

Krzysztof Brzeziński, Maciej Bukowski

NISKOEMISYJNE DYLEMATY

JAK OGRANICZYĆ EMISJĘ GAZÓW CIĘPLARNIANYCH
I CO TO OZNACZA DLA POLSKIEJ GOSPODARKI?



WWF Polska

Polski Klub Ekologiczny Okręg Mazowiecki

Koalicja Klimatyczna

Niskoemisyjne dylematy Jak ograniczyć emisję gazów cieplarnianych i co to oznacza dla polskiej gospodarki?

Krzysztof Brzeziński

Maciej Bukowski

Instytut Badań Strukturalnych

Warszawa 2011

REDAKCJA NAUKOWA:

MACIEJ BUKOWSKI

Instytut Badań Strukturalnych

ul. Rejtana 15 lok. 24/25
02-516 Warszawa, Polska
e-mail: ibs@ibs.org.pl
www.ibs.org.pl

ISBN: 978-83-933263-0-3

WYDAWCA:

POLSKI KLUB EKOLOGICZNY OKRĘG MAZOWIECKI
ul. Mazowiecka 11/16,
00-052 Warszawa
e-mail: pkeom.info@gmail.com

FUNDACJA WWF POLSKA
ul. Wiśniowa 38
02-520 Warszawa
e-mail: kontakt@wwf.pl

W IMIENIU

KOALICJI KLIMATYCZNEJ
[HTTP://KOALICJAKLIMATYCZNA.ORG/](http://koalicjaklimatyczna.org/)

FINANSOWANE ZE ŚRODKÓW:

EUROPEJSKIEJ FUNDACJI KLIMATYCZNEJ (EUROPEAN CLIMATE FOUNDATION)
WWF POLSKA

COPYRIGHT BY POLSKI KLUB EKOLOGICZNY OKRĘG MAZOWIECKI & WWF POLSKA

WARSZAWA 2011

SPIS TREŚCI

| | |
|--|----|
| STRESZCZENIE | 4 |
| EXECUTIVE SUMMARY | 6 |
| 1 WPROWADZENIE | 8 |
| 2 METODOLOGIA PROGNOZY | 11 |
| 2.1 KONSTRUKCJA SCENARIUSZA REFERENCYJNEGO <i>BUSINESS AS USUAL</i> | 12 |
| 2.2 METODOLOGIA WYCENY PROJEKTÓW TECHNOLOGICZNYCH – MODUŁ MIND | 15 |
| 2.3 METODOLOGIA SYMULACJI MAKROEKONOMICZNYCH – MODEL MEMO | 16 |
| 2.3.1 <i>Dynamiczne stochastyczne modele równowagi ogólnej (DSGE)</i> | 16 |
| 2.3.2 <i>Model MEMO</i> | 17 |
| 3 POTENCJAŁ OGRANICZENIA EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH I KOSZTY | 21 |
| 3.1 SCENARIUSZ REFERENCYJNY BAU – WYNIKI PROGNOZY | 23 |
| 3.2 POTENCJAŁ TECHNOLOGICZNY – PODEJŚCIE INŻYNIERYJNE | 25 |
| 3.2.1 <i>Zmiana technologii produkcji w energetyce</i> | 26 |
| 3.2.2 <i>Poprawa efektywności energetycznej gospodarstw domowych</i> | 31 |
| 3.2.3 <i>Efektywniejsze wykorzystanie zasobów w gospodarce</i> | 41 |
| 3.2.4 <i>Kontrola wzrostu emisji w transporcie</i> | 46 |
| 3.3 MAKROEKONOMICZNE SKUTKI REDUKCJI EMISJI | 50 |
| 3.3.1 <i>Wpływ pakietu zmian technologicznych na gospodarkę Polski</i> | 52 |
| 3.3.2 <i>Wpływ podatku węglowego na gospodarkę Polski</i> | 56 |
| 4 EFEKTY ZEWNĘTRZNE | 68 |
| 4.1 CHARAKTERYSTYKA TEORETYCZNA | 58 |
| 4.2 SKUTKI ZANIECZYSZCZEŃ ATMOSFERYCZNYCH | 60 |
| 4.3 EFEKTY ZEWNĘTRZNE POLSKIEJ ENERGETYKI – EXTERNE | 63 |
| 5 PODSUMOWANIE | 57 |
| ANEKS | 72 |
| I <i>Elektroenergetyka</i> | 72 |
| II <i>Termomodernizacja</i> | 74 |
| SPIS RYSUNKÓW | 76 |
| SPIS TABEL | 66 |
| BIBLIOGRAFIA | 67 |

STRESZCZENIE

Niniejszy raport powstał na zamówienie Polskiego Klubu Ekologicznego Okręg Mazowiecki i WWF Polska – organizacji członkowskich Koalicji Klimatycznej. Jego celem jest ocena gospodarczych konsekwencji zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w Polsce z 397 MtCO₂e w 2008 do poziomu 210 MtCO₂e w 2030r., poprzez rozwój odnawialnych źródeł energii w ramach transformacji polskiej gospodarki w niskowęglową. Dla zrealizowania tego celu Autorzy raportu – pracownicy Instytutu Badań Strukturalnych – posłużyli się pakietem symulacyjnym IBS CAST przeznaczonym do modelowania zmian gospodarczych powstałych wskutek zaangażowania państwa w politykę klimatyczną.

Rozważany plan redukcyjny można podsumować jako bardzo ambitny, ponieważ oznacza sześćdziesięcioprocentowe zmniejszenie emisji względem scenariusza odniesienia. Odpowiednio wielkość zakładanej redukcji wynosi w stosunku do:

- 2008 roku 47%
- 1990 roku 53%
- 1988 roku 63%

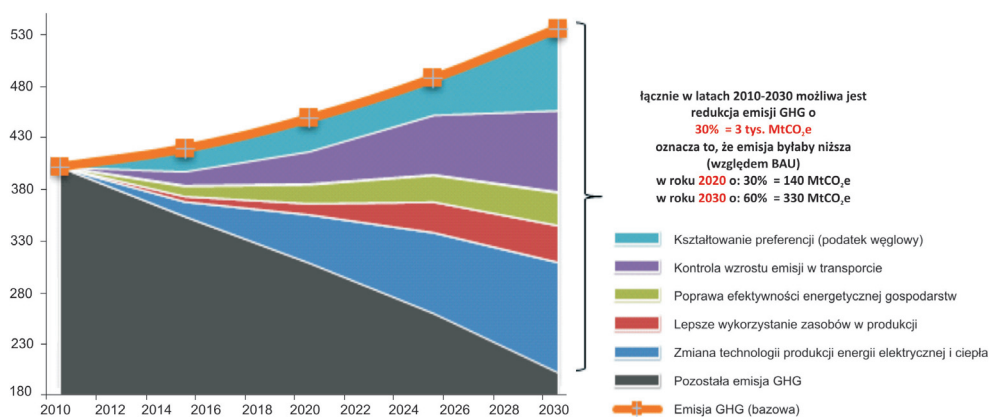
Do osiągnięcia tak postawionego celu konieczna będzie:

- modernizacja energetyki na mniej węglową poprzez zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii;
- wykorzystanie całego wachlarza mało emisyjnych technologii zmniejszających energochłonność gospodarstw domowych i całej gospodarki (głównie przez lepszą izolację cieplną budynków istniejących i nowobudownych);
- kontrola wzrostu emisji w transporcie;
- wykorzystanie podatku węglowego lub jego ekonomicznego ekwiwalentu w celu stworzenia mechanizmów bodźców cenowych do zmniejszania emisyjności.

Niemniej jest to plan wykonalny – jego realizacja, jeśli zostanie przeprowadzona odpowiednio - może wiązać się z kosztem poświęcenia, mierzonym utraconym przez gospodarkę PKB – na poziomie zaledwie 1-2% w roku 2030 r. Gorsza koordynacja polityki fiskalnej i klimatycznej mogłaby powiększyć ten koszt dwu lub nawet trzykrotnie. Szacujemy, że średnioroczna stopa inwestycji w pakiet klimatyczny wyniosłaby 1,5% PKB – byłaby najwyższa na początku rozważanego okresu, by potem miarowo maleć. Wobec rocznej stopy inwestycji polskiej gospodarki rządu 20% oznacza to, że finansowanie polityki ekologicznej byłoby umiarkowanie kosztowne.

Inwestycje te nie wchodzą w pełni w okres „żniw i zbiorów” do 2030 r. – nadwyżka z poniesionych kosztów pojawia się dopiero po długim okresie czasu. Dlatego głównymi beneficjentami netto działań ukierunkowanych na redukcję emisji gazów cieplarnianych będą przyszłe pokolenia Polaków.

Oszacowany koszt będzie dodatkowo amortyzowany przez czynniki, których nie uwzględniliśmy w naszej analizie bezpośrednio: behawioralne zmiany w wykorzystaniu energii, czyli upowszechnienie bardziej ekologicznego stylu życia oraz zmniejszenie efektów zewnętrznych z zanieczyszczeń atmosferycznych, których wycena będzie rosła wraz z dwukrotnym wzrostem zamożności społeczeństwa mierzonej realnym PKB na mieszkańca.



EXECUTIVE SUMMARY

This report was commissioned by the Polish Ecological Club Mazovian Branch and WWF Poland– Climate Coalition member organizations. The purpose of the report is to estimate economic consequences of greenhouse gases emission reduction in Poland from the level of 397 MtCO₂e in 2008 to 210 MtCO₂e in 2030. Authors from the Institute of Structural Research employ IBS CAST simulation toolbox in order to model economic processes induced by government climate policy.

Abatement plan under consideration can be summarized as very ambitious, because it implies 60-percent reduction relative to reference scenario. Proportionally, the level of the reduction will have in relation to:

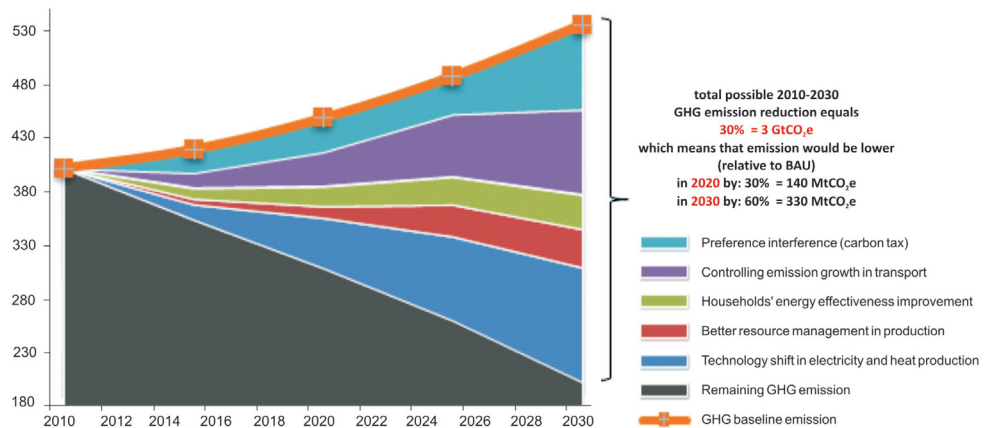
- 2008 year 47%
- 1990 year 53%
- 1988 year 63%

Achieving this objective requires:

- transition to low-carbon energy sector,
- using the full range of low-emission technologies to reduce energy consumption of households and whole economy (mostly through better insulation of new-built and retrofitting existing buildings),
- controlling emission growth in transport,
- introduction of carbon tax or its economic equivalent in order to create price incentives to decrease emissions.

Implementation of this viable plan, if performed properly, could cost the Polish economy GDP no more than 1%-2% against the reference level in 2030. However, if climate policy will not be properly financed this macroeconomic cost can double or triple. We estimate that an average annual rate of investment in climate package would amount to 1,5% of GDP – it would be the highest at the beginning of the period under consideration, steadily decreasing afterwards. Given the annual rate of investment of the Polish economy equal to 20%, it means that financing the environmental policy is likely to be only moderately expensive. Payoffs from climate investment scheme will exceed the costs after a long period of time – certainly not before 2030. Therefore, the main net beneficiaries of activities aimed at reducing greenhouse gas emissions will be future generations of Poles.

The estimated cost will be additionally cushioned by factors that are not quantified in our analysis: behavioral changes in energy use, namely dissemination of greener lifestyle, and reducing air pollution external effects, which will be valued as more inconvenient with the twofold increase of society's real wealth as measured by GDP per capita.



1 WPROWADZENIE

Celem niniejszego opracowania jest oszacowanie ekonomicznych skutków ograniczenia emisji gazów cieplarnianych do roku 2030 do poziomu 210 MtCO₂e, poprzez rozwój odnawialnych źródeł energii w ramach transformacji polskiej gospodarki w niskowęglową. Realizacja tego planu oznaczałaby redukcję odpowiednio o 53% i 47% względem 1990 i 2008 r. (a o 63% w stosunku do roku bazowego dla Polski – 1988). Ponieważ wzrośtowi produkcji towarzyszy wzrost zużycia energii i następnie emisji gazów cieplarnianych, prognozujemy, że jeśli państwo wybierze beczynność w zakresie ochrony klimatu, emisje w 2030 r. wyniosą 540 MtCO₂e. Redukcja względem tego poziomu musi więc wynieść aż 60%. Tak ambitnie postawiony cel emisyjny wymaga szczegółowej analizy zysków i strat z zaangażowania państwa w silnie zniekształcającą rynek politykę proekologiczną.

Tematy związane ze zrozumieniem globalnego ocieplenia oraz działaniami ukierunkowanymi na spowolnienie jego szkodliwego oddziaływania są głównymi wyzwaniami ekologicznymi współczesnych czasów. Ocieplenie światowego klimatu wiąże się z unikalnym zestawem problemów, wynikających z jego specyfiki: problem jest publiczny, spowolnienie go lub zapobieganie mu prawdopodobnie będzie kosztowne, wszelkie oceny obarczone są odstraszcąco dozą naukowej i ekonomicznej niepewności, a skutki globalnego ocieplenia będą odczuwalne na całym świecie przez nadchodzące dziesięciolecia, a być może setki lat.

O ile dokładne tempo i wielkość efektów globalnego ocieplenia są obarczone niepewnością, o tyle nie ma większych wątpliwości, że świat wkroczył na ścieżkę serii zmian geofizycznych, które nie mają sobie podobnych w przeciągu ostatnich paru tysięcy lat (Nordhaus 2008). Światowa Organizacja Zdrowia¹ podaje, że w ciągu ostatnich 50 lat działalność człowieka – w szczególności spalanie paliw kopalnych – uwolniło wystarczającą ilość dwutlenku węgla i innych gazów cieplarnianych, by zatrzymać dodatkowe ciepło w dolnych warstwach atmosfery i wpłynąć na globalny klimat. W ostatnim stuleciu świat ocieplił się o ok. 0,75°C, a w ciągu ostatnich 25 lat tempo globalnego ocieplenia przyspieszyło do 0,18°C na dekadę. Powoduje to topnienie lodowców, a w konsekwencji podniesienie poziomu mórz oraz zmianę wielkości opadów atmosferycznych w ciągu roku. Anomalie pogodowe stają się coraz intensywniejsze i coraz częstsze. Co więcej, ostatnie badania i prognozy modelowe sugerują, że średnia temperatura na powierzchni ziemi będzie szybko wzrastać w najbliższym stuleciu, a także później (IPCC 2007).

Wszystkie te wyzwania zmuszają do kooperacji w ramach organizacji międzynarodowych, do których należy także Polska. Problemy ochrony klimatu mają nie tylko ponadnarodowy charakter, ale także międzypokoleniowy. Konsekwencje zmian klimatycznych rozciągają się na wieloletnie okresy, nierzadko wykraczając poza

¹ Na stronie internetowej: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/index.html>.

perspektywę cyklu życia jednej generacji. Jak podkreśla Dieter Helm (2010), problemy środowiska i klimatu podobne są do długu publicznego czy systemów emerytalnych. Podobnie jak w przypadku długu zaciąganego na bieżącą konsumpcję lub dzisiejszych obietnic wypłaty przyszłych emerytur, które nie są finansowane bieżącymi oszczędnościami, tak i nadmierna eksploatacja oraz niszczenie zasobów naturalnych przez dzisiejsze pokolenia doprowadzą do sytuacji, w której kolejne generacje spłacać będą dług obecnych pokoleń niższą konsumpcją w cyklu swojego życia (demosEuropa 2011). Dlatego polityka klimatyczna powinna wspierać realizację zasad solidarności pokoleń i zrównoważonej konsumpcji w strategii rozwoju społeczno-gospodarczego.

Jak się wydaje, nie można dziś w pełni jednoznacznie rozstrzygnąć, jak daleko idące i jak szybkie zmiany światowego paradygmatu rozwoju są niezbędne dla uniknięcia negatywnych ekologicznych, gospodarczych i społecznych następstw zmian klimatycznych. Żadna z dwóch skrajności: niefrasobliwa beczynność i nieliczące się z bilansem zysków i strat natychmiastowe zatrzymanie emisji gazów cieplarnianych – nie jest rozsądnym rozwiązaniem. Dobrze przemyślana polityka klimatyczna musi bilansować koszty gospodarcze dzisiejszych działań z odpowiadającymi im przyszłymi ekonomicznymi i ekologicznymi zyskami – bowiem tylko w ten sposób zyska akceptację społeczną. W przypadku Polski, która jest najbardziej uwęgloną gospodarką na kontynencie europejskim, szczególnie potrzebne jest rygorystyczne zidentyfikowanie najważniejszych – negatywnych i pozytywnych – skutków takiej polityki, gdyż to właśnie w Polsce wyzwanie redukcyjne jest największe.

Prognozy ekonomiczne wykraczające daleko w przyszłość formułuje się zawsze w sposób warunkowy. Oznacza to, że prognoza ocenia przebieg zjawisk gospodarczych jakich możemy się spodziewać, gdy zajdą założone zjawiska – np. ceny paliw wzrosną do założonego poziomu, albo na rynku pojawi się radykalna nowa, ekologiczna technologia energetyczna. Spełnienie prognoz warunkowych uzależnione jest od zaistnienia założeń jakie wzięto pod uwagę podczas ich konstruowania. Związane jest to z marginesem niepewności co do tego, czy przyszłe procesy społeczno - gospodarcze przebiegać będą w założony sposób. Ponieważ jednak wiele zjawisk oddziałujących na rzeczywistość ekonomiczną pochodzi spoza niej samej – jest względem niej egzogenicznych – niepewność formułowanych prognoz jest stosunkowo wysoka.

Nie oznacza to jednak, że ekonomiczne projekcje przyszłości są bezużyteczne. Przeciwnie, dostarczają one spójnej wewnętrznie metody porównywania alternatywnych scenariuszy rozwoju sytuacji gospodarczej i symulowanie zachowań gospodarki poddanej oddziaływaniu danego zespołu czynników. Możliwość dokonywania tego typu eksperymentów powoduje, że są bardzo przydatnym narzędziem badania skutków różnego typu polityk państwa.

Będąc świadomymi wymienionych ograniczeń i trudności, w Instytucie Badań Strukturalnych zaprojektowaliśmy i wdrożyliśmy pakiet IBS CAST (*Climate Assessment Simulation Toolbox*) – wyspecjalizowany zestaw narzędzi modelowych słu-

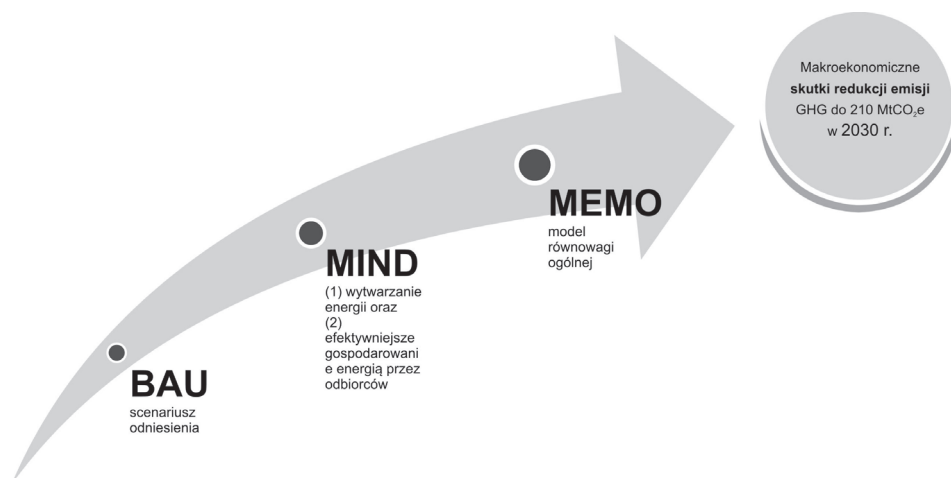
żących do oceny średnio- i długookresowych skutków gospodarczych polityki klimatycznej. Przedstawione w niniejszym opracowaniu obliczenia przygotowaliśmy przy pomocy tego zestawu narzędzi. Pierwszy element pakietu to ekonometryczny moduł IBS BAU przeznaczony do tworzenia scenariuszy referencyjnych, względem których dokonujemy oceny wszelkich instrumentów polityki gospodarczej. Został on zaprojektowany w taki sposób, by scenariusze referencyjne były możliwie odarte z subiektywizmu – jego prognozy opierają się na założeniu o konwergencji polskiej gospodarki do poziomu i struktury krajów Unii Europejskiej, zgodnie z kierunkiem i dynamiką procesów konwergencyjnych obserwowanych w przeszłości wśród innych krajów kontynentu. Drugi element IBS CAST to finansowy moduł wyceny inwestycji MIND (*Microeconomic Investment Decision module*). Jego zadaniem jest (1) pomoc w wyznaczeniu optymalnych technologicznych pakietów inwestycyjnych w obszarze energetyki oraz (2) zagregowanie technologicznych opcji poprawy efektywności energetycznej u odbiorców końcowych: w gospodarstwach domowych oraz firmach. Optymalizacyjna część modułu MIND (1) biorąc podane koszty inwestycyjne i późniejsze wydatki (lub oszczędności) operacyjne oraz docelowy poziom redukcji emisji i produkcji energii, jako dane dobiera optymalne rozwiązania dla wytwarzania energii. Trzecią częścią IBS CAST jest dużej skali, dynamiczny stochastyczny model równowagi ogólnej MEMO (*Macroeconomic Mitigation Options Model*), umożliwiający dokonywanie ocen *ex post* i *ex ante* wpływu jaki na gospodarkę wywiera wprowadzanie różnorodnych mikro- i makroekonomicznych instrumentów polityki klimatycznej. W dalszej części raportu opisujemy najważniejsze elementy zastosowanej metodologii.

W następnej sekcji przedstawiamy metodologię badania opartą na trzech narzędziach umożliwiających konstrukcję ilościowych prognoz dla polskiej gospodarki oraz jej emisyjności w horyzoncie do 2030 r. Sekcja 3. zawiera wyniki empiryczne zastosowania kolejnych modułów pakietu IBS CAST do danych o gospodarce polskiej. Najpierw prezentujemy wyniki prognozy BAU (3.1). Następnie (3.2) przystępujemy do oszacowań możliwości redukcji poprzez efektywniejsze rozwiązania technologiczne w różnych obszarach: w sektorze energetycznym (3.2.1), w poprawie efektywności gospodarstw domowych (3.2.2), bardziej racjonalnym wykorzystaniu zasobów w gospodarce (3.2.3) oraz w kontroli wzrostu emisji w transporcie (3.2.4). Możliwości te nawet przy wykorzystaniu względnie drogiej opcji technologicznych okazują się jednak nie być wystarczające do osiągnięcia 60% redukcji emisji gazów cieplarnianych względem BAU. Dlatego do realizacji tak ambitnego celu konieczne będzie wykorzystanie instrumentów fiskalnych, które podwyższą realną cenę produktów przyczyniających się do utrzymywania wysokiej emisyjności polskiej gospodarki. Konsekwencje wykorzystania tych instrumentów do stłumienia popytu na produkty energochłonne przedstawiamy w części 3.3. W następnej sekcji (4.) przedstawiono problematykę efektów zewnętrznych wraz z oszacowaniem generowanych przez nie kosztów dla polskiej gospodarki. Sekcja ostatnia (5.) podsumowuje raport. Załączamy także aneks techniczny z bardziej szczegółowymi założeniami obliczeń w elektroenergetyce i przy termomodernizacji budynków, które przyjęto do obliczeń w niniejszym raporcie.

2 METODOLOGIA PROGNOZY

Na Rysunek 1. prezentujemy szkicowo współpracę poszczególnych elementów pakietu prognostycznego IBS CAST. Punktem wyjścia analizy jest scenariusz odniesienia BAU opisany szczegółowo w sekcji 2.1. Wszelkie możliwości redukcji emisji gazów cieplarnianych oraz towarzyszące im koszty będziemy oceniać względem tego scenariusza. Moduł MIND (opis w 2.2) jest narzędziem obliczeniowym pozwalającym (1) dobrać optymalne kosztowo technologie w sektorze energetycznym przy założonym poziomie redukcji emisji oraz wynikającym z BAU poziomie konsumpcji energii i innych założeniach właściwych dla danego scenariusza (np. różne cechy gazu lub preferowanie przez państwo odnawialnych źródeł energii) oraz (2) w ramach którego agregujemy dane dotyczące poprawy efektywności energetycznej w gospodarstwach domowych oraz pozostałych sektorach gospodarki². MIND (1) umożliwia ocenę skutków prowadzenia określonej polityki energetycznej państwa oraz (2) szacuje potencjał do zmniejszenia energochłonności gospodarstw domowych i firm przy pomocy dostępnych, ale jeszcze nierozpowszechnionych technologii. Wykorzystanie danych wygenerowanych za pomocą MIND pozwala na budowę prognozy makroekonomicznej przy użyciu makroekonomicznego modelu MEMO (opis w 2.3). Za pomocą tego modelu oceniamy skutki realizacji planu redukcji emisji do 210 MtCO₂e w 2030 r. z przewidywanego przez BAU poziomu ok. 540 MtCO₂e. MEMO symuluje zachowanie podmiotów ekonomicznych w zmienionych warunkach gospodarczych oraz pozwala szacować efekty ich wzajemnej interakcji.

Rysunek 1. Schemat analizy wpływu polityki klimatycznej na gospodarkę przy pomocy pakietu IBS CAST.



Źródło: Opracowanie własne IBS

² Głównie w przemyśle.

2.1 Konstrukcja scenariusza referencyjnego *Business As Usual*

*Business as usual*³ (BAU) w praktyce analiz ekologicznych jest scenariuszem bazowym, badającym konsekwencje kontynuacji obecnych trendów dla populacji, gospodarki, technologii oraz dla zachowań ludzi. Ekstrapolując te trendy można budować modele projektujące zmiany zachodzące w gospodarce oraz te zmiany środowiskowe, które, jak emisja CO₂ i innych gazów cieplarnianych (np. metanu, podtlenku azotu, halonów), znajdują się pod bezpośrednim wpływem prowadzonej aktywności ekonomicznej i stosowanych technologii produkcji. W skonstruowanym na potrzeby niniejszej analizy scenariuszu BAU założyliśmy konserwatywnie brak znaczącej, zrywającej z już zarysowanymi procesami, rewolucji technologicznej w zakresie ograniczania emisji gazów cieplarnianych w Polsce.

Nie oznacza to jednak, że scenariusz BAU nie zakłada żadnych zmian technologicznych, a w szczególności wzrostu gospodarczego i konwergencji efektywnościowej Polski do bardziej rozwiniętych gospodarek europejskich. Przeciwnie, procesy modernizujące polską gospodarkę i podnoszące wytwarzaną w niej wartość dodaną wiążą się także ze wzrostem efektywności energetycznej i zmianami w popycie na energię i paliwa. W scenariuszu BAU zakładamy więc, że zarysowane już trendy będą kontynuowane w przyszłości w zgodzie z trendami wyznaczonymi przez doświadczenia innych krajów Europy w przeszłości. Naszym zdaniem taki scenariusz jest najlepszym punktem odniesienia dla szacowania potencjału i kosztów redukcji emisji gazów cieplarnianych (GHG), gdyż osiągnięcie celów emisyjnych stawianych chociażby w dokumencie strategicznym Europa 2020 (a także ich ew. pogłębienie, które rozważamy w niniejszym dokumencie) wymagać będzie podjęcia działań dalece zmieniających stosowane dziś technologie produkcji energii i paliw, a także sposoby ich konsumpcji finalnej i zużycia pośredniego dla celów produkcyjnych w innych gałęziach gospodarki (efektywność energetyczna i paliwowa).

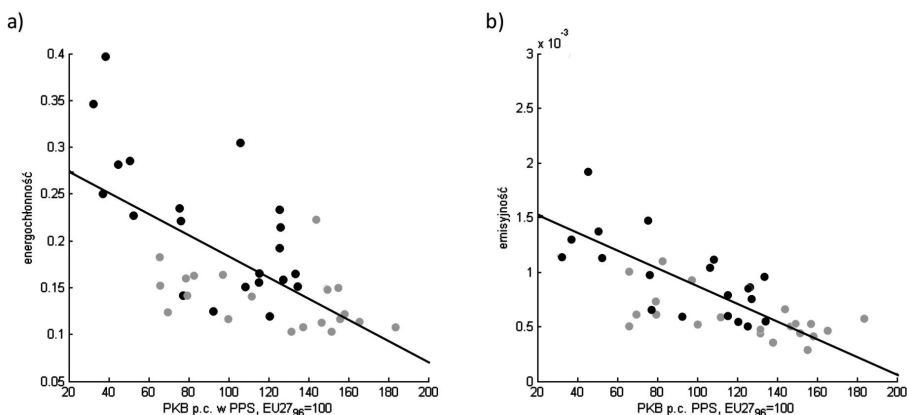
Wielkość emisji w Polsce malała po 1990 r. osiągając minimum 373 MtCO₂e w 2002 r. Zjawisko to można przypisać odejściu od nierentownych, marnotrawnych technologii produkcji, zwłaszcza w przemyśle ciężkim, będących spuścizną poprzedniego systemu gospodarczego. Po 2002 r., kiedy te proste efektywnościowe rezerwy uległy wyczerpaniu, wzrost gospodarczy zaczął przekładać się na powolny wzrost emisji. Przyrost produkcji globalnej przeważał nad modernizacją technologiczną. Dodatkowo, w ostatnich dwóch latach Polska, w przeciwieństwie do wielu krajów Unii Europejskiej, nie odczuła także silnych redukcyjnych efektów światowego kryzysu gospodarczego lat 2008-2009. Wydaje się, że związek emisji ze wzrostem wartości dodanej ustabilizował się, co oznacza, że w kolejnych latach należy oczekiwać stopniowej akceleracji tego procesu.

³ Szczegółowy opis założeń i wyników wraz z uzasadnieniem można znaleźć w Bukowski i in. (2010).

Kluczowe znaczenie dla kształtowania się wielkości zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych w przyszłości będzie miała konwergencja realna wytwarzanego produktu krajowego brutto w Polsce do średniego produktu w Unii Europejskiej. Jednocześnie samo w sobie nie oznacza to, że w okresie prognozy nie dojdzie do zmniejszenia poziomu emisyjności (mierzonego relacją emitowanych gazów cieplarnianych do wartości dodanej) i energochłonności (mierzonej relacją energii zużytej do jednostki produkcji). Przeciwnie, należy oczekiwać, że dalsze przemiany strukturalne polskiej gospodarki spowodują, że dojdzie do zauważalnej konwergencji obu wielkości, podążających za zbliżeniem się poziomów zamożności.

