

Wpływ uwarunkowań geośrodowiskowych i antropogenicznych na obecność historycznych zanieczyszczeń w podłożu klasztoru ss. Bernardynek w Krakowie

Marta Wardas-Lasoń¹



Geoenvironmental and anthropogenic conditions and their impact on the presence of historical pollution in the substrate of the monastery of Bernardine Sisters in Krakow. Prz. Geol., 64: 262–274.

A b s t r a c t. The substrate in the area of the monastery of Bernardine Sisters was analyzed based on 7 small-diameter profiled mechanical holes drilled in order to determine the structure and lithology of the area and archaeological stratigraphic sequence. Based on this research, a system of archaeological strata and the presence of objects such as wall remains, and especially the relicts of the medieval drainage ditch “moat”, was established. It was assessed whether the geoenvironmental conditions are conducive to pollution occurrence and accumulation. Its major source was the Municipal Great Scales on the Main Market Square of Kraków, which functioned in the Middle Ages. To verify this thesis the indexes of sediment coming from the historical “moat” were determined (pH, Eh, EC, LOI). Similar studies were carried out to the level of “calec” for the substrate of the Monastery, erected in its vicinity. In the lithologically recognized and archaeologically interpreted layers of earth, heavy metals content was determined to distinguish anthropogenic factors and geoenvironmental conditions of the contaminants. The pollution assessment was made on the basis of a comparative analysis of the land quality, especially in the areas of silt occurrence, also in relation to the current environmental standards.

Keywords: historical pollution, geoenvironmental conditions, moat, silt, archaeological layers, Kraków

Północno-wschodnia krawędź Okołu – warownego podgrodzia Wawelu, to miejsce gdzie został założony klasztor ss. Bernardynek. Jest to rejon newralgiczny nie tylko pod względem uwarunkowań geośrodowiskowych, ale także z uwagi na występowanie znacznych przekształceń podłoża, za które są odpowiedzialne wielowiekowe procesy urbanistyczne. W związku z prowadzonymi w 2015 r. pracami remontowymi przy ulegających pękaniu i rozwarstwianiu murach klasztoru, od strony ul. Poselskiej i Dominikańskiej (ryc. 1) wykonano serię otworów wiertniczych. Ich celem było określenie sposobu posadowienia murów. Już w latach 2013–2015, oceniając warunki podłoża w tym rejonie (Wardas-Lasoń i in., 2014), badano grunty, traktując ich jakoś jako wskaźnik historycznego stanu środowiska. Stężenie zanieczyszczeń metalicznych w gruntach „nawarstwień historycznych” uznano za szczególny artefakt, nierozpoznawalny tradycyjnymi metodami archeologicznymi. Analizowano uwarunkowania geośrodowiskowe (tj. pierwotną morfologię terenu wyznaczoną na podstawie położenia gruntu rodzimego, tzw. calca w nomenklaturze archeologicznej) i czynniki antropogeniczne oraz ich wpływ na obecność historycznych zanieczyszczeń, szczególnie miedzi i ołowiu. Za najistotniejsze źródło tych metali uznano funkcjonowanie Wielkiej Wagi na Rynku, wzmiankowanej jako Wagi Ołownej już w 1302 r. (Schejbal-Dereń & Garbacz-Klempka, 2010). Nie do pominięcia są również ślady działalności metalurgicznej, stwierdzone w warstwach wczesnośredniowiecznych. Świadczą one o istnieniu lokalnych warsztatów także w obrębie Okołu (Niemiec, 2011) czy na północnym jego przedpolu, gdzie funkcjonowała metalowa strefa intensywnej wytwórczości metalurgicznej (Radwański, 1975; Zaitz, 1979). Ocenę stanu zanieczyszczenia wykonano na podstawie porównawczych analiz jakości gruntów, zwłaszcza w strefach występowania gruntów naniesionych, jak namuły fosy (kanału odwadniającego?) lub powodziowe

Wisły. Wyniki odnoszono także do obecnie obowiązujących standardów środowiskowych. Pobrano znaczną ilość materiału, próbki gruntów (pochodzące z 8 otworów wiertniczych) stanowiły profile „nawarstwień historycznych” o sumarycznej długości 51 m. Z tego względu na obecnym etapie badań zinterpretowano, na tle historycznych procesów urbanizacyjnych, jedynie niektóre aspekty geologiczno-geochemiczne. Kontekst archeologiczny obecności zanieczyszczeń stanowić będzie temat odrębnego opracowania.

CEL I ZNACZENIE BADAŃ ZANIECZYSZCZEŃ HISTORYCZNYCH MIAST

W strefach wpływu antropogenicznego każde podłożo „zapisuje” historię zanieczyszczenia środowiska, jest odzwierciedleniem sposobów gospodarowania miejscem, w tym odpadami, oraz stanowi przejaw kultury dbałości o stan czystości otoczenia. Dość trwale została „zapisana” historia geochemicznych przekształceń podłoża zanieczyszczeniami metalicznymi. Należą one bowiem do pierwiastków podatnych na wiązanie się zwłaszcza z minerałami ilastymi czy detrytusem organicznym. Metale razem z drobnymi frakcjami ziarnowymi podlegają depozycji lub, w wyniku unoszenia w wodzie czy w powietrzu, mogą migrować na znaczne odległości. Często z frakcją spławialną podlegają procesom wymywania i erozji, a następnie redepozycji. Poszerza się w ten sposób zasięg anomalii geochemicznych, zostawiających swoisty odcisk antropogenicznej presji (*ecological footprint*). Jego wielkość i kształt zależy od źródła oraz intensywności antropopresji, a także od uwarunkowań geośrodowiskowych, na które składają się m.in. litologia i właściwości gruntów rodzimych (calca), relief powierzchni, oddziaływanie przebiegu pierwotnej sieci wodnej, w tym pozostawanie w zasięgu strefy zalewowej oraz występowanie i cechy wód podziemnych

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska, al. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków; wardas.marta@gmail.com.

(Kukulak, 2004; Szwarzewski, 2005; Wardas-Lasoń i in., 2010; Furmanek i in., 2011; Łyskowski & Wardas-Lasoń, 2012; Zgłobicki, 2013; Smolska & Szwarzewski, 2014; Wardas-Lasoń, 2014).

Wszelkie badania realizowane z uwzględnieniem tego rodzaju szczególnych artefaktów, jak próbki pograżonych w podłożu miasta warstw gleby, ziemi (stanowiącej poziom użytkowe), gruntów zasypowych, a zwłaszcza osadów historycznych młynówek, fos, stawów i bagien, to cenne źródło wiedzy o okresach i czynnikach sprawczych, które powodowały najbardziej znaczące zmiany stanu środowiska.

Wzorując się na metodach stosowanych w prospekcji złóż metali, możliwe jest odkrycie poziomów użytkowych związanych z centrami produkcyjnymi takimi, o których źródła historyczne mówią niewiele albo ich lokalizację wskazują w sposób nieprecyzyjny. Analiza geochemiczna może wówczas stanowić podstawę m.in. do rozpatrywania technologii obróbki metali, a także źródeł dostaw surowca, czy innych „zapisanych” w podłożu aspektów funkcjonowania osadnictwa, gospodarki i rozwoju miast (Szwarzewski, 2004; Sokołowski i in., 2008; Zgłobicki, 2010). Dlatego jest rozpoznawana struktura, skład mineralny i petrograficzny gruntów oraz chronologia układu warstw, często z wykorzystaniem dendrochronologii (Krapiec i in., 2006). Ich celem jest poznanie stratygrafii podłoża, szczególnie w części, gdzie jest mowa o bogatych w artefakty „nawarstwieniach archeologicznych”.

Wielkość stężeń zanieczyszczeń i fizyczno-chemiczne formy ich związania to informacje przydatne do analizy historii gospodarczej miasta z jednej strony, a z drugiej – do oceny uwarunkowań geośrodowiskowych. Można na ich podstawie określić rodzaj zabiegów czynionych w przeszłości głównie w celu ochrony przed najeżdżącą, żywiołami lub skażeniem wody i gleby. Wnioski z tego typu badań mogą rzucać światło na jakość życia i zdrowotność naszych przodków, czy wskazywać potencjalne skutki nagromadzenia historycznych zanieczyszczeń dla obecnych i przyszłych pokoleń.

