

ZAWARTOŚĆ Pb, Zn, Cu, Mn, B I Sr W RÓŻNYCH TYPACH GLEB W REJONIE ODDZIAŁYWANIA HUTY CYNKU — MIASTECZKO ŚLĄSKIE

Ryszard Turski, Stanisław Baran

Instytut Gleboznawstwa i Chemii Rolnej AR, Lublin

WSTĘP

Systematyczny wzrost uprzemysłowienia powoduje ciągle postępujące niszczenie środowiska przyrodniczego, co przy stale wzrastających potrzebach przestrzeni życiowej i produkcyjnej z całą ostrością stawia problem ochrony takich zasobów, jak: atmosfera, gleby i woda [10, 11, 13, 16, 17, 20, 23].

Każdy z tych elementów jest ważny, jednak zagadnienie ochrony gleb wymaga specyficznego potraktowania.

Gleby są podstawowym akceptorem emitowanych zanieczyszczeń. Ponieważ gleba jest trwale związana z określonym miejscem produkcji, nawet jednorazowe zanieczyszczenie gleby rzutuje długo na całość produkcji rolniczej, a stosunkowo trudno te zanieczyszczenia z niej usunąć.

W dotychczasowych badaniach nad rodzajem zanieczyszczeń, zwracano uwagę głównie na zawartość SO_2 w atmosferze, co jest niewystarczające dla pełnej charakterystyki warunków przyrodniczych. Ma to miejsce szczególnie na obszarach objętych wpływem zanieczyszczeń emitowanych przez huty cynku, gdzie podstawowymi składnikami emitowanych pyłów są metale ciężkie, i one są głównymi czynnikami degradującymi środowisko [10, 11, 12, 16, 19, 23, 24].

Stosunkowo nieliczne prace nad zanieczyszczeniem gleby ujmują ją jako twór jednorodny, co wydaje się być znacznym uproszczeniem [10, 11, 13, 16].

Stąd w niniejszej pracy podjęto próbę określenia tempa degradacji zróżnicowanych typologicznie gleb, objętych oddziaływaniem zanieczyszczeń emitowanych przez hutę cynku.

CHARAKTERYSTYKA BADANEGO MATERIAŁU, METODYKA BADAŃ

Badaniami objęto obszar ok. 600 ha w rejonie oddziaływania zanieczyszczeń huty cynku Miasteczko Śląskie. Na podstawie ścisłych prac kartograficzno-gleboznawczych wyróżniono 4 klasy gleb: wapniowcowe brunatnoziemy, bielicoziemy i gleby pobagienne oraz wytypowano 49 punktów badawczych rozmieszczonych w różnej odległości od huty. Ilość punktów badawczych poszczególnych typów gleb była proporcjonalna do ich powierzchniowego udziału na badanym obszarze.

Klasę gleb wapniowcowych reprezentuje podtyp rędzin brunatnych. Skład mechaniczny poziomów A_1 pozwala zaliczyć je do grupy mechanicznej piasków gliniastych mocnych, glin lekkich silnie spiaszczonych lub glin średnich. Zawartość części spławialnych kształtuje się w granicach 6-42⁰/o, pyłu — 7-15⁰/o, związków próchnicznych — 1,04-4,45⁰/o. Odczyn zbliżony jest do obojętnego.

Poziom (B) w porównaniu z poziomem A_1 charakteryzuje się większą zawartością części spławialnych (24-77⁰/o).

Skały macierzyste (wapienie, dolomity, margle triasu środkowego) charakteryzują się zasadowym odczynem, zawartością części spławialnych 24-82⁰/o i pyłu 7-14 procent. Gleby tej klasy zajmują około 42⁰/o analizowanej powierzchni.

Brunatnoziemy reprezentowane są przez podtyp gleb brunatnych wylugowanych.

Poziom A_1 tych gleb zawiera 4-8⁰/o części spławialnych, 3-11⁰/o pyłu, 0,70-4,13⁰/o próchnicy. Najczęściej są to gleby kwaśne.

Poziom (B) zawiera 0-6⁰/o części spławialnych, 1-11⁰/o pyłu, odczyn kwaśny lub silnie kwaśny.

Skały macierzyste stanowią piaski zawierające 0-6⁰/o części spławialnych, 1-9⁰/o pyłu oraz posiadające kwaśny odczyn.

Gleby bielicoziemne wykazują duże podobieństwo do gleb brunatnoziemnych. Poziom A_1 tych gleb zawiera 5-11⁰/o części spławialnych, 3-7⁰/o pyłu i 0,62-2,77⁰/o próchnicy, pH 4,6.

Poziom A_2 nie różni się istotnie od poziomu A_1 . Jest jedynie uboższy w części spławialne oraz nieco kwaśniejszy.

Poziom B tych gleb zawiera 3-7⁰/o części spławialnych, 1-14⁰/o pyłu, pH 4,67.

Skały macierzyste tych gleb (piaski) zawierają 1-6⁰/o części spławialnych, 1-14⁰/o pyłu, pH 4,4.

Czarne ziemie reprezentują podtyp czarnych ziem murszastych utworzonych z piasków luźnych. Piaski te zawierają 1-9⁰/o części spławialnych, 2-6⁰/o pyłu, są bardzo kwaśne.

Poziom A_1 zawiera 3-20⁰/o części spławialnych 5-12⁰/o pyłu 3,04-17,38⁰/o

związków próchnicznych. Związki organiczne reprezentują typ próchnicy torfowej. Zakwaszenie jest znaczne — pH 4,4.

Poziom A_1/C zawiera 2-7% części spławialnych, 3-8% pyłu, 0,40-2,72% związków próchnicznych oraz ma podobne zakwaszenie jak poziom A_1 .

W pobranych próbach glebowych wykonane zostały następujące oznaczenia:

— skład mechaniczny — metodą Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande i Prószyńskiego,

— odczyn — elektrometrycznie przy użyciu elektrody szklanej,

— próchnica — metodą Tiurina.

Ogólną zawartość mikroskładników metodą spektrograficzną [9].

Zawartość badanych pierwiastków w poziomach A_1 gleb przedstawiono graficznie. Celem uzyskania lepszej ilustracji, stężenia poszczególnych gradacji przyjęto umownie.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

POWIERZCHNIOWE ROZPRZESTRZENIANIE SIĘ ZANIECZYSZCZEŃ

Rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń pyłowych w ośrodku jednorodnym, jakim jest atmosfera, obrazuje rysunek 1. Wynika z niego, że rozkład izolinii jest ściśle związany z kierunkiem i siłą wiatru. Wielkość opadającego pyłu jest ścisłą funkcją odległości od emitora. Próba wykreślenia podobnych izolinii zawartości emitowanych mikroskładników w poziomach A_1 gleb nie dała rezultatu. Uzyskany przebieg izolinii poszczególnych pierwiastków jest niezwykle skomplikowany (rys. 2-7) i w zasadniczy sposób różni się od przebiegu izolinii w powietrzu.

