

MACIEJ MARKIEWICZ, RENATA BEDNAREK, MAGDALENA PAJAŁ

WSPÓŁCZESNE GOSPODARSTWO ROLNE JAKO OBIEKT BADAŃ PEDOARCHEOLOGII DOŚWIADCZALNEJ

CONTEMPORARY FARMSTEAD AS AN OBJECT OF EXPERIMENTAL PEDOARCHAEOLOGY STUDIES

Zakład Gleboznawstwa, Instytut Geografii
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Abstract: The aim of this study is to assess whether it is viable to apply the results of the total phosphorus content in the soil analysis of contemporary farmsteads in the study of the functional diversity of former human settlements. The study was conducted within a contemporary farmstead located in Nowa Wieś Królewska (Kujawsko-Pomorskie Voivodship). A series of drillings were performed, from which soil samples were taken at two depths: 0-10 cm and 10-30 cm. The total phosphorus content was determined by the Bleck method in Gebhardt's modification, followed by compilation of maps showing the spatial diversity of the content of this element. Within the farmstead, the total phosphorus content significantly exceeded $500 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$, which was adopted as the background, based on the geochemical analysis of the arable lessivé soil, located 150 m from the pen. Variable phosphorus contents in the surface horizons (0-10 cm) were associated with different land management methods within the enclosure. The results may be helpful for the interpretation of phosphorus contents on archaeological sites.

Słowa kluczowe: pedoarcheologia, fosfor, gleba płowa, stanowiska archeologiczne

Key words: pedoarchaeology, phosphorus, lessivé soil, archaeological sites

WSTĘP

Specyfika gleb występujących w obrębie dawnych osiedli ludzkich (na obecnych stanowiskach archeologicznych) doprowadziła do powstania nowej dyscypliny, zwanej pedoarcheologią (w USA archeopedologią) lub inaczej gleboznawstwem archeologicznym. Zapoczątkowały ją następujące publikacje: Dergačeva „*Archeologičeskoje počvovedenie*” [1997], Demkin „*Paleopočvovedenie i archeologija: integracija prirody i obščestva*” [1997] i Scudder i in.: „*Soil science and archaeology*” [1996]. Ponieważ walory glebowe środowiska zawsze pełniły ważną rolę w wyborze przez człowieka miejsc sprzyjających zasiedleniu i gospodarowaniu, dlatego gleby występujące na stanowiskach archeologicznych są niezwykle cennym źródłem informacji o sposobie użytkowania terenu oraz intensywności antropopresji [Bednarek 2007, 2008]. W badaniach wpływu dawnej

działalności człowieka na morfologię i właściwości gleb niezwykle pomocna wydaje się być analiza gleb współcześnie wykorzystywanych przez człowieka, których szczegółowa interpretacja pozwoli na ekstrapolację uzyskanych rezultatów na obszary zasiedlane w przeszłości. Taką możliwość stworzyło badanie gleb występujących w obrębie współczesnego gospodarstwa rolnego, którego sposób użytkowania nie zmienił się od ok. 100 lat. Z dotychczasowych badań wynika, że najlepszym wskaźnikiem dawnej antropopresji jest zawartość fosforu w glebie [Marcinek, Wiślański 1959; Brzeziński i in. 1983; Konecka-Betty, Okołowicz 1998; Bednarek i in. 2004; Bednarek, Markiewicz 2007; Bednarek i in. 2010]. Pierwiastek ten ze względu na swoje specyficzne właściwości m.in. niewielką rozpuszczalność i mobilność oraz powszechność występowania w przyrodzie, wykorzystywany najczęściej bywa do wskazywania miejsc bytowania człowieka w przeszłości oraz do rekonstrukcji zróżnicowania funkcjonalnego dawnych osad, a nawet pojedynczych domostw [Bednarek i in. 2010; Rembisz, Markiewicz 2007; Terry i in. 2004; Zöhlitz 1980].

Celem pracy jest ocena możliwości wykorzystania wyników analizy zawartości fosforu ogółem w glebach współczesnego gospodarstwa w badaniach zróżnicowania funkcjonalnego dawnych osad ludzkich.

