

**„Sekwestracja węgla organicznego
w glebach użytkowanych rolniczo i leśnie
- szansą ochrony klimatu”**

Dr hab. Irena Burzyńska, prof. nadzw. ITP

Mgr inż. Krzysztof Sztabkowski

*Instytut Badawczy Leśnictwa , Laboratorium Chemii Środowiska
Przyrodniczego*



EMISJA GAZÓW CIEPARNIANYCH - CZYNNIKIEM ZMIAN KLIMATYCZNYCH I ICH ŚRODOWISKOWYCH SKUTKÓW

Według Langeveld i in. (1997) i Royer (2006) światowa emisja gazów cieplarnianych do atmosfery począwszy od rewolucji przemysłowej, tzn. po 1750 roku stale się zwiększa [Langeveld i in. 1997 i Royer, 2006].

W ciągu ostatnich blisko 60 lat (1960 - 2019), stwierdzono ponad czterokrotny wzrost stężenia CO₂ w powietrzu atmosferycznym.

Tabela 1.

Historyczne zmiany stężenia dwutlenku węgla w atmosferze do czasów współczesnych (2019). (ppm – części na milion)

Parametr	Stężenie w latach (ppm)			
Dwutlenek węgla (CO ₂)	Do 1860	Do 1960	2002	2019
	280-380	100	355	415

Straty glebowego węgla organicznego (C_{org}) z rolnictwa zachodzą w wyniku procesów glebowych, głównie mineralizacji materii organicznej oraz emisji do atmosfery gazów cieplarnianych, tj. dwutlenek węgla (CO₂), metan (CH₄) oraz w wyniku migracji i wmywaniu rozpuszczonej formy węgla organicznego (RWO).

DLACZEGO GRUNTY ROLNE I LEŚNE SĄ ISTOTNE W SEKWESTRACJI WĘGLA ORGANICZNEGO ?

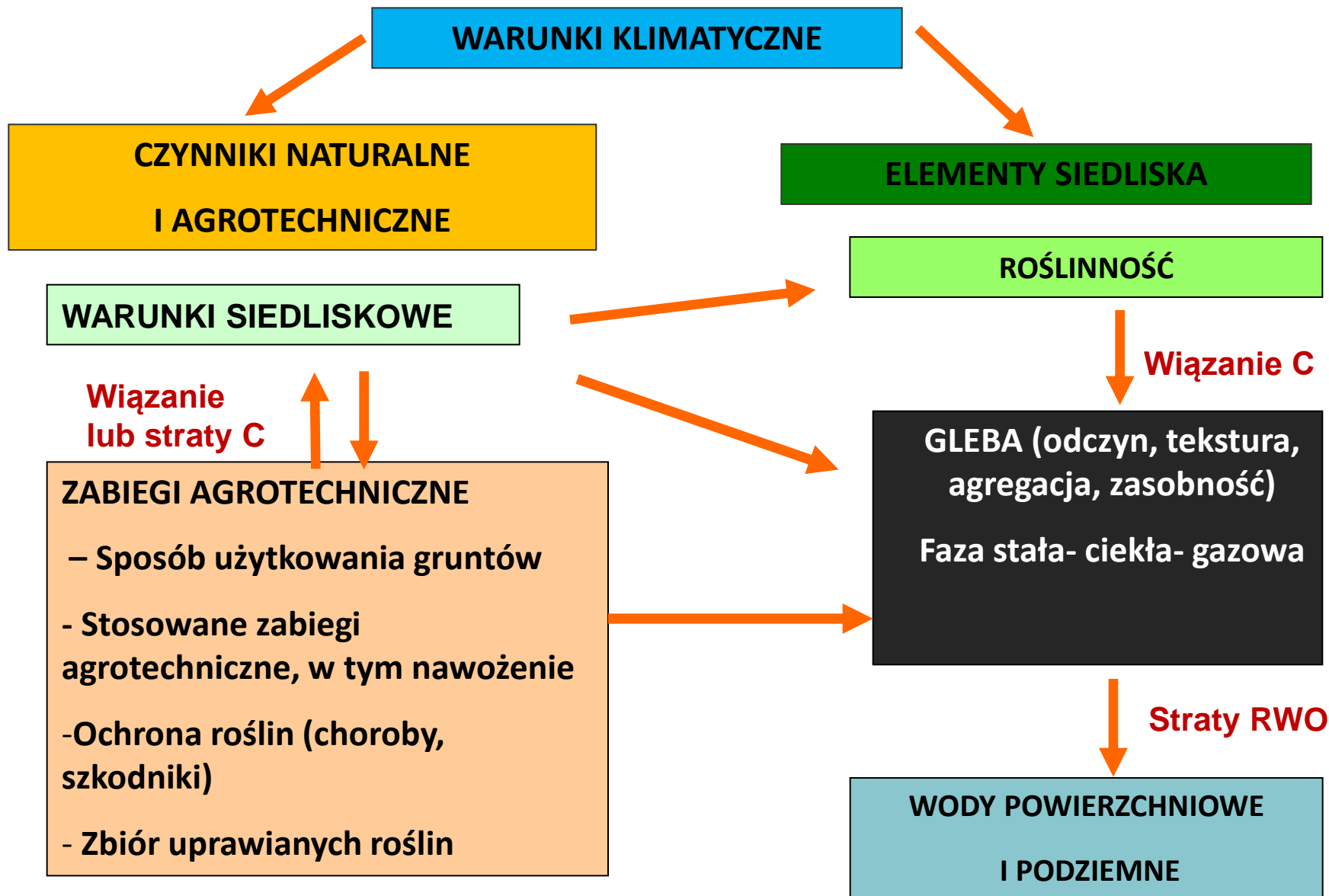
1. Użytki rolne i leśne stanowią znaczny udział w strukturze zagospodarowania terenu w Polsce.