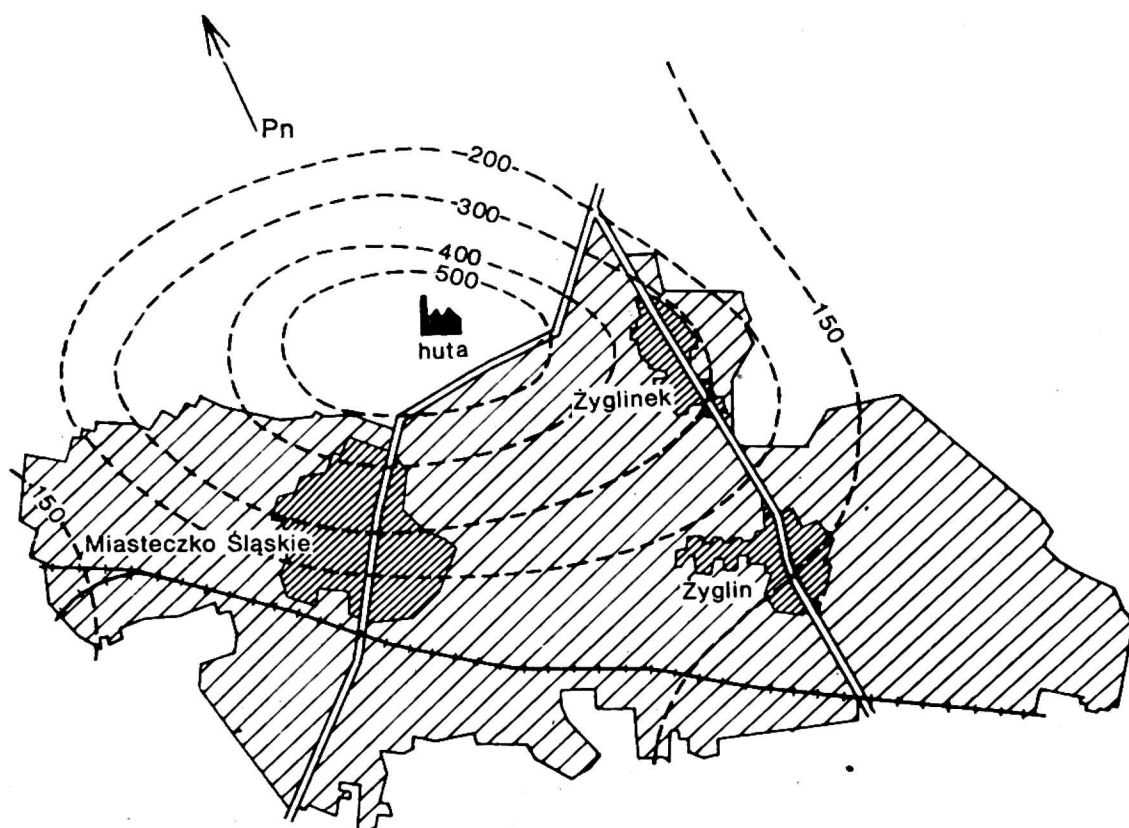
Świadczy to wyraźnie, że o stopniu akumulacji decydują właściwości gleb (skład mechaniczny, odczyn, substancja organiczna), jak również reakcja sumaryczna gleby jako układu na zanieczyszczenia. Potwierdza to analiza statystyczna uzyskanych wyników (tab. 1 i 2).

Eksponowana w dotychczasowych badaniach odległość, jako główny miernik zawartości zanieczyszczeń w glebach, znajduje potwierdzenie jeśli chodzi o poziom A_1 , w stosunku do Pb, Zn i Mn jedynie w łącznym potraktowaniu zawartości tych pierwiastków w poziomie (tab. 1).

Przy oddzielnej analizie wyników w poziomach A_1 poszczególnych typów gleb, oddalenie od emitora istotnie ujemnie wpływa na zawartość Pb, Zn, Cu i Mn jedynie w rędzinach (tab. 2). W pozostałych typach istotnych zależności nie obserwuje się.

Potwierdziły się przypuszczenia, że podstawowe znaczenie dla stwierdzonych anomalii w przestrzennie ujętej akumulacji posiadają właściwości gleb. Jak wynika z korelacji (tab. 1) wyliczonych niezależnie od typologii, stwierdza się dodatnią korelację:

- między zawartością Pb, Zn, Cu, Mn, B, Sr a pH gleby,
 - między zawartością części spławialnych i koloidalnych a wymienionymi pierwiastkami,
 - między zawartością części pyłowych a badanymi pierwiastkami.
- Nie stwierdzono natomiast korelacji między zawartością badanych pierwiastków a zawartością próchnicy w poziomach A₁ gleb.



Rys. 1. Opad pyłów (t/km²/rok) w otoczeniu huty cynku w okresie od lipca 1971 do czerwca 1972

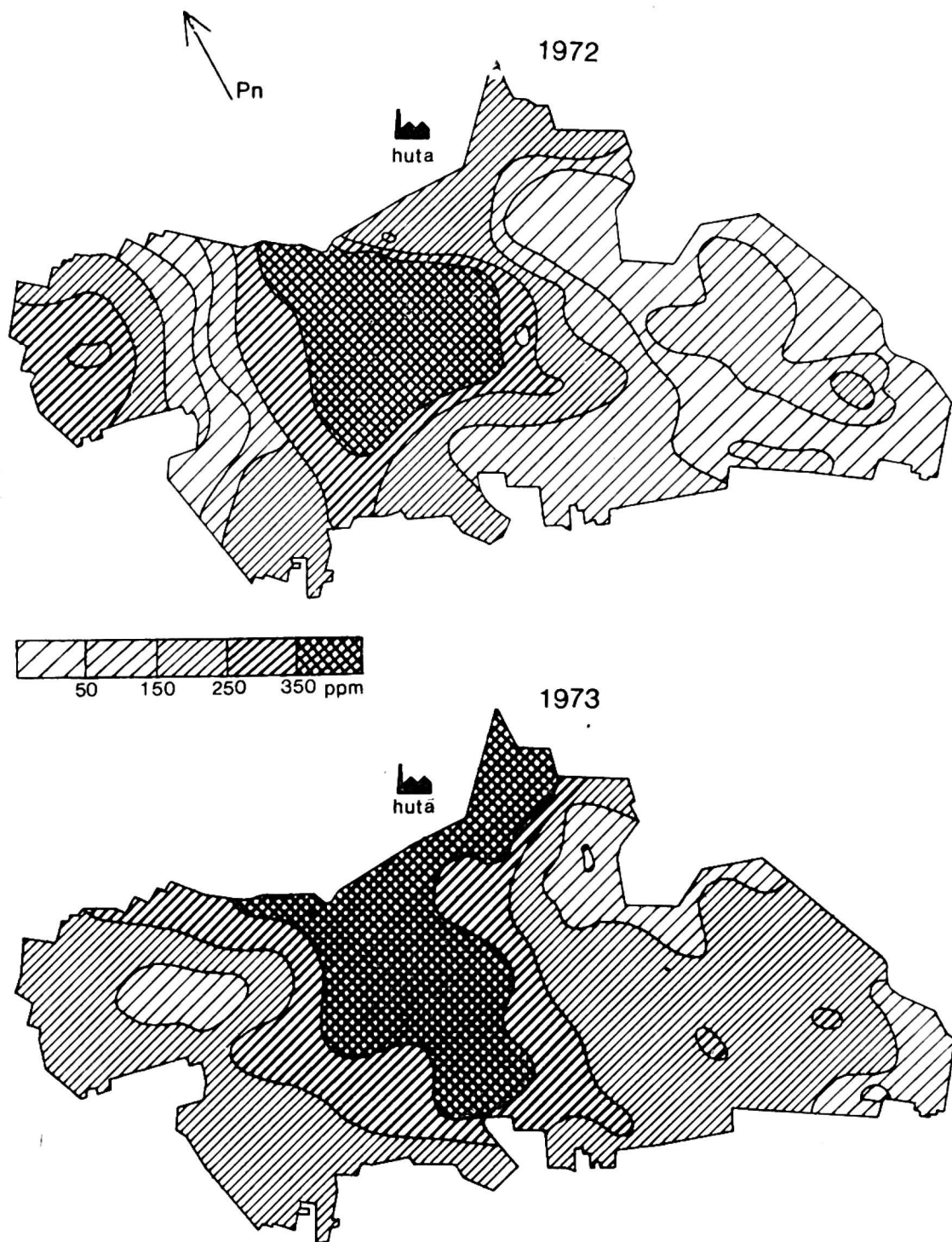
Ze względu na uzyskane wyniki, a wyraźne jednakże zróżnicowanie typologiczne gleb, dokonano wyliczenia współczynników korelacji między zawartością badanych pierwiastków a wymienionymi wyżej właściwościami gleb w obrębie typu (tab. 2).

