



Centrum Analiz
Klimatyczno-Energetycznych



POLSKA NET-ZERO 2050

WYBRANE INSTRUMENTY WDRAŻANIA POLITYKI KLIMATYCZNEJ W SEKTORZE ROLNICTWA W PERSPEKTYWIE ROKU 2050

Autorzy:

Adam Wąs, Paweł Kobus, Jan Witajewski-Baltvilks, Vitaliy Krupin, Maciej Pyrka,
Robert Jeszke, Maciej Cygler

LIFEClimateCAKEPL

AUTORZY I PRAWA AUTORSKIE

Adam Wąs, Paweł Kobus, Jan Witajewski-Baltvilks, Vitaliy Krupin, Maciej Pyrka, Robert Jeszke, Maciej Cygler

Autorzy dziękują za cenny wkład i uwagi do Raportu: Pawłowi Mzykowi, Monice Sekule, Jakubowi Boratyńskiemu, Markowi Antosiewiczowi, Igorowi Tatarewiczowi, Michałowi Lewarskiemu, Sławomirowi Skwierz, Wojciechowi Rabiedze, Arturowi Gorzałczyńskiemu, Izabeli Tobiasz, Sebastianowi Lizak, Anecie Tylce, oraz członkom Komitetu Sterującego projektu LIFE Climate CAKE PL (w którego skład wchodzi przedstawiciele resortów: MKiŚ, MF, KPRM, MRiT, MRiRW, MI, MGMIŻŚ) za uwagi i komentarze przedstawione podczas spotkania w dniu 9 czerwca 2022 r.

Copyright © 2022 Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy (IOŚ-PIB). Wszelkie prawa zastrzeżone. Udzielono licencji na rzecz Unii Europejskiej (pod określonymi warunkami).

Wąs, A., Kobus, P., Witajewski-Baltvilks, J., Krupin, V., Pyrka, M., Jeszke, R., Cygler, M. (2022). Polska net-zero 2050: Wybrane instrumenty wdrażania polityki klimatycznej w sektorze rolnictwa w perspektywie roku 2050. Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy / Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszawa.

Dokument ten został przygotowany w Centrum Analiz Klimatyczno-Energetycznych (CAKE) utworzonym w Krajowym Ośrodku Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), który jest częścią Instytutu Ochrony Środowiska - Państwowego Instytutu Badawczego (IOŚ-PIB).

Niniejszy dokument został przygotowany w ramach projektu: "System dostarczania i wymiany informacji w celu strategicznego wspierania wdrażania polityki klimatyczno-energetycznej (LIFE Climate CAKE PL)" - LIFE16 GIC/PL/000031 – LIFE Climate CAKE PL.

Prosimy o przesyłanie uwag, pytań lub komentarzy do dokumentu na adres: cake@kobize.pl

Dokument został ukończony w czerwcu 2022 roku.

Zastrzeżenie: Ustalenia, interpretacje i wnioski wyrażone w tym dokumencie są ustaleniami autorów, a niekoniecznie organizacji, z którą autorzy są powiązani. Niniejszy dokument jest rozpowszechniany w nadziei, że będzie przydatny, ale IOŚ-PIB nie ponosi odpowiedzialności za jakiegokolwiek szkody powstałe w wyniku korzystania z jego treści.

Projekt i skład: Robert Jeszke, grafika na okładce: pikisuperstar, Freepick.com

Kontakt:

Adres: Chmielna 132/134,
00-805 Warszawa
WWW: www.climatecake.pl
E-mail: cake@kobize.pl
Tel.: +48 22 56 96 570
Twitter: @climate_cake



Projekt "System dostarczania i wymiany informacji w celu strategicznego wspierania wdrażania polityki klimatyczno-energetycznej" - LIFE16 GIC/PL/000031 (LIFE Climate CAKE PL)" jest współfinansowany z programu UE LIFE i współfinansowany ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej.



Spis treści

Lista skrótów	4
Najważniejsze wnioski	5
Streszczenie.....	6
Wstęp	9
1. Rozpatrywane scenariusze redukcji GHG	10
1.1. Podział celów redukcyjnych na państwa członkowskie UE w non-ETS.....	11
1.2. Limit emisji w non-ETS i krańcowe koszty redukcji	12
2. Analizowane scenariusze oraz warianty wdrożenia celów redukcyjnych w sektorze rolnictwa	14
3. Modele zastosowane w analizie scenariuszy.....	16
4. Kluczowe założenia przyjęte w analizie.....	17
5. Wyniki symulacji dla polskiego sektora rolnictwa	20
5.1. Emisje GHG.....	20
5.2. Skala implementacji działań ograniczających emisje GHG w rolnictwie	21
5.3. Skala produkcji rolnej	22
5.4. Wolumen produkcji	24
5.5. Ceny produktów rolnych.....	27
5.6. Wyniki ekonomiczne gospodarstw rolnych.....	29
5.7. Skutki ekonomiczne wdrażania polityki klimatycznej	31
Bibliografia	35
Załącznik 1. Charakterystyka modelu EPICA.....	37
Załącznik 2. Połączenie modelu EPICA z modelem ekonomicznym d-PLACE i modelami sektorowymi	39

Lista skrótów

BRT ETS	System handlu uprawnieniami do emisji obejmujący sektor budynków i transport drogowy (ang. <i>Emissions Trading System for Buildings and Road Transport</i>)
CAKE	Centrum Analiz Klimatyczno-Energetycznych
CCS	Wychwytywanie i składowanie dwutlenku węgla (ang. <i>Carbon Capture and Storage</i>)
CGE	Model równowagi ogólnej (ang. <i>Computable General Equilibrium</i>)
CH₄	Metan
CO₂	Dwutlenek węgla
EUA/EUAA	Uprawnienia do emisji dla instalacji stacjonarnych (EUA z ang. <i>European Union Allowances</i>) służące do rozliczania emisji w unijnym systemie handlu uprawnieniami do emisji (EU ETS). 1 EUA = 1 t CO _{2 ekw.}
CO_{2 ekw.}	Ekwiwalent dwutlenku węgla (ang. <i>carbon dioxide equivalent</i>)
ESR	Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/842 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie wiążących rocznych redukcji emisji gazów cieplarnianych przez państwa członkowskie od 2021 r. do 2030 r.
EU ETS	System handlu uprawnieniami do emisji w Unii Europejskiej (ang. <i>European Union Emissions Trading System</i>)
GECO	Global Energy and Climate Outlook
GHG	Gazy cieplarniane (ang. <i>greenhouse gases</i>)
KE	Komisja Europejska
KOBIZE	Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami
LCOE	Wyrównany koszt energii (ang. <i>Levelized Cost of Energy</i>)
LULUCF	Użytkowanie gruntów, zmiana użytkowania gruntów i leśnictwo (ang. <i>Land Use, Land Use Change and Forestry</i>)
NIR	Krajowy Raport Inwentaryzacyjny (ang. <i>National Inventory Report</i>)
Non-ETS	Sektory nieobjęte unijnym systemem handlu uprawnieniami do emisji (EU ETS)
N₂O	Podtlenek azotu
OZE	Odnawialne źródła energii
UE	Unia Europejska
WPR	Wspólna Polityka Rolna

Najważniejsze wnioski

- ❖ Przy założeniu zastosowania obecnych technologii produkcji osiągnięcie ambitnych celów UE w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych (GHG) w sektorze rolnictwa jest trudne i w perspektywie 2050 r. (względem 2015 roku) prowadzi do zmniejszenia produkcji o około 50%, a w konsekwencji – do dwukrotnego wzrostu cen produktów rolnych. Dochody rolników w scenariuszu neutralności klimatycznej bez wdrożenia instrumentów ograniczających emisję są mocno uzależnione od sposobu wdrażania polityki klimatycznej.
- ❖ Zastosowanie opłat za emisję, przy realizacji scenariusza neutralności klimatycznej w sektorze rolnictwa, bazującym na obecnych technologiach, może prowadzić do znaczącego obniżenia dochodowości gospodarstw rolnych, a w konsekwencji zagrozić bezpieczeństwu żywnościowemu kraju.
- ❖ Zastosowanie dopłat do redukcji emisji w scenariuszu neutralności klimatycznej bez instrumentów ograniczających emisję w rolnictwie wymagałoby 7-krotnego zwiększenia transferów środków publicznych do rolnictwa. Ten sposób wdrożenia polityki klimatycznej w rolnictwie generuje najwyższe koszty transformacyjne.
- ❖ Wykorzystanie instrumentów ograniczających emisję GHG w rolnictwie ułatwia osiągnięcie celów polityki klimatycznej i zmniejsza jej negatywny wpływ na sytuację rynkową i dochodową gospodarstw rolnych. Poprzez zastosowanie instrumentów ograniczających emisję GHG w rolnictwie, takich jak zalesianie użytków rolnych, rekultywacja torfowisk czy budowa biogazowni rolniczych, można w dużym stopniu ograniczyć opisane powyżej negatywne skutki implementacji polityki klimatycznej w sektorze rolnictwa.
- ❖ W zależności od wariantu wdrożenia polityki klimatycznej wyniki modeli wskazują na zasadność implementacji następujących instrumentów: zalesienia 1,5-2,5 mln ha użytków rolnych, wyłączenia z uprawy poprzez zalanie od 350 do 700 tys. ha gleb organicznych, oraz wytworzenie ok. 3 TWh energii elektrycznej z biogazu rolniczego w 2050 roku.
- ❖ Przy zastosowaniu instrumentów ograniczających emisję GHG z rolnictwa wzrost cen produktów rolnych oscyluje w granicach 40% w stosunku do roku bazowego. Jednocześnie, bez względu na zastosowany wariant wdrożenia polityki klimatycznej, przeciętne dochody rolników są dodatnie, jednak w większości niższe niż w roku bazowym (40-100% poziomu z 2015 roku). Zatem w celu redukcji emisji GHG z rolnictwa wdrażanie instrumentów ograniczających emisję GHG jest ekonomicznie bardziej uzasadnione, niż ograniczanie produkcji rolnej.
- ❖ Spośród analizowanych wariantów wdrożenia polityki klimatycznej najbardziej zasadnym wydaje się wariant mieszany zakładający: 1) obowiązkową redukcję emisji we wszystkich gospodarstwach (dla zapewnienia osiągnięcia połowy celu redukcyjnego w rolnictwie), i 2) dopłaty do dobrowolnej redukcji pozostałej emisji GHG. W tym wariantcie koszty polityki klimatycznej są relatywnie niewielkie i są ponoszone głównie przez konsumentów i podatników zapewniając zachowanie dochodów rolników na niezmiennym poziomie. Tym samym taki sposób implementacji polityki klimatycznej zapewnia bezpieczeństwo żywnościowe kraju.

Streszczenie

1. W raporcie przeanalizowano możliwości redukcji emisji GHG w sektorze rolnictwa w Polsce i zmiany strukturalne, jakie mogą zajść na skutek implementacji celów polityki klimatycznej UE zadeklarowanych w Europejskim Zielonym Ładzie i wynikających z przedstawionego przez Komisję Europejską pakietu „Fit for 55”. Wyniki przeprowadzonej analizy przedstawiają ścieżki transformacji polskiego rolnictwa.
2. W ramach analizy potencjalnych ścieżek transformacji, opracowano scenariusze definiujące cele polityki klimatycznej w UE i wynikające z nich cele dla Polski:
 - ▶ **NEU (scenariusz neutralności)** zakładający osiągnięcie przez UE neutralności klimatycznej do 2050 r., czyli zerowych emisji netto (z uwzględnieniem pochłaniania). Sektor rolnictwa w Polsce jest objęty celami redukcyjnymi w obszarze non-ETS wynikającymi z realizacji polityki klimatycznej UE i planuje zredukować emisję o ok. 70% w porównaniu do 2015 r. Scenariusz zakłada zastosowanie obecnych działalności produkcyjnych i technik wytwórczych w rolnictwie.
 - ▶ **NEU+** zakładający możliwość wykorzystania działań ograniczających emisję GHG w sektorze rolnictwa, m.in. stosowania zalesień na użytkach rolnych, podnoszenia poziomu wód gruntowych na użytkowanych glebach organicznych oraz wykorzystania biogazowni w celu ograniczenia emisji z tytułu zarządzania nawozami naturalnymi.
3. Rolnictwo charakteryzuje się niskim poziomem koncentracji oraz jest systematycznie wspierane w ramach Wspólnej Polityki Rolnej. Rodzaj zastosowanych instrumentów prowadzących do osiągnięcia celu redukcyjnego ma duży wpływ na zmiany w sektorze. W raporcie wyróżniono 4 warianty wdrożenia polityki klimatycznej:
 - ▶ **CARBON PRICE (CP)** – wariant ten zakłada wdrożenie opłat za emisję GHG na poziomie gospodarstw rolnych w wysokości równej krańcowym kosztom redukcji w sektorach non-ETS w Polsce.
 - ▶ **LIMIT (LIM)** – wariant zakładający wprowadzenie w każdym z modelowanych typów gospodarstw limitu emisji GHG (na poziomie 30% emisji z roku 2015).
 - ▶ **SUBSYDIA (SUBS)** – wariant wdrożenia polityki klimatycznej zakładający zastosowanie płatności na rzecz rolników w zamian za dobrowolne zredukowanie przez nich emisji GHG.
 - ▶ **MIESZANY (MIX)** – wariant zakładający połączenie metod stosowanych w wariantach LIM i SUBS.
4. Standardowa metodyka IPCC¹ użyta do określania emisji w rolnictwie uwzględnia głównie skalę i strukturę prowadzonych działalności. W przypadku założenia funkcjonowania

¹ IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use.

rolnictwa w niezmienionym kształcie (scenariusz NEU) możliwości wykazania znaczących spadków emisji GHG w NIR² są mocno ograniczone. Osiągnięcie celu redukcyjnego odbywa się głównie w drodze zmniejszenia skali produkcji, w szczególności zmniejszenia pogłowia zwierząt gospodarskich.