Wielkość emisji i zużycia energii w przyszłości będzie wypadkową dwóch procesów, oddziałujących w przeciwnych kierunkach: energooszczędnego postępu technicznego działającego redukująco na obie wielkości – oraz wzrostu globalnej wielkości produkcji i wartości dodanej zwiększającego zapotrzebowanie na energię i emisję. Pewien wkład w te procesy wniosą także przemiany strukturalne polskiej gospodarki (zmiany struktury produkcji), będzie on jednak mniejszy niż wkład wymienionych głównych procesów konwergencyjnych – już dziś bowiem struktura produkcji Polski nie różni się znacząco od struktury produkcji w UE15 (co nie miało miejsca 20 lat wcześniej).

Rysunek 2. *Energochłonność i emisyjność gospodarek europejskich a wzrost produkcji na mieszkańca.*



Źródło: Opracowanie własne IBS na podstawie danych Eurostat. Na czarno oznaczono punkty odpowiadające krajom z 1996, na szaro z 2006 r.

Przy konstrukcji scenariusza referencyjnego BAU uwzględniliśmy Polskę wraz z 20 innymi państwami członkowskimi Unii Europejskiej: Austrią, Belgią, Czechami, Danią, Estonią, Finlandią, Francją, Hiszpanią, Holandią, Irlandią, Litwą, Łotwą, Niemcami, Portugalią, Słowacją, Słowenią, Szwecją, Węgrami, Włochami i Wielką Brytanią. Scenariusz BAU opiera się na konwergencji sektorowej, która postuluje istnienie tendencji do wyrównywania się energochłonności i emisyjności (względem PKB

na mieszkańca) krajów w miarę rozwoju gospodarczego. Rysunek 2. przedstawia dynamikę wskaźników energochłonności (a) i emisyjności (b) dla rozważanej grupy 21 krajów w zależności od wielkości PKB na mieszkańca. Energochłonność obliczono jako stosunek zużycia energii danego kraju (przy danych zdezagregowanych – dla sektora danego kraju w MTOE⁴) do całkowitej produkcji realnej wyrażonej w mln PPS. Analogicznie obliczono emisyjność, która jest stosunkiem wielkości emisji gazów (ważonych potencjałem ogrzania atmosfery) w tys. ton równoważnika dwutlenku węgla do PKB PPS⁵. Oznaczone kolorem czerwonym 21 krajów z 1996 r. przesunęło się na obu wykresach ze wzrostem dochodów realnych w kierunku prawego dolnego rogu wykresu, gdzie kraje w 2006 r. oznaczono kolorem zielonym. Energochłonność przeciętnego badanego kraju spadła o 37%, emisyjność o 44%. Oba wykresy potwierdzają intuicję – wzrostowi gospodarczemu towarzyszy wprowadzanie coraz bardziej energooszczędnych i mniej emisyjnych technologii.

Bazując na dotychczasowym tempie konwergencji polskiej gospodarki do poziomu rozwoju Europy Zachodniej ekonometryczny moduł IBS BAU generuje oczekiwane ścieżki wzrostu PKB, wielkości emisji oraz zużycia energii. Jako długookresową roczną stopę wzrostu całkowitej wartości dodanej w rozważanej grupie krajów europejskich UE21 przyjęto 1,5%, co jest zbieżne z oczekiwaniami Komisji Europejskiej biorącej pod uwagę m.in. wpływ jaki na dynamikę wzrostu PKB będzie miało starzenie się ludności w krajach UE15. Analogiczna stopa dla Polski wynosi 3,5%, co oznacza konwergencję rzędu 2 pkt. proc. rocznie, a więc taką, jaką obserwowano w latach 1990-2010. Należy podkreślić, że te stopy wzrostu są modyfikowane o oszacowane ekonometrycznie parametry charakteryzujące jedenaście rozważanych sektorów gospodarki.

Ponieważ zakładamy, że wobec braku polityki klimatycznej polska gospodarka rozwijałaby się w dynamice prognozowanej przez BAU, w dalszym toku analizy zmiany trajektorii rozwoju odnosimy względem tego scenariusza.

⁴ TOE to ilość energii dostarczanej przez 1 t ropy naftowej (ang. *tonne of oil equivalent*); 1 TOE = 41,868 GJ = 11,63 MWh.

⁵ Standard siły nabywczej (skręcany jako PPS – ang. *purchasing power standard*) jest sztuczną jednostką walutową. Jeden PPS został skonstruowany tak, aby można było za niego kupić tę samą ilość dóbr i usług w każdym kraju (choć nie jest to w każdym przypadku prawdziwe ze względu na różnice cen względnych). PPS otrzymuje się dzieląc ekonomiczne agregaty w walucie różnych krajów przez odpowiednie parytety siły nabywczej.

2.2 Metodologia wyceny projektów technologicznych – moduł MIND

W niniejszym opracowaniu rozważamy pakiet ograniczający emisję gazów cieplarnianych, w którego skład wchodzi z jednej strony wdrażane w przedsiębiorstwach, budynkach użyteczności publicznej lub gospodarstwach domowych innowacje technologiczne, a z drugiej instrumenty makroekonomiczne – podatki. W pierwszym wypadku spadek emisji jest wynikiem ograniczenia zapotrzebowania na energię i paliwa kopalne spowodowane zmianami w wykorzystywanych maszynach i urządzeniach oraz spadkiem energochłonności budynków i budowli. W drugim, zmniejszenie emisji zachodzi dzięki oddziaływaniu podatków na cenę paliw kopalnych oraz na wybory podmiotów gospodarujących. Połączenie obu tych typów instrumentów jest niezbędne, gdyż tylko w ten sposób można osiągnąć zakładany, sześćdziesięcioprocentowy poziom redukcji emisji do roku 2030. Elementy pakietu technologicznego są uwzględnione w obrębie modułu MIND. Jego pierwsza część to innowacje zmieniające technologię produkcji energii elektrycznej i ciepła. Część druga agreguje możliwości (1) poprawy wykorzystania przez firmy zasobów w produkcji, (2) podniesienia efektywności energetycznej konsumpcji prywatnej (w tym zwłaszcza ograniczenie zużycia energii cieplnej i elektrycznej w gospodarstwach domowych) oraz (3) ograniczenia dynamiki wzrostu emisji w transporcie, mimo wzrostu liczby samochodów osobowych i ciężarowych.

Bazujemy tu na palecie instrumentów analizowanej przez Bukowskiego i Kowala (2010) (por. także studium Banku Światowego (2011) *Transition to a Low-Emissions Economy in Poland*), która z kolei stanowi przetworzenie i uzupełnienie propozycji Instytutu McKinsey'a (por. McKinsey 2009). Moduł MIND znalazł zastosowanie zwłaszcza w wypadku pierwszego składnika pakietu technologicznego – inwestycji energetycznych. Jego rolą była wycena realizacji w Polsce wariantu „odnawialnego” zgodnie z którym produkcja energii w roku 2030 będzie odbywała się w elektrowniach węglowych, gazowych i odnawialnych (biomasa, wiatr, woda) Szczegółowy opis scenariusza przedstawiono w sekcji 3.2.1.

Moduł MIND wyznacza skalę niezbędnych inwestycji i subwencji publicznych koniecznych do wyrównania progu rentowności firmom prywatnym, rezygnującym z tańszej technologii węglowej na rzecz droższej technologii nieemisyjnej. Wyboru konkretnych technologii dokonuje się na podstawie kryterium NPV – optymalizacyjna część modułu modelująca energetykę dąży do minimalizacji kosztów osiągnięcia podanego poziomu emisji w sektorze. Należy podkreślić, że MIND traktuje energetykę w sposób zagregowany, choć w cenie poszczególnych technologii uwzględnia koszty dodatkowe inwestycji. Dlatego – przykładowo – możliwości budowy linii przesyłowych łączących Polskę z zagranicą są w IBS CAST uwzględniono tylko o tyle, o ile tego typu połączenia obecnie już istnieją w obrębie Unii Europejskiej. Nie modelowaliśmy także możliwości rozwoju energetyki rozproszonej ze względu na brak danych umożliwiających ekstrapolację na poziom makroekonomiczny, choć np.

koszty budowy energetyki wiatrowej uwzględniają dodatkowe wydatki wynikające z konieczności budowy rezerwy mocy w postaci elektrowni gazowych. Uwzględnione koszty jednostkowe są zbieżne z danymi Instytutu McKinsey'a. Szczegóły założeń modułu przedstawiamy w Aneksie.

2.3 Metodologia symulacji makroekonomicznych – model MEMO

Głównym narzędziem symulacyjnym pakietu CAST jest model MEMO (*MacroEconomic Mitigation Options Model*) autorstwa Bukowskiego i Kowala (2010). MEMO jest dynamicznym, stochastycznym modelem równowagi ogólnej (DSGE) przeznaczony do analizy wpływu różnorodnych instrumentów polityki klimatycznej i energetycznej na małą gospodarkę otwartą.

2.3.1 Dynamiczne stochastyczne modele równowagi ogólnej (DSGE)

Modele klasy DSGE w praktyce modelowania makroekonomicznego stały się standardem w analizie prowadzenia polityki publicznej i są obecnie wykorzystywane w wielu bankach centralnych i instytucjach międzynarodowych⁶. Modele te są użytecznymi narzędziami dostarczającymi spójnej podbudowy teoretycznej do analizowania polityki publicznej. DSGE pomagają zidentyfikować źródła wahań gospodarczych, odpowiedzieć na pytania o zmiany strukturalne, prognozować skutki prowadzonej polityki oraz prowadzić myślowe eksperymenty kontrfaktyczne. Ich specyfikacja jest efektem badań nad metodyką modelowania makroekonomicznego (stopniowe odchodzenie od tradycyjnych ekonometrycznych modeli strukturalnych w kierunku modeli optymalizacyjnych w równowadze ogólnej, odpornych na krytykę Lucasa i Simsa i silnie osadzonych w fundamentach mikroekonomicznych) oraz teorii mikro- i makroekonomicznych (akcentowanie konsekwencji konkurencji niedoskonałej, roli sztywności nominalnych i realnych oraz zachowań antycypujących i optymalizujących podmiotów w warunkach niepewności) (Grabek i in. 2010). Celem rozwoju metodologii DSGE było wyjaśnienie, w ramach jednego modelu, obserwowanych zjawisk ekonomicznych, takich jak wzrost gospodarczy i cykl koniunkturalny, aby umożliwić analizę efektów polityki fiskalnej i monetarnej. Podstawę architektury MEMO stanowi model realnego cyklu koniunkturalnego (RBC) wywodzący się z nurtu neoklasycznego. Modele DSGE są modelami RBC wzbogaconymi przez konkurencyjną szkołę neokeynesowską o sztywności nominalne i realne.

⁶ Np. model NAWM w Europejskim Banku Centralnym, SIGMA w Banku Rezerwy Federalnej Stanów Zjednoczonych (Fed), SOE-PL w NBP, ToTEM w Banku Kanady, BEQM w Banku Anglii, MAS w Banku Centralnym Chile, MEGA-D w Banku Centralnym Rezerw w Peru, NEMO w Banku Norwegii, RAMSES w Riksbanku w Szwecji. Także Międzynarodowy Fundusz Walutowy rozwinął własne modele DSGE do analizy polityki: GEM, GFM oraz GIMF. Komisja Europejska używa modelu QUEST III również będącego modelem DSGE. Dyskusję poświęconą tym modelom można znaleźć w artykule Tovara (2008).

Modele te są próbą integracji różnych czynników ekonomicznych determinujących zachowania podmiotów akcentowanych przez różne nurty i w tym sensie są efektem ich konsensusu.

Istotną zaletą modeli DSGE względem tradycyjnych modeli makroekonometrycznych jest szansa strukturalnego, tj. wewnętrznie spójnego, odwołującego się do zachowań podmiotów opisywanych na poziomie mikro, wyjaśnienia przyczyn obserwowanych zjawisk ekonomicznych i ich konsekwencji. Dlatego prognozy modelu nie są tylko odtworzeniem dotychczasowych, historycznych zachowań podmiotów, ale efektem ich decyzji, które podejmują aby zmaksymalizować swoją użyteczność lub zyski. Procesy gospodarcze determinowane są przez zaburzenia strukturalne. Wprawiają one gospodarkę w ruch, a podmioty gospodarcze reagują na nie, a w efekcie sprowadzają system do równowagi (niekoniecznie tej samej). Przez równowagę rozumie się tu taki system cen i alokację zasobów (pracy, kapitału, dóbr i usług), że rynek się czyści, czyli popyt zrównuje się z podażą.

Założenia modelu ograniczają się do przyjęcia „głębokich”, egzogenicznych względem systemu gospodarczego parametrów (jak np. stopa deprecjacji kapitału, udział nakładów pracy i kapitału w wytwarzanej produkcji, elastyczność popytu na energię itp.) oraz konkretnych postaci funkcyjnych użyteczności (czyli preferencji). Ustalenie tych parametrów dokonuje się poprzez kalibrację, czyli dopasowanie modelu do danych statystycznych.

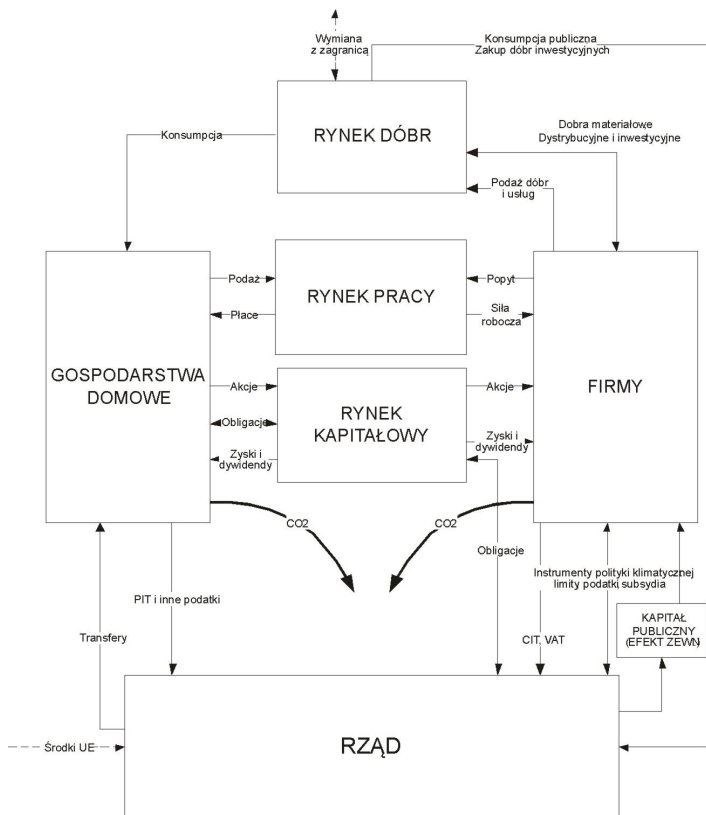
2.3.2 Model MEMO

MEMO jest przystosowany do gospodarki polskiej, dzięki bezpośredniej kalibracji jego parametrów na danych Głównego Urzędu Statystycznego, EU KLEMS i Eurostat. MEMO jest modelem dużej skali (ponad 2000 zmiennych) o bogatej, wielosektorowej strukturze produkcji. Podobnie jak inne modele klasy DSGE także w modelu MEMO podmioty ekonomiczne zachowują się w sposób racjonalny maksymalizując oczekiwaną użyteczność lub spodziewane przepływy finansowe (zyski lub straty) w każdym z 11 wyróżnionych sektorów produkcyjnych. Modelujemy małą gospodarkę otwartą, co oznacza, że uwzględniamy wymianę z zagranicą, ale popyt Polski na produkty i usługi nie wpływa na światowe ceny (w tym także na cenę kapitału – stopę procentową).

Podstawową strukturę modelowanego obiegu gospodarczego prezentujemy na Rysunek 3. Składa się na nią kilka głównych, wzajemnie powiązanych składowych: gospodarstwa domowe, prywatne przedsiębiorstwa, rząd oraz łączące je rynki pracy, kapitałowy i dóbr. Gospodarstwa domowe maksymalizują zdyskontowaną użyteczność ze strumieni konsumpcji i czasu wolnego, firmy zaś oczekiwaną wartość bieżącą strumienia przyszłych zysków. Rząd prowadzi dyskrecyjną politykę fiskalną, gromadząc dochody podatkowe z CIT, PIT, VAT, składek na ubezpieczenia społeczne oraz podatków majątkowych i przeznaczając je na wydatki bieżące i inwestycyjne

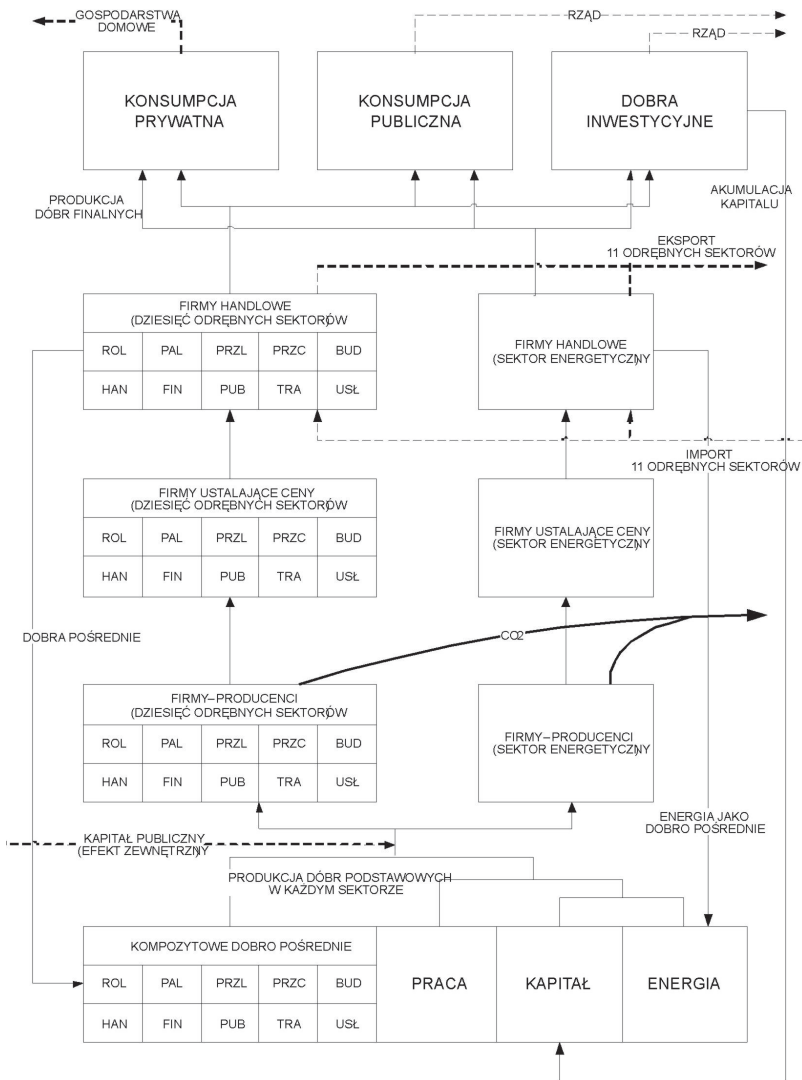
w postaci konsumpcji publicznej, transferów oraz wydatków kapitałowych. Na rynku dóbr ustalane są ceny finalne dóbr konsumpcyjnych, inwestycyjnych i rządowych, a także ceny producenta dóbr sektorowych. Odbiorcami finalnymi są gospodarstwa domowe, rząd oraz podmioty (działające jako nabywcy dóbr inwestycyjnych). Firmy produkcyjne sprzedają wytworzone przez siebie dobra zarówno odbiorcom finalnym, jak i pośrednim, kupując jednocześnie dobra inwestycyjne oraz materiały i energię od innych przedsiębiorstw (tak krajowych, jak i zagranicznych), by wykończyć je w procesie produkcji dóbr podstawowych.

Rysunek 3. Struktura modelu MEMO



Źródło: Bukowski i Kowal (2010), Instytut Badań Strukturalnych.

Rysunek 4. Struktura produkcji modelu MEMO.



Źródło: Bukowski i Kowal (2010), Instytut Badań Strukturalnych.

Na rynku pracy ustalają się płace sektorowe, a podaż i popyt na pracę równoważą się przy zastrzeżeniu istnienia niedoskonałego mechanizmu poszukiwań i dopasowania ofert pracy, w wyniku którego rynek ten wykazuje odstępstwa od klasycznej walrasowskiej specyfikacji, pozwalając tym samym na współwystępowanie bezrobocia i wakatów. Z kolei na rynku kapitałowym poszczególne podmioty występują jako pożyczkodawcy lub pożyczkobiorcy netto. W szczególności dotyczy to rządu, który emituje dług publiczny, oraz gospodarstw domowych, które są jego nabywcami.

mi. Rolą rynku kapitałowego jest także pośredniczenie między oszczędzającymi gospodarstwami a inwestującymi firmami, a więc przekształcanie oszczędności w kapitał produkcyjny i przekazywanie w zamian udziału w wypracowywanych zyskach.

Od strony produkcyjnej modelowana gospodarka została podzielona na 11 sektorów: (1) rolnictwo i przemysł spożywczy, (2) przemysł lekki, (3) przemysł ciężki, (4) górnictwo, kopalnictwo i wytwórstwo paliw, (5) energetykę, (6) budownictwo, (7) handel, (8) transport, (9) usługi finansowe, (10) usługi publiczne, (11) inne usługi. Środkami produkcji dóbr podstawowych w każdym sektorze są kapitał, praca, materiały oraz energia. Proces ten ilustruje Rysunek 4.

Produkcja dóbr podstawowych odbywa się sekwencyjnie. Początkowo łączą się ze sobą kapitał i energia, tworząc kompozyt typu CES, który następnie łączy się z pracą, a ostatecznie z kompozytem materiałów. Firmy produkcyjne korzystają także z efektów zewnętrznych generowanych przez produktywny kapitał publiczny. Pośrednio dysponują one siłą monopolistyczną, dzięki której osiągają zysk. Produkcja dóbr finalnych odbywa się przy użyciu dóbr podstawowych w trzyetapowym procesie.

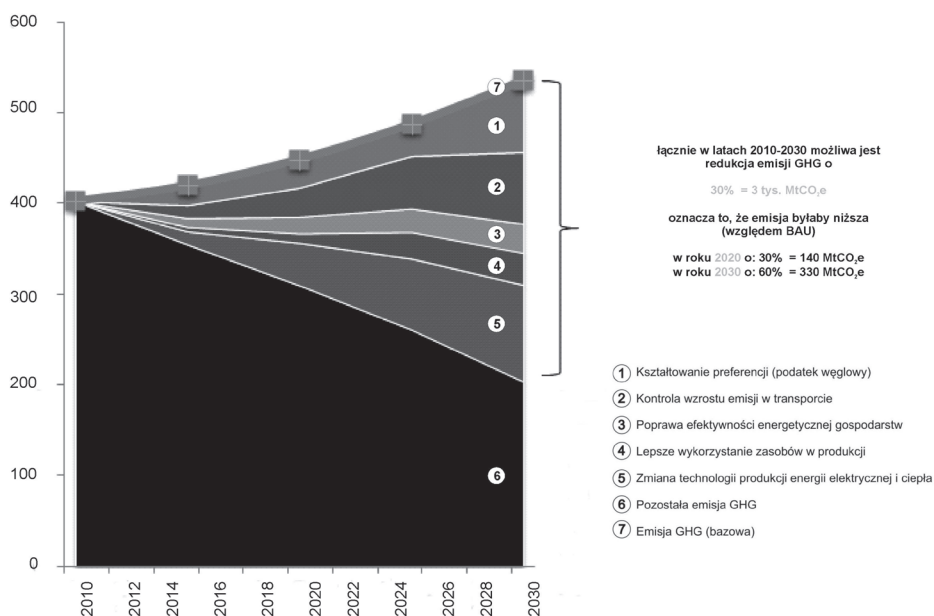
W etapie pierwszym firmy produkują sektorowe dobra pośrednie (podstawowe) oraz emitują gazy cieplarniane do atmosfery. Poziom emisji zależy przede wszystkim od zużycia paliw kopalnych oraz energochłonności produkcji. W kolejnym etapie produkt sektorowy ulega zróżnicowaniu, a ceny wytworzonych dóbr ustalają się na poziomie maksymalizującym zysk. Marże kalibrowane są na danych. W etapie trzecim do procesu produkcji włączają się firmy handlowe, wytwarzające z sektorowych dóbr krajowych i zagranicznych jednorodne dobra sektorowe sprzedawane następnie wytwórcom dóbr finalnych (konsumpcja prywatna, publiczna i dobra inwestycyjne), firmom produkcyjnym jako dobra materiałowe i energia. Firmy te pośredniczą także w wymianie z zagranicą.

Parametryzacja (kalibracja) modelu MEMO została przeprowadzona bezpośrednio na danych dotyczących Polski, pochodzących ze źródeł GUS, EUROSTAT I EU KLEMS. W szczególności dotyczy to tablic przepływów międzygałęziowych odzwierciedlonych bezpośrednio w strukturze produkcji, zysków, podaży i popytu na pracę, płac, wielkości dochodów i wydatków rządowych, itp. Parametry elastycznościowe oszacowano na podstawie literatury przedmiotu, zaś parametry odpowiadające za predykcyjne własności modelu wyestymowane na danych makroekonomicznych. Szczegóły tego procesu prezentują Bukowski i Kowal (2010).

3 POTENCJAŁ OGRANICZENIA EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH I KOSZTY

Zgodnie ze scenariuszem referencyjnym BAU, całkowita emisja gazów cieplarnianych w Polsce w 2030 r. wyniesie ok. 540 MtCO₂e, co oznacza, że aby zmniejszyć emisję do poziomu 210 MtCO₂e konieczna jest skala redukcji sięgająca ok. 30% w roku 2020 i 60% w roku 2030 (względem 1990 r., gdy emisje wynosiły 453 MtCO₂e, oznaczałoby to redukcję o 54%). Łącznie pozwoliłoby to obniżyć emisję GHG na przestrzeni całego dwudziestolecia o ok. 3 mld ton CO₂e. By tak się stało konieczne jest zarówno wdrożenie szeregu innowacji technologicznych w sektorze prywatnym (przedsiębiorstwa, gospodarstwa domowe), jak i publicznym (budynki użyteczności publicznej).

Rysunek 5. Potencjał redukcji emisji GHG w latach 2010-2030



Źródło: Opracowanie własne IBS na podstawie symulacji modeli BAU, MIND, MEMO.

Zidentyfikowany przez nas (na podstawie oszacowań McKinsey (2010)) technologiczny potencjał redukcji emisji, a więc taki, jaki można osiągnąć dzięki innowacjom technologicznym bez konieczności redukcji wolumenu produkcji i konsumpcji, nie wystarczy do osiągnięcia wyznaczonego celu. Osiągnięcie wyznaczonego celu wymaga dodatkowego wykorzystania instrumentów fiskalnych ograniczających po-

pyt na uwęglowane dobra i usługi. Wielkość podatku węglowego dobraliśmy tak, aby łączny pakiet technologiczno-fiskalny pozwolił zmniejszyć emisje GHG do 210 MtCO₂e w 2030 r. Instrumenty fiskalne współkształtujące (poprzez mechanizm cen względnych) preferencje podmiotów gospodarujących i obywateli w zakresie konsumpcji energii i paliw odpowiadają za około ¼ całości redukcji. Dla celów symulacji założyliśmy, że podnoszą one bezpośrednio cenę węgla zużywanego w energetyce, są więc podatkiem węglowym nałożonym na ten sektor.

W tym miejscu warto zaznaczyć, że średnie (w całym okresie) dodatkowe zaangażowanie inwestycyjne wynikające z wdrażania pakietu technologicznego można szacować na ok. 1,5 proc. PKB średniorocznie, przy czym początkowo (przed rozpoczęciem inwestycji w energetyce) byłoby ono niższe, a później (gdy realizowane są jednocześnie różne typy projektów) sięgnąć nawet 2,5 proc. Wobec całkowitej stopy inwestycji w Polsce sięgającej ok. 20 proc. PKB, oznacza to, że cały pakiet należy traktować jako ambitny, choć wykonalny.

Jednocześnie jednak warunkiem *sine qua non* jego wdrożenia jest pośrednia lub bezpośrednia partycypacja państwa w części kosztów inwestycyjnych – zwłaszcza w energetyce. Wsparcie państwa może przyjmować różne formy, które z ekonomicznej perspektywy są równoważne. Ich rolą jest skompensowanie sektorowi prywatnemu dodatkowych kosztów inwestycyjnych związanych z wyborem technologii relatywnie droższej, a dostarczającej ten sam poziom produkcji energii co tradycyjna technologia węglowa. Od strony makroekonomicznej nie ma znaczenia, czy przyjmują one formę subsydiów do danego typu technologii, rezygnacji z dywidendy (realizacja inwestycji przez należące do skarbu państwa podmioty), czy też preferencji podatkowych (derogacji). Oszacowany przez moduł MIND koszt tego zaangażowania publicznego sięga ok. 1,5 proc. PKB.

Tabela 1. Porównanie przewidywanej skali dodatkowych inwestycji niezbędnych do wdrożenia pakietu w zależności od wariantu (proc. PKB rocznie).

| | Warianty | | | | | | | | | | | |
|---|---|---------|---------|---------|------------|---------|---------|---------|----------|---------|---------|---------|
| | nuklearny | | | | odnawialny | | | | pośredni | | | |
| | 2010-14 | 2015-19 | 2020-24 | 2025-29 | 2010-14 | 2015-19 | 2020-24 | 2025-29 | 2010-14 | 2015-19 | 2020-24 | 2025-29 |
| | Dodatkowe inwestycje (% PKB średniorocznie) | | | | | | | | | | | |
| Pakiet technologiczny (bez energetyki) | 0.6 | 0.8 | 1.1 | 1.2 | 0.6 | 0.8 | 0.1 | 1.2 | 0.6 | 0.8 | 1.1 | 1.2 |
| Energetyka | 0,1 | 0.9 | 0.3 | 1.2 | 0.1 | 1.2 | 1.4 | 1.0 | 0.1 | 1.0 | 1.0 | 1.1 |
| | w tym subwencje rządowe (% PKB średniorocznie) | | | | | | | | | | | |
| Pakiet technologiczny (bez energetyki) | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.3 | 0.2 |
| Energetyka | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.1 | 1.1 | 0.9 | 0.6 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 0.2 |

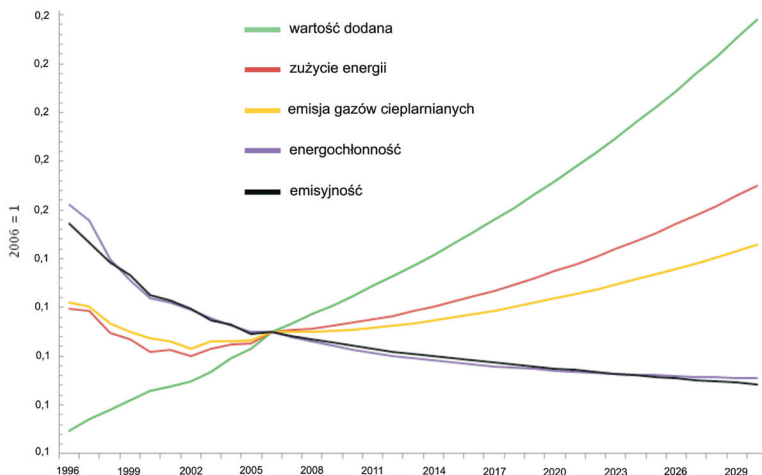
Źródło: Opracowanie własne IBS na podstawie symulacji modeli BAU, MIND, MEMO.

