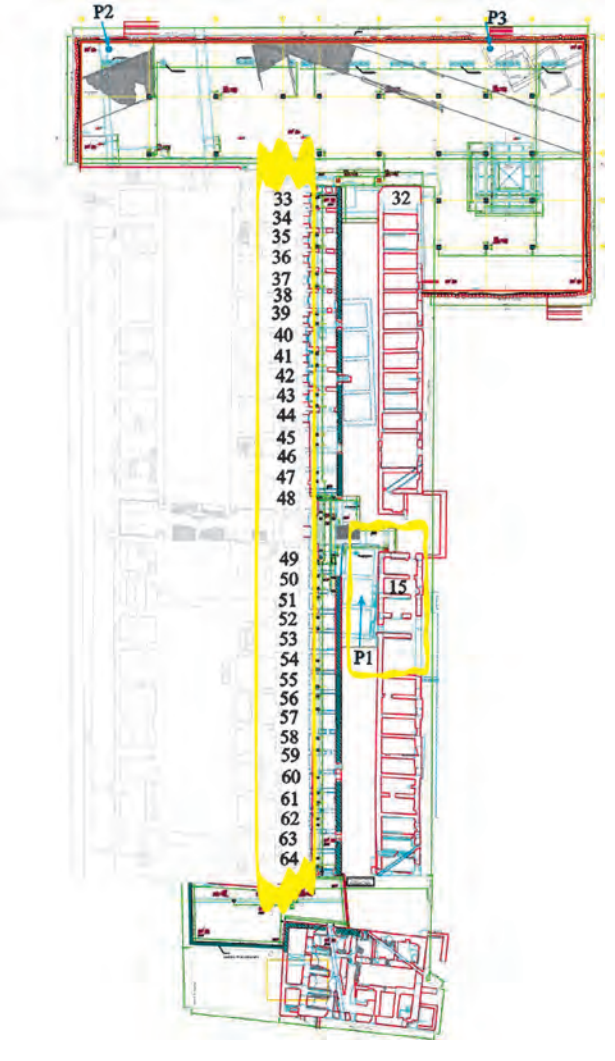
Rozpoznanie stanu zanieczyszczenia miedzią i ołowiem poziomów użytkowych w rejonie Kramów Bogatych

Pod pojęciem warstw użytkowych rozumie się miejsca, w których wytworzyło się krótko- lub długotrwałe utrwalenie poziomu użytkowanej powierzchni. Zalicza się do nich trwałe poziomy utwardzone, które miały konstrukcję kamiennego bruku, lub mniej trwałe, funkcjonujące w postaci drogi bitej (np. międzykramowej), służącej do komunikacji ludzi, czy też klepiska, czyli poziomy, które w danym obiekcie pełniły rolę bitej z gliny podłogi.

Poziomy użytkowe charakteryzują się różnym stopniem i zakresem dostępności w stosunku do efektów funkcjonowania miasta, tj. działalności handlowej, rzemieślniczej bądź transportu. Różne były także intensywność i odcinek czasu ich użytkowania, stąd trudno wskazać najbardziej reprezentatywne dla okresu dziejowego czy dla sposobu wykorzystywania przestrzeni. Należy uwzględnić fakt, że procesy depozycyjne przebiegały w sposób odmienny w różnych strefach Rynku i nierzadko mogły stwarzać konieczność wyrównywania terenu, a to z kolei skutkowało niekiedy całkowitą likwidacją niektórych warstw i poziomów użytkowych. Nie można wówczas zapominać o prawdopodobnie nieznanym miejscu ich redepozycji, co dla rozważań mechanizmów rozprzestrzeniania się metali ma znaczenie, zwłaszcza gdy są to grunty zanieczyszczone. Wszystkie wymienione procesy i zjawiska miały wyraźny związek z izolowaniem bądź ekspozycją powierzchni użytkowej na warunki atmosferyczne.

Badania stopnia zanieczyszczenia miedzią i ołowiem poziomów użytkowych w rejonie Kramów Bogatych miały na celu wskazanie miejsc maksymalnej koncentracji metali. Wyniki oznaczeń geochemicznych, skorelowane z charakterem gruntu i usytuowaniem w przestrzeni Rynku, dostarczają kolejnych danych na temat przyczyn i mechanizmów zanieczyszczania środowiska przez mieszkańców Krakowa.

Uściślając rejony i charakter wziętych do badań próbek w tabeli poniżej (tab. 1) zestawiono lokalizację miejsc i datę opróbowania oraz rodzaj warstwy i utworów. Za szczególnie interesujący poziom użytkowy uznano powierzchnię dna piwnic (dawne podłogi) w Kramach Bogatych, które w stosunku do dzisiejszego poziomu Rynku znajdują się na głębokości 3–4 m. W głównej mierze opróbowanie dotyczy zachodniego rzędu kramów, począwszy od pierwszego na linii północ – południe kramu nr 33, a skończywszy na kramie nr 64 – najbliższym budowli Wagi Wielkiej. Po stronie wschodniej opróbowanie było fragmentaryczne i ograniczyło się do kramu nr 15. Na planie podziemi Rynku zaznaczono rejony, których dotyczy niniejsza praca (ryc. 1).



Ryc. 1. Obszary objęte opróbowaniem (zaznaczone na żółto) w rejonie Kramów Bogatych w podziemiach Rynku Głównego; oprac. M. Wardas na podkładzie planu A. Kadłuczki. W: Kadłuczka A.: Projekt nowej nawierzchni Rynku Głównego w Krakowie i modernizacji jego infrastruktury podziemnej. *„Wiadomości Konserwatorskie" 2004, nr 16, s. 5–11*

Tab. 1. Opis miejsc i charakterystyka gruntów użytych do badań z podziemi Rynku Głównego w rejonie Kramów Bogatych

Miejsce opróbowania /data	Rodzaj utworów	Uwagi
komory kramowe piwnice październik 2008 r. kram nr 15 kwiecień 2006 r.	warstwy *in situ* i niekiedy kolejno na sobie położone posadzki (przedzielone warstwami niwelacyjnymi) z warstwą użytkową na stropie	nawarstwienia
	warstwy protomiejskie (2009)*	nawarstwienia /nasypy
	calec	osady naturalne
komory kramowe świadek, relikty kramów kwiecień 2008 r.	warstwa górna	nasypy gruzowe XIX i XX w.
	warstwa środkowa	nasypy
	warstwa dolna	nawarstwienia w części spągowej, nasypy w stropie
	calec	osady naturalne
uliczka kramowa kwiecień 2006 r.	warstwy górne	współczesne (od XIX w.) nasypy obce
	warstwa *in situ*	nawarstwienia z okresu eksploatacji kramów
	warstwy dolne	nasypy (ziemia, gruz) jednorodne chronologicznie
	warstwy *in situ*	nawarstwienia sprzed drugiej połowy XIII w.
	calec	osady naturalne

* objęte głównie badaniami terenowymi i obserwacjami makroskopowymi

Próbki gruntów pobrane z Kramów Bogatych pochodzą z powierzchni dna ich piwnic, a także z miniprofilów, zagłębiających się od poziomu użytkowego piwnicy na około 30 cm w głąb. W obrębie kolejnych kramów opróbowano szereg różnych rodzajów utworów (ryc. 2), co było uzależnione od stanu poziomu użytkowego, traktowanego obecnie jako podłoga ich piwnic.

W badaniach terenowych i laboratoryjnych wykorzystywano metodykę analogiczną jak stosowana przy analizie gruntów w innych obiektach archeologicznych[1]. Opróbowanie utworów (gruntów) z dna piwnic wykonano w taki sposób, by uniknąć pobierania próbek zanieczyszczonych w innym okresie niż ten, kiedy kramy funkcjonowały jako obiekty handlowe. W tym celu opróbowaną powierzchnię dokładnie odczyszczono z pozostałości późniejszych zasypów, a następnie próbki gruntów poziomów użytkowych pobierano bądź z profilów o miąższości dochodzącej do kilkudziesięciu centymetrów, bądź z przekrojów dna piwnic, odsłoniętych na całej powierzchni podłogi, czy też z pięciocentymetrowej warstwy powierzchniowej.

Jeśli poziom użytkowy wyłożony był jakimkolwiek materiałem trwałym, próbki pobierano spod cegieł, kamieni brukowych lub innych elementów, które pod swoją powierzchnią wytworzyły swoistą pułapkę dla ówczesnych odpadów i śmieci[2]. Sformułowano tezę, że zanieczyszczenia wyłapane przez cząstki gruntów powinny być, jak się wydaje, współczesne okresom użytkowania piwnic i być może są pochodną charakteru prowadzonej kiedykolwiek w kramie działalności.

Badania piwnic Kramów Bogatych ujawniły bardzo duże zróżnicowanie jakości gruntów na ich dnie. W poziomach użytkowych stwierdzono szczególnie szeroki zakres stężeń metali, miedzi w granicach od 5 do 2024 mg/kg, natomiast ołowiu od 2 do 1163 mg/kg. W diagramie (ryc. 3) pokazano, jak w poszczególnych kramach wygląda stan zanieczyszczenia powierzchniowej warstwy, wyrażany jako suma stężeń ołowiu i miedzi we frakcji mniejszej niż 0,18 mm, wydzielonej z próbek gruntów wziętych z poziomu odpowiadającego piwnicom Kramów Bogatych.

