

EMISYJNOŚĆ KRAJOWYCH UPRAW KUKURYDZY



**POLSKI ZWIĄZEK
PRODUCENTÓW ROŚLIN ZBOŻOWYCH**







Instytut Nafty i Gazu
Państwowy Instytut Badawczy

31-503 Kraków, ul. Lubicz 25A

ISO 9001

BUREAU VERITAS
Certification



Instytut Nafty i Gazu – Państwowy Instytut Badawczy działa w oparciu o system zarządzania zgodny z normą ISO 9001:2015, certyfikowany przez Bureau Veritas Certification

Zakład Zrównoważonych Technologii Chemicznych

EMISYJNOŚĆ KRAJOWYCH UPRAW KUKURYDZY

NR. ARCH. SPRAWY: DK-4100-87/24
NR ARCH. SPRAWOZDANIA: DK-4101-87/24

Opracowano przez INSTYTUT NAFTY I GAZU Państwowy Instytut Badawczy
na zlecenie POLSKIEGO ZWIĄZKU PRODUCENTÓW ROŚLIN ZBOŻOWYCH.



Kraków, dn. 15 lipca 2024

ZLECENIODAWCA: **Polski Związek Producentów Roślin Zbożowych
#FunduszePromocji**

NR UMOWY/ZLECENIA: **1/FP/2024 z dnia 15.05.2024,
oferta 84a/TC/23**

NR ZLEC. WEWN.: **0830/TC/24**

ZREALIZOWANIO W: **Zakład Zrównoważonych Technologii
Chemicznych, Instytut Nafty i Gazu – Państwowy
Instytut Badawczy**

DATA ROZPOCZĘCIA
REALIZACJI PROJEKTU: **15.05.2024 r.**

DATA ZAKOŃCZENIA
REALIZACJI PROJEKTU: **15.07.2024 r.**

KIEROWNIK ZESPOŁU: **dr inż. Jan Lubowicz**

KIEROWNIK ZAKŁADU: **dr hab. Grażyna Żak**

ZESPÓŁ AUTORSKI:

dr inż. Jan Lubowicz
dr Michał Wojtasik
dr hab. Grażyna Żak

Rozdział 6.5 został opracowany przez
zespół autorski z Instytutu Uprawy
Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy
Instytut Badawczy

KONSULTACJA:
dr inż. Delfina Rogowska

Opracowanie zawiera:	Stron: 40
	Tabel: 32
	Rysunków: 4

SPIS TREŚCI

1.	CZĘŚĆ FORMALNA	4
1.1	Charakter projektu	4
1.2	Cel projektu	4
1.3	Zakres projektu	4
1.4	Przepisy techniczne i prawne, jakim ma odpowiadać przedmiot projektu	4
2.	CZĘŚĆ MERYTORYCZNA	5
2.1	Wstęp	5
2.2	Klasyfikacja jednostek terytorialnych NUTS2	6
3.	POZYSKANE DANE	8
3.1	Powierzchnie uprawne i plony na poziomie NUTS 2	8
3.2	Dane do obliczeń emisji	10
3.3	Materiał siewny	12
3.4	Plon	12
3.5	Wilgotność plonu	13
3.6	Sucha masa	13
4.	PRAKTYKI UPRAWOWE	14
5.	TYPY GLEB	15
6.	METODOLOGIA OBLICZANIA EMISJI Z UPRAW	15
6.1	Zużycie paliw	16
6.2	Agrochemikalia (nawozy chemiczne, pestycydy, herbicydy i inne środki ochrony upraw)	18
6.3	Materiał siewny	21
6.4	Neutralizacja zakwaszenia i stosowanie wapna	22
6.5	Emisja glebowa	26
6.6	Emisje związane ze zbiorem, suszeniem i magazynowaniem plonu	32
7.	CAŁKOWITA EMISJA GHG	35
7.1	Metodologia	35
7.2	Wyniki końcowe	35
8.	PODSUMOWANIE	37
9.	WYNIKI I WNIOSKI	39
9.1	Uzyskany wynik projektu	39
9.2	Wnioski	39
10.	LITERATURA	40

Spis tabel

- Tabela 1. Podział Polski na regiony NUTS2
- Tabela 2. Struktura gospodarstw rolnych (wszystkie uprawy) pod względem powierzchni upraw
- Tabela 3. Struktura produkcji kukurydzy w gospodarstwach rolnych
- Tabela 4. Ilość ankietowanych gospodarstw rolnych produkujących kukurydzę.
- Tabela 5. Ilość materiału siewnego dla uprawy kukurydzy w regionach NUTS2
- Tabela 6. Ilość uzyskanego plonu dla uprawy kukurydzy w regionach NUTS2.
- Tabela 7. Średnia wilgotność plonu dla uprawy kukurydzy w regionach NUTS2.
- Tabela 8. Średnia ilość suchej masy plonu dla uprawy kukurydzy w regionach NUTS2.
- Tabela 9. Średnie zużycie oleju napędowego dla uprawy kukurydzy w regionach NUTS2.
- Tabela 10. Wskaźnik emisji dla oleju napędowego.
- Tabela 11. Emisja spowodowana zużyciem oleju napędowego w maszynach rolniczych wykorzystanych do uprawy kukurydzy
- Tabela 12. Wskaźniki emisji dla nawozów chemicznych i pestycydów
- Tabela 13. Zużycie nawozów azotowych przy uprawie kukurydzy
- Tabela 14. Zużycie nawozów fosforowych (P), potasowych (K), magnezowych (Mg), sodowych (Na), wapniowych (Ca) i pestycydów przy uprawie kukurydzy.
- Tabela 15. Emisja wynikająca ze stosowania nawozów chemicznych i pestycydów przy uprawie kukurydzy wyrażona w $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{ha}$.
- Tabela 16. Emisja wynikająca ze stosowania nawozów chemicznych i pestycydów przy uprawie kukurydzy wyrażona w $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t d.m.}$
- Tabela 17. Wskaźniki emisji dla nasion kukurydzy
- Tabela 18. Emisja spowodowana zużyciem materiału siewnego.
- Tabela 19. Wskaźniki emisji dla neutralizacji nawozów azotowych
- Tabela 20. Wskaźniki emisji dla wapnowania
- Tabela 21. Emisja spowodowana neutralizacją nawozów azotowych dla uprawy kukurydzy
- Tabela 22. Emisja spowodowana wapnowaniem dla uprawy kukurydzy.
- Tabela 23. Emisja z neutralizacji nawozów azotowych i wapnowania dla uprawy kukurydzy zastosowana do obliczenia finalnej emisji e_{ec} .
- Tabela 24. Parametry specyficzne dla upraw do obliczania wkładu N z resztek poźniwnych. W przypadku braku wartości wilgotności z badań stosowano wartości domyślne
- Tabela 25. Wartości stałe i efektowe do obliczania emisji N_2O z pól uprawnych w oparciu o model S&B
- Tabela 26. Właściwości gleby dla jednostek NUTS-3 pod uprawę kukurydzy.
- Tabela 27. Średnia emisja glebowa z upraw kukurydzy
- Tabela 28. Wskaźniki emisji paliw i energii elektrycznej wykorzystanej do suszenia.
- Tabela 29. Emisja spowodowana suszeniem kukurydzy ($\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{ha}$).
- Tabela 30. Emisja spowodowana suszeniem kukurydzy ($\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t d.m.}$).
- Tabela 31. Średnia emisja gazów cieplarnianych z uprawy (e_{ec}) kukurydzy w regionach NUTS2
- Tabela 32. Emisja e_{ec} dla uprawy kukurydzy w regionach NUTS2 (Polska).

Spis rysunków

- Rysunek 1. Geograficzny podział Polski na regiony NUTS2.
- Rysunek 2. Struktura gospodarstw rolnych uprawiających kukurydzę.
- Rysunek 3. Szacowanie emisji N_2O z gleb nawożonych – Stosowane metody.
- Rysunek 4. Emisje gazów cieplarnianych z uprawy kukurydzy (e_{ec}) w regionach NUTS2

1. CZĘŚĆ FORMALNA

1.1 Charakter projektu

Praca ma charakter badawczo-analityczny.

1.2 Cel projektu

Przeprowadzenie kalkulacji emisyjności krajowych upraw kukurydzy celem dostarczenia producentom oraz przetwórcom kukurydzy rzetelnych danych do obliczania emisyjności (śladu węglowego) produktów przetworzenia ziarna. Celem nadrzędnym projektu jest zachowanie konkurencyjności krajowego łańcucha dostaw biomasy rolniczej w postaci ziarna zbóż na tle produktów ekwiwalentnych dostępnych na rynku o wyższych współczynnikach emisyjności gazów cieplarnianych.

1.3 Zakres projektu

W ramach pracy został opracowany raport emisyjności krajowych upraw kukurydzy dla województw tj. tzw. obszarów NUTS2 zgodnie z odpowiednimi wymaganiami Komisji Europejskiej. Raport został sporządzony w oparciu o dane zawarte w ankietach zebranych od producentów rolnych w roku 2024. Obliczenia zostały przeprowadzone z uwzględnieniem wytycznych i wskaźników wskazanych w Dyrektywach 2018/2001 (RED II) [1], 2023/2413 (RED III) [2], Rozporządzeniu wykonawczym 2022/996 w sprawie zasad weryfikacji kryteriów zrównoważonego rozwoju i ograniczenia emisji GHG oraz w kalkulatorze Biograce II.

1.4 Przepisy techniczne i prawne, jakim ma odpowiadać przedmiot projektu

Przedmiot projektu nie podlega przepisom technicznym i prawnym.

2. CZĘŚĆ MERYTORYCZNA

2.1 Wstęp

Niniejszy Raport przedstawia średnią emisyjność (składowa e_{ec}) krajowych upraw kukurydzy dla obszarów NUTS2. Opracowując niniejszy Raport kierowano się następującymi zasadami:

- wykorzystano dane możliwie jak najbardziej charakterystyczne dla rynku polskiego;
- zastosowano wiarygodną metodologię obliczeń wskazaną w Dyrektywie RED II oraz w Rozporządzeniu wykonawczym 2022/996 [3];
- wykorzystano dane, w tym wskaźniki emisji GHG, wskazane w Rozporządzeniu wykonawczym 2022/996 oraz innych uznanych źródłach.

Raport przedstawia obliczenia dotyczące emisji e_{ec} spowodowanej uprawą kukurydzy oraz obliczenia dla wszystkich jej składowych. Uwzględnia emisję spowodowaną:

- zużyciem paliwa w maszynach rolniczych wykorzystanych do uprawy;
- stosowaniem nawozów chemicznych i pestycydów (agrochemikalia);
- produkcją materiału siewnego;
- zakwaszeniem związanym z nawozami i stosowaniem wapnowania;
- gromadzeniem, suszeniem i składowaniem surowców;
- emisją do gleby spowodowaną uprawami.

Raport nie obejmuje emisji gazów cieplarnianych wynikających ze zmiany zasobów węgla w gruntach w wyniku LUC i ILUC, czyli rocznych emisji wynikających ze zmian zasobów węgla w gruntach spowodowanych zmianą użytkowania gruntów. Nie uwzględnia również emisji pochodzących z produkcji maszyn i urządzeń rolniczych, przetwarzania materiałów poprodukcyjnych i innych działań poprodukcyjnych oraz wykluczono wychwytywanie CO₂ podczas uprawy surowców.

Obliczoną emisję gazów cieplarnianych z uprawy kukurydzy do produkcji biopaliw (e_{ec}) wyrażono finalnie w kilogramach ekwiwalentu CO₂ na tonę suchej masy materiału, kgCO₂eq/t d.m. (tonę suchej masy), co pod względem wartości odpowiada jednostce gCO₂eq/kg d.m..

2.2 Klasyfikacja jednostek terytorialnych NUTS2

Klasyfikacja Jednostek Terytorialnych do Celów Statystycznych (NUTS) jest standardem geograficznym służącym do statystycznego podziału państw członkowskich Unii Europejskiej (ich terytoriów gospodarczych) na trzy poziomy regionalne o określonych klasach liczby ludności. Została ona ustanowiona w celu zbierania, opracowania i rozpowszechniania na obszarze Unii Europejskiej porównywalnych danych dla określonych statystyk regionalnych (np. z zakresu rachunków regionalnych, demografii, rynku pracy i społeczeństwa informacyjnego). Klasyfikacja NUTS służy również kształtowaniu regionalnych polityk krajów Unii Europejskiej i jest niezbędna do przeprowadzania analiz stopnia rozwoju społeczno-gospodarczego regionów.

Klasyfikacja NUTS jest hierarchiczna – dzieli każde państwo członkowskie Unii na jednostki terytorialne poziomu NUTS 1, z których każda dzieli się na jednostki terytorialne poziomu NUTS 2, a te z kolei dzielą się na jednostki terytorialne poziomu NUTS 3, przy czym jedna jednostka terytorialna może reprezentować kilka poziomów NUTS.

Założeniem klasyfikacji jest to, aby jednostki każdego z poziomów ze wszystkich państw Unii Europejskiej były zbliżone do siebie pod względem liczby ludności. Dlatego dla poszczególnych poziomów NUTS ustalono następujące granice stanu ludności:

- NUTS1: od 3 do 7 mln mieszkańców;
- NUTS2: od 0,8 do 3 mln mieszkańców;
- NUTS3: od 150 tys. do 800 tys. mieszkańców.

Dyrektywa RED II (załącznik V, część C, punkt 5) określa, że: „Szacunkową emisję z upraw biomasy rolniczej można określić na podstawie średnich regionalnych dla emisji z uprawy ...”. Jest to zatem alternatywa dla stosowania wartości domyślnych lub rzeczywistych wartości emisji gazów cieplarnianych na poziomie gospodarstwa.

Od 1 stycznia 2018 roku w Polsce funkcjonuje 97 jednostek NUTS:

- NUTS 1 – makroregiony (grupujące od 1 do 3 województw) – 7 jednostek
- NUTS 2 – regiony (województwa lub ich części) – 17 jednostek
- NUTS 3 – podregiony (grupujące od 3 do 8 powiatów) – 73 jednostki.

Regiony NUTS2 z wyjątkiem regionu Mazowieckiego pokrywają się z obszarami województw. W przypadku województwa mazowieckiego, w roku 2018 w jego centrum wydzielono niewielki region Warszawski-Stołeczny obejmujący aglomerację warszawską wraz z przyległymi powiatami. Tak więc obecnie województwo, jako jedyne w Polsce, składa się z dwóch regionów NUTS2.

Wszystkie regiony NUTS2 w Polsce są położone w tej samej strefie klimatycznej klimatu umiarkowanego, ciepłego, przejściowego.

