

**Grzegorz Siebielec**

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy  
w Puławach*

## STAŁY MONITORING GLEB UŻYTKÓW ROLNYCH POLSKI\*

**Słowa kluczowe:** użytki rolne, grunty orne, monitoring, zanieczyszczenia

### Podstawa monitoringu

Stale wzrasta zainteresowanie informacjami na temat stanu i zmian jakości gleb, w szczególności gleb użytkowanych rolniczo. Zasoby gleb użytków rolnych decydują o bezpieczeństwie żywnościowym, jakości żywności a także funkcjach środowiskowych obszarów wiejskich. Szczególnie istotne są zagadnienia dotyczące wpływu działalności człowieka na jakość gleb, w tym wpływu instrumentów Wspólnej Polityki Rolnej, prowadzonej od lat w krajach Unii Europejskiej. Podstawowym instrumentem kontroli jakości gleb w skali krajowej i regionalnej są badania monitoringowe, w których w określonych odstępach czasu prowadzone są pomiary w stałych punktach kontrolnych. Wieloletnie programy monitorowania gleb w skali krajowej funkcjonują w kilku krajach Europy, w tym w Szwajcarii, Słowacji, Austrii i Republice Czeskiej (2, 5, 9).

W Polsce od roku 1995 funkcjonuje stały monitoring pod nazwą „Monitoring chemizmu gleb ornych Polski”. Program ten stanowi podsystem Państwowego Monitoringu Środowiska w zakresie jakości gleb i ziemi. Celem badań jest kontrola szerokiego zakresu parametrów gleb użytkowanych rolniczo, szczególnie właściwości chemicznych, zachodzących pod wpływem rolniczej i pozarolniczej działalności człowieka. Obowiązek prowadzenia monitoringu, obserwacji zmian i oceny jakości gleby i ziemi w ramach Państwowego Monitoringu Środowiska wynika z zapisów art. 26 ustawy *Prawo ochrony środowiska*. Zakres badań „Monitoring chemizmu gleb ornych Polski” określają trzyletnie Programy Państwowego Monitoringu Środowiska.

Monitoring chemizmu gleb ornych Polski jest realizowany od roku 1995 przez Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach na zamówienie Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska (GIOŚ). W 5-letnich odstępach czasowych próbki glebowe są pobierane z 216 stałych punktów

\* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.1 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

pomiarowo-kontrolnych, zlokalizowanych na gruntach ornych charakterystycznych dla pokrywy glebowej kraju. Wyniki badań są prezentowane na stronach internetowych GIOŚ. Kolejna, piąta tura realizacji Monitoringu przypada na lata 2015-2017.

### Sieć punktów monitoringowych

Monitoring chemizmu gleb wykorzystuje sieć stałych punktów pomiarowo-kontrolnych (profilu glebowych) w liczbie 216, zlokalizowanych na rolniczo użytkowanych glebach całego kraju. W latach poprzednich punkty pomiarowo-kontrolne lokalizowano za pomocą szkiców sytuacyjnych powstałych podczas I cyklu monitoringowego, map glebowych w skali 1:5000 oraz wojskowych map topograficznych. Ponieważ współrzędne punktów pomiarowo-kontrolnych znajdujące się w bazie danych miały charakter orientacyjny (były pierwotnie odczytywane manualnie z map topograficznych) i charakteryzowały się pewną niedokładnością, w edycji Monitoringu 2010-2012 Monitoringu dokonano ich aktualizacji i cyfryzacji. Wspomniane powyżej materiały w wersji analogowej (szkice sytuacyjne, mapy glebowe 1:5000, mapy topograficzne) z zaznaczonymi punktami oraz znajdujące się w bazach IUNG-PIB informacje przestrzenne w wersji cyfrowej (sieć drogowa, mapy glebowo-rolnicze i topograficzne, zdjęcia lotnicze) zostały wykorzystane przy pomocy programu ArcGIS do dokładnego zlokalizowania miejsc pobierania próbek, a następnie aktualizacji współrzędnych geograficznych.

### Położenie geograficzne punktów

Najwięcej punktów (20) zlokalizowanych jest w województwach dolnośląskim, lubelskim i mazowieckim (Tab. 1, Rys. 1). Liczba punktów w poszczególnych województwach została w I edycji Monitoringu zaplanowana tak, by odzwierciedlać wielkość województwa, udział użytków rolnych, różnorodność pokrywy glebowej i występowanie potencjalnych zagrożeń dla jakości gleb.

Tabela 1

Liczba punktów pomiarowo-kontrolnych w poszczególnych województwach

Województwo	Liczba próbek
dolnośląskie	20
kujawsko-pomorskie	13
lubelskie	20
lubuskie	11
łódzkie	16
małopolskie	17
mazowieckie	20
opolskie	6

Tabela 1 c.d.

podkarpackie	14
podlaskie	6
pomorskie	9
śląskie	18
świętokrzyskie	9
warmińsko-mazurskie	11
wielkopolskie	17
zachodniopomorskie	9

Źródło: Siebielec i in. 2012 (16)