Na podstawie uzyskanych wyników potwierdziła się zależność od pH zawartości Pb, Cu, B w rędzinach oraz Pb, Zn, Cu, B w glebach brunatnych.

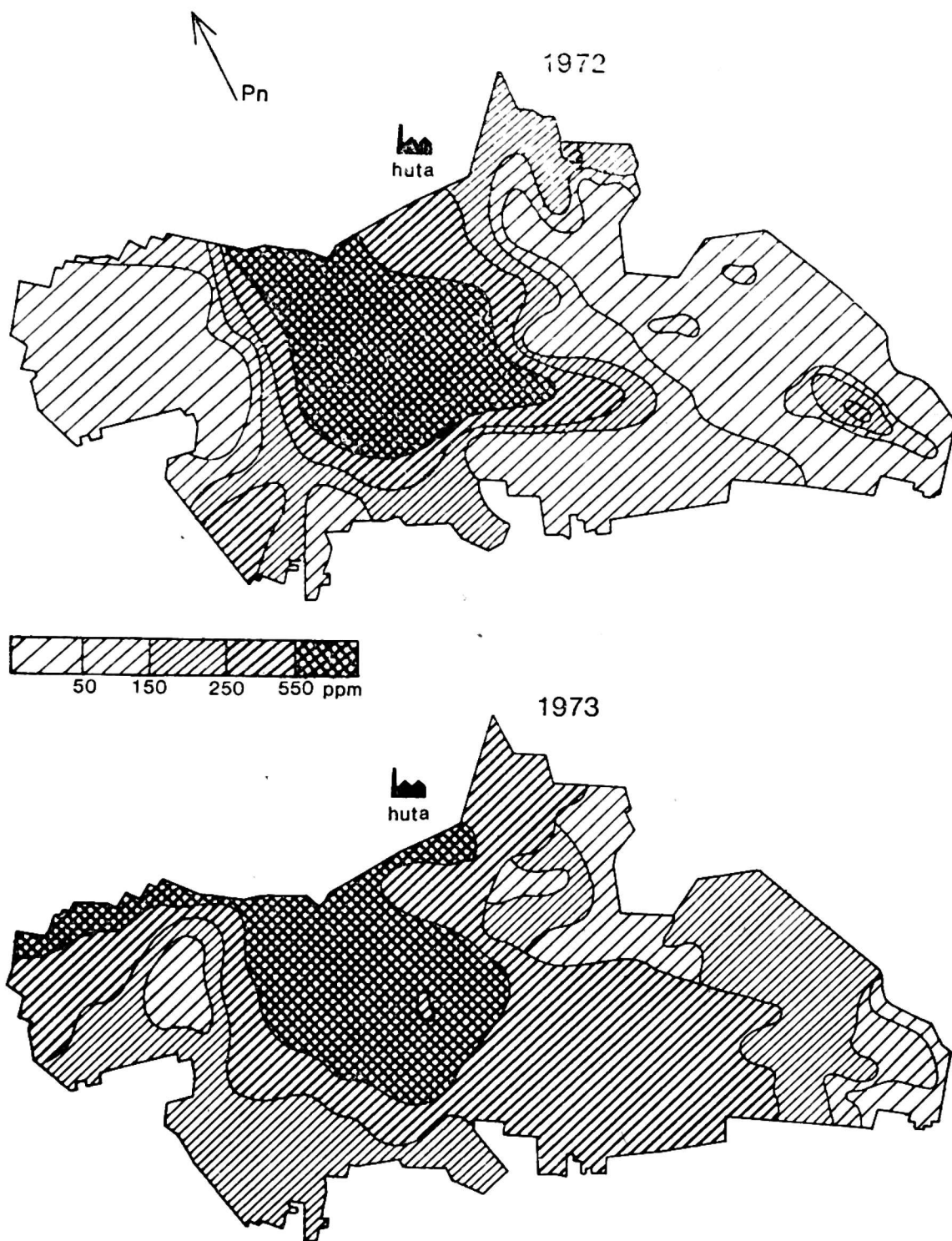
Stwierdzono także, ale jedynie w rędzinach, zależność zawartości badanych pierwiastków od frakcji składu mechanicznego (części spławialne, części koloidalne i części pyłowe).

Jest to zrozumiałe, ponieważ grupa rędzin jest zespołem gleb o najmniej wyrównanych omawianych właściwościach, podobnie jak gleby brunatne w zakresie pH.