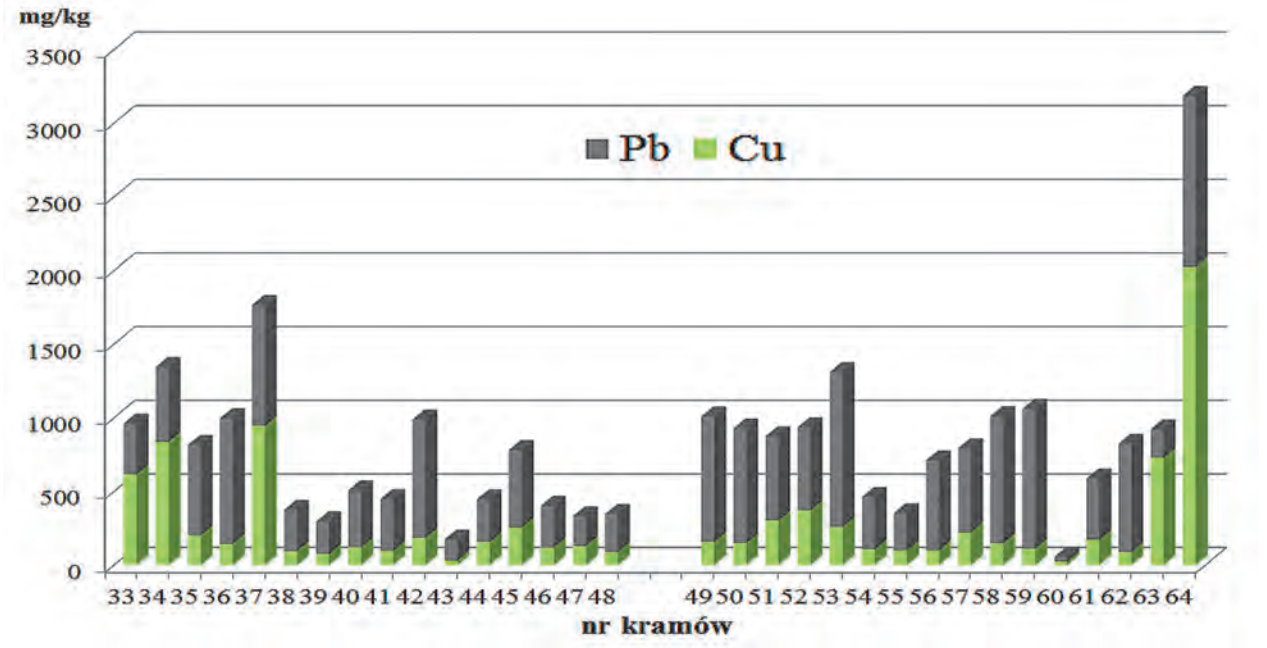
Widać, że pewne grupy kramów wykazują wyraźnie podwyższone stężenia metali w gruntach, zwłaszcza miedzi, i są to komory nr 33–37, 49–53 oraz 56–59, choć tu dominuje ołów. Grunt w komorach najbliższych Wadze Wielkiej, czyli oznaczonych numerami 61–64 był także zanieczyszczony: w komorach nr 61 i 62 ołowiem, a w komorach nr 63 i 64 miedzią. Badania w miniprofilach gruntów wykazały także zmienność koncentracji zanieczyszczeń. Daje się zauważyć, że przebieg zmienności jest podobny dla obu metali, a największe ilości zanieczyszczeń kumuluje warstwa podpowierzchniowa, co stwierdzono nie tylko w przypadku kramu nr 57 (ryc. 4). Ten fakt może potwierdzać tezę, że metale ciężkie trafiły do pomieszczeń kramowych w okresie ich funkcjonowania, stąd największe ilości wyłapał grunt pod starszą posadzką

[1] Por.: Wardas M., Such J.: *Analiza zawartości metali ciężkich w nawarstwieniach historycznych Krakowa i ich rola wskaźnikowa w badaniach archeologicznych*. „Geologia" 2009, t. 35, z. 1. Nawarstwienia historyczne Krakowa, s. 101–115; Pawlikowski M., Such J.: *Badania mineralogiczne historycznych nawarstwień wybranych obszarów Krakowa jako podstawa rekonstrukcji przeszłości*. „Geologia" 2009, t. 35, z. 1. Nawarstwienia historyczne Krakowa, s. 77–87.

[2] Wardas M., Zaitz E., Such J.: *Metale ciężkie w nawarstwieniach historycznych krzyża Sukiennic – próba ustalenia dróg migracji zanieczyszczeń* w niniejszym zeszycie „Krzysztoforów. Zeszytów Naukowych Muzeum Historycznego Miasta Krakowa" (cz. 2).



Ryc. 2. Miejsca opróbowania gruntów w kramach w podziemiach Rynku; fot. i oprac. M. Wardas

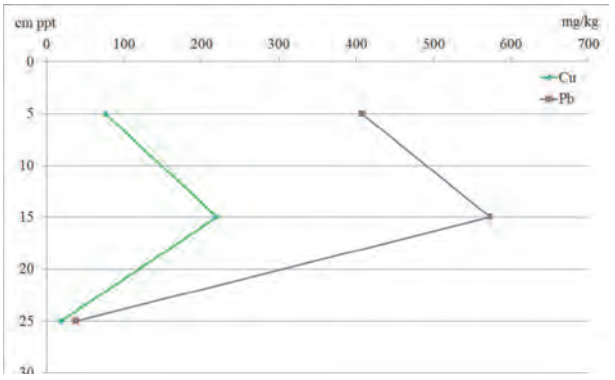


Ryc. 3. Stan zanieczyszczenia metalami gruntów z poziomów piwnic w Kramach Bogatych w podziemiach Rynku; oprac. M. Wardas

(klepiskiem) piwnic. Nie można także wykluczyć, że ich depozycja w gruncie nastąpiła w okresie poprzedzającym wzniesienie budowli Kramów Bogatych, tj. przed końcem wieku XIV. Niestety w wielu przypadkach precyzyjne określenie datowania owych warstw zalegających bezpośrednio pod posadzkami piwnic kramów nie jest możliwe, a wynika to z faktu niwelowania owych nawarstwień zarówno w czasie budowy, jak i późniejszej adaptacji pomieszczeń. W okresie poprzedzającym budowę Kramów Bogatych zajęty przez nie teren był wykorzystywany jako otwarty (niezadaszony) plac handlowy, a być może także jako strefa magazynowa i transportowa. Takie przesunięcie wstecz datowania procesu przenikania metali do gruntu zdaje się potwierdzać zdecydowanie mniejsza ich koncentracja w warstwach młodszych[3].

Uzupełniające względem badań zawartości metali ciężkich w gruntach były obserwacje mikroskopowe składników wydzielonych z próbek. Wykonano je dla próbek, w których stwierdzono najwyraźniej podwyższone zawartości miedzi (kram nr 64 – warstwa spod posadzki ceglanej, 2024 Cu mg/kg), bądź ołowiu (kram nr 49 – warstwa z głębokości około 10 cm pod podłogą piwnic, 1054 Pb mg/kg).

Wśród składników frakcji ziarnowej 0,5–1 mm widoczne są fazy metaliczne (ryc. 5), przez które mogą być wpro-

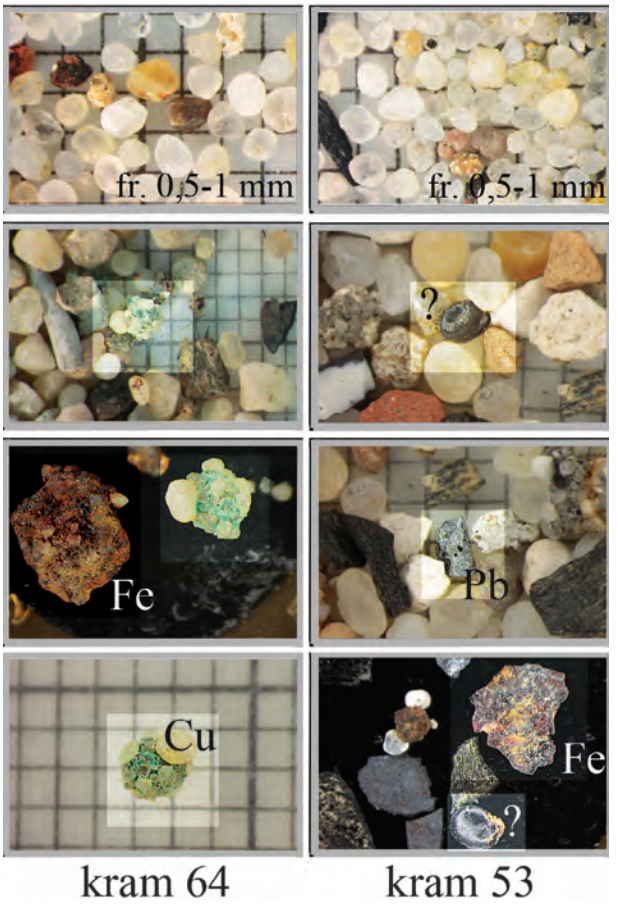


Ryc. 4. Stan zanieczyszczenia metalami gruntów z poziomów piwnic miniprofilach w Kramach Bogatych w podziemiach Rynku; oprac. M. Wardas

wadzane do gruntów największe ładunki zanieczyszczenia metalogennego. Częste występowanie żużla mikroskopowej wielkości jest prawdopodobnie wytłumaczeniem dużych różnic w oznaczeniach stężeń metali w podłożu. Stwierdzano niekiedy w próbkach równoległych, czyli w dwukrotnie badanych pod kątem zawartości metali próbkach tego samego gruntu, różnice większe niż rozrzut statystyczny. Może to być wynikiem dostania się do naważek analitycznych wspomnianego mikrożużla, który podwyższa stopień skażenia gruntu.

Badania mikroskopowe nie mogą jednoznacznie zidentyfikować faz metalicznych, jednak zielona barwa pochodząca od utlenionych związków miedzi, oraz stalowoszara, charakterystyczna dla metalicznego, miękkiego ołowiu, pozwalają na wstępną charakterystykę żużla. W przyszłości zostaną wykonane badania skaningowe, skojarzone z bezpośrednią analizą chemiczną, opartą na fluorescencji rentgenowskiej, które potwierdzą i dodatkowo być może wskażą, z jakimi innymi pierwiastkami należy łączyć wzrosty kumulacji miedzi i ołowiu.

Ustalenie charakteru zanieczyszczenia miedzią i ołowiem gruntów w poszczególnych kramach, uwzględniając właściwości i jakość tych utworów, pomoże ustalić, czy jest to związane bezpośrednio ze sposobem wykorzystywania kramów, czy też zanieczyszczenia wniesiono przypadkowo, choć najpewniej w okresie ich funkcjonowania. Należy bowiem pamiętać, że w bardzo bliskim sąsiedztwie istniały takie obiekty, jak Wielka Waga i topnie przy niej, do których metale musiały być dowożone z rejonów ich wydo-



Ryc. 5. Fazy metaliczne miedzi (Cu) i ołowiu (Pb) oraz żelaziste fazy magnetyczne (Fe) i niezidentyfikowane (?) obtopione formy metali w próbkach gruntów z poziomu piwnic Kramów Bogatych, na tle obrazów wydzielonych z nich frakcji 0,5–1,0 mm; fot. i oprac. M. Wardas

bycia i gdzie poddawane były różnego rodzaju procesom. Nietrudno sobie wyobrazić, że zarówno środki transportu, jak i osoby zajmujące się na różnych etapach surowcami i ich obróbką mogły być „źródłem" faz metalicznych. Zwraca uwagę fakt wzrostu koncentracji zanieczyszczeń w kramach zlokalizowanych najbliżej Wagi Wielkiej oraz w krzyżu, gdzie funkcjonował trakt komunikacyjny przecinający w połowie cały blok zabudowy śródrynkowej.

