

Materiał szkoleniowy

ZRÓWNOWAŻONE GOSPODAROWANIE ZASOBAMI NATURALNYMI, TAKIMI JAK WODA, GLEBA, POWIETRZE ORAZ KLIMAT W KONTEKŚCIE WDRAŻANIA INTERWENCJI PS WPR „INWESTYCJE PRZYCZYNIAJĄCE SIĘ DO OCHRONY ŚRODOWISKA I KLIMATU”

BLOK KLIMAT

Plan Strategiczny dla Wspólnej
Polityki Rolnej na lata 2023-2027
Interwencja 14.1
Doskonalenie zawodowe
rolników – moduł 1
*Szkolenia podstawowe
dla rolników*



Ministerstwo Rolnictwa
i Rozwoju Wsi

Dofinansowane przez
Unię Europejską



Materiał opracowany przez Instytut Zootechniki-Państwowy Instytut Badawczy w ramach dotacji celowej na 2022 r. jako zadanie zlecone przez Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi pn. „Wsparcie prac związanych z przygotowaniem Planu Strategicznego WPR na lata 2023-2027”.

Aktualizacja – maj 2025 r.

Autor: Jacek Walczak

Materiał dofinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Planu Strategicznego WPR 2023-2027

Instytucja Zarządzająca Planem Strategicznym dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 – Minister Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Podmiot odpowiedzialny za druk materiału –
Wojewódzki Ośrodek Doradztwa Rolniczego

SPIS TREŚCI

I. Udział rolnictwa w powstawaniu zmian klimatu.....	3
II. Metody mitygacji GHG w rolnictwie	3
III. Metody hodowlane.....	4
IV. Systemy utrzymania zwierząt gospodarskich	5
V. Precyzyjne żywienie zwierząt gospodarskich	7
VI. Sekwestracja ditlenku węgla w glebie	8
VII. Nawożenie i uprawa	9
VIII. Mikroinstalacje do produkcji biogazu rolniczego.....	10
IX. Znaczenie Planu Strategicznego dla WPR na lata 2023-2027 dla mitygacji zmian klimatu	10

Szanowni Państwo,

przekazujemy Państwu materiał szkoleniowy przygotowany na potrzeby przeprowadzenia szkolenia pt. *Zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, takimi jak woda, gleba, powietrze oraz klimat w kontekście wdrażania Interwencji PS WPR „Inwestycje przyczyniające się do ochrony środowiska i klimatu”*. Materiał ten dotyczy inwestycji związanych z przedsięwzięciami chroniącymi klimat. Szkolenie jest organizowane przez wojewódzki ośrodek doradztwa rolniczego w ramach modułu 1 Szkolenia podstawowe dla rolników Interwencji 14.1 *Doskonalenie zawodowe rolników objętej Planem Strategicznym dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027*.

Zmiany klimatyczne i degradacja środowiska to jedne z najpoważniejszych problemów, przed którymi stoi współczesny świat. Zjawiska te są ze sobą ściśle powiązane. Zmiany klimatyczne przyspieszają degradację środowiska naturalnego, a nierównoważone wykorzystywanie jego zasobów coraz silniej oddziałuje na zmiany klimatyczne. Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027 stanowi narzędzie wsparcia zrównoważonych metod gospodarowania promujących działania przyjazne klimatowi i środowisku, chroniące glebę, wodę i powietrze oraz różnorodność biologiczną.

Broszura stanowi jedno ze źródeł informacji upowszechniających zrównoważone gospodarowanie zasobami naturalnymi, w tym ochronę klimatu. Znajdziecie w niej Państwo odpowiedzi na pytania dotyczące wpływu zmian klimatu na rolnictwo oraz w jaki sposób, wprowadzanie określonych inwestycji, ważnych dla klimatu, przyczyni się do łagodzenia tych zmian.

Niniejsza broszura ma charakter wyłącznie informacyjny. Treść broszury nie może być podstawą do jakichkolwiek roszczeń prawnych. Informacje zawarte w broszurze są zgodne ze stanem prawnym obowiązującym na dzień przygotowania broszury do druku (maj 2025 r.). Mogą one ulec zmianie w wyniku nowelizacji przepisów prawa, dlatego też w razie dalszych pytań zachęcamy do kontaktu z ośrodkiem doradztwa rolniczego.

I. Udział rolnictwa w powstawaniu zmian klimatu

Udział produkcji żywności w globalnym efekcie cieplarnianym szacuje się na 25%, chociaż samemu rolnictwu przypisuje się 15-18% emisji GHG. Odpowiada to emisji 9% ditlenku węgla (CO_2), 37% metanu (CH_4) oraz 65% tlenku diazotu (N_2O) (EEA, 2021). Na mocy Porozumienia Paryskiego (2015), Unia Europejska zobligowała się do działań zachowujących wzrost średniej temperatury o $1,5^\circ\text{C}$ do końca wieku, a wewnętrznie osiągnięcia stanu bezemisyjnej gospodarki do 2050 r., w tym zgodnie z pakietem „Fit for 55”, przeszło połowa redukcji emisji GHG ma być uzyskana jeszcze w 2030 r. Udział rolnictwa w całej krajowej emisji GHG wynosi 8,8% i został on zredukowany w stosunku do roku bazowego (1988 r.) o 34,3% (KOBiZE, 2024).