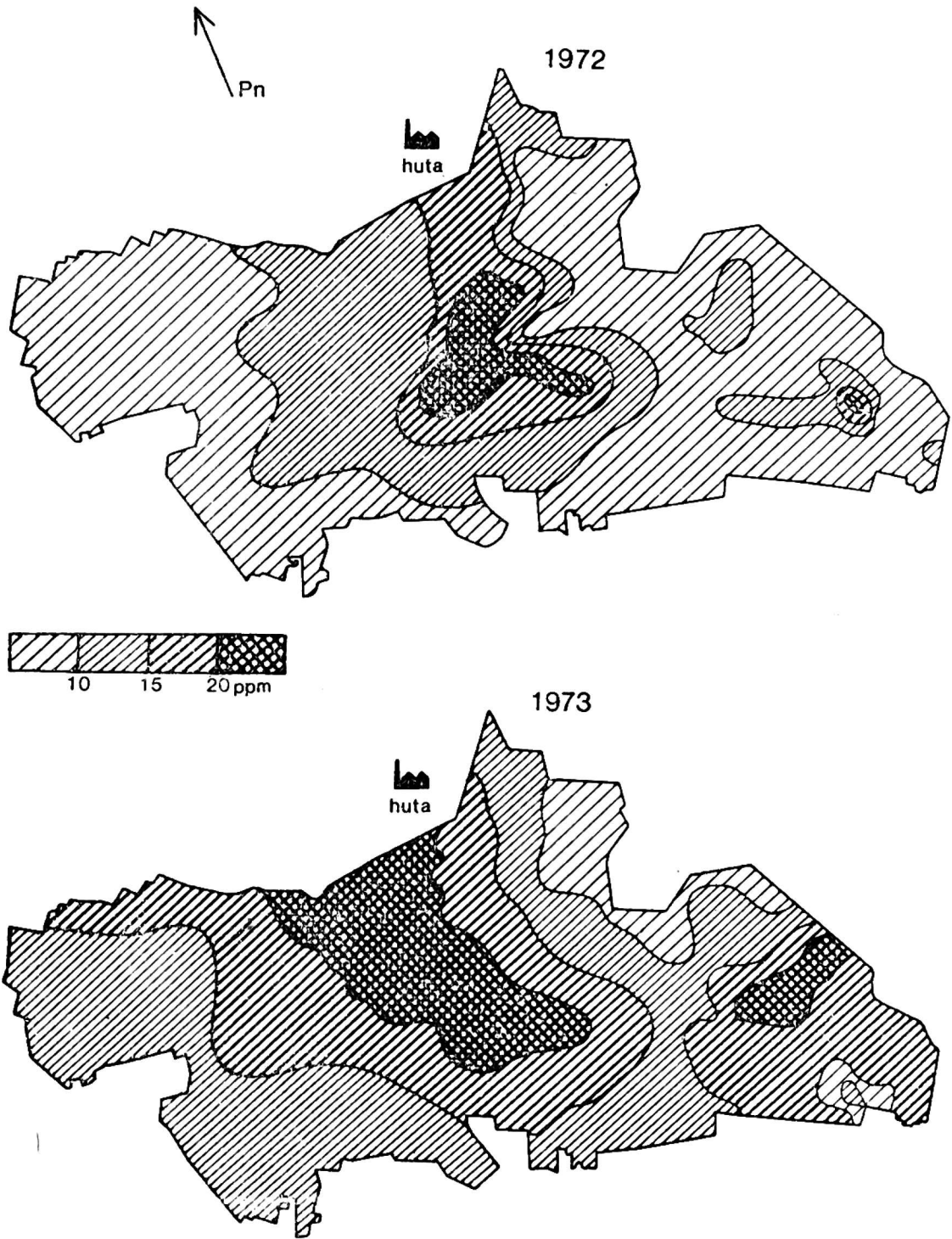
W przeprowadzonej analizie nie stwierdzono korelacji między ilością badanych pierwiastków a zawartością substancji organicznej. Wydaje się, że przyczyny tego należy szukać w niecałkowitym zhumifikowaniu



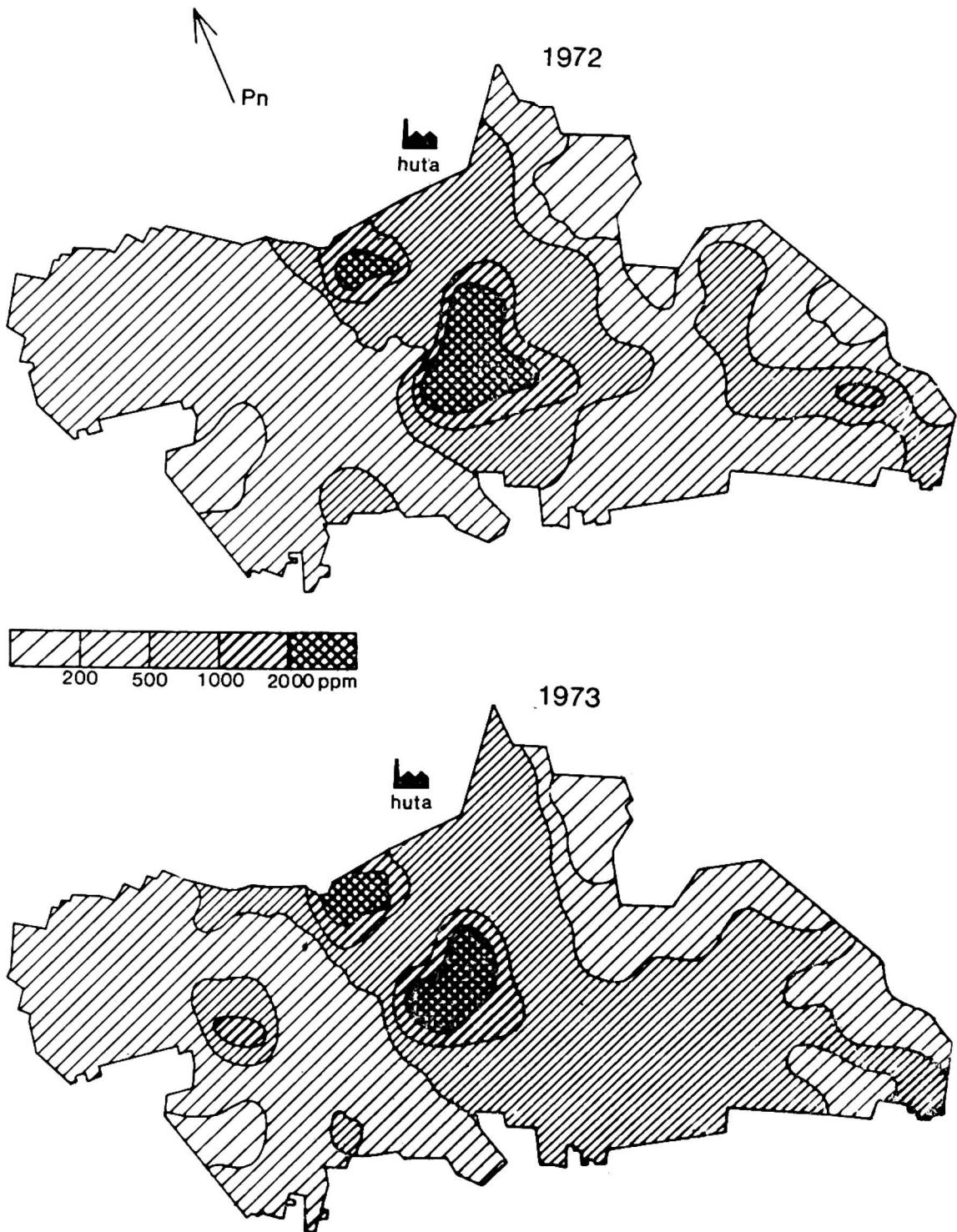
Rys. 2. Imisja Pb w poziomie A_1 gleb wokół huty cynku w latach 1972-1973



