

GLEBY

mgr Zygmunt Adrianek, mgr inż. Krzysztof Skowronek
– Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Gliwicach

1. Stan gleb w województwie śląskim w oparciu o wyniki badań przeprowadzonych przez Okręgową Stację Chemiczno-Rolniczą w Gliwicach

Gleba jest naturalnym tworem wierzchniej warstwy skorupy ziemskiej, powstałym ze zwiertzeliny skalnej w wyniku oddziaływania na nią zmieniających się w czasie zespołów organizmów żywych i czynników klimatycznych w określonych warunkach rzeźby terenu. Stanowi układ trójfazowy, złożony z fazy stałej, płynnej i gazowej. Jako ożywiony twór przyrody ma zdolności do produkcji biomasy oraz rozkładu i syntezy zarówno związków mineralnych jak i organicznych.

Na stan gleby wpływa wiele czynników, ale najważniejszym jest działalność gospodarcza człowieka, tak w sferze przemysłowej jak i rolniczej. Należy jednak dokładać wszelkich starań w celu minimalizacji negatywnych skutków tej działalności, a w przypadku ich nasilenia się podejmować działania do ich likwidacji.

W Polsce badania gleb, materiału roślinnego, wody, osadów ściekowych, nawozów wykorzystywanych w rolnictwie prowadzone są przez okręgowe stacje chemiczno-rolnicze, rozmieszczone na terenie całego kraju. Okręgowa Stacja Chemiczno-Rolnicza w Gliwicach jako jedno z zadań, do których została powołana, prowadzi wszechstronne badania gleby, które pozwalają na określenie jej stanu na terenie województwa śląskiego i niektórych powiatów z województw ościennych.

Podstawowe badania gleb użytkowanych rolniczo obejmują określenie odczynu oraz zawartości przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu. Wykonywane są w cyklach 4-letnich, a ich wyniki służą producentom rolnym oraz są przedmiotem opracowań syntetycznych dla każdej miejscowości, gminy, powiatu i województwa, stanowiąc ważną informację środowiskową i gospodarczą.

Prowadzone dla gospodarstw indywidualnych badania i opracowane na ich podstawie zalecenia nawozowe stanowią podstawę do wdrażania zasad racjonalnego nawożenia, a tym samym ograniczenia negatywnych skutków antropopresji wynikającej z chemizacji środowiska.

Badania podstawowych właściwości fizykochemicznych i chemicznych poszerzane są często o diagnostykę gleb w zakresie zawartości mikroelementów ważnych z rolniczego punktu widzenia – głównie boru, żelaza, manganu, miedzi i cynku.

Natomiast z punktu widzenia nadmiaru niekorzystnych składników w agroekosystemach prowadzone są badania zawartości metali ciężkich na obszarach położonych w sąsiedztwie zakładów emitujących te składniki, w pobliżu dróg o dużym natężeniu ruchu oraz w ogródkach działkowych i plantacjach roślin przeznaczonych do konsumpcji.

1.1. Metodyka badań

W opracowaniu wykorzystano wyniki badań podstawowych właściwości gleb (pH, P, K, Mg) przeprowadzonych przez Okręgową Stację Chemiczno-Rolniczą w Gliwicach w roku 2005 w 26 powiatach województwa śląskiego. Badania obejmowały 21 707 próbek z powierzchni 41762 ha w 3850 gospodarstwach rolnych. Próbkę gleby pobierane były według instrukcji opracowanej na podstawie PN-R-04031; 1997 – „Analiza chemiczno-rolnicza gleby. Pobieranie próbek”. Próbkę pobiera się z warstwy gleby 0-20 cm. Na jedną uśrednioną próbkę składa się 15-20 pojedynczych, pobranych w punktach równomiernie rozmieszczonych na powierzchni badanego pola. Próbka winna reprezentować powierzchnię wyrównaną pod względem warunków przyrodniczych, glebowych i agrotechnicznych.

Wyniki analiz wykonane w odpowiedniej ilości mogą być odniesione do całej powierzchni.

Materiał glebowy analizowano w laboratorium Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Gliwicach według obowiązującej metodyki, ustalonej przez Krajową Stację Chemiczno-Rolniczą na podstawie „Katalogu metod prowadzenia badań agrochemicznych w stacjach chemiczno-rolniczych”:

- odczyn gleb (pH) oznaczano potencjometrycznie w 1 mol KCl x dm⁻³,
- zawartość przyswajalnych form fosforu i potasu według metody Egnera-Riehma DL,
- zawartość magnezu według metody Schachtschabela,
- zawartość przyswajalnych form mikroelementów w wyciągu 1 mol HCl x dm⁻³ (bor – kolorymetrycznie, miedź, mangan, cynk i żelazo techniką AAS (Atomic Absorption Spectrophotometry)).

Do opracowania wykorzystano również wyniki badań zawartości metali ciężkich: kadmu, miedzi, niklu, ołowiu, cynku i manganu w próbkach pobranych w latach 2003-2005. Przyjęto dłuższy okres gromadzenia wyników w porównaniu z badaniami podstawowymi w celu zwiększenia liczby próbek, a tym samym poprawienia reprezentatywności badań.

Metale ciężkie w glebie oznaczano techniką AAS, stosując wcześniej proces mineralizacji w wodzie królewskiej.

Tabela 1. Procentowy udział gleb użytków rolnych objętych badaniami w roku 2005 w województwie śląskim wg kategorii agronomicznych

Ilość przebadanych próbek/ha	Gleba bardzo lekka szt./%	Gleba lekka szt./%	Gleba średnia szt./%	Gleba ciężka szt./%
21707/41762	435/2	3030/14	9097/42	9117/42

Kategorie agronomiczne gleb przyjęte do oceny stopnia zakwaszenia oraz zasobności w składniki mineralne (tabela 1):

- bardzo lekkie (% części spławialnych - 0-10) - I
- lekkie (% części spławialnych - 11-20) - II
- średnie (% części spławialnych - 21-35) - III
- ciężkie (% części spławialnych - >35) - IV.

W opracowaniu przedstawiamy wskaźniki bonitacji negatywnej wyliczone procentowo dla odczynu, potrzeb wapnowania oraz zawartości fosforu, potasu i magnezu (tabela 2).

Graficznie uwidaczniają je zamieszczone w opracowaniu mapy (ryc. 1-5).

1.2. Wyniki badań

1.2.1. Odczyn (pH) gleb użytkowanych rolniczo i skutki zakwaszenia

Wartość odczynu (pH) gleby określa stężenie jonów wodorowych w glebie. Głównymi źródłami jonów wodorowych w glebie są procesy zachodzące między cząsteczkami gleby i korzeniami roślin podczas pobierania przez nie mineralnych składników odżywczych, mineralizacja substancji organicznej gleby, obecność kwasów organicznych, bezpośredni opad kwaśnych deszczów.