W 2018 r stanowiły one 90 % powierzchni kraju [GUS, 2019].

- **Użytki rolne – 61 %**, (w tym: grunty orne – 73 %, użytki zielone – 20 %, sady – 2 %, inne grunty - 5 %)
- **Lasy i zadrzewienia – 31 %**,
- **Pozostałe grunty – 8 %**

2. Rodzime gleby charakteryzują się bardzo niską średnią zawartością glebowej materii organicznej (OM) – 1,7 % i węgla organicznego (Corg) – 2,2 % w s.m. gleby.

Według standardów międzynarodowych zawartość 2,0% Corg oznacza proces degradacji gleby.



Rys. 2 Relacje między czynnikami wpływającymi na obieg węgla i jego przemiany w środowisku przyrodniczym.

SEKWESTRACJA WĘGLA

Sekwestracja węgla jest procesem polegającym na związaniu dwutlenku węgla (CO_2) z powietrza atmosferycznego w pokładach geologicznych, w glebie, oceanach i roślinności - dzięki czemu ogranicza się obieg tego składnika w środowisku.

W rolnictwie rośliny uprawne tworząc masę zieloną redukują zawartość CO_2 w atmosferze

Szacunkowa ilość węgla związanego w roślinach:

Wierzba – 0,8-1,0 t C/ha

Topola – 1,6 t C/ha

Roślinność łąkowa – 7 ton siana/ha – 3,5 t C /ha

Proso – 3-10 t C/ha

Miskant olbrzymi – 5-8 t C/ha

STRATY WĘGLA ORGANICZNEGO Z GLEB ORNYCH.

- Wzrost temperatury powietrza
- Ekstremalne warunki pogodowe (susze, powodzie)