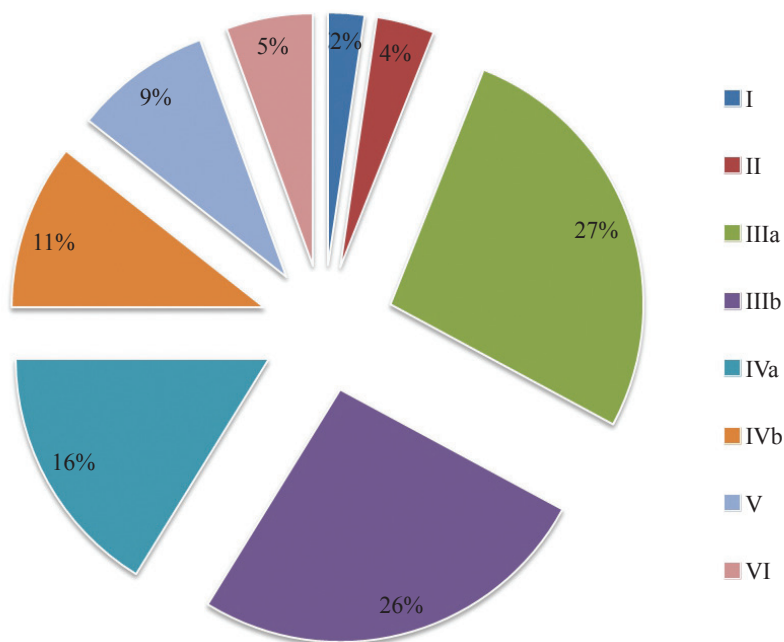


Rys. 1. Rozmieszczenie 216 punktów pomiarowo-kontrolnych

Źródło: opracowanie własne

## Różnorodność i reprezentatywność gleb w punktach monitoringowych

Sieć punktów badawczych zapewnia różnorodność utworów glebowych i typów gleb charakterystycznych dla pokrywy glebowej Polski. Spośród typów gleb najczęściej reprezentowane są gleby płowe. Klasa bonitacyjna i kompleks przydatności rolniczej charakteryzują wartość użytkową gruntu w zakresie funkcji produkcyjnej. Najczęściej reprezentowana była klasa IIIa i b – razem 53% wszystkich lokalizacji (Rys. 2). Są to gleby średnio dobre, o gorszych niż w przypadku klas I i II warunkach fizycznych i chemicznych, charakteryzujące się wahaniami poziomu wody w zależności od opadów atmosferycznych. Klasa IVa i IVb były reprezentowane przez, odpowiednio, 16 i 11% punktów. Gleby klas najbardziej urodzajnych (I i II) były nieliczne i występowały w 6% punktów.



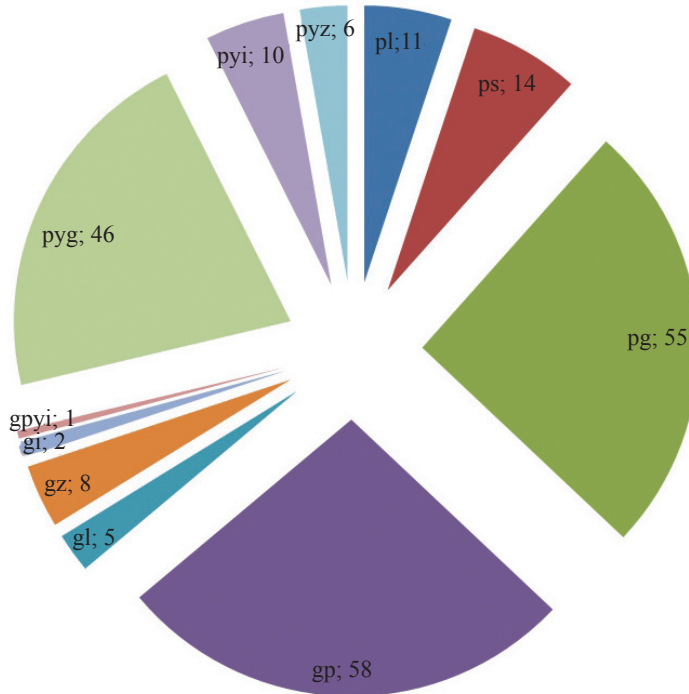
Rys. 2. Udział poszczególnych klas bonitacji w punktach monitoringowych

Źródło: Siebielec i in., 2012 (16)

Najliczniej reprezentowany spośród kompleksów przydatności rolniczej był kompleks 2 (pszenny dobry) – 29% wszystkich punktów. Udział większy niż 10% wszystkich lokalizacji miały ponadto kompleksy 4 (żytni bardzo dobry), 5 (żytni dobry) i 6 (żytni słaby).

Gatunek gleby, związany z jej składem granulometrycznym, ma istotne znaczenie dla kształtowania fizycznych i chemicznych cech gleb, w tym naturalnej zawartości zanieczyszczeń w glebie oraz pojemności sorpcyjnej, wpływającej bezpośrednio na procesy migracji zanieczyszczeń w środowisku. Wśród gleb reprezentujących punkty

monitoringowe przeważają gatunki z grupy piasków. Stosując klasyfikację wg normy BN-78/9180-11, najliczniejsze gatunki to: piasek gliniasty lekki (31 profili), piasek słabogliniasty (25 profili) i piasek gliniasty mocny (19 profili). Gatunki gleb z grupy pyłów były reprezentowane są przez 44 profile, natomiast gliny i ropy przez 74 profile. Udział gatunków gleb według klasyfikacji PTG z 2008 roku przedstawiono natomiast na Rys. 3.



Rys. 3. Udział gatunków gleb określonych według klasyfikacji PTG z 2008 roku (pl- piasek luźny, ps – piasek słabogliniasty, pg – piasek gliniasty, gp – glina piaszczysta, gl – glina lekka, gz – glina zwykła, gi – glina ropy, gpyi – glina pylasto-ropy, pyg – pył gliniasty, pyz – pył zwykły, pyi – pył ropy)

Źródło: Siebielec i in., 2012 (16)

Monitoring chemizmu gleb obejmuje użytki rolnicze, ze zdecydowanym akcentem położonym na grunty orne, dla których istnieje bezpośrednia zależność pomiędzy jakością gleby a jakością produkowanej żywności. Należy zaznaczyć, że w porównaniu z wyjściowym rokiem 1995 w części punktów pomiarowo-kontrolnych nastąpiły zmiany sposobu użytkowania ziemi. Stale użytkowane grunty orne stanowiły w 2010 roku 80% wszystkich punktów, natomiast użytki zielone 6%. Dość znaczny odsetek (13%) punktów reprezentował użytki odłogowane (16).

