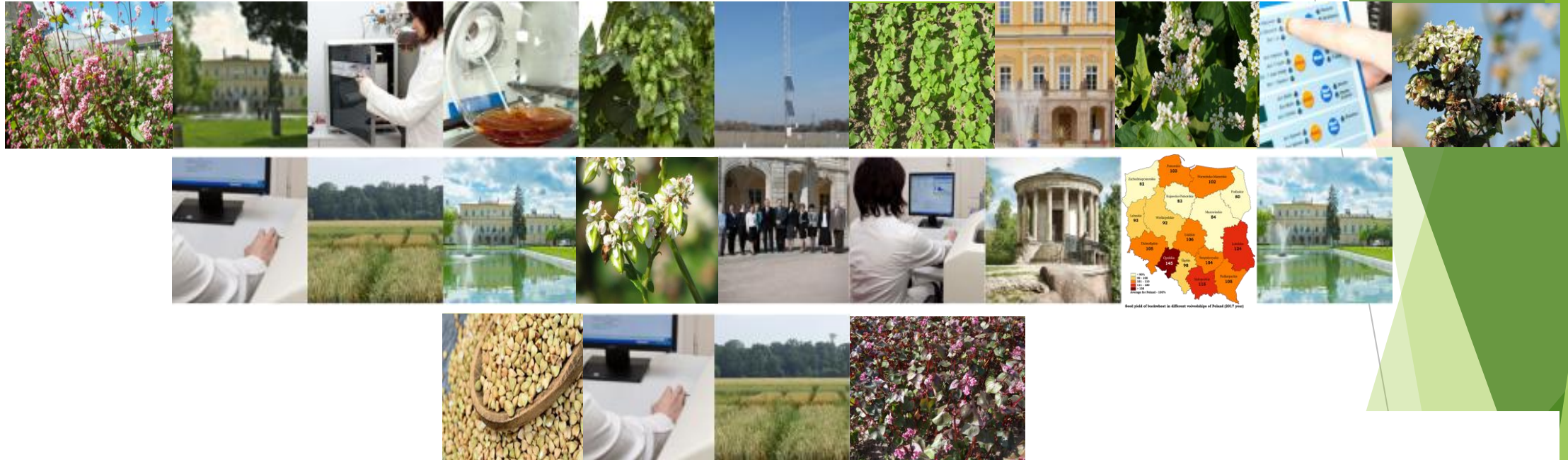


Rolnictwo węglowe jako sposób na poprawę żyzności gleb w Polsce

ZADANIE 2.5 DC

DOSKONALENIE UPRAWY MIĘDZYPLONÓW

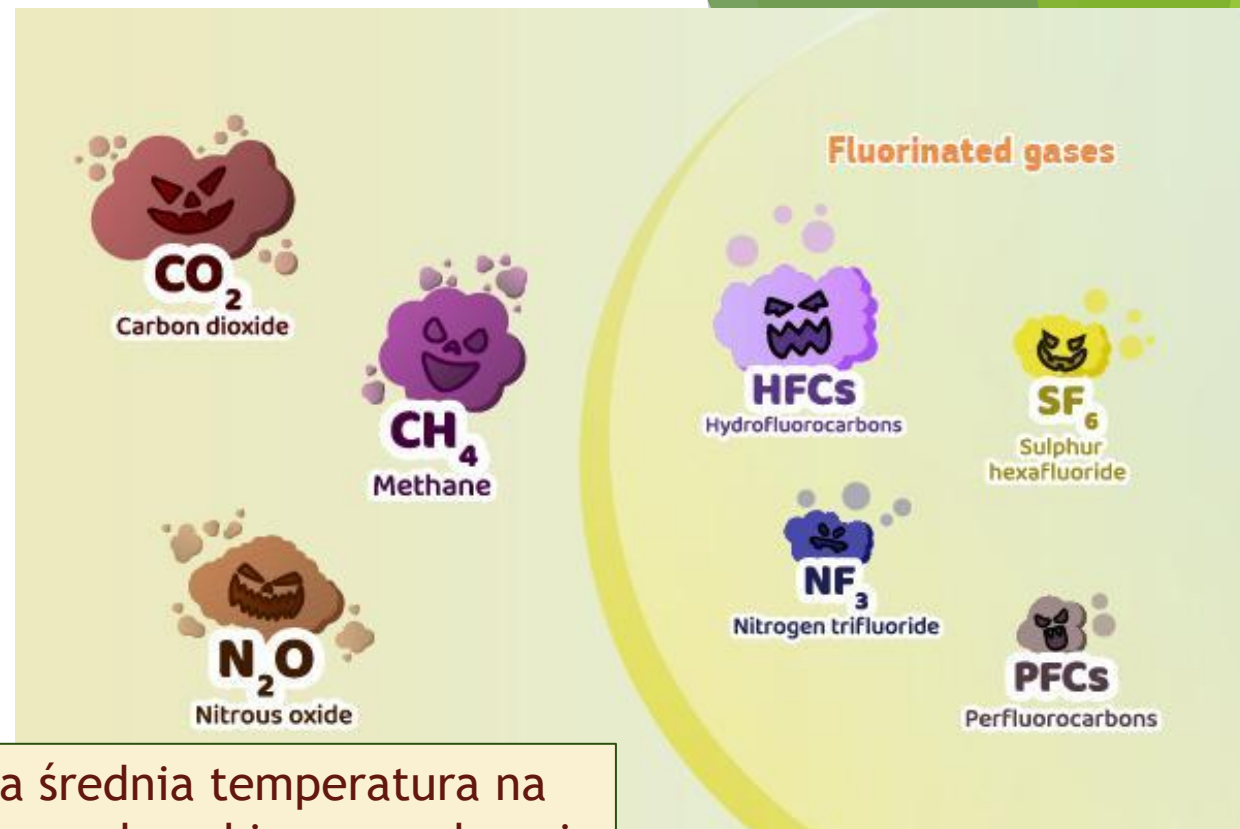


Instytut Uprawy
Nawożenia i Gleboznawstwa

prof. dr hab. Grażyna Podolska
Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –
Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Zmiany klimatyczne

- zwiększenie efektu cieplarnianego
- globalnego ocieplenia



- Lata 2015-2024 były najcieplejszą dekadą w historii, a średnia temperatura na świecie w 2024 r. wyniosła 1,55 °C powyżej poziomu sprzed epoki przemysłowej.
- Globalne ocieplenie wywołane przez człowieka rośnie obecnie w tempie 0,25 °C na dziesięć lat. wiąże się to z poważnymi negatywnymi skutkami dla środowiska naturalnego oraz zdrowia i dobrostanu ludzi. powoduje ryzyko wystąpienia niebezpiecznych i potencjalnie katastrofalnych zmian w środowisku globalnym.
- należy utrzymać ocieplenie znacznie poniżej 2 °C i kontynuować działania na rzecz ograniczenia tego wzrostu do 1,5 °C.

Całkowite emisje globalne

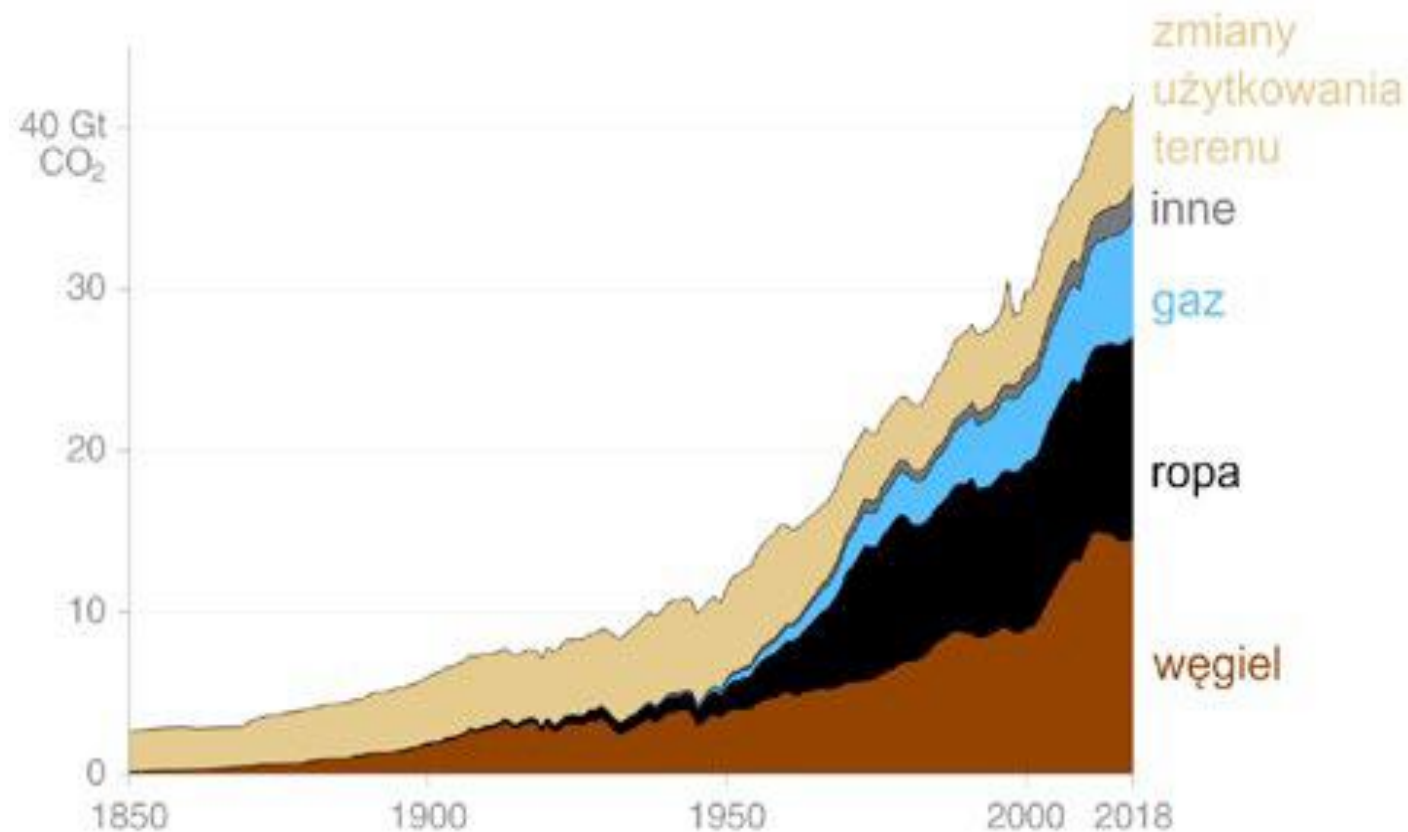
Roczne emisje dwutlenku węgla w gigatonach CO₂

W wyniku spalania węgla, ropy naftowej i gazu a także zmian użytkowania terenu oraz z innych źródeł (głównie produkcji cementu).