5. Przy założeniu obecnych technologii produkcji osiągnięcie ambitnych celów redukcyjnych w rolnictwie jest trudne i prowadzi do znacznego ograniczenia produkcji (scenariusz NEU), a w konsekwencji do dwukrotnego (względem 2015 roku) wzrostu cen produktów rolnych.
6. Wykorzystanie instrumentów ograniczających emisję GHG (scenariusz NEU+) w rolnictwie ułatwia osiągnięcie celów polityki klimatycznej przy jednoczesnym mocnym ograniczeniu jej negatywnego wpływ na sytuację na rynku produktów żywnościowych i dochodową w sektorze rolnictwa.
7. Wdrażanie instrumentów ograniczających emisję GHG jest ekonomicznie bardziej uzasadnione niż ograniczanie produkcji rolnej. Koszty implementacji tych instrumentów (określone na podstawie literatury) są znacząco niższe w porównaniu z kosztami wynikającymi z radykalnego ograniczenia wielkości produkcji rolnej w celu zmniejszenia emisji GHG.
8. Rodzaj zastosowanego wariantu osiągnięcia celu redukcyjnego ma wpływ na kierunek i skalę zmian w sektorze rolnym i wariant mieszany (MIX) w scenariuszu NEU+ wydaje się najkorzystniejszą alternatywą. W tym wariantcie, przy zachowaniu racjonalnego poziomu wydatków na wsparcie rolników oraz umiarkowanego wzrostu cen produktów rolnych, istnieje możliwość utrzymania dochodów rolników na niezmienionym poziomie. Jednocześnie, wdrożenie tego wariantu oznacza relatywnie niewielkie spadki wolumenu produkcji rolnej, w szczególności w zakresie produkcji zwierzęcej. Jednocześnie ten sposób wdrażania polityki klimatycznej jest podatny na modyfikacje pozwalające na dostosowanie poziomu obowiązkowej i dobrowolnej redukcji emisji GHG.
9. Uzupełnienie modelu o kolejne instrumenty ograniczające emisję GHG w rolnictwie (m.in. dodatki do pasz, biofiltry) może poprawić sytuację dochodową rolników i przyczynić się do jeszcze mniejszego ograniczenia produkcji rolnej.
10. Zmiany zachodzące w sektorze rolnictwa (Tabela 1) będą w znacznej części uwarunkowane otoczeniem makroekonomicznym. Wynika to, między innymi, ze wzrostu znaczenia innowacyjnych technik produkcji, a także wzrostu roli kapitału i zewnętrznego finansowania w sektorze rolnym. W scenariuszu neutralności klimatycznej w latach 2030-2050 średnie roczne tempo wzrostu PKB wynosi ok. 0,2 punktu procentowego (p.p.), skutkując łącznie wzrostem w badanym okresie z 634 do 861 mld EUR'15. Natomiast wartość konsumpcji gospodarstw domowych zwiększa się w okresie 2030-2050 z ok. 355 do 523 mld EUR'15.

² Krajowy raport inwentaryzacyjny 2022: Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988-2020. Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy / Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE). Warszawa 2022.

Zmiany konsumpcji gospodarstw domowych będą powodować zmiany w wielkości i strukturze konsumowanych produktów rolnych. Dużą rolę jednak odgrywają koszty redukcji emisji GHG, gdyż mogą one prowadzić do znaczących wzrostów cen produktów rolnych, których wytwarzanie jest związane z wysoką emisją GHG. Zgodnie z uzyskanymi wynikami koszty redukcji dla Polski w obszarze non-ETS (do którego należy również sektor rolny) w okresie 2030-2050 rosą z ok. 65 do ok. 1210 EUR/tCO₂.

Tabela 1. Główne wyniki modelowania na poziomach makroekonomicznym i rolnictwa

Wskaźniki makroekonomiczne		Polska 2030		Polska 2050		
		NEU	NEU+	NEU	NEU+	
Cel redukcji emisji vs. 2005 dla non-ETS [%]		18		75		
Krańcowe koszty redukcji emisji w non-ETS [EUR'2015/tCO ₂ ekw.]		65		1210		
PKB [mld EUR'2015]*		634		861		
Konsumpcja gospodarstw domowych [mld EUR'2015]		355		523		
Warianty wdrożenia	Zmiany w rolnictwie					
Carbon Price (CP)	Emisje GHG [Mt CO ₂ ekw.]	26,2	23,9	9,3	0,4	
	Ceny produktów rolnych [2015 r. = 100%]	104	104	201	185	
	Zmiany struktury produkcji [2015 r. = 100%]	roślinna	100	101	82	100
		zwierzęca	92	92	44	40
Limit (LIM)	Emisje GHG [Mt CO ₂ ekw.]	26,2	26,2	9,3	9,3	
	Ceny produktów rolnych [2015 r.=100%]	104	102	197	140	
	Zmiany struktury produkcji [2015 r.=100%]	roślinna	99	101	73	95
		zwierzęca	92	94	42	60
Subsydia (SUBS)	Emisje GHG [Mt CO ₂ ekw.]	26,2	26,2	9,3	9,3	
	Ceny produktów rolnych [2015 r. = 100%]	104	102	202	140	
	Zmiany struktury produkcji [2015 r. = 100%]	roślinna	100	101	82	94
		zwierzęca	92	94	43	51
Mieszany (MIX)	Emisje GHG [Mt CO ₂ ekw.]	26,2	26,2	9,3	9,3	
	Ceny produktów rolnych [2015 r. = 100%]	104	102	201	143	
	Zmiany struktury produkcji [2015 r. = 100%]	roślinna	100	101	82	94
		zwierzęca	92	94	44	75

Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

Wstęp

11. W niniejszym opracowaniu przeanalizowano możliwe kierunki transformacji w sektorze rolnictwa w Polsce celem redukcji emisji GHG i zapewnienia niezbędnego wkładu tego sektora dla osiągnięcia neutralności klimatycznej UE do 2050 r. Raport stanowi rozwinięcie analiz przeprowadzonych przez zespół projektu LIFE Climate CAKE PL i zaprezentowanych w dokumencie pt. „Polska net-zero 2050: Mapa drogowa osiągnięcia wspólnotowych celów polityki klimatycznej dla Polski w 2050 r.”³ (dalej - Mapa Drogowa).
12. Jak wykazano w Mapie Drogowej, wdrażanie ambitnych celów redukcyjnych w sektorze rolnictwa przy zachowaniu obecnie stosowanych metod produkcji skutkuje znaczącym ograniczeniem wolumenu produkcji oraz prowadzi do znacznego wzrostu cen produktów żywnościowych w stosunku do scenariusza zakładającego kontynuację obecnej polityki.
13. Niniejszy raport przedstawia możliwości ograniczenia negatywnych skutków wdrażania polityki klimatycznej w sektorze rolnictwa poprzez implementację działań w zakresie ograniczenia emisji GHG z gleb organicznych, wykorzystania biomasy rolniczej na cele energetyczne oraz zwiększenia pochłaniania CO₂ poprzez zalesianie użytków rolnych.
14. Sposób implementacji polityki klimatycznej w istotny sposób wpływa na ekonomiczne i organizacyjne aspekty funkcjonowania gospodarstw rolnych. W zależności od przyjętego wariantu wdrażania polityki klimatycznej, osiągnięcie celu redukcyjnego może w zróżnicowany sposób wpływać na wynik ekonomiczny gospodarstw, poziom produkcji oraz ceny. W raporcie zaprezentowano potencjalne skutki osiągnięcia założeń polityki klimatycznej w sektorze rolnictwa w wyniku zastosowania następujących wariantów: **1)** opłat za emisję GHG (które wynikają z krańcowych kosztów redukcji w sektorach non-ETS w Polsce), **2)** administracyjnego ograniczenia emisji GHG na poziomie gospodarstw rolnych, **3)** dopłat do redukcji emisji GHG, oraz **4)** połączenia dwóch ostatnich rozwiązań.
15. Raport podejmuje próbę oceny wpływu możliwych wariantów implementacji ograniczeń wynikających z polityki klimatycznej na ekonomiczne i organizacyjne aspekty sektora gospodarstw rolnych w Polsce w perspektywie 2050 roku oraz weryfikacji możliwości wykonania zobowiązań redukcyjnych GHG w polskim sektorze rolnictwa zgodnie z założeniami Europejskiego Zielonego Ładu i projektów aktów prawnych zawartych w pakiecie „Fit for 55”.

³ Pyrka, M., Jeszke, R., Boratyński, J., Tatarewicz, I., Witajewski-Baltvilks, J., Rabięga, W., Wąs, A., Kobus, P., Lewarski, M., Skwierz, S., Gorzałczyński, A., Tobiasz, I., Rosłaniec, M., Cygler, M., Sekuła, M., Krupin, V. (2021). Polska net-zero 2050: Mapa drogowa osiągnięcia wspólnotowych celów polityki klimatycznej dla Polski w 2050 r. Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy / Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszawa.

1. Rozpatrywane scenariusze redukcji GHG

16. Rozpatrywany scenariusz polityki klimatycznej opiera się na ww. Mapie Drogowej. Zdefiniowane w niej cele redukcji emisji GHG zostały w niniejszym raporcie zaktualizowane w oparciu o przedstawiony przez KE w dniu 14 lipca 2021 r. pakiet „Fit for 55”. Tabela 2 przedstawia zaktualizowany scenariusz redukcji emisji GHG przyjęty dla UE.

Tabela 2. Cele redukcyjne w scenariuszu neutralności (NEU) klimatycznej UE

Cel redukcji emisji GHG dla UE-27			
Łączna redukcja emisji GHG w wszystkich sektorach gospodarki (vs. 1990)	Cel GHG w EU ETS (vs. 2005)	Cel GHG w non-ETS (vs. 2005)	Cel GHG w BRT ETS (system handlu emisjami dla mieszkalnictwa i transportu) (vs. 2005)
2030			
53% (netto 55%*)	61%	40% (w PL 17,7%)	43%
2050			
90% (netto 100%*)	93%	82% (w PL 74,8%)	87%

* Osiągnięty cel redukcyjny GHG z uwzględnieniem pochłaniania w sektorze LULUCF i technologiami pochłaniania GHG z atmosfery (np. technologia spalania biomasy z CCS).

Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

17. W scenariuszu NEU założono realizację celów polityki klimatycznej UE w zakresie redukcji emisji GHG zgodnie z opublikowanym przez KE pakietem „Fit for 55”. Pakiet ten wyznacza ścieżkę osiągnięcia do 2030 r. celu zmniejszenia emisji GHG netto (czyli z uwzględnieniem pochłaniania) o 55% względem roku 1990. Bez uwzględnienia pochłaniania, zakładana realizacja celów polityki klimatycznej UE w zakresie redukcji emisji GHG została oszacowana na poziomie 53% w 2030 r. w stosunku do 1990 r. Zgodnie z propozycjami KE zawartymi w pakiecie „Fit for 55” w scenariuszu NEU przyjęto, że w 2030 r. sektory non-ETS muszą zredukować emisję o 40%, natomiast sektory EU ETS o 61% względem poziomu z 2005 r.
18. W scenariuszu NEU zaimplementowany został również specjalny system handlu emisjami obejmujący sektor budynków i transportu drogowego (BRT ETS). Zgodnie z pakietem „Fit for 55”, w 2030 r. cel redukcji emisji w BRT ETS wynosi 43% w stosunku do 2005 r.
19. W scenariuszu NEU założono również długoterminowy cel redukcji emisji do 2050 r., aby skierować UE na ścieżkę osiągnięcia neutralności klimatycznej. Nasza propozycja postępu

UE w ograniczaniu emisji do 2050 r. to redukcja emisji GHG o 90% w stosunku do 1990 r., która z uwzględnieniem pochłaniania oznacza spadek emisji w 2050 r. do zera. W scenariuszu NEU cel redukcyjny dla sektorów EU ETS został ustalony na poziomie 93%, co odpowiada redukcji emisji prezentowanej w projekcji KE GECO2020⁴ (z ang. *Global Energy and Climate Outlook 2020*) dla scenariusza 1,5°C. W efekcie przyjęcia określonego poziomu redukcji dla sektorów EU ETS, aby osiągnąć zakładany w scenariuszu NEU wspólnotowy cel redukcyjny dla wszystkich sektorów wynoszący ok. 90% w 2050 r., reszta sektorów gospodarki znajdująca się w obszarze non-ETS musi zredukować emisję w 2050 r. o ok. 83%. Natomiast założony cel redukcyjny dla nowego systemu BRT ETS w 2050 r. wynosi 87% względem emisji z 2005 r. i wynika z projekcji KE GECO2020 dla scenariusza 1,5°C.

1.1. Podział celów redukcyjnych na państwa członkowskie UE w non-ETS

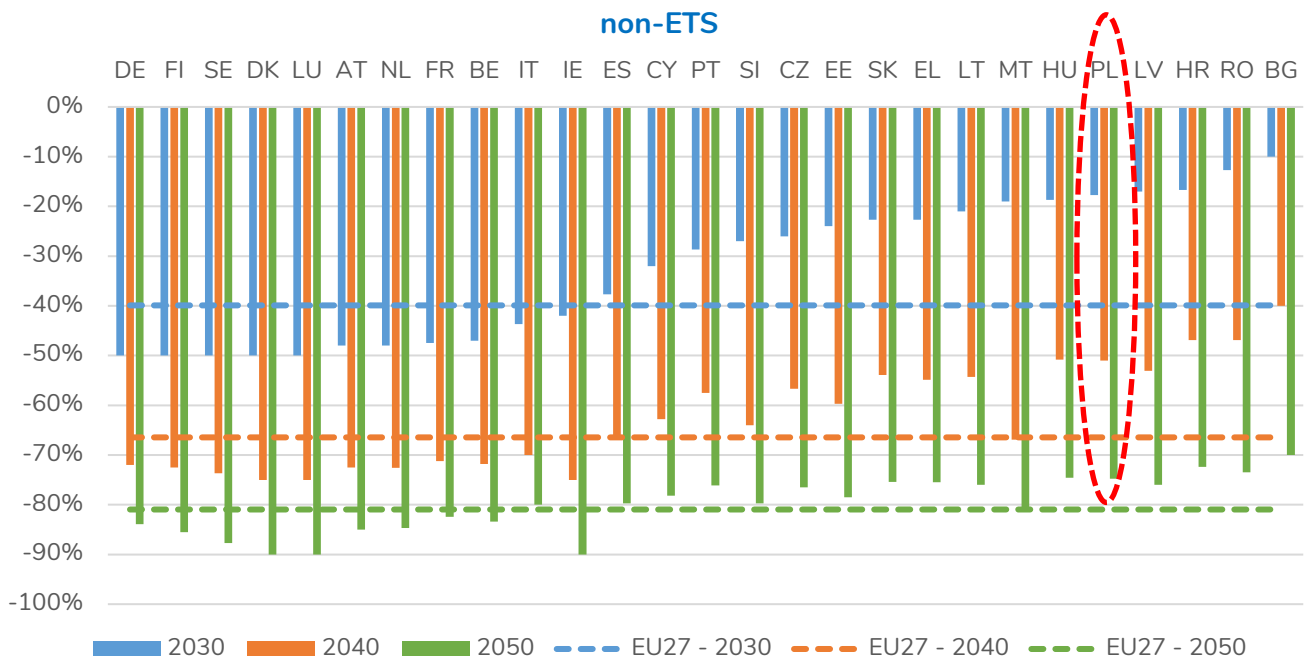
20. W skład pakietu „Fit for 55” wchodzi nowelizacja rozporządzenia w sprawie wspólnego wysiłku (ang. *Effort Sharing Regulation, ESR*). Rozporządzenie to przekłada ogółośuropejski cel redukcji emisji w obszarze non-ETS na wiążące cele krajowe na 2030 r. Zgodnie z propozycją cele krajowe mieszczą się w przedziale od 10% do 50%. Podstawą proponowanego podziału celów redukcyjnych w 2030 r. jest średnia wielkość wskaźnika PKB na mieszkańca z lat 2016-2018. Oznacza to, że mniej zamożnym państwom przypisano mniej ambitne cele z powodu potencjalnie wyższego wzrostu gospodarczego w przyszłości, niosącego ze sobą ryzyko większych emisji oraz niższych obecnie zdolności inwestycyjnych obecnie. Obszar redukcji non-ETS objęty nowelizowanym rozporządzeniem ESR zawiera wszystkie emisje niewchodzące do systemu EU ETS, które pochodzą głównie z transportu drogowego, ogrzewania budynków, rolnictwa, małych instalacji przemysłowych i gospodarowania odpadami.
21. Wartość celów redukcyjnych w 2030 r. w podziale na państwa założono wprost na podstawie propozycji znajdującej się w załączniku II nowelizacji rozporządzenia ESR zgodnie z pakietem „Fit for 55”. Sposób określania krajowych celów redukcyjnych zaproponowany dla lat: 2040 i 2050 polega na dopasowaniu wykorzystanej w rozporządzeniu ESR metody podziału do prognozowanych wartości wskaźnika PKB na mieszkańca (przyjętych na podstawie EU Reference Scenario 2020⁵). Na rysunku 1 zestawiono wartości krajowych celów redukcyjnych w obszarze non-ETS dla państw na lata 2030, 2040 i 2050.