Stężenie jonów wodorowych może zależeć również od typu skały macierzystej, na których powstała gleba. Także na skutek przebiegających w glebie reakcji chemicznych i biochemicznych następuje lekkie zakwaszenie gleby, a po obumarciu roślin kationy neutralizujące powracają do gleby i obieg składników pokarmowych oraz jonów wodorowych między glebą i roślinnością jest zrównoważony. Zaburzenie neutralnego obiegu pierwiastków, prowadzące do zakwaszenia gleby i wymywania składników pokarmowych szybciej niż mogą być one uzupełnione przez wietrzenie minerałów glebowych, powodowane jest wprowadzaniem dużej ilości jonów wodorowych np. wraz z kwaśnymi deszczami. Zakwaszenie gleb pochodzi także z innych źródeł. Stosowane w rolnictwie nawozy fizjologicznie kwaśne (głównie amonowe) prowadzą do zakwaszenia gleby. Na proces zakwaszenia wpływa również intensyfikacja rolnictwa oraz odprowadzanie składników zasadowych wraz z masą roślinną. Tym samym gleby lekkie (najczęściej zakwaszone) mają niewielką możliwość przeciwdziałania gwałtownym zmianom odczynu, ponieważ ich zdolność buforująca jest zbyt mała do zneutralizowania wzrostu stężenia jonów wodorowych.

W wyniku zakwaszenia gleby następuje obniżenie jej nasycenia wymiennymi kationami z postępującą utratą wapnia i magnezu wskutek intensywnego wymywania z jednoczesnym wzrostem stężenia jo-

Tabela 2. Wskaźniki bonitacji negatywnej [w %]

Nr powiatu na mapie	Powiat	Odczyn (pH) w % *	Potrzeby wapnowania w % **	Zawartość fosforu w % ***	Zawartość potasu w % ****	Zawartość magnezu w % ****
1.	będziński	25	10	36	34	18
2.	bielski	75	79	71	71	62
3.	bieruńsko -łędzki	75	67	63	71	44
4.	cieszyński	61	58	62	71	49
5.	częstochowski	80	78	66	82	84
6.	gliwicki	66	52	48	56	50
7.	kłobucki	81	89	58	91	72
8.	lubliniecki	79	71	45	80	55
9.	m. Bielsko Biąta	88	88	88	63	38
10.	m. Częstochowa	72	61	86	70	55
11.	m. Gliwice	52	46	52	57	33
12.	m. Jastrzębie Zdrój	62	52	52	39	13
13.	m. Jaworzno	40	21	71	73	17
14.	m. Katowice	50	0	100	50	0
15.	m. Mysłowice	74	59	54	66	39
16.	m. Piekary Śląskie	33	20	20	56	4
17.	m. Rybnik	64	60	34	62	62
18.	m. Sosnowiec	0	0	0	50	0
19.	m. Tychy	69	58	32	8	43
20.	m. Żory	75	75	50	56	31
21.	mikołowski	85	80	55	76	52
22.	myszkowski	67	50	77	78	50
23.	pszczyński	86	84	59	53	38
24.	raciborski	52	62	42	53	37
25.	rybnicki	81	79	53	79	77
26.	tarnogórski	70	54	56	64	45
27.	wodzisławski	84	77	71	62	46
28.	zawierciański	78	74	77	80	71
29.	żywiecki	83	85	73	60	46
30.	województwo śląskie	72	69	58	66	52

*) obejmuje procent gleb b. kwaśnych, kwaśnych i ½ lekko kwaśnych (tzw. bonitacja negatywna)

**) obejmuje procent potrzeb wapnowania koniecznych, potrzebnych, ½ wskazanych (tzw. bonitacja negatywna)

***) obejmuje procent gleb o zawartości bardzo niskiej, niskiej, ½ średniej (tzw. bonitacja negatywna)

nów potencjalnie toksycznych dla korzeni roślin (Al^{3+} , Mn^{2+}) i wzmożeniem procesów rozkładu stałej fazy gleby, co zapoczątkowuje proces chemicznej degradacji.

Według klasyfikacji obowiązującej w Polsce, przyjęto pięć przedziałów odczynu gleb:

Zakres pH	Odczyn
< 4,5	bardzo kwaśny
4,6 - 5,5	kwaśny
5,6 - 6,5	lekko kwaśny
6,6 - 7,2	obojętny
> 7,2	zasadowy

Uzyskane wyniki wskazują, że na terenie województwa śląskiego przeważają gleby bardzo kwaśne i kwaśne obejmujące około 56% powierzchni objętych badaniami (tabela 3). Pozostała część – 44% charakteryzuje się optymalnymi warunkami dla więk-

Tabela 3. Odczyn gleb użytków rolnych województwa śląskiego objętych badaniami w roku 2005

Ilość przebadanych próbek/ha	Bardzo kwaśny szt./%	Kwaśny szt./%	Lekko kwaśny szt./%	Obojętny szt./%	Zasadowy szt./%
21707/41762	5326/24	6853/32	6631/31	2436/11	461/2

Tabela 4. Potrzeby wapnowania gleb wyznaczone na podstawie odczynu gleby i składu granulometrycznego

Ocena potrzeb wapnowania	Kategoria gleby			
	bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
	pH _{KCl}			
konieczne	do 4,0	do 4,5	do 5	do 5,5
potrzebne	4,1-4,5	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0
wskazane	4,6-5,0	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5
ograniczone	5,1-5,5	5,6-6,0	6,1-6,5	6,6-7,0
zbędne	od 5,6	od 6,1	od 6,6	od 7,1

szości roślin uprawnych. Tak duży udział gleb o pH poniżej 5,5 jednoznacznie wskazuje na wysokie potrzeby ich wapnowania. Wapno ma wszechstronny i korzystny wpływ na właściwości fizykochemiczne, chemiczne i biologiczne gleb. Wpływa na poprawę żyzności gleby i umożliwia uzyskiwanie wysokich plonów oraz efektywne wykorzystanie składników mineralnych NPK z nawozów.

Na podstawie wyników badań odczynu gleby i ich składu granulometrycznego w prosty sposób można wyznaczyć potrzeby wapnowania i tym samym niezbędną do eliminacji zakwaszenia ilość nawozów wapniowych (tabela 4). W praktyce rolniczej wprowadzono pięć przedziałów określających potrzeby wapnowania (tabela 5).