MATERIAŁ I METODY

Gleboznawcze badania terenowe prowadzono w obrębie współczesnego gospodarstwa rolnego zlokalizowanego w Nowej Wsi Królewskiej, gm. Płużnica, w północno-wschodniej części województwa kujawsko-pomorskiego (rys. 1). Pod względem rzeźby terenu jest to wysoczyzna morenowa falista. Poziom wód gruntowych znajduje się na głębokości kilkunastu metrów, w związku z czym gleby na tym obszarze mają charakter autogeniczny.

Analizowane gospodarstwo zajmuje powierzchnię 16,6 ha, z czego 0,6 ha znajduje się w

obróbie zagrody, 15,0 ha stanowią grunty orne, 0,44 ha trwale użytki zielone i 0,56 ha nieużytki. Gospodarstwo to nie specjalizuje się w hodowli zwierząt ani produkcji roślinnej. Większość pól przeznaczona jest do sprzedaży, reszta służy wykarmieniu kilku sztuk trzody chlewnej i drobiu. O wyborze tego gospodarstwa zdecydowała różnorodność elementów w obrębie jednej zagrody (rys. 2) oraz fakt, że przestrzenny układ poszczególnych składowych (ogródków, sadu, gnojownika) i sposób gospodarowania na tych obiektach nie zmienił się od prawie stu lat.

Badania terenowe polegały na wykonaniu 47 wierceń (w siatce ruchomej, co 10 m), które obejmowały: podwórko, ogród kwiatowy, sad, ogród warzywny-



RYSUNEK 1. Lokalizacja obszaru badań
FIGURE 1. Localization of the study area

ny, „przydomowe” pole uprawne oraz pozostałe tereny w obrębie zagrody. Z każdego wiercenia pobrano po dwie próbki glebowe: z głębokości 0-10 i 10-30 cm. W celu wyznaczenia tła geochemicznego właściwości gleb na badanym obszarze, w odległości ok. 150 m od zagrody wykonano odkrywkę glebową. W próbkach glebowych pochodzących z profilu oznaczono: uziarnienie metodą areometryczną Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande’a i Prószyńskiego z rozdzieleniem frakcji piasku na sitach (grupy granulometryczne określono wg PTG 2008), pH metodą potencjometryczną w wodzie destylowanej i w roztworze KCl o stężeniu 1 mol · dm⁻³, zawartość węgla organicznego metodą Tiurina (TOC), zawartość azotu ogółem metodą Kjeldahla (Nt) oraz zawartość fosforu ogółem (P) metodą Blecka w modyfikacji Gebhardta [Gebhardt 1982]. W próbkach pochodzących z wierceń oznaczono jedynie zawartość fosforu ogółem i pH. Wyniki oznaczeń zawartości fosforu opracowano statystycznie. W celu zobrazowania przestrzennego zróżnicowania zawartości fosforu a także wartości pH w powierzchniowych poziomach gleby w obrębie gospodarstwa wykorzystano program SURFER 8.0.

WYNIKI I DYSKUSJA

Profil glebowy wykonany w odległości 150 m od gospodarstwa reprezentuje glebę płową zerodowaną zbudowaną z utworów gliniastych o zróżnicowanej zawartości frakcji ilu w poszczególnych poziomach genetycznych (tab. 1). Zawartość fosforu w wyróżnionych poziomach genetycznych wahała się od 379 do 486 mg · kg⁻¹ (tab. 1). Profilowe zróżnicowanie zawartości tego pierwiastka jest charakterystyczne dla wielu gleb [Smeck 1973]. Na podstawie uzyskanych wyników jako tło geochemiczne zawartości fosforu na badanym terenie przyjęto wartość mniejszą od 500 mg · kg⁻¹.