W tabeli 1 i na rys 1 przedstawiono podział Polski na regiony NUTS2.

Tabela 1. Podział Polski na regiony NUTS2

Region NUTS2	Kod NUTS2
DOLNOŚLĄSKI	PL51
KUJAWSKO-POMORSKI	PL61
LUBELSKI	PL81
LUBUSKI	PL43
ŁÓDZKI	PL71
MAŁOPOLSKI	PL21
MAZOWIECKI	PL92
OPOLSKI	PL52
PODKARPACKI	PL82
PODLASKI	PL84
POMORSKI	PL63
ŚLĄSKI	PL22
ŚWIĘTOKRZYSKI	PL72
WARMIŃSKO-MAZURSKI	PL62
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	PL91
WIELKOPOLSKI	PL41
ZACHODNIOPOMORSKI	PL42



Rys 1. Geograficzny podział Polski na regiony NUTS2.

3. POZYSKANE DANE

3.1 Powierzchnie uprawne i plony na poziomie NUTS 2

W tabeli 2 przedstawiono dane statystyczne dotyczące wielkości gospodarstw rolnych w poszczególnych województwach. Dane te pochodzą z ostatniego Powszechnego Spisu Rolnego 2020 (General Agricultural Inventory 2020) [4] który był przeprowadzony w całej Polsce w terminie od 1 września do 30 listopada 2020 r. (spis przeprowadzany jest co 10 lat).

Tabela 2. Struktura gospodarstw rolnych (wszystkie uprawy) pod względem powierzchni upraw [4].

Region NUTS2	Udział gospodarstw rolnych [%]				
	do 1 ha	1 - 5 ha	5 - 10 ha	10 - 15 ha	15 ha i więcej
DOLNOŚLĄSKI	2,2	47,4	20,5	8,9	21,0
KUJAWSKO-POMORSKI	2,1	31,3	21,5	14,0	31,0
LUBELSKI	1,4	51,2	25,7	9,8	11,9
LUBUSKI	2,7	43,6	17,9	9,0	26,7
ŁÓDZKI	1,4	47,2	28,3	11,3	11,8
MAŁOPOLSKI	2,6	78,3	13,2	2,8	3,1
MAZOWIECKI	1,5	43,9	27,4	12,5	14,7
OPOLSKI	1,9	43,7	18,8	9,7	26,0
PODKARPACKI	2,3	76,8	13,7	3,0	4,1
PODLASKI	0,8	28,2	24,4	16,9	29,7
POMORSKI	2,1	33,7	21,8	13,8	28,7
ŚLĄSKI	3,5	63,9	17,3	5,7	9,7
ŚWIĘTOKRZYSKI	1,6	61,8	23,8	6,4	6,4
WARMIŃSKO-MAZURSKI	1,7	29,0	17,3	13,3	38,7
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	2,4	54,5	26,7	8,1	8,3
WIELKOPOLSKIE	2,8	37,2	22,2	13,8	23,9
ZACHODNIOPOMORSKIE	1,7	34,9	17,1	10,6	35,8
POLSKA	1,9	50,1	21,9	9,9	16,1

Struktura gospodarstw rolnych w Polsce wskazuje na bardzo duże zróżnicowanie pod względem powierzchni gospodarstw [4]. Przykładowo w regionie małopolskim i podkarpackim dominują gospodarstwa o powierzchni od 1 do 5 ha (78,3 % i 76,8 %, średnio dla Polski 50,1 %) natomiast w przypadku regionów zachodniopomorskiego i warmińsko-mazurskiego dominują gospodarstwa rolne o powierzchni powyżej 15 ha (38,7 % i 35,8 %).

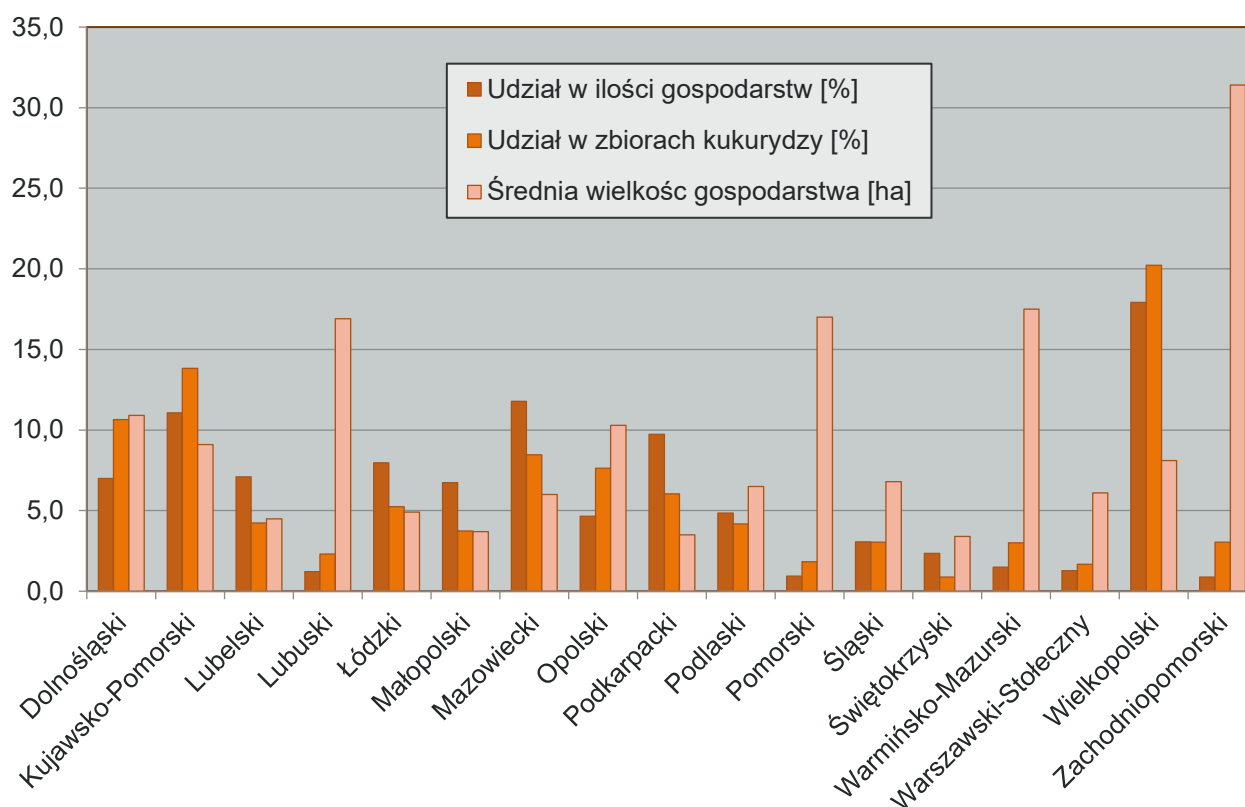
W przypadku kukurydzy dominujący udział w jej produkcji mają gospodarstwa wielkopowierzchniowe (powyżej 10 ha) oraz średniopowierzchniowe (od 5 do 10 ha), które stanowią liczebnie większość w całej puli gospodarstw zajmujących się tego rodzaju uprawą. W skali kraju, ilość gospodarstw mogąca teoretycznie uczestniczyć w dostawach tego surowca na potrzeby rynku biopaliw wynosi więc 129 tys., Największym producentem kukurydzy jest region Wielkopolski, którego udział w zbiorach wynosi 20,2 %. Udział kolejnych dwóch regionów:

Kujawsko-Pomorskiego i Dolnośląskiego wynosi odpowiednio 13,8 i 10,7 %. Sumarycznie w tych 3 regionach zbierane jest ok. 45 % kukurydzy.

W tabeli 3 i na rys. 2 przedstawiono dane dotyczące gospodarstw rolnych w poszczególnych regionach uprawiających kukurydzę. Dane pochodzą z Powszechnego Spisu Rolnego 2020 [4].

Tabela 3. Struktura uprawy kukurydzy w gospodarstwach rolnych [4].

Region NUTS2	Ilość gospodarstw	Powierzchnia zasiewów [ha]	Wielkość gospodarstw (średnia) [ha]	Zbiory [t]	Udział w zbiorach [%]
DOLNOŚLĄSKI	9 057	99 081	10,9	727 110	10,7
KUJAWSKO-POMORSKI	14 312	130 731	9,1	942 971	13,8
LUBELSKI	9 179	41 516	4,5	289 307	4,2
LUBUSKI	1 572	26 541	16,9	156 749	2,3
ŁÓDZKI	10 322	50 367	4,9	357 884	5,2
MAŁOPOLSKI	8 712	32 626	3,7	254 400	3,7
MAZOWIECKI	15 244	91 636	6,0	576 902	8,5
OPOLSKI	6 016	62 258	10,3	520 847	7,6
PODKARPACKI	12 593	44 509	3,5	411 791	6,0
PODLASKI	6 281	40 835	6,5	284 302	4,2
POMORSKI	1 211	20 577	17,0	125 071	1,8
ŚLĄSKI	3 967	26 782	6,8	207 939	3,0
ŚWIĘTOKRZYSKI	3 050	10 322	3,4	59 603	0,9
WARMIŃSKO-MAZURSKI	1 939	33 838	17,5	204 871	3,0
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	1 654	10 120	6,1	114 172	1,7
WIELKOPOLSKI	23 199	187 004	8,1	1 379 277	20,2
ZACHODNIOPOMORSKI	1 129	35 456	31,4	208 085	3,1
POLSKA	129 437	946 027	7,3	6 821 282	100,0



Rys. 2. Struktura gospodarstw rolnych uprawiających kukurydzę [4].

3.2 Dane do obliczeń emisji

W celu zapewnienia wiarygodności i rzetelności danych (do obliczeń emisji GHG) dołożono wszelkiej staranności aby były one charakterystyczne dla rynku polskiego i odzwierciedlały faktyczną sytuację w polskim rolnictwie w obszarze uprawy kukurydzy. Kluczowy dla zapewnienia reprezentatywności wyników jest odpowiedni dobór próby, która powinna odzwierciedlać badaną populację. Poprawność i reprezentatywność badanej populacji zapewniono przez ankietowanie gospodarstw rolnych z dostarczających surowce (kukurydza) do pierwszych punktów zbiórki

Ze względu na specyfikę polskiego rynku rolnego (stosunkowo duża liczba bardzo małych gospodarstw, dostarczających na rynek bardzo niewielkie wolumeny surowców bądź wytwarzających jedynie na potrzeby własne) określenie procentowego progu względem ilości gospodarstw rolnych nie zapewnia reprezentatywności danych.

Określając liczbę ankietowanych gospodarstw w skali Polski jak i poszczególnych województw oparto się na powierzchni zasiewów kukurydzy. Parametr ten w sposób najbardziej dokładny opisuje strukturę tych upraw. Dane o powierzchni zasiewów pozyskano z Powszechnego Spisu Rolnego, który został przeprowadzony w 2020 r., przez Główny Urząd Statystyczny [4]. Spis ten odbywa się co 10 lat. Dokument ten w sposób najbardziej dokładny i wiarygodny przedstawia dane statystyczne dotyczące polskich gospodarstw rolnych, w tym zajmujących się uprawą kukurydzy.

Ilość ankietowanych gospodarstw w danym województwie określono w sposób następujący:

$$A_w = \sqrt[3]{P_z}$$

gdzie:

A_w - ilość ankiet w danym województwie

P_z - powierzchnia zasiewu kukurydzy w danym województwie

Sposób ten umożliwia uzyskanie odpowiedniej ilości reprezentatywnych ankiet (min. 20) nawet w przypadku województw, w których uprawy kukurydzy nie zajmują dużej powierzchni (województwo Małopolskie, Podlaskie, Świętokrzyskie).

Obliczoną ilość ankietowanych gospodarstw rolnych w poszczególnych województwach zajmujących się uprawą kukurydzy przedstawiono w tabeli 4.

Gospodarstwa rolne do ankietowania dobierane były losowo, a więc przed ankietowaniem nie było możliwości oceny ankietowanych gospodarstw pod względem powierzchni upraw czy też ich struktury. Parametry te zostały ocenione dopiero podczas analizy danych otrzymanych w wyniku przeprowadzenia badania ankietowego.

Badanie ankietowe przeprowadzone zostało w okresie kwiecień-maj 2024 r. i obejmuje dane dotyczące uprawy kukurydzy w ten sposób, że każdy z ankietowanych producentów rolnych wskazywał rok zbiorów z okres lat 2020-2023. Aby zapewnić reprezentatywność danych jedno gospodarstwo rolne mogło przedstawić tylko jedną ankietę dla danego surowca w badanym okresie. Wszystkie zebrane dane ankietowe zostały przedstawione w załączonych plikach Excel, w zakładkach opisanych nazwą regionu NUTS2. W badaniu aktywną rolę odegrały wojewódzkie ośrodki doradztwa rolniczego.

Ankiety zawierały następujące pozycje (w przeliczeniu na hektar danej uprawy): wielkość plonu, wilgotność ziarna, pH gleby, ilość zużytych nawozów chemicznych i organicznych oraz pestycydów, ilość nasion, zużycie paliw i energii elektrycznej, powierzchnię ankietowanej uprawy, typ i teksturę gleby, nawadnianie, geolokację uprawy.

Tabela 4. Ilość ankietowanych gospodarstw rolnych uprawiających kukurydzę.

Region NUTS2	Powierzchnia zasiewu [ha]	Ilość ankiet	
		plan	wykonanie
DOLNOŚLĄSKI	99 081	46	64
KUJAWSKO-POMORSKI	130 731	51	72
LUBELSKI	41 516	35	49
LUBUSKI	26 541	30	32
ŁÓDZKI	50 367	37	42
MAŁOPOLSKI	32 626	32	34
MAZOWIECKI	91 636	47	56
OPOLSKI	62 258	40	48
PODKARPACKI	44 509	35	46
PODLASKI	40 835	34	36
POMORSKI	20 577	27	35
ŚLĄSKI	26 782	30	34
ŚWIĘTOKRZYSKI	10 322	22	22
WARMIŃSKO-MAZURSKI	33 838	32	41
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	10120	10 ¹⁾	14

WIELKOPOLSKI	187 004	57	68
ZACHODNIOPOMORSKI	35 456	33	35
POLSKA	946 02	598	728
1) ze względu na ograniczoną możliwości pozyskania ankiet dla tego regionu zaplanowano 10 ankiet.			

3.3 Materiał siewny

W tabeli 5 przedstawiono uśrednione ilości materiału siewnego dla uprawy kukurydzy dla regionów NUTS2. Dane dotyczące ilości materiału siewnego upraw kukurydzy pochodzą z ankiet od producentów rolnych.