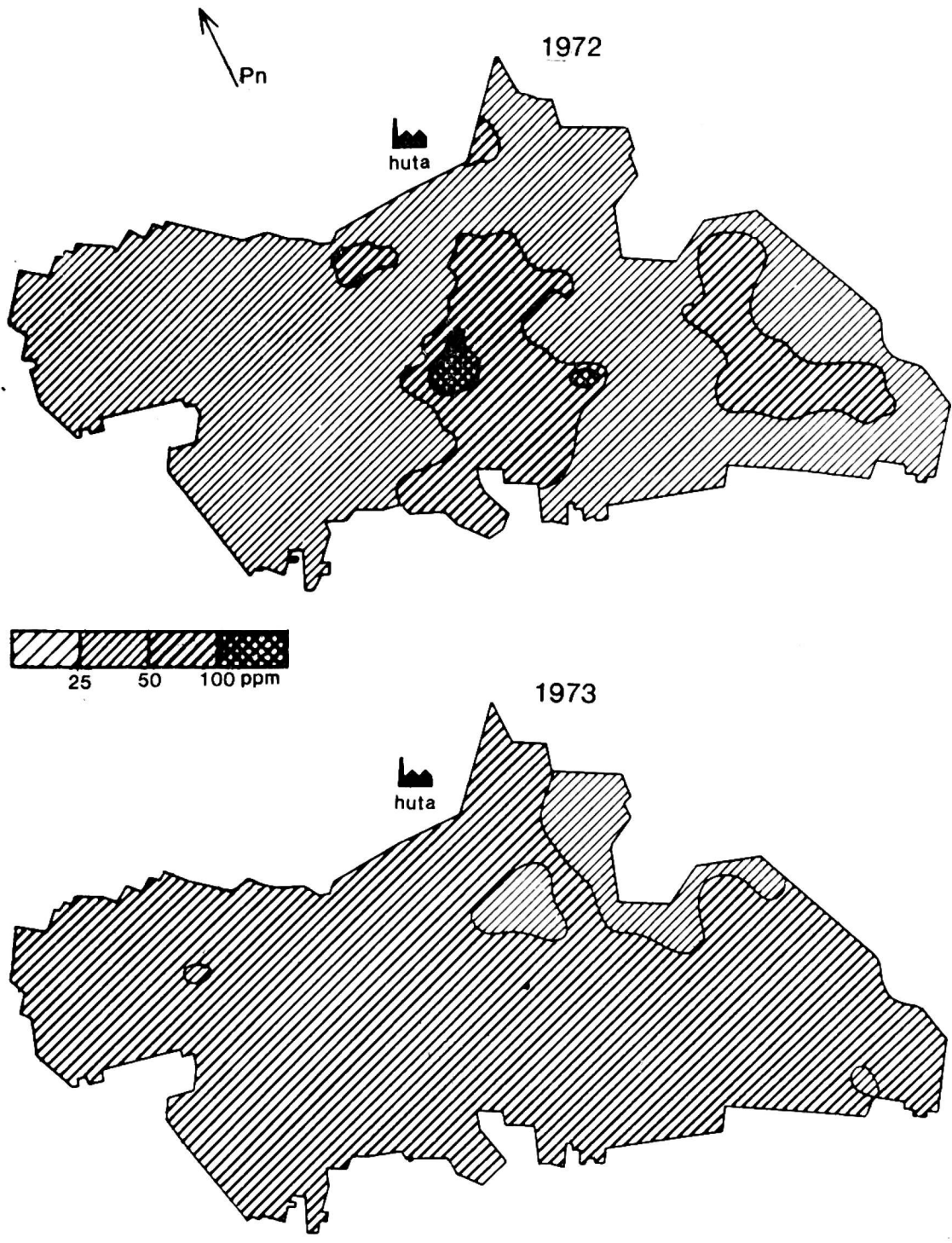
Rys. 3. Imisja Zn w poziomie A₁ gleb wokół huty cynku w latach 1972-1973



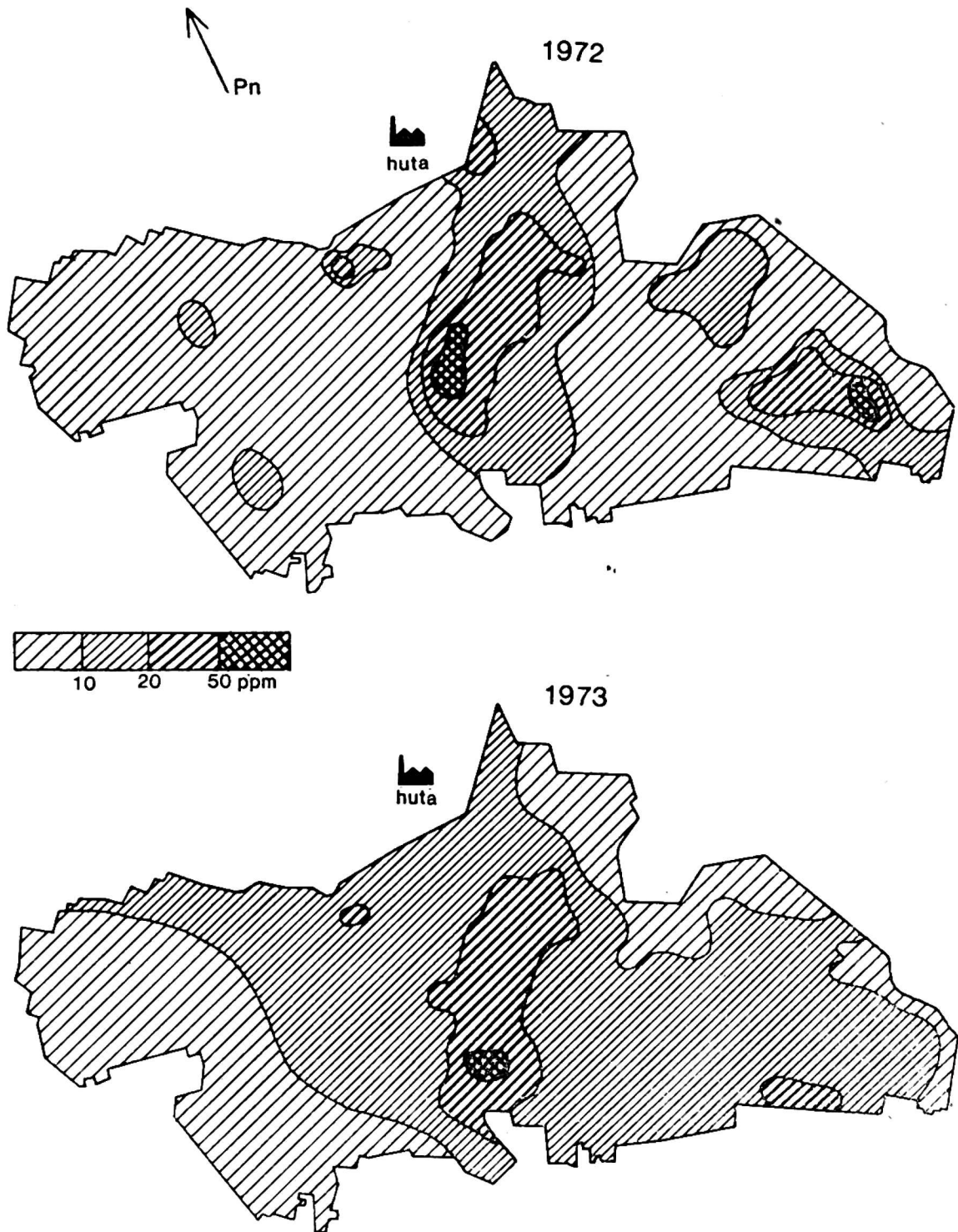
Rys. 4. Imisja Cu w poziomie A₁ gleb wokół huty cynku w latach 1972-1973