GLOBALNE ZMIANY KLIMATYCZNE

Emisje gazowe

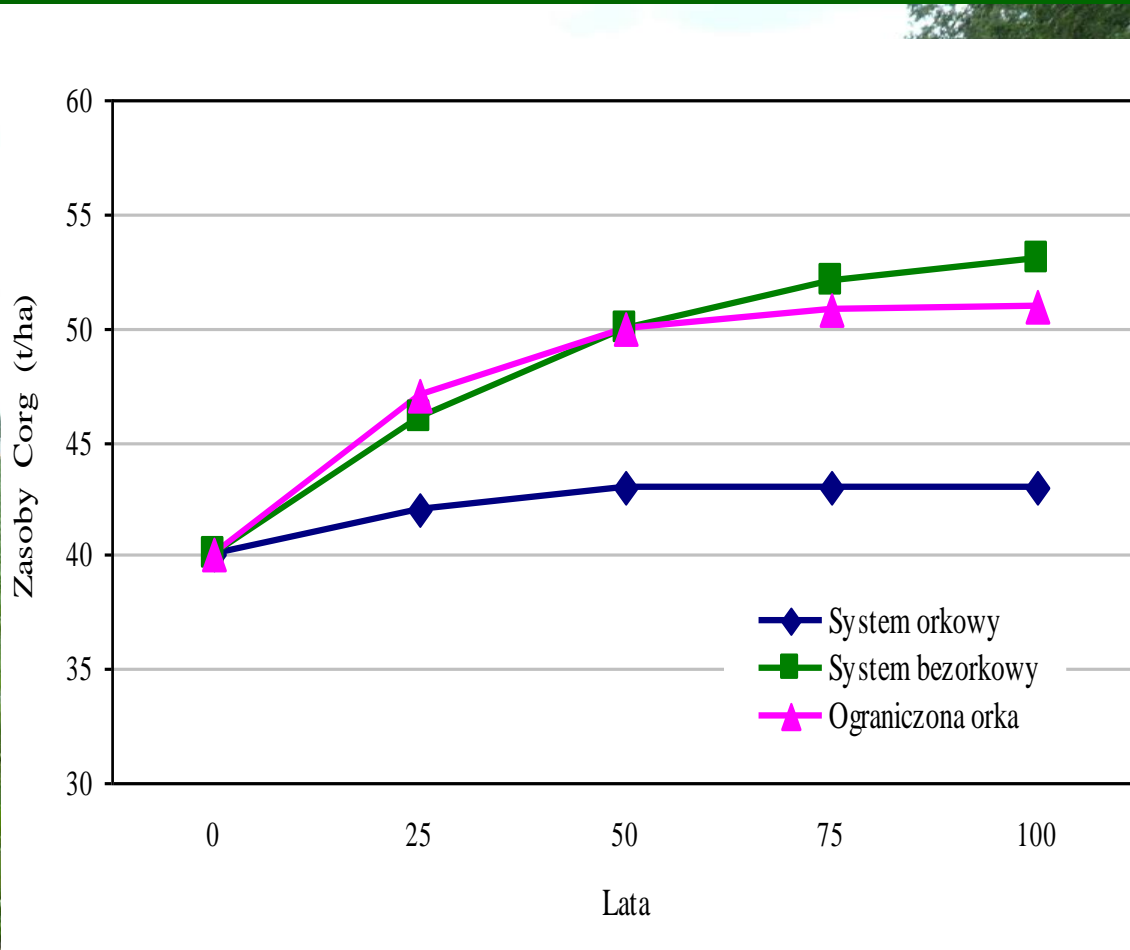
CO₂
CO₂
CO₂
CO₂

- PROCESY DEGRADACJI GLEBY
 - straty glebowej materii organicznej (Corg)
 - procesy erozyjne
 - niszczenie życia biologicznego
 - niszczenie struktury gleby

- Natlenienie gleby
- Przesuszenie gleby
- Utlenianie glebowego węgla organicznego

Wymywanie składników biogennych (N, P,) i RWO do wód powierzchniowych i podziemnych

GRUNTY ORNE A SEKWESTRACJA GLEBOWEGO WĘGLA ORGANICZNEGO

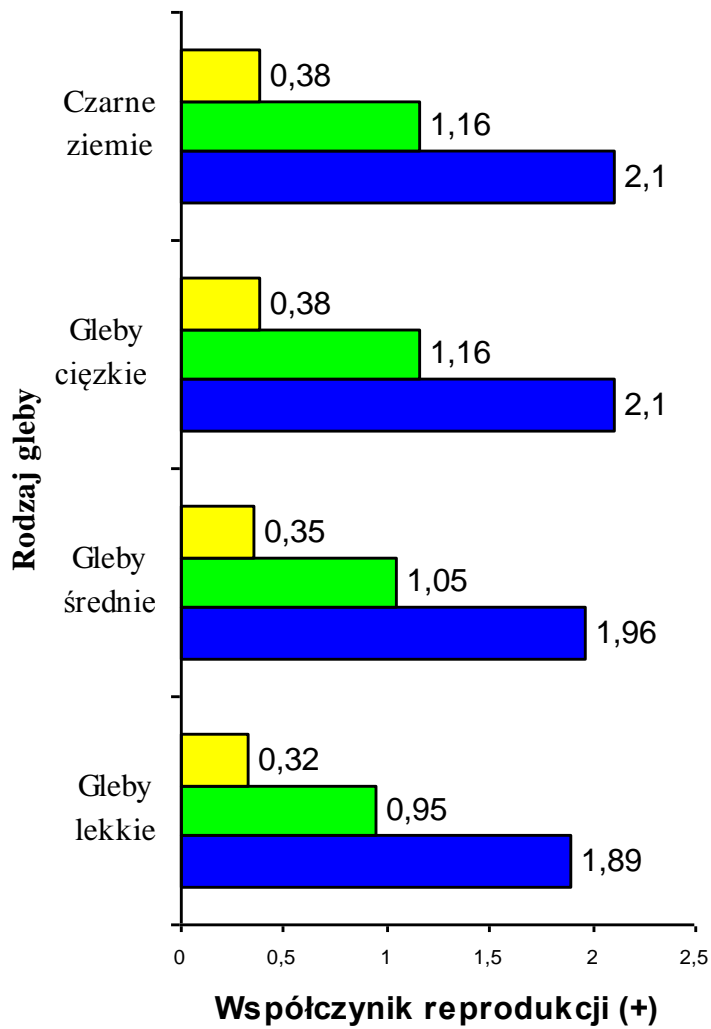


Rys. 3 Sposób uprawy gleby a zawartość węgla organicznego po zmianie użytkowania z łąkowego [za: Gonet i Markiewicz, 2007, na podstawie Poulton 1995].

