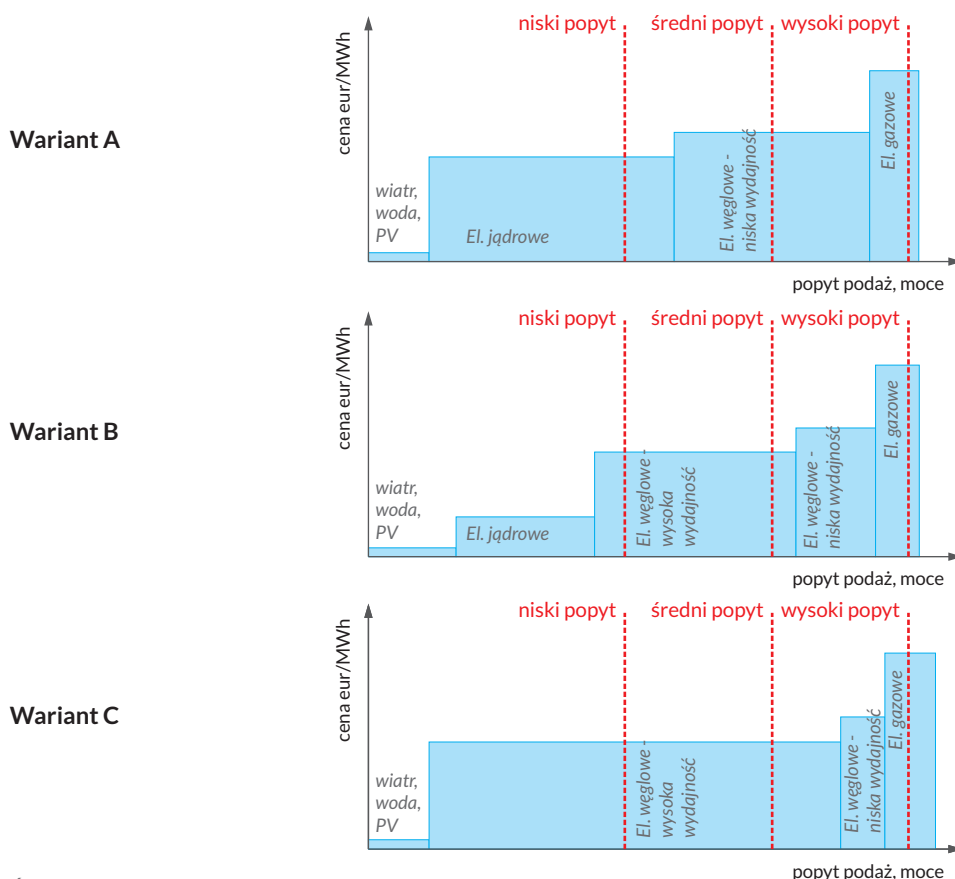
Inną sytuację obrazuje wariant B. W tym przypadku nawet najefektywniejsze elektrownie węglowe są wypychane ze stabilnej części rynku przez OZE oraz elektrownie jądrowe, które cechują się niskimi kosztami krańcowymi produkcji energii. Niepełne wykorzystanie mocy wytwórczych nie musi jednak wynikać jedynie z dywersyfikacji miks, co ilustruje wariant C. Na tym rynku

większość elektrowni węglowych jest bardzo efektywna – muszą więc konkurować ze sobą o klientów, co wywołuje zjawisko „kanibalizacji” mocy – jednostki, które mogłyby produkować energię przez 80-90% czasu, w rzeczywistości dostarczają energię na rynek znacznie krócej. Dodatkowym problemem dla elektrowni węglowych mogą być źródła o ograniczonej dyspozycyjności (farmy wiatrowe, fotowoltaika), które cechują się dużą zmiennością wolumenu wytwarzanej energii, a przez to mogą powodować konieczność kosztownych przestoju jednostek węglowych, jeżeli w systemie brakuje systemu (np. w postaci elastycznych mocy gazowych lub magazynów energii) mogących równoważyć te wahania.

W przypadku generacji rozproszonej, w szczególności na własny użytek, istotnym elementem wpływającym na ocenę opłacalności inwestycji jest przesył energii oraz jej opodatkowanie. Koszt produkcji energii w elektrowniach systemowych stanowi bowiem jedynie ok. 50% ceny końcowej dla gospodarstw domowych i ok. 60% dla firm. Z kolei podatek stanowi ok. 20% ceny – reszta to koszt przesyłu, utrzymanie systemu oraz marże dystrybutorów. Dlatego też drobnemu odbiorcy końcowemu może się opłacać wytwarzanie energii na własne potrzeby, jeżeli tylko koszt produkcji spadnie poniżej ceny energii elektrycznej „z gniazdka” (punkt zrównania się tych dwóch wartości to tzw. parytet sieci (ang. *grid parity*)).

Z tych względów scenariusz odniesienia oraz poszczególne warianty modernizacji polskiej energetyki cechują się odmiennymi zagregowanymi kosztami produkcji energii elektrycznej.

**Schemat III.6.** Rynek energii elektrycznej a merit order – różne warianty sytuacji rynkowej



Źródło: Opracowanie własne

### Bez względu na kierunek rozwoju polskiej energetyki, należy liczyć się z wysokimi nakładami modernizacyjnymi na rozbudowę i utrzymanie sieci.

(por. Tabela III.12) Obecny stan sieci energetycznych wymaga bowiem dużych nakładów modernizacyjnych niezależnie od kierunku, w którym podążać będzie polska energetyka. Istotniejszym czynnikiem różnicującym wybory technologiczne okazują się być za to wysokości strat przesyłowych wynikające z dopasowania struktury popytu i podaży na rynku energii elektrycznej.

Dodatkowym czynnikiem wpływającym na wysokość kosztów ponoszonych przez energetykę są opłaty za emisje gazów cieplarnianych. Obecnie taką opłatą jest koszt uprawnień do emisji ustalany w ramach europejskiego systemu handlu emisjami EU ETS. Ze względu na wysoką niepewność dotyczącą przyszłego kształtu europejskiej polityki klimatycznej, przyjmujemy relatywnie powolny, liniowy wzrost ceny uprawnień o 1 euro rocznie, poczynając od obecnego „dołka cenowego” aż do roku 2050 (Tabela III.13). Taka ścieżka może wynikać z powodzenia odrębnych programów wsparcia niskoemisyjnych technologii w krajach UE, co doprowadzi do spadku emisji w skali całej Europy bez wysokich cen EU ETS. Inną możliwością jest wprowadzenie jednego zestawu polityk publicznych na poziomie europejskim lub światowym, którego elementem – obok innych narzędzi obniżenia emisyjności gospodarki – będzie powoli rosnący podatek węglowy.

Z perspektywy niniejszej analizy ścieżkę cen uprawnień do emisji przyjęliśmy wyłącznie w celach ilustracyjnych, odwzorowując występowanie umiarkowanej, ale rosnącej presji polityki publicznej na obniżenie emisyjności energetyki w długim okresie. Wzrostowi tej presji sprzyjać będzie narastanie problemów środowiskowych, obniżenie kosztów niskoemisyjnych technologii

Różnice wynikają przede wszystkim z wysokości nakładów początkowych oraz kosztów bieżących technologii wchodzących w skład miks energetycznego w różnych scenariuszach. Koszty rozbudowy oraz utrzymania sieci, chociaż znaczące, niewiele się jednak różnią między poszczególnymi wariantami

oraz wzrost zamożności zarówno w Polsce jak i w innych krajach obecnie niechętnych zobowiązaniom redukcyjnym.

Wpływ poszczególnych kategorii kosztów na całkowity koszt produkcji energii ilustrujemy na przykładzie scenariusza odniesienia oraz wariantu **Pełnej dywersyfikacji** scenariusza modernizacji (por. Wykresy III.44-45). W scenariuszu odniesienia główną składową ogólnych kosztów pozostaje koszt zakupu paliwa, który stopniowo rośnie pomimo poprawy sprawności elektrowni węglowych. Nakłady kapitałowe, obecnie niskie, wzrastają w kolejnych dekadach, napędzane przez konieczność restytucji starych mocy i budowy nowych. Dwa najbliższe dziesięciolecia to również okres wysokich wydatków na modernizację i rozbudowę sieci. Modernizacja w wariantcie **Pełnej dywersyfikacji**

**Wyższe koszty budowy nowych elektrowni w scenariuszu modernizacji są równoważone przez niższe wydatki na paliwa oraz obniżenie ryzyka związanego z globalną polityką klimatyczną.**

wiąże się z wyższymi nakładami kapitałowymi na nowe moce niż w scenariuszu odniesienia ze względu na inwestycje w bardziej kapitałochłonne technologie takie jak elektrownie jądrowe czy farmy wiatrowe. Z czasem jednak inwestycje te przekładają się na obniżenie wydatków na paliwa – wybrane technologie są bowiem, przeciętnie rzecz biorąc, mniej paliwochłonne niż bloki węglowe. Jednocześnie, moder-

nizacja łączy się z dodatkowymi kategoriami kosztów – wychwytu i składowania CO<sub>2</sub> – pojawiającymi się wraz z wprowadzeniem technologii CCS. Sprowadzanie części energii z zagranicy pozwala jednak obniżyć nakłady kapitałowe na elektrownie krajowe, a jednocześnie zwiększyć konkurencję rynkową. W związku z rozwojem źródeł o ograniczonej dyspozycyjności i wymogiem pokrycia maksymalnego zapotrzebowania na moce przez elektrownie krajowe, konieczna jest jednak rozbudowa rezerw. Wiąże się to z niższymi wydatkami niż w przypadku elektrowni pracujących w podstawie systemu – rolę mocy rezerwowych pełnią bowiem cechujące się niskimi kosztami kapitałowymi jednostki gazowe.

Tabela III.12. Skumulowane koszty rozbudowy, modernizacji i utrzymania sieci (mld euro); 2010-2050

Scenariusz odniesienia	Europejski węgiel	Model francuski	Rozproszona samowystarczalność	Rozproszona integracja	Pełna dywersyfikacja
35,6	35,6	37,9	35,8	37,0	35,9

Źródło: Opracowanie własne

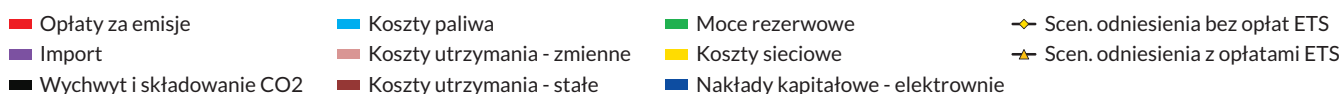
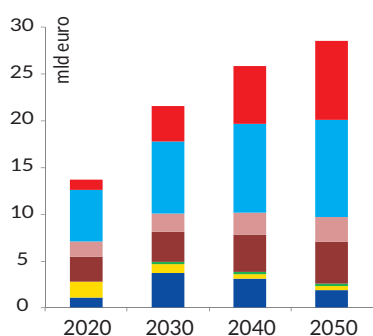
Tabela III.13. Zakładana ścieżka cen uprawnień do emisji w systemie EU ETS do roku 2050

	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Cena uprawnienia, EUR/tCO <sub>2</sub> e	15	5	10	20	25	30	35	40	45

Źródło: Opracowanie własne



Wykres III.44. Średnioroczne łączne koszty produkcji energii elektrycznej według kategorii – scenariusz odniesienia



Źródło: Opracowanie własne

Per saldo, koszty w scenariuszu odniesienia są niższe niż w scenariuszu modernizacji o ile emisja dwutlenku węgla nie jest opodatkowana. Wyjątkiem jest pierwsza dekada, kiedy to możliwość sprowadzania części energii spoza kraju w scenariuszu modernizacji prowadzi do przesunięcia części nakładów kapitałowych na kolejne lata. Uwzględnienie opłat za emisje sprawia, że koszty w wariantcie **Pełnej dywersyfikacji** scenariusza modernizacyjnego utrzymują się poniżej kosztów scenariusza odniesienia przez cały rozpatrywany okres, a różnica ta rośnie z każdym rokiem (por. Wykresy III.44-45).

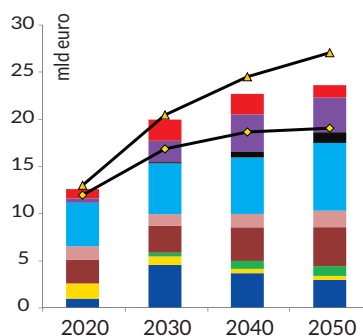
Porównanie struktury kosztów wariantu **Pełnej dywersyfikacji** ze scenariuszem odniesienia dobrze ilustruje ogólne prawidłowości modernizacji sektora energetycznego przedstawione w sposób zagregowany w Tabelach III.14-15. Scenariusz odniesienia cechuje się najniższymi kosztami łącznymi tylko w sytuacji braku opłat za emisje gazów cieplarnianych. W takiej sytuacji skumulowane koszty produkcji energii w latach 2010-2050 w **Modelu francuskim** oraz przy **Pełnej dywersyfikacji** byłyby o ok. 60 mld euro wyższe niż w scenariuszu odniesienia. Około dwa razy więcej trzeba by było dodatkowo wyłożyć na **Rozproszoną integrację** (ok. 100 mld euro) lub **Rozproszoną samowystarczalność** (120 mld euro). Wariant **Europejski węgiel** byłby najbardziej kosztowny – wymagałby bowiem poniesienia ponad 160 mld euro dodatkowych wydatków w porównaniu do scenariusza odniesienia.

**Opłaty za emisję dwutlenku węgla z jednej strony zwiększają koszty energetyki, a z drugiej stanowią źródło dochodów publicznych, które mogą zostać przeznaczone na cele modernizacyjne.**

koszty energetyki o ok. 70 mld euro w różnych wariantach modernizacji i aż o 190 mld euro w scenariuszu odniesienia. W tym przypadku jedynymi wariantami modernizacji, których koszt przewyższyłby koszt scenariusza odniesienia, są: **Rozproszona samowystarczalność** oraz **Europejski węgiel**. Warto zaznaczyć, że opłaty emisyjne byłyby jednocześnie źródłem dochodów

Uwzględnienie opłat za emisje zmienia ten obraz, zwiększając

Wykres III.45. Średnioroczne łączne koszty produkcji energii elektrycznej według kategorii – scenariusz modernizacji, Pełna dywersyfikacja



publicznych, a zatem mogłyby być przeznaczone na cele modernizacyjne. Ponadto duże kwoty skumulowanych kosztów energetyki na przestrzeni 40 lat przekładają się na relatywnie niewielkie roczne różnice pomiędzy scenariuszami wyrażone jako procent PKB w poszczególnych latach. Bez uwzględnienia opłat za emisje scenariusze modernizacji są kosztowniejsze od scenariusza odniesienia o 0,2-0,6% PKB rocznie. Opłaty zwiększają średnioroczne koszty produkcji energii elektrycznej o ok. 0,25% PKB dla scenariusza modernizacji oraz o 0,7% PKB dla scenariusza odniesienia, przez co różnica pomiędzy nimi maleje do zaledwie 0,1-0,3% PKB. Wysoki koszt scenariusza **Europejski węgiel** oraz **Rozproszona samowystarczalność** wynika przede wszystkim z wysokiego udziału elektrowni z systemem CCS w docelowym miksie energetycznym. W razie przyspieszenia postępu technicznego i znalezienia produktywnego zastosowania dla wychwyconego CO<sub>2</sub> na poziomie krajowym i europejskim (np. wsparcie wydobycia gazu) koszty tych scenariuszy istotnie się obniżą. W przypadku **Rozproszonej samowystarczalności** koszty podnosi dodatkowo oczekiwana cena gazu, której ścieżka na potrzeby niniejszego porównania jest wspólna dla wszystkich wariantów miksu. Ewentualny wzrost wydobycia krajowego gazu tępokowego przekładający się na spadek jego kosztu dla energetyki zwiększy atrakcyjność tej opcji modernizacyjnej, co jest spójne z opisującymi ją założeniami. Dla scenariuszy zakładających import energii istotne są jej ceny na poziomie europejskim. Stagnacja alternatywnych technologii wytwarzania energii może doprowadzić do szybszego wzrostu kosztów importu, jednak równocześnie zwiększy koszty produkcji krajowej.

Zaprezentowane koszty energetyki obejmują zarówno nakłady kapitałowe, jak i bieżące wydatki na funkcjonowanie elektrowni i całego systemu energetycznego. Przełożenie ich na ceny dla odbiorców końcowych wymaga uwzględnienia kosztu finansowania wydatków inwestycyjnych, co proporcjonalnie zwiększa koszt tych rozwiązań, które są bardziej kapitałochłonne. Symulowaną ścieżkę ceny energii elektrycznej dla gospodarstw domowych oraz przemysłu przedstawiają wykresy III.48-49. W związku z koniecznością poniesienia znacznych nakładów inwestycyjnych zarówno w scenariuszu odniesienia,

**Tabela III.14.** Koszty produkcji energii elektrycznej – bez uwzględnienia opłat za emisje i instalacją CCS po roku 2030 (mld euro)

bez ETS ale z CCS	mld euro				Razem 2010-2050	%PKB Średnia 2010-2050
	Średnioroczne					
	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050		
Europejski węgiel	12.5	19.1	25.5	29.4	864.5	3.1%
Rozproszona samowystarczalność	12.8	18.2	22.8	26.9	807.5	2.9%
Rozproszona integracja	12.6	18.4	23.1	25.7	797.4	2.9%
Pełna dywersyfikacja	12.2	18.7	21.7	23.5	761.1	2.7%
Model francuski	12.8	19.1	21.7	21.6	751.1	2.7%
Scenariusz odniesienia	12.6	17.8	19.7	20.1	701.4	2.5%

Źródło: Opracowanie własne

**Tabela III.15.** Koszty produkcji energii elektrycznej – z uwzględnieniem opłat za emisje i instalacją systemów CCS po roku 2030 (mld euro)

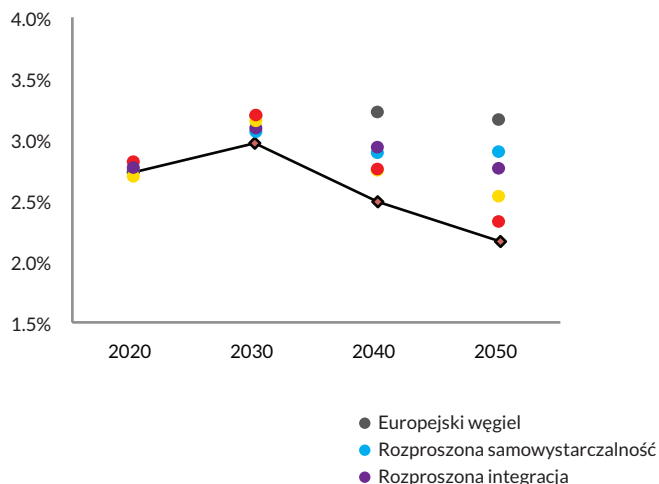
z ETS i z CCS	mld euro				Razem 2010-2050	%PKB Średnia 2010-2050
	Średnioroczne					
	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050		
Europejski węgiel	13.5	21.6	27.9	30.8	938.0	3.4%
Rozproszona samowystarczalność	13.8	20.9	25.6	28.5	888.2	3.2%
Rozproszona integracja	13.6	20.9	25.7	27.1	873.9	3.1%
Pełna dywersyfikacja	13.3	21.1	23.9	24.9	832.0	3.0%
Model francuski	13.9	21.5	24.0	22.9	823.6	3.0%
Scenariusz odniesienia	13.7	21.6	25.9	28.6	897.0	3.2%

Źródło: Opracowanie własne

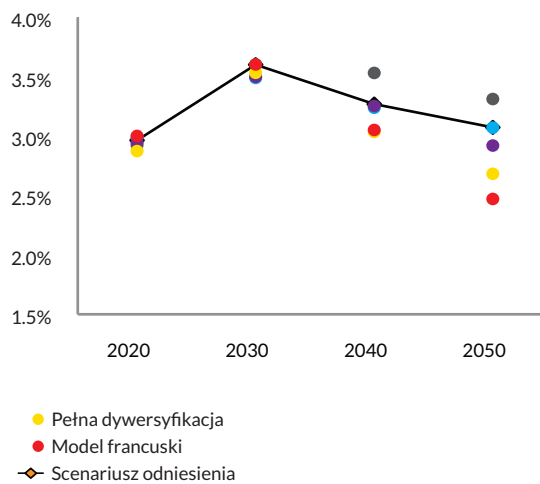
jak i modernizacji oczekujemy stopniowy wzrost cen energii dla odbiorców końcowych. Szacujemy, że bez uwzględnienia opłat za emisję gazów cieplarnianych wzrosną one w scenariuszu odniesienia o ok. 44%, przy czym wzrost jest szybszy przed rokiem 2030, co wynika z konieczności sfinansowania wymiany większości zdekapitalizowanych starych mocy węglowych, po czym spowalnia, podążając za zmianami cen węgla. W przypadku **Pełnej dywersyfikacji** nakłady kapitałowe i koszty operacyjne są wyższe, a więc także cena energii rośnie bardziej – w sumie

o 77% względem roku 2010, przy czym niebagatelny wpływ na jej dynamikę ma koszt inwestycyjny i operacyjny obsługi systemów przechwytywania i magazynowania dwutlenku węgla. Okazują się one jednak niższe niż opłaty za emisję, jakie trzeba by było ponieść w scenariuszu modernizacji, gdyby system ETS został utrzymany, a średnia cena uprawnień wzrosłaby do 45 euro/tonę CO<sub>2</sub>. W rezultacie uwzględnienie opłat za emisję skutkuje odwróceniem sytuacji – cena w scenariuszu modernizacyjnym okazują się być niższa (wzrost o 82 % względem 2010)

Wykres III.46. Koszty produkcji elektryczności bez ETS – % PKB (uwzględniono CCS)



Wykres III.47. Koszty produkcji elektryczności z ETS – % PKB (uwzględniono CCS)



Źródło: Opracowanie własne

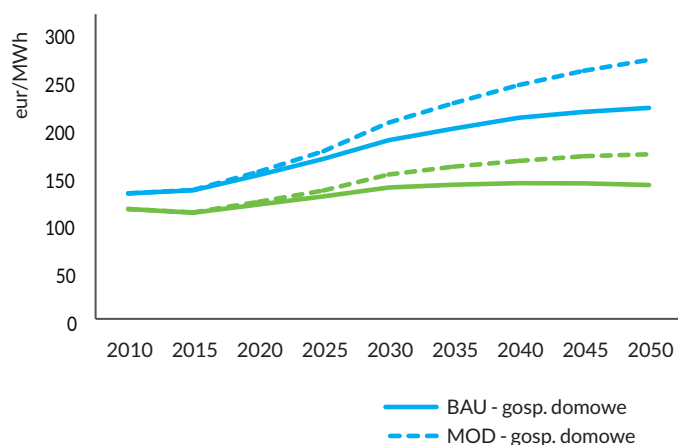
niż w scenariuszu odniesienia (wzrost o 100 % względem 2010). Można to traktować jako miarę ryzyka regulacyjnego, jakie wiąże się z wyborem czysto węglowej orientacji polskiej energetyki – nawet umiarkowany i stopniowy wzrost ceny uprawnień wystarcza, by wybór ten był – z punktu widzenia odbiorców końcowych – mniej atrakcyjny niż większość wariantów modernizacji.

W obecności opłat za emisję, aż cztery z pięciu rozpatrywanych wariantów modernizacji prowadzi do mniejszego wzrostu cen niż scenariusz odniesienia. Wyjątkiem jest **Europejski węgiel**, który pociąga za sobą znaczący wzrost cen elektryczności w związku ze znaczącymi kosztami przechwytywania i składowania dwutlenku węgla w tym scenariuszu. Wskazuje to na to, że zakładany docelowy poziom wartości uprawnień do emisji (45 euro/tonę CO<sub>2</sub>)

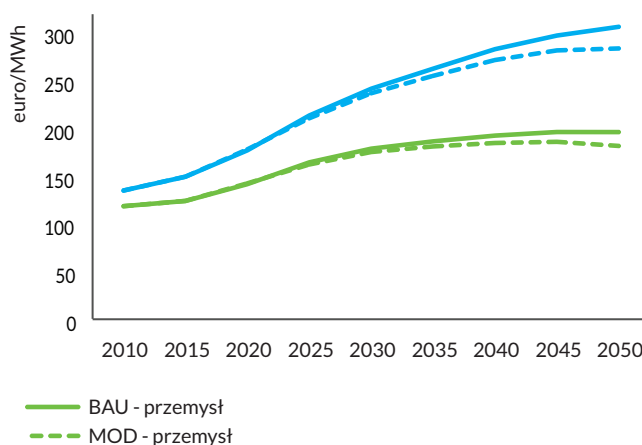
jest niższy niż szacowane koszty technologii CCS – sam w sobie nie uzasadniając jej wdrażania na dużą skalę. Inaczej jest w przypadku **Rozproszonej samowystarczalności**, gdzie koszty technologii CCS są po części rekompensowane przez wysoki udział generacji rozproszonej obniżającej cenę dla odbiorców detalicznych – podobny efekt występuje też w przypadku **Rozproszonej integracji**. Porównanie cen energii elektrycznej w różnych scenariuszach z obecnymi cenami w UE-27 i Niemczech przedstawia Wykres III.53.

To, w jakich proporcjach, oczekiwany wzrost ceny energii elektrycznej, przełoży się na wzrost ceny energii dla przemysłu i dla gospodarstw domowych, zależy będzie od przyszłej polityki państwa. Relacja między ceną energii elektrycznej dla odbiorców

Wykres III.48. Symulowana cena energii elektrycznej – scenariusz odniesienia i modernizacji Pełna dywersyfikacja, bez uwzględnienia EU ETS



Wykres III.49. Symulowana cena energii elektrycznej w scenariuszu odniesienia i modernizacji Pełna dywersyfikacja, z uwzględnieniem EU ETS

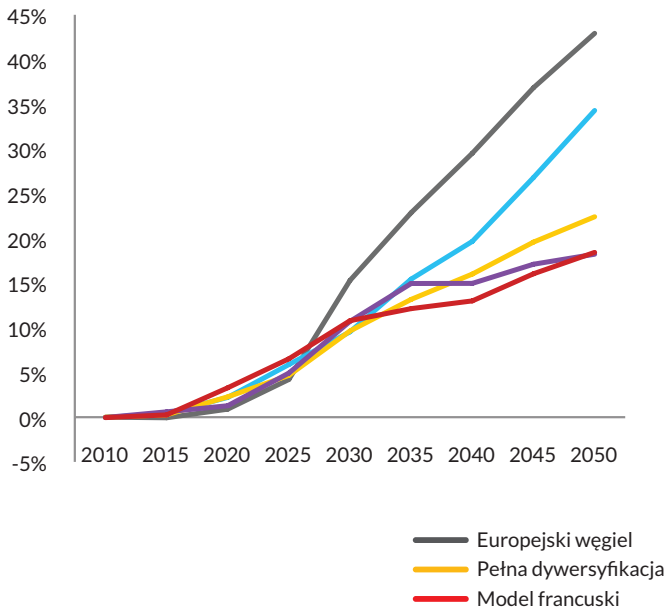


Uwaga: Gospodarstwa domowe – grupa DC (o zużyciu rocznym energii elektrycznej w przedziale 2500 – 5000 kWh), przemysł – grupa IC (o zużyciu rocznym energii elektrycznej w przedziale 500 – 2000 MWh).

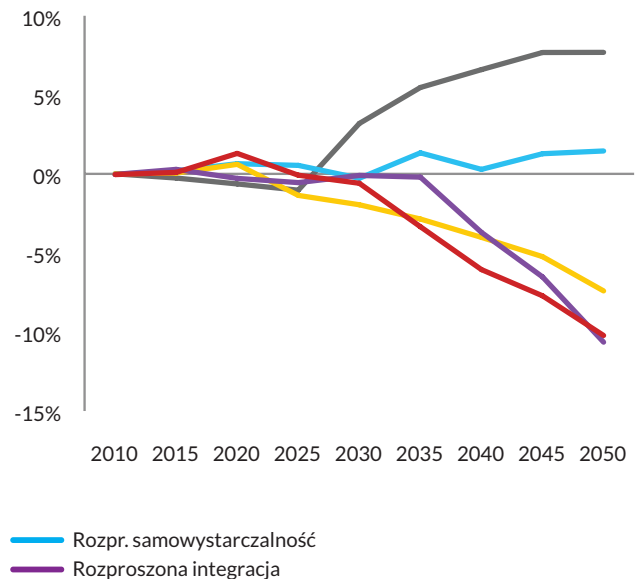
Ceny uwzględniają CCS, różnice w kosztach utrzymania sieci oraz wpływ generacji rozproszonej na koszty ponoszone przez odbiorcę końcowego. Przyjęto, że prosumenci konsumują 2/3 wytwarzanej przez siebie energii bez ponoszenia kosztów przesyłu energii.

Źródło: Opracowanie własne

**Wykres III.50.** Różnica symulowanych cen energii elektrycznej pomiędzy scenariuszem odniesienia a różnymi scenariuszami modernizacji, bez uwzględnienia EU ETS



**Wykres III.51.** Różnica symulowanych cen energii elektrycznej pomiędzy scenariuszem odniesienia a różnymi scenariuszami modernizacji, z uwzględnieniem EU ETS



Źródło: Opracowanie własne

przemysłowych oraz gospodarstw domowych waha się od 65% w Niemczech czy Hiszpanii, przez ok. 80% w Czechach, Wielkiej Brytanii i Polsce, do ok. 100% w Rumunii i we Włoszech. Za obserwowane zróżnicowanie odpowiadają różnice w podatkach, subsydiach i strukturze rynku. Na potrzeby naszej analizy założyliśmy, że na przestrzeni lat 2010-2050 relatywna różnica między obiema cenami stopniowo wzrosła do 36%, a więc do tej, jaka dziś obowiązuje w Niemczech czy Hiszpanii (por. Wykresy III.52-53). Konieczność utrzymania międzynarodowej konkurencyjności sektora przemysłowego spowoduje bowiem, że rozsądnym wyborem będzie zwiększenie dotowanej obecnie, ceny energii dla gospodarstw domowych, po to, by móc ją obniżyć dla przemysłu. Warto podkreślić, że oczekiwany wzrost zamożności do roku 2050 przewyższy znacznie symulowany wzrost poziomu cen energii, a co za tym idzie wydatki na energię – zarówno przemysłu, jak i gospodarstw domowych spadną. Kwestię tę omawiamy szerzej w następnej części raportu.

Wszystkie rozpatrywane scenariusze modernizacji różnią się od scenariusza odniesienia przede wszystkim tym, że są znacznie bardziej zdywersyfikowane, a więc także zależność ceny energii od ceny jednej technologii lub jednego surowca energetycznego jest mniejsza. Wysoki stopień technologicznej dywersyfikacji to także znaczny poziom bezpieczeństwa energetycznego – dostawy energii nie są bowiem narażone na ew. ograniczenia dostaw jednego typu surowca. W przyszłości – przy założeniu utrzymania węglowej orientacji w energetyce – ta sytuacja się zapewne pogłębi, zwłaszcza gdyby po roku 2020 pojawiły się trudności z otwieraniem nowych złóż węgla brunatnego. W takiej sytuacji bardziej zdywersyfikowany mix, w którym możliwe byłoby szybkie substytuowanie jednego typu źródeł innym, będzie cechował się wyższym poziomem bezpieczeństwa energetycznego niż mix

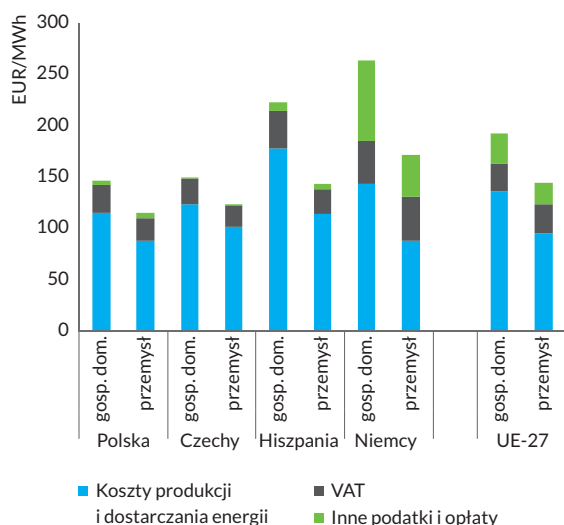
mniej zróżnicowany wewnętrznie. Jednocześnie, stopniowy scenariusz przebudowy struktury produkcyjnej sektora w każdym scenariuszu zapewnia, że możliwa będzie adaptacja obranego kierunku do zmieniających się okoliczności technologicznych i rynkowych, a co za tym idzie takie ukształtowanie docelowej struktury produkcyjnej, by poziom bezpieczeństwa był maksymalny. W tym miejscu warto przypomnieć, że Polska pozostaje ostatnim krajem OECD, którego energetyka tak silnie polega na jednej technologii (por. Wykres III.8)

Dywersyfikacja mixu produkcji energii elektrycznej oraz wprowadzenie niskoemisyjnych technologii prowadzi do znaczącego obniżenia negatywnych efektów zewnętrznych jakie sektor energetyczny wywiera na swoje bezpośrednie otoczenie, przede wszystkim w postaci kosztów zdrowotnych ponoszonych przez polskie społeczeństwo. Dokładne oszacowanie tych kosztów wymaga przyjęcia wielu założeń oraz dokonania wyceny ludzkiego życia i zdrowia, co może być kontrowersyjne dla odbiorców. By to ułatwić, a jednocześnie rozproszyć ewentualne wątpliwości, w Unii Europejskiej zrealizowano kompleksowy projekt badawczy ExternE, w którym opracowana została spójna metodologia postępowania, umożliwiająca relatywne łatwe dokonywanie międzynarodowych porównań oddziaływania różnych technologii energetycznych na ich otoczenie zewnętrzne (ExternE-Pol 2005). Zastosowanie tej metodologii do wszystkich

**Dywersyfikacja mixu produkcji energii elektrycznej oraz wdrożenie niskoemisyjnych technologii zwiększy bezpieczeństwo energetyczne kraju i obniży negatywne efekty zewnętrzne towarzyszące obecnemu modelowi energetyki.**

Wszystkie rozpatrywane scenariusze modernizacji różnią się od scenariusza odniesienia przede wszystkim tym, że są znacznie bardziej zdywersyfikowane, a więc także zależność ceny energii od ceny jednej technologii lub jednego surowca energetycznego jest mniejsza. Wysoki stopień technologicznej dywersyfikacji to także znaczny poziom bezpieczeństwa energetycznego – dostawy energii nie są bowiem narażone na ew. ograniczenia dostaw jednego typu surowca. W przyszłości – przy założeniu utrzymania węglowej orientacji w energetyce – ta sytuacja się zapewne pogłębi, zwłaszcza gdyby po roku 2020 pojawiły się trudności z otwieraniem nowych złóż węgla brunatnego. W takiej sytuacji bardziej zdywersyfikowany mix, w którym możliwe byłoby szybkie substytuowanie jednego typu źródeł innym, będzie cechował się wyższym poziomem bezpieczeństwa energetycznego niż mix

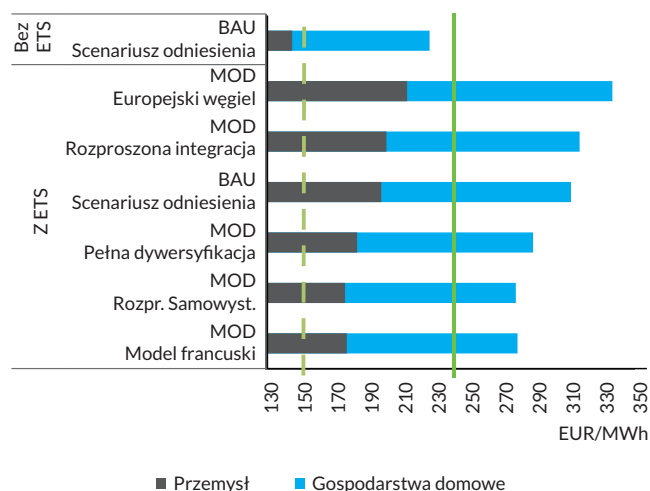
Wykres III.52. Wysokość i składowe ceny energii elektrycznej w Polsce i wybranych krajach UE-27; 2012



Źródło: Opracowanie własne

analizowanych niniejszym opracowaniu opcji rozwoju polskiej energetyki do roku 2050 prowadzi do wniosku, że choć zarówno scenariusz odniesienia, jak i scenariusz modernizacji doprowadzą do znacznego ograniczenia szkodliwości polskiej energetyki dla zdrowia ludności Polski, to w tym drugim wypadku postęp będzie nie tylko głębszy, ale i mniej uzależniony od egzekucji dodatkowych norm emisyjnych w energetyce. Najsilniejszej redukcji negatywnych efektów zewnętrznych można przy tym oczekiwać w scenariuszach o największym udziale OZE w miksie energetycznym: **Rozproszonej integracji**, **Pełnej dywersyfikacji** i **Rozproszonej wystarczalności**. Oczekiwane emisje rtęci, kadmu, pyłów i tlenków azotu w przypadku scenariusza odniesienia będą w roku 2050 w naszej ocenie ok. 2-3-krotnie wyższe niż w wymienionych wariantach modernizacji. Trzeba jednak pamiętać,

Wykres III.53. Cena energii w scenariuszu modernizacji i odniesienia w roku 2050 na tle dzisiejszych cen energii w Niemczech

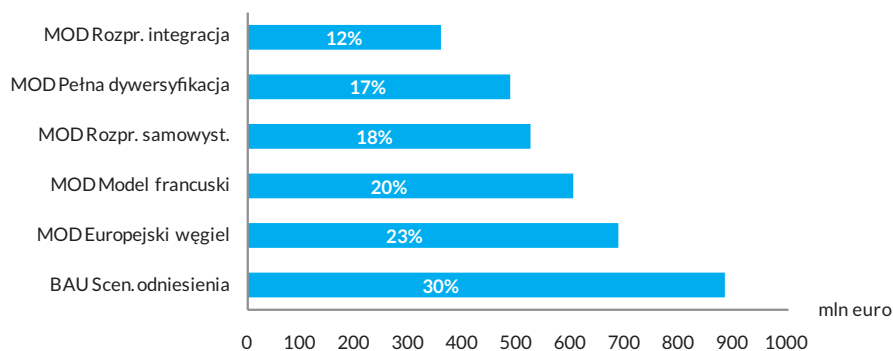


Źródło: Opracowanie własne

że dzięki naciskowi na ciągłe udoskonalanie procesu spalania mieszanki węglowej oraz systemów filtrowania spalin, możliwe będzie prawdopodobnie także znaczne zredukowanie negatywnego oddziaływania na otoczenie tradycyjnych technologii węglowych, a więc także pozostanie przy węglowym scenariuszu rozwoju polskiej energetyki pozwoli na znaczące ograniczenie szkodliwego wpływu jaki dziś sektor wywiera na nasze zdrowie (por. Wykres III.54).

Ostatnim typem korzyści, z jakim wiąże się realizacja jednego z wariantów scenariusza modernizacji, jest ograniczenie emisji gazów cieplarnianych, w tym przede wszystkim dwutlenku węgla. Pozostawanie polskiej energetyki przy obecnym profilu energetycznym doprowadzi do całkowitego zniwelowania

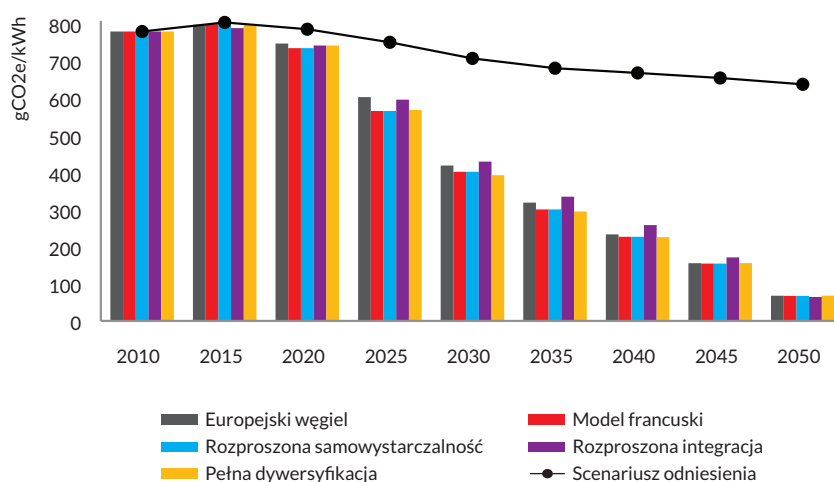
Wykres III.54. Efekty zewnętrzne generacji energii elektrycznej w roku 2050 niezwiązane ze zmianami klimatu, w mln EUR oraz względem poziomu z 2010 roku



Uwaga: Dla 2050 roku dla źródeł gazowych, jądrowych oraz fotowoltaiki efekty zewnętrzne są o 1/3 niższe niż dla elektrowni węglowych, a dla elektrowni wodnych oraz wiatrowych – o połowę niższe.

Źródło: Opracowanie własne

Wykres III.55. Emisyjność generacji energii elektrycznej – scenariusze odniesienia i modernizacji

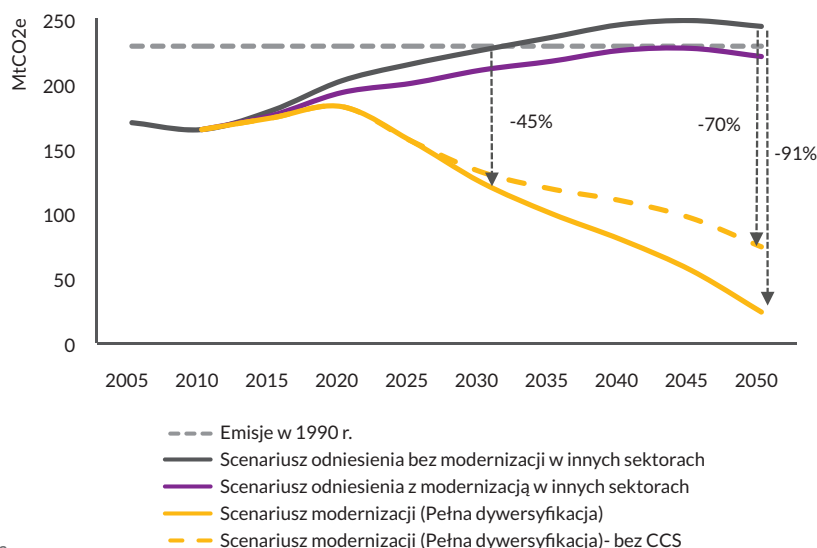


Źródło: Opracowanie własne

osiągnąć w redukowaniu emisji uzyskanych w latach 1990-2010 już w perspektywie roku 2035. Wdrożenie działań modernizacyjnych w pozostałych sektorach gospodarki pozwoli jedynie na spowolnienie tego wzrostu, gdyż poprawa średniej sprawności bloków węglowych może doprowadzić do zmniejszenia emisji przypadających na jednostkę wyprodukowanej energii elektrycznej jedynie o ok. 10% do 2030 roku oraz o ok. 20% do 2050 roku. Inaczej jest w scenariuszu modernizacji, w którym, niezależnie od przyjętego wariantu technologicznego, w systemie pojawiają się znaczne ilości energii produkowanej ze źródeł odnawialnych lub innych niskoemisyjnych technologii. Obniżenie jednostkowej emisyjności generacji energii elektrycznej oraz ciepła przekłada się na zmniejszenie całkowitych emisji sektora energetycznego – o ok. 45% do 2030 roku i o 90% do 2050.

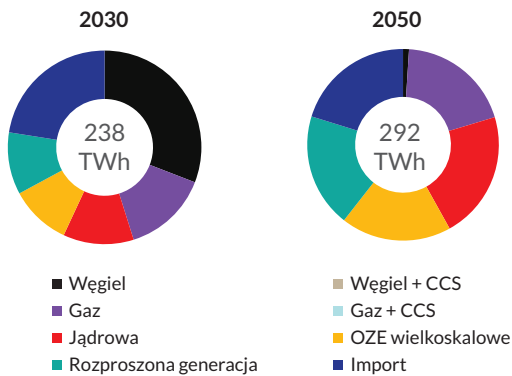
Cel redukcyjny, jaki postawiliśmy przed scenariuszem modernizacji, 90% względem BAU, może się wydać zbyt ambitny, zwłaszcza, że do jego osiągnięcia w większości scenariuszy konieczne jest założenie, że w przyszłości na dużą skalę wdrażana będzie technologia przechwytywania i składowania dwutlenku węgla – CCS. Powstaje pytanie, jak zmieniłyby się uzyskane wyniki gdybyśmy to założenie uchylili. Można to zrobić na dwa sposoby. Pierwszym jest skonstruowanie odrębnego scenariusza, przynoszącego możliwie głęboką redukcję emisji, a więc takiego, w którym emisyjne technologie produkcji energii odgrywają jedynie rolę wspomagającą. Scenariusz taki pn. **Niskoemisyjność bez CCS** prezentujemy na wykresach III.57 i III.58. Pozwala on na obniżenie do roku 2050 emisji CO<sub>2</sub> w polskiej energetyce o ok. 80% względem scenariusza odniesienia przy jednoczesnym obniżeniu

Wykres III.56. Całkowite emisje sektora energetycznego w Polsce – scenariusze odniesienia i modernizacji



Źródło: Opracowanie własne

Wykres III.57. Produkcja energii elektrycznej według źródeł, Niskoemisyjność bez CCS

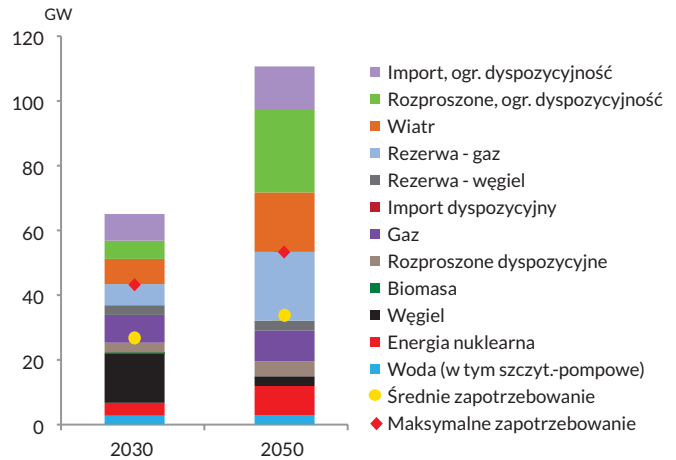


Źródło: Opracowanie własne

kosztów zdrowotnych o połowę (o ponad 80% względem stanu obecnego). Warunkiem jest oparcie produkcji energii w podobnych proporcjach na energetyce jądrowej, wielkoskalowym OZE, imporcie, energetyce gazowej i rozproszonej generacji. Wzajemne proporcje między poszczególnymi technologiami zostały przy tym tak dobrane aby koszt **Niskoemisyjności bez CCS** były zbliżone do kosztu scenariusza odniesienia. Oznacza to, że dzięki rezygnacji z sekwestracji dwutlenku węgla, koszt tego scenariusza jest wyraźnie niższy niż jakiegokolwiek z rozpatrywanych wcześniej wariantów scenariusza modernizacji.