W następnych podsekcjach przedstawiamy kolejno (3.1) wyniki prognozy BAU, będącej scenariuszem odniesienia, względem którego rozważamy możliwości zmniejszenia emisyjności polskiej gospodarki do 2030 r. o 60% poprzez (3.2) zastosowanie efektywniejszych energetycznie technologii dzięki inwestycjom kapitałowym oraz (3.3) instrumenty fiskalne – podatek węglowy oddziałujący na popyt na energię oraz produkty emisyjnochłonne. Analizy te kończą szacunki makroekonomicznych skutków pakietu.

3.1 Scenariusz referencyjny BAU – wyniki prognozy

Moduł BAU przewiduje, że przeciętne roczne tempo wzrostu PKB Polski w latach 2010-2030 wyniesie 3,5 proc. W efekcie dojdzie do podwojenia globalnej wartości dodanej. Jednocześnie całkowita energochłonność i emisyjność gospodarki mierzona wielkościami zużycia energii i emisji gazów na jednostkę wytwarzanej produkcji będzie stopniowo maleć, dzięki czemu zaobserwujemy konwergencję obu wielkości do poziomu UE15 w 2030 r. W odróżnieniu od lat 1990-2006 spadek ten nie będzie jednak wystarczający, by zapobiec całkowitemu wzrostowi zużycia energii i emisji zanieczyszczeń atmosferycznych ogółem – proste rezerwy redukcyjne już się bowiem wyczerpały i wraz ze wzrostem gospodarczym należy oczekiwać zwiększenia tak wolumenu konsumowanej energii, jak i emitowanych gazów cieplarnianych. BAU zakłada, że obie wielkości wzrosną względem 2006 roku odpowiednio o 60% i 36% do 2030, a więc znacząco mniej niż PKB. Oznacza to, że o ile utrzymane zostanie obecne technologiczne i instytucjonalne *status quo* polityki energetycznej, to wywierana przez polską gospodarkę antropopresja środowiskowa będzie wzrastać.

Rysunek 6. Prognozowana dynamika wartości dodanej a tempo wzrostu zużycia energii i emisji zanieczyszczeń atmosferycznych w Polsce w latach 2006-2030, wartości zmiennych unormowane do 2006 r.



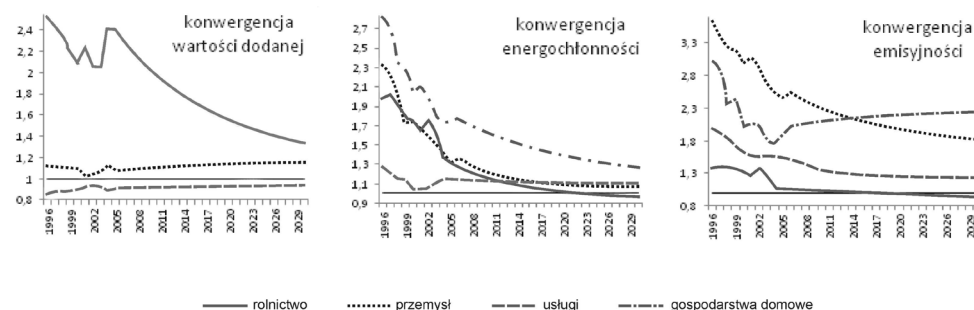
Źródło: Opracowanie własne IBS na podstawie symulacji modelu IBS-BAU.

Należy podkreślić, że instytucjonalne *status quo* w polityce energetycznej w scenariuszu BAU nie oznacza, że w roku 2030 zarówno podaż, jak i popyt na energię pozostaną takie same jak w roku 2010, a jedynie, że nie dojdzie w tym względzie do żadnego znaczącego przełomu. Innymi słowy, w scenariuszu BAU zakładamy, że zmiany zachodząc będą stosunkowo powoli zgodnie z trendami zarysowanymi w przeszłości i konserwatywnymi założeniami co do ich przyszłej kontynuacji. Scenariusz referencyjny przewiduje w szczególności, że konwergencja widoczna na poziomie całej gospodarki będzie bezpośrednim następstwem podobnego procesu zachodzącego w sektorach. Rysunek 7. przedstawia przewidywane przez moduł IBS-BAU tempo konwergencji dla rolnictwa, przemysłu i usług. Prognoza wskazuje, że w nadchodzących 20 latach udział rolnictwa i usług w wytwarzaniu PKB będzie zbliżał się do wskaźników europejskich, przy czym w pierwszym przypadku będzie to zjawisko szczególnie dynamiczne – z 2,4 średniej unijnej w 2006, do 1,4 w 2030 r. Można oczekiwać, że dotychczasowy udział rolnictwa w wytwarzaniu wartości dodanej będzie się obniżał kontynuując trend ostatnich 20 lat. W przypadku przemysłu wydaje się zachodzić powolna dywergencja. Takie przewidywania zgodne są z rysującą się już specjalizacją w obrębie Europy, zgodnie z którą kraje NMS są przeciętnie bardziej zindustrializowane niż państwa tzw. „starej UE”, a różnica ta nie tylko nie wykazuje tendencji do zanikania, lecz wręcz pogłębia się.

Panel środkowy obrazuje ścieżkę czasową stosunku energochłonności trzech sektorów polskiej gospodarki do średniej energochłonności odpowiednich sektorów w UE. W tym przypadku proces konwergencji przebiega szybko – do 2020 r. energochłonność wszystkich sektorów byłaby na poziomie średniej europejskiej. Właśnie to zjawisko jest główną przyczyną oczekiwanego wzrostu ogólnego poziomu konsumpcji energii w Polsce.

Na koniec, panel prawy Rysunek 7. prezentuje przewidywania modułu BAU w zakresie skali emisyjności (czyli stosunku emisji gazów cieplarnianych do wartości dodanej w danym sektorze) w Polsce do średniej europejskiej. Poziom emisji GHG zależy w dużej mierze od zużycia energii, dlatego konwergencja emisji jest uzależniona od procesu doganiania w strukturze wartości dodanej oraz energochłonności w sektorach. Z projekcji wynika, że choć tempo konwergencji emisyjności jest znacznie wolniejsze, niż w przypadku energochłonności, to zbieżność jest wyraźna. Polski przemysł, emitujący w 2006 r. 2,5 razy więcej gazów w porównaniu do wytwórstwa europejskiego, w 2030 r. będzie ich emitował wciąż dwa razy więcej na jednostkę produktu (przy ogólnym spadku energochłonności). W środkowym i prawym panelu obrazujemy także relację zużycia energii/wielkości emitowanych zanieczyszczeń atmosferycznych przez gospodarstwa domowe do całkowitego PKB. Ponownie: ich energochłonność z dwukrotnie wyższej w 2006, ma zmniejszyć odchylenie od średniej unijnej do 1,3 w 2030 r. Przeciwną tendencję wykazuje emisyjność: z 2 razy większej w 2006 miałyby wzrosnąć do 2,3 w 2030 r.

Rysunek 7. Projekcje konwergencji 3 polskich sektorów estymowane modelem BAU (EU21=1) do 2030 r.



Źródło: Opracowanie własne IBS na podstawie symulacji modelu IBS-BAU.

Wzrost całkowitego zużycia energii i wielkości emisji jest z jednej strony zwiększany przez wzrost globalnej wielkości dodanej wytwarzanej w gospodarce, z drugiej strony hamowany przez energo- i emisjo-oszczędny postęp techniczny oraz rozwój usługowej gospodarki opartej na wiedzy. O ile w przypadku struktury wartości dodanej oraz energochłonności można spodziewać się względnie szybkiej konwergencji do 2030 r., o tyle w przypadku emisyjności proces ten będzie bardziej długotrwały.

3.2 Potencjał technologiczny – podejście inżynierskie

Choć całe spektrum technologii pozwalających zmniejszyć emisje gazów cieplarnianych jest już obecnie dostępne, większość z nich wciąż oczekuje na upowszechnienie. Potrzebny jest na to czas, aby mógł zadziałać naturalny dla gospodarki rynkowej proces dyfuzji innowacji. Proces ten jednak cechuje się zróżnicowaną dynamiką i może być spowolniony przez niedoskonałości rynku opisane w dalszej części tej sekcji. Dlatego przyspieszenie propagacji energooszczędnych technologii może być korzystne nie tylko z punktu widzenia przyszłych pokoleń i ich dobrobytu społecznego, ale także z perspektywy obecnie żyjących Polaków.

Przy szacowaniu kosztów i efektów redukcyjnych nowych technologii w różnych dziedzinach aktywności gospodarczej przyjęliśmy, że obie wielkości w horyzoncie czasowym do 2030 r. będą ulegały stopniowej, choć nie radykalnej poprawie. Idziemy tu bezpośrednio w ślad za Instytutem McKinsey'a (McKinsey 2009), który zakłada pewną poprawę kosztową i efektywnościową niektórych nowych technologii niskowęglowych (np. energetyki wiatrowej), jednocześnie przyjmując konserwatywne podejście wszędzie tam gdzie nie ma wystarczających podstaw pozwalających na ocenę przyszłych zmian technologicznych. Jak do tej pory, wiele z wymienionych technologii nie zostało nigdzie na świecie wdrożonych w praktyce, co uniemożliwia wiarygodne oszacowanie nie tylko przyszłych, ale i obecnych rynkowych parametrów tych technologii, a więc także skali niepewności z tym związanej.

Z tego względu konserwatywne podejście do cen energetyki odnawialnej (poza wiatrową) i technologii CCS w przemyśle przyjęte w symulacjach modułu MIND w ślad za Instytutem McKinsey'a wydaje się być uzasadnione.

Interpretując ostateczne wyniki warto pamiętać, że niektóre opcje technologiczne mogą w rzeczywistości tanieć, w miarę upływu czasu w cyklu życia produktu, szybciej niż przewidujemy to w scenariuszach. Złagodziłoby to obciążenie całej gospodarki pakietem klimatycznym w porównaniu do przedstawionych symulacji. Z drugiej jednak strony np. upowszechnienie wiedzy o niektórych produktach technologicznych lub subsydia rządowe dużej skali mogłyby zwiększać przejściowo⁷ ceny określonych rozwiązań. Choć drugi efekt nie może dominować w długim okresie, to jednak poszerza margines ryzyka, co do kształtowania się cen i efektywności różnych opcji technologicznych w przyszłości. W rezultacie najlepszym rozwiązaniem było oparcie symulacji o konserwatywne założenia technologiczne Instytutu McKinsey'a, których dodatkową zaletą jest także ich dobra dokumentacja w domenie publicznej.

3.2.1 Zmiana technologii produkcji w energetyce – wariant odnawialny

Generowanie zanieczyszczeń atmosferycznych jest zjawiskiem ściśle związanym ze zużyciem energii, a jednocześnie zjawiskiem o niebagatelnych długookresowych skutkach klimatycznych. Dlatego dynamikę kształtowania się obu wielkości w czasie należy rozpatrywać łącznie. Struktura produkcji energii elektrycznej w Polsce w zależności od źródeł jest niekorzystna z perspektywy celów polityki klimatycznej, bo aż 90% energii jest generowane w elektrowniach zawodowych opalanych węglem (55,6% kamienny, 34,6% brunatny)⁸, które cechują się bardzo wysoką emisyjnością. Tak duży udział technik konwencjonalnych z jednej strony oznacza duże możliwości redukcji w długim okresie, a z drugiej poważne ograniczenia w średniej perspektywie czasowej (do roku 2030), wynikające z konieczności względnie dużych nakładów kapitałowych, koniecznych do zmiany obecnego *status quo*. Paradoksalnie szansą na przyspieszenie zmiany jest to, że w najbliższym dwudziestoleciu swój okres użytkowania kończą duża część działających obecnie bloków węglowych⁹.

Electricity mix opisuje kompozycję źródeł energii elektrycznej w danym rejonie. Jedną z kluczowych i koniecznych zmian w kierunku zmniejszenia emisyjności polskiej gospodarki jest zmniejszenie dużego udziału technik węglowych w wytwarzaniu energii w Polsce. W celach symulacyjnych rozważamy, w ślad za Bukowskim i Kowalem (2010) (por. także McKinsey (2010) oraz Bank Światowy (2011)) scenariusz rozwoju energetyki odnawialnej i pośredni. Jego realizacja oznaczać będzie uzyskanie poziomu redukcji emisji w energetyce (ok. 53 proc. względem BAU i w odniesieniu do emisji gazów cieplarnianych w 1990 roku).

⁷ Tzn. zanim nie pojawią się inni dostawcy skuszeni wysoką marżą.

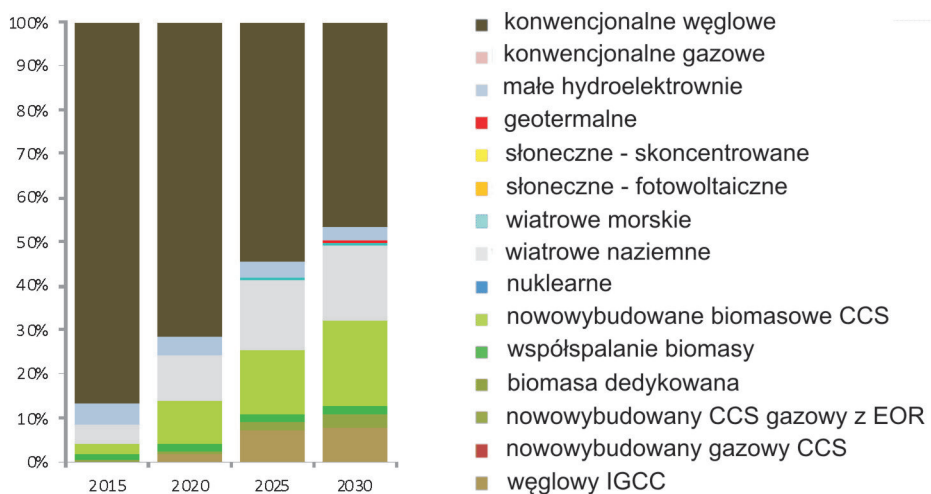
⁸ Źródło: PSE-Operator SA.

⁹ <http://www.mg.gov.pl>

Różne warianty polityki energetycznej prezentują rezultaty różnych preferencji rządu w odniesieniu do technologii redukcji emisji. Aby ocenić ilościowo koszty wdrażania analizowanego scenariusza rozwoju polskiej energetyki, obliczono wartość bieżącą netto (NPV) wszystkich 17 rozważanych typów elektrowni. Podstawowe cechy poszczególnych wariantów technologicznych dostępnych w energetyce zaczerpnięto z opracowania McKinsey (2010) i przedstawiono w tabeli 6. w Aneksie. Zgodnie z przedstawionymi tam obliczeniami cena uprawnień do emisji CO₂ przy której budowa danego typu elektrowni staje się bardziej opłacalna niż budowa klasycznej elektrowni węglowej waha się od ok. 15 euro w przypadku elektrowni gazowych do 250 euro w przypadku energetyki słonecznej czy dedykowanej biomasy bez współspalania. Z kolei cena energii (przy pominięciu kosztów inwestycyjnych) mogłaby być w wielu wypadkach w pełni porównywalna z energetyką węglową, a w niektórych nieco wyższa. Wyjątkiem znów jest energetyka słoneczna, której efektywność jest zbyt niska, by produkowana energia była konkurencyjna do energii klasycznej.

Moduł MIND generuje optymalne ścieżki inwestycji dla podanych założeń polityki energetycznej. Cechą rozpatrywanego wariantu (rysunek 8.) jest nadal duży udział elektrowni konwencjonalnych w 2030 r. oscylujący w przedziale 44-47%. Wynika on z ich dominującej obecnie roli w wytwarzaniu energii elektrycznej i (w mniejszym stopniu) ciepła dziś – energetyka jako kapitałochłonna gałąź produkcji nie może być w całości zmodernizowana na przestrzeni 20 lat – średni czas życia aktywów przekracza bowiem w niej znacznie ten okres. Założono ponadto, że nowe siłownie budowane w Polsce po roku 2010/2015 będą się (niezależnie od konkretnie zastosowanej technologii) cechowały niższą emisyjnością od elektrowni dzisiejszych. W badanym wariantcie przewidziano także wykorzystanie technologii CCS do pochłaniania dwutlenku węgla z elektrowni na biomasę.

Rysunek 8. Struktura wytwarzania energii do 2030 r. w wariantcie odnawialnym.



Źródło: Opracowanie własne IBS (symulacje IBS-MIND).

Warto zauważyć, że w proponowanym wariantcie następuje dywersyfikacja źródeł energii elektrycznej do 2030 r., co jest korzystne z punktu widzenia konsumentów. Używanie różnych technologii wytwarzania energii jest optymalne ekonomicznie:

- niektóre technologie są bardziej adekwatne do pracy w szczycie w cyklu dziennym i rocznym wykorzystania energii, inne w pracy „podstawowej” (np. szybsze uruchomienie dodatkowych mocy produkcyjnych przy niższych kosztach),
- zróżnicowany czas budowy elektrowni: optymalne może być uruchomienie technicznie nieefektywnych maszyn dla zapewnienia wytworzenia elektryczności na czas (co ogranicza wahania cen energii),
- dopasowanie zasobów do technologii w różnych regionach i fakt, że koszty transportu wytworzonej energii mogą być niższe niż koszt transportu surowca.

Jako preferowany scenariusz energetyki odnawialnej optymalizacyjna część modułu MIND wskazała wariant oparty na kombinacji energii wiatru i biomasy (rysunek 8.). Zakładamy w nim, że rząd jest zainteresowany czynnym promowaniem tych typów źródeł energii – bez tego wsparcia wybierane byłyby tańsze opcje. Energia zawarta w biomacie jest względnie mało kapitałochłonnym źródłem energii odnawialnej, stąd tak znaczny jej udział w rozważanym scenariuszu.

Przez biomasę rozumie się w ekologii ogólną masę materii organicznej, zawartą w organizmach zwierzęcych i roślinnych w danym siedlisku. Pod tym pojęciem kryje się także całość występującej w przyrodzie materii pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego nie wliczając w to materii organicznej zawartej w paliwach kopalnych. Energia słoneczna akumulowana początkowo przez rośliny później przez łańcuch pokarmowy trafia także do organizmów zwierzęcych. Energię zawartą w biomasie człowiek może wykorzystać do własnych celów poprzez spalanie jej samej lub produktów jej rozkładu. Do celów energetycznych wykorzystuje się najczęściej: drewno odpadowe, odchody zwierząt, osady ściekowe, słomę, makuchy i inne odpady produkcji rolniczej oraz wodorosty uprawiane specjalnie w celach energetycznych¹⁰. Spalanie biomasy jest uważane za korzystniejsze dla środowiska niż spalanie kopalni, ponieważ zawartość szkodliwych pierwiastków (przede wszystkim siarki) w biomasie jest dużo niższa, a tworzący się w procesie spalania dwutlenek węgla jest zamieniany na biomasę przez kolejne pokolenia organizmów żywych wytwarzających biomasę, które następnie są znowu spalane itd. W przypadku spalania paliw kopalnych dwutlenek węgla pojawia się w środowisku nagle, po milionach lat gromadzenia i przekształcaniu się pokładów biomasy w paliwa kopalne, co przyspiesza efekt cieplarniany.

¹⁰ <http://www.portfel.pl/pl/ekologia/art720-Biomasa.html>.

W Polsce biomasa jest uważana za odnawialne źródło energii o największych zasobach¹¹. W 2008 r. ponad 90% energii odnawialnej¹² było wytwarzane z tego źródła. Dominującym surowcem pozostawało drewno i jego odpady. Jej zastosowanie jest na tyle tanie, że już teraz może konkurować z paliwami kopalnymi, jednakże trzeba liczyć się z niekorzystnymi efektami zewnętrznymi w postaci wzrostu cen surowca odnawialnego i wpływu, jaki to wywiera na inne branże – np. meblarską. Alternatywnych źródeł biomasy można w Polsce szukać w obszarach intensywnej produkcji rolnej. Dlatego energetyka oparta na biomase może okazać się atrakcyjna w północnej i zachodniej Polsce ze względu na nadwyżki słomy w gospodarstwach rolnych. Również północne, północno-wschodnie i północno-zachodnie rejony kraju posiadają największe możliwości wykorzystania biogazu z odpadów zwierzęcych. W północno-wschodnich rejonach Polski, gdzie infrastruktura energetyczna jest słabiej rozwinięta niż w reszcie kraju, biomasa wydaje się szczególnie atrakcyjna. Uprawy energetyczne mogą także okazać się dobrym źródłem dywersyfikacji dochodów rolników, które będą wówczas mniej narażone na wahania cen żywności. Przykładowo, w przypadku słomy dodatkowym atutem jej energetycznego wykorzystania jest zmniejszenie wypalania jej na polach powodującego poważne zagrożenie dla środowiska i zdrowia mieszkańców.

Według szacunków Europejskiego Centrum Energii Odnawialnej potencjał techniczny drewna i jego odpadów z lasów i sadów możliwy do wykorzystania w energetyce wynosi 8,81 mln t. Nadwyżki słomy natomiast sięgają 7,84 mln t rocznie. Łączne zasoby biomasy (słomy odpadowej, odpadów drzewnych, osadów ściekowych przemysłu celulozowo-papierniczego, spożywczego oraz miejskich odpadów komunalnych) już obecnie mogą dawać ok. 30 mln t rocznie, co jest równoważne 15-20 mln t węgla, podczas gdy łączne zużycie węgla w Polsce wynosiło w 2008 roku 135 mln t. Rolnictwo i leśnictwo zbierają w Polsce biomasę kalorycznie równoważną 150 mln t węgla. Tylko w trzech województwach: dolnośląskim, pomorskim i wielkopolskim – wg rozpoczętych już inwestycji – zapotrzebowanie na biomasę wyniesie rocznie 300 do 600 tys. t w latach 2010-2014 i 1,5 mln t w latach 2015-2018. Od roku 2019 zapotrzebowanie sięgnie nawet 2-3 mln t rocznie¹³.

Uprawy wciąż nie nadążają za tymi przemianami – plantatorzy są ostrożni i niechętnie inwestują na rynku, na którym nie wiedzą ile uda im się sprzedać i gdzie jest granica opłacalności. Uprawa roślin energetycznych to duża i wieloletnia inwestycja kapitałowa. Nadmierna awersja do ryzyka rolników wpływa na niepewność w branży energetycznej, która obawia się z kolei braków w dostawach surowca. Obawy te są dość nieracjonalne, ponieważ polityka UE w przyszłości prawdopodobnie będzie coraz bardziej faworyzować odnawialne źródła energii, a w Polsce biomasa z dużym prawdopodobieństwem będzie dominowała w tej klasie źródeł. Już obecnie większość inwestycji w tym sektorze było możliwe dzięki wypracowanemu systemowi finansowania. Jego najważniejszymi źródłami są m.in. Program

¹¹ Energia z biomasy liderem źródeł odnawialnych, portfel.pl, <http://www.portfel.pl/pdf/art6400>.

¹² Zużycie biomasy w Polsce, portfel.pl, <http://www.portfel.pl/pdf/art2291>.

¹³ Energia z biomasy liderem źródeł odnawialnych, portfel.pl, <http://www.portfel.pl/pdf/art6400>.

Operacyjny Infrastruktura i Środowisko (POIS), ramy IX i X priorytetu oraz program dla przedsięwzięć w zakresie odnawialnych źródeł energii uruchomiony przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Kluczowym elementem programów wsparcia jest profesjonalne przygotowanie całego procesu przygotowania inwestycji, a więc wsparcie informacyjne, zmniejszające bariery wejścia na rynek. Powyższe argumenty podtrzymują tezę, że skoordynowana polityka państwa może pobudzić ten rynek i szybciej wykorzystać tkwiący w nim potencjał.

Biomasa może być w sposób opłacalny używana głównie w niewielkich elektrowniach, które mogą dostarczać energię małym miastom i wsiom. Elektrownie te zgodnie z rozważanym scenariuszem będą budowane w technologii CCS, co jest pożądane z punktu widzenia emisji CO₂. Wariant ten zakłada, że z końcem rozważanego okresu możliwe będzie zaspokajanie biomasą 24% zapotrzebowania na energię w 2030 r. (19% w elektrowniach CCS, 3% w technologii biomasy dedykowanej, 2% przy współspalaniu biomasy). Oczywiście tak duża część popytu na energię nie może być zaspokajana tylko spalaniem drewna. Dotychczas polski rynek wykorzystywał głównie biomasę leśną, która z czasem będzie zastępowana przez biomasę rolniczą (wykorzystanie nadwyżek słomy oraz specjalne uprawy energetyczne) i odpadową.

Pozornie może się wydawać, że ponieważ energia z biomasy jest neutralna z punktu widzenia wytwarzania gazów cieplarnianych, to nie ma potrzeby ponoszenia dodatkowych kosztów na wciąż drogą technologię CCS. Wykorzystanie jej pozwoli jednak na – w pierwszej fazie – przechwycenie przez biomasę części CO₂ generowanego przez elektrownie konwencjonalne oraz – w drugiej – na uwięzienie tego CO₂. W ten sposób zagregowane emisje w ujęciu netto będą pomniejszone.

Choć w Polsce nie istnieją tak dobre warunki do wykorzystania energii wiatru jak np. w Holandii, zgodnie z przyjętymi założeniami wciąż możliwe jest zainstalowanie 6,7 GW mocy w elektrowniach wiatrowych do 2030 r., które wytwarzałyby wówczas 18% całkowitej produkcji energii (tylko 1% byłby produkowany na morzu, pozostałe 17% w tańszych elektrowniach naziemnych).

Zgodnie z szacunkami modułu MIND realizacja tego wariantu inwestycyjnego podnosi inwestycje w energetyce o ok. 15 mld złotych rocznie (wg cen z 2010), co stanowi ok. 1% PKB przy przeciętnej rocznej wysokości subsydiów rządowych na poziomie ok. 60-70% tej wartości.

Rekomendacje

Przestarzała, węglowa struktura produkcji energii elektrycznej w Polsce stanowi wyzwanie z punktu widzenia konieczności redukcji emisji GHG. Jako najefektywniejszy wariant energetyki odnawialnej w Polsce w nadchodzących latach moduł MIND wybrał rozwój naziemnych elektrowni wiatrowych oraz opalanych biomasą – ok. połowy energii w 2030 r. byłoby dostarczane z tego typu źródeł. Stan ten zostaje osiągnięty przy inwestycjach rzędu 1% PKB rocznie finansowanych w większo-

ści rządowymi subsydiami. Jednocześnie inwestycje w emisyjne technologie będą mieć niższą stopę zwrotu z powodu wprowadzenia podatku węglowego.

3.2.2 Poprawa efektywności energetycznej gospodarstw domowych

Drugim po energetyce obszarem, w którym można upatrywać dużego potencjału do zmniejszenia emisji, jest energia zużywana w miejscu zamieszkania Polaków – w ich gospodarstwach domowych. W tej części raportu przedstawiamy rozwiązania pozwalające zmniejszyć energochłonność konsumentów. Już na początku należy jednak podkreślić, że ograniczamy się do instrumentów technologicznych po stronie podaży energii, których koszty oraz efekty można ocenić z względnie dużą precyzją. Nie rozważamy w analizie popytowych czynników behawioralnych, tzn. polegających na zmianie sposobu wykorzystywania energii przez jej odbiorców. Przykładem ostatnich może być zwiększenie świadomości społecznej kosztów ekologicznych nadmiernego zużywania energii i zachęcanie do oszczędniejszego używania światła¹⁴ lub obniżenia średniej temperatury w mieszkaniach¹⁵.

W 2009 r. gospodarstwa domowe w Polsce były odpowiedzialne bezpośrednio za 31% zużycia energii oraz bezpośrednio emitowały 9% całości gazów cieplarnianych. Zgodnie z prognozą BAU, przy braku zmian w produkcji oraz w sposobie wykorzystania energii, relacje te wyniosą w 2030 r. odpowiednio 27% oraz 9%, pozostając obszarem o istotnym potencjale redukcji nieefektywnego ekologicznie i ekonomicznie gospodarowania zasobami. W 2009 r. w kraju użytkowanych było 13 mln mieszkań o łącznej powierzchni użytkowej 938 mln m². W miastach znajdowało się 67% mieszkań, a na wsi 33%.

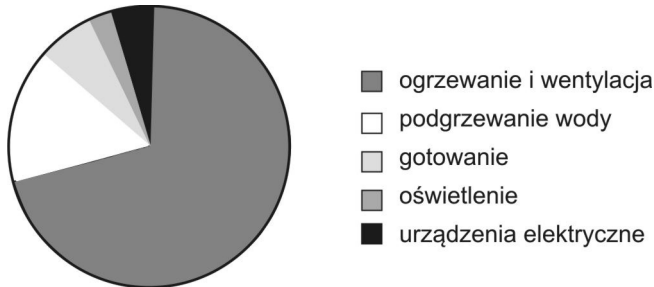
Ponad dwie trzecie zużywanej w gospodarstwach domowych energii jest przeznaczana na ogrzewanie i wentylację budynków (rysunek 9.). Struktura jej konsumpcji w gospodarstwach domowych jest jednak zbliżona do podawanej przez Niemiecki Urząd Statystyczny dla Niemiec (2010), dlatego nie należy spodziewać się istotnych zmian w jej obrębie w nadchodzących 20 latach. Większość mieszkań w Polsce została wybudowana kilkadziesiąt lat temu, przy niższych niż obecnie cenach energii (i zaniżonych oczekiwaniach względem cen w przyszłości) oraz znacznie niższej świadomości zagrożenia związanego z globalnym ociepleniem. Ta sytuacja na rynku energii przekładała się na przyjmowane rozwiązania techniczne w budownictwie – brakowało motywacji do ponoszenia kosztów odpowiedniej termoizolacji czy szczelnych okien. Wzrost cen energii dostarczył czysto ekonomicznych bodźców do zwiększenia efektywności jej spożycia w gospodarstwach domowych. Inwestycja w termoizolację stała się opłacalna w przypadku wielu budynków w Polsce, tym

¹⁴ Poprzez akcje społeczne, jak np. akcja „Godziny Ziemi” autorstwa WWF <http://www.earthhour.org/>, lub powszechną edukację w szkołach, zob. <http://dlaklimatu.pl/mapa/>.

¹⁵ Oddziaływanie tego typu czynników na redukcję emisji w przypadku Wielkiej Brytanii przedstawiono w przystępnej dla użytkownika formie aplikacji stworzonej na zlecenie Departamentu Energii i Zmian Klimatycznych w Wielkiej Brytanii: <http://my2050.decc.gov.uk/>.

bardziej w obliczu prognoz dalszego wzrostu cen energii na świecie (World Energy Outlook 2010). Niemniej wciąż większość gospodarstw i budynków użyteczności publicznej pozostaje nieocieplona w stopniu zapewniającym zyskowność. Jakie są przyczyny tego stanu rzeczy?

Rysunek 9. Struktura zużycia energii w budynkach mieszkalnych w Polsce.



Źródło: Pogorzelski i in. 2003.