W wyniku funkcjonowania historycznego miasta do geochemicznych przekształceń podłoża mogło dochodzić w efekcie zakładania oraz zabudowywania osad i warsztatów rzemieślniczych. Pojawiały się wówczas spływy powierzchniowe, a wraz z nimi wprowadzane bezpośrednio do podłoża zanieczyszczenia. Znaczące źródło stanowiły ścieki, a zwłaszcza składniki odpadów deponowanych do podłoża i stopniowa ich dezintegracja. W konsekwencji w granicach obwarowań osad powstały znaczne nagromadzenia różnego rodzaju substancji zanieczyszczających, które w największej ilości docierały do rzek, stawów lub bagien. Następowo to bezpośrednio w wyniku przesiąkania lub ze spływem wód powierzchniowych, albo rowami odwadniającymi, kolektorami ścieków, młynówkami czy fosami. W dnie tych obiektów cząstki stałe zanieczyszczeń ulegały depozycji sedymentacyjnej w wyniku wytrącania lub sorpcji. Spośród nich zwłaszcza metale, zanieczyszczenia trudno degradowalne, często trafiały do tego typu drobnoziarnistych utworów, podatnych na ich zatrzymywanie. Metale mogą być także wiązane przez składniki tzw. mierzwy. To pojęcie w archeologii jest używane w przypadku materii stanowiącej wypełnienie szamb i kloak, ale też stanowi określenie składu warstwy kulturowej z dużą ilością słomy i nawozu (nie tylko pochodzenia

ludzkiego). Tym mianem określa się także pokłady odpadów, które mogły powstawać w wyniku jednorazowego działania, np. uprzątnięcia błota podwórkowego lub miejskiego, przez co nie wykazują obecności warstwowania i zawierają znaczny udział odpadów organicznych w różnej fazie destrukcji (Piekalski, 2004; Sowina, 2005, 2009, 2011, 2012; Wardas i in., 2006; Cembrzyński, 2011; Kucia, 2011; Niemiec, 2011). Jedne i drugie, z racji właściwości fizykochemicznych, przy ocenie stanu zanieczyszczenia podłoża historycznych miast należy traktować w sposób szczególnie, gdyż mają podatność do kumulowania zanieczyszczeń metalicznych. W związku z tym, w wyniku „efektu rezerwurowego” zarówno w osadach obiektów wodnościekowych, jak i w tzw. mierzwie mogą występować podwyższone zawartości metali.

W badaniach postawiono tezę, że układy przestrzenne gruntów w „nawarstwieniach historycznych”, w tym zmienność ich właściwości fizykochemicznych i jakości w profilach, mogą wskazywać na zmiany w czasie (na przestrzeni wieków) stanu zanieczyszczenia środowiska. Analiza procesów geochemicznych zachodzących w podłożu, może rozstrzygnąć, czy analizowany stopień zanieczyszczenia gruntów wskazuje na pierwotną przyczynę, czy jest wynikiem zmian wtórnych. W tym celu, na podstawie małych średnicowych otworów wiertniczych, określono strukturę podłoża, układ warstw litologicznych, wybrane właściwości fizykochemiczne i geochemiczne. W ramach badań interdyscyplinarnych przy ostatecznym opracowywaniu archeologicznej sekwencji stratygraficznej gruntu, dane te zostaną uwzględnione i zinterpretowane.

BADANIA ZANIECZYSZCZEŃ HISTORYCZNYCH STAREGO KRAKOWA

Ocena stanu i zasięgu występowania historycznych zanieczyszczeń, wygenerowanych wiele set lat temu przez naszych przodków, stanowi trudność ze względu na konieczność ich zlokalizowania w układzie przestrzennym, powierzchniowo-głębokościowym. W gęstej zabytkowej zabudowie uzyskanie reprezentatywności próbek, z zachowaniem jak najmniejszej ingerencji w podłoże, jest możliwe jedynie z wykorzystaniem małych średnicowych, rdzeniowych otworów wiertniczych.

W miastach historycznych, takich jak Kraków, stopień zanieczyszczenia podłoża ma związek ze zmianą sposobów wykorzystywania przestrzeni. Zależy od uwarunkowań geośrodowiskowych, które jednak, już w okresie historycznych początków tworzenia się miasta, zostały trwale przekształcone. Miało to miejsce w trakcie zabudowy fortyfikacyjnej czy w efekcie doprowadzenia wody do miast lub odbioru wód opadowych i ścieków, z czym wiązała się konieczność wykonywania i funkcjonowania fos, młynówek, rowów oraz rynsztoków.

W późniejszych etapach rozwoju miasta obecność zanieczyszczenia można wiązać z miejscem jego wytworzenia albo z napływem za sprawą systemów wodno-sanitarnych z dalszych rejonów. Skutek zwykłego brukowania lub tylko utwardzenia powierzchni użytkowych, w sposób znaczący wzmagając spływ powierzchniowy, co może uwiadczać się większymi miąższościami depozytów.

Zmiana pierwotnych właściwości fizykochemicznych gruntów może być powodowana obecnością w podłożu

różnowiekowych elementów infrastruktury podziemnej. Ich instalacja często całkowicie niszczy, bądź zaburza układ „historycznych nawarstwień”. Przykładem tego w Krakowie może być sieć kilkusetletnich kanałów blokowych, w dawnych czasach służąca do odprowadzania nieczystości, która otwiera dostęp dla zanieczyszczeń przenikających z powierzchni terenu. Umożliwiła ona ich przemieszczanie się także w obrębie infrastruktury podziemnej, a nawet wnikanie w „calec” i w głąb, do wód gruntowych.

Badaniom tego rodzaju aspektów w „nawarstwieniach” musi zatem towarzyszyć szczegółowa kwerenda historycznych i ikonograficznych materiałów źródłowych oraz analiza wcześniejszych opracowań archeologicznych i geologicznych, szczególnie na etapie precyzyjnego planowania miejsc próbowania.

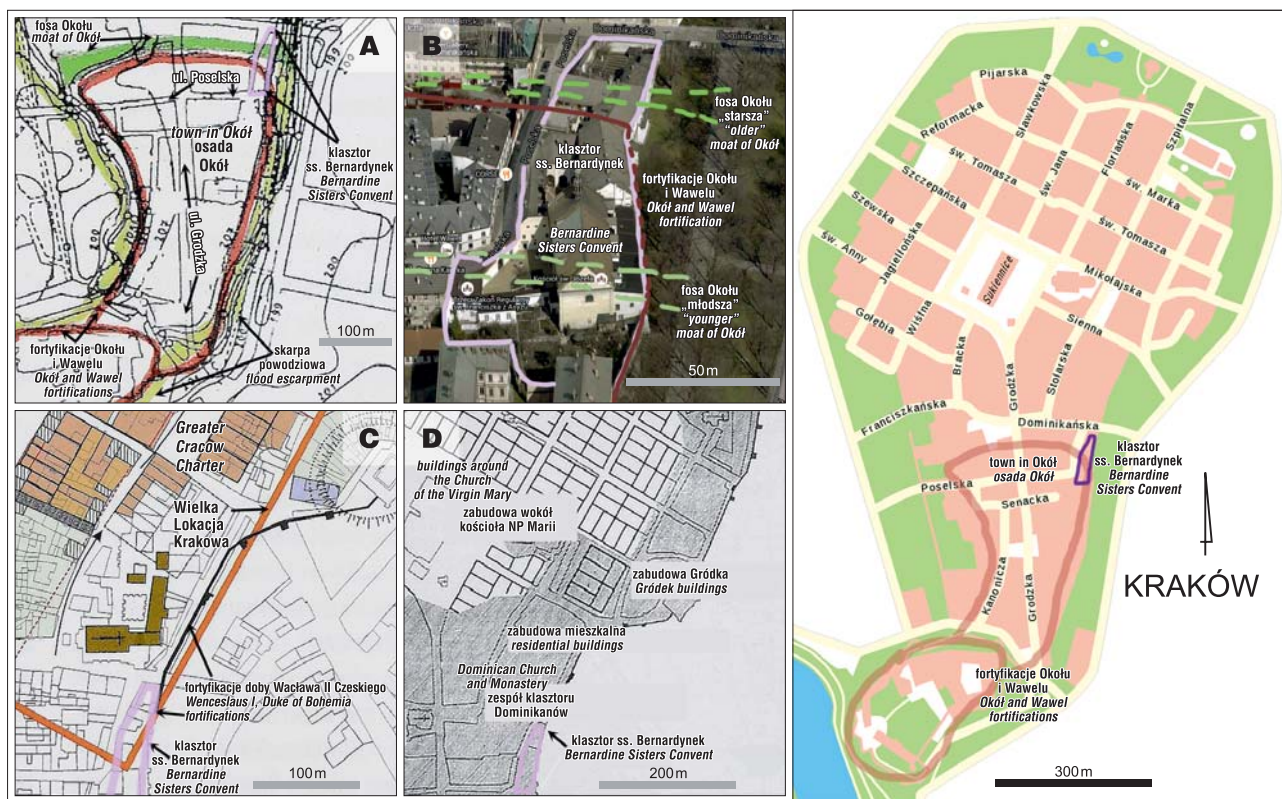
Podłoże Krakowa zostało najobszerniej zanalizowane i przebadane, w tym także na podstawie archeologiczno-geologicznych otworów wiertniczych, przez Radwańskiego (1972, 1975, 1995, 2007), Borowiejską-Birkenmajerową (1975), Zaitza (1976, 1988 *vide* Niemiec, 2006, 2009, 2012) i Niemca (2008, 2009, 2011) oraz Niemca i in. (2012). Na bazie archiwalnych archeologicznych i architektonicznych danych źródłowych oraz geologicznych opracowań i map były analizowane uwarunkowania geosrodowiskowe jako czynniki decydujące, np. przy ustanawianiu granic miast lub ich przedmieść, wykonywaniu studni, młynówek, grobli, sztucznych fos lub kanałów, czy lokalizacji składowisk odpadów i kloak (Łuszczkiewicz, 1899; Tomkowicz, 1907; Tobiasz, 1955, 1958, 1977; Münch,

1958; Jamroz, 1967; Tyczyńska, 1968; Borowiejska-Birkenmajer, 1975; Pociask-Karteczka, 1994; Krasnowolski, 2007, 2012; Niezabitowski, 2007; Laberschek, 2008).