Ponieważ źródłem dużej części kosztów operacyjnych i kapitałowych w drugiej połowie analizowanego okresu były koszty systemów CCS, bardziej właściwe jest porównanie **Niskoemisyjności bez CCS** z modyfikacją wariantów pierwotnych, zakładającą rezygnację z montowania instalacji CCS w elektrowniach węglowych i gazowych. Emisyjność poszczególnych wariantów po takiej modyfikacji jest o ok. 25%-30% wyższa niż pierwotnie

Wykres III.58. Zainstalowane moce – Niskoemisyjność bez CCS

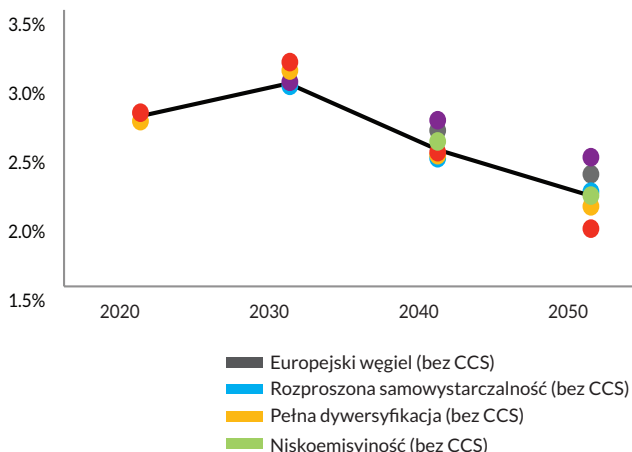


Źródło: Opracowanie własne

i około 10%-15% wyższa niż w wariantcie **Niskoemisyjność bez CCS** (por. Wykres III.60). Znacznie niższy jest jednak także ich całkowity koszt – przy założeniu kontynuacji systemu ETS wszystkie pozbawione CCS warianty modernizacji po roku 2020 zaczynają być tańsze od scenariusza odniesienia. Gdyby opłaty emisyjne uległy likwidacji w roku 2020 relatywna atrakcyjność finansowa poszczególnych wariantów by się zróżnicowała, lecz nadal **Model francuski, Pełna dywersyfikacja** oraz **Rozproszona samowystarczalność** nie byłyby droższe niż scenariusz odniesienia i wariant **Niskoemisyjności bez CCS** (por. Wykres III.59).

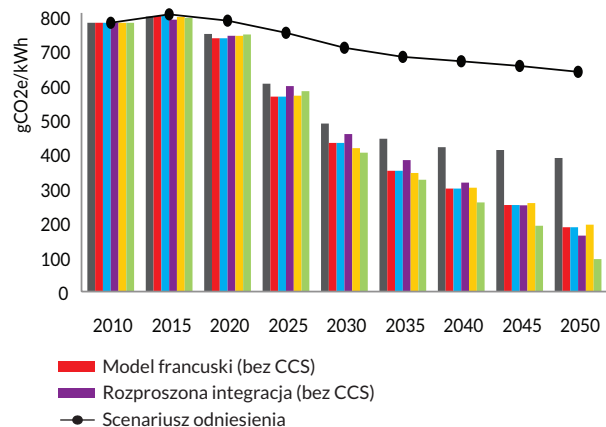
Niższy koszt to także niższe oczekiwane ceny energii dla odbiorców końcowych. W roku 2050, w wymienionych wariantach modernizacji, płaćliby oni za elektryczność mniej więcej tyle samo, ile dziś płać odbiorcy niemieccy, podczas gdy poziom emisji – zarówno jednostkowej jak i zagregowanej – byłby wyraźnie mniejszy. Ilustruje to potencjał jaki, dzięki postępowi technicznemu w obszarze energetyki odnawialnej i umiejętnemu zastosowaniu

Wykres III.59. Koszty produkcji elektryczności bez systemów CCS oraz bez EU-ETS – % PKB

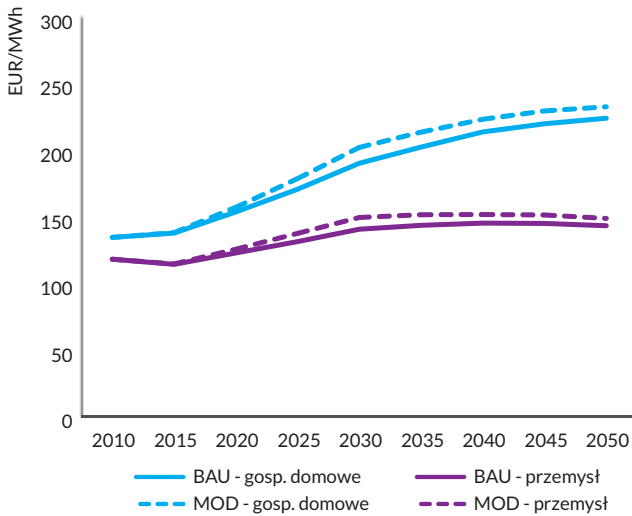


Źródło: Opracowanie własne

Wykres III.60. Emisyjność generacji energii elektrycznej w scenariuszach odniesienia i modernizacji bez CCS

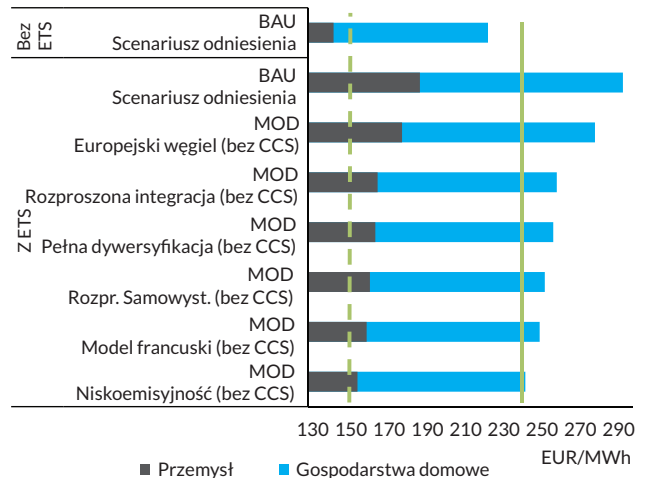


**Wykres III.61.** Symulowana cena energii elektrycznej w scenariuszu odniesienia i modernizacji Pełna dywersyfikacja bez CCS, bez uwzględnienia EU ETS



Uwaga: Gospodarstwa domowe – grupa DC, przemysł – grupa IC; na wykresie III.62 liniami oznaczono obecne ceny energii elektrycznej w Niemczech  
Źródło: Opracowanie własne

**Wykres III.62.** Symulowana cena energii elektrycznej w scenariuszu odniesienia i modernizacji bez CCS, z uwzględnieniem EU ETS



zero lub niskoemisyjnych technologii konwencjonalnych, kryje się pod zaproponowanym kształtem modernizacji sektora energetycznego. Umożliwia ona osiągnięcie znaczących korzyści środowiskowych (redukcja emisji CO<sub>2</sub> o 70%-80% wobec BAU), zdrowotnych (zmniejszenie negatywnego wpływu sektora energetycznego na zdrowie ludności o 70%-80% w porównaniu ze stanem obecnym), przy jednoczesnym podniesieniu poziomu bezpieczeństwa energetycznego kraju i korzystnym wpływie na ceny energii i konkurencyjność

**W perspektywie do roku 2050 przewidujemy wzrost cen energii elektrycznej. Zostanie on jednak zrównoważony przez proporcjonalny wzrost dobrobytu społecznego mierzonego poziomem PKB na mieszkańca.**

gospodarczą po zakończeniu trwającej ok. 15-20 lat fazy inwestycyjnej. Wypełnienie ambitniejszego celu redukcyjnego jest prawdopodobnie możliwe, jednak wymagałoby posiłkowania się niepewną technicznie i kosztowną technologią CCS. Tej ostatniej nie da się jednak uniknąć, jeśli niskoemisyjna modernizacja miała być realizowana przy zachowaniu jednoznacznie węglowego kształtu sektora energetycznego, a europejski system handlu uprawnieniami do emisji, zostałby po 2020 roku utrzymany lub zastąpiony innym, równoważnym instrumentem. W takiej sytuacji niskoemisyjna modernizacja polskiej energetyki byłaby opłacalna nawet przy założeniu konserwatywnego scenariusza ceny uprawnień, niezależnie od faktu zastosowania lub nie technologii CCS w polskiej energetyce. W tym drugim przypadku można sądzić, że niemal każdy kształt niskoemisyjnej modernizacji ekonomicznie przewyższy opcję pozostania przy energetyce węglowej. Podsumowując, do roku 2050 Polska może osiągnąć redukcję emisji w energetyce na poziomie ok. 70% względem roku 1990, a jednocześnie ponieść mniejsze całkowite wydatki na cele energetyczne niż by to miało miejsce w przypadku pozostania przy

węglowym modelu rozwoju. Okres inwestycyjny – w którym koszty modernizacji przewyższą koszty w scenariuszu odniesienia nie powinien potrwać dłużej niż do roku 2030, czego powodem jest konsekwentny spadek cen OZE obserwowany od blisko 30 lat. Czysty rachunek ekonomiczny powinien więc doprowadzić do stopniowego wyparcia technologii wysokoemisyjnych z polskiego miksu energetycznego, choć proces ten nie będzie natychmastowy, lecz stopniowy, a bloki węglowe będą jeszcze długo obecne w systemie. Zmieni się jednak ich rola – kurczyć się będzie średni czas ich użytkowania w przekroju rocznym, a ich udziałem będzie coraz częściej funkcja mocy szczytowych i rezerwowych. Ich miejsce w podstawie zająć mogą zarówno elektrownie nuklearne jak i dyspozycyjne źródła rozproszone, w tym gazowe, a po części także niedyspozycyjne źródła rozproszone – wiatrowe i solarne. To jaki ostateczny kształt przybierze polski miks energetyczny w roku 2050 zależeć będzie jednak nie tylko od czynników ekonomicznych, lecz także od wyborów politycznych i ich stabilności.



## Podsumowanie

Energetyka jest zwróceniem współczesnych gospodarek, przez co jej przemiany decydują nie tylko o kształcie samego sektora, ale i o tym jak przebiegać będzie transformacja innych gałęzi przemysłu i usług. Polska stoi obecnie przed trudnym wyborem przyszłego modelu energetycznego. Może postawić na kontynuację historycznych trendów i wzorców, zgodnie z którymi ponad 90% energii elektrycznej i ciepła produkowane jest z węgla kamiennego i brunatnego, albo zdecydować się na wysiłek, który ukształtuje naszą energetykę na nowo w zgodzie z potrzebami modernizującego się otoczenia.

Bodźcem do podjęcia trudu modernizacji powinny być procesy technologiczne zachodzące w skali globalnej oraz oczekiwane przemiany gospodarcze i społeczno-polityczne w Polsce. W najbliższym czterdziestolecu zmieniać się i rosnać będą potrzeby energetyczne kraju – postępujący wzrost popytu na energię elektryczną w gospodarstwach domowych (związany z ich bogaceniem się) zostanie wzmocniony przez zmiany w funkcjonowaniu przedsiębiorstw. Bardziej zelektryfikowane procesy produkcyjne, robotyzacja oraz szersze wykorzystanie systemów ICT i elektroniki w usługach przełożą na wzrost znaczenia energii elektrycznej w polskim miksie energetycznym. Jednocześnie rozproszenie struktury jej odbiorców wymusi odpowiednie dostosowanie całego krajowego systemu energetycznego do noworodzących się potrzeb.

Troską polityki energetycznej musi stać się ograniczenie głębokiej zależności krajowych dostaw energii elektrycznej od spalania węgla. Potencjał wydobywczy będzie bowiem w najbliższych dekadach mały, a importowanie surowca zmniejszy bezpieczeństwo energetyczne kraju. Presja ze strony europejskiej i globalnej polityki klimatycznej zintensyfikuje z kolei ryzyko pozostawania przy wysokoemisyjnym modelu gospodarki. Technologie ograniczające wpływ elektrowni węglowych na zdrowie obywateli poprzez oczyszczanie spalin mogą się okazać niewystarczające do zaspokojenia oczekiwań jakie bogatsze i coraz bardziej dbające o swoje zdrowie społeczeństwo, będzie miało wobec sektora energetycznego. Dzisiejszy poziom emisji pyłów, metali ciężkich, tlenków azotu i siarki, choć znacznie mniejsze od tego, jaki cechował polską energetykę pod koniec lat 1980., jest nadal zbyt wysoki, aby polska energetyka przestała wywierać zauważalnie negatywny wpływ na stan zdrowia publicznego w kraju. Szacuje się, że każdego roku ok. 5000 Polaków umiera przedwcześnie na skutek chorób wywołanych węglową orientacją naszej energetyki.

Głównym celem Polski powinna być więc dywersyfikacja miksu energetycznego podobna do tych, które już dokonały się w krajach wysoko rozwiniętych od lat 70. XX wieku. Redukcja zapotrzebowania na węgiel kamienny i brunatny, wzrost znaczenia elektrowni gazowych i OZE, a być może także społeczne przyzwolenie na budowę elektrowni atomowej to warunki, które pozwolą Polsce na przełamanie zależności od jednej opcji energetycznej i podążenie drogą zrównoważonej, odpornej na różnorodne ryzyka gospodarcze, polityczne, społeczne i zdrowotne, nowoczesnej energetyki. Modernizacji podlegać musi również

sieć przesyłowa, tak aby ograniczone zostały straty energii na linii producent-odbiorca.

W niniejszej części raportu przedstawiliśmy kilka alternatywnych wariantów modernizacyjnych ilustrujących możliwe ścieżki energetyczne dla Polski do roku 2050. Wszystkie umożliwiają zmianę wysokoemisyjnego modelu rozwoju energetyki, który przedstawia scenariusz odniesienia, na model znacznie bardziej zrównoważony pod względem ekonomicznym i środowiskowym. W żadnym z wariantów scenariusza modernizacyjnego Polska w 2050 roku nie jest uzależniona od jakiegokolwiek pojedynczego źródła energii. Co prawda w scenariuszu odniesienia technologie węglowe ulegają stałej poprawie, jednak trzykrotny wzrost rozmiarów polskiej gospodarki wywołać musi około dwukrotny wzrost zapotrzebowania na prąd elektryczny. Jego zaspokojenie wymagać będzie spalania w roku 2050, aż o 60% więcej węgla niż obecnie. Odnawialne źródła energii w scenariuszu odniesienia pozostają technologiami marginalnymi, a elektrownie gazowe czy jądrowe nie powstałyby. Za utrzymanie status quo i nieinwazyjną politykę publiczną społeczeństwo musiałoby jednak zapłacić w formie akceptacji kosztów zewnętrznych: znacząco gorszej niż w innych krajach europejskich jakości powietrza i jej negatywnego wpływu na zdrowie mieszkańców, oraz rosnących emisji gazów cieplarnianych, które przyczyniają się do zmian klimatycznych w skali planety. Stałoby się tak pomimo tego, że technologie służące produkcji energii elektrycznej z węgla byłyby coraz lepsze, a normy środowiskowe zaostrzane.

Polska energetyka nie jest jednak skazana na pozostanie przy węglu jako dominującej technologii produkcji prądu elektrycznego i ciepła. Alternatywne ścieżki rozwoju pokazujemy w kilku wariantach scenariusza modernizacji. Przyglądamy się więc z jednej strony możliwości zastosowania na masową skalę tradycyjnych technologii węglowych uzupełnionych o metody sekwestracji dwutlenku węgla, a z drugiej modelowi scentralizowanemu wzorowanemu na współczesnej Francji, w której dużą rolę odgrywa energetyka jądrowa. Rozważamy także scenariusze pokładające nadzieję w rozwoju rozproszonych źródeł energii i wykorzystaniu krajowych zasobów gazu łupkowego porównując je z wariantami, w których potencjał europejskiej współpracy energetycznej jest silnie wykorzystywany do zaspokojenia potrzeb krajowych. Wreszcie, rozpatrujemy projekt w pełni zdywersyfikowanej struktury generacji energii elektrycznej, w którym różne opcje technologiczne zajmują równoprawne miejsce równoważąc swoje wady i zalety. Wszystkie przedstawione propozycje zapewniają zaspokojenie krajowych potrzeb energetycznych w oparciu o coraz nowsze technologie obniżające koszty zewnętrzne oraz ryzyka związane z funkcjonowaniem polskiej energetyki w XXI wieku. Ich cechą wspólną jest także założenie o konieczności skierowania wysokich nakładów na modernizację sieci energetycznej, której obecny stan jest niewystarczający w kontekście przyszłych potrzeb kraju.

Na wysokość kosztów generacji energii elektrycznej w zależności od przyjętego modelu rozwoju energetyki będą miały wpływ nie tylko koszty budowy oraz eksploatacji różnych rodzajów

elektrowni, ale również europejska (lub globalna) polityka klimatyczna. Nawet relatywnie wolny i ewolucyjny wzrost opłat za emisje gazów cieplarnianych znacząco obniży konkurencyjność rozwiązań węglowych, czyniąc bardzo szybko warianty modernizacji energetyki oparte o źródła odnawialne, gazowe lub jądrowe korzystniejszymi od scenariusza odniesienia. Szacujemy, że w całym okresie 2013-2050 całkowity koszt większości wariantów niskoemisyjnej modernizacji polskiej energetyki będzie niższy od kosztu kontynuacji jej węglowego rozwoju, o ile duże znaczenie w miksie energetycznym zyskają technologie odnawialne w modelu rozproszonym, średnioemisyjne elektrownie gazowe lub bezemisyjne rozwiązania nuklearne, a jednocześnie w ograniczonym zakresie stosowana będzie technologia sekwestracji i składowania dwutlenku węgla.

Oprócz oczywistych korzyści z wdrożenia modernizacji, a więc podniesienia bezpieczeństwa energetycznego kraju oraz dostosowania go do wymogów międzynarodowej konkurencyjności, nie można przy tym zapomnieć o pozytywnych efektach środowiskowych wynikających z ograniczenia zużycia węgla w procesie produkcji prądu elektrycznego. Redukcja emisji gazów cieplarnianych dzięki realizacji rozważanych scenariuszy wyniesie do roku 2050 ok. 70% w porównaniu z sytuacją obecną, jeśli nie zostanie wdrożona relatywnie kosztowna technologia CCS, lub 90%, jeśli społeczeństwo zdecyduje się ponieść nieco większy koszt zakupu prądu elektrycznego promując jej szersze zastosowanie w elektrowniach konwencjonalnych.

Dwa istotne czynniki wpływające na ocenę opłacalności inwestycji w poszczególne technologie produkcji energii są często pomijane w dyskusji o przyszłości polskiej energetyki. Pierwszym jest wyższa opłacalność rozproszonej generacji energii ze źródeł odnawialnych względem jej wielkoskalowych form już w średniej perspektywie czasowej. Konsument decydujący się na inwestycję w panele fotowoltaiczne lub mały wiatrak porównuje koszt produkcji energii elektrycznej z tych źródeł z detalicznymi cenami energii elektrycznej, które są wyższe od kosztów jej produkcji w elektrowniach systemowych. Wobec szybkiego postępu technicznego w technologiach OZE źródła rozproszone już w perspektywie roku 2025 powinny stać się w pełni opłacalne ekonomicznie z perspektywy polskich gospodarstw domowych, osiągając tzw. parytet sieci już przy relatywnie niskich cenach detalicznych.

Drugim czynnikiem niedocenianym w polskiej debacie energetycznej jest intensywność wykorzystania mocy wytwórczych. W razie znaczącego wzrostu udziału źródeł o niskich krańcowych kosztach produkcji energii elektrycznej (OZE, elektrownie jądrowe) w miksie energetycznym, elektrownie węglowe zostaną częściowo wypchnięte z rynku, a ograniczony czas ich pracy może okazać się niewystarczający do pokrycia wysokich nakładów kapitałowych na ich budowę. Jest to istotne szczególnie w przypadku porównywania elektrowni węglowych i jądrowych, i działa na korzyść tych drugich, powodując, że budowa nowoczesnych bloków węglowych staje się ekonomicznie wątpliwa w sytuacji jednoczesnego rozwoju energetyki jądrowej. To samo

można powiedzieć o energetyce odnawialnej, choć wobec jej niższej dyspozycyjności efekt ten jest nieco mniejszy. Wyjątkiem są ulokowane blisko źródeł surowca elektrownie na węgiel brunatny, jednak w ich wypadku należy liczyć się z bardzo znaczącymi kosztami zewnętrznymi: środowiskowymi i zdrowotnymi, których akceptacja w modernizującym się społeczeństwie polskim może bardzo wątpliwa.

Dlatego, zarówno z punktu widzenia ekonomicznego, politycznego, jak i społecznego, stopniowa ale konsekwentna rezygnacja z węgla w polskiej energetyce wydaje się być najbardziej korzystną strategią dla Polski. Nie musi ona wiązać się z uzależnieniem od zagranicznych dostaw, ani powodować wysokich kosztów dla odbiorców energii. Kluczowa jest odpowiedź na pytanie, jakie decyzje podejmie w tym zakresie rząd już w tym momencie, gdyż inwestycje skutkujące dywersyfikacją miksu rozpocząć się muszą jak najszybciej. Zmiany będą stopniowe, a elektrownie węglowe jeszcze długo będą produkowały prąd, lecz ich rola powinna się stopniowo zmieniać ze źródeł stanowiących zarówno podstawę jak i rezerwę systemu, w kierunku mocy uzupełniających i szczytowych. Ważną rolę technologii pomostowej pełniłyby elektrownie gazowe, których miejsce w miksie energetycznym w długim okresie zależeć będzie m.in. od tego jak rozwiną się własne możliwości wydobycia gazu w Polsce. Pasywna i zachowawcza polityka konserwująca polską energetykę w sposób podobny do tego, jaki przedstawił w scenariuszu odniesienia narazi nas zarówno na niekorzystne zmiany cen węgla na rynkach światowych, jak i antyemisyjne regulacje światowe i europejskie, a także ograniczy możliwości skorzystania z przetomowych innowacji energetycznych w fotowoltaice, energetyce wiatrowej czy innych niskoemisyjnych technologiach produkcji prądu i ciepła w przyszłości. Intensywne prace badawczo rozwojowe prowadzone na dużą skalę w Stanach Zjednoczonych, Europie zachodniej i Chinach, już dziś owocują szybkim spadkiem cen tych rozwiązań wskazując, że to właśnie w niskoemisyjnej modernizacji kraje te upatrują swojej przyszłości energetycznej.



niskoemisyjna  
Polska 2050

# IV.

## EKONOMIA NISKOEMISYJNEJ MODERNIZACJI

Maciej Bukowski, Aleksander Śniegocki



## Wprowadzenie

W tej części podsumowujemy znaczenie niskoemisyjnej transformacji dla modernizacji Polski w nadchodzącym czterdziestoleciu. Staramy się w niej zmierzyć z obawami jakie zgłaszają sceptycy odejścia od węglowej orientacji w naszej energetyce: wysokimi kosztami dla inwestorów, niekorzystnym wpływem na ceny energii i koszty utrzymania, zagrożeniem dla wzrostu gospodarczego i problemem bezpieczeństwa energetycznego. W świetle wysuwanych przez oponentów polityki klimatycznej wątpliwości, warto przedstawić ogół czynników, które będą oddziaływać na nasz kraj w przypadku podjęcia wyzwania transformacji niskoemisyjnej.

W rozdziale pierwszym dokonujemy podziału katalogu proponowanych działań na te, które są opłacalne z punktu widzenia pojedynczego inwestora (np. gospodarstwa domowego lub przedsiębiorstwa), oraz takie, których korzyści ujawniają się w długim okresie na poziomie całej gospodarki, lecz są zbyt ryzykowne do podjęcia przez podmioty prywatne. Nie oznacza to, że inwestycje te są zbędne bądź obniżą dynamikę rozwoju naszego kraju, co wyjaśniamy w dalszej części rozdziału. W tym celu analizujemy wynik netto inwestycji w poszczególne działania modernizujące, konfrontując go z kosztem redukcji emisji każdego z nich. Jednocześnie dokonujemy oceny wpływu całego pakietu na wydatki gospodarstw domowych, odnosząc się do powszechnego zarzutu, zgodnie z którym działania chroniące klimat negatywnie oddziałują na kondycję finansową gospodarstw domowych np. poprzez wzrost cen pojazdów, urządzeń czy nośników energii.

Kolejny rozdział poświęciliśmy analizie makroekonomicznej, uwzględniającej łączne efekty, jakie przewidziane w pakiecie zmiany wywierają na ogólną sytuację gospodarczą naszego kraju, w tym na poziom PKB i zatrudnienia. Wskazujemy, że dzięki powiązaniom pomiędzy branżami oraz mechanizmom dostosowawczym tkwiącym w rynkach pracy, kapitału i produktów, możliwa jest taka realokacja środków, aby negatywne skutki początkowych nakładów inwestycyjnych, zostały szybko zrównoważone, a potem przewyższone przez wymierne korzyści gospodarcze. Do analizy tych procesów zastosowaliśmy model MEMO – wielkoskalowy, wielosektorowy model równowagi ogólnej, pozwalający ocenić reakcję całej gospodarki na wdrożenie proponowanych działań.

Ważnym elementem naszej analizy jest ilustracja konsekwencji energetycznych procesu modernizacji i zestawienie ich ze scenariuszem odniesienia. Omawiamy trendy, które decydować będą o zużyciu energii w gospodarce krajowej oraz o jej całkowitej energochłonności, zastanawiając się nad działaniami, które w największym stopniu pomogą poprawić te wskaźniki, oraz nad skalą ich kosztów. Największy nacisk położyliśmy na sam sektor energetyczny i perspektywy jego rozwoju, w tym na możliwie kompleksową ocenę skutków decyzji podejmowanych przy konstrukcji miksu energetycznego Polski w najbliższych dekadach.

Część kończą uwagi odnoszące się do środowiskowego i zdrowotnego wymiaru scenariusza modernizacji, oraz skutków kontynuacji dotychczasowego modelu pasywnej polityki publicznej. Przyglądamy się wskaźnikom emisyjności (w tym również

emisjom pyłów i metali ciężkich) i prezentujemy sposoby ograniczenia ich poziomu, a także ogół kosztów zewnętrznych, jakie gospodarka ponosi z ich tytułu i których mogłaby uniknąć dzięki niskoemisyjnej transformacji, z korzyścią dla zdrowia obywateli i funkcjonowania krajowych ekosystemów.

# 1 NISKOEMISYJNA MODERNIZACJA ▲ OKIEM PRZEDSIĘBIORCY I KONSUMENTA

Kiedy z perspektywy inwestora przyjrzymy się opisanym w częściach II i III składowym scenariusza modernizacyjnego, bez trudu dostrzeżemy, że dzielą się one na dwie grupy. Do grupy pierwszej należą te działania, które, podejmującym je podmiotom, w krótkim czasie przynieść mogą wymierne korzyści finansowe, a których inne, pozaekonomiczne zalety stanowią jedynie dodatkową premię, jaką wcielenie w życie scenariusza modernizacyjnego mogłoby przynieść społeczeństwu. Drugą kategorią działań modernizacyjnych tworzą te, które choć nie opłacalne dla indywidualnych inwestorów, jednak, ze względu na pozytywne efekty zewnętrzne w postaci poprawy bezpieczeństwa energetycznego, stanu zdrowia ludności lub ograniczenia szkodliwego wpływu na środowisko, powinny być promowane jako ważne składowe polskiej polityki rozwojowej. W skład pierwszej kategorii wchodzi przede wszystkim działania podnoszące efektywność energetyczną, paliwową i zasobową polskiej gospodarki. Dotyczy to w szczególności:

- poprawy efektywności energetycznej budynków mieszkalnych i niemieszkalnych oraz używanego w nich sprzętu RTV, AGD i oświetlenia,
- upowszechnienia się nowoczesnych, efektywniejszych, a jednocześnie bardziej zrównoważonych praktyk w polskim rolnictwie,
- wdrożenia w przemyśle technologii ograniczających zużycie energii i pozostałych zasobów,
- zwiększenie efektywności gospodarki odpadami w Polsce.

Również energetyka prosumencka – w której dotychczasowi odbiorcy elektryczności zmieniają się w jej producentów – w niedługim czasie stanie się opłacalnym obszarem inwestycji, w ślad za tym, jak rozwój systemu energetycznego przyjaznego źródłom rozproszonym oraz postęp technologiczny sprawią, że, koszt produkcji prądu na własne potrzeby będzie niższy od jego ceny detalicznej w sieci. Szczególnie opłacalną dla inwestorów indywidualnych technologią będą zapewne panele fotowoltaiczne, a nieco mniej mikrowiatraki i inne, dyspozycyjne i niedyspozycyjne mikro i piko źródła energii elektrycznej i ciepła.

Drugą grupę analizowanych działań tworzą przede wszystkim nieprosumenckie zmiany w sektorze energetycznym. Jego

modernizacja zakłada poniesienie dodatkowych kosztów dywersyfikacji źródeł wytwarzania w porównaniu ze ścieżką węglową – tańszą, ale jednocześnie bardziej ryzykowną ekonomicznie, społecznie i politycznie, a także znacznie bardziej szkodliwą dla zdrowia obywateli i jakości środowiska naturalnego. Z dodatkowymi nakładami względem scenariusza odniesienia wiąże się także rozwój biopaliw ograniczających zależność Polski od importu ropy naftowej, jednak najwyższe dodatkowe koszty wynikają z wdrożenia technologii wychwytu i składowania dwutlenku węgla (CCS) w energetyce oraz w przemyśle ciężkim. Technologia CCS, która może zostać wprowadzona w celu osiągnięcia szczególnie głębokiej redukcji emisji, nie przynosi innych korzyści środowiskowych poza obniżeniem emisji gazów cieplarnianych. Z tego względu jest ona działaniem o relatywnie najgorszej relacji oczekiwanych korzyści do spodziewanych nakładów.

Koszty mikroekonomiczne działań modernizacyjnych w przeliczeniu na jednostkę unikniętych emisji gazów cieplarnianych przedstawia wykres IV.1., zestawiając wpływ środowiskowy w postaci obniżenia emisji gazów cieplarnianych (oś pozioma) w 2050 roku danego działania, ze średnim kosztem jego podjęcia

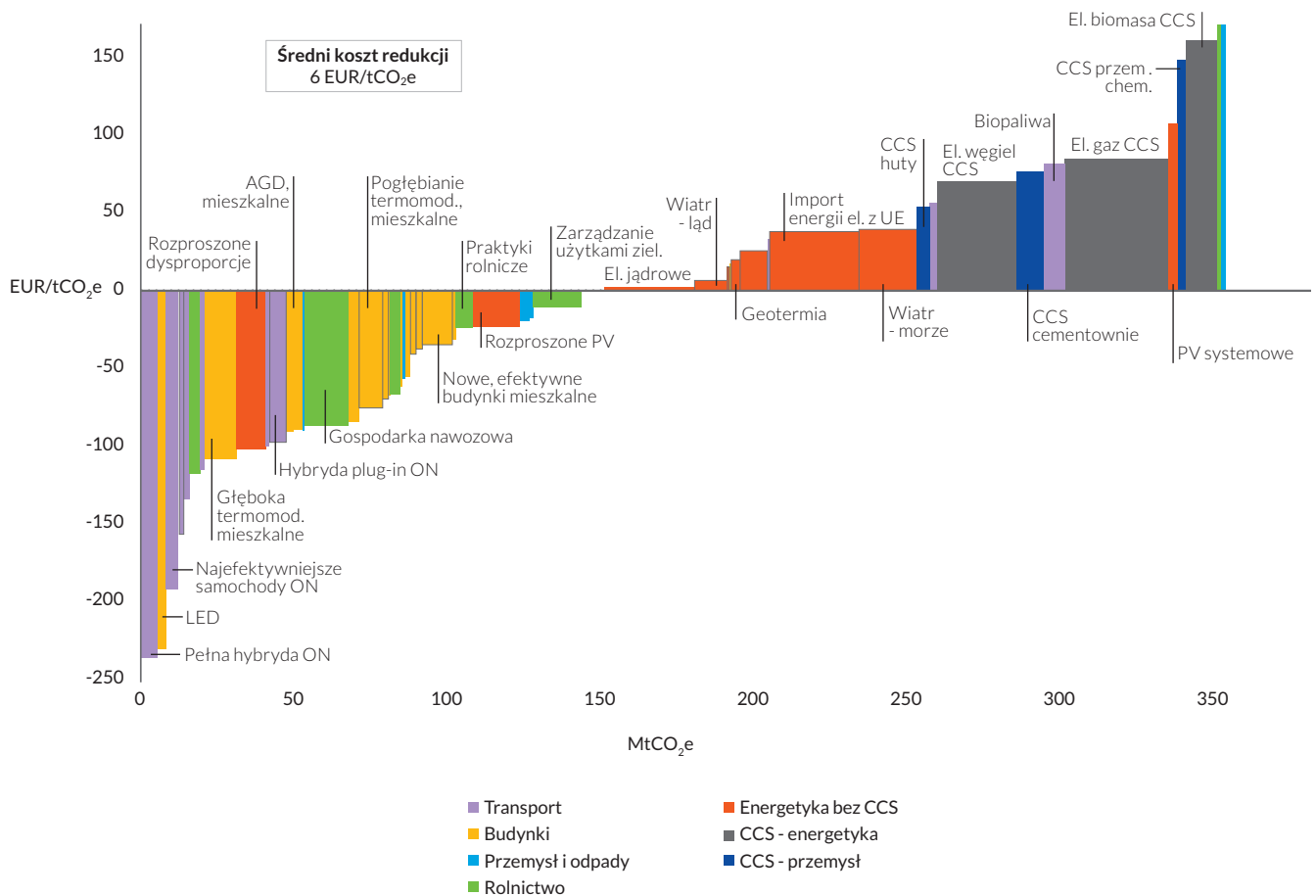
**Na pakiet modernizacyjny składają się zarówno działania mające na celu pełne wykorzystanie potencjału efektywności polskiej gospodarki, jak również ograniczenie negatywnych efektów zewnętrznych związanych z jej funkcjonowaniem.**

w całym okresie 2030-2050 z perspektywy inwestora (oś pionowa). Ujemne wartości na osi pionowej odpowiadają oszczędnościom netto. Oznacza to, że zdyskontowane oszczędności przewyższają nakłady początkowe konieczne do zrealizowania danego działania, jest ono więc opłacalne dla inwestorów indywidualnych. Mogą one jednak nie zostać podjęte

z powodów innych niż brak opłacalności, takich jak opisane w raporcie bariery informacyjne, koordynacyjne, regulacyjne czy też niemożność pozyskania odpowiedniego kapitału niezbędnego do podjęcia opłacalnej inwestycji.

Relatywnie niskie są koszty transformacji sektora energetycznego poprzez wykorzystanie energetyki jądrowej oraz źródeł odnawialnych – zarówno krajowych, jak i europejskich. Kształtują się one poniżej 40 EUR/tCO<sub>2e</sub> z wyjątkiem systemowej generacji energii z farm fotowoltaicznych, która, w przeciwieństwie do generacji rozproszonej z użyciem tej technologii, przez dużą

Wykres IV.1. Mikroekonomiczna krzywa kosztów redukcji emisji w 2050



Uwaga: Oś pozioma – wielkość redukcji emisji w 2050 r. względem scenariusza odniesienia, oś pionowa – średni koszt redukcji z perspektywy inwestora (ujemne wartości oznaczają oszczędności netto); stopa dyskontowa – 9% dla energetyki, 6% dla pozostałych sektorów; koszty dla energetyki – scenariusz „Pełna dywersyfikacja”.

Źródło: Opracowanie własne

### Korzyści dla gospodarstw domowych oraz przedsiębiorstw wynikające z inwestycji proefektywnościowych równoważą koszty modernizacji energetyki oraz wdrożenia technologii CCS.

dy z silnikami benzynowymi (ze względu na relatywnie krótki średni przebieg). Ta ostatnia technologia staje się opłacalna pod koniec analizowanego okresu, jednak jej wdrożenie po wyższym koszcie we wcześniejszych latach zwiększa średni koszt netto tego rozwiązania w całym okresie. Droższe paliwooszczędne pojazdy są bowiem nieatrakcyjne ekonomicznie dla jeszcze mało wtedy jeżdżących polskich kierowców. Relatywnie drogie jest także obniżanie emisji w transporcie poprzez stosowanie biopaliw,

część analizowanego okresu pozostanie prawdopodobnie nieopłacalna w warunkach polskich. Wśród innych, kosztownych projektów znajdują się m.in. głęboka termomodernizacja budynków niemieszkalnych (ze względu na ograniczone możliwości uzyskania oszczędności) oraz najefektywniejsze samochody ON

jednak opcja ta ma ważną zaletę jaką jest ograniczanie zależności Polski od importu ropy naftowej z zagranicy. Najwyższe – przekraczające 50 EUR/tCO<sub>2</sub>e, a w niektórych przypadkach – 100 EUR/tCO<sub>2</sub>e. – są koszty zastosowania technologii CCS w energetyce i przemyśle. To właśnie technologie CCS powodują, że średni koszt uniknięcia emisji tony CO<sub>2</sub>e dla całego pakietu jest nieujemny (6 euro/tCO<sub>2</sub>e). Gdyby koszt technologii CCS był zerowy, to cały pakiet byłby bardzo opłacalny z perspektywy inwestorskiej (-26 euro/tCO<sub>2</sub>e). Korzyści mikroekonomiczne z pełnego wykorzystania potencjału efektywności energetycznej i zasobowej polskiej gospodarki przewyższyłyby bowiem znacząco koszty dywersyfikacji polskiego sektora energetycznego bez zastosowania technologii CCS.

Tabela IV.1. Średni mikroekonomiczny koszt redukcji emisji wg obszarów; 2030 i 2050

	Ogółem	Ogółem bez CCS	Budynki	Transport	Przemysł i odpady	Rolnictwo	Energetyka bez CCS	CCS - energetyka	CCS - przemysł
2030	10	-7	-83	-14	-66	12	21	110	326
2050	6	-26	-83	-71	-57	-20	8	88	147

Źródło: Opracowanie własne

Zsumowanie wszystkich indywidualnych nakładów oraz oszczędności jakie analizowany pakiet może przynieść inwestorom indywidualnym w perspektywie roku 2050 pozwala spojrzeć na koszty i korzyści mikroekonomiczne pakietu z perspektywy całej gospodarki (por. Wykresy IV.2-IV.3). Modernizacja w obszarze poprawy efektywności energetycznej i zasobowej w budynkach, rolnictwie, transporcie, przemyśle oraz odpadach przekładają się na makroekonomiczne oszczędności netto już w latach 2020-2030. Działania w energetyce poza CCS w wariantcie Pełnej dywersyfikacji wymagają relatywnie dużych nakładów w pierwszej połowie kolejnej dekady, po czym maleją, by po 2040 roku spaść na tyle, by gospodarka odczuła korzyści netto uzyskane dzięki zmniejszeniu zużycia paliw kopalnych. Z kolei CCS w przemyśle oraz energetyce pociąga za sobą niezbilansowane oszczędnościami nakłady od momentu pojawienia się pierwszych instalacji tego typu w Polsce.

Bieżące wydatki netto całego pakietu powoli rosną w pierwszych kilkunastu latach, sięgając 0,3% PKB (1,86 mld euro) w roku 2025, by następnie spadać dzięki uzyskaniu przewagi korzyści z efektywniejszego gospodarowania energią oraz innymi zasobami nad kosztami modernizacji energetyki oraz wdrożenia technologii CCS. W 2050 roku scenariusz modernizacji z uwzględnieniem technologii CCS skutkuje bieżącymi oszczędnościami

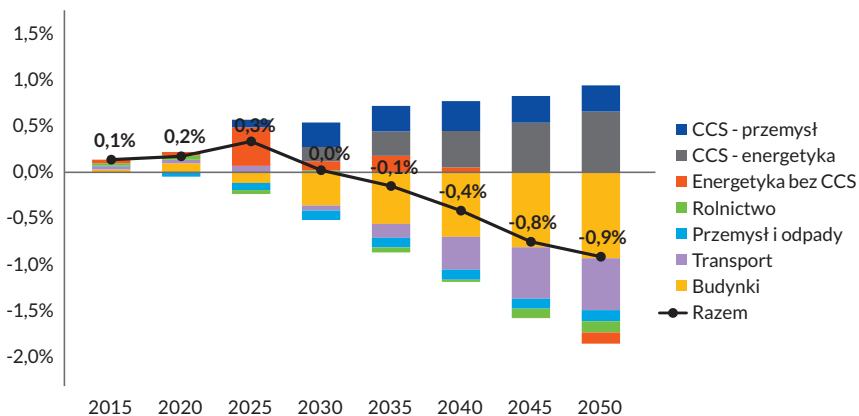
rzędu 0,9% PKB (8,6 mld euro). Gdyby zdecydowano się na rezygnację z technologii CCS, akceptując mniejszą redukcję emisji CO<sub>2</sub>, punkt przełomowy, w którym korzyści ekonomiczne pakietu przewyższyłyby jego bieżące wydatki przyszedłby także ok. roku 2025, jednak ostateczny efekt byłby znacznie korzystniejszy, sięgając nawet 2% PKB (17,5 mld euro).

Dodatkowe światło na ekonomiczne koszty i korzyści niskoemisyjnej modernizacji pozwala rzucić ich skumulowanie w latach

**Niskoemisyjna modernizacja jest ekonomicznie korzystna dla Polski – przy czym na skalę kosztów bardzo silnie wpływa technologia CCS. Rezygnacja z niej przy jednoczesnym odejściu od węgla w polskiej energetyce umożliwi osiągnięcie znaczących oszczędności netto dla całej gospodarki.**

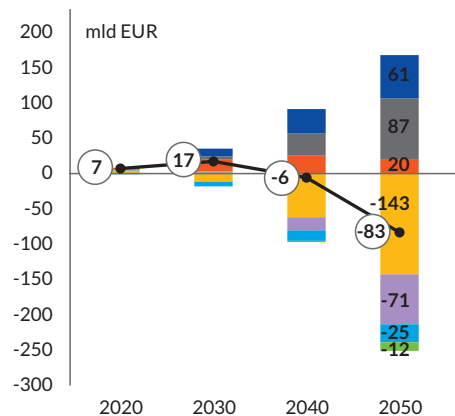
2010-2050. Cały pakiet przyniesie w tym okresie zysk netto dla gospodarki w wysokości ok. 83 mld euro tj. ok 0,3% całkowitego PKB wytworzonego w tym okresie. Początkowe wyższe nakłady kapitałowe na bardziej efektywne technologie stopniowo się zwracają, zrównując się z kowymi nakładami na CCS w perspektywie roku 2040. Skumulowany koszt modernizacji energetyki przekracza 100 mld

Wykres IV.2. Średnioroczne koszty i korzyści netto z analizowanego pakietu wg sektorów, udział w PKB



Źródło: Opracowanie własne

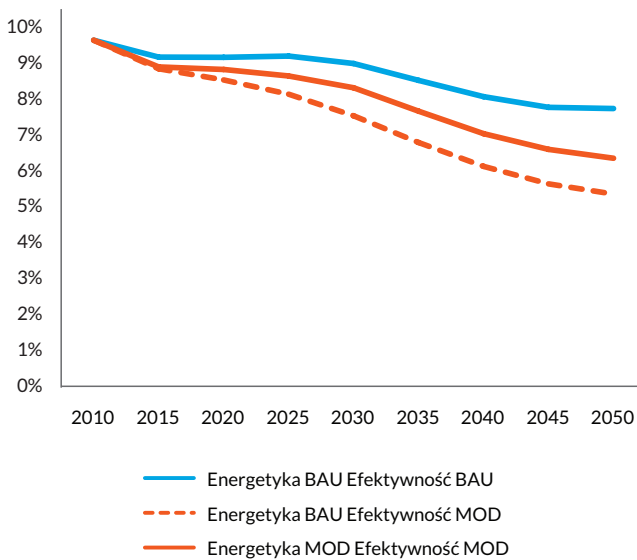
Wykres IV.3. Skumulowane koszty i korzyści netto analizowanego pakietu wg sektorów, mld EUR



Źródło: Opracowanie własne



Wykres IV.4. Wydatki na energię w gospodarstwach domowych (bez paliw dla samochodów) jako procent ich dochodów



Źródło: Opracowanie własne

euro, jednak zdecydowaną większość stanowią w nim koszty CCS – koszt pozostałych technologii kształtuje się na poziomie 20 mld euro. Oznacza to, że w sytuacji rezygnacji z technologii CCS pakiet przyniósłby gospodarce polskiej nawet 230 mld euro oszczędności w całym analizowanym okresie tzn. ok. 1% wytworzonego w nim PKB. O opłacalności całego pakietu przesądzą duże oszczędności z działań ograniczających zużycie energii w budynkach oraz poprawiających efektywność paliwową samochodów. Koszty modernizacji energetyki są w relatywnie niewielkie pod warunkiem rezygnacji z sekwestracji dwutlenku węgla pod ziemią.