Literatura ekonomiczna (Clinch i Healy 2000, McKinsey 2009) stwierdza zawodność rynku w wykorzystywaniu potencjalnych korzyści z termomodernizacji, na co składają się różne przyczyny:

- **Niespójność czasowa decyzji** – gospodarstwa domowe mogą jej ulegać, gdy odkładają remont na później, mimo że optymalną decyzją byłaby poprawa jakości izolacji natychmiast.
- **Kapitałochłonność inwestycji** – wstrzymuje wiele polskich rodzin od jej podjęcia, nawet mimo ich jednoznacznej zyskowności. Dzieje się tak w wyniku ograniczeń płynności – zbyt niskich dochodów dyspozycyjnych i braku pełnej elastyczności przy zaciąganiu kredytu.
- **Luka informacyjna** – zarządzający budynkami często nie zdają sobie sprawy z dostępnych współcześnie technologicznych możliwości zwiększenia szczelności przegród zewnętrznych.
- **Koszty transakcyjne** – koszty stałe uczenia się lub administrowania sposobami zarządzania energią.
- **Prawa własności** – duża część najmniej efektywnych energetycznie mieszkań w Polsce może być wynajmowana, jak np. wykazują badania w Wielkiej Brytanii (Boardman, 1991; Brechling i Smith, 1992) i Irlandii (Brophy i in., 1999). Lokatorom najczęściej nie opłaca się inwestować, jeśli zamierzają opuścić mieszkanie w niedługim czasie.

Istnieją instrumenty polityki gospodarczej państwa pozwalające eliminować wymienione przyczyny nieefektywności. W obszarze poprawy termoizolacji budynków w Polsce należy upatrywać dużego potencjału redukcji zużycia energii i emisji ga-

zów cieplarnianych. W latach 90. energochłonność ogrzewania budynków w Polsce należała do najwyższych w UE i była o ponad 50% wyższa od średniej unijnej (Boonekamp i Lapillonne 2008). Ta niekorzystna sytuacja systematycznie się poprawia w wyniku wprowadzania efektywniejszych energetycznie technologii budowlanych w nowych mieszkaniach, jak i dzięki stopniowo przeprowadzanym remontom termomodernizacyjnym starych budynków.

Polska należy dziś do unijnych liderów poprawy efektywności energetycznej ogrzewania mieszkań (Boonekamp 2008). Średni wskaźnik poprawy efektywności ogrzewania budynków (zużycie ciepła do ogrzewania przypadające na m² powierzchni użytkowej budynków) w całej UE był w omawianym okresie pięciokrotnie niższy niż wskaźnik osiągnięty w Polsce. Wynik ten jest efektem swoistej renty zapóźnienia – bardzo niekorzystnej pozycji na początku lat 90., kiedy ogrzewanie budynków w Polsce należało do najbardziej energochłonnych w Europie. Mimo wyraźnego postępu potencjał poprawy wskaźników energochłonności wciąż pozostaje duży. W dalszym ciągu energochłonność ogrzewania w Polsce jest znacząco wyższa od najlepszych wskaźników europejskich (np. ponad dwukrotnie wyższa niż w Holandii).

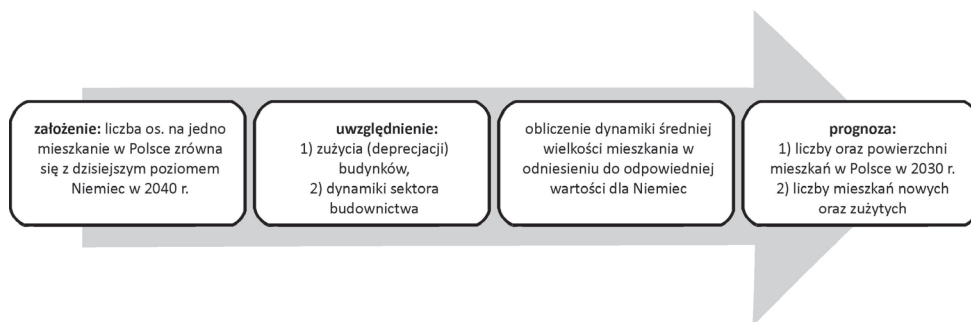
W przypadku gospodarstw domowych można wyróżnić dwa główne źródła niepewności dotyczącej przyszłej emisyjności i energochłonności gospodarstw domowych: (1) tempo i charakter rozwoju mieszkalnictwa oraz (2) szybkość adaptacji do nowych technologii (głównie w zakresie izolacji cieplnej). Do oceny problemu (1) została sformułowana prognoza przedstawiona poniżej. Problem (2) jest obszarem oddziaływania polityki energetycznej państwa, w szczególności regulacji oraz zachęt quasi-podatkowych, w tym indukowanych podatkowo sygnałów cenowych.

I Prognoza dla mieszkalnictwa w Polsce w 2030 r.

Poważnym problemem w szacowaniu całkowitego potencjału redukcji emisji GHG w gospodarstwach domowych oraz usługach jest brak statystyk dotyczących zasobów budynków w Polsce, w związku z czym konieczne jest przyjęcie wielu założeń, potencjalnie obciążonych błędem. Wszelkie szacunki w tej podsekcji oparto na danych o zasobach mieszkaniowych (BDL) oraz oddawanych rocznie nowych mieszkaniach (Budownictwo mieszkaniowe 1991-2009).

Logikę prognozy przedstawia syntetycznie Rysunek 10. Zgodnie z BAU poziom PKB *per capita* równy średniej UE15 z 2009 r. Polska osiągnie ok. 2029 r. Zakładając, że Niemcy obecnie konwergują „z góry” i są obecnie powyżej tego poziomu, a także uwzględniając wolniejszą konwergencję aktywów trwałych przyjęliśmy, że liczba osób przypadających na jedno mieszkanie w Polsce (287 os. na 100 mieszkań) zrówna się z odpowiednim współczynnikiem dla Niemiec z 2009 r. (208 os. na 100 mieszkań) dopiero w 2040 r. Założenie to jest punktem wyjścia prognozy.

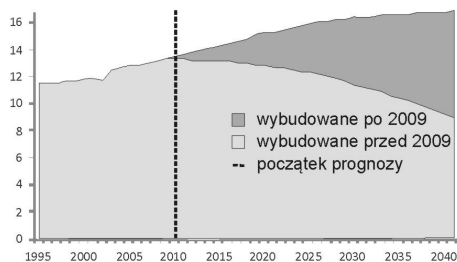
Rysunek 10. Metodyka prognozy dla mieszkalnictwa w Polsce do 2040 r.



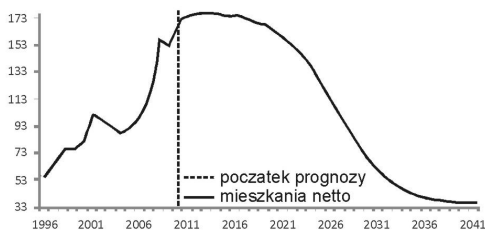
Źródło: Opracowanie własne IBS.

Skumulowany przyrost netto liczby oraz powierzchni mieszkań w Polsce jest zatem określony przez obecne wskaźniki dla Niemiec. Do określenia rozkładu tego przyrostu w czasie należy uwzględnić dodatkowe determinanty rozwoju mieszkalnictwa: tempo „zużycia” (deprecjacji) mieszkań oraz możliwości produkcyjne sektora budownictwa. Prognozę liczby mieszkań netto (tj. liczba mieszkań nowych pomniejszona o wychodzące z użytkowania) w horyzoncie do 2040 r. przedstawiliśmy na Rysunek 12. Część krzywej do 2013 r. jest ekstrapolacją dotychczasowego trendu w budownictwie. W kolejnym kroku otrzymaliśmy dynamikę mieszkań netto w latach 2013-2040 poprzez przyjęcie odwróconej krzywej logistycznej jako najbardziej prawdopodobnej ścieżki rozwoju sytuacji na rynku mieszkaniowym w najbliższej przyszłości. Krzywej tej używa się np. do ilustrowania dyfuzji innowacji w gospodarce czy prognozowania rynków znajdujących się w fazie umiarkowanego wzrostu. W rozważanym przypadku pozwala ona uchwycić końcowy moment nasycenia rynku (kiedy stopa wzrostu liczby mieszkań jest adekwatna do niemieckiej obecnie), jednocześnie ilustrując konieczne skurczenie sektora budownictwa po osiągnięciu pewnego krytycznego poziomu.

Rysunek 11. Zasoby mieszkaniowe (w mln) w Polsce w latach 1995-2009 oraz prognoza do 2040 r.



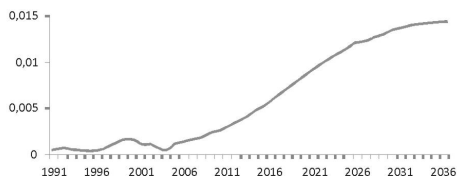
Rysunek 12. Przyrost netto liczby mieszkań (w tys.) w Polsce w latach 1996-2009 oraz prognoza do 2040 r.



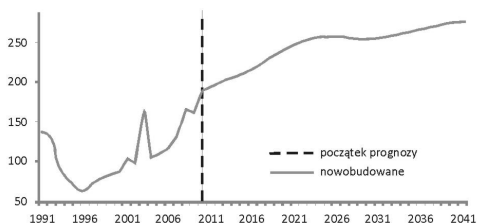
Źródło: Opracowanie własne IBS.

Obliczenie ścieżki wzrostu liczby mieszkań netto pozwala następnie obliczyć liczbę używających się budynków rocznie, przy uwzględnieniu wcześniejszego zużycia. Szacunki stopy deprecjacji w całej gospodarce zazwyczaj sugerują ustalenie rocznej wartości tej stopy na poziomie 7,7-9,6% (Hansen 1985). W przypadku budynków użytkowych stopa ta jest jednak znacznie niższa z uwagi na trwałość tego typu aktywów. Adalberth (1997) przyjął dla Szwecji długość użytkowania budynku na poziomie 50 lat. Scheuer i in. (2003) dla nowego budynku uniwersytetu przyjęli cykl życia budynku długości 75 lat. Dane statystyczne dla Polski świadczą o stopie deprecjacji na poziomie 0,1-0,2% w latach 90. (por. Rysunek 13.). Wartość ta jest zaniżona i nie do utrzymania w długim okresie. Dlatego do modelowania stopy deprecjacji ponownie użyto krzywej logistycznej (tym razem nieodwróconej), która w długim horyzoncie czasowym osiąga stan nasycenia równy 1,5%. Wartość ta odpowiada w przybliżeniu użytkowaniu każdego budynku średnio przez ok. 67 lat.

Rysunek 13. Stopa deprecjacji (zużycia) mieszkań w Polsce w latach 1995-2009 oraz prognoza do 2040 r.



Rysunek 14. Mieszkania oddawane do użytku (w tys.) w latach 1991-2009 oraz prognoza do 2040 r.



Źródło: Opracowanie własne IBS na podstawie danych GUS.

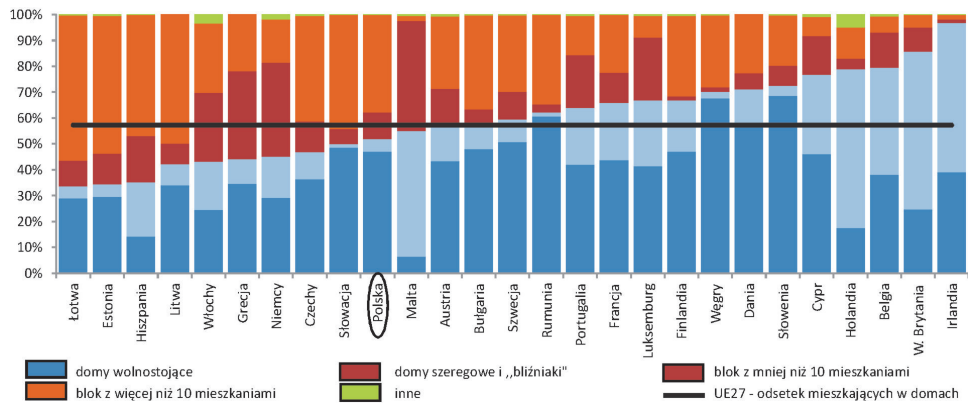
W końcowym etapie prognozy pozostaje oszacowanie dynamiki zmian średniej powierzchni mieszkania. W zgodności z metodyką prognozy przyjęto, że w 2040 r. Polska osiągnie poziom Niemiec – założono liniową dynamikę wzrostu średniej powierzchni mieszkania.

Wobec przewidywanego w BAU istotnego wzrostu gospodarczego oczekujemy równie dynamicznego rozwoju budownictwa w nadchodzącym dziesięcioleciu. Liczba gospodarstw domowych w 2009 r. przewyższała wyraźnie liczbę mieszkań, co zmusza rodziny do współzamieszkiwania i oznacza przeludnienie względem zachodnio-europejskich standardów. Zwiększenie zasobów mieszkaniowych z jednej strony będzie łagodzić to przeludnienie, a z drugiej charakterystyczna dla społeczeństw postindustrialnych atomizacja rodzin będzie powodowała ciągłe zwiększanie popytu na nowe mieszkania w horyzoncie prognozy.

Do oceny kosztów termoizolacji mieszkań ważne jest także rozróżnienie domów od budynków wielorodzinnych. Podział ten w dużej mierze zależy od miejsca zamieszkania. Zgodnie z ankietą CBOS (2009) aż 82% ludności wiejskiej zamieszkuje w domach jednorodzinnych z ogrodem.

Osoby mieszkające w domach stanowiły w 2009 r. ponad połowę populacji w Polsce – przy czym udział ten był nieco niższy od średniej dla Unii Europejskiej (Rysunek 15.). W latach 2005-2009 ich udział jednak systematycznie wzrastał, co wiązać należy z procesem suburbanizacji. Statystyki GUS (Rysunek 16.) pokazują stałą tendencję wzrostową odsetka ludności zamieszkującej na wsi od 2000 r., po stabilizacji relacji miasto/wieś w latach 90. Zmienia się także charakter siedlisk wiejskich – liczba osób zatrudnionych w rolnictwie stabilnie maleje, a wieś podąża za ogólnym trendem transformacyjnym polskiej gospodarki, zgodnie z którym wzrasta w niej nasycenie usługami, a maleje znaczenie sektora rolnego (Rysunek 17.). Według BAU (por. także *Zatrudnienie w Polsce 2009 – przedsiębiorczość dla pracy*, IBS/CRZL 2010) wraz z konwergencją Polski do tzw. „europejskiego klubu konwergencji” udział rolnictwa w wytwarzanej wartości dodanej będzie mała, powodując dalsze wypychanie siły roboczej do bardziej produktywnych sektorów. Wzrost udziału ludności wiejskiej jest więc wynikiem następującej w Polsce suburbanizacji, polegającej na odpływie ludności (głównie przedstawicielei klasy średniej) ze ścisłych centrów miejskich na obszary rozwijających się podmiejskich jednostek osadniczych.

Rysunek 15. Odsetek ludności żyjącej w różnych budynkach w krajach Unii Europejskiej w 2009 r.



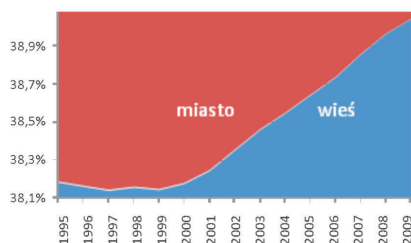
Źródło: Opracowanie własne IBS na podstawie danych Eurostat.

Nie tylko trudno jest prognozować strukturę rozwoju budownictwa w Polsce, ale ze względu na braki w statystyce publicznej trudno nawet stwierdzić precyzyjnie, jaki odsetek mieszkań obecnie znajduje się w domach, a jaki w blokach. Punktem wyjścia dla prognozy jest przyjęcie założenia, że struktura ludności żyjącej w różnych typach budynków odpowiada proporcjom typów mieszkań. Nie można w tym przypadku posłużyć się odniesieniem do Niemiec, które już obecnie mają mniejszy odsetek populacji mieszkający w domach, podczas gdy Polacy ciągle chętniej budują domy, niż budynki wielorodzinne.

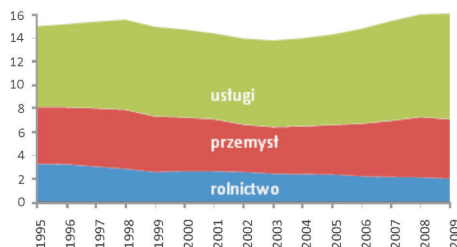
Rysunek 18. przedstawia szacunki struktury zasobów mieszkaniowych w Polsce do 2040 r. Największego wzrostu należy spodziewać się w budownictwie domów

wolnostojących, które będą stanowić 56% mieszkańców, co oznacza wzrost o prawie 4 punkty procentowe w stosunku do 2009 r.

Rysunek 16. Udział populacji wsi i miasta w Polsce w latach 1995-2009.



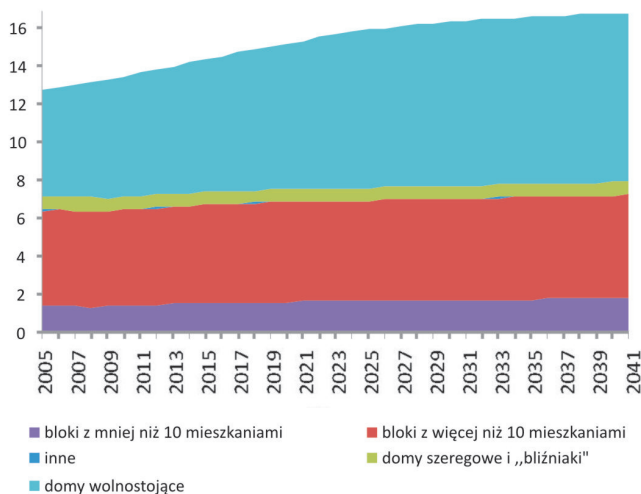
Rysunek 17. Liczba osób (w mln) zatrudnionych w poszczególnych sektorach gospodarki w Polsce w latach 1995-2009.



Źródło: Opracowanie własne BS na podstawie danych Eurostat.

Analiza kosztów wskazuje, że uzyskanie oszczędności energii w nowych budynkach poprzez wykonanie ich w technologii energooszczędnej jest znacznie tańsze niż uzyskanie tego samego efektu poprzez termomodernizację istniejących budynków – nakłady inwestycyjne w drugim przypadku mogą być większe nawet o 160% (WWF, FEWE 2009). W związku z tym prognozowany na 2030 r. dość duży udział nowych mieszkań w całości zasobów, oznacza konieczność wykorzystania nadarżającej się okazji do względnie taniej redukcji emisji.

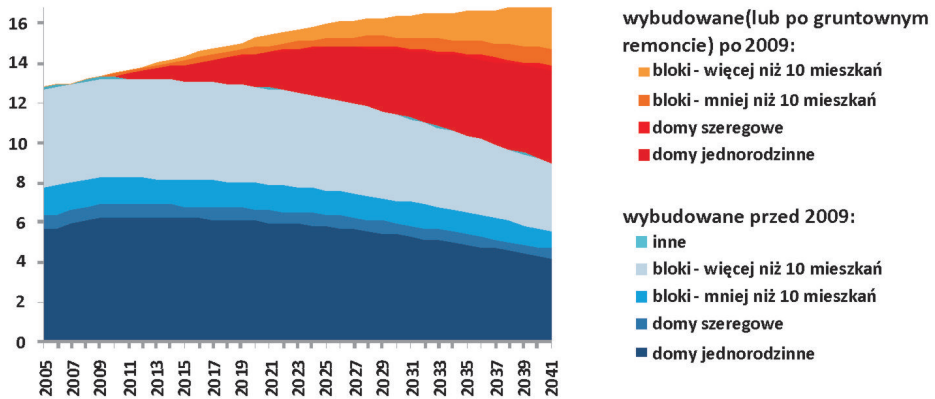
Rysunek 18. Szacunki liczby mieszkań w Polsce (w mln) w różnych typach budynków w latach 2005-2040.



Źródło: Szacunki IBS na podstawie Eurostat i BDL GUS.

Co więcej, szacunki FEWE i WWF (2009) pokazują, że w przypadku standardowego domu jednorodzinnego o pow. ogrzewanej 120 m², koszt budowy w energooszczędnym standardzie jest zaledwie o 4% większy niż koszt budowy według aktualnych wymagań prawnych, zaś zwrot poniesionych nakładów powinien nastąpić już po dziewięciu latach użytkowania.

Rysunek 19. Szacunki struktury zasobów mieszkaniowych w Polsce (w mln) w latach 1995-2009 oraz prognoza do 2040 r.



Źródło: Szacunki IBS na podstawie Eurostat i BDL GUS.

II Termomodernizacja istniejących budynków

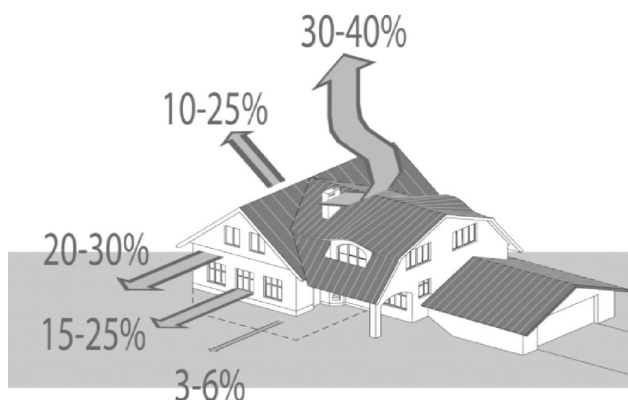
Koszty kapitałowe

W raporcie Rockwool (2009) przedstawiono przykładową termomodernizację jednorodzinnego domu mieszkalnego. Inwestycję zrealizowano w 2007 r. w typowym domu „kostce” z lat 70. poddając go kompleksowej modernizacji tak, aby w efekcie osiągnąć jak największe korzyści na skutek zmniejszenia zużycia energii i w konsekwencji mniejszych kosztów ogrzewania. Zakresem prac objęto profesjonalny audyt energetyczny, wykonanie projektu budowlanego oraz izolację termiczną budynku przy użyciu skalnej wełny mineralnej. Powierzchnia użytkowa domu wynosiła 117 m². Na podstawie przeprowadzonego audytu energetycznego oraz wyników obliczeń dokładnie określono zakres prac remontowych, które przyniosą największe korzyści poprzez zmniejszenie strat ciepła i związanych z tym kosztów ogrzewania domu. Koszty termomodernizacji oszacowano na poziomie 87 tys. zł, z czego największa część przypadła na ściany: 61 tys. zł oraz stropodach: 14 tys. zł. Podany koszt uwzględnia również nakłady na elementy architektoniczne poprawiające wygląd budynku. Szczegóły przeprowadzonej inwestycji przedstawia Tabela 7. w Aneksie.

Na podstawie raportu Rockwool (2009) oraz analizy głównych kanałów strat ciepła w budynkach oszacowano analogiczne koszty termomodernizacji dla innych typów budynków (szczegóły podano w Tabeli 7. w Aneksie).

Oszacowania kosztów oraz efektów poprawienia jakości przegród zewnętrznych budynku dostarcza także publikacja NAPE (Termomodernizacja budynku). Inwestycja w budynku 11-kondygnacyjnym o pow. użytkowej 4880 m², wg wycień agencji, wymaga poniesienia kosztów rzędu 493 tys. zł. Przy średniej powierzchni mieszkania w dużym bloku wynoszącej 52 m² kwota ta implikuje znacznie niższe koszty ocieplenia przypadające na mieszkanie o przeciętnej powierzchni, niż przyjęte na podstawie raportu.

Rysunek 20. Główne kanały strat ciepła w budynkach.



Źródło: www.domprzyjazny.org, autor: dr inż. arch. Marcin Malinowski, www.aid.edu.pl

Podaje on także inny przykład termomodernizacji budynku o powierzchni użytkowej 249 m² o sezonowym zapotrzebowaniu na ciepło równym 514 GJ/rok. Ocieplenie ścian zewnętrznych, stropu poddasza oraz stropu nad piwnicami, a także wymiana kotła na gazowy kosztowało w tym przypadku 32,5 tys. zł. Różnice w ocenie kosztów wymuszają przyjęcie kwoty wyśrodkowanej między różnymi oszacowaniami.

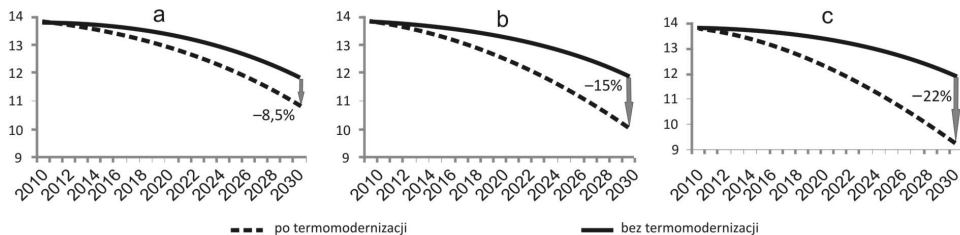
Potencjał redukcji zużycia energii

W wyniku przeprowadzonego remontu termomodernizacyjnego sezonowe zużycie energii gazu ziemnego na potrzeby ogrzewania zmniejszyło się z 53,03 GJ do 32,82 GJ, czyli o 38%. Założenie o możliwości redukcji rzędu 38% także w budynkach wielorodzinnych jest potwierdzone przez przykład podany w publikacji NAPE, w którym termomodernizacja budynku 11-kondygnacyjnego o pow. użytkowej 4880 m² pozwala na redukcję wydatków związanych z ogrzewaniem o 40%. Drugi przykład z raportu Rockwool (2009) pozwolił z kolei na zmniejszenie zapotrzebowania na energię o 68% względnie niskim kosztem. Na podstawie tych przykładów oszaco-

wano możliwości redukcji zużycia energii w Polsce poprzez termoizolację budynków mieszkalnych powstałych przed 2009 r. Przyjęto, że średnio taka inwestycja pozwala na zmniejszenie zużycia energii o 45%. Rysunek 21. przedstawia potencjał redukcji zużycia energii do ogrzewania mieszkań w Polsce przez ulepszenie izolacji cieplnej istniejących budynków przy trzech różnych scenariuszach liczby mieszkań objętych inwestycjami. Stopniowe modernizowanie 20%, 35% oraz 50% z nich do 2030 r. pozwoli na zmniejszenie zużycia energii względem scenariusza referencyjnego BAU odpowiednio o 8,5%, 15% oraz 22%.

Trudno stwierdzić, który ze scenariuszy jest najbardziej trafny. Ich realizacja zależy od liczby budynków wymagających ocieplenia, możliwości produkcyjnych sektora budowlanego w Polsce oraz regulacji i polityki prowadzonej przez państwo. Według badania CBOS (2010) ponad dwie trzecie Polaków (70%) deklaruje, że mieszka w budynku, który w ostatnich dziesięciu latach był remontowany lub modernizowany. Trudno jednak ocenić zakres tych modernizacji, prawdopodobnie twierdząca odpowiedź na to pytanie objęła także kosmetyczne remonty mieszkań, niepoprawiające ich energochłonności.

Rysunek 21. Zużycie energii do ogrzewania mieszkań w budynkach powstałych przed 2009 r. w scenariuszu BAU (bez termomodernizacji) oraz po inwestycjach w lepsze ocieplenie wg trzech scenariuszy (mln TOE). a) ocieplenie 20% mieszkań do 2030, b) ocieplenie 35% mieszkań do 2030, c) ocieplenie 50% mieszkań do 2030.



Źródło: Opracowanie własne IBS.

III Ulepszenie technologii budowy nowych mieszkań

W raporcie FEWE i WWF (2009) przedstawiono przykładowy przyrost kosztów przy wykorzystaniu optymalnej grubości izolacji cieplnej w fazie budowy domu jednorodzinny wynoszący 5 333 zł. Inwestycja ta ma pozwolić na zredukowanie zapotrzebowania na energię o jedną czwartą. Łącznie z szacownym kosztem poprawy pozostałych elementów budynku dodatkowy nakład wyniósłby 9 tys. zł dla domu jednorodzinny. Przy powyższych założeniach, łączny dodatkowy koszt budowy nowych mieszkań wg energooszczędnych technologii do 2030 r. wyniósłby 51,4 mld zł. Inwestycje te pozwolą na zmniejszenie zapotrzebowania na energię nowo wybudowanego domu przeciętnie o 25%.

IV Oszczędności energii na podgrzewaniu wody, oświetleniu i urządzeniach elektrycznych

Choć do celów innych niż ogrzewanie i wentylacja mieszkań gospodarstwa zużywają tylko 28% energii, to w obszarach tych istnieją także spore możliwości poprawy efektywności. Większość potencjału zidentyfikowano w podgrzewaniu wody, gdzie odejście od elektrycznego podgrzewania może pozwolić na zmniejszenie emisji w 2030 r. o 2,2 MtCO₂e (0,3% BAU). Zmiana ta wymagałaby aż 20,6 mld zł nakładów do końca rozpatrywanego okresu, czyniąc tę metodę bardzo drogą.

Poprawa sprawności urządzeń elektrycznych i elektroniki może także przynieść ok. 3,2 MtCO₂e oszczędności emisyjnych (0,6% BAU) do 2030 r., jeśli nakłady wyniosą 3,6 mld zł. Dodatkowe oszczędności (2,2 MtCO₂e, czyli 0,4% BAU) przyniesie także wymiana oświetlenia na żarówki typu LED (ang. *light-emitting diode*) za 2,2 mld zł.

Rekomendacje

Głównym źródłem poprawy efektywności energetycznej gospodarstw domowych w Polsce w perspektywie do 2030 r. jest lepsza izolacja cieplna budynków już istniejących i budowanych w przyszłości. Mimo opłacalności inwestycji w termomodernizację wielu konsumentów ich nie podejmuje – dzieje się tak w wyniku istnienia niedoskonałości rynku, jak np. asymetria informacji. Zadaniem państwa w takich sytuacjach jest interwencja i przywrócenie stanu optymalnego społecznie. Dlatego uzasadnione i zalecane jest pobudzanie inwestycji w lepszą izolację cieplną budynków mieszkalnych oraz efektywniejsze rozwiązania techniczne przede wszystkim przez usuwanie asymetrii informacji, a także przy ograniczonym wykorzystaniu instrumentów fiskalnych. Jednocześnie emisyjne rozwiązania w budownictwie będą mieć niższą stopę zwrotu z powodu wprowadzenia podatku węglowego, co z kolei w sposób naturalny zwiększy atrakcyjność „czystszych” technologii.

3.2.3 Efektywniejsze wykorzystanie zasobów w gospodarce

W niniejszej podsekcji opisujemy technologiczne możliwości oraz koszty wprowadzania innowacji redukujących emisję gazów cieplarnianych w Polsce do 2030 r. Kolejne obszary aktywności gospodarczej człowieka przedstawiamy w kolejności odpowiadającej ich potencjałowi redukcyjnemu.

I Przemysł

Sekwestracja CO₂

Największy potencjał do redukcji emisji gazów cieplarnianych w przemyśle stanowi obiecująca, choć jak na razie eksperymentalna a w związku z tym niepewna i kosztowna technologia wychwytywania i sekwestracji CO₂ (CCS, ang. *carbon capture and storage*).

Proces ma w zamyśle polegać na oddzieleniu tego gazu ze spalin, kompresowaniu, transporcie do miejsca magazynowania i wreszcie długotrwałym izolowaniu CO₂ od atmosfery. Technologia CCS wciąż jest w początkowym stadium rozwoju i możliwości jej upowszechnienia pozostają niepewne ze względu na konkurencję z innymi emisyjnoszczędnymi technologiami, regulacje prawne i kwestie akceptacji społecznej. Jak podaje IPCC (2005), zastosowanie CCS do współczesnej elektrowni konwencjonalnej może zmniejszyć emisję CO₂ przy obecnie dostępnej technologii, o ok. 85-95%. Jako miejsca składowania gazu rozważa się formacje geologiczne w głębi ziemi, głębiny oceaniczne, a także magazynowanie w formie węglanów mineralnych.