Dla obszaru Krakowa bardzo przydatnym źródłem informacji do ustalenia genezy zanieczyszczeń oraz interpretacji charakterystyki obiektów historycznych występujących w podłożu są profile zestawione w Atlasie Geologiczno-Inżynierskim Aglomeracji Krakowskiej. Szczególnie cenne są opisy litologiczne warstw powierzchniowych do głębokości zwierciadła wody oraz mapy zmian pokrycia terenu, wykonane dla głębokości odpowiednio 1, 2 i 3 m (<http://bazadata.pgi.gov.pl/>).

OBIEKT BADAŃ I JEGO CZASOPRZESTRZEŃ

Klasztor ss. Bernardynek jest położony w bezpośrednim sąsiedztwie dzisiejszych Plant, na obszarze wpisanym w 1978 r. na I Listę Światowego Dziedzictwa Kulturowego i Naturalnego UNESCO, który w 1994 r. jako „Kraków – historyczny zespół miasta” został uznany za pomnik historii. Teren ten w przeszłości stanowił krawędź przedpola wczesnośredniowiecznej osady Okół (ryc.1A). Do lat 40. XIV w. był otoczony odnogami Wisły, fortyfikacjami, a od północy przekopaną (na przełomie X i XI w.) fosą („starsza” fosą Okołu), stanowiąc całkowicie odrębną jednostkę osadniczą – główną – średniowiecznej aglomeracji krakowskiej (ryc.1B) (Radwańska, 1971; Zaitz, 2006; Pianański, 2007; Krasnowolski, 2008).



Ryc. 1. A – przebieg fosy i fortyfikacji Okołu; **B** – klasztor ss. Bernardynek na podkładzie ortofotomapy, z orientacyjnym przebiegiem fosy i fortyfikacji Okołu (<http://mapire.eu/>); **C** – przebieg fortyfikacji Wielkiej Lokacji Krakowa; **D** – nieregularność układu zespołów klasztornych w SE części Wielkiej Lokacji Krakowa (na podstawie Krasnowolskiego, 2008)

Fig. 1. A – the moat and Okół fortification; **B** – the convent of Bernardine Sisters on the photo map showing moats and fortifications; **C** – the fortification of Greater Krakow Charter; **D** – irregularity of the monastery buildings layout in SE part of Greater Krakow Charter (after Krasnowolski, 2008)

Na północ od Okołu, już 200 lat przed rozpoczęciem procesu lokacji, rozwijała się otwarta struktura osadnicza, której elementy były określane mianem Krakowa (Kadłuczka, 2007).

Pomiędzy przedlokacyjnym Krakowem a Okołem, na terenie 7 ha, funkcjonowała sprzężona z podgrodzem, wyspecjalizowana, gęsto zamieszkała osada, zajmująca się uciążliwą i niebezpieczną dla zabudowy drewnianej produkcją wyrobów z żelaza, srebra i brązu (Radwański, 1975). Fosa „starsza”, do której w wyniku prac melioracyjnych doprowadzono wody rzeki Rudawy, biegnąca wzdłuż północnego odcinka fortyfikacji Okołu, mogła także stanowić wydajne źródło wody, niezbędne do procesów wytwarzania metalowych przedmiotów (Samsonowicz, 1992 *vide* Kadłuczka, 2007). Wzniesiony przed lokacją na tym terenie kościół Wszystkich Świętych (obecnie nieistniejący) stanowił od przełomu XII i XIII w. centrum otwartej osady targowej i pełnił funkcję zespołu sakralnego. Wśród mieszkańców parafii przeważali rzemieślnicy, zaleźni od panującego lub jego drużyny, będący w większości na tych terenach osadnikami od X w. (Krasnowolski, 2008; Walczak, 2013). W XIII w. osiedlili się tu od wschodu Dominikanie (ryc. 1D), a od zachodu – Franciszkanie (Zaitz, 2012).

Zakładanie przez Bolesława Wstydliego „miasta w Krakowie”, centrum oddzielnego od Wawelu, stanowiło proces zapoczątkowany w 1220 r., a ogłoszony w akcie prawnym tzw. Wielkiej Lokacji z 1257 r. i kontynuowany jeszcze pod koniec XIII w. (ryc. 1C) (Węclawowicz, 2007). Wówczas, według Łuszczkiewicza (1899), na linii wyznaczonej ulicą Poselską Kraków kończył się wałem, murem miejskim i fosą („młodsza” fosą Okołu) (ryc. 1B i D; Wardas-Lasoń i in., 2014).

Podczas połączenia w 1312 r. Krakowa z Wawelem, w 1338 r. nastąpiło administracyjne „wchłonięcie” przez miasto Około i osady rzemieślniczej. W konsekwencji został zburzony graniczny mur miejski, a fosy i wał splantowano. Przedłużanie murów obronnych do fortyfikacji Wawelu oraz budowa na ok. 4,5-kilometrowym obwodzie miasta wału i fos miało miejsce aż do przełomu XIV i XV w. Gdy Polska utraciła niepodległość, po przyłączeniu Galicji i Krakowa do Austrii, cesarz Franciszek II w 1806 r. nakazał zburzenie murów fortyfikacyjnych, zasypanie fos i zniwelowanie, „splantowanie” wałów obronnych, a w ich miejscu „urządzenie ogrodów naokoło miasta” (Klein, 1914; Świszczowski, 1955; Laberschek, 2008). Ponieważ szeroki pas terenów przylegających do murów był bagnisty zarówno w związku z uwarunkowaniami geosrodowiskowymi, jak i skutkiem celowej działalności człowieka, w niektórych miejscach, zapewne wyprzedzająco, musiały zostać wykonane także prace melioracyjne. Na mapie szwedzkiej z 1702 r. można dostrzec (Tobiasz, 1977), że m.in. wysechł i przemienił się w łąkę dawny staw św. Sebastiana (ryc. 1A).

Warunki lokalizacji nieruchomości gruntowych ss. Bernardynek przy ulicy Poselskiej 21 w Krakowie należy zaliczyć do mało korzystnych. Wynika to głównie z położenia, zarówno na krańcu północnym, jak i wschodnim, terenu wyznaczonego przez dawne granice Okołu. Z tego względu w podłożu zabudowań klasztornych są obecne pozostałości sztywnych konstrukcji fortyfikacji (muru?) warownego podgrodzia Wawelu, sięgającego od wylotu ulicy Grodzkiej po ulicę Poselską, przecinające w poprzek