Analizę archeotopografii obszaru krakowskiego Rynku Głównego, w tym także rejonu Kramów Bogatych, przeprowadził Kazimierz Radwański[4]. Jej wyniki pozwalają na rekonstrukcję ukształtowania powierzchni terenu jako nieznacznie opadającego w kierunku południowym (z wypiętrzeniem w strefie kościoła św. Wojciecha) i z nachyleniem na wschód i zachód. Temat ten podjęła ponownie w swoim opracowaniu Iwona Dudek[5], poddając szczegółowej analizie zmiany architektoniczno-historyczne Kramów Bogatych, odnosząc je do morfologii powierzchni w ich obrębie i w najbliższej okolicy. Autorka całkowicie błędnie przyjęła tezę jakoby z uwagi na stopniowe podnoszenie się terenu Rynku poziom w Kramach Bogatych, z którego sprzedawane były towary, musiał być w końcu przeniesiony na wyższe kondygnacje. Niestety, także rekonstrukcje procesu ewolucji architektury kramów, jak i zmian poziomów użytkowych funkcjonujących w obrębie tego założenia nie znajdu-

[3] Nie można natomiast tego procesu analizować w odniesieniu do najmłodszych nawarstwień, uformowanych pod koniec XIX w. podczas akcji wyburzania i niwelowania terenu, stąd jak można się domyślać, znaczna część materiału nie należy do depozycji rynkowej lecz została przywieziona z zewnątrz.

[4] Radwański K.: *Kraków przedlokacyjny. Rozwój przestrzenny*. Kraków 1975, ryc. 129 (we wkładce).

[5] Dudek I.: Architektoniczno-Konserwatorska rekonstrukcja Kramów Bogatych Rynku Głównego w Krakowie przy użyciu technik komputerowych. Praca doktorska na Wydziale Architektury Politechniki Krakowskiej pod kierunkiem prof. dr. hab. inż. arch. Andrzeja Kadłuczki. Kraków 2000, s. 247.



Ryc. 6. Nawarstwienia protomiejskie pod poziomem piwnic Kramów Bogatych w podziemiach Rynku Głównego; fot. M. Wardas

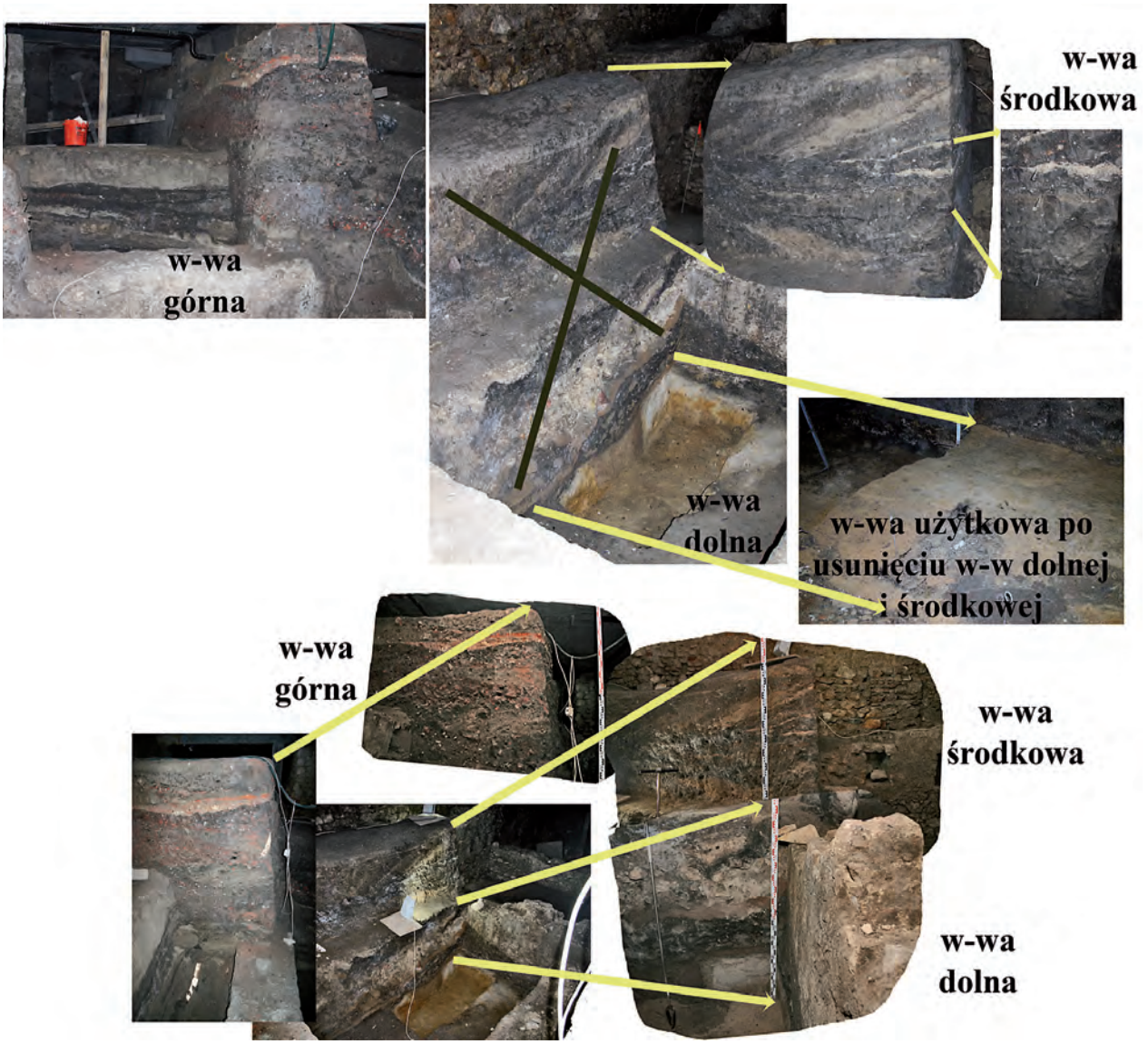
ją potwierdzenia w wymowie źródeł archeologicznych oraz architektonicznych i są całkowicie chybione[6].

Analiza usytuowania i ukształtowania traktów komunikacyjnych w obrębie i w sąsiedztwie kramów jest istotna z uwagi na rozważanie możliwości wnikania w ich poziomy zanieczyszczeń, przede wszystkim z rejonu Wielkiej Wagi[7]. Z uwagi na wysokość założonych traktów oraz na zadaszenie ulicy wewnętrznej kramów (co nastąpiło najpóźniej w wieku XVIII)[8] wątpliwe jest przedostawanie się metali wraz z wodami opadowymi czy roztopowymi z otoczenia Wagi Wielkiej w strefę Kramów Bogatych. Wydaje się to być kolejnym argumentem za wyznaczeniem granic chronologicznych dla procesu zanieczyszczania gruntu w tym rejonie, w okresie od drugiej połowy XIII wieku po lata 90. XIV stulecia. Nie oznacza to, że proces ten został po tej dacie zahamowany w ogóle, a jedynie to, że w obrębie kramów zmieniły się warunki depozycji, stąd w tej strefie nie jest rejestrowany.

[6] Zob.: Dryja S., Głowa W., Niewalda W., Sławiński S.: *Przemiany architektoniczne Kramów Bogatych i Kramów Bolesławowych* w niniejszym zeszycie „Krzysztoforów. Zeszytów Naukowych Muzeum Historycznego Miasta Krakowa" (cz. 1).

[7] Wardas M., Zaitz E., Pawlikowski M.: *Rozpoznanie historycznych nawarstwień i podziemnej infrastruktury Krakowa, Kazimierza i ich przedmieść*. „Roczniki Geomatyki" 2007, t. 5, z. 8, s. 235–247.

[8] Więcej na ten temat w artykule: Dryja S., Głowa W., Niewalda W., Sławiński S.: *Przemiany architektoniczne…*



Ryc. 7. Miejsce opróbowania nasypów w obrębie reliktów XIII-wiecznych kramów (budowla C, komora północna) w podziemiach Rynku Głównego. Fragment świadka archeologicznego pozostawionego w krzyżu i nakrywającego mur północny budowli C; fot. i oprac. M. Wardas

Poniżej piwnic odsłonięto podczas prac archeologicznych także starsze poziomy, mające charakter niwelacyjny lub odpadkowy i nieujawniające jakiegokolwiek związku z obiektami kramowymi. Profile (około dwumetrowej wysokości) warstw protomiejskich (XII – pierwsza połowa XIII wieku) pod piwnicami kramów, a także warstw starszych, zalegających jeszcze niżej, zostały bardzo szczegółowo opróbowane, jednak na obecnym etapie badań nie będą rozważane, choć dla całościowego opracowania geochemii krakowskich nawarstwień archeologicznych stanowią wyjątkowo istotny punkt odniesienia (ryc. 6). Warstwy te są bowiem reprezentatywne dla znacznie wcześniejszego, a mniej rozpoznanego niż okres późnego średniowiecza stanu środowiska. Ich zbadanie pod kątem zawartości metali ciężkich może wyjaśnić skalę rozwoju ówczesnego handlu i wytwórczości bazujących na surowcach metalicznych.

Kolejne opróbowanie pod kątem badań geochemicznych warstw archeologicznych wykonano w strefie krzyża, gdzie pod nowożytnymi i późnośredniowiecznymi nasypami odkryto znaczne partie XIII-wiecznych budynków tzw. Kramów Bolesławowych, uznanych przez badaczy za najstarsze murowane obiekty handlowe krakowskiego Rynku. W tym rejonie przeprowadzono szczegółowe opróbowanie zwłaszcza średniowiecznych nasypów gruzowych, które wypełniały te obiekty architektoniczne. Znaczny okres, kiedy miały one kontakt z najstarszymi poziomami kramów, mógł spowodować wtórne zanieczyszczenie szczególnie poziomu podłóg (klepisk) przez pyły i roztwory uwolnione z gruzu i ziemi, które zapełniały komory. W ten sposób poszukiwano innych czynników oddziałujących na warswy użytkowe, które mogły spowodować ich zanieczyszczenie.

Eksploracja zalegających w tej strefie warstw była realizowana etapowo, z pozostawieniem świadków archeologicznych, z których pobrano materiał do analiz. Świadki te zostały po wykonaniu badań archeologicznych i geochemicznych rozebrane. Na fotografiach (ryc. 7) zarejestrowano miejsca opróbowania profilów i obraz obiektu po wybraniu nawarstwień.