Wykorzystanie pełnego potencjału CCS w Polsce (tylko w sektorze przemysłu) wymagać będzie bardzo wysokich nakładów kapitałowych rzędu 10,9 mld zł w horyzoncie do 2030 r. Pozwoli to na redukcję emisji gazów wielkości 15,6 MtCO₂e rocznie – to prawie 3% wielkości emisji prognozowanej przez BAU. Głównymi gałęziami, które mogą zastosować technologię CCS są przemysł hutniczy i chemiczny, w nieco mniejszym stopniu przemysł naftowo-gazowy oraz cementowy.

Kogeneracja (CHP)

Duże możliwości w zakresie zmniejszenia emisji GHG w przemyśle oferuje także kogeneracja, czyli skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej (CHP, ang. *combined heat and power*). W procesie technologicznym CHP wytwarzana jest energia elektryczna, a nierozdzielnie z nim związane powstające ciepło odpadowe jest wykorzystywane do ogrzewania budynków mieszkalnych, budynków użyteczności publicznej i komercyjnych oraz zakładów przemysłowych.

Efektywność energetyczna CHP jest zwykle o 40% wyższa niż w przypadku oddzielnego wytwarzania energii elektrycznej w elektrowni kondensacyjnej i ciepła w kotłowni, zakładając korzystanie przez nie z tego samego paliwa (Nuorkivi 2008). Przy dużych elektrociepłowniach wykorzystujących paliwa stałe uzyskuje się korzyści skali w zakresie systemów oczyszczania gazów. Komory spalania o niskiej emisji tlenków azotu i z systemami odsiarczania z gazów spalinowych przechodzących przez filtry elektrostatyczne lub tkaninowe (zbieranie pyłów) pozwalają na uzyskanie czystych gazów.

Potencjał redukcji emisji ekwiwalentów CO₂ za pomocą kogeneracji w 2030 r. oszacowano na ok. 5 MtCO₂e rocznie, czyli ok. 1% względem scenariusza referencyjnego. Łączne wymagane nakłady inwestycyjne wyniosą 12,2 mld zł. Kogeneracja jest zatem w przypadku Polski bardziej kosztowną metodą redukcji emisji niż CCS. Główne obszary zastosowania technologii CHP to przemysł naftowo-gazowy i gazowy, chemiczny oraz cementowy.

Pozostałe możliwości redukcji emisji gazów cieplarnianych w przemyśle

- **Przemysł chemiczny**

Największy potencjał redukcji emisji gazów przy użyciu pozostałych metod znajduje się w branży chemicznej, gdzie zastosowanie katalizatorów, optymalizacja procesów chemicznych oraz zastąpienie węgla biomasą mogą zmniejszyć emisje o 7,3 MtCO₂e (ok. 1,3% poziomu BAU w 2030 r.). Łączny koszt innowacji można szacować na 4,8 mld zł.

- **Przemysł hutniczy**

W branży przetwórstwa żelaza i stali zidentyfikowano możliwości zmniejszenia emisji GHG przy użyciu pozostałych metod o 3,4 MtCO₂e (0,6% emisji BAU w 2030 r.). Spadek emisyjności sektora można osiągnąć przez ogólne zwiększenie efektywności energetycznej, unowocześnienie technologii wytopu metali oraz tzw. odlew bezpośredni. Koszt tych zmian do 2030 r. wyniesie ok. 8,2 mld zł.

- **Przemysł cementowy**

Redukcję emisji w branży cementowej o 2,1 MtCO₂e (0,4% emisji BAU 2030 r.) można osiągnąć zastępując klinkier innymi materiałami oraz stosując inne typy paliw, jak biomasę lub odpady. Modyfikacje te przyniosłyby w horyzoncie do 2030 r. oszczędności kapitałowe (nie uwzględniając operacyjnych) rzędu 524 mln zł.

- **Przemysł naftowo-gazowy**

Zmniejszenie emisji w sektorze naftowo-gazowym można osiągnąć głównie poprzez poprawę jakości procesów, uszczelnienie zmniejszające ryzyko wycieku metanu w produkcji gazu oraz poprzez naprawę sprężarek i wymianę uszczelnień (McKinsey 2010). Potencjał redukcji emisji w tym zakresie można szacować na 1,5 MtCO₂e (prawie 0,3% emisji BAU 2030 r.) przy poniesionym koszcie w wysokości 480 mln zł.

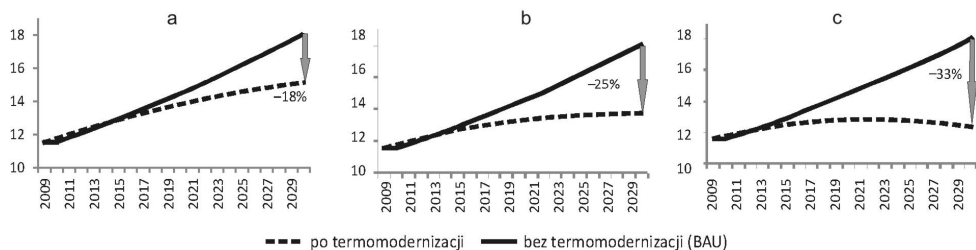
II Usługi

Sektor usług w Polsce (z wyłączeniem transportu) zgodnie ze swoim mało energochłonnym i emisyjnym charakterem wyemitował w 2009 r. 4% ogółu gazów cieplarnianych oraz zużył 9% energii. Udział usług w obu kategoriach ma się właściwie nie zmienić w całym horyzoncie prognozy.

Dla oszacowania potencjału redukcji emisji w sektorze usług kluczowe jest oszacowanie zasobów budynków w Polsce. Jak już wspomniano, w Polsce niestety nie są dostępne kompletne dane dotyczące tego zagadnienia – Główny Urząd Statystyczny udostępnia tylko dane dotyczące zasobów mieszkaniowych. Dlatego prognoza liczby tych budynków w horyzoncie do 2030 r. jest obarczona zwiększonym ryzykiem błędu w związku z ryzykiem popełnienia go już na poziomie oszacowań ich liczby na dzień rozpoczęcia prognozy.

Przy szacowaniu łącznej liczby budynków w sektorze usług bazowano na Banku Danych Lokalnych. Szacunki objęły szeroko pojęte placówki użyteczności publicznej oraz budynki komercyjne zajmowane przez przedsiębiorstwa. Łączną powierzchnię placówek użyteczności publicznej w 2009 r. oszacowano w trzech krokach: (1) na podstawie danych BDL otrzymano liczbę budynków lub placówek, (2) założono średnie powierzchnie dla odpowiednich typów placówek, (3) zsumowano powierzchnię.

Rysunek 22. Redukcja emisji gazów cieplarnianych w wyniku termomodernizacji starych oraz budowy nowych energooszczędnych budynków użyteczności publicznej i komercyjnych wg trzech scenariuszy (mln TOE na osi pionowej): a) ocieplenie 20% budynków do 2030 r., b) ocieplenie 35% budynków do 2030 r., c) ocieplenie 50% budynków do 2030 r.



Źródło: Opracowanie własne IBS.

W kroku (2) konieczne było przyjęcie średnich powierzchni poszczególnych typów placówek. Założenia te oparto na danych cząstkowych. Łączna oszacowana powierzchnia tych budynków na 2009 r. wyniosła ponad 217 mln m², czyli wielkość rzędu ¼ powierzchni mieszkań. Przyjęto, że liczba tych budynków nie będzie rosła w ujęciu netto – będą miały miejsce jedynie inwestycje uzupełniające zużyte zasoby.

Koszty termomodernizacji starych budynków oraz dodatkowych nakładów na nowe, energooszczędne budynki oszacowano analogicznie jak w przypadku mieszkań, przeliczając odpowiednie kwoty na m² i korzystając z oszacowań dla mieszkań w blokach z liczbą mieszkań większą niż 10. Przyjęto, że koszt termomodernizacji na m² wyniesie 130 zł, a dodatkowe nakłady w nowych budynkach 26 zł na m².

Ponownie, aby rozważyć wpływ na wielkość emisji oraz poniesione koszty na termomodernizację, należy wziąć pod uwagę różne odsetki objętych inwestycjami budynków do 2030 r. Analogicznie jak w przypadku mieszkań rozważono trzy scenariusze, 20%, 35% i 50%, które będą rozpatrywane łącznie z odpowiadającymi im scenariuszami dla mieszkalnictwa.

Oświetlenie i urządzenia elektryczne

Instrumenty zmniejszania emisji w sektorze usług są podobne do dostępnych w przypadku gospodarstw domowych. Poza poprawą izolacji przegród zewnętrznych w budynkach usługowych potencjał do redukcji emisji oferuje wymiana oświetlenia (3 MtCO₂e, czyli 0,5% BAU) oraz efektywniejsze urządzenia elektryczne (1 MtCO₂e, czyli 0,01% BAU) przy łącznym koszcie odpowiednio 8,9 mld zł oraz 0,5 mld zł.

III Rolnictwo i odpady

Na sektor rolnictwa i przemysłu spożywczego przypadało w 2009 r. 12% ogółu emisji oraz 9% ogółu zużycia energii. Jeśli wziąć także pod uwagę gospodarkę odpadami i leśnictwo, to w obszarach tych można zidentyfikować sposoby na zmniejszenie emisji. Innowacje w rolnictwie nie wymagają nakładów kapitałowych, a jedynie mogą się wiązać ze zwiększonymi wydatkami bieżącymi, np. na rekultywację wyjałowionych gleb, czy poprawę jakości kultury agrarnej. Efektywniejsze użytkowanie ziemi pozwoli na zmniejszenie emisji o 9 MtCO₂e (1,6% BAU).

Zalesianie nieużytków rolnych oraz efektywniejsze zarządzanie lasami pozwolą na dodatkowe oszczędności rzędu 1,2 MtCO₂e (0,2% BAU) przy koszcie 0,2 mld zł do 2030 r. Dużo większy potencjał tkwi w zarządzaniu odpadami – tutaj możliwe jest zmniejszenie emisji aż o 10,8 MtCO₂e (2% BAU) głównie poprzez recykling i wykorzystanie biogazu do wytwarzania elektryczności. Koszt poprawy zarządzania odpadami wyniósłby do 2030 r. 5,6 mld zł.

Łączna powierzchnia budynków i budowli w rolnictwie wg Powszechnego Spisu Rolnego z 2002 r. wyniosła 513 mln m² – wielkość ta jest w przybliżeniu równa połowie powierzchni mieszkań w 2009 r. W przypadku budynków rolniczych prawdopodobnie bardzo duża ich część obejmuje pomieszczenia nieogrzewane, dlatego zostaną one pominięte w szacunkach.

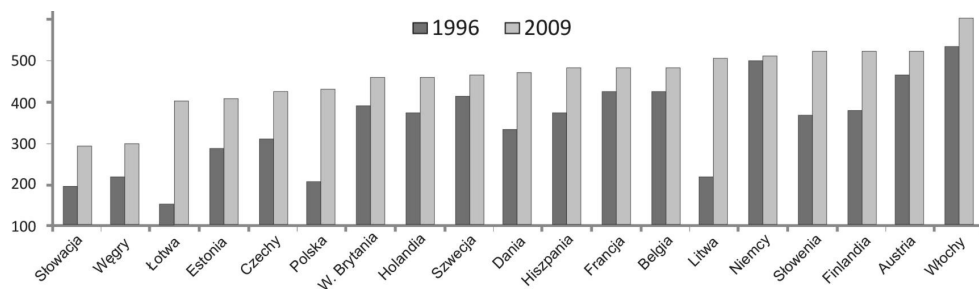
Rekomendacje

Choć poszukujący możliwości zysku przedsiębiorcy nie są tak podatni na asymetrię informacyjną jak gospodarstwa domowe, to prywatna wartość bieżąca niektórych z opcji inwestycyjnych jest niższa niż wartość bieżąca z perspektywy całego społeczeństwa. Firmy napotykają problemy koordynacji z innymi firmami. Zadaniem sektora publicznego w tej sytuacji jest koordynacja planów inwestycyjnych przedsiębiorstw z optymalnymi społecznie wyborami. Interwencja państwa jest uzasadniona, gdy działanie w określonej branży generuje pozytywne efekty zewnętrzne na całą gospodarkę. Zmniejszanie emisji GHG zmniejsza koszty, które będą ponosić przyszłe pokolenia, dlatego niskoemisyjne technologie, choć dziś tańsze, zwracać się będą w przyszłości. Jednocześnie inwestycje w emisyjne technologie będą mieć niższą stopę zwrotu z powodu wprowadzenia podatku węglowego.

3.2.4 Kontrola wzrostu emisji w transporcie

Scenariusz BAU przewiduje, że spośród 11 rozpatrywanych sektorów gospodarki jednym z najdynamiczniejszych we wzroście emisji w nadchodzących 20 latach będzie transport, który zostanie wyprzedzony tylko przez niektóre sektory usługowe startujące z niskiego poziomu. Jego udział w całości emisji wzrośnie z 13% w 2009 r. do 16% w 2030 r. (wg IBS BAU), przy czym wielkość emitowanych gazów cieplarnianych w tym sektorze w ujęciu bezwzględnym wzrośnie aż o 66%.

Rysunek 23. Liczba samochodów osobowych przypadających na 1000 mieszkańców w wybranych krajach UE w 1996 i 2009 r.

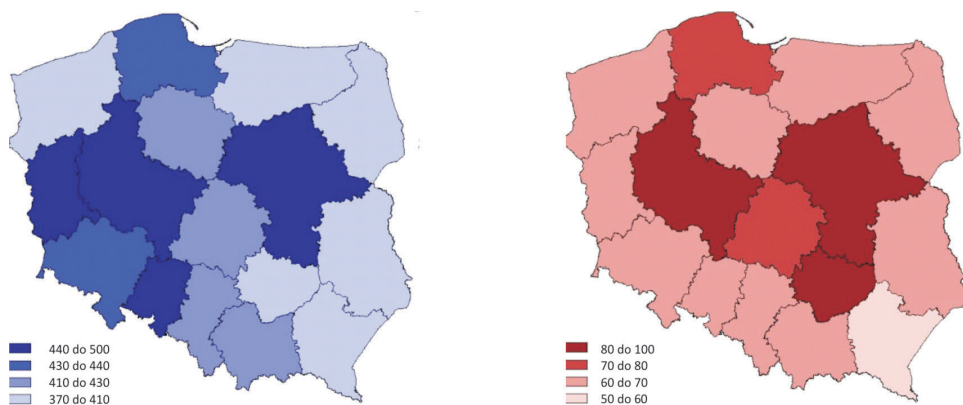


Źródło: Opracowanie własne IBS na podstawie danych Eurostat.

Bank Światowy (2011) w swojej analizie posługuje się modelem zbudowanym specjalnie na potrzeby sektora transportu – TREMOVE Plus, który przyjmuje bardzo szczegółowe podejście do budowy scenariusza referencyjnego ograniczonego do transportu pasażerskiego i towarowego, uwzględniając w tym celu wysoki oczekiwany wzrost liczby samochodów osobowych oraz przebyte dystanse. Model ten przewiduje niemal podwojenie emisji w transporcie w latach 2005-2030. Scenariusze zbudowane za pomocą tego modelu dostarczają bardziej niepokojących prognoz dla transportu drogowego, w którym mało prawdopodobne jest utrzymanie wzrostu emisji poniżej 35% do 2020 r.

Tak duża presja transportu na wzrost emisji wynika z wciąż rosnącego trendu liczby samochodów na mieszkańca w Polsce, obserwowanego także w innych nowych państwach członkowskich (Rysunek 23.). Duża część wzrostu wynika z łatwego dostępu do rynku tanich używanych samochodów importowanych z Europy Zachodniej, w szczególności z Niemiec. Dlatego struktura wiekowa floty samochodów osobowych w Polsce wpływa niekorzystnie na ich emisyjność. Jak podaje Bank Światowy, spośród 13,4 mln samochodów zarejestrowanych w Polsce w 2006 r., co czwarty miał od 6 do 10 lat, a dwie trzecie były starsze niż 10 lat. W rezultacie polska flota samochodów pasażerskich jest względnie paliwochłonna (niska wydajność silników) i emisyjna.

Rysunek 24. Liczba samochodów osobowych (lewy panel) i ciężarowych (prawy panel) przypadających na 1000 mieszkańców w 2009 r. w Polsce wg województw.

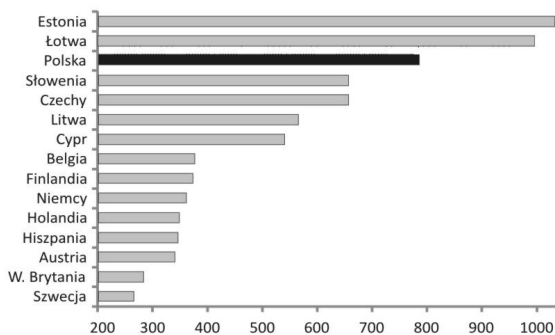


Źródło: Opracowanie własne IBS na podstawie danych BDL GUS.

Liczba samochodów osobowych przypadająca na 1000 mieszkańców w Polsce (433) wciąż jest istotnie niższa od średniej dla starych krajów członkowskich UE uwzględnionych w BAU (496). Bank Światowy (2011) prognozuje, że wskaźnik ten wzrośnie do 605 w 2030 r. Jego wewnątrz krajowe zróżnicowanie (Rysunek 24.) sugeruje, że mieszkańcy województw o niższych dochodach w miarę rozwoju gospodarczego będą kupować więcej pojazdów, upodabniając się do zamożniejszych części Polski. Duże różnice uwidaczniają się szczególnie między województwami mazowieckim i wielkopolskim a resztą kraju. Oba województwa znacznie wyprzedzają pozostałe pod względem liczby zarejestrowanych samochodów, a także należą do najzamożniejszych pod względem PKB *per capita*. W stosunku do województw wschodnich liczba samochodów osobowych na 1000 mieszkańców jest większa o ok. 100 sztuk. Wzrost emisji w transporcie jest także generowany przez prawdopodobne zwiększenie średniego pokonywanego dystansu przez samochody osobowe.

Geograficzne położenie w Europie Środkowej powoduje, że Polska pozostaje krajem tranzytowym. W związku z tym obciążenie polskiej gospodarki transportem kołowym należy do ponadprzeciętnie wysokich (Rysunek 25.). W latach 1990-2008 liczba tranzytów drogowych wzrosła trzykrotnie. W tym sensie Polska specjalizuje się w transporcie w skali Europy. W przyszłości wartość tego wskaźnika będzie poddana wpływowi przeciwnych tendencji: z jednej strony wzrostowi całkowitej wartości dodanej w miarę rozwoju gospodarczego, który powinien zmniejszać wartość wskaźnika; z drugiej wzrostowi zamożności prowadzącego do większego zmotoryzowania społeczeństwa, większych przewozów towarowych oraz rozwoju infrastruktury drogowej (w szczególności autostrad), co będzie zwiększać wskaźnik. Należy tu podkreślić, że istotna część obciążenia Polski emisjami transportu jest zależna od jakości pojazdów zagranicznych na polskich drogach (wg danych Eurostat liczba wozokilometrów pojazdów zarejestrowanych poza granicami Polski wynosi ok. 5,5%).

Rysunek 25. Przejazdy kołowych pojazdów silnikowych (niezależnie od kraju rejestracji) na terytorium wybranych krajów europejskich w relacji do wytwarzanej wartości dodanej (w km/euro 2000).



Źródło: Opracowanie własne IBS na podstawie danych Eurostat.

Problemem w obliczu powyższych tendencji w transporcie kołowym pozostaje także słaba jakość i niska atrakcyjność polskich kolei, przekładająca się na spadek przewozów pasażerskich i towarowych. Liczba pasażerów korzystających z tego środka transportu obniżyła się w Polsce w latach 1990-2008 o 60%, a transport kolejowy towarów spadł o 38%. Łączna długość sieci kolejowej została zmniejszona o jedną czwartą w latach 1990-2007 z 26 200 do 19 400 km. Sieć drogowa wydłużyła się w tym czasie o 20% (demosEuropa 2011). Inwestycje w kolej są kapitałochłonne i cechują się dużym opóźnieniem czasowym otrzymanych efektów – te okoliczności silnie ograniczają możliwość substytucji transportu drogowego w Polsce transportem kolejowym nawet w horyzoncie średniookresowym.

W niniejszym opracowaniu rozważamy przede wszystkim technologiczne możliwości kontroli wzrostu emisji w transporcie, choć bardzo duży potencjał prawdopodobnie tkwi w zmianach behawioralnych możliwych do osiągnięcia przez politykę publiczną państwa – np. faworyzowanie publicznych środków transportu (i rowerów)

lub zmniejszenie ruchu na drogach przez poprawę układu urbanistycznego miast i dróg. Zmiany te z punktu widzenia ograniczania emisyjności gospodarki byłyby pożądane, jednak oszacowania ilościowe konsekwencji takich działań są uzależnione od decyzji politycznych oraz zmian w stylu życia konsumentów. Z tych powodów nie są one bezpośrednio uwzględnione w dalszej analizie (przegląd tego typu metod przedstawia A. Kassenberg w analizie McKinsey (2010)). Niedopuszczenie do nadmiernego rozwoju transportu przyczyniającego się do wzrostu emisji gazów cieplarnianych w aspekcie technologicznym, może odbywać się przez popularyzację silników hybrydowych i biopaliwa (np. wykorzystanie trzciny cukrowej oraz prosa różgowego), pozwalające na zmniejszenie paliwooszczędności pojazdów. Utrudnieniem implementacyjnym w tym zakresie mogą być dodatkowe koszty ponoszone przez konsumentów przy zakupie energooszczędnych pojazdów, szacowane na 3-4 tys. € (McKinsey 2010). Choć inwestycja zwraca się w czasie użytkowania pojazdu to ograniczenia płynności, niedoskonały rynek kredytowy oraz brak wiedzy fachowej mogą uniemożliwiać gospodarstwu domowemu podjęcie najlepszej decyzji.

Ramka 1. *Rozwój polskich miast i wpływ na emisje.*

Transport miejski odpowiada w Polsce za dużą część emisji całego sektora. Współczynnik urbanizacji wynosi 61% i wykazuje stabilną malejącą tendencję od 2000 r. W rzeczywistości nie oznacza to wypychania ludności na obszary wiejskie, ale na przedmieścia, czyli zachodzi tzw. proces eksurbanizacji (ang. *urban sprawl*). Obszary podmiejskie absorbowały w ostatnich latach dużą część wzrostu liczby ludności oraz większość inwestycji w nowe budynki mieszkalne.

Niekontrolowane rozrastanie się dużych polskich miast powoduje trudności w rozwoju odpowiedniej miejskiej infrastruktury transportowej oraz innych usług komunalnych. Zjawisku temu towarzyszy atomizacja gospodarstw domowych, które cechuje zwiększone zapotrzebowanie na energię w przeliczeniu na jednego mieszkańca. Ekspansja przedmieść odbywa się na tereny mocno oddalone od centrów miast w sposób chaotyczny wzdłuż głównych dróg wylotowych. Miejsce nowych zabudowań jest determinowane przez niskie ceny ziemi, a mieszkańcy tych rejonów są skazani na dojazdy samochodami do miasta. Z kolei większość inwestycji publicznych jest przeznaczana na poprawę jakości i rozbudowę sieci drogowej, zamiast na transport publiczny.

W rezultacie dobrze zdefiniowane rdzenie miast przed 1990 r. ustąpiły rozdrobnionej ekspansji na przedmieścia czyniąc nie tylko sieci transportu publicznego niepraktycznymi, ale także niosąc wyzwania dla rozwoju gospodarki wodnej i ściekowej, sieci elektrycznej oraz zarządzania odpadami. Wszystkie wymienione aspekty będą przyczyniać się do zwiększania emisji gazów cieplarnianych w zespołach miejskich. Ujawnia się tu potrzeba przyjęcia zintegrowanego podejścia w planowaniu urbanistycznym na poziomie regionów w celu zarządzania rozwojem polskich miast w bardziej zrównoważony sposób.

Rekomendacje

Rola państwa w przypadku transportu jest większa niż w przypadku obszarów rozważanych w pozostałych sekcjach. Obecnie sektor publiczny reguluje rozwój przestrzenny miast i kontroluje transport publiczny. Efektywne zarządzanie i koordynacja obu dziedzin przyniesie duże korzyści z redukcji emisji GHG, ale także innych spalin. Gdy transport publiczny jest porównywalnie szybki i wygodny jak samochodowy transport indywidualny, ten drugi szybko traci na atrakcyjności przez swoją kosztowność. Samochody osobowe staną się droższe dodatkowo z powodu wprowadzenia podatku węglowego. Dlatego zrównoważony rozwój przestrzeni miejskiej jest obecnie kluczowym zadaniem dla administracji na drodze do niskoemisyjnej gospodarki.

Znaczna część potencjału redukcyjnego znajduje się po stronie popytu. Dlatego istotnym, choć trudnym do zmierzenia *ex ante*, działaniem jest promowanie racjonalnego korzystania z transportu i jego przyjaznych środowisku form oraz uświadamianie konsumentów o ich szkodliwym wpływie na dobrobyt przyszłych pokoleń.

3.3 Makroekonomiczne skutki redukcji emisji

Zmniejszenie emisji GHG wymaga podjęcia kosztownych kroków koniecznych do redukcji zużycia paliw kopalnych w procesie wytwarzania i konsumpcji energii, transporcie i produkcji przemysłowej. Historia gospodarcza i teoria ekonomii (Nordhaus 2008) sugerują, że najefektywniejszym sposobem osiągnięcia tego celu jest wykorzystanie mechanizmów rynkowych, przede wszystkim wyższych cen paliw kopalnych jako narzędzi sygnalizacyjnych, aby dostarczać ekonomicznych bodźców konsumentom i firmom skłaniających ich do zmiany sposobu użytkowania energii i zwiększania efektywności energetycznej procesu produkcji, a pośrednio do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych. W długim okresie wyższe ceny energii węglowej i jej nośników będą skłaniać firmy do rozwijania nowych technologii niskoemisyjnych.

Ustaliliśmy dotychczas, że wykorzystanie wszystkich rozważanych opcji technologicznych nie wystarczy do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych do poziomu 210 MtCO₂ w 2030 r. – redukcja względem BAU wyniesie ok. 47 procent, nawet jeśli zostaną one wdrożone w całości. Dlatego do osiągnięcia 60% celu redukcji niezbędne będzie wykorzystanie instrumentów fiskalnych, które – od strony odbiorców – podwyższą ceny produktów i usług wymagających emitowania gazów cieplarnianych w procesie ich wytwarzania oraz – od strony państwa – dostarczą środków na finansowanie polityki klimatycznej. W tej sekcji przedstawiamy wyniki prognoz modelu makroekonomicznego MEMO (por. Bukowski i Kowal (2010)) dwutorowo. Po pierwsze, przedstawiamy wpływ na gospodarkę zaprezentowanego w poprzednich sekcjach pakietu technologicznego. Po drugie, analizujemy skutki ekonomiczne jakie miałyby wprowadzenie podatku węglowego (lub jego ekono-

micznego ekwiwalentu) w takiej wysokości, aby polska gospodarka i gospodarstwa domowe emitowały łącznie w 2030 r. 210 MtCO₂, a więc w wysokości wystarczającej do redukcji emisji o ok. 13 proc.

Rozpatrujemy przy tym różne warianty postępowania rządu stojącego albo przed problemem wydatkowania przychodów z podatku węglowego, albo przed koniecznością sfinansowania części wydatków inwestycyjnych pakietu klimatycznego. Działania rządu mają bowiem duże znaczenie dla jakości polityki klimatycznej. Jeśli rząd przeznacza wpływy z podatku węglowego na cele produktywne – potencjał gospodarki rośnie – jeśli zaś rządowe wydatki są bezproduktywne lub wręcz kontrproduktywne, ten potencjał się kurczy. Z tego powodu na zamieszczonych w tej sekcji rysunkach przedstawiamy wpływ, jaki polityka klimatyczna będzie miała na gospodarkę w zależności od tzw. domknięcia rządowego, tzn. sposobu bilansowania budżetu państwa (finansowania subsydiów rządowych oraz wydatkowania dochodów z podatku węglowego). Wszystkie rozważone warianty zakładają neutralność względem budżetu w tym sensie, że ewentualna różnica między wydatkami na politykę klimatyczną lub wpływami z podatku węglowego, a pozostałymi dochodami i wydatkami budżetu jest równoważona (w zależności od wariantu) zmianami konsumpcji publicznej¹⁶, transferów społecznych¹⁷ (czyli świadczeń) lub zmianami w stawkach podatków VAT lub PIT.

Jeśli np. wpływy z podatku węglowego lub uzyskane dzięki wyższej efektywności energetycznej sfinansują wzrost transferów, to podaź pracy spadnie, co z kolei przełoży się na obniżenie wzrostu gospodarczego i wzrost bezrobocia. Jeszcze bardziej zniekształcający dla rynku pracy jest podatek PIT, którego podnoszenie w celu sfinansowania subsydiów inwestycyjnych prowadzi do wyraźnego spadku podaży pracy i zatrudnienia oraz wzrostu bezrobocia, zwłaszcza w fazie inwestycyjnej. Silnie zniekształcające działanie PIT na gospodarkę sprawia, że możliwa jest tzw. zielona reforma podatkowa tj. wzrost dochodów z opłat emisyjnych może być przeznaczony na obniżenie stawki PIT, co z kolei powinno (jakościowo rzecz biorąc) prowadzić do zmniejszenia zniekształceń wywieranych przez system podatkowy na gospodarkę i stymulować wzrost gospodarczy. Te jakościowe hipotezy zwięzłe podsumowujemy w poniższych tabelach. Ich ilościowej weryfikacji dostarczają symulacje modelu MEMO omówione w dalszej części rozdziału.

¹⁶ Standardowo przez konsumpcję publiczną rozumiemy całość wydatków rządu i samorządów lokalnych na zakup dóbr i usług – do bieżącego wykorzystania oraz do wykorzystania w przyszłości (inwestycje). Do wydatków tych nie są zaliczane transfery społeczne.

¹⁷ Transfery typowo w ekonomii oznaczają jednostronne przepływy pieniężne bez wzajemnego świadczenia ze strony podmiotu, który otrzymuje środki od innego podmiotu. Przepływy te mają charakter redystrybucyjny i obejmują różnego typu świadczenia społeczne, m.in.: zasiłki, renty, emerytury w „starym” systemie oraz subwencje skierowane do przedsiębiorstw.

Tabela 2. Kierunki zmian alternatywnych domknięć rządowych w reakcji na wzrost dochodów z podatku węglowego lub wzrost wydatków z tytułu finansowania polityki klimatycznej (jakościowo)

| | Wzrost dochodów publicznych z tytułu wprowadzenia podatku węglowego | Partycypacja w wydatkach inwestycyjnych pakietu technologicznego |
|-----------------------------|---|--|
| Konsumpcja publiczna | Rośnie | Spada |
| Transfery | Rosną | Spadają |
| Stawka podatku VAT | Spada | Rośnie |
| Stawka podatku PIT | Spada | Rośnie |

Źródło: Opracowanie własne IBS.

Tabela 3. Kierunek oddziaływania na gospodarkę wyższego podatku węglowego lub wyższych wydatków na politykę klimatyczną w zależności od domknięcia rządowego (jakościowo)

| | Wzrost dochodów publicznych z tytułu wprowadzenia podatku węglowego | Partycypacja w wydatkach inwestycyjnych pakietu technologicznego |
|-----------------------------|---|--|
| Konsumpcja publiczna | Rośnie | Spada |
| Transfery | Rosną | Spadają |
| Stawka podatku VAT | Spada | Rośnie |
| Stawka podatku PIT | Spada | Rośnie |

Źródło: Opracowanie własne IBS.