Paliwa gazowe (gaz ziemny i oparte na nim produkty) - 50-62 [kgCO₂/GJ]

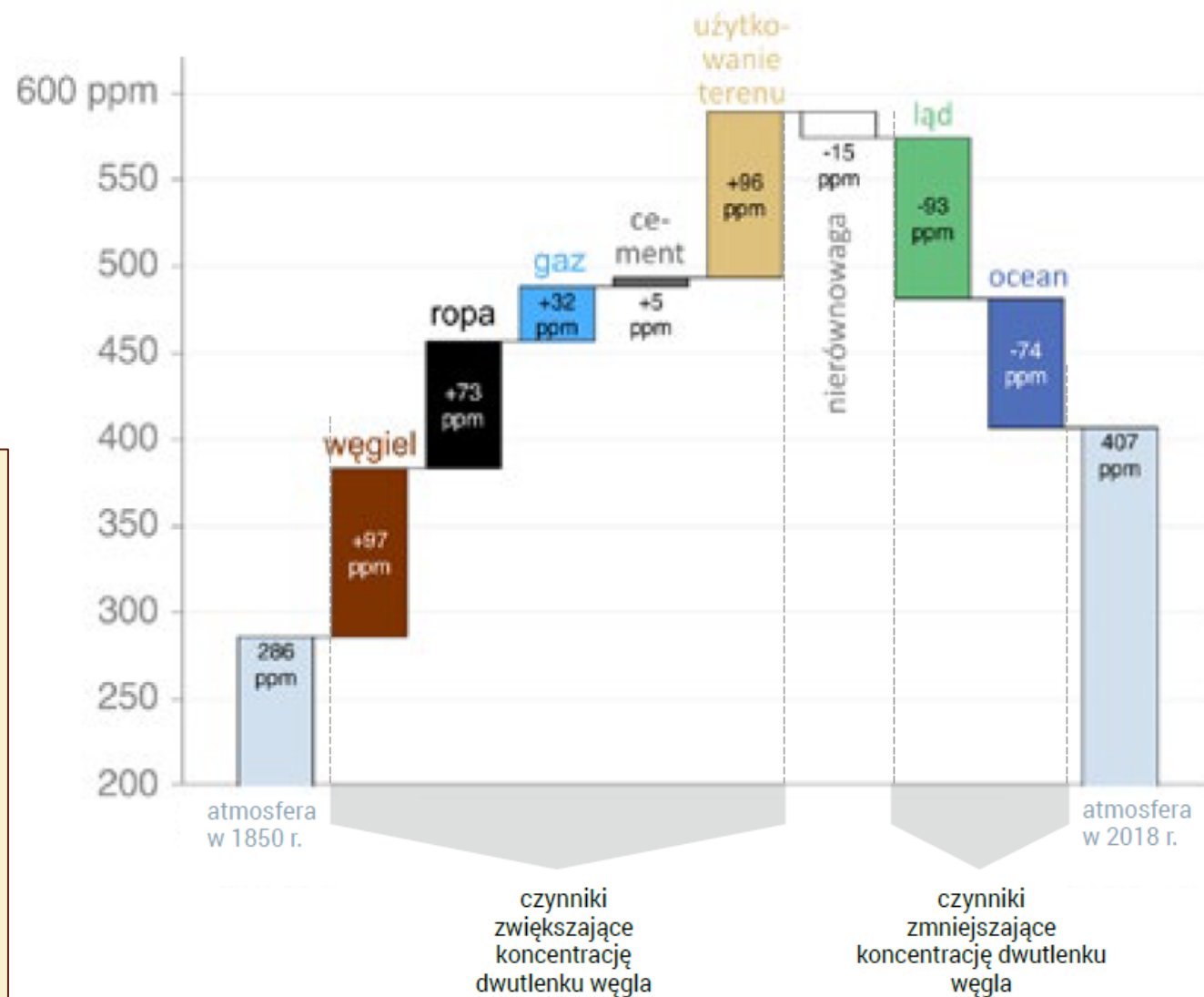
Paliwa na bazie ropy naftowej 69-75

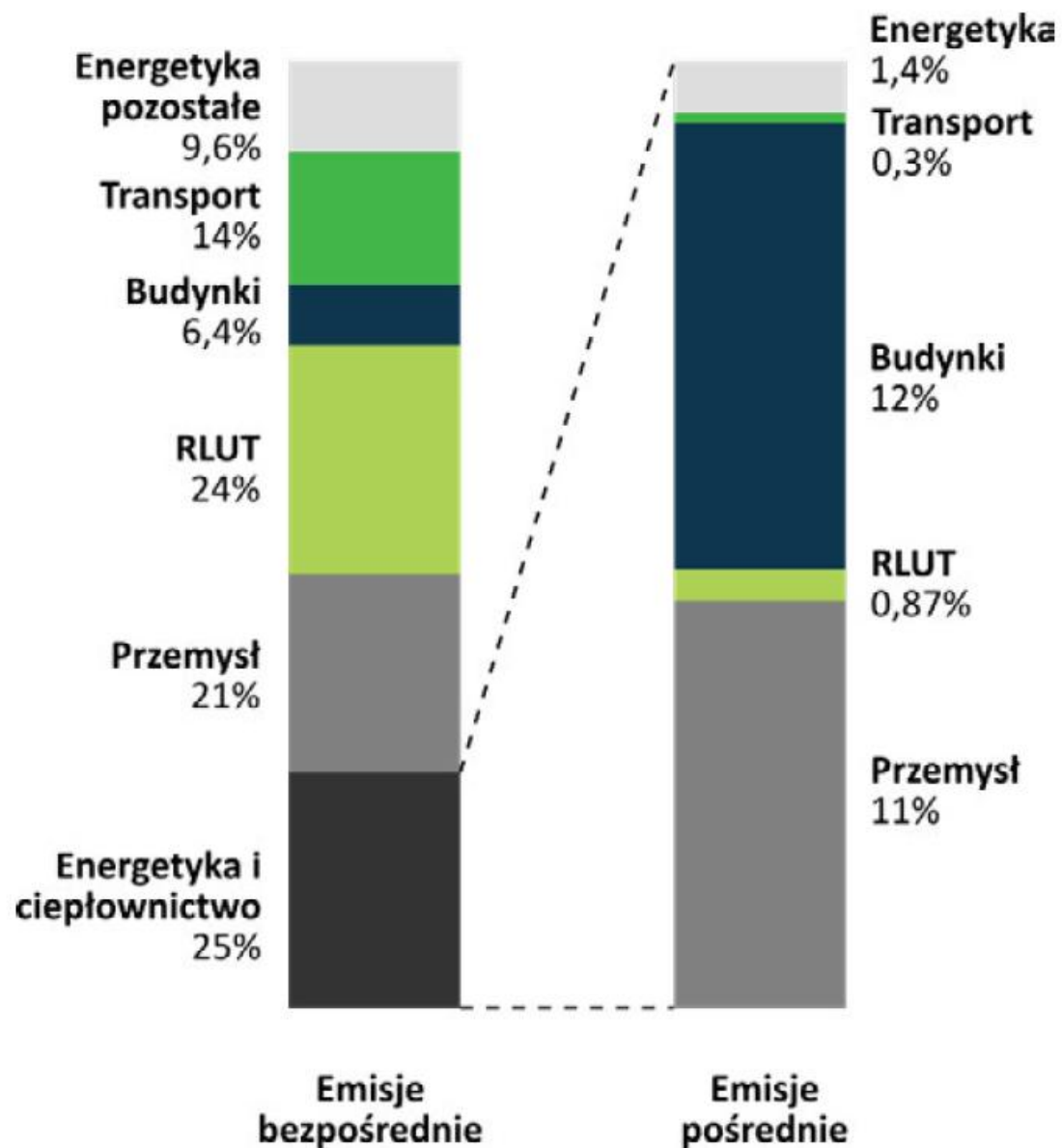
Węgiel (różne klasy) 79-110



Zmiana koncentracji CO₂ w związku z działalnością człowieka

Diagram pokazujący, jak poszczególne źródła dwutlenku węgla związane z działalnością człowieka dołożyły się do koncentracji dwutlenku węgla w atmosferze oraz jak obniżyło ją pochłanianie dwutlenku węgla przez ekosystemy lądowe i oceany





Podział całkowitych emisji gazów cieplarnianych (w przeliczeniu na ekwiwalent CO₂) pomiędzy poszczególnymi sektorami gospodarki

RLUT-rolnictwo, leśnictwo, użytkowanie terenu i jego zmiany

„Budynki” to budynki mieszkalne, komercyjne czy użyteczności publicznej”

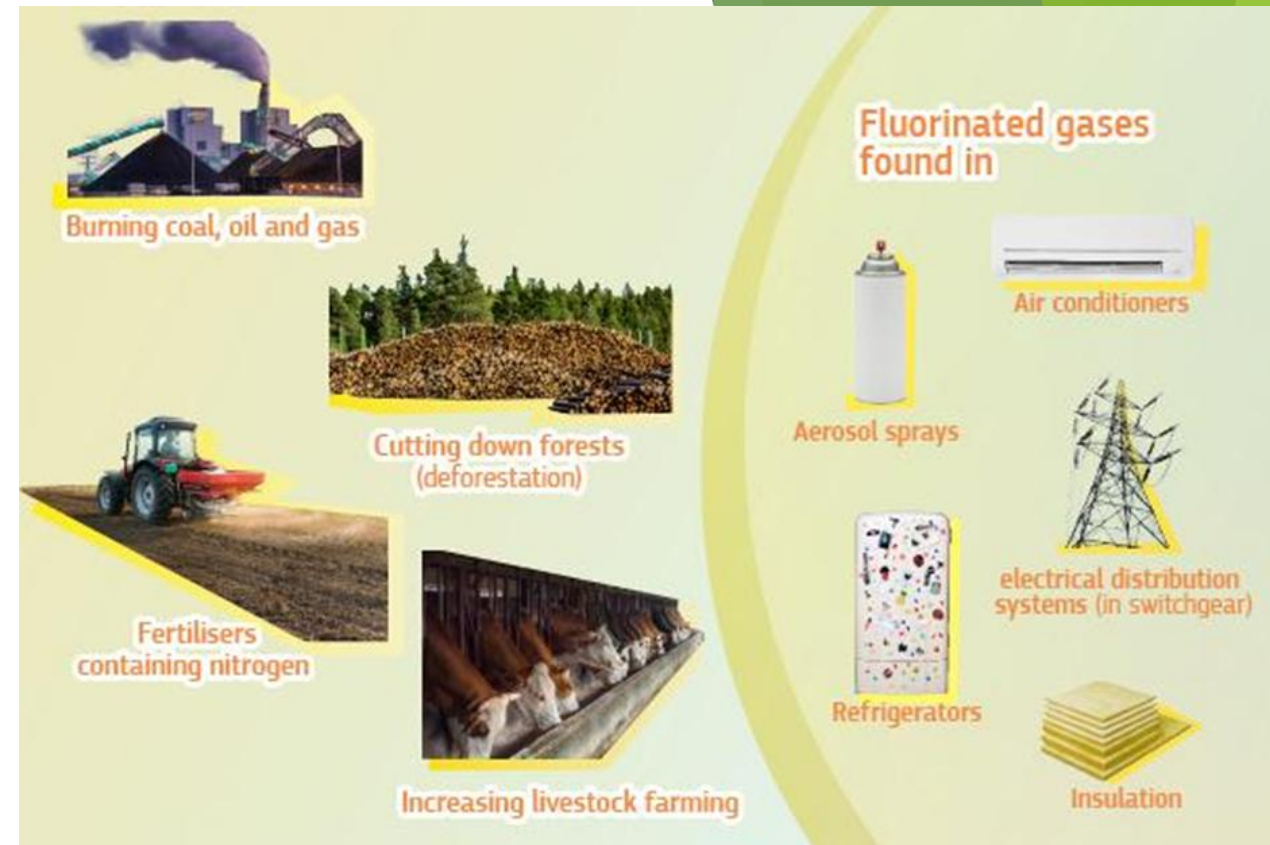
Źródła emisji - RLUT

RLUT odpowiada za 20-25% antropogenicznych emisji gazów cieplarnianych (zmiana użytkowania terenu, erozja gleb, użycie nawozów sztucznych (N_2O), hodowla zwierząt i użycie nawozów naturalnych).

- Szczególnie obciążającym dla klimatu działem rolnictwa jest hodowla zwierząt, która odpowiada w sumie za ok. 14,5% całości antropogenicznych emisji, w tym:
 - emisje związane z wyżywieniem zwierząt,
 - metan powstający we wnętrznościach przeżuwaczy,
 - magazynowanie i przetwarzanie obornika,
 - przetwarzanie mięsa, przechowywanie oraz transport mięsa.
- Wyprodukowanie żywności na bazie roślin wymaga, średnio rzecz biorąc, mniejszych nakładów (terenów uprawnych, wody, nawozów) i wiąże się z mniejszymi emisjami gazów cieplarnianych niż produktów odzwierzęcych.

Przyczyny wzrostu emisji

- Spalanie węgla, ropy i gazu
- Wycinanie lasów (wylesianie).
- Intensywna hodowla zwierząt gospodarskich..
- Nawozy azotowe powodują emisję tlenków azotu.
- Fluorowane gazy cieplarniane



Geneza rolnictwa węglowego

1. Kontekst zmian klimatycznych
2. Wzrost koncentracji CO₂ w atmosferze przyczynia się do globalnego ocieplenia.
3. Sektor rolny jest jednym z głównych emitentów gazów cieplarnianych (GHG), zwłaszcza metanu (CH₄) i podtlenku azotu (N₂O), ale także CO₂.
4. Potrzeba zrównoważenia emisji i ich pochłaniania doprowadziła do poszukiwania „negatywnych emisji” - czyli działań, które usuwają CO₂ z atmosfery.