1.2.2. Zawartość przyswajalnego fosforu, potasu i magnezu

O właściwościach gleby decyduje skład chemiczny. Jest on przede wszystkim uzależniony od rodzaju minerałów glebowych, składu mechanicznego, związków organicznych (głównie próchnicy), składu roztworów glebowych, reakcji mikrobiologicznych, reakcji zachodzących między koloidami glebowymi

Tabela 5. Potrzeby wapnowania gleb użytków rolnych województwa śląskiego na podstawie badań wykonanych w roku 2005

Ilość przebadanych próbek/ha	Konieczne szt./%	Potrzebne szt./%	Wskazane szt./%	Ograniczone szt./%	Zbędne szt./%
21707/41 762	9047/42	3 961/18	3653/17	2558/12	2488/11

Tabela 6. Zasobność gleb użytków rolnych w przyswajalny fosfor na terenie województwa śląskiego w roku 2005

Ilość przebadanych próbek/ha	Bardzo niska szt./%	Niska szt./%	Średnia szt./%	Wysoka szt./%	Bardzo wysoka szt./%
21707/41166	4689/22	5449/25	4624/22	2847/13	3879/18

Tabela 7. Ocena zawartość przyswajalnego potasu w mg/100 g gleby (K₂O)

Ocena zawartości potasu	Kategoria gleby			
	bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
bardzo niska	do 2,5	do 5,0	do 7,5	do 10
niska	2,6-7,5	5,1-10,0	7,6-12,5	10,1-15,0
średnia	7,6-12,5	10,1-15,0	12,6-20,0	15,1-25,0
wysoka	12,6-17,5	15,1-20,0	20,1-25,0	25,1-30
bardzo wysoka	od 17,6	od 20,1	od 25,1	od 30,1

i roztworem glebowym. Zależy również od klimatu glebowego, roślinności i fauny glebowej.

Od składu chemicznego gleby, a zwłaszcza od zasobności gleby w składniki pokarmowe roślin w dużej mierze zależy jej żyzność. Poszczególne pierwiastki mogą występować w glebach w formie minerałów, związków chemicznych, jonów w formach przyswajalnych i nieprzyswajalnych dla roślin. Na ogół tylko część pierwiastków występujących w glebie jest dla roślin dostępna. Dla scharakteryzowania właściwości rolniczych gleby istotna jest zawartość składników dostępnych roślinom. Określenie zawartości przyswajalnych form fosforu, potasu i magnezu w glebie pozwala na ustalenie dawek nawozów zapewniających zarówno wzrost i rozwój uprawianych roślin, jak i utrzymanie odpowiedniej zasobności gleb, z uniknięciem ryzyka zasolenia (tabele 6-10).

Wszystkie wyniki podano w procentowym udziale prób w klasach zasobności w odniesieniu do całości przebadanej powierzchni.

Ocena zawartość przyswajalnego fosforu w mg/100 g gleby (P₂O₅) w glebie dokonywana jest w skali pięciostopniowej jako zasobność:

Tabela 8. Zasobność gleb użytków rolnych w przyswajalny potas na terenie województwa śląskiego w roku 2005

Ilość przebadanych próbek/ha	Bardzo niska szt./%	Niska szt./%	Średnia szt./%	Wysoka szt./%	Bardzo wysoka szt./%
21707/41166	6480/31	5009/23	5661/26	1838/9	2470/11

Tabela 9. Ocena zawartości przyswajalnego magnezu w mg/100 g gleby (MgO)

Ocena zawartości magnezu	Kategoria gleby			
	bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
bardzo niska	do 1,0	do 2,0	do 3,0	do 4,0
niska	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-5,0	4,1-6,0
średnia	2,1-4,0	3,1-5,0	5,1-7,0	6,1-10,0
wysoka	4,1-6,0	5,1-7,0	7,1-9,0	10,1-14,0
bardzo wysoka	od 6,1	od 7,1	od 9,1	od 14,1

Tabela 10. Zasobność gleb użytków rolnych w przyswajalny magnez na terenie województwa śląskiego w roku 2005

Ilość przebadanych próbek/ha	Bardzo niska szt./%	Niska szt./%	Średnia szt./%	Wysoka szt./%	Bardzo wysoka szt./%
21707/41166	4498/21	3766/18	5410/25	3390/16	4392/20

- bardzo niska (BN - P₂O₅ - do 5,0) – V
- niska (N - P₂O₅ - od 5,1 do 10,0) – IV
- średnia (S - P₂O₅ - od 10,1 do 15,0) – III
- wysoka (W - P₂O₅ - od 15,1 do 20,0) – II
- bardzo wysoka (BW - P₂O₅ - od 20,0) – I

Ocena zawartości przyswajalnego potasu w mg/100 g gleby (K₂O) dokonywana jest, podobnie jak w przypadku fosforu, w skali pięciostopniowej.

Zawartość przyswajalnego magnezu (MgO) jest przyjmowana w pięciu zakresach. Ocenia się zawartość składnika przyswajalnego w mg/100 g gleby w powietrznie suchej masie i oznacza jak w tabeli 9.

1.2.3. Ocena zasobności gleb w podstawowe mikroelementy

Do najważniejszych mikroelementów z punktu widzenia żywienia roślin zalicza się: bor, mangan, miedź, cynk i żelazo. Pierwiastki te w niewielkich ilościach biorą udział w większości procesów chemicznych zachodzących w roślinach, a ich niedobór zakłóca prawidłowy wzrost i rozwój. Dlatego bardzo ważna jest ich diagnostyka w glebie, gdyż we współczesnym rolnictwie można w łatwy sposób uzupełnić niedobory mikroelementów, nawet w czasie wegetacji roślin, poprzez nawożenie dolistne, które stało się integralną częścią nowoczesnych technologii uprawy roślin.

Bor (B)

Zawartość boru ogółem w glebach waha się od 4 do 100 mg w 1 kg gleby. Gleby lekkie zawierają z reguły mniej boru ogółem i boru przyswajalnego niż gleby ciężkie. Wynika to między innymi z faktu, że z gleb lekkich, jako naturalnie bardziej kwaśnych, bor jest stosunkowo łatwo wmywany. Gleby cięższe i organiczne lepiej sorbują (zatrzymują) bor i dlatego z reguły są zasobniejsze w ten składnik. Bor jest mikroelementem, którego przyswajalność dla roślin warunkują następujące czynniki:

- odczyn gleby; bor jest lepiej pobierany w glebach kwaśnych i lekko kwaśnych, a im wyższe jest pH, tym przyswajalność jest mniejsza,
- wapnowanie gleb zmniejsza przyswajalność boru, co ważne jest np. w uprawie buraka cukrowego i roślin motylkowatych drobnonasiennych (lucerna, koniczyna), które jednocześnie wymagają uregulowanego odczynu, czyli wapnowania

i potrzebują do swego rozwoju dobrego zaopatrzenia w bor,

- zawartość materii organicznej w glebie (próchnicy), która może być bezpieczną rezerwą boru w glebie,
- wilgotność gleby; w miarę wzrostu uwilgotnienia gleby wzrasta przyswajalność boru.