Tabela 5. Średnia ilość materiału siewnego dla upraw kukurydzy w regionach NUTS2.

Region NUTS 2	Materiał siewny [kg/ha]
DOLNOŚLĄSKI	25,0
KUJAWSKO-POMORSKI	22,2
LUBELSKI	22,2
LUBUSKI	25,7
ŁÓDZKI	25,2
MAŁOPOLSKI	23,0
MAZOWIECKI	26,6
OPOLSKI	23,9
PODKARPACKI	27,0
PODLASKI	22,0
POMORSKI	25,1
ŚLĄSKI	23,8
ŚWIĘTOKRZYSKI	24,3
WARMIŃSKO-MAZURSKI	25,3
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	23,8
WIELKOPOLSKI	22,4
ZACHODNIOPOMORSKI	25,1

3.4 Plon

W tabeli 6 przedstawiono uśrednione ilości uzyskanego plonu kukurydzy dla regionów NUTS2. Dane dotyczące plonu kukurydzy pochodzą z ankiet od producentów rolnych.

Tabela 6. Średni plon dla upraw kukurydzy w regionach NUTS2.

Region NUTS 2	Plon [t/ha]
DOLNOŚLĄSKI	13,2
KUJAWSKO-POMORSKI	11,0
LUBELSKI	13,0
LUBUSKI	10,4
ŁÓDZKI	12,5
MAŁOPOLSKI	13,4
MAZOWIECKI	12,1
OPOLSKI	13,2

PODKARPACKI	13,5
PODLASKI	10,9
POMORSKI	13,7
ŚLĄSKI	13,7
ŚWIĘTOKRZYSKI	14,2
WARMIŃSKO-MAZURSKI	11,4
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	11,5
WIELKOPOLSKI	10,7
ZACHODNIOPOMORSKI	11,3

3.5 Wilgotność plonu

W tabeli 7 przedstawiono uśrednione wilgotności plonu kukurydzy dla regionów NUTS2. Dane dotyczące średniej wilgotności plonu kukurydzy pochodzą z ankiet od producentów rolnych.

Tabela 7. Średnia wilgotność plonu dla upraw kukurydzy w regionach NUTS2.

Region NUTS 2	Wilgotność plonu [%]
DOLNOŚLĄSKI	26,70
KUJAWSKO-POMORSKI	28,32
LUBELSKI	27,69
LUBUSKI	27,39
ŁÓDZKI	28,15
MAŁOPOLSKI	27,21
MAZOWIECKI	28,79
OPOLSKI	27,31
PODKARPACKI	25,57
PODLASKI	30,19
POMORSKI	29,11
ŚLĄSKI	27,84
ŚWIĘTOKRZYSKI	28,09
WARMIŃSKO-MAZURSKI	29,80
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	25,50
WIELKOPOLSKI	28,48
ZACHODNIOPOMORSKI	28,69

3.6 Sucha masa

W tabeli 8 przedstawiono uśrednione ilości suchej masy plonu kukurydzy dla regionów NUTS2. Dane dotyczące suchej masy plonu kukurydzy są obliczone z wykorzystaniem wilgotności z tabeli 7 i wielkości plonu z tabeli 6.

Tabela 8. Średnia ilość suchej masy plonu dla upraw kukurydzy w regionach NUTS2.

Region NUTS 2	Sucha masa [t/ha]
DOLNOŚLĄSKI	9,68
KUJAWSKO-POMORSKI	7,88
LUBELSKI	9,40
LUBUSKI	7,55

ŁÓDZKI	8,98
MAŁOPOLSKI	9,75
MAZOWIECKI	8,62
OPOLSKI	9,60
PODKARPACKI	10,05
PODLASKI	7,61
POMORSKI	9,71
ŚLĄSKI	9,89
ŚWIĘTOKRZYSKI	10,21
WARMIŃSKO-MAZURSKI	8,00
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	8,57
WIELKOPOLSKI	7,65
ZACHODNIOPOMORSKI	8,06

4. PRAKTYKI UPRAWOWE

Uprawa kukurydzy wymaga precyzyjnie zaplanowanych zabiegów agrotechnicznych w celu optymalizacji wzrostu roślin i uzyskania wysokich plonów. Początkowym elementem agrotechniki jest wapnowanie gleby, które staje się konieczne, gdy pH gleby wynosi poniżej 5,5. Dawka oraz forma wapna wyznaczone są na podstawie potrzeb wapnowania oraz kategorii agronomicznej gleby. W zmianowaniu z kukurydzą najlepiej stosować nawóz wapniowy po zbiorze przedplonu, ponieważ długi okres od zbioru do siewu kukurydzy pozwala na doprowadzenie gleby do prawidłowego odczynu.

W Polsce w uprawie kukurydzy dominuje tradycyjny sposób uprawy roli. Jesienią przeprowadza się orkę zimową, która przygotowuje glebę na okres zimowy. Wiosną wykonuje się płytką uprawę za pomocą agregatu przedsiębiernego, składającego się z np. kultywatora o łapach sztywnych i wału strunowego, oraz bronowania. Zabiegi te mają na celu wyrównanie stanowiska, ograniczenie występowania chwastów i parowania wody z gleby, co jest kluczowe dla zapewnienia odpowiednich warunków w okresie siewu i początkowego wzrostu roślin.

Termin siewu kukurydzy jest zróżnicowany w zależności od regionu Polski. W południowo-wschodniej i południowo-zachodniej części kraju siew przypada na okres od 20 do 30 kwietnia, natomiast w pozostałych rejonach kraju od 25 kwietnia do 5 maja. Głównym czynnikiem warunkującym termin siewu jest temperatura gleby na głębokości 10 cm, która powinna osiągnąć 8-10°C dla optymalnego kiełkowania. Obsada roślin powinna być zgodna z wytycznymi hodowcy, aby zapewnić optymalną gęstość zasiewu i odpowiednie warunki wzrostu. Głębokość siewu jest uzależniona od rodzaju gleby i terminu siewu. Na glebach zwięźlejszych i wilgotnych oraz przy wcześniejszych siewach wynosi 4-5 cm, podczas gdy na glebach lżejszych, bardziej przepuszczalnych i przy opóźnionych siewach wynosi 5-8 cm.

Kontrola chwastów w uprawie kukurydzy jest realizowana poprzez mechaniczne zwalczanie za pomocą pielnika, które należy przeprowadzać dwukrotnie, np. w fazie 2-3 liści oraz 5-7 liści kukurydzy. Zwalczanie chemiczne chwastów odbywa się zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi, np. w fazie 6-8 liści, co pozwala na skuteczne eliminowanie niepożądanego rośliności konkurującej z kukurydzą o wodę i składniki pokarmowe. Ochrona chemiczna przed szkodnikami i chorobami jest stosowana po przekroczeniu progu ekonomicznej szkodliwości.

Zbiór kukurydzy w Polsce typowo przypada na przełom września i października, jednak w dużej mierze uzależniony jest od odmiany (FAO) oraz warunków pogodowych.

5. TYPY GLEB

Gleby organiczne stanowią bardzo zróżnicowaną grupę gleb. Są to gleby zbudowane z materiałów zawierających $\geq 12\%$ węgla organicznego, do których zaliczamy torfy, gytie organiczne, muły oraz ściółki leśne i łąkowe. Specyficzne właściwości tych gleb, przede wszystkim wysoka zawartość węgla organicznego, niska gęstość objętościowa oraz duża porowatość, decydują o ich odrębności od gleb mineralnych. W Systematyce gleb Polski wyróżniamy 4 główne typy gleb organicznych, tj. gleby torfowe, gleby murszowe, gleby limnowe oraz gleby ściółkowe. W glebach torfowych materia organiczna pochodzi głównie z obumarłych roślin torfotwórczych. W glebach limnowych (gytiowych lub mułowych) geneza materiałów glebowych związana jest z procesami sedymentacji zawieszonych lub rozpuszczonych w wodzie substancji. W glebach ściółkowych materia organiczna pochodzenia miejscowego (szczątki roślinności leśnej lub łąkowej) jest akumulowana w warunkach dobrego natlenienia (aeracji). Gleby murszowe tworzą się z gleb torfowych lub limnowych wskutek ich osuszenia i przekształcenia w warunkach tlenowych [5].

W zależności od źródła, gleby organiczne zajmują od ok. 4% [6] do ok. 5% [5] powierzchni Polski. Występują przede wszystkim w bezodpływowych zagłębieniach terenu oraz dolinach rzek, tworząc pokrywę glebową torfowisk (głównie torfowisk niskich) i gytowisk. Natomiast gleby ściółkowe występują na obszarach górskich (wchodnie litych skał lub pokrywy blokowe) oraz na niżu i na wyżynach, w miejscach stałej akumulacji zwiewanej lub zmywanej ściółki. W Polsce wśród gleb organicznych największą powierzchnię zajmują gleby torfowe i murszowe, a pozostałe typy występują lokalnie na niewielkich powierzchniach [5].

W przypadku ankietowanych gospodarstw rolnych produkujących kukurydze nie zidentyfikowano gleb organicznych a jedynie mineralne.

6. METODOLOGIA OBLICZANIA EMISJI Z UPRAW

Załącznik VII Rozporządzenia wykonawczego 2022/996 w sposób następujący charakteryzuje metodykę ustalania emisji spowodowanych wydobyciem lub uprawą surowców:

Do celów obliczenia wartości emisji spowodowanych wydobyciem lub uprawą surowców w części C pkt 5 załącznika V i w części B pkt 5 załącznika VI do dyrektywy 2018/2001 (UE) stwierdza się, że obliczenie to obejmuje sumę wszystkich emisji spowodowanych samym procesem wydobycia lub uprawy; gromadzeniem, suszeniem i składowaniem surowców; odpadami i wyciekami; oraz produkcją chemikaliów lub produktów stosowanych w procesie wydobycia lub uprawy.

Wyklucza się wychwytywanie CO₂ w trakcie uprawy surowców. Szacunkową emisję z upraw biomasy rolniczej można otrzymać na podstawie stosowanych średnich regionalnych dotyczących emisji z upraw, zawartych w sprawozdaniach, o których mowa w art. 31 ust. 4 dyrektywy (UE) 2018/2001, lub na podstawie informacji dotyczących zdezagregowanych wartości standardowych w odniesieniu do emisji z upraw określonych w niniejszym załączniku jako alternatywy dla stosowania wartości rzeczywistych. W razie braku odpowiednich informacji w tych sprawozdaniach można obliczać średnie wartości na podstawie lokalnych praktyk rolniczych, np. danych z grupy gospodarstw jako alternatywę dla stosowania wartości rzeczywistych.

Emisje spowodowane samym procesem wydobycia lub uprawy obejmują wszystkie emisje spowodowane:

- (i) dostarczaniem paliw do wykorzystywanych maszyn rolniczych;
- (ii) produkcją materiału siewnego do upraw;
- (iii) produkcją nawozów i pestycydów;
- (iv) zakwaszaniem przez nawozy i stosowaniem wapnowania;

(v) emisją polową spowodowane uprawami.

W niniejszym raporcie przedstawiono następujące składowe emisje e_{ec} spowodowanej uprawą kukurydzy:

- emisja spowodowana zużyciem paliwa w maszynach rolniczych wykorzystanych do uprawy;
- emisja spowodowana stosowaniem nawozów chemicznych i pestycydów (agrochemikaliów);
- emisja spowodowana produkcją materiału siewnego;
- emisja spowodowana zakwaszeniem związanym z nawozami i stosowaniem wapnowania;
- emisja polowa spowodowana uprawami;
- emisja spowodowana gromadzeniem, suszeniem i składowaniem surowców.

W kolejnych punktach przedstawiono po kolei wszystkie wskazane powyżej składowe emisje e_{ec} .

6.1 Zużycie paliw

Zgodnie Załącznikiem VII pkt 1.1 do Rozporządzenia wykonawczego 2022/996 w obliczeniach emisyjnych należy uwzględnić zużycie paliwa (oleju napędowego, benzyny, ciężkiego oleju opałowego, biopaliw lub innych paliw) przez maszyny rolnicze zastosowane do uprawy. Muszą być stosowane właściwe współczynniki emisji paliw zgodnie z załącznikiem IX. W przypadku stosowania biopaliw muszą być stosowane standardowe wartości emisji gazów cieplarnianych określone w dyrektywie (UE) 2018/2001.

Z analizy uzyskanych ankiet wynika, że w przypadku uprawy kukurydzy maszyny rolnicze wykorzystywały wyłącznie olej napędowy.

W tabeli 9 przedstawiono uśrednione zużycie oleju napędowego w maszynach rolniczych stosowanych w uprawie kukurydzy dla regionów NUTS2.

Tabela 9. Średnie zużycie oleju napędowego przez maszyny rolnicze zastosowane do uprawy kukurydzy w regionach NUTS2.

Region NUTS 2	Zużycie paliwa [l/ha]
DOLNOŚLĄSKI	96,1
KUJAWSKO-POMORSKI	86,5
LUBELSKI	83,6
LUBUSKI	93,1
ŁÓDZKI	95,4
MAŁOPOLSKI	81,5
MAZOWIECKI	92,4
OPOLSKI	94,5
PODKARPACKI	87,5
PODLASKI	72,8
POMORSKI	91,7
ŚLĄSKI	95,3
ŚWIĘTOKRZYSKI	91,3
WARMIŃSKO-MAZURSKI	80,8
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	92,9
WIELKOPOLSKI	87,9
ZACHODNIOPOMORSKI	95,9

6.1.1 Metodologia

W obliczeniach wykorzystano wskaźnik emisji dla oleju napędowego wskazany w Rozporządzeniu wykonawczym 2022/996 (0,0951 kgCO_{2eq}/MJ) przeliczony na jednostkę kgCO_{2eq}/l paliwa (tabela 10).

Tabela 10. Wskaźnik emisji dla oleju napędowego.

Rodzaj paliwa	Współczynnik emisji			Gęstość @15°C	Wartość opałowa (LHV)
	kgCO _{2eq} /MJ	kgCO _{2eq} /l	kgCO _{2eq} /m ³	kg/m ³	MJ/kg
Olej napędowy	0,0951	3,410	3410	832	43,1

Emisja dla regionów NUTS2 wynikająca ze zużycia oleju napędowego w maszynach rolniczych wykorzystanych do uprawy kukurydzy jest iloczynem średniego zużycia paliwa i wskaźnika emisji dla oleju napędowego.