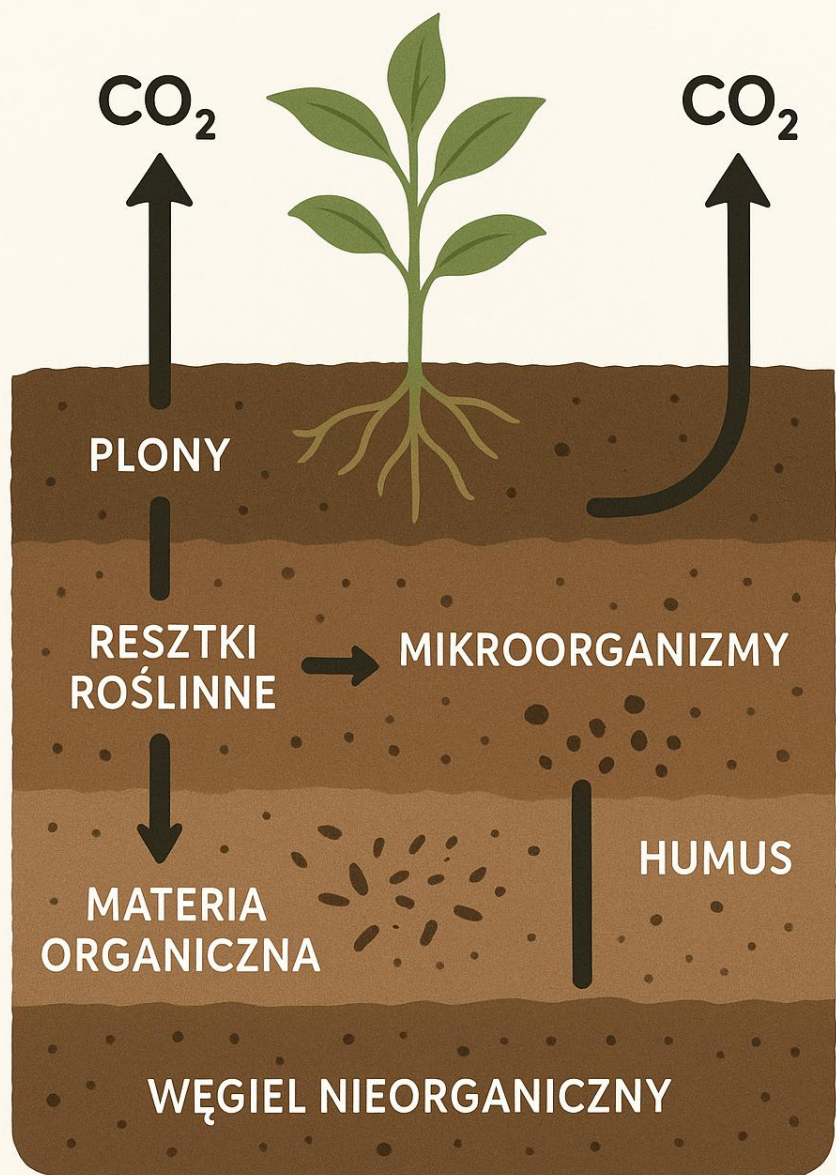
Rolnictwo węglowe (ang. carbon farming) to praktyka gospodarowania ziemią, której głównym celem - oprócz produkcji rolnej - jest sekwestracja (pochłanianie) dwutlenku węgla z atmosfery i jego magazynowanie w glebie oraz biomasie roślinnej

rolnictwo węglowe" (ang. *carbon farming*)
pochodzi od głównego celu tej praktyki, czyli
zwiększenia zdolności gleby i roślin do
pochłaniania i magazynowania węgla
atmosferycznego, a konkretnie dwutlenku
węgla (CO₂), który jest jednym z głównych
gazów cieplarnianych.

"Rolnictwo" - odnosi się do działalności związanej z uprawą roślin, hodowlą zwierząt i zarządzaniem gruntami.

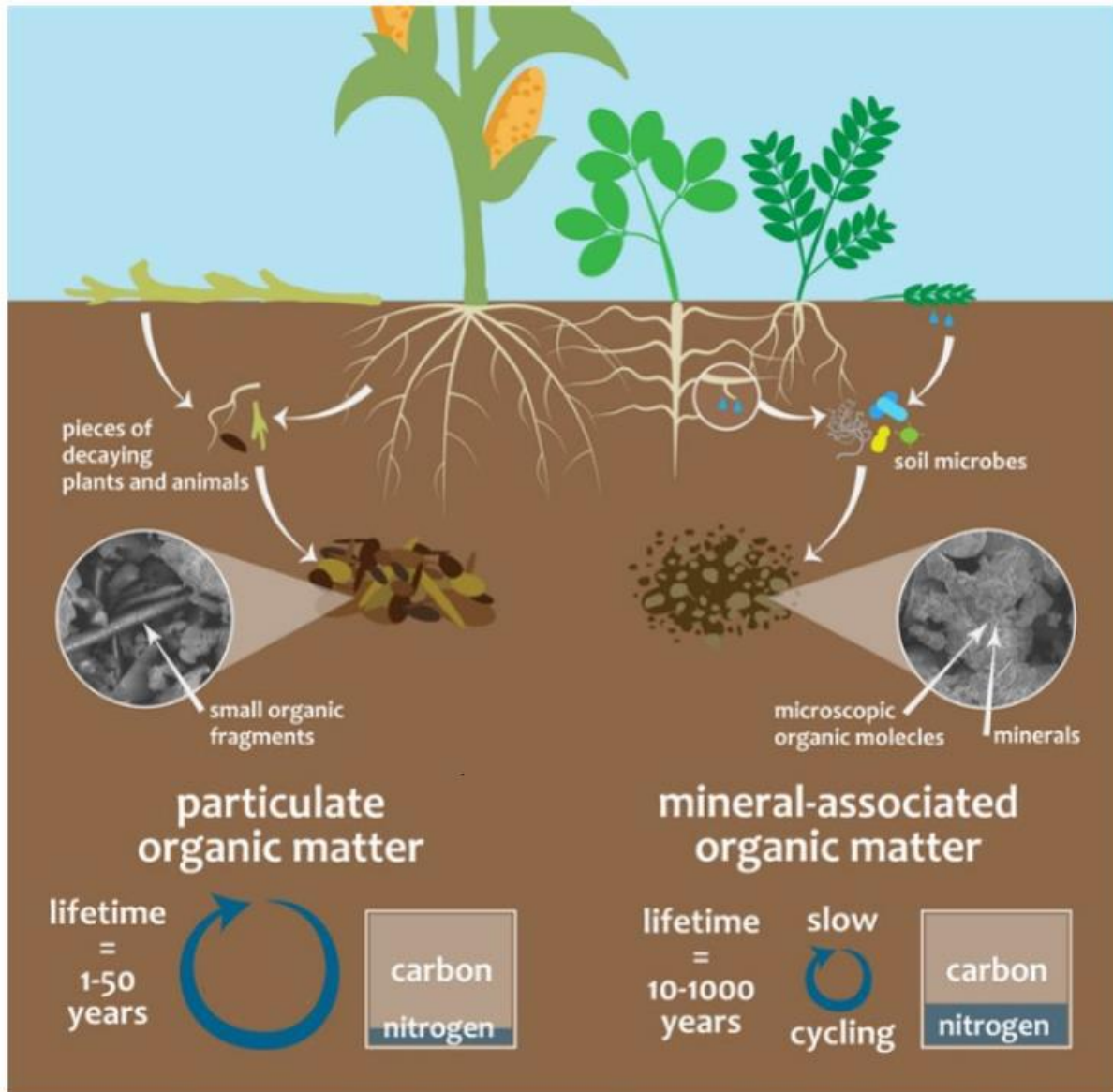
„Węglowe" - pochodzi od słowa "węgiel", w kontekście chemicznym - chodzi o pierwiastek C (carbon), który w atmosferze występuje głównie w postaci CO₂.

OBIEG WĘGLA W GLEBIE



1. Rośliny pobierają dwutlenek węgla (CO_2) z atmosfery i wiążą go w swojej biomase podczas fotosyntezy.
2. Po zebraniu **plonów** część węgla opuszcza obieg glebowy (np. w żywności czy paszach).
3. Resztki roślinne (korzenie, liście, łodygi) pozostają w glebie.
4. Mikroorganizmy glebowe rozkładają te resztki, przekształcając je w materię organiczną.
5. Materia organiczna częściowo ulega dalszej przemianie w **humus**, który jest stabilną formą węgla w glebie i długo się utrzymuje.
6. W procesach oddychania mikroorganizmów i mineralizacji powstaje CO_2 , który wraca do atmosfery.
7. Część węgla przechodzi także w formy **nieorganiczne** (np. węglany), które są trwałym magazynem węgla w glebie.

Struktura glebowej materii organicznej



Frakcje GMO	Udział	Cecha
Węgiel zawarty w mikroorganizmach glebowych	1-5%	Nietrwałość aktywność
Drobnocząsteczkowa materia organiczna	5-25%	Nietrwałość aktywność
Materia organiczna związana z minerałami	50-75%	Duży stopień trwałości i aktywności
Humus	5-20%	Stołość, stabilność

Uwalnianie azotu

C:N<15 - straty N z gleby

C:N=15-22-formy dostępne dla roślin

C:N>22-33 -związanie azotu przez mikroorganizmy

Wzrost zawartości humusu

Budowanie zasobów próchnicy

Węgiel organiczny ($C_{org.}$) występuje w glebie w postaci **substancji humusowych**, czyli **próchnicy** oraz substancji niehumusowych -tłuszczowców, węglowodanów i ligniny.

W wyniku **humifikacji**, czyli rozkładu pierwotnej **substancji organicznej** tworzy się w efekcie **próchnica**.

Związki węgla oraz ich połączenia organiczno - mineralne mogą występować w formie nierozpuszczalnej oraz rozpuszczalnej dlatego sposób użytkowania gruntów może skutkować jego zachowaniem lub utratą.



Źródło: pxhere.com (otwarta licencja
creative commons)

Materia organiczna

Funkcja

- bierze udział w tworzeniu gleb
- kształtuje właściwości chemiczne, sorpcyjne, buforowe i biologiczne
- stanowi źródło składników pokarmowych, oddziałuje na wzrost i rozwój roślin,
- dostarcza mikroorganizmom glebowym energii i węgla
- bierze udział w wymianie jonowej, stabilizuje pH
- wiąże pierwiastki toksyczne dla roślin i pestycydy oraz hamuje rozwój niektórych patogenów roślin

Źródła materii organicznej

resztki roślinne, korzenie roślin
obumarłe ciała makro i mezofauny, mikroorganizmów oraz ich ekskrementy
nawozy naturalne: obornik, gnojowica, gnojówka, pomiot ptasi
kompost, pofermenty, odpady poprodukcyjne

W strategii UE w dziedzinie ochrony gleb spadek zawartości materii organicznej określono jako **główne zagrożenie dla jakości gleb!**

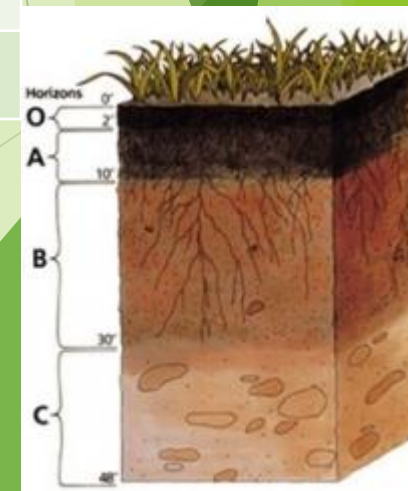
Naturalna zawartości glebowej materii organicznej (MO)

- **Naturalna zawartość materii organicznej** w glebie zależy od składu granulometrycznego gleby, ale jej aktualna zawartość jest wynikiem równowagi procesów reprodukcji i degradacji glebowej MO.
- **Gleby Polski zawierają mało materii organicznej**, gdyż w pokrywie glebowej dominują gleby lekkie utworzone piasków. Są one przewiewne, a niektóre z nich trwale za suche. Charakteryzują się niską zawartością frakcji koloidalnej ($<0,002$ mm), co nie sprzyja akumulacji próchnicy w glebach.
- **Średnia zawartość MO w glebach** gruntów ornych kraju na podstawie programu badań z lat 2016–2020 wynosi **2,26%**, a mediana nie przekracza 2%.
- **Rozkład (degradacja) MO w glebie** jest procesem naturalnym i można tylko ograniczyć jej szybkość i rozkład w czasie.