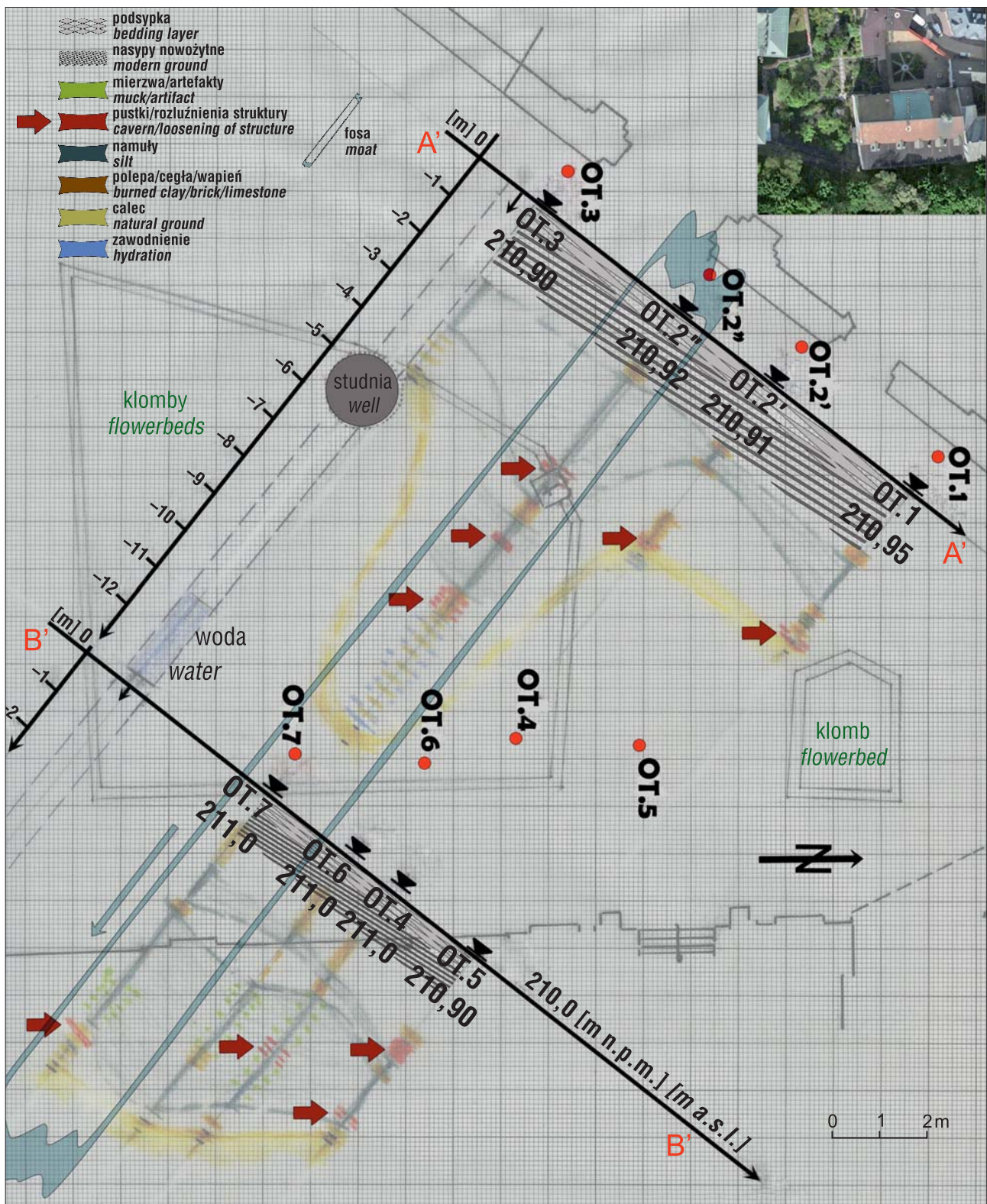
podłużną działkę (ryc. 1A). Z kolei elementy fortyfikacji z okresu poszerzania układu urbanistycznego, związanego z Wielką Lokacją Krakowa (1257 r.), zostały wbudowane w struktury podziemne od strony północno-wschodniej terenu klasztoru (ryc. 1C) (Niewalda & Krasnowolski, 1981; Niewalda i in., 2001). Innego rodzaju obiektem są relikty fos średniowiecznych, które w odmienny sposób, jednak również destabilizująco, wpływają na właściwości nośne podłoża. W podłożu Okołu znajdują się obie fosy: „starsza” zorientowana równolegle do murów za granicą osady Około, po północnej stronie, i „młodsza” – po południowej stronie nieruchomości ss. Bernardynek (ryc. 1B). W rejonie klasztoru od strony południowej, na terenie ogrodów ss. Bernardynek, wykonane w przeszłości badania archeologiczne i szereg otworów wiertniczych, wykazały obecność północnego odcinka fosy „młodszej” Okołu, której bieg w dużym obniżeniu wyznacza strefa pomiędzy ulicą Senacką i Poselską (Zaitz, 2006; ryc. 1B).

Występujące w podłożu Okołu przepuszczalne utwory piaszczyste i żwirowe, naniesione przez Wisłę, a także Rudawę od zachodu i Prądnik od wschodu, utworzyły trójkątną w kształcie powierzchnię odsypiska o formie stożkowej – „stożek Rudawy i Prądnika”. To suche i wyraźne wyniesienie w stosunku do krawędzi terasu powodziowego stworzyło korzystne warunki dla założenia tu osady (Krasnowolski, 2007, 2012; Radwański 2007). Jednak obiekty klasztorne, podobnie jak inne budowle zajmujące historyczne tereny związane w Krakowie z granicą „stożka” i strukturami wzmacniającymi obronność podgrodzia (mury, palisady ziemno-drewniane, a zwłaszcza fosy sztuczne) są posadowione na podłożu antropogenicznym (Jurczakiewicz & Karczmarczyk, 2011; Wardas i in., 2014). Przez to pojawiają się przekształcenia prowadzące do wzrostu niejednorodności podłoża, które oddziałują na obiekty naziemne, a także na infrastrukturę wodno-ściekową, skutkując obserwowanymi szkodami budowlanymi, a nawet pojawiającymi się zagrożeniami katastrof konstrukcyjnych. Z problemami natury geomechanicznej mierzy się klasztor ss. Bernardynek od dawna (Follprecht, 2007). Dlatego rozpoznanie stanu podłoża i stratygrafii nawarstwień w strefach biegu historycznych fos, młynówek i kolektorów ścieków, zasypanych w przeszłości, może być pomocne do sformułowania strategii ratowania budowli zabytkowych zlokalizowanych w sąsiedztwie takich obiektów.

SPOSÓB I MIEJSCA OPRÓBOWANIA

Profilowanie otworowe i opróbowanie gruntów z ośmiu małośrednicowych, rdzeniowanych otworów wiertniczych, z użyciem wiertel koronkowych, umożliwiło przeprowadzenie geoanalizy ośrodka podłoża (tj. rozpoznanie litologii i miąższości poszczególnych warstw, określenie cech fizycznych gruntów i warunków hydrogeologicznych) w rejonie klasztoru ss. Bernardynek. Mechaniczne otwory wiertnicze wykonano wiertnią z koronką diamentową, a obraz struktur wziernikowanych endoskopem, oświetlającym wewnątrz pod kątem 120° (ledowe źródło światła), zapisywano w postaci cyfrowej.

Otwory rozmieszczono w dwóch obszarach/pasach po cztery otwory w każdym (ryc. 2). Na planie klasztoru dla ułatwienia orientacji i wskazania lokalizacji miejsc wykonywania otworów wiertniczych zamieszczono fragment



Ryc. 2. Obraz struktur podziemnych w obrębie dziedzińca kościelnego klasztoru ss. Bernardynek
 Fig. 2. The layout of underground structures within the church yard of the Bernardine Sisters Convent

ortofotomapy (<https://www.google.com/maps/>), w ułożeniu zgodnym z zamieszczonym planem. Na planie wskazano charakterystyczne elementy, przede wszystkim granice dziedzińca, obrys muru od strony ul. Poselskiej, granice elewacji wejściowej do kościoła św. Józefa, a także budynki kapelani.

Pierwszy układ lokalizacji otworów (A–A') nawiązano do przeprowadzanych prac remontowych muru, otacza-

jącego dziedziniec klasztoru od strony ul. Poselskiej, w bezpośrednim jego sąsiedztwie, wierząc otwory w chodniku. Drugi wykonano w strefie sąsiadującej z kościołem (B–B'), w tym trzy otwory rozmieszczono w obrębie ozdobnego klombu ze studnią i jeden w chodniku naprzeciw wejścia do kościoła.

Na planie (ryc. 2), oprócz miejsc lokalizacji otworów wiertniczych, zaznaczono także linie, w odniesieniu do

których wykonano przekroje „nawarstwień”. Uzyskano w ten sposób dwa profile układu warstw, odwzorowujące w płaszczyźnie pionowej budowę wglębną podłoża, których „złożenie” pozwala na zwizualizowanie przestrzenne morfologii struktur podziemnych. Na przekrojach wskazano miejsca występowania gruntów typu namulów, które ze względu na właściwości fizykochemiczne są podatne na przemiany mechaniczne (upłynnienie, wysuszenie, zmiana objętości), co w konsekwencji może wpływać na stateczność podłoża.