Mangan (Mn)

Zawartość manganu ogółem w glebach jest wyższa niż innych mikroelementów i wynosi od 20 do 5000 mg w 1 kg gleby. Brak jest korelacji pomiędzy składem mechanicznym gleby a zawartością manganu. Stąd też duże zawartości manganu mogą znajdować się tak w glebach lekkich jak i ciężkich oraz organicznych. Zawartość przyswajalnych form manganu i jego dostępność dla roślin uzależniona jest od takich czynników jak:

- odczyn gleby; im gleba jest bardziej kwaśna, tym związki manganu są bardziej rozpuszczalne i łatwiej dostępne. W glebach bardzo kwaśnych koncentracja przyswajalnego manganu może być nawet toksyczna dla roślin. W takich warunkach mangan ulega łatwo wmywaniu. Wapnowanie ogranicza przyswajalność manganu oraz wmywanie go w głębsze warstwy gleby,
- uwilgotnienie gleby; w glebach wilgotnych zawartość manganu przyswajalnego jest wysoka, a w latach suchych, bądź w glebach suchych występują częściej objawy niedoboru na roślinach uprawianych. Objawy niedoboru manganu nasilają się także w czasie wilgotnej, ale zimnej pogody,
- nawożenie organiczne oraz materia organiczna gleby ograniczają dostępność manganu dla roślin.

Miedź (Cu)

Zawartość miedzi ogółem w glebach wynosi 1-100 mg w 1 kg gleby. Najuboższe w miedź są gleby lekkie. Gleby organiczne i torfowe, aczkolwiek mogą zawierać dużo miedzi ogółem, ubogie są jednak w jej formy przyswajalne. Zubożenie gleb w Polsce w miedź, pomimo, że jest to mikroelement mało ruchliwy, przebiega szybko. W wielu rejonach kraju, m.in. w Wielkopolsce, występują niedobory miedzi, ograniczające coraz bardziej plonowanie roślin, w tym głównie zbóż, natomiast w regionach górniczo-hutniczych oraz przy utylizacji odpadów i ścieków komunalnych mogą pojawiać się zbyt wysokie zawartości miedzi.

Cynk (Zn)

Zawartość cynku ogółem w glebach wynosi od 10 do ponad 200 mg w 1 kg gleby. Znaczna część tego pierwiastka występuje w warstwie ornej. Cynk, podobnie jak miedź, jest pierwiastkiem mało ruchli-

wym w glebie. Nie stwierdza się zależności pomiędzy składem mechanicznym gleby a zawartością w niej cynku. Na przyswajalność cynku wpływa:

- odczyn gleby; im gleba jest bardziej kwaśna, tym lepsza przyswajalność, ale również zwiększa się możliwość wymywania cynku,
- zawartość materii organicznej w glebie – w glebach organicznych i cięższych mineralnych przyswajalność cynku jest niższa,
- zawartość fosforu; pobieranie cynku przez rośliny ograniczone jest w przypadku bardzo dużych zawartości fosforu w glebie. Zawartość cynku w roślinach, a tym samym w żywności i paszach jest ważna ze względu na wymagania człowieka i zwierząt. Proces ubożenia gleb z cynku przebiega powoli.

Żelazo (Fe)

Żelazo występuje w glebach w dużych ilościach, w różnych związkach nieorganicznych i organicznych. Uwodnione tlenki żelaza zwiększają zwiążłość gleby. Związki żelaza (III) nadają glebie barwę żółtą, brunatną lub czerwoną, żelaza (II) – barwy szarzielonkawe. Pełni różne funkcje w procesach fizjologicznych roślin. Wpływa na rozwój chloroplastów, procesy oddychania i podział komórek. Metale ciężkie mogą blokować metabolizm żelaza, natomiast żelazo może blokować pobieranie i transport innych składników (np. fosforu). Niedobór żelaza powoduje chlorozę żelazową. Nadmiar żelaza działa toksycznie na rośliny poprzez interakcje z innymi składnikami.

Zawartość mikroelementów: boru, manganu, miedzi, cynku i żelaza ocenia się w skali trójstopniowej:

- zawartość niska – III
- zawartość średnia – II
- zawartość wysoka – I.

W przebadanych glebach województwa śląskiego przeważały użytki rolne charakteryzujące się najczęściej średnią zasobnością w przyswajalne formy mikroelementów. Największe deficyty spośród badanych pierwiastków dotyczą boru, który aż na 40% gleb objętych badaniami występował na najniższym poziomie

Tabela 11. Zasobność gleb użytków rolnych w przyswajalne formy mikroelementów na terenie województwa śląskiego w roku 2005

Mikroelement	Ilość przebadanych próbek	Niska szt./%	Średnia szt./%	Wysoka szt./%
bor	412	163/40	248/60	1/0
mangan	514	42/8	441/86	31/6
miedź	554	88/15	319/58	147/27
cynk	512	21/4	297/58	196/38
żelazo	574	73/13	490/85	11/2

mie (tabela 11).

1.2.4. Metale ciężkie

Wszystkie gleby zawierają pewne ilości pierwiastków śladowych. Do tej grupy pierwiastków zaliczane są m. in. ołów, kadm, cynk, nikiel, miedź i chrom. Wśród nich znajdują się pierwiastki toksyczne oraz ważne mikroelementy takie jak cynk i miedź, które w bardzo małych ilościach są niezbędne do prawidłowego przebiegu procesów życiowych. Za najbardziej niebezpieczne wśród wymienionych metali uznaje się kadm, ołów, rtęć i arsen. Mogą one zaburzać funkcjonowanie układu nerwowego powodując otępienie, upośledzenie umysłowe, zaburzenia wzroku i koordynacji ruchów, wywoływać zmiany nowotworowe, a także mogą uszkadzać wątrobę i nerki. Wpływają także na metabolizm wapnia zwiększając łamliwość kości, co jest szczególnie niebezpieczne dla ludzi starszych. Problem związany z metalami ciężkimi polega nie tylko na ich wyjątkowej toksyczności, ale także na zdolności do akumulowania się, czyli gromadzenia w organizmie człowieka. Skutki zdrowotne regularnego spożywania produktów zawierających nawet niewielkie ilości tych pierwiastków mogą ujawnić się po wielu latach. Metale ciężkie stanowią zagrożenie dla produkcji roślinnej przede wszystkim na terenach uprzemysłowionych. Wraz ze spalinami, ściekami czy pyłami przemysłowymi dostają się do gleby, skąd pobierane są przez rośliny i włączane do łańcucha pokarmowego. Rośliny mogą ulegać skażeniu nie tylko przez glebę, ale także przez części nadziemne, łatwo zatrzymujące na swojej powierzchni metale pochodzące z zanieczyszczonego powietrza. Źródłem metali ciężkich w glebach użytkowanych rolniczo mogą być nawozy mineralne, zwłaszcza fosforowe i wapniowe oraz nawozy organiczne - w tym szczególnie komposty z odpadów komunalnych i przemysłowych, ale także powstające z roślin pozyskiwanych w rejonach o dużym skażeniu pyłami przemysłowymi lub motoryzacyjnymi. Na terenach zagrożonych występowaniem podwyższonych zawartości metali ciężkich wskazane prowadzenie ich systematycznego monitoringu.