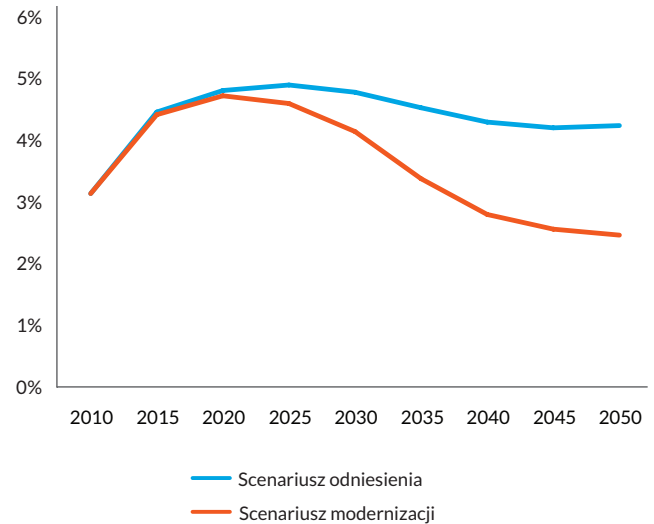
Przedstawione skutki gospodarcze działań proefektywnościowych znajdą odzwierciedlenie w sytuacji gospodarstw domowych. Poprawa efektywności energetycznej budynków mieszkalnych oraz ograniczenie paliwochłonności samochodów osobowych w scenariuszu modernizacji istotnie ograniczy udział

**Korzyści z inwestycji w efektywniejsze ogrzewanie i samochody w gospodarstwach domowych przeważają nad dodatkowymi kosztami energii elektrycznej.**

wydatków na energię w ich budżetach względem scenariusza odniesienia. Ponieważ to wydatki na ogrzewanie, a nie zasilanie sprzętu elektrycznego czy oświetlenie stanowią główną część wydatków na cele energetyczne w domach i mieszkaniach Polaków, efekty inwestycji w termomodernizację oraz energooszczędne nowe budynki przewyższają wzrost cen energii elektrycznej oraz ciepła sieciowego związany z transformacją energetyki (por. Wykres IV.4).

Łącznie wydatki na energię i paliwa w gospodarstwach domowych są w scenariuszu modernizacji o 10% niższe w roku 2030 i o 37% niższe w roku 2050 niż w scenariuszu odniesienia. Relatywnie niski wpływ podwyżki cen energii na koszty życia wynika z małego udziału wydatków na energię elektryczną

Wykres IV.5. Wydatki na paliwo dla samochodów osobowych jako procent dochodów gospodarstw domowych



Źródło: Opracowanie własne

w budżetach gospodarstw domowych. Istotniejsze są wydatki na ogrzewanie, a te mogą zostać istotnie obniżone dzięki wsparciu dla poprawy efektywności energetycznej budynków mieszkalnych. Warto tutaj przywołać ostrzeżenia autorów Raportu 2050 (EnergSys 2012) przed możliwym wzrostem udziału wydatków energetycznych w budżetach domowych i wynikającego z tego wzrostu ubóstwa energetycznego wśród Polaków na skutek prowadzenia ambitnej polityki klimatycznej. Te pesymistyczne prognozy wynikają głównie z przyjęcia założenia o nałożeniu na źródła energii wykorzystywane przez gospodarstwa domowe dodatkowych opłat za emisje gazów cieplarnianych. Jak wskazuje przedstawiona w niniejszym raporcie analiza, uzyskanie pożądanego efektu środowiskowego i zdrowotnego w postaci znaczącego ograniczenia emisji gazów cieplarnianych oraz innych szkodliwych substancji z budynków mieszkalnych jest możliwe poprzez wspieranie energooszczędnego i pasywnego budownictwa. Ważne jest zapewnienie gospodarstwom

**To wydatki na ogrzewanie, a nie rachunki za energię elektryczną w największym stopniu przyczyniają się do ubóstwa energetycznego.**

domowym – szczególnie zagrożonym ubóstwem energetycznym – dostępu do środków na początkowe nakłady inwestycyjne w energooszczędne rozwiązania. Wprowadzenie opłat za emisje dla gospodarstw domowych nie jest w tym wypadku konieczne, a nawet może utrudniać mniej zamożnym z nich zebranie środków na zainwestowanie w poprawę efektywności energetycznej i obniżenie rachunków za energię.

domowym – szczególnie zagrożonym ubóstwem energetycznym – dostępu do środków na początkowe nakłady inwestycyjne w energooszczędne rozwiązania. Wprowadzenie opłat za emisje dla gospodarstw

## 2 NISKOEMISYJNA MODERNIZACJA ▲ OKIEM MAKROEKONOMISTY

W poprzednim rozdziale przedstawiliśmy efekty scenariusza modernizacji z perspektywy mikroekonomicznej. To podejście dobrze ilustruje punkt widzenia poszczególnych inwestorów, jednak nie oddaje w pełni oddziaływania proponowanego pakietu na całą gospodarkę. Suma mikroekonomicznych kosztów i korzyści to bezpośredni efekt wdrożenia scenariusza modernizacji, jednak na poziomie makroekonomicznym istotne są również efekty pośrednie. Są one wypadkową wpływu jaki na siebie wywierają poszczególne rynki – pracy, kapitału, produktów - wzajemnej zależności pomiędzy decyzjami poszczególnych podmiotów oraz agregatami makroekonomicznymi, a także zdolności firm i gospodarstw domowych do dostrzegania zmian w swoim otoczeniu i dostosowywania się do nich.

Ten ostatni czynnik wpływa na różnice między analizą mikro- a makroekonomiczną. Zdolność gospodarki do realokacji zasobów w odpowiedzi na zmiany sygnałów zewnętrznych łagodzi wpływ jednostkowych zaburzeń na produkt oraz zatrudnienie w średnim i długim okresie. Rynki nie są jednak doskonale el-

**Powrót państw rozwiniętych do wzrostu gospodarczego po szokach naftowych lat 70. jest przykładem udanego dostosowywania się gospodarstw rynkowych do zmieniającego się otoczenia.**

–ostatni kryzys światowy pokazał, jak istotny wpływ mogą mieć systemowe zaburzenia w sektorze finansowym na całą gospodarkę, uwydatniając różnice między relatywnie mało elastyczną gospodarką europejską, a nieco bardziej giętką gospodarką amerykańską.

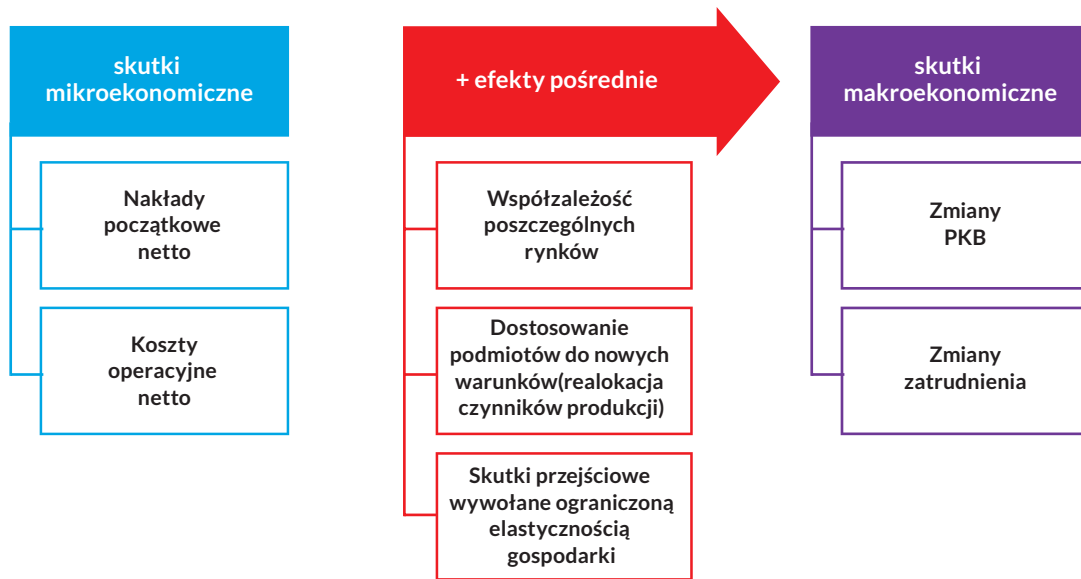
Innym przykładem, bliższym obszarowi niniejszej analizy, są kryzysy naftowe lat 70. (por. Bukowski i Śniegocki 2011). Skokowe wzrosty cen kluczowego surowca energetycznego – ropy naftowej – spowodowały serię kryzysów ekonomicznych, podkopując pozycję finansową energochłonnych branż gospodarki oraz starych ośrodków przemysłowych. Gdyby państwa rozwinięte nie były w stanie dostosować się do nowych warunków, trwałyby do dzisiaj w stagnacji gospodarczej. Stany Zjednoczone nadal

styczne - potrzebują czasu na dostosowanie się do dotyczących je zmian, stąd też możliwe jest przejściowe odchylenie zatrudnienia czy produktu od poziomów determinowanych przez długoterminowe, fundamentalne czynniki ekonomiczne. Głębokość i długotrwałość tego odchylenia zależy od specyfiki zaburzeń oraz zdolności gospodarki do adaptacji

liczyłyby na odrodzenie się tradycyjnego przemysłu w Detroit oraz innych ośrodkach amerykańskiego Pasa Rdzy, a Niemcy pokładałyby swoje nadzieje w powrocie dobrej koniunktury dla górnictwa i hutnictwa w Zagłębiu Ruhry. Tak się jednak nie stało. Zamiast tego doszło w nich do realokacji kapitału oraz pracy w stronę bardziej energooszczędnych form działalności gospodarczej – nowoczesnego przemysłu oraz różnorodnych usług. Produkcja tradycyjnych sektorów nie zniknęła, ale zmieniła się. Fundamentem pod przyszły rozwój były przy tym inwestycje w efektywność materiałową i energetyczną, co w połączeniu ze zmianami stymulującymi wzrost produktywności pracy pozwoliło na restrukturyzację zatrudnienia i odzyskanie utraconej wcześniej konkurencyjności międzynarodowej. Globalny środek ciężkości wielu branż przemysłowych przesunął się jednak w stronę rynków wschodzących, w których koszty pracy i energii były na tyle niskie by zrównoważyć przewagi konkurencyjne nasyconych kapitałem gospodarek rozwiniętych. Mimo tego, po okresie turbulencji związanych z szokami naftowymi, wzrost gospodarczy w świecie zachodnim pojawił się na nowo dzięki zdefiniowaniu przez nie na nowo, własnych silników wzrostu: elastyczności rynków pracy i kapitału, jakości i stabilność regulacji, efektywności zasobowej oraz innowacyjności (por. Bukowski, Gąska i Śniegocki 2012).

Modele makroekonomiczne pozwalają na uwzględnienie wzajemnych powiązań pomiędzy poszczególnymi podmiotami gospodarczymi, odzwierciedlając pośrednie oddziaływanie ich decyzji na całą gospodarkę. Przykładowo, dodatkowe koszty ponoszone na budowę budynków efektywnych energetycznie wymuszają ograniczenie wydatków gospodarstwa na inne cele, a jeżeli projekty termomodernizacyjne korzystają z dotacji publicznej, to państwo musi znaleźć środki na ten cel, by zachować równowagę budżetową w długim okresie – zebrać je w podatkach lub przejąć od gospodarstw domowych w zamian za obligacje. To przejściowo musi obniżyć dynamikę PKB. Z drugiej strony w kolejnych latach, zaoszczędzone dzięki mniejszemu zużyciu energii środki, będą mogły być przeznaczone na inne cele niż zakup energii. Zwiększenie konsumpcji innych dóbr oraz wzrost inwestycji zwiększy potencjał gospodarczy kraju, przekładając się pozytywnie na statystyki produktu i zatrudnienia. Podobnie, wpływy z opłat za zanieczyszczenie środowiska, mogą pozwolić państwu na obniżenie innych podatków lub produktywnych wydatków, na przykład na infrastrukturę lub prace B+R, przynosząc korzyści różnym branżom. Niskoemisyjna transformacja wymaga nakładów inwestycyjnych, co nie pozostaje obojętne dla rynków

Schemat IV.1. Zależność między mikro- i makroekonomicznymi skutkami analizowanych działań

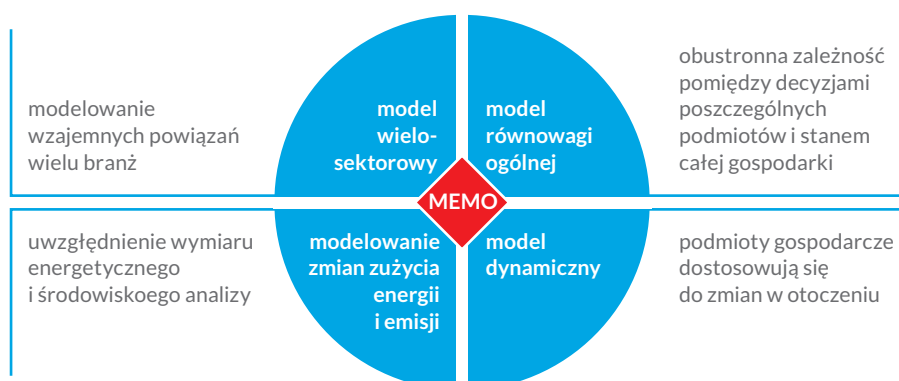


Źródło: Opracowanie własne

### Ramka IV.1. Model MEMO (Macroeconomic Mitigation Options Model)

Uwzględnienie efektów pośrednich programu modernizacyjnego i przeniesienia analizy z poziomu poszczególnych inwestorów na poziom całej gospodarki wymagało zastosowania analizy przy pomocy modelu równowagi ogólnej. Wybraliśmy model MEMO (ang. Macroeconomic Mitigation Options Model por. Bukowski i Kowal (2010)). Jest to dużej skali, wielosektorowy model typu DSGE uwzględniający oprócz zmiennych czysto ekonomicznych takich jak PKB, zatrudnienie czy bezrobocie, również wielkości powiązane z gospodarką niskoemisyjną: zużycie energii finalnej w procesach produkcyjnych, zużycie paliw i materiałów oraz emisje gazów cieplarnianych wynikające z działalności gospodarczej i konsumpcji gospodarstw domowych. Pozwala on na modelowanie reakcji gospodarki polskiej na mikroekonomiczne skutki wdrożenia poszczególnych działań rozważanych w ramach scenariusza modernizacji.

Schemat IV.2. Charakterystyka modelu makroekonomicznego IBS-MEMO



Źródło: Opracowanie własne

Rozbudowana struktura międzysektorowa modelu umożliwia uwzględnienie wzajemnych powiązań między poszczególnymi branżami, dostarczającym konsumentom dobra finalne, a sobie nawzajem – dobra inwestycyjne, półprodukty i materiały. Dynamiczny charakter modelu oddaje zdolność gospodarki do adaptacji do zmieniających się warunków zewnętrznych. Realokacja zasobów między przedsiębiorcami jest stopniowa, a gospodarstwa domowe reagują na zmieniające się bodźce płynące z rynku zmianami stóp konsumpcji i oszczędności oraz podażą pracy. Model sformułowany jest w tzw. równowadze ogólnej, co oznacza, że tworzy ją swoisty system naczyń połączonych, a pomiędzy jej poszczególnymi częściami występują silne wzajemne powiązania w postaci rynków dóbr, kapitału, pracy. Wszystkie zależności w modelu są wielostronne a decyzje poszczególnych podmiotów zależą nie tylko od ich własnej sytuacji ale i od stanu całej gospodarki.

Źródło: Opracowanie własne

pracy i kapitału. Wzrost popytu na pracę, materiały budowlane i maszyny wskutek np. wzrostu inwestycji w termomodernizację prowadzi przejściowo do wzrostu ich cen, wypychając inne projekty z kolejki inwestycyjnej. Z drugiej strony stymuluje to rozwój branż dostarczających niezbędne rodzaje dóbr inwestycyjnych, a rosnące płace zachęcają ludzi do zwiększenia swojej podaży pracy. Modelowanie makroekonomiczne pozwala na oszacowanie relatywnej siły wszystkich tych przeciwstawnych efektów, a w konsekwencji na ocenienie wpływu jaki niskoemisyjna modernizacja wywierać będzie na polską gospodarkę w krótkim, średnim i długim okresie.

Prawdopodobne ścieżki PKB oraz zatrudnienia w scenariuszu odniesienia oraz modernizacji przedstawiają wykresy IV.6-7. Wpływ analizowanych działań zarówno na produkt, jak i na rynek

**Rozważane działania w obszarze energetyczno-środowiskowym nie wystarczą do dogonienia światowej czołówki, nie będą jednak stanowiły przeszkody na drodze do wzrostu bogactwa w Polsce – wpisują się bowiem w szerszą logikę modernizacji oraz sprzyjają wzrostowi w długim okresie.**

Zachodniej. Do wzrostu przyczynia się także poprawiające się z roku na rok wyposażenie gospodarki w kapitał produkcyjny i infrastrukturalny. Jak wskazano w Rozdziale I, to zdolność do kreowania i wdrażania nowatorskich rozwiązań, poprawy jakości regulacji oraz aktywizacji zawodowej ludności – a więc poprawy strukturalnych wyznaczników siły gospodarczej – będzie decydowała o szansach dogonienia czołowych gospodarek świata.

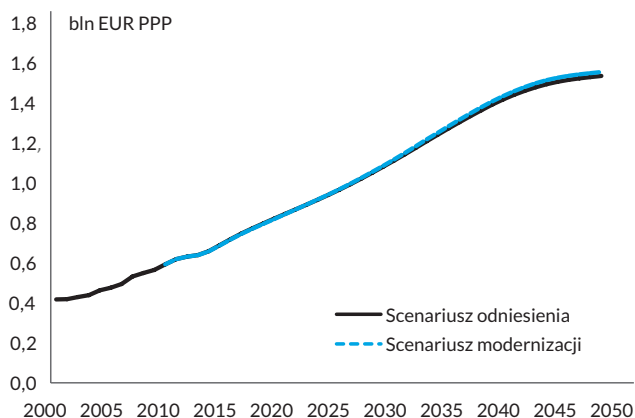
pracy jest relatywnie niewielki względem długoterminowych trendów gospodarczych i demograficznych. Wynik ten jest zgodny z analogicznymi analizami przygotowanymi m.in. przez Instytut McKinsey (2013) czy Bank Światowy (2011). W przypadku PKB dominującym czynnikiem wpływającym na jego zmiany w obu scenariuszach pozostaje globalny postęp technologiczny, stopniowo zmniejszający lukę produktywności między Polską a krajami Europy

Rozważany w ramach scenariusza modernizacyjnego pakiet działań już po kilkunastu latach zaczyna mieć pozytywny wpływ na polską gospodarkę, przyczyniając się do zwiększenia poziomu PKB o 0,5% w roku 2030 roku oraz o ponad 1% w roku 2050. Gdyby z niskoemisyjnego pakietu wyłączyć szczególnie kosztowne instalacje CCS, PKB w roku 2050 mogłoby być nawet o 1,5% wyższe niż w scenariuszu odniesienia. Co ważne, w rachunku tym nie uwzględniono oddziaływania jaki na gospodarkę wywarłoby wzmocnienie jej innowacyjności – efekt ten zależy bowiem nie tylko od samego faktu dokonania inwestycji w rozwiązania energooszczędne, ale i od tego czy wdrażanie polityki antyemisyjnej stanie się stymulatorem polskiej innowacyjności. W takim wypadku niskoemisyjna modernizacja podniosłaby wartość polskiego PKB w roku 2050 nawet o 3,5%, przy czym 1,5% przypadłoby na wzrost efektywności energetycznej, a 2% na wzrost innowacyjności gospodarki. Działania w obszarze energetyczno-środowiskowym same w sobie nie wystarczą więc do dogonienia światowej czołówki gospodarczej, wzmocnią jednak Polskę na tej drodze. Co jednak szczególnie ważne, wbrew obawom wielu, nie będą one stanowiły także przeszkody na tej drodze.

**Efekt pojawienia się „zielonych” miejsc pracy w długim okresie jest głównie jakościowy – następuje raczej wzrost płac, niż trwałe zwiększenie się liczby etatów.**

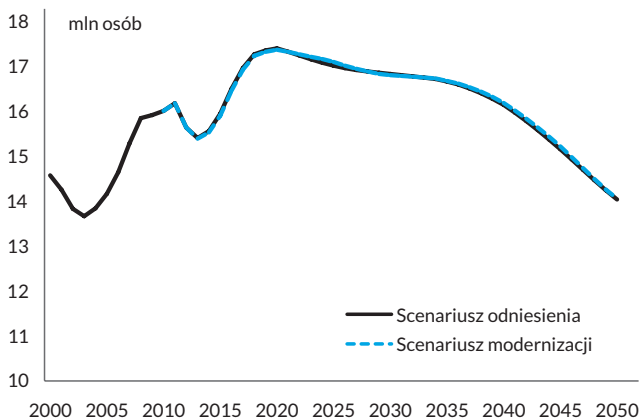
Obniżenie zużycia energii wpisuje się w szersze działania niezbędne do budowy efektywniejszej, bardziej innowacyjnej i elastycznej polskiej gospodarki w XXI wieku przede wszystkim poprzez spadek kosztów działalności gospodarczej i umożliwienie przedsiębiorcom przeznaczenia zaoszczędzonych zasobów na inne – nieenergetyczne – cele. Prowadzi to do wzrostu zagregowanych inwestycji, płac i zatrudnienia. W tym ostatnim przypadku negatywne oddziaływanie pakietu dotyczy tylko pierwszej dekady, upływającej pod znakiem wysiłku inwestycyjnego. Firmy mobilizują zasoby inwestycyjne, oszczędzając na zatrudnieniu. Jednak z chwilą gdy nowe technologie zostaną wdrożone, spadek ustępuje miejsca wzrostowi. Efekt ten jest jednak przejściowy, bowiem wyższy poziom kapitału i produktywności

**Wykres IV.6.** PKB w Polsce w scenariuszu odniesienia i modernizacji, 2000-2050



Źródło: Opracowanie własne

**Wykres IV.7.** Zatrudnienie w Polsce w scenariuszu odniesienia i modernizacji, 2000-2050



Źródło: Opracowanie własne

Tabela IV.2. Wpływ analizowanego pakietu działań na poziom PKB i zatrudnienia w Polsce

Wpływ analizowanego pakietu działań na:					
	PKB %	PKB, mld euro PPP	PKB na osobę, euro PPP	zatrudnienie, %	zatrudnienie, tys. osób
2015	-0,1	-0,6	-15	-0,1	-15
2020	-0,2	-1,8	-46	-0,2	-40
2025	0,2	1,7	44	0,4	71
2030	0,4	4,3	113	0,2	35
2035	0,6	7,1	190	0,1	12
2040	1,0	13,1	357	0,3	42
2045	1,2	17,4	484	0,3	46
2050	1,2	18,5	527	0,1	9

Źródło: Opracowanie własne

pracy przekłada się na wzrost wynagrodzeń, w całości absorbując wzrost popytu na pracę. Całkowity poziom dobrobytu jednak rośnie – gospodarstwa domowe pracując tyle samo, konsumują więcej. Warto zauważyć, że przewaga dodatniego wpływu rozważanych działań na PKB nad ich wpływem na zatrudnienie (w długim okresie) oznacza, że z czasem dokonuje się poprawa jakości i produktywności miejsc pracy. „Zielone” miejsca pracy zastępują „czarne”. Zmiana ta ma więc ostatecznie charakter jakościowy – następuje raczej wzrost wynagrodzeń, niż trwałe zwiększenie się liczby etatów. Mimo to, przez większość analizowanego okresu wpływ pakietu nie tylko na PKB ale i na zatrudnienie jest dodatni. W punkcie kulminacyjnym wzrost zatrudnienia netto sięga 70tys osób.

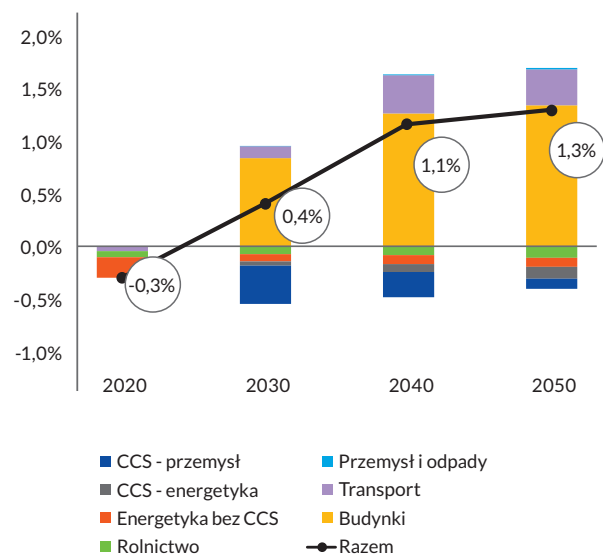
Szczegóły tego procesu przedstawia tabela IV.2. Przez pierwszą dekadę dominują negatywne efekty związane z koniecznością koncentracji wysiłku inwestycyjnego w energetyce i wypychaniem inwestycji w innych sektorach oraz koniecznością dostosowania gospodarki do zmieniającej się struktury popytu na dobra inwestycyjne. Przekłada się to na zmniejszenie PKB o 0,6-1,8 mld euro, co w przeliczeniu na mieszkańca oznacza stratę rzędu 15-46 euro. Również zatrudnienie jest o 15-40 tys. osób niższe niż w scenariuszu odniesienia. Jednak już w kolejnej dekadzie następuje odwrócenie sytuacji – zarówno PKB, jak i zatrudnienie odbija się ponad poziom bazowy, gdy zaczynają się ujawniać pozytywne efekty oszczędności na wydatkach energetycznych. Większy strumień środków zasila branże produkujące dobra nieenergetyczne – zarówno konsumpcyjne, jak również inwestycyjne, napędzając wzrost gospodarczy i poprawiając

**Znaczące pozytywne efekty makroekonomiczne inwestycji w efektywniejsze budynki oraz środki transportu przewyższają umiarkowane koszty netto działań w innych obszarach.**

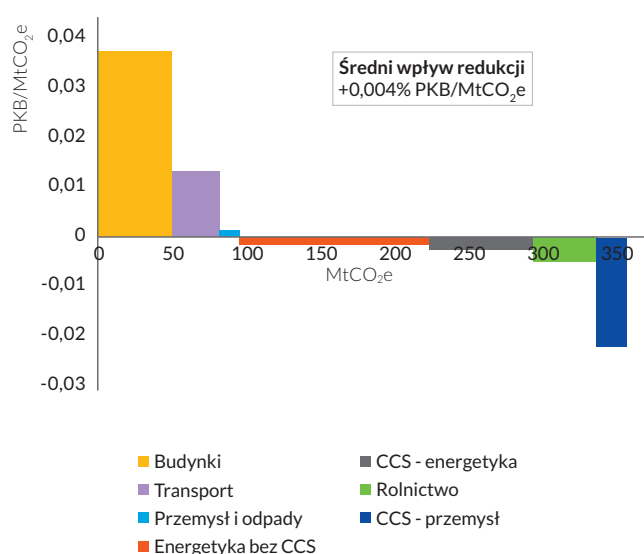
sytuację na rynku pracy. W kolejnych dekadach pozytywny wpływ rozważanych działań na gospodarkę rośnie, przekładając się na produkt na mieszkańca o blisko pół tysiąca euro wyższy niż w scenariuszu odniesienia. Po roku 2030 zaczęłyby się także ujawniać pozytywne efekty, jakie na dynamikę produktywności mogłoby mieć wbudowanie w program modernizacyjny stymulantów polskiej innowacyjności – podniosłyby one dynamikę PKB o ok. 0,1%-0,2% rocznie.

Dodatkowe wnioski na temat makroekonomicznych kosztów i korzyści scenariusza modernizacyjnego płyną z wyodrębnienia z łącznego efektu całego pakietu wpływu działań podejmowanych w poszczególnych obszarach tematycznych: budownictwie, transporcie, rolnictwie, energetyce itp. Analiza ta (por. Wykresy IV.8-9) wskazuje, że najsilniej na wzrost gospodarczy oddziałuje poprawa efektywności energetycznej budynków. W razie braku działań w tym obszarze, wpływ netto na PKB reszty działań byłby ujemny. Drugim obszarem stymulującym wzrost PKB w długim okresie jest obniżenie paliwochłonności samochodów. Również wzrost efektywności wykorzystania zasobów i energii w przemyśle oraz poprawa zarządzania odpadami przyczynia się do wzrostu gospodarczego, jednak nie jest to wpływ duży ze względu na ograniczoną skalę tych działań. Wśród przedsięwzięć

Wykres IV.8. Wpływ analizowanego pakietu działań na poziom PKB



Wykres IV.9. Makroekonomiczna krzywa redukcji emisji dla 2050 r.



Uwaga: Oś pozioma – redukcja emisji w 2050 roku, oś pionowa – średni wpływ redukcji emisji na poziom PKB (wartości dodatnie – wpływ pozytywny).

Źródło: Opracowanie własne

wykorzystujących potencjał efektywności tylko działania w rolnictwie przekładają się na niewielki spadek produktu. Negatywny wpływ na PKB można w tym wypadku tłumaczyć wzrostem zapotrzebowania na dobra pośrednie z tejże branży oraz wzrostem jej znaczenia względem innych sektorów o wyższej produktywności pracy. Również dywersyfikacja energetyki wiąże się z kosztami makroekonomicznymi, co wynika z wysokich początkowych nakładów kapitałowych wypychających inne inwestycje, a następnie – ze zwiększonego importu energii elektrycznej spoza kraju. Łączny negatywny wpływ rolnictwa oraz energetyki (bez CCS) jest w dłuższym okresie relatywnie niewielki i zostaje w całości zrównoważony po 2030 roku przez działania w samym tylko obszarze transportu. Technologie CCS w razie wdrożenia będą obniżały wzrost gospodarczy, zarówno wypychając inne inwestycje w fazie budowy, jak i poprzez ograniczenie wydatków konsumpcyjnych i inwestycyjnych w trakcie swojego funkcjonowania ze względu na konieczność wydatkowania energii do celów składowania dwutlenku węgla.

Porównanie całkowitego makroekonomicznego kosztu wdrożenia poszczególnych działań modernizacyjnych z uzyskanym efektem środowiskowym (Wykres IV.9) pokazuje, że korzystne dla gospodarki działania proefektywnościowe pozwalają na ograniczenie emisji rzędu 95 MtCO<sub>2</sub>e w 2050 roku. Redukcję na poziomie ok. 128 MtCO<sub>2</sub>e osiągnąć można dzięki dywersyfikacji sektora energetycznego, która cechuje się relatywnie niskimi kosztami makroekonomicznymi. Kolejne 113 MtCO<sub>2</sub>e unikniętych emisji dają działania związane z wdrożeniem CCS w energetyce (skutki makroekonomiczne łagodzi m.in. wzrost zamówień w przemyśle ciężkim związany z koniecznością budowy odpowiedniej

Źródło: Opracowanie własne

infrastruktury) oraz modernizacją rolnictwa (w przypadku której występują dodatkowe pozytywne efekty społeczne i środowiskowe) cechujące się umiarkowanymi kosztami makroekonomicznymi. Najbardziej kosztowną opcją redukcijną z punktu widzenia całej gospodarki jest implementacja CCS w przemyśle – wzrost zamówień związany z koniecznością wdrożenia tej technologii nie równoważy utraty konkurencyjności przemysłu ciężkiego. Jest więc to opcja najbardziej kontrowersyjna ekonomicznie a jej zastosowanie powinno być poprzedzone pogłębionymi analizami wykonalności.

### 3 WPŁYW NISKOEMISYJNEJ TRANSFORMACJI NA BEZPIECZEŃSTWO ENERGETYCZNE KRAJU

Polska w ciągu ostatnich dwudziestu trzech lat przeszła długą drogę od gospodarki opierającej się na centralnym planowaniu, z nieefektywnym przemysłem i rolnictwem oraz słabo rozwiniętym sektorem usług, do zróżnicowanej gospodarki rynkowej z pełnymi szansami na dołączenie do grona państw rozwiniętych. Restrukturyzacja przemysłu ciężkiego, rozwój mniej zasobochłonnych branż przemysłu (motoryzacja, produkcja elektroniki) oraz znaczny wzrost udziału usług w tworzeniu PKB, ale też programy termomodernizacyjne przyczyniły się do znaczącego obniżenia energochłonności produkcji. Luka efektywności energetycznej między Polską a Unią Europejską nadal wynosi jednak 20%. Wynika ona jednak nie tylko ze specyfiki produkcji w kraju – w przypadku wielu branż przemysłowych Polska plasuje się w czołówce UE pod względem efektywności energetycznej (por. ODYSEE 2012) – lecz również ze struktury gospodarki (relatywnie wysoki udział przemysłu w PKB) oraz średnio słabszej rozpoznawalności polskich towarów na rynkach globalnych – słabsza marka obniża cenę sprzedaży, a co za tym idzie i wartość dodaną uzyskiwaną z produkcji danego dobra, co z kolei zwiększa statystyczną energochłonność ich wytworzenia względem identycznych dóbr o większej rozpoznawalności, za które odbiorcy są skłonni zapłacić więcej. Z czasem, wraz z dalszym rozwojem polskiej gospodarki i stopniowym ograniczaniem marnotrawstwa energii oraz wzmacnianiem marki polskich towarów, luka energochłonności pomiędzy Polską a UE będzie zanikać. Wraz z ogólnosiątkowym trendem do stopniowej poprawy efektywności doprowadzi to do znaczącego obniżenia energochłonności nawet

bez podjęcia zdecydowanych działań w tym kierunku: w scenariuszu odniesienia spada ona o ponad 30% w latach 2010-2030

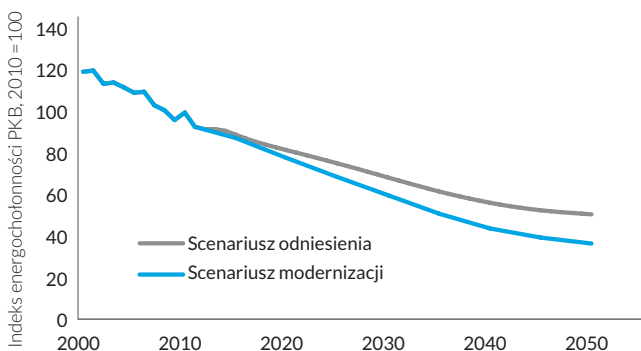
**Spowolnienie poprawy efektywności energetycznej polskiej gospodarki w scenariuszu odniesienia przełoży się na wzrost zużycia energii o niemal połowę do 2050 roku.**

i o niemal połowę w latach 2010-2050. Jednak bez dodatkowych bodźców modernizacyjnych tempo poprawy energochłonności wyhamowuje z czasem, a całkowite zużycie energii wzrośnie o ponad jedną czwartą do roku 2030

i o ponad jedną trzecią do roku 2050, wyhamowując dopiero po 2040 roku z powodu stagnacji wzrostu gospodarczego wywołanej przez czynniki demograficzne.

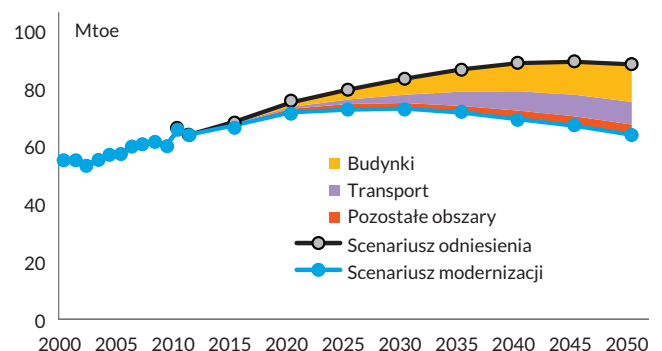
Działania modernizacyjne pozwalają utrzymać szybkie tempo poprawy efektywności energetycznej przez kilka kolejnych dekad, dzięki czemu finalne zużycie energii w polskiej gospodarce będzie mogło spaść, pomimo tego, że ona sama wzrośnie trzykrotnie. Głównymi działaniami pozwalającymi na osiągnięcie tego efektu będzie pogłębiona termomodernizacja istniejących budynków, stopniowe przejście do pasywnego budownictwa w przypadku nowych inwestycji budowlanych oraz ciągłe zaostrzanie norm w zakresie paliwochłonności (a więc i emisyjności) samochodów. Poprawa efektywności energetycznej budynków oraz używanego w nich sprzętu odpowiada za blisko połowę uzyskanej redukcji zużycia energii finalnej w 2050 roku, a wzrost

**Wykres IV.10.** Energochłonność polskiej gospodarki, scenariusz odniesienia i modernizacji; 2010=100

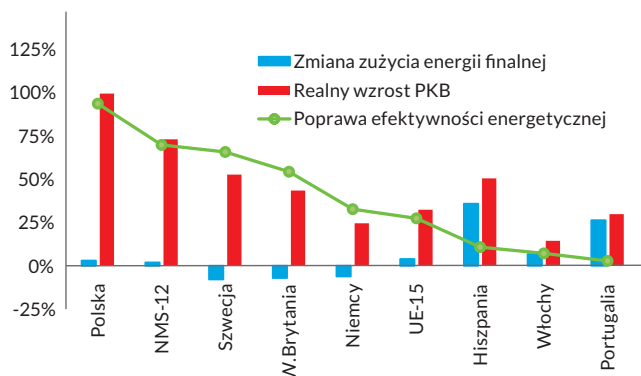


Źródło: Opracowanie własne

**Wykres IV.11.** Zużycie energii finalnej w Polsce w scenariuszu odniesienia i modernizacji



Źródło: Opracowanie własne

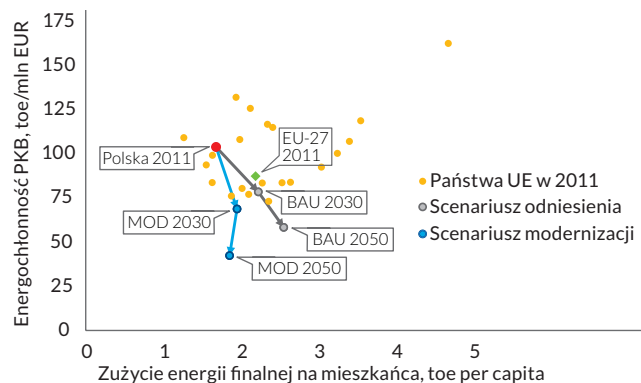
**Wykres IV.12.** Poprawa efektywności energetycznej w wybranych państwach UE; 1995-2011

Uwaga: NMS-12 - państwa, które dołączyły do UE w latach 2004 i 2007

Źródło: Opracowanie własne

efektywności paliwowej polskiej floty samochodowej – za niemal jedną trzecią. Wszystkie pozostałe działania – głównie w przemyśle – dają w sumie jedynie 15% efektu końcowego.

W scenariuszu modernizacji ma więc miejsce oderwanie wzrostu gospodarczego od zmian zużycia energii (tzw. decoupling). Zjawisko to nie jest nowe dla Polski – w latach 1995-2011 doszło do podwojenia PKB przy niemal zerowym wzroście zużycia energii. Podobne doświadczenia są charakterystyczne dla innych państw Europy Środkowej, które przeszły w ostatnich dwóch dekadę transformację ustrojową i osiągnęły dzięki temu szybki wzrost gospodarczy przy jednoczesnym ograniczeniu marnotrawienia zasobów. Dla Polski i całego regionu wyzwaniem będzie utrzymanie tego trendu w kolejnych latach, już po wyczerpaniu prostych rezerw poprawy efektywności energetycznej polegających na eliminacji marnotrawstwa gospodarki centralnie planowanej, a przy nadal relatywnie wysokim wzroście gospodarczym, przekładającym się na presję na wzrost zużycia energii i paliw w coraz bardziej zaawansowanych gospodarstwach domowych. Jak pokazują przykłady

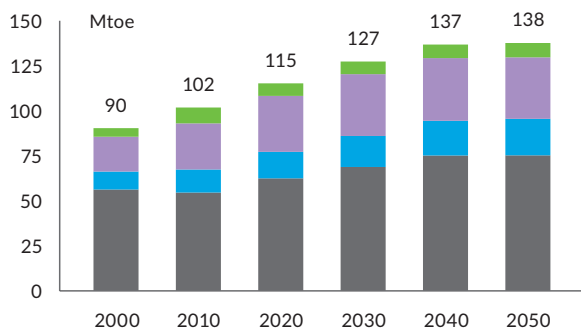
**Wykres IV.13.** Energochłonność PKB w Polsce w scenariuszu odniesienia i modernizacji na tle państw UE-27 w 2011

Źródło: Opracowanie własne

z Europy Zachodniej, ograniczenie zużycia energii przy jednoczesnym wzroście bogactwa jest możliwe, wymaga jednak wysiłku modernizacyjnego – zarówno poprzez oszczędzanie energii, jak i promowanie nowoczesnych sektorów gospodarki charakteryzujących

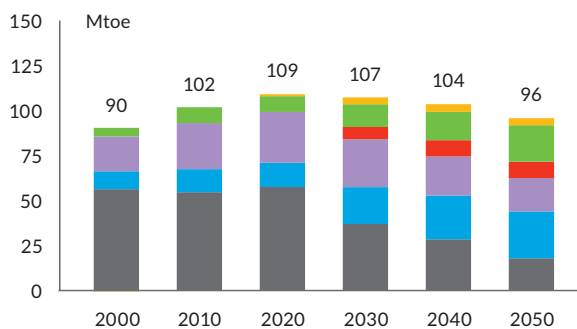
**W scenariuszu modernizacji niemal trzykrotnemu wzrostowi gospodarki towarzyszy spadek zużycia energii. Pozwala to na ograniczenie inwestycji w energetyce i przeznaczenie tych środków na inne cele.**

się połączeniem wysokiej wartości dodanej z niskimi potrzebami energetycznymi. Przykładami takich krajów są Szwecja, Wielka Brytania czy Niemcy (korzystające dodatkowo na poprawie efektywności energetycznej na terenach byłej NRD). Kontrprzykładami są kraje Europy Południowej, które nie zdołały przez kilkanaście lat w istotny sposób poprawić efektywności energetycznej, przez co dynamika zużycia energii była w ich przypadku zbliżona do dynamiki PKB.

**Wykres IV.14.** Mix źródeł energii pierwotnej w scenariuszu odniesienia

Źródło: Opracowanie własne

■ Węgiel ■ Gaz ■ Ropa ■ OZE

**Wykres IV.15.** Mix źródeł energii pierwotnej w scenariuszu modernizacji

Źródło: Opracowanie własne

■ Węgiel ■ Gaz ■ Ropa ■ Paliwo jądrowe  
■ OZE ■ Energia elektr. - import

Źródło: Opracowanie własne

Źródło: Opracowanie własne



Przykłady europejskie wskazują więc zarówno na możliwość utrzymania trwałego wzrostu gospodarczego bez zwiększania zużycia energii, jak również na wyzwania stawiane przed modelem rozwojowym kraju, który chce ten stan osiągnąć. W scenariuszu odniesienia Polska nie podejmuje wystarczającego wysiłku na rzecz ograniczenia swojego uzależnienia energetycznego, przez

### Występowanie dużych zasobów surowca energetycznego na terenie kraju nie poprawia jego bezpieczeństwa energetycznego, jeżeli nie ma możliwości ich produktywnego wykorzystania.

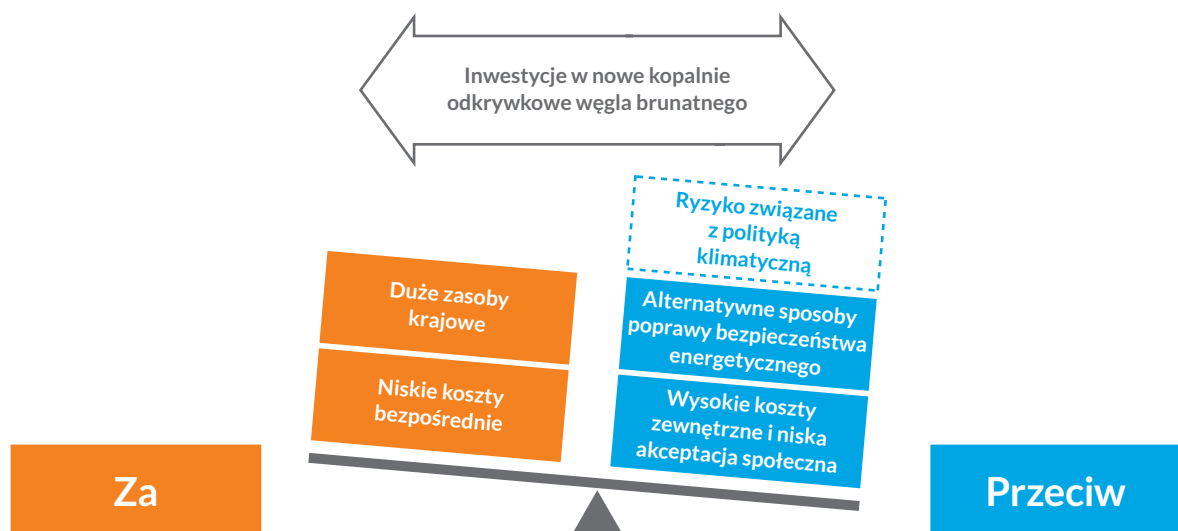
co w perspektywie 2030 roku charakteryzuje się gorszymi wskaźnikami efektywności energetycznej niż te, którymi dziś mogą pochwalić się europejscy liderzy w tej dziedzinie. Biorąc pod uwagę zachodzącą równocześnie poprawę efektywności energetycznej w innych państwach europejskich, Polska pozostaje więc w ogniu peletonu krajów goniących najefektywniejsze europejskie gospodarki. Scenariusz modernizacji daje szansę na przełamanie tego fatum i dołączenie Polski do grupy najefektywniejszych gospodarek europejskich – już w 2030 roku polska energochłonność kształtuje się korzystniej od dzisiejszych wartości tego wskaźnika w krajach-liderach efektywności w UE, a w 2050 r. jest ona ponad dwukrotnie niższa od dzisiejszej średniej europejskiej.