6.1.2 Wyniki

Wyniki obliczeń emisji pochodzącej ze zużycia oleju napędowego w maszynach rolniczych służących do uprawy kukurydzy, wyrażone w kgCO_{2eq}/ha oraz kgCO_{2eq}/t d.m. przedstawiono w tabeli 11

Tabela 11. Średnia emisja spowodowana zużyciem oleju napędowego w maszynach rolniczych wykorzystanych do uprawy kukurydzy.

Region NUTS 2	Emisja wynikająca ze zużycia paliwa (e _{mm})	
	kgCO _{2eq} /ha	kgCO _{2eq} /t d.m.
DOLNOŚLĄSKI	327,8	33,8
KUJAWSKO-POMORSKI	295,0	37,5
LUBELSKI	285,2	30,3
LUBUSKI	317,4	42,0
ŁÓDZKI	325,2	36,2
MAŁOPOLSKI	278,0	28,6
MAZOWIECKI	315,0	36,7
OPOLSKI	322,3	33,5
PODKARPACKI	298,3	29,7
PODLASKI	248,3	32,5
POMORSKI	312,8	32,2
ŚLĄSKI	325,0	32,8
ŚWIĘTOKRZYSKI	311,3	30,4
WARMIŃSKO-MAZURSKI	275,6	34,4
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	316,7	36,9
WIELKOPOLSKI	299,7	39,2
ZACHODNIOPOMORSKI	327,0	40,6

6.2 Agrochemikalia (nawozy chemiczne, pestycydy, herbicydy i inne środki ochrony upraw)

Zgodnie Załącznikiem VII pkt 1.2 do Rozporządzenia wykonawczego 2022/996 w obliczeniach należy uwzględnić emisję pochodzącą od stosowanych do uprawy nawozów chemicznych i pestycydów. Pod pojęciem pestycydy należy rozumieć wszystkie środki ochrony roślin w tym herbicydy, fungicydy czy insektycydy.

Emisje spowodowane stosowaniem nawozów chemicznych i pestycydów na potrzeby uprawy surowców obejmują wszystkie powiązane emisje spowodowane produkcją nawozów chemicznych i pestycydów. Ilość nawozów chemicznych i pestycydów, w zależności od uprawy, warunków lokalnych i praktyk rolniczych, została należycie dokumentowana przez ankietowanych rolników.

W obliczeniach wykorzystano wskaźniki emisji dla nawozów chemicznych i pestycydów przedstawionych w Rozporządzeniu wykonawczym 2022/996 a także innych uznanych źródłach (tabela 12). W tabeli 12 wskazano również kody dla nawozów, które są stosowane w dalszych tabelach z wynikami obliczeń emisji. Każdy stosowany i wykazany przez rolnika nawóz przeanalizowano pod względem składu chemicznego i zakwalifikowano do odpowiedniej grupy nawozów, jak to definiuje rozporządzenie 2022/996.

W przypadku pestycydów wskaźnik emisji dotyczy substancji czynnej zawartej w pestycydie (wszystkich środkach ochrony roślin).

W przypadku wapna zastosowano przeliczenie wskaźnika emisji z kg CaCO₃ na kg CaO, w którym wyrażone jest zużycie nawozów wapniowych w załączonych plikach Excel z obliczeniami emisyjnymi dla regionów NUTS2.

Emisja z tytułu zastosowania do uprawy danej grupy nawozów chemicznych jest iloczynem ich ilości (zużycia w przeliczeniu na azot, fosfor, potas itd.) i wskaźnika emisji dla danej grupy (wskazanego w tabeli 12).

Tabela 12. Wskaźniki emisji dla nawozów chemicznych i pestycydów

Rodzaj nawozu	Współczynnik emisji	Kod nawozu
	kgCO _{2eq} /kg	
Nawozy azotowe (kg N)		
- azotan amonu (AN)	3,469	AN
- siarczan amonu (AS)	2,724	AS
- siarczan-azotan amonu (ANS)	3,162	ANS
- bezwodny amoniak (AA)	2,832	AA
- azotan amonu i wapnia (CAN)	3,670	CAN
- azotan wapnia (CN)	4,348	CN
- mocznik	1,935	UR
- saletra amonowo-mocznikowa (UAN)	2,693	UAN
Nawozy fosforanowe (kg P₂O₅)		
- potrójny superfosfat (TSP)	0,544	TSP
- fosforan mineralny 21 %P ₂ O ₅ 23 %SO ₃	0,095	RP
- monofosforan amonu (MAP) 11 %N 52 %P ₂ O ₅	1,029	MAP
- difosforanamonu (DAP) 18 %N 46 % P ₂ O ₅	1,552	DAP
Nawozy potasowe (kg K₂O)		

- chlorek potasu (MOP) 60 %K ₂ O	0,413	MOP
Pozostałe nawozy		
- NPK 15-15-15	5,013	NPK
- MgO (kg MgO)	0,769	MO
- nawóz sodowy (kg Na)	1,620	SF
- CaO (kg CaO)	0,070	CA
- CaO (kg CaCO ₃)	0,039	-
Pestycydy	12,011	-

6.2.1 Wyniki

W tabelach 13-14 przedstawiono dane dotyczące zużycia nawozów (azotowych, fosforowych, potasowych, magnezowych, sodowych i wapniowych) oraz pestycydów dla uprawy kukurydzy. Dane przedstawione dla regionów NUTS2 pochodzą z ankiet wypełnionych przez producentów rolnych w latach 2021-2023. Zużycie nawozów azotowych, fosforowych, potasowych, magnezowych, sodowych i wapniowych zostało wyrażone odpowiednio w kgN/ha, kgP₂O₅/ha, kgK₂O/ha, kgNa/ha, kgMgO/ha oraz kgCaO/ha. W przypadku pestycydów przedstawione w tabeli wartości zużycia (kg/ha) są sumą ilości substancji czynnych ze wszystkich środków ochrony roślin stosowanych w uprawie kukurydzy, które zostały wskazane w ankietach. Nawozy azotowe i fosforowe zostały podzielone na grupy zgodnie z tabelą 12.

Tabela 13. Średnie zużycie nawozów azotowych przy uprawie kukurydzy

Region NUTS 2	Zużycie nawozów azotowych							
	AN	AS	ANS	AA	CAN	CN	UR	UAN
	kgN/ha							
DOLNOŚLĄSKI	5,4	25,4	0,0	0,0	0,0	0,0	100,4	0,0
KUJAWSKO-POMORSKI	30,3	10,6	0,0	0,0	0,0	0,8	70,2	0,0
LUBELSKI	19,6	13,9	0,0	0,0	0,0	0,3	87,3	0,0
LUBUSKI	22,1	9,0	0,0	0,0	0,0	0,0	75,3	0,0
ŁÓDZKI	4,8	9,9	0,0	0,0	0,0	0,2	88,0	0,0
MAŁOPOLSKI	13,5	12,0	0,0	0,0	0,0	1,8	107,4	0,0
MAZOWIECKI	15,0	9,1	0,0	0,0	0,0	0,9	86,0	0,0
OPOLSKI	14,6	21,9	0,0	0,0	0,0	0,0	100,1	0,0
PODKARPACKI	23,6	9,6	0,0	0,0	0,0	0,7	98,7	0,0
PODLASKI	7,7	15,4	0,0	0,0	0,0	0,0	66,3	0,0
POMORSKI	5,0	12,7	0,0	0,0	0,0	2,4	72,4	0,0
ŚLĄSKI	26,8	8,3	0,0	0,0	0,0	0,0	79,9	0,0
ŚWIĘTOKRZYSKI	6,5	10,6	0,0	0,0	0,0	4,0	111,6	0,0
WARMIŃSKO-MAZURSKI	16,0	6,9	0,0	0,0	0,0	0,6	66,7	0,0
WARSZAWSKI-STOLECZNY	20,4	13,8	0,0	0,0	0,0	0,0	97,9	0,0
WIELKOPOLSKI	20,3	12,4	0,0	0,0	0,0	0,0	55,2	0,0
ZACHODNIOPOMORSKI	16,4	8,0	0,0	0,0	0,0	0,3	64,3	0,0

Tabela 14. Średnie zużycie nawozów fosforowych (P), potasowych (K), magnezowych (Mg), sodowych (Na), wapniowych (Ca) i pestycydów przy uprawie kukurydzy.

Region NUTS 2	Zużycie nawozów azotowych								Pestycydy kg/ha
	P				K	Mg	Na	Ca	
	TSP	RP	MAP	DAP	MOP	MO	SF	CA	
	kgP ₂ O ₅ /ha				kgK ₂ O /ha	kgMgO /ha	kgNa /ha	kgCaO /ha	
DOLNOŚLĄSKI	0,0	8,1	15,7	23,1	65,5	7,0	0,0	250,6	0,674
KUJAWSKO-POMORSKI	0,5	2,2	19,9	19,4	63,9	14,0	0,0	237,0	0,750
LUBELSKI	3,7	5,5	26,7	29,6	79,2	9,2	0,3	239,8	0,557
LUBUSKI	1,1	5,2	15,1	16,7	66,7	13,5	0,0	176,0	0,623
ŁÓDZKI	4,2	4,3	19,8	19,9	72,3	30,7	0,0	334,0	0,825
MAŁOPOLSKI	4,9	3,3	38,3	23,7	88,4	2,5	0,0	311,3	0,474
MAZOWIECKI	0,0	0,0	38,2	14,0	81,8	8,8	0,4	240,8	0,922
OPOLSKI	1,3	3,1	10,3	46,3	74,2	16,0	0,0	313,5	0,756
PODKARPACKI	0,0	1,6	53,2	12,1	93,0	0,0	0,0	479,0	0,665
PODLASKI	0,0	5,7	21,5	32,3	66,6	0,3	0,5	264,0	0,428
POMORSKI	0,0	0,4	22,2	30,2	41,0	1,7	0,0	300,0	1,096
ŚLĄSKI	4,9	1,2	11,4	47,2	84,0	22,6	0,0	244,8	0,499
ŚWIĘTOKRZYSKI	2,3	6,7	36,9	10,5	76,4	0,2	0,0	314,3	0,720
WARMIŃSKO-MAZURSKI	0,5	2,1	28,8	13,2	52,2	7,4	0,7	276,7	0,437
WARSZAWSKI-STOLECZNY	0,0	6,9	12,3	22,0	108,4	18,1	0,0	282,7	1,005
WIELKOPOLSKI	1,3	3,5	10,3	27,7	64,5	13,7	0,0	295,4	0,635
ZACHODNIOPOMORSKI	1,8	2,4	12,7	15,4	55,3	23,5	0,0	358,0	0,836

W kolejnych tabelach 15-16 przedstawiono wyniki obliczeń emisji GHG dla poszczególnych nawozów chemicznych i pestycydów zastosowanych w uprawie kukurydzy. Emisja została wyrażona w kgCO_{2eq}/ha oraz po przeliczeniu na suchą masę materiału w kgCO_{2eq}/t d.m.

Wszystkie wartości emisji przedstawione w tabelach 15-16 są wynikiem obliczeń przeprowadzonych w załączonych plikach Excel, zakładka *NUTS calculation*. Grupy nawozów oznaczono w następujący sposób: N – azotowe, P- fosforowe, K – potasowe, Mg – magnezowe, Na – sodowe, Ca – wapniowe.

Tabela 15. Emisja wynikająca ze stosowania nawozów chemicznych i pestycydów przy uprawie kukurydzy wyrażona w kgCO_{2eq}/ha.

Region NUTS 2	Emisja							Pestycydy
	Nawozy							
	N	P	K	Mg	Na	Ca		
	kgCO _{2eq} /ha							
DOLNOŚLĄSKI	282,2	52,9	27,1	5,4	0,0	17,5	8,10	
KUJAWSKO-POMORSKI	273,5	51,1	26,4	10,8	0,0	16,5	9,01	
LUBELSKI	276,2	75,9	32,7	7,1	0,5	16,7	6,69	
LUBUSKI	246,9	42,5	27,5	10,4	0,0	12,3	7,48	
ŁÓDZKI	215,1	54,0	29,8	23,6	0,0	23,3	9,91	
MAŁOPOLSKI	295,0	79,1	36,5	1,9	0,0	21,7	5,70	
MAZOWIECKI	247,2	60,9	33,8	6,7	0,6	16,8	11,07	

OPOLSKI	303,7	83,4	30,7	12,3	0,0	21,8	9,08
PODKARPACKI	301,7	73,7	38,4	0,0	0,0	33,4	7,99
PODLASKI	196,7	72,8	27,5	0,2	0,9	18,4	5,13
POMORSKI	202,7	69,8	16,9	1,3	0,0	20,9	13,16
ŚLĄSKI	270,0	87,8	34,7	17,4	0,0	17,1	5,99
ŚWIĘTOKRZYSKI	284,8	56,1	31,5	0,1	0,0	21,9	8,65
WARMIŃSKO-MAZURSKI	206,1	50,7	21,5	5,7	1,1	19,3	5,24
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	297,7	47,5	44,8	13,9	0,0	19,7	12,07
WIELKOPOLSKI	211,1	54,7	26,6	10,5	0,0	20,6	7,63
ZACHODNIOPOMORSKI	204,4	38,1	22,9	18,1	0,0	24,9	10,05

Tabela 16. Emisja wynikająca ze stosowania nawozów chemicznych i pestycydów przy uprawie kukurydzy wyrażona w $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t d.m.}$

Region NUTS 2	Emisja						
	Nawozy						Pestycydy
	N	P	K	Mg	Na	Ca	
	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t d.m.}$						
DOLNOŚLĄSKI	29,1	5,5	2,8	0,6	0,0	1,8	0,84
KUJAWSKO-POMORSKI	34,8	6,5	3,4	1,4	0,0	2,1	1,15
LUBELSKI	29,3	8,1	3,5	0,7	0,1	1,8	0,71
LUBUSKI	32,7	5,6	3,6	1,4	0,0	1,6	0,99
ŁÓDZKI	24,0	6,0	3,3	2,6	0,0	2,6	1,10
MAŁOPOLSKI	30,4	8,1	3,8	0,2	0,0	2,2	0,59
MAZOWIECKI	28,8	7,1	3,9	0,8	0,1	2,0	1,29
OPOLSKI	31,6	8,7	3,2	1,3	0,0	2,3	0,94
PODKARPACKI	30,0	7,3	3,8	0,0	0,0	3,3	0,79
PODLASKI	25,8	9,5	3,6	0,0	0,1	2,4	0,67
POMORSKI	20,9	7,2	1,7	0,1	0,0	2,2	1,35
ŚLĄSKI	27,2	8,9	3,5	1,8	0,0	1,7	0,60
ŚWIĘTOKRZYSKI	27,9	5,5	3,1	0,0	0,0	2,1	0,85
WARMIŃSKO-MAZURSKI	25,7	6,3	2,7	0,7	0,1	2,4	0,66
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	34,7	5,5	5,2	1,6	0,0	2,3	1,41
WIELKOPOLSKI	27,6	7,1	3,5	1,4	0,0	2,7	1,00
ZACHODNIOPOMORSKI	25,4	4,7	2,8	2,2	0,0	3,1	1,25

6.3 Materiał siewny

Zgodnie z Załącznikiem VII pkt 1.3 do Rozporządzenia wykonawczego 2022/996 w obliczeniach należy uwzględnić emisję spowodowaną zużyciem materiału siewnego. Obliczenie emisji upraw z produkcji materiału siewnego do uprawy roślin opiera się na rzeczywistych danych dotyczących użytego materiału siewnego. Do uwzględnienia emisji związanych z produkcją nasion można zastosować współczynniki emisji dotyczące produkcji i dostaw materiału siewnego. Do celu niniejszego raportu zastosowano standardowe wartości współczynników emisji określone w załączniku IX.