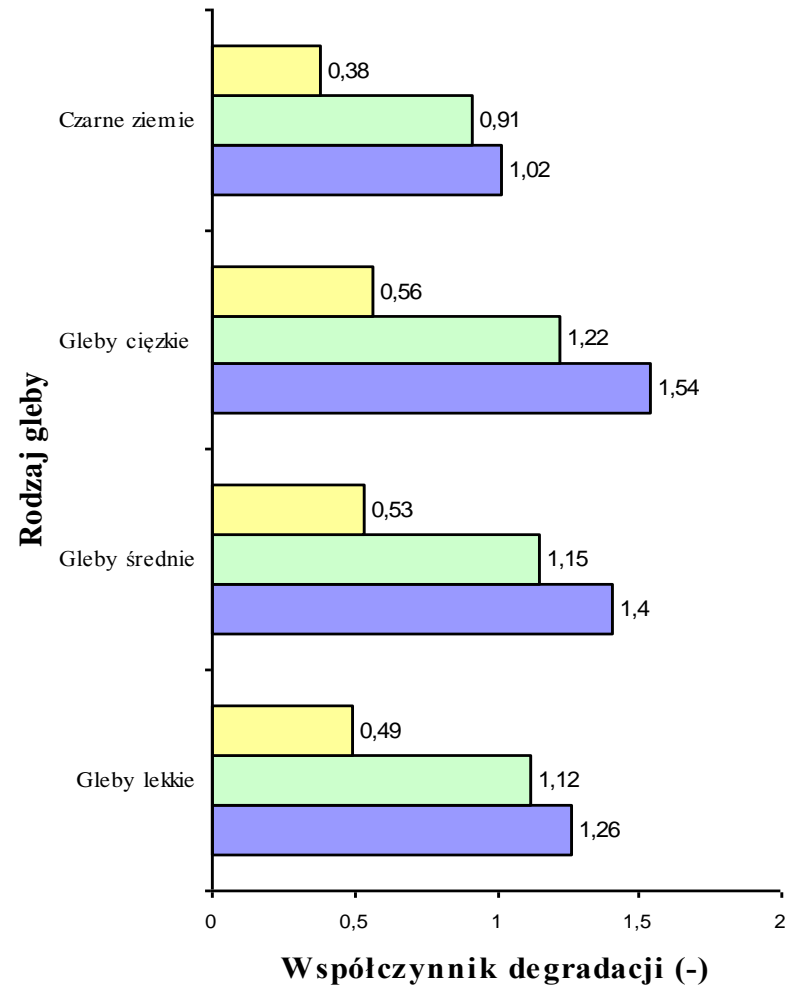
GRUNTY ORNE A SEKWESTRACJA GLEBOWEGO WĘGLA ORGANICZNEGO

Uprawa bezpłuzna polega na powierzchniowej uprawie mechanicznej gleby (10-12 cm) bez użycia pługa lub głębokim spulchnieniu do 25 cm bez odwracania skiby. W uprawie tej, resztki roślinne pozostają na powierzchni gleby i w przy powierzchniowej warstwie gleby. Stosuje się kultywatory-grubery zaopatrzone w części robocze (gęsiostopki, sztywne zęby, brony talerzowe i wirnikowe, spulchniacze i inne maszyny uprawne do płytkiego mieszania gleby. Wymienione maszyny mogą przyczyniać się do wprowadzenia do gleby nawet 70 % resztek poźniwnych oraz częściowemu pozostawianiu ich na powierzchni gleby.

Uprawa zerowa (siew bezpośredni) sprzyja pozostawianiu resztek roślinnych na powierzchni gleby i polega ona na wysiewie nasion bezpośrednio do gleby nieuprawnionej po zbiorze rośliny poprzedzającej za pomocą specjalnych siewników do siewu bezpośredniego.



■ Motylkowate ■ Trawy ■ Straczkowe



■ Oopowe ■ Kukurydza ■ Zboża i oleiste

Rys. 4 Współczynniki reprodukcji (+) i degradacji (-) w t/ha glebowej materii organicznej
Źródło Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej, (2002).

ROLA UŻYTKÓW ZIELONYCH W OCHRONIE ZASOBÓW GLEBOWEGO WĘGLA ORGANICZNEGO (2)

Ekosystemy łąkowe ze względu na specyficzną bioróżnorodność gatunkową są istotnym czynnikiem zwiększania zawartości węgla organicznego.

Szybkość pochłaniania dwutlenku węgla przez roślinność łąkową jest dwukrotnie większa niż spod gruntów ornych i zależy m.in. od częstotliwości zmian w użytkowaniu [Golids and van Wesemael, 2007, Billen et al., 2009].