Przestrzenne zróżnicowanie zawartości fosforu ogółem w warstwach: 0-10 cm i 10-30 cm przedstawiono graficznie (rys. 2 i 3). W powierzchniowej warstwie gleby (0-10 cm) (rys. 2), najwyższe zawartości tego pierwiastka (>3000 mg · kg⁻¹), kilkakrotnie przewyższające wartość przyjętą za tło geochemiczne, występują w glebie w bezpośrednim sąsiedztwie gnojownika, na obszarze objętym awarią kanalizacji (północna część zagrody) oraz w miejscach, gdzie przebywały lub przebywają zwierzęta (południowo-zachodni róg stodoły) oraz część określona jako sad (wybieg dla drobiu). Wymienione miejsca charakteryzują się długotrwałą akumulacją bardzo zasobnych w fosfor odchodów zwierzęcych [Cook, Heizer 1965, Scudder i in. 1996]. Najniższe zawartości fosforu ogółem (poniżej 1000 mg · kg⁻¹) stwierdzono w obrębie przydomowego pola uprawnego oraz na podwórku, w sąsiedztwie domu. Należy podkreślić, że nawet te najniższe zawartości fosforu w powierzchniowej warstwie gleby znacznie przewyższają wartości przyjęte jako tło geochemiczne. Podobne wyniki uzyskali Sapek i Sapek [1999] dla gospodarstwa rolnego na Mazowszu. Tam najwyższe zawartości fosforu ogółem stwierdzono w powierzchniowej warstwie gleby (0-10 cm) na wybiegu dla kurcząt (3008 mg · kg⁻¹), natomiast najniższe w obrębie przydomowego ogródka (2003 mg · kg⁻¹).

W warstwie głębszej, 10-30 cm (rys. 3), średnie zawartości fosforu są niższe o ok. 100 mg · kg⁻¹ niż w warstwie powierzchniowej, jednak ich przestrzenne zróżnicowanie na terenie zagrody układu się podobnie.