Rys. 5. Imisja Mn w poziomie A₁ gleb wokół huty cynku w latach 1972-1973.



Rys. 6. Imisja B w poziomie A_1 gleb wokół huty cynku w latach 1972-1973



Rys. 7. Imisja Sr w poziomie A_1 gleb wokół huty cynku w latach 1972-1973

Tabela 1

Współczynniki korelacji między mikroskładnikami, właściwościami gleb i odległością w glebach objętych oddziaływaniem zanieczyszczeń hutnictwa cynku
Miasteczko Śląskie

Zn	1	0,7895**																				
	2	0,7646**																				
Cu	1	0,4935**	0,3926**																			
	2	0,8279**	0,6573**																			
Mn	1	0,8147**	0,7446**	0,5402**																		
	2	0,7880**	0,7775**	0,7099**																		
B	1	0,3301**	0,3060**	0,7394**	0,3531**																	
	2	0,6404**	0,4980**	0,8235**	0,4959**																	
Sr	1	-0,0137	0,0175	0,1587*	0,0501	0,0735																
	2	0,4057**	0,3367**	0,5183**	0,4851**	0,4469**																
Próchnica	1	0,2791**	0,1943**	0,0516	0,0147	0,0482	-0,0674															
	2	-0,0496	0,0080	-0,1278	-0,1960	-0,0540	-0,1087															
pH	1	0,3968**	0,3527**	0,5806**	0,3865**	0,4953**	0,3554**	-0,0593														
	2	0,4317**	0,3293**	0,5830**	0,3882**	0,5103**	0,3713**	-0,4498**														
pył	1	0,4237**	0,3714**	0,5361**	0,4114**	0,4627**	0,2496**	0,2045**	0,5529**													
	2	0,3769**	0,3438**	0,5097**	0,4360**	0,5141**	0,4711**	-0,0114	0,4264**													
<0,02	1	0,2538**	0,3116**	0,6732**	0,3609**	0,6747**	0,4012**	-0,0053	0,6374**	0,6194**												
	2	0,5905**	0,6137**	0,6745**	0,6604**	0,6265**	0,5768**	-0,0491	0,4891**	0,7850**												
<0,002	1	0,1629**	0,2243**	0,6416**	0,2879**	0,6881**	0,3574**	-0,0386	0,6014**	0,5477**	0,9741**											
	2	0,5662**	0,5553**	0,6629**	0,6239**	0,6107**	0,5771**	-0,0342	0,5140**	0,7885**	0,9816**											
Odległość	1	-0,1571**	-0,1611**	0,1034	-0,1594**	0,1508*	0,1015	0,0158	0,1301*	0,1555*	0,2548**	0,2460**										
	2	-0,3103**	-0,2465*	-0,0531	-0,2398*	0,0609	-0,0322	-0,0956	0,0397	0,1037	-0,0098	-0,0504										
		Pb	Zn	Cu	Mn	B	Sr	Próchnica	pH	pył												

* — różnice istotne przy $\alpha = 0,05$,

** — różnice istotne przy $\alpha = 0,01$,

1 — próby zestawione kompleksowo ze wszystkich poziomów genetycznych,

2 — próby zestawione kompleksowo z poziomu próchnicznego.

Współczynniki korelacji w poziomach próchnicznych poszczególnych typów gleb objętych oddziaływaniem huty cynku

Zn	1	0,7542**					
	2	0,8399**					
	3	0,7190**					
	4	0,8541*					
Cu	1	0,7918**	0,6001**				
	2	0,8887**	0,9272**				
	3	0,8118**	0,4312				
	4	0,9725**	0,9467**				
Mn	1	0,8456**	0,7717**	0,6776**			
	2	0,7203**	0,8196**	0,8161**			
	3	0,6918**	0,1953	0,8061**			
	4	0,7755	0,9807**	0,8945*			
B	1	0,5623**	0,3984**	0,7855**	0,4121**		
	2	0,1019	0,1293	0,1099	0,0134		
	3	0,6526**	0,3238	0,8367**	0,7011**		
Sr	1	0,3861**	0,2438	0,4563**	0,3902**	0,3363*	
	2	-0,0126	0,0984	0,0487	0,3307	-0,2136	
	3	0,5168*	0,6534**	0,4614*	0,3639	0,4195	
	4	0,6884	0,2478	0,5081	0,1321	0,3940	
Próchnica	1	-0,0702	0,0404	0,1373	-0,2039	0,2448	0,1488
	2	0,1074	0,0376	0,0596	-0,0376	-0,2650	-0,1365
	3	-0,0652	0,2778	-0,1740	-0,2856	-0,0883	0,4023
	4	-0,3772	-0,3751	-0,3473	-0,3441	0,2302	-0,2312