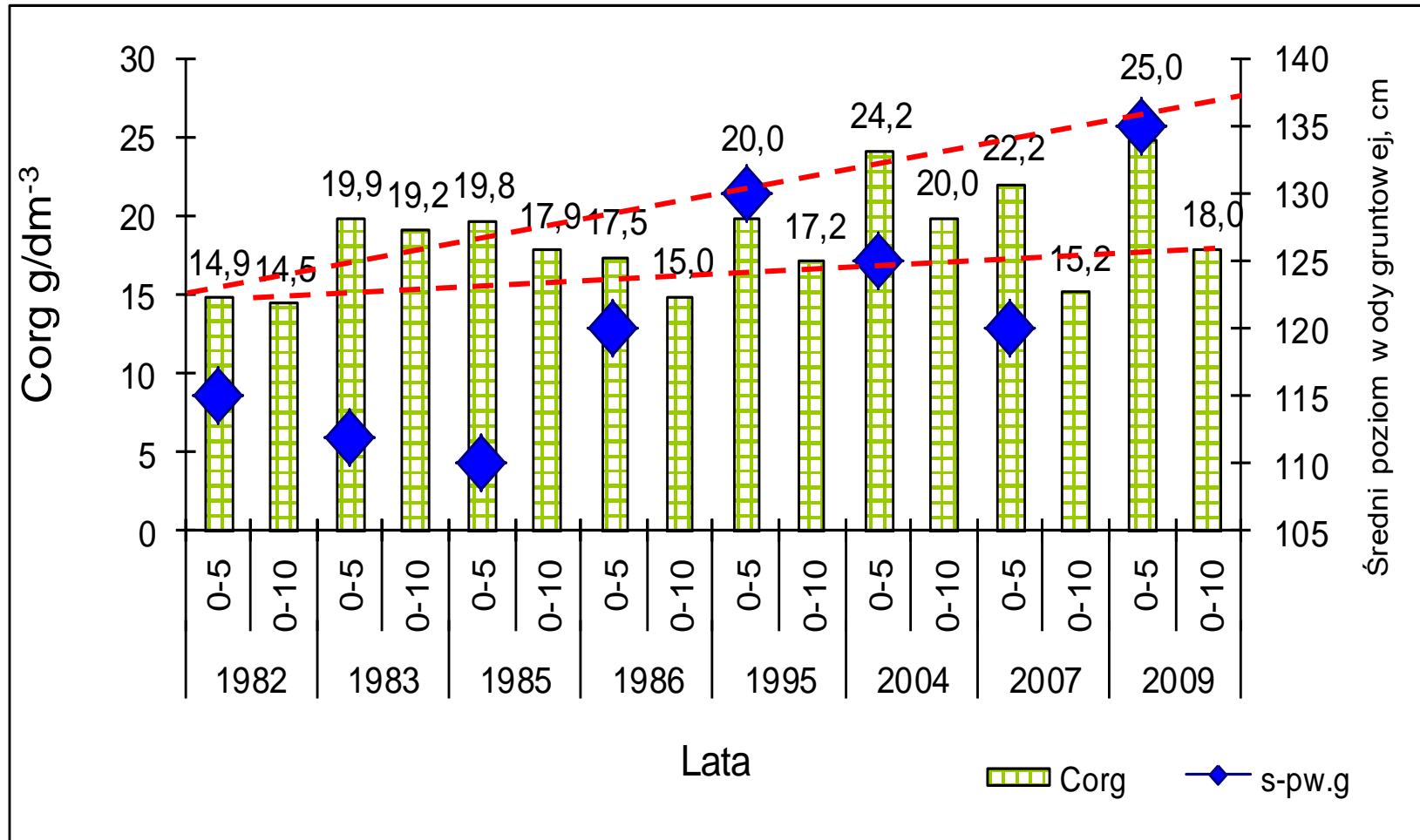
ROLA UŻYTKÓW ZIELONYCH W OCHRONIE ZASOBÓW GLEBOWEGO WĘGLA ORGANICZNEGO (3)

PROCES DARNIOWY – jest procesem glebotwórczym i polega na akumulacji materii organicznej pod wpływem roślinności trawiastej w wierzchniej warstwie profilu glebowego.

Naturalna zdolność użytków zielonych do sekwestracji węgla wynika, z takich cech, jak:

- zwarty i silnie rozwinięty system korzeniowy w wierzchniej warstwie gleby,
- trwała całoroczna okrywa roślinna zapewniająca ciągłość procesów darniowania,
- złożony ekosystem łąkowy składający się z mieszaniny roślin jednoliściennych (trawy) z roślinami dwuliściennymi, dobrze utrzymującej naturalną wilgotność gleby.