## Zmiany położenia punktów pobierania próbek

W przypadku konieczności zmiany położenia punktów pomiarowo-kontrolnych kierowano się zasadą, że nowe położenie punktu musi reprezentować użytek rolny oraz ten sam gatunek i typ gleby oraz znajdować się w możliwie najmniejszej odległości od punktu wyjściowego. W celu uzyskania jak największej precyzji w wyborze nowej lokalizacji punktów, wykorzystywana jest cyfrowa mapa glebowo-rolnicza oraz oceniany jest skład granulometryczny gleby w terenie. Na Rys. 4 przedstawiono dwa przypadki przeniesienia punktów z powodu pojawienia się prywatnej zabudowy lub budowy traktów komunikacyjnych w lokalizacjach pierwotnych. Z reguły dystans o jaki nowa lokalizacja różni się od pierwotnej nie przekracza kilkuset metrów. Inne przyczyny przesunięć punktów w kampaniach pobierania próbek w latach 2010 i 2015 wynikały z budowy zakładów przemysłowych lub wykonania zalesień.





Rys. 4. Zmiany położenia punktów monitoringowych z powodu pojawienia się zabudowy jednorodzinnej i ogrodzenia terenu (powyżej) oraz budowy szlaków komunikacyjnych (u dołu).

Punkt o barwie różowej oznacza nową lokalizację.

Źródło: Siebielec i in. 2012 (16)

### **Metodyka pobierania próbek glebowych i dokumentacji punktów monitoringowych**

Próbki glebowe pobierane są przez osoby z doświadczeniem oraz przeszkolone w zakresie klasyfikacji gleb. Od roku 2010 nawigacja do punktów odbywa się za pomocą urządzeń GPS (ang. *Global Positioning System*). Punkt o określonych współrzędnych stanowi centralny punkt kwadratu 10 m x 10 m, w którym za pomocą stalowej sondy glebowej pobieranych jest z głębokości 0-20 cm dwadzieścia równomiernie rozmieszczonych próbek indywidualnych. Kombinacja próbek indywidualnych stanowi próbkę zbiorczą, reprezentatywną dla punktu pomiarowo-kontrolnego. W miejscu pobrania próbek wypełniany jest protokół pobrania próbki, w którym umieszczane są takie informacje jak: nr punktu, zaktualizowane współrzędne, położenie geograficzne oraz położenie względem widocznych z miejsca pobierania elementów antropopresji, manualnie określony skład granulometryczny, typ gleby z mapy glebowo-rolniczej, głębokość pobrania próbki.

Od roku 2010 przeprowadzana jest dokumentacja fotograficzna miejsc pobrania próbek w liczbie 3-4 zdjęć cyfrowych wykonanych w różnych kierunkach.

## Lista analizowanych właściwości gleb

W próbkach glebowych w edycjach 1995-2010 oznaczano następujące właściwości gleb, z wykorzystaniem opisanych obok metodyk oznaczeń:

1. **Skład granulometryczny** – metodą Casagrande’a w modyfikacji Prószyńskiego (11);
2. **Próchnica-substancja organiczna** – zmodyfikowaną metodą Tiurina (14);
3. **Węgiel organiczny** – wartość uzyskana z pomnożenia zawartości substancji organicznej przez współczynnik 0,58;
4. **Węglany** – metodą Scheiblera (11);
5. **Odczyn „pH”** w zawiesinie 1M KCl oraz w zawiesinie H<sub>2</sub>O – metodą potencjometryczną (12);
6. **Kwasowość hydrolityczna (Hh)** – metodą Kappena (12);
7. **Kwasowość wymienna** – metodą Daikuhary (12);
8. **Glin wymienny** – metodą Sokołowa (14);
9. **Fosfor przyswajalny** – metodą Egnera-Riehma (12);
10. **Potas przyswajalny** – metodą Egnera-Riehma (12);
11. **Magnez przyswajalny** – metodą Schachtschabela (12);
12. **Siarka przyswajalna** – metodą Ensmingera w modyfikacji Skłodowskiego. Siarczany w roztworze po ekstrakcji gleby za pomocą roztworu Ca(H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> oznacza się metodą nefelometryczną (3, 17);
13. **Azot ogólny** – zmodyfikowaną metodą Kjeldahla. W roztworze po mineralizacji gleby za pomocą H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, zawartość N ogólnego oznaczana jest metodą kolorymetryczną;
14. **Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne „WWA”**. Ekstrakcja z gleby chlorkiem metylenu w aparacie Soxtec (Büchi Universal Extraction System). Uzyskany ekstrakt oznaczany metodą chromatografii gazowej z detektorem masowym (GC/MS Agilent System) zgodnie z zasadami podanymi w normie ISO 18287 (7, 8). Wyniki zawartości WWA podawano w edycjach 1995-2010 jako sumę tych związków, a od 2015 roku podawane są zawartości pojedynczych związków: naftalen, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a) antracen, chryzen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)fluoranten, benzo(a)piren, indeno(1,2,3-cd)piren, dibenzo(a,h)antracen, benzo(ghi)perylene;
15. **Proporcja C:N** - z przeliczenia ilości węgla organicznego przez zawartość azotu ogólnego;
16. **Radioaktywność**. Według metody Overmana i Clarka (13);
17. **Przewodnictwo elektryczne właściwe** – w ekstrakcie wodnym z gleby (masa gleby:objętość wody = 1:5) – wg normy ISO 7888. Jakość wody – oznaczanie przewodnictwa elektrycznego właściwego;
18. **Zasolenie** - z przeliczenia wartości przewodnictwa elektrycznego właściwego ekstraktu wodnego na stężenie roztworu wodnego KCl o takim samym przewodnictwie, przy uwzględnieniu proporcji gleba:woda = 1:5;