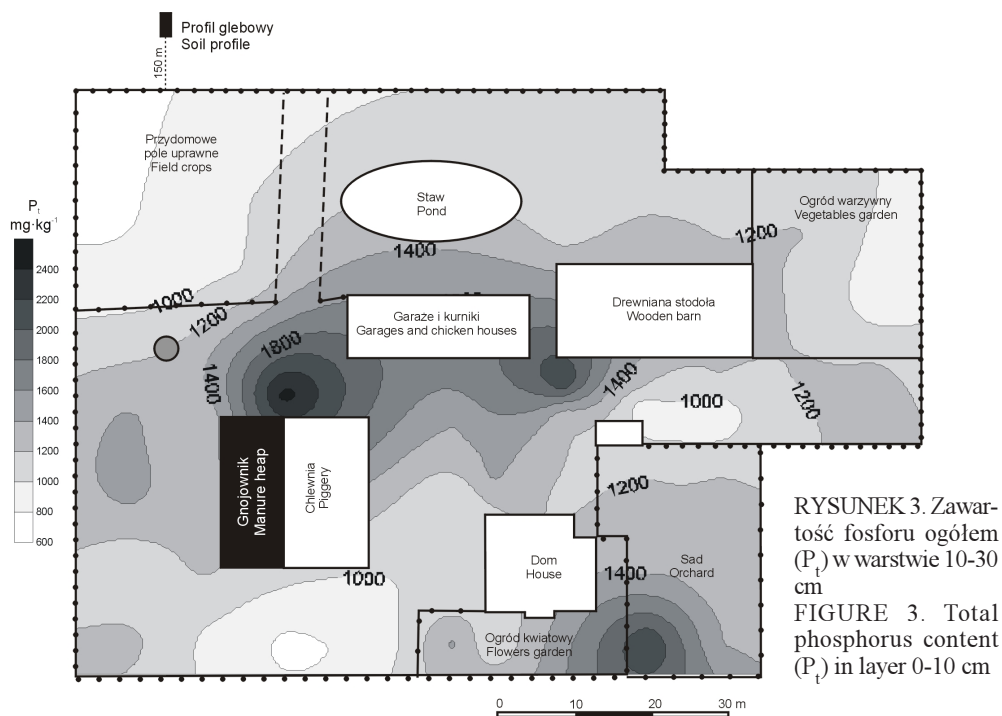
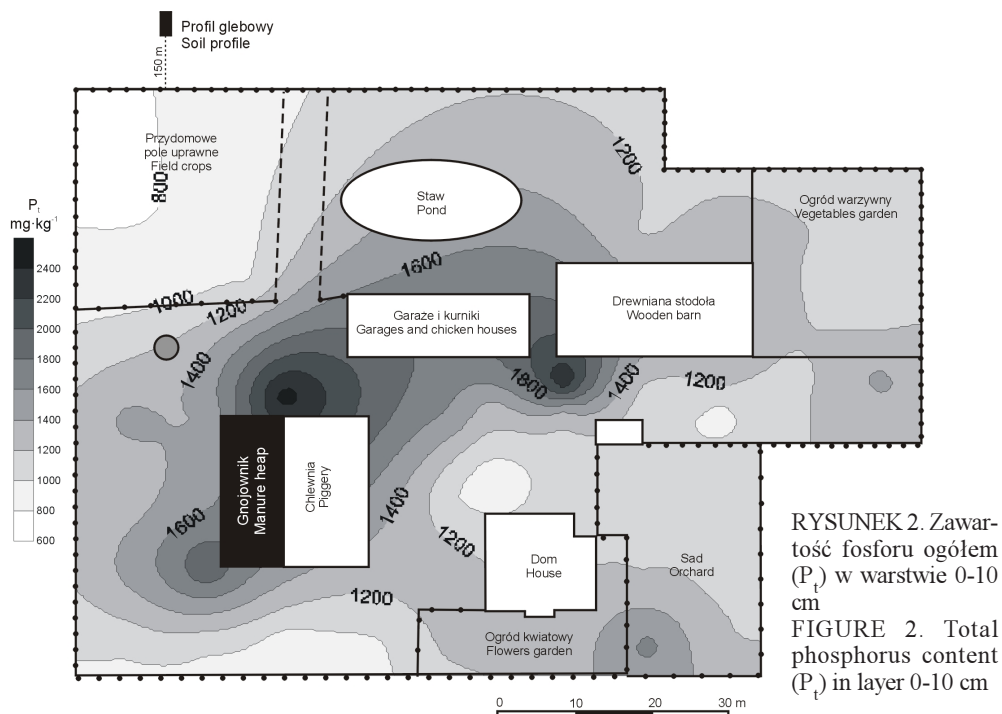
Dla bliższego zobrazowania zależności między zawartością fosforu a użytkowaniem terenu, wykonano podstawowe obliczenia statystyczne dla zawartości tego pierwiastka w obrębie poszczególnych grup funkcjonalnych wyróżnionych na obszarze gospodarstwa (tab. 2). Uzyskane dane potwierdzają opisane wyżej spostrzeżenia wynikające z interpretacji map (rys. 2 i 3). Najwyższe średnie zawartości fosforu ogółem w warstwie

TABELA 1. Wybrane właściwości gleby płowej zerodowanej
TABLE 1. Selected properties of eroded Luvisol

Poziom genetyczny Horizon	Głębokość pobrania Depth [cm]	Procentowy udział frakcji o średnicy [mm] Percent of fraction with diameter in [mm]			Grupa granulometryczna Soil texture	TOC [g · kg ⁻¹]	Nt [g · kg ⁻¹]	C:N	P _t [mg · kg ⁻¹]	pH	
		2,0-0,05	0,05-0,002	<0,002						H ₂ O	KCl
Ap	0-30	61	32	7	gp	10,6	1,07	10	486	5,9	4,7
Bt	30-52	44	31	25	gz	2,70	0,40	7	387	7,0	5,0
Cg	52-80	56	32	12	gl	1,60	0,23	8	379	7,2	5,1
C2g	80-101	54	21	25	gpi	1,40	0,22	7	387	7,0	4,9
C3g	101-(125)	51	22	27	gpi	1,40	0,20	7	460	7,3	5,2