Ołów (Pb)

Ołów podobnie jak inne pierwiastki śladowe jest naturalnym składnikiem różnych skał macierzystych, z których wykształciły się gleby. Ilość ołowiu w glebach terenów niezanieczyszczonych uzależniona jest głównie od budowy mineralogicznej gleb, ich składu granulometrycznego oraz zawartości próchnicy. Metal ten jest mało ruchliwy w środowisku glebowym, dlatego jego migracja w glebach jest mniej intensywna niż innych metali śladowych. Ołów wprowadzany jest do gleb z różnych źródeł i w wielorakich postaciach, gdzie podlega on kumulacji głównie

w poziomach orno-próchnicznych. Zanieczyszczenie gleb ołowiem jest przede wszystkim wynikiem działalności przemysłowej (pyły metalonośne: górnictwo, hutnictwo), motoryzacyjnej oraz odpadów przemysłowych i ścieków komunalnych. Z danych literaturowych wynika, że zawartości ołowiu w zależności od rodzaju i typu gleby wahają się w szerokich granicach: piaszczyste 8-24 mg/kg, gliniaste 13-52 mg/kg, aluwialne 15-50 mg/kg i organiczne (torfy) do 85 mg/kg. Dopuszczalna zawartość ołowiu w glebie wynosi 100 mg/kg s.m. (Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi Dz. U. nr 165/2002 poz. 1359).

Kadm (Cd)

Naturalne zawartości kadmu w glebach z Polski są zróżnicowane i uzależnione od geologicznego pochodzenia skał macierzystych, intensywności procesów glebotwórczych, wieku gleb oraz różnych czynników antropogenicznych. W powierzchniowych warstwach gleb Polski naturalne zawartości wynoszą 0,3 mg/kg. W glebach kwaśnych kadm odznacza się znaczną ruchliwością, co powoduje, że jest łatwo pobierany przez rośliny. Skażenie gleb kadmem powodowane jest przez emisję pyłów metalonośnych, głównie hutnictwa metali nieżelaznych oraz odpady przemysłowe i komunalne. Dopuszczalna zawartość w glebie wynosi 4 mg/kg s.m. (Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi Dz. U. nr 165/2005 poz. 1359).

Nikiel (Ni)

Pierwiastek ten występuje dość powszechnie w skałach macierzystych różnych gleb i związany jest geochemicznie z zawartością żelaza. Na ogół gleby zawierające duże ilości żelaza odznaczają się zwiększoną zawartością niklu. W procesach glebotwórczych nikiel jest silnie związany przez substancję organiczną, koloidy glebowe i wodorotlenki żelaza,

dlatego też jego przemieszczanie się w glebach jest znacznie utrudnione. Zanieczyszczenia gleb niklem powodowane są głównie przez emisję pyłów metalonośnych (przemysł: hutniczy, szklarski, galwanizacyjny) oraz ścieki i odpady przemysłowe. Całkowite zawartości niklu w glebach są znacznie zróżnicowane w zależności od rodzaju i typu gleb. Dopuszczalna zawartość wynosi 100 mg/kg s.m. (Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi Dz. U. nr 165/2005 poz. 1359).

Chrom (Cr)

Chrom jest pierwiastkiem chemicznym należącym do grupy 6B w układzie okresowym, występuje on na +2, +3, +6 stopniu utlenienia. Biologicznie najważniejszy jest chrom trójwartościowy (III) i sześciowartościowy (VI). Chrom trójwartościowy występuje powszechnie w powietrzu, wodzie, glebie i żywności (np. mięso, wątroba, pełnoziarniste pieczywo, drożdże piwne). Chrom jako pierwiastek jest zaliczany do mikroelementów niezbędnych do prawidłowego funkcjonowania i rozwoju organizmu, lecz jego nadmiar jest szkodliwy. Dopuszczalne ilości chromu w glebie wynoszą 150 mg/kg s.m. (Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi Dz. U. nr 165/2002 poz. 1359).

Rtęć (Hg)

Efekt działania rtęci zależy od postaci w jakiej występuje i rodzaju budowy związków, np. metylortęć wchłaniana w 100% z żywnością. Rtęć powoduje zmiany wiązań DNA, wykazuje działanie mutagenne, następstwem zatrucia jest porażenie układu nerwowego łącznie z uszkodzeniem mózgu, co przejawia się zaburzeniami wzrostu, słuchu, mowy i porażeniem mięśni kończyn. Dopuszczalna zawartość rtęci w glebie wynosi 2 mg/kg s.m. (Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi Dz. U. nr 165/2002 poz. 1359).

Tabela 12. Wyniki badań zawartości metali ciężkich w glebie przeprowadzonych w województwie śląskim w latach 2003-2005

Metal	Ilość badanych próbek	Zawartość najniższa mg/kg s.m.	Zawartość najwyższa mg/kg s.m.	Wartość dopuszczalna mg/kg s.m.	Liczba punktów o przekroczonej dopuszczalnej zawartości m.c.
ołów	437	6,88	2299,94	100	121
kadm	518	0,1	171,7	4	176
cynk	379	29,60	13488	300	192
chrom	210	0,45	55,0	150	0
nikiel	276	<0.06	41,0	100	0
miedź	126	3,50	48,2	150	0
rtęć	130	0,0175	0,1011	2	0

1.3. Wyniki badań zawartości metali ciężkich w glebie przeprowadzone w województwie śląskim w latach 2003-2005

Ocenę wyników badań prób gleby na określenie zawartości metali ciężkich: ołowiu, kadmu, cynku, miedzi, niklu, chromu i rtęci przedstawiono w tabeli 12 oraz na załączonych mapkach (ryc. 1-5).

Przekroczenie wartości dopuszczalnych metali ciężkich:

- ołów – przekroczenie dopuszczalnych norm w 121 próbkach, najmniejsza zawartość wynosi 6,88 mg/kg s.m., a największa – 2299,94 mg/kg s.m.),
- kadm – przekroczenie dopuszczalnych norm w 176 próbkach, najmniejsza zawartość wynosi 0,1 mg/kg s.m., a największa – 171,7 mg/kg s.m.),
- cynk – przekroczenie dopuszczalnych norm w 192 próbkach, najmniejsza zawartość wynosi 29,60 mg/kg s.m., a największa – 13488 mg/kg s.m.).

1.4. Podsumowanie

Przeprowadzone w 2005 roku na terenie województwa śląskiego badania gleby wykazały, że większość użytków rolnych charakteryzuje się odczynem bardzo kwaśnym i kwaśnym, co wskazuje na nieprawidłowe warunki dla wzrostu i rozwoju większości roślin uprawnych.

Uzyskane wyniki potwierdzają wysokie potrzeby w zakresie wapnowania w województwie śląskim.