Zmiany zawartości próchnicy i węgla organicznego (1995-2020)

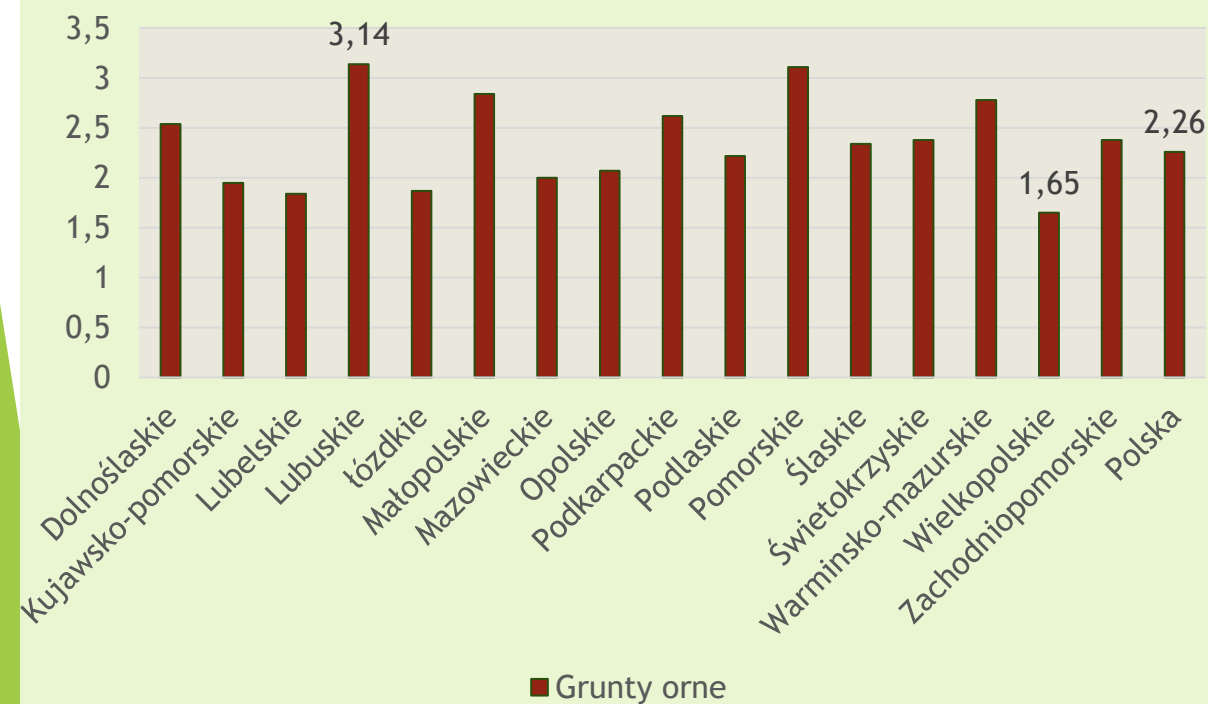
Rok	Próchnica (%)	Węgiel organiczny (%)	Azot ogólny (%)	Stosunek C/N
1995	1,14	0,66	0,06	11,0
2000	1,32	0,76	0,068	11,1
2005	1,13	0,66	0,072	9,2
2010	1,48	0,86	0,085	10,1
2015	1,33	0,77	0,08	9,7

Dane GIOŚ

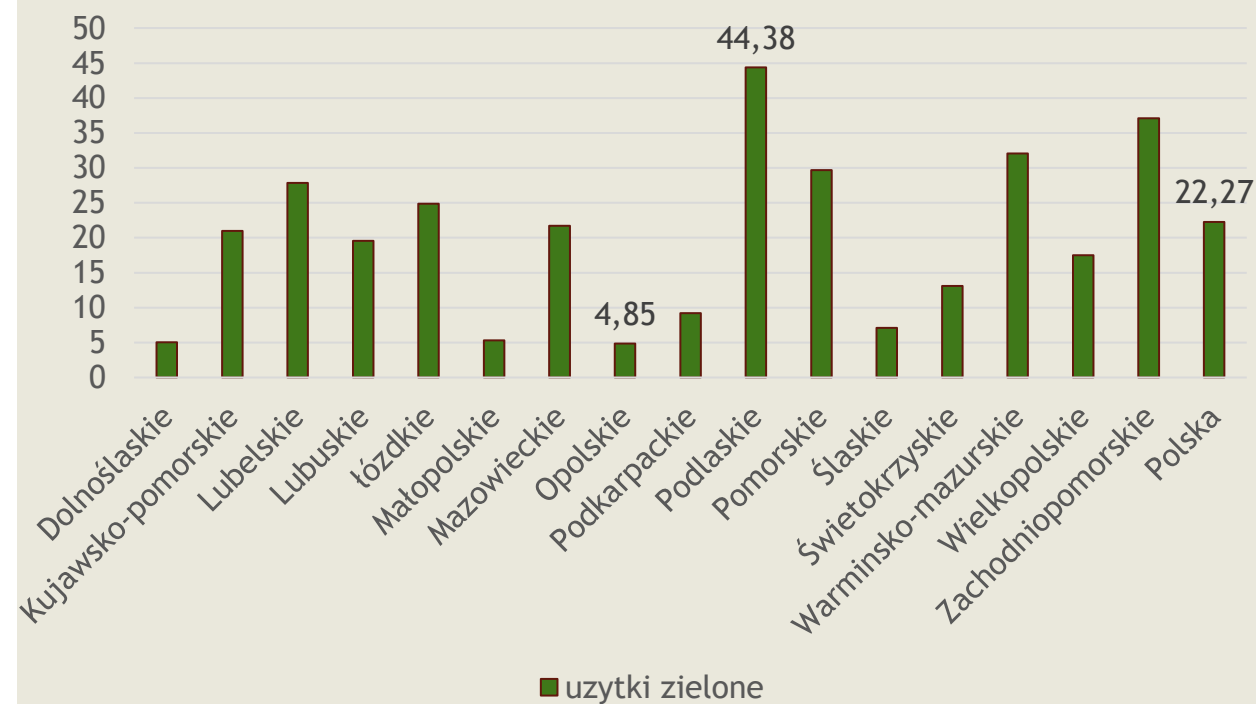


Przeciętne zawartości materii organicznej (w %) w glebach na podstawie programu badań z lat 2016-2020

grunty orne



użytki zielone



Zawartość próchnicy w glebach Polski

Glebowa materia organiczna

(swoiste i nieswoiste substancje próchniczne) to główny czynnik warunkujący żyzność i produktywność gleb.

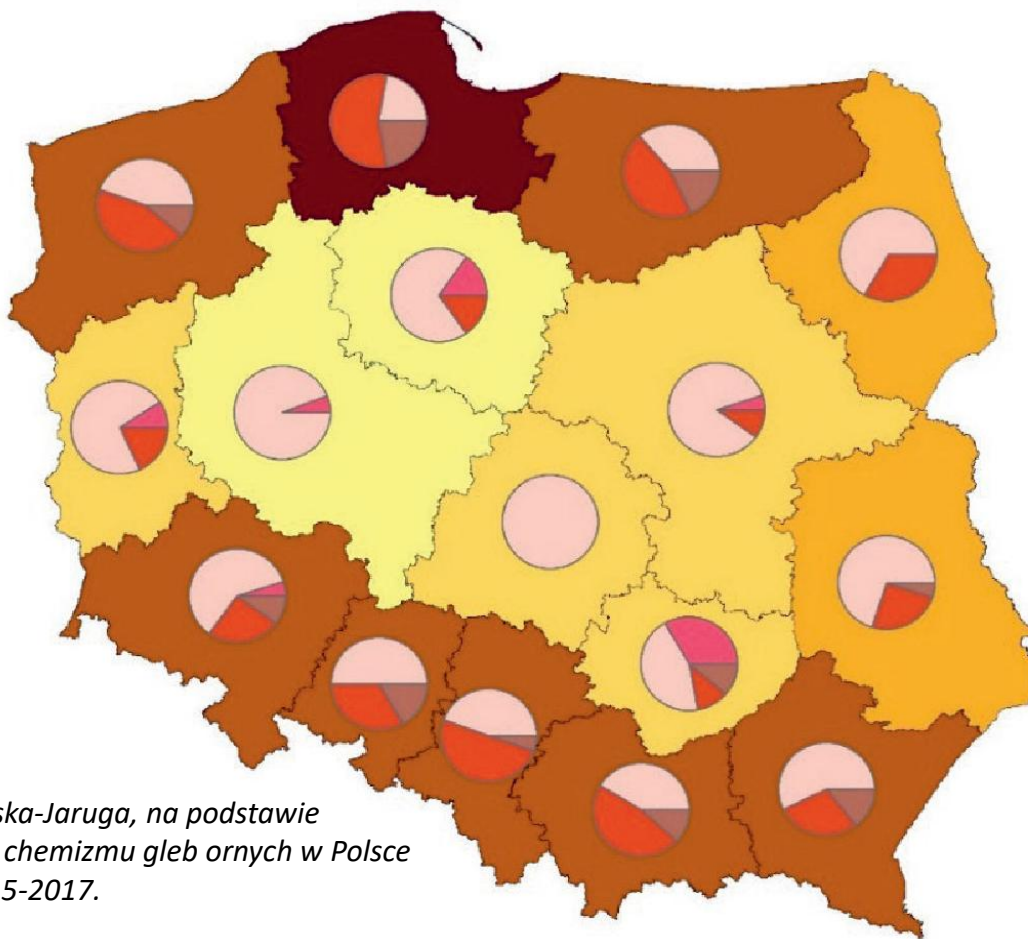
Średnia zawartość próchnicy

w glebach Polski wynosi ok. 2%.

Udział gleb ze średnią zawartością próchnicy wynosi ok. 60%.

W celu utrzymania prawidłowej struktury gleby zawartość próchnicy powinna wynosić od 3,2 do 4,0%.

Źródło: Ukalska-Jaruga, na podstawie Monitoringu chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2015-2017.