METODYKA BADAWCZA

Kolejne odcinki profili gruntowych i obrazy struktury podłoża zarejestrowano za pomocą mini kamery endoskopu, scharakteryzowano stan, rodzaj, barwę i uziarnienie gruntu. Z kolei w laboratorium sporządzono dla poszczególnych, litologicznie wyróżnionych warstw, wyciągi wodne (standardowo w stosunku 1 : 3) do pomiarów podstawowych wskaźników fizykochemicznych. Zawartość wody i substancji organicznej określono metodą strat masy, odpowiednio w temperaturze 105 i 550°C. W wybranych próbkach metodą Scheiblera określono zawartość węglanów. Stężenie pierwiastków oznaczono po wykonaniu ekstrakcji chemicznej kwasami nieorganicznymi (odwrócona woda królewska). W tym celu z próbek gruntu wydzielono ilościowo frakcję <0,2 mm na mokro, z udziałem sit polietylenowych. Zawartość wybranych pierwiastków, w namulach i piaskach w strefie fosi i poza nią, oznaczono we frakcji <0,2 mm, za pomocą spektrometru firmy Perkin Elmer SCIEX (USA) model Elan 6100 z plazmą argonową, w akredytowanym Laboratorium Hydrogeochemicznym KHGI na Wydziale Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska AGH w Krakowie (Certyfikat Akredytacji PCA nr AB 1050).

STAN PODŁOŻA I OCENA JAKOŚCI GRUNTÓW NA TLE UWARUNKOWAŃ GEOŚRODOWISKOWYCH I ANTROPOGENICZNYCH

Rozpoznanie profilu gruntowego w poszczególnych otworach wiertniczych i pomiar wybranych parametrów fizykochemicznych umożliwiły określenie rodzaju i cech wskaźnikowych poszczególnych warstw. Dało to podstawę do sporządzenia oceny stanu podłoża w obrębie dziedzińca przed kościołem św. Józefa. Ich celem było określenie przyczyn niszczenia obiektów budowlanych oraz infrastruktury podziemnej, ale także rozpoznanie genezy obecności zanieczyszczeń w podłożu.

Dla każdego otworu na podstawie pobieranych próbek (mini rdzenie) utworzono profil geologiczny terenowy w skali 1 : 1 i laboratoryjny w skali 1 : 10. Miniaturyzacja daje możliwość porównań i określenia grup rodzajów gruntów występujących w podłożu. Na tej podstawie typowano warstwy, z których próbki przeznaczono do dalszych badań geochemicznych.

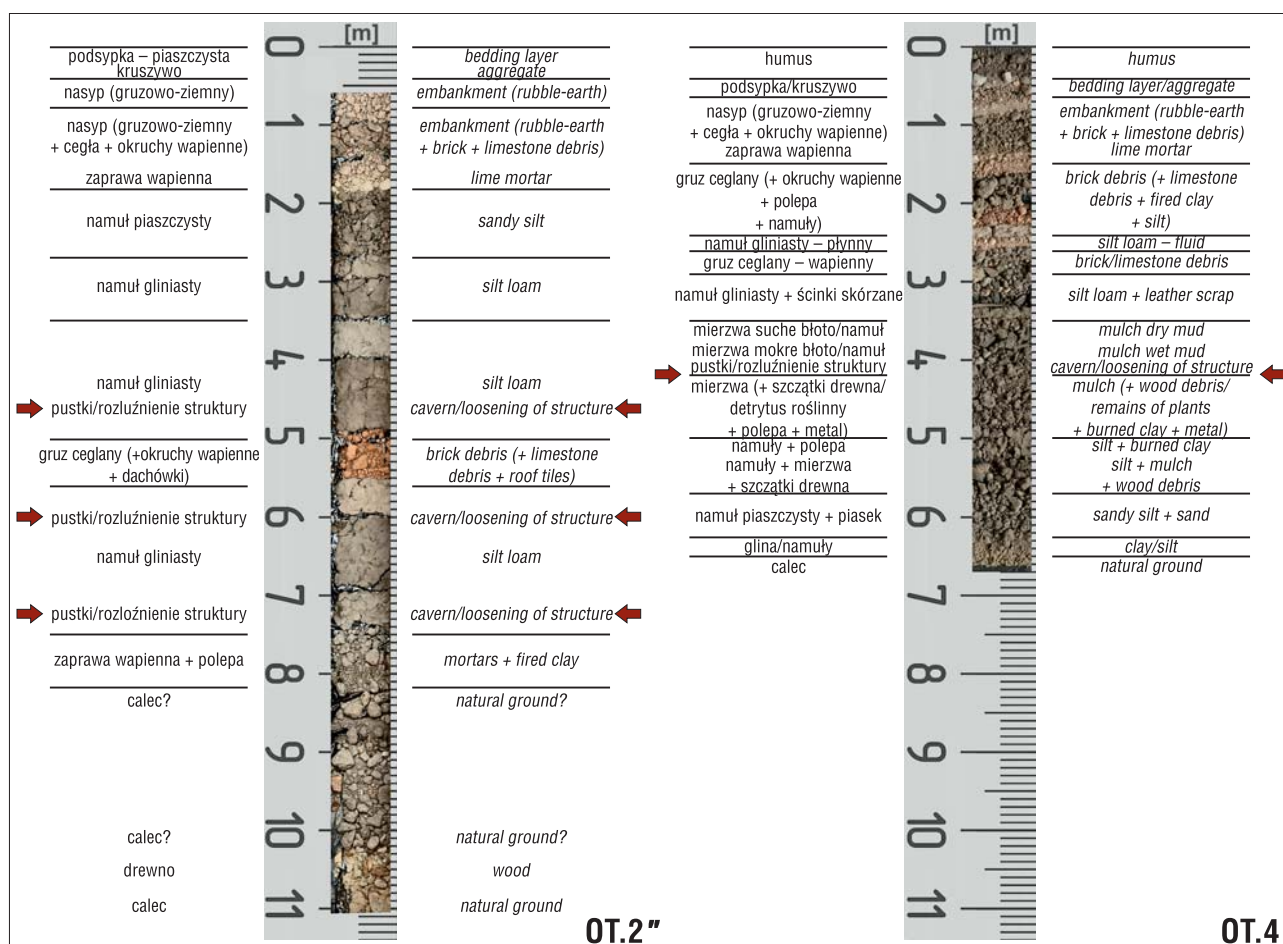
Obraz struktur podziemnych w otworze OT.2", najgłębszego z wykonanych w tym rejonie, związanego z domniemaną fosą „młodsza” lub rowem odwadniającym, którym być może odprowadzano do tej fosi wody deszczowe (i ścieki?), przedstawiono na rycinie 3. Interesujące jest porównanie powyższego układu warstw litologicznych z obrazem z drugiego otworu wiertniczego – OT.4, który

wykonano przy kościele, gdzie być może natrafiono na kontynuację biegu tego kolektora (ryc. 3).

Najistotniejsza w ocenie warunków podłoża jest naprzemianległość utworów takich jak namuły i fragmenty murów budowli lub ich destruktu. To ostatnie na schemacie (ryc. 2 i 3) oznaczono jako polepa/cegła/wapień. Pod uwagę brano jedynie te struktury, których miąższość może w sposób znaczący oddziaływać na stan i nośność podłoża. W tym kontekście istotna jest także ilość i rozmiar stwierdzonych stref rozluźnień struktury gruntów, a zwłaszcza istnienie kawern pokaźnych rozmiarów – wskazano je czerwonymi strzałkami na rycinach 2 i 3. Z kolei na zielono (ryc. 2) zaznaczono miejsca, w których są obecne, pograżone w namulach, historyczne odpady ogólnobytowe, zawierające dużą ilość detrytusu organicznego lub składniki o charakterze odpadów produkcyjnych, w tym przypadku odpadki skór (ryc. 3). Z ich udziałem grunty uzyskują strukturę zbliżoną do namulów torfiastych. Na żółto (ryc. 2) zaznaczono linie – poziomy zalegania „calca”. Po „złożeniu” obu przekrojów zarysowuje się istnienie w podłożu struktury utożsamianej z fosą, prawdopodobnie tzw. młodszą fosą Okołu.

Istnienie fosi dokumentowały także odwierty archeologiczne wykonane w latach 60. XX w. w ogrodzie ss. Bernardynek, położonym na południe od dziedzińca kościoła św. Józefa (Radwański, 1960a *vide* Niemiec, 2009). Jej przebieg, uwzględniając obecne badania, wyznaczałby kierunek NW–SE. Nie ma jednak w tym względzie jednoznacznych ustaleń, gdyż badania prowadzone w 2014 r. na terenie ogrodu (Wardas-Lasoń i in., 2014) wykazały również obecność nawodnionych namulów, ale w części zachodniej pod murem ogrodu, a więc na linii wyznaczonej biegiem ulicy Senackiej. Zatem być może głęboka i wąska struktura w podłożu dziedzińca to jedynie rów drenarski, także pełniący rolę kolektora ścieków. W opracowaniu Niemca i in. (2012) jest przytoczony podobny przykład wąskiego rowu drenażowego, oblicowanego drewnem i uszczelnionego od zewnątrz ilastym piaskiem, który „oddzielał zabudowę bloku z działkami mieszczańskimi od uliczki użytkowanej na zasypisku dawnej fosi, w miejscu dzisiejszych Plant oraz zabezpieczał tę niżej położoną uliczkę przed gwałtownym zalewaniem przez wody gruntowe i opadowe”.