⁴ *Global Energy and Climate Outlook 2020: Energy, Greenhouse gas and Air pollutant emissions balances*. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/1750427d-afd9-4a10-8c54-440e764499e4>.

⁵ *EU reference scenario 2020, Energy, transport and GHG emissions: trends to 2050*, European Commission, 2021.

22. Dopuszczalny poziom emisji w non-ETS w danym państwie jest zdefiniowany poprzez ustanowienie limitu emisji w okresach dziesięcioletnich (tj. 2021-2030, 2031-2040 i 2041-2050). Limity te wynikają z założonych wcześniej celów redukcyjnych.

Rysunek 1. Podział celów redukcyjnych w non-ETS na państwa członkowskie.



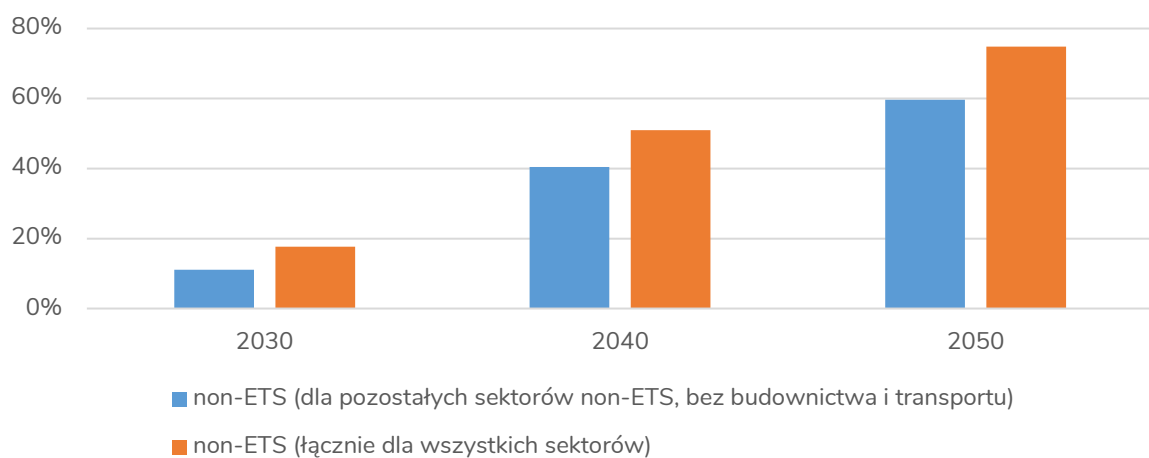
Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

1.2. Limit emisji w non-ETS i krańcowe koszty redukcji

23. Zgodnie z pakietem „Fit for 55” w ramach sektora non-ETS wydzielony zostaje nowy system handlu emisjami BRT ETS, obejmujący sektory budownictwa i transportu drogowego. Włączenie tych sektorów do nowego systemu nie oznacza wykluczenia ich z obszaru redukcji zdefiniowanego celami non-ETS. Oznacza to, że cel redukcyjny i wynikający z niego limit emisji w obszarze non-ETS musi być spełniony również biorąc pod uwagę emisję z budynków i transportu drogowego w danym państwie UE.
24. Aby zamodelować zaproponowany w pakiecie „Fit for 55” mechanizm, ustalono całkowitą podaż uprawnień do emisji dwutlenku węgla w BRT ETS. Cena uprawnień do emisji dwutlenku węgla jest kalkulowana endogenicznie i jest wynikiem oczyszczenia rynku (bilans całkowitego popytu i całkowitej podaży uprawnień w BRT ETS).
25. W następstwie wyznaczenia określonej ceny za uprawnienia, sektory objęte BRT ETS redukują emisję. Poziom dopuszczalnej emisji, jaki muszą wypełnić pozostałe sektory objęte non-ETS (w przybliżeniu połowa pozostających emisji przypada na rolnictwo) w ramach danego państwa ulega zmianie na skutek nałożenia określonej ceny w BRT ETS. Dlatego w kolejnym kroku od limitu emisji dla danego państwa w obszarze non-ETS odejmowana jest emisja pozostająca w sektorach objętych BRT ETS. W ten sposób wyznaczany jest nowy

poziom limitu krajowego dla sektorów pozostających w non-ETS. W konsekwencji przyjętych założeń oddzielnie obliczany jest koszt redukcji dla sektorów objętych BRT ETS i non-ETS, gdzie koszty redukcji dla pozostałych sektorów non-ETS różnią się pomiędzy poszczególnymi państwami. Na rysunku 2 przedstawiono cele redukcji emisji dla Polski w obszarze non-ETS z uwzględnieniem nowego systemu BRT ETS. Przykładowo w 2030 r. zgodnie z propozycjami KE zawartymi w pakiecie „Fit for 55” Polska w 2030 r. w obszarze non-ETS musi zredukować swoją emisję o 17,7%, względem poziomu z 2005 r. Natomiast po zaimplementowaniu systemu BRT ETS, ten wysiłek redukcyjny obniża się do poziomu 11%.

Rysunek 2. Cele redukcji emisji w non-ETS dla Polski w scenariuszu NEU.

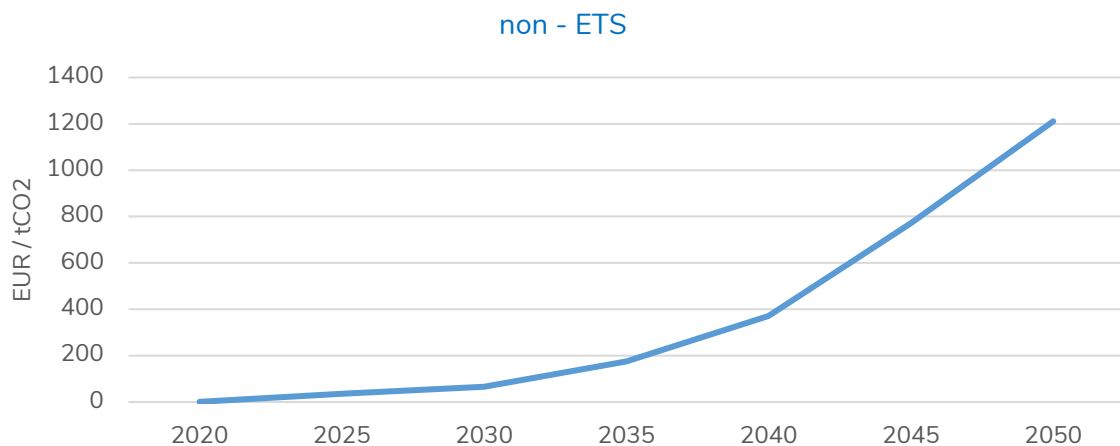


Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

26. Zmiany krańcowych kosztów emisji w non-ETS są wynikiem implementacji zakładanego celu redukcyjnego (rysunek 3). Koszt redukcji emisji w obszarze non-ETS wskazuje sygnał cenowy płynący do sektora rolnictwa, powodując, że staje się opłacalne wdrażanie nowych technologii i zmian strukturalnych przyczyniających się do transformacji w kierunku niskoemisyjnym. Zgodnie z uzyskanymi wynikami⁶ koszty redukcji w non-ETS dla Polski w okresie 2030-2040 rosną 6-krotnie z około 65 do 370 EUR/tCO₂. Natomiast po 2040 ścieżka wzrostu kosztów redukcji w non-ETS jest ostrzejsza osiągając w 2050 r. poziom około 1200 EUR/tCO₂.

⁶ Krańcowe koszty redukcji są wynikiem obliczeń iteracyjnych prowadzonych przy pomocy trzech modeli sektorowych EPICA, TR3E, MEESA oraz modelu CGE d-PLACE. Więcej informacji można znaleźć w dokumentacji łączenia modeli: Boratyński, J., Witajewski-Baltvilks, J., Tatarewicz, I., Pyrka, I., Rabięga, W., Wąs, A., Kobus, P., Lewarski, M., Gorzałczyński, A., Tobiasz, I., Vitaliy, K., Jeszke, R. (2021). Procedure for linking sectoral models with the CGE model, Technical documentation version 1.0, Institute of Environmental Protection - National Research Institute / National Centre for Emissions Management (KOBiZE), Warsaw.

Rysunek 3. Krańcowy koszt redukcji w obszarze non-ETS w Polsce w latach 2020-2050.



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

2. Analizowane scenariusze oraz warianty wdrożenia celów redukcyjnych w sektorze rolnictwa

27. Przedstawiony powyżej cel redukcyjny może zostać osiągnięty, podobnie jak przedstawiono to w Mapie Drogowej, przy zastosowaniu zestawu działalności i technik produkcyjnych, które wykorzystywane są obecnie w polskim rolnictwie. Taki scenariusz, oznaczony skrótem NEU, zakładający osiągnięcie w 2050 roku emisji GHG z rolnictwa na określonym poziomie został skonstruowany jako punkt odniesienia do wyników scenariusza NEU+ zakładającego wykorzystanie instrumentów mitygujących emisję GHG z sektora rolnictwa. W efekcie w raporcie zestawione zostały wyniki dwóch scenariuszy:

- ▶ **NEU**, czyli realizacja celu redukcyjnego dla rolnictwa, wynikającego z implementacji celów redukcyjnych w obszarze non-ETS dla Polski, ustalonego w wyniku procedury iteracyjnej modeli sektorowych iż modelem d-PLACE przy wykorzystaniu zestawu obecnie stosowanych działalności produkcyjnych i technik wytwórczych. Zakładana ścieżka redukcji emisji GHG z sektora rolnictwa jest przedstawiona w Tabeli 3.

Tabela 3. Zakładane cele redukcyjne emisji GHG w polskim rolnictwie dla scenariusza neutralności klimatycznej (NEU)

Wskaźniki	Lata							
	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Emisje GHG z rolnictwa [Mt CO ₂ ekw.]	30,77	30,55	28,20	26,22	21,90	16,50	11,85	9,28
Poziom redukcji emisji rolnictwa [w % do 2015 r.]	0	1	8	15	29	46	61	70

Źródło: opracowanie własne CAKE/KOBiZE na podstawie wyników d-PLACE, scenariusz NEU.

- ▶ **NEU+** zakładający możliwość wykorzystania działań ograniczających emisję GHG w sektorze rolnictwa przy wykorzystaniu dodatkowych działań ograniczających emisje GHG w rolnictwie m.in. stosowania zalesień na użytkach rolnych, podnoszenia poziomu wód gruntowych na użytkowanych glebach organicznych oraz wykorzystania biogazowni w celu ograniczenia emisji z tytułu zarządzania nawozami naturalnymi.

28. Rolnictwo, zwłaszcza polskie, jest działem gospodarki, który charakteryzuje się bardzo niskim poziomem koncentracji oraz jest systematycznie wspierany w ramach Wspólnej Polityki Rolnej. Poza tym rolnictwo odgrywa ważne funkcje społeczne, zarówno jako dostawca żywności jak i miejsce pracy setek tysięcy mieszkańców na terenach wiejskich. Z tego względu instrumenty prowadzące do osiągnięcia celu redukcyjnego powinny być starannie dobrane. W obydwu scenariuszach przetestowano cztery warianty wdrożenia polityki klimatycznej w sektorze rolnictwa:

- ▶ **CARBON PRICE (CP)** – wariant ten zakłada wdrożenie opłat za emisję GHG na poziomie gospodarstw rolnych w wysokości równej krańcowym kosztom redukcji w sektorach non-ETS w Polsce. Przyjęcie takich założeń pozwala na głębsze redukcje emisji GHG w gospodarstwach, które charakteryzują się niższymi kosztami ograniczenia emisji GHG. Takie rozwiązanie, zakładające potraktowanie rolnictwa podobnie jak innych gałęzi gospodarki, zgodnie z założeniem „kto emituje, ten płaci” w świetle dotychczas funkcjonujących licznych instrumentów wsparcia rolnictwa ze środków publicznych w ramach Wspólnej Polityki Rolnej może wydawać się kontrowersyjne. Wariant ten został umieszczony w analizie jako ilustracja dla zastosowania w sektorze gospodarstw rolnych sposobu wdrożenia polityki klimatycznej analogicznego do zastosowanych w pozostałych działach gospodarki.
- ▶ **LIMIT (LIM)** – wariant zakładający wprowadzenie w każdym z modelowanych typów gospodarstw limitu emisji gazów cieplarnianych na poziomie zapewniającym osiągnięcie celu redukcyjnego. Wariant ten zakłada równomierne obciążenie wysiłkami na rzecz osiągnięcia redukcji emisji GHG wszystkich typów gospodarstw, bez względu na ich konsekwencje ekonomiczne. Przyjęcie takiego założenia oznacza, iż nawet gospodarstwa o bardzo wysokich kosztach ograniczenia emisji GHG muszą zmniejszyć emisję proporcjonalnie do ograniczeń nakładanych na cały sektor.
- ▶ **SUBSYDIA (SUBS)** – wariant wdrożenia polityki klimatycznej zakładający zastosowanie płatności na rzecz rolników w zamian za dobrowolne zredukowanie emisji GHG. W tym wariantcie stawka dopłat za zmniejszenie emisji GHG w odniesieniu do roku bazowego ustalana jest iteracyjnie w sposób gwarantujący osiągnięcie celu redukcyjnego ustalonego w modelu d-PLACE (Tabela 3).
- ▶ **MIESZANY (MIX)** – wariant zakładający połączenie metod stosowanych w wariantach LIM i SUBS. W tym wariantcie połowa zakładanej redukcji emisji

uzyskiwana jest w sposób analogiczny jak w wariancie LIM, zaś pozostała część jak w wariancie SUBS. W efekcie we wszystkich gospodarstwach emisja zmniejsza się z założenia o wartość gwarantująca osiągnięcie połowy celu redukcyjnego, a pozostała część redukcji GHG jest realizowana przez gospodarstwa o najniższych kosztach ograniczenia emisji.