Ograniczenie emisji nie jest jedynym sposobem na osiągnięcie neutralności klimatycznej. Obszar LULUCF czyli szacowania emisji z użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów i leśnictwa, usuwa CO_2 z atmosfery poprzez jego wychwytywanie w materii organicznej gleby i drewnie lasów. Rozporządzenie UE 2018/841 włączyło do ram polityki klimatyczno-energetycznej do roku 2030 emisję i pochłanianie gazów cieplarnianych z sektora użytkowania gruntów, zmiany użytkowania gruntów i lasów oraz określiło cele w okresie od 2021 r. do 2030 r. Obecnie określono, że w 2030 r. sektor LULUCF powinien zapewniać pochłanianie netto 310 mln ton ekw. CO_2 . Dla Polski cel wynosi 38,1 mln t ekw. CO_2 w 2030 r. Za wyniki sektora LULUCF w Polsce odpowiada głównie pochłanianie dwutlenku węgla przez lasy (biomasa wytwarzana w rolnictwie nie wpływa na bilans, gdyż produkty rolne są zużywane w okresie roku). Łącznie cały krajowy obszar LULUCF pochłaniał w 2022 r. 35 874,5 kt ekw. ditlenku węgla.

II. Metody mitygacji GHG w rolnictwie

W obszarze szacowania emisji, jakim jest rolnictwo, generalnie nie bilansuje się emisji CO_2 , gdyż zakłada się jego skrócony czas obiegu między uprawą roślin i żywieniem zwierząt. Wyjątkami są jedynie wapnowanie i wypalanie resztek poźniwnych. Zakres rolniczego bilansowania sprowadza się do dwóch gazów cieplarnianych, tj. tlenku diazotu (N_2O) oraz metanu (CH_4). W przeliczeniu na CO_2e największy udział w emisji z krajowego rolnictwa ma emisja N_2O z gleb, wynosząca 40,4%. Druga w kolejności udziału jest fermentacja jelitowa z emisją CH_4 z chowu bydła, wynosząca 43,3% krajowej emisji CO_2e (KOBiZE, 2024).

Działania mitygacyjne dla emisji tych gazów, uzupełniane będą wiązaniem ditlenku węgla z powietrza w materii organicznej gleby i biomasy (rolnictwo węglowe, ang. carbon farming). *Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2024/3012 z 27 listopada 2024 r. w sprawie ustanowienia unijnych ram certyfikacji trwałego pochłaniania ditlenku węgla, technik węglochłonnych oraz składowania ditlenku węgla w produktach* wprowadza harmonizację zasad, na podstawie których rolnicy będą mogli otrzymać certyfikowane jednostki pochłaniania lub unikniętej emisji (tzw. kredyty węglowe) za podjęcie praktyk mających na celu magazynowanie ditlenku węgla w glebie lub redukcję emisji ditlenku węgla i tlenku diazotu

z gleby. Jednostki te będą mogły być następnie sprzedane zainteresowanym podmiotom (np. przedsiębiorstwom). Do końca lipca 2026 r. Komisja Europejska ma opublikować ocenę możliwości rozszerzenia systemu certyfikacji o redukcję emisji metanu z produkcji zwierzęcej.

III. Metody hodowlane

Pod pojęciem mitygacyjnych metod hodowlanych mieści się bardzo wiele aspektów związanych z genetyką i selekcją, a nawet obrotem stada i jego remontem. Sam postęp hodowlany widoczny najlepiej pod postacią wzrostu wydajności np. mlecznej, powoduje, że na kilogram mleka, mięsa, jaj, produkujemy dziś znacznie mniej metanu, czy tlenu diazotu. Chodzi tu o tzw. ślad węglowy, który jest bardzo wygodnym pojęciem, pozwalającym na zachowanie dotychczasowych celów hodowlanych i rozmyślającym środowiskowe skutki chowu. Przykładowo wzrost mleczności o 38% powoduje bezpośredni wzrost emisji CH_4 o 26%, ale zmniejsza się przy tym jednak ślad węglowy 1 l mleka, i to o 19%.

Pełnoprawnymi metodami hodowlanymi mitygacji GHG, powinny być nazwane jedynie takie, które prowadzą świadomą selekcję kolejnych pokoleń na obniżoną emisję metanu, czy tlenu diazotu. Jeśli idzie o wykorzystanie metod hodowlanych w mitygacji GHG, pod uwagę bierze się aktualnie szereg praktyk realizowanych w obrębie stada, i niekoniecznie oceny wartości hodowlanej, czy selekcji, a raczej organizacji produkcji.

Metodą tylko z pozoru organizacyjną jest zmniejszenie poziomu remontu stada. Utrzymanie wysokiego remontu stada stanowi pokaźny koszt w chowie bydła mlecznego i świń. Redukując tą składową, rolnik generuje odpowiednio niższy koszt.

W redukowaniu nadmiarowej populacji zwierząt, zwłaszcza byczków w chowie bydła mlecznego, pomocne jest stosowanie seksowanego nasienia. Generalnie, przy wysokiej specjalizacji w produkcji mleka, byczki stanowią kłopotliwy uzysk, generujący dodatkowy koszt, obniżający dochodowość. Stada mleczne nie są zainteresowane prowadzeniem opasu byczków, głównie z tytułu niskiej ceny wołowiny oraz gorszej jakości mięsa ras mlecznych. Wykorzystuje się tu selekcję nasienia w polu magnetycznym i rozdzielenie tzw. żeńskich i męskich plemników. Takie zmniejszenie populacji bydła na skutek 100% inseminacji seksowanym nasieniem daje jedynie 1-3,5% redukcji GHG, nawet jeśli doliczy się wspomniany wcześniej, skutek niższej produktywności.