Bezpieczeństwo energetyczne kraju jest pochodną nie tylko wolumenu zużywanej energii, ale też jego dopasowania do krajowej bazy surowcowej. Dlatego dodatkową korzyścią z niskoemisyjnej modernizacji jest to, w jaki sposób różnicuje ona polskie zapotrzebowanie na poszczególne źródła energii pierwotnej w porównaniu do scenariusza odniesienia (por. Wykresy IV.14-15). Do oszacowania wpływu obu wariantów na bezpieczeństwo energetyczne kraju niezbędne jest oszacowanie przyszłych możliwości wykorzystania krajowych surowców energetycznych. Wśród paliw kopalnych szczególnie istotny jest potencjał wydobywczy węgla kamiennego oraz brunatnego, a także gazu, w szczególności ze

złóż niekonwencjonalnych. Wśród tych trzech rodzajów paliw najmniej korzystne są perspektywy węgla kamiennego. Pomimo tego, że jego geologiczne zasoby bilansowe w Polsce są duże, należy pamiętać, że z przyczyn technicznych oraz ekonomicznych tylko niewielka część z nich (ok. 14%) objęta jest wydobywaniem (Wilczyński 2013). Samo występowanie dużych zasobów surowca energetycznego na terenie danego kraju nie poprawia jego bezpieczeństwa energetycznego, jeżeli nie ma możliwości ich produktywnego wykorzystania. Dlatego też istotna jest analiza nie ogólnych zasobów, a tej ich części, której wydobywanie jest możliwe i ekonomicznie uzasadnione. Wyczerpywanie się złóż w polskich kopalniach sprawia, że wielkość ta będzie w kolejnych dekadach szybko maleć. Krajowe analizy wskazują, że do 2030 roku w Polsce wydobywanie węgla kamiennego będzie kształtowało się poniżej 50 mln ton (Sobczyk 2008, Kasztelewicz 2012), a w 2050 – poniżej 30 mln ton (Kasztelewicz 2012). Występuje jednocześnie dylemat strategiczny – wydobywać węgiel kamienny taniej, ale w sposób marnotrawiący część złóż, lub też chronić jego zasoby dla przyszłych pokoleń i godzić się na wyższe koszty wydobywania (a więc prawdopodobne dotowanie branży) albo jego ograniczenie (Wilczyński 2013).

Polskie zasoby węgla brunatnego, są nie tylko bardzo duże, ale również możliwe jest utrzymanie ich wydobywania na dużą skalę metodą odkrywkową. Jak szacuje Kasztelewicz (2012), technicznie możliwy jest niemal dwukrotny wzrost krajowego wydobywania węgla brunatnego z ok. 60 mln ton do poziomu przekraczającego 100 mln ton. Wymaga to jednak inwestycji w cztery nowe kopalnie odkrywkowe (Gubin, Poniec-Krobia, Legnica, Złoczew), w tym jedną dużą (Legnica), której wydobywanie byłoby niewiele mniejsze od obecnego wolumenu wydobywania węgla kamiennego w całym kraju. W razie braku inwestycji w otwarcie nowych złóż krajowe wydobywanie tego surowca spadnie o ok. jedną czwartą do roku 2030. Najbardziej drastyczny spadek nastąpi w latach 2030-2040, wraz z wyczerpaniem się większości złóż w obecnie funkcjonujących kopalniach – po roku 2040 wydobywanie będzie wynosiło jedynie 4 mln ton, by wygasnąć przed 2050.

**Schemat IV.3. Wydobywanie węgla brunatnego w Polsce – dylematy strategiczne**



Źródło: Opracowanie własne

Tabela IV.3. Zakładane wydobycie kluczowych surowców energetycznych w Polsce do 2050

	Jednostka	2010	2020	2030	2040	2050
Węgiel kamienny	mln ton	76	60	47	35	28
Węgiel brunatny bez nowych odkrywek	mln ton	61	60	46	10	0
Węgiel brunatny utrzymanie wydobycia	mln ton	61	60	60	60	60
Węgiel brunatny zwiększenie wydobycia	mln ton	61	60	95	110	110
Gaz	mld m <sup>3</sup>	5	6	8	9	9
Ropa	mln ton	0,8	0,4	0,2	0,2	0,1

Źródło: Opracowanie własne

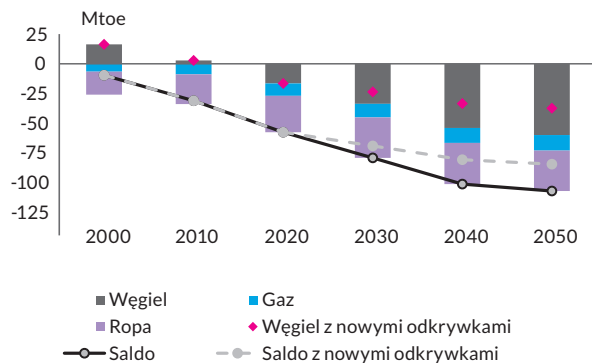
Ze względu na długi czas działania oraz duże wydatki początkowe związane z uruchomieniem wydobycia w nowych kopalniach odkrywkowych, decyzja o inwestycjach w utrzymanie lub zwiększenie wydobycia węgla brunatnego w Polsce ma charakter strategiczny. Na korzyść tego paliwa przemawiają niskie koszty bezpośrednie metody odkrywkowej oraz produkcji energii w elektrowniach położonych obok kopalni. Drugim atutem węgla brunatnego są jego duże krajowe zasoby, pozwalające na utrzymywanie wydobycia przez kolejne dekady lub nawet jego zwiększenie – z tego powodu paliwo to jest postrzegane jako jeden z fundamentów bezpieczeństwa energetycznego kraju. Jednocześnie jednak wydobycie węgla brunatnego powoduje bardzo wysokie koszty zewnętrzne (Kudełko 2012, Wilczyński 2012). Najbardziej widocznymi z nich jest niszczenie krajobrazu oraz przesiedlenie mieszkańców terenów przeznaczonych pod kopalnię – problemy te powodują protesty i znacząco obniżają akceptację społeczną dla nowych inwestycji, przede wszystkim na szczeblu lokalnym. Jednak istotniejsze mogą okazać się trudniej dostrzegalne, ale równie realne koszty zdrowotne związane z emisją szkodliwych substancji ze spalania węgla brunatnego (emisje metali ciężkich, pyłów, tlenków azotu i siarki etc.) oraz problemy środowiskowe wynikające m.in. z naruszenia stosunków wodnych przez górnictwo odkrywkowe. Dodatkowym obciążeniem dla nowych kopalni odkrywkowych jest ryzyko związane z przyszłymi opłatami za emisje gazów cieplarnianych. Otwierane w kolejnych dwóch dekadach kopalnie odkrywkowe nadal funkcjonowałyby w drugiej połowie XXI wieku. Dalszy wzrost problemów wywoływanych przez zmiany klimatyczne oraz upowszechnianie się alternatywnych technologii produkcji energii zwiększy prawdopodobieństwo zaostrzenia międzynarodowej polityki klimatycznej, co negatywnie wpłynie na opłacalność wykorzystania wysokoemisyjnego paliwa jakim jest węgiel brunatny. Przedstawione poniżej porównanie scenariuszy odniesienia oraz modernizacji wskazuje na możliwość poprawy bezpieczeństwa energetycznego kraju bez konieczności inwestycji w nowe kopalnie odkrywkowe.

Duża niepewność cechuje prognozy dotyczące wydobycia w Polsce gazu w kolejnych dekadach. Wynika to z braku wiarygodnych szacunków potencjału wydobycia tego surowca z krajowych złóż niekonwencjonalnych. Najnowsze szacunki Amerykańskiej Agencji Energii oceniające polskie zasoby gazu łupkowego na 4,1 bln m<sup>3</sup> (EIA 2013) wydają się bardzo optymistyczne na tle dużo niższych ocen Państwowego Instytutu Geologicznego (PGI-PIB 2012) mówiących o 346-768 mld m<sup>3</sup> zasobów gazu łupkowego. Jednak nawet w najbardziej pesymistycznych wariantach są one kilkukrotnie większe od zasobów ze złóż konwencjonalnych (ok. 145 mld m<sup>3</sup>).

**W scenariuszu odniesienia nawet w razie niemal dwukrotnego wzrostu wydobycia węgla brunatnego nie da się uniknąć sprowadzania dużych ilości węgla kamiennego do kraju.**

Pytanie o techniczne możliwości oraz opłacalność wydobycia polskiego gazu łupkowego na dużą skalę nadal pozostaje otwarte – może się bowiem okazać, że z przyczyn technicznych nie będzie to możliwe lub opłacalne. Ostateczne rozstrzygnięcia w tej kwestii będą znane dopiero za kilka lat, wraz z wykonaniem większej liczby próbných odwiertów oraz ewentualnym przystąpieniem do wydobycia przemysłowego. W niniejszej analizie przyjęto konserwatywny scenariusz, zakładający wzrost rocznego krajowego wydobycia gazu do 8 mld m<sup>3</sup> oraz do 9 mld m<sup>3</sup> w 2050 roku. Radykalna „rewolucja łupkowa” nie ma więc miejsca, jednak zasoby niekonwencjonalne pozwalają na zwiększenie krajowego wydobycia oraz jego dłuższe utrzymanie bez wyczerpania się złóż. Także krajowe wydobycie ropy naftowej, już dziś zaspokajające jedynie ułamek zapotrzebowania kraju, będzie spadało wraz z wyczerpywaniem się relatywnie małych złóż krajowych. Budowa elektrowni jądrowej pociągnie za sobą konieczność sprowadzania paliwa uranowego spoza granic kraju. Z kolei źródła odnawialne pozyskiwane będą w całości lokalnie, z wyjątkiem biopaliw, dla których zakładamy utrzymanie się dużego znaczenia importu (50%) przez cały analizowany okres.

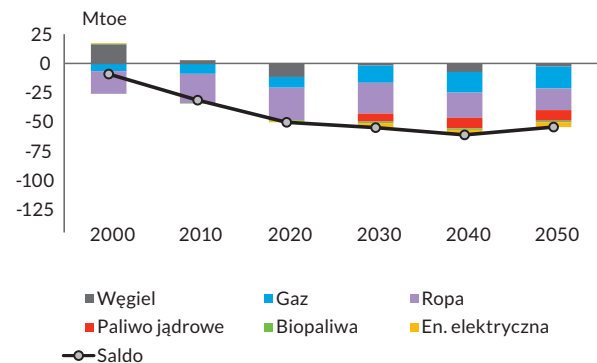
Wykres IV.16. Saldo handlu surowcami energetycznymi – scenariusz odniesienia



Źródło: Opracowanie własne

Wpływ realizacji scenariuszy odniesienia oraz modernizacji na polskie bezpieczeństwo energetyczne przedstawiają wykresy IV.16-17 oraz tabele IV.4-5. W scenariuszu odniesienia zarówno wolumen importowanej energii, jak również stopień zależności energetycznej kraju nieprzerwanie wzrasta. Przyczynia się do tego w dużym stopniu wzrost importu węgla kamiennego. W razie rezygnacji z inwestycji w nowe kopalnie odkrywkowe, utrzymanie węglowego modelu rozwoju sektora energetycznego będzie wymagało zwiększenia wykorzystania węgla kamiennego. Wobec wyczerpywania się krajowych możliwości wydobywczych oznacza to konieczność importu dużych ilości tego surowca – w 2050 węgiel kamienny stanowiłby ponad połowę

Wykres IV.17. Saldo handlu surowcami energetycznymi – scenariusz modernizacji



Źródło: Opracowanie własne

ogółu importowanych źródeł energii. Jednak nawet w razie niemal dwukrotnego wzrostu wydobycia węgla brunatnego nie da się – w scenariuszu odniesienia – uniknąć sprowadzania dużych ilości węgla kamiennego do kraju – w roku 2050 import tego surowca byłby większy niż dzisiejszy łączny import ropy i gazu. Równoległe o niemal połowę wzrósłby import gazu oraz o ponad jedną trzecią – ropy naftowej. Łączna zależność energetyczna kraju zwiększyłaby się więc do 78% w razie braku inwestycji w nowe odkrywki węgla brunatnego, do 69% w razie utrzymania jego wydobycia na obecnym poziomie i do 61% w razie niemal dwukrotnego jego zwiększenia. W scenariuszu modernizacji ograniczenie potrzeb energetycznych oraz dywersyfikacja

Tabela IV.4. Saldo handlu surowcami energetycznymi oraz zależność energetyczna w scenariuszu odniesienia oraz modernizacji

	Scenariusz odniesienia bez nowych odkrywek	Scenariusz odniesienia z nowymi odkrywkami	Scenariusz modernizacji
<b>Saldo handlu surowcami energetycznymi, % PKB</b>			
2010	-3,5	-3,5	-3,5
2020	-5,0	-5,0	-4,8
2030	-5,0	-4,8/-5	-4,4
2040	-4,7	-4,3/-4,5	-3,6
2050	-4,5	-4,1/-4,3	-3,1
<b>Zależność energetyczna</b>			
2010	31%	31%	31%
2020	50%	50%	46%
2030	62%	54%/60%	51%
2040	74%	59%/67%	59%
2050	78%	61%/69%	57%

Źródło: Opracowanie własne

**Tabela IV.5. Saldo handlu surowcami energetycznymi oraz zależność energetyczna w scenariuszu odniesienia oraz modernizacji – z wyłączeniem transportu**

	Scenariusz odniesienia bez nowych odkrywek	Scenariusz odniesienia z nowymi odkrywkami	Scenariusz modernizacji
<b>Saldo handlu surowcami energetycznymi (bez paliw dla transportu), % PKB</b>			
2010	-0,7	-0,7	-0,7
2020	-1,3	-1,3	-1,2
2030	-1,5	-1,3/-1,5	-1,6
2040	-1,8	-1,3/-1,5	-1,6
2050	-1,8	-1,4/-1,6	-1,5
<b>Zależność energetyczna (bez paliw dla transportu)</b>			
2010	9%	9%	9%
2020	35%	35%	30%
2030	52%	41%/49%	40%
2040	71%	49%/60%	58%
2050	76%	53%/64%	60%

Uwagi: 1. Zależność energetyczna – import jako % zużycia energii pierwotnej; 2. W scenariuszu modernizacji przyjęty wariant rozwoju energetyki to „Pełna dywersyfikacja”; 3. Dla scenariusza odniesienia z nowymi odkrywkami po 2020 roku podano przedział wartości – od utrzymania wydobycia węgla kamiennego na poziomie 60 mln ton (wyższa zależność energetyczna i gorsze saldo handlu surowcami energetycznymi) do jego wzrostu do 110 mln ton (niższa zależność energetyczna i lepsze saldo handlu surowcami energetycznymi).

Źródło: Opracowanie własne

**Poprawa efektywności energetycznej oraz dywersyfikacja źródeł wytwarzania w sektorze energetycznym pozwala poprawić bezpieczeństwo energetyczne kraju bez konieczności otwierania nowych kopalni odkrywkowych.**

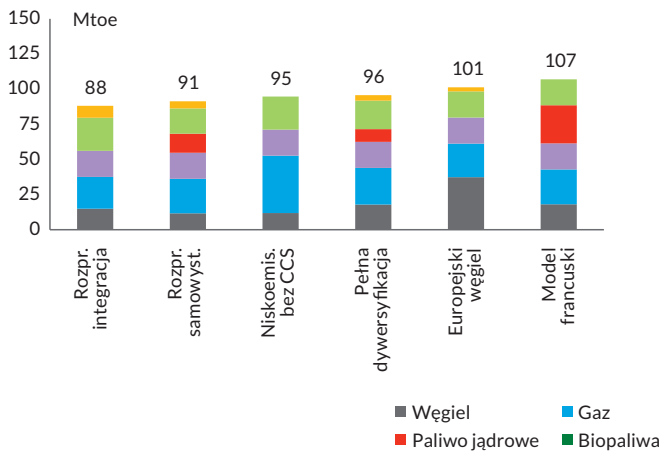
połowę rośnie natomiast import gazu ziemnego, osiągając poziom dwukrotnie wyższy od obecnego, pojawia się również konieczność importu paliwa dla elektrowni jądrowych (w wariantcie Pełnej dywersyfikacji są one obecne w miksie energetycznym) oraz energii elektrycznej, rośnie też import biopaliw. Pomimo tego ogólny wolumen importowanej energii spada względem scenariusza odniesienia, jest on również bardziej zdwersyfikowany. Zależność energetyczna kraju w 2050 roku kształtuje się na poziomie 57%, a więc dużo niższym niż w scenariuszu odniesienia. Niższy import surowców energetycznych wpływa również korzystnie na saldo handlu zagranicznego – w scenariuszu

miksu pozwala na odwrócenie wzrostu importu węgla kamiennego po 2020 roku. Bliski zeru import netto tego surowca jest uzyskiwany bez konieczności budowy nowych kopalni odkrywkowych węgla brunatnego, mogących zastąpić część krajowego zapotrzebowania na węgiel energetyczny. Również import ropy naftowej w 2050 roku jest o połowę niższy niż w scenariuszu odniesienia. O blisko

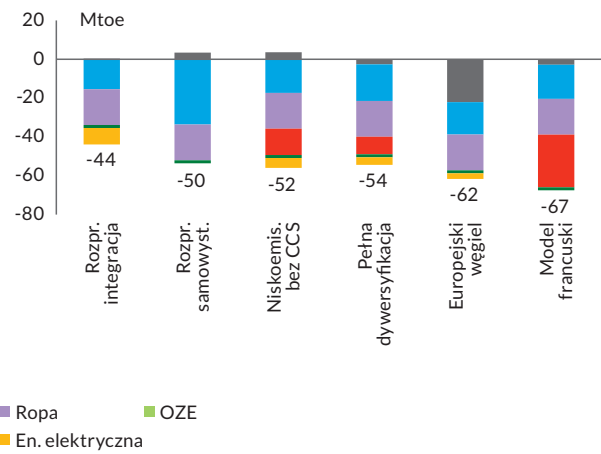
modernizacji jest ono o 0,5% PKB korzystniejsze w 2030 roku od scenariusza odniesienia i o ponad 1% PKB w roku 2050, dzięki czemu pod koniec analizowanego okresu Polska wydaje mniejszą część produktu na sprowadzenie surowców energetycznych z zagranicy niż obecnie.

Ze względu na duży wpływ importu ropy naftowej i zmian paliwochłonności samochodów na różnice między scenariuszami odniesienia oraz modernizacji warto również porównać wskaźniki zależności energetycznej oraz saldo handlowe z wyłączeniem paliw używanych w transporcie. Pozwala to wyraźniej dostrzec pozytywne skutki niskoemisyjnej transformacji energetyki oraz poprawy efektywności energetycznej w innych sektorach. Jak wynika z szacunków przedstawionych w Tabeli IV.5, rozważany scenariusz modernizacji energetyki (Pełna dywersyfikacja) w połączeniu z poprawą efektywności energetycznej zapewnia ograniczenie zależności energetycznej Polski względem scenariusza odniesienia, z wyjątkiem sytuacji, kiedy dochodzi do niemal dwukrotnego wzrostu wykorzystania węgla brunatnego. Saldo handlu surowcami energetycznymi (z wyłączeniem paliw dla transportu) jest w roku 2030 nieznacznie gorsze w scenariuszu modernizacji, jednak w kolejnych dekadach poprawia się, kształtując się na porównywalnym poziomie ze scenariuszami zakładającymi utrzymanie węglowego modelu rozwoju energetyki i dalsze inwestycje w krajowe wydobycie węgla brunatnego.

Wykres IV.18. Mix źródeł energii pierwotnej w 2050  
– różne scenariusze modernizacji



Wykres IV.19. Saldo handlu surowcami energetycznymi w 2050  
– różne scenariusze modernizacji



Źródło: Opracowanie własne

Należy zauważyć, że powyższe wyniki różnią się w zależności od przyjętego kierunku rozwoju sektora energetycznego, który odpowiada za znaczną część zużycia energii pierwotnej. Przedstawiona analiza dotyczyła scenariusza Pełnej dywersyfikacji – wariantu pośredniego, uwzględniającego wszystkie główne opcje dostępne polskiej energetyce. Mix energii pierwotnej oraz saldo handlu surowcami energetycznymi w 2050 roku dla wszystkich rozważanych w niniejszym opracowaniu scenariuszy rozwoju sektora energetycznego przedstawiają wykresy IV.18-19. Warto pamiętać, że prawdopodobieństwo realizacji części scenariuszy energetycznych w istotnym stopniu zależy od kształtowania się krajowego potencjału surowcowego, dlatego też saldo handlowe może się w nich istotnie różnić od zaprezentowanej prognozy. Przykładowo, przełom w eksploatacji gazu łupkowego zwiększy prawdopodobieństwo rozwoju energetyki w kierunku zarysowanym przez scenariusz Rozproszona samowystarczalność, natomiast decyzja o inwestycjach w nowe kopalnie odkrywkowe – w kierunku Europejskiego węgla. W obu przypadkach nastąpi też poprawa salda handlowego względem sytuacji przedstawionej na wykresie IV.19, choć w drugim wypadku za cenę znacznego pogorszenia szkód środowiskowych i nasilenia negatywnego wpływu sektora na zdrowie publiczne.

## 4 NISKOEMISYJNA MODERNIZACJA

### ▲ – WYMIAR ŚRODOWISKOWY I ZDROWOTNY

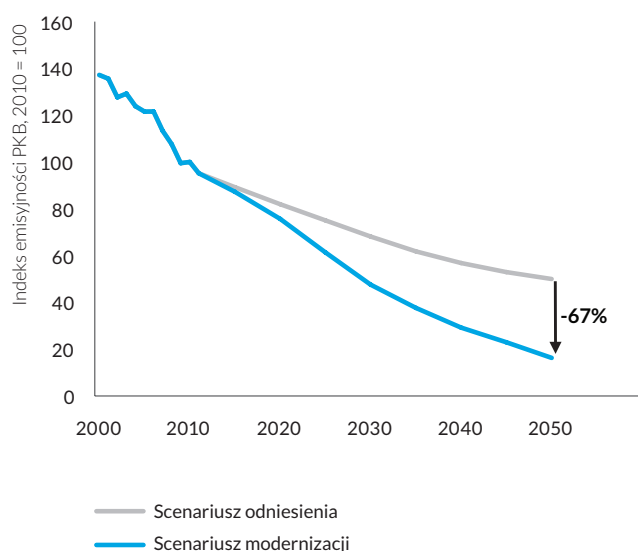
Dwie dekady transformacji polskiej gospodarki przyniosły nie tylko znaczące obniżenie jej energochłonności ale i emisyjności. Ubocznym skutkiem zerwania z marnotrawną gospodarką zasobami właściwą dla systemu centralnego planowania był więc znaczący spadek emisji gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń przy jednoczesnym podwojeniu się PKB. Nie bez znaczenia była tu też zdecydowana pro-środowiskowa orientacja pierwszych rządów demokratycznej Polski. Mimo znacznej poprawy nadal lokujemy się jednak w czołówce krajów UE pod względem emisji przypadającej na jednostkę produktu. Luka ta jest przy tym większa niż w przypadku energochłonności, co wynika ze zdominowania naszej energetyki przez wysokoemisyjne technologie węglowe. Dlatego też w scenariuszu odniesienia, pomimo konwergencji gospodarczej oraz energetycznej

do Europy Zachodniej, emisyjność Polski pozostanie wyższa od standardów zachodnich. Powodem jest brak dywersyfikacji

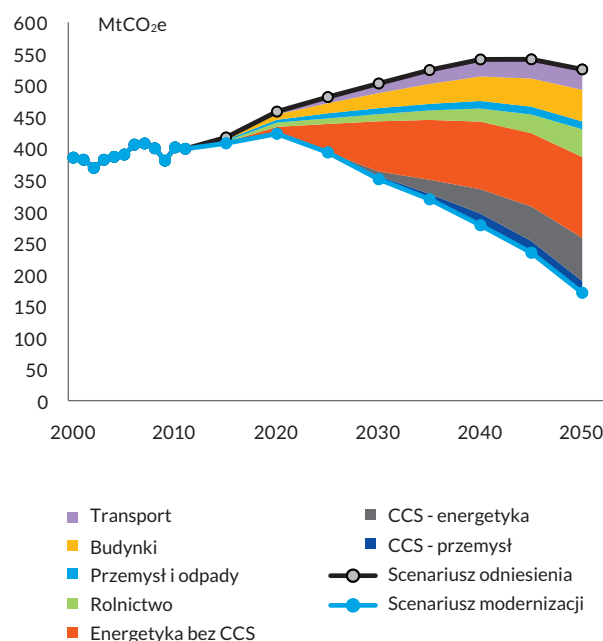
**Brak zmiany modelu rozwoju polskiej energetyki w scenariuszu odniesienia skutkuje utrzymywaniem się emisyjności polskiej gospodarki znacznie powyżej średniej europejskiej.**

źródeł wytwarzania energii elektrycznej. Potencjał obniżenia emisyjności energetyki dzięki samej poprawie technologii spalania węgla jest bowiem relatywnie niewielki, nie przekraczając kilkunastu procent. W rezultacie, choć w scenariuszu odniesienia emisyjność polskiej gospodarki konsekwentnie spada, to jednak tempo tych zmian jest dużo niższe niż w poprzednich latach. Przewidujemy,

**Wykres IV.20.** Emisyjność polskiej gospodarki, scenariusz odniesienia i modernizacji; 2010=100



**Wykres IV.21.** Emisje GHG, scenariusz odniesienia i modernizacji; 2010=100



Źródło: Opracowanie własne

Uwaga: Ścieżka redukcyjna dla scenariusza energetycznego „Pełna dywersyfikacja”

Źródło: Opracowanie własne

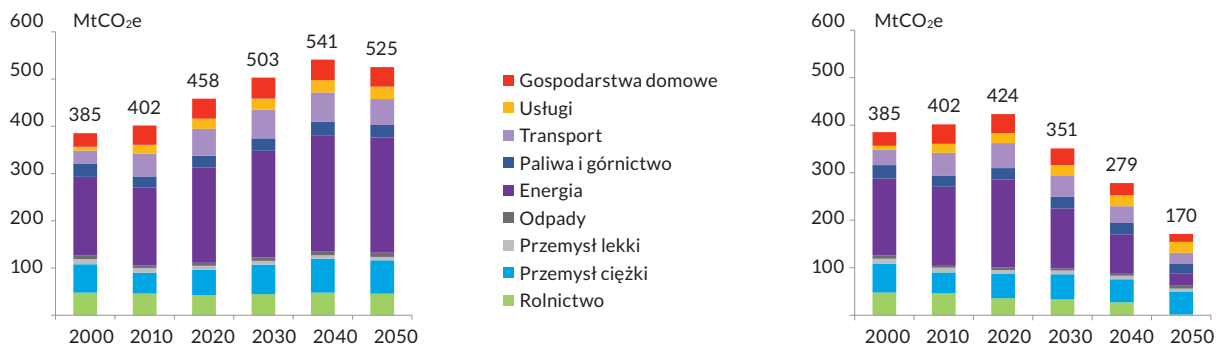
że do jej zmniejszenia o połowę potrzeba będzie 40 lat. Dla porównania, poprzedni dwukrotny spadek emisyjności zajęł jedynie 16 lat (1995-2011). W efekcie szacujemy, że bez podjęcia wysiłku modernizacyjnego całkowite emisje gazów cieplarnianych przekroczą poziom z 1990 roku już w 2020 roku, a do 2030 zwiększają się o jedną czwartą względem stanu obecnego. Ten wzrost trwał będzie do lat czterdziestych XXI wieku, kiedy za jego zahamowanie odpowiadać będzie, podobnie jak w przypadku zużycia energii finalnej, spowolnienie gospodarcze wywołane niekorzystną sytuacją demograficzną. W 2050 roku emisje będą prawdopodobnie o ok. jedną trzecią wyższe niż obecnie.

Realizacja działań przewidzianych w scenariuszu modernizacji obniża emisje gazów cieplarnianych w 2050 roku o 2/3 względem scenariusza odniesienia oraz o niemal 60% względem stanu obecnego. Widoczny od roku 2003 trend stopniowego wzrostu emisji już w obecnej dekadzie znacząco wyhamowuje, by w kolejnej odwrócić się. Już w 2030 roku ich wielkość kształtuje się 30% poniżej poziomu ze scenariusza odniesienia. Podstawą obniżenia emisyjności polskiej gospodarki jest stopniowa dywersyfikacja źródeł wytwarzania energii elektrycznej i ciepła, przy czym większość redukcji zapewniają technologie niskoemisyjne

inne niż CCS (przykładowo w wariantcie Pełnej dywersyfikacji są to OZE, energetyka rozproszona, jądrowa, gazowa i integracja z europejskim rynkiem energetycznym – por. część III raportu). Istotne redukcje zapewnia również poprawa efektywności energetycznej budynków, obniżenie paliwochłonności polskiej floty samochodowej, upowszechnienie się bardziej zrównoważonych praktyk w rolnictwie oraz gospodarce odpadami. Przemysł ciężki, pomimo wdrożenia licznych działań poprawiających efektywność energetyczną, nie przyczynia się znacząco do redukcji emisji bez wdrożenia technologii wychwytywania i składowania dwutlenku węgla. W razie rezygnacji z systemów CCS całkowita redukcja emisji do roku 2050 może sięgnąć ok. 55%.

Ważnym aspektem analizowanych zmian modernizacyjnych jest ich wzajemne wspieranie się. O ile sama redukcja zużycia energii cieplnej w gospodarstwach domowych i sektorze usługowym prowadzi do spadku ich bezpośredniego zapotrzebowania na paliwa kopalne, to jednocześnie przemiany w strukturze popytu na energię przesuwają go w kierunku elektryczności stymulując emisję w energetyce. W tym miejscu niskoemisyjne technologie energetyczne spotykają się z termomodernizacją, wspólnie służąc zmniejszeniu emisji gazów cieplarnianych. Podobne, choć

Wykres IV.22. Emisje bezpośrednie w Polsce wg sektorów, scenariusz odniesienia (lewy panel) i modernizacji (prawy panel)



Źródło: Opracowanie własne

Wykres IV.23. Emisje w Polsce wg sektorów, scenariusz odniesienia (lewy panel) i modernizacji (prawy panel) – emisje sektora energetycznego oraz paliwowego przydzielone końcowym użytkownikom energii



Uwaga: Ścieżka redukcyjna dla scenariusza energetycznego „Pełna dywersyfikacja”

Źródło: Opracowanie własne

Tabela IV.6. Emisje w Polsce w scenariuszu odniesienia oraz modernizacji, 2010-2050

	2010	2020	2030	2040	2050
<b>MtCO<sub>2</sub>e</b>					
Scenariusz odniesienia	402	458	503	541	525
Scenariusz modernizacji	402	423	351	278	171
Scenariusz modernizacji bez CCS	402	423	360	312	206
<b>% emisji z 1990 roku</b>					
Scenariusz odniesienia	88%	100%	110%	118%	115%
Scenariusz modernizacji	88%	93%	77%	61%	37%
Scenariusz modernizacji bez CCS	88%	92%	79%	68%	45%

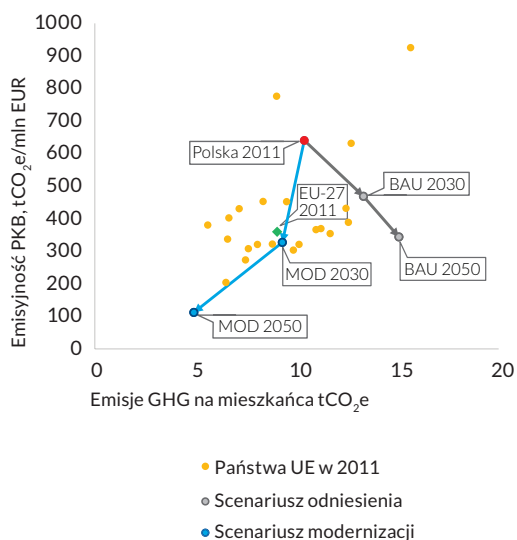
Źródło: Opracowanie własne

mniejsze co do skali, związku można dostrzec między rolnictwem a sektorem transportu (biopaliwa), czy gospodarką odpadami a termomodernizacją (energia ciepła dla miast). Oznacza to, że fragmentaryczna realizacja każdej z części programu w izolacji od pozostałych przyniosłaby mniejsze efekty niż ich łączne wcielenie w życie. Dlatego ważne jest aby przygotowywany obecnie w rządzie program transformacji niskoemisyjnej brał pod uwagę

wszystkie kluczowe sektory, rozpatrując zwłaszcza energetykę i efektywność energetyczną łącznie.

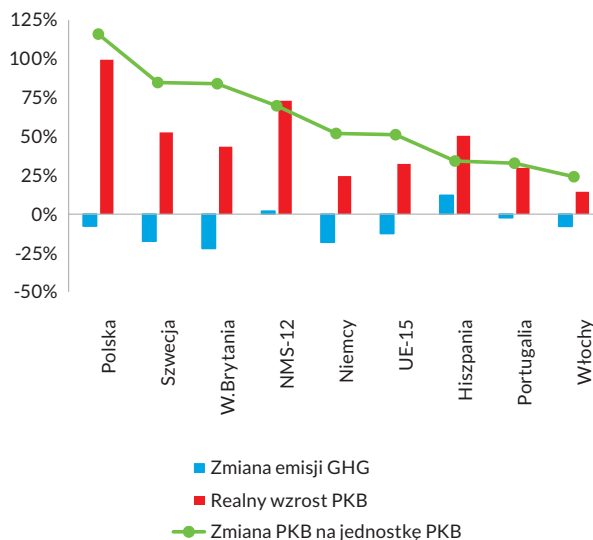
W toczonej na łamach polskiej prasy debacie wzrost emisji traktuje się często jako nieuchronną konsekwencję, a jednocześnie warunek konieczny wysokiego wzrostu gospodarczego w przyszłości. Doświadczenia innych państw europejskich oraz przedstawione

Wykres IV.24. Emisyjność GHG w Polsce w scenariuszu odniesienia i modernizacji na tle państw UE-27 w 2011



Źródło: Opracowanie własne

Wykres IV.25. Obniżenie emisyjności PKB w wybranych państwach UE; 1995-2011

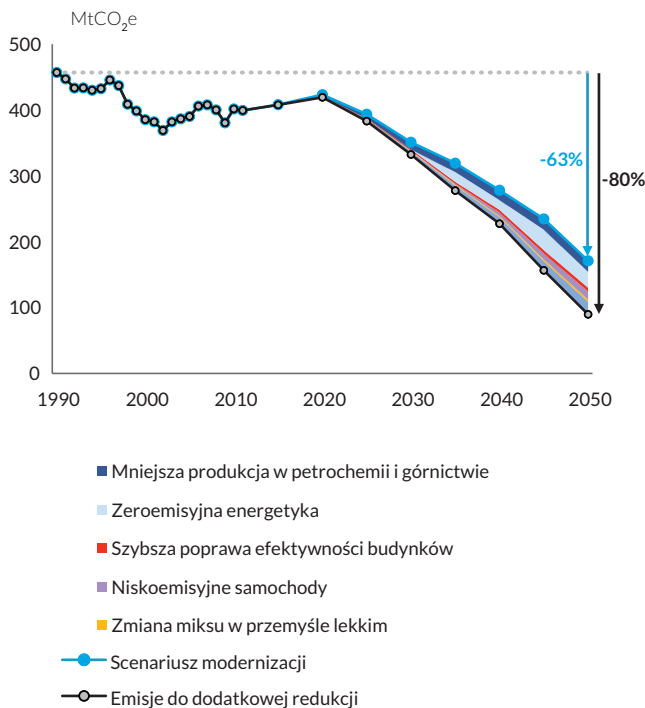


Uwaga: NMS-12 – państwa, które dołączyły do UE w latach 2004 i 2007.

Źródło: Opracowanie własne



**Wykres IV.26. Dodatkowe działania pozwalające na osiągnięcie celu 80% redukcji emisji względem 1990 roku**



Źródło: Opracowanie własne

w niniejszym opracowaniu wyniki zaprzeczają tej tezie, pokazując, że umiejętnie skomponowany zestaw polityk umożliwia pogodzenie wysokiego wzrostu gospodarczego ze znaczącą redukcją emisji gazów cieplarnianych (por. Wykres IV.24). Polska może się więc w perspektywie roku 2050 nie tylko stać krajem trzykrotnie bogatszym, ale jednocześnie krajem, który ogranicza swoje negatywne oddziaływanie na środowisko emitując znacząco mniej gazów cieplarnianych niż dziś. Kontynuacja doświadczeń dwóch dekad transformacji jest więc w pełni możliwa o ile Polska podąży raczej drogą takich krajów jak Niemcy czy Wielka Brytania niż Hiszpania, Grecja czy Włochy (por. Wykres IV.25) i utrzyma wysokie tempo obniżania emisyjności krajowej gospodarki.

Analizowany pakiet działań pozwala na osiągnięcie 27-31% redukcji emisji w 2030 roku oraz 55-63% w roku 2050 relatywnie do poziomów z roku 1990, zależnie od tego czy zastosowane zostaną w nim technologie CCS czy też nie. Czy jest jednak możliwe uzyskanie głębszej redukcji emisji w interesującym nas okresie? Okazuje się, że tak, o ile uchylimy, przyjęte w rozważanym scenariuszu modernizacyjnym, relatywnie konserwatywne założenia co do rozwoju niskoemisyjnych technologii w transporcie, budownictwie oraz energetyce. Wykres IV.26 oraz Tabela IV.7 przedstawiają przykładowy zestaw dodatkowych działań, które mogłyby pozwolić na pogłębienie wysiłku redukcyjnego w sprzyjających okolicznościach ekonomicznych i technologicznych. W efekcie ich wdrożenia wraz z realizacją przedstawionego programu możliwe stałoby się do roku 2050 obniżenie emisji GHG względem roku 1990, aż o 80%. Największy udział ma w tym pełne wyeliminowanie emisji z energetyki, zmiana miks źródeł

**Tabela IV.7. Dodatkowe działania pozwalające na osiągnięcie celu 80% redukcji emisji względem 1990 roku**

<b>Mniejsza produkcja w petrochemii i górnictwie</b>	Pośredni efekt obniżenia zużycia energii w gospodarce przy braku zastąpienia popytu krajowego zagranicznym.
<b>Zmiana miks w przemyśle ciężkim</b>	Dodatkowe obniżenie zużycia paliw kopalnych o 40% dzięki elektryfikacji oraz zrównoważonemu wykorzystaniu biomasy.
<b>Zmiana miks w przemyśle lekkim</b>	Szybsza poprawa efektywności budynków. Osiągnięcie standardu pasywnego w perspektywie 2030 roku.
<b>Niskoemisyjne samochody</b>	Blisko połowa pojazdów to samochody o napędach niskoemisyjnych (elektryczność, wodór).
<b>Zeroemisyjna energetyka</b>	Obniżenie emisji w energetyce do zera poprzez większy udział zeroemisyjnych technologii produkcji energii, rozwój magazynowania energii, uzyskanie ujemnych emisji z elektrowni na biomasę z instalacjami CCS.

Źródło: Opracowanie własne

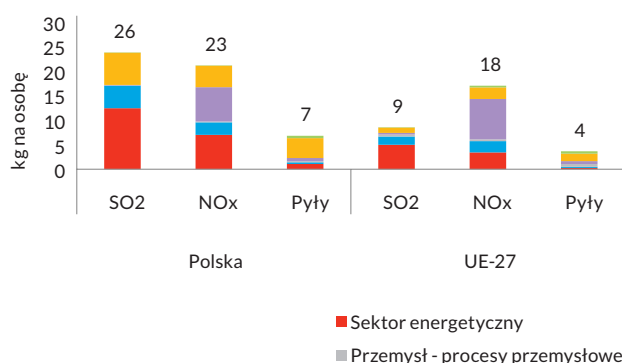
energii w przemyśle ciężkim oraz transporcie, a także pośrednie efekty obniżenia zużycia paliw kopalnych w postaci spadku emisji z górnictwa oraz petrochemii.

Osiągnięcie celu redukcyjnego na poziomie 80% względem roku 1990 wymaga istotnego postępu w dziedzinie niskoemisyjnej energetyki, pozwalającej na zastąpienie wysokoemisyjnych form energii wykorzystywanych w przemyśle oraz innych sektorach gospodarki tanimi odpowiednikami nie wywołującymi negatywnych efektów dla klimatu

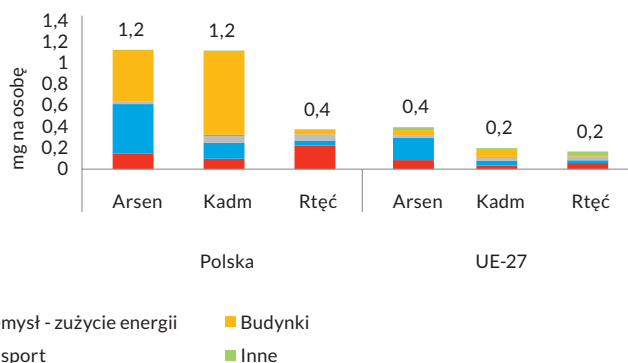
**Do roku 2030 obecne rozwiązania pozwalają na pozostawienie na ścieżce głębokiej redukcji emisji. Osiągnięcie redukcji rzędu 80% do roku 2050 wymaga jednak istotnego postępu w dziedzinie niskoemisyjnych form generacji energii.**

typowych efektów dla klimatu (np. niskoemisyjna elektryczność uzupełniona o skuteczne i tanie metody magazynowania energii, gospodarka wodorowa, przełom kosztowy i techniczny w technologii CCS). W perspektywie roku 2030 obecnie dostępne technologie wystarczają do utrzymania się na ścieżce ku osiągnięciu głębokiej redukcji emisji do połowy wieku, jednak w kolejnych dekadach to innowacje technologiczne będą odgrywały kluczową rolę w udanym dokończeniu niskoemisyjnej transformacji gospodarki. Ze względu na długi okres wdrożenia nowych technologii, poszukiwania przełomowych rozwiązań muszą być aktywnie prowadzone już dziś.

**Wykres IV.27.** Emisje szkodliwych dla zdrowia substancji w przeliczeniu na mieszkańca w Polsce i UE-27 w 2010 roku – tlenki siarki i azotu oraz pyły



**Wykres IV.28.** Emisje szkodliwych dla zdrowia substancji w przeliczeniu na mieszkańca w Polsce i UE-27 w 2010 roku – wybrane metale ciężkie



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EEA i Eurostat

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych EEA i Eurostat

**Tabela IV.8.** Skutki zdrowotne powodowane przez emisję wybranych zanieczyszczeń do powietrza

Rodzaj zanieczyszczeń	Najważniejsze korzyści z redukcji zanieczyszczenia
Pył drobny (PM <sub>10</sub> i PM <sub>2,5</sub> )	Zmniejszona śmiertelność w wyniku zawałów serca, niższa zachorowalność na choroby płuc (zapalenia płuc i oskrzeli, kaszel przewlekły), wyższa odporność. Spadek liczby dni z niezdolnością do pracy, rzadsze konsultacje lekarskie i niższe koszty ochrony zdrowia.
SO <sub>2</sub>	Niższa śmiertelność, spadek zachorowań na choroby płuc, mniejsze skutki alergiczne. Spadek liczby dni z niezdolnością do pracy i dodatkowych konsultacji lekarskich.
NO <sub>x</sub> + VOC (prekursory ozonu przyziemnego)	Spadek zachorowań na choroby płuc i zgonów z tego tytułu, mniejsze narażenie na alergie. Spadek liczby dni z niezdolnością do pracy i niższe koszty ochrony zdrowia.
CO	Mniejsza śmiertelność w wyniku zawałów serca, rzadsza zapadalność na choroby układu krążenia oraz schorzenia kardiologiczne.
Metale ciężkie (zawarte w pyłach): As, Cd, Cr, Vi, Ni, Hg, Pb	Zmniejszenie liczby przypadków raka w wyniku eliminacji ważnych czynników kancerogennych i mutagennych.
Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne (m.in. B <sub>a</sub> /P)	Zmniejszenie liczby przypadków raka w wyniku eliminacji ważnych czynników kancerogennych i mutagennych.

Źródło: Opracowanie własne

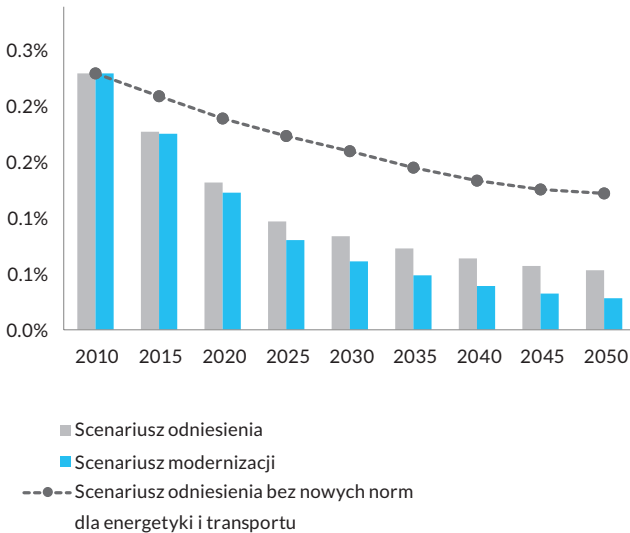
Obniżenie niepożądanych emisji w scenariuszu modernizacji dotyczy jednak nie tylko gazów cieplarnianych. Dywersyfikacja miks energetyczny oraz poprawa efektywności energetycznej pozwala zwłaszcza na zmniejszenie koncentracji w środowisku substancji wyrządzających bezpośrednią szkodę ludzkiemu zdrowiu. Jak wskazuje porównanie emisji zanieczyszczeń przypadających na mieszkańca w Polsce do średniej UE-27, ich wyższe wartości w naszym kraju wynikają przede wszystkim z kompozycji paliwowej naszej energetyki oraz tzw. „niskich emisji” odnotowywanych w gospodarstwach domowych i budynkach niemieszkalnych. W obu wypadkach związane to jest z wysokim wykorzystaniem węgla w celach energetycznych. Jedynym istotnym obszarem, w którym zanieczyszczenia w Polsce kształtują się

**Kluczowe obszary potencjalnego obniżenia emisji gazów cieplarnianych – energetyka, budynki, transport – pokrywają się z największymi źródłami zanieczyszczeń bezpośrednio szkodzących zdrowiu Polaków.**

poniżej średniej europejskiej jest transport. Wynika to jednak z niższej mobilności Polaków, która w kolejnych latach będzie rosła. Kluczowe obszary potencjalnego obniżenia emisji gazów cieplarnianych – energetyka, budynki i transport – pokrywają się więc z największymi źródłami szkodliwych dla zdrowia i kosztownych dla gospodarki (por. Tabela IV.8) zanieczyszczeń.