3. Modele zastosowane w analizie scenariuszy

29. Wyniki symulacji zaprezentowane w opracowaniu zostały sporządzone głównie przy wykorzystaniu modelu sektora rolnictwa EPICA. Model ten jest częścią zestawu narzędzi – modelu sektorowego – dedykowanego systemowi energetycznemu – MEESA⁷, modelu makroekonomicznego – d-PLACE⁸, oraz pozostałych modeli sektorowych: transportowego – TR3E⁹ i rolniczego – EPICA¹⁰. Ustalane rozwiązania są wynikiem działania modelu EPICA oraz zachodzących interakcji z pozostałymi modelami. Skrócony opis modelu EPICA został zawarty w załączniku 1 (pełna wersja dostępna w dokumentacji modelu¹¹), a w załączniku 2 przedstawiono kluczowe aspekty łączenia i funkcjonowania połączonych modeli (pełna wersja dostępna w dokumentacji łączenia modeli¹¹).
30. Model EPICA jest integralną częścią podejścia modelowego opracowanego w projekcie LIFE Climate Cake PL, mającym na celu zbudowanie zrównoważonego i kompleksowego systemu tworzenia i wymiany informacji i wiedzy, wspierając opracowanie przekrojowej oceny wpływu na różne rozwiązania w rozwiązaniach w pole polityki klimatycznej i energetycznej. Cele projektu są zgodne ze wsparciem wdrażania polityki klimatycznej UE.
31. Kluczową cechą modelu EPICA jest przyjęte założenie optymalizacji dochodu rolniczego na poziomie poszczególnych typów gospodarstw. Taka konstrukcja modelu odzwierciedla sytuację, w której, rolnicy starają się zmaksymalizować swoje dochody poprzez dostosowanie struktury produkcji do obecnej (oczekiwanej) sytuacji rynkowej i politycznej. Model w swoim działaniu odzwierciedla wybory rolników dotyczące struktury produkcji (zwaną działalnością gospodarstw) i intensywność produkcji z odpowiednimi procesami i

⁷ Tatarewicz, I., Lewarski, M., Skwierz, S. (2022). The MEESA Model, ver. 2.0, Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy/Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszawa.

⁸ Boratyński, J., Pyrka, M., Tobiasz, I., Witajewski-Baltvilks, J., Jeszke, R., Gąska, J., Rabeiga, W. (2022). The CGE model d-PLACE, ver. 2.0, Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy/Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszawa.

⁹ Rabeiga, W., Sikora, P., Gąska, J., Gorzałczyński A. (2022). The TR³E Model, ver. 2.0, Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy/Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszawa.

¹⁰ Wąs, A., Witajewski-Baltvilks, J., Krupin, V., Kobus, P. (2022). The EPICA Model, ver. 2.0, Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy/Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszawa.

¹¹ Boratyński, J., Witajewski-Baltvilks, J., Tatarewicz, I., Pyrka, I., Rabeiga, W., Wąs, A., Kobus, P., Lewarski, M., Gorzałczyński, A., Tobiasz, I., Vitaliy, K., Jeszke, R. (2021). Procedure for linking sectoral models with the CGE model, Technical documentation version 1.0, Institute of Environmental Protection - National Research Institute / National Centre for Emissions Management (KOBiZE), Warsaw.

praktykami. Podobne podejście zastosowali Louhichi i in.¹² (2015) argumentując, że obecnie dostępne modele zostały opracowane na relatywnie wysokim poziomie agregacji i nie są w stanie w pełni uchwycić wpływu środków politycznych na poziomie gospodarstw rolnych.

32. W opracowaniu skupiono się w szczególności na znaczeniu działań zmniejszających emisję GHG w rolnictwie na podstawie wyników modelu EPICA. Niemniej jednak trzeba podkreślić, że wyniki te zostały otrzymane w procesie iteracji z innymi modelami – przede wszystkim modelem równowagi ogólnej d-PLACE, który umożliwił uwzględnienie interakcji między sektorem rolnictwa a pozostałymi działami gospodarki w procesie osiągnięcia celów redukcyjnych w sektorze rolnictwa.
33. W porównaniu do wcześniejszych opracowań, wyniki niniejszej analizy inkorporują szereg modyfikacji dokonanych w modelu EPICA, których zadaniem było rozszerzenie funkcjonalności modelu, usprawnienie jego działania, pełniejsze uwzględnienie charakterystyki i trybu pracy instrumentów ograniczających emisję stosowanych w rolnictwie takich jak zalesianie użytków rolnych, ograniczenie emisji z gleb organicznych oraz produkcja biogazu rolniczego. Do głównych modyfikacji przeprowadzonych w procesie udoskonalania modelu EPICA należy zaliczyć:
- ▶ uzupełnienie modelu o działania mające na celu ograniczenie emisji netto na poziomie gospodarstw rolnych:
 - zalesianie użytków rolnych,
 - ograniczenie emisji z gleb organicznych poprzez podniesienie poziomu wód gruntowych,
 - wykorzystanie biogazowni rolniczych w celu obniżenia emisji GHG z tytułu zarządzania nawozami naturalnymi,
 - ▶ uaktualnienie danych w zakresie produkcji roślin energetycznych i ustanowienie połączenia w zakresie modelowania rozmiaru tej aktywności z zapotrzebowaniem zgłaszanym przez model MEESA.

4. Kluczowe założenia przyjęte w analizie

34. Podstawą do konstrukcji rozważanych scenariuszy był opisany w rozdziale 2 niniejszego raportu scenariusz NEU. W wyniku przyjętej procedury iteracyjnej modeli sektorowych i modelu d-PLACE, uzyskano cele redukcyjne dla okresu 2015-2050. Ustalono dla scenariusza NEU cele redukcyjne były osiągnięte następnie w scenariuszu NEU+ przy

¹² Louhichi, K., Ciaian, P., Espinosa, M., Colen, L., Perni, A., Gomez y Paloma, S. (2015). An EU-Wide Individual Farm Model for Common Agricultural Policy Analysis (IFM-CAP), Joint Research Centre (JRC), http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC92574/jrcreport_jrc92574.pdf (accessed May 2022).

założeniu wykorzystania instrumentów ograniczających emisję GHG w rolnictwie. Przy implementacji instrumentów mitygujących GHG w rolnictwie przyjęto następujące założenia:

- ▶ **Wyłączenie torfowisk z uprawy:** Emisja gazów cieplarnianych z osuszonych i uprawianych torfowisk sięga 8% łącznej emisji GHG z sektora rolnictwa w Polsce. Zaprzestanie uprawy tych gruntów oraz podniesienie poziomu wód gruntowych może w znaczącym stopniu ograniczyć emisję GHG z gleb organicznych. Do modelu wprowadzono działalność opisującą powierzchnię wyłączonych z uprawy torfowisk. Maksymalna powierzchnia torfowisk oraz poziom emisji opracowano na podstawie założeń zawartych w NIR 2021 dla Polski¹³. Założono, iż wyłączone z uprawy gleby organiczne w kolejnych latach nie będą powracały do zasobów użytków rolnych. Przyjęto, że rocznie można wyłączyć 4% początkowej powierzchni gleb organicznych (proces wymaga sporych nakładów pracy i kapitału). Maksymalny poziom wprowadzonych działań może osiągnąć zaś 75% potencjału. Jednocześnie przyjęto, iż odtwarzane w wyniku działania mokradła nie mogą zostać ponownie osuszone do końca analizowanego okresu. Działanie powoduje ograniczenie poziomu emisji GHG w gospodarstwie w zakresie emisji N₂O w ilości 12,57 kg/ha co stanowi ekwiwalent 3746 kg/CO₂/ha. Emisje pozostałych gazów cieplarnianych z gleb organicznych nie zostały wzięte pod uwagę. Na podstawie danych literaturowych oszacowano roczny koszt działania uwzględniający zarówno nakłady inwestycyjne jak i utrzymanie utworzonych mokradeł na poziomie 758 zł/ha.
- ▶ **Zalesianie gruntów rolnych:** W wyniku wdrożenia założeń polityki klimatycznej następuje zmniejszenie emisji GHG z rolnictwa m.in. w wyniku ograniczenia powierzchni upraw i pogłównia zwierząt. Prowadzi to do uwolnienia części gruntów rolnych. W Mapie Drogowej były one utrzymywane w tzw. dobrej kulturze, co uprawniało posiadaczy do pobierania dopłat w ramach WPR. W niniejszym opracowaniu założono, iż mogą być one zalesione. Przyjęto, że uprawa lasów w perspektywie 2050 roku nie przyczyni się do zwiększenia podaży biomasy na rynku. Przyjęto również, że grunty zalesione bezpowrotnie ograniczają zasób gruntów ornych. Maksymalny przyrost powierzchni lasów na gruntach rolnych został ograniczony do 1% powierzchni gruntów ornych w 2015 roku (ok. 113 tys. ha w skali kraju). Dla porównania obecny poziom zalesień prowadzonych przez Lasy Państwowe to ok. 60 tys. ha na rok. Pozytywnym efektem zalesiania będzie wyłącznie pochłanianie CO₂, które może być użyte do zredukowania emisji netto GHG z danego typu gospodarstwa. Koszt zalesienia UE przyjęto na podstawie

¹³ Krajowy raport inwentaryzacyjny 2021: Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988-2019. Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE) w Instytucie Ochrony Środowiska – Państwowym Instytucie Badawczym. Warszawa 2021.

wysokości oferowanych obecnie płatności do zalesień w ramach PROW na poziomie 685 zł/rok.

- ▶ **Produkcja biogazu z odchodów zwierzęcych:** emisje z gospodarowania odchodami zwierząt (CH_4 i N_2O) stanowią ok. 8-10% łącznych emisji GHG z rolnictwa. Wykorzystanie odchodów zwierząt do produkcji biogazu stwarza możliwość ograniczenia emisji metanu (CH_4) i jednocześnie uzyskanie energii elektrycznej. Potencjał wdrożenia działania ustalono na podstawie ilości odchodów zwierzęcych wynikających ze skali produkcji zwierzęcej (przyjmując, że tylko 80% łącznej masy da się wykorzystać). Przyjęto, że rocznie można wybudować biogazownie dla 4% potencjału z 2015 roku. Działanie powoduje ograniczenie poziomu emisji metanu w gospodarstwie. Dodatkowymi efektami ubocznymi jest produkcja energii elektrycznej. Dla roku bazowego 2015 przyjęto, iż LCOE produkowanej energii wynosi 50 gr/kWh a cena sprzedawanej w roku bazowym energii 38 gr/kWh. Wycena produkowanej energii elektrycznej w kolejnych okresach jest dokonywana na podstawie wskaźnika zmian kosztów energii (generowanego w modelu d-PLACE), według którego w 2050 r. koszty te osiągną poziom 170% w porównaniu do bazowego (2015) roku, natomiast koszty jej pozyskania w analizowanym okresie zmieniają się proporcjonalnie do wskaźnika zmian płac.
- ▶ **Uprawy biomasy na gruntach rolnych:** Podobnie jak w przypadku uprawy lasów na użytkach rolnych, działalność ta ma na celu wykorzystanie rezerw użytków rolnych pozostałych w wyniku spodziewanego ograniczenia produkcji rolnej. Uprawa roślin energetycznych w zmianowaniu jest traktowana na równi z innymi uprawami jako kolejna działalność roślinna (skutkuje emisjami GHG z sektora rolnictwa). Opłacalność upraw energetycznych jest uzależniona od zapotrzebowania, a tym samym poziomu cen, na biomasę zgłaszana przez model energetyczny. Przyjęto, iż pozytywne skutki w postaci ograniczenia emisji GHG wystąpią po stronie modelu energetycznego. Z założenia zastosowanie upraw energetycznych może skutkować wykorzystaniem rezerw użytków rolnych w rolnictwie oraz poprawą sytuacji dochodowej gospodarstw zmuszonych do częściowego ograniczenia typowej produkcji rolnej. Grunty przeznaczone na biomasę mogą w kolejnych okresach, po zbiorze biomasy, być ponownie wykorzystywane do produkcji rolnej.

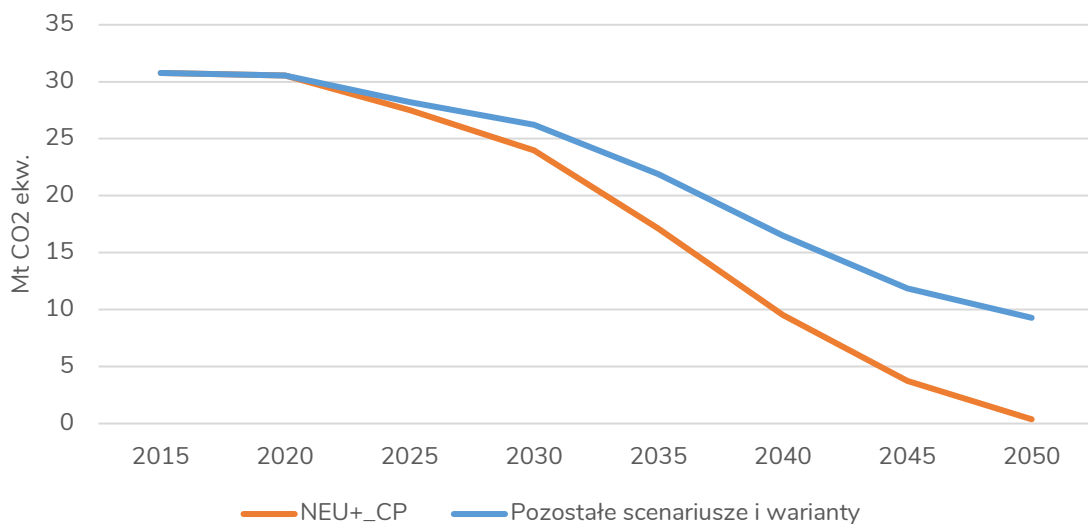
35. Dla analizy skutków ograniczenia emisji GHG przy użyciu powyższych instrumentów przyjęto założenie, że poszczególne typy gospodarstw rolnych mogą redukować tylko własną emisję. Przekłada się to na wykluczenie możliwości handlu emisjami GHG pomiędzy poszczególnymi gospodarstwami, a maksymalne uzasadnione wykorzystanie ww. instrumentów może doprowadzić najwyżej do neutralności klimatycznej poszczególnych typów gospodarstw.

5. Wyniki symulacji dla polskiego sektora rolnictwa

5.1. Emisje GHG

36. Analiza scenariuszy redukcyjnych z wykorzystaniem procesu iteracji pomiędzy modelem energetycznym, a modelami CGE i sektorowymi w scenariuszu NEU pokazuje, że rolnictwo jest sektorem o ograniczonych możliwościach redukcji ze względu na ograniczenia technologiczne, utrudniające całkowitą redukcję emisji GHG. Ustalona w modelu d-Place w procedurze iteracyjnej z modelami sektorowymi, optymalna z punktu widzenia gospodarki, redukcja emisji w scenariuszu NEU w perspektywie roku 2050 wynosi 70%. Przy czym szybsze tempo redukcji przypada na okres po roku 2030 (rysunek 4).