Zwiększenie wskaźnika cielności o 10% skutkuje redukcją emisji GHG o 8,3%. Redukcja ta powstaje z mniejszej liczby krów niezbędnych do wyprodukowania tej samej liczby cieląt, a także z ograniczenia bezproduktywnego okresu utrzymywania krowy.

Innym rozwiązaniem mającym, przynajmniej teoretycznie, przełożenie na liczbę krów, jest wydłużenie okresu laktacji powyżej 305 dni. Ponownie zabieg taki redukuje liczbę krów niezbędnych do wyprodukowania tej samej ilości mleka. Takie wydłużenie o dodatkowe 5 miesięcy skutkuje 10% redukcji GHG.

Poprawa zdrowotności zwierząt jest kolejnym z, wymienionych wcześniej, celów hodowlanych, które obniżają koszty produkcji. Argumentacja jakoby, skądinąd ekonomicznie słuszne,

działanie miało wpływ na obniżenie emisji, bierze się ze sposobu obliczania emisji metanu, będącej pochodną energii brutto paszy. Chore zwierzęta potrzebują więcej energii na potrzeby bytowe, stąd rozumowanie idzie dalej w stwierdzenie, że jest to zwiększenie emisji. Niestety, ale ilość energii brutto, jaka wpływa do bilansu mas, jest taka sama. Takie rozumowanie jest uprawnione dla śladu węglowego 1 l mleka, niemniej emisja metanu bądź się nie zmienia, albo zmienia o 1%.

Ostatnim z zabiegów mitygacyjnych o charakterze hodowlanym jest uzyskiwanie w krótszym czasie docelowej masy ubojowej opasów bydła mięsnego. Redukcja długości opasu o 30% umożliwia ok. 1,5% redukcji emisji CO₂e/szt. Zaznaczyć należy, że końcowa masa ciała i ilość wyprodukowanego mięsa pozostają te same. W praktyce uzyskanie takiego rezultatu oznacza nie tylko istotny postęp hodowlany, ale również wyższe przyrosty oraz odpowiednią jakość żywienia, opartego raczej wyłącznie o pasze treściwe, bez pastwiska.

W ujęciu hodowlanym selekcja prowadzona na mniejszą fermentację jelitową przeżuwaczy, mieści się w obrębie tzw. cech funkcjonalnych. Aktualnie w krajowych programach hodowlanych nie ma ani jednego gatunku, czy rasy, które podlegałyby selekcji na cechy związane z emisją GHG. Brak jest też takich legislacji na poziomie międzynarodowym, chociaż ICAR (International Committee for Animal Recording), będący organizacją pozarządową, zrzeszającą krajowe organizacje prowadzące ocenę hodowlaną bydła, opracował założenia do takiej selekcji, jednak na zasadzie dobrowolności. Pod dość niefachowym terminem kryje się tu ponowne przeżuwanie treści żwacza w jamie gębowej zwierzęcia i uwalnianie w jego trakcie, zgromadzonego w żwaczu metanu. Wykorzystanie tomografii komputerowej w badaniach wielkości żwacza w odróżnieniu od kłopotliwych starszych metod pośrednich lub post mortem, potwierdziło, że ta cecha fenotypowa jest związana z emisją CH₄ i podlega dziedziczeniu. Takie bydło dokładniej trawi paszę i uzyskuje wyższy współczynnik strawności energii, będący podstawą szacowania emisji metanu. Uważa się, że istnieją dwie drogi selekcji przeżuwaczy na redukcję emisji metanu z fermentacji jelitowej. Selekcja bezpośrednia obejmuje prace hodowlane oparte wprost o cechę jaką jest emisja tego gazu, natomiast metoda pośrednia wykorzystuje korelację emisji z innymi cechami wykorzystywanymi już w pracy hodowlanej. Selekcja genetyczna dla cech bezpośrednich, w tym wydajności mleka, strawności paszy, odporności na stres cieplny i odporność na choroby, może zmniejszyć emisję metanu o 9-19% na poziomie pojedynczego zwierzęcia i całego stada. Do tej pory opracowano kilka różnych modeli i wskaźników do prognozowania dla celów hodowlanych produkcji metanu u przeżuwaczy (Cost Action Methagene, 2013). Niektóre z nich wdrażane są w postaci projektów do praktyki produkcyjnej (EIP, 2019; Beef and Livestock New Zealand, 2019; National Livestock Methane Program NLMP).

IV. Systemy utrzymania zwierząt gospodarskich

Pamiętać należy, że w krajowej strukturze rolniczych emisji GHG, zarządzanie nawozami naturalnymi, a więc i emisja z budyneków inwentarskich, stanowi zaledwie 12-14% całego wolumenu.

Stąd informacje zawarte w publikacjach o 40, czy nawet 90% mitygacji któregoś z gazów, przełożą się na zaledwie kilka procent w całościowym ujęciu zarządzania nawozami naturalnymi. Są to jednocześnie najdroższe metody wymagające sporych nakładów inwestycyjnych.