TABELA 2. Zawartości fosforu ogółem (Pt) w poszczególnych częściach gospodarstwa w warstwach 0-10 i 10-30 cm
TABLE 2. Total phosphorus content (Pt) in different part of farm in layers 0-10 and 0-30 cm

Warstwa Layer	Parametr statystyczny Statistical parameter	Przydomowe pole uprawne Field crops	Podwórkó Backyard	Ogród kwiatowy Flowers garden	Ogród warzywny Vegetables garden	Sad Orchard	Trawniki Lawns	Gnojownik Manure heap	Awaria kanalizacji Sewer failure
0-10	N	6	12	3	4	5	5	6	3
	$\bar{x} \pm SD$	888±86	1164±199	1246±29	1146±70	1176±49	1116±208	1513±248	1306±158
	V (%)	9,7	17,1	2,4	6,1	4,1	18,6	16,4	12,1
	Min.	782	873	1213	1066	1116	871	1247	1187
	Max.	1009	1537	1269	1209	1224	1434	1983	1485
10-30	N	6	11	3	4	5	5	6	3
	$\bar{x} \pm SD$	904±114	1165±264	1335±271	1055±159	1303±82	1090±223	1280±159	1183±70
	V (%)	12,6	22,6	20,3	15,0	6,3	20,4	12,4	5,9
	Min.	723	827	1027	873	1188	761	1026	1109
	Max.	1046	1635	1538	1206	1407	1259	1462	1249

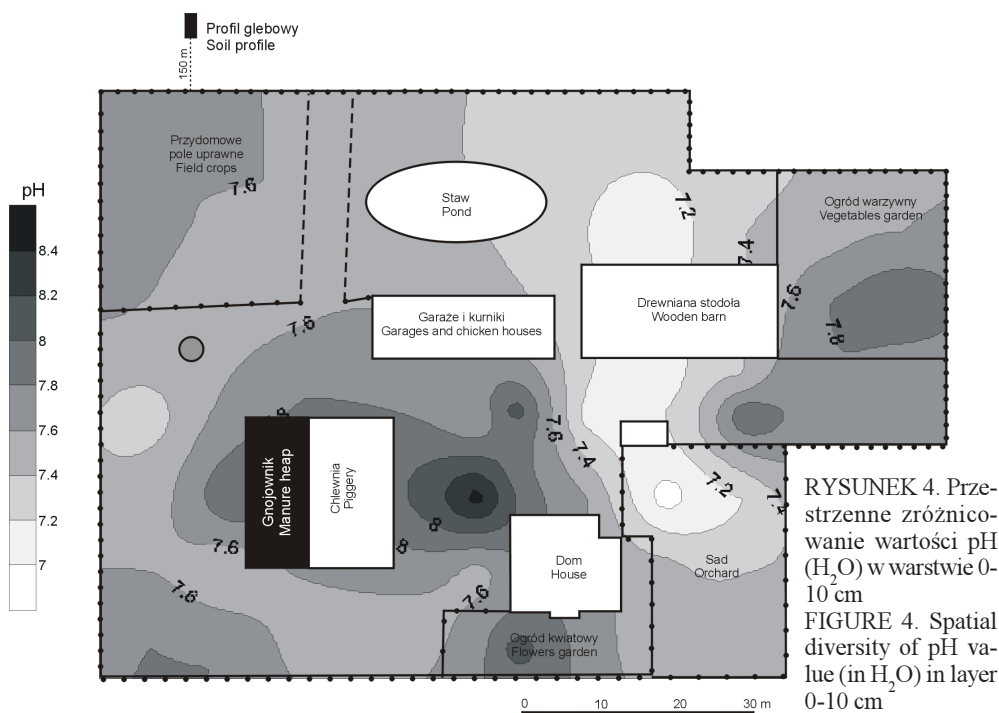


0-10 cm zanotowano w sąsiedztwie gnojownika ($1513 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), w rejonie awarii kanalizacji ($1306 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) oraz w ogrodzie kwiatowym ($1246 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Są to miejsca, w których zawartość fosforu była 2-3-krotnie wyższa niż tło geochemiczne. Odchody ludzi i zwierząt zawierają znaczne ilości tego pierwiastka, dlatego średnie zawartości fosforu w pierwszym i drugim przypadku są tak wysokie. W ogrodzie kwiatowym podwyższoną zawartość fosforu należy wiązać z akumulacją obumarłych części roślin i stosowaniem nawozów organicznych.