Rysunek 4. Emisje GHG w scenariuszach i wariantach rozwoju sektora rolnictwa w Polsce [Mt CO₂ ekw.].



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

37. Graniczny, wyznaczony przez model d-PLACE, poziom emisji GHG w sektorze rolnictwa stanowi w większości wypadków naturalne ograniczenie dla modelu EPICA. W scenariuszu NEU osiągnięcie tak wyznaczonego celu redukcyjnego jest relatywnie trudne. Możliwość wykorzystania instrumentów ograniczających emisje GHG w rolnictwie wprowadzonych w scenariuszu NEU+ ułatwia osiągnięcie celu redukcyjnego, jednak generuje określone koszty po stronie rolnictwa, co powoduje, iż emisja GHG jest obniżana tylko w granicach naznaczonych przez model d-PLACE (redukcja o blisko 70%). Wyjątek stanowi wariant CP w scenariuszu NEU+ (rysunek 4). Wobec rosnących cen uprawnień racjonalne w skali gospodarstw rolnych jest redukcja emisji GHG poniżej wyznaczonego celu redukcyjnego, gdyż powoduje to zmniejszenie łącznej kwoty opłat za uprawnienia do emisji GHG. W tym wariantcie scenariusza NEU+ emisja z sektora rolnictwa zmniejsza się niemal do poziomu zerowego (redukcja emisji GHG o 98,8%).

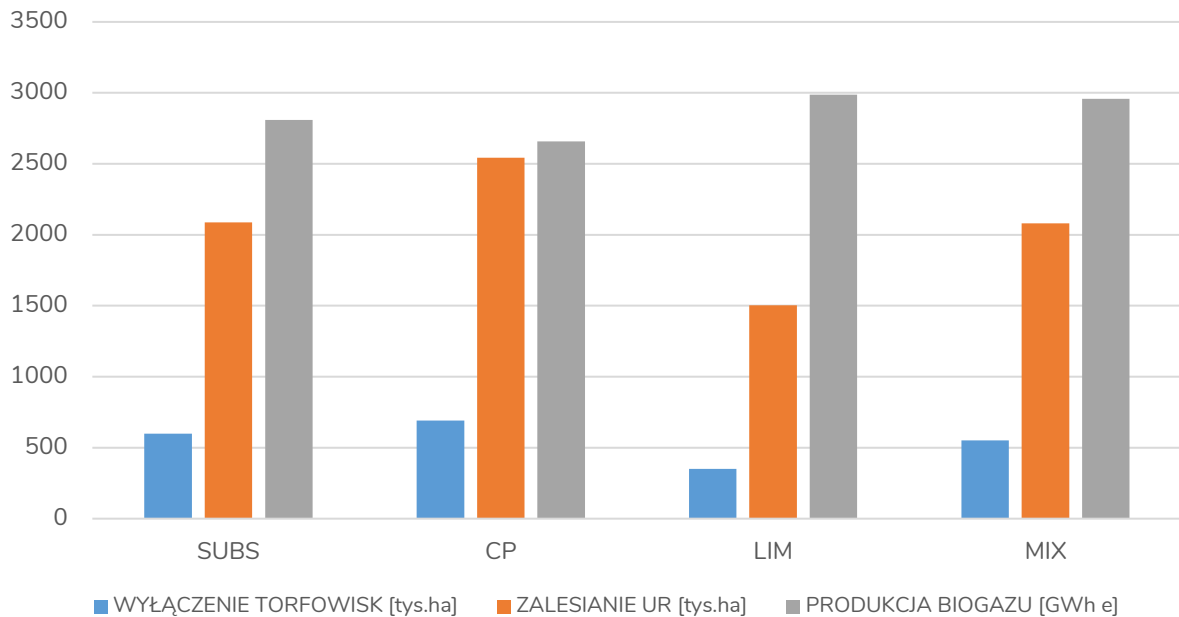
38. Dla porównania w scenariuszu bazowym (BAU - Business as Usual), przedstawionym w Mapie Drogowej, bez implementacji „Fit for 55” i przy znacznie mniej ambitnych celach redukcji na 2025 r., tempo spadku emisji pozostaje relatywnie niewielkie. Prezentowany w Mapie Drogowej scenariusz BAU prowadzi do ograniczenia emisji GHG z sektora rolnictwa zaledwie o 38%.

5.2. Skala implementacji działań ograniczających emisje GHG w rolnictwie

39. W odróżnieniu od scenariusza NEU przedstawionego już uprzednio w Mapie Drogowej¹⁴, przedstawiony w niniejszym raporcie scenariusz NEU+ zakładał możliwość wdrożenia w analizowanych typach gospodarstw działań mających na celu ograniczenie emisji GHG. Zgodnie z bazowymi założeniami modelu gospodarstwa, działania takie mogły się znaleźć w rozwiązaniu, jeżeli ich wprowadzenie prowadziło do poprawy wyniku ekonomicznego.
40. We wszystkich rozważanych wariantach wdrożenia polityki klimatycznej, instrumenty redukcyjne występowały w rozwiązaniach modelu dla scenariusza NEU+ w roku 2050 (rysunek 5). Skala i struktura wdrożenia instrumentów mitygujących emisję GHG jest zróżnicowana w zależności od założonego wariantu wdrożenia polityki klimatycznej. Instrumenty polegające na wyłączaniu gruntów z uprawy (zalesianie, wyłączanie torfowisk) są najszerzej wdrażane w wariantcie Carbon Price (CP). Jest to spowodowane bardziej ambitną redukcją emisji ze względu na założone opłaty z tytułu emisji GHG. Podobna relacja występuje w wariantcie subsydia (SUBS), w którym założone instrumenty są wdrażane w momencie gdy kwota płatności z tytułu zaniechania emisji GHG pokrywa z nawiązką koszty wdrożenia instrumentów mitygujących.

¹⁴ Pyrka, M., Jeszke, R., Boratyński, J., Tatarewicz, I., Witajewski-Baltvilks, J., Rabiega, W., Wąs, A., Kobus, P., Lewarski, M., Skwierz, S., Gorzałczyński, A., Tobiasz, I., Rosłaniec, M., Cygler, M., Sekuła, M., Krupin, V. (2021). Polska net-zero 2050: Mapa drogowa osiągnięcia wspólnotowych celów polityki klimatycznej dla Polski w 2050 r. Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy / Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszawa.

Rysunek 5. Zakres implementacji działań ograniczających emisję GHG z sektora rolnictwa w Polsce w roku 2050 (scenariusz NEU+).



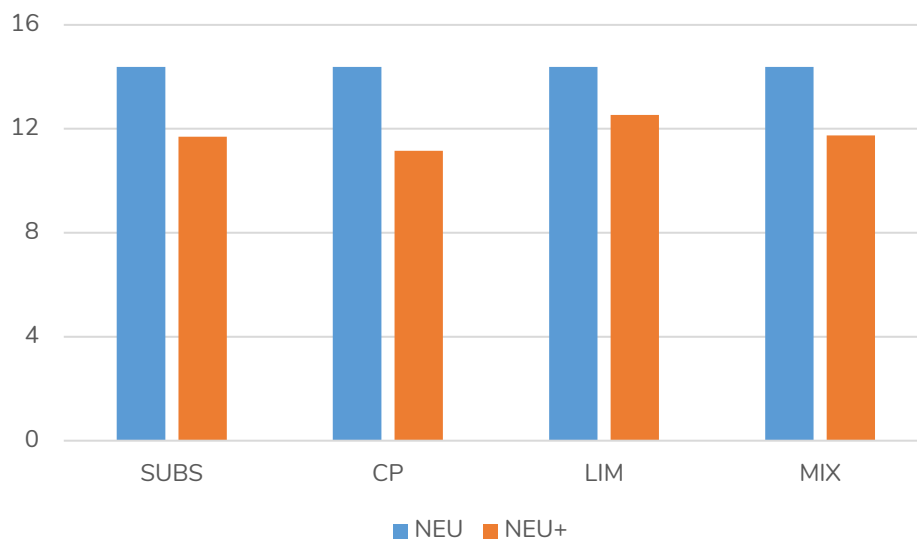
Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

41. W wariantach limitu emisji (LIM) i mieszanym (MIX) wyniki wskazują na nieco większe wykorzystywanie biogazowni rolniczych. Wynika to z większej skali produkcji zwierzęcej występującej w roku 2050 w przypadku realizacji tych wariantów wdrożenia polityki klimatycznej. Należy przy tym zaznaczyć, iż skala zastosowania biogazowni rolniczych maleje po 2035 roku (maksymalny poziom produkcji energii z biogazowni rolniczych występuje w 2035 roku w wariantcie LIM na poziomie 5813 GWhe) we wszystkich rozważanych wariantach ze względu na redukcję skali produkcji zwierzęcej, co jest konsekwencją coraz ambitniejszych założeń polityki klimatycznej.

5.3. Skala produkcji rolnej

42. Zmiany założeń w rozważanych scenariuszach wpływają na zgłaszane przez sektor rolniczy zapotrzebowanie na ziemię oraz skalę produkcji zwierzęcej. W scenariuszu NEU, zakładającym funkcjonowanie rolnictwa w obecnie znanym kształcie ewentualna redukcja produkcji skutkuje wyłączeniem części gruntów z produkcji, jednak ze względu na korzyści wynikające z dopłat w ramach WPR są one utrzymywane w tzw. dobrej kulturze rolnej i mogą być w każdej chwili wykorzystane do produkcji żywności. Z tego względu w scenariuszu NEU powierzchnia użytków rolnych wykorzystywana przez polskie rolnictwo pozostaje niezmienna w całym analizowanym okresie i wynosi 14,38 mln ha (rysunek 6).

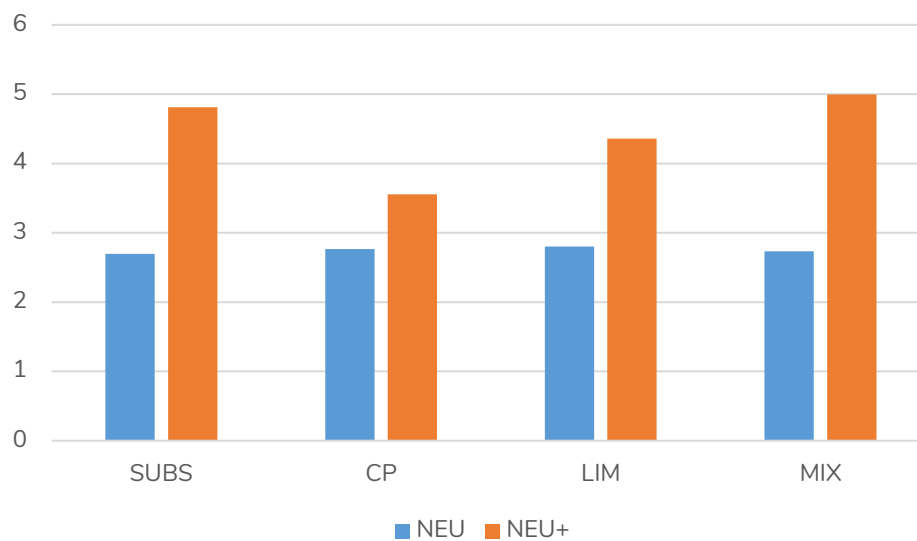
Rysunek 6. Powierzchnia użytków rolnych w Polsce w 2050 roku [mln ha] (NEU i NEU+).



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

43. W scenariuszu NEU+ założono możliwość wykorzystania części użytków rolnych do działań zmniejszających emisję GHG. Jak przedstawiono powyżej wykorzystanie instrumentów mitygujących w scenariuszu NEU+ zależy od założonego scenariusza wdrażania polityki klimatycznej. W konsekwencji powierzchnia wykorzystywanych przez rolnictwo użytków rolnych zmniejsza się w 2050 roku do poziomu: od 11,15 mln ha w wariancie CP do 12,5 mln ha w wariancie LIM.
44. Skala produkcji zwierzęcej mierzona za pomocą pogłównia zwierząt w dużym stopniu zależy od wariantu wdrożenia polityki klimatycznej. W scenariuszu NEU można zauważyć znaczącą redukcję pogłównia zwierząt (rysunek 7), których liczba z poziomu wyjściowego 9,1 mln LU w roku 2015 zmniejsza się do ok. 2,6-2,8 mln jednostek przeliczeniowych (LU) w roku 2050. Tak duży spadek w sektorze produkcji zwierzęcej wynika z konieczności ograniczenia emisji GHG (produkcja zwierzęca bezpośrednio odpowiada za około 50% emisji GHG). Należy zaznaczyć, iż zaniechanie produkcji zwierzęcej ogranicza nie tylko emisję GHG wynikającą z utrzymywania zwierząt (fermentacja jelitowa, zarządzanie obornikiem), ale również wpływa na ograniczenie emisji z użytków rolnych wykorzystywanych w okresie wyjściowym do produkcji pasz, co odpowiednio ogranicza emisję GHG z gleb.

Rysunek 7. Pogłowie zwierząt gospodarskich w Polsce w roku 2050 [mln LU].



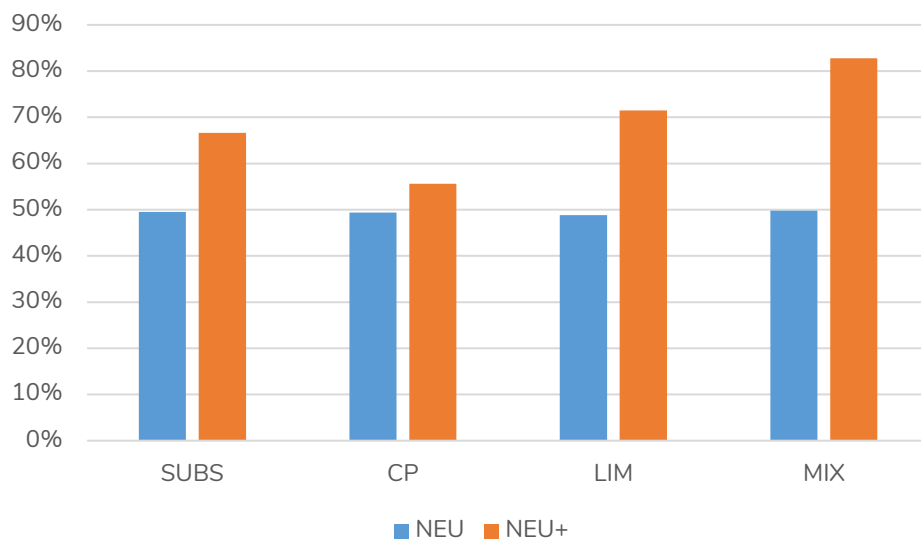
Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

45. W scenariuszu NEU+ zastosowanie instrumentów ograniczających emisję GHG w rolnictwie pozwala ograniczyć negatywny wpływ produkcji zwierzęcej (biogazownie) oraz zwiększyć pochłanianie GHG w wyniku zalesiania użytków rolnych i wyłączania gleb organicznych z produkcji. W efekcie skala produkcji zwierzęcej może być znacznie wyższa niż w scenariuszu NEU. Pogłowie zwierząt w scenariuszu NEU+ wynosi od 3,55 mln LU (wariant CP) do 5 mln LU (wariant MIX).