19. **Kationy wymienne o charakterze zasadowym:** Ca, Mg, K i Na. Dla gleb o  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  poniżej 7,0 do ekstrakcji stosuje się roztwór  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  o stężeniu  $c = 1 \text{ mol/l}$  i  $\text{pH} = 7,0$ . Dla gleb o  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$  powyżej 7,0 i zawierających węglany do ekstrakcji zastosuje się roztwór  $\text{NH}_4\text{Cl}$  o stężeniu  $c = 0,5 \text{ mol/l}$  i  $\text{pH} = 8,2$ ;
20. **Suma zawartości kationów o charakterze zasadowym („S”)** - suma zawartości wymiennych form Ca, Mg, K i Na;
21. **Pojemność sorpcyjna gleby („T”)** - suma wartości „S” i „Hh”;
22. **Wysycenie kompleksu sorpcyjnego kationami zasadowymi („V”)** – procentowe wysycenie wynika z podzielenia „S” przez „T” i pomnożenia ilorazu przez 100;
23. **Całkowita zawartość fosforu.** Po mineralizacji gleby za pomocą kwasu siarkowego i  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Fosfor oznaczono spektrofotometrycznie metodą wanadowo-molibdenianową (14);
24. **Całkowita zawartość siarki.** Siarkę organiczną utlenia się do siarczanów podczas reakcji w fazie stałej w temperaturze  $500^\circ\text{C}$  za pomocą azotanu magnezowego. Siarczany po przeprowadzeniu do roztworu za pomocą kwasu azotowego oznacza się nefelometrycznie (14);
25. **Zawartość sodu, potasu, magnezu, wapnia, żelaza, manganu, glinu, miedzi, niklu, chromu, cynku, wanadu, kadmu, kobaltu, ołowiu, baru, berylu, lantanu, litu i strontu** - metodą spektrometrii absorpcji atomowej (1995-2005) lub spektrometrii mas w plazmie wzbudzonej indukcyjnie (ICP-MS) (od 2010 roku), w roztworze po mineralizacji gleby wodą królewską. Mineralizację gleby wodą królewską wykonuje się zgodnie z normą międzynarodową ISO-11466: Jakość gleby – Ekstrakcja metali śladowych rozpuszczalnych w wodzie królewskiej.

Od 2015 roku analizowane są ponadto:

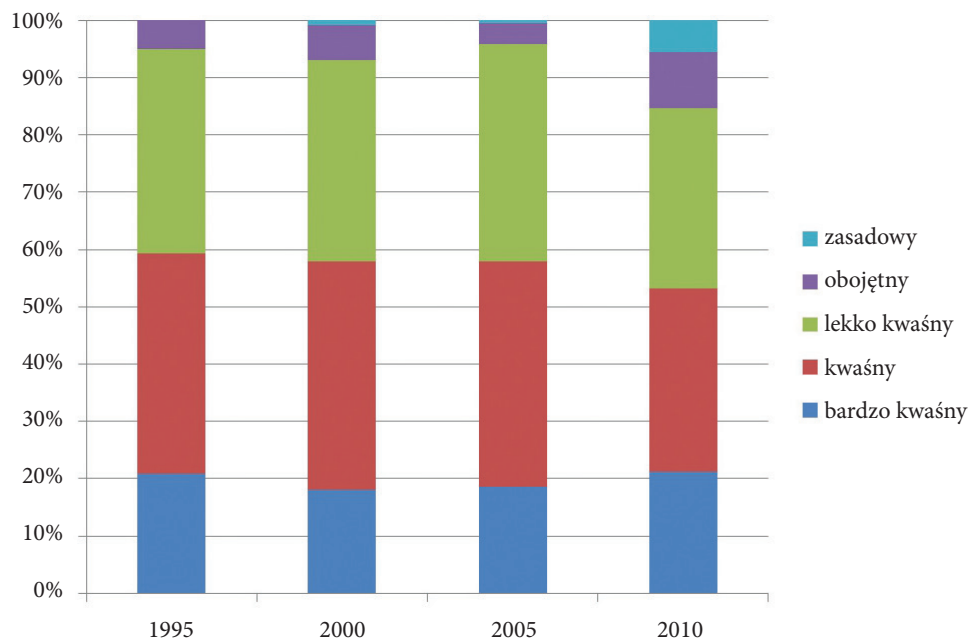
26. **Zawartość rtęci** – metodą termicznego rozkładu, amalgamacji i detekcji techniką absorpcyjnej spektrometrii atomowej;
27. **Zawartość azotu mineralnego amonowego i azotanowego** - metodą ciągłej analizy przepływowej z segmentowanym strumieniem i detekcją spektrofotometryczną na analizatorze przepływowym po ekstrakcji za pomocą 1% roztworu  $\text{K}_2\text{SO}_4$  w stosunku wagowo-objętościowym 1:10;
28. **Zawartość pestycydów – związków niechlorowych: carbaryl, carbofuran, maneb, atrazin** - Pestycydy związku niechlorowe tj.: atrazyna, carbofuran, carbaryl po ekstrakcji z gleby mieszaniną rozpuszczalników organicznych (dichlorometan:aceton, 50:50 v/v) metodą chromatografii gazowej z podwójnym detektorem masowym. Maneb ekstrahowano z gleby acetonem (1:1 v/v). Otrzymaną zawiesinę filtrowano na jakościowym sączku twardym, a następnie oznaczano z zastosowaniem metody chromatografii gazowej z podwójnym detektorem masowym (GC QQQ Agilent System);
29. **Zawartość pestycydów chloroorganicznych: DDT/DDE/DDD, Aldryna, Dieldryna, Endryna,  $\alpha$ -HCH,  $\beta$ -HCH,  $\gamma$ -HCH** oznaczano według zmodyfikowanej metody PN-ISO 10382:2007. Oznaczanie zawartości pestycydów chloroorganicznych i polichlorowanych bifenyli. Stosowano metodę chromatografii gazowej z detekcją wychwytu elektronów.