Samo obniżanie temperatury wpływa na zmianę prężności gazów i stąd w zwykłych procesach chemicznych, spadek temperatury zmniejsza emisje GHG z budynków. Jednak w chowie zwierząt, czy całym rolnictwie mamy do czynienia z procesami biochemicznymi. Dla procesów denitryfikacji jako głównego źródła emisji N_2O , temperatura w chowie zwierząt nie ma większego znaczenia (Qu i Zhang, 2021), gdyż optimum procesowe zawiera się tu w przedziale 15-35°C (Liao i in., 2018) i pokrywa z temperaturami optymalnymi dla zwierząt, zwłaszcza na dolnym poziomie przedziału. Jeśli idzie o metan, to różnice w emisji z przechowywania mogą wynosić nawet 100% między latem a zimą, wprost proporcjonalnie do temperatury. W przedziale temperatur 25-34°C na każdy 1°C wzrostu temperatury, emisja rośnie o ok. 1%. Metoda schładzania może być stosowana w kanałach gnojowicowych i polega na obniżeniu temperatury gnojowicy o 10-15°C, a więc dość znacznie.

Największy efekt redukcyjny GHG w utrzymaniu zwierząt uzyskuje się, zmieniając system ściółkowy na bezściółkowy. W metodologii IPCC system bezściółkowy ma współczynnik emisji metanu o połowę niższy niż ściółkowy (0,001 vs. 0,020). Należy przy tym pamiętać, że udokumentowane podwyższenie ściółkowania o 25% w stosunku do standardu, obniża emisję amoniaku prawie o 50% dzięki lepszemu wchłanianiu moczu. Stwierdzenie to odnosi się tylko do chowu bydła i porównania w obrębie głębokiej ściółki. Taka praktyka tylko w niewielkim stopniu (5%) obniża emisję tlenków azotu.

Jeszcze innym rozwiązaniem jest zakwaszanie gnojowicy, które oryginalnie opracowano dla potrzeb mitygacji emisji amoniaku. Faktycznie powoduje ono 70-95% redukcji emisji tego gazu i stosowane jest w szerokim zakresie, bo od budynków rusztowych, przez zbiorniki gnojowicowe, po doglebową aplikację tego nawozu. Klasycznie używa się tu 96% H_2SO_4 i dedykowanych, drogich instalacji ze sterowaniem komputerowym oraz ściśle stechiometrycznymi ilościami wstrzykiwanego kwasu. W związku z optymalnym pH dla procesu metanogenezy, wynoszącym od 6,5 do 8,2, obniżenie $pH < 5$ skutkuje nawet 99% redukcją metanu.

Systemy produkcji żywności wysokiej jakości oparte o podwyższony dobrostan zwierząt, zakładają dla każdego zwierzęcia powiększenie dostępnej powierzchni w budynkach o 20 - 30%. Jako że budynki inwentarskie są bardzo drogie, a ich koszt rozkładany jest na naście i więcej lat, udział w takim systemie wymaga najczęściej zredukowania wielkości posiadanego stada właśnie o 20%, chociaż nie jest to wymogiem. Krajowe rozwiązania idą nawet dalej od europejskich, gdyż proponują wersję z dobrowolnym zwiększeniem powierzchni o 50%. Według stosowanych przez IPCC (2016) metodologii, redukcja populacji o 20% skutkuje o 20% mniejszą emisją GHG.

Poprawa zdrowia zwierząt na bazie optymalizacji warunków środowiskowych chowu, może skutkować mitygacją GHG. Emisja GHG krów z subkliniczną ketozą wzrasta średnio o 2-3% CO_2e/t FPCM (fat and protein corrected milk - mleko o skorygowanej zawartości tłuszczu i białka), a w fazie klinicznej o 6,2% CO_2e/t FPCM. Generalnie, stan choroby zwiększa bezwzględną emisję metanu od pojedynczej krowy o 1-2%, zatem stosunkowo niewiele w stosunku do strat energii, np. zużywaney

na ruch w trakcie pastwiskowania (17%). W końcu większa zachorowalność i niższy poziom dobrostanu, mogą być przyczyną brakowań. Są one przeciwieństwem długowieczności, o której pisano w metodach hodowlanych. U bydła mlecznego długowieczne krowy mogą mieć o 13% mniejszy ślad węglowy 1 l mleka.

V. Precyzyjne żywienie zwierząt gospodarskich

U podstaw opisanych oddziaływań chowu zwierząt na środowisko naturalne leży ich fizjologia, a zwłaszcza trawienie. Jest ono oczywiście bezpośrednio związane z samym żywieniem, które stanowi największą składową kosztów produkcji zwierzęcej, zasadniczo wpływając na jej dochodowość i opłacalność. Wszelkie regulacje w tym zakresie wpływają na wzrost dotychczasowych kosztów (np. zakaz antybiotyków paszowych i mączek mięsno-kostnych, itp.) oraz powodują zmiany w organizacji produkcji.