Nic więc dziwnego, że realizacja programu niskoemisyjnej modernizacji prowadzi wprost do istotnego ograniczenia oddziaływania szkodliwych substancji pochodzących ze spalania paliw oraz procesów przemysłowych na zdrowie obywateli. Potwierdza to przełożenie szkód zdrowotnych związanych z emisjami tlenków siarki, azotu oraz pyłów w obu scenariuszach na koszty pieniężne (por. NEEDS 2008). Niezależnie od rozważanych działań, relacja rozważanych kosztów zdrowotnych do PKB będzie stopniowo spadać, z obecnego poziomu przekraczającego 2% PKB do ok. 0,5% PKB (por. Wykres IV.29). Wynika to zarówno ze wzrostu PKB i poprawy energochłonności w obu scenariuszach, jak i wdrażania regulacji ograniczających

Wykres IV.29. Koszty zdrowotne emisji  $SO_2$ ,  $NO_x$  oraz pyłów jako % PKB. w scenariuszach



Źródło: Opracowanie własne

szkodliwe emisje w energetyce oraz transporcie w scenariuszu modernizacji. Zakładany w obu scenariuszach efekt stopniowego zaostrzania norm emisyjności w energetyce i transporcie sięga ok. 8 mld euro korzyści zdrowotnych rocznie w roku 2030 oraz ponad 10 mld euro w roku 2050, a ich skumulowany efekt w latach 2010-2050 to ponad 300 mld euro. Kwotę tę można również traktować jako maksymalne koszty zaniechania dalszych działań w dziedzinie ograniczania szkodliwych dla zdrowia emisji w Polsce w razie pozostania przy wysokoemisyjnym modelu rozwoju sektora energetycznego.

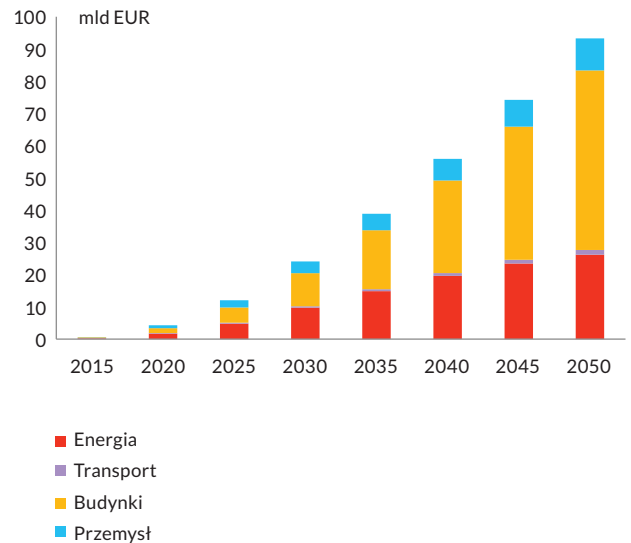
Ze względu na już dokonane w przeszłości znaczne postępy w ograniczeniu emisji z silników samochodowych wpływ dalszej poprawy paliwochłonności nowych pojazdów na koszty zdrowotne jest relatywnie niski, odczuwalny głównie w dużych ośrodkach miejskich cechujących się znaczną kongestią.

**Niskoemisyjna modernizacja polskiej gospodarki może być skutecznym sposobem na ograniczenie kosztów zewnętrznych aktywności ekonomicznej, w tym zwłaszcza kosztów zdrowotnych.**

w skali całej gospodarki – blisko 1 mld euro rocznie w roku 2030 oraz ponad 500 mln rocznie w roku 2050. Największe korzyści zdrowotne przyniesie ograniczenie niskich emisji z ogrzewania budynków poprzez poprawę efektywności energetycznej oraz zmiany w miksie źródeł ogrzewania w kierunku mniej emisyjnych. Wyniosą one ponad 1,1 mld euro rocznie w roku 2030

Podobnie, zakładane w scenariuszu odniesienia pojawianie się coraz bardziej zaawansowanych instalacji redukujących szkodliwe dla zdrowia emisje z elektrowni węglowych ogranicza względne korzyści zdrowotne inwestycji w technologie niskoemisyjne. Nadal będą one jednak znaczące

Wykres IV.30. Skumulowane korzyści zdrowotne działań modernizacyjnych w poszczególnych obszarach



Źródło: Opracowanie własne

oraz niemal 2,9 mld euro w roku 2050. Łączny, skumulowany wpływ podejmowanych działań modernizacyjnych na zdrowie obywateli pokazuje Wykres IV.30. W 2030 roku sięga on 24 mld euro, a w roku 2050 – ponad 93 mld euro. Z tego 26 mld euro przypada na dywersyfikację w sektorze energetycznym, a niemal 56 mld euro – na ograniczenie niskich emisji z budynków mieszkalnych i niemieszkalnych. Warto zaznaczyć, że zaprezentowane wielkości należy uznać za szacunki konserwatywne, ponieważ w scenariuszu odniesienia zakładane jest daleko idące zaostrzenie norm emisyjności. W szczególności dotyczy to energetyki węglowej, dla której założono spełnienie nowych norm europejskich do 2025 roku oraz dalsze obniżenie emisji do 2050 roku do poziomu 130 g/MWh dla  $SO_2$ , 160 g/MWh dla  $NO_x$  oraz 12 g/MWh dla pyłów. W razie braku poprawy emisyjności po 2025 roku, korzyści zdrowotne z działań modernizacyjnych w energetyce wzrosną do 2050 roku do 2 mld euro rocznie i wyniosą w latach 2010-2050 łącznie 46 mld euro. Budowa efektywnej, racjonalnie korzystającej z zasobów naturalnych i niskoemisyjnej gospodarki może być więc skutecznym sposobem ograniczania wielkości kosztów zewnętrznych aktywności ekonomicznej, w tym zwłaszcza kosztów zdrowotnych, do której przywiązywana jest coraz większa waga – nie tylko w kategoriach ekonomicznych – wraz ze wzrostem zamożności społeczeństwa (por. Ramka IV.2).

## Ramka IV.2. Koszty zewnętrzne emisji przemysłowych

O kosztach zewnętrznych mówimy wówczas, gdy równocześnie zachodzą dwa następujące warunki: działalność jednego podmiotu powoduje straty innych podmiotów, a powstała strata dobrobytu nie jest rekompensowana. Koszty te odnoszą się m.in. do: zdrowia ludzkiego, strat w ekosystemach, ubytku plonów rolnych, strat materiałowych i pozostałych strat społecznych związanych z zanieczyszczeniem powietrza, wód, składowaniem odpadów i innymi oddziaływaniami (np. podnoszenie się poziomu wód morskich i oceanicznych), spowodowanymi produkcją, transportem i zużyciem paliw. Nie uwzględnianie kosztów zewnętrznych w decyzjach powoduje nadmierną eksploatację środowiska przyrodniczego i skutkuje zmniejszeniem, albo wyższymi kosztami utrzymania, poziomu dobrobytu społecznego obecnego i przyszłych pokoleń. Wysokoemisyjne sektory gospodarki – takie jak m.in. energetyka węglowa, transport samochodowy i lotniczy czy przemysł ciężki – powodują przy tym najwyższe koszty zewnętrzne, które nie są wliczane do kosztów wytwarzanych przez nie towarów, produktów i usług.

Tabela IV.9. Wybrane kategorie kosztów zewnętrznych

Kategoria oddziaływania	Zanieczyszczenie lub działanie	Efekt zewnętrzny
Życie ludzi	Wzrost potrzeb transportowych, szkody górnicze	Wzrost liczby wypadków spowodowany wzrostem natężenia ruchu samochodowego, wypadki spowodowane szkodami górniczymi
Zdrowie ludzi	Pyły, zanieczyszczenia gazowe, odpady niebezpieczne, ścieki, hałas	Zmniejszenie długości życia ludzkiego, wzrost liczby dni hospitalizacji, wzrost częstości wizyt u lekarza, wzrost liczby dni niezdolności do pracy
Szkody materiałowe	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , szkody górnicze	Korozja, niszczenie elewacji budynków, niszczenie infrastruktury komunalnej
Szkody w uprawach rolnych	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , pyły	Zanieczyszczenie i chemiczna degradacja gleb, zmniejszenie i zanieczyszczenie plonów, konieczność wapnowania gleb
Szkody w ekosystemach	SO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , pyły	Zmniejszenie produktywności ekosystemów (w tym lasów gospodarczych), ograniczanie funkcji ekologicznych ekosystemów (w tym ich roli jako niszy ekologicznej)
Zmniejszenie różnorodności biologicznej	Pyły, zanieczyszczenia gazowe, odpady niebezpieczne, ścieki, zmiany w krajobrazie, przecinanie korytarzy migracyjnych	Bezpośrednie ograniczanie różnorodności biologicznej przez bezpośrednią eksterminację gatunków i zmniejszanie populacji, wpływ pośredni przez zanieczyszczanie środowiska powyżej poziomu tolerancji gatunków
Wpływ na krajobraz	Zanieczyszczenia gazowe, prace ziemne (kopalnie odkrywkowe), gospodarka odpadami, budowa infrastruktury transportowej i przesyłowej, szkody górnicze	Upraszczenie i degradacja krajobrazu, fragmentacja krajobrazu (i populacji), przecinanie i niszczenie korytarzy ekologicznych
Zmiana charakteru użytkowania gleby	Budowa infrastruktury	Przeznaczanie gruntów rolniczych i leśnych na cele nierolnicze i nieleśne, zmniejszanie infiltracji wód (na rzecz spływu powierzchniowego)
Wpływ na usługi ekosystemowe	Rozwój infrastruktury, emisja zanieczyszczeń	Zmiana i ograniczenie zakresu wcześniej świadczonych usług ekosystemowych (np. ograniczenie możliwości rekreacyjnego wykorzystania wód)
Globalne ocieplenie	CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , N <sub>2</sub> O, gazy przemysłowe	Wzrost ekstremów pogodowych (huragany, ulewy, sztormy, niestabilny przebieg pogody etc), wzrost zagrożenia nowymi chorobami, pasożytami i szkodnikami

Źródło: Opracowanie własne na podstawie ExterneE

## Podsumowanie

Korzyści nieskoemisyjnej modernizacji polskiej gospodarki ujawniają się w zróżnicowanym tempie i czasie. Najszybciej wdrażane powinny być te działania, których efekty nie są znacząco odłożone w czasie względem inwestycji. Zaliczają się do nich: termomodernizacja i wzrost efektywności energetycznej sprzętu RTV, AGD oraz oświetlenia, poprawa efektywności paliwowej samochodów, unowocześnienie praktyk rolnych, poprawa energo- i materiałochłonności w przemyśle, racjonalizacja gospodarki odpadami oraz rozwój energetyki prosumenckiej (a w szczególności fotowoltaiki, biogazowni i mikrowiatraków).

Część z kroków modernizacyjnych nie jest wprost opłacalna dla indywidualnych inwestorów, czy to z racji zbyt wysokich kosztów, czy relatywnie długiego okresu spłaty, lecz mimo to jest pożądana z punktu widzenia długookresowych celów społecznych i gospodarczych. Do ich grona zaliczyć należy: dywersyfikację źródeł wytwarzania energii systemowej w kierunku źródeł odnawialnych i gazowych, rozwój biopaliw w celu ograniczenia zależności od importu ropy naftowej, a być może także wdrożenie kosztownej technologii CCS, która służy wyłącznie redukcji emisji i nie realizuje innych celów gospodarczych. Alternatywą dla stosowania kosztownej i kontrowersyjnej techniki sekwestracji dwutlenku węgla pozostaje całkowite odejście od węgla w miksie generacji prądu elektrycznego.

Szereg barier o charakterze informacyjnym, kapitałowym, regulacyjnym powoduje, że bez odpowiedniej polityki publicznej, wskazującej kierunek modernizacji i zachęcającej do podjęcia zielonych inwestycji, program niskoemisyjnej transformacji byłby opóźniony ze szkodą dla interesu społecznego. Analiza skumulowanych kosztów i korzyści w latach 2010-2050 wskazuje, że polska gospodarka może dzięki wkroczeniu na ścieżkę modernizacyjną osiągnąć łącznie 83 mld euro oszczędności, a więc 0,3% skumulowanego produktu wytworzonego w tym okresie. Nawet koszt najdroższych inwestycji w technologię CCS powinien z czasem obniżyć się na tyle, by uczynić je akceptowalnym społecznie rozwiązaniem redukującym emisję dwutlenku węgla do atmosfery. Stanie się to jednak prawdopodobnie dużo później (ok. roku 2040) niż w przypadku takich technologii jak m.in. fotowoltaika, energetyka wiatrowa czy biogazownie, których opłacalność rynkowa jest już za rogiem. Gdyby technologię CCS pozostawić poza pakietem działań tworzących plan niskoemisyjnej modernizacji, to osiągnięta redukcja emisji byłaby płytsza (sięgając ok. 55%), ale korzyści makroekonomiczne uzyskane ze scenariusza zwiększyłyby się prawie trzykrotnie. Scenariusz modernizacji oferuje szereg istotnych korzyści na poziomie gospodarstw domowym, które skorzystają dzięki niemu ze znacząco niższych wydatków na energię cieplną i paliwa (o 37% względem scenariusza odniesienia) i znacznie podniosą swój standard życia dzięki ograniczeniu szkodliwych emisji metali ciężkich, pyłów, związków siarki i azotu. Obawa przed ubóstwem energetycznym na skutek prowadzenia przez rząd Polski polityki klimatycznej powinna być więc rozproszona o ile polityka ta właściwie rozłoży akcenty między efektywnością energetyczną a modernizacją sektora energetycznego.

Perspektywa mikroekonomiczna, choć ważna i informatywna z uwzględnia współzależności pomiędzy rynkami pracy, kapitału i produktów, które przyczyniają się do efektywniejszej absorpcji szoków gospodarczych, ułatwiają adaptację do zmieniających się warunków oraz umożliwiają odpowiednią realokację zasobów w gospodarce. Szacujemy, że w wyniku podjęcia wysiłku modernizacyjnego w roku 2050 polski PKB mógłby być wyższy niż w wariacie biznes jak zwykle od 1% do 3,5%, zależnie od tego jak silny stałby się w tym czasie polski sektor badawczo rozwojowy. Krótka, trwająca około dekadę faza inwestycyjna wiązać się będzie z kosztami netto, jednak już po ok. 10-15 latach korzyści gospodarcze powinny przeważać nad kosztami. Oszczędności oraz innowacje pozwolą na szybszy rozwój gospodarki, wzrost płac i zatrudnienia (w szczycie o 70 tys. osób).

Ważną korzyścią z niskoemisyjnej modernizacji jest poprawa energochłonności polskiej gospodarki. Od prawie ćwierćwiecza nasz kraj jest na drodze do dogonienia pod tym względem Europy Zachodniej. Mimo to wciąż do nadrobienia jest ok. 20%. Domknięcie tej luki wymaga nie tylko poprawy gospodarowania zasobami w procesach produkcyjnych, większej mechanizacji i innowacji procesowych, ale i wzrostu rozpoznawalności polskich marek, a co za tym idzie także wartości dodanej tworzonej przez polski przemysł i usługi. Innymi słowy jedyną drogą dla obniżenia finalnego zużycia energii w gospodarce jest transformacja niskoemisyjna - proste sposoby zostały już praktycznie wyczerpane. Scenariusz modernizacji pokazuje, że dzięki wzmocnieniu tempa poprawy energochłonności krajowego PKB o niebagatelne 27 punktów procentowych na przestrzeni 40 lat, możliwe będzie zredukowanie utrzymywanie konsumpcji energii finalnej mniej więcej dzisiejszym poziomie, pomimo tego, że w tym samym czasie polska gospodarka urośnie trzykrotnie. W ponad 80% na ten efekt (zwany decouplingiem) złożą się przemiany w sektorze budynków oraz transportu.

Niskoemisyjna modernizacja sektora wytwarzania energii ma do zaoferowania przede wszystkim wzmocnienie bezpieczeństwa energetycznego Polski przy jednoczesnych korzyściach dla zdrowia publicznego. Efekt ten będzie trudny do zagwarantowania w inny sposób w sytuacji wyczerpujących się złożach węgla kamiennego i rosnących potrzebach jego importu oraz dużego oporu społecznego wobec energetyki opartej o węgiel brunatny. Pozostanie przy orientacji węglowej w polskiej energetyce może okazać się decyzją krótkowzroczną i niezwykle ryzykowną w dobie światowych przemian, dynamicznego rozwoju odnawialnych źródeł energii oraz presji Unii Europejskiej na ograniczanie emisji dwutlenku węgla. Tradycyjne argumenty o samowystarczalności kraju oraz o bogatej tradycji górniczej zdają się tracić na znaczeniu w świetle coraz trudniej dostępnych krajowych złóż surowca, przegrywaniu konkurencji z importem oraz rosnących oczekiwań środowiskowych i zdrowotnych polskiego społeczeństwa. Wątpliwe jest, aby nowe odkrywkowe kopalnie węgla brunatnego spotkały się z akceptacją mieszkańców terenów pod nie przeznaczonych, natomiast możliwości pozyskiwania dużych ilości energii z węgla kamiennego stają pod znakiem zapytania w perspektywie kolejnych dekad. Alternatywą jest postawienie na OZE w modelu generacji rozproszonej. Otwarcie się

na odnawialne źródła generacji energii wspartej gazem i importem, a być może także energetyką nuklearną funkcjonującą w podstawie systemu, pozwoli obniżyć zależność energetyczną (do 57%) i zwiększyć stabilność dostaw prądu elektrycznego, bez których polska gospodarka nie będzie mogła efektywnie funkcjonować.

Niezwykle istotnym wymiarem modernizacji, który należy wziąć pod uwagę w analizie kompletnych kosztów i korzyści z punktu widzenia całego kraju, jest wymiar środowiskowy i zdrowotny transformacji niskoemisyjnej. Emisyjność polskiej gospodarki wciąż jest znacząco wyższa niż najbardziej rozwiniętych krajów Europy. W dużej mierze winę za ten stan rzeczy ponosi węglowy sektor energetyczny, jednak pole do poprawy istnieje również w innych gałęziach. Bez trudu transformacji, całkowite emisje w Polsce wzrosną nawet o 1/4. Działania przewidziane w scenariuszu nieskoemisyjnej modernizacji pozwoliłyby na obniżenie emisji gazów cieplarnianych w połowie wieku o 2/3 względem scenariusza odniesienia i 60% względem stanu obecnego. Emisje są przy tym dziedziną, w której uwidacznia się efekt synergii przemian wdrażanych w różnych obszarach – od energetyki, poprzez transport, budownictwo i przemysł. W raporcie pokazaliśmy, jak zaprojektować taką drogę modernizacji, aby redukcja emisji sięgnęła 60%-80% względem poziomu z roku 1990.

W obu wypadkach konieczne byłyby bardzo głębokie zmiany natury technologicznej, które przeniknąć musiałyby praktycznie wszystkie gałęzie gospodarki. Wskazaliśmy jednocześnie, że mniej ambitny cel redukcyjny jest wysoce opłacalny ekonomicznie, podczas gdy cel bardziej ambitny – choć też możliwy do sfinansowania jest dla gospodarki neutralny.



niskoemisyjna  
Polska 2050

V.

KLIMAT  
DLA POLITYKI  
KLIMATYCZNEJ

Zbigniew Karaczun, Andrzej Kassenberg, Aleksander Szpor, Agnieszka Śpionek

## Wprowadzenie

W polskiej debacie publicznej ścierają się dziś trzy poglądy na europejską politykę klimatyczną: **sceptycy** działają na rzecz redukcji jej znaczenia, **minimaliści** zmierzają do utrzymania polityki w jej obecnym kształcie, natomiast **wspierający** promują stawianie ambitniejszych celów na przyszłość. Niemal wszyscy istotni aktorzy życia publicznego (w tym partie polityczne, administracja publiczna oraz większość przedstawicieli biznesu) reprezentują dwa pierwsze wymienione nurty. Trzeci scenariusz wspierają przede wszystkim organizacje pozarządowe, przedsiębiorstwa działające w obszarze nowych technologii oraz część wspólnot lokalnych.

W niniejszej części pragniemy zapoznać Czytelnika z historią polityki klimatycznej w Polsce i przedstawić możliwe kierunki i perspektywy jej rozwoju. Pierwszy rozdział pokazuje, jakie czynniki kształtowały dotychczasowe decyzje Polski w obszarze ochrony klimatu i stara się wyjaśnić obecny negatywny stosunek do wymogów Wspólnoty w zakresie celów redukcyjnych i efektywnościowych. W rozdziale drugim proponujemy konkretne działania, możliwe do wdrożenia przez twórców polityki publicznej, które, jeśli będą przeprowadzone właściwie i z uwzględnieniem specyfiki polskiego społeczeństwa, mogą przynieść oczekiwane skutki oraz zyskać aprobatę opinii publicznej.

Budowa gospodarki niskoemisyjnej jest działaniem długoterminowym, wymagającym planowania i gotowości do prowadzenia tej samej, jednolitej co do kierunku i orientacji, polityki przez dwie lub trzy dekady. W Polsce dominuje jednak pogląd, że wiąże się ona z wysokimi kosztami, nieuniknionym wzrostem wydatków na energię, obniżeniem konkurencyjności handlu zagranicznego oraz przeregulowaniem gospodarki i spadkiem zatrudnienia. Nie bez znaczenia jest także obawa, że proces ten jest zbyt skomplikowany, aby polskie państwo mogło go z powodzeniem przeprowadzić. W poprzednich częściach pokazaliśmy niestuszność tego przekonania, w tej części

Rozdział pierwszy stara się szczegółowo nakreślić warunki brzegowe prowadzenia polityki klimatycznej w Polsce oraz wyjaśnić ich genezę. Choć rozmowy z Unią Europejską stają się coraz trudniejsze, pokazujemy, że mogą zakończyć się rozwiązaniem satysfakcjonującym obie strony. Przekonujemy bowiem, że realia ogólnoeuropejskiego trendu niskoemisyjnego i związanej z tym konkurencji wymagają inwestycji w redukcję emisji. Dla Polski oznacza to innowacje, bezpieczeństwo energetyczne i podniesienie rangi naszego kraju na forum międzynarodowym. Mamy również szansę dołączyć do państw kształtujących wspólnotową politykę klimatyczną, zamiast samotnie pozostawać w opozycji względem jej celów.

Nadmierna powściągliwość w tym względzie może utrudnić wykorzystanie pełni szans rozwojowych stojących przed polską gospodarką w średniej perspektywie czasowej, a także narazić polskie społeczeństwo na dłuższe, niż to by było konieczne, ponoszenie ciężaru negatywnych efektów zewnętrznych węglowej orientacji sektora energetycznego. W tym sensie pytanie o możliwość dokonania niskoemisyjnej transformacji jest *de facto*

pytaniem o jakość polskiej polityki i jej zdolność do świadomego kształtowania rozwoju gospodarczo-społecznego Polski w perspektywie wielu dekad. To również konieczność wyjścia poza ramy opisanego w poprzednich częściach scenariusza odniesienia i wdrożenia przedstawionych tam zmian modernizujących różne sfery działalności gospodarczej.

W rozdziale drugim porządkujemy typy narzędzi, które pomogą Polsce osiągnąć wyznaczone cele transformacji niskoemisyjnej. Sugerujemy konkretny kształt działań, ich horyzont czasowy oraz sposób finansowania i organizacji niezbędnych zmian, wskazując podmioty odpowiedzialne za ich wdrażanie. Działaniom przypisujemy cele i korzyści, oraz wyjaśniamy, dlaczego dane narzędzie ma szansę wspomóc strategię niskoemisyjnego rozwoju. Staramy się również nakreślić ogólne ramy tworzenia dobrych polityk publicznych, wzorując się na doświadczeniach zachodnich. Ważnym przekazem tego rozdziału jest to, że jedynie skoordynowane, wielopłaszczyznowe działania będą w stanie zagwarantować efektywną i terminową realizację celów pożądanых z punktu widzenia UE oraz Polski.



# 1 POLITYKA KLIMATYCZNA W POLSCE AD 2013

## Wprowadzenie

Na Otwarta, jednoznaczna krytyka sensu polityki klimatycznej formułowana jest dziś w Polsce relatywnie rzadko. Wyrażają ją przede wszystkim wybrani przedstawiciele związków zawodowych i zarządów przedsiębiorstw działających w obszarze energetyki konwencjonalnej oraz sektora wydobywczego, a także część konserwatywnych polityków. Negatywna ocena przejawia się w dwóch warstwach: retorycznej i praktycznej. Pierwsza z nich ujawnia się w dyskusjach medialnych i działaniach publicznych, jako próba przedstawienia radykalnego stanowiska opozycyjnego wobec najdalej idących projektów Komisji Europejskiej w zakresie redukcji emisji. Druga płaszczyzna to konkretne działania, mające na celu spowolnienie rozwoju wspólnotowej polityki klimatycznej lub wykorzystanie luk w regulacjach stymulujących rozwój niskoemisyjnej gospodarki. Sceptycy dążą do wycofania się Unii Europejskiej z dotychczasowych kierunków polityki klimatycznej, przekonując, że jej kontynuacja szkodzi nie tylko Polsce, ale i całej Wspólnocie.

Z drugiej strony, na polskiej scenie politycznej wciąż brakuje opiniotwórczych aktorów, deklarujących wsparcie dla celów głębszej redukcji emisji. Zdecydowanych opinii przeciwników transformacji nie równoważą odpowiednio silne głosy jej zwolenników. Dominującą postawą zdaje się być raczej nurt minimalistyczny, w którym rezerwa polskich elit politycznych wobec kierunków europejskiej polityki klimatycznej oparta jest na sceptycznym postrzeganiu jej celów i oczekiwanych efektów. Z tej perspektywy europejska polityka klimatyczna nie niesie dla polskiej gospodarki i społeczeństwa wystarczających korzyści, by uzasadniały one poniesienie jej kosztów. W rzeczywistości, budowa gospodarki niskoemisyjnej jest działaniem długoterminowym, wymagającym planowania i gotowości do prowadzenia tej samej, jednolitej co do kierunku i orientacji, polityki przez dwie lub trzy dekady. W Polsce brakuje jednak przekonania, że to realne przedsięwzięcie, dominuje natomiast pogląd o wysokich kosztach, nieuniknionym wzroście wydatków na energię, obniżeniu konkurencyjności handlu zagranicznego oraz przeregulowaniu gospodarki i redukcji zatrudnienia w przemyśle. Nie bez znaczenia jest także obawa, że proces ten jest zbyt skomplikowany, aby polskie państwo mogło go z powodzeniem przeprowadzić.

Nic więc dziwnego, że również obecny rząd z rezerwą podchodzi do unijnej polityki klimatycznej, postrzegając transformację niskoemisyjną nie jako szansę rozwojową, lecz obciążenie, którego

wolałby się nie podejmować. Nie oznacza to, że potrzeba niskoemisyjnego rozwoju polskiej gospodarki jest w polskiej administracji otwarcie kontestowana – wręcz przeciwnie. Coraz powszechniejsze stają się głosy, że realia ogólnoświatowego trendu niskoemisyjnego i związanej z tym konkurencji wymagają inwestycji w redukcję emisji. Brakuje jednak przekonania, że Polska może ten trend skutecznie wykorzystać dla własnego rozwoju. Rząd opowiada się więc z jednej strony za koniecznością wypełniania dotychczasowych zobowiązań redukcyjnych, finansując np. badania nad podziemnym zgazowywaniem węgla lub wysokosprawnymi blokami węglowymi, a z drugiej - blokuje przyjmowanie przez UE nowych celów ochrony klimatu, dopuszczając do wielu opóźnień we wdrażaniu unijnych dyrektyw w obszarze

**W Polsce dominuje sceptyczne bądź zachowawcze nastawienie sceny politycznej i środowisk opiniotwórczych do polityki klimatycznej. Z perspektywy rozwoju kraju, fundamentalne znaczenie ma wprowadzenie Polski na ścieżkę niskoemisyjnej transformacji – wymaga ono jednak przewyciężenia towarzyszących mu obaw i wątpliwości.**

energetyki odnawialnej czy efektywności energetycznej. Postawa ta spowodowała, że nasz kraj w ostatnich latach kilkakrotnie samotnie sprzeciwiał się przyjmowaniu nowych dokumentów strategicznych w zakresie polityki energetyczno-klimatycznej na poziomie unijnym. Zaledwie na przestrzeni roku od czerwca 2011 polski rząd trzykrotnie zawetował przyjęcie dokumentów wyznaczających planowaną ścieżkę rozwoju gospodarki niskoemisyjnej w Europie:

dwukrotnie w trakcie Rady Środowiskowej UE i raz w trakcie rady ds. Energii. W ten sposób Polska zablokowała przyjęcie dwóch dokumentów: „Planu działań prowadzących do przejścia na konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną do 2050 roku” oraz „Planu działań w zakresie energii do 2050 roku”.

Sceptycyzm elit politycznych i gospodarczych wobec niskoemisyjnej transformacji może mieć kluczowe znaczenie dla możliwości jej przeprowadzenia w Polsce w sposób ekonomicznie efektywny i społecznie akceptowany. Środowiska nieprzychylne celom nowej polityki klimatycznej nie będą zapewne

zainteresowane wyznaczaniem drogi dostosowywania gospodarki do niskoemisyjności tylko po to, aby obniżyć wielkość emisji gazów cieplarnianych. Z drugiej strony, mało prawdopodobne jest samoistne dostrzeżenie przez nie innych korzyści, jakich umiejętnie prowadzona polityka klimatyczna mogłaby przysporzyć polskiej gospodarce - wzrostu efektywności, bezpieczeństwa energetycznego, ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko naturalne i zdrowie Polaków.

Coraz bardziej prawdopodobny staje się w tych realiach scenariusz kontynuowania polityki biernego oporu, a więc niewybiegającego w przyszłość, reaktywnego działania pod naciskiem Komisji Europejskiej, z opóźnieniem włączającego się w szersze trendy światowe. Innymi słowy, powściągliwość wobec celów polityki klimatycznej może utrudnić wykorzystanie pełni szans rozwojowych stojących przed polską gospodarką w średniej perspektywie czasowej, a także narazić polskie społeczeństwo na dłuższe, niż to by było konieczne, ponoszenie ciężaru negatywnych efektów zewnętrznych węglowej orientacji sektora energetycznego. W tym sensie pytanie o możliwość dokonania niskoemisyjnej transformacji jest de facto pytaniem o jakość polskiej polityki i jej zdolność do świadomego kształtowania rozwoju gospodarczego i społecznego Polski w perspektywie wielu dekad. To również konieczność wyjścia poza ramy opisanego w poprzednich częściach scenariusza odniesienia i wdrożenia przedstawionych tam zmian modernizujących każdą sferę działalności gospodarczej.

Czy polska polityka może przekonać się do sensu podjęcia wysiłku niskoemisyjnej transformacji? Jak sprawić, by dominującym pytaniem przestało być czy gospodarka niskoemisyjna jest potrzebna, a pojawiło się: jak zmniejszyć emisyjność polskiej gospodarki, zachowując konkurencyjność i miejsca pracy, a także: jak wyznaczać tempo zmian? Czy prawdopodobne jest uzyskanie ponadpartyjnego konsensusu w obszarze średnio- i długookresowych celów rozwojowych? Czy możliwe jest zwiększenie partycypacji obywateli w procesie podejmowania decyzji? Czy biznes współkształtujący decyzje polityczne może być bardziej zróżnicowany niż obecnie? To, jak odpowiemy na te pytania, może zdecydować o tym, w jaki sposób Polska będzie się rozwijać w nadchodzących latach.

## Cztery pory roku polskiej polityki klimatycznej 1989-2013

Na przestrzeni ostatnich dwudziestu lat Polska odniosła ogromny sukces polityczno-ekonomiczny. Z państwa pozostającego na peryferiach procesów globalnych stała się ważnym członkiem Unii Europejskiej oraz krajem pretendującym do roli regionalnego lidera. Było to możliwe dzięki dwóm transformacjom: przekształceniu gospodarki centralnie planowanej w rynkową oraz dostosowaniu do kryteriów członkostwa w Unii Europejskiej. Drugim czynnikiem, który umożliwił odniesienie sukcesu, było przekonanie elit politycznych o potrzebie zmian i konsekwentne wdrażanie reform politycznych i gospodarczych. Symbolem sukcesu gospodarczego Polski jest nie tylko członkostwo w Unii Europejskiej i OECD, wzrost zamożności Polaków oraz

spektakularny skok cywilizacyjny widoczny m.in. w infrastrukturze, ale także zmiana struktury gospodarki: spadek udziału rolnictwa i przemysłu ciężkiego oraz wzrost udziału usług w tworzeniu PKB. Ważnym, choć rzadziej cytowanym osiągnięciem ostatniego ćwierćwiecza, jest także fakt, że bogaceniu się społeczeństwa towarzyszył spadek emisji do atmosfery zanieczyszczeń: pyłów, metali ciężkich, związków siarki, azotu, wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych czy gazów cieplarnianych, takich jak dwutlenek węgla czy metan (por. Wykres V.1).

Zmniejszenie emisji zanieczyszczeń przy dynamice PKB przekraczającej 4% rocznie jest dowodem na to, że pro-środowiskowy model modernizacji gospodarczej jest w pełni realny. Zmiany w polskiej gospodarce po roku 1989 nie doprowadziły bowiem do jej dezindustrializacji (nadal ok. 30% wartości dodanej pochodzi z przemysłu) – sprzyjały natomiast rozwojowi energo- i mate-

**Na przestrzeni ostatniego ćwierćwiecza udało się w Polsce ograniczyć całkowite emisje zanieczyszczeń do atmosfery, nie hamując szybkiego tempa wzrostu gospodarczego w okresie transformacji lat 90. Współcześnie progresywne cele redukcyjne powinny służyć dalszej modernizacji naszej gospodarki.**

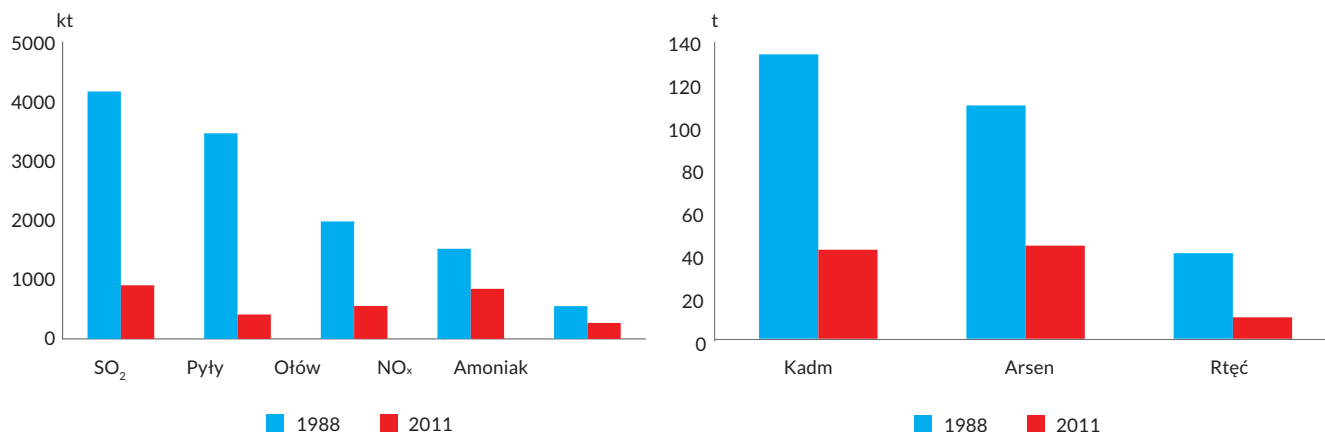
riałooszczędnych, a przy tym niskoemisyjnych technologii produkcji. Ten sukces nie byłby możliwy bez reform gospodarczych, instytucjonalnych i mobilizacji aktywności społecznej. Na przestrzeni ostatnich 24 lat powstało kilkaset tysięcy małych i średnich prywatnych przedsiębiorstw tworzących podstawy dobrobytu, a obywatele zaczęli się organizować w stowarzyszeniach działających na rzecz dobra publicznego. Wzrostowi aktywności społecznej sprzyjała również

reformy administracyjne, która znaczący zakres kompetencji przeniosła na najniższy poziom zarządzania (do gmin), co pozwoliło m.in. na zwiększenie zainteresowania społeczności lokalnych poprawą warunków życia, a także na podniesienie świadomości, jaką rolę dla osiągnięcia tego celu ma ograniczanie zanieczyszczenia środowiska naturalnego przez człowieka.

## Polskie dylematy polityczne – modernizacja czy status quo

O możliwościach i tempie transformacji niskoemisyjnej decydować będą przede wszystkim czynniki rynkowe, związane z umacnianiem się globalnego trendu rozwoju technologii niskoemisyjnych (por. Część II-III raportu). Na przestrzeni ostatniej dekady globalny rynek technologii niskoemisyjnych rozwijał się w tempie kilkudziesięciu punktów procentowych rocznie (wartość inwestycji na rynku OZE w okresie 2004-2011 wzrosła o ok. 650% (UNEP 2012)). Oddziaływanie tych przemian można dostrzec także w Polsce: przez 6 lat (2007-2012) liczba firm działających jedynie w obszarze energetyki słonecznej wzrosła z 37 do 425 (Wiśniewski 2013). Dzięki temu, Polska pozostaje znaczącym producentem paneli słonecznych w Europie. Chociaż większość produkowanych obecnie instalacji OZE przeznaczona jest na eksport, należy oczekiwać, że (wraz z rozwojem tego rynku)

Wykres V.1. Zmiana wielkości rocznych emisji wybranych zanieczyszczeń; 1988, 2011



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych GUS, KOBIZE

zwiększać się będzie presja, aby tworzyć warunki dla funkcjonowania rynku tych urządzeń w kraju.

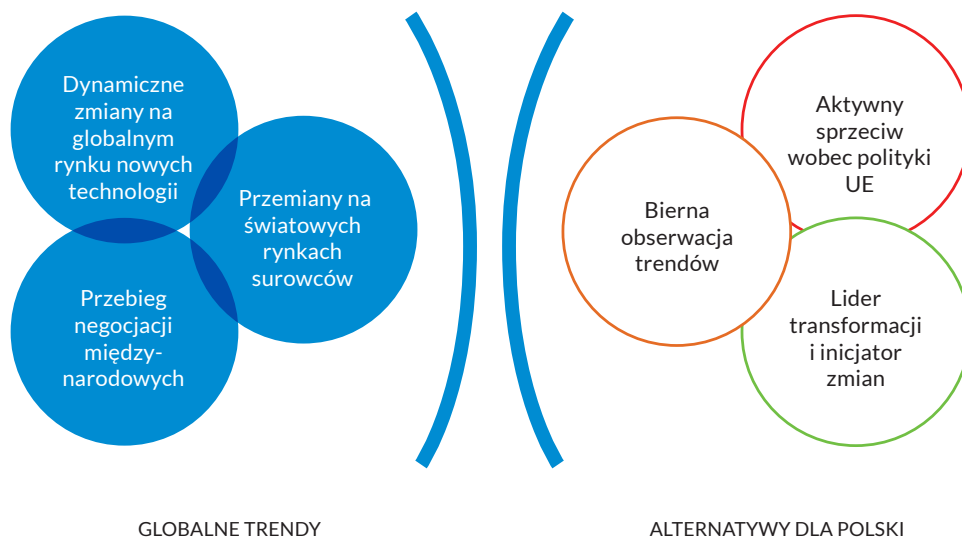
Drugim czynnikiem zewnętrznym, uprawdopodobniającym przeprowadzenie niskoemisyjnej transformacji, są zmiany na światowym rynku surowców energetycznych i paliw. Wprowadzenie technologii umożliwiających eksploatację nieodnawialnych surowców ze złóż niekonwencjonalnych (gaz łupkowy, hydraty metanu) rozpoczęło rewolucję na globalnym rynku energetycznym. Dzięki temu Stany Zjednoczone przestały być importerem gazu, a jego ceny znacząco spadły. W 2010 roku udział gazu łupkowego w całkowitym zużyciu gazu w USA wyniósł 27%, a, jak się szacuje (BP 2011), do 2030 roku odsetek ten powinien się jeszcze podwoić. Obecnie gaz łupkowy jest na szerszą skalę eksploatowany niemal wyłącznie w Ameryce Północnej, jednak nowe odkrycia wskazują na możliwość jego wydobycia także w innych regionach – w tym w Polsce. Mimo to, nawet gdyby nie doszło do komercyjnego wydobycia gazu w naszym kraju, jego

pozyskiwanie na innych obszarach może znacząco wpłynąć na ceny błękitnego paliwa i zwiększenie jego ekonomicznej konkurencyjności w relacji do węgla.

Wydaje się, że dalsze wzmacnianie kapitału społecznego oraz rosnący dobrobyt Polaków powinny podtrzymać ten trend w przyszłości i sprzyjać budowie bardziej zrównoważonego modelu rozwoju. Doświadczenia okresu transformacyjnego wskazują, że przemiany czysto gospodarcze nie będą w tym względzie wystarczające. Pogodzenie szybkiego wzrostu zamożności i poprawy jakości środowiska wymagać będzie także reform instytucjonalnych, które przekonają firmy, obywateli i władze lokalne do podejmowania działań podnoszących efektywność gospodarowania energią i innymi zasobami oraz zmniejszających negatywny wpływ, jaki działalność gospodarcza wywiera na swoje otoczenie.

Potrzeba transformacji w kierunku zielonej gospodarki została również zauważona przez rząd w tworzonych po 2009 roku

Schemat V.1. Polska polityka modernizacyjna w obliczu światowych przemian



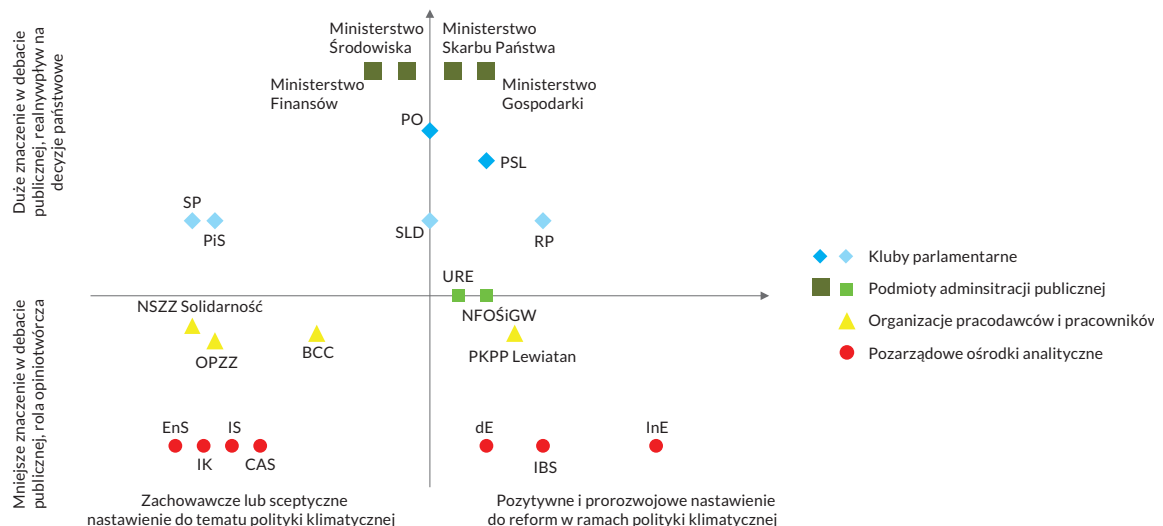
Źródło: Opracowanie własne

## Ramka V.1. Historia polityki klimatycznej w III RP

Okres transformacji w naszym kraju nie pominął kwestii ochrony środowiska. W czerwcu 1992 roku Polska podpisała **Konwencję Klimatyczną**, a na fali dynamicznie rosnącej gospodarki i szybkich przemian zarówno ekonomicznych, jak i społecznych, cele ekologiczne dołączyły do tematów priorytetowych na gruncie politycznym i obywatelskim. Do 1995 roku mnożyły się inicjatywy mające na celu poprawę jakości zdrowia i życia dzięki ochronie wód i redukcji zanieczyszczeń. Już w 1990 roku funkcjonowały **opłaty środowiskowe za emisje do atmosfery** azotanów i siarczanów, a dwa lata później również za emisje dwutlenku węgla i metanu. Na przestrzeni lat 1996-2004 obserwować można było osłabienie zapału do działań proekologicznych, gdyż nastroje społeczne kształtowane były wówczas głównie przez przejściowe skutki transformacji gospodarczej - wzrost bezrobocia i jego społeczne konsekwencje. Inwestycje w ochronę środowiska napędzane były zatem przez zjawiska polityczne, a więc zarówno przystąpienie do **Protokołu z Kioto**, jak i aspiracje Polski, by dołączyć w niedalekiej przyszłości do grona państw członkowskich Unii Europejskiej. W 2000 roku weszła w życie **II Polityka Ekologiczna Państwa** (kontynuacja podobnego dokumentu z 1991 roku), a na jej podstawie trzy lata później wdrożono **pierwszą krajową strategię redukcji emisji gazów cieplarnianych do roku 2020**. Choć akt ten stawiał krajowej polityce ambitne cele, kolejne lata nie doczekały się ich realizacji.

Akcesja Polski do Unii Europejskiej zapoczątkowała swoistą „jesień” polityki klimatycznej. Wymogi stawiane przez Wspólnotę mogły być silnym impulsem dla głębokiej transformacji energetyki i przemysłu polskiego, jednak krajowe podmioty zdecydowały się na ograniczenie zanieczyszczeń przy końcu procesu produkcyjnego (ang. *end-of-pipe solutions*), narastały problemy z wdrażaniem prawa unijnego w zakresie efektywności energetycznej, a postanowienia Pakietu Klimatycznego zaczęły być postrzegane jako wymierzone przeciw nowym krajom członkowskim.

Wykres V.2. Stosunek wybranych polskich grup interesu do polityki klimatycznej w zależności od ich znaczenia politycznego



Źródło: Karaczun i Szpor (2013)

Od 2010 roku obserwujemy publiczną polemikę z wytycznymi i celami redukcyjnymi, do osiągnięcia których dąży Unia Europejska. Największą troskę budzi sektor energetyczny – w kontekście jego rozwoju mówi się o wdrażaniu polityki klimatycznej, która **wymaga działań modernizacyjnych**. Niestety, tematyka nie przenika innych obszarów życia gospodarczego, co bezsprzecznie opóźni wdrożenie Pakietu i obniży efektywność jego funkcjonowania w polskich realiach. Z uwagi na znaczące różnice zdań pomiędzy członkami debaty publicznej, poszczególnymi partiami politycznymi oraz organami władzy (por. Wykres V.2), trudno przewidzieć dalsze losy polityki klimatycznej w Polsce, a jeśli przyrównać jej dotychczasowy rozwój do przebiegu pór roku (por. Schemat V.1), tkwimy obecnie wciąż w okresie zimowych mrozów.