## Wyniki badań monitoringowych

### Podstawowe właściwości gleb

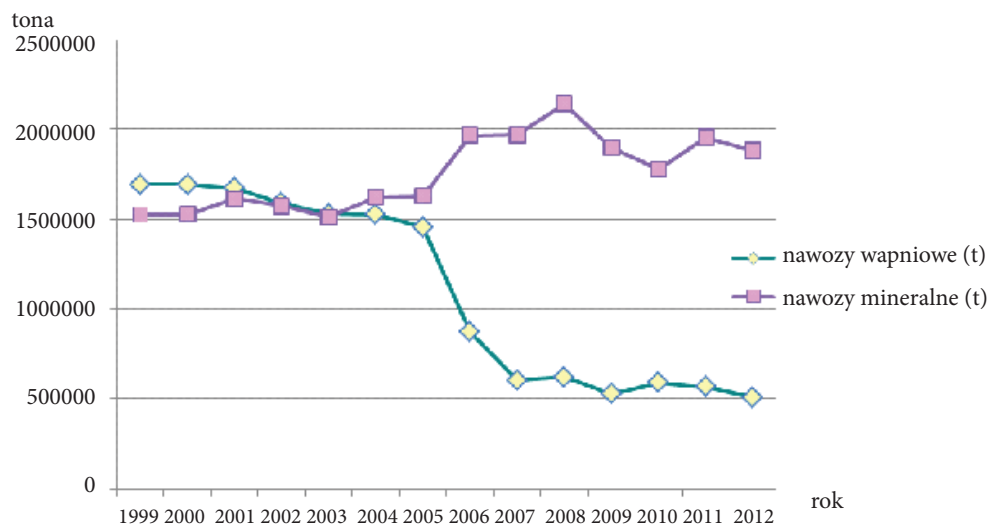
Wieloletni charakter Monitoringu pozwala na długoterminową ocenę jakości gleb i kierunków zmian ich właściwości. **Odczyn** gleb decyduje o wielu biologicznych i fizykochemicznych procesach zachodzących w glebach. Kształtowanie wartości odczynu gleb związane jest głównie z ich składem mineralogicznym (kwaśnym bądź zasadowym charakterem skał macierzystych), przemianami i zawartością materii organicznej oraz warunkami klimatycznymi decydującymi o wymyciu składników zasadowych. Z kolei spośród przyczyn antropogenicznych największe znaczenie ma obecnie stosowanie nawozów azotowych (4). Na glebach kwaśnych odczyn jest czynnikiem ograniczającym plonowanie większości roślin uprawnych a spadek plonu zależy od wrażliwości poszczególnych gatunków. W warunkach zbyt niskiego odczynu zmniejsza się pobranie składników nawozowych przez rośliny, które w wyniku wymywania przedostają się do wód gruntowych (azot) lub uwsteczniają (fosfor).

Udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych przez cały okres badań monitoringowych pozostaje bardzo duży i wynosi ponad 50% wszystkich profili (Rys. 5). Fakt ten wynika z przyczyn naturalnych (skład mineralogiczny skały macierzystej) oraz wieloletnich zaniedbań w zakresie wapnowania gleb. Niepokojącym zjawiskiem jest zmniejszanie się zużycia nawozów wapniowych przy jednoczesnym zwiększeniu ilości stosowanych nawozów azotowych (Rys. 6). Procesy zakwaszania gleb związane ze stosowaniem nawozów fizjologicznie kwaśnych powinny być systematycznie neutralizowane stosowaniem wapna.



Rys. 5. Udział profili w poszczególnych klasach odczynu (pH w 1M KCl) w latach 1995-2010

Źródło: Siebielec i in., 2012 (16)



Rys. 6. Zużycie nawozów mineralnych i wapniowych w Polsce w latach 1999-2012

Źródło: Kozyra i Siebielec, 2014 (10)

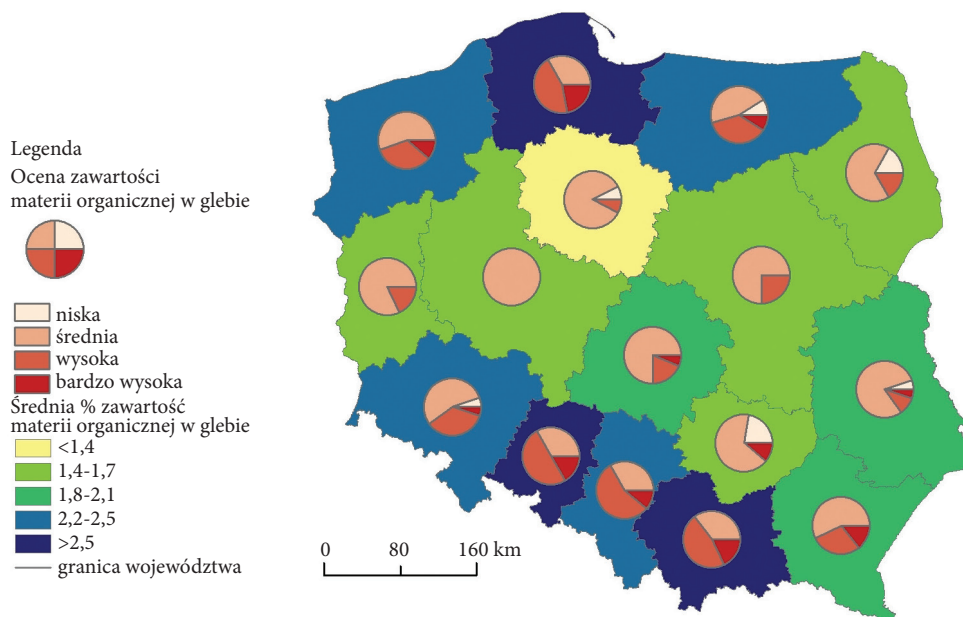
W roku 2010 dawka wapna niezbędna do neutralizacji zakwaszenia wynosiła od 0,47 do 8,57 tony CaO na hektar, przy średniej 2,36. Przyjmuje się, że nie ma konieczności wapnowania gleb, w przypadku których dawka wapna CaO wyliczona na podstawie kwasowości hydrolitycznej nie przekracza  $1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Przy takim założeniu, wapnowanie o różnej pilności jest wymagane w przypadku prawie 87% profili (187 profili) a dla 8% profili konieczna dawka CaO przekracza  $4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  (16).