Stan i właściwości fizykochemiczne, odczyn (pH), przewodność elektrolityczna właściwa (PEW), potencjał oksydacyjno-redukcyjny (Eh) próbek podłoża z utworów „calca”, a zwłaszcza udział substancji organicznej wskazują, że obecnie analizowana fosa/rów mogła być strukturą utworzoną przez wkopanie się w „stożek Prądnika”. Utwory piaszczyste w niej obecne, zwłaszcza w strefie stropowej, mogły mieć rozluźnioną strukturę, co umożliwiałoby przedostawanie się mocno zdyspergowanej substancji organicznej, a także materiału ilastego w postaci zawiesiny w głąb podłoża. Sytuacja taka była możliwa właśnie za sprawą istnienia fosi lub rowu odwadniającego, który w wyniku erozji koryta mógł powodować mieszanie się piasków „calcowych” z osadami niesionymi przepływem wód. Z tego względu w powierzchniowych utworach „calcowych” są obecne zanieczyszczenia antropogeniczne. Natomiast w próbkach nawierconych z głębszych poziomów „calca”, mimo niewykazywania makroskopowo rozpoznawalnych faz tego typu, nadal występuje „wzbogacenie” w niektóre składniki chemiczne. Uwidacznia to znaczne pod-



Ryc. 3. Obraz struktur podziemnych w obrębie otworów OT.2" i OT.4
 Fig. 3. The layout of underground structures within the OT.2" and OT.4 holes

wyższenie wartości przewodnictwa wyciągów wodnych. Tym samym stanowi to potwierdzenie nie tylko pierwotnej obecności „fosy”, ale także faktu, że mogła ona być odbornikiem ścieków.

„Calec” w podłożu dziedzica klasztoru ss. Bernardynek jest zatem utworem, który zalega na poziomie ok. 3–4 m p.p.t. W jednym miejscu na głębokości 8 do nieco ponad 11 m występujące tam piaski „calcowe” zawierają fazy antropogeniczne. Obecność bardzo drobnych fragmentów cegieł czy drewna, „zanieczyszczających” ich skład mineralny spowodowała, że uzyskiwane podczas wiercenia grunty piaszczyste, dodatkowo zabarwione dużą ilością ciemnej frakcji organicznej, nie zostały uznane za „calec”. Makroskopowe zróżnicowanie litologiczne, a także zawartość artefaktów, analiza układu nawarstwień i rodzaj oraz właściwości fizykochemiczne gruntów ośrodka, stanowiącego podłoża dziedzica wykazały, że w obrębie wkopu(?) „fosy” są to piaski „calcowe” tego samego rodzaju, co zalegające pod dziedzińcem (przeważnie na głęb. 3–4 m p.p.t.). W miejscu dzisiejszej bramy, w podłożu murów dziedzińca kościoła św. Józefa od strony ulicy Poselskiej piaski te mogły być parokrotnie przekopane. Występują one na głębokości 11 m, znacząc głęboki i wąski rów. Ta struktura mogła służyć celom obronnym lub/i drenującym ten obszar, a być może w kolejnych etapach rozwoju miasta została wykorzystana do odprowadzania ścieków.

W miejscu, w którym obecnie stoi klasztor, w przeszłości po wylewach Wisły i spływach powierzchniowych

nanoszących osady błota z rejonu placu Wszystkich Świętych lub Rynku, wąskie, głębokie wkopy mogły być stosowane podczas prac osuszających teren. Po jakimś czasie zasypywano zabagnienia materiałem odpadowym, którego nagromadzenie i kompaktacja poprawiały nośność podłoża, stwarzając możliwość zagospodarowania przestrzeni w odmiennych celach użytkowych. W efekcie tego, zanieczyszczenia historyczne, z dzisiejszego punktu widzenia nazywane odpadami, wytworzyły znaczne obszary charakteryzujące się, wg dzisiejszych zasad ochrony środowiska, ponadnormatywnym skażeniem. Jak pokazują dotychczasowe badania (Wardas i in., 2006; Wardas-Lasoń i in., 2010) wyższe zawartości metali nie dotyczą jedynie stref związanych z przebiegiem kolektorów ściekowych czy miejsc gromadzenia odpadów, ale także bruków, poziomów użytkowych zarówno miejskich, jak i podwórkowych, a nawet cementarzy.

Zabiegi osuszania i wzmacniania podłoża nie mogły być w pełni skuteczne, gdyż tak jak obecnie, także w przeszłości dochodziło tu zapewne do katastrof budowlanych. Przy takim zróżnicowaniu rodzajów gruntu tylko dokładne rozpoznanie struktury podziemnej mogłoby wskazać odpowiednie i skuteczne rozwiązania, poprawiające stateczność podłoża.

Należy zwrócić uwagę, że „fosa” jest położona na linii od dawna uważanej przez geologów i hydrogeologów za strefę kumulującą ważniejsze kierunki spływów wód powierzchniowych i podziemnych, odwadniających znaczną

część powierzchni „stożka Prądnika” (Setmajer, 1973). W przeszłości dodatkowo jeszcze w ten rejon kierowano wodę sztucznym korytem, tzw. młynówką (Rudawka), celem m.in. zaopatrzenia klasztoru Dominikanów (Komorowski, 2007). To właśnie jej wylot najprawdopodobniej zasilał „starszą” fosę Okołu. W ten sposób zmienione w przeszłości stosunki wodno-gruntowe, stanowią współcześnie zasadniczy czynnik oddziałujący na stan infrastruktury pod- i naziemnej.

Najistotniejsze działania wpływające w przeszłości na strukturę gruntów w tym rejonie należy wiązać z wykopaniem obu fos, zasilaniem „starszej” fosy wodami młynówki, „młodszej” zaś rowami odwadniającymi i ściekami, a następnie ich zasypywanie i budowanie wałów i murów obronnych. To tego typu budowle uniemożliwiły/zatamowały swobodny odpływ wody oraz migrację zawiesiny i drobnych frakcji osadów wodnych.

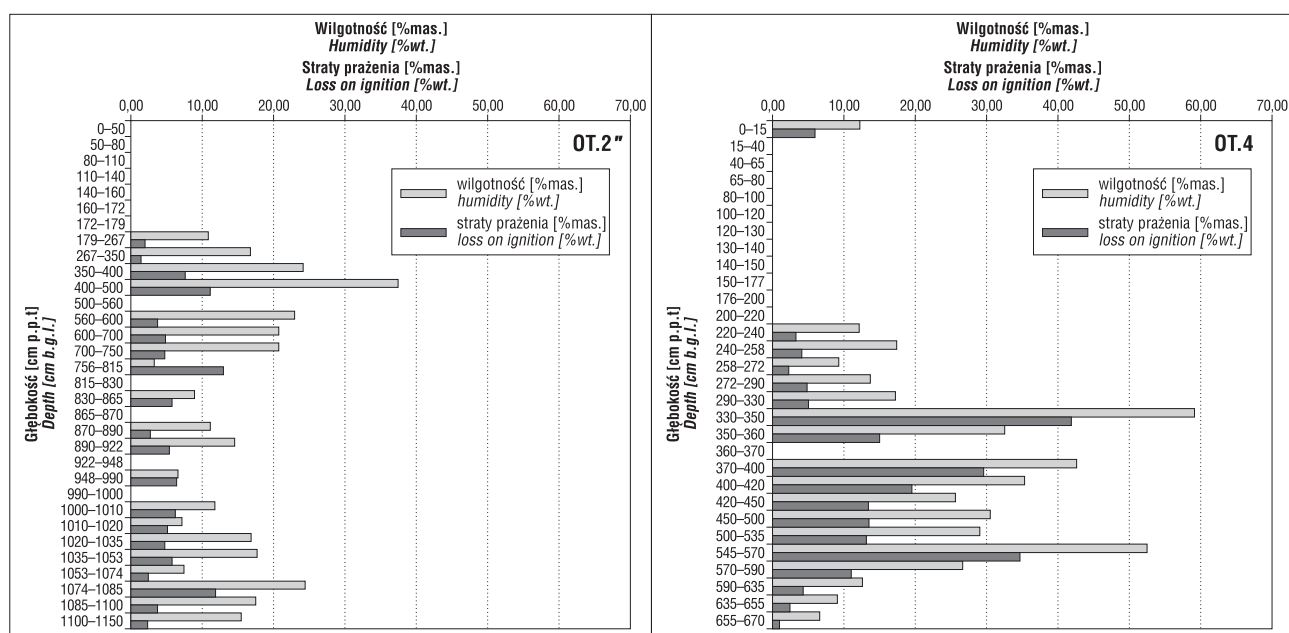
Szczegółowe badania, we wszystkich miejscach prawdopodobnego, a nierozpoznanego do dzisiaj biegu historycznych cieków, mogłyby pomóc ustalić ich chronologię, a także wpływ na podłoże i obiekty na powierzchni terenu. Tym samym możliwa byłaby optymalizacja postępowania przy okazji remontów czy inwestycji budowlanych, które mimo konieczności ingerencji w podłoże nie musiałyby wzmagać oddziaływania niekorzystnych czynników, wygenerowanych działalnością naszych przodków (Tobiasz, 1977).