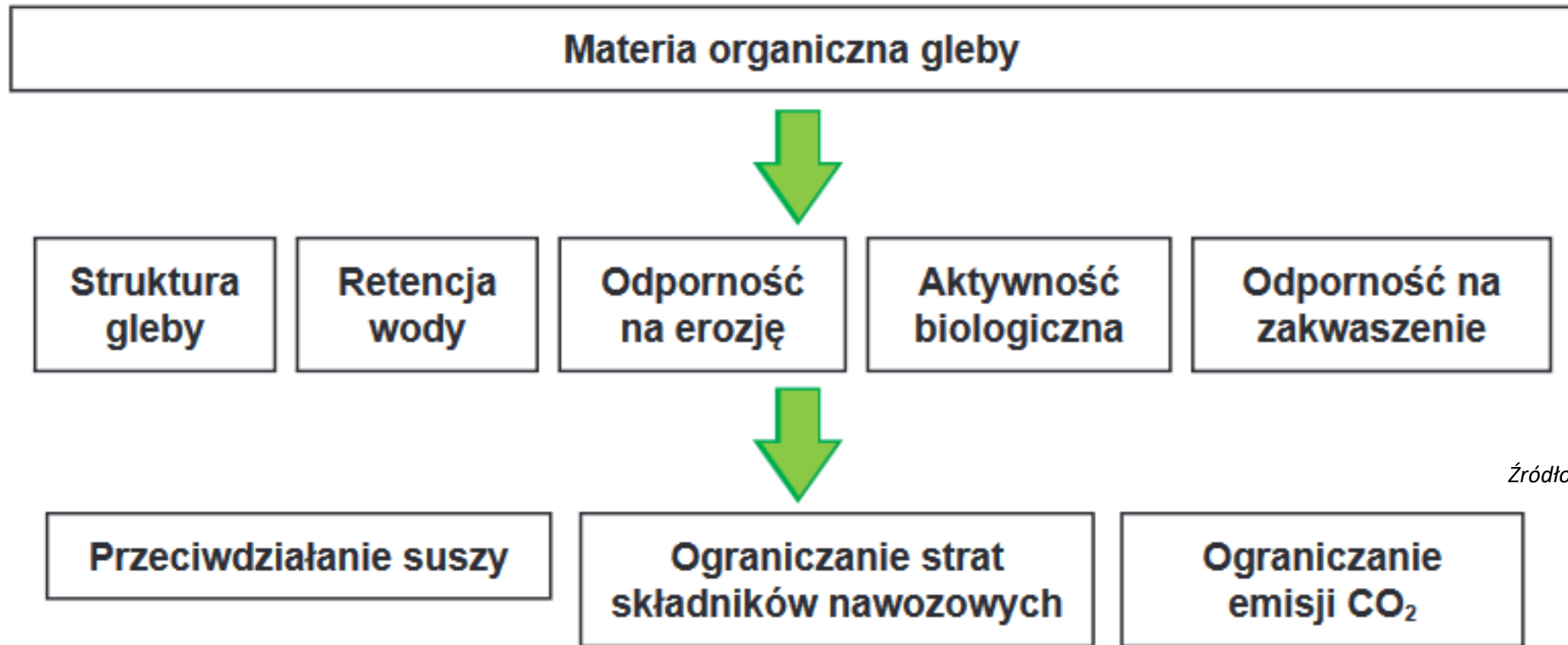
Udział profili w poszczególnych przedziałach zawartości próchnicy



Średnia zawartość próchnicy w województwie



Schemat powiązań pomiędzy właściwościami gleby a MO oraz zyski środowiskowe związane z wysoką zawartością MO w glebie



Źródło: Siebielec i in. 2021

Glebowa materia organiczna



Źródło: pshare.com; licencja otwarta creative commons

Jakie są powody utraty glebowej materii organicznej?

1. Mineralizacja

Mineralizację przyspiesza:

- uprawa gleby (napowietrzanie gleby)
- Wysoka temperatura
- Przesuszenie gleby

2. Wymywanie (spływ powierzchniowy)

Czynniki wpływające na zwiększenie zasobu MO w glebie

- ❖ Stosowanie **nawozów naturalnych** (obornik, gnojowica);
- ❖ Stosowanie **nawozów organicznych** (słoma, nawozy zielone, komposty, odpady z przemysłu rolno-spożywczego, pofermenty z biogazowni, biowęgiel, itp.);
- ❖ Zrównoważone **nawożenie mineralne**;
- ❖ Odpowiedni **dobór gatunków i odmian** roślin;
- ❖ Właściwie skonstruowany **plodozmian**, z udziałem roślin bobowatych, gatunków jedno- i dwuliściennych (udział zbóż nie powinien przekraczać 40-66%).
- ❖ Uprawa **międzyplonów, roślin okrywowych, mulczowanie**;
- ❖ **Konserwująca uprawa roli** (zmniejszenie intensywność zabiegów uprawowych).



Działania posiadające największy potencjał przechwytywania CO₂

Działania zwiększające zawartość węgla w glebie

- Uprawa roślin okrywowych
- Uprawa roślin głęboko korzeniących się
- Pozostawienie resztek poźniwnych
- Stosowanie kompostu, obornika oraz nawozów odkwaszających
- Zróżnicowanie roślin w płodozmianie

Działania obniżające zawartość węgla w glebie

- Monokultury
- Wynoszenie materii organicznej z gleby
- Uproszczony płodozmian
- Intensywne nawożenie i ochrona chemiczna roślin
- Zabudowywanie gruntów
- Intensywna uprawa gleby

Rośliny okrywowe ich rola w rolnictwie węglowym

- **Zwiększanie materii organicznej:**
- Rośliny okrywowe pozostawiają po sobie biomasę, która wzbogaca glebę w węgiel organiczny.
- **Ochrona gleby:**
- Zapobiegają pozostawianiu gleby gołej, co chroni ją przed erozją, wypłukiwaniem składników odżywczych i degradacją.
- **Poprawa struktury gleby:**
- Wzbogacają glebę i tworzą korzystne środowisko dla rozwoju drobnoustrojów glebowych, co przekłada się na lepszą strukturę i żyzność.
- **Sekwestracja węgla:**
- Poprzez wprowadzanie i pozostawianie biomasy, rośliny okrywowe pomagają zatrzymać dwutlenek węgla w glebie, przyczyniając się do łagodzenia zmian klimatycznych.

Gospodarowanie glebową materią organiczną

Współczynniki degradacji (-) i reprodukcji (+) glebowej MO

Roślina	Gleby lekkie i bardzo lekkie	Gleby średnie	Gleby ciężkie
Okopowe	-1,26	-1,4	-1,54
Kukurydza	-1,12	-1,15	-1,22
Zboża, oleiste	-0,49	-0,53	-0,56
Poplony ozime	-0,32	-0,35	-0,38
Strączkowe	+0,32	+0,35	+0,38
Bobowate drobnonasienne i mieszanki z trawami	+1,89	+1,96	+2,1
Trawy	+0,92	+1,05	+1,16
Międyplony na zielony nawóz	+0,63	+0,70	+0,77

Źródło: Kundler i in.
1981

Wartości współczynników ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$) reprodukcji glebowej materii organicznej dla roślin wzbogacających glebę w materię organiczną

Gatunek/grupa roślin	Reprodukcja glebowej materii organicznej	
	niski poziom plonów	wysoki poziom plonów
Motylkowate wieloletnie, ich mieszanki z trawami i trawy w uprawie polowej		
Każdy rok użytkowania:	600	800
Rok wysiewu jako:		
• wsiewka	200	300
• zasiew czysty	400	500
• zasiew czysty latem	100	150
Strączkowe na nasiona (łącznie ze słomą)	160	
Międzyplony - ozime	140	
ścierniskowe	100	
wsiewki	250	

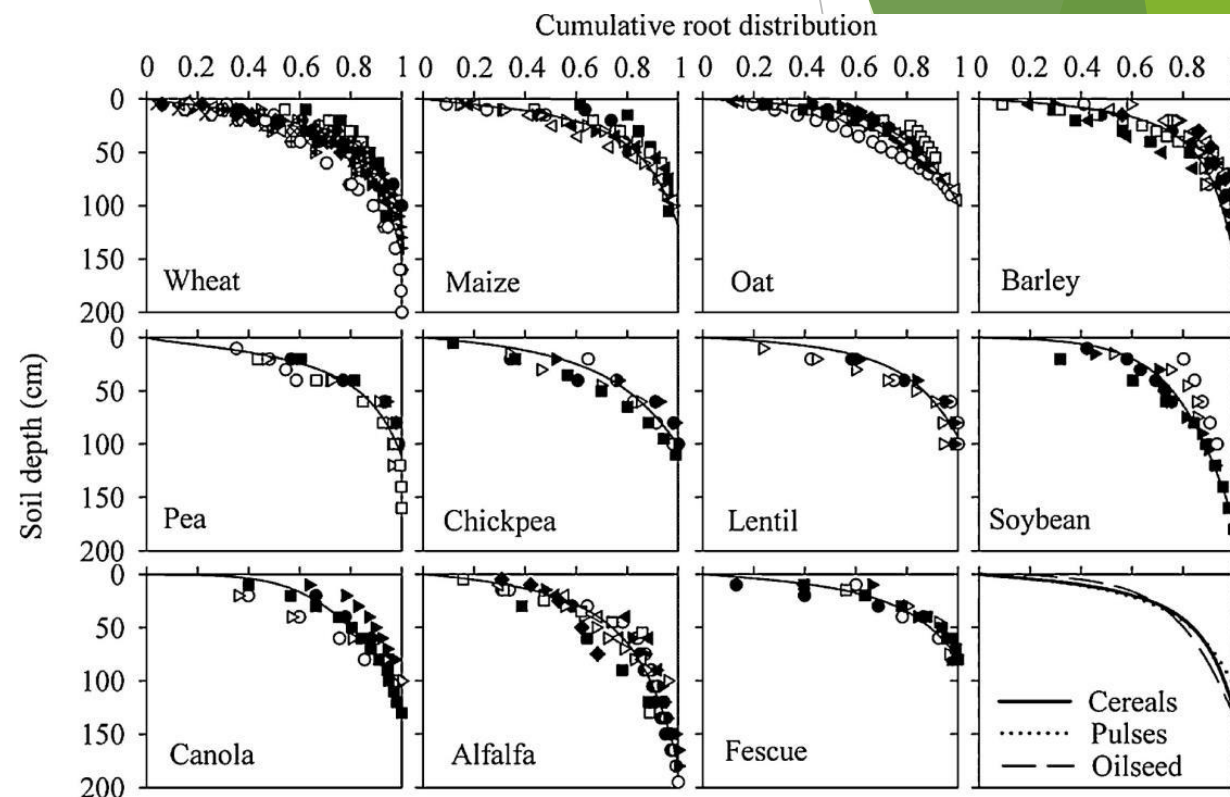
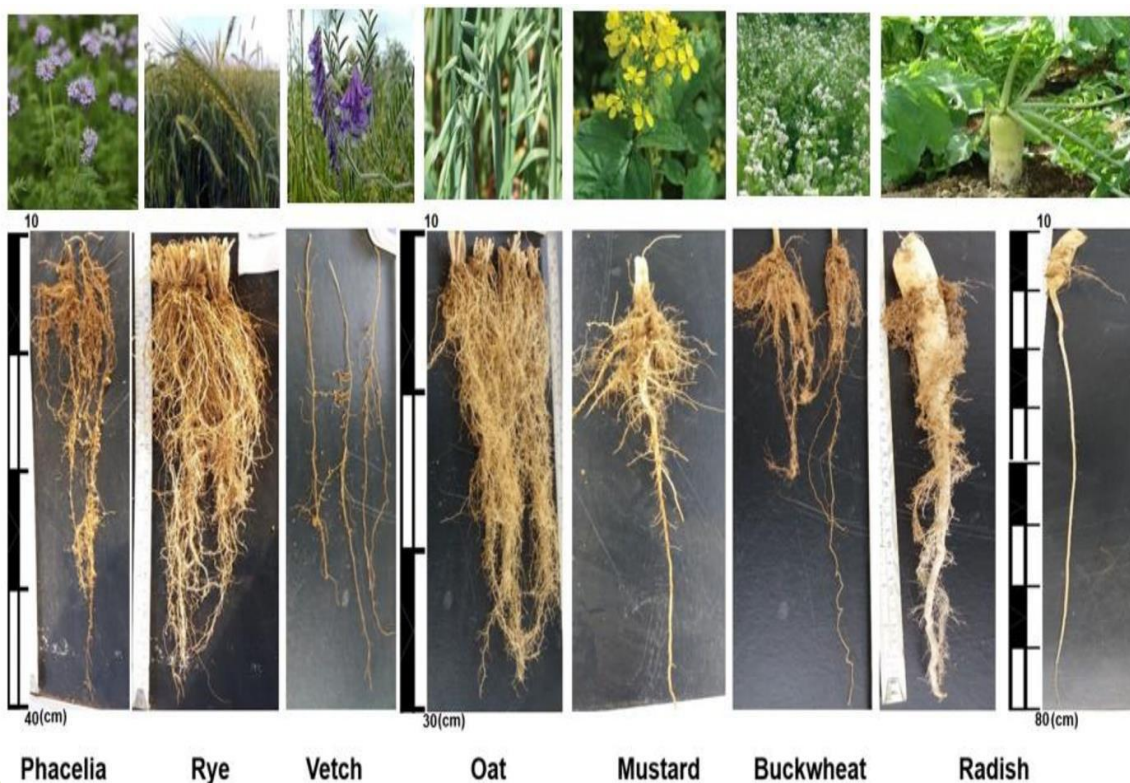
Średni plon suchej masy międzyplonu i średnia zawartość dwutlenku węgla w biomase (Harasim, Kwiatkowski)

Międzyplony	Sucha biomasa (t·ha ⁻¹)		Zawartość węgla w biomase (t CO ₂ ha ⁻¹ ·rok ⁻¹)	
	rośliny	korzenie	rośliny	korzenie
Gorczyca biała	4,26	0,13	6,64	0,20
Rzepak jary	3,40	0,11	5,32	0,17
Facelia błękitna	3,98	0,08	6,23	0,12
Koniczyna czerwona	2,69	0,06	4,22	0,09
Seradela	3,05	0,07	4,77	0,10
Życica westerwoldzka	2,42	0,05	4,03	0,07
Wyka jara + groch polny	3,46	0,21	5,39	0,32
Łubin wąskolistny	2,64	0,29	4,11	0,45
Łubin żółty	2,72	0,30	4,28	0,46
Żyto ozime	4,07	0,13	6,34	0,20

Sekwestracja CO₂ przez międzyplony jako wartość dodana w porównaniu do sekwestracji CO₂ przez różne grupy głównych roślin uprawnych.