pH	1	0,4350**	0,2319	0,5569**	0,2000	0,5248**	0,0943	0,2446
	2	0,4825**	0,4912**	0,4339*	0,3528	0,4220*	-0,0897	-0,0491
	3	0,3220	0,1112	0,3146	0,4236	0,2027	0,0208	-0,6274*
	4	0,5061	0,4167	0,5416	0,4464	0,9253**	0,1796	0,2975
pył	1	0,5597**	0,4192**	0,5308**	0,5399**	0,3140*	0,3488*	0,1649
	2	-0,1061	-0,1797	0,0183	0,0061	-0,0257	0,0878	-0,1649
	3	-0,0198	-0,0268	-0,0255	0,2229	0,2142	0,2590	0,1710
	4	-0,3561	-0,5005	-0,4045	-0,5712	0,1935	-0,0490	0,8278*
<0,02	1	0,7192**	0,6896**	0,7072**	0,7107**	0,5109**	0,4661**	0,2539
	2	0,1631	-0,0467	0,1258	0,1878	-0,3850*	0,2868	0,1404
	3	0,0229	0,0488	0,1805	0,2422	0,5082	0,1800	-0,0615
	4	-0,3775	-0,4783	-0,4014	-0,5176	0,2136	-0,1123	0,9189**
<0,002	1	0,6675**	0,5746**	0,6743**	0,6322**	0,4981**	0,4451**	0,3158*
	2	0,0435	-0,0339	0,0675	0,0746	-0,2781	0,1647	0,0483
	3	-0,0258	-0,0590	0,1252	0,1558	0,4423	0,1954	0,1464
	4	-0,3818	-0,3985	-0,3615	-0,3800	0,2300	-0,2123	0,9974**
Odstęłość	1	-0,5881**	-0,4531**	-0,3518*	-0,4654**	-0,2618	-0,2458	-0,0279
	2	-0,3471	-0,1557	-0,2818	-0,3349	0,0939	-0,0790	-0,4418*
	3	0,0187	-0,3598	0,3121	0,3197	0,4334	-0,0324	-0,2019
	4	-0,3636	-0,3272	-0,3169	-0,2740	0,2276	-0,2625	0,9913**
		Pb	Zn	Cu	Mn	B	Sr	Próchnica
								pH
								pył
								<0,02
								<0,002

* — poziom istotności $\alpha = 0,05$,

** — poziom istotności $\alpha = 0,01$,

1 — rzędziny,

2 — gleby brunatne,

3 — gleby biellicowe,

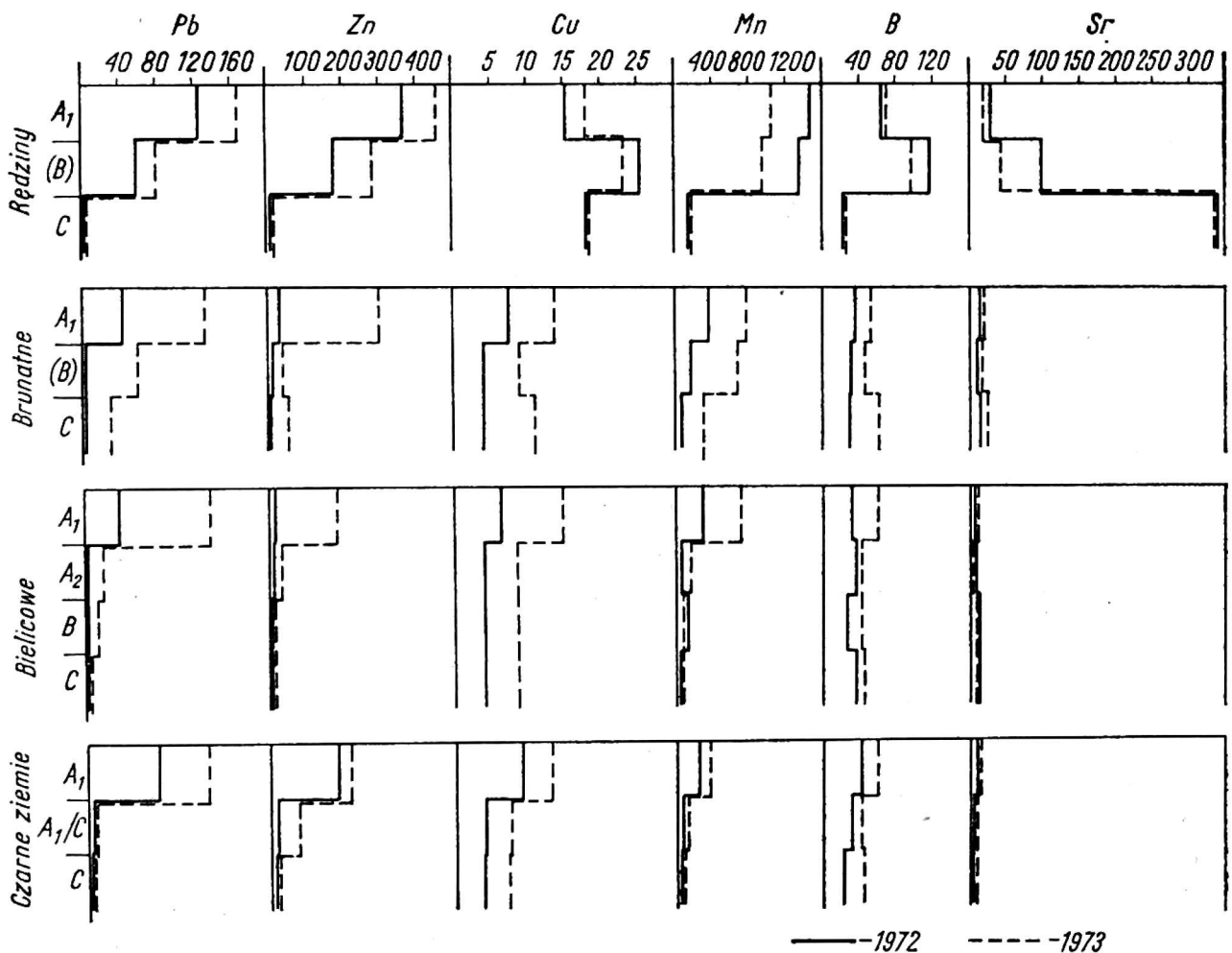
4 — czarne ziemie.

związków organicznych w czarnych ziemiach, co wyraża się silną murszastością tych gleb. Nieshumifikowane resztki organiczne, mimo ich znacznej ilości, nie odgrywają istotniejszej roli w sorpcji badanych pierwiastków.

Analizując rozkład stężeń badanych pierwiastków w poziomach A_1 gleb (rys. 2-7) na przestrzeni badanych dwóch lat 1972 i 1973, stwierdzić należy znaczny przyrost stężeń pierwiastków w 1973 roku. Świadczy to o wyjątkowo szybkiej degradacji badanych gleb.

CHARAKTERYSTYKA STOPNIA ZANIECZYSZCZENIA
POSZCZEGÓLNYCH TYPÓW GLEB

Z rysunku 8 wynika, że poziom zawartości badanych mikroskładników w poszczególnych typach gleb jest różny. Najwyższą zawartość emitowanych zanieczyszczeń posiadają rędziny, a następnie gleby brunatne na równi z czarnymi ziemiami. Najmniejsze zawartości stwierdzono w typie gleb bielcowych.



Rys. 8. Rozkład stężeń pierwiastków w poziomach genetycznych różnych typów gleb w strefie oddziaływania huty cynku

Fakt ten nabiera wyrazistości, jeśli uwzględnić rozmieszczenie badanych typów gleb wokół huty. Otóż średnia arytmetyczna odległość od huty poszczególnych punktów badawczych wynosi: na rędzinach — 1998 m, na glebach brunatnych — 1409 m, na czarnych ziemiach — 1632 m i na glebach bielcowych — 1758 m.