6.3.1 Metodologia

Obliczenia emisji spowodowanych produkcją materiału siewnego na potrzeby upraw opierają się na rzeczywistych danych użytego materiału siewnego pozyskanych z ankiet.

W obliczeniach wykorzystano wskaźniki emisji dla nasion kukurydzy wskazane w Rozporządzeniu wykonawczym 2022/996 - przedstawiono je w tabeli 17.

Tabela 17. Wskaźniki emisji dla nasion kukurydzy.

Materiał siewny	Wskaźnik emisji
	kgCO _{2eq} /kg
Kukurydza	0,311

6.3.2 Wyniki

W tabeli 18 przedstawiono emisję wynikającą ze stosowania nasion do kukurydzy. Emisja została wyrażona w kgCO_{2eq}/ha oraz po przeliczeniu na suchą masę materiału w kgCO_{2eq}/t d.m. Wszystkie wyniki przedstawione w tabeli są wynikiem obliczeń przeprowadzonych w załączonych plikach Excel, zakładka *NUTS calculation*,

Tabela 18. Emisja spowodowana zużyciem materiału siewnego.

Region NUTS 2	Emisja z zasiewu	
	kgCO _{2eq} /ha	kgCO _{2eq} /t d.m.
DOLNOŚLĄSKI	7,75	0,80
KUJAWSKO-POMORSKI	6,90	0,88
LUBELSKI	6,90	0,73
LUBUSKI	7,98	1,06
ŁÓDZKI	7,82	0,87
MAŁOPOLSKI	7,15	0,74
MAZOWIECKI	8,25	0,96
OPOLSKI	7,42	0,77
PODKARPACKI	8,37	0,83
PODLASKI	6,83	0,90
POMORSKI	7,78	0,80
ŚLĄSKI	7,38	0,74
ŚWIĘTOKRZYSKI	7,56	0,74
WARMIŃSKO-MAZURSKI	7,86	0,98
WARSZAWSKI-STOLECZNY	7,39	0,86
WIELKOPOLSKI	6,97	0,91
ZACHODNIOPOMORSKI	7,79	0,97

6.4 Neutralizacja zakwaszenia i stosowanie wapna

Zgodnie z Załącznikiem VII pkt 1.4 do Rozporządzenia wykonawczego 2022/996 w obliczeniach należy uwzględnić emisję spowodowaną zakwaszeniem związanym z nawozami i stosowaniem wapnowania.

Emisje wynikające z neutralizacji zakwaszenia spowodowanego nawozami oraz stosowaniem wapna rolniczego odpowiadają emisjom CO₂ związanym z neutralizacją kwasowości spowodowanej przez nawozy azotowe lub reakcjami wapna rolniczego w glebie.

6.4.1 Neutralizacja zakwaszenia

Załącznik VII pkt 1.4.1. do Rozporządzenia wykonawczego 2022/996:

Emisje wynikające z zakwaszenia spowodowanego stosowaniem na polu nawozów azotowych uwzględniane są w obliczaniu wartości emisji na podstawie ilości zużytych nawozów azotowych. W przypadku nawozów azotanowych emisje spowodowane neutralizacją nawozów azotowych w glebie wynoszą 0,783 kgCO₂/kgN a w przypadku nawozów mocznikowych emisje spowodowane neutralizacją wynoszą 0,806 kgCO₂/kgN.

6.4.2 Emisje do gleby spowodowane wapnowaniem

Załącznik VII pkt 1.4.2. do Rozporządzenia wykonawczego 2022/996:

Dokumentuje się należycie rzeczywistą ilość zużytego wapna rolniczego. Wielkość emisji oblicza się w następujący sposób:

- 1) Na glebach kwaśnych, których pH wynosi mniej niż 6,4, kwasy zawarte w glebie rozpuszczają wapno rolnicze, co prowadzi do powstawania głównie dwutlenku węgla, a nie wodorowęglanu, uwalniając prawie cały dwutlenek węgla do wapna rolniczego (0,44 kg CO₂/kg ekwiwalentu CaCO₃ odpowiadającego wapnu rolniczemu).
- 2) Jeżeli pH gleby wynosi co najmniej 6,4 w obliczeniu, oprócz emisji wynikających z neutralizacji zakwaszenia spowodowanego przez nawóz, uwzględnia się współczynnik emisji wynoszący $0,98/12,44 = 0,079$ kg CO₂/(kg ekwiwalentu CaCO₃) zastosowanego wapna rolniczego.
- 3) Emisje spowodowane wapnowaniem, obliczone na podstawie faktycznego zużycia wapna w pkt 1 i 2 powyżej, mogą być większe niż emisje spowodowane neutralizacją nawozu obliczone w sekcji 1.4.1, jeżeli zakwaszenie spowodowane przez nawóz zostało zneutralizowane zastosowanym wapnem. W takim przypadku emisje wynikające z neutralizacji nawozu (w sekcji 1.4.1) można odjąć od obliczonych emisji spowodowanych wapnowaniem, aby uniknąć podwójnego liczenia emisji.

Emisje spowodowane zakwaszeniem przez nawóz mogą przekraczać emisje przypisane wapnowaniu. W takim przypadku odjęcie dałoby wynik wskazujący na pozornie ujemne emisje netto spowodowane wapnowaniem, ponieważ wapno rolnicze nie neutralizuje całej kwasowości spowodowanej nawozem, która jest również częściowo neutralizowana przez naturalnie występujące węglany. W takim przypadku emisje netto spowodowane wapnowaniem przyjmuje się jako zerowe, lecz zachowuje się emisje związane z zakwaszeniem przez nawóz, które i tak występują, zgodnie z sekcją 1.4.1.

6.4.3 Metodologia

Obliczenia emisji spowodowanej zakwaszeniem związanym z nawozami i stosowaniem wapnowania zostały przeprowadzone w oparciu o rzeczywiste dane dotyczące ilości zużytych nawozów azotowych i wapna rolniczego oraz pH gleby. Dane te dla regionów NUTS2 pochodzą z ankiet wypełnionych przez producentów rolnych w latach 2021-2023.

W obliczeniach wykorzystano wskaźniki emisji dla nawozów azotowych oraz wapna rolniczego wskazane w Rozporządzeniu wykonawczym 2022/996 (tabela 19 lub 20).

Emisja dla regionów NUTS2, spowodowana zakwaszeniem związanym z nawozami i stosowaniem wapnowania do uprawy kukurydzy, jest iloczynem ilości zużytych nawozów lub wapna oraz odpowiedniego wskaźnika emisji.

W tabeli 19 przedstawiono wskaźniki emisji dla neutralizacji nawozów azotowych w zależności od ich rodzaju (nawóz azotanowy lub mocznik).

Tabela 19. Wskaźniki emisji dla neutralizacji nawozów azotowych.

Rodzaj nawozu azotowego	Współczynnik emisji
	kgCO ₂ /kgN
azotanowy	0,783
mocznikowy	0,806

W tabeli 20 przedstawiono wskaźniki emisji dla wapnowania w zależności od pH gleby.

Tabela 20. Wskaźniki emisji dla wapnowania.

pH gleby	Współczynnik emisji dla wapnowania	
	kgCO ₂ /kg CaO	kgCO ₂ /kg CaCO ₃
pH < 6,4	0,786	0,440
pH ≥ 6,4	0,141	0,079

Wyniki uwzględniają wskazaną w w/w Załączniku VII pkt 1.4.2.3. możliwość uniknięcia podwójnego naliczania emisji z tytułu neutralizacji i wapnowania.

6.4.4 Wyniki

Wszystkie wyniki przedstawione w tabelach przedstawionych w tym punkcie są wynikiem obliczeń przeprowadzonych w załączonych plikach Excel, zakładka *NUTS calculation*,

W tabeli 21 przedstawiono emisje spowodowane neutralizacją nawozów azotowych w glebie dla uprawy kukurydzy. Emisja została wyrażona w kgCO_{2eq}/ha oraz po przeliczeniu na suchą masę materiału w kgCO_{2eq}/t d.m.

Tabela 21. Średnia emisja spowodowana neutralizacją nawozów azotowych dla upraw kukurydzy.

Region NUTS 2	Rodzaj nawozu azotowego		Emisja z neutralizacji	
	azotanowy	mocznikowy	kgCO _{2eq} /ha	kgCO _{2eq} /t d.m.
	kgN/ha			
DOLNOŚLĄSKI	30,8	100,4	105,0	10,8
KUJAWSKO-POMORSKI	41,8	70,2	89,3	11,4
LUBELSKI	33,8	87,3	96,8	10,3
LUBUSKI	31,1	75,3	85,0	11,3
ŁÓDZKI	15,0	88,0	82,7	9,2
MAŁOPOLSKI	27,3	107,4	107,9	11,1
MAZOWIECKI	25,0	86,0	88,9	10,3

OPOLSKI	36,4	100,1	109,2	11,4
PODKARPACKI	33,8	98,7	106,0	10,5
PODLASKI	23,0	66,3	71,5	9,4
POMORSKI	20,0	72,4	74,1	7,6
ŚLĄSKI	35,0	79,9	91,8	9,3
ŚWIĘTOKRZYSKI	21,1	111,6	106,5	10,4
WARMIŃSKO-MAZURSKI	23,5	66,7	72,2	9,0
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	34,2	97,9	105,7	12,3
WIELKOPOLSKI	32,7	55,2	70,1	9,2
ZACHODNIOPOMORSKI	24,7	64,3	71,2	8,8

W tabeli 22 przedstawiono emisje spowodowane wapnowaniem dla upraw kukurydzy. Emisja została wyrażona w $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{ha}$ oraz po przeliczeniu na suchą masę materiału w $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t d.m.}$

Tabela 22. Średnia emisja spowodowana wapnowaniem dla upraw kukurydzy.

Region NUTS 2	pH gleby	Wapno rolnicze	Emisja z wapnowania	
	pH	kgCaO/ha	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{ha}$	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t d.m.}$
DOLNOŚLĄSKI	6,53	250,6	35,3	3,6
KUJAWSKO-POMORSKI	6,54	237,0	33,4	4,3
LUBELSKI	6,46	239,8	33,8	3,6
LUBUSKI	6,14	176,0	138,3	18,3
ŁÓDZKI	6,14	334,0	262,5	29,2
MAŁOPOLSKI	6,05	311,3	244,6	25,2
MAZOWIECKI	6,19	240,8	189,2	22,0
OPOLSKI	6,66	313,5	44,2	4,6
PODKARPACKI	6,32	479,0	376,5	37,5
PODLASKI	6,05	264,0	207,5	27,2
POMORSKI	6,07	300,0	235,8	24,3
ŚLĄSKI	6,49	244,8	34,5	3,5
ŚWIĘTOKRZYSKI	6,34	314,3	247,1	24,2
WARMIŃSKO-MAZURSKI	5,92	276,7	217,5	27,2
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	6,35	282,7	222,2	25,9
WIELKOPOLSKI	6,42	295,4	41,7	5,4
ZACHODNIOPOMORSKI	5,94	358,0	281,4	34,9

W tabeli 23 przedstawiono emisję z neutralizacji i wapnowania, która została następnie wykorzystana do obliczenia finalnej emisji e_{ec} spowodowanej uprawą kukurydzy. Emisja została wyrażona w $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{ha}$ oraz po przeliczeniu na suchą masę materiału w $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{t d.m.}$

Wyniki uwzględniają wskazaną w Załączniku VII pkt 1.4.2.3. do Rozporządzenia wykonawczego 2022/996 możliwość uniknięcia podwójnego naliczania emisji z tytułu neutralizacji i wapnowania:

- W przypadku gdy emisje spowodowane wapnowaniem, były większe niż emisje spowodowane neutralizacją nawozu, emisje wynikające z neutralizacji nawozu były odejmowane od obliczonych emisji spowodowanych wapnowaniem.

- W przypadku gdy emisje spowodowane zakwaszeniem przez nawóz przekraczały emisje przypisane wapnowaniu emisje netto spowodowane wapnowaniem przyjmowano jako zerowe, zachowując emisje związane z zakwaszeniem przez nawóz.

Tabela 23. Emisja z neutralizacji nawozów azotowych i wapnowania dla upraw kukurydzy zastosowana do obliczenia finalnej emisji e_{ec} .