Sekwestracja CO ₂ (t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹) przez poszczególne grupy roślin uprawnych (średnio dla badanych gatunków roślin z poszczególnych grup)	Sekwestracja CO ₂ (t·ha ⁻¹ ·rok ⁻¹) przez międzyplony (średnio dla badanych <u>gatunków</u>) [*]	Całkowita wartość sekwestracji CO ₂ przez rośliny plonu głównego i międzyplony	Procentowy udział międzyplonów w ogólnej sumie sekwestracji CO ₂ przez rośliny uprawne	
<u>Rośliny zbożowe</u>	13,08	5,36	18,44	29,06
<u>Rośliny olejiste</u>	11,80	5,36	17,16	31,23
<u>Rośliny okopowe</u>	65,13	5,36	70,49	7,60
<u>Rośliny strączkowe</u>	7,85	5,36	13,21	40,57
<u>Rośliny łąkowe</u>	8,54	5,36	13,90	38,56

Uprawa roślin głęboko się korzeniących



Źródło: Hudek i in. 2021, European J Soil Science, 73 (1)

Wykorzystanie resztek poźniwnych jako nawozu organicznego

- W zrównoważonej gospodarce glebową materią organiczną duże znaczenie odgrywają resztki poźniwne i słoma
- Do resztek poźniwnych zalicza się ściern, korzenie, opadłe liście, plewy, łuszczyzny i strąki
- Według różnych źródeł, udział resztek poźniwnych w masie organicznej wytworzonej przez roślinę waha się od poniżej 10 % do 20-25 % (rzepak)

Masa resztek poźniwnych wybranych roślin uprawnych

Rośliny uprawne	Resztki poźniwne i korzenie (t*ha ⁻¹)
Pszenica ozima	3-4
Żyto ozime	4-5
Kukurydza na ziarno	10-15
Kukurydza na kiszonkę	5-6
Rzepak ozimy	10-12
Lucerna	5-7

Podział roślin ze względu na bilans MO w glebie

Ze względu na różną ilość pozostawianych resztek poźniwnych poszczególne gatunki roślin uprawnych możemy podzielić na 3 grupy:

1. Wzbogacające glebę w substancję organiczną - **wieloletnie rośliny bobowate i ich mieszanki z trawami, trawy w uprawie polowej, rośliny strączkowe oraz międzyplony** uprawiane na zielony nawóz.
2. Zubożające glebę w MO - **rośliny okopowe, warzywa korzeniowe, kukurydza**. Pozostawiają bardzo mało resztek poźniwnych, a ich wysiew w szerokie rzędy, międzyrzędowe zabiegi pielęgnacyjne oraz późne zwanie łanu zwiększa rozkład próchnicy i nasila erozję. Szacuje się, że w trakcie uprawy roślin okopowych ulega mineralizacji około 1,0-1,5 t/ha próchnicy. Aby ten ubytek wyrównać trzeba zastosować około 15-16 t/ha obornika.
3. **Rośliny o małym ujemnym wpływie na bilans MO lub neutralne** pod tym względem - **zboża i oleiste** ze słomą pozostawioną na polu, przy czym jakość resztek poźniwnych zbóż jest gorsza z uwagi na niekorzystny stosunek węgla do azotu.

Zróżnicowanie roślin w płodozmianie

Wzbogacony płodozmian z udziałem międzyplonów i poplonów.
Stymuluje rozwój mikroorganizmów, odpowiadających za cykl węgla i azotu w glebie
Może ograniczyć zużycie nawozów i straty azotu.

Od
2024 roku w gospodarstwach konwencjonalnych powyżej 10 ha GO

- Wprowadzenie co najmniej 3 upraw (uprawa główna max 65 GO, dwie uprawy główne łącznie max 90 GO)
- Taka sama uprawa w plonie głównym nie dłużej niż 3 lata -Co najmniej 40 powierzchni GO, co roku na danej działce inna uprawa w plonie głównym
- Po zbiorze plonu głównego wprowadzenie międzyplonu i utrzymanie go przez okres min 8 tygodni od terminu wysiewu lub wprowadzenie wsiewki śródplonowej i utrzymanie przez 8 tygodni od terminu zbioru w plonie głównym

Nie dotyczy upraw 75 z roślinami bobowatymi trawami i innymi pastewnymi, mieszanek bobowatych drobnonasiennych z trawami, gruntów ugorowanych i upraw wieloletnich

SYSTEMY (SPOSOBY) UPRAWY ROLI WE WSPÓŁCZESNYM ROLNICTWIE



Uprawa płużna (konwencjonalna)



Uprawa bezpłużna

- Całopowierzchniowa
- Uprawa pasowa - strip-till
- Uprawa redlinowa



Uprawa zerowa (siew bezpośredni)

Stosowanie różnych technik konserwującej uprawy roli

► Konserwująca uprawa roli

Zabiegi uprawowe są zredukowane do niezbędnego minimum .
Środki

produkcji są stosowane tak, by nie naruszać procesów odtwarzających życie biologiczne i naturalnej struktury gleby.

Uprawę konserwującą określają trzy podstawowe cechy :

- długotrwała, znacznie ograniczona intensywność uprawy roli
- całoroczne przykrycie powierzchni gleby resztkami pożywnymi, mulczem lub roślinami okrywowymi
- znacznie zróżnicowane zmianowanie uwzględniające stosowanie międzyplonów

► Uprawa zerowa to zaniechanie wszelkich zabiegów

uprawowych i wykonanie siewu specjalistycznym siewnikiem w nieuprawioną glebę bezpośrednio w ściernisko lub w mulcz

► Uprawa pasowa uprawa wąskich pasów i siew nasion bezpośrednio w ściernisko, mulcz lub w roślinę poplonową

► Uprawa uproszczona bezorkowa polega na stosowaniu biernych narzędzi uprawowych, takich jak kultywatory, brony talerzowe, brony łopatkowe, rozdrabniacze resztek pożywnych Zabiegi uprawowe są ograniczone do niezbędnego minimum



Zawartość węgla organicznego w glebie ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) w zależności od systemu uprawy roli

Warstwa gleby	Uprawa roli				
	Płużna klasyczna	Uproszczona			Siew bezpośredni
		Płytki orka	Brona talerzowa	Agregat ścierniskowy	
0-5	8,5	8,9	10,1	9,8	10,4
10-20	8,9	7,8	7,9	7,4	6,8

Źródło: Bleharczyk i in. 2007

Sekwestracja węgla z zależności od systemu uprawy i gospodarki resztkami pożywnymi (kg ekw. CO₂ ha⁻¹)

Polska	System uprawy			
	U1	U2	U3	U4
	-143	-1962	-1961	-9139

U1 uprawa płuzna ze zbiorem resztek poźniwnych,
U2 - uprawa płuzna z przyoraniem całej słomy,
U3 - uprawa uproszczona z pozostawieniem całej słomy,
U4 - uprawa bezorkowa (siew bezpośredni)

Źródło Faber, Błoch 2022

Emisje podtlenku azotu w zależności od systemu uprawy i gospodarki resztkami poźniwnymi(kg ekw. CO₂ ha⁻¹)

Polska	System uprawy			
	U1	U2	U3	U4
	156	260	244	198

U1 uprawa płuzna ze zbiorem resztek poźniwnych,
U2 - uprawa płuzna z przyoraniem całej słomy,
U3 - uprawa uproszczona z pozostawieniem całej słomy,
U4 - uprawa bezorkowa (siew bezpośredni)

Źródło Faber, Błoch 2022

Opracowanie i przestrzeganie planu nawożenia - wariant podstawowy i wariant z wapnowaniem

Istotą praktyki jest właściwe zarządzanie nawożeniem dostosowanym do potrzeb roślin na podstawie zasobności gleb w makroelementy z wykorzystaniem analizy gleby i systemów wspomagania decyzji w zakresie nawożenia

sporządzenie planu nawozowego

przestrzeganie planu nawozowego

prowadzenie rejestru zabiegów

wapnowania na powierzchni gruntów w gospodarstwie o pH 5,5 i niższym

Skutki zakwaszenia gleb



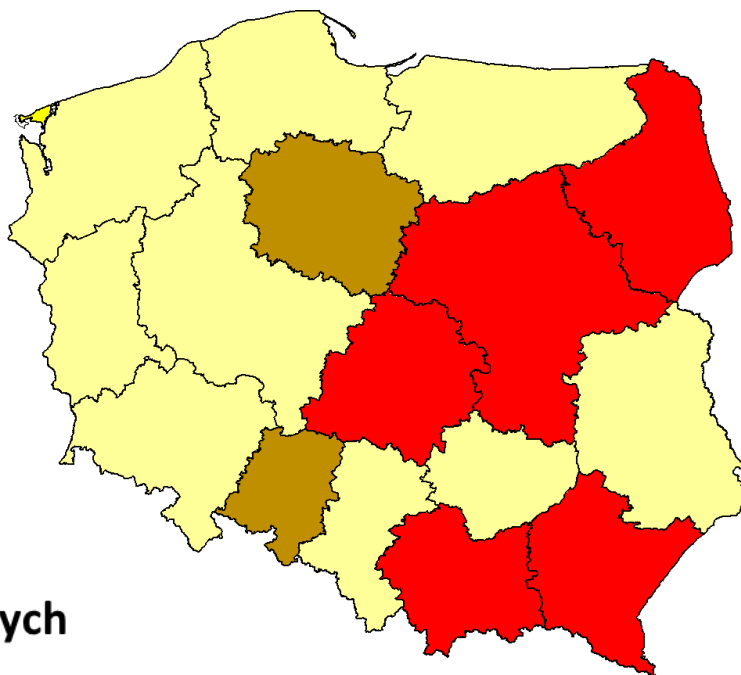
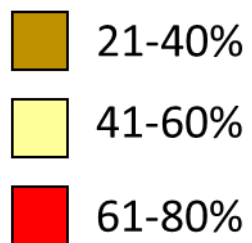
- Zmniejszenie produktywności i żyzności gleby;
- Zmniejszenie przyswajalności składników pokarmowych dla roślin (m.in. N, P, K, Mg, Ca);
- Obniżeniu zdolności buforowych i odporności gleby na procesy prowadzące do degradacji;
- Obniżenie aktywności mikrobiologicznej gleby;
- Wzrost przyswajalności niebezpiecznych dla zdrowia ludzi pierwiastków śladowych (m.in. Pb, Ni, Cd);
- Wzrost aktywność jonów Al i Mn, które toksycznie działają na system korzeniowy roślin uprawnych (m.in. pszenicy, jęczmienia, buraków), co ogranicza produkcję roślinną i zagraża środowisku;
- Pogorszenie struktury gleby;
- Osłabienie intensywności procesu pobierania N z powietrza, zarówno przez mikroorganizmy wolnożyjące w glebie (*Azotobacter*), jak i współżyjące z roślinami bobowatymi (*Rhizobium*)
- Obniżenie pH poniżej 4,5 może wskazywać na silną degradację środowiska glebowego.