Schemat V.2. Ewolucja polskiej polityki klimatycznej



Źródło: Karaczun i Szpor (2013)

Tabela V.1. Cele polityki klimatycznej oraz działania prowadzące do ich osiągnięcia w poszczególnych obszarach regulacyjnych

Obszar	Cele	Działania
<b>REFORMA PODATKOWA</b>	Zapewnienie alokacji środków pozwalającej na wspieranie niskoemisyjnej transformacji	<ul style="list-style-type: none"> <li>Zwiększenie podatków i zniesienie ulg na dobra związane z zasobami nieodnawialnymi</li> <li>Zmniejszanie obciążeń podatkowych pracy</li> <li>Wzrost wydatków na innowacje</li> </ul>
<b>POLITYKA EDUKACYJNA I NAUKOWA</b>	Zwiększenie społecznej świadomości korzyści z podjęcia wysiłku niskoemisyjnej modernizacji	<ul style="list-style-type: none"> <li>Edukacja ekologiczna, kształtowanie struktury podaży pracy odpowiednio do potrzeb transformacji</li> <li>Dostosowanie programów kształcenia, w tym nacisk na edukację przedsiębiorców</li> <li>Silne wsparcie publiczne dla nowych technologii w ramach zrewidowanego systemu zarządzania innowacjami</li> </ul>
<b>ZRÓWNOWAŻONA ENERGETYKA</b>	Modernizacja sektora energetyki dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju	<ul style="list-style-type: none"> <li>Osiągnięcie konsensusu interesów na gruncie krajowym</li> <li>Rozwój projektów zarządzania energią oraz inteligentnych sieci energetycznych</li> <li>Urynkowanie i uelastycznienie sektora</li> <li>Stworzenie możliwości rozwoju OZE</li> </ul>
<b>ZRÓWNOWAŻONA MOBILNOŚĆ</b>	Zahamowanie rosnącej emisyjności sektora	<ul style="list-style-type: none"> <li>Wprowadzanie odpowiednich norm emisyjności i hałasu dla pojazdów</li> <li>Promocja transportu publicznego i rozwiązań niskoemisyjnych we wzorcach mobilności</li> <li>Rozwój alternatywnych technologii napędów</li> <li>Nacisk na właściwe planowanie przestrzenne w kontekście wydatkowania publicznych pieniędzy na infrastrukturę</li> </ul>
<b>ROLNICTWO</b>	Wspieranie modernizacji niskoemisyjnej i poprawa jakości polskiego rolnictwa	<ul style="list-style-type: none"> <li>Edukacja rolników w zakresie wyzwań i szans polityki klimatycznej</li> <li>Doradztwo w zakresie właściwych praktyk rolniczych i hodowlanych</li> <li>Tworzenie odpowiednich zasad ochrony gleb użytkowych</li> <li>Promocja zmian nawyków żywieniowych w społeczeństwie</li> </ul>
<b>JEDNOSTKI ADMINISTRACYJNE</b>	Domykanie działań modernizacyjnych w obszarze sektora publicznego	<ul style="list-style-type: none"> <li>Stosowanie obligatoryjnych kryteriów środowiskowych w procedurach zamówień publicznych</li> <li>Zainteresowanie opinii publicznej tematyką śladu węglowego</li> <li>Certyfikacja jako narzędzie uświadamiania konsumentów o pochodzeniu nabywanych dóbr</li> </ul>

Źródło: Opracowanie własne

dokumentach strategicznych o perspektywie średnio- (2020) i długoterminowej (2030). Osią tych strategii jest dalszy rozwój gospodarczy, a kwestie ochrony środowiska połączono z zagadnieniami bezpieczeństwa energetycznego i rynku energii. Ochrona klimatu nie stanowi w nich samodzielnego priorytetu, będąc raczej elementem szeroko rozumianej ochrony środowiska i „istniejącym zobowiązaniem”. Istotne miejsce w strategiach zajmuje natomiast racjonalne gospodarowanie zasobami i poprawa efektywności energetycznej, a także adaptacja do zmian klimatu. W dokumentach tych zapowiadane jest wdrożenie instrumentów ekonomicznych, legislacyjnych i informacyjnych, wspierających rozwój gospodarki niskoemisyjnej, a także wzmocnienie w tym zakresie współpracy z sektorem prywatnym, w szczególności zaś z organizacjami branżowymi.

Chociaż zawarte w długo- i średniookresowych dokumentach strategicznych projekty i cele szczegółowe formalnie pozostają w zgodzie z aktualnymi kierunkami europejskiej polityki klimatycznej, to, w niektórych obszarach, wyznaczane wskaźniki celu sugerują minimalistyczne podejście polskiego rządu do polityki

**Istotny wpływ na tempo i zakres transformacji niskoemisyjnej w Polsce będą mieć globalne trendy technologiczne, zmiany cen surowców, a także kształt i rezultaty międzynarodowych uzgodnień w zakresie redukcji emisji.**

klimatycznej. Jednym z przykładów jest osiągnięcie 15% udziału OZE w produkcji energii elektrycznej w roku 2020 (zgodnie z obowiązującym pakietem klimatyczno-energetycznym), i „ponad 15%” w roku 2030. Ambitniej prezentują się długookresowe cele związane ze zmniejszeniem energochłonności gospodarki: oczekiwana jest redukcja o ponad 50% względem roku 2009, natomiast wskaźnik emisji CO<sub>2</sub> (w elektroenergetyce zawodowej) ma spaść z 0,95 t/MWh (2007) do poziomu poniżej 0,70 t/MWh (por. DSRK 2030, SRK 2020, BEIŚ 2020).

Kluczowym problemem polskiej polityki środowiskowej nie są jednak zbyt ambitne cele strategiczne, a ich niewiążący i nietrwały charakter. Jak dotąd, nawet w przypadkach, w których proces szerokich konsultacji społecznych był przeprowadzony, ich wynik podważano lub modyfikowano *ex post*. W efekcie, długoterminowe polityki środowiskowe nie były poddawane ani ewaluacji, ani nawet przeglądowi śródkresowemu. Słabością przywołanych powyżej dokumentów jest także brak konsensusu politycznego między poziomem rządowym, na którym zostały przyjęte, a parlamentarnym (por. Wykres V.2). Trudno je zatem uznawać za strategiczne opracowania ponadpartyjne, które będą wdrażane przez kolejne rządy (niezależnie od tego, jaką opcję będą one reprezentowały) – bliższe rzeczywistości byłoby rozpatrywanie ich jako wąskich polityk środowiskowych. Innymi słowy, powinno się je traktować raczej jako wskaźniki zmieniającego się podejścia do potrzeby transformacji niskoemisyjnej, niż rzeczywiste „drogowskazy”, określające, w jaki sposób i w jakim tempie transformacja taka będzie dokonana.

Po trzecie, polska polityka klimatyczna zależeć będzie od kierunku międzynarodowych negocjacji klimatycznych i tempa przyjmowania nowych zobowiązań redukcyjnych. Rozwój technologii

niskoemisyjnych jest w dużym stopniu reakcją na postanowienia Ramowej Konwencji ONZ w sprawie zmiany klimatu i Protokołu z Kioto do tej Konwencji. Zgodnie z obecnym harmonogramem, nowe porozumienie ma zostać wynegocjowane w 2015 roku w Paryżu. Jego kształt, a zwłaszcza poziom aspiracji w zakresie redukcji emisji, będzie w znaczącym stopniu wpływał na potrzebę wprowadzania nowych, niskoemisyjnych technologii w skali międzynarodowej - tą drogą oddziałując na działania w Polsce.

W reakcji na opisane powyżej czynniki zewnętrzne można sobie wyobrazić kilka potencjalnych strategii zachowania polskich instytucji publicznych (por. Schemat V.2):

- **aktywne blokowanie** wysiłków na rzecz realizacji w Polsce transformacji niskoemisyjnej;
- **rola obserwatora** – przy czym może być ona bierna (unikanie podejmowania trudnych decyzji), lub aktywna (wspieranie pożądanych zmian);
- wcielenie się **w rolę lidera transformacji** niskoemisyjnej i inicjowanie działań wspierających tę zmianę.

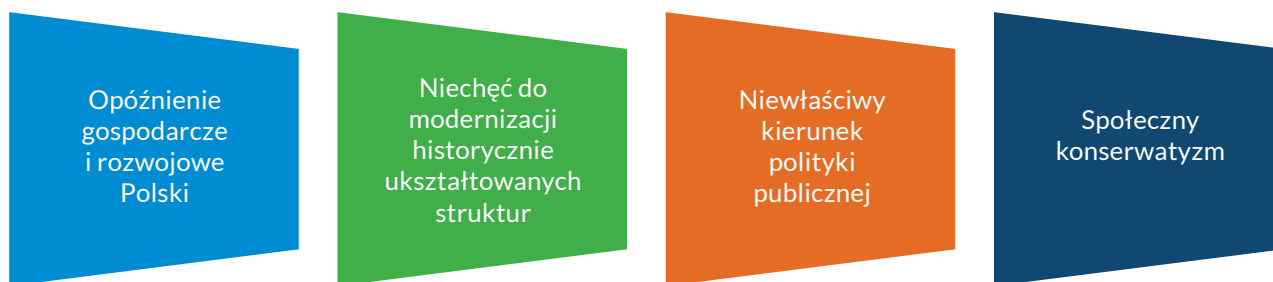
Chociaż pierwsza opcja jest niekiedy przedstawiana jako najbardziej korzystna z punktu widzenia krótkookresowego interesu politycznego, istnieją przesłanki, by zakładać, że główny nurt polskiej polityki nie skłoni się do jej realizacji w obawie przed negatywnymi średnio- i długookresowymi skutkami tego wyboru. Z drugiej strony, przy obecnym niskim poparciu dla polityki klimatycznej niemożliwe jest jednak wdrażanie trzeciego scenariusza. Wiele wskazuje więc na to, że Polska będzie starać się będzie pełnić rolę obserwatora koncentrującego się na minimalizacji wysiłków i kosztów potrzebnych do realizacji założeń niskoemisyjnej gospodarki. Tym samym, przyszłe tempo niskoemisyjnej modernizacji będzie w pierwszej kolejności zależę od przemian rynkowych oraz polityki międzynarodowej, a dopiero w drugiej od tego, w jaki sposób polski rząd, jako inicjator procesu legislacyjnego oraz dysponent środków publicznych, ukształtuje politykę krajową.

## Główne bariery w rozwoju polskiej polityki klimatycznej

Kwestia ochrony klimatu jest – wskutek splotu różnych czynników – traktowana w Polsce w wielu kręgach w kategoriach zagrożenia lub przynajmniej obciążenia. Rosnące zainteresowanie obywateli sprawami środowiska i ich poczucie odpowiedzialności za lokalne jak i globalne działania w tej sprawie są dopiero na wczesnym etapie kształtowania. Jednocześnie zaniedbania poprzednich dekad w dziedzinie środowiska, a także globalny charakter zagrożenia, jakim są zmiany klimatu, sprawiają, że jego ochrona pozostaje problemem drugoplanowym wobec np. innych wyzwań ekologicznych mających charakter lokalny: zanieczyszczenia powietrza i wód, utraty różnorodności biologicznej czy gospodarki odpadami.

Najważniejszym czynnikiem decydującym o powolnej absorpcji idei niskoemisyjnej modernizacji w Polsce jest ukształtowana w przeszłości struktura gospodarcza, oparta o energochłonny

## Schemat V.3. Najważniejsze bariery rozwoju krajowej polityki klimatycznej



Źródło: Opracowanie własne

przemysł i energetykę zawodową. Jej podłoże należy dostrzegać w dominującej w latach 1945-1989 doktrynie gospodarczej, upatrującej polskich szans rozwojowych w przemyśle ciężkim, a bezpieczeństwa energetycznego i surowcowego - w dużych krajowych zasobach węgla kamiennego i brunatnego. Jeśli przyjąć lata 60., z ich eksplozją ruchów ekologicznych oraz procesem dekolonizacji, za początek dzisiejszej polityki ekologicznej na Zachodzie, to łatwo zauważyć, że Polska znajdowała się wówczas po przeciwnej stronie tego nurtu. Jako jeden z krajów bloku socjalistycznego, odpowiedzialna była za budowanie jego

**Wśród głównych barier rozwoju krajowej polityki klimatycznej są zarówno uwarunkowania historyczne, jak i współczesne poglądy społeczne odzwierciedlone w polityce publicznej, w myśl których transformacja niesie ze sobą zbyt wiele czynników ryzyka.**

działaniach realizację bieżących interesów politycznych w nie mniejszym stopniu niż długoterminowe planowanie ekonomiczne. Są one, podobnie jak cała gospodarka, mało innowacyjne, przeznaczając na badania i rozwój znikomy odsetek zysku (w odróżnieniu od swoich zachodnioeuropejskich konkurentów). To podejście wzmacniane jest przez relatywnie niski poziom kapitału relacyjnego w sektorze prywatnym i publicznym, ograniczający potencjał innowacyjności oraz sprzyjający utrzymywaniu tradycyjnych form działalności i gałęzi produkcji, jak również przez politykę państwa, w której brakuje istotnych mechanizmów stymulujących większe zainteresowanie firm prowadzeniem badań, ich wdrażaniem oraz komercjalizacją (np. ulg podatkowych, nakładów publicznych na innowacje).

Na dzisiejsze stanowisko rządu w sprawie ochrony klimatu oddziałuje nie tylko historia, ale i warunki geograficzne. Położenie Polski z dala od oceanu, sprzyjającego obecności silnych wiatrów, oraz umiarkowany klimat i mniejsza liczba dni słonecznych są

zaplecza przemysłowego. Gospodarka centralnie planowana i koncesjonowane ruchy społeczne, a także odgórnie kontrolowane kierunki badań naukowych, skoncentrowane były na innych celach, tworząc fundament dzisiejszego *status quo*. Za dziedzictwo tego okresu uznać należy także strukturę zintegrowanych pionowo koncernów energetycznych, kontrolowanych przez Skarb Państwa. W konsekwencji tego stanu rzeczy, firmy te muszą uwzględniać w swoich

czynnikami podwyższającymi koszty energii z OZE. Nie oznacza to jednak, że instalacje te nie są opłacalne, z uwagi na coraz niższe koszty produkcji samych instalacji oraz koszty ich budowy (siły roboczej) (por. Wykresy III.19-III.21). Położenie Polski w strefie umiarkowanego klimatu powoduje również, że nasz kraj jest narażony na negatywne skutki jego zmian w mniejszym stopniu niż np. gospodarki Europy Południowej. Choć dla wielu grup tego rodzaju zmiany wydają się materia odległą lub mało prawdopodobną, negatywne skutki odczuwane będą w wielu obszarach życia gospodarczego, np. w rolnictwie, turystyce, ochronie zdrowia czy gospodarce wodnej. Ministerstwo Środowiska przedstawiło już projekt strategii działań adaptacyjnych do prognozowanych skutków zmian klimatu, zawierający oficjalne szacunki kosztów, jakie Polska ponosi z tego tytułu (SPA 2020).

Ważną barierą – zarówno wśród polityków, jak i całego społeczeństwa – jest obawa przed kolejną transformacją. Poprzednie dwie: stworzenie wolnego rynku oraz przystosowanie gospodarki do warunków wspólnego, europejskiego rynku, spowodowało problemy środowisk politycznych przewodzących tym zmianom. Stąd też dzisiejsi politycy z rezerwą podchodzą do pomysłu rozpoczęcia kolejnej transformacji. Paradoksalnie, choć badania społeczne prowadzone w Polsce dowodzą, iż obywatele uznają ochronę klimatu za istotne zadanie rządu i władz publicznych, to w praktyce nie przekłada się to na ich aktywność obywatelską lub polityczną (na poziomie lokalnym lub krajowym), ani na preferencje wyborcze. Z drugiej strony, w stanowiskach wielu klubów parlamentarnych dostrzega się pragmatyczne podejście do niektórych elementów europejskiej polityki klimatycznej. Dlatego, jak się wydaje, trzonem strategii rozwoju polityki klimatycznej w Polsce powinno być szukanie obszarów wspólnych pomiędzy celami Polski i UE.

## Potencjalne pola współpracy w zakresie polityki klimatycznej UE i rządu

Uwarunkowania historyczne, geograficzne i społeczne powodują, że proces przeprowadzania niskoemisyjnej modernizacji będzie w Polsce zapewne wolniejszy niż w innych państwach OECD. Jednocześnie, transformacja ta może wzmocnić szansę na szerszą modernizację kraju - o ile uda się właściwie zdefiniować jej cele oraz uzyskać większe zaangażowanie krajowych aktorów. Wśród głównych komponentów aktualnej polityki klimatycznej, szczególnie atrakcyjna dla wielu podmiotów w kraju będzie zapewne poprawa **efektywności energetycznej**. W deklaracjach większości klubów parlamentarnych lub przedstawicieli rządu, działanie to jest jednoznacznie popierane jako racjonalne z punktu widzenia gospodarczego (por. Tabela V.1). Idzie ono w parze z prowadzonymi dotąd reformami zmierzającymi do wyeliminowania pozostałości systemu gospodarki centralnie planowanej i związanych z nią nieracjonalnych mechanizmów ekonomicznych.

Powiązana z efektywnością energetyczną i znajdująca dość szerokie odzwierciedlenie w krajowych strategiach jest koncepcja **efektywnego wykorzystania zasobów środowiska**. Choć terminu tego używa się przede wszystkim w odniesieniu do zasobów wodnych, to w debacie publicznej coraz bardziej upowszechnia się pogląd, że zagadnienie dotyczy także innych zasobów naturalnych – surowców mineralnych i energetycznych, różnorodności biologicznej czy przestrzeni. Może być zatem drugim obszarem pozytywnych zmian w kierunku gospodarki niskoemisyjnej. Aby jednak działania tego rodzaju stały się podstawą dla rozpoczęcia i przeprowadzenia niskoemisyjnej transformacji, muszą one uzyskać rzeczywiste wsparcie w postaci właściwych regulacji prawnych i programów wdrożeniowych. Dotychczasowe doświadczenia w transpozycji i wdrażaniu norm prawnych zawartych w dyrektywach UE, dotyczących efektywności energetycznej oraz efektywnego wykorzystywania zasobów, nie są bowiem

zachęcające. Jest to tym istotniejsze, że Komisja Europejska planuje wprowadzenie szeregu nowych regulacji na tym polu.

Relatywnie atrakcyjna dla polskiej polityki wydaje się także perspektywa **technologicznej modernizacji**, dzięki wsparciu dla projektów innowacyjnych oraz zielonych technologii. Korzyści płynące z rozwoju branż ekoinnowacyjnych mogą przekonać rząd do regulacyjnego stymulowania krajowego rynku zbytu na ich produkty. Polska powinna stawiać na tworzenie synergii między wdrażaniem ambitniejszych celów polityki klimatycznej a pożądaną modernizacją technologiczną i poprawą innowacyjności. Dzięki regionalnemu wsparciu parków technologicznych i klastrów nowoczesnego przemysłu, wysokich kompetencjach kadr technicznych, znajomości języków obcych, a także relatywnie niskim kosztom pracy i dobrze rozwiniętemu sektorowi ICT, Polska ma szansę stać się producentem, a nie tylko użytkownikiem technologii niskoemisyjnych. Ten kierunek zmian wymaga jednak odpowiednich modyfikacji polityki publicznej, w odniesieniu do poziomu wydatków na B+R czy obecności bodźców instytucjonalnych w obszarze innowacji na poziomie krajowym. Działania tego rodzaju będą sprzyjać stosowaniu rozwiązań innowacyjnych w praktyce, jednak powinien im towarzyszyć rozwój innowacji społecznych, kształtujących nowe wzorce gospodarowania, np. samowystarczalność energetyczną czy energooszczędność w transporcie. Takim zmianom sprzyjać będą programy publiczne, kształtujące postawy konsumenckie sprzyjające efektywnemu wykorzystywaniu zasobów (por. Rozdział V.2).

Już w niedalekiej przyszłości sprzyjać realizacji celów polityki klimatycznej mogą rozwijające się miasta, a także poszczególne gminy i powiaty, korzystające na realizacji adekwatnych projektów i ponoszące konkretne konsekwencje wynikające z jej kształtu. Realizacja projektów niskoemisyjnych świadczy o cywilizacyjnym zaawansowaniu wspólnoty i może przyczyniać się do poprawy jej wizerunku zewnętrznego. Dlatego też, wdrażane projekty, ukierunkowane na wzrost efektywności energetycznej, redukcję emisji zanieczyszczeń czy budowę instalacji wytwarzających

Tabela V.2. Stanowisko polskich klubów parlamentarnych w sprawie głównych parametrów aktualnej polityki klimatycznej

	PO	PiS	PSL	SLD	Ruch Palikota	Solidarna Polska
<b>Pakiet klimatyczno-energetyczny</b>	+	-	+	-	+	-
<b>Zwiększanie wsparcia dla OZE</b>	+/-	-	+/-	+	+	-
<b>Ograniczenie roli węgla w gospodarce</b>	-	-	+/-	+/-	+/-	-
<b>Efektywność energetyczna</b>	+	+/-	+	+	+	+/-
<b>Mapa Drogowa 2050</b>	-	-	-	-	-	-

Uwaga: „+” pozytywny stosunek do parametru; „-”, negatywny stosunek do parametru; „+/-”, stosunek ambiwalentny lub niesprecyzowany. Pełną metodykę konstrukcji tabeli zawarto w artykule źródłowym.

Źródło: Karaczun i Szpor (2013)

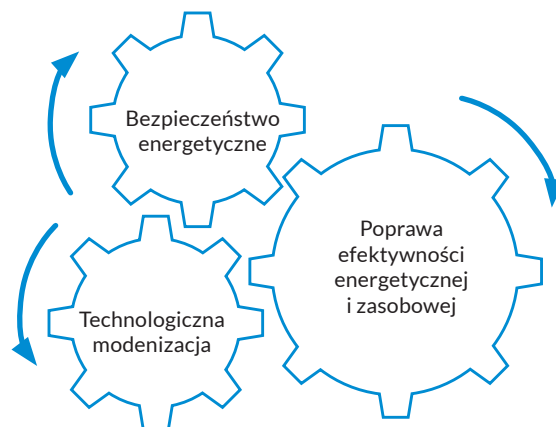


energię w oparciu o lokalne zasoby odnawialne, stają się coraz częściej ważnym składnikiem lokalnych strategii rozwoju. Część samorządów podejmuje te działania w przeświadczeniu, że **Strategie realizacji celów polityki klimatycznej wdrażane muszą być również na poziomie lokalnym, sprzyjając wzrostowi ich efektywności, oszczędnościom oraz podnoszeniu społecznej świadomości w tym zakresie.**

ograniczenie negatywnego wpływu motoryzacji na jakość życia, wspierany jest transport publiczny i rowerowy. Przeprowadza się termomodernizację budynków publicznych, obserwujemy także rosnące zainteresowanie budownictwem pasywnym. Dostrzegając ogół korzyści ekonomicznych i społecznych, przedstawiciele samorządów coraz częściej artykułują swoje oczekiwania wobec rządu, aby tworzył systemowe podstawy ułatwiające prowadzenie takich działań, czego przykładem może być Stanowisko Konwentu Marszałków Województw RP wobec problemów zrównoważonego rozwoju i ograniczania emisji CO<sub>2</sub> poprzez racjonalne wykorzystanie odnawialnych źródeł energii.

Kolejną przesłanką, dla której polityka publiczna powinna stawać się coraz bardziej zainteresowana niskoemisyjną modernizacją, jest **bezpieczeństwo energetyczne**. W tradycyjnym rozumieniu pojęcie to utożsamiane jest z samowystarczalnością energetyczną (oparciem produkcji energii na własnych zasobach), w nieco szerszej perspektywie - jako zapewnienie bezpieczeństwa dostaw surowców energetycznych i energii. W debacie publicznej nad bezpieczeństwem energetycznym Polski wskazuje się na konieczność poniesienia dodatkowych kosztów na projekty dywersyfikacyjne, takie jak gazoport lub elektrownia jądrowa. Pomija się natomiast na ogół to, że wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w oparciu o lokalne zasoby i lokalne rozwiązania (OZE oraz energetyka rozproszona) może mieć nie mniejsze znaczenie dla wzmocnienia poziomu bezpieczeństwa energetycznego Polski niż ewentualna niezależność surowcowa. Wzrost ruchów odśrodkowych w ramach UE i brak solidarności wewnątrz Wspólnoty (symbolizowany w Polsce najbardziej przez budowę rurociągu Nord Stream), budzi nieufność krajowych polityków wobec możliwości przejęcia przez UE roli gwaranta bezpieczeństwa energetycznego. Tymczasem negocjacje wokół jednego z podstawowych priorytetów polskiej prezydencji w Radzie Europejskiej - zewnętrznego bezpieczeństwa energetycznego Unii - wykazały, że w obszarze tym istnieje znaczny potencjał współpracy. Wydaje się, że w interesie Polski jest kontynuowanie debaty w tym zakresie i jednoznaczne zdefiniowanie interesów krajowych, jakie, dzięki zwiększonej solidarności europejskiej, mogłyby być osiągnięte.

Schemat V.4. Kluczowe obszary współpracy na linii Polska-UE



Źródło: Opracowanie własne

## Klimat polityczny dla polityki klimatycznej w Polsce

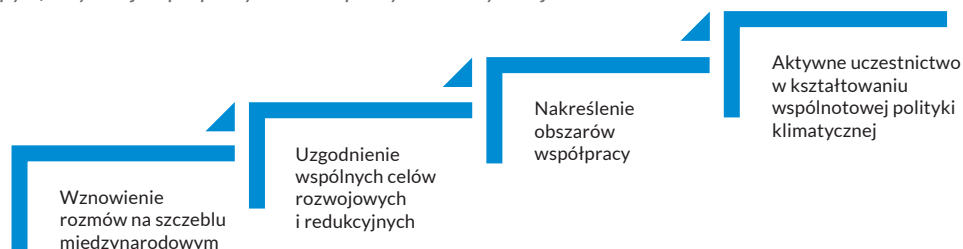
Trudno dziś wyobrazić sobie, by stanowisko polskiego rządu i elit politycznych wobec polityki klimatycznej zmieniło się zasadniczo w najbliższej przyszłości. W ostatnich latach spór pomiędzy rządem a Komisją Europejską (reprezentującą UE) na poziomie merytorycznym, ale zwłaszcza retorycznym, zaszedł tak daleko, że zakończenie go w krótkim czasie poprzez przystanie na stanowisko którejkolwiek ze stron wydaje się właściwie niemożliwe. Dlatego też debata ta wymaga wprowadzenia nowych idei, które byłyby w stanie przesunąć uwagę od dotychczasowych punktów zapalnych do pól wspólnego interesu. Aby wykorzystać szansę, jaką tworzy niskoemisyjna transformacja, i zminimalizować istniejące ryzyka, niezbędne jest inne rozłożenie akcentów dyskusji. W szczególności konieczne wydaje się uznanie, że jest ona - zarówno w wymiarze globalnym, jak i europejskim - nurtem, którego ignorowanie przyczyni się do utraty szansy na rozwój

**Osiągnięcie konsensusu z Unią Europejską w sprawie polityki klimatycznej nadal jest możliwe. Należy jednak otworzyć się na nowe rozwiązania i myślenie w kategoriach realizacji wspólnych interesów. Polska wciąż może współdecydować o kształcie unijnych regulacji.**

gospodarczy i cywilizacyjny Polski w najbliższych dziesięcioleciach. Kluczową rolę odgrywa zwrócenie uwagi na te składowe europejskiej polityki klimatycznej, które są spójne z polskimi celami: rozwój innowacyjnego przemysłu, wzrost konkurencyjności, zmniejszenie negatywnych efektów zewnętrznych energetyki, podniesienie bezpieczeństwa energetycznego

i spadek uzależnienia od importu paliw spoza UE. O ile bowiem główny cel europejskiej polityki klimatycznej do roku 2050, jakim jest spadek emisji gazów cieplarnianych, nie znajduje w Polsce politycznego wsparcia, to w przypadku celów szczegółowych wytyczających ścieżkę niskoemisyjnej transformacji dostrzec można znacznie większe zrozumienie i chęć współpracy. Przykładowo, w Polsce narasta przekonanie o konieczności silniejszego, instytucjonalnego i finansowego, wsparcia dla innowacji - zarówno

Schemat V.5. Etapy efektywnej współpracy na rzecz polityki klimatycznej



Źródło: Opracowanie własne

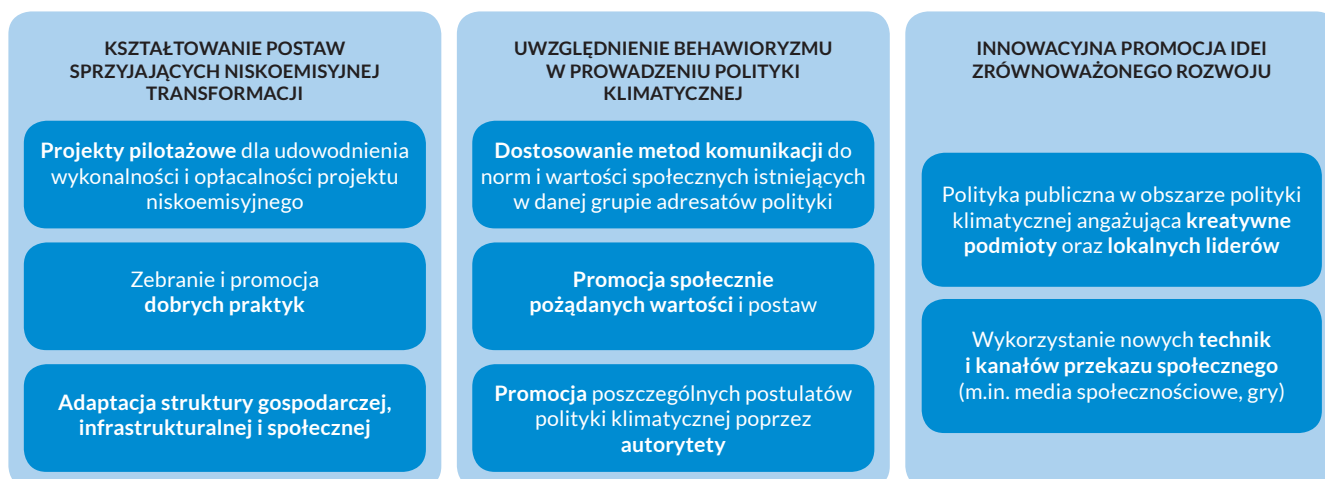
w zakresie gospodarki, jak i organizacji państwa (nowoczesne regulacje, przejrzyste procedury, większe wydatki publiczne).

Prerekwizytem do zmiany pola dyskusji musiałoby być dostrzeżenie nadchodzących prądów globalnych, które stają się samodzielnym motorem redukcji zużycia surowców nieodnawialnych i rozwoju gospodarki niskoemisyjnej na świecie. Dotyczy to, po pierwsze, szybkich zmian technologicznych w zakresie odnawialnej energetyki, po drugie - silnej presji cenowej na rynkach surowcowych wywieranej przez rozwój nowych globalnych potęg gospodarczych (np. krajów BRICS), po trzecie - rosnącej świadomości ekologicznej społeczeństw krajów rozwijających się. Procesy te zachodzą niezależnie od tempa i efektów negocjacji klimatycznych. Kwestią wyboru pozostaje to, czy Polska dostrzeże zachodzące zmiany zawczasu, stając się dostawcą niskoemisyjnych rozwiązań w zakresie transportu, efektywności energetycznej czy energetyki odnawialnej, czy też przyjmie postawę bierną, zwracając się ku nim z opóźnieniem i, z konieczności, ograniczając się wyłącznie do roli konsumenta gotowych rozwiązań. Przy zmianie podejścia z biernego na aktywne, nasz kraj byłby w stanie już dziś wpłynąć na kształt europejskiej polityki klimatycznej, tak by uwzględniała ona w większym stopniu różnicowanie krajów UE i ich indywidualne potrzeby rozwojowe - pośrednio przyczyniając się do ochrony klimatu. Przyjęcie przez Polskę postawy aktywnej, nakierowanej na współtworzenie celów, do których dąży UE, a nie na opór wobec tych już wyznaczonych, umożliwi ukształtowanie polityki klimatycznej w sposób

maksymalizujący korzyści dla naszego kraju. Rząd mógłby m.in. prowadzić działania pozwalające na zyskiwanie czasu dla polskiej gospodarki tak, aby umożliwić jej zmniejszanie swojej emisyjności w sposób ewolucyjny i dopasowany do państwa nadrabiającego zapóźnienia rozwojowe. Osiągnięcie sukcesu wymagać przy tym będzie także odpowiednich działań w polityce krajowej (por. Schemat V.6).

Wspieranie emisyjnego *status quo* należy uznać za niepożądane, pomimo krótkookresowych korzyści politycznych, w postaci braku ryzyka politycznego dla grup przewodzących zmianom, i ekonomicznych, dla grup interesu osiągających korzyści z dotychczasowej sytuacji. Brak działań przyczyni się do powstawania poważnych barier dla dalszego rozwoju gospodarczego Polski, jak również zwiększy ryzyko wpadnięcia w pułapkę średniego dochodu. Sprzeciw branżowych związków zawodowych czy podmiotów reprezentujących energochłonne i tradycyjne sektory gospodarki - choć zrozumiały - nie może być automatycznie utożsamiany z interesem społecznym i polską racją stanu. Celem polityki rozwoju nie jest bowiem konserwacja dotychczasowego modelu gospodarki, ale budowa fundamentów jej przyszłej konkurencyjności, dzięki promowaniu i przyciąganiu inwestycji w branżach o największym potencjale wzrostu produktywności. Petryfikacja stanu rzeczy grozić będzie lokowaniem branż schyłkowych „wypychanych” z bardziej innowacyjnych i lepiej rozwiniętych państw, zamiast rozwoju nowoczesnych gałęzi.

Schemat V.6. Strategia otwarcia polskiej gospodarki na niskoemisyjną transformację



Źródło: Opracowanie własne

## 2 JAK POWINNA WYGLĄDAĆ POLITYKA WDRAŻANIA ▲ NISKOEMISYJNEJ ŚCIEŻKI ROZWOJU?

### Czym ma być polityka wdrażania niskoemisyjnej ścieżki rozwoju?

Zgodnie z Encyklopedią PWN, polityka to umiejętność sprawowania władzy, zdolność do mobilizowania zbiorowości do wspólnych działań na rzecz szeroko rozumianych celów społecznych i umiejętność skutecznej ich realizacji w zróżnicowanym społeczeństwie. Polityka demokratyczna stara się więc stwarzać jak najlepsze warunki dla aktywności poszczególnych grup obywateli, gospodarstw domowych, stowarzyszeń czy przedsiębiorców. Czy budowa gospodarki niskoemisyjnej w Polsce w perspektywie roku 2050 jest możliwa na drodze społecznej samoorganizacji? Wydaje się, że w polskich warunkach wciąż brakuje wielu czynników, które taki spontaniczny proces by uprawdopodobniały. Deficyt aktywności obywatelskiej, ukształtowany historycznie układ sił gospodarczych, słabo rozwinięty sektor nauki oraz niedostatki kapitału relacyjnego i intelektualnego sprawiają, że społeczeństwo polskie nie stanie się szybko *spiritus movens* niskoemisyjnej modernizacji. Może jednak być jej aktywnym uczestnikiem, o ile stworzony zostanie odpowiedni system bodźców, zachęcający jednostki czy podmioty gospodarujące np. do inwestowania w rozwiązania energooszczędne w budownictwie czy produkcji energii w modelu prosumenta. W rolę inicjatora tych zmian mógłby wcielić się rząd, którego aktywność podporządkowane byłyby budowie innowacyjnej gospodarki i nowoczesnego państwa, zdolnego do pełnienia znaczącej roli ekonomicznej i politycznej w Europie. Nie oznacza to jednak, że działania państwa powinny zastępować mechanizmy rynkowe i siły społeczne na tych polach niskoemisyjnej modernizacji, na których są one funkcjonują one skutecznie. Wręcz przeciwnie: powinno ono uaktywnić się tam, gdzie inicjatywy autonomiczne nie prowadzą do społecznego optimum wskutek niedostatków wiedzy, niedoskonałości rynku lub nieuwzględniania pełni kosztów i korzyści alternatywnych wyborów.

We współczesnych demokratycznych państwach decyzje dotyczące przyszłości podejmowane są w triadzie pomiędzy (por. Parsons 2001):

- **państwem** (reprezentowanym przez parlament i rząd) i proponowaną przez nie wizją rozwoju oraz zasadami, które uznawane są za podstawowe;
- **społeczeństwem obywatelskim** i jego oczekiwaniami;
- **rynkiem** i interesami reprezentowanymi przez jego głównych graczy.

Instytucje krajowe nie są zatem w pełni autonomiczne w tworzeniu i wdrażaniu polityk publicznych. Oddziałują na nie czynniki zewnętrzne – trendy gospodarcze i społeczne, priorytety

**Choć Polsce trudno będzie stać się liderem transformacji niskoemisyjnej, kraj nasz może dołączyć do grona jej uczestników, aktywnie kształtując własną politykę w kontekście niezbędnych przemian.**

interesy różnych stron, to w praktyce rzadko kiedy udaje się to osiągnąć. Tworzenie polityki odbywa się w toku gry interesów, w której faworyzowane są grupy dysponujące *ex ante* silniejszą pozycją polityczną i gospodarczą. Rolą państwa demokratycznego jest zapewnienie, że efekty tworzonej polityki dystrybuowane będą w sposób sprawiedliwy - innymi słowy, żadna z zainteresowanych stron nie osiągnie nieuzasadnionych, nadmiernych korzyści lub strat.

Aby proces kreowania polityk publicznych uczynić możliwie najbardziej obiektywnym, identyfikowane są najważniejsze cele, jakie powinny przyświecać działaniom publicznym, oraz for-

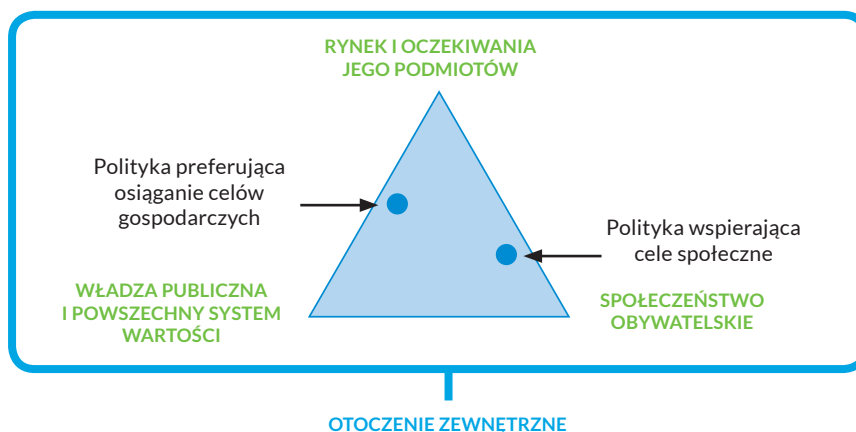
**Stworzenie optymalnej gospodarczo i społecznie strategii transformacji wymaga przestrzegania kilku podstawowych zasad, w tym idei zrównoważonego rozwoju, spójności, solidarności i niedyskryminacji.**

mułowane zasady, które przyświecają projektowaniu i wdrażaniu polityk. W ostatnich latach próbę stworzenia takich wytycznych podjęto także w naszym kraju - Ministerstwo Rozwoju Regionalnego stworzyło „Plan uporządkowania strategii rozwoju” (MRR 2009). W jego świetle, tworzone w Polsce strategie powinny opierać się na 5 zasadach: (1) **zasadzie zrównoważonego rozwoju**, która zakłada, że planowane działania muszą godzić cele ochrony środowiska z celami społecznymi i gospodarczymi; (2) **zasadzie niedyskryminacji**, tak by żadne z planowanych działań nie prowadziło do

w polityce zagranicznej innych państw, umowy bilateralne i wielostronne, konwencje i porozumienia. Te ograniczenia muszą być uwzględniane przy wyznaczaniu celów i tworzeniu instrumentów każdej polityki publicznej. Choć w teorii działania państwa powinny równoważyć

interesy różnych stron, to w praktyce rzadko kiedy udaje się to osiągnąć. Tworzenie polityki odbywa się w toku gry interesów, w której faworyzowane są grupy dysponujące *ex ante* silniejszą pozycją polityczną i gospodarczą. Rolą państwa demokratycznego jest zapewnienie, że efekty tworzonej polityki dystrybuowane będą w sposób sprawiedliwy - innymi słowy, żadna z zainteresowanych stron nie osiągnie nieuzasadnionych, nadmiernych korzyści lub strat.

### Schemat V.7. Umiejscowienie polityk publicznych w systemie społecznym



Źródło: Opracowanie własne

nierównego traktowania określonych grup z uwagi na ich arbitralnie wybrane cechy; (3) **zasadzie solidarności**, w tym: solidarności wewnątrz- i międzypokoleniowej, a więc z uwzględnieniem w bieżących działaniach interesów przyszłych pokoleń; (4) **zasadzie spójności**, zgodnie z którą państwo stanowi integralny organizm, a wszyscy jego mieszkańcy, mają porównywalne szanse realizowania swoich celów; oraz (5) **zasadzie dobra publicznego i demokratycznego prawa**, która wskazuje, że celem strategii musi być dobro wszystkich obywateli w ramach porządku demokratycznego.

Jak się wydaje, strategia transformacji niskoemisyjnej wpisuje się w te zasady. Poprzez wsparcie dla energetyki rozproszonej sprzyjać ona będzie budowie spójności polskiego państwa i jego

zrównoważonemu rozwojowi. Nacisk na budowę innowacyjnej, efektywnej zasobowo i bezpiecznej energetycznie gospodarki – przyczyni się do położenia fundamentów pod rozwój, przygotowujący Polskę do sprostania wymogom coraz bardziej konkurencyjnej światowej gospodarki (MRR 2009), czyniąc krok w stronę solidarności (zarówno wewnątrz-, jak i międzypokoleniowej). Przy jej formułowaniu warto wykorzystać doświadczenia krajów o bardziej rozwiniętych o ugruntowanych mechanizmach tworzenia polityk publicznych na styku między rządem, rynkiem i aktywnym społeczeństwem obywatelskim, jak np. Wielka Brytania (por. Schemat V.8).

Wskazane powyżej dobre praktyki tworzenia polityki publicznej, zaczerpnięte z Wielkiej Brytanii, staraliśmy się uwzględnić

### Schemat V.8. Zasady kreowania polityk publicznych w Wielkiej Brytanii



Źródło: SPMT (1999)

przy tworzeniu przedstawionej niżej propozycji pakietu instrumentów niskoemisyjnej modernizacji. Nie należy go traktować jako szczegółowego i kompletnego pakietu narzędzi wdrażania **Strategii niskoemisyjnej Polski 2050** - stworzenie takiego programu stanowić powinno bowiem następny krok po jej przyjęciu dokumentu. Pozwala jednak ustalić ramy pojęciowe i omówić te elementy składowe pakietu, które uważamy za najistotniejsze, w tym:

- **narzędzia edukacyjne i informacyjne** obejmujące edukację formalną i nieformalną, politykę informacyjną rządu, badania naukowe i ekspertyzy;
- **rozwiązania instytucjonalne**, w tym regulacje prawne i procedury administracyjne;
- **instrumenty rynkowe** – instrumenty wykorzystujące działanie mechanizmu rynkowego, służące optymalizacji wyborów ekonomicznych w zgodzie z celami społecznymi modernizacji, np. handel uprawnieniami do emisji zanieczyszczeń lub obrót jednostkami zaoszczędzonej energii (negawatami);
- **narzędzia fiskalne** – instrumenty skłaniające jednostki do pożądaných środowiskowo zachowań, np. podatki, opłaty czy zwolnienia podatkowe;
- **interwencję bezpośrednią** – polegającą na realizacji wybranych usług przez instytucje publiczne.

Horyzont wdrażania poszczególnych narzędzi powinien być rozłożony w czasie. Niektóre działania są pilniejsze, a ich realizacja zaoszczędzi społeczeństwu kosztów błędnych decyzji, przez co korzyści niskoemisyjnej modernizacji będą rosnąć. Inne instrumenty mogą być wdrażane później, w zależności od zmian zachodzących w gospodarce światowej.

## Pakiet narzędzi

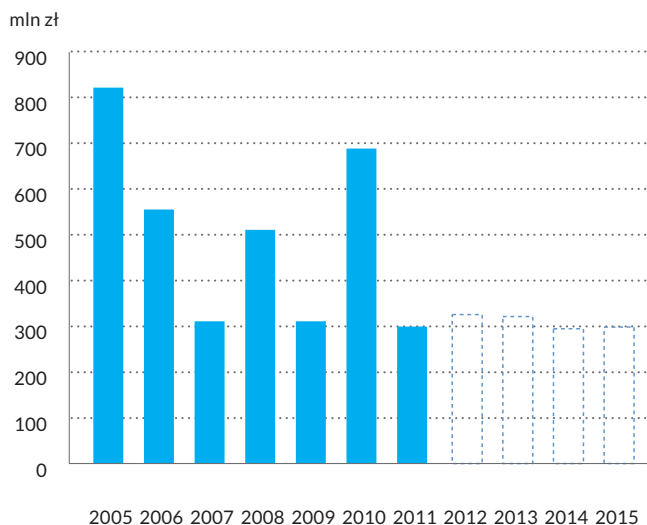
### Zielona gospodarka – ekologiczna reforma podatkowa

Podstawowym narzędziem, służącym budowaniu zielonej gospodarki na drodze niskoemisyjnego rozwoju, jest właściwa polityka podatkowa. Od źródeł opodatkowania zależy wpływ na zachowania i decyzje przedsiębiorców i gospodarstw domowych, stając się kanałem wspierania aktywności sprzyjającej zielonej transformacji. Z drugiej strony, alokacja przychodów

**Polityka fiskalna jest jednym z najważniejszych narzędzi wspomagających niskoemisyjny rozwój. Odpowiednio zaprojektowane muszą być jednak nie tylko źródła opodatkowania, ale również sposób alokacji przychodów podatkowych.**

podatkowych – nie tylko na regulację bieżących zobowiązań, ale także na inwestycje infrastrukturalne czy wspieranie innowacji – ma kluczowe znaczenie dla kształtowania rozwoju gospodarczego Polski *sensu largo*. Celem zielonej reformy podatkowej powinno być jednocześnie zwiększenie podatków związanych z wykorzystaniem zasobów nieodnawialnych, surowców i energii oraz zmniejszanie podatków

**Wykres V.3. Zrealizowana i prognozowana pomoc publiczna dla sektora górnictwa węgla kamiennego; 2005-2015**



Źródło: Wilczyński (2013) i KE (2011)

od wynagrodzeń lub zwiększenie wydatków na infrastrukturę i innowacje. Należy przy tym zapewnić neutralny wpływ reformy na budżet państwa, a także na uzyskiwanie zaplanowanych przychodów budżetowych.