Tab. 2. Wartości wskaźników fizykochemicznych próbek warstwy dolnej profilu reliktów XIII-wiecznych kramów

Głębokość (cm p.p.t.)	Miąższość (cm)* spąg – strop	Zawiesina			Osad		
		pH	Eh (mV)	PEW (mS/cm)	pH	Eh (mV)	PEW (mS/cm)
385–405	160–180	6,30	259	4,94	6,53	259	1,61
405–415	150–160	6,41	262	1,6	6,44	260	6,74
415–433	132–150	6,21	282	6,15	6,28	267	3,34
433–455	110–132	6,62	259	3,65	6,65	259	2,73
455–465	100–110	6,44	251	2,73	6,48	246	1,93
465–503	62–100	6,32	260	3,4	6,35	252	2,59
503–510	55–62	6,21	259	4,16	6,33	255	2,77
510–535	30–55	6,40	218	0,07	6,65	225	0,02
536–565	0–30	6,22	229	0,05	6,24	236	0,02
535–565	piaski	7,05	236	0,24	7,26	228	0,16
535–565	zapełnisko	6,42	276	4,56	6,5	272	4,36

Tab. 3. Wartości wskaźników fizykochemicznych próbek warstwy środkowej profilu reliktów XIII-wiecznych kramów

Głębokość (cm p.p.t.)	Miąższość (cm)* spąg – strop	Zawiesina			Osad		
		pH	Eh (mV)	PEW (mS/cm)	pH	Eh (mV)	PEW (mS/cm)
STROP 250–265	120–135	6,40	261	5,22	6,52	255	4,33
265–275	110–120	6,45	261	4,92	6,58	255	2,92
275–290	95–110	6,26	284	3,55	6,47	274	1,38
290–300	85–95	6,43	278	3,52	6,54	273	1,23
300–320	65–85	6,26	279	3,99	6,47	269	2,34
320–330	55–65	6,36	280	3,66	6,48	276	3,36
330–367	18–55	6,38	270	3,09	6,44	268	1,15
SPĄG 367–385	0–18	6,22	280	2,40	6,45	267	0,16

Odpowiednio do zastosowanej metodyki badawczej próbki zostały pozyskane i opisane z różnych świadków archeologicznych i w rozróżnieniu na trzy warstwy. Zasadniczo były to pokłady utworzone przez serię subwarstw (wyróżniono ich kilkadziesiąt), które odpowiadały zarówno etapowaniu formowania zasypów, jak i różnym źródłom pochodzenia (pozyskane z różnych, trudnych do zidentyfikowania miejsc i przywiezione na Rynek).

Warstwa dolna obejmuje poziom użytkowy XIII-wiecznego kramu oraz odłożoną podczas eksploatacji budynku warstwę użytkową i nakrywający je nasyp gruzowy i gruzowo-ziemny, powstały w trakcie wyburzania górnej kondygnacji obiektu. Generalnie, materiał tej warstwy formował się *in situ*. Pokład datowano na okres od lat 70. XIII wieku (spąg) do schyłku XIV wieku (zasyp).

Warstwa środkowa to nasyp niwelacyjny utworzony po zburzeniu obiektów architektonicznych, służący do całkowitego wypełnienia pozostawionych piwnic. Materiał (głównie humus i gruz) jest pochodzenia zamiejscowego (został na Rynek przywieziony), silnie przemieszany, co oznacza, że znajdował się na wtórnym złożu. Chronologia tej warstwy zamyka się w wąskim odcinku i przypada na ostatnią dekadę XIV wieku i początek następnego stulecia.

Nawarstwienia opisane jako warstwa górna, podobnie jak warstwa dolna nie są homogeniczne. Spągowa partia obejmuje dwa poziomy bruków (z końca XIII i początku XIV wieku) oraz rozdzielające je warstwy odpadkowe o charakterze mierzwy; warstwy te powstawały *in situ*. Pozostała część warstwy górnej to nasyp utworzony podczas konstruowania ulicy Kramów Bogatych, co nastąpiło po ostatecznym zasypaniu reliktów starszych kramów (Bolesławowych). Do formowania nasypu użyto znacznej ilości fachwerku, czyli materiału pozyskanego przy rozbiórce budynków o konstrukcji szachulcowej[9]. Nawarstwienia te datujemy na przełom XIV i XV wieku.

W tabelach 2–4 pokazano, jak dużą zmiennością wartości wskaźników fizykochemicznych charakteryzują się te nasypy. Położenie subwarstw oznaczono, podając ich miąższość, liczoną od spągu do stropu dolnej części świadka ziemnego. Przeliczono także głębokość zalegania kolejnych analizowanych warstw w stosunku do powierzchni Rynku (za powierzchnię odniesienia przyjęto spodnią część betonowej płyty żelbetowej przykrywającej obecnie kramy).

[9] Bliższa identyfikacja tych budowli jest niemożliwa.

Tab. 4. Wartości wskaźników fizykochemicznych próbek warstwy górnej profilu reliktów XIII-wiecznych kramów

Głębokość (cm p.p.t.)	Miąższość (cm)* spąg – strop	Zawiesina			Osad		
		pH	Eh (mV)	PEW (mS/cm)	pH	Eh (mV)	PEW (mS/cm)
STROP 122–142	230–250	6,37	256	10,10	6,53	249	5,52
142–152	220–230	6,48	242	7,47	6,55	240	5,38
152–157	215–220	6,55	235	6,45	6,63	228	6,17
157–167	205–215	6,68	248	7,48	6,76	243	6,54
167–192	180–205	6,55	263	5,69	6,65	255	4,16
192–212	160–180	6,44	266	6,64	6,49	261	4,88
212–230	142–160	6,40	258	8,12	6,47	256	7,66
230–254	118–142	6,49	254	7,36	6,56	255	4,37
254–304	68–118	6,58	249	6,40	6,64	246	5,98
304–332	40–68	6,33	252	5,22	6,36	248	2,32
332–372	0–40	6,18	196	2,93	6,3	200	0,83
SPĄG 372–412	-40–0	6,31	271	4,80	6,29	265	3,74

Wskaźniki fizykochemiczne zmierzono w wyciągach wodnych (1:3), wykonując odczyty wartości w zawiesinie nad osadem i zagłębiając się sondą w osad. Różnice między wynikami odczynu pH pokazują wyższe wartości w przypadku środowiska wodnego w osadzie, co jest skutkiem wymycia z niego rozpuszczalnych związków organicznych, które mają właściwości zakwaszające. Z kolei wskaźnik PEW (przewodność elektrolityczna właściwa), odpowiedzialny za zasolenie, wykazuje wyższe wartości w zawiesinie; tym większa jest różnica, im bardziej przekształcona antropogenicznie jest warstwa, czyli przesycona anionami, głównie chlorkowymi i siarczanowymi. Potencjał oksydacyjno-redukcyjny Eh nie ujawnił znaczących różnic, co wynika z faktu obecności żelaza, manganu czy innych związków zużywających tlen w formach trudniej rozpuszczalnych w wodzie, stąd nie zaznacza się ich występowania w pomiarach. Zasadniczy czynnik różnicujący wartości potencjału, jakim jest obecność tlenu, w długim okresie wystawienia świadka na osuszanie, został zniwelowany.

Badane grunty tworzące nawarstwienia historyczne analizowane były głównie pod kątem ustalenia przyczyn różnic stężeń poszczególnych metali oraz wskazania tych cech fizykochemicznych, które mogły sprzyjać zatrzymywaniu metali bądź ich uruchamianiu. Zestawienie wyników pomiarów fizykochemicznych miało na celu wskazanie, jaka cecha gruntu najlepiej obrazuje tego rodzaju właściwości.

Wysokie wartości zasolenia gruntów wynikają głównie z obecności słabo związanych z osadem zanieczyszczeń, które w wodzie łatwo ulegają rozpuszczeniu. Z gruntami o tego typu cechach należy wiązać występowanie nawarstwień historycznych o charakterze antropogenicznym, a więc utworów interesujących pod kątem badań geochemicznych, ale i archeologicznych.

W przypadku gruntów nasypowych badania prowadzi się w celu oceny ładunku i formy związania zanieczyszczeń wnoszonych wraz z nasypami. Stężenia i stosunki udziałów poszczególnych metali w warstwach pozwalają niekiedy na wskazanie, skąd ziemia czy gruz mogły pochodzić. Skład nasypów w kramach XIII-wiecznych i ich różny stopień zanieczyszczenia wynika najprawdopodobniej właśnie z miejsca ich pochodzenia, gdyż obiekty należące do zespołu Wielkiej Wagi znajdowały się dostatecznie blisko. Ziemia i gruz nawarstwień w takim stopniu zostały zanieczyszczone z pewnością poza miejscem depozycji, choć mogło także dojść do jakiejś migracji zanieczyszczeń już po uformowaniu nawarstwień na drodze różnego rodzaju zjawisk, kształtowanych m.in. przez skład, miąższość, strukturę gruntu, takich jak adwekcja, którym towarzyszyć może dyfuzja, dyspersja, sedymentacja, flotacja, kolmatacja czy sufozja. Do wyżej wymienionych dochodzą, oparte na bazie zjawisk bardziej chemicznych niż fizycznych, takie jak sorpcja, wytrącanie i rozpuszczanie, a także reakcje wynikające z obecności bądź powstawania kwasów lub zasad, utleniania lub redukcji pierwiastków. Oddziaływania te w połączeniu z hydrolizą, tworzeniem kompleksów i całym szeregiem różnego rodzaju przekształceń biologicznych rządzą procesami mobilizacji i immobilizacji, co powoduje, że na pewnym poziomie, w obrębie określonych warstw utworów mineralnych lub organicznych, dochodzi do zatrzymania lub uruchomienia, czyli przepuszczenia zanieczyszczeń z warstw nadległych.

Rozporządzenie Ministra Środowiska w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi (Dziennik Ustaw z 2002 roku, nr 165, poz. 1359) określa zakres wartości dopuszczalnych stężeń ołowiu i miedzi na 100–200 mg/kg. Jak wykazują wyniki badań, jedynie warstwy calcowe nie przekraczają tej granicy. W większości przypadków zanieczyszczenia miedzią i ołowiem są od kilku do kilkudziesięciu razy większe od mających moc prawną dopuszczalnych wielkości koncentracji.

W tło geochemiczne, przyjęte dla ołowiu na poziomie 10 mg/kg, a dla miedzi 5 mg/kg, wpisują się tylko najniżej zalegające utwory, podczas gdy reszta przewyższa je co najmniej 10 razy, zaś w najbardziej skrajnych przypadkach przewyższenie jest 100-krotne. W stosunku do stanu zanie-

Tab. 5. Zawartość wybranych metali ciężkich próbek warstwy górnej profilu reliktów XIII-wiecznych kramów

Miąższość (cm) spąg – strop	Pb	Cu	Fe
	mg/kg		
160–180	314	102	6352
150–160	42	36	3854
132–150	171	78	9403
110–132	179	67	8258
100–110	29	16	11 822
62–100	266	125	16 831
55–62	37	24	6780
30–55	29	9	2456
0–30	18	11	2638
piaski grube	44	13	5269
zapełnisko jamy	62	39	13 447

Tab. 6. Zawartość wybranych metali ciężkich próbek warstwy środkowej profilu reliktów XIII-wiecznych kramów

Miąższość (cm) spąg – strop	Pb	Cu	Fe
	mg/kg		
120–135	469	109	12 058
110–120	1053	296	10 455
95–110	393	86	7757
85–95	509	215	7839
65–85	289	137	8371
55–65	643	146	9129
18–55	311	157	9028
0–18	621	90	6628

Tab. 7. Zawartość wybranych metali ciężkich próbek warstwy dolnej profilu reliktów XIII-wiecznych kramów

Miąższość (cm) spąg – strop	Pb	Cu	Fe
	mg/kg		
230–250	92	85	3712
220–230	130	44	4084
215–220	67	19	4357
205–215	102	44	7272
180–205	305	52	7869
160–180	421	91	7516
142–160	520	294	5435
118–142	1175	450	7202
68–118	230	89	6173
40–68	139	38	6832
0–40	271	16	3283
-40	355	89	9013

czyszczenia warstw ziemnych z rejonu Wielkiej Wagi maksymalne skażenie badanych profilów gruntów kramów jest 17 razy mniejsze, natomiast w porównaniu do próbek osadów XVI-wiecznego (?) szamba, odkrytego w rejonie placu Wszystkich Świętych, jest 10 razy większe.