Z uwagi na społeczny charakter problemu zakwa-

szczenia gleb, uzasadnione jest działanie długofalowych programów umożliwiających wsparcie rolnictwa poprzez dofinansowanie wapnowania, co w efekcie wpłynie na poprawę warunków gospodarowania, przyczyni się do poprawy jakości uzyskiwanych plonów i zapobiegnie degradacji środowiska.

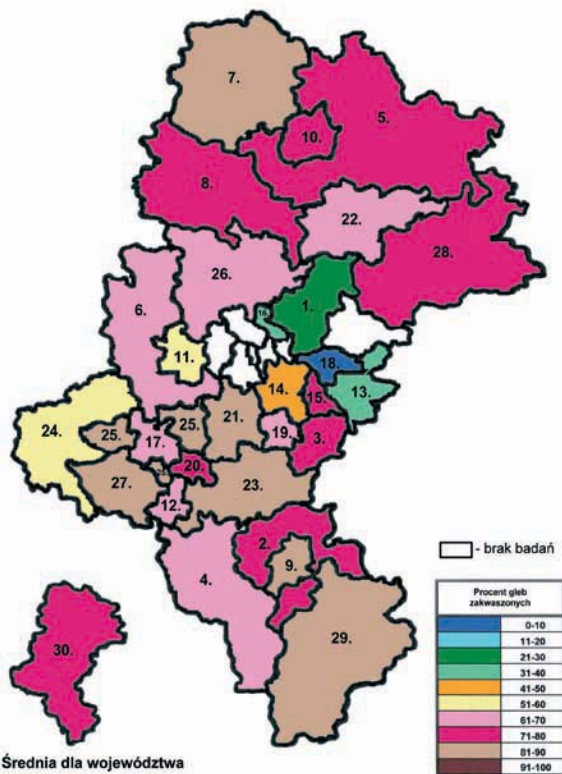
Na obszarach o dużej koncentracji zakładów przemysłowych nastąpiło skażenie gleb metalami ciężkimi, szczególnie w rejonie Jaworzna, Będzina, Czela-dzi.

W obszarach o nadmiernej koncentracji metali ciężkich w glebie nie należy uprawiać roślin przeznaczonych do spożycia.

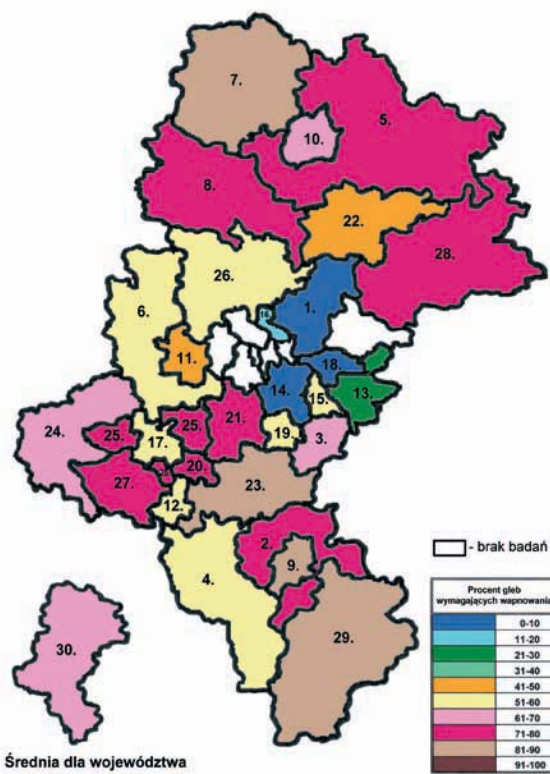
W celu zmniejszenia poziomu stężeń badanych metali ciężkich na przebadanych użytkach rolnych można uprawiać rośliny pobierające duże ilości metali ciężkich, jak również poprawiające strukturę gleby. Plony tych roślin nie mogą być przeznaczone do bezpośredniego spożycia przez ludzi czy też zwierzęta, lecz do wykorzystania przemysłowego.

Bezpieczna z punktu widzenia jakości plonów uprawa roślin w rejonach skażenia metalami ciężkimi obejmować powinna m.in.:

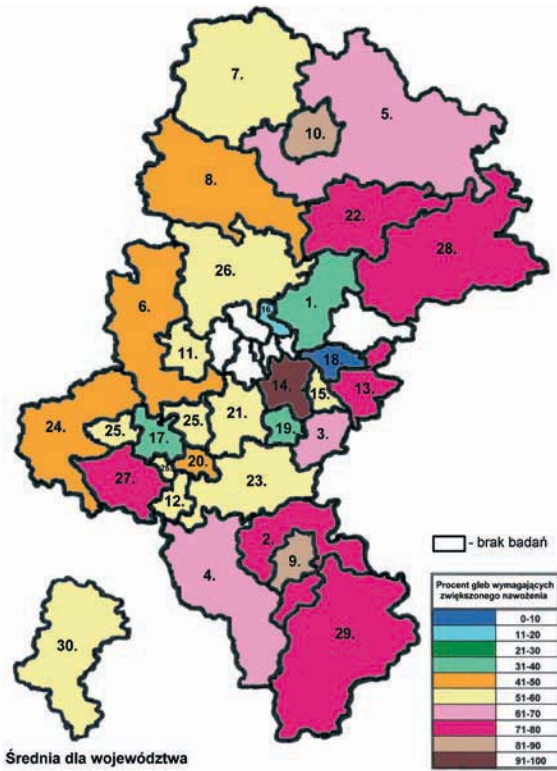
- rzepak, którego nasiona należy przeznaczyć na produkcję oleju służącego jako komponent paliw do pojazdów mechanicznych,
- ziemniaki do produkcji spirytusu jako dodatku do paliw,
- wierzbę z przeznaczeniem na opał,
- zboża i trawy z przeznaczeniem nasion na materiał siewny.



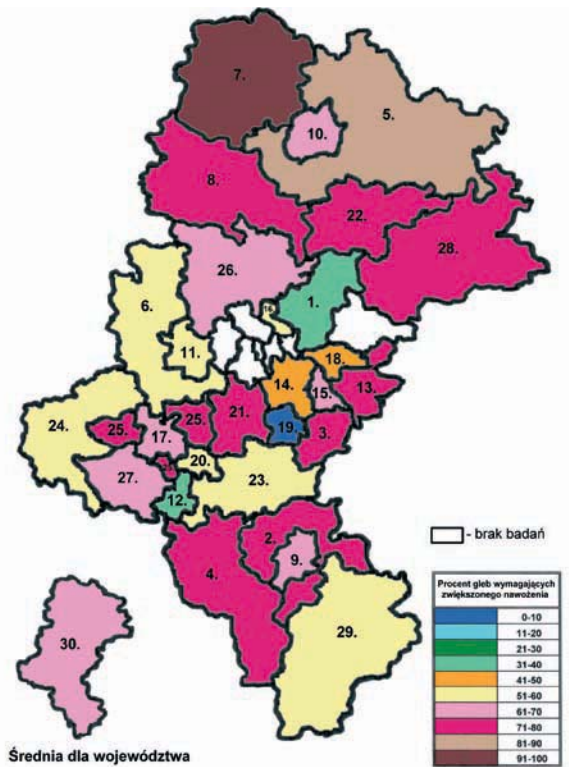
Ryc. 1. Mapa bonitacyjna odczynu glebowego