Źródło: Lipiński 2005,
Filipek i Skowrońska 2013

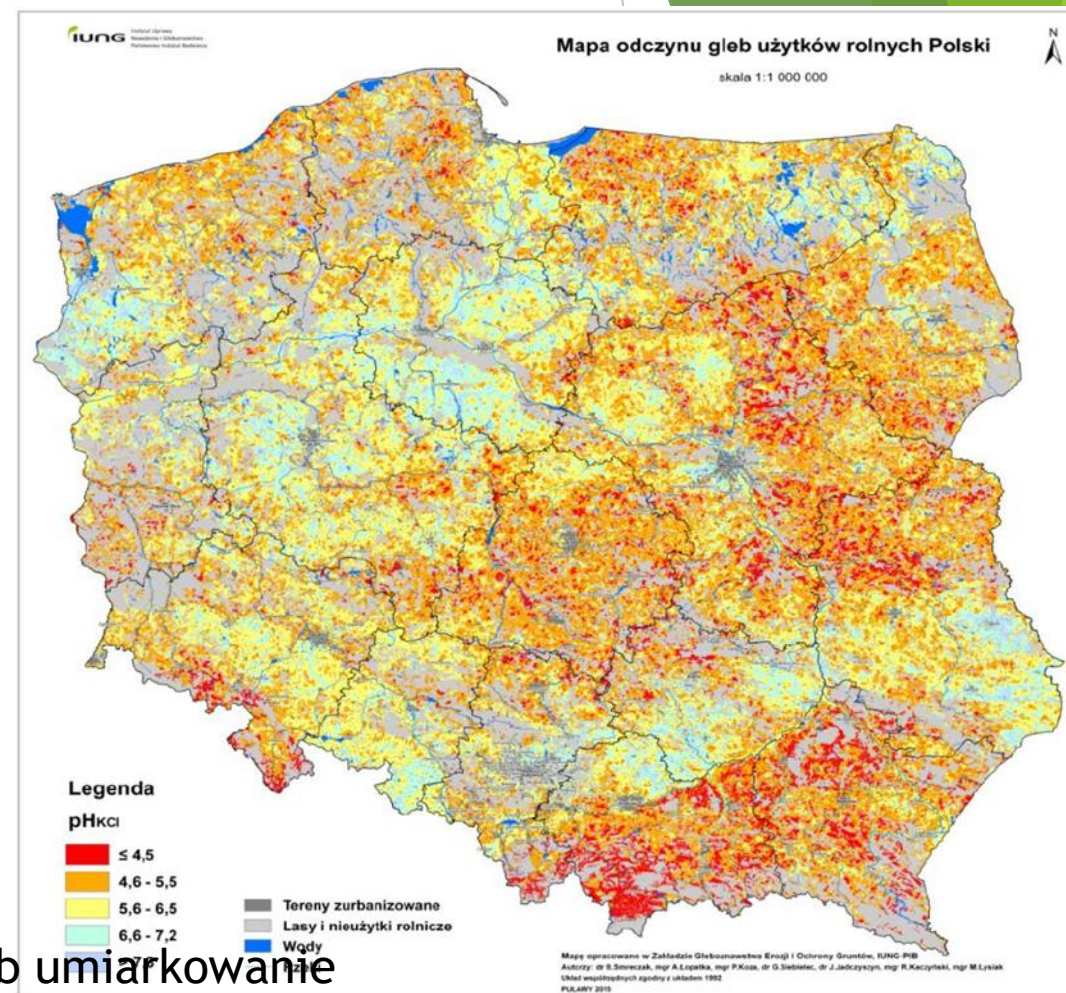
Za główne przyczyny antropogenicznego zakwaszenia uznaje się nawożenie nawozami azotowymi oraz emisje kwasotwórczych zanieczyszczeń powietrza SO_2 , NO_x i NH_3 (kwaśne deszcze)

Wapnowanie w celu poprawy struktury gleby- degradacja chemiczna – zakwaszenie

Udział gleb kwaśnych i bardzo kwaśnych



Ponad 50% gleb w Polsce jest silnie lub umiarkowanie zakwaszona.



Ochrona gleb – wapnowanie

Wpływ wapnowania na glebę:

- Zapobiega uruchamianiu toksycznego glinu i manganu,
- Poprawia dostępność składników pokarmowych dla roślin,
- **Wpływa na rozwój korzystnej mikroflory glebowej,**
- Polepsza właściwości fizyczne warstwy ornej gleby,
- **Stabilizuje zawartość trwałej frakcji próchnicy.**

Oszacowane sumaryczne
zapotrzebowanie rolnictwa
w Polsce na wapno wynosi
około 31 mln ton CaO

Kategoria agronomiczn a gleby	pH dla przedziału potrzeb wapnowania				
	konieczne	potrzebne	wskazane	ograniczone	zbędne
Bardzo lekkie	do 4,0	4,1-4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	od 5,6
Lekkie	do 4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	od 6,1
Średnie	do 5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5	od 6,6
Ciężkie	do 5,5	5,6-6,0	6,1-6,5	6,6-7,0	od 7,1
Użytki zielone	do 5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	-	-

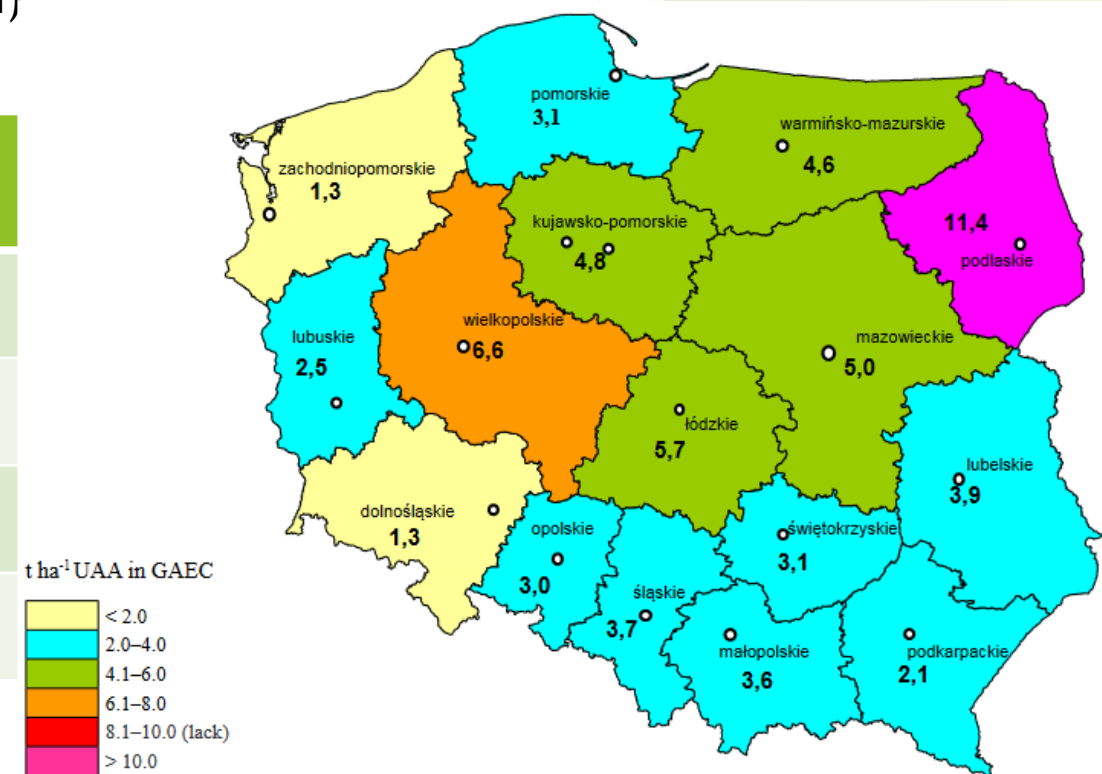
Źródło: Zalecenia
nawozowe, 1990

Wykorzystanie nawozów naturalnych, kompostu

Nawozy naturalne stanowią doskonałe źródło węgla organicznego w glebie

Zawartość Corg oraz wartość próchnicotwórcza nawozu (% s.m)

Nawóz	Próchnica w kg z 10 t s.m	Zawartość Corg
Obornik mieszany	2370	35,8
Gnojowica mieszana	1870	36,9
Słoma zbóż	1462	42,4
Kompost gospodarski	1862	27,0



Zwiększenie zasobności gleb

Tab.2. Wpływ długotrwałego stosowania zróżnicowanego nawożenia na zawartość węgla organicznego i zdolność retencyjną wody

Nawożenie	Zawartość węgla organicznego (%)	Polowa pojemność wodna gleby (%)	Woda dostępna dla roślin (%)
Bez nawożenia	0,42 a	21,6 a	17,8 a
NPK+Ca	0,48 b	22,6 a	18,8 a
Obornik (10 t·ha ⁻¹ ·rok)	0,57 b	23,5 a	19,3 b
Obornik (10 t·ha ⁻¹ ·rok) + NPK i Ca	0,72 c	25,5 b	20,5 b

1% wilgotności to około 60 tys. litrów na hektar!

**/ wyniki oznaczone różnymi literami różnią się istotnie*

Zakres i wysokość wsparcia w ramach ekoschematu „Rolnictwo węglowe”

Ekoschemat ten składa się z 8 dowolnych praktyk (w nawiasie liczba punktów), takich jak:

- Ekstensywne użytkowanie TUZ z obsadą zwierząt (5 pkt),
- Międzyplony ozime lub wsiewki śródplonowe (5 pkt),
- Opracowanie i przestrzeganie planu nawożenia - wariant podstawowy (1 pkt)
i wariant z wapnowaniem (3 pkt),
- Zróżnicowana struktura upraw (3 pkt),
- Wymieszanie obornika na gruntach ornych w terminie 12 godzin od jego aplikacji (2 pkt),
- Stosowanie nawozów naturalnych płynnych innymi metodami niż rozbryzgowo (3 pkt),
- Uproszczone systemy uprawy (4 pkt),
- Wymieszanie słomy z glebą (2 pkt).

Zróżnicowana struktura upraw

- co najmniej 20% w strukturze zasiewów stanowią: uprawy gatunków roślin mających pozytywny wpływ na bilans glebowej materii organicznej (obejmują one głównie rośliny bobowate, w tym bób, soja i fasola, szereg gatunków ziół i...truskawka) przy czym w przypadku mieszanek bobowatych ze zbożami, zboża nie są dominujące w tej mieszance, oraz
- udział zbóż w strukturze zasiewów nie przekracza 65% (trzeba wspomnieć, że formy ozime i jare uznaje się za odrębną uprawę) oraz
- udział upraw mających ujemny wpływ na bilans materii organicznej (według rozporządzeń to m.in.: okopowe, warzywa kapustne, psiankowate i dyniowate) nie przekracza 30%

Ponadto udział głównej uprawy w strukturze zasiewów nie może przekroczyć 65% i udział trzeciej lub w przypadku większej liczby upraw, łącznie trzeciej i kolejnych upraw nie może być mniejszy niż 10%;

Wymieszanie obornika na gruntach ornych w terminie 12 godzin od jego aplikacji

Praktyka stanowi o konieczności ograniczenia ulatniania się azotu w postaci amoniaku po wprowadzeniu obornika (pomiotu ptasiego lub pofermentu do rolniczego wykorzystania) na glebę.

Międzyplony ozime lub wsiewki śródplonowe

W przypadku praktyki Międzyplony ozime lub wsiewki śródplonowe, punkty są przyznawane do powierzchni gruntów ornych, na których:

po plonie głównym lub po ugorowaniu są uprawiane międzyplony ozime, które nie są uprawą w plonie głównym w roku następującym po wysiewie tego międzyplonu, lub wykonano wsiewkę śródplonową w uprawę w plonie głównym.

Międzyplony ozime lub wsiewki śródplonowe

W przypadku praktyki Międzyplony ozime lub wsiewki śródplonowe, punkty są przyznawane do powierzchni gruntów ornych, na których:

po plonie głównym lub po ugorowaniu są uprawiane międzyplony ozime, które nie są uprawą w plonie głównym w roku następującym po wysiewie tego międzyplonu, lub wykonano wsiewkę śródplonową w uprawę w plonie głównym.

Praktyka Międzyplony ozime lub wsiewki śródplonowe polega na:

1. dokonaniu siewu międzyplonów ozimych w terminie od dnia 1 lipca do dnia 1 października i utrzymaniu ich co najmniej do dnia 15 lutego roku następującego po roku, w którym został złożony wniosek o przyznanie płatności, przy czym po dniu 15 listopada dopuszcza się ich mulczowanie albo
2. utrzymaniu wsiewki co najmniej do wysiewu kolejnej uprawy w plonie głównym lub przez co najmniej 8 tygodni od dnia zbioru uprawy w plonie głównym w roku, w którym został złożony wniosek o przyznanie płatności.