5.4. Wolumen produkcji

46. W scenariuszu NEU, redukcja emisji GHG realizowana jest głównie w wyniku ograniczania wielkości produkcji oraz zmiany jej struktury. Znaczący spadek zagregowanej produkcji, do poziomu około 50% stanu z roku 2015 (rysunek 8), nie rozkłada się również równo na produkcję roślinną i zwierzęcą (rysunek 9). W istotny sposób zmniejsza się poziom produkcji zwierzęcej, podczas gdy zmniejszenie wolumenu produktów roślinnych wynosi od 2% (wariant CP) do 18% (wariant SUBS). Zmiany wielkości produkcji roślinnej w scenariuszu NEU+ są nieco mniejsze (max. 6%), a w wariantcie CP produkcja roślinna utrzymuje się na poziomie niezmiennym w stosunku do roku 2015.

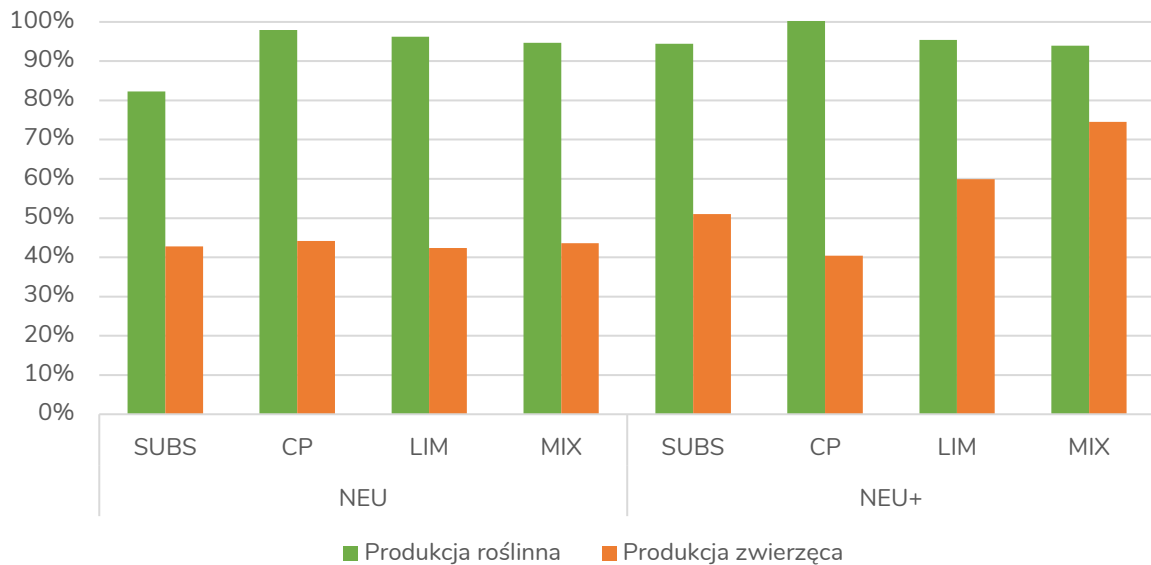
Rysunek 8. Zmiany wielkości produkcji w Polsce w roku 2050 [2015=100%].



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

47. W scenariuszu NEU+ wykorzystanie instrumentów mitygujących emisje GHG pozwala na utrzymanie produkcji na wyższym poziomie. Zmniejszenie zagregowanego indeksu produkcji rolnej zależy w dużym stopniu od wariantu wdrażania polityki klimatycznej. Największy spadek produkcji rolnej w scenariuszu NEU+ występuje w wariantcie CP (55% poziomu z 2015 roku). Należy jednak zaznaczyć, iż ten wariant prowadzi do głębszej niż w pozostałych wariantach redukcji emisji GHG. W wariantcie MIX przy utrzymaniu narzuconego przez model d-PLACE celu redukcyjnego wolumen produkcji rolnej maleje o 18% w stosunku do roku 2015 roku (rysunek 8).
48. Relatywnie niewielkie zmiany zagregowanego wskaźnika produkcji w wariantcie MIX wynikają z możliwości utrzymania znaczącego poziomu produkcji zwierzęcej. Przyjęcie założeń tego wariantu skutkuje jedynie kilkuprocentowym spadkiem wielkości produkcji roślinnej i utrzymaniem wolumenu produkcji zwierzęcej na poziomie 75% roku bazowego (2015).

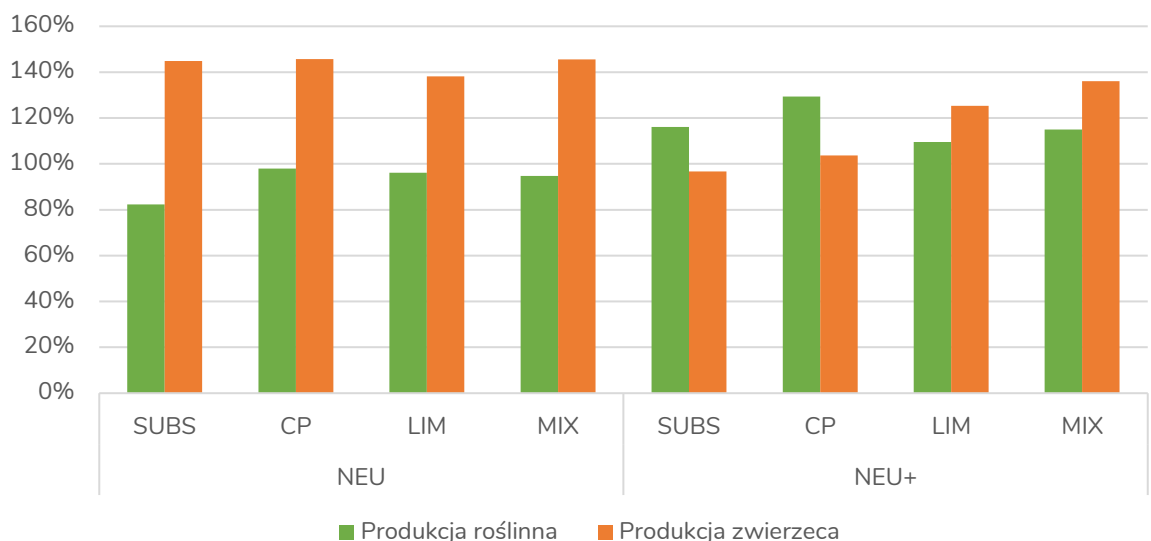
Rysunek 9. Dynamika wielkości produkcji roślinnej i zwierzęcej w Polsce w roku 2050 [2015=100%].



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

49. Obserwowane zmiany w wykorzystywanej powierzchni użytków rolnych oraz pogłowiu zwierząt przekładają się na poziom produkcji rolnej. Obserwowane w analizowanych scenariuszach zmniejszenie wolumenu produkcji jest jednak mniejsze, niż wynikałoby to z powierzchni wykorzystywanych użytków rolnych czy liczby zwierząt. Wynika to ze zmian w poziomie intensywności, a w efekcie – wydajności produkcji (rysunek 10).

Rysunek 10. Zmiany wydajności produkcji roślinnej i zwierzęcej w Polsce w roku 2050 [2015=100%].



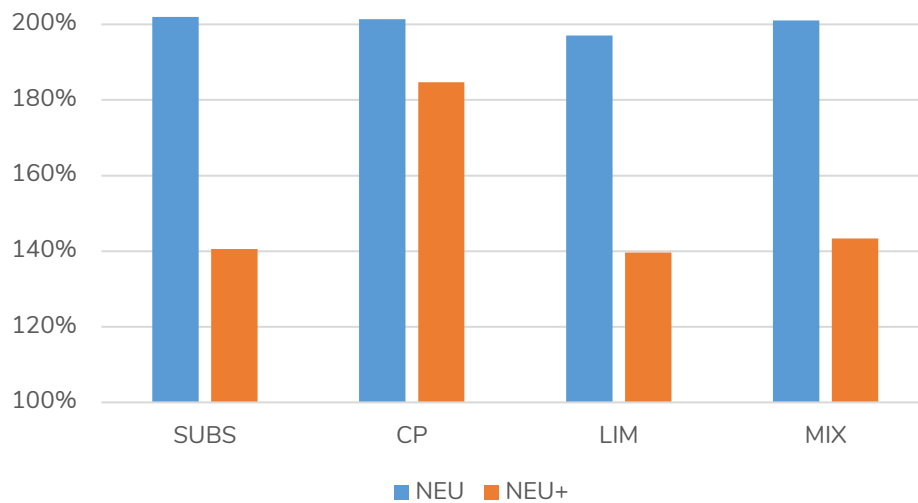
Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

50. W scenariuszu NEU redukcja emisji w roku 2050 wymusza znaczące ograniczenie pogłowia zwierząt. Skutkiem tak dużego zmniejszenia liczby zwierząt jest zwiększenie intensywności ich produkcji. W efekcie można zaobserwować zwiększenie wydajności produkcji zwierzęcej, liczonej jako zmiany produkcji do zmiany pogłowia, na poziomie około 40%. Jednocześnie wobec znacząco mniejszej presji na zwiększanie produkcji roślinnej (mniejsze zapotrzebowanie na pasze) wydajności w produkcji roślinnej kształtują się na nieco niższym poziomie niż w roku bazowym.
51. Wobec zastosowania instrumentów mitygacyjnych, w scenariuszu NEU+ nie występuje tak duża presja na ograniczenie pogłowia zwierząt, a tym samym zwiększanie wydajności produkcji zwierzęcej. Emisje z sektora produkcji zwierzęcej mogą być częściowo zniwelowane poprzez produkcję biogazu lub pochłonięte przez powstające na użytkach rolnych lasy. Skutkiem zastosowania instrumentów mitygacyjnych wykorzystujących użytki rolne, a zatem konkurujących z działalnościami produkcyjnymi o zasoby ziemi, jest tendencja do zwiększania poziomu intensywności produkcji roślinnej. W wariantcie Carbon Price (CP) przeciętna wielkość produkcji z jednostki powierzchni wzrasta o około 30% w stosunku do roku bazowego. Nieco większe emisje będące wynikiem zwiększonego użycia nakładów są z nawiązką rekompensowane przez pochłanianie GHG przez lasy oraz ograniczoną emisję z gleb organicznych.

5.5. Ceny produktów rolnych

52. Zmniejszenie wielkości produkcji rolnej wobec ciągłego i mało elastycznego popytu na żywność niechybnie prowadzi do wzrostu jej cen. Należy jednak zaznaczyć, iż zastosowane w modelu EPICA algorytmy umożliwiają optymalizację koszyka konsumowanych produktów pochodzenia rolnego. Tym samym modelowana jest reakcja konsumentów na zmiany cen poszczególnych produktów skutkująca m.in. zmniejszeniem konsumpcji najbardziej drożących składników koszyka.
53. W scenariuszu NEU przeciętny poziom cen produktów rolnych oscyluje w granicach 200% roku bazowego (rysunek 11). Nieco mniejszy wzrost cen w wariantcie LIM wynika z nieco większego, w stosunku do pozostałych wariantów, ograniczenia produkcji zwierzęcej, a tym samym większego udziału produktów roślinnych w koszyku konsumowanych dóbr.
54. Zastosowanie instrumentów ograniczających emisję GHG stwarza możliwości osiągnięcia celu redukcyjnego przy znacznie niższym poziomie wpływu polityki klimatycznej na rynek produktów rolnych. W scenariuszu NEU+ ceny produktów żywnościowych wzrastają przeciętnie o 40% w stosunku do roku bazowego 2015. Pewnym wyjątkiem jest wariant CP, w którym ceny wzrastają o 85%, należy jednak podkreślić, iż w tym wariantcie, wobec nałożenia płatności na emisję GHG oraz założenia możliwości zastosowania instrumentów mitygacyjnych w scenariuszu NEU+, poziom emisji GHG z rolnictwa zbliża się do zera.

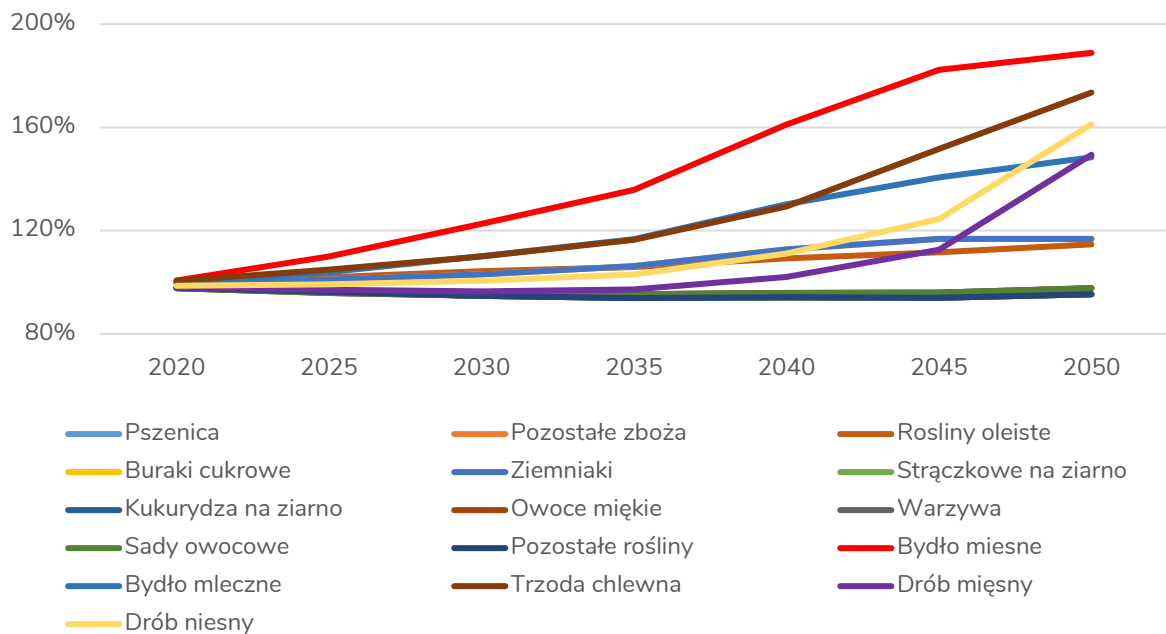
Rysunek 11. Indeks wzrostu cen produktów rolnych w Polsce w roku 2050 [2015=100%] (NEU i NEU+).