3.3.1 Wpływ pakietu zmian technologicznych na gospodarkę Polski

Podstawową cechą przedstawionego zestawu technologicznych rozwiązań wspomagających ograniczanie nadmiernej emisji gazów cieplarnianych w Polsce jest podzielenie okresu implementacji każdego z nich na dwie fazy: (1) inwestycyjną i (2) operacyjną. W fazie inwestycyjnej projektu ponoszone są nakłady na zakup i instalację niskoemisyjnego kapitału trwałego, który jest, co do zasady, droższy od równie produktywnych inwestycji w bardziej uwęglowane technologie produkcji.

Dodatkowe wydatki konieczne są w związku z koniecznością internalizacji efektu zewnętrznego jakim jest emisja gazów cieplarnianych. W efekcie tego procesu dobra, które mogłyby być przeznaczone na wzrost całkowitego wolumenu produkcji, służą instalacji urządzeń ograniczających emisję, a nie zwiększających potencjał

produkcyjny gospodarki. Rośnie cena dóbr kapitałowych, a nakłady inwestycyjne w branżach nieobjętych pakietem maleją. Powoduje to, że technologie klimatyczne nieuchronnie wiążą się z makroekonomicznym kosztem dla całej gospodarki.

Sytuacja ta zmienia się w momencie, gdy dany projekt wkracza w fazę operacyjną. W tym momencie podmiot lub gospodarstwo domowe zaczynają odnosić korzyści z uprzednio zainwestowanego kapitału. Na przykład inwestycje termomodernizacyjne zmniejszają wydatki na energię elektryczną i ciepło, zaś w niskoemisyjne technologie wytwarzania energii zmniejszają koszty operacyjne związane m.in. z zakupem paliw. W konsekwencji, gospodarstwa domowe i firmy mogą więcej środków przeznaczyć na, będącą źródłem indywidualnej satysfakcji, konsumpcję lub inwestycje w przyszły rozwój – co służy całej gospodarce w skali makro. Należy podkreślić, że nie dotyczy to wszystkich technologii niskoemisyjnych – część z nich (np. CCS) wiąże się ze spadkiem efektywności energetycznej procesu produkcji, a co za tym idzie ich negatywny wpływ na gospodarkę ma charakter permanentny. Jednak w wypadku zdecydowanej większości składowych rozważanego pakietu technologicznego tak nie jest, co sprawia, że w długim okresie są one ekonomicznie uzasadnione.

Należy pamiętać, że nawet w projektach podnoszących efektywność procesu produkcji (np. jego efektywność energetyczną) wydatki kapitałowe przedsiębiorstw w sposób systematyczny poprzedzają osiągnięte przez nie oszczędności operacyjne przejściowo ograniczając jego możliwości produkcyjne. W początkowej fazie wdrażania całego pakietu zasoby kapitałowe przeznaczane na dodatkowe inwestycje zmniejszają możliwości inwestycyjne sektorów, które nie są bezpośrednimi beneficjentami danego przedsięwzięcia. Wzrasta cena dóbr kapitałowych, a całkowity poziom inwestycji i aktywności gospodarczej zmniejsza się. Co więcej, przejście do fazy operacyjnej nie oznacza jeszcze, że projekt inwestycyjny już stał się rentowny – najpierw musi „nadrobić” straty poniesione na początku jego realizacji – kapitał produkcyjny, który nie został zainstalowany w wyniku spadku stopy inwestycji, w większości sektorów gospodarki jest akumulowany ponownie, lecz proces ten jest stopniowy. Moce produkcyjne gospodarki wzrastają, ale nie natychmiastowo. W rezultacie PKB całkowite i zatrudnienie znajdują się poniżej wartości referencyjnych (scenariusza BAU) nie tylko przez cały okres inwestycyjny, lecz także kilka lat późniejszych. Odpowiednio wysoka jest też stopa bezrobocia.

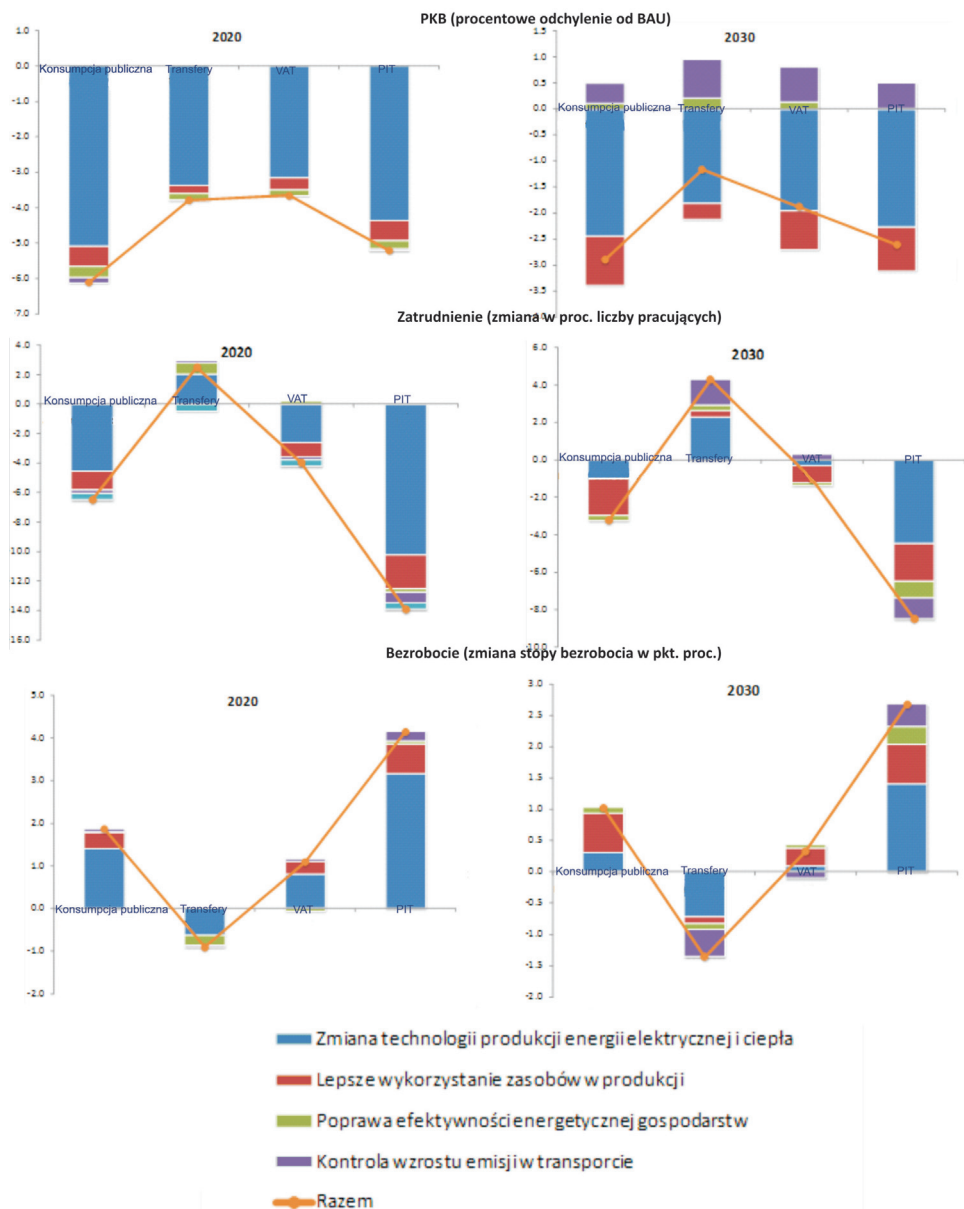
Okres ten trwa kilka lat i, o ile zakończona zostanie faza inwestycyjna (a w horyzoncie prognozy w przypadku niektórych dźwigni np. inwestycji w nowe elektrownie, faza inwestycyjna trwa do roku 2030), początkowy ujemny wpływ na produkt krajowy brutto i rynek pracy mija, a projekt wkracza w fazę, w której przynosi on gospodarce jako całości więcej korzyści niż strat. Wzrasta bowiem albo efektywność energetyczna/paliwowa produkcji, albo sektory, wstrzymujące się przez kilka lat od inwestycji do nich wracają. Ponieważ jednak poszczególne typy technologii ograniczających emisyjność gospodarki są w różnym stopniu kapitałochłonne, w wypadku większości kategorii interwencji dwudziestoletni okres inwestycyjny jest zbyt krótki, by projekt w pełni wkroczył w porę „źniw i zbiorów” – niestety wiele technologii redukujących emisje ma długie okresy inwestycyjne. Działanie

opisanego mechanizmu dobrze widać w przypadku wariantu energetyki odnawialnej, która choć początkowo ma dość silnie spowalniający wpływ na tempo rozwoju gospodarki, to ostatecznie w 2030 r. znacznie poprawia swój wynik.

W rozpatrywanym wariantcie uwidacznia się znaczenie polityki fiskalnej. Negatywne efekty pakietu są wzmacniane, a pozytywne osłabiane w wariantach w których rząd finansuje subsydia inwestycyjne do niskoemisyjnych projektów w sektorze energetycznym w sposób kontrproduktywny – a więc poprzez wzrost podatku VAT i PIT lub spadek produktywności konsumpcji publicznej. Jeśli jednak źródłem finansowania części publicznej pakietu jest spadek transferów socjalnych, negatywny efekt fazy inwestycyjnej pakietu jest bowiem łagodzony przez wzrost podaży pracy ze strony pozbawionych części transferów gospodarstw domowych. Należy także podkreślić, że od strony makroekonomicznej najbardziej kosztowna jest część energetyczna pakietu. Wiąże się ona bowiem z największymi dodatkowymi wydatkami kapitałowymi i największymi subsydiami publicznymi. W drugiej kolejności należy wymienić zmiany technologiczne prowadzące do obniżenia emisji w przemyśle – na wynik ten mają wpływ przemysłowe instalacje CCS, które obniżając emisje GHG zmniejszają też efektywność energetyczną procesu produkcji jednocześnie będąc stosunkowo kapitałochłonne. Z kolei zwiększenie efektywności energetycznej w gospodarstwach domowych, przedsiębiorstwach oraz transporcie są tymi składowymi pakietu, które najszybciej (a więc daleko przed rokiem 2030) zaczynają podnosić zdolności produkcyjne gospodarki jako całości niezależnie od domknięcia fiskalnego, które zostało wybrane.

Na koniec trzeba podkreślić, że koszty ograniczenia emisji nie są równo rozłożone między poszczególne sektory gospodarki. Jak pokazali Bukowski i Kowal (2010) (por. także Bank Światowy 2010), koszt redukcji emisji jest w większym stopniu ponoszony przez sektory wysokoemisyjne – zwłaszcza przemysł ciężki i paliwowy (górnictwo). Należy liczyć się z redukcją wytwarzanego w nich PKB nawet o około 10-15 proc., co wiąże się z wystąpieniem zjawiska *carbon leakage* indukowanego przez wzrost ceny energii i kosztów inwestycyjnych. Jednocześnie jednak niewielki, 1-2-procentowy, wzrost produktu w innych sektorach zrównoważy ten efekt na poziomie makro. Wiązać się to jednak będzie z dużym wyzwaniem realokacyjnym na rynku pracy – a więc z koniecznością zmiany struktury zatrudnienia i długoterminowej alokacji zasobów w gospodarce. Zagadnienie to, jako kluczowe dla polityki publicznej w wymiarze regionalnym, wymaga dalszych badań, wykraczając poza zakres przedmiotowy niniejszego opracowania.

Rysunek 26. Wpływ pakietu na PKB, zatrudnienie i bezrobocie w zależności od horyzontu czasowego i domknięcia



Źródło: Symulacje modelu MEMO, Instytut Badań Strukturalnych.

3.3.2 Wpływ podatku węglowego na gospodarkę Polski

Dodatkowym czynnikiem wywierającym wpływ na analizowaną gospodarkę w całym horyzoncie prognozy jest podatek węglowy, przez który rozumiemy także instrumenty będące jego ekonomicznym ekwiwalentem, jak np. objęcie energochłonnych sektorów europejskim systemem handlu emisjami *cap & trade* (EU ETS). W symulacjach zakładamy, że podatek nakładany jest na węgiel i paliwa kopalne wykorzystywane przez sektor energetyczny. Oznacza to, że rosną koszty produkcji energii uzyskiwanej z tradycyjnych technologii węglowych. Ponieważ jednocześnie popyt na energię jest mało elastyczny, zaś sektor energetyczny dysponuje znaczną siłą monopolistyczną, możliwe jest przerzucenie tych kosztów na odbiorców końcowych. Oznacza to, że pojawienie się podatku węglowego prowadzi do wzrostu cen energii proporcjonalnie do skali tego podatku. Jednocześnie sektor publiczny zyskuje znaczne – sięgające nawet 1,5 proc. PKB – dodatkowe dochody. To, jaki będzie efekt ekonomiczny wprowadzenia podatku zależy w dużej mierze od tego, na co przeznaczone zostaną te dochody. Jeśli dojdzie do obniżenia innych podatków (VAT lub PIT) można spodziewać się wzrostu popytu na pracę, spadku bezrobocia i wzrostu zatrudnienia. Jeśli zaś sektor publiczny przeznaczy te dodatkowe dochody na bezproduktywną konsumpcję publiczną lub wzrost transferów społecznych, należy spodziewać się negatywnych zjawisk gospodarczych – spadku produktu i zatrudnienia oraz wzrostu bezrobocia.

Tabela 4. Wpływ wprowadzenia podatku węglowego (odchylenie w proc. od BAU) w wysokości wystarczającej do uzupełnienia efektów pakietu technologicznego tj. zmniejszających emisje GHG w gospodarce o dodatkowe 13 proc. do całkowitego poziomu redukcji emisji 60 proc. poniżej BAU w roku 2030

| | 2020 | | | 2030 | | |
|----------------------|------|--------------|--------------|------|--------------|--------------|
| | PKB | Zatrudnienie | Cena energii | PKB | Zatrudnienie | Cena energii |
| Konsumpcja publiczna | -0.7 | -1.3 | 16.2 | -2.9 | -1.7 | 48.8 |
| Transfery | -0.2 | -0.4 | 17.9 | 0.6 | -2.1 | 55.0 |
| VAT | 0.3 | 1.4 | 19.7 | 0.7 | 3.3 | 60.7 |
| PIT | -1.2 | 1.5 | 25.6 | 2.4 | 8.2 | 77.8 |

Źródło: Opracowanie własne IBS – symulacje modelu MEMO.

Warto zauważyć, że cena energii, a więc także stawka podatku węglowego, konieczna do tego, aby doprowadzić do spadku emisji do pożądanego poziomu, jest różna w każdym z rozpatrywanych wariantów. Jest ona tym mniejsza, im bardziej niekorzystny jest dany wariant dla gospodarki. Dzieje się tak dlatego, że zmniejszenie aktywności gospodarczej samo w sobie redukuje emisję gazów cieplarnianych, co ogranicza konieczność dalszych podwyżek cen energii by zrównoważyć efekty drugie

rundy (ang. *rebound effects*) działające w przeciwnym kierunku. Jeśli z kolei dochody z podatku węglowego przeznaczone są na korzystną dla rynku pracy redukcję klina podatkowego, dochodzi do wzrostu zatrudnienia i produkcji, a więc także emisji. W rezultacie konieczne jest dalsze zwiększenie podatku, aby częściowo ograniczyć związany z tym wzrost popytu na energię i wywołany nim dodatkowy poziom emisji.

4 EFEKTY ZEWNĘTRZNE

Problem emisji zanieczyszczeń atmosferycznych, w szczególności gazów cieplarnianych, jest przykładem zniekształcenia skuteczności mechanizmu rynkowego. W wyniku działalności producenta uszczerbek ponoszą konsumenci mieszkający w okolicy jego zakładu i nie uzyskują zazwyczaj żadnej rekompensaty za pogorszenie jakości ich życia. Maksymalizacja indywidualnych korzyści lub zysków finansowych uzyskiwanych przez podmioty gospodarujące nie jest jednak równoznaczna z maksymalizacją społecznego dobrobytu. W takiej sytuacji zadaniem regulatora jest stworzenie odpowiedniego mechanizmu bodźców – kar i zachęt, który spowoduje, że jednostki podejmując działania będą uwzględniały koszty ponoszone także przez resztę społeczeństwa.

W tej sekcji prezentujemy najpierw podstawy teoretyczne tematyki efektów zewnętrznych (4.1). Następnie omawiamy oddziaływanie zanieczyszczeń atmosferycznych głównie na zdrowie człowieka (4.2). Sekcję kończą szacunki kosztów generowanych przez efekty zewnętrzne sektora energetycznego w Polsce (4.3).

4.1 Charakterystyka teoretyczna

W klasycznej teorii ekonomii stwierdzono bliski związek między równowagą na rynkach doskonale konkurencyjnych i optymalnością w sensie Pareto, czyli stanem, w którym nie da się poprawić sytuacji jakiegoś podmiotu nie generując uszczerbku dowolnego innego uczestnika rynku. Współczesna ekonomia skupia się jednak na zawodności rynku: sytuacjach, w których równowaga rynkowa nie musi być optymalna tzn. *a priori* możliwe jest poprawienie sytuacji wielu uczestników wymiany rynkowej bez jednoczesnego pogarszania sytuacji innych. Jednym z typów zawodności rynku, który może (choć nie musi) prowadzić do takiej sytuacji, są efekty zewnętrzne.

W klasycznym podejściu preferencje konsumentów dotyczą tylko dóbr, o konsumpcji których decydują oni sami. Podobnie wielkość produkcji firmy zależy tylko od tego, jaki poziom nakładów wybrała. W rzeczywistości jednak dobrobyt konsumenta lub firmy może, w pewnych okolicznościach, zależeć od działań innych podmiotów w gospodarce, tzn. może on być zależny od *efektów zewnętrznych* generowanych przez działania podejmowane przez innych konsumentów lub firmy. Przykładowo słuchanie głośnej muzyki przez sąsiada o 3 rano może utrudniać sen. Podobnie połowy rybaka mogą się zmniejszyć przez zanieczyszczenia odprowadzane przez fabrykę chemiczną umiejscowioną w górze rzeki.

Tego typu zaburzenia są zawsze obecne w praktyce co sprawia, że równowagi rynkowe nie muszą być optymalne. Negatywne efekty zewnętrzne są szczególnie często spotykane w tych sferach działalności gospodarczej, które pozostają w silnym

związku ze środowiskiem naturalnym. Fabryki emitujące różne typy zanieczyszczeń zmniejszają dobrobyt konsumentów żyjących w ich bliższej lub dalszej okolicy. Produkcja energii i wielu dóbr wiąże się z emisją dwutlenku węgla, który choć w ograniczonym stopniu oddziałuje na konsumentów żyjących dziś, może generować bardzo duże koszty dla przyszłych pokoleń.

Czy redukcja negatywnych efektów zewnętrznych do zera jest pożądana i możliwa? Niekoniecznie. Przykładowo, nie istnieje całkowicie neutralna dla środowiska aktywność gospodarcza. Tylko całkowite zaniechanie wszelkiej ludzkiej działalności zredukowałoby antropopresję do zera. Zatem nie istnieje zupełnie czysty produkt. Istnieją tylko mniej i bardziej czyste.

Jednocześnie jednak środowisko naturalne ma zdolność do regeneracji, która umożliwia człowiekowi wytwarzanie dóbr i usług w sposób zrównoważony, a więc taki, który nie narusza długookresowej równowagi ekologicznej. Ekolodzy mówią więc o negatywnym wpływie na środowisko, jeśli jego naturalna zdolność regeneracyjna ulega (lub może ulec) uszkodzeniu: tj. zasoby naturalne są nadmiernie wykorzystywane, odpady przekraczają pojemność absorpcji środowiska lub ekosystemu i funkcje podtrzymujące życie globalnie doznają uszczerbku. Można wtedy zdefiniować *naturalne optimum* jako maksymalny poziom negatywnego wpływu, który wciąż może być absorbowany przez środowisko bez trwałej szkody. To naturalne optimum określa *zrównoważony poziom* aktywności gospodarczej.

Z kolei, z punktu widzenia stricte ekonomicznego optymalny poziom efektów zewnętrznych zostaje osiągnięty w punkcie, gdzie krańcowy zysk netto podmiotów je generujących zrównuje się z krańcowymi kosztami społecznymi ofiar efektów zewnętrznych. Teoria ekonomii sugeruje więc osiągnięcie tego stanu poprzez uwewnętrznienie (tzw. internalizację) istotnych efektów.

Podejście to jest coraz powszechniej akceptowane przez opinię publiczną, w miarę coraz większej świadomości społecznej i politycznej problemu efektów zewnętrznych. Internalizacja ich kosztów oznacza bowiem przeniesienie ich z podmiotów niezaangażowanych w dany typ działalności gospodarczej (ogółu społeczeństwa) na firmy bądź konsumentów je generujących. Ekonomiści zidentyfikowali przy tym trzy główne metody osiągnięcia tego celu. Pierwsze dwie mają charakter intruzywny: rząd wprowadza limity produkcji albo podatki na strony generujące negatywne efekty zewnętrzne. Trzecia metoda jest bardziej neutralna – wychodzi z założenia, że nieefektywność społeczna lub ekologiczna związana z istnieniem efektów zewnętrznych wynikających z braku bądź niekompletności rynku, na którym można by nimi handlować (jako swego rodzaju „antydobrami”). Dlatego sposobem na zaradzenie problemowi jest pobudzenie targowania się (czyli stworzenie rynku) o wielkość efektów zewnętrznych. Przykładem ostatniego są systemy handlu emisjami (tzw. *cap and trade*). To rynkowe podejście do kontroli zanieczyszczeń ma dostarczać ekonomicznych bodźców do redukcji emisji.

Można teraz poruszyć trzy kwestie: jak identyfikować efekty zewnętrzne, jak je zmierzyć oraz jak internalizować ich koszty. Należy mieć świadomość, że próby wyznaczenia równoważników pieniężnych strat dobrobytu w wyniku emisji gazów cieplarnianych są obarczone dużą niepewnością i ograniczoną precyzją oszacowań. Estymację wysokości tych kosztów przedstawia Komisja Europejska i IER (2005) w postaci metody ExternE, która jest jedną z najodpowiedniejszych i najszerzej akceptowanych przez kręgi naukowe i polityczne.

4.2 Skutki zanieczyszczeń atmosferycznych

Emisje zanieczyszczeń atmosferycznych ze spalania paliw kopalnych w toku działalności gospodarczej oddziałują negatywnie na zdrowie wielu przyszłych pokoleń. Światowa Organizacja Zdrowia podaje, że od lat 70. XX wieku do 2004 roku globalne ocieplenie przyczyniło się do śmierci 140 tys. osób rocznie na całym świecie.

Choć ocieplenie klimatu może lokalnie przynieść korzyści takie jak mniejsza liczba osób ginących zimą w klimacie umiarkowanym oraz zwiększona produkcja żywności w pewnych obszarach, uważa się, że całkowity wpływ zmian klimatycznych na zdrowie populacji ludzkiej w skali globalnej będzie negatywny. Zmiana klimatu oddziałuje bowiem negatywnie na podstawowe warunki życia w zdrowiu na bardzo wielu obszarach globu – w tym zwłaszcza w krajach rozwijających się: czystość powietrza, dostępność dobrej jakości wody pitnej i wystarczającą ilość żywności.

Zanieczyszczenia atmosferyczne

Wpływ efektów zewnętrznych na zdrowie jest szczególnie ważny, ponieważ w kategoriach generowanych kosztów stanowią one największą część kosztów całkowitych, wykluczając globalne ocieplenie (Komisja Europejska i IER 2005). Eksperci od zdrowia publicznego w coraz większym stopniu zgadzają się, że zanieczyszczenia atmosferyczne, nawet na obecnym poziomie, zwiększają zachorowalność (szczególnie na choroby układu oddechowego i choroby naczyniowo-sercowe) oraz prowadzą do podwyższonej śmiertelności w młodszych grupach wiekowych (np. Wilson i Spengler 1996, WHO 2003, Holland i in. 2005a). Mniej pewne są dokładne przyczyny, ale większość ostatnich badań zidentyfikowało drobny pył (aerozole) jako głównego winowajcę; także ozon generuje poważne skutki dla zdrowia. Największy wkład do kosztów pochodzi ze śmiertelności spowodowanej przez substancje pyłowe (PM – *particle matter*). Inny istotny wkład pochodzi z przewlekłego zapalenia oskrzeli spowodowanego pyłem (Abbey i in. 1995). Dodatkowo może występować bezpośredni wpływ na zdrowie SO₂ i NO_x, choć dla bezpośrednich efektów NO_x wyniki badań są mniej przekonujące.

Powodem znaków zapytania w wierszach dotyczących siarczanów i azotanów jest brak dokładnych dowodów ich toksyczności. Stanowią one duży odsetek lotnych pyłów, ale większość dostępnych badań epidemiologicznych opiera się na masie pyłów bez rozróżnienia składników lub cech (kwasowość, rozpuszczalność itd.).

W szczególności brakuje epidemiologicznych badań azotanowych aerozoli ponieważ do niedawna zanieczyszczenie to nie było notowane przez stacje monitoringu zanieczyszczeń atmosferycznych.

Tabela 5. Zanieczyszczenia powietrza i ich wpływ na zdrowie.

| Główne substancje zanieczyszczające | Drugorzędne substancje zanieczyszczające | Efekty |
|--|--|---|
| Pyły (PM ₁₀ , PM _{2,5} , czarny dym) | | śmiertelność zachorowalność sercowo-płucna (przyjęcia do szpitali z chorobami naczyniowo-mózgowymi, zastoinowa niewydolność serca, przewlekłe zapalenie oskrzeli, przewlekły kaszel u dzieci, choroby dolnych dróg oddechowych, kaszel astmatyczny) |
| SO ₂ | | śmiertelność zachorowalność sercowo-płucna (hospitalizacja, konsultacje lekarzy, astma, zwolnienia chorobowe, praca w ograniczonym zakresie) |
| SO ₂ | Siarczany | jak pyły |
| NO _x | | zachorowalność |
| NO _x | Azotany | jak pyły |
| NO _x + VOC | Ozon | śmiertelność zachorowalność (przyjęcia do szpitali z problemami oddechowymi, ataki astmy, dni objawów astmy) |
| CO | | śmiertelność (zastoinowa niewydolność serca) zachorowalność (naczyniowo-sercowa) |
| PAH sadza z silników diesela, benzen, 1,3-butadien, dioksyny | | nowotwory |
| As, Cd, Cr-VI, Ni | | nowotwory inne choroby |
| Hg, Pb | | zachorowalność(neurotoksyczna) |

Źródło: Komisja Europejska i IER (2005).

Epidemiolodzy napotykają trudność w przypisaniu poszczególnych skutków zdrowotnych do odpowiednich zanieczyszczeń, ponieważ ludność jest wystawiona na mieszaninę różnych substancji jednocześnie. Wniosek dotyczący negatywnego wpływu zanieczyszczeń atmosferycznych na zdrowie jest znacznie pewniejszy niż przypisanie szkód do poszczególnych ich kategorii. Z tego powodu niektórzy epidemiolodzy, głównie we Francji, podkreślają że jakakolwiek pojedyncza substancja zanieczyszczająca jest co najwyżej wskaźnikiem zanieczyszczeń i że przypisanie efektów poszczególnym substancjom jest bardzo niepewne (ERPURS 1997). Amerykańscy epidemiolodzy zazwyczaj przypisywali szkody pyłom, choć w ostatnich latach rozpoznali także możliwość większej roli innych substancji.

Wysokie temperatury

Skrajne upały są bezpośrednią przyczyną śmiertelnych chorób sercowo-naczyniowych i chorób układu oddechowego, szczególnie wśród osób starszych. Np. upały w Europie w lecie 2003 r. spowodowały zgony ponad 70 tys. osób (Robine i in. 2008).

Wysokie temperatury podnoszą także poziom ozonu oraz innych substancji zanieczyszczających środowisko w powietrzu, które zaostrzają choroby sercowo-naczyniowe i choroby układu oddechowego. Zanieczyszczenie powietrza w miastach powoduje na świecie ok. 1,2 mln zgonów rocznie (WHO 2010).

Stężenie pyłków roślin oraz innych aeroalergenów jest także wyższe w czasie upałów. Mogą one powodować astmę, na którą cierpi około 300 mln ludzi na całym świecie. Oczekuje się, że postępujący wzrost temperatury zwiększy to obciążenie, także w Polsce, w której zwiększy się liczba i intensywność letnich upałów w wyniku globalnego ocieplenia.

Kłęski żywiołowe i zmienność opadów atmosferycznych

Liczba zarejestrowanych kłesk żywiołowych powiązanych ze zjawiskami pogodowymi na całym świecie wzrosła ponad trzykrotnie od lat 60. XX wieku. Każdego roku kłęski te powodują ponad 60 tys. zgonów, głównie w krajach rozwijających się.

Podniesienie poziomu mórz oraz coraz bardziej skrajne zjawiska pogodowe mogą niszczyć domy, placówki medyczne i inne typy infrastruktury. Ludność mieszkająca na wybrzeżu może być zmuszona opuścić miejsce zamieszkania, co w rezultacie podwyższa ryzyko wystąpienia wielu negatywnych efektów dla zdrowia, od zaburzeń psychicznych do chorób zakaźnych.

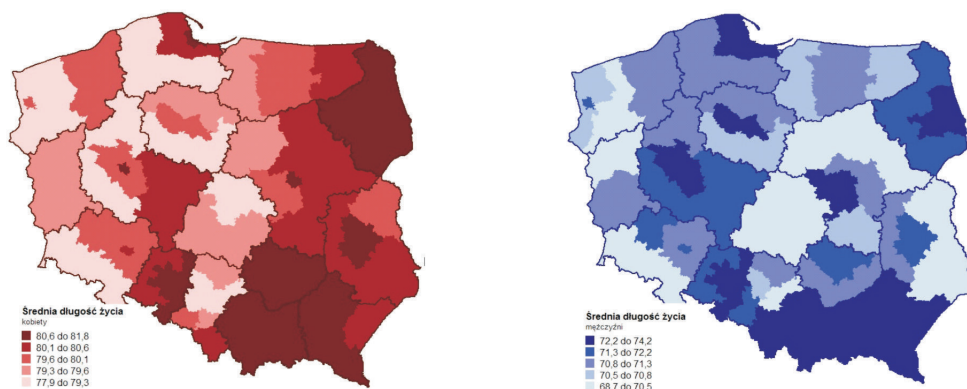
Coraz bardziej zmienne opady atmosferyczne mogą wpłynąć negatywnie na jakość wody pitnej. W skrajnych przypadkach, globalne niedobory wody mogą powodować susze i okresowe wzrosty cen żywności, które mogą pogłębiać problem niedożywienia w grupie osób żyjących poniżej granicy ubóstwa.

Również powodzie na świecie (a także w Polsce) są coraz częstsze i intensywniejsze. W Polsce ich wpływ ogranicza się do utonięć i fizycznych obrażeń, zniszczeń budynków mieszkalnych i infrastruktury oraz utrudnień w dostawach usług medycznych.

Polska

Porównanie oczekiwanej długości życia Polaków w zależności od miejsca zamieszkania (Rysunek 27.) wydaje się wskazywać na pewną korelację ze stopniem industrializacji poszczególnych obszarów. Do najkrócej żyjących zaliczają się mieszkańcy Górnego i Dolnego Śląska oraz okolic Łodzi; najdłużej żyją mieszkańcy woj. podlaskiego oraz podkarpackiego. Hipotezie o korelacji wielkości emisji gazów cieplarnianych z długością życia pozornie przeczą dane dotyczące dużych zindustrializowanych miast: przede wszystkim Warszawy i Krakowa, ale te odstępstwa można prawdopodobnie przypisać większej zamożności względnej mieszkańców, a przez to lepszemu dostępowi do usług medycznych.