Najniższe zawartości fosforu występują na „przydomowym” polu uprawnym ($888 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), gdzie dopływ zasobnej w fosfor materii organicznej był ograniczony zbiórką plonów i resztek poźniwnych. Podwórkó, ogródek warzywny, sad i pozostałe tereny zawierają ok. $1050 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Takie wartości wynikają z niewielkiego dopływu materii organicznej, a w przypadku podwórka dodatkową przyczyną jest regularne sprzątanie.

W głębszej warstwie, 10-30 cm, najwyższe średnie wartości zanotowano w ogrodzie kwiatowym ($1335 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$), w sadzie ($1303 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) oraz przy gnojowniku ($1280 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$). Na terenie związanym z awarią kanalizacji fosforu było o ok. $120 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ mniej niż w warstwie powierzchniowej. W obrębie „przydomowego” pola uprawnego, podwórka, ogrodu warzywnego i terenów zielonych zawartość fosforu była zbliżona do uzyskanej w warstwie 0-10 cm. Taki rozkład wartości można interpretować różną przepuszczalnością warstw powierzchniowych i/lub akumulacją fosforu w miejscach depozycji materiału organicznego na powierzchni gleby.

Badania gleboznawcze prowadzone dotychczas na stanowiskach archeologicznych wskazują, że gleby objęte dawną antropopresją, w porównaniu z glebami znajdującymi się poza jej zasięgiem, odznaczają się nie tylko wyższą zawartością fosforu lecz również wyższymi wartościami pH [Bednarek i in. 2004, Bednarek, Markiewicz 2006]. Poziom próchniczny (Ap) gleby pólowej zerodowanej zlokalizowanej na polu charakteryzował się odczynem lekko kwa-



śnym (pH w wodzie wynosiło 5,9), natomiast w obrębie zagrody, w warstwie powierzchniowej (0-10 cm) odczyn kształtował się od obojętnego do zasadowego, co nie sprzyjało rozpuszczalności związków fosforowych (rys. 4). Najwyższe wartości pH (H_2O) w warstwie 0-10 cm zanotowano na podwórku (8,5), w okolicach gnojownika (8,0), w ogrodzie kwiatowym (8,1) i ogrodzie warzywnym (8,0). Najniższe wartości stwierdzono natomiast w sadzie (7,5) i na terenie związanym z awarią kanalizacji (7,4).

Uzyskane wyniki można wykorzystać w badaniach gleb na stanowiskach archeologicznych. Działalność człowieka w miejscach zasiedlonych zarówno w przeszłości, jak i obecnie prowadzi do nierównomiernej depozycji na powierzchni gleb różnych odpadków organicznych zawierających fosfor. W analizowanej zagrodzie można wyróżnić dwie grupy miejsc o zróżnicowanej zawartości fosforu. Do grupy pierwszej, w której zawartość fosforu kilkakrotnie przewyższa wartość przyjętą za tło geochemiczne, należą: gnojownik, teren związany z awarią kanalizacji oraz miejsca gdzie przebywają, bądź przebywały zwierzęta. W glebach na stanowiskach archeologicznych mogą to być strefy, gdzie zlokalizowane były chaty i towarzyszące im jamy gospodarcze (śmietnikowe lub przechowalnicze), warsztaty lub gdzie gromadzono zwierzęta gospodarskie [Bednarek, Markiewicz 2009]. Do grupy drugiej, w której zawartość fosforu przyjmuje znacznie niższe wartości, ale również co najmniej dwukrotnie przewyższające wartość przyjętą dla tła geochemicznego zaliczono „przydomowe” pole uprawne oraz podwórkę. „Przydomowe” pole uprawne odpowiada na stanowiskach archeologicznych małym poletkom uprawnym, na których nie dostarczano większych ilości materii organicznej z zewnątrz [Kristiansen 2001]. Natomiast podwórkę we współczesnej zagrodzie można odnieść do ścieżek, dróg czy centralnych placów (majdanów) w miejscach dawnego zasiedlenia [Bednarek, Markiewicz 2009].