Im większa koncentracja białka w dawce i mniejsza jego strawność, czyli przyswajanie, tym większe będą ilości wydalanego azotu oraz wielkość emisji amoniaku i tlenu diazotu. Wykazano, że spadek 1% białka w diecie świń powoduje 10% niższą całkowitą zawartość azotu amonowego (TAN) w odchodach świń i niższą o 5% emisję N_2O . Efekt wprowadzenia żywienia dwufazowego w żywieniu warchlaków obniża emisję N_2O o 5% i 10% dla trójfazowego tuczników. Badania wskazują, że obniżenie zawartości białka w paszy dla drobiu o 1% zmniejsza emisję tlenu diazotu o 2-5%. Efekt wprowadzenia żywienia wielofazowego w chowie brojlerów szacowany jest na 5% redukcji emisji N_2O . Obniżony poziom białka ogólnego w żywieniu bydła skutkuje 10% obniżoną emisją N_2O . Precyzyjne żywienie bydła mlecznego z zastosowaniem systemów TMR i PMR oraz białka chronionego, ogranicza emisję N_2O o 10%. Żywienie wielofazowe w chowie bydła mięsnego, redukuje emisję N_2O o 5%, a skierowane jest do dużych stad z intensywnym żywieniem paszami treściwymi, bez udziału pastwiskowania.

Precyzyjne żywienie przeżuwaczy może mitygować również emisję metanu. Jelitowa emisja metanu jest produktem towarzyszącym beztlenowej przemianie materii organicznej w przewodzie pokarmowym każdego zwierzęcia. Jeśli idzie o zwierzęta monogastryczne to generalnie z fermentacji jelitowej emitowane są tu niewielkie ilości metanu, rzędu 1,5 kg CH_4 /szt./rok dla świń, czy 0,03 kg CH_4 /szt./rok dla drobiu. Około 2-12% dostarczonej w paszy dla przeżuwaczy energii brutto, traconej jest na wydzielanie metanu na drodze fermentacji. Konkurencyjnym procesem jest natomiast powstawanie kwasu propionowego, wiążącego wodór. Stosunek tych dwóch wymienionych lotnych kwasów tłuszczowych zależy w dużej mierze od rodzaju węglowodanów zawartych w pożywieniu.

Produkcja metanu maleje wraz ze wzrostem koncentracji dawki pokarmowej. Obniża to również zawartość azotu w odchodach, redukując emisję tlenków azotu w trakcie przechowywania nawozów naturalnych. Przejście krów z żywienia paszą pełnoporcjową na żywienie pastwiskowe powoduje zwiększenie tempa metanogenezy zachodzącej w żwaczu, a więc

zwiększa emisję metanu. Trawienie jednostki celulozy zwiększa 3-krotnie emisję metanu w stosunku do jednostki hemicelulozy, a obie wspomniane przewyższają wielkością emisji fermentację łatwo rozpuszczalnych węglowodanów. Dla krów o tej samej wydajności mlecznej, zmiana żywienia z pasz treściwych na pastwiskowanie, zwiększa jelitową emisję metanu o ok. 30%.

Suplementacja diety przeżuwaczy tłuszczami niechronionymi (np. olej lniany, słonecznikowy) zmniejsza emisję metanu z fermentacji jelitowej na drodze kilku mechanizmów. Nawet dodatek drożdży z gatunku *Saccharomyces cerevisiae* hamuje octanogenną mikroflorę żwacza i w ten sposób zmniejsza emisję metanu w granicach 7%.

Wydawałoby się, że ze względu na obecność w żwaczu mikroflory, o bardzo szerokim zakresie możliwości biochemicznego trawienia przeróżnych związków, paszowe dodatki enzymów nie mają większego znaczenia. Jednak uzupełnienie składu paszy o celulazę i hemicelulazę, zwiększa strawność włókna i produktywność zwierząt, obniżając emisję metanu nawet o 10%.

Na końcu wspomnieć należy o dodatku paszowym jakim jest 3-nitrooxypropanol (3NOOP). Jako preparat handlowy 3NOOP dopuszczony jest w żywieniu bydła w takich krajach jak USA, czy Brazylia. Zyskał on również aprobatę na rynek EU. Jego skuteczność oceniana jest nawet na 40% redukcji emisji metanu.

Zarządzanie pastwiskiem/wypasem składa się z wielu praktyk i obejmuje różne cele, począwszy od optymalizacji bazy paszowej, po ochronę różnorodności biologicznej. Intensywność wypasu, stadium fenologiczne spasanых traw (dojrzałość), czy sposób wypasu (kwaterowy, rotacyjny, wolny), to narzędzia zarządzania, które manipulują dostępnością lub jakością paszy. Wcześniejszy o 2 tygodnie wypas przeżuwaczy może ograniczyć emisję metanu o 10%. Nie ulega natomiast wątpliwości, że zapotrzebowanie na energię brutto w dawce pokarmowej dla zwierząt pastwiskowanych, zwiększa się o 17% dla wydajnych pastwisk użytkowanych w systemie kwaterowym i 37% dla rozległych pastwisk w wolnym wypasie. Tylko z tego tytułu wzrost emisji z fermentacji jelitowej będzie 2 razy większy w tym ostatnim systemie, czego nie należy mylić z całkowitą emisją.