Region NUTS 2	pH gleby	Emisja z nawozów azotowych	Emisja z wapnowania	Emisja z nawozów azotowych i wapnowania przeliczona na emisję całkowitą ¹⁾	
	pH			kgCO _{2eq} /ha	
DOLNOŚLĄSKI	6,53	105,0	35,3	105,0	10,8
KUJAWSKO-POMORSKI	6,54	89,3	33,4	89,3	11,4
LUBELSKI	6,46	96,8	33,8	96,8	10,3
LUBUSKI	6,14	85,0	138,3	53,3	7,1
ŁÓDZKI	6,14	82,7	262,5	179,8	20,0
MAŁOPOLSKI	6,05	107,9	244,6	136,7	14,1
MAZOWIECKI	6,19	88,9	189,2	100,3	11,7
OPOLSKI	6,66	109,2	44,2	109,2	11,4
PODKARPACKI	6,32	106,0	376,5	270,5	26,9
PODLASKI	6,05	71,5	207,5	136,0	17,8
POMORSKI	6,07	74,1	235,8	161,6	16,6
ŚLĄSKI	6,49	91,8	34,5	91,8	9,3
ŚWIĘTOKRZYSKI	6,34	106,5	247,1	140,6	13,7
WARMIŃSKO-MAZURSKI	5,92	72,2	217,5	145,3	18,2
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	6,35	105,7	222,2	116,6	13,6
WIELKOPOLSKI	6,42	70,1	41,7	70,1	9,2
ZACHODNIOPOMORSKI	5,94	71,2	281,4	210,2	26,1

1) Rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2022/996, Załącznik VII, p. 1.4.2.3

6.5 Emisja glebowa

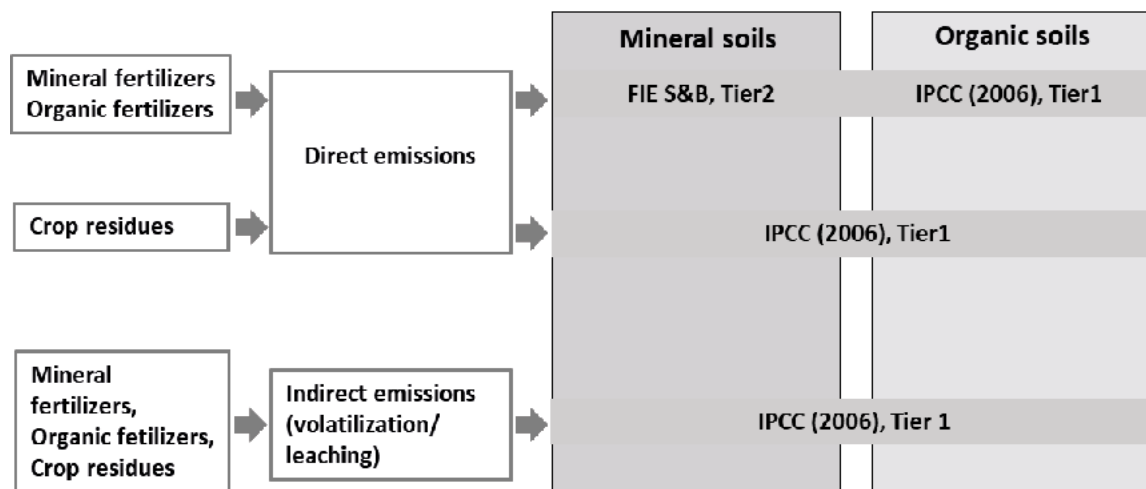
6.5.1 Metodologia

Metodologia obliczania glebowej emisji GHG powstałej podczas uprawy kukurydzy jest zgodna z rozporządzeniem wykonawczym Komisji (UE) 2022/996.

Modele i współczynniki emisyjne pochodzą z metodologii 2006 IPCC [7] i są zgodne z aktualnymi Polskimi NIR z roku 2023 (KOBiZE, 2023) [8]. Metoda kategorii 2 była wykorzystana do obliczenia bezpośredniej emisji tlenu azotu (N₂O) z zastosowania nawozów mineralnych i nawozów naturalnych do gleby, korzystając z modelu Stehfest'a i Bouwman'a, odtąd nazywanym modelem S&B (2006). Bezpośrednie emisje N₂O wywołane przez azot wprowadzony do gleby razem z odpadkami roślinnymi i pośrednie emisje były określone zgodnie z metodologią IPCC (2006) korzystając z modeli poziomu 1. Metody wykorzystane są przedstawione na rysunku 3.

FIE S&B (Emisje wywołane nawozem Fertilizer-induced emissions (FIEs) są definiowane jako bezpośrednie emisje z nawożonej gleby po usunięciu emisji z grupy kontrolnej nie nawożonej gleby; z zachowaniem takich samych warunków w stosunku do gleby nawożonej; przedstawione

jako procent azotu wprowadzonego z nawożenia) oparte jest na modelu S&B. Poziom 1 – globalne współczynniki emisji. Poziom 2 – czynniki specyficzne dla uprawy i miejsca [9].



Rys. 3. Szacowanie glebowych emisji N₂O z nawożenia – Stosowane metody.

Zgodnie ze standardami nazewnictwa przedstawionymi w wytycznych IPCC (2006), emisje N₂O z upraw były zdeterminowane dla konkretnego miejsca i systemu uprawy, odniesionego do 1 hektara uprawy następująco:

$$N_{2O} - N_{total} = N_{2O} - N_{direct} + N_{2O} - N_{indirect}$$

Gdzie:

$$N_{2O} - N_{Direct} = [(F_{SN} + F_{ON}) \cdot EF_{1ij}] + [F_{CR} \cdot EF_1]$$

$$N_{2O} - N_{indirect} = [((F_{SN} \cdot \text{Frac}_{GASF}) + (F_{ON} \cdot \text{Frac}_{GASM}) \cdot EF_4] + [(F_{SN} + F_{ON} + F_{CR}) \cdot \text{Frac}_{Leach-(H)} \cdot EF_5]$$

Gdzie:

$N_{2O} - N_{total}$ = roczny bezpośredni i pośredni N₂O–N uwolniony do powietrza, wytworzony w glebie, kg N₂O–N ha⁻¹ a⁻¹

$N_{2O} - N_{direct}$ = roczny bezpośredni N₂O–N uwolniony do powietrza, wytworzony w glebie, kg N₂O–N ha⁻¹ a⁻¹

$N_{2O} - N_{indirect}$ = roczny pośredni N₂O–N uwolniony do powietrza (to znaczy, bezpośrednia roczna ilość N₂O–N produkowana z osadzania atmosferycznego lotnego N z gleby i rocznej ilości N₂O–N wyprodukowany poprzez ługowanie i wypłukiwanie N z dodatków do gleby w regionach gdzie ługowanie/wypłukiwanie występuje); kg N₂O–N ha⁻¹ a⁻¹

F_{SN} = roczny wkład syntetycznego nawozu; kg N ha⁻¹ a⁻¹

F_{ON} = roczne użycie odchodów zwierzęcych zawierających N stosowanych jako nawóz; kg N ha⁻¹ a⁻¹

F_{CR} = roczna ilość N w pozostałościach po uprawie (nad ziemią i pod ziemią); kg N ha⁻¹ a⁻¹; obliczone jako:

$$F_{CR} = (1 - \text{Frac}_{Burnt} \cdot C_f) \cdot \text{AGDM} \cdot \text{NAG} \cdot (1 - \text{Frac}_{Remove}) + (\text{AGDM} + \text{Yield} \cdot \text{DRY}) \cdot \text{RBG-BIO} \cdot \text{N BG}$$

$$\text{AGDM} = (\text{Yield}/1000 \cdot \text{DRY} \cdot \text{slope} + \text{intercept}) \cdot 1000 \text{ (Tabela 24)}$$

$\text{Frac}_{GASF} = 0.10$ (kg N NH₃–N + NO_x–N) (kg N zastosowany)⁻¹. Ulotnienie z syntetycznego nawozu

$\text{Frac}_{GASM} = 0.20$ (kg N NH₃–N + NO_x–N) (kg N zastosowany)⁻¹. Ulotnienie z wszystkich zastosowanych organicznych nawozów azotowych

$Frac_{Leach} = 0.30 \text{ kg N (kg N dodatki)}^{-1}$. N straty poprzez ługowanie/wypłukiwanie z regionów gdzie ługowanie/wpłukiwanie zachodzi

EF_{1ij} = Współczynniki emisyjne plonów i lokalne dla emisji N_2O z syntetycznego nawozu i nawozów organicznych N zastosowanych do gleby mineralnej (kg N_2O-N (kg N wkład)⁻¹) szacowane używając modelu S&B.

$EF_1 = 0.01 [\text{kg N}_2O-N$ (kg N wkład)⁻¹]

$EF_{2CG_Temp} = 8 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ dla umiarkowanych organicznych gleb uprawnych i użytków zielonych

$EF_4 = 0.01 [\text{kg N}_2O-N$ ($\text{kg N NH}_3-N + \text{NO}_x-N$ ulotniony)⁻¹]

$EF_5 = 0.0075 [\text{kg N}_2O-N$ ($\text{kg N ługowany/wypłukiwany}$)⁻¹]

Yield = roczny świeży plon danej rośliny (kg ha^{-1})

DRY = ułamek suchej masy zebranych plonów [$\text{kg d.m. (kg świeża waga)}^{-1}$] (zobacz tabela 24)

$Frac_{Burnt}$ = ułamek terenu plonów spalanych rocznie [ha (ha)^{-1}]; $Frac_{Burnt} = 0$; założenie powstało z powodu marginalnej ilości resztek plonów spalanych na polu wynikający z raportu polskiego NIR (KOBiZE, 2023 [8])

C_f = współczynnik spalania [bezwymiarowy]

R_{AG} = Stosunek nadziemnych pozostałości. sucha masa do uzyskanej suchej masy plonu. dla plonu [$\text{kg d.m. (kg d.m.)}^{-1}$] (tabela 34)

N_{AG} = zawartość N w nadziemnych pozostałościach [$\text{kg N (kg d.m.)}^{-1}$] (tabela 25)

$Frac_{Remove}$ = ułamek nadziemnych pozostałości usuniętych z pola [$\text{kg d.m. (kg } AG_{DM})^{-1}$]

AG = sucha masa nadziemnych pozostałości [kg d.m. ha^{-1}]

Tabela 24. Parametry specyficzne dla upraw do obliczania wkładu N z resztek poźniowych. W przypadku braku wartości wilgotności z badań stosowano wartości domyślne (1-DRY) [7, 8].

F_CR	DRY	N_AG	Slope	intercept	R_BG_BIO	N_BG
Kukurydza	0,86	0,006	1,03	0,61	0,22	0,007

Właściwe dla upraw i miejsca współczynniki emisji dla emisji N_2O z nawozów syntetycznych i stosowania organicznego N.

Emisję N_2O z gleb użytkowanych rolniczo na różnych polach uprawnych w różnych warunkach środowiskowych i klasach użytkowania gruntów rolnych określono zgodnie z modelem S&B opisującym emisję N_2O z gleby rolnej na podstawie analizy 1008 pomiarów emisji N_2O . Jak:

$$E = \exp(c + \sum ev)$$

gdzie:

E = N_2O bezpośrednie emisje (in $\text{kg N}_2O-N \text{ ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$)

ev = wartość efektu dla różnych przypadków (tabela 25)

EF_{1ij} dla uprawy i w lokalizacji j oblicza się (model S&B) jako: $EF_{1ij} = (E_{fert.ij} - E_{unfert.ij})/N_{appl.ij}$

Gdzie:

$E_{fert.ij}$ = emisja N_2O (w $\text{kg N}_2O-N \text{ ha}^{-1}$) w oparciu o S&B. gdzie wsad nawozu to rzeczywista dawka zastosowanego N (nawozu mineralnego i obornika) dla uprawy i w lokalizacji j

$E_{unfert.ij}$ = emisja N_2O z uprawy i w lokalizacji j (w $\text{kg N}_2O-N \text{ ha}^{-1}$) w oparciu o model S&B. Dawka zastosowanego N jest ustawiona na 0, wszystkie pozostałe parametry pozostają takie same.

Napl_{ij} = N pochodzący z nawozów mineralnych i obornika (w kg N ha⁻¹ a⁻¹) do uprawy i w lokalizacji j.

Tabela 25. Wartości i wskaźniki do obliczania emisji N₂O z pól uprawnych w oparciu o model S&B [9].

Constant value	-1.516	
Parameter	Parameter class or unit	Effect value (ev)
Fertilizer input		0.0038 * N application rate in kg N ha ⁻¹ a ⁻¹
Soil organic C content	<1 %	0
	1-3 %	0.0526
	>3 %	0.6334
pH	<5.5	0
	5.5-7.3	-0.0693
	>7.3	-0.4836
Soil texture	Coarse	0
	Medium	-0.1528
	Fine	0.4312
Climate	Subtropical climate	0.6117
	Temperate continental climate	0
	Temperate oceanic climate	0.0226
	Tropical climate	-0.3022
Vegetation	Cereals	0
	Grass	-0.3502
	Legume	0.3783
	None	0.5870
	Other	0.4420
	Wetland rice	-0.8850
Length of experiment	1 yr	1.9910

Zawartość azotu w nawozach organicznych przyjmuje się zgodnie z Polskimi Normami Produkcji Rolnej (<https://poznan.cdr.gov.pl/normatywy/>): 4,7 kg N/t dla obornika bydlęcego, 5,1 kg N/t dla obornika świńskiego, 3,5 kg N/t dla gnojowicy, 16 kg N/t dla obornika kurzącego i 5 kg N/t dla pofermentu.

Parametry modelu S&B (takie jak pH, Corg, tekstura) uzyskano w większości z ankiet. Brakujące wartości, w szczególności zawartość węgla organicznego w glebie (SOC), uzupełniono za pomocą mapy glebowo-rolniczej Instytutu Uprawy Nawożenia – Państwowego Instytutu Badawczego (IUNG-PIB) oraz wartości zagregowanych do obszarów NUTS3; (przedstawione w Tabeli 26). Parametry gleby uzyskano z rozszerzonego monitorowania składu chemicznego gleby (SOC). Dane te były częścią programu monitorowania wpływu instrumentów polityki rolnej na jakość gleb, realizowanego w ramach programu wieloletniego IUNG-PIB na lata 2016-2020. Do uzupełnienia niekompletnych danych wykorzystano dane dostępne w zasobach IUNG-PIB.

Mapę pH w H₂O opublikowano w artykule Smreczaka i in. (2020) [10]. Mapę zawartości SOC opracowano w oparciu o rozszerzony monitoring gleby. Do obliczeń tekstury gleby wykorzystano wektorową mapę glebowo-rolniczą w skali 1:25 000. Powierzchnię upraw kukurydzy na lata 2018-2023 uzyskano od Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa. Rastry wektorowe kukurydzy skrzyżowano z mapą glebowo-rolniczą. Na podstawie powierzchni pierwszej warstwy tekstury gleby (0-50cm) na podstawie danych i rastrów z monitoringu gleby określono dominującą grupę tekstury gleby (gruba, średnia, ciężka) w skali NUTS-3. Wartość średnią obliczono ze wszystkich punktów (z danych monitoringowych) i pikseli (z rastrów), które

przecinały powierzchnię upraw kukurydzy w poszczególnych latach. W efekcie końcowym obliczono średnie wartości SOC.

Tabela 26. Właściwości gleby dla jednostek NUTS-3 pod uprawę kukurydzy.