Międzyplon ozimy w formie mieszanki musi być utworzony z co najmniej 2 gatunków roślin z następujących grup:

- a) zboża,
- b) oleiste,
- c) pastewne,
- d) bobowate drobnonasienne,
- e) bobowate grubonasienne,
- f) miododajne

Ponadto na obszarze realizowanej praktyki obowiązuje zakaz stosowania środków ochrony roślin:

na międzyplonach ozimych - od ich wysiewu co najmniej do dnia 15 lutego roku następującego po roku, w którym został złożony wniosek o przyznanie płatności,
w przypadku wsiewek śródplonowych - przez okres ich utrzymania.

Wymieszanie słomy z glebą

Celem praktyki jest wykorzystanie słomy do utrzymania i zwiększanie poziomu zawartości materii organicznej, jak i składników pokarmowych w glebach w celu utrzymania ich żyzności. Wzrost zawartości próchnicy o 1% zwiększa o 30% retencję wodną gleb.

Uproszczone systemy uprawy

Wymogiem dla praktyki Uproszczone systemy uprawy jest prowadzenie na gruntach ornym uprawy roślin w formie uprawy konserwującej bezorkowej lub uprawy pasowej (strip - till), poprzez:

- wykonywanie zabiegów uprawowych z odstępami od uprawy płużnej w zespole uprawek późniowych i przedsiwnych,
- pozostawienie na polu po zbiorze uprawy głównej, całości resztek późniowych w formie mulczu.

W kontekście pozostawienia na polu po zbiorze uprawy w plonie głównym całości resztek późniowych w formie mulczu, kryterium to zostanie również spełnione w przypadku częściowego wymieszania resztek późniowych z powierzchniową warstwą gleby.



Działania ograniczające emisję gazów cieplarnianych (GHG)

- **Zrównoważone gospodarowanie** gruntami rolnymi i leśnymi;
- Modernizacja gospodarstw, **redukcja emisji metanu z odchodów zwierzęcych**;
- Prowadzenie gospodarki rolnej w sposób przyjazny dla środowiska - wzrost liczby gospodarstw i powierzchni **upraw ekologicznych, ochrona wód** przed zanieczyszczeniem azotanami pochodzenia rolniczego;
- **Racjonalna gospodarka nawozowa**;
- **Uprawa konserwująca** eliminującą częściowo lub całkowicie orkę (ogranicza mineralizację glebowej materii organicznej);
- **Przyorywanie nawozów naturalnych** lub ich substytutów: słomy, pozostałych resztek poźniwnych i nawozów zielonych, które prowadzą do zwiększenia udziału próchnicy i większej sekwestracji węgla w glebie.

Źródło: SZRWRI 2030

Dziękuję za uwagę

Różnorodność biologiczna gleby

- **Różnorodność biologiczna w glebie** jest większa niż nad nią. W glebach żyje ponad jedna czwarta wszystkich ziemskich gatunków.
- **Próchnicy** nie można sztucznie wyprodukować. Jest ona tworzona przez różnorodność biologiczną gleby.
- Na obszarze równym stadionowi piłkarskiemu organizmy żyjące w glebie produkują każdego roku materię organiczną równą wadze 25 samochodów.



Źródło: Feledyn-Szewczyk 2016

Agrotechnika związana z gatunkiem

Właściwości gatunku uprawianej rośliny, jej agrotechnika i sposób zagospodarowania plonu i resztek poźniwnych, sprawiają że uprawiane gatunki mają różny wpływ na zawartość materii organicznej w glebie.

Z każdym gatunkiem powiązana jest:

- specyficzna dla gatunku uprawa roli i zespół uprawek pielęgnacyjnych
- możliwe są różne sposoby zagospodarowania plonu (zbiór, pozostawienie na polu jako nawóz) i resztek poźniwnych



Agrotechnika związana z gatunkiem



Z punktu widzenia oddziaływania na bilans materii organicznej w glebie, uprawiane rośliny można podzielić na trzy grupy:

- 1. Wzbogacające glebę w substancję organiczną (pastewne motylkowe, ich mieszanki z trawami)**
- 2. Zubożające glebę (okopowe, warzywa korzeniowe, kukurydza)**
- 3. Rośliny o małym ujemnym wpływie na bilans materii organicznej lub neutralne pod tym względem (głównie zboża)**

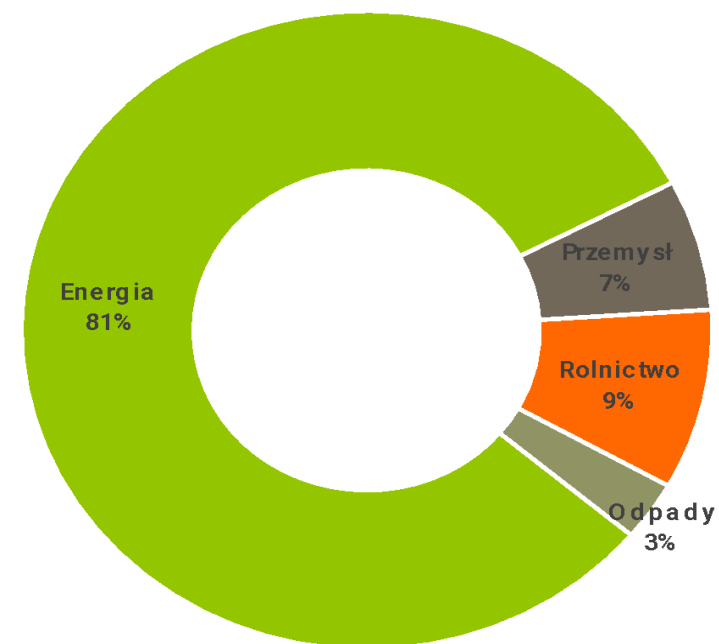
Zwiększenie zasobności gleb

Zrównoważona gospodarka składnikami pokarmowymi, uwzględniająca z jednej strony **zasoby glebowe** z drugiej **wszystkie strumienie dopływu składników** odżywczych, wpływa na **stan odżywienia roślin**.

Szczególnie ważną rolę w gospodarce wodnej roślin spełnia **potas i fosfor**.

Gleba jako źródło emisji gazów cieplarnianych (GHG)

- **Rolnictwo w Polsce** jest jednym z działów gospodarki, które mają znaczący wpływ na emisję gazów cieplarnianych do atmosfery - **9% emisji krajowych**;
- Największy udział w emisjach GHG z rolnictwa ma **rolnicze użytkowanie gleb (46%)**, które jest źródłem emisji głównie **N_2O** . Na wielkość emisji istotny wpływ wywiera ilość azotu wnoszonego do gleby (nawożenie mineralne i organiczne, odchody pozostawione przez zwierzęta na pastwiskach, resztki poźniwne), a także zmiany w praktykach gospodarowania i uprawa na glebach organicznych.
- Drugie co do wielkości źródło emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa dotyczy metanu (**CH_4**) i związane jest z **fermentacją jelitową (38%)** oraz **gospodarką obornikiem (12%)**.
- Źródłem emisji **CO_2** w rolnictwie jest **gospodarka pozostałymi nawozami** (wapnowanie, mocznik i in. nawozy) **(4,3%)**. Źródło: SZRWRIr 2030



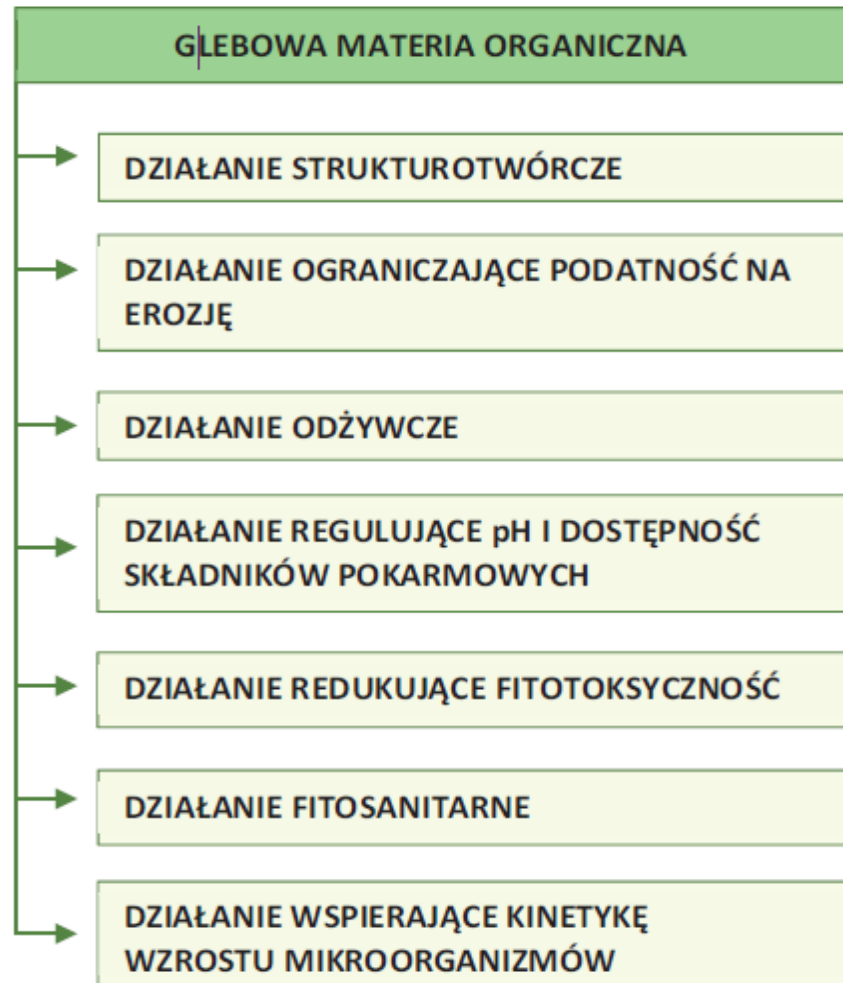
Emisje gazów cieplarnianych w Polsce według sektorów gospodarki w 2020 r.

Źródło: KOBiZE 2022

Glebowa materia organiczna (próchnica)

- uprawa roślin bobowatych wieloletnich oraz ich mieszanek z trawami lub samych traw,
- stosowanie nawozów naturalnych, a w szczególności obornika,
- stosowanie nawozów organicznych (słoma, liście buraka, osad pofermentacyjny z biogazowi, nawozy zielone itp.),
- uprawa międzyplonów,
- bezorkowa uprawa roli lub siew bezpośredni.

Wpływ glebowej materii organicznej na właściwości gleby



Koloidalna struktura MO sprawia, że posiada ona większą (od 2 do 30 razy) **pojemność sorpcyjną** w porównaniu do frakcji ilastej, przy czym zdolność ta rośnie wraz ze wzrostem ilości węgla organicznego.

Struktura taka pozwala na sorpcję wielu składników pokarmowych w stopniu 4-12 razy większym niż części mineralne.

Wzrost o 1% próchnicy w warstwie gleby 0-30 cm zwiększa objętość wody w niej zawartej o 153 m³.

Źródło: Ukalska-Jaruga 2021

Uprawa roślin okrywowych

Rośliny wzbogacające glebę w substancję organiczną - wieloletnie rośliny pastewne, bobowate i ich mieszanki z trawami oraz trawy w uprawie polowej, strączkowe oraz międzyplony przyorywane jako zielony nawóz

Koniczyna z trawami - 5,5 t s.m

Rzepak- 4,2 t s.m

Pszenica, żyto - 3,5 t sm

Jęczmień jary - 2,5 tsm

Owies - 3,7 t s.m

Rośliny o małym ujemnym wpływie na bilans próchnicy - zboża i oleiste

Rośliny obniżające poziom substancji organicznej w glebie

Okopowe, warzywa korzeniowe , kukurydza. Pozostawiają mało resztek poźniwnych. Uprawa przyspiesza rozkład próchnicy i nasilają się procesy erozji, W czasie uprawy tych roślin mineralizacji ulega około 1,0-1,5 t/ha próchnicy. Dlatego stosuje się 15-16 t/ha obornika