Odczyn gleby ma podstawowe znaczenie dla procesów uruchamiania lub immobilizacji pierwiastków śladowych, badanych w ramach Monitoringu chemizmu gleb ornych w Polsce. Mobilność potencjalnie toksycznych metali, takich jak np. kadm, ołów, nikiel, zmniejsza się wraz ze wzrostem pH gleby na skutek reakcji adsorpcji, okluzji lub wytrącania trudno rozpuszczalnych soli metalu. Dlatego szczególnie niekorzystnym zjawiskiem jest zaobserwowany spadek wartości pH gleb woj. śląskiego, o znacznym udziale gleb o podwyższonej zawartości metali śladowych. W 2010 r. w połowie profili w woj. śląskim pH w KCl wynosiło poniżej 5,4 (16). Istnieje zatem potrzeba bardziej szczegółowej oceny (na większej liczbie próbek) procesów zakwaszania gleb w województwie śląskim, z uwagi na ryzyko uruchamiania metali i zwiększenia związanej z tymi procesami ekspozycji mieszkańców na zanieczyszczenia.

Materia organiczna gleb jest podstawowym wskaźnikiem jakości gleb decydującym o ich właściwościach fizykochemicznych, takich jak zdolności sorpcyjne i buforowe oraz procesach biologicznych, warunkujących wiele przemian, określanych mianem aktywności biologicznej. Zachowanie zasobów próchnicy glebowej jest istotne nie tylko ze względu na utrzymanie produkcyjnych funkcji gleb, ale również z punktu widzenia roli gleb w sekwestracji (wiązaniu) węgla z atmosfery. Ubytek próchnicy

jest ważnym wskaźnikiem pogorszenia warunków siedliskowych oraz żyzności gleb. W roku 2010 zawartość próchnicy w punktach monitoringowych kształtowała się w zakresie 0,76 – 6,05%. Średnia zawartość próchnicy wynosiła 1,97% i nie różniła się istotnie od przeciętnej zawartości w latach poprzednich. Również rozkład zawartości materii organicznej w poszczególnych okresach badawczych nie różnił się istotnie. W grupie analizowanych profili zdecydowanie przeważały gleby klasyfikowane w Polsce w przedziale średniej zawartości (1-2% s.m.). Stanowiły one ponad 60% wszystkich profili. Profile o zawartości bardzo wysokiej (>3,5%) są nieliczne i w 2010 r. stanowiły niecałe 10 % wszystkich punktów monitoringowych. Średnia zawartość węgla organicznego w roku 2010 wynosiła 1,14% a zakres zawartości 0,44 – 3,51% (16).

Analizując przestrzenną zmienność zawartości próchnicy, wyraźnie zaznaczają się dwie strefy: (1) województwa pasa środkowego oraz (2) strefy północnej i południowej, w których średnie zawartości próchnicy były wyższe (Rys. 7). Fakt ten można wiązać z warunkami klimatycznymi – korzystniejszym bilansem wodnym w regionach południowych i nadmorskich, który sprzyja gromadzeniu się próchnicy lub ogranicza procesy rozkładu materii organicznej. W województwach pasa środkowego nieznaczny był udział gleb o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości, występowały w nich natomiast gleby o bardzo niskiej zasobności.



Rys. 7. Przestrzenna zmienność zawartości próchnicy w 2010 r.  
na podstawie statystyk dla województw

Źródło: Siebielec i in., 2012 (16)

Przeciętna zawartość **fosforu przyswajalnego** w 2010 r. nie przekraczała 17 mg  $P_2O_5 \cdot 100g^{-1}$  a mediana wynosiła 12 mg  $P_2O_5 \cdot 100g^{-1}$ . Wskaźniki te, podobnie jak rozkład zawartości w badanej grupie profili, nie uległy istotnej zmianie od roku 1995. Udział gleb o bardzo niskiej i niskiej (poniżej 10 mg  $P_2O_5 \cdot 100g^{-1}$ ) zasobności w przyswajalny fosfor w czterech okresach badawczych wynosił 38-42% wszystkich profili (16).

Zasobność gleb w **przyswajalne formy potasu** charakteryzowała się we wszystkich okresach pobrania próbek znaczną zmiennością i w 2010 r. mieściła się w przedziale 2,3-66,8 mg  $K_2O \cdot 100g^{-1}$ . Zawartości średnie i środkowe nieco wzrosły w latach 2005 i 2010 w porównaniu z zasobnością początkową w badanych profilach. Udział profili o niskiej i bardzo niskiej zasobności w potas przyswajalny (wg klasyfikacji uwzględniającej uziarnienie gleby) w roku 2010 wynosił 47% (101 profili) i zmniejszył się w porównaniu z rokiem 1995 (55%) (16).