VI. Sekwestracja ditlenku węgla w glebie

Według aktualnego stanu wiedzy ziemskie gleby przechowują globalnie około 2400 miliardów ton węgla organicznego na głębokości do 2 m, co stanowi więcej niż suma przechowywana w roślinności i atmosferze razem wzięta. Około 50% z tej kwoty znajduje się w pierwszych 30 cm profilu glebowego. Podejmując temat sekwestracji zaznaczyć należy, że węgiel glebowy występuje w dwóch formach: nieorganicznej i organicznej. Około 75% węgla zawartego w glebie występuje w formie organicznej (Fargione i in., 2018).

Sekwestracja węgla w glebie to proces przenoszenia CO₂ z atmosfery do gleby przez rośliny, resztki roślinne i inne organiczne ciała stałe, które są zatrzymywane jako część materii organicznej gleby. Długotrwała sekwestracja węgla w glebie jest silnie uzależniona od tempa rozkładu materii organicznej w tym węgla organicznego gleby (SOC, Corg) i jego stabilności. Mimo, że w rzeczywistości

sama gleba nie oddycha, to jednak rozkład węgla organicznego przez drobnoustroje glebowe, skutkuje uwalnianiem CO₂ do atmosfery. Oddzielenie przestrzenne materii organicznej gleby od drobnoustrojów glebowych, mające miejsce choćby poprzez fizyczną okluzję w obrębie agregatów glebowych, ogranicza dostępność substratu, zmniejszając w ten sposób rozkład SOC.

Sekwestracja jest procesem jednokierunkowym, ale w rzeczywistości jako jej przeciwstawienie, cały czas zachodzi także mineralizacja materii organicznej z uwolnieniem/emisją CO₂ z gleby. Z punktu widzenia przeciwdziałania zmianie klimatu, zależy nam, aby sekwestracja miała jak najtrwalszy charakter. Rozkład SOC, jego mineralizacja są szczególnie ograniczone w przypadku mikroagregatów i składników ilastych oraz gliniastych, co powodowane jest z jednej strony ograniczoną dostępnością tlenu jako reagenta chemicznego, z drugiej dostępnością związków organicznych jako substratów pokarmowych dla drobnoustrojów glebowych. Osobnym problemem jest orne użytkowanie gleb organicznych, które bezwzględnie powinny zostać wyłączone z użytkowania rolniczego, a w najgorszym razie zmienione właśnie na TUZ o ekstensywnym użytkowaniu. Celem takiego postępowania jest wyeliminowanie olbrzymiej emisji powstającej na skutek murszenia/mineralizacji takich gleb pod wpływem stosowania orki/natlenienia.

VII. Nawożenie i uprawa

Uprawy okrywowe/międzyplony zwiększają zagospodarowanie składników pokarmowych gleby, ograniczają ich straty w postaci spływu powierzchniowego i podpowierzchniowego oraz wymywania w głąb profilu glebowego. Jednocześnie ich przyorywanie/wymieszanie z glebą, zwiększa sekwestrację węgla organicznego. Niestety biomasa, pozostająca po uprawie międzyplonów o wąskim stosunku C:N, podobnie jak i zastosowane nawożenie pod rośliny okrywowe, mogą być czynnikami nasilającymi emisję N₂O. Potencjał sekwestracji węgla w glebie waha się tu od 0,03 t CO₂/ha do 1,5 t CO₂/ha.

W systemie bezorkowym/ uprawie konserwującej/ uprawie uproszczonej, nie występuje klasyczne odwracanie wierzchniej warstwy gleby i mieszanie, a jedynie wzruszenie powierzchni gleby na głębokość 5-15 cm. Najwyższym stadium jest tu uprawa zerowa, w której dokonuje się siewu bezpośredniego, wprost do gleby bez jej uprawy lub, w którym uprawa ogranicza się jedynie do spulchnienia bruzdki siewnej. Modyfikacją uprawy bezorkowej jest także uprawa pasowa. Pozostawione resztki roślinne i samosiewy spełniają rolę ochronną przed erozją, zatrzymują śnieg, wodę i wiatr. Redukcja zabiegów agrotechnicznych w systemie bezorkowym ogranicza emisję CO₂ uwalnianego z gleby w trakcie mineralizacji substancji organicznej, powodowanej destrukcją agregatów glebowych, towarzyszących klasycznej orce.

Wieloletnie badania wskazują, że stosowanie konserwującej uprawy roli oddziałuje nie tylko na podwyższenie zawartości węgla organicznego w glebie, ale i azotu oraz przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu, w porównaniu z wartościami stwierdzonymi w warunkach płuźnej uprawy roli (Smagacz 2020). W glebach tego systemu uprawy obserwuje się ponadto

zwiększenie liczby bakterii, promieniowców i grzybów oraz aktywności enzymatycznej, czyli bioróżnorodności gleby.

Kolejną metodą mitygacji GHG z gleby jest precyzyjne nawożenie, w tym sporządzanie planów nawozowych. Celem jest tu właściwe zarządzanie nawożeniem dostosowanym do zasobności gleb w azot, fosfor, potas, magnez, wapń (N, P, K, Mg i Ca) i potrzeb roślin z wykorzystaniem analizy gleb i systemów wspomaganie decyzji w zakresie nawożenia. Pozwala to na zastosowanie optymalnych dawek nawozów i uniknięcie nadmiarowego wprowadzenia, które jest źródłem wymywania i emisji. Potencjał mitygacyjny tej metody wynika głównie ze zmniejszonej emisji bezpośredniej i pośredniej N_2O i nie przekracza 1 kg N_2O /ha. W gospodarstwach, gdzie stosowano precyzyjne nawożenie, obserwowano zwiększenie produkcji roślinnej o 4% i efektywności wykorzystania nawozów o 7%.