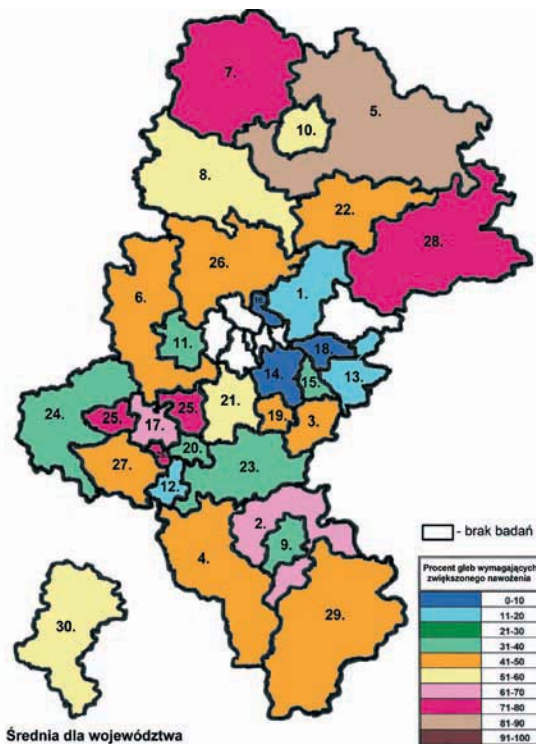
Ryc. 2. Mapa bonitacyjna potrzeb wapnowania



Ryc. 3. Mapa bonitacyjna zawartości przyswajalnego fosforu



Ryc. 4. Mapa bonitacyjna zawartości przyswajalnego potasu



Ryc. 5. Mapa bonitacyjna zawartości przyswajalnego magnezu

2. Podatność magnetyczna gleb

Zygmunt Strzyszczyk, Tadeusz Magiera – IPIŚ PAN, Zabrze

Obecny monitoring stanu zanieczyszczenia gleb bazuje na metodach chemicznych oznaczając bezpośrednio stężenia poszczególnych metali ciężkich w glebie. W tym przypadku wymagane jest pobieranie dużej ilości próbek i wykonywanie znacznej ilości analiz, przez co badania takie są czasochłonne i bardzo kosztowne. Z tego też powodu w ostatnich latach naukowcy z różnych dziedzin coraz intensywniej poszukują alternatywnych metod oceny stanu środowiska glebowego. Metody te muszą być szybkie, tanie oraz dokładne i powinny służyć do wczesnego ostrzegania przed istniejącymi zagrożeniami. Jedną z takich metod może być magnetometria glebowa, opierająca się na pomiarach podatności magnetycznej górnej warstwy gleb *in situ*. Metoda ta umożliwia szybkie rozpoznanie poziomu depozycji pyłów przemysłowo-miejskich na znacznych obszarach i pozwala dokonać wstępnej oceny zagrożeń ekologicznych związanych z depozycją metali ciężkich pochodzenia technogenego. Odpowiednia interpretacja rozkładu wartości podatności magnetycznej górnej warstwy gleb pozwala na szacunkowe określenie wielkości depozycji zanieczyszczeń pyłowych oraz wyznaczenie obszarów podwyższonej zawartości niektórych metali ciężkich z nimi związanych.

2.1. Podstawy teoretyczne

Metoda magnetometrii glebowej oparta jest na stwierdzeniu obecności cząstek magnetycznych w pyłach przemysłowych i miejskich emitowanych do atmosfery i deponowanych na powierzchni gleby. Technogenne cząstki magnetyczne powstają w trakcie spalania paliw stałych oraz w trakcie innych wy-

sokotemperaturowych procesów technologicznych. W tych warunkach następuje przekształcenie paramagnetycznych minerałów żelaza zawartych w paliwach i surowcach w ferrimagnetyczne tlenki żelaza cechujące się wysoką podatnością magnetyczną. Stosując proste laboratoryjne i terenowe mierniki podatności magnetycznej można łatwo wykryć obecność technogenych ferrimagnetyków w górnej warstwie gleby oraz określić stopień zanieczyszczenia gleb wywołany depozycją pyłów przemysłowo-miejskich. Stwierdzona anomalia magnetyczna jest sygnałem ostrzegającym przed możliwością występowania na danym obszarze również podwyższonej wartości innych zanieczyszczeń, a w szczególności metali ciężkich. Przeprowadzone na terenie województwa śląskiego badania geostatystyczne świadczą o bezpośrednim lub pośrednim powiązaniu cząstek magnetycznych z wieloma pierwiastkami emitowanymi do środowiska wraz z pyłami przemysłowo-miejskimi zarówno w samych pyłach (tabela 13), jak i w górnych poziomach glebowych (tabela 14).

2.2. Metodyka pomiarów

Pomiary terenowe podatności magnetycznej powierzchniowej warstwy gleby dokonywano w zespołach dwuosobowych wyposażonych w miernik podatności magnetycznej MS2D Bartington (maksymalny zasięg penetracji czujnika do 10 cm wgłąb) oraz miernik GPS (fot. 1). System pomiaru podatności magnetycznej i pozycji geograficznej był w pełni zintegrowany w celu precyzyjnej lokalizacji punktów pomiarowych. Na pojedynczy punkt pomiarowy składało się 10-15 pomiarów podatności magnetycznej

Tabela 13. Tabela współczynników korelacji rang Spearmana (poziom ufności 95%) pomiędzy podatnością magnetyczną (χ), a zawartością metali ciężkich w pyłach przemysłowych województwa śląskiego

Rodzaj pyłu	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Ni	Cu
Metalurgiczny	0,84	0,81	0,99	0,97	-	0,91	-
Popioły lotne	0,99	0,97	0,82	0,71	0,49	0,21	0,04
Cementowy	0,97	0,74	0,26	0,52	0,65	0,26	0,22

Tabela 14. Tabela współczynników korelacji rang Spearmana (poziom ufności 95%) pomiędzy podatnością magnetyczną (χ), a zawartością metali ciężkich w glebach województwa śląskiego

Pierwiastek	Fe	Mn	Zn	Pb	Cd	Ni	Cu	Co	Cr
χ	0,67	0,55	0,72	0,67	0,63	0,67	0,83	0,53	0,61



Fot. 1. Pomiar terenowy podatności magnetycznej (T. Magiera)