Na tym etapie badań można przypuszczać, że w Krakowie na obszarze Starego Miasta, mamy do czynienia ze zjawiskiem (samoistnego lub zainicjowanego antropogenicznie) udrożnienia form fos historycznych. Jednym z dowodów na powyższą tezę może być stan studni klasztornych ss. Bernardynek. Mimo utrzymującej się w 2015 r. suszy, w studni na dziedzińcu poziom wody wzrósł o 1 m. Studnię tę schematycznie zaznaczono na obrazie układu przestrzennego nawarstwień historycznych, zaznaczając na nim 2 m słup wody (ryc. 2). Druga studnia klasztorna (dziedziniec po

północnej stronie od kościoła św. Józefa) obecnie jest także ponownie eksploatowana na potrzeby gospodarcze i po zastosowaniu pompy głębinowej o dużej wydajności wskazuje na dostateczną zasobność ujęcia. Trwają badania mające na celu określenie stanu zasobów i zmian jakości wody pod wpływem ponownej eksploatacji studni.

Na kolejnych rycinach (ryc. 3 i 4), na przykładzie omawianych otworów wiertniczych, ze strefy A–A' – OT.2" i z B–B' – OT.4, pokazano dla wyróżnionych w profilach warstw litologicznych, reprezentowanych przez próbki gruntów (skala 1 : 10) (ryc. 3), wyniki pomiarów wskaźników fizykochemicznych (ryc. 4). Wybrano je z tego względu, że otwór 2" natrafił prawdopodobnie na największe przegłębienie rowu/fosy – strefę być może nurtu głównego, natomiast otwór 4 (w strefie otworów wiertniczych, wykonywanych w celu wyznaczenia linii przebiegu domniemanej fosy) być może stanowi jego kontynuację. Jest wielce prawdopodobne (jednoznaczne potwierdzenie tego faktu uniemożliwiają wykonywane w przeszłości prace osuszeniowe i zasypywanie dawnych koryt), że w tym miejscu mamy do czynienia z „młodszą” fosą średniowieczną Okołu lub rowem melioracyjnym należącym do jej „zlewni”, o przebiegu zgodnym z linią o kierunku NW–SW (co zaznaczono na planie – ryc. 2). Niezmiernie ważnym jest ustalenie, czy w podłożu obiektów klasztornych ss. Bernardynek, w obrębie struktury związanej z historyczną fosą/rowem, ma miejsce przepływ wody w kierunku Plant. Ewentualna jego obecność może powodować trudne do określenia skutki oddziaływania na teren i cenne zabytkowe budowle.

Analiza geochemiczna może być pomocna w określeniu powiązań hydraulicznych oraz ocenie zasięgu oddziaływania zjawiska udrożnienia „fosy” na infrastrukturę wodno-kanalizacyjną i budowle naziemne. Najistotniejsze badania dotyczą tych warstw gruntów, które są utożsamiane z najstarszą generacją namulów, zalegającą najgłębiej w podłożu, związaną z wczesnym etapem funkcjonowania Krako-



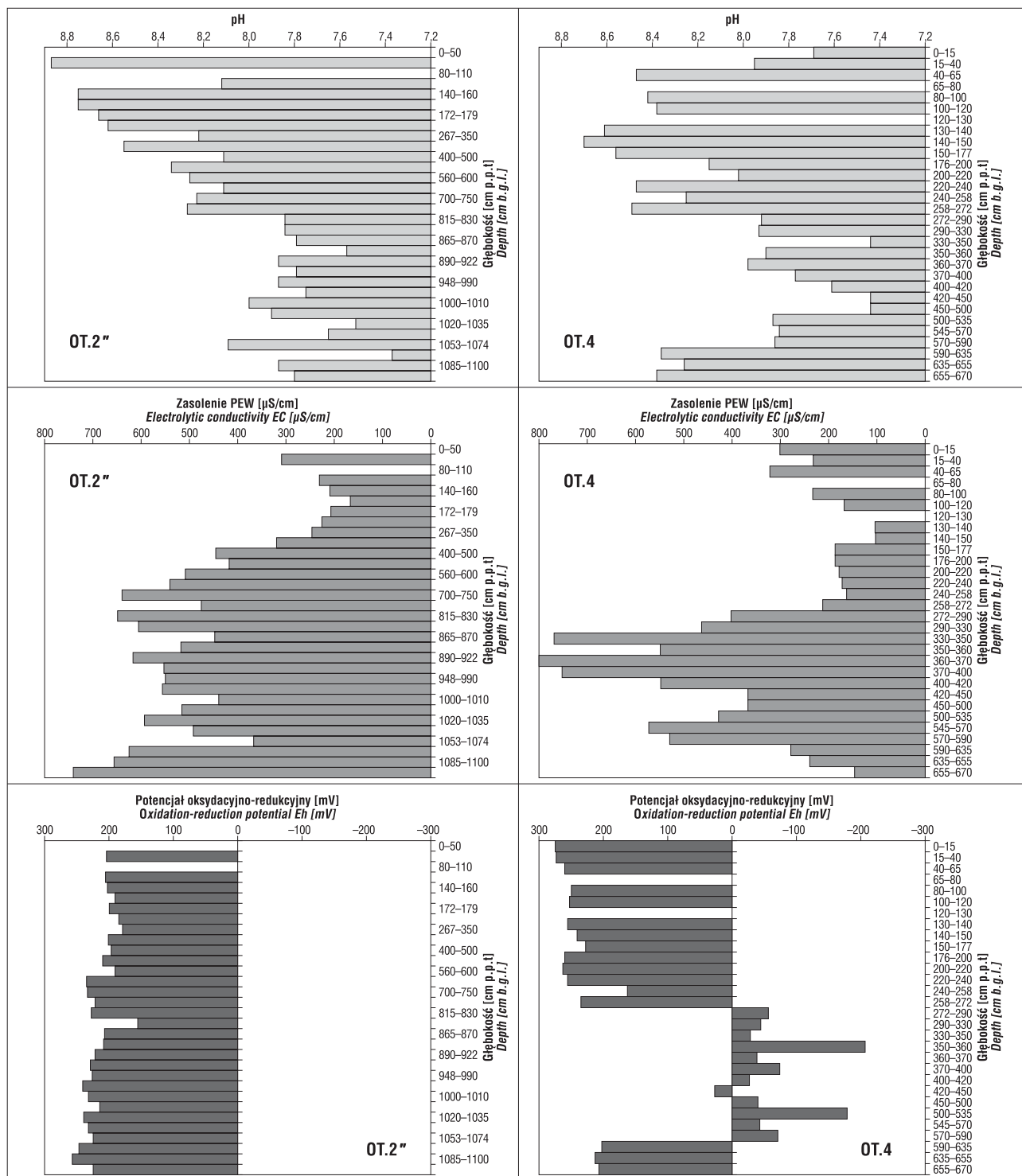
Ryc. 4. Warstwy gruntów w profilowanych otworach wiertniczych OT.2" i OT.4, w tym zmiany wilgotności i zawartości substancji organicznej (straty prażenia – LOI)

Fig. 4. The earth layering in the OT.2" and OT.4 drill holes, including changes in hydration and the content of organic matter (loss on ignition LOI)

wa. Analiza wskaźników fizykochemicznych pokazuje, że potencjał redox (Eh) w gruntach otworu 2" nie wykazuje, mimo obecności namulów, istnienia warunków beztlenowych. Dla osadów tego typu zwykle warunki takie są charakterystyczne i także stwierdzone w otworze OT.4. W strefie reprezentowanej otworem 2" wszystkie próbki wykazały natlenienie (potencjał Eh ma wartość dodatnią), co także może potwierdzać istnienie strefy udroźnionej, związanej ze swoistym „płynięciem” w tym rejonie wody w warstwach podłoża, zwłaszcza w obrębie „fosy” i terenów

do niej przyległych (ryc. 5). Ten fakt z kolei, wobec występowania strefy rozluźnień, a nawet kawern (zarejestrowanych z użyciem kamery endoskopu), może powodować, że pod ziemią tworzy się niezdefiniowana, co do przebiegu czy intensywności, sieć korytarzy, rozgałęzień, kawern oraz innych zjawisk, których natężenia i skali bez całościowego rozpoznania nie można zdiagnozować.