ROLA UZYTKÓW ZIELONYCH W OCHRONIE ZASOBÓW GLEBOWEGO WĘGLA ORGANICZNEGO (3)



Rys. 5 Zawartość Corg w mineralnej glebie po 27-letnim użytkowaniu łąkowym na doświadczeniu J (Janki) - IMUZ/ITP. w Falentach. (dane niepublikowane; Burzyńska i Sapek, 2010)

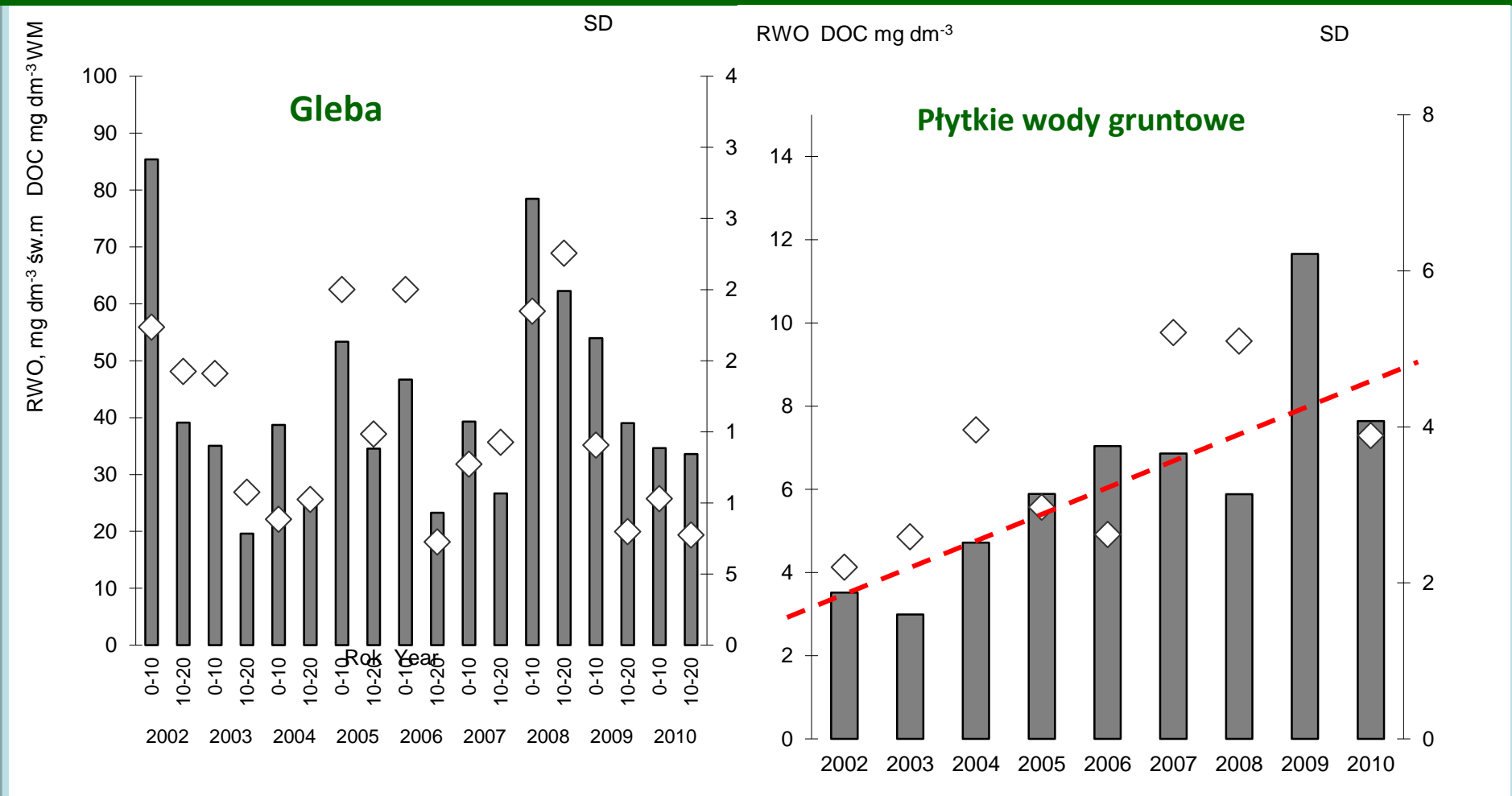
SKUTKI NADMIERNEGO ZAKWASZENIA i WYSUSZENIA GLEBY ŁĄKOWEJ NA DEGRADACJĘ SIEDLISKA

Emsja CO₂



- zanikanie wartościowych gatunków traw i roślin dwuliściennych , w tym ziół łąkowych
- inwazja gatunków roślin tolerujących zakwaszenie (szczaw zwyczajny, sit) oraz pospolitych chwastów
- zanikanie darni „puste miejsca bez roślinności”
- straty glebowego węgla organicznego

ODCZYN GLEBY I ZAWARTOŚĆ ROZPUSCZONEGO WĘGLA ORGANICZNEGO W GLEBIE ŁAKOWEJ O ZRÓŻNICOWANYM UŻYTKOWANIU



Rys. 6 Zawartość RWO w mineralnej glebie łąkowej oraz w płytkich wodach gruntowych (Burzyńska, 2013)

ROLA MOKRADEŁ W OCHRONIE ZASOBÓW GLEBOWEGO WĘGLA ORGANICZNEGO

Tabela 2

Roczny szacunkowy ubytek materii organicznej, węgla organicznego oraz emisja CO₂ do atmosfery w Polsce na torfowiskach nieleśnych [wg. Czaplak i Dembek, 2000].