NUTS_ID	LEVL_CODE	CNTR_CODE	NAME_LATN	NUTS_NAME	SOC	Texture
PL213	3	PL	Miasto Kraków	Miasto Kraków	2.62	coarse
PL214	3	PL	Krakowski	Krakowski	1.318762	coarse
PL217	3	PL	Tarnowski	Tarnowski	1.4322	medium
PL218	3	PL	Nowosądecki	Nowosądecki	2.053	medium
PL219	3	PL	Nowotarski	Nowotarski	2.764448	medium
PL21A	3	PL	Oświęcimski	Oświęcimski	1.7616	coarse
PL224	3	PL	Częstochowski	Częstochowski	1.1771	coarse
PL225	3	PL	Bielski	Bielski	1.325267	coarse
PL227	3	PL	Rybnicki	Rybnicki	1.378333	coarse
PL228	3	PL	Bytomski	Bytomski	1.1845	coarse
PL229	3	PL	Gliwicki	Gliwicki	1.230273	coarse
PL22A	3	PL	Katowicki	Katowicki	1.680614	medium
PL22B	3	PL	Sosnowiecki	Sosnowiecki	1.33175	coarse
PL22C	3	PL	Tyski	Tyski	2.1922	coarse
PL411	3	PL	Piłski	Piłski	1.132119	coarse
PL414	3	PL	Koniński	Koniński	0.937118	coarse
PL415	3	PL	Miasto Poznań	Miasto Poznań	2.46534	coarse
PL416	3	PL	Kaliski	Kaliski	1.041089	coarse
PL417	3	PL	Leszczyński	Leszczyński	1.047941	coarse
PL418	3	PL	Poznański	Poznański	1.000518	coarse
PL424	3	PL	Miasto Szczecin	Miasto Szczecin	1.289482	coarse
PL426	3	PL	Koszaliński	Koszaliński	1.560279	coarse
PL427	3	PL	Szczecinecko-pyrzycki	Szczecinecko-pyrzycki	1.08984	coarse
PL428	3	PL	Szczeciński	Szczeciński	1.08307	coarse
PL431	3	PL	Gorzowski	Gorzowski	0.941367	coarse
PL432	3	PL	Zielonogórski	Zielonogórski	1.192197	coarse
PL514	3	PL	Miasto Wrocław	Miasto Wrocław	2.0865	coarse
PL515	3	PL	Jeleniogórski	Jeleniogórski	1.562014	coarse
PL516	3	PL	Legnicko-głogowski	Legnicko-głogowski	1.340909	coarse
PL517	3	PL	Wałbrzyski	Wałbrzyski	1.660981	coarse
PL518	3	PL	Wrocławski	Wrocławski	1.490635	coarse
PL523	3	PL	Nyski	Nyski	1.215076	coarse
PL524	3	PL	Opolski	Opolski	1.450614	coarse
PL613	3	PL	Bydgosko-toruński	Bydgosko-toruński	0.843224	coarse
PL616	3	PL	Grudziądzki	Grudziądzki	1.071636	coarse
PL617	3	PL	Inowrocławski	Inowrocławski	0.870533	coarse
PL618	3	PL	Świecki	Świecki	1.201525	coarse
PL619	3	PL	Włocławski	Włocławski	0.957293	coarse
PL621	3	PL	Elbląski	Elbląski	1.636205	coarse
PL622	3	PL	Olsztyński	Olsztyński	1.804349	coarse

NUTS_ID	LEVL_CODE	CNTR_CODE	NAME_LATN	NUTS_NAME	SOC	Texture
PL623	3	PL	Ełcki	Ełcki	1.290857	coarse
PL633	3	PL	Trójmiejski	Trójmiejski	1.2375	medium
PL634	3	PL	Gdański	Gdański	1.564184	coarse
PL636	3	PL	Słupski	Słupski	1.340387	coarse
PL637	3	PL	Chojnicki	Chojnicki	0.920375	coarse
PL638	3	PL	Starogardzki	Starogardzki	1.670132	coarse
PL711	3	PL	Miasto Łódź	Miasto Łódź	1.344851	coarse
PL712	3	PL	Łódzki	Łódzki	1.074714	coarse
PL713	3	PL	Piotrkowski	Piotrkowski	1.11148	coarse
PL714	3	PL	Sieradzki	Sieradzki	1.070429	coarse
PL715	3	PL	Skierniewicki	Skierniewicki	1.182316	coarse
PL721	3	PL	Kielecki	Kielecki	1.218	coarse
PL722	3	PL	Sandomiersko-jędrzejowski	Sandomiersko-jędrzejowski	1.269491	coarse
PL811	3	PL	Biański	Biański	1.276608	coarse
PL812	3	PL	Chełmsko-zamojski	Chełmsko-zamojski	1.319446	coarse
PL814	3	PL	Lubelski	Lubelski	1.033818	coarse
PL815	3	PL	Puławski	Puławski	1.158719	coarse
PL821	3	PL	Krośnieński	Krośnieński	2.060449	medium
PL822	3	PL	Przemyski	Przemyski	1.2665	coarse
PL823	3	PL	Rzeszowski	Rzeszowski	0.864	coarse
PL824	3	PL	Tarnobrzegi	Tarnobrzegi	0.945	medium
PL841	3	PL	Białostocki	Białostocki	1.158813	coarse
PL842	3	PL	Łomżyński	Łomżyński	1.197282	coarse
PL843	3	PL	Suwalski	Suwalski	1.0935	coarse
PL911	3	PL	Miasto Warszawa	Miasto Warszawa	1.142096	coarse
PL912	3	PL	Warszawski wschodni	Warszawski wschodni	1.1295	coarse
PL913	3	PL	Warszawski zachodni	Warszawski zachodni	1.050143	coarse
PL921	3	PL	Radomski	Radomski	1.194722	coarse
PL922	3	PL	Ciechanowski	Ciechanowski	1.224656	coarse
PL923	3	PL	Płocki	Płocki	1.125689	coarse
PL924	3	PL	Ostrołęcki	Ostrołęcki	1.14152	coarse
PL925	3	PL	Siedlecki	Siedlecki	0.939679	coarse
PL926	3	PL	Żyrardowski	Żyrardowski	1.072429	coarse

6.5.2 Wyniki

W tabeli 27 przedstawiono wyniki emisji glebowej z upraw kukurydzy.

Tabela 27. Średnia emisja glebowa z upraw kukurydzy

Region NUTS2	kod NUTS2	Emisja bezpośrednia N ₂ O	Pośrednie emisje N ₂ O z ługowania i wymywania	Pośrednie emisje N ₂ O z uwalniania się	Całkowita emisja N ₂ O (emisja z gleby)	
					kgCO ₂ eq/t d.m.	
					kgCO ₂ eq/ha	
DOLNOŚLĄSKI	PL51	109,7	6,1	22,1	137,9	1305,5
KUJAWSKO-POMORSKI	PL61	138,6	10,6	27,1	176,3	1363,0
LUBELSKI	PL81	113,2	7,2	22,3	142,7	1349,2
LUBUSKI	PL43	144,9	11,5	28,4	184,8	1357,8
ŁÓDZKI	PL71	144,1	11,5	27,7	183,3	1456,2
MAŁOPOLSKI	PL21	134,2	6,7	22,7	163,7	1577,1
MAZOWIECKI	PL92	137,8	8,9	24,8	171,5	1450,3
OPOLSKI	PL52	116,3	6,9	22,7	145,9	1382,6
PODKARPACKI	PL82	113,7	5,7	21,4	140,8	1437,6
PODLASKI	PL84	156,8	13,1	28,9	198,9	1519,0
POMORSKI	PL63	142,2	10,3	24,9	177,3	1676,6
ŚLĄSKI	PL22	154,5	9,9	25,1	189,5	1904,5
ŚWIĘTOKRZYSKI	PL72	119,8	7,4	22,9	150,1	1520,9
WARMIŃSKO-MAZURSKI	PL62	142,9	11,0	26,0	179,8	1459,2
WARSZAWSKI-STOŁ.	PL91	140,7	10,3	27,9	178,8	1478,8
WIELKOPOLSKI	PL41	145,1	11,6	26,8	183,5	1375,4
ZACHODNIOPOMORSKI	PL42	140,3	9,5	24,8	174,6	1423,5

6.6 Emisje związane ze zbiorem, suszeniem i magazynowaniem plonu

Zgodnie z Załącznikiem VII do Rozporządzenia wykonawczego 2022/996 w obliczeniach należy uwzględnić emisję spowodowaną gromadzeniem, suszeniem i składowaniem surowców, która obejmują wszystkie emisje związane z wykorzystaniem paliwa w ramach gromadzenia, suszenia i składowania surowców.

Emisje spowodowane gromadzeniem surowców obejmują wszystkie emisje wynikające z gromadzenia surowców i ich transportu do miejsca składowania. Emisje oblicza się stosując odpowiednie współczynniki emisji dla rodzaju użytego paliwa (oleju napędowego, benzyny, paliwa ciężkiego, biopaliwa lub innych paliw).

Emisje z upraw obejmują emisje spowodowane suszeniem przed składowaniem, a także przechowywaniem i przetwarzaniem biomasy jako surowca. Dane dotyczące zużycia energii elektrycznej na potrzeby suszenia przed składowaniem obejmują rzeczywiste dane dotyczące procesu suszenia zastosowanego w celu zachowania zgodności z wymogami składowania, w zależności od typu biomasy, wielkości cząstek, zawartości wilgoci, warunków pogodowych itp. Stosuje się odpowiednie współczynniki emisji, w tym emisji wyższego szczebla, aby uwzględnić emisje spowodowane zużyciem paliw w celu wytworzenia ciepła lub energii elektrycznej wykorzystywanych do suszenia. Emisje z suszenia obejmują tylko emisje związane z procesem

suszenia niezbędnym do zapewnienia adekwatnego składowania surowców i nie obejmują suszenia materiałów w trakcie przetwarzania.

Przy wyliczaniu zużycia energii elektrycznej niewyprodukowanej w zakładzie produkującym paliwo uznaje się, że intensywność emisji gazów cieplarnianych spowodowanej wytwarzaniem i dystrybucją energii elektrycznej jest równa średniej intensywności emisji spowodowanej wytwarzaniem i dystrybucją energii elektrycznej w określonym regionie, co może mieć miejsce na poziomie regionu NUTS2 lub na poziomie krajowym. W przypadku stosowania krajowych współczynników emisji dotyczących energii elektrycznej wykorzystuje się wartości wskazane w załączniku IX. W drodze odstępstwa od tej zasady, producenci mogą w przypadku indywidualnych elektrowni stosować średnią wartość energii elektrycznej wyprodukowanej przez daną elektrownię, jeśli nie jest ona podłączona do sieci elektroenergetycznej i dostępne są wystarczające informacje pozwalające na określenie współczynnika emisji.

6.6.1 Metodologia

Dane dotyczące zużycia paliw i energii elektrycznej dla regionów NUTS2 pochodzą z ankiet wypełnionych przez producentów rolnych za lata 2021-2023. Wskazują one, że tylko w nielicznych gospodarstwach rolnych uprawiających kukurydzę prowadzony był proces suszenia przy wykorzystaniu oleju napędowego (przeznaczonego do celów opałowych), LPG, gazu ziemnego oraz energii elektrycznej. W większości przypadków proces ten nie jest prowadzony, a czasami olej napędowy wykorzystany do celów grzewczych wliczany jest do oleju napędowego zużytego przez maszyny rolnicze do uprawy. Żadne gospodarstwo nie zaraportowało węgla jako paliwa grzewczego do suszenia.

Obliczenia emisji spowodowanej suszeniem nasion zostały przeprowadzone w oparciu o rzeczywiste dane dotyczące ilości zużytych paliw i energii elektrycznej.

W obliczeniach wykorzystano wskaźniki emisji dla oleju napędowego, LPG i energii elektrycznej wskazane w Rozporządzeniu wykonawczym 2022/996 (tabela 28). W przypadku oleju napędowego i gazu ziemnego wskaźnik emisji przeliczono z jednostki $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}$ na odpowiednio: $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{l}$ oraz $\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{m}^3$.

Tabela 28. Wskaźniki emisji paliw i energii elektrycznej wykorzystanej do suszenia.

Rodzaj paliwa	Współczynnik emisji			Gęstość	Wartość opałowa
	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{MJ}$	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{l}$	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{m}^3$	kg/m^3	MJ/kg
Olej napędowy	0,0951	3,410	3410	832	43,1
LPG	0,0663	1,677	1677	550	46,0
Gaz ziemny (E)	0,0660	0,002	2,273	0,700	49,2
Energia	$\text{kgCO}_{2\text{eq}}/\text{kWh}$				
Energia elektryczna (Polska)	0,741				

Emisja dla regionów NUTS2, wynikająca ze zużycia paliw i energii elektrycznej do suszenia, jest iloczynem ilości zużytego paliwa i odpowiedniego wskaźnika emisji, wskazanego w tabeli 28.

6.6.2 Wyniki

W kolejnych tabelach 29 - 30 przedstawiono emisje spowodowane wykorzystaniem do suszenia ziaren kukurydzy paliw ciekłych i gazowych (olej napędowy, LPG, gaz ziemny) oraz energii elektrycznej. Emisja została wyrażona w kgCO_{2eq}/ha oraz po przeliczeniu na suchą masę materiału w kgCO_{2eq}/t d.m.

Tabela 29. Średnia emisja spowodowana suszeniem kukurydzy (kgCO_{2eq}/ha).

Region NUTS 2	Olej napędowy	LPG	Energia elektryczna	Gaz ziemny	Razem
	kgCO _{2eq} /ha				
DOLNOŚLĄSKI	15,6	31,6	0,0	3,5	50,7
KUJAWSKO-POMORSKI	0,0	17,1	0,0	5,6	22,7
LUBELSKI	69,6	28,1	0,0	3,6	101,3
LUBUSKI	37,1	0,0	0,0	4,7	41,8
ŁÓDZKI	0,8	0,0	0,0	0,0	0,8
MAŁOPOLSKI	0,0	26,6	0,0	8,9	35,5
MAZOWIECKI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
OPOLSKI	0,0	9,1	0,0	1,5	10,5
PODKARPACKI	0,0	36,7	0,0	0,5	37,2
PODLASKI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
POMORSKI	7,2	0,0	0,0	13,0	20,2
ŚLĄSKI	31,6	0,0	0,0	0,0	31,6
ŚWIĘTOKRZYSKI	83,0	0,0	0,0	2,9	85,9
WARMIŃSKO-MAZURSKI	12,8	6,5	0,0	0,9	20,2
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
WIELKOPOLSKI	26,3	3,9	0,0	8,2	38,4
ZACHODNIOPOMORSKI	35,8	0,0	0,0	0,0	35,8

Tabela 30. Średnia emisja spowodowana suszeniem kukurydzy (kgCO_{2eq}/t d.m.).