Nie wdając się w rozważania przyczyn stwierdzonego rozkładu zawartości miedzi i ołowiu w obrębie nawarstwień w krzyżu kramów, należy zauważyć, że najmniej zanieczyszczone są nasypy z dolnego profilu; profil środkowy i górny wykazuje trzykrotnie większe kumulacje metali (tab. 5–7). Spostrzeżenie powyższe jest o tyle interesujące, że może świadczyć o pozyskaniu, przynajmniej części materiałów użytych na zasypy, bezpośrednio z Rynku Głównego (zwłaszcza z rejonu Wagi Wielkiej); a zatem jak możemy się domyślać, akcji zasypywania starszych budowli mogło towarzyszyć generalne porządkowanie placu rynkowego, połączone z częściowym usuwaniem wierzchnich warstw.

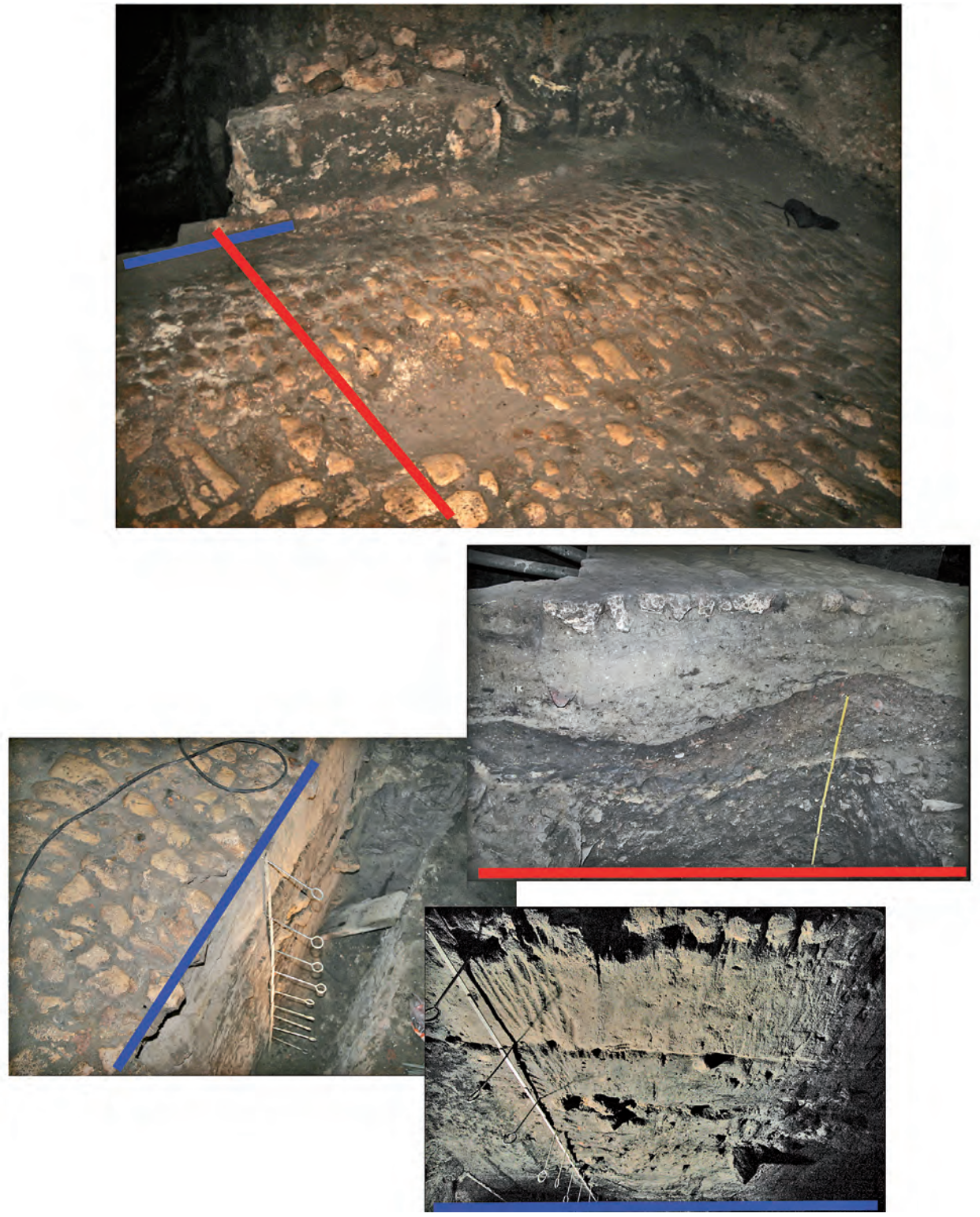
Średnie wartości wskaźników odczynu pH czy potencjału redox Eh nie wykazują istotnych różnic, natomiast zasadnicze różnice ujawnia zasolenie. Największe wartości PEW stwierdzono w próbkach z profilu górnego, blisko dwukrotnie mniejsze oznaczono w środkowym i dolnym. Dolny profil wykazuje najmniejsze zasolenie, mimo że częściowo tworzą go także nasypy.

Spośród innych analizowanych cech w warstwach określonych jako poziomy użytkowe lub warstwy o charakterze odpadkowym, stwierdzono podwyższony poziom chlorków, drobnych frakcji i substancji organicznej (tab. 8). Mimo obecności zasolonych roztworów migracja w niżej leżące poziomy jest znacznie ograniczona, prawdopodobnie wskutek obecności minerałów ilastych i detrytusu organicznego.

W rejonie kramów zostały także opróbowane bruki (choć fragmentarycznie) wraz z profilami głębokościowymi pod nimi (ryc. 8). Tak jak profile osadów protomiejskich pod poziomem piwnic Kramów Bogatych, tak i związane z traktami komunikacyjnymi poziomy użytkowe są przedmiotem trwających analiz. Stale bowiem poszukiwany jest mechanizm koncentracji i migracji zanieczyszczeń zarówno w poziomie, jak i w pionie. Na obecnym etapie w tego typu nawarstwieniach rozważana jest tylko właściwość gruntów związana z ich zasoleniem, czyli przesyceniem rozpuszczalnymi w wodzie związkami soli, głównie chlorkowych i siarczanowych. Wzrost zasolenia objawia się większym przewodnictwem wyciągów wodnych, wyrażanym wskaźnikiem PEW, w mS/cm. Pod tym względem w warstwach protomiejskich i gruntach spod bruku stwierdza się bardzo dużą zmienność, niewykazującą żadnych regularności. Wśród warstw protomiejskich, nawet w ich strefie spągowej (niekiedy sięgającej głębokości 2 m poniżej piwnic kramów) są one czyste i przesycone, tzn. wartość PEW oscyluje od 0,1 do 4,9 mS/cm, a podobne zjawisko obserwowane jest w obrębie poziomów użytkowych związanych z brukami.

Kolejny rejon, gdzie występują warstwy użytkowe, to miejsce przebiegu ulicy międzykramowej, skąd próbki pobrano w kwietniu 2006 roku. Z jednego profilu pionowego w narożniku południowo-zachodnim pobrano w sumie kilkanaście próbek: z warstw górnych (prawie w całości osłoniętych rusztowaniami) i z dolnych – lepiej dostępnych. (ryc. 9). W tym rejonie pobrano także próbki osadów z calca oraz próbki z wkopu w obrębie kramu nr 15 w ciągu wschodnim (ryc. 10, 11).

Próbki z profilów archeologicznych przeważnie pobierane są zgodnie z chronologią ich powstawania, od najstar-



Ryc. 8. Bruki historyczne w rejonie reliktów kramów w podziemiach Rynku Głównego; zaznaczone profile gruntów pod brukami w przekrojach poprzecznym (czerwony) i podłużnym (niebieski); fot. i oprac. M. Wardas

szych do najmłodszych, gdyż opróbowanie dla celów badań geochemicznych wykonuje się dopiero po dojściu przez archeologów do dna wykopu, którym w założeniu jest calec lub poziom techniczny, wynikający z planów budowlanych inwestora. Często stateczność budowli wymaga zabezpieczenia wkopu rusztowaniami, stąd opróbowanie do celów badań geochemicznych staje się mocno utrudnione.

Równoczesne z badaniami archeologów pobieranie próbek nie jest możliwe, ze względu na kolizje wynikające z harmonogramu badań archeologicznych, który zakłada eksplorację warstwy po warstwie, od najmłodszych do najstarszych, co często trwa stosunkowo długo. Dopiero po zakończeniu pewnego etapu badań możliwe było wejście na stanowisko w rejonie XIII-wiecznych kramów. Ze względów bezpieczeń-

Tab.8. Zestawienie wartości wybranych wskaźników fizykochemicznych warstw kulturowych i osadów naturalnych calcowych z profilu reliktów XIII-wiecznych kramów

warstwa górna	PEW (mS/cm)	chlorki (mg/dm sześc.)	< 0,180 mm (proc. wag.)	straty prażenia (proc. wag.)	Pb	Cu	Fe
					(mg/kg)		
142–160	8,12	127,32	52,7	2,88	520	294	5435
68–118	6,40	112,93	42,9	3,57	230	89	6173
0–40 (spąg)	2,93	101,55	15,7	3,78	271	16	3283
warstwa dolna							
62–100	3,40	71,77	53,0	4,00	266	125	16831
0–30 (spąg – calec)	0,05	46,79	6,0	0,18	18	11	2638

stwa bardzo głębokie wykopy musiały zostać odpowiednio zabezpieczone, co znacznie ograniczyło wybór miejsca opróbowania. W rejonie ulicy międzykramowej pobieranie próbek rozpoczęto od stropu wykopu i próbki omówione zostaną także w układzie zgodnym z kolejnością ich uzyskiwania.

Zarówno warstwa stanowiąca podbudowę pod dzisiejszą płytę Rynku Głównego, jak i znajdująca się pod nią przemieszana warstwa gruzowa (XIX wiek), będąca elementem wcześniejszej nawierzchni, zasadniczo nie mieści się w zakresie dociekań archeologicznych. Jednak w badaniach geochemicznych określenie zawartości metali ciężkich także w tych wierzchnich warstwach może być istotne, gdyż umożliwia porównanie (przy zastosowaniu tej samej analityki) stopnia zanieczyszczenia gruntów zasypów gruzowych współczesnych i historycznych.