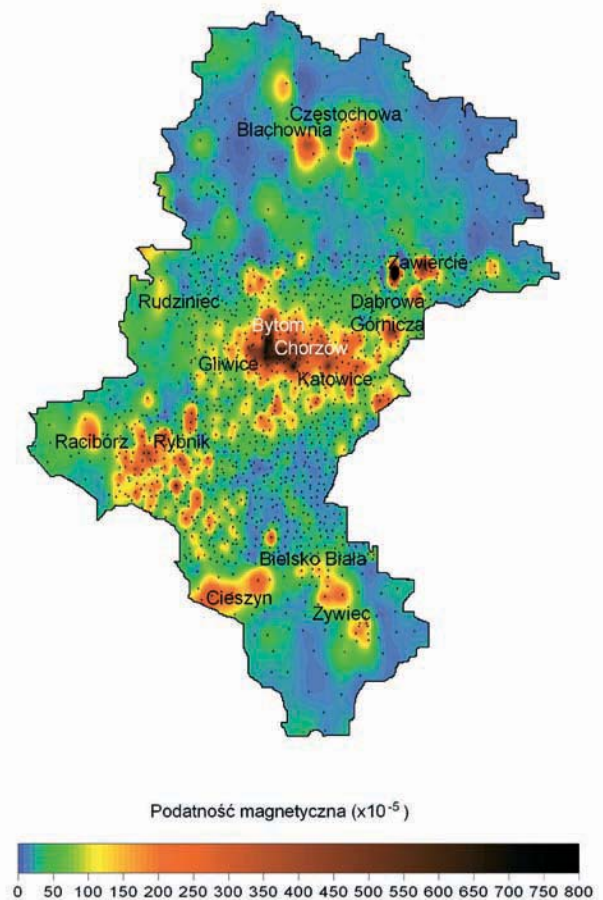
górnej warstwy gleby w promieniu około 2 metrów od ustalonej pozycji odbiornika GPS. Następnie była wyznaczana średnia z wykonanych pomiarów, której wartość przyjmowana była jako wartość podatności magnetycznej w punkcie pomiarowym. Wartość podatności magnetycznej mierzona w terenie (κ) podawana jest w bezwymiarowych jednostkach SI, natomiast mierzona w próbce gleby o określonej gęstości (specyficzna podatność magnetyczna – χ) podawana jest również w m^3kg^{-1} .

2.3. Rozkład wartości na terenie województwa śląskiego

Rozkład wartości podatności magnetycznej (κ) sporządzony na podstawie 2437 pomiarów i prób pobranych na terenie całego województwa śląskiego przedstawia ryc. 6. Górne poziomy glebowe na terenie województwa śląskiego wykazują podwyższone (kolor zielony), wysokie (kolor żółty) i bardzo wysokie (kolory czerwony i brązowy) wartości podatności magnetycznej. Wartości przyjmowane jako poziom naturalny ($<50 \times 10^{-5}$ jednostek SI), zaznaczone kolorem niebieskim, występują głównie w północnej (rejon powiatów kłobuckiego i lublinieckiego oraz wschodnie części powiatu częstochowskiego i zawierciańskiego) i południowej części województwa (powiat pszczyński i część powiatu żywieckiego). Gleby pozostałej części województwa śląskiego wykazują podwyższoną podatność magnetyczną w stosunku do średniej krajowej (23×10^{-5} jednostek SI) świadczące o antropogenicznym charakterze obserwowanej wartości. Na obszarach tych można spodziewać się podwyższonej zawartości metali ciężkich towarzyszących technogennym cząstkom magnetycznym zawartym w powierzchniowej warstwie gleby. Na obszarach o wartości podatności magnetycznej $>100 \times 10^{-5}$ jednostek SI (kolor żółty, czerwony i brązowy) można

spodziewać się przekroczeń wartości dopuszczalnej w przypadku przynajmniej jednego metalu. Wartości takie zaobserwowano na całym obszarze centralnej i wschodniej części Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego (od Bytomia i Rudy Śląskiej po Dąbrowę Górniczą), w wielu rejonach Rybnickiego Okręgu Węglowego (powiat wodzisławski, rybnicki i rejon Jastrzębia Zdroju) oraz w rejonach Cieszyna, Skoczowa, Bielska i Żywca). Lokalne anomalie magnetyczne, niejednokrotnie przekraczające wartość 200×10^{-5} jednostek SI (kolor czerwony i brązowy), zanotowano w rejonie Częstochowy i Blachowni, Zawiercia, Poręby i Łaz, Tarnowskich Gór, Mikołowa, Łazisk Górnych, Żor, Raciborza oraz Czechowic-Dziedzic.

Bardzo interesujący jest obszar podwyższonych wartości podatności magnetycznej gleb w rejonie Cieszyna przechodzący w anomalię rejonu Bielska i Żywca. Wiąże się to z emisjami huty metali w Trzyńcu, a w rejonie Bielska, Skoczowa i Żywca z lokalnymi źródłami. Również pasma Beskidów w rejonie Ustronia, Wisły i Bielska mają podwyższoną wartość magnetyczną w stosunku do podłoża geologicznego. Anomalie z rejonów przygranicznych mają swoją kontynuację po stronie czeskiej.



Ryc. 6. Rozkład wartości podatności magnetycznej górnej warstwy gleb na terenie województwa śląskiego

2.4. Podsumowanie

Analiza danych podatności magnetycznej z 2437 punktów pomiarowych na terenie województwa śląskiego pokazuje, że górna warstwa gleb na ponad 30% powierzchni wykazuje wartości wskazujące na znaczny wpływ antropopresji przemysłowej ($>50 \times 10^{-5}$ jednostek SI) wywołanej depozycją pyłów przemysłowo-miejskich. Na obszarach tych prawdopodobieństwo wystąpienia podwyższonej zawartości metali ciężkich (głównie Pb, Zn, Cd) jest wysokie i należy tam prowadzić okresowe, kontrolne pomiary chemiczne lub stały monitoring zawartości metali ciężkich. Na pozostałych obszarach badania zawartości metali ciężkich w glebach wydają się być niecelowe, chyba, że zachodzą istotne przesłanki o zwiększonej zawartości tych metali pochodzące z innych źródeł niż depozycje pyłowe.

Stosowanie metody magnetometrii glebowej jako wstępnej metody szacunkowej określającej poziom i wielkość obszarów potencjalnie zanieczyszczonych cząstkami magnetycznymi i związanymi z nimi metalami ciężkimi pozwoli na ograniczenie kosztownych i czasochłonnych analiz chemicznych do obszarów, gdzie zachodzi istotne prawdopodobieństwo ich zwiększonej zawartości na poziomie wartości dopuszczalnych ustawowo. Jednocześnie poprzez dokładne określenie zasięgu terytorialnego anomalii pozwala na optymalne ustalenie miejsc poboru oraz ilości próbek potrzebnych do analizy chemicznej. W chwili obecnej, na zlecenie Ministerstwa Środowiska, trwają prace nad zastosowaniem magnetometrii glebowej jako metody wspomagającej w monitoringu gleb (dane szczegółowe na stronie www.ipis.zabrze.pl).