Region NUTS 2	Olej napędowy	LPG	Energia elektryczna	Gaz ziemny	Razem
	kgCO _{2eq} /t d.m.				
DOLNOŚLĄSKI	1,6	3,3	0,0	0,4	5,2
KUJAWSKO-POMORSKI	0,0	2,2	0,0	0,7	3,1
LUBELSKI	7,4	3,0	0,0	0,4	16,4
LUBUSKI	4,9	0,0	0,0	0,6	5,5
ŁÓDZKI	0,1	0,0	0,0	0,0	0,1
MAŁOPOLSKI	0,0	2,7	0,0	0,9	3,7
MAZOWIECKI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
OPOLSKI	0,0	0,9	0,0	0,2	1,1
PODKARPACKI	0,0	3,7	0,0	0,1	3,7
PODLASKI	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
POMORSKI	0,7	0,0	0,0	1,3	2,0
ŚLĄSKI	3,2	0,0	0,0	0,0	3,2
ŚWIĘTOKRZYSKI	8,1	0,0	0,0	0,3	8,4

WARMIŃSKO-MAZURSKI	1,6	0,8	0,0	0,1	2,5
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
WIELKOPOLSKI	3,4	0,5	0,0	1,1	5,0
ZACHODNIOPOMORSKI	4,4	0,0	0,0	0,0	4,4

7. CAŁKOWITA EMISJA GHG

Niniejszy dokument raportuje całkowitą emisję gazów cieplarnianych e_{ec} spowodowaną uprawą kukurydzy. Emisja ta wskazana jest w Załączniku V, część C.1 (a) Dyrektywy RED II. Inne rodzaje emisji nie są przedmiotem analizy.

7.1 Metodologia

Całkowitą emisję e_{ec} spowodowaną uprawą kukurydzy obliczono jako sumę cząstkowych emisji związanych z:

- zużyciem paliwa w maszynach rolniczych wykorzystanych do uprawy;
- stosowaniem nawozów chemicznych i pestycydów (agrochemikaliów);
- produkcją materiału siewnego;
- zakwaszeniem związanym z nawozami i stosowaniem wapnowania;
- gromadzeniem, suszeniem i składowaniem surowców;
- emisją do gleby spowodowaną uprawami.

7.2 Wyniki końcowe

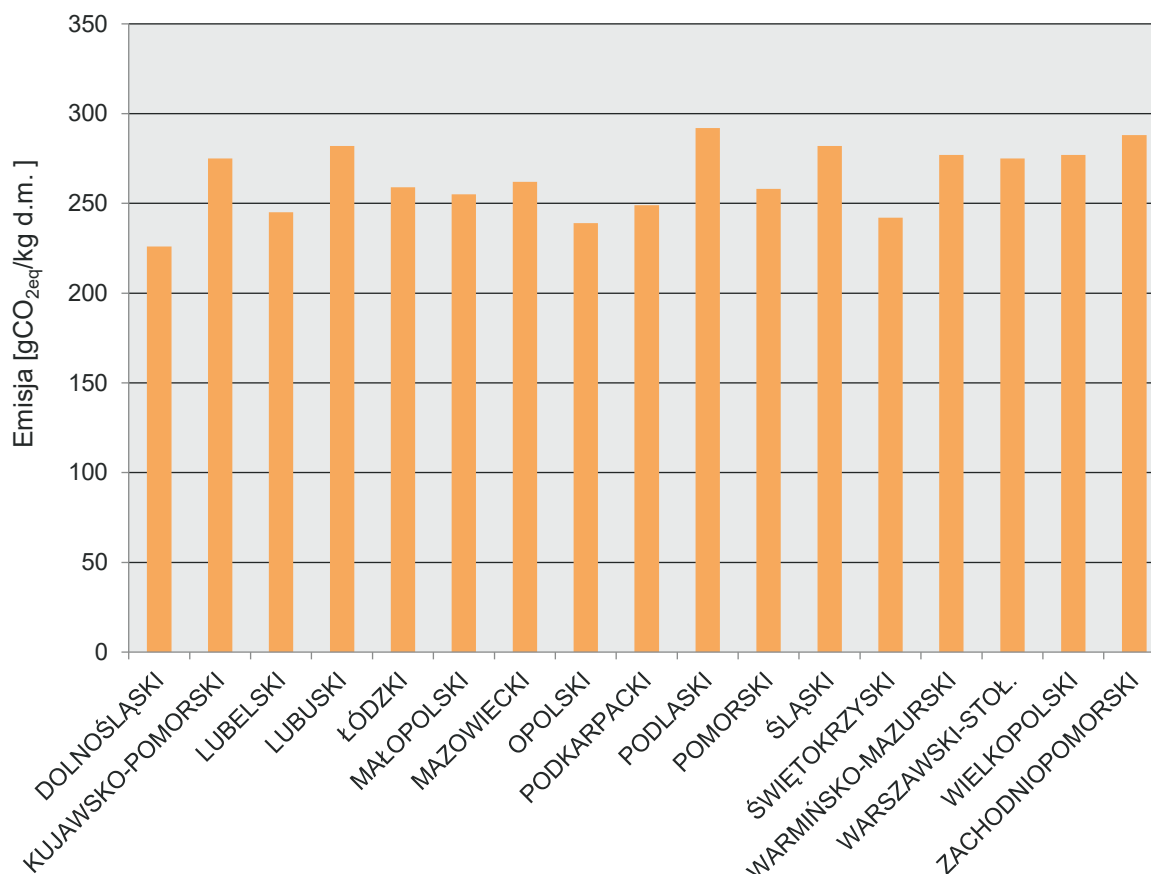
Opierając się na przedstawionych w poprzednich punktach raportu danych (uzyskanych z ankiet) oraz uznanych wskaźnikach emisji obliczono średnie wartości emisji GHG na poziomie administracyjnym NUTS 2 dla upraw kukurydzy. Wyniki tych obliczeń, wyrażone w gCO_{2eq}/kg d.m. przedstawiono w tabeli 31 i na rys. 4.

Wszystkie wyniki przedstawione w tabelach są wynikiem obliczeń przeprowadzonych w załączonych plikach Excel, zakładka *NUTS calculation*, tabela „*final e_{ec} emission for the Report*”. Dane ankietowe zostały przedstawione w załączonych plikach Excel, w zakładkach opisanych nazwą regionu NUTS2.

Tabela 31. Średnia emisja gazów cieplarnianych z uprawy (e_{ec}) kukurydzy w regionach NUTS2.

Region NUTS2	kod NUTS2	Emisja glebowa	Agrochemikalia	Nasiona i inny materiał do zasiewu	Zużycie paliw	Suszenie biomasy i inne emisje	Neutralizacja nawozów azotowych i wapnowania	Emisja całkowita
		gCO _{2eq} /kg d.m.						
DOLNOŚLĄSKI	PL51	134,6	40,5	0,80	33,80	5,2	10,8	226
KUJAWSKO-POMORSKI	PL61	173,4	49,3	0,88	37,52	3,1	11,4	275
LUBELSKI	PL81	143,2	44,1	0,73	30,27	16,4	10,3	245

LUBUSKI	PL43	179,9	46,0	1,06	42,04	5,5	7,1	282
ŁÓDZKI	PL71	162,2	39,6	0,87	36,21	0,1	20,0	259
MAŁOPOLSKI	PL21	162,3	45,3	0,74	28,60	3,7	14,1	255
MAZOWIECKI	PL92	168,8	43,9	0,96	36,66	0,0	11,7	262
OPOLSKI	PL52	143,8	48,0	0,77	33,53	1,1	11,4	239
PODKARPACKI	PL82	143,0	45,3	0,83	29,68	3,7	26,9	249
PODLASKI	PL84	199,1	42,2	0,90	32,54	0,0	17,8	292
POMORSKI	PL63	172,5	33,4	0,80	32,19	2,1	16,6	258
ŚLĄSKI	PL22	192,0	43,7	0,74	32,77	3,2	9,3	282
ŚWIĘTOKRZYSKI	PL72	148,8	39,4	0,74	30,44	8,4	13,7	242
WARMIŃSKO-MAZURSKI	PL62	182,3	38,7	0,98	34,43	2,5	18,2	277
WARSZAWSKI-STOŁ.	PL91	172,5	50,8	0,86	36,94	0,0	13,6	275
WIELKOPOLSKI	PL41	179,7	43,3	0,91	39,16	5,0	9,2	277
ZACHODNIOPOMORSKI	PL42	176,6	39,5	0,97	40,56	4,4	26,1	288



Rys. 4. Średnia emisja gazów cieplarnianych z uprawy kukurydzy (e_{ec}) w regionach NUTS2.

8. PODSUMOWANIE

Niniejszy Raport został przedstawia średnią emisyjność (składowa e_{ec}) krajowych upraw kukurydzy dla obszarów NUTS2.

Opracowując niniejszy Raport kierowano się następującymi zasadami:

- wykorzystano dane możliwie jak najbardziej charakterystyczne dla polskiego rynku wytwórczego biopaliw osadzonego na krajowym łańcuchu dostaw surowców rolnych (ankiety od producentów rolnych);
- zastosowano wiarygodną i obowiązującą w tym zakresie metodologię obliczeń wskazaną w Dyrektywie RED II oraz w Rozporządzeniu wykonawczym 2022/996;
- wykorzystano dane, w tym wskaźniki emisji GHG, wskazane w Rozporządzeniu wykonawczym 2022/996 oraz innych wiarygodnych źródłach.

Raport przedstawia obliczenia dotyczące średniej dla województw emisji e_{ec} spowodowanej uprawą kukurydzy oraz obliczenia dla wszystkich jej składowych. Uwzględnia emisję spowodowaną: zużyciem paliwa w maszynach rolniczych wykorzystanych do uprawy, stosowaniem nawozów chemicznych i pestycydów (agrochemikalia), zużyciem materiału siewnego, zakwaszeniem związanym z nawozami i stosowaniem wapnowania, gromadzeniem, suszeniem i składowaniem surowców oraz emisją polową spowodowaną uprawami. Wykorzystując uzyskane w ankietach z gospodarstw rolnych dane oraz uznane wskaźniki emisji obliczono średnie wartości emisji GHG na poziomie administracyjnym NUTS 2 dla upraw kukurydzy. Emisje te wyrażone w gCO_{2eq}/kg d.m. przedstawiono w tabeli 32.

Tabela 32. Emisja e_{ec} dla uprawy kukurydzy w regionach NUTS2 (Polska).

Region NUTS2	kod NUTS2	Emisja całkowita (e_{ec})
		gCO _{2eq} /kg d.m.
DOLNOŚLĄSKI	PL51	226
KUJAWSKO-POMORSKI	PL61	275
LUBELSKI	PL81	245
LUBUSKI	PL43	282
ŁÓDZKI	PL71	259
MAŁOPOLSKI	PL21	255
MAZOWIECKI	PL92	262
OPOLSKI	PL52	239
PODKARPACKI	PL82	249
PODLASKI	PL84	292
POMORSKI	PL63	258
ŚLĄSKI	PL22	282
ŚWIĘTOKRZYSKI	PL72	242
WARMIŃSKO-MAZURSKI	PL62	277
WARSZAWSKI-STOŁECZNY	PL91	275
WIELKOPOLSKI	PL41	277
ZACHODNIOPOMORSKI	PL42	288

Jako załącznik 1 dołączono arkusz kalkulacyjny zawierający dane ankietowe oraz obliczenia dotyczące emisji spowodowanej uprawą kukurydzy oraz obliczenia dla wszystkich jej składowych.

Raport został opracowany w oparciu o dane pozyskane z ankiet, które zostały wypełnione przez producentów rolnych. Formularz ankiety stanowi załącznik 2 do niniejszej pracy.

9. WYNIKI I WNIOSKI

9.1 Uzyskany wynik projektu

Opierając się na przedstawionych w raporcie danych (uzyskanych z ankiet) oraz uznanych wskaźnikach emisji obliczono średnie wartości emisji GHG na poziomie administracyjnym NUTS 2 dla upraw kukurydzy. Wyniki tych obliczeń, wyrażone w gCO_{2eq}/kg d.m. zamieszczono w raporcie. Obliczenia zostały wykonane z uwzględnieniem wytycznych i wskaźników wskazanych w Dyrektywach 2018/2001 (RED II), 2023/2413 (RED III), Rozporządzeniu wykonawczym 2022/996 w sprawie zasad weryfikacji kryteriów zrównoważonego rozwoju i ograniczenia emisji GHG oraz w kalkulatorze Biograce II.

9.2 Wnioski

Opracowany raport emisyjności krajowych upraw kukurydzy dla obszarów NUTS2 pozwoli na ocenę ich emisyjności.

10. LITERATURA

1. DIRECTIVE (EU) 2018/2001 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources.
2. Directive (EU) 2023/2413 of the European Parliament and of the Council of 18 October 2023 amending Directive (EU) 2018/2001, Regulation (EU) 2018/1999 and Directive 98/70/EC as regards the promotion of energy from renewable sources, and repealing Council Directive (EU) 2015/652.
3. COMMISSION IMPLEMENTING REGULATION (EU) 2022/996 of 14 June 2022 on rules to verify sustainability and greenhouse gas emissions saving criteria and low indirect land-use change-risk criteria (Text with EEA relevance).
4. Powszechny Spis Rolny 2020 (General Agricultural Inventory 2020).
5. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (Warsaw University of Life Sciences) <https://www.sggw.edu.pl/gleba-organiczna-gleba-roku-2024/>
6. Bednarek R., Skiba S.. Geografia gleb Polski. W: Gleboznawstwo. Mocek A. (red.). Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 2015, 411-419.
7. IPCC. 2006 . Vol. 4. Chapter 11: N₂O emissions from managed soils. and CO₂ emissions from lime and urea application.
8. KOBiZE. 2023. Poland's National Inventory Report 2023. Greenhouse Gas Inventory for 1988-2021. Submission under the UN Framework Convention on Climate Change and Its Kyoto Protocol.
9. JRC. 2019. Report 'Definition of input data to assess GHG default emissions from biofuels in EU legislation' JRC 2019 (EUR 28349 EN). <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/7d6dd4ba-720a-11e9-9f05-01aa75ed71a1>
10. Smreczak, B., Ochal, P., Siebielec, G., 2020. Wpływ zakwaszenia na funkcje gleb oraz wyznaczanie obszarów ryzyka na użytkach rolnych w Polsce, Studia i Raporty IUNG-PIB, (64), 18, 31-47. doi: 10.26114/sir.iung.2020.64.02.

www.pzprz.pl



**SFINANSOWANO Z FUNDUSZU PROMOCJI
ZIARNA ZBÓŻ I PRZETWORÓW ZBOŻOWYCH**