W pierwszej kolejności nastąpić musi **likwidacja preferencji i upustów dla produktów i usług antyekologicznych**.

Przykładem takich subsydiów jest konsekwentne wspieranie sektora węgla kamiennego ze środków publicznych (por. Wykres V.3). Trudno jednoznacznie oszacować dziś skalę stosowanego w Polsce wsparcia schyłkowych technologii, co wynika z różnorodności ich postaci i form, w zależności od sektora. Niezbędne jest jednak zidentyfikowanie wszystkich tego typu instrumentów, a następnie stworzenie i wdrożenie programu ich likwidacji wraz z przeprowadzoną równoległą reformą systemu podatkowego. Wskutek tych zmian lepiej odzwierciedlane będą zewnętrzne koszty działalności gospodarczej.

Dodatkowe przychody podatkowe (np. z opłat emisyjnych) powinny służyć poprawie warunków życia i gospodarowania. Wśród działań tego typu szczególną rolę odgrywają **publiczne wydatki na innowacje** (fundamentalne dla osiągnięcia poziomu rozwoju właściwego gospodarkom zachodnim – por. Bukowski, Szpor i Śniegocki 2012), wydatki na zdrowie (należące obecnie w Polsce do najniższych spośród krajów OECD) oraz środowiskowe inwestycje publiczne w sektorze energetycznym i transporcie. Punktem wyjścia dla dokonania zasadniczych zmian systemu podatkowego powinna być „Strategia budowania gospodarki niskoemisyjnej do roku 2050 z programem wykonawczym do roku 2020”, której częścią będzie program zielonej reformy podatkowej. Przygotowanie takiego dokumentu leży w gestii Ministerstwa Finansów przy współpracy z niezależnymi ekspertami zewnętrznymi. Jego przygotowanie i uchwalenie powinno zająć ok. 2-3 lat.

## Edukacja i polityka naukowa

Drugim obszarem niezwykle istotnym dla powodzenia transformacji niskoemisyjnej jest polityka naukowa i działania edukacyjne. Korzyści z niej wynikające nie są dziś powszechnie dostrzegane – Polacy są w tej kwestii znacznie gorzej poinformowani niż

**Bez przemyślanej polityki naukowej i modyfikacji programów kształcenia bardzo trudno będzie zbudować system innowacji dostosowany do potrzeb niskoemisyjnej gospodarki.**

ich południowi czy zachodni sąsiedzi. Celem **edukacji ekologicznej** byłoby zatem zwiększenie społecznej świadomości korzyści z podjęcia wysiłku niskoemisyjnej modernizacji. Z kolei aktywne polityki rynku pracy mogłyby przygotowywać pracowników do podjęcia zatrudnienia w nowo rozwijających się branżach i sektorach. Programy kształcenia

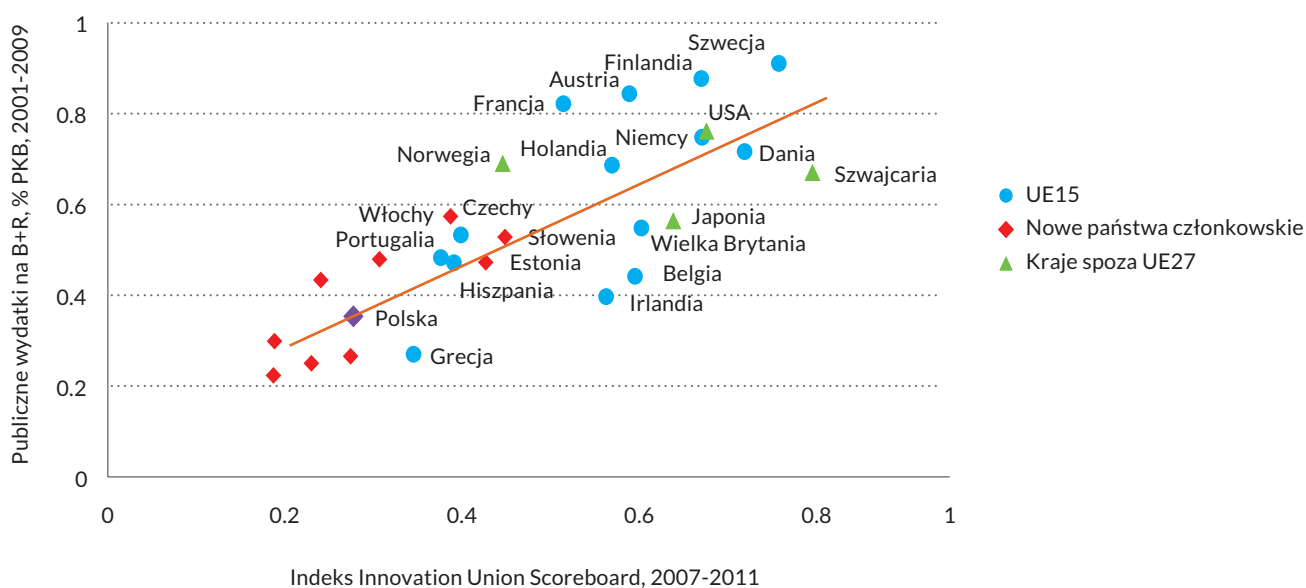
(zarówno formalnego, jak i nieformalnego) powinny być spójne z polityką naukową wspierającą innowacje i tworzącą warunki dla ich wykorzystywania w praktyce gospodarczej. Jednocześnie, muszą one wspierać restrukturyzację zatrudnienia w dziedzinach schyłkowych w taki sposób, by ewentualna utrata pracy nie wiązała się z trwałym bezrobociem.

Ministerstwo Gospodarki przygotowało dokument „Strategia innowacyjności i efektywności gospodarki na lata 2012 – 2020. Dynamiczna Polska”, w którym akcentowana jest niska świadomość ekologiczną przedsiębiorców i słaba znajomość przepisów ochrony środowiska (głównie MŚP). Autorzy tego opracowania dostrzegają konieczność alokacji wiedzy, kompetencji i umiejętności poprzez rozwój ekoinnowacji, tworzenie

zielonych miejsc pracy oraz parków eko-przemysłowych i klastrów. Konkluzje płynące z publikacji powinny posłużyć jako podstawa przy opracowywaniu strategii rozwoju i wdrażania w Polsce innowacji, a prace nad nim - być koordynowane wspólnie przez Ministerstwo Gospodarki i Narodowe Centrum Badań i Rozwoju, w porozumieniu z innymi resortami, Urzędami Marszałkowskimi oraz stowarzyszeniami przedsiębiorców. Strategia taka ma przedstawiać szczegółowe rozwiązania prawne, ekonomiczne i instytucjonalne systemu wspierania innowacji wraz z harmonogramem wdrażania zaplanowanych działań. Całość procesu przygotowywania takiego dokumentu nie powinna trwać dłużej niż dwa lata.

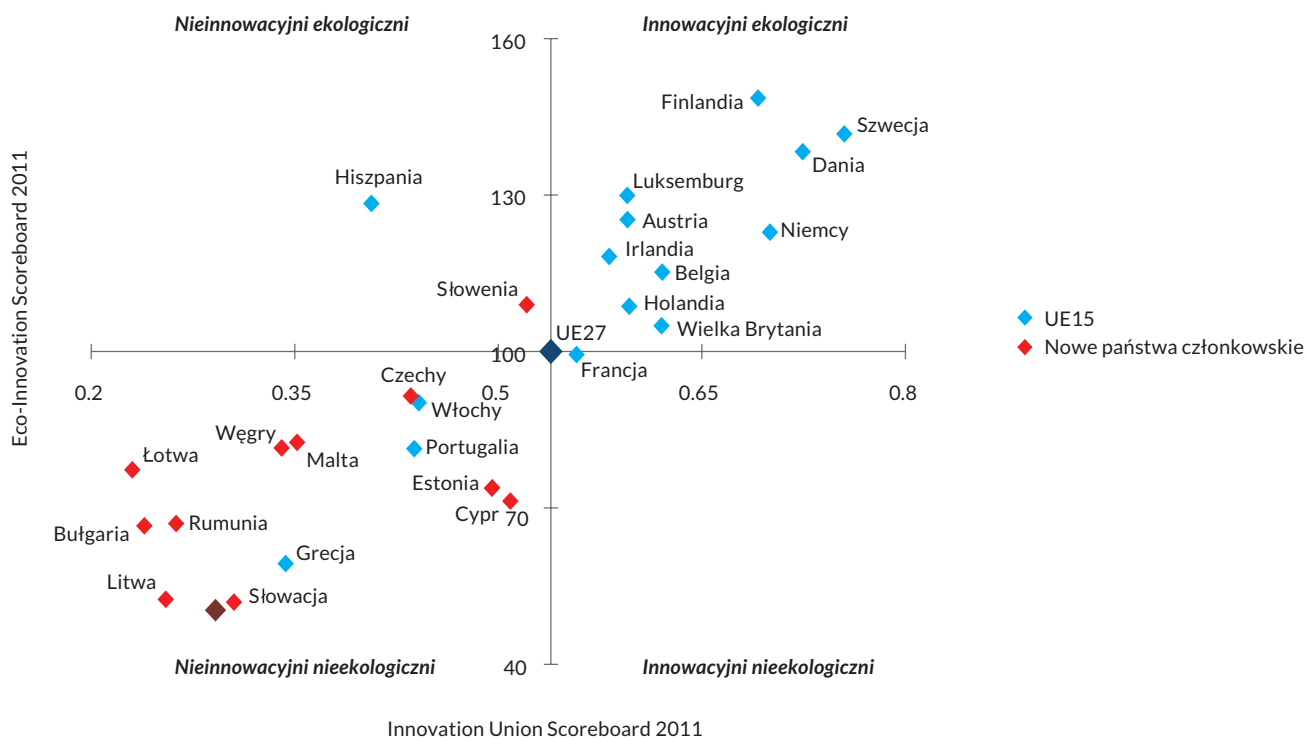
W fazie początkowej należy zidentyfikować technologie, które powinny zostać objęte wsparciem publicznym oraz określić działania konieczne dla dyfuzji tych technologii na krajowym, a w dalszej perspektywie - również europejskim, rynku. W średnim i długim horyzoncie czasowym celem polityki wspierania innowacyjności powinno być **przekształcenie Polski w kraj, którego rozwój nie opiera się na imitacyjnym, ale na kreacyjnym modelu gospodarki** (por. Bukowski, Szpor i Śniegocki 2012). W perspektywie krótkoterminowej (2-4 lata) najważniejsze jest rozpoczęcie procesu **wzmacniania bazy naukowej, osobowej i technologicznej** instytucji prowadzących prace naukowe, a zwłaszcza tych, które koncentrują się na zielonych i niskoemisyjnych technologiach. Pilnie powinien rozpocząć się proces **zwiększania wydatków publicznych na innowacje** – optymalnie w tempie 0.05%-0.1% PKB rocznie, kontynuowany aż do osiągnięcia pułapu 0.7%-1.0% PKB za ok. 8-12 lat – oraz wprowadzenie ulg podatkowych skutecznie wzmacniających proinnowacyjne zachowania firm prywatnych. Bez tego kroku nie będzie możliwe zwiększenie atrakcyjności pracy naukowej

Wykres V.4. Pozytywny wpływ publicznych wydatków B+R na innowacyjność



Źródło: Bukowski, Szpor i Śniegocki (2012)

Wykres V.5. Ekoinnowacyjność a ogólna innowacyjność



Źródło: Szpor i Śniegocki (2012)

wśród młodych ludzi i budowa infrastruktury badawczej, pozwalającej na realną konkurencję polskich badaczy z ich zagranicznymi kolegami (por. Ramka V.3). Ważne miejsce w polityce naukowej powinno zajmować stworzenie warunków do ekoinnowacji, gdyż - jak pokazują doświadczenia międzynarodowe - kraje innowacyjne są także krajami ekoinnowacyjnymi.

W perspektywie średnio- i długookresowej kluczowym zadaniem na drodze do przeobrażenia Polski w kraj innowacyjny jest **poprawa zarządzania systemem innowacyjności**. Wymaga to budowy systemu długookresowego planowania w zakresie badań publicznych i innowacji, a także stworzenia zestawu

**Modernizacja systemu innowacji wymaga odpowiedniego kształtowania postaw nie tylko pracowników sektora nauki, ale i przedsiębiorców, a także wspierania ścisłej współpracy między oboma grupami podmiotów.**

Warto podkreślić, że wsparcie powinno być kierowane do instytucji i organizacji, które są w stanie osiągnąć sukces badawczy - należy premiować ich współpracę i realizowanie przez nie wspólnych projektów. Niezbędne są instrumenty umożliwiające włączanie do takich zespołów przedsiębiorstw i instytucji

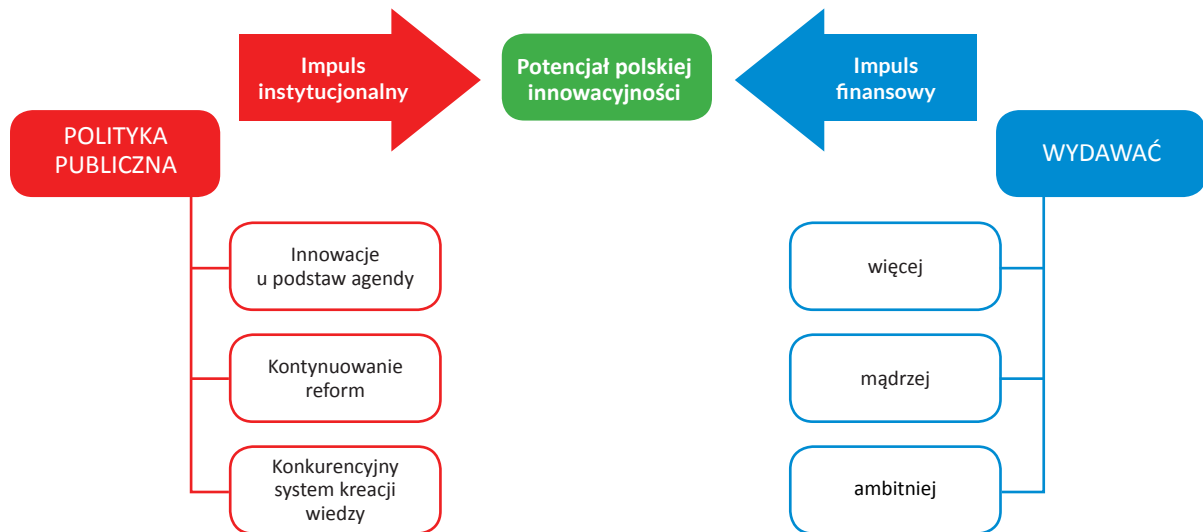
bodźców skłaniających naukowców do zachowań produktywnych oraz współpracy z biznesem. Zwiększenie zaangażowania sfery gospodarki w proces podejmowania decyzji politycznych dotyczących nauki i techniki oraz umożliwienie przedstawicielom sfery gospodarki udziału w radach szkół wyższych i instytucji badawczych jest przykładem tego typu działań.

finansowych tak, aby wyniki tych prac mogły zostać skomercjalizowane. Z uwagi na fakt, że wdrażanie rozwiązań innowacyjnych wiąże się z wysokim ryzykiem, system wsparcia powinien uwzględniać wariant, w którym prowadzone prace nie kończą się sukcesem.

Równolegle należy rozwijać system **zachęt podatkowych i instytucjonalnych dla przedsiębiorców**, sprzyjający wprowadzaniu przez nich ekoinnowacji. Oznacza to przede wszystkim upraszczanie regulacji prawnych oraz dbałość o długoterminową stabilność przepisów prawnych i mechanizmów wspierających innowacyjność, a także modyfikację systemu podatkowego w taki sposób, aby wspierał wdrażanie innowacji (efektywna ulga innowacyjna wzorowana na rozwiązaniach zagranicznych). Niebagatelne znaczenie ma tworzenie warunków zwiększających dostęp do źródeł finansowania innowacyjnych projektów (środki unijne, preferencyjne kredyty, venture capital). W ramach tych działań należy rozważyć potrzebę stworzenia państwowego funduszu gwarancyjnego dla kredytów bankowych udzielanych na zakup ekoinnowacyjnych rozwiązań, aby obniżyć ryzyko finansowania takich prac. Pożądanym kierunkiem byłoby także utworzenie krajowego systemu udostępniającego kapitał załączkowy (ang. *seed capital*), działającego w otoczeniu instytucji naukowo-badawczych.

Ważna jest także inicjacja rozwoju procedur stymulujących rozwój **regionalnych systemów ekoinnowacji** jako sieci współpracy administracji, instytucji naukowo-badawczych oraz ośrodków innowacji i przedsiębiorczości (np. z wykorzystaniem środków z regionalnych programów operacyjnych). Pożądane byłoby - Ponadto, korzyści należy upatrywać w stworzeniu systemów

### Ramka V.3. Jak wspierać polską innowacyjność?



#### Impuls instytucjonalny – zadania dla polityki publicznej:

- **Postawienie innowacji w centrum agendy polityki publicznej.** Zbudowanie silnego, krajowego potencjału innowacyjnego jest warunkiem sine qua non uniknięcia pułapki średniego dochodu, która zagrozi Polsce już za 10-15 lat. Już dziś konieczne jest więc jednoznacznie proinnowacyjne podejście państwa widoczne zarówno w warstwie werbalnej w dokumentach strategicznych i języku polityki, jak i w rzeczywistych i konsekwentnych działaniach reformatorskich polskiego państwa.
- **Kontynuowanie reform.** Podjęte w ostatnich latach działania przybliżają Polskę do zachodnich standardów instytucjonalnych. Reformy nauki, szkolnictwa wyższego, ale też nowe podejście do polityki regionalnej czy zamówień publicznych sprzyjają szybszemu przekształcaniu polskiego systemu tworzenia innowacji. Jednocześnie jednak brakuje krytycznej refleksji nad praktyką działania programów publicznych stworzonych w tym obszarze w ostatnich latach. Zdolność do wyciągania wniosków z przeszłości i uczenia się na błędach jest kluczowa dla sukcesu agendy reformatorskiej.
- **Konkurencyjny system kreacji wiedzy.** Dbanie o równość szans instytucji badawczych oraz potencjalnych innowatorów ma kluczowe dla wzmocnienia i utrzymania dynamiki polskiej innowacyjności. Krótkowzrocznym wyborem byłaby budowa potencjału innowacyjnego Polski wyłącznie wokół tradycyjnych aktorów (tzw. insiderów) bez otwarcia na nowe instytucje (pozasystemowych innowatorów instytucjonalnych). Konkurencyjny i otwarty system wsparcia wytworzy w polskiej nauce i sektorze B+R pozytywne sprzężenie zwrotne podnosząc efektywność całego NSI.

#### Impuls finansowy:

- **Wydawać więcej.** Wydatki publiczne na badania i rozwój w Polsce nadal pozostają poniżej poziomu, który stworzyłby masę krytyczną dla szybkiego wzrostu inwestycji prywatnych. Ich systematyczny, coroczny i przewidywalny wzrost w najbliższych 10-15 latach, co najmniej do poziomu 1% PKB, będzie kluczowym sygnałem dla polskich i zagranicznych podmiotów, naukowców, doktorantów i studentów, że w Polsce warto rozwijać i inwestować w innowacyjne rozwiązania, a kariera badawcza jest dobrym wyborem na życie. Dlatego plany zwiększania tych wydatków zapisane w polskich dokumentach strategicznych powinny być konsekwentnie realizowane w kolejnych latach.
- **Wydawać mądrzej.** Nadzwyczaj istotne jest stałe monitorowanie działań proinnowacyjnych oraz wykorzystanie wniosków z ewaluacji istniejących polityk, aby na bieżąco udoskonalać wadliwe procedury. Obecnie do kluczowych problemów należy nadmierne poleganie polityki proinnowacyjnej na pomocy bezzwrotnej, niewystarczające wsparcie dla sektora MSP, rozmijanie się priorytetów strategicznych (BIO, INFO, TECHNO) z faktyczną strukturą finansowania przedsięwzięć badawczych, a także brak zaadresowania problemów wdrażania innowacyjnych rozwiązań na czele z problemem wyjątkowo głębokiej „doliny śmierci”.
- **Wydawać ambitniej.** Należy przeciwdziałać zachowawczej postawie instytucji odpowiedzialnych za udzielanie wsparcia publicznego dla innowacji, procedur konkursowych i praktyce oceniania, w wyniku których wsparcie omija rzeczywiście nowatorskie przedsięwzięcia trafiając raczej do projektów bezpiecznych składanych przez silne rynkowo podmioty. Takie podejście jest sprzeczne z istotą i celem polityki proinnowacyjnej. Wbrew pozorom, nie prowadzi wcale do efektywniejszego rozporządzania środkami publicznymi, a wprost przeciwnie – do ich marnotrawienia poprzez eskalację problemu wypierania środków prywatnych i utracę możliwości w postaci niedofinansowanych projektów innowatorów z sektora MŚP i NGO.

Źródło: Bukowski, Szpor i Śniegocki (2012)



### Schemat V.9. Działania dostosowawcze w obszarze edukacji i polityki naukowej



Źródło: Opracowanie własne

pomocy w przygotowaniu studiów wykonalności i biznesplanów dla nowych ośrodków, mając na uwadze dbałość o w miarę równomierny ich rozwój na terenie całego kraju oraz wykorzystanie specyfiki regionalnej.

W ramach edukacji ekologicznej wartościowym działaniem byłoby prowadzenie szerokiej **kampanii promującej znacznie i możliwości stosowania ekoinnowacyjnych rozwiązań** (efektywności energetycznej w budynkach, transporcie, produkcji energii w modelu prosumenta itp.). Optymalnym rozwiązaniem w tym kontekście wydaje się kampania rządowa, przy wsparciu i we współpracy z organizacjami pozarządowymi oraz środowiskami biznesowymi. Za działania komplementarne w tym zakresie uznaje się:

- śledzenie zmian w międzynarodowym otoczeniu Polski tak, aby nie wspierać rozwoju technologii już istniejących i dobrze rozwiniętych w innych krajach;
- rozwój szkoleń i doskonalenie zespołów pracujących nad projektami innowacyjnymi, wykorzystując możliwości budowania szerokiej współpracy z placówkami z innych krajów UE;
- tworzenie instytucjonalnych zachęt do ściślejszej i praktycznej współpracy między biznesem, jednostkami naukowymi i uczelniami oraz administracją. Rozwój innowacji nie jest bowiem uwarunkowany tym, aby naukowcy uzyskiwali większe środki na realizację badań w tym obszarze;
- podnoszenie umiejętności opracowywania programów i przygotowywania aplikacji;
- wspieranie rozwoju usług doradczych dla biznesu i wspierających transfer niskoemisyjnych technologii;
- wdrażanie programów edukacji dla przedsiębiorców

uczących, w jaki sposób wykorzystać na rynku potencjał nowych technologii;

- prorowadzenie prac mających na celu upowszechnianie dobrych praktyk;
- całości proponowanych zmian służącej rozwój tzw. „miękkich usług wsparcia”: rozbudowa coachingu, sieci aniołów biznesu, preinkubatorów, inkubatorów akademickich czy też klastrów, a także sieci, platform technologicznych i dialogu.

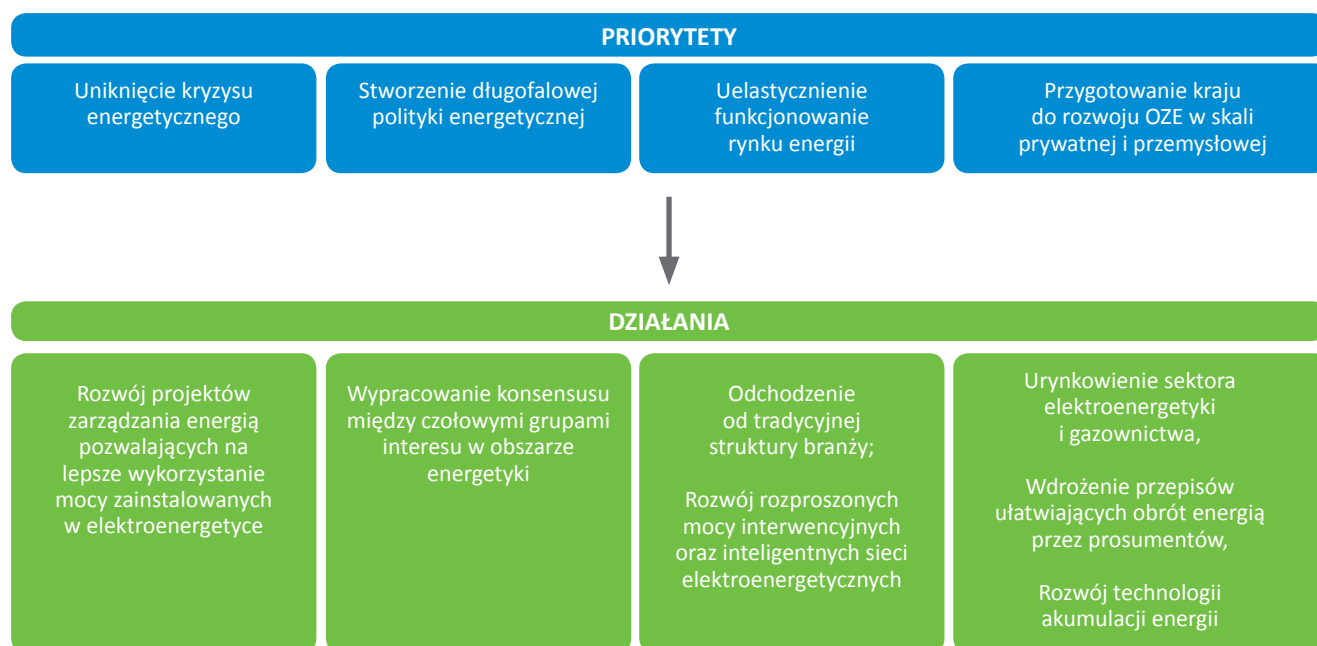
Przede wszystkim musi istnieć popyt na te rozwiązania. Rolą sektora publicznego jest wspieranie tego popytu.

## Kształtowanie zrównoważonej energetyki

Z perspektywy wdrażania strategii niskoemisyjnej gospodarki Polski, najważniejszym działaniem jest modernizacja sektora energetycznego. Wymaga on istotnych zmian nie tylko w związku celami emisyjnymi, ale także (a nawet przede wszystkim) w związku z zacofaniem tego sektora i koniecznością zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju. Niebagatelne znaczenie ma również kwestia wypełnienia zobowiązań energetyczno-klimatycznych wynikających z polityki ekologicznej w ramach Unii Europejskiej. Obecny stan sektora energetycznego w Polsce stanowi zarówno zagrożenie (w przypadku braku działań), jak i unikatową szansę dla takiego jego kształtowania, które bazować będzie na nowoczesnych, innowacyjnych technologiach i wykorzystywać będzie rozwiązania dostępne w XXI wieku, a nie czerpać z myśli technicznej ukształtowanej w XIX i XX wieku.

Niezbędne działania powinny być prowadzone w dwóch horyzontach czasowych. W ciągu najbliższych 2-4 lat najważniejsze będzie zapobieżenie kryzysowi energetycznemu w Polsce oraz uruchomienie procesów niskoemisyjnej modernizacji tego

Schemat V.10. Przykładowe priorytety polityki energetycznej i działania wspierające ich realizację



Źródło: Opracowanie własne na podstawie Hille (2012)

sektora, a zwłaszcza określenie strategii publicznej w tym obszarze. W perspektywie średnio- i długookresowej powinny być prowadzone działania pozwalające na stopniową dywersyfikację miks energetyczny w sposób gwarantujący wzrost bezpieczeństwa energetycznego kraju i promocję produkcji energii w oparciu o zasoby odnawialne.

Najpilniejszym zadaniem powinno być **przygotowanie polityki energetycznej państwa do roku 2050** z programem wykonawczym do roku 2020 aktualizowanym następnie w okresach pięcioletnich. Tak jak to ma miejsce w Niemczech czy Danii, cele długofalowe polityki energetycznej stanowić powinny konsensus między czołowymi siłami politycznymi kraju. Proces tworzenia takiej polityki jest szczególnie istotny gdyż nie może ona jedynie reprezentować wąskich interesów branżowych czy związkowych, ale powinna oddawać długofalową strategię państwa, wynikającą z przyjęcia niskoemisyjnej ścieżki rozwojowej. Jej punktem wyjścia mógłby być **wariant pełnej dywersyfikacji scenariusza modernizacji** (w wersji bez CCS) opisany w części III, ale należy także analizować skutki i możliwości rozwoju sektora energetycznego w oparciu o inne prawdopodobne scenariusze. Przygotowanie tak rozumianej polityki energetycznej powinno mieć charakter procesu z szerokim udziałem społecznym<sup>1</sup>.

Konieczne jest zdecydowane, choć ewolucyjne, **odchodzenie od tradycyjnego układu struktur gospodarczych** i rozwiązań technicznych, a także regulacji spowalniających procesy unowocześniania gospodarki. Dostosowania wymagają zwłaszcza specyficzne w branżach energetycznych umowy społeczne,

chroniące miejsca pracy na okresy dłuższe niż obowiązujące ogół społeczeństwa. Jednocześnie należy uwolnić spod regulacji ceny energii dla gospodarstw domowych, gdyż aktualne taryfy demotywują przedsięwzięcia zwiększające efektywność jej wykorzystywania i nie gwarantują optymalnego sposobu wsparcia

**Niskoemisyjna transformacja Polski opiera się przede wszystkim na modernizacji sektora energetyki, którego rozwój uwzględniać musi przyszłe szeroko rozumiane potrzeby i wyzwania gospodarcze i społeczne.**

wrażliwych odbiorców, powodując zafałszowanie sygnałów cenowych i nadmierne koszty dla odbiorców innych taryf (Hille 2012).

Pilne jest także faktyczne **urynkowanie elektroenergetyki i gazownictwa**, a zwłaszcza kapitałowe rozdzielenie wytwarzania i dystrybucji w przedsiębiorstwach elektroenergetycznych, wraz z wdrożeniem systemu wsparcia dla wrażliwych ekonomicznie odbiorców energii. Pełne uwolnienie cen w obrocie energią elektryczną i gazem, a także wdrożenie regulacji bodźcowej w dystrybucji

energii elektrycznej, gazu i ciepła. Budowa systemu sieci najwyższych napięć zwiększających zdolności wymiany międzynarodowej energii elektrycznej, jak i eliminacja ograniczeń zdolności przesyłowych wewnątrz kraju.

Szybkiej **stabilizacji i wzmocnienia przewidywalności wsparcia wymagają inwestycje w OZE**, a w szczególności przyłączanie bez ograniczeń źródeł OZE do sieci energetycznych, zwolnienie źródeł OZE małej mocy z obowiązku koncesjonowania, wzmocnienie bezpośredniego wsparcia inwestycyjnego dla obiektów wykorzystujących OZE w okresie pierwszych 5 lat funkcjonowania, wprowadzenie systemu taryf gwarantowanych.

<sup>1</sup> Tak jak to miało miejsce w przypadku „Alternatywnej polityki energetycznej Polski do roku 2030” (Proces ten szczegółowo opisany w: *Alternatywna polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Raport techniczno-metodologiczny* (InE 2009)).

Edukacja prowadząca do weryfikacji hierarchii wartości i zmian zachowań, a także do umożliwienia skutecznego uczestnictwa w nowej gospodarce, powinna wspierać gospodarstwa domowe i przedsiębiorców w akceptacji OZE jako nowego sposobu produkcji energii w modelu prosumenckim. Elementem tych działań powinno być rozszerzenie zakresu kształcenia na wszystkich poziomach edukacji w zakresie zasad i sposobów wdrażania zrównoważonego rozwoju, a także rozwój kształcenia zawodowego w dziedzinach zintegrowanych z działalnością gospodarczą adresowaną do zrównoważonego sposobu rozwoju.

**Kluczowe zmiany w branży energetycznej obejmują jej urynkwienie i uelastycznienie oraz otwarcie się na możliwości oferowane przez rozwój OZE.**

W tych obszarach oraz wspieranie lokalizacji inwestycji oferujących miejsca pracy w nowych, innowacyjnych branżach, należą do kluczowych zagadnień wymagających zaadresowania przez politykę publiczną. Warto rozważyć także wsparcie dla producentów i dostawców samochodów efektywnych paliwowo i hybrydowych (a także elektrycznych) wraz z ułatwieniami w korzystaniu z nich na terenach zabudowanych (np. zgoda na pełny dostęp, brak opłat lub obniżone opłaty). W tym kontekście – ze względu na znaczny potencjał tworzenia zielonych miejsc pracy – na uwagę zasługują rozwiązania proefektywnościowe, skutkujące znaczącą kumulacją efektów w czasie: budynki efektywne energetycznie (pasywne, plus-energetyczne), wysokosprawne napędy, urządzenia do rozproszonego wytwarzania energii elektrycznej piko- i mikroskali, urządzenia RTV i AGD etc. Systemowym wsparciem muszą też zostać objęci alternatywni uczestnicy rynku energetycznego (w tym prosumenci). W szczególności budowanie racjonalnej nadwyżki mocy o dużym stopniu rozproszona wymagać będzie tworzenia

**Ważnym wyzwaniem dla polityki publicznej będzie przeprowadzenie sprawnego i efektywnego programu restrukturyzacji tradycyjnych ośrodków przemysłowych.**

Ważnym wyzwaniem dla polityki publicznej będzie przeprowadzenie sprawnego i efektywnego programu restrukturyzacji tradycyjnych ośrodków przemysłowych. Punktem wyjścia dla dokonania zasadniczych zmian powinna być

W średniej i dłuższej perspektywie czasu ważne jest przygotowanie programu restrukturyzacji tradycyjnych ośrodków przemysłowych uzależnionych od schyłkowych sektorów (w tym górnictwa). Wprowadzanie zmian w kierunkach edukacji zawodowej na lokalnych planów zagospodarowania przestrzennego oraz planów zaopatrzenia gmin w energię elektryczną, gazową i ciepłą, zgodnie z kryterium efektywności energetycznej i transportowej, uwzględniającym maksymalne wykorzystanie zasobów energii występujących lokalnie, w szczególności OZE i energii odpadowej (Hille 2012).

Punktem wyjścia dla dokonania zasadniczych zmian powinna być

Prace takie nie powinny trwać dłużej niż 2-2,5 roku. W nawiązaniu do programu wykonawczego, przygotowana została nowelizacja prawa energetycznego, wprowadzone nowe akty prawne oraz dostosowanie innych aktów prawnych. Nad całością powinno czuwać Ministerstwo Gospodarki w porozumieniu z innymi resortami. Przygotowanie i uchwalenie mogłoby zająć ok. 2-3 lata. Aby przyspieszyć proces wdrażania, wybrane narzędzia należałoby wprowadzić wcześniej w ramach małej nowelizacji, co z kolei nie powinno zająć dłużej niż 1,5-2 lata.

## Kształtowanie zrównoważonej mobilności

Transport jest sektorem, którego rozwój w znacznym stopniu wpływa na perspektywy niskoemisyjnego rozwoju, zarówno z uwagi na fakt, że stanowi on obecnie znaczne źródło emisji gazów cieplarnianych, ale przede wszystkim ze względu na silny trend wzrostowi emisji obserwowany w ostatnich dwóch dekadach. Odwrócenie tej negatywnej tendencji jest jednym z najtrudniejszych wyzwań niskoemisyjnej transformacji. Niezbędne będą bardzo szeroko zakrojone zmiany: od sposobu planowania przestrzennego, poprzez kształtowanie właściwych zachowań konsumenckich, do zmian w wykorzystywanych technologiach transportowych i sposobach przewożenia pasażerów i towarów. Podjęcie większości tych działań jest pilne, choć poszczególne narzędzia muszą być udoskonalane w perspektywie średnio- i długookresowej.

Dla sukcesu niskoemisyjnej modernizacji w transporcie szczególnie ważne jest systematyczne zaostrzanie norm dopuszczalnej emisji spalin i hałasu z nowych pojazdów oraz progresywne wprowadzanie norm niższego zużycia paliwa. Regulacje te tworzy się na szczeblu europejskim, ale Polska powinna je aktywnie

**Transport jest newralgicznym obszarem polskiej polityki niskoemisyjnej. Odwrócenie historycznie niekorzystnych trendów emisyjnych w tym sektorze należy do głównych wyzwań polityki publicznej.**

wspierać, dostosowując jednocześnie regulacje krajowe w taki sposób, by rynek na ekologiczne pojazdy tworzył się Polsce nie wolniej niż w innych krajach UE. Poza korzyściami ekologicznymi i zdrowotnymi, ułatwi to decyzje lokalizacyjne koncernów samochodowych, które produkcję samochodów w danym warunkują bliskością atrakcyjnego rynku zbytu na nie. Jednocześnie, ważnym elementem polityki publicznej powinno być promowanie użycia niskoemisyjnych autobusów i zakazanie lub ograniczenie ruchu ciężarowego w nocy na obszarach wrażliwych, a także wprowadzenie częstszych i ostrzejszych testów kontroli emisji eksploatowanych pojazdów. W dłuższej perspektywie polityka publiczna powinna myśleć o samochodach elektrycznych zarówno jako o środkach transportu, jak i narzędziach stabilizacji zapotrzebowania na moc w systemach energetycznych. Wspieranie badań mających na celu stworzenie polskich rozwiązań, w tym zakresie mogłoby pozwolić na silniejsze włączenie polskiej gospodarki w ten ważny sektor światowego przemysłu.

W nawiązaniu do kosztów zewnętrznych transportu, rozszerzać należy także system opodatkowania paliwa i paliwochłonnych

Schemat V.11. Działania modernizacyjne w transporcie i korzyści z nich wynikające



Źródło: Opracowanie własne na podstawie InE (2009)

samochodów jako instrumentów promowania pojazdów zużywających mniej paliwa czy wykorzystujących biopaliwa. Niezależnie od tego, w celu zrównoważenia podaży i popytu na przestrzeń uliczną przez pojazdy, ograniczenia natężenia ruchu, poprawy bezpieczeństwa i jakości środowiska miejskiego oraz poprawy komunikacji zbiorowej, koniecznym staje się rozwijanie lub wprowadzanie opłat za:

- parkowanie (przyuliczne i pozauliczne);
- zatłoczenie (tzw. korki uliczne lub kongestia) pobieranych na kordonie za wjazd do wybranego obszaru.

Zebrane środki posłużą rozwojowi komunikacji zbiorowej oraz istniejącej budowie nowej infrastruktury i modernizacji istniejącej. Umożliwią one m.in. kształtowanie preferencyjnych cen za korzystanie z transportu zbiorowego, łącznie z wprowadzaniem w miastach albo ich strefach centralnych darmowej komunikacji publicznej. Oprócz budowania zrównoważonej mobilności na terenach zurbanizowanych, ważne jest stworzenie zachęt finansowych do większego wykorzystania kolei - zarówno do przewoźników pasażerów, jak i towarów (tzw. *tiry na tory*).

Priorytetem działań publicznych powinno być podniesienie rangi planowania przestrzennego jako kluczowego narzędzia do kształtowania zrównoważonej mobilności w ramach inteligentnego miasta - w pierwszej kolejności służącego do ograniczenia rozprzestrzeniania się miast oraz utrzymywania odpowiedniej intensywności zagospodarowania i ochrony otwartego krajobrazu. Wymaga to podjęcia szeroko zakrojonych działań, m.in.:

- stworzenia zachęt (i ograniczeń) do lokalizowania aktywności biurowych i handlowych w centrach miejskich lub innych miejscach dobrze obsługiwanych przez komunikację zbiorową, a także intensyfikacji zabudowy mieszkaniowej w obszarach centralnych i wewnątrzmijskich; przeniesienia miejsc koncentracji parkingów z obszarów wewnątrzmijskich na obszary zewnętrzne (wprowadzenie zasady *park & ride*);

- ograniczania ruchu samochodowego do nowych obszarów aktywności (biur) przez określenie maksymalnie dopuszczalnej liczby miejsc parkingowych oraz doprowadzenie nowych linii tramwajowych do skupisk mieszkaniowych w strefach podmiejskich;
- dopuszczenia bardziej intensywnej zabudowy wokół tras komunikacji zbiorowej (zwłaszcza przystanków i stacji);
- budowy sieci dróg pieszych i rowerowych z dopuszczeniem ruchu samochodowego na zasadzie podporządkowania oraz ustanowienie obszarów wolnych od samochodu;
- dodatkowo, niezbędne wydaje się rezerwowanie terenów w pobliżu istniejącej sieci transportowej na budowę urządzeń do dystrybucji towarów (InE 2009).

Dla kształtowania zrównoważonej mobilności ważne jest także właściwe kierowanie strumieniem środków na inwestycje publiczne. Przede wszystkim, kluczowe znaczenie ma ograniczenie inwestycji drogowych na obszarach wrażliwych (np. centra miast) do obejść drogowych w połączeniu z uspokojeniem ruchu pojazdów i innymi działaniami poprawiającymi sytuację ekologiczną na obszarach, a także stosowanie sekwencyjnego podejścia do budowania infrastruktury. W pierwszej kolejności należy w pełni wykorzystywać istniejącą infrastrukturę (zarówno drogową, jak i kolejową), podwyższać jej standard i stosować nowoczesne techniki zarządzania ruchem, aby zwiększyć jej przepustowość, a jako ostateczność traktować budowanie nowej infrastruktury. Konieczne jest tworzenie zachęt i promowanie zrównoważonej mobilności w miastach poprzez: wykorzystanie wydzielonych pasów i systemów sterowania w celu realizacji priorytetów komunikacji zbiorowej (np.: wydzielanie torowisk tramwajowych oraz pasów ruchu lub ulic tylko dla autobusów czy pierwszeństwa na skrzyżowaniach), wydzielanie pasów dla użytkowników systemu *car-pooling* czy *car-sharing*, rozwój ulic i ciągów pieszych, podział miasta na sektory o zróżnicowanej dostępności, upowszechnienie rozwiązań takich np.: jak rower publiczny czy

mikrobus na żądanie. Warto rozważyć także wykorzystywanie telematyki do budowy zintegrowanych systemów zarządzania transportem, wprowadzenie pełnej informacji o rzeczywistym czasie przyjazdu i przejazdu środków komunikacji zbiorowej, czy też wprowadzanie obowiązkowych planów obsługi większych zakładów pracy przez komunikację zbiorową (InE 2009).

Podstawą do wprowadzania wskazanych powyżej narzędzi powinna być kompleksowa ustawa o promowaniu zrównoważonej mobilności, wraz z przepisami wykonawczymi i zmianami w innych, odnośnych aktach prawnych. Przygotowaniem projektu ustawy powinno zająć się Ministerstwo Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej w porozumieniu z innymi resortami oraz we współpracy z przedstawicielami urzędów marszałkowskich, Unii Metropolii Polskich, Związkiem Miast Polskich i organizacjami samorządowymi z sektora transportu oraz ekologicznymi organizacjami pozarządowymi. Przygotowanie i uchwalenie aktu mogłoby zająć ok. 4,5 roku.

## Zrównoważone rolnictwo

Choć udział rolnictwa w całkowitej emisji gazów cieplarnianych nie jest w Polsce znaczący (wynosi ok. 9%), to jego rola w budowie gospodarki niskoemisyjnej może być bardzo duża (SEC 2009). Jak pokazaliśmy w części II, wynika to zarówno z możliwości zmniejszania wielkości emisji gazów cieplarnianych z tego sektora, jak i z dużego potencjału trwałego wiązania węgla w glebie i masie roślinnej. Węgiel w postaci materii organicznej stanowi drugi co do wielkości, po oceanach, rezeruar na Ziemi (Kozyra, Stuczyński 2008). Sprawia to, że potencjał ochrony klimatu oferowany przez rolnictwo nie ogranicza się do redukcji emisji

**Narzędziami polityki modernizacji transportu są: strategia rozwoju przestrzennego ośrodków miejskich oraz kontrola alokacji środków na inwestycje w infrastrukturę.**

gazów cieplarnianych odprowadzonych z tego sektora, mimo że możliwości te oceniane są bardzo pozytywnie.. W prognozach IV raportu IPCC w perspektywie roku 2030 roczny wolumen emisji CO<sub>2</sub> ograniczonych łącznie w takich obszarach jak uprawy polowe, zarządzanie pastwiskami i rekultywacja gleb organicznych przekroczy 4 GtCO<sub>2</sub>e. Kolejne 700 MtCO<sub>2</sub>e przynieść powinien przynieść może postęp technologiczny w dziedzinie uprawy ryżu, produkcji zwierzęcej i uprawie roślin energetycznych. Największy potencjał redukcji emisji metanu i związków azotu dajątkwi w uprawach polowych oraz rekultywacji a gleb zdegradowanych.