Z kolei zawartość **przyswajalnego magnezu** w roku 2010 r. mieściła się w przedziale 0,5 – 38 mg  $Mg \cdot 100g^{-1}$ , była zatem mocno zróżnicowana. Wartości środkowe zasobności w magnez pozostawały na podobnym poziomie w kolejnych latach, natomiast średnia zawartość Mg nieco wzrosła w roku 2005 i pozostała na tym poziomie w roku 2010 (16). Wzrost ten wynikał z większego udziału próbek o wysokiej zawartości Mg (w latach 2005 i 2010 w 10% próbek zawartość Mg przekraczała 20 mg  $\cdot 100g^{-1}$ ). Zawartość niską lub bardzo niską magnezu stwierdzono w 2010 r. w 26% lokalizacji.

Średnia zawartość **siarki siarczanowej** oraz jej wartość środkowa zmniejszyły się w 2010 r. w porównaniu do poprzednich okresów. Jej rozkład zawartości uległ również zwięźeniu. Obecnie w 90% próbek zawartość siarki przyswajalnej nie przekracza 1,65 mg  $S \cdot 100g^{-1}$ . W roku 2010 aż 94% zbioru profili glebowych zostało zakwalifikowanych do niskiej zawartości siarki siarczanowej, co sugeruje możliwość wystąpienia deficytów siarki u wrażliwych gatunków roślin uprawnych (16).

### Zanieczyszczenie gleb

Pierwiastki śladowe są naturalnymi składnikami środowiska glebowego. Ich zdecydowana większość to pierwiastki niezbędne, pełniące w roślinach i organizmach ludzi i zwierząt istotne funkcje fizjologiczne, jedynie pierwiastki takie jak kadm, ołów, arsen i rtęć nie pełnią żadnych funkcji fizjologicznych (1, 6). Zanieczyszczenie gleb metalami może mieć wpływ na ich przydatność rolniczą, właściwości biologiczne oraz jakość płodów rolnych. Konsekwencją zanieczyszczenia gleb są zagrożenia związane z migracją zanieczyszczeń do wody i powietrza. Badania zawartości pierwiastków śladowych w 2010 r. wykazały, że w przypadku zaledwie 4 profili odnotowano przekroczenia zawartości dopuszczalnych określonych w ówczesnych przepisach (Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi, Dz.U. Nr 165, poz. 1359), w 3 przypadkach zanieczyszczenie miało kompleksowy charakter (więcej niż jeden

pierwiastek). Oznacza to, że 212 profili (98,1%) należało wówczas uznać jako niezanieczyszczone metalami śladowymi (16).

Na podstawie wytycznych IUNG-PIB, określających 6-stopniową skalę poziomu zawartości, 96,8% profili zostało w 2010 roku zakwalifikowanych do 0 (zawartość naturalna) lub I (zawartość lekko podwyższona) stopnia zanieczyszczenia w odniesieniu do wszystkich metali, w obrębie których gleby traktowane są jako niezanieczyszczone i mogą być wykorzystywane do produkcji rolniczej bez żadnych ograniczeń. Nieliczne profile (7 lokalizacji – 3,2% zbioru), kwalifikowane do wyższych stopni zanieczyszczenia przynajmniej jednym z metali, zlokalizowane są w województwach śląskim (kadm, cynk, ołów), dolnośląskim (miedź) i małopolskim (nikiel).

Rozpatrując poszczególne metale, udział gleb 0 i I stopnia wynosił w 2010 r. 98,6 – 99,5% wszystkich punktów monitoringowych i nie uległ zasadniczej zmianie w porównaniu z poprzednimi okresami badawczymi (Tab. 2). Ponadto nie zaobserwowano wzrostu zawartości żadnego z analizowanych metali śladowych w okresie 15 lat objętych Monitoringiem. Zawartości pierwiastków śladowych w zdecydowanej większości przyjmują poziomy naturalne dla gleb niezanieczyszczonych.

Tabela 2

Udział profili klasyfikowanych jako zanieczyszczone i niezanieczyszczone według wytycznych IUNG-PIB w poszczególnych latach (w nawiasach udział procentowy w całkowitym zbiorze profili)

Pierwiastek	Stopień	1995	2000	2005	2010
Kadm	0-I	212 (98,1%)	211 (97,7%)	214 (99,1%)	213 (98,6%)
	II-V	4 (1,9%)	5 (2,3%)	2 (0,9%)	3 (1,4%)
Miedź	0-I	214 (99,1%)	214 (99,1%)	214 (99,1%)	214 (99,1%)
	II-V	2 (0,9%)	2 (0,9%)	2 (0,9%)	2 (0,9%)
Ołów	0-I	214 (99,1%)	213 (98,6%)	213 (98,6%)	213 (98,6%)
	II-V	2 (0,9%)	3 (1,4%)	3 (1,4%)	3 (1,4%)
Cynk	0-I	213 (98,6%)	212 (98,1%)	213 (98,6%)	213 (98,6%)
	II-V	3 (1,4%)	4 (1,9%)	3 (1,4%)	3 (1,4%)
Nikiel	0-I	214 (99,1%)	214 (99,1%)	215 (99,5%)	215 (99,5%)
	II-V	2 (0,9%)	2 (0,9%)	1 (0,5%)	1 (0,5%)

Źródło: Siebielec i in. 2012 (16)

### Podsumowanie

Należy podkreślić, że sieć punktów badawczych wykorzystywanych w Monitoringu Chemizmu Gleb Ornych Polski zapewnia różnorodność i reprezentatywność naturalnych warunków glebowych, informuje o intensywności produkcji rolniczej oraz presji antropogenicznej na obszary użytkowane rolniczo. Ilość punktów pomiarowych oraz okres trwania Monitoringu (od 1995 r.) czynią go jednym z cenniejszych instrumentów monitorowania pokrywy glebowej w Europie.