Grupa	Pow. w ha	Ubytek materii organicznej (t/rok)	Ubytek węgla organicznego (t/rok)	Emisja CO ₂ do atmosfery (t/rok)
Łąki zmiennowilgotne MtI	463,85	4 638,50	2552,17	8 349,30
Łąki świeże i suche Mt II	335,30	5 029,50	2 766,22	6 035,40
Łąki świeże i suche Mt III	17,65	264,75	145,61	190,620
Razem	816,80	9 932,75	5 473,00	14 575,32

Gleby Mt i – związane z łąkami zmiennowilgotnymi; Mt-II i Mt-III związane z łąkami świeżymi i suchymi

ROLA MOKRADEŁ W OCHRONIE ZASOBÓW GLEBOWEGO WĘGLA ORGANICZNEGO



ROLA MOKRADEŁ W OCHRONIE ZASOBÓW GLEBOWEGO WĘGLA ORGANICZNEGO

DZIAŁANIA OFRANICZAJĄCE EMISJĘ CO₂ Z TORFOWISK I MOKRADEŁ



- **Monitoring i pozostawienie mokradeł i torfowisk w naturalnym i nie naruszonym stanie.**
- **Renaturyzacja torfowisk o znacznych walorach przyrodniczych.**
- **Zalesienia oraz zadrzewienia śródpolne, ograniczające utratę wilgotności siedliska.**
- **Na terenach użytkowanych rolniczo wybór odpowiedniego sposobu użytkowania z preferencją metod zwiększających możliwość sekwestracji węgla (np. trwałe użytki zielone).**
- **Odbudowa, renowacja lub modernizacja systemów melioracyjnychz funkcją nawadniającą.**

SPOSOBY ZWIĘKSZANIA SEKWESTRACJI WĘGLA W GLEBACH ROLNICZYCH (1)

Praktyki zwiększające zawartość węgla (Corg)w glebie	Praktyki zmniejszające zawartość węgla (Corg) w glebie
Zwrot resztek roślinnych do gleby w postaci nawozów naturalnych	Wynoszenie resztek roślinnych z gleby
Niespalanie biomasy roślinnej	Spalanie biomasy
Przywracanie zdegradowanych gleb do prawidłowego stanu (przywracanie odpowiedniego odczynu do uprawy roślin łąkowych pH 5,5-6,5)	Prowadzenie praktyk sprzyjających degradacji gleb łąkowych (zakwaszenie, przenawożenie gleb)
Ograniczenie intensywności zabiegów agrotechnicznych na gruntach rolniczych	Intensywne zabiegi agrotechniczne na gruntach rolniczych
Zwiększanie areалу użytków zielonych	Zmniejszanie areалу użytków zielonych oraz wprowadzanie czarnego ugoru
Systemy mieszane upraw o zróżnicowanym pokryciu powierzchni gleby	Uprawy monokulturowe

SPOSOBY ZWIĘKSZANIA SEKWESTRACJI WĘGLA W GLEBACH ROLNICZYCH (2)

Praktyki zwiększające zawartość węgla w glebie	Praktyki zmniejszające zawartość węgla w glebie
Zwiększanie udziału łąk ekstensywnie użytkowanych	Wynoszenie resztek roślinnych z gleby
Przemienny i kontrolowany wypas na pastwiskach	Nadmierny niekontrolowany wypas na pastwiskach
Utrzymywanie wielogatunkowych mieszanek traw i roślin motylkowatych na łąkach	Brak dbałości o skład gatunkowy łąk
Zwiększanie areалу użytków zielonych oraz gruntów zalesionych w strukturze zagospodarowania terenu	Zmniejszanie areалу użytków zielonych oraz gruntów zalesionych i ich zamiana na grunty orne i zabudowane tereny
Renaturyzacja mokradeł	Odwadnianie łąk i mokradeł



SEKWENCJA WĘGLA ORGANICZNEGO W GLEBACH LEŚNYCH



GRUNTY LEŚNE A SEKWESTRACJA WĘGLA

Ekosystemy leśne są w stanie zmagazynować 60-70 % węgla w glebie (IPCC, 2000), a zasoby tego składnika w glebach różnych szerokości geograficznych są zróżnicowane.