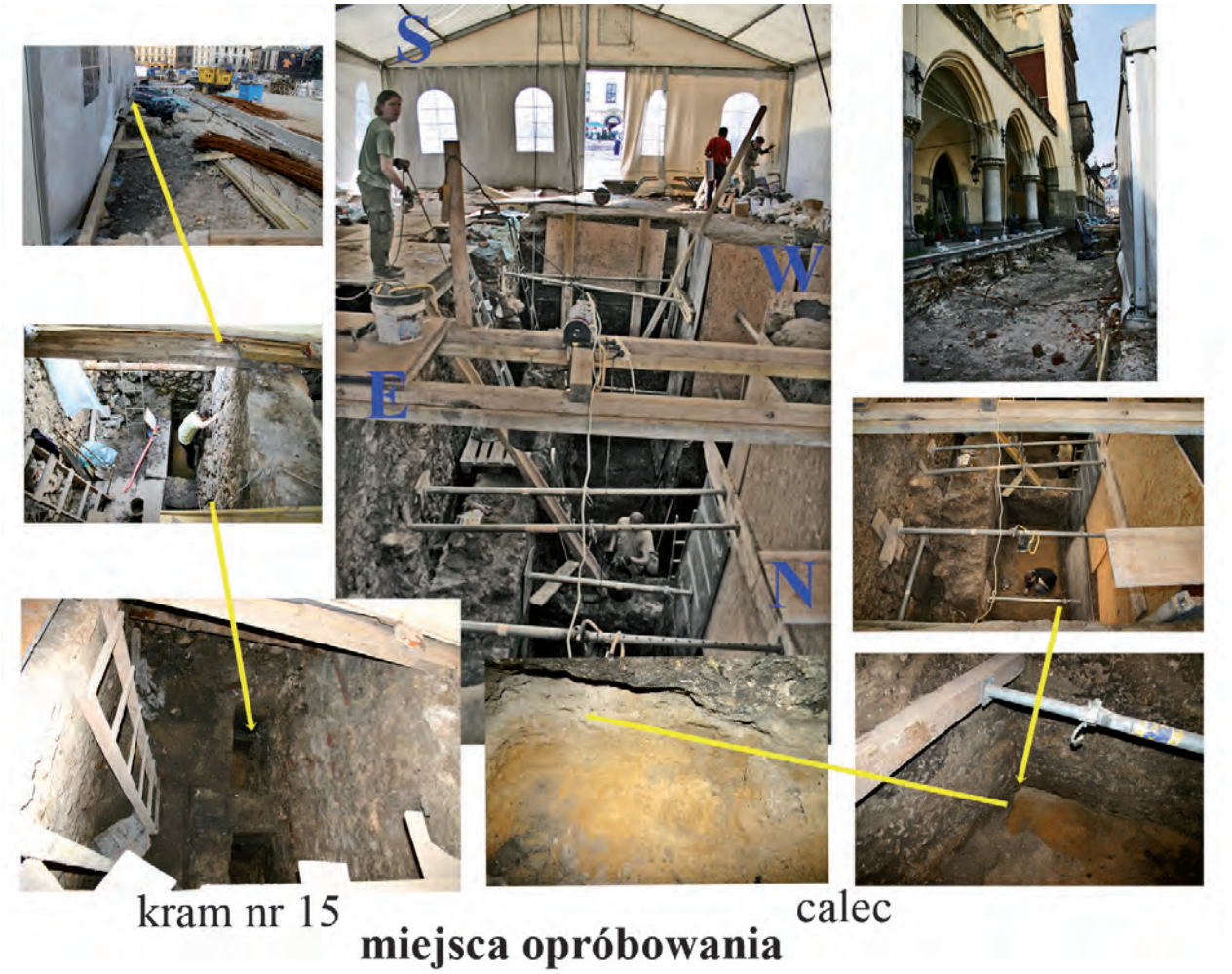
Nawarstwienia ulicy międzykramowej przechowały materiał (humusowy, gruzowy i inny), tak nawieziony, jak i formujący się *in situ*, w okresie od przełomu XIV i XV wieku po połowę XIX wieku. W strefie tej, eksploatowanej przez kilka stuleci, nagromadził się materiał naturalny i antropogeniczny, w tym ekofakty i artefakty, które mogą świadczyć o zmianach jakości środowiska Krakowa i sposobach wykorzystywania przestrzeni z biegiem wieków. Nawierzchnię ulicy stanowiły warstwy utwardzone – bruki kamienne lub narzuty o charakterze szutrowania. Pierwsza nawierzchnia utwardzona została nałożona tuż po zbudowaniu gotyckich kramów, najpóźniej na początku XV wieku. Z uwagi na podniesienie poziomu terenu na zewnątrz budowli (poziom rynkowy, *plateau*) oraz znacznej destrukcji owej nawierzchni (osiadanie gruntu nasypowego i gruzowej podbudowy uliczki) usypano kolejną podbudowę, tym razem piaskową, i nakryto ją kamiennym brukiem. Podczas badań archeologicznych ulicy międzykramowej odsłonięto reliktowo zachowane trzy kolejne poziomy bruków, stanowiących nawierzchnię tej handlowej ulicy. Zabytkowy materiał ruchomy (w tym seria monet) pozwolił datować bruki, spośród których najwyższy założono w wieku XVIII, a zalegający niżej – przed połową XVII wieku[10]. Za każdym razem warstwę podbudowy bruku formowano z piasku, co z jednej strony było uzasadnione konstrukcyjnie i technologicznie, z drugiej umożliwiało odprowadzanie wody (prawdopodobnie wówczas wnoszonej już tylko na obuwiu i okryciu), by łatwo mogła wnikać w głąb posadzki.

Nawarstwienia historyczne nawet w obrębie niewielkiej przestrzeni, jaką jest rejon kramów, wykazują znaczne różnice w składzie fizykochemicznym, bowiem inaczej wygląda stratygrafia i litologia warstw zarejestrowanych w miejscu przebiegu uliczki, a inaczej poza tą budowlą, która z kolei jest zdecydowanie odmienna także od notowanej w poszczególnych kramach. Różne były bowiem warunki depozycyjne w obrębie piwnic budowli, inne w ogólnie dostępnych strefach handlowych – zadaszonych i sprzątanych sukcesywnie, a zarazem zupełnie różne od tych, które panowały w otwartych strefach Rynku. Brak możliwości precyzyjnej

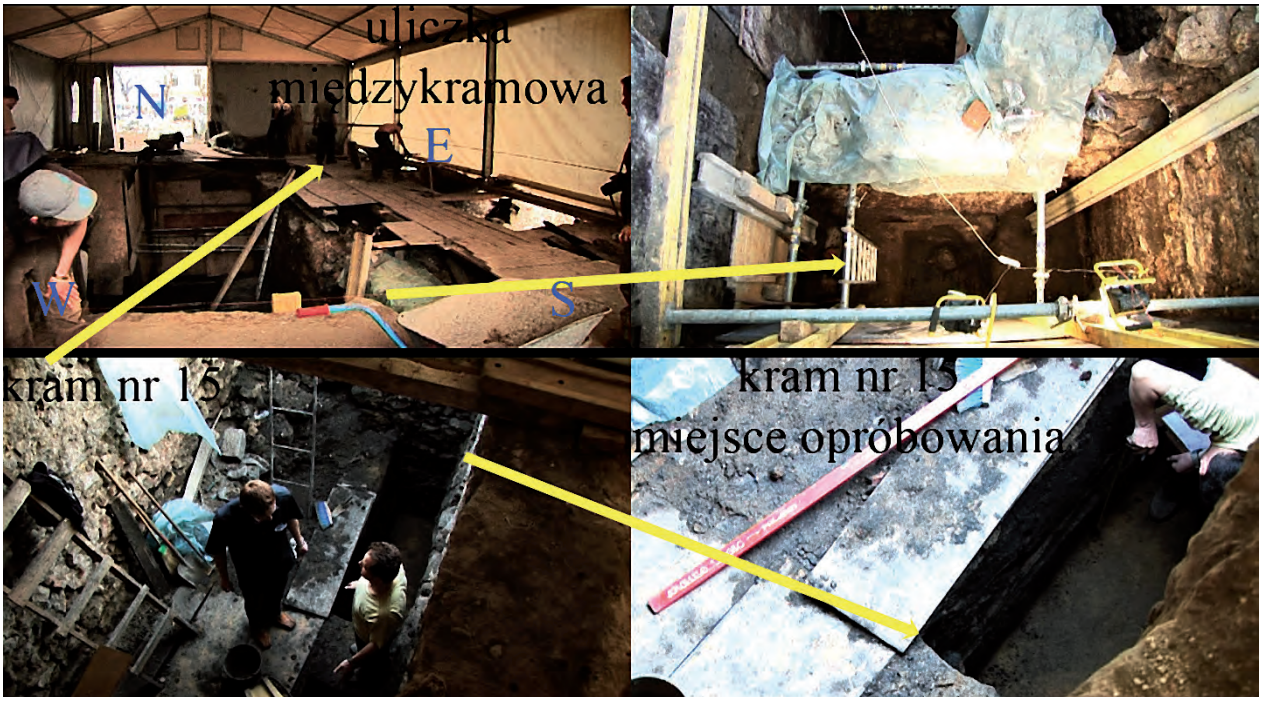


Ryc. 9. Miejsce pobierania próbek z uliczki miedzykramowej w rejonie wschodniego ciągu Kramów Bogatych i reliktów XIII-wiecznych Kramów Bolesławowych; fot. i oprac. M. Wardas

[10] Badania archeologiczne Wojciecha Głowy; niepublikowane.