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

55. Przedstawione na rysunku 11 wyniki dotyczące przeciętnego wzrostu cen wskazują na wzrost zagregowanego indeksu cen. Wdrażanie polityki klimatycznej w scenariuszu NEU+ w wariacie MIX oznacza przeciętny wzrost cen o około 40% w stosunku do roku bazowego. Analiza szczegółowych wyników modelu wskazuje na znaczące zróżnicowanie zmian cen poszczególnych produktów żywnościowych. Należy zauważyć, iż produkty charakteryzujące się dużym poziomem jednostkowej emisji GHG, takie jak mięso wołowe, produkty mleczne, czy mięso wieprzowe drożeją znacznie szybciej niż produkty roślinne (rysunek 12). W przypadku wołowiny ceny wzrastają ponad dwukrotnie, zaś większość produktów roślinnych wykazuje ceny zbliżone do roku bazowego.

Rysunek 12. Dynamika wzrostu cen produktów w wariantcie NEU+_MIX w Polsce w roku 2050 [2015=100%].

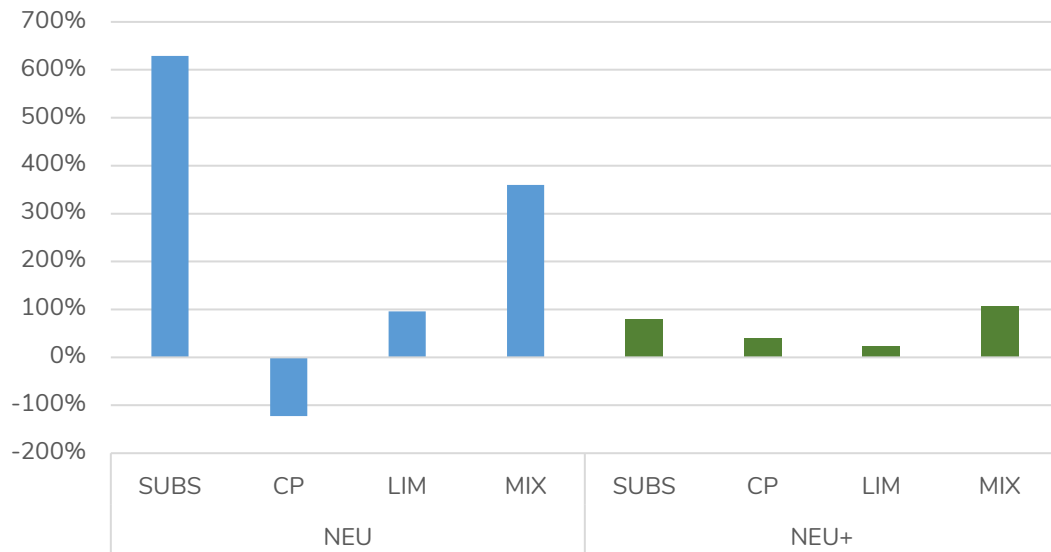


Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

5.6. Wyniki ekonomiczne gospodarstw rolnych

56. Wyniki modelu wskazują na znaczący wpływ przyjętych w analizowanych scenariuszach i wariantach założeń na poziom dochodu rolniczego osiąganego przez gospodarstwa rolne. Jak już wspomniano, dostosowanie sektora rolnictwa do wymogów polityki klimatycznej wiąże się ze zmianami podaży, a w konsekwencji – zmianami cen produktów rolnych. Ponieważ rolnictwo jako sektor charakteryzuje się co do zasady niewielkim poziomem marż, to jakiegokolwiek, nawet niewielkie zmiany cen produktów i nakładów, czy zmiany poziomu produkcji mogą mieć znaczny wpływ na poziom uzyskiwanych dochodów (rysunek 13).

Rysunek 13. Zmiany dochodów gospodarstw rolnych w Polsce w roku 2050 [2015=100%].



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

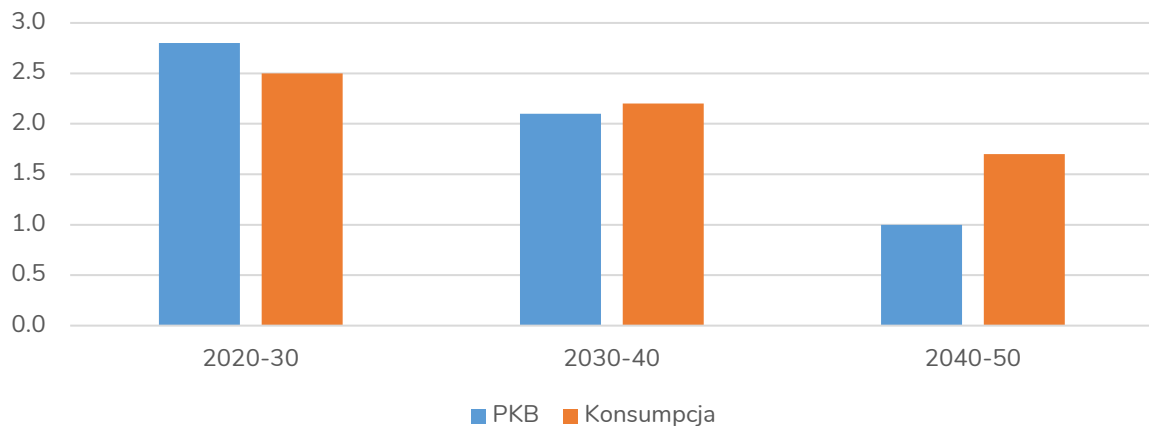
57. W scenariuszu NEU poziom dochodu jest w bardzo dużym stopniu uzależniony od zastosowanego wariantu wdrażania polityki klimatycznej. Ze względu na ograniczone możliwości dostosowania do nowych wymagań na poziomie gospodarstw rolnych, spełnienie celu redukcyjnego realizowane jest głównie poprzez ograniczenie skali produkcji, w szczególności, najbardziej emisyjnych działalności.
58. W wariantcie CP scenariusza NEU wprowadzenie opłat za emisje GHG, zgodnego z krańcowym kosztem redukcji wyznaczonym dla sektorów non-ETS w Polsce powoduje na tyle istotne pogorszenie sytuacji finansowej gospodarstw, że stanowi to zagrożenie dla bezpieczeństwa żywnościowego kraju. Należy przy tym zaznaczyć, iż zgodnie z przyjętymi założeniami gospodarstwa z ujemnymi wynikami finansowymi nie były usuwane z modelu. Maksymalizacja funkcji celu w wypadku tych gospodarstw oznaczała ograniczenie wielkości ponoszonych strat. W praktyce gospodarstwa uzyskujące permanentnie ujemny wynik finansowy nie mogłyby funkcjonować w dłuższym okresie. Wariant ten należy zatem analizować wyłącznie w świetle kierunku zachodzących zmian, a nie jako prognozę.
59. W wariantcie LIM przeciętne dochody rolników pozostają na niezmiennym poziomie. Dwukrotny spadek przeciętnej wielkości produkcji jest rekompensowany poprzez adekwatny wzrost cen. Dodatkowe, korzystne zmiany wydajności produkcji pozwalają na osiągnięcie dochodu na poziomie zbliżonym do osiąganego w roku 2015 przez sektor gospodarstw rolnych. Należy jednak podkreślić, iż z punktu widzenia całej gospodarki ten wariant wdrożenia polityki klimatycznej nie jest optymalny, gdyż proporcjonalna redukcja emisji GHG we wszystkich gospodarstwach wymusza ograniczenie produkcji również w najlepszych i najbardziej efektywnych pod względem emisyjności jednostkach.

60. Warianty zakładające wypłacanie subwencji za ograniczanie emisji GHG w scenariuszu NEU charakteryzują się bardzo wysokimi dochodami rolników. Wynika to z konieczności ustalenia płatności na poziomie gwarantującym eliminację ostatniego kg CO₂ niezbędnego do uzyskania celu redukcyjnego. Dla większości rolników koszty obniżenia emisji są niższe, wobec tego dopłata, ustalona na poziomie marginalnych kosztów ograniczenia emisji, w wysokości określonej przez narzucony cel emisyjny, jest dla nich bardzo korzystna.
61. W scenariuszu NEU+ wprowadzenie działań ograniczających emisję GHG w dużym stopniu łagodzi wpływ nałożenia wysokich celów redukcyjnych emisji GHG na sytuację dochodową rolników. W każdym z analizowanych okresów koszt podjęcia działań ograniczających emisję GHG oraz ich efektywność redukcyjna wskazują na maksymalny koszt ograniczenia emisji GHG, co przyczynia się do ograniczenia wpływu polityki klimatycznej na zmianę dochodów rolników. We wszystkich wariantach wdrożenia polityki klimatycznej w scenariuszu NEU+ dochody rolników w skali całego sektora są dodatnie. A w wariantcie MIX rolnicy mają nawet szanse na zachowanie poziomu dochodów z roku bazowego.

5.7. Skutki ekonomiczne wdrażania polityki klimatycznej

62. Wykorzystanie modelu równowagi ogólnej d-PLACE pozwala uwzględnić w analizie dynamikę podstawowych zmiennych makroekonomicznych. Model generuje projekcje m.in. Produktu Krajowego Brutto (PKB), wielkości konsumpcji gospodarstw domowych, dynamikę płac i cen materiałów do produkcji rolnej oraz krańcowe koszty redukcji emisji w sektorze non-ETS.
63. Prezentowana na rysunku 14 dynamika PKB wynika głównie z zewnętrznych projekcji wzrostu gospodarczego (na podstawie EU Reference Scenario 2020). Zakładają one stopniowe spowolnienie wzrostu PKB w Polsce w kolejnych dekadach, niezależnie od prowadzonej polityki energetyczno-klimatycznej. Na założenia te nakładają się efekty zaostżenia celu redukcji emisji w scenariuszach NEU, dodatkowo spowalniając nieco wzrost PKB. W latach 2030-2040 średnie roczne tempo wzrostu PKB jest o 0,7 punktu procentowego (p.p.) niższe, niż w latach 2020-2030. W ostatniej analizowanej dekadzie tempo wzrostu jest o 1,8 p.p. mniejsze, niż w pierwszej dekadzie.

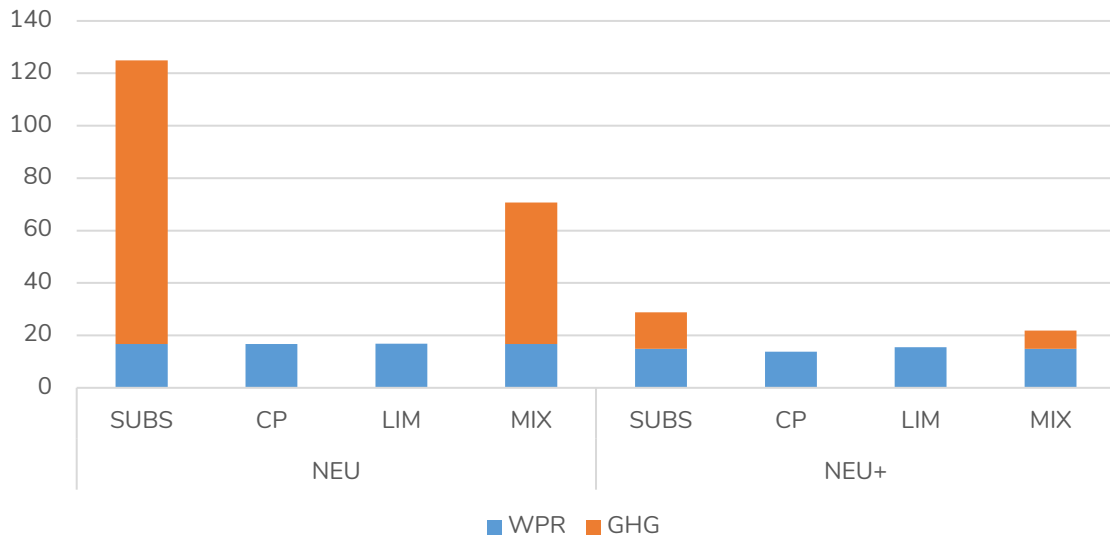
Rysunek 14. Średnie roczne stopy wzrostu PKB i konsumpcji gospodarstw domowych w Polsce w scenariuszu NEU [%].



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

64. Projekcje modelu d-PLACE wskazują również na zmniejszenie tempa wzrostu konsumpcji gospodarstw domowych w latach 2030-2040 średnio o 0,3 p.p. rocznie w stosunku do pierwszej dekady (2020-2030). W latach 2040-2050 następuje dalszy spadek tempa wzrostu konsumpcji o ok. 0,5 p.p. rocznie. Spowolnienie wzrostu konsumpcji w ostatniej dekadzie jest mniejsze niż spowolnienie wzrostu PKB, co wiąże się głównie z obniżoną dynamiką inwestycji w tym okresie.
65. Analiza kosztów budżetowych wdrażania poszczególnych wariantów polityki klimatycznej w gospodarstwach rolnych uwzględnia dwa strumienie środków na rzecz wsparcia rolnictwa. Po pierwsze, zgodnie z przyjętymi w modelu założeniami sektor gospodarstw rolnych jest wspierany w ramach realizacji WPR. Ze względu na długi okres prognozy oraz niepewność co do kształtu przyszłych założeń WPR w modelu przyjęto zachowanie transferów w ramach WPR na zasadach obowiązujących w 2015 roku. Wobec tak przyjętego założenia wydatki budżetowe z tytułu realizacji WPR zależą głównie od powierzchni użytków rolnych. Koszty WPR maleją w przypadku stosowania instrumentów mitygujących skutkujących zaprzestaniem wykorzystywania użytków rolnych (zalesienie, wyłączanie torfowisk). Drugim analizowanym rodzajem wsparcia rolnictwa, występujących w wariantach SUBS i MIX są dopłaty do ograniczenia emisji GHG przez rolników. Jak już wspomniano, warianty te zakładają, iż część emisji GHG jest redukowana dobrowolnie przez rolników w zamian za dopłaty za każdą zredukowaną jednostkę emisji (rysunek 15).
66. Jak już zostało wskazane w poprzednim podrozdziale, warianty zakładające zastosowanie dopłat do redukcji emisji w scenariuszu NEU nie są efektywnym sposobem redukcji emisji GHG w sektorze rolnictwa. Poziom dopłat konieczny do realizacji celów redukcyjnych w wariantach NEU_SUBS i NEU_MIX wielokrotnie przekracza dotychczasowy poziom wsparcia rolnictwa w ramach WPR.

Rysunek 15. Wydatki budżetowe na realizację analizowanych wariantów wdrożenia ograniczeń emisji dla scenariuszy NEU i NEU+ w skali sektora rolnictwa [2015=100%].



Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

67. W scenariuszu NEU+ poziom wsparcia rolnictwa jest nieco mniejszy w porównaniu do scenariusza NEU. W wariantcie CP, w którym najszerszej stosowane są instrumenty mitygacyjne bazujące na wyłączeniu z uprawy użytków rolnych, transfery w ramach WPR w roku 2050 maleją o 22% w stosunku do roku bazowego, ze względu na ograniczenie powierzchni użytków rolnych objętych wsparciem m.in. w ramach płatności bezpośrednich. W wariantach zakładających wykorzystanie dobrowolnych dopłat w scenariuszu NEU+, kwoty dopłat koniecznych do osiągnięcia zakładanego celu redukcyjnego są znacznie niższe niż w scenariuszu NEU i stanowią odpowiednio 94% i 46% wydatków budżetowych na WPR. W wariantcie MIX, łączny koszt wsparcia rolnictwa prowadzący do osiągnięcia celów polityki klimatycznej przy zachowaniu dochodów rolników na poziomie zbliżonym do roku bazowego wynosi 21,8 mld zł/rok, co stanowi zwiększenie wydatków budżetowych o 23% w stosunku do roku bazowego.
68. Porównując warianty wdrożenia polityki klimatycznej w analizowanych scenariuszach NEU i NEU+, należy oprócz poziomu wsparcia rolników zestawić także poziom dochodów rolników oraz poziom obciążenia konsumentów cenami żywności. Zestawienie takie zostało przedstawione w Tabeli 4.

Tabela 4. Skutki ekonomiczne analizowanych wariantów wdrożenia ograniczeń emisji dla scenariuszy NEU i NEU+ w skali sektora rolnictwa [2015=100%]

SCENARIUSZE	NEU			NEU+		
Warianty	Dochody rolników	Transfery z budżetu	Ceny produktów rolnych	Dochody rolników	Transfery z budżetu	Ceny produktów rolnych
SUBS	629%	701%	202%	81%	162%	141%
CP	-123%	94% (-168%)*	201%	41%	78% (68%)*	185%
LIM	96%	95%	197%	23%	87%	140%
MIX	360%	397%	201%	107%	123%	143%

* Po uwzględnieniu opłat za uprawnienia do emisji.

Źródło: Opracowanie własne CAKE/KOBiZE

69. Koszty realizacji założeń polityki klimatycznej w scenariuszu NEU są relatywnie wysokie, a ich dystrybucja zależy od zastosowanego wariantu wdrożenia polityki klimatycznej. W każdym z wariantów ceny żywności rosną dwukrotnie w stosunku do roku bazowego 2015. Jak już wspomniano, warianty MIX i SUBS prowadzą do osiągnięcia celu redukcyjnego za pomocą relatywnie wysokich płatności, które przekładają się na wzrost dochodów rolników. W wariantcie CP koszty wdrożenia polityki klimatycznej są przerzucane w całości na rolników. Zakładając, że rolnicy byłiby w stanie wywiązać się z obowiązku uiszczenia płatności za emisję GHG, sektor publiczny byłby beneficjentem netto zmian w sektorze rolnictwa. W wariantcie LIM, koszty realizacji założeń polityki klimatycznej przerzucone są na konsumentów. Należy przypomnieć, iż ten wariant nie zapewnia optymalnej dystrybucji obciążeń (wszystkie gospodarstwa redukują emisję „po równo”), a prowadzi do największej redukcji produkcji zwierzęcej spośród wszystkich rozważanych wariantów.
70. W scenariuszu NEU+ godne uwagi wydają się warianty MIX oraz CP. Wariant MIX prowadzi do relatywnie równomiernego rozłożenia kosztów związanych z wdrożeniem polityki klimatycznej. Drugi z wymienionych wariantów prowadzi do niemal zerowej emisji GHG. Odbywa się to jednak kosztem dochodów rolników, którzy nie dosyć, że otrzymują mniejsze wsparcie z tytułu wyłączenia części gruntów z uprawy, to jeszcze są obciążani opłatami za emisję GHG. W efekcie dochody rolników zmniejszają się o blisko 60%, ceny produktów zwiększają się bardziej niż w innych wariantach scenariusza NEU+ (o 85%), a jednocześnie transfery środków publicznych ulegają zmniejszeniu. Wariant ten jest najbardziej efektywny z punktu widzenia ograniczenia emisji i zakłada optymalną alokację wysiłków redukcyjnych. Niestety, w przypadku zbyt niskiego obniżenia dochodów kluczowych typów gospodarstw jego realizacja może pogorszyć bezpieczeństwo żywnościowe kraju.

Bibliografia

1. Boratyński, J., Pyrka, M., Tobiasz, I., Witajewski-Baltvilks, J., Jeszke, R., Gąska, J., Rabięga, W. (2022). The CGE model d-PLACE, ver. 2.0, Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy/Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszawa.
2. Boratyński, J., Witajewski-Baltvilks, J., Tatarewicz, I., Pyrka, I., Rabięga, W., Wąs, A., Kobus, P., Lewarski, M., Gorzałczyński, A., Tobiasz, I., Vitaliy, K., Jeszke, R. (2021). Procedure for linking sectoral models with the CGE model, Technical documentation version 1.0, Institute of Environmental Protection - National Research Institute / National Centre for Emissions Management (KOBiZE), Warsaw.
3. EU reference scenario 2020, Energy, transport and GHG emissions: trends to 2050, European Commission, 2021.
4. Global Energy and Climate Outlook 2020: Energy, Greenhouse gas and Air pollutant emissions balances. European Commission, Joint Research Centre (JRC) [Dataset] PID: <http://data.europa.eu/89h/1750427d-afd9-4a10-8c54-440e764499e4>.
5. IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use.
6. Komisja Europejska, 2021. (https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal_pl dostęp: 9.03.2022 r.).
7. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów; Europejski Zielony Ład. Bruksela, 11.12.2019 r. (COM(2019) 640 final).
8. Krajowy raport inwentaryzacyjny 2021: Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988-2019. Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy / Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE). Warszawa 2022.
9. Krajowy raport inwentaryzacyjny 2022: Inwentaryzacja gazów cieplarnianych w Polsce dla lat 1988-2020. Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy / Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE). Warszawa 2022.
10. Louhichi, K., Ciaian, P., Espinosa, M., Colen, L., Perni, A., Gomez y Paloma, S. (2015). An EU-Wide Individual Farm Model for Common Agricultural Policy Analysis (IFM-CAP), JRC, http://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC92574/jrcreport_jrc92574.pdf (accessed May 2022).
11. Ocena wpływu do komunikatu pt.: "Stepping up Europe's 2030 climate ambition. Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people", SWD(2020) 176 final, Komisja Europejska, Bruksela 2020.
12. Pyrka, M., Jeszke, R., Boratyński, J., Tatarewicz, I., Witajewski-Baltvilks, J., Rabięga, W., Wąs, A., Kobus, P., Lewarski, M., Skwierz, S., Gorzałczyński, A., Tobiasz, I., Roślaniec, M., Cygler, M., Sekuła, M., Krupin, V. (2021). Polska net-zero 2050: Mapa drogowa osiągnięcia wspólnotowych celów polityki klimatycznej dla Polski w 2050 r. Instytut Ochrony Środowiska

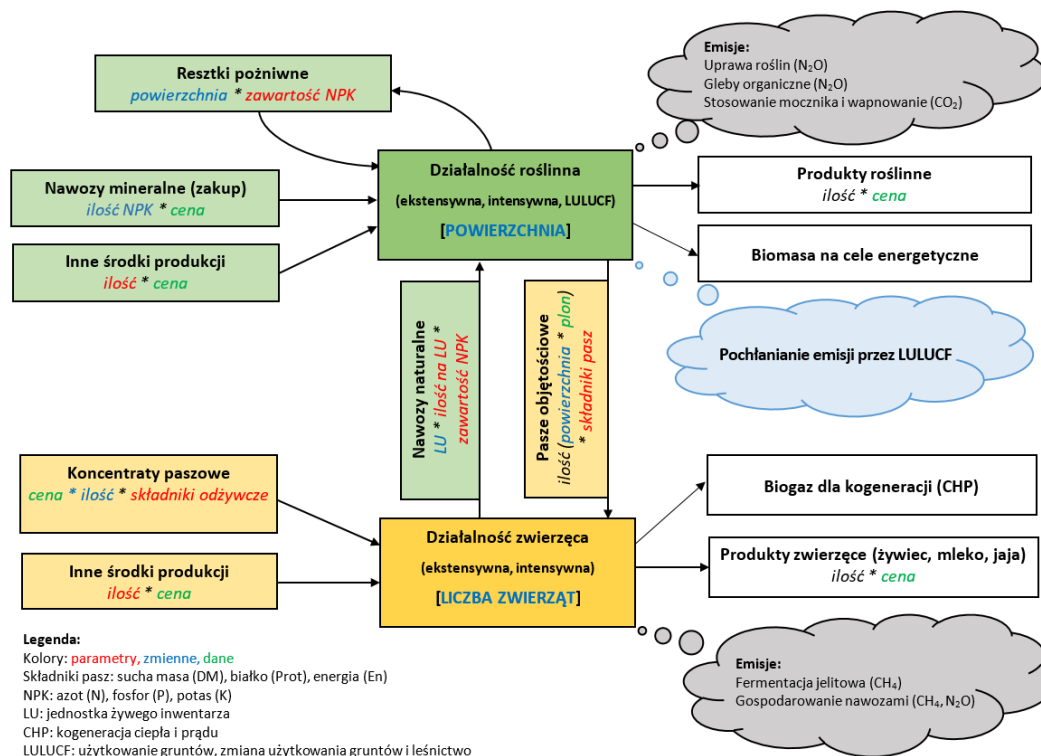
- Państwowy Instytut Badawczy / Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszawa.
13. Rabięga, W., Sikora, P., Gąska, J., Gorzałczyński A. (2022). The TR3E Model, ver. 2.0, Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy/Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszawa.
 14. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1119 z dnia 30 czerwca 2021 r. w sprawie ustanowienia ram na potrzeby osiągnięcia neutralności klimatycznej i zmiany rozporządzeń (WE) nr 401/2009 i (UE) 2018/1999.
 15. Ruiz, P., Sgobbi, A., Nijs, W., Thiel, C., Longa, F.D., Kober, T., Elbersen, B., Hengeveld, G., The JRC-EU-TIMES model. Bioenergy potentials for EU and neighbouring countries, Luksemburg 2015.
 16. Tatarewicz, I., Lewarski, M., Skwierz, S. (2022). The MEESA Model, ver. 2.0, Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy/Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszawa.
 17. Wąs, A., Witajewski-Baltvilks, J., Krupin, V., Kobus, P. (2022). The EPICA Model, ver. 2.0, Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy/Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszaw.

Załącznik 1.

Charakterystyka modelu EPICA

Model EPICA wykorzystuje jednocześnie kilka podejść do modelowania. Łączy podejście charakterystyczne dla modeli równowagi cząstkowej z modelem optymalizacyjnym dla wyodrębnionych typów gospodarstw rolnych w celu zapewnienia właściwej równowagi podaży i popytu, jak również zapewnia bardzo szczegółową dezagregację analizowanych działalności w ramach poszczególnych gospodarstw. Wykorzystanie takiego podejścia zakłada maksymalizację dochodu w 19 wyodrębnionych typach gospodarstw rolnych, maksymalizację dochodu w skali sektora gospodarstw rolnych poprzez zmianę udziału poszczególnych typów gospodarstw, oraz maksymalizację użyteczności konsumentów poprzez zmianę struktury konsumpcji żywności pod wpływem iteracyjnie ustalonych cen na rynku rolno-spożywczym. W modelu zawarto szereg sprzężeń zwrotnych występujących w gospodarstwie rolnym (rysunek A1). Zaimplementowano m.in. warunki dotyczące bilansu makroelementów (N, P, K), bilans pasz oraz pełen rachunek emisji GHG zgodny z wytycznymi IPCC¹⁵.

Rysunek A1. Uproszczony schemat modelu gospodarstwa rolnego w modelu EPICA.



Źródło: Opracowanie własne na podstawie CAKE/KOBiZE¹⁶

¹⁵ IPCC (2006). Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use.

¹⁶ Wąs, A., Witajewski-Baltvilks, J., Krupin, V., Kobus, P. (2022). The EPICA Model, ver. 2.0, Instytut Ochrony Środowiska - Państwowy Instytut Badawczy/Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBiZE), Warszawa.

Bazowy zbiór danych zaimplementowany w modelu EPICA obejmuje rok 2015. Polskie rolnictwo jest jednym z głównych kontrybutorów emisji GHG z rolnictwa wśród krajów UE-28 (na podstawie danych z 2017 r.), będąc szóstym największym emitentem z udziałem 7,2% całkowitej emisji GHG w UE-28 z rolnictwa (Eurostat 2018). Istnieje możliwość interakcji z modelem CGE (d-PLACE) w zakresie zmian poziomów cen w gospodarce oraz z modelem energetycznym (MEESA) w ramach LIFE Climate CAKE w zakresie wykorzystania biomasy rolniczej jako źródła energii.

Ze względu na wysoki poziom szczegółowości działalności rolnej model EPICA i jego zestaw danych są obecnie budowane tak, aby reprezentowały wyłącznie sektor rolny Polski.

Załącznik 2.

Połączenie modelu EPICA z modelem ekonomicznym d-PLACE i modelami sektorowymi

Połączenie modeli sektorowych, w tym modelu sektora rolnictwa EPICA, szczegółowo odzwierciedlających strukturę i występujące w nich relacje oraz zależności, z modelem równowagi ogólnej d-PLACE (CGE), znacznie rozszerza możliwości badania skutków ekonomicznych analizowanych scenariuszy. W tym podejściu model CGE dostarcza danych dotyczących rozwoju gospodarki, a model sektorowy (w niniejszej analizie model sektora rolnictwa EPICA), służy do poszukiwania optymalnego rozwiązania, przy jednoczesnym uwzględnieniu szeregu ograniczeń technicznych, środowiskowych i politycznych. W takim zestawieniu model EPICA posiada możliwość dostarczenia bardziej szczegółowych informacji na temat emisji gazów cieplarnianych w sektorze rolnictwa, które są wykorzystywane w następnej iteracji obliczeń CGE w celu osiągnięcia zbieżności między modelami. Wynikiem takiej procedury jest m.in. optymalna alokacja redukcji emisji GHG pomiędzy sektorami gospodarki.

Podstawowym celem stosowania połączonych modeli sektorowych oraz modelu równowagi ogólnej jest zapewnienie, że zmiany wynikające z działań założonych w jednym sektorze są właściwie odzwierciedlone w kosztach i potencjale działań przewidzianych w innych sektorach. Standardowe modele sektorowe umożliwiają bardzo szczegółowy opis struktury, relacji i zależności występujących w obrębie analizowanych sektorów.

Należy jednak zauważyć, że gdy modele sektorowe działają w izolacji, interakcje które występują pomiędzy sektorami nie są właściwie odwzorowane. Prognozy opierają się wówczas na założeniach, że szereg krytycznych zmiennych, takich jak popyt na określone produkty, czy ceny czynników produkcji są egzogeniczne, czyli nie reagują na zmiany będące rezultatem obliczeń dokonanych w poszczególnych modelach sektorowych lub reakcja ta jest uwzględniana w sposób zbyt dalece uproszczony. W rzeczywistości poszczególne sektory stanowią coś w rodzaju systemu naczyń połączonych: zmiany w jednym sektorze oddziałują na inne sektory w większym lub mniejszym stopniu. Dlatego też niezwykle ważne jest właściwe połączenie poszczególnych modeli sektorowych ze sobą oraz z modelem równowagi ogólnej i uwzględnienie interakcji między nimi.