Działania na rzecz budowy gospodarki niskoemisyjnej w rolnictwie mogą i powinny być wdrażane w krótkiej, średniej i długiej perspektywie czasowej. W horyzoncie kilkuletnim należałoby **do programów szkół rolniczych wprowadzić tematykę zmian klimatu** i metod jego ochrony w działalności rolniczej. Obecnie kwestie dostosowywania produkcji rolnej do wymogów ochrony klimatu nie są w zasadzie uwzględnione w programach edukacyjnych, co powoduje, że zarówno rolnicy, jak i doradcy rolniczy, nie mają odpowiedniej wiedzy na ten temat. Ważne byłoby także wzmocnienie potencjału służb doradczych w zakresie przestrzegania zasad dobrej praktyki rolniczej. Nieprawidłowe gospodarowanie w rolnictwie może prowadzić do wzrostu emisji. Może być to spowodowane np. przez nadmierne odwodnienie gleb, prowadzące do utraty materii organicznej, niewłaściwe

Tabela V.3. Emisja CO<sub>2</sub>e związana z produkcją 1 Mg różnych płodów rolnych (w kg/Mg)

Produkt	Emisja kg CO <sub>2</sub> e/Mg	Główne źródło powodujące emisję (udział procesu)
Ziemniaki	235	Magazynowanie i suszenie – 36%
Kukurydza na paszę	577	Nawożenie* – 61%
Pszenica na paszę	731	Nawożenie – 51%
Pszenica na mąkę	804	Nawożenie – 53%
Rzepak	1710	Nawożenie – 52%
Mleko (1000 litrów)	1600	Pasza przemysłowa**
Mięso drobiowe (kurczaki)	4570	Pasza przemysłowa
Jaja kurze (20 000 sztuk)	5530	Pasza przemysłowa
Wieprzowina	6360	Pasza przemysłowa
Jagnięcina	7500	Intensywne pastwiska***
Wołowina	15800	Pasza przemysłowa – 50%

Uwaga: \* - emisja z gleby; \*\* - emisje związane z przygotowaniem paszy (łącznie z uprawą); \*\*\* - emisje z uprawy tłąk

Źródło: Azeez (2006)

nawożenie (zarówno mineralne, jak i organiczne), nierównoważone gospodarowanie (monokultura), nadmierną obsadę zwierząt, niewłaściwe ich żywienie i błędy w gospodarce odchodami zwierzęcymi.

Konstatacja ta dowodzi, jak ważna jest **promocja właściwych praktyk rolniczych i doradztwo w tym zakresie**. O tym, jak istotne są właściwe techniki uprawowe, świadczy fakt, że obecnie w wyniku rolniczego użytkowania gruntów ornych Polski ilość węgla organicznego zmniejsza się średnio o  $0,31 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$  ( $0,58 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$  materii organicznej w okresie 2002-2005, Borzęcka-Walker et al. 2011). Mniejszą redukcję ilości substancji organicznej w glebie odnotowuje się wtedy, gdy w strukturze upraw występują wieloletnie rośliny motylkowate lub ich mieszanki z trawami, natomiast najwyższe straty obserwowane są, gdy znaczący udział stanowią rośliny okopowe i kukurydza. W tym kontekście pożądane jest także **wzmocnienie zasad ochrony gleb rolniczych i leśnych** i ograniczenie przeznaczania ich na cele nierolnicze i nieleśne. W wyniku degradacji gleb nie tylko następuje krótkoterminowy wzrost emisji związany z utratą materii organicznej, ale tracony jest także długoterminowy potencjał wiązania węgla przez gleby.

Ważnym uzupełnieniem tych działań powinno być **stworzenie wytycznych niskoemisyjnej hodowli zwierząt**. Ograniczenie emisji gazów cieplarnianych może zostać osiągnięte poprzez zmiany w sposobie hodowli: poprawę technik karmienia zwierząt (np. poprzez zbilansowanie dawek pokarmowych zapewniające

Do podstawowych działań transformacyjnych w rolnictwie należą: promocja efektywnych praktyk rolniczych i hodowlanych, rewizja zasad ochrony gleb oraz programy gospodarowania odpadami rolniczymi.

lepsze wykorzystywanie pasz, w tym eliminowanie zbędnych ilości aminokwasów), doskonalenie systemów utrzymania zwierząt gospodarskich (np. przez dodawanie do odchodów i ściółek preparatów biotechnologicznych ograniczających emisję  $\text{N}_2\text{O}$ ) oraz ograniczanie emisji  $\text{CH}_4$  z przechowywanego obornika czy gnojowicy (np. poprzez obniżanie temperatury składowanych odchodów w drodze odzysku i kumulacji energii cieplnej, czy też dzięki budowie instalacji do odzysku biogazu z fermentacji gnojowicy).

Wzmocnienie produktywności produkcji rolnej wspomogłoby stworzenie **regionalnych programów energetycznego wykorzystania słomy**, uwzględniających dobre zasady gospodarowania resztkami poźniwnymi. W sumie, w skali kraju, na przyoranie powinno się przeznaczać około 3 mln ton słomy, co stanowi niespełna 12% całkowitych jej zbiorów. W poszczególnych województwach ilość ta waha się od 11% (lubelskie) do ponad 50% (dolnośląskie). W przypadku pięciu województw: małopolskiego, wielkopolskiego, mazowieckiego, warmińsko-mazurskiego i podlaskiego występuje znacząca nadwyżka słomy, co wskazuje, że, przy występującym pogłowiu zwierząt, dopływ materii organicznej do gleby w formie obornika wyraźnie przewyższa jej ubytki spowodowane uprawą roślin. W kolejnych pięciu województwach bilans jest ujemny i jego zrównoważenie może

## Wybrane narzędzia uzupełniające

Administracja publiczna powinna szerzej **uwzględnić środowiskowe kryteria w procedurach udzielania zamówień publicznych** (dostawy, usługi i roboty budowlane), a także zobowiązać podmioty niepubliczne do stosowania ich w przypadku korzystania ze środków publicznych. Obecnie kryteria środowiskowe są jedynie zalecane i w praktyce trochę więcej niż 10% zamówień ma charakter zielony<sup>2</sup>. Z punktu widzenia budowania gospodarki niskoemisyjnej wspomniane kryteria i wymagania powinny dotyczyć przede wszystkim:

- **efektywności energetycznej** (charakterystyka nowych i remontowanych budynków, zakup energooszczędnego sprzętu biurowego, energooszczędnych samochodów służbowych i pojazdów w transporcie publicznym);
- **zielonej energii** (zakup energii elektrycznej i ciepła wytworzonych z odnawialnych surowców, pojazdów na biopaliwa, stosowanie surowców odnawialnych do produkcji ciepła);
- **oszczędzania zasobów** (zakup produktów wykorzystujących materiały z recyklingu, drukarek dwustronnie kopiujących i urządzeń wielofunkcyjnych);
- **rolnictwa ekologicznego i zrównoważonej gospodarki leśnej** (zakup produktów żywnościowych pochodzących z upraw czy hodowli ekologicznych, zakup wyrobów wyłącznie z certyfikowanego drewna tzn. z lasów prowadzących zrównoważoną gospodarkę leśną).

Do **Ustawy o zamówieniach publicznych** należałoby wprowadzić obowiązkowe stosowanie kryteriów środowiskowych, w tym niskoemisyjnych. Projekt zmian przygotować powinien Urząd Zamówień Publicznych w porozumieniu z Ministrem Środowiska, a całość nie powinna trwać dłużej niż 1,5 roku.

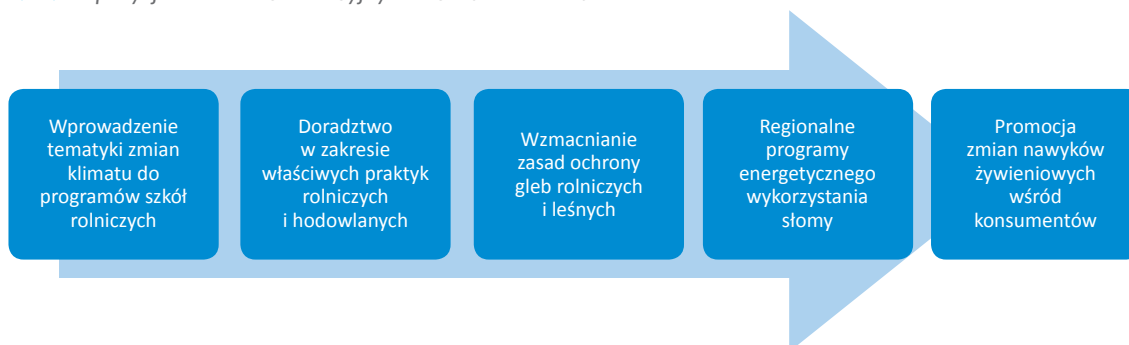
Pożądane byłoby także **wprowadzenie obowiązkowego rocznego raportowania przez jednostki administracji publicznej wielkości śladu węglowego** i podejmowanych działań kompensacyjnych, w tym - informowanie o wielkości śladu węglowego związanego z wydarzeniami organizowanymi przez te jednostki (np. konferencje). Ślad węglowy jest częścią śladu ekologicznego i oznacza całkowitą emisję gazów cieplarnianych powodowanych bezpośrednio lub pośrednio przez określoną osobę, organizację, przedsiębiorstwo, wydarzenie, produkt czy usługę.<sup>3</sup>

Raz na trzy lata każda jednostka byłaby zobowiązana do przygotowania **programu redukcji śladu węglowego**. Ministerstwo Środowiska we współpracy z funduszami ekologicznymi, organizacjami pozarządowymi (zwłaszcza ekologicznymi i biznesowymi) powinno prowadzić stałą kampanię informacyjną o roli i znaczeniu wykorzystywania śladu węglowego do kształtowania zachowań proklimatycznych wśród osób indywidualnych, i instytucji oraz przedsiębiorstw. W tym celu przygotowany

2 <http://www.zielonezamowienia.gov.pl/>

3 Obejmuje on emisje sześciu gazów cieplarnianych wymienionych w Protokole z Kioto: dwutlenku węgla ( $\text{CO}_2$ ), metanu ( $\text{CH}_4$ ), podtlenku azotu ( $\text{N}_2\text{O}$ ) oraz gazów fluorowanych: fluorowęglowodórów (HFC), perfluorowęglowodórów (PFC) oraz sześciofluorku siarki ( $\text{SF}_6$ ). Miara śladu węglowego jest  $\text{Mg CO}_2\text{e/osobę/rok}$ .

Schemat V.12. Propozycje działań niskoemisyjnych w sektorze rolnictwa



Źródło: Opracowanie własne

i upowszechniany zostanie zestaw kalkulatorów śladu węglowego, zróżnicowany w zależności od charakteru działalności. Należałoby wprowadzić obowiązek zamieszczenia i uaktualniania

**Zachowania i postawy konsumentów także wpływają na wielkość emisji, dlatego działania edukacyjne oraz system certyfikowania wyrobów muszą wesprzeć cele transformacji.**

przygotowywania co trzy lata programu redukcji wielkości śladu węglowego oraz zamieszczania kalkulatorów służących do obliczania wielkości śladu węglowego. Projekt zmian powinno

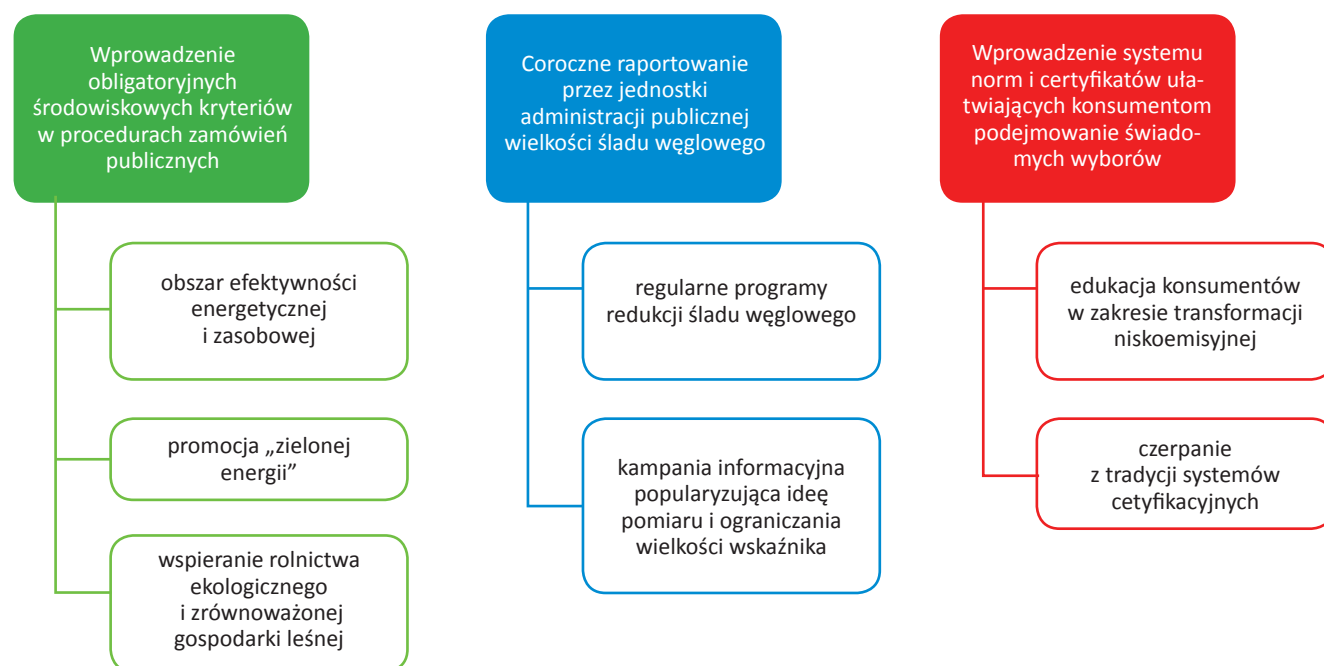
nia kalkulatorów na stronach administracji publicznej. Do aktualizacji **Ustawy o ochronie środowiska** proponuje się wprowadzić obowiązek dla administracji publicznej corocznego raportowania o wielkości śladu węglowego i podejmowanych działaniach kompensacyjnych, a także

przygotowania co trzy lata programu redukcji wielkości śladu węglowego oraz zamieszczania kalkulatorów służących do obliczania wielkości śladu węglowego. Projekt zmian powinno

przygotować Ministerstwo Środowiska, a w życie te zmiany mogłyby wejść w ciągu 2,5 roku.

Nadmierna emisja zanieczyszczeń do środowiska, w tym gazów cieplarnianych, jest często efektem niepożądanych zachowań konsumenckich. W niektórych przypadkach są one wynikiem braku właściwej wiedzy na temat cech i właściwości nabywanego produktu lub usługi. Aby zmniejszyć ryzyko błędnych wyborów, wprowadza się systemy certyfikatów i norm, które przyznawane są firmom oraz dostarczającym przez nie wyrobom i usługom, spełniającym określone warunki i posiadającym szczegółowo opisane właściwości. **Normy i certyfikaty** mogą stanowić ważny instrument wspierający transformację niskoemisyjną. Dostarczając konsumentom pożądanej wiedzy na temat produktów, mogą wpływać na wzrost zainteresowania ich nabywaniem, a tym samym - tworzyć preferencje dla nich na rynku i wspierać

Schemat V.13. Wybrane działania uzupełniające strategię niskoemisyjną



Źródło: Opracowanie własne

lepsze wybory konsumenckie. Dlatego też w pierwszej kolejności potrzebne są **działania edukacyjne, podnoszące wiedzę o istniejących normach i certyfikatach**, i ich wymogach. Znaczenie norm i certyfikatów jest tym większe, że Polska posiada duże doświadczenie w ich wykorzystywaniu - są one przyznawane

**Uwzględnianie kryteriów środowiskowych w procesie udzielania zamówień publicznych może stanowić bodziec do zmian w kierunku niskoemisyjności.**

np. firmom (m.in. w odniesieniu do wdrożenia systemu zarządzania środowiskowego zgodnego z normami ISO 14000 i EMAS), czy wyrobom (certyfikaty efektywności energetycznej urządzeń RTV czy „paszporty energetyczne” budynków), mogą także okre-

ślać pochodzenie energii (np. zielone certyfikaty uzyskiwane przez producentów energii w instalacjach korzystających z zasobów odnawialnych). Niezbędne jest rozwinięcie tego systemu w takim kierunku, aby silniej wspierał on rozwój technologii niskoemisyjnych. Normy i certyfikaty powinny być regularnie analizowane i zmieniane tak, aby dostosowywać istniejące wymogi do postępu technicznego. Docelowo należy dążyć do powiązania przyznawanych norm i certyfikatów służących wspieraniu gospodarki niskoemisyjnej z wielkością śladu węglowego. Pozwoli to na promocję na rynku tych wyrobów i usług, które charakteryzują się najmniejszym poziomem oddziaływania na klimat.



## Podsumowanie

Pytanie o klimat dla polityki klimatycznej w Polsce odwołuje się do postaw dominujących w polskim społeczeństwie, odzwierciedlonych na scenie parlamentarnej i w głosach przedsiębiorców oraz organizacji. Obecnie cechuje nas sceptycyzm i podejście zachowawcze, podające w wątpliwość możliwości realizacji przez Polskę celów środowiskowych. Debata publiczna skłania się w kierunku krytyki działań Unii Europejskiej, przekładając się na zaostrenie atmosfery rozmów przy stole negocjacyjnym z Komisją Europejską. Niekiedy, kosztem korzyści płynących z proponowanych przemian, prowadzona jest obrona wąsko rozumianych interesów branżowych. Zapomina się jednak, że niskoemisyjna transformacja jest długookresową strategią, która przyczyni się do rozwoju kraju i przygotuje go do uczestnictwa w przyspieszającym wyścigu globalnej konkurencyjności.

Historia polityki klimatycznej w Polsce obejmuje zaledwie ćwierćwiecze, w czasie którego jej kierunki ulegały przemianom i rewizjom. Choć transformacji gospodarczej towarzyszyła w początkach lat 90. znacząca redukcja emisji do atmosfery, początkowy entuzjazm dla działań prośrodowiskowych osłabł wraz z negatywnymi skutkami przemian gospodarczych (głównie wysokim bezrobociem). Zobowiązania międzynarodowe oraz aspiracje Polski, by dołączyć do grona członków Unii Europejskiej przez pewien czas mobilizowały rząd do podejmowania inicjatyw niskoemisyjnych i tworzenia adekwatnych dokumentów rządowych. Niestety w ostatnich latach obserwujemy odwrót od tej strategii na rzecz roli unijnego marudera. Przemiany w przemyśle nie stały się bodźcem do gruntownej transformacji gospodarczej w tym sektorze. Od kilku lat polityka Unii traktowana jest jako wymierzona przeciw naszej gospodarce, co skłania część grup interesu do konsekwentnego przeciwstawiania się wspólnotowym postanowieniom i realizacji scenariusza minimum w poszczególnych obszarach interwencji.

Choć Polska może w przyszłości pozostać krajem opierającym się działaniom niskoemisyjnym, wydaje się, że większe korzyści przynieść może dołączenie do państw wdrażających politykę klimatyczną. Współtworzenie jej kształtu może pomóc Polsce złagodzić negatywne skutki transformacji, rozłożyć działania w czasie oraz obrać ścieżkę modernizacji optymalną dla naszego kraju. Trzy podstawowe cele wspólne dla Unii Europejskiej i Polski, a więc: poprawa efektywności energetycznej i zasobowej, technologiczna modernizacja oraz bezpieczeństwo energetyczne, wydają się być dobrym punktem do wznowienia rozmów i otwarcia się na poszukiwanie wspólnych rozwiązań.

Prerekwizytem kształtowania każdej polityki (a więc również polityki klimatycznej) jest ustalenie podstawowych zasad, których przestrzeganie zwiększy społeczną akceptację zmian oraz zagwarantuje większą ich efektywność i spójność z całym systemem regulacyjnym. Do fundamentalnych reguł należą: niedyskryminacja, solidarność, spójność, zasada dobra publicznego i demokratycznego prawa oraz przestrzeganie zrównoważonego rozwoju. Na gruncie doświadczeń międzynarodowych można ten katalog poszerzyć np. o strategię włączania do procesu kształtowania możliwie dużej liczby interesariuszy czy regularne rewizje

treści polityki w kontekście możliwości realizacji założonych celów w zmieniających się warunkach socjo-ekonomicznych.

Do najważniejszych narzędzi polityki klimatycznej należą: reforma podatkowa, edukacja i polityka naukowa oraz odpowiednie kształtowanie sektora energetyki, transportu i rolnictwa oraz wspomagające działania po stronie sektora publicznego (por. Tabela V.3). Paleta instrumentów jest bardzo bogata, a zatem możliwe jest zróżnicowanie podejścia do tematyki niskoemisyjnej modernizacji w przekroju sektorowym. Kluczowym tematem przenikającym każdy obszar transformacji są ekoinnowacje i ich rola motoru rozwoju kraju w najbliższych dekadach. Potencjał tkwiący w tej ścieżce jest ogromny, a korzyści płynące z postępu technologicznego - niepodważalne.

Działania niezbędne dla realizacji celów polityki klimatycznej przekładają się na rozwój naszego kraju, przynoszą korzyści ekologiczne, zdrowotne i społeczne. Z tego powodu, świadome i długotrwałe opieranie się transformacji niskoemisyjnej stwarza ryzyko zapóźnienia naszej gospodarki względem liderów światowych. Podjęcie odważnych, systematycznych i skoordynowanych działań modernizacyjnych zawartych w uprzednio stworzonej strategii wydaje się być jedyną rozsądną drogą do utrzymania konkurencyjności na najbliższe dekady. Odpowiednio skonstruowana polityka klimatyczna ma szansę przeniknąć wszystkie wymiary życia społeczno-gospodarczego i zbudować fundamenty nowoczesnej, ekologicznej, wysoko rozwiniętej Polski.



# BIBLIOGRAFIA

- Ajzen I., *Perceived Behavioral Control, Self-Efficacy, Locus of Control, and the Theory of Planned Behavior*, Journal of Applied Social Psychology, t. 32, wyd. 4, s. 665–683, Wiley, Nowy Jork 2002.
- Antle J.M. i Heidebrink G., *Environment and Development: Theory and International Evidence*, in: *Environment and Development Economics*, Cambridge 1999.
- APERC, *APEC Energy Overview 2011*, Asia Pacific Energy Research Centre, Tokio 2012.
- ATSE, *New Power Cost Comparisons. Levelised Cost of Electricity for a Range of New Power Generating Technologies*, Academy of Technological Sciences and Engineering, Melbourne 2011.
- Auffhammer M. i Carson R.T., *Forecasting the path of China's CO<sub>2</sub> emissions using province-level information*, Journal of Environmental Economics and Management, Vol. 55, Issue 3: 229-247, Elsevier, Amsterdam 2008.
- AW, *Wpływ energetyki odnawialnej na europejskich rolników. Tworzenie korzyści dla rolników i społeczeństwa obszarów wiejskich. Skróc raportu dla Komisji Europejskiej, Generalnej Dyrekcji ds. Rolnictwa i Rozwoju Obszarów Wiejskich*, Alterra Wageningen, Warszawa 2011.
- Azeez G., *Impact of Agriculture and Food Distribution on Climate Change*, Presentation for Soil Association, Londyn 2006.
- Bauer F. i Czolkoss W., *VGB Survey 2011. Investment and Operation Cost Figures – Generation Portfolio*, VGB PowerTech e.V, Essen 2011.
- Bettinger D., *Energy Efficiency in Iron & Steelmaking. Innovative solutions for the Iron & Steel Industry*, SusCHEM – European Technology Platform for Sustainable Chemistry, Bruksela 2011.
- BEUC, *Good for the environment and good for your pocket: Consumer benefits of CO<sub>2</sub> emissions targets for passenger vehicles*, European Consumer Organisation, Bruksela 2012.
- Birat J.P., Vizios J.P., de Lassat de Pressigny Y., Schneider M. i Jeanneau M., *CO<sub>2</sub> Emissions and the Steel Industry's available Responses to the Greenhouse Effect*, Institut de Recherche de la Sidérurgie, Presentation to the Seminar on Abatement of Greenhouse Gas Emissions in the Metallurgical & Materials Process Industry, San Diego 1999.
- Blusz K., Hinc A. i Brodzikowski J., *W kierunku niskoemisyjnej strategii gospodarczej dla Polski. Energia i klimat pomiędzy Keynesem i Hayekiem?*, demosEuropa, Warszawa 2011.
- BMU, *Municipal solid waste management in Germany. Report 2006*, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, Berlin 2006.
- Borzęcka-Walker M., Faber A., Mizak K. i Pudelko R., *Soil carbon sequestration under bioenergy crops in Poland*, Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa, Puławy 2011.
- BP, *BP Statistical Review of the World Energy 2012*, BP, Londyn 2012.
- Breyer Ch. i Gerlach A., *Global Overview on Grid-Parity Event Dynamics*, Q-Cells Technical Papers, Thalheim 2011.
- BŚ, *Doing Business 2013: Smarter Regulations for Small and Medium-Size Enterprises*, Bank Światowy, Waszyngton 2013.
- BŚ, *Transition to a Low-emissions Economy in Poland*, Bank Światowy, Waszyngton 2011.
- Bukowski M. (red.), *Zatrudnienie w Polsce 2010: Integracja i Globalizacja*, Instytut Badań Strukturalnych, Warszawa 2011.
- Bukowski M. i Śniegocki A., *Mix Energetyczny 2050: Analiza scenariuszy dla Polski*, Instytut Badań Strukturalnych i demosEuropa dla Ministerstwa Gospodarki, Warszawa 2011.
- Bukowski M., Gąska J. i Śniegocki A., *Między Północą a Południem – pułapki status quo i wyzwania modernizacji Polski do roku 2050*, Instytut Badań Strukturalnych, Warszawa 2012.
- Bukowski M., Gąska J. i Śpionek A., *Opracowanie i wdrożenie Strategicznego Planu Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu - Wybór optymalnych kosztowo działań adaptacyjnych i określenie wstępnej propozycji instrumentów polityki i oceny skutków regulacji*, Instytut Badań Strukturalnych, Warszawa 2012.
- Bukowski M. i Kowal P., *Large scale, multi-sector DSGE model as a climate policy assessment tool – Macroeconomic Mitigation Options (MEMO) Model for Poland*, Instytut Badań Strukturalnych, Warszawa 2010.
- Bukowski M., Szpor A. i Śniegocki A., *Drzemiący tygrys, śpiący orzeł: Dylematy polskiej debaty o polityce innowacyjnej*, Instytut Badań Strukturalnych, Warszawa 2012a.
- Bukowski M., Szpor A. i Śniegocki A., *Potencjał i bariery polskiej innowacyjności*, Instytut Badań Strukturalnych, Warszawa 2012b.
- CEMBUREAU, *Cements for a low-carbon Europe*, European Cement Association, Bruksela 2013.
- CEMBUREAU, *Sustainable cement production: Co-processing of Alternative Fuels and Raw Materials in the Cement Industry*, European Cement Association, Bruksela 2009.
- Cohen A.J., Anderson H.R., Ostra B., Padney K.D., Krzyzanowski M., Künzli N., Gutschmidt K., Pope A., Romieu I., Samet J.M. i Smith K., *The global burden of disease due to outdoor air pollution*, Journal of Toxicology and Environmental Health, Taylor & Francis, Oksford 2005.
- Cole M.A., Rayner A.J., i Bates J.M., *The Environmental Kuznets Curve: an Empirical Analysis*, Environment and Development Economics, Cambridge 1997.

- Couture T. i Gagnon Y., *An analysis of feed-in tariffs remuneration models: Implications for renewable energy investment*, Energy Policy, Vol. 38, Elsevier, Amsterdam 2010.
- Darling S.B., You F., Veselka T. i Velosa A., *Assumptions and the levelized cost of energy for photovoltaics*, Energy & Environmental Science, Londyn 2011.
- de Bruyn S.M., Van Den Bergh J.C.J.M. i Opschoor J.B., *Economic Growth and Emissions: Reconsidering the Empirical Basis of Environmental Kuznets Curves*, Ecological Economics 25: 161-175, Elsevier, Amsterdam 1988.
- DECC, *Great Britain's housing energy fact file 2011*, Department of Energy and Climate Change, Londyn 2011.
- Diekmann J., Eichhammer W., Neubert A., Rieke H., Schlomann B. i Ziesing H.J., *Energie-Effizienz-Indikatoren. Statistische Grundlagen, theoretische Fundierung und Orientierungsbasis für die politische Praxis*, Umwelt und Ökonomie 32, Physica-Verlag, Springer, Heidelberg 1999.
- EEA, *CO<sub>2</sub> emissions performance of car manufacturers in 2011*, European Environment Agency, Kopenhaga 2012.
- EEA, *Monitoring CO<sub>2</sub> emissions from new passenger cars in the EU: summary of data for 2012*, European Environment Agency, Kopenhaga 2013.
- EIA, *Annual Energy Outlook 2012*, Energy Information Administration, Waszyngton 2012a.
- EIA, *Country Analysis Brief: Japan*, Energy Information Administration, Waszyngton 2012b.
- EIA, *Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States*, Energy Information Administration, Waszyngton 2013.
- EnergySys, *Ocena wpływu ustanowienia celów redukcji emisji wg dokumentu KE „Roadmap 2050” na sektor energetyczny, rozwój gospodarczy, przemysł i gospodarstwa domowe w Polsce do roku 2050. Synteza*, Warszawa 2012.
- Energy Star, *Refrigerator Retirement Savings Calculator*, <http://www.energystar.gov/index.cfm?fuseaction=refrig.calculator>, data dostępu: 15 kwietnia 2013.
- EPA, *Particulate Matter (PM) and Health*, <http://www.epa.gov/pm/health.html>, data dostępu: 8 maja 2013.
- EPI, *Environmental Performance Index 2012*, Yale University, New Haven 2012.
- EPRI, *Australian Electricity Generation Technology Costs – Reference Case*, Electric Power Research Institute, Palo Alto 2010.
- EURELECTRIC, *Power Choices. Pathways to Carbon-Neutral Electricity in Europe by 2050. Full Report 2011*, The Union of Electricity Industry, Bruksela 2011.
- ExternE-Pol, *Externalities of Energy: Extension of accounting framework and Policy Applications: Technical Report*, External Cost of Energy, Paryż 2005.
- Feldman M. P., *The Geography of Innovation*, Kluwer Academic Publishers, Boston 1994.
- Fien J., *Education for the environment: critical curriculum theorising and environmental education*, Deakin University, Melbourne 1993.
- Fleming L. i Frenken K., *The evolution of inventor networks in the Silicon Valley and Boston regions*, Advances in Complex Systems 10 (1): 53-71, World Scientific, Singapur 2007.
- Fulton M. (red.), *Scaling Wind and Solar Power in China: Building the Grid to Meet Targets*, DB Research, Frankfurt nad Menem 2012.
- Fulton M., Capalino R. i Auer J., *The German Feed-in Tariff: Recent Policy Changes*, DB Research, Frankfurt nad Menem 2012.
- Fulton M. i Mellquist N., *The German Feed-in Tariff for PV: Managing Volume Success with Price Response*, DB Research, Frankfurt nad Menem 2011.
- GTAI, *The Photovoltaic Market in Germany issue 2012/2013*, Germany Trade and Invest, Berlin 2012.
- Gough N. i Price L., *Rewording the world: poststructuralism, deconstruction and the 'real' in environmental/science education research*, Southern African Journal of Environmental Education, Environmental Education Association of South Africa, Mooi River 2004.
- Greening L.A., Ting M. i Krackler T.J., *Effects of changes in residential end-uses and behaviour on aggregate carbon intensity: comparison of 10 OECD countries for the period 1970 through 1993*, Energy Economics 23, Elsevier, Amsterdam 2001.
- Grossman G.M. i Krueger A.B., *Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement*, Papers 158, Woodrow Wilson School - Public and International Affairs, Princeton 1991.
- Gupta A.K. i Hall C.A.S., *A Review of the Past and Current State of EROI Data*, Sustainability 2011, 3, 1796-1809, Bazylea 2011.
- GUS, *Mały Rocznik Statystyczny Polski*, s. 396–397 i wcześniejsze, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa 2011.
- HEAL, *The Unpaid Health Bill – How coal power plants make us sick*, The Health and Environment Alliance, Bruksela 2013.
- Hearps P. i McConnell D., *Renewable Energy Technology Cost Review*, Melbourne Energy Institute, Technical Paper Series, Melbourne 2011.

- Hille E., *Propozycja wdrażania Alternatywnej Polityki Energetycznej [w:] Instrumenty realizacji Alternatywnej Polityki Energetycznej do 2030 roku*, Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2012.
- Hinc A. (red.), *Jak skutecznie wdrożyć CCS w Polsce? Ramy finansowe*, demosEuropa, Warszawa 2011.
- Holt M. i Andrews A., *Nuclear Power Plant Security and Vulnerabilities*, Congressional Research Service, Library of Congress, Waszyngton 2012.
- IAEA, *Nuclear Power Reactors in the World, Reference Data Series no. 2, 2012 Edition*, International Atomic Energy Agency, Wiedeń 2012.
- ICM UW, *Średnie temperatury w Polsce 1950-2011*, Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego, Serwis Klimatyczny, Warszawa 2012.
- IEA i NEA, *Costs of Generating Electricity*, International Energy Agency and Nuclear Energy Agency, Paryż 2010.
- IEA, *Tracking Industrial Energy Efficiency and CO<sub>2</sub> Emissions*, International Energy Agency, Paryż 2007.
- IEA, *World Energy Outlook 2011*, International Energy Agency, Paryż 2011.
- InE, *Alternatywna polityka energetyczna Polski do 2030 r. Raport metodologiczno-techniczny*, Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2009.
- InE, *Dom pasywny*, Instytut na rzecz Ekorozwoju przy współpracy Krajowej Agencji Poszanowania Energii, Warszawa 2011a.
- InE, *Energoozczędny dom i mieszkanie*, Instytut na rzecz Ekorozwoju przy współpracy Krajowej Agencji Poszanowania Energii, Warszawa 2011b.
- INSEAD i WIPO, *The Global Innovation Index 2012*, Institut européen d'administration des affaires i World Intellectual Property Organisation, Fontainebleau 2012.
- IOŚ, *Zanieczyszczenie środowiska w Polsce w 2009 roku na tle wielolecia*, Inspekcja Ochrony Środowiska, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Warszawa 2011.
- IRENA, *Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series: Volume 1: Power Sector, Issue 5/5: Wind Power*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi 2012.
- ITS, *Prognozy eksperckie zmian aktywności sektora transportu drogowego (w kontekście ustawy o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji)*, Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa 2012.
- Jacobs J., *The Economy of Cities*, Random House, Nowy Jork 1969.
- JAMA, *2011 Report on Environmental Protection Efforts. Promoting Sustainability in Road Transport in Japan*, Japan Automobile Manufacturers Association, Tokio 2011.
- Janz A., *Incentives and legal framework for proper material recycling – Experiences in Germany*, Bonn 2012.
- Karaczun Z., *Polska 2050 – na węglowych rozstajach*, Warszawa 2012.
- Karaczun Z. i Szpor A., *Klimat dla innowacji, innowacje dla klimatu: W poszukiwaniu nowego impulsu modernizacyjnego dla Polski*, Warszawa 2013.
- Kassenberg A. i Śniegocki A., *Rola (eko)innowacji w niskoemisyjnej transformacji*, Warszawa 2013.
- Kasztelewicz Z., *Blaski i cienie górnictwa węglowego w Polsce*, Polityka Energetyczna t. 15, z. 4, IGSMiE PAN, Kraków 2012.
- KE, *Energy Efficiency Status Report 2012*, Komisja Europejska, Luksemburg 2012a.
- KE, *Plan działań w zakresie energii do 2050 roku*, KOM(2011) 855, Komisja Europejska, Bruksela 2011a.
- KE, *Plan działania prowadzący do przejścia na konkurencyjną gospodarkę niskoemisyjną do 2050 roku*, KOM(2011) 112, Komisja Europejska Bruksela 2011b.
- KE, *Pomoc państwa SA.33013 (2011/N) – Polska: Pomoc państwa dla sektora górnictwa węgla kamiennego w latach 2011-2015*, Komisja Europejska, Bruksela 2011c.
- KE, *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council amending Directive 98/70/EC relating to the quality of petrol and diesel fuels and amending Directive 2009/28/EC on the promotion of the use of energy from renewable sources*, Komisja Europejska, Bruksela 2012b.
- KE, *Rozporządzenie Rady ustanawiające wspólne zasady dla systemów wsparcia bezpośredniego dla rolników w ramach wspólnej polityki rolnej i ustanawiającego określone systemy wsparcia dla rolników*, COM(2008) 306/4, Komisja Europejska, Bruksela 2008.
- KE, *Strategia UE na rzecz biopaliw*, SEC(2006) 142, Komisja Europejska, Bruksela 2006.
- KE, *The role of European agriculture in climate change mitigation*, SEC(2009) 1093, Komisja Europejska, Bruksela 2009.
- KOBIZE, *Krajowy bilans emisji SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO, NH<sub>3</sub>, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2010 – 2011 w układzie klasyfikacji SNAP - raport syntetyczny*, Warszawa 2013.
- Konstantin P., *Praxisbuch Energiewirtschaft: Energieumwandlung, -transport und -beschaffung im liberalisierten Markt*, Springer, Berlin 2009.

- Kost C., Schlegl T., Thomsen J., Nold S. i Mayer J., *Studie Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien*, Fraunhofer - Institut Für Solare Energiesysteme, Freiburg im Breisgau 2012.
- Kozyra J. i Stuczyński T., *Potrzeby adaptacyjne polskiego rolnictwa – identyfikacja zagrożeń wynikających ze zmian klimatycznych i mechanizmy adaptacji*. [w:] *Polityka rolna Unii Europejskiej po 2013 roku*, Urząd Komitetu Integracji Europejskiej, 175-198, Warszawa 2008.
- KPRM, *Długookresowa Strategia Rozwoju Kraju. Polska 2030. Trzecia fala nowoczesności*, Kancelaria Premiera Rady Ministrów, Warszawa 2013.
- Kudełko M., *Koszty zewnętrzne produkcji energii elektrycznej z projektowanych elektrowni dla kompleksów złożowych węgla brunatnego Legnica i Gubin oraz sektora energetycznego w Polsce*, Kraków 2012.
- Lorenc H., *Ocena termiczna roku za okres 1779-2010*, Prezentacja: *Susze i Opady Maksymalne w Polsce*, w ramach seminarium Polskiego Komitetu Global Water Partnership, Warszawa 2011.
- Manski C.F., *Economic analysis of social interactions*, Journal of Economic Perspectives, 14:115-136, American Economic Association, Nashville 2000.
- McKinsey, *Assessment of Greenhouse Gas Emissions Abatement Potential in Poland by 2050*, McKinsey & Company, Nowy Jork 2013.
- MG, *Analiza możliwości wprowadzenia feed-in tariff dla mikro i małych instalacji OZE*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2012a.
- MG, *Informacja o handlu zagranicznym Polski na koniec października 2012 r.*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2012b.
- MG, *Ocena Sytuacji w Handlu Zagranicznym w 2012 Roku (na podstawie danych wstępnych GUS)*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2013a.
- MG, *Strategia Innowacyjności i Efektywności Gospodarki: Dynamiczna Polska 2020*, Ministerstwo Gospodarki, Warszawa 2013b.
- MG i MŚ, *Zintegrowana Strategia Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko*, Ministerstwo Gospodarki i Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2012.
- Morris C. i Pehnt M., *Energy Transition: The German Energiewende*, Heinrich Böll Stiftung, Berlin 2012.
- MacDonald M., *UK Electricity Generation Costs Update 2010*, Department of Energy & Climate Change, Londyn 2009.
- MRR, *Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2012a.
- MRR, *Strategia Rozwoju Kraju 2020. Aktywne społeczeństwo, konkurencyjna gospodarka, sprawne państwo*, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2012b.
- MŚ, *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2012 w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu*, Dziennik Ustaw Poz. 1031, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2012.
- MŚ, *Strategia rozwoju energetyki odnawialnej*, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2001.
- MŚ, *Strategiczny Plan Adaptacji dla sektorów i obszarów wrażliwych na zmiany klimatu do roku 2020*, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2013.
- Murphy D., *The Energy Return on Investment threshold*, The Oil Drum, <http://www.theoil Drum.com/node/8625>, data dostępu: 13 maja 2013.
- NASA GISS, *GISS Surface Temperature Analysis (GIS TEMP)*, <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>, data dostępu: 11 marca 2013.
- Preiss P., Friedrich R. i Klotz V., *Report on the procedure and data to generate aver-aged/aggregated data*, NEEDS project, Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung, Universität Stuttgart, Stuttgart 2008.
- Neelis M., Worrell E. i Masanet E., *Energy Efficiency Improvement and Cost Saving Opportunities for the Petrochemical Industry*, Energy Analysis Department, Environmental Energy Technologies Division, University of California, Berkeley 2008.
- ODYSSEE, *Energy Efficiency Trends in industry in the EU. Lessons from the ODYSSEE-MURE project*, Bruksela 2012.
- Önder S., *A Survey of Awareness and Behaviour in Regard to Environmental Issues among Selcuk University Students in Konya*, Journal of Applied Sciences, Asian Network for Scientific Information, Fajsalabad 2007.
- Panayotou T., *Demystifying the Environmental Kuznets Curve: Turning a Black Box into a Policy Tool*, Environment and Development Economics, Cambridge 1997.
- Parsons Brinckerhoff, *Electricity Generation Cost Model – 2-11 Update Revision 1*, Department for Energy and Climate Change, Londyn 2010.
- Parsons W., *Modernising policy-making for the twenty first century: the professional model*, Public Policy Administration, 16 (3): 93-110, SAGE, Thousand Oaks 2001.
- PIG-PIB, *Ocena zasobów wydobywalnych gazu ziemnego i ropy naftowej w formacjach łupkowych dolnego paleozoiku w Polsce (basen bałtycko – podlasko – lubelski) – raport pierwszy*, Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Warszawa 2012.
- Porter M.E. i van der Linde C., *Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship*, The Journal of Economic Perspectives, Vol. 9, No. 4: 97-118, American Economic Association, Nashville 1995.

- Porter M.E., *Towards a Dynamic Theory of Strategy*, Strategic Management Journal, 12 (Winter Special Issue): 95–117, Wiley, Nowy Jork 1991.
- Rosen M. i Schmidt R., *Current Nuclear Power Plant. Safety Issues*, IAEA Bulletin, vol. 22, nr 1, International Atomic Energy Agency, Wiedeń 1980.
- Samul K., Strupczewski A. i Wrochna G., *Małe Reaktory Modułowe SMR*, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Świerk 2013.
- Saxenian A.L., *Regional advantage: culture and competition in Silicon Valley and Route 128*, Harvard University Press, Cambridge 1996.
- Schnurer H., *German Waste Legislation and Sustainable Development: - Development of waste legislation in Germany towards a sustainable closed substance cycle*, mimeo, 2002.
- Selden T.M. i Song D., *Environmental Quality and Development: Is there a Kuznets Curve for Air Pollution Emissions?*, Journal of Environmental Economics and Management 27: 147-162, Elsevier, Amsterdam 1994.
- Shafik N. i Bandyopadhyay S., *Economic growth and environmental quality: Time series and cross-section evidence*, World Bank Policy Research Working Paper (WPS904), Bank Światowy, Waszyngton 1992.
- Smith P. i Martino D., *Agriculture*. [w:] Metz B., Davidson O.R., Bosch P.R., Dave R., Meyer L.A. (red.) *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge 2007.
- Smith P. (red.), *Greenhouse Gas Emissions from European Croplands, Concerted Action CarboEurope-GHG*, Jena 2004.
- Sobczyk E.J., *Zasoby węgla kamiennego w Polsce a możliwości zaspokojenia potrzeb energetyki*, Polityka Energetyczna, t. 11, z. 1, IGSMiE PAN, Kraków 2008.
- SPMT, *Professional policy making for the twenty first century*, Strategic Policy Making Team, Londyn 1999.
- Statistics Bureau, *The Statistical Handbook of Japan 2012*, Statistics Bureau Ministry of Internal Affairs and Communications, Tokio 2012.
- Sudarmadi S., Suzuki S., Kawada T., Netti H. i Soemantri S., *A Survey of Perception in a sample of two Different Social Groups in Jakarta, Indonesia*, Environment, Development and Sustainability, 3 (2): 169-183, Springer, Berlin 2001.
- Szpor A. i Śniegocki A., *Ekoinnowacje w Polsce: stan obecny, bariery rozwoju, możliwości wsparcia*, Instytut Badań Strukturalnych, Warszawa 2012.
- T&E, *Mind the Gap! Why official car fuel economy figures don't match up to reality*, Transport and Environment, Bruksela 2013.
- Tidball R., Bluestein J., Rodriguez N. i Knoke S., *Cost and Performance Assumptions for Modeling Electricity Generation Technologies*, ICF International, Fairfax 2011.
- UNEP, *Global trends in renewable energy investment*, UNEP Collaborating Centre and Frankfurt School of Finance & Management, Bloomberg, New Energy Finance. Frankfurt am Main, 2012.
- UNESCO, *Education For All Development Index 2012*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris 2012.
- van der Eijk J., *CO<sub>2</sub> abatement in the Energy and Petrochemicals Industry*, Shell Foundation, Haga 2008.
- Vivoda V., *Japan's energy security predicament post-Fukushima*, Energy Policy 46, Elsevier, Amsterdam 2012.
- WGI, *Regulatory Quality Index*, Worldwide Governance Indicators Project, Bank Światowy 2011.
- Wilczyński M., *Miejsce i rola węgla kamiennego w Polsce w perspektywie roku 2050*, Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2013.
- Wilczyński M., *Węgiel brunatny paliwem bez przyszłości*, Instytut na rzecz Ekorozwoju, Warszawa 2012.
- Wiśniewski G., Ligus M., Michałowska-Knap K. i Arcipowska A., *Morski wiatr kontra atom. Analiza porównawcza kosztów morskiej energetyki wiatrowej i energetyki jądrowej oraz ich potencjału i tworzenia miejsc pracy*, Instytut Energetyki Odnawialnej, Warszawa 2011.
- Wiśniewski G., *Technologie odnawialnych źródeł energii dla rolnictwa i obszarów wiejskich -uwarunkowania ekonomiczne i prawne*, Prezentacja na Konferencji Potencjał rozwojowy i możliwości dofinansowania odnawialnych źródeł energii szansą dla rozwoju społeczności lokalnych, Senat RP 3 kwietnia 2013, Warszawa 2013.
- Zweibel K., *Should solar photovoltaics be deployed sooner because of long operating life at low, predictable cost*, Energy Policy, Elsevier, Amsterdam 2010.