Inhibitory nityfikacji spowalniają biologiczne utlenianie (nityfikację) azotu amonowego do azotu azotanowego ($N-NO_2$) i tworzenie się azotu azotanowego ($N-NO_3$), realizowane w glebie głównie przez bakterie z rodzaju *Nitrosomonas* i *Nitrobacter*. Inhibitory nityfikacji ograniczają aktywność enzymatyczną tych bakterii. Wykazano, że inhibitory nityfikacji ograniczają emisję tlenu diazotu o 35-100%, zwiększając plony roślin o 5-6% oraz poprawiając efektywność wykorzystania azotu z nawozów o 5-13%. Praktyka ta pozwala na ograniczenie emisji GHG na poziomie 0,007-0,008 kt CO_2e /ha/rok.

VIII. Mikroinstalacje do produkcji biogazu rolniczego

Biogaz jest produktem procesów rozkładu materii organicznej, zachodzących w warunkach beztlenowych. Istotą szeregu zachodzących tu przemian biochemicznych jest rozkład wielkocząsteczkowych substancji organicznych, jak węglowodany, białka i tłuszcze do produktów jakimi są metan, ditlenek węgla i woda, a także szereg innych związków lotnych (siarkowodor, tlenki azotu, tlenek diazotu, itd.). Redukcję emisji CO_2e /kWh z biogazowni z kogeneracją energii elektrycznej, wycenia się w przedziale 22-75% w zależności od stosowanego substratu w porównaniu do paliwa kopalnego, jakim jest węgiel. Z punktu widzenia emisji w rolnictwie, efekt mitygacyjny biogazowni, wycenia się jako tzw. emisję zaniechaną i pod uwagę bierze się potencjalną emisję dla nawozów naturalnych. Nie tyle sam proces fermentacji metanowej, ile spalanie biogazu, pozwala na redukcję emisji metanu o 51-53%, a jeśli idzie o tlenek diazotu o 20-40% (Giuntoli i in., 2017; Olsen i in., 2021; Scholwin i in., 2019).

IX. Znaczenie Planu Strategicznego dla WPR na lata 2023-2027 dla mitygacji zmian klimatu

W Planie Strategicznym dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023-2027, wprowadzono Warunkowość, która stanowi połączenie wymogów zazielenienia i zasady wzajemnej zgodności (podstawowe wymogi w zakresie zarządzania (SMR) oraz normy dobrej kultury rolnej zgodnej z ochroną środowiska (GAEC)). Warunkowość odnosi się do takich obszarów jak: klimat i środowisko, zdrowie publiczne, zdrowie zwierząt i zdrowie roślin, dobrostan zwierząt. Są to wymogi

obowiązkowe, które muszą spełniać rolnicy ubiegający się o płatności bezpośrednie oraz niektóre płatności w ramach interwencji II filara. W przypadku ich nieprzebrzegania przez rolnika, dokonywane będzie odpowiednie zmniejszenie przyznawanych płatności.

Plan Strategiczny dla WPR na lata 2023-2027 wprowadza także nowy element płatności bezpośrednich, jakimi są ekoschematy. Są to dobrowolne dla rolników systemy płatności za realizację praktyk korzystnych dla środowiska i klimatu oraz dobrostanu zwierząt, które wykraczają ponad wymogi określone w warunkowości. Instrument ten został tak zaprojektowany, aby w jak największym stopniu realizować korzyści środowiskowe, a zarazem zachęcić rolników do aktywnego zaangażowania się w realizację działań na rzecz ochrony środowiska i klimatu. Ekoschemat - Rolnictwo węglowe i zarządzanie składnikami odżywczymi dotyczy m.in. sekwestracji ditlenku węgla w glebie. W szczególności takie praktyki, jak: Uproszczone systemy uprawy, Stosowanie nawozów naturalnych płynnych innymi metodami niż rozbryzgowo, Wymieszanie obornika na gruntach ornych w terminie 12 godzin od jego aplikacji, czy Ekstensywne użytkowanie TUZ z obsadą zwierząt i Opracowanie i przestrzeganie planu nawożenia (wariant podstawowy i wariant z wapnowaniem), odegrają także znaczną rolę w redukcji emisji tlenu diazotu. Praktyka dotycząca Opracowania i przestrzegania planu nawożenia, propagująca racjonalne nawożenia, wpłynie na redukcję wolumenu stosowanych azotowych nawozów mineralnych, co w konsekwencji zredukuje emisję tlenu diazotu. Taki też wymiar ma wariant dotyczący wapnowania, przeciwdziałającego zakwaszaniu gleb. Niskie pH zmniejsza efektywność wykorzystania azotu i silnie ogranicza sekwestrację węgla w glebie. Sam proces wapnowania jest źródłem emisji ditlenku węgla, co ewidencjonuje w swoich szacunkach KOBIZE. Niemniej w dalszej perspektywie maleje emisja N_2O oraz wzrasta zawartość materii organicznej w glebie.