Tabela 3

Strefa	Biomasa	Gleba
Tundra	8	97
Tajga	88	471
Lasy strefy umiarkowanej	59	100
Strefa tropikalna	212	216
Mokradła	6	202

1 Pg (pikrogram) = 0,000000000001 g (gram)

GRUNTY LEŚNE A SEKWESTRACJA WĘGLA

Na podstawie badań przeprowadzonych przez Baritz i in. [2010] szacuje się, że w poziomach organicznych (ektopróchnica) zapas węgla organicznego wynosi od 1,3 do 70,8 t/ha, gdzie w wierzchnich poziomach mineralnych o miąższości do 20 cm zapas może wynosić od 11,3 do 126 t/ha. W Badaniach tych autorzy wykazują istotną różnicę pomiędzy glebami użytkowanymi rolniczo i leśnie, ze wskazaniem na większe znaczenie leśnych.

Zasoby węgla organicznego w glebie uzależnione są od czynników/warunków środowiskowych i antropogenicznych.

Do głównych czynników środowiskowych zaliczamy:

- rodzaj skały macierzystej,
- ukształtowanie terenu oraz związane z tym,
- stosunki powietrzno-wodne,
- klimat - głównie temperatura, ilość opadów.

Do głównych czynników antropogenicznych wpływających na zasoby węgla zaliczamy:

- zalesianie/wylesianie,
- sposoby przygotowania gleby,
- sposoby pozyskiwania drewna,
- sposób użytkowania lasu.

ROLA ZADRZEWIŃ I ZALESIEŃ W KRAJOBRAZIE A SEKWESTRACJA WĘGLA

- **pochłaniają dwutlenek węgla z atmosfery, wbudowując go w biomasę;**
- **utrzymują wilgotność powietrza i gleby;**
- **stanowią odnawialne źródło energii;**
- **wpływają na bilans gazów cieplarnianych;**
- **są substytucją paliw kopalnych (w przypadku wykorzystywania biomasy leśnej do celów energetycznych) i materiałów (budowlanych, izolacyjnych, opakowań, itp.);**
- **przeciwdziałają procesom erozyjnym.**

SPOSOBY ZWIĘKSZENIA SEKWESTRACJI WĘGLA W GLEBACH LEŚNYCH

- 1. Dążenie do zwiększenia lesistości, zagospodarowanie w szybkim czasie terenów na których wystąpiły klęski żywiołowe (np. huragany)**
- 2. Odejście od monokultur na rzecz drzewostanów mieszanych;**
- 3. Zachowanie naturalnej okrywy roślinnej na powierzchni gleby przeciwdziałającej erozji, zwłaszcza po wykonaniu zrębu drzew;**
- 4. Zaprzestanie wykonywania pozyskania metodą wleczoną, półpodwieszoną która niszczy wierzchnie warstwy gleby;**
- 5. Odejście od zrębni zupełnych;**
- 6. Zwiększenie ilości martwego drewna na hektar terenu leśnego;**

SPOSOBY ZWIĘKSZENIA SEKWESTRACJI WĘGLA W GLEBACH LEŚNYCH cd.

- 7. Wydłużenie cyklu produkcji drzewostanów;**
- 8. Rozszerzenie wykorzystania produktów z drewna;**
- 9. Zwiększyć świadomość społeczeństwa na temat gleb -
prowadzić programy edukacyjne poświęcone tematyce gleb na
wszystkich szczeblach edukacji;**
- 10. Odejście od przygotowania gleby metodami znacznie
ingerującymi w wierzchnią warstwę gleby;**

BIBLIOGRAFIA

- Burzyńska I., 2013. Migracja składników mineralnych i ęgla organicznego do wód gruntowych w warunkach zróżnicowanego użytkowania łąk na glebach mineralnych. Rozprawy naukowe i monografie nr 35. Wyd. ITP. Falenty.
- Burzyńska I., Sapek B. 2010. Dane niepublikowane.
- Baritz R., Seufert G., Montanarella L., Van Ranst E. 2010. Carbon concentrations and stocks in forest soils of Europe. *Forest Ecology and Management*, 260: 262-277.
- Czaplak I., Dembek W. 2000. Torfowiska Polski jako źródło emisji dwutlenku węgla. W: Zeszyty Edukacyjne. nr. 6, pod red. Sapek B, Wydawnictwo IMUZ 2000.
- Ochrona Środowiska. GUS 2019. Opracowanie Głównego Urzędu Statystycznego.
- Gonet S. S., Markiewicz M (pr. zbior.) 2007. Rola materii organicznej w środowisku. Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych.
- Sapek B. 2009. Zapobieganie stratom i sekwestracja węgla organicznego w glebach łąkowych. *Inżynieria Ekologiczna* nr. 21. Panel <http://www.archive.ineko.net.pl/pdf/21/6.pdf>
- Wójcik J. 2013. Możliwości zwiększania sekwestracji węgla w ekosystemach leśnych w warunkach zmian klimatycznych. Gromadzenie węgla w glebie, ochrona materii organicznej. Panel Ekspertów a Klimatę. Asz i drewno a ymianz klimatyczne

Dziękujemy za uwagę