WNIOSKI

Uzyskane wyniki analizy zawartości fosforu w materiale glebowym pochodzącym z obszaru współczesnego gospodarstwa rolnego pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Działalność człowieka w środowisku zawsze wiąże się z pozostawianiem po sobie zróżnicowanych materiałów, najczęściej pochodzenia organicznego (śmieci, resztki pożywienia, odchody) o różnej zawartości fosforu.
2. W obrębie zagrody zawartości fosforu ogółem przekraczały znacznie wartość $500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, przyjętą jako tło geochemiczne na podstawie analizy uprawnej, ogłównionej gleby płowej, położonej w odległości 150 m od zagrody.
3. Zróżnicowanie zawartości fosforu w powierzchniowych poziomach gleb (0-10 cm) związane jest z różnym sposobem użytkowania terenu w obrębie zagrody. Najbardziej wzbogacone w fosfor są obszary w sąsiedztwie gnojownika oraz w miejscach, gdzie przebywają lub przebywały zwierzęta (ponad dwukrotnie wyższe zawartości w stosunku do geochemicznego tła). Z kolei najmniej fosforu znajduje się w glebach w obrębie przydomowego pola uprawnego oraz podwórka (niewielki dopływ szczątków organicznych, w przypadku podwórka dodatkowo regularne sprzątanie).
4. Uzyskane wyniki mogą posłużyć do interpretacji zróżnicowania zawartości fosforu na stanowiskach archeologicznych w obrębie dawnych osad.