W zakresie interwencji na rzecz rozwoju obszarów wiejskich ENVCLIM - Zobowiązania związane ze środowiskiem, klimatem i inne zobowiązania w dziedzinie zarządzania, wspierane będzie rolnictwo ekologiczne. Z racji zakazu stosowania w tym systemie produkcji azotowych nawozów mineralnych, ma on wybitne działanie mitygacyjne i może wpływać na redukcję GHG.

Komplementarnymi działaniami przyczyniającymi się przeciwdziałaniu zmianom klimatu są interwencje, które pozwolą wdrażać przez gospodarstwa praktyki ograniczające emisję N_2O . Interwencja sektorowa „Działania na rzecz ochrony środowiska oraz łagodzenia zmian klimatu” obejmuje włączenie sektora owoców i warzyw w działania na rzecz ochrony środowiska naturalnego oraz w działania na rzecz łagodzenia zmian klimatycznych. W ramach interwencji wspierane będą inwestycje w aktywa materialne i niematerialne, dotyczące systemów przyczyniających się do ograniczenia zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery, w tym gazów cieplarnianych, a także instalacje produkujące energię z odnawialnych źródeł, wykorzystywaną dla potrzeb związanych z działalnością organizacji producentów lub zrzeszenia organizacji producentów owoców i warzyw. Wsparty będzie tu również zakup maszyn lub urządzeń do niskoemisyjnej aplikacji nawozów (np. doglebowa aplikacja, aplikacja nawozów z wykorzystaniem rozwiązań cyfrowych) i uprawy bezorkowej. Wszystkie wymienione elementy oddziałują na wielkość emisji GHG.

Kolejny zakres inwestycji przewidzianych w Planie Strategicznym dla WPR na lata 2023-2027 „Inwestycje poprawiające dobrostan bydła i świń” w sposób pośredni zredukuje środowiskowe oddziaływanie chowu tych dwóch gatunków. Promowanie podwyższonych warunków utrzymania zwierząt, które są lepiej dostosowane do ich potrzeb, pozwala na uzyskiwanie wyższej zdrowotności zwierząt, a także produktywności. Parametry te redukują wielkość wydalanego azotu (Nex) oraz traconej energii brutto, co w konsekwencji mityguje emisję tlenków azotu, a nawet metanu z fermentacji jelitowej. Poprawa mikroklimatu w budynkach inwentarskich (dotyczy bydła lub świń) nie tylko polepszy zdrowotność zwierząt, ale także, eliminując stres termiczny, poprawi wykorzystanie białka i energii paszy, redukując tym samym emisję GHG i amoniaku.

Zakup systemów zarządzania stadem pozwoli na precyzyjny monitoring zdrowia, co jak już wcześniej opisano, ma wpływ na wielkość Nex, strawność i emisje gazowe, w tym metanu z fermentacji jelitowej. Wsparcie dla wyposażenia pastwisk, umożliwiających bezwiewiowy wypas, zwiększy udział pastwiskowania w żywieniu przeżuwaczy, a od jakości runi pastwiskowej i sposobu spasanania, zależec będzie tu finalny efekt emisji. Niewątpliwie największe znaczenie dla powstawania emisji, będzie miało szybkie usuwanie odchodów, dzięki zakupowi autonomicznych, samobieżnych urządzeń do czyszczenia podłóg. Czas i powierzchnia zalegania odchodów, mają pierwszorzędne znaczenie dla wielkości powstałych w budynku emisji gazów.

Inwestycje w gospodarstwach rolnych w zakresie OZE i poprawy efektywności energetycznej pod względem emisyjności, mają bezpośrednie i pośrednie znaczenie. Inwestycje te obejmują w Planie Strategicznym dla WPR na lata 2023-2027 budowę lub zakup nowych urządzeń do produkcji energii z biogazu rolniczego (elektryczna lub ciepło, lub paliwo gazowe) do 50 kW lub instalacji produkujących energię z promieniowania słonecznego do 50 kW wraz z magazynami energii i systemami zarządzania energią lub z pompą ciepła. Możliwe jest tu również instalowanie systemów poprawiających efektywność energetyczną budynków gospodarskich służących produkcji rolnej. Zredukowana zostanie tu typowa dla klasycznej energetyki, emisja CO₂ i węglowodorów alifatycznych. Ten sam efekt pośredni, powielony zostaje dla wykorzystania fotoogrnw, czy całości energooszczędnych rozwiązań produkcyjnych.

W zakresie inwestycji przyczyniających się do ochrony środowiska i klimatu przewidziano wsparcie wyposażania gospodarstw w płyty, zbiorniki lub urządzenia do przechowywania nawozów naturalnych lub kiszzonek, niskoemisyjne utrzymanie zwierząt gospodarskich, z wyłączeniem bydła i świń, zakup nowych maszyn lub urządzeń do uprawy gleby pasowej lub bezorkowej - bezpłużnej. Efektywność takich zabiegów omówiono już wcześniej, a same inwestycje, pozwolą gospodarstwom na ich aplikację w praktyce. Również w zakresie adaptacji do zmian klimatu oraz ograniczenia oddziaływania niekorzystnych warunków pogodowych i przewidzianych tu instalacji poprawiających wentylację lub obniżających temperaturę w budynkach inwentarskich (z wyłączeniem budynków dla bydła i świń) oraz systemów wspomagania decyzji, we wcześniejszych zapisach omówiono ich działanie mitygacyjne.