Ryc. 10. Miejsce pobierania próbek calca z dna XIII-wiecznych Kramów Bolesławowych oraz z nawarstwień w dolnej części kramu nr 15; fot. i oprac. M. Wardas



Ryc. 11. Miejsce pobierania próbek calca z dna XIII-wiecznych Kramów Bolesławowych oraz z nawarstwień w dolnej części kramu nr 15; fot. i oprac. M. Wardas

Tab. 9. Zakresy wartości wskaźników jakości gruntów z nasypów i nawarstwień w rejonie ciągu wschodniego Kramów Bogatych

oznakowanie próbki	rodzaj utworów / warstwa	głębokość (m p.p.t.)	subst. org. (proc. wag.)	pH	Eh (mV)	PEW (mS/cm)
1	gruzowa / XIX w.	0,35–0,40	0,30	8,51	186	0,40
2	użytkowa 1. poł. XIX w.	0,40–0,60	0,22	8,94	220	0,78
3	niwelacyjna XVIII w. bruku	0,60–0,85	0,55	8,37	240	0,51
4	użytkowa / zadeptania XVII w.	0,85–0,90	0,43	8,58	220	0,59
5	niwelacyjna XVII w. bruku	0,90–1,15	0,39	8,59	251	0,51
6	zasyp – jednorodna, sypka	1,15– 1,50	2,50	8,29	253	0,91
7	zasyp – jednorodna, zwięzła	1,50–2,00	2,09	8,44	257	1,03
8	zasyp – jednorodna, słabo zwięzła	2,00– 2,50	2,03	8,5	251	1,01
9	zasyp – niejednorodna, słabo zwięzła	2,50–3,00	2,58	8,47	225	0,66
10	zasyp – niejednorodna, słabo zwięzła	3,00– 3,15	2,89	7,41	292	1,13
11	zasyp – jednorodna, zwięzła, zagliniona	3,15– 3,65	3,49	7,53	282	1,47
12	zasyp – niejednorodna, zwięzła	3,65–4,15	2,76	295	0,62	
ulica międzykramowa – inne miejsce w wykopie (calec)						
13	glina	4,50–4,65	3,33	299	0,88	
14	glina ciemna	4,65–5,15	2,59	7,3	320	0,79
15	piaski z okruchami wapieni spod gliny	5,15–5,35	1,20	7,35	320	0,88
16	piaski zaglinione calcowe poniżej warstw kulturowych	< 5,35	0,30	7,68	277	0,16
17	warstwa calcowa środkowa		0,22	8,3	245	0,15
18	warstwa calcowa spąg wykopu		0,18	8,52	234	0,10
piwnica kramu nr 15						
20	warstwa użytkowa ciemnoszara, zwięzła jednorodna	górna	4,12	7,81	271	0,68
19	warstwa użytkowa czarna, zwięzła jednorodna	dolna	8,41	7,71	269	1,18

korelacji nawarstwień zdecydowanie utrudnia interpretację etapów powstawania poziomów użytkowych wewnątrz i na zewnątrz budowli kramów[11].

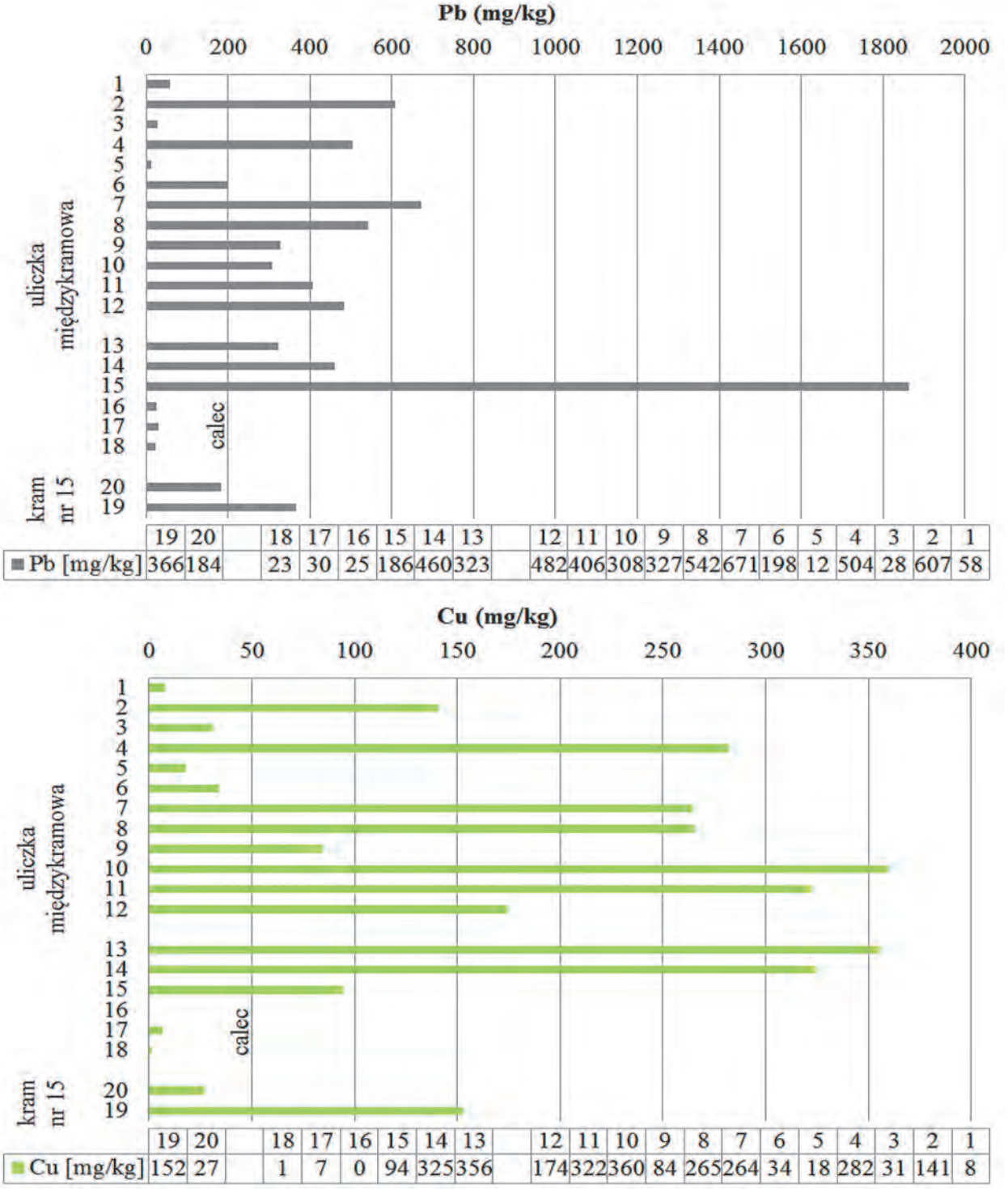
Wewnątrz kramu nr 15[12], poniżej XIX-wiecznych warstw zagruzowania, odsłoniły się co najmniej trzy poziomy użytkowe: najmłodszy – nowożytny i dwa starsze – średniowieczne. Spośród nich dwa górne związane były z funkcjonowaniem kramu. Nowożytny poziom stanowiła drewniana podłoga, a młodszy, średniowieczny, poziom użytkowy tworzyło gliniane klepisko. Zarejestrowany poniżej starszy poziom użytkowy związany był z okresem poprzedzającym wzniesienie budowli kramów, archeologicznie datowany na XIV wiek; bezpośrednio zalegająca pod nim warstwa wytworzyła się w wyniku funkcjonowania placu rynkowego. Wyniki wartości wskaźników jakości gruntów z rejonu ulicy handlowej Kramów Bogatych oraz z nawarstwień w obrębie kramu nr 15 zestawiono w tabeli 9.

Na wykresach pokazano zakresy zmienności zawartości głównie miedzi i ołowiu (ryc. 12), traktowanych jako pierwiastki o pochodzeniu antropogenicznym na tle zasolenia gruntów, wyrażanego stężeniami anionów fluorkowych, chlorkowych, azotanowych, siarczanowych i fosforanowych. Obok metali traktowanych jako zanieczyszczenia zamieszczono przebiegi zmienności koncentracji innych metali, które mogą być uważane jako pierwiastki pochodzenia geogenicznego. Porównanie różnic w zmianach zawartości metali antropogenicznych i geogenicznych powinno wykazać, czy jakość gruntów wynika z właściwości fizykochemicznych gruntów[13], czy jest efektem ich przekształce-

[11] Odnosi się to także do innych budowli z Rynku.

[12] Kram ten zlokalizowany był w budynku południowo-wschodnim założenia, jako drugi od przejścia w krzyżu.

[13] Wardas M., Biel A.: *Wpływ aktywności człowieka na zmiany właściwości fizykochemicznych gruntów w nawarstwieniach kulturowych w rejonie północnej części Małego Rynku w Krakowie*. „Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych" 2009, nr 40, s. 130–136.

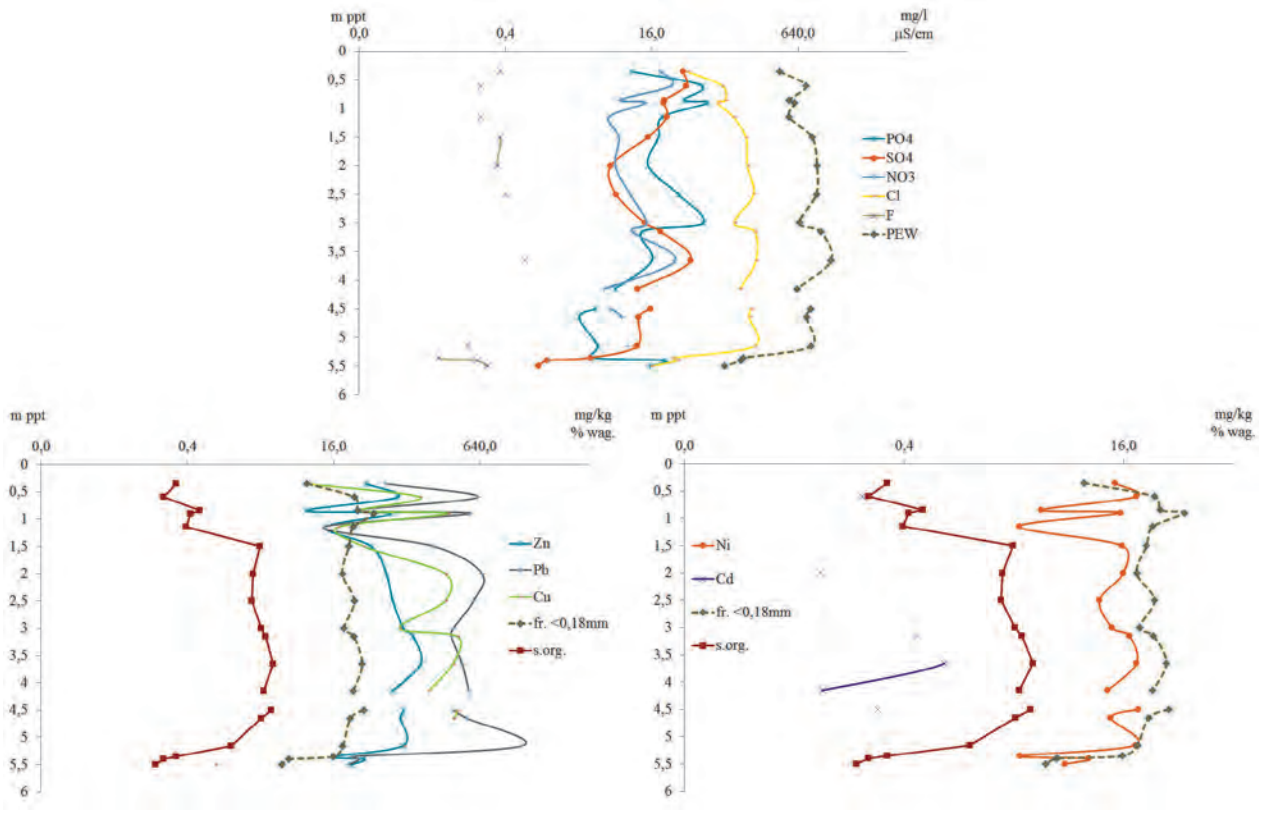


Ryc. 12. Rozkład zmian koncentracji (mg/kg) ołowiu i miedzi w gruntach nawarstwień historycznych w obrębie kramu nr 15 i ulicy międzykramowej w rejonie reliktów XIII-wiecznych Kramów Bolesławowych; oprac. M. Wardas

nia wynikającym z zanieczyszczenia środowiska. Wykresy zestawiono w celu pokazania – na przykładzie jednego profilu (1–12) próbek osadów naturalnych calcowych (13–18) oraz poziomów użytkowych z jednego obiektu, którym jest kram nr 15 (20, 19) – jak duże i trudne do interpretacji są różnice koncentracji zanieczyszczeń antropogenicznych.