LITERATURA

- BEDNAREK R. 2007: Znaczenie studiów paleopedologicznych w archeologii środowiskowej [W:] *Studia interdyscyplinarne nad środowiskiem i kulturą w Polsce* (red. M. Makohonienko, D. Makowiecki, Z. Kurnatowska). Środowisko–Człowiek–Cywilizacja, t.1, Poznań: 71-91.
- BEDNAREK R. 2008: Wykorzystanie metod gleboznawczych i paleopedologicznych w badaniach archeologicznych [W:] *Człowiek i środowisko przyrodnicze we wczesnym średniowieczu w świetle badań interdyscyplinarnych* (red. W. Chudziak). Toruń: 63-106.
- BEDNAREK R., MARKIEWICZ M. 2006: Rekonstrukcja granic dawnych kultur na podstawie badań właściwości gleb. [W:] *Granice w krajobrazach kulturowych* (red. J. Plit). Prace Komisji Krajobrazu Kulturowego PTG nr 5, Sosnowiec: 128-138.
- BEDNAREK R., MARKIEWICZ M. 2007: Zawartość fosforu w glebach jako wskaźnik dawnej działalności człowieka na wczesnośredniowiecznych grodziskach w Pokrzydowie i Gronowie (Pojezierze Chełmińsko-Dobrzyńskie. [W:] *Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym*, 3, (red. E. Smolska, P. Szwarczewski), Wyd. SGPR, Warszawa: 7-14.
- BEDNAREK R., MARKIEWICZ M. 2009: Ślady zabudowy osady obronnej ludności kultury łużyckiej w Grodnie, gm. Chełmża (stanowisko 6), na podstawie analizy zawartości fosforu. [W:] *Archeologia epok brązu i żelaza, Studia i materiały*, 1, J. Gackowski (red.), Wyd. Nauk. UMK, Toruń: 257-270.
- BEDNAREK R., JANKOWSKI M., KWIATKOWSKA A., MARKIEWICZ M., ŚWITONIAK M. 2004: Zróżnicowanie zawartości fosforu w glebach w obrębie zespołu osadniczego w Kałdusie i w jego otoczeniu [W:] *Mons Sancti Laurentii*, t. 2, Wczesnośredniowieczny zespół osadniczy w Kałdusie. *Studia przyrodniczo-archeologiczne* (red. W. Chudziak): 199-208.
- BEDNAREK R., KAMIŃSKI D., MARKIEWICZ M., CHRZANOWSKI W., ZBYŚZEWSKA K. 2010: Transformations of soils and forest communities in the areas of early medieval strongholds (examples of Chełmno Land). *Pol. J. of Soil Sci.* **43**/1: 93-101.
- BRZEZIŃSKI W., DULINICZ M., KOBYLIŃSKI Z. 1983: Zawartość fosforu w glebie jako wskaźnik dawnej działalności ludzkiej. *Kwartalnik Historii Kultury Materialnej*, 31,3, PAN, Warszawa.
- COOK S.F., HEIZER R.F. 1965: *Studies on the chemical analysis of archeological sites*, vol. 2. University of California, Publication in Anthropology. 102 ss.
- DEMGIN W.A. 1997: Paleopočvovedenie i archeologija: integracija prirody i obščestva. RAN, Puščino: 213 ss.
- DERGAČEVA M.I. 1997: *Archeologičeskoe počvovedenie*. Izd. SO RAN, Novosibirsk. 228 ss.
- GEHARDT H. 1982: Phosphatkartierung und bodenkundliche Gelände-untersuchungen zur Eingrenzung historischer Siedlungs- und Wirtschaftsflächen der Geestinsel Flögel, Kreis Cuxhaven. *Probleme der Küstenforschung im südlichen Nordseegebiet*, Band 14: 1-10.
- KONECKA-BETLEY K., OKOŁOWICZ M. 1998: Phosphorus – as an indicator of the man activity in Pleistocene. *Rocz. Glebozn.* **49**, 2: 87-94.
- KRISTIANSEN S.M. 2001: Present-day soil distribution explained by prehistoric land-use: Podzol-Arenosol variation in an ancient woodland in Denmark. *Geoderma* **103**: 273-289.
- MARCINEK J., WIŚLAŃSKI T. 1959: Sprawozdanie z wstępnych badań gleboznawczych na obiektach archeologicznych w Strzelcach i Głogówcu w powiecie Mogiła w 1956 r. *Sprawozdania Archeologiczne* t. 7: 77-93.
- PTG 2008: Klasyfikacja uziarnienia gleb i utworów mineralnych. *Rocz. Glebozn.* **60**, 2: 5-16.
- REMBISZ A., MARKIEWICZ M. 2007: Pozostałości domostwa ludności kultury łużyckiej w Rudzie (stan. 3-6), gm. Grudziądz, woj. kujawsko-pomorskie, w świetle wyników analiz archeologiczno-przyrodniczych [W:] *XV Sesja Pomorzoznawcza* (red. G. Nawrońska). Muzeum Archeologiczno-Historyczne w Elblągu: 41-52.
- SAPEK A., SAPEK B. 1999: Phosphorus and zinc in soil of farmstead and its vicinity. *Menden- und Spurenelemente*. Jena: 116-172.
- SCUDDER S.J., FOSS J.E., COLLINS M.E. 1996: Soil Science and Archaeology. *Advances in Agronomy* **57**: 76 ss.
- SMECK N.E. 1973: Phosphorus: an indicator of pedogenetic weathering processes. *Soil Sci.* **115**, 199-206.
- TERRY R.E., FERNÁNDEZ F.G., PARNELL J.J., INOMATA T. 2004: The story in the floors: chemical signatures of ancient and modern Maya activities at Aguateca, Guatemala. *Journal of Archaeological Science* **31**: 1237-1250.
- ZÖLITZ R. 1980: Bodenphosphat als Siedlungsindikator. Möglichkeiten und Grenzen der siedlungsgeographischen und archäologischen Phosphatmethode. Karl Wachholz Verlag: 69 ss.

Dr Maciej Markiewicz
Zakład Gleboznawstwa
Instytut Geografii, Uniwersytet Mikołaja Kopernika
ul. Gagarina 9, 87-100 Toruń
e-mail: mawicz@umk.pl