Podkreśla to z całą ostrością, że na akumulację zanieczyszczeń w glebach wywierają wpływ ich właściwości, jak również specyfika poszczególnych typów gleb jako układów.

PROFILOWY ROZKŁAD STĘŻEŃ PIERWIASTKÓW

Jak wynika z rysunku 9 poziomy wierzchnie (A_1) badanych gleb charakteryzują się wyraźną akumulacją analizowanych mikroskładników. Ich stężenia w tym poziomie kilkakrotnie przewyższają koncentracje w podglebiu. W miarę obniżania się w głąb profilu glebowego, stężenia pierwiastków maleją.

Świadczy to o zewnętrznym pochodzeniu mikroskładników, gdyż w glebach uprawnych, nie zanieczyszczanych, rozkład ich stężeń jest odwrotny [7].

Jedynie w przypadku rędzin rozkład B, Cu, Sr jest nieco inny. Wysoką zawartość tych pierwiastków stwierdzono w poziomie (B) tego typu gleb.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonej analizy zawartości Pb, Zn, Cu, Mn, B, Sr w zróżnicowanych typologicznie glebach, objętych oddziaływaniem zanieczyszczeń huty cynku Miasteczko Śląskie, można sformułować następujące wnioski:

1. Zawartość badanych mikroskładników, szczególnie Pb i Zn, w analizowanych glebach jest znaczna.

2. Na szybkość degradacji gleb duży wpływ wywierają ich właściwości, jak również specyfika typologiczna.

3. Stopień zanieczyszczenia poszczególnych typów gleb jest następujący:

rędziny $>$ gleby brunatne \geq czarne ziemie $>$ gleby bielcowe.

4. Najwyższe wartości stężeń stwierdzono w poziomach wierzchnich gleb; w miarę wzrostu głębokości stężenia malały.

LITERATURA

1. Andrzejewski M.: Wpływ nawożenia chromem na plony gatunków roślin i na zawartość chromu w glebie. Roczn. Nauk rol., 97-A-2, 1971.
2. Anspok P. I.: Poczvennyje uslovija i efektywnostj primienienija mikroelementov v Litovskoj SSR. Poczvovedenie nr 4, 1972.
3. Boratyński K., Roszyk E., Ziętecka M.: Przegląd badań przeprowadzonych w Polsce nad mikroelementami. Cz. I. Bor, miedź i mangan. Roczn. glebozn., t. 22, z. 1, 1971.
4. Boratyński K., Roszyk E., Ziętecka M.: Przegląd badań przeprowadzonych w Polsce nad mikroelementami. Cz. II. Cynk, molibden, kobalt, tytan, nikiel, chrom i inne pierwiastki. Roczn. glebozn., t. 23, z. 1, 1972.
5. Czarnowska K.: Badania nad rozmieszczeniem Mn, Zn, Cu, Mo w glebach wytworzonych z glin zwałowych. Roczn. glebozn., t. 23, z. 2, Warszawa 1972.
6. Dublikowski G. P., Anosko V. S.: Raspredelenie cinka w pocvach BSSR. Poczvovedenie nr 12, 1970.
7. Gliński J.: Wpływ niektórych czynników glebotwórczych na zawartość i rozmieszczenie mikroskładników w profilach glebowych. Cz. II. Rozmieszczenie mikroskładników w glebie w zależności od jej użytkowania. Ann. UMCS Sect. E, vol. XXII, 4, Lublin 1967.
8. Gliński J., Baran S.: Correlations between the content of some elements in mineral soils of south Poland. Pol. J. Soil Sci. Vol. III, No. 1, 1970.
9. Gliński J., Baran S., Warda Z.: Wzbudzenie materiałów rolniczych w spektralnej analizie emisyjnej. Problemy Agrofizyki, 12, 1974.
10. Greszta J., Godzink S.: Wpływ hutnictwa cynku na gleby. Roczn. glebozn., t. 20, z. 1, 1969.
11. Karweta S.: Występowanie cynku i ołowiu w glebach GOP w wyniku zanieczyszczenia powietrza przez przemysł. XIX Ogólnopolski Zjazd PTG, Kraków 1972.
12. Krüger E.: Rauchscha den durch Zink. Freiburger Forschunghefte, Ausg. B. 6, 1951.
13. Kowaliński St., Bogda A., Borkowski J., Chodak T., Drozd J., Licznar M., Roszyk: Wstępne badania nad wpływem zanieczyszczeń przemysłowych huty miedzi Legnica na zmiany niektórych właściwości gleb. XIX Zjazd Naukowy PTG, Kraków 1972.
14. Królikowski L., Mucha W. i zespół: Zagadnienia rekultywacji gleb leśnych rejonów przemysłowych GOP i KOP. XIX Zjazd Naukowy PTG, Kraków 1972.
15. Matsuda K., Ito S.: Adsorption strength of zinc for soil humus. III. Relationship between stability constants of zinc-humic and -fuvic acid complexes, and the degrade of humification. Soil Sci. Pl. Nutr. vol. 16, No. 1, 1970.
16. Paluch J., Karweta S.: Imisja cynku i ołowiu w otoczeniu kombinatu hutniczego i jej oddziaływanie na rośliny i gleby. Ochrona Powietrza r. IV, nr 620, 1970.
17. Paluch J.: Problem zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego na terenie województwa katowickiego ze szczególnym uwzględnieniem obszaru GOP. Zeszyty Naukowe AGH w Krakowie. Nr. 155. Zeszyt Specjalny 12, 1967.
18. Prochorov V. M., Gromova E. A.: Vlijanie pH i koncentracji solej na sorbcju Zn pocvami. Poczvovedenie nr 11, 1971.
19. Roszyk E.: Lead in some Very — fine sondy soils of the Lower Silesia. Roczn. glebozn., dod. do t. 19, 1968.

20. Siuta J.: Metodyka i zakres badań wpływu przemysłu azotowego na środowisko przyrodnicze w rejonie Puław. XIX Zjazd Naukowy PTG, Kraków 1972.
21. Skawina T.: Procesy zniekształcania gleb w okręgach górniczych i przemysłowych. Roczn. glebozn., dod. do t. 7, Kraków 1958.
22. Skawina T., Wąchalewski T.: Pierwiastki śladowe w glebach GOP. Biuletyn 5, Zakład Badań Naukowych GOP PAN 1965.
23. Turski R., Baran S.: Wpływ hutnictwa cynku na zawartość mikroelementów w glebach i roślinach. XIX Zjazd Naukowy PTG, Kraków 1972.
24. Turski R., Baran S., Warda Z.: Zastosowanie spektralnej analizy emisyjnej do badań skażeń rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Probl. Agrofizyki nr 12, 1974.