Rysunek 27. Oczekiwana długość życia noworodków w polskich powiatach w 2009 r.



Źródło: Opracowanie własne IBS na podstawie danych BDL.

4.3 Efekty zewnętrzne polskiej energetyki – ExterneE

Z uwagi na wymienione wcześniej powody, szacunki wielkości kosztów generowanych przez efekty zewnętrzne emisji gazów cieplarnianych są bardzo trudne i wymagają wielu założeń *a priori*, opartych na wiedzy eksperckiej (przykładem takich założeń jest wycena wartości życia ludzkiego lub obarczone znacznie mniejszą niepewnością dane z zakresu toksykologii i epidemiologii), dlatego skomplikowana metodologia ExterneE uwzględniająca wielowymiarowe oddziaływania, nie może być tu przedstawiona na zadowalającym poziomie szczegółowości. Czytelnika odsyłamy do opracowania Komisji Europejskiej i Instytutu Gospodarki i Racjonalnego Wykorzystania Energii (KE i IER 2005), w którym przedstawiono dokładnie metodę obliczeniową. Próbę adaptacji metodyki ExterneE do warunków Czech, Polski i Węgier można znaleźć w relacji Komisji Europejskiej z prac nad ExterneE-Pol (2005).

Metodologia ExterneE (2005) początkowo identyfikuje główne obszary oddziaływania efektów zewnętrznych, począwszy od najistotniejszych: zdrowie (w tym zwiększenie śmiertelności i zachorowalności - głównie zapalenie oskrzeli), hałas, przyspieszenie niszczenia materiałów budowlanych, zmniejszenie plonów, globalne ocieplenie, pogorszenie jakości życia oraz niszczenie ekosystemów i bioróżnorodności. Następnie dokonywana jest ocena siły oddziaływania efektów w wymienionych obszarach, a w ostatniej fazie wyznaczenie równoważników pieniężnych generowanych kosztów.

Autorzy modelu ExterneE (2005) wyceniają wartość oczekiwaną zagregowanej wielkości kosztów efektów zewnętrznych na 19 EUR₂₀₀₀/tCO₂e. Za dolną granicę, uwzględniającą tylko koszty, co do których można mieć dużą pewność, przyjmują 9 EUR₂₀₀₀/tCO₂e. Maksymalny koszt szacują na 80 EUR₂₀₀₀/tCO₂e. Szacunki te odno-

szą się jednakże do Unii Europejskiej jako całości i wymagają korekty w odniesieniu do Polski. Z jednej strony ze względu na niższe koszty w stosunku do przeciętnego mieszkańca UE25: ekonomiczną wartość pracy Polaka, inne koszty wizyt lekarskich oraz koszty utraconych dni pracy z powodu chorób; a z drugiej strony, ponieważ technologie wykorzystywane w polskich elektrowniach węglowych mogą być relatywnie przestarzałe i generować bardziej uciążliwe efekty zewnętrzne. Koszty efektów produkcji energii oraz transportu są mocno zdominowane przez wpływ na ludzi. Ocena ich wpływu na śmiertelność i zachorowalność bazuje głównie na ekonomii dobrobytu oraz subiektywnej teorii wartości. Można się spodziewać, że efekty zewnętrzne będą coraz ważniejsze w przyszłości, gdy Polacy będą zamożniejsi, a ich skłonność do płacenia za dobra luksusowe, takie jak usługi środowiskowe oraz zdrowotne, będzie większa niż obecnie.

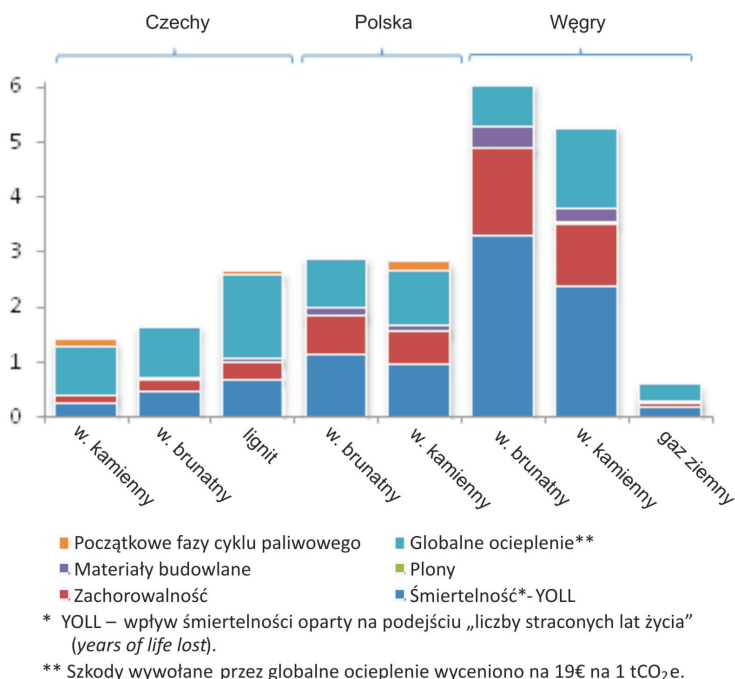
Dlatego do oceny efektów zewnętrznych z emisji gazów cieplarnianych w naszym kraju korzystamy z oszacowań projektu ExternE-Pol (2005) będącego kontynuacją serii ExternE. Jednym z celów projektu była implementacja metodologii w nowych krajach członkowskich UE – Czechach, Polsce i Węgrzech. Dokonano tego dla sektora energetycznego, który jest odpowiedzialny praktycznie za znaczną większość generowanych efektów zewnętrznych – transport nie emituje tak wielu pyłów i aerozoli oraz dwutlenku siarki – substancji o największym negatywnym wpływie na zdrowie ludzi. Autorzy ExternE-Pol dostarczają szacunków tylko dla 2002 r., zgodnie z którymi stosunek ich wielkości do PKB wynosi 4,8%. Na podstawie tej wielkości obliczyliśmy wysokość kosztu generowanego na jednostkę wyemitowanego równoważnika CO₂ w energetyce. Wyniósł on prawie 200 zł (w cenach z 2000 r.) na 1 tCO₂e. Podkreślimy, że oszacowano tylko łatwiej mierzalne efekty: wpływ na zwiększenie śmiertelności i zachorowalności, przyspieszenie niszczenia materiałów budowlanych oraz zmniejszenie plonów upraw rolnych. Autorzy ExternE-Pol nie obliczyli skutków trudniej mierzalnych, takich jak wpływ hałasu i zanieczyszczeń atmosferycznych na jakość życia, pogorszenie widoczności na drogach, czy niszczenie ekosystemów i zmniejszanie bioróżnorodności.

Na Rysunek 28. porównujemy koszty społeczne wynikające z wyprodukowania 1 TOE energii elektrycznej w elektrowniach opalanych różnymi paliwami. Polskie elektrownie węglowe plasują się między „brudnymi” węgierskimi i znacznie czystszyimi czeskimi. Większość zidentyfikowanych efektów powoduje zwiększenie śmiertelności i zachorowalności ludzi. Dużą część kosztów (ok. $\frac{1}{3}$) stanowi wpływ na globalne ocieplenie. W dalszym toku analizy wykluczymy jednakże ten czynnik, ponieważ jest on uwarunkowany globalnie – emisje gazów cieplarnianych w Polsce stanowią mniej niż 1% emisji światowych.

Oszacowana wg metody ExternE wielkość efektów zewnętrznych energetyki (bez wpływu na globalne ocieplenie) w latach 1996-2008 właściwie nie zmieniała się i oscylowała na poziomie ca 23 mld zł (w cenach z 2000 r.). Dynamika tych efektów jest proporcjonalna do emisji sektora (Rysunek 29.). Prognozowany wzrost wartości dodanej pociąga za sobą wzrost zapotrzebowania na energię, któremu będą musiały sprostać polskie elektrownie. Dlatego zgodnie z BAU możemy spodziewać się

wzrostu uciążliwości emisji zanieczyszczeń atmosferycznych w ujęciu bezwzględnym, a także w przeliczeniu na mieszkańca (liczba ludności będzie stabilnie spadać). Koszty wzrosną z 23,6 mld zł w 2008 r. do 30,9 mld zł w 2030 r. Odejście od dotychczasowej, węglowej struktury wytwarzania energii do dowolnego z rozważanych wcześniej wariantów (nuklearnego, odnawialnego lub pośredniego) dałoby proporcjonalne zmniejszenie efektów zewnętrznych o 53% do 14,5 mld zł.

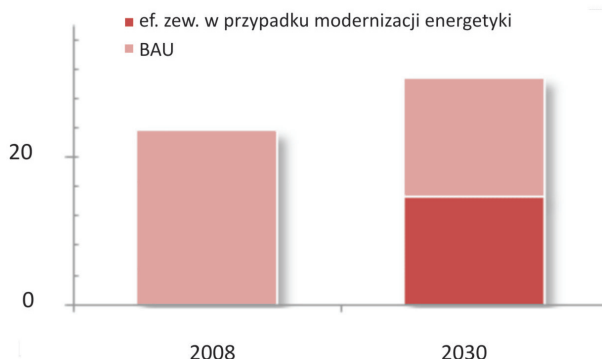
Rysunek 28. Porównanie wielkości efektów zewnętrznych wg typów paliwa wykorzystywanego w elektrowni w tys. PLN w cenach stałych z 2000 r. na 1 TOE wyprodukowanej energii elektrycznej.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie ExternE-Pol (2005).

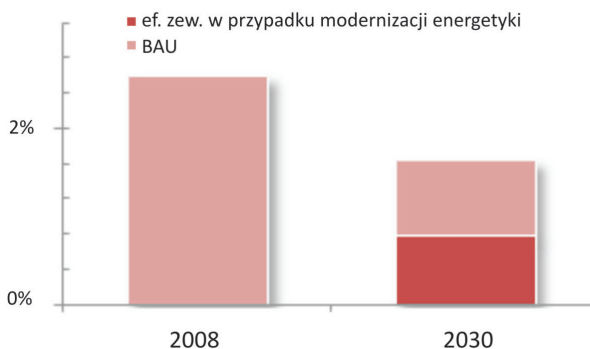
Tak rozumiane efekty zewnętrzne generowane przez sektor energetyczny stanowiły ok. 2,8% PKB (Rysunek 30.) wytwarzanego w Polsce w 2008 r. Relacja była wyraźnie mniejsza niż odnotowany w 1996 r. poziom 4,5 %. Stało się tak w rezultacie bezemisyjnego wzrostu PKB w latach 1996-2008. Pokazuje to rolę jaką dla minimalizacji społecznych kosztów negatywnych efektów zewnętrznych ma zeroemisyjny wzrost gospodarczy. W przyszłości można oczekiwać, że bezwzględna wielkość kosztów zewnętrznych wzrośnie. Jednocześnie jednak stosunek efektów zewnętrznych do PKB zmaleje do 1,6%, gdyż emisyjność gospodarki w scenariuszu BAU spadnie. Relację tę udałoby się zmniejszyć o połowę (do 0,87% PKB) w przypadku przyjęcia przez Polskę rozważanego scenariusza rozwoju energetyki odnawialnej.

Rysunek 29. Efekty zewnętrzne energetyki (z wyłączeniem globalnego ocieplenia) w ujęciu bezwzględny w Polsce w przypadku braku zmiany struktury sektora energetycznego (BAU) oraz w rozważanych w raporcie wariantach (mld PLN w cenach stałych z 2000 r.).



Źródło: Opracowanie własne na podstawie ExternE-Pol (2005).

Rysunek 30. Efekty zewnętrzne energetyki (z wyłączeniem globalnego ocieplenia) jako odsetek wartości dodanej w Polsce w przypadku braku zmiany struktury sektora energetycznego (BAU) oraz rozważanych w raporcie wariantach.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie ExternE-Pol (2005).

Należy podkreślić, że wyznaczony równoważnik pieniężny efektów zewnętrznych nie oznacza, że usunięcie ich źródła dałoby natychmiastowy wzrost PKB o tę wielkość. Dlatego błędne byłoby proste dodanie wielkości tych efektów do PKB w roku 2030. Takie postępowanie byłoby prawidłowe dopiero w horyzoncie 50-70 letnim, czyli po czasie, w którym gospodarka zdołałaby wytworzyć dodatkowy kapitał do uzbrojenia dodatkowych zasobów, zaś zmniejszona śmiertelność przełożyłaby się w pełni na wzrost liczby pracujących¹⁸ i tym samym Polska znalazłaby się w pełni na

¹⁸ Tzw. efekttime-to-build.

nowej ścieżce bardziej zrównoważonego wzrostu¹⁹. Rozważmy dla przykładu wpływ eliminacji emisji tlenków siarki na śmiertelność. Nawet po zmniejszeniu wolumenu nowych emisji, w powietrzu oraz w organizmach żyjącej populacji wciąż będzie się znajdować część tej substancji wyemitowana we wcześniejszych latach. Efekt ten jednak stopniowo wygaśnie. Zmniejszenie zachorowalności i śmiertelności będzie więc w różnym stopniu dotyczyć różnych grup wiekowych – najstarsi mieszkańcy naszego kraju skorzystają na niej mniej niż najmłodsi, znajdujący się przed lub w początkowym stadium aktywności zawodowej. Brak tlenków siarki wydłuży przeciętną, oczekiwaną długość obecności na rynku pracy jednak efekty populacyjne, a wśród nich wzrost podaży pracy ujawniać się będą stopniowo. Rosnąca stopniowo liczba pracowników zwiększy z kolei popyt gospodarki na kapitał, czyli na inwestycje. Jego akumulacja jest jednak procesem długotrwałym, co dodatkowo przedłuży czas potrzebny do uzyskania pełnych, gospodarczych korzyści z minimalizacji negatywnych efektów zewnętrznych emisji GHG do atmosfery.

Przedstawione szacunki dowodzą, że zanieczyszczenia atmosferyczne wywierają wymierny, negatywny, choć rozłożony w czasie efekt na dobrobyt Polaków. Aktywna polityka klimatyczna państwa pozwoliłaby stopniowo zmniejszyć ich skutki, przy czym jej efekty byłyby tym szybciej widoczne im wcześniej rozpoczęłoby się jej wdrażanie.

¹⁹ Tzw. *balanced growth path*.

5 PODSUMOWANIE

Złożoność problematyki globalnego ocieplenia powoduje, że zakres efektów polityki klimatycznej, a także skutki jej zaniechania są uwarunkowane wieloma czynnikami. W niniejszym raporcie rozważamy tylko działania podejmowane w Polsce, które z natury rzeczy mają znikomą wpływ na siłę efektu cieplarnianego w skali globalnej i europejskiej. Jednocześnie nie zajmujemy się skutkami, jakie dla polskiej gospodarki mogą mieć porażki we wdrażaniu agendy klimatycznej na poziomie globalnym. Przykładowo, brak międzynarodowego porozumienia w sprawie redukcji emisji, z dużym prawdopodobieństwem doprowadzi do przyspieszenia tempa wzrostu średnich temperatur na Ziemi niezależnie od tego, jakiego typu działania zostaną podjęte w Europie i Polsce. W rezultacie przyspieszeniu ulegnie proces pustoszczenia wielu obszarów, co prawdopodobnie wywoła masowe migracje, nieobojętne także dla gospodarki europejskiej. Pytania o znaczenie gospodarcze tego typu zjawisk wykraczają jednak poza zakres niniejszego raportu.

Z podobnych powodów nie uwzględniamy w nim spontanicznych (a więc nieindukowanych przez instrumenty polityki), dużej skali zmian behawioralnych związanych z użytkowaniem energii. Cel emisyjny 210 MtCO₂ w 2030 r. będzie tym mniej kosztowny i łatwiejszy do osiągnięcia, im bardziej będzie popularny świadomy, ekologiczny i energooszczędny styl życia w przyszłości. Do celów symulacji przeprowadzonych w niniejszym raporcie zakładamy konserwatywnie, że zmiany te będą jedynie ewolucyjnie podążały w ślad za znanymi z przeszłości trendami europejskimi. Będzie to się przekładało na pewne ograniczenie dynamiki wzrostu emisji gazów cieplarnianych mimo rosnącego, w ślad za PKB, zapotrzebowania na energię w produkcji, transporcie i gospodarstwach domowych. Gdyby przemiany zachowań konsumentów i producentów były większe niż to założyliśmy w BAU należałoby oczekiwać obniżenia całkowitych finansowych i makroekonomicznych kosztów pakietu klimatycznego. Interpretując wnioski warto podkreślić wagę tego czynnika. Kolejną możliwością, której nie rozważamy w raporcie ze względu na oparcie go o zasadę ostrożności, jest wynalezienie i rozpowszechnienie się w horyzoncie prognozy nowych, radykalnych technologii redukujących emisje, które byłyby znacznie efektywniejsze kosztowo i energetycznie niż te, jakie wzięliśmy pod uwagę w naszych obliczeniach.

Pomimo wymienionych wyżej niewiadomych, szacowanie efektów szerokiego zakresu aktywnej polityki antyemisyjnej jest możliwe. W niniejszym raporcie przedstawiliśmy wyniki tego typu badania przeprowadzonego za pomocą pakietu IBS CAST. Zaczęliśmy od budowy scenariusza BAU bazującego na standardowym w ekonomii założeniu o konwergencji, zgodnie z którym Polska gospodarka będzie zbliżać się strukturą i wielkością PKB do średniej UE. Oszacowaliśmy następnie koszty i efekty zastosowania odnawialnych źródeł energii do redukcji emisji GHG za pomocą modułu MIND. Na końcu dobraliśmy wielkość podatku węglowego tak, by emisje osiągnęły cel 210 MtCO₂e w 2030 r., i dokonaliśmy symulacji za pomocą

stworzonego w Instytucie Badań Strukturalnych modelu MEMO (*Macroeconomic Mitigation Options model*), będącego dużej skali, wielosektorowym modelem klasy DSGE. W wykorzystanej metodzie staraliśmy się uniknąć subiektywizmu – założenia dotyczące kosztów i efektów poszczególnych technologii zaczerpnęliśmy ze źródeł zewnętrznych (głównie McKinsey 2010 oraz Rockwool 2009), a strukturalne parametry makroekonomiczne modelu zostały skalibrowane do danych statystycznych dotyczących polskiej gospodarki.

Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych z obecnego poziomu 400 do 210 MtCO₂e w roku 2030 jest zadaniem bardzo ambitnym i wymagającym skoordynowanych działań w warstwie regulacyjnej, operacyjnej, implementacyjnej i finansowej. Wyzwanie może być także utrudnione przez ekspozycję Polski na zagrożenie zjawiskiem *carbon leakage*, polegającym na przenoszeniu się emisyjnej działalności gospodarczej z krajów o zaostrzonej polityce klimatycznej do krajów o łagodniejszych zasadach. Wobec prawdopodobnego scenariusza umiarkowanego wzrostu gospodarczego (ze względu na obciążenie demograficzne społeczeństwa), należy spodziewać się, że w najbliższym dwudziestoleciu całkowity poziom emisji wzrośnie o około 140 MtCO₂e. Oznacza to, że osiągnięcie wymienionego celu redukcyjnego wymagać będzie skoordynowanych dostosowań po stronie podmiotów, gospodarstw domowych i sektora publicznego o łącznej skali 350 MtCO₂e.

W niniejszym opracowaniu pokazaliśmy, że taka sześćdziesięcioprocentowa redukcja jest osiągalna pod warunkiem zastosowania pełnego instrumentarium polityki klimatycznej: (1) wdrożenia ambitnego planu inwestycyjnego w energetyce; (2) podniesienia efektywności energetycznej gospodarstw domowych; (3) zwiększenia efektywności energetycznej i paliwowej w przedsiębiorstwach; (4) kontroli wzrostu emisji w transporcie, (5) wzrostu racjonalności konsumpcji paliw i energii u odbiorców finalnych i przemysłowych stymulowanego narzędziami fiskalnymi.

Wymaga to więc po pierwsze preferowania przez państwo odpowiedniej niskoemisyjnej ścieżki rozwoju technologicznego w sektorze energetycznym, w tym także gotowości do rekompensowania (w uzgodnionej formie) firmom z sektora, ponadstandardowych wydatków inwestycyjnych ponoszonych na droższe, niskowęglowe technologie.

Po drugie, znaczne niewykorzystane rezerwy ekologiczne i ekonomiczne tkwią w efektywności wykorzystania zasobów przez gospodarstwa domowe i przedsiębiorstwa. Dotyczy to zwłaszcza efektywności energetycznej i paliwowej, której ważnym źródłem mogą być termomodernizacje nieruchomości prywatnych i komercyjnych. Realistyczny scenariusz ich implementacji łącznie z wdrożeniem technologii oszczędzających energię lub paliwa w urządzeniach domowych, oświetleniach i liniach produkcyjnych pozwala osiągnąć redukcje emisji w pełni porównywalne co do skali z konsekwencjami ambitnego planu inwestycyjnego w energetyce.

Trzecim ważnym obszarem gospodarki, w którym innowacje technologiczne mogą potencjalnie zwiększyć efektywność działalności ekonomicznej przy jednoczesnym

pozytywnym wkładzie do polityki klimatycznej, jest transport. Dzięki stopniowej modernizacji floty samochodów osobowych i ciężarowych można, w perspektywie roku 2030, zmniejszyć spodziewany w tym obszarze wzrost emisji GHG do atmosfery o kilkanaście procent, co przekłada się na kilkuprocentowy wkład do całkowitej redukcji gazów cieplarnianych na poziomie makro.

Elementy pakietu technologicznego będą jednak prawdopodobnie niewystarczające dla osiągnięcia rozpatrywanego w niniejszym opracowaniu sześćdziesięcioprocentowego celu redukcyjnego. Dlatego niezbędnym elementem ambitnej polityki klimatycznej powinno być oddziaływanie na zachowania gospodarstw domowych poprzez wzrost cen uwęglowionych nośników energii. Oznacza to wprowadzenie podatku węglowego (opłat za emisje) w sektorach ETS, w tym zwłaszcza w energetyce. Przychody z niego będą mogły być jednak przeznaczone na różnego typu działania publiczne w tym m.in. na obniżenie klina podatkowego, konsumpcję publiczną lub wzrost transferów społecznych. Od tego, która opcja zostanie wybrana zależy efekt netto pojawienia się podatku węglowego. O ile więc w wypadku finansowania dochodami z opłat węglowych korzystnych dla pracujących zmian w podatkach PIT i VAT można mówić o służącej gospodarce, zielonej reformie podatkowej, to już przeznaczenie ich na finansowanie nieefektywnej konsumpcji publicznej lub uzupełnianie dochodów zdolnych do pracy osób w wieku roboczym byłoby suboptymalne. Dodatkowo trzeba pamiętać, że wzrost cen energii indukowany przez podatek węglowy, obok korzystnych efektów klimatycznych, może wiązać się z pojawieniem się nowych, niekorzystnych zjawisk społecznych, takich jak wzrost ubóstwa energetycznego, tj. odsetka rodzin niezdolnych do sfinansowania własnej konsumpcji energii. Jest to niewątpliwie wyzwanie dla polityki społecznej, jednak jego szczegółowa analiza wykracza poza zakres niniejszego opracowania.

Przeprowadzone symulacje pokazują, że duże znaczenie dla ekonomicznych konsekwencji pakietu ma po pierwsze natura samej interwencji, a po drugie sposób jej sfinansowania na poziomie makro. Dłużej negatywne piętno na gospodarkę wywierają te instrumenty, które wymagają znacznych, a jednocześnie rozciągniętych w czasie inwestycji. Interwencje mniej kapitałochłonne i bardziej skoncentrowane, spłacają się szybciej, tak w sensie finansowym, jak i makroekonomicznym. Ponadto od strony domknięcia, czyli zbilansowania fiskalnego pakietu technologicznego, zdecydowanie najbardziej korzystne makroekonomicznie jest domknięcie transferami społecznymi skierowanymi do osób w wieku produkcyjnym (sfinansowanie pakietu klimatycznego poprzez obniżenie transferów), a najmniej korzystne domknięcie podatkiem PIT (sfinansowanie go poprzez podwyższenie narzutów na wynagrodzenia). W pierwszym wypadku najszybciej odwraca się trend spadkowy w PKB i zatrudnieniu, a w drugim ich spadek jest najgłębszy i utrzymuje się najdłużej. W każdym wypadku odchylenie od trendu nie przekracza 3 pkt. proc. Z drugiej strony, wprowadzenie podatku węglowego wywołuje efekty odwrotne – jego pojawienie jest niekorzystne, gdy finansuje wzrost transferów i pozytywne gdy oznacza spadek PIT lub VAT. Dlatego należy podkreślić wagę koordynacji i dyscypliny realizacji polityki klimatycznej – brak spełnienia tych warunków może niepotrzebnie zwiększać jej koszty. Umiejętne przeznaczanie przychodów z podatku węglowego

na zieloną reformę podatkową i finansowanie korzystnych dla gospodarki inwestycji klimatycznych (zwłaszcza w obszarze innowacji, efektywności energetycznej i paliwowej) jest kluczem do spełnienia ambitnych celów redukcyjnych w perspektywie roku 2030. Dodatkowe wyzwania dla polityki publicznej wiązać się będą także z różnym regionalnym rozłożeniem kosztów wdrażania pakietu, a także z tym, w jakim stopniu ewentualny wzrost cen energii wpłynie na poszerzenie się strefy ubóstwa, a w jakim będzie dla niej neutralny.

W długim okresie obniżenie dobrobytu społeczeństwa spowodowane zmniejszeniem PKB będzie jednak dodatkowo amortyzowane przez spadek negatywnych efektów zewnętrznych działalności gospodarczej. Pokazaliśmy, że aktywna polityka klimatyczna zmniejszy ich uciążliwość w 2030 r. Podkreśliśmy, że podane szacunki dotyczyły tylko efektów łatwo mierzalnych – zdrowia, niszczenia materiałów budowlanych oraz zmniejszenia plonów. Tymczasem trudniej mierzalny zakres efektów zewnętrznych, np. wpływ hałasu i zanieczyszczeń atmosferycznych na jakość życia, a w miarę wzrostu zamożności społeczeństwa będzie coraz wyżej wyceniany.

Późny zwrot z inwestycji pakietu klimatycznego powoduje, że jego głównymi beneficjentami netto będą pokolenia obecnie młodych osób oraz pokolenia przyszłe, przy czym najszybciej odczuwalne byłyby pozytywne efekty obniżenia energochłonności polskiej gospodarki. Mniej energochłonna gospodarka obniżałaby koszty przedsiębiorców, pozwalając im na większe inwestycje i poprawiając ich konkurencyjność na międzynarodowych rynkach, co byłoby atutem Polski. Jednocześnie zwiększałoby to zasobność konsumentów mogących więcej przeznaczać na konsumpcję. W efekcie przyspieszyłby wzrost gospodarczy. W dłuższym, kilkudziesięcioletnim horyzoncie czasowym można dodatkowo uwzględnić znaczną redukcję oddziaływania negatywnych efektów zewnętrznych. W tej perspektywie realizacja pakietu klimatycznego oznaczałaby istotne zwiększenie dobrobytu przyszłych pokoleń. Kwestią debaty i dalszych analiz pozostaje optymalny dobór celu redukcyjnego maksymalizujący międzypokoleniowy dobrobyt, czyli ustalenie konsensusu między korzyściami i stratami obecnego i przyszłych pokoleń.

Podsumowując można powiedzieć, że cel sześćdziesięcioprocentowej redukcji poziomu emisji gazów cieplarnianych w perspektywie roku 2030 jest osiągalny, choć niełatwy, a przez to wymagający starannej koordynacji oraz czasowej spójności prowadzonej polityki klimatycznej. Z drugiej strony jednak, jego wypełnienie nie musi być makroekonomicznie bardzo kosztowne. Inwestycje związane z polityką klimatyczną wyniosą średniorocznie 1,5% PKB, podczas gdy całkowita stopa inwestycji w Polsce wynosi ok. 20%. Koszt ten jest więc wysoki. Warunkiem powodzenia pakietu jest zróżnicowanie technologiczne i obszarowe instrumentów pakietu, a jego elementem składowym musi być podatek węglowy (opłata za emisję CO₂) lub jego ekonomiczny ekwiwalent. Trzeba też pamiętać, że opóźnianie kluczowych inwestycji w niskoemisyjną gospodarkę – przede wszystkim w energetyce – silnie obniży potencjał redukcji emisji, a w długim okresie zwiąże Polskę z wysokoemisyjną infrastrukturą wpływającą negatywnie na konkurencyjność gospodarki.

ANEKS

I Elektroenergetyka

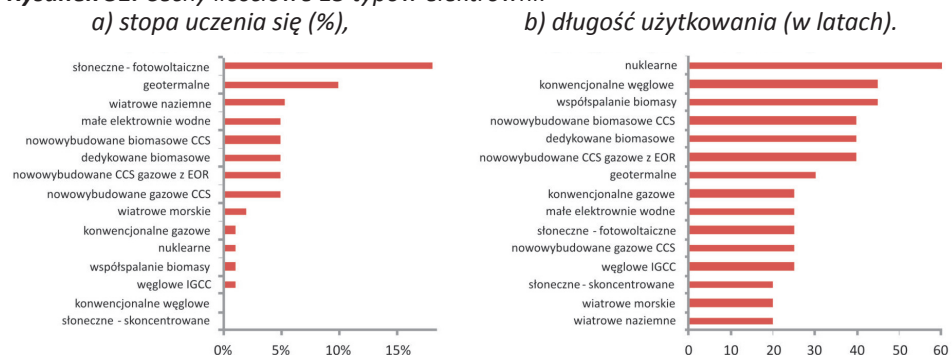
Zestaw mikroekonomicznych założeń liczbowych modelu elektroenergetyki Instytutu McKinsey'a (2010) przedstawia Rysunek 31. i Rysunek 32. Ograniczyliśmy się do dźwigni technologicznych, które zostały ostatecznie wybrane przez optymalizacyjną część modułu MIND.

Koszty kapitałowe inwestycji w elektrownie są liczone na dwa sposoby: (1) poprzez wpisanie corocznie zakładanej kwoty inwestycji w daną jednostkę mocy, (2) poprzez wpisanie zakładanej inwestycji w pierwszym roku, a następnie obniżanie jej o współczynnik uczenia się (Rysunek 31.a) wraz z podwojeniem mocy.

Koszt dostępu do sieci elektrycznej jest taki sam dla każdej technologii – uwzględniamy go w modelu, ale nie różnicuje on technologii. W przypadku naziemnych i morskich elektrowni wiatrowych oraz fotowoltaicznych elektrowni słonecznych doliczono także koszty rozszerzenia sieci i wyniosły one kolejno: 3, 4 i 1,4 tys. EUR/GWh.