Stężenie ołowiu w różnych warstwach jest mocno zróżnicowane i w znacznej części próbek określone współczesnymi normami stężenie dopuszczalne w gruntach zostało przekroczone. W próbce 15 stwierdzono koncentrację rzędu 1862 mg ołowiu przypadającego na kilogram ziemi z nawarstwień i co znamienne, warstwa ta znajduje się na głębokości ponad 5 m pod powierzchnią dzisiejszego Rynku Głównego. Stężenie miedzi wykazuje zróżnicowanie o mniejszej skali, dochodzące do wartości 356 mg/kg.

W kilku próbkach stwierdzono przekroczenie dopuszczalnego stężenia (trzykrotne) miedzi, choć nie było ono tak znaczne jak dla ołowiu. Silne zróżnicowanie zawarto-



Ryc. 13. Przebieg zmienności koncentracji miedzi i ołowiu na tle innych wskaźników fizykochemicznych w próbkach w profilu nawarstwień w rejonie uliczki międzykramowej; oprac. M. Wardas

ści szczególnie ołowiu i miedzi w poszczególnych próbkach związane jest z lokalizacją miejsc opróbowania w niewielkiej odległości od Kramów Bogatych (po ich stronie południowej). Funkcjonował tu skład ołowiu, zwany w źródłach pisanych targiem ołownym, ponadto Wielka Waga (zwana też Wagą Ołowną), służąca do odważania metali; w tym rejonie zlokalizowane były również topnie metali. Wiadomo z przekazów źródłowych o sprzedaży rozdrobnionego ołowiu w którymś z kantorów, należącym do zespołu Kramów Bogatych. Badania archeometalurgiczne brył i wytopków miedzi odnalezionych w Wadze Wielkiej skłaniają do konkluzji o prowadzeniu procesu saigrowania, być może w topniach zlokalizowanych przy Wielkiej Wadze[14]. Jak zatem widać, potencjalnych źródeł wprowadzenia cząstek ołowiu i miedzi do gruntów w strefie Kramów Bogatych jest sporo, a pełnej listy nie zaprezentowano.

Próbki pobrane z warstw calcowych (nr 16, 17, 18, uzyskane z głębokości 5,35 m p.p.t. i większych, w ulicy międzykramowej) charakteryzują się niskim stężeniem także innych badanych pierwiastków i wskaźników (ryc. 13). Są to warstwy nienaruszone działalnością człowieka, a niskie zawartości metali pozwalają sądzić, że w tym miejscu nie dochodziło do migracji zanieczyszczeń w głąb profilu gruntów. Również próbki 3 i 5 pobrane z warstw niwelacyjnych (z poziomów odpowiednio 0,60–0,85 p.p.t. oraz 0,9–1,15 m p.p.t.) wyróżniają się niskim stężeniem badanych metali. Piasek kwarcowy, prawdopodobnie wiślany, nie uległ zanieczyszczeniu, być może warstwy te są dobrze izolowane od powierzchni przez nadległe warstwy użytkowe, które mimo zanieczyszczenia kumulują metale głównie w obrębie warstwy. Warstwy użytkowe, czyli zadeptania (2; 0,4–0,6 m p.p.t. i 4; 0,85–0,9 m p.p.t), które w różnych okresach czasu były poziomami użytkowymi, charakteryzują się podwyższonymi stężeniami. Mechanizm tego zjawiska jest trudny do wyjaśnienia. Być może zanieczyszczenia docierające do poziomów użytkowych istniały w na tyle odmiennych formach, że jedne podlegały procesom sorpcji i trwale wiązane były z cząstkami gruntów, podczas gdy inne tym procesom nie podlegały i migrowały z wodami opadowymi. W wielu miejscach obserwowane jest zjawisko występowania ostrych granic pomiędzy warstwami bardzo mocno zanieczyszczonymi i niezanieczyszczonymi w ogóle, a mimo to zjawisko migracji istnieje, gdyż metale jako zanieczyszczenia identyfikuje się w wodach podziemnych Rynku[15]. Próbki 20 oraz 19, pobrane z piwnicy kramu nr 15, charakteryzują się podwyższonymi stężeniami metali. Opróbowany materiał z tej strefy badawczej to utwory antropogeniczne, zdeponowane w okresie od połowy XIII wieku po schyłek wieku XIV, w czasach gdy teren ten był otoczeniem Kramów Bolesławowych i funkcjonował jako otwarty plac handlowy miasta.

[14] Buśko C., Dereń M., Garbacz-Klempka A.: *Konfekcjonowanie ołowiu i miedzi w krakowskiej Wielkiej Wadze*. „Archaeologia Historica Polona" 2009, t. 18, s. 7–20.

[15] Czop M., Motyka J., Wardas-Lasoń M., Tabaszewski W.: *Warunki hydrogeologiczne rejonu Rynku Głównego w Krakowie* w niniejszym zeszycie „Krzysztoforów. Zeszytów Naukowych Muzeum Historycznego Miasta Krakowa" (cz. 2).

Podkoncentrowanie metali może być związane z dużą zawartością substancji organicznej, która wykazywała podatność na wyłapywanie tych zanieczyszczeń. Podczas prażenia w piecu ubytek masy w tych próbkach, odzwierciedlający zawartość substancji organicznej, wyniósł odpowiednio: w próbce nr 20 – 4,12 proc., w próbce nr 19 – 8,41 proc. Także udział frakcji o średnicy ziaren mniejszych niż 0,18 mm jest jednym z większych w badanych próbkach i wynosi dla próbki nr 20 – 42,21 proc., a dla próbki nr 19 – 33,22 proc., co także spowodowało zwiększenie właściwości sorpcyjnych osadów. Również stężenia anionów są mocno zróżnicowane, o czym świadczą zmienne wartości zasolenia gruntów PEW. Szczególnie wysokie są koncentracje chlorków. Podobnie jak w przypadku metali ciężkich, stężenia anionów w warstwach calcowych są najniższe. Może to wskazywać na fakt niewystępowania migracji soli w głąb profilu warstw, co znów byłoby zaskakujące wobec faktu istnienia trwałego zanieczyszczenia wód podziemnych chlorkami czy siarczanami[16]. Trwają badania dotyczące właściwości przepuszczalności piasków w obrębie warstw o kilkumetrowej miąższości, które być może pozwolą na prześledzenie i wyjaśnienie zjawiska migracji chlorków.

Pomimo że w przeprowadzonych badaniach nie określano form chemicznych związania i występowania opisywanych pierwiastków w gruntach, wydaje się, że przeważają procesy unieruchamiania nad mobilnością, dlatego metale pozostają w warstwach, do których pierwotnie zostały wprowadzone. Wartości odczynu pH są stosunkowo wysokie, przy których metale ciężkie występują zwykle w formie nierozpuszczalnej i mogą migrować jedynie w formie zawiesin.

Rozpoznanie stanu zanieczyszczenia miedzią i ołowiem poziomów użytkowych w rejonie Kramów Bogatych wykazało, że wskaźnik koncentracji metali w warstwach archeologicznych może być użyteczny dla geochemików, ale i dla archeologów. Zróżnicowanie poziomu kumulacji zanieczyszczeń w gruntach pokazuje rejony szczególnie interesujące, na których warto skupić uwagę przy interpretacji wyników badań interdyscyplinarnych. Analizy geochemiczne, podobnie jak obserwacje mineralogiczne, stwarzają warunki dostrzeżenia w nawarstwieniach tego, co przy użyciu innych metod było mniej czytelne. Próbki historycznych nawarstwień zawierające zabytki archeologiczne, których obecność umożliwia datowanie okresu ich uformowania, ocenione pod kątem zawartości miedzi, żelaza oraz innych wskaźników fizykochemicznych pozwalają na ustalenie przybliżonych ram czasowych kolejnych faz przekształcania środowiska. Analizy porównawcze, aktualnie wykonywane dla gruntów zlokalizowanych w innych zabytkowych miejscach Krakowa, być może dadzą możność syntetycznego podejścia do zagadnienia lokalizacji źródeł antropopresji, czyli historycznych obiektów przemysłowych, oraz wyjaśnienia przyczyn kumulacji zanieczyszczeń i konsekwencji dla środowiska naturalnego.

Praca została zrealizowana w ramach projektu badawczego MNiSW N 525 014 32/1746 (18.18.140.563-AGH).

Identification of the Degree of Pollution with Copper and Lead of Historical Utility Levels in the Area of the Rich Stalls

Soil tests carried out with regard to the historical layers have revealed that heavy metals, such as lead and cooper, were discharged to the environment back in the Early Middle Ages. The concentrations of these metals in the layers dating back to the Late Middle Ages have been determined at such considerable levels that they can be considered an anthropopressure indicator permitting evaluation of the condition of the environment and determination of the possible function of historical objects, or used to reproduce the original morphology of the area on the basis of the traces of the migration of metals. The tests were carried out on the surfaced levels, a.k.a. the utility levels, and concerned with their contamination with copper and lead. Samples were taken from the bottoms of the basements located in the western row of the Rich Stalls (i.e. stalls 33 through 64 according to the historical numbering) and the basement under the stall number 15 (in the eastern row). Soil samples were taken in the years 2006 and 2008, and the sampled material came from the top layer of the dirt floors, and from under the bricks, cobblestones, or planks, which had been used as floorings and surfaces in the stall basements. To provide reference for the degree of contamination with metals of the particular chambers in the Rich Stalls, tests were also carried out in the former passage between the Rich Stalls (sampled in 2006) and in the layers/fills in the area of the earliest stalls (the Boleslaus' Stalls; sampled in 2007). A thorough analysis of the physical and chemical properties of the sampled soil can determine the contamination indicators that would help archaeologists interpret the past functions of the area of Main Market Square (Rynek Główny) in Kraków.

[16] *Ibidem*.