W przypadku większości cech opisujących właściwości i jakość gleby, nie doszło od 1995 r. do drastycznych zmian w porównaniu ze stanem wyjściowym,

a zaobserwowane zmiany niektórych parametrów nie obniżyły w istotny sposób zdolności gleb do pełnienia ich funkcji. Nie zaobserwowano wyraźnych zmian odczynu gleb, jednak udział gleb bardzo kwaśnych i kwaśnych jest znaczący i przekracza 50%. Wyniki badań w 2010 r. potwierdzają potrzebę wprowadzenia programów wapnowania. Zakwaszenie gleb wydaje się być istotniejszym zagrożeniem niż poziom potencjalnie toksycznych zanieczyszczeń.

W okresie trwania Monitoringu poziom zawartości węgla organicznego nie uległ zasadniczym zmianom w skali kraju. Przeważają (ponad 60% zbioru) profile o średniej zawartości próchnicy, przy czym w województwach pasa środkowego kraju notowane są niższe zawartości średnie. Wiele gleb wykazuje niską zasobność w przyswajalne formy składników nawozowych (fosfor, potas, magnez), co wynika z przyczyn naturalnych oraz stosowanego niskiego poziomu nawożenia. W roku 2010 zaobserwowano nieco niższe wartości wysycenia kompleksu sorpcyjnego zasadami niż w poprzednich okresach. Trudno w tym przypadku mówić o wyraźnym procesie degradacji, obserwacja ta wskazuje jednak na potrzeby uzupełniania kationów zasadowych, szczególnie wapnia poprzez zabieg wapnowania. W 120 profilach (56% zbioru) w 2010 r. zmierzono niższe wartości wysycenia kompleksu zasadami niż w roku 1995. Zawartości siarki w glebach nie należy już rozpatrywać pod kątem zanieczyszczenia gleb, a raczej niedoborów pierwiastka. Zawartości siarki przyswajalnej w 94% profili jest niska, co w przypadku wrażliwych roślin może skutkować deficytami siarki. Niezależnie od zastosowanej metody klasyfikacji, gleby użytków rolnych nie są w większej skali zanieczyszczone metalami śladowymi i WWA a przekroczenia dopuszczalnych zawartości występowały w pojedynczych punktach. W przypadku metali takich jak kadm, cynk i ołów nadmierne zawartości występowały w miejscach historycznego oddziaływania przemysłu hutniczego cynku i ołowiu. W przypadku WWA brak było wyraźnej przestrzennej prawidłowości.

## Literatura

1. Chaney R.L., Brown S., Stuczyński T., Daniels W.L., Henry C.L., Li Y.M., Siebielec G., Malik M., Angle J.S., Ryan J.A., Compton H.: Risk assessment and remediation of soils contaminated by mining and smelting of lead, zinc and cadmium. *Rev. Int. Contam. Ambient.*, 2000, **16(4)**: 175-192.
2. Desaules A., Ammann S., Schwab P.: Advances in long-term soil-pollution monitoring of Switzerland. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.*, 2010, **173**: 525-535.
3. Ensminger L.E.: Some factors affecting the adsorption of sulphates by Alabama soils. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, 1954, **18**: 259-264.
4. Filipek T., Chwil S., Domańska J., Kaczor S., Kozłowska-Stawska J.: *Chemia rolna: podstawy teoretyczne i analityczne*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej, 2006.
5. Havlíková Š., Klement V.: Monitoring of Agricultural Soils and Inputs into Soils in The Czech Republic. *J. Arch. Agron. Soil Sci.*, 2002, **48**: 161-169.
6. Kabata-Pendias A., Pendias H.: *Biogeochemia pierwiastków śladowych*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1999.
7. Klimkowicz-Paulas A.: Wpływ wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych na aktywność mikrobiologiczną gleb i na rośliny. Praca doktorska. IUNG, Puławy, 2005.

8. Klimkowicz-Pawlas A., Maliszewska-Kordybach B.: Effect of anthracene and pyrene on dehydrogenases activity in soils exposed and unexposed to PAHs. *Water Air Soil Poll.*, 2002, **145**: 169-186.
9. Kobza J.: Permanent soil monitoring system as a basic tool for protection of soils and sustainable land use in Slovakia. *Soil Change Matters 2014. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 25. (2015, 012011, <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/25/1/012011/pdf>)
10. Kozyra J., Siebielec G.: Stan środowiska przyrodniczego na obszarach wiejskich. W: Nurzyńska I., Poczta W. *Polska Wieś 2014. Raport o Stanie Wsi. Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa*, Warszawa, 2014, s. 175-198.
11. Lityński T., Jurkowska H.: *Żywność gleby i odżywianie się roślin*. PWN Warszawa, 1982.
12. Lityński T., Jurkowska H., Gorlach E.: *Analiza chemiczno-rolnicza, Gleba i Nawozy*, PWN, Warszawa, 1976, s. 83-84.
13. Overman R.T., Clark H.M.: *Izotopy promieniotwórcze – metodyka stosowana*. WNT Warszawa, 1994.
14. Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z.: *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*, IOŚ Warszawa, 1991, s. 59-61.
15. *Polskie Towarzystwo Gleboznawcze: Klasyfikacja uziarnienia gleb PTG-2008. Roczn. Glebozn.*, 2008, **LX(2)**: 5-16.
16. Siebielec G., Smreczak B., Klimkowicz-Pawlas A., Maliszewska-Kordybach B., Terelak H., Koza P., Łysiak M., Gałązka R., Pecio M., Suszek B., Miturski T., Hryńczuk B.: *Monitoring chemizmu gleb ornych w Polsce w latach 2010-2012. Biblioteka Monitoringu Środowiska*. Warszawa, 2012, ss. 196.
17. Skłodowski P.: Rozmieszczenie siarki w profilach niektórych typów gleb Polski. *Roczn. Glebozn.*, 1968, **19(1)**: 99-119.

---

Adres do korespondencji:

*dr Grzegorz Siebielec*  
*Zakład Gleboznawstwa Erozji i Ochrony Gruntów*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy*  
*Tel 81 47 86 910*  
*e-mail: gs@iung.pulawy.pl*