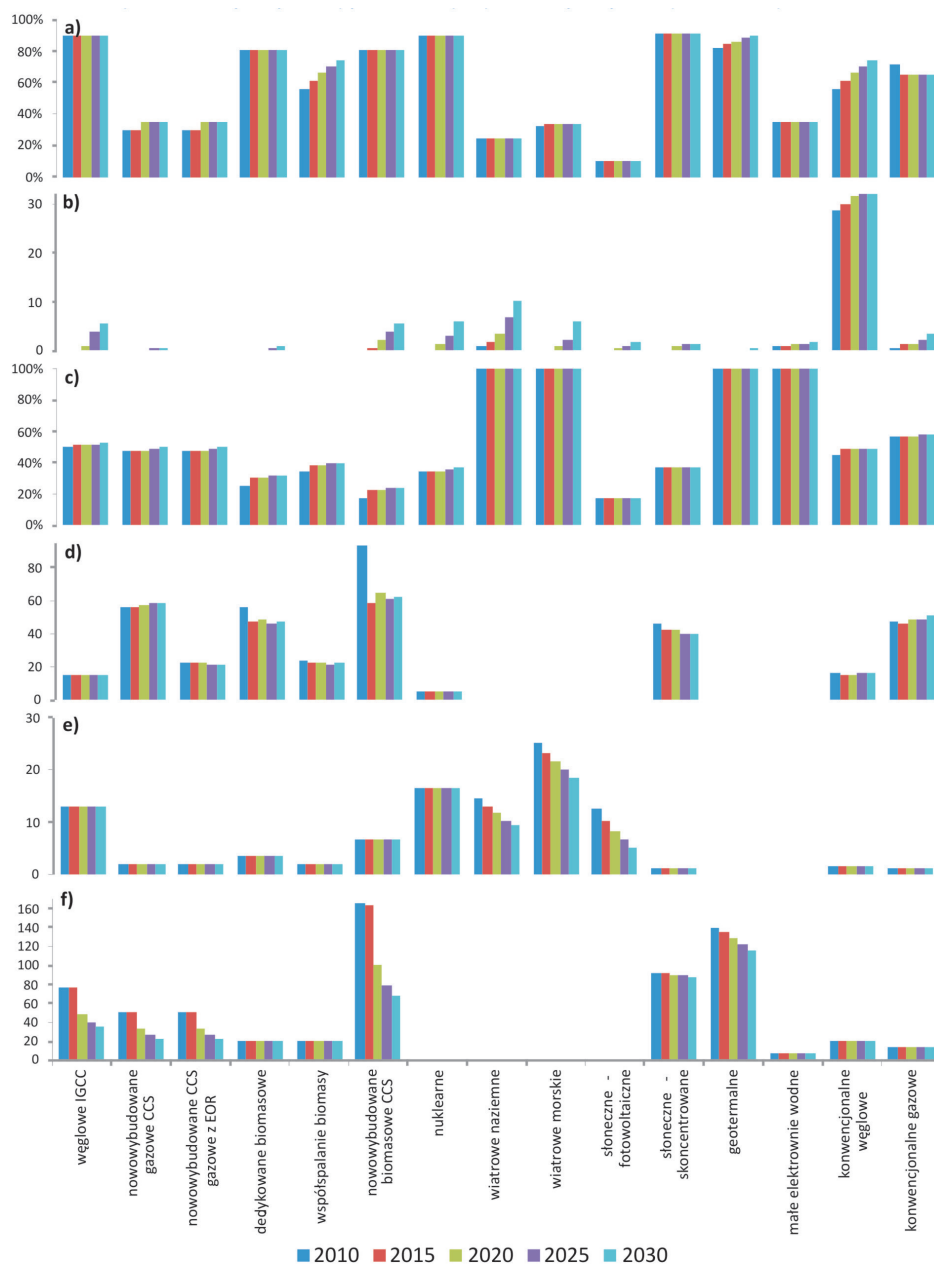
Analiza cech ilościowych poszczególnych typów elektrowni rzuca światło na dość wysokie koszty kapitałowe realizacji wariantu odnawialnego energetyki w Polsce w perspektywie do 2030 r. Koszty budowy i eksploatacji elektrowni w technologiach odnawialnych będą dość szybko spadać. Jednocześnie jednak prognozowany przez BAU wzrost popytu na energię elektryczną już w latach 2011-2015 powoduje, że ograniczenia technologiczne (maksymalny czas pracy oraz maksymalna możliwa do zainstalowania moc) stają się problemem windującym koszty elektroenergetyki odnawialnej. Tzn. nie jest możliwe odłożenie decyzji o inwestycji w dodatkowe moce wytwórcze energii elektrycznej na czas, gdy odnawialne źródła energii będą tańsze, bez wykorzystania innych źródeł w międzyczasie.

Rysunek 31. Cechy ilościowe 15 typów elektrowni:



Źródło: McKinsey (2010).

Rysunek 32. Cechy ilościowe 15 typów elektrowni: a) maksymalny czas pracy (%), b) maksymalna zainstalowana moc w elektrowniach (GW), c) efektywność wytwarzania energii (%), d) koszt paliwa (tys. EUR/GWh), e) koszt zmienny utrzymania (tys. EUR/GWh), f) koszt stały utrzymania (mln EUR/GW).



Źródło: McKinsey (2010).

Źródło: McKinsey (2010).

W Tabeli 6. scharakteryzowano założenia liczbowe wykorzystane w pakiecie symulacyjnym MIND do oszacowania kosztów i możliwości redukcyjnych różnych wariantów rozwoju energetyki w Polsce.

Tabela 6. Podstawowe cechy ekonomiczne poszczególnych technologii energetycznych.

| | Standaryzowane NPV | CO2 wyemitowane na GWh | Maksymalna możliwa technicznie produkcja w 2030 r. w GW | Standaryzowana cena energii pod warunkiem NPV=0 | Cena CO2 pod warunkiem NPV=0 (PLN) |
|---------------------------------|--------------------|------------------------|---|---|------------------------------------|
| biomasa dedykowana | -1,64 | 558,09 | 0,89 | 1,50 | 920,92 |
| nowowbudowane biomasowe CCS | -1,41 | 80,22 | 5,76 | 2,19 | 740,20 |
| słoneczne - skoncentrowane | -0,93 | 0,00 | 1,38 | 2,74 | 962,25 |
| nowowbudowany gazowy CCS | -0,93 | 47,21 | 0,72 | 1,38 | 253,23 |
| konwencjonalne gazowe | -0,69 | 386,08 | 3,61 | 1,12 | 161,47 |
| słoneczne - fotowoltaiczne | -0,63 | 0,00 | 1,70 | 2,71 | 945,71 |
| wiatrowe morskie | -0,49 | 0,00 | 6,00 | 1,43 | 269,61 |
| węglowy IGCC | -0,46 | 69,81 | 5,76 | 1,24 | 181,33 |
| nowowbudowany węglowy CCS | -0,45 | 103,29 | 3,54 | 1,26 | 201,77 |
| nowowbudowany CCS węglowy z EOR | -0,45 | 145,67 | 0,50 | 1,26 | 204,62 |
| współspalanie biomasy | -0,28 | 714,83 | 0,50 | 1,07 | 400,96 |
| wiatrowe naziemne | -0,12 | 0,00 | 10,00 | 1,07 | 77,79 |
| nowowbudowany CCS gazowy z EOR | -0,09 | 134,56 | 0,50 | 1,02 | 61,02 |
| małe elektrownie wodne | -0,07 | 0,00 | 1,69 | 1,02 | 55,93 |
| konwencjonalne węglowe | 0,00 | 796,81 | 38,00 | 1,00 | nie dot. |
| geotermalne | 0,38 | 0,00 | 0,68 | 0,83 | -43,62 |

Źródło: Opracowanie własne IBS (symulacje IBS-MIND).

II Termomodernizacja

Tabela 7. prezentuje wynik audytu energetycznego przeprowadzonego w typowym domu jednorodzinnym „kostce” z lat 70. w Polsce wraz z szacowanymi kosztami robót.

Tabela 8. przedstawia schemat rozumowania przy obliczaniu kosztów termomodernizacji w przypadku różnych typów budynków. Kwoty zostały następnie zmodyfikowane, aby uwzględnić inne przykładowe inwestycje w izolację cieplną, jak drugi przykład Rockwool (2009) oraz przykład z publikacji NAPE (Termomodernizacja budynku).

Tabela 7. Wynik audytu energetycznego przykładowego domu jednorodzinnego w Polsce.

| Przegroda | Współczynnik U [W/(m ² ·K)] stan istniejący | Współczynnik U [W/(m ² ·K)] stan po modernizacji | Zakres prac modernizacyjnych | Powierzchnia [m ²] | Cena jednostkowa * [zł/m ²] | Orientacyjny koszt robót [zł] |
|---------------------------------|--|---|--|--------------------------------|---|-------------------------------|
| Stropodach | 0,79 | 0,21 | Ocieplenie dachu wełną mineralną o współczynniku $\lambda = 0,039$ W/(m·K) i grubości 15 cm | 94 | 151 | 14 081 |
| Ściany zewnętrzne | 1,28 | 0,25 | Ocieplenie ścian metodą lekką mokrą – wełna mineralna o współczynniku $\lambda = 0,039$ W/(m·K) i grubości 15 cm oraz ocieplenie ścian metodą lekką suchą – wełna mineralna o współczynniku $\lambda = 0,036$ W/(m·K) i grubości 16 cm | 249 | 247 | 61 652 |
| Ściana piwnic (część naziemna) | 2,29 | 0,24 | Ocieplenie ścian wełną mineralną o współczynniku $\lambda = 0,039$ W/(m·K) i grubości 15 cm | 45 | 201 | 8 940 |
| Ściana piwnic (część podziemna) | 2,32 | 0,25 | Ocieplenie ścian w gruncie wełną mineralną o współczynniku $\lambda = 0,039$ W/(m·K) i grubości 12 cm | 14 | 143 | 1 948 |
| Płyta balkonowa nad garażem | 0,60 | 0,20 | Ocieplenie od spodu wełną mineralną o współczynniku $\lambda = 0,037$ W/(m·K) i grubości 5 cm oraz od góry wełną mineralną o współczynniku $\lambda = 0,039$ W/(m·K) i grubości 5 cm | 5 | 119 | 634 |

Źródło: Rockwool (2009).

* materiały i robocizna, w tym 22% VAT.

Tabela 8. Oszacowania kosztów kapitałowych termomodernizacji dla mieszkań w różnych budynkach na podstawie wyliczeń Rockwool.

| Przegroda | Powierzchnia [m ²] | | | | | Orientacyjny koszt robót [zł] | | | | |
|-----------------------------|--------------------------------|---------|---------------------|------|------|-------------------------------|---------|---------------------|-------|-------|
| | domy | | bloki z l. mieszkań | | inne | domy | | bloki z l. mieszkań | | inne |
| | jednorod. | szereg. | ≥ 10 | > 10 | | jednorod. | szereg. | ≥ 10 | > 10 | |
| Stropodach | 94 | 94 | 16 | 2 | 94 | 14081 | 14081 | 2347 | 313 | 14081 |
| Ściany zewnętrzne | 249 | 187 | 125 | 62 | 249 | 61652 | 46239 | 30826 | 15413 | 61652 |
| Ściana – część naziemna | 45 | 34 | 20 | 15 | 45 | 8940 | 6705 | 4023 | 2950 | 8940 |
| piwnic – część podziemna | 14 | 11 | 6 | 5 | 14 | 1948 | 1461 | 877 | 643 | 1948 |
| Płyta balkonowa nad garażem | 5 | 5 | 1 | 1 | 5 | 634 | 634 | 159 | 63 | 634 |
| | łącznie średni koszt | | | | | 87255 | 69120 | 38231 | 19382 | 87255 |

Źródło: Opracowanie własne IBS na podstawie Rockwool (2009).

SPIS RYSUNKÓW

| | |
|--|----|
| RYSUNEK 1. SCHEMAT ANALIZY WPŁYWU POLITYKI KLIMATYCZNEJ NA GOSPODARKĘ PRZY POMOCY PAKIETU IBS CAST. | 11 |
| RYSUNEK 2. ENERGOCHŁONNOŚĆ I EMISYJNOŚĆ GOSPODAREK EUROPEJSKICH A WZROST PRODUKCJI NA MIESZKAŃCA..... | 13 |
| RYSUNEK 3. STRUKTURA MODELU MEMO | 18 |
| RYSUNEK 4. STRUKTURA PRODUKCJI MODELU MEMO | 19 |
| RYSUNEK 5. POTENCJAŁ REDUKCJI EMISJI GHG W LATACH 2010-2030 | 21 |
| RYSUNEK 6. PROGNOZOWANA DYNAMIKA WARTOŚCI DODANEJ A TEMPO WZROSTU ZUŻYCIA ENERGII I EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ ATMOSFERYCZNYCH W POLSCE W LATACH 2006-2030, WARTOŚCI ZMIENNYCH UNORMOWANE DO 2006 R. | 23 |
| RYSUNEK 7. PROJEKCJE KONWERCENCJI 3 POLSKICH SEKTORÓW ESTYMOWANE MODELEM BAU (EU21=1) DO 2030 R. | 25 |
| RYSUNEK 8. STRUKTURA WYTWARZANIA ENERGII DO 2030 R. W WARIANCIE ODNAWIALNYM | 27 |
| RYSUNEK 9. STRUKTURA ZUŻYCIA ENERGII W BUDYNKACH MIESZKALNYCH W POLSCE | 32 |
| RYSUNEK 10. METODYKA PROGNOZY DLA MIESZKALNICTWA W POLSCE DO 2040 R. | 34 |
| RYSUNEK 11. ZASOBY MIESZKANIOWE (W MLN) W POLSCE W LATACH 1995-2009 ORAZ PROGNOZA DO 2040 R. | 34 |
| RYSUNEK 12. PRZYROST NETTO LICZBY MIESZKAŃ (W TYS.) W POLSCE W LATACH 1996-2009 ORAZ PROGNOZA DO 2040 R. | 34 |
| RYSUNEK 13. STOPA DEPREKJACJI (ZUŻYCIA) MIESZKAŃ W POLSCE W LATACH 1995-2009 ORAZ PROGNOZA DO 2040 R. | 35 |
| RYSUNEK 14. MIESZKANIA ODDAWANE DO UŻYTKU (W TYS.) W LATACH 1991-2009 ORAZ PROGNOZA DO 2040 R. | 35 |
| RYSUNEK 15. ODSETEK LUDNOŚCI ŻYJĄCEJ W RÓŻNYCH BUDYNKACH W KRAJACH UNII EUROPEJSKIEJ W 2009 R. | 36 |
| RYSUNEK 16. UDZIAŁ POPULACJI WSI I MIASTA W POLSCE W LATACH 1995-2009 | 37 |
| RYSUNEK 17. LICZBA OSÓB (W MLN) ZATRUDNIONYCH W POSZCZEGÓLNYCH SEKTORACH GOSPODARKI W POLSCE W LATACH 1995-2009 | 37 |
| RYSUNEK 18. SZACUNKI LICZBY MIESZKAŃ W POLSCE (W MLN) W RÓŻNYCH TYPAH BUDYNKÓW W LATACH 2005-2040. | 37 |

| | |
|---|----|
| RYSUNEK 19. SZACUNKI STRUKTURY ZASOBÓW MIESZKANIOWYCH W POLSCE (W MLN) W LATACH 1995-2009 ORAZ PROGNOZA DO 2040 R. | 38 |
| RYSUNEK 20. GŁÓWNE KANAŁY STRAT CIEPŁA W BUDYNKACH | 39 |
| RYSUNEK 21. ZUŻYCIE ENERGII DO OGRZEWANIA MIESZKAŃ W BUDYNKACH POWSTAŁYCH PRZED 2009 R. W SCENARIUSZU BAU (BEZ TERMOMODERNIZACJI) ORAZ PO INWESTYCJACH W LEPSZE OCIEPLENIE WG TRZECH SCENARIUSZY (MLN TOE) | 40 |
| RYSUNEK 22. REDUKCJA EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH W WYNIKU TERMOMODERNIZACJI STARYCH ORAZ BUDOWY NOWYCH ENERGOOSZCZĘDNYCH BUDYNKÓW UŻYTECZNOŚCI PUBLICZNEJ I KOMERCYJNYCH WG TRZECH SCENARIUSZY (MLN TOE NA OSI PIONOWEJ) | 44 |
| RYSUNEK 23. LICZBA SAMOCHODÓW OSOBOWYCH PRZYPADAJĄCYCH NA 1000 MIESZKAŃCÓW W WYBRANYCH KRAJACH UE W 1996 I 2009 R. | 46 |
| RYSUNEK 24. LICZBA SAMOCHODÓW OSOBOWYCH (LEWY PANEL) I CIĘŻAROWYCH (PRAWY PANEL) PRZYPADAJĄCYCH NA 1000 MIESZKAŃCÓW W 2009 R. W POLSCE WG WOJEWÓDZTW | 47 |
| RYSUNEK 25. PRZEJAZDY KOŁOWYCH POJAZDÓW SILNIKOWYCH (NIEZALEŻNIE OD KRAJU REJESTRACJI) NA TERYTORIUM WYBRANYCH KRAJÓW EUROPEJSKICH W RELACJI DO WYTWARZANEJ WARTOŚCI DODANEJ (WKM/EURO 2000) | 48 |
| RYSUNEK 26. WPŁYW PAKIETU NA PKB, ZATRUDNIENIE I BEZROBOCIE W ZALEŻNOŚCI OD HORYZONTU CZASOWEGO I DOMKNIĘCIA | 55 |
| RYSUNEK 27. OCZEKIWANA DŁUGOŚĆ ŻYCIA NOWORODKÓW W POLSKICH POWIATACH W 2009 R. | 63 |
| RYSUNEK 28. PORÓWNANIE WIELKOŚCI EFEKTÓW ZEWNĘTRZNYCH WG TYPÓW PALIWA WYKORZYSTYWANEGO W ELEKTROWNI W TYS. PLN W CENACH STAŁYCH Z 2000 R. NA 1 TOE WYPRODUKOWANEJ ENERGII ELEKTRYCZNEJ | 65 |
| RYSUNEK 29. EFEKTY ZEWNĘTRZNE ENERGETYKI (Z WYŁĄCZENIEM GLOBALNEGO OCIEPLENIA) W UJĘCIU BEZWZGLĘDNYM W POLSCE W PRZYPADKU BRAKU ZMIANY STRUKTURY SEKTORA ENERGETYCZNEGO (BAU) ORAZ W ROZWAŻANYCH W RAPORCIE WARIANTACH (MLD PLN W CENACH STAŁYCH Z 2000 R.) | 66 |
| RYSUNEK 30. EFEKTY ZEWNĘTRZNE ENERGETYKI (Z WYŁĄCZENIEM GLOBALNEGO OCIEPLENIA) JAKO ODSETEK WARTOŚCI DODANEJ W POLSCE W PRZYPADKU BRAKU ZMIANY STRUKTURY SEKTORA ENERGETYCZNEGO (BAU) ORAZ ROZWAŻANYCH W RAPORCIE WARIANTACH | 66 |
| RYSUNEK 31. CECHY ILOŚCIOWE 15 TYPÓW ELEKTROWNI: A) STOPA UCZENIA SIĘ (%), B) DŁUGOŚĆ UŻYTKOWANIA (W LATACH) | 72 |
| RYSUNEK 32. CECHY ILOŚCIOWE 15 TYPÓW ELEKTROWNI: A) MAKSYMALNY CZAS PRACY (%), B) MAKSYMALNA ZAINSTALOWANA MOC W ELEKTROWNIACH (GW), C) EFEKTYWNOŚĆ WYTWARZANIA ENERGII (%), D) KOSZT PALIWA (TYS. EUR/GWH), E) KOSZT ZMIENNY UTRZYMANIA (TYS. EUR/GWH), F) KOSZT STAŁY UTRZYMANIA (MLN EUR/GW) | 73 |

SPIS TABEL

| | |
|---|----|
| TABELA 1. PORÓWNANIE PRZEWIDYWANEJ SKALI DODATKOWYCH INWESTYCJI NIEZBĘDNYCH DO WDROŻENIA PAKIETU W ZALEŻNOŚCI OD WARIANTU (PROC. PKB ROCZNIE) | 22 |
| TABELA 2. KIERUNKI ZMIAN ALTERNATYWNYCH DOMKNIĘĆ RZĄDOWYCH W REAKCJI NA WZROST DOCHODÓW Z PODATKU WĘGLOWEGO LUB WZROST WYDATKÓW Z TYTUŁU FINANSOWANIA POLITYKI KLIMATYCZNEJ (JAKOŚCIOWO) | 52 |
| TABELA 3. KIERUNEK ODDZIAŁYWANIA NA GOSPODARKĘ WYŻSZEGO PODATKU WĘGLOWEGO LUB WYŻSZYCH WYDATKÓW NA POLITYKĘ KLIMATYCZNĄ W ZALEŻNOŚCI OD DOMKNIECIA RZĄDOWEGO (JAKOŚCIOWO) | 52 |
| TABELA 4. WPŁYW WPROWADZENIA PODATKU WĘGLOWEGO (ODCHYLENIE W PROC. OD BAU) W WYSOKOŚCI WYSTARCZAJĄCEJ DO UZUPELNIENIA EFEKTÓW PAKIETU TECHNOLOGICZNEGO TJ ZMNIEJSZAJĄCYCH EMISJE GHG W GOSPODARCE O DODATKOWE 13PROC. DO CAŁKOWITEGO POZIOMU REDUKCJI EMISJI 60 PROC. PONIŻEJ BAU W ROKU 2030 | 56 |
| TABELA 5. ZANIECZYSZCZENIA POWIETRZA I ICH WPŁYW NA ZDROWIE | 61 |
| TABELA 6. PODSTAWOWE CECHY EKONOMICZNE POSZCZEGÓLNYCH TECHNOLOGII ENERGETYCZNYCH | 74 |
| TABELA 7. WYNIK AUDYTU ENERGETYCZNEGO PRZYKŁADOWEGO DOMU JEDNORODZINNEGO W POLSCE | 74 |
| TABELA 8. OSZACOWANIA KOSZTÓW KAPITAŁOWYCH TERMOMODERNIZACJI DLA MIESZKAŃ W RÓŻNYCH BUDYNKACH NA PODSTAWIE WYLICZEŃ ROCKWOOL | 75 |

BIBLIOGRAFIA

Adalberth K., *Energy use during the life-cycle of single-unit dwellings: examples*. "Building and Environment", 1997, 32, s. 321-329.

Bank Danych Lokalnych GUS, <http://www.stat.gov.pl/bdl/html/indeks.html>

Bank Światowy, *Transition to a Low-Emissions Economy in Poland*, The World Bank Poverty Reduction and Economic Management Unit, luty 2011.

Blusz K., Hinc B., Brodzikowski J., *W kierunku niskoemisyjnej strategii gospodarczej dla Polski. Energia i klimat pomiędzy Keynesem i Hayekiem?*, demosEuropa – Centrum Strategii Europejskiej, Warszawa 2011.

Boardman B., *Fuel Poverty: From Cold Homes to Affordable Warmth*, Belhaven Press, Londyn 1991.

Boonekamp P., *Trends and policies for space heating in the EU-27*, Konferencja „Energy Efficiency in Buildings – Improving the database”, (projekt Odyssee-MURE należącego do programu Intelligent Energy Europe), Berlin, 29 maja 2008.

Boonekamp P., Lapillonne B., *Monitoring of Energy Demand Trends and Energy Efficiency in the EU*, „Highlights on indicators for buildings in the EU-27”, Berlin 2008.

Brechling V., Smith S., *The pattern of energy efficiency measures amongst domestic households in the UK* (komentarz nr 31), Institute for Fiscal Studies, Londyn 1992.

Brophy V., Clinch J.P., Convery F.J., Healy J.D., King C., Lewis J.O., *Homes for the 21st Century Dublin*, Environmental Institute/Energy Research Group, University College Dublin 1999.

Bukowski M., Brzeziński K. i Kowal P., *Scenariusz referencyjny zużycia energii i wielkości emisji gazów cieplarnianych w Polsce do 2030 r.*, Instytut Badań Strukturalnych, Warszawa 2010.

Bukowski M., Kowal P., *Macroeconomic impact of GHG mitigation policy – case of Poland. Non-technical summary*, IBS, Warszawa, 26 maja 2010.

Centrum Badania Opinii Społecznej, *Jak Polacy mieszkają, a jak chcieliby mieszkać*, Komunikat z badań, BS/120/2010, Warszawa wrzesień 2010.

Clinch J.P., Healy J.D., *Domestic energy efficiency in Ireland: correcting market failure*, „Energy Policy”, 28 (2000), s. 1-8.

ERPURS, *Analyse des liens à court terme entre pollution atmosphérique et santé; Résultats 1991-1995* (Analiza krótkookresowej korelacji między zanieczyszczeniami atmosferycznymi i zdrowiem: wyniki 1991-1995), Evaluation des Risques de la Pollution Urbaine sur la Santé, Observatoire Regional de Santé d’Ile-de-France, 21-23 rue Miollis, F-75015 Paris, 1997.

European Environment Agency, *Energy and environment report 2008*, Copenhagen 2008.

Grabek G., Kłos B. i Koloch G., *SOE^{PL-2009} – Model DSGE małej otwartej gospodarki estymowany na polskich danych: Specyfikacja, oceny parametrów, zastosowania*, „Materiały i Studia”, zeszyt nr 251, Narodowy Bank Polski, Warszawa 2010.

GUS, Budownictwo mieszkaniowe 1991-2009 (tablice przeglądowe) http://www.stat.gov.pl/gus/5840_3031_PLK_HTML.htm

Hansen G., *Indivisible Labor and the Business Cycle*, „Journal of Monetary Economics”, 16, s. 309-328.

Havráněk M., Melichar J., Ščasný M., *The ExternE method: a brief discussion on externality definition and estimation method*, Charles University Environment Center, Praga.

Health and Environment Alliance, Health Care Without Harm, *Acting Now For Better Health: A 30% Reduction Target For EU Climate Policy*, wrzesień 2010.

Helm D., *Rethinking the Economic Borders of the State*, The Social Market Foundation, 2010, <http://www.dieterhelm.co.uk/node/940>.

Holland M, Hunt A, Hurley F, Navrud S, Watkiss P, *Methodology for the Cost-Benefit Analysis for CAFE: Volume 1: Overview of Methodology*, Didcot. UK: AEA Technology Environment, 2005, dostępne: http://europa.eu.int/comm/environment/air/cafe/pdf/cba_methodology_vol1.pdf

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), *Carbon Dioxide Capture and Storage*, IPCC Special Report, Cambridge University Press, Nowy Jork 2005.

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), red. Metz B., Davidson O., Bosch P., Dave R. i Meyer L., *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2007, dostępny online: http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm.

Komisja Europejska, *Externalities of Energy: Extension of accounting framework and Policy Applications, ExternE-Pol Final Technical Report*, sierpień 2005, [dostęp 21 marca 2011 r.] <http://www.externe.info/externpol.html>.

Komisja Europejska i Institut für Energiewirtschaft und Rationelle Energieanwendung (KE i IER), *ExternE: Externalities of Energy, Methodology 2005 Update*, Universität Stuttgart 2005.

Ljungqvist L. and Sargent T.J., *Recursive macroeconomic theory*, The MIT press, 2004.

Mas-Collel A., Whinston M. D., Green J. R., *Microeconomic Theory*, Oxford University Press, Nowy Jork 1995.

McCandless G.T., *The ABCs of RBCs: an introduction to dynamic macroeconomic models*, Harvard University Press, 2008.

McKinsey&Company, *Ocena potencjału redukcji emisji gazów cieplarnianych w Polsce do roku 2030*, grudzień 2009.

Międzynarodowa Agencja Energii, *World Energy Outlook 2010 – Presentation to the Press*, Londyn, listopad 2010.

Niemiecki Urząd Statystyczny (Statistisches Bundesamt Deutschland), baza danych GENESIS-Online.

Niemiecki Urząd Statystyczny (Statistisches Bundesamt Deutschland), *Energy consumption of households increasing despite improved efficiency*, Press release No.477, 14 listopada 2006. http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/EN/press/pr/2006/11/PE06__477__85,templateId=renderPrint.phtml

Nordhaus W., *A Question of Balance: Weighing the Options on Global Warming Policies*, Yale University Press, New Haven i Londyn, 2008.

Nuorkivi, A., *Podręcznik dla instytucji: Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej (CHP), Ciepłownictwo (DH)*, opracowanie w ramach programu BASREC, Krajowa Agencja Poszanowania Energii S. A., 2008.

Oppenheim J. i Beinhooker E. D., *Climate Change and the Economy : Myths versus Realities*, Davos, 29 stycznia 2009.

Panek A., Robakiewicz M., *Termomodernizacja budynku – wydawnictwo w ramach Programu Dom Przyjazny*, Narodowa Agencja Poszanowania Energii S. A., 2009.

Pogorzelski J.A., Kasperkiewicz K., Geryło R.: *Budynki wielkopłytkowe - wymagania podstawowe*. Zeszyt 11 - Oszczędność energii i izolacyjność cieplna przegród. Stan istniejący budynków wielkopłytkowych. ITB – Warszawa 2003.

Pytka K., Kuszewski T., *Ocena skuteczności handlu emisjami w Unii Europejskiej*, „Gospodarka Narodowa”, nr 5-6, 2010.

Robine J. M., Cheung S. L. K., Le Roy S., Van Oyen H., Griffiths C., Michel J. P., Herrmann F. R., *Death toll exceeded 70,000 in Europe during the summer of 2003*, Les Comptes Rendus/ Série Biologies, nr 331(2), luty 2008, s. 171–78.

Rockwool Polska, *Termolokata: Inwestycja w ciepły dom*, Raport z serii „Szóste Paliwo”, 2009.

Rogall H., *Ekonomia Zrównoważonego Rozwoju: Teoria i Praktyka*, Wydawnictwo Zysk i S-ka, Poznań 2010.

Scheuer C., Keoleian G.A., Reppe P., *Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modelling challenges design implications*, ENB 2003, 35, s. 1049-1064.

Światowa Organizacja Zdrowia, *Climate Change and Health*, Fact sheet N°266, witryna internetowa WHO, styczeń 2010, <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/index.html>

The Economist, *Pollution and global warming: Climate change in black and white*, 17 lutego 2011, http://www.economist.com/node/18175423?story_id=18175423.

Tovar C. E., *DSGE models and central banks*, BIS Working Papers, nr 258, sierpień 2008, <http://www.bis.org/publ/work258.pdf>.

Wesselink B., Harmsen R., Eichhammer W., *Energy Savings 2020: How to Triple the Impact of Energy Saving Policies in Europe, A Contributing Study to Roadmap 2050: A Practical Guide to a Prosperous, Low-carbon Europe*, Ecofys i Fraunhofer ISI, wrzesień 2010.

WHO, *Health aspects of air pollution with particulate matter, ozone and nitrogen dioxide*, Raport Grupy Roboczej WHO, Bonn, Niemcy, Światowa Organizacja Zdrowia, 13-15 stycznia 2003: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf; [dostęp: 10.03.2011].

Wickens M., *Macroeconomic Theory: A dynamic general equilibrium approach*, Princeton University Press, 2008.

WWF, FEWE, ISOVER, *Analiza potencjału zmniejszenia zużycia energii w nowych budynkach w wyniku zastosowania wyższych standardów w zakresie izolacyjności przegród zewnętrznych*, Katowice, wrzesień 2009.

Vattenfall, *Poradnik dla producentów biomasy*, [dostęp: 18.03.2011] <http://www.vattenfall.pl/pl/biomasa-poradnik.htm>.

Koalicja Klimatyczna jest porozumieniem organizacji pozarządowych zaangażowanych w ochronę globalnego klimatu. Jej misją jest wspólne działanie w celu zapobiegania wywołanym przez człowieka zmianom klimatu dla dobra ludzi i środowiska.

WWF chroni środowisko, w którym żyjesz. Naszą misją jest powstrzymanie dalszej degradacji środowiska naturalnego Ziemi i kształtowanie przyszłości, w której ludzie będą żyli w harmonii z przyrodą.

ISBN: 978-83-933263-0-3



ul. Wiśniowa 38
02-520 Warszawa
tel. 22 848 75 92/93
www.wwf.pl



ul. Mazowiecka 11 lok. 16
00-052 Warszawa
tel./fax: 22 827 33 70
www.koalicjaklimatyczna.org