W pozostałych otworach w pobliżu klasztoru także wykonano badania stanu zanieczyszczenia gruntów. Interesujące okazało się porównanie wskaźników ich jakości,



Ryc. 5. Warstwy gruntów w profilowanych odwiertach OT.2" i OT.4, w tym zmiany wartości odczynu pH, zasolenia (PEW) i potencjału (Eh)
 Fig. 5. The earth layering in the OT.2" and OT.4 drill holes, including changes in the value of pH, electrolytic conductivity (EC) and oxidation-reduction potential (Eh)

na podstawie których można ocenić jakim przekształceniom fizykochemicznym podlegało podłoże.

W badaniach geochemicznych pominięto analizę gruntów podsypki i nasypów nowożytnych, z uwagi na bardzo niejednorodny skład ziarnowy i fazowy, wpływ warunków atmosferycznych na zawartość wody w gruntach, a także wykorzystywanie jej do podlewania klombów i innych zabiegów związanych z pracami porządkowymi i budowlanymi. Kontrolnie wykonano jedynie badania warstwy humusowej z klombu.

W tabelach 1 i 2 zestawiono, dla charakterystycznych wytypowanych grup rodzajów gruntu w strefie oddziaływania fosy/rowu, wartości odczynu (pH), wskaźników zasolenia, którego miarą jest przewodnictwo (PEW) i stopień natlenienia – potencjał redox (Eh), mierzone w sporządzonej zawieszynie wodnej próbek gruntów (1 : 3). Wyraźnie daje się zaobserwować, że zasolenie w utworach w strefie fosy jest większe niż w otworach sąsiednich poza jej strukturą, w których „calec” występował znacznie płycej pod poziomem terenu. Namuły mają co prawda zbliżone wartości przewodności (319–540 $\mu\text{S}/\text{cm}$), jednak piaski „calcowe” w dnie fosy wykazują wyraźnie większe zasolenie (616–740 $\mu\text{S}/\text{cm}$) niż podłoże niedrenowane przez wody w tym samym kolektorze (145–256 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Także odczyn (pH) w dnie fosy jest niższy (ok. 7,8) niż w podłożu terenów sąsiednich (8,11–8,42). Może to świadczyć o „przemiany” osadów „calcowych” fosy/rowu wodami zawierającymi ścieki pochodzenia bytowego, które mają właściwości zakwaszające. Wykonane dla pojedynczych próbek pomiary zawartości węglanów wykazały, że nasypy nowożytnie zawierają ich zmienne ilości procentowe w zakresie 2,7–7,2, w namułach – 5,3–6,6, natomiast w piaskach „calcowych” – 0,1–0,8. W strefie „fosy” przemieszany „calec” zawierał 2,2% węglanów, w strefie nienaruszonej znacznie mniej – 0,8. Dowodzi to, że w składzie mineralnym i fazowym obok ziaren kalcytowych są obecne okruchy cegieł lub rozlasowanej zaprawy wapiennej.

Wyraźnie podwyższone koncentracje, tj. przekraczające standardy środowiskowe dla gleby i ziemi (Rozporządzenie, 2002), a także dla osadów zbiorników wodnych (Rozporządzenie, 2015) stwierdzono głównie w przypadku takich pierwiastków jak miedź i ołów. W namułach maksymalne stężenia wynosiły 300 mg Pb/kg i 227 mg Cu/kg, natomiast w piaskach 84 mg Pb/kg i 228 mg Cu/kg. Pod tym względem strefa „fosy” jest także zanieczyszczona w większym stopniu niż rejony poza nią. Podkoncentrowanie As, Co, Fe w strefie dna fosy wykazują szczególnie piaski. W namułach fosy, ale i sąsiednich terenów, uwagę zwracają również wyższe niż dopuszczalne stężenia rtęci. Obecność metali, zwłaszcza Cu i Pb, może wskazywać na wpływ lokalnej działalności rzemieślniczej i ewentualnie metalurgicznej osad przedpola Okołu i/lub oddziaływania funkcjonującej w przeszłości Wielkiej Wagi na Rynku (Garbacz-Klempka i in., 2012) (tab. 2).

DYSKUSJA

W wyniku wierceń uzyskano w sumie ok. 51 mb profili gruntów. Wśród nich „calec”, reprezentowany przez osady piaszczyste i piaszczysto-żwirowe „stożka Prądnika”, występuje na różnych głębokościach, tj. od 4,2 do 11,50 m. Jak się wydaje, przedział ten wynika raczej z przekopania

Tab. 1. Zmiany wartości przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW), odczynu (pH) i potencjału oksydacyjno-redukcyjnego (Eh) próbek gruntów z wybranych warstw litologicznych z podłoża klasztoru

Table 1. Changes in the value of electrolytic conductivity (EC), pH and oxidation-reduction potential (Eh) of ground samples of selected lithological layers of the substrate of the monastery

Głębokość [cm p.p.t.] Depth [cm b.g.l.]	PEW [$\mu\text{S}/\text{cm}$]	pH	Eh [mV]	Litologia Lithology
OT.1				
190–210	340	8,03	250	namuły silts
415–430	256	8,25	246	piaski sands
OT.2'				
180–215	423	7,84	236	namuły silts
400–420	471	8,38	222	namuły silts
440–450	145	8,42	219	piaski sands
OT.2''				
350–400	319	8,55	202	namuły silts
600–750	540	8,11	235	namuły silts
890–922	616	7,87	227	piaski sands
1110–1150	740	7,80	225	piaski sands
OT.3				
200–240	404	8,07	232	namuły silts
380–430	194	8,11	245	piaski sands

utworów calcowych, niż ze zróżnicowania reliefu pierwotnej morfologii. Nad „calcem” na głębokości ok. 11 m występują warstewki osadów tej samej generacji – piasków, które są zanieczyszczone, co objawia się udziałem makroskopowo widocznych faz antropogenicznych, zabarwieniem żółtych osadów na kolor szary lub ciemnoszary oraz podwyższeniem wartości wskaźników fizykochemicznych, głównie przewodności (PEW). Utwory są natlenione, z tego względu także rozpuszczone w wodzie gruntowej metale, a zwłaszcza żelazo mogą wykazywać tendencję do wytrącania się z wody. W ten sposób mogło dochodzić do zanieczyszczenia „calca” z jednej strony na drodze penetracji roztworów wodnych zawierających rozpuszczoną substancję organiczną i drobno zdyspergowaną zawieszinę, barwiącą osady na kolor szary, a z drugiej w wyniku mechanicznego mieszania składników podłoża z osadami niesionymi przez przepływające wody „fosy”.

Znaczny udział w „nawarstwieniach” gruntów w poszczególnych otworach stanowią plastyczne, mocno uwodnione namuły, osiągające miejscami miąższość nawet 3,2 m. Osady te występują we wszystkich profilach, na ogół jako dwa poziomy wiekowe. Młodsze osady są obecne w postaci leżących na głębokości ok. 2 m lub nieco płycej warstw o miąższości przeważnie kilkudziesięciu centymetrów,

Tab. 2. Zmiany zawartości wybranych pierwiastków w próbkach gruntu (frakcja <0,2 mm) z wybranych warstw z podłoża klasztoru
Table 2. Changes in the content of selected elements in soil samples from selected layers in the ground (fraction <0.2 mm) of the monastery

Głębokość p.p.t. Depth b.g.l. [cm]	Frakcja Fraction <0,2 mm [%mas.]	Ag	As	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Ni	P	Pb	S	Sn	Zn
		[mg/kg]														
OT.1																
190–210	38,7	1,2	5,6	0,3	8,4	10,1	123,0	11471	0,3	638,9	13,4	18497	141,8	1089	14,7	155,1
415–430	15,4	<0,01	1,6	0,1	8,0	9,7	45,9	7498	<0,01	309,0	10,3	4974	12,2	197	2,5	45,3
OT.2'																
180–215	54,6	33,4	5,6	0,3	10,1	10,9	173,8	11706	1,3	484,7	16,4	11327	229,5	897	20,8	116,7
400–420	57,8	4,8	7,2	0,3	7,1	11,3	183,5	11168	1,5	506,0	13,6	10936	149,5	646	12,8	112,6
440–450	25,8	0,9	3,6	0,1	21,9	9,9	122,0	6354	<0,01	349,1	9,5	7605	17,0	312	4,4	88,8
OT.2''																
350–400	44,3	4,9	6,6	0,3	4,6	11,0	155,6	10610	0,8	481,0	12,8	10548	149,1	627	9,7	117,5
600–750	26,5	8,5	5,0	0,3	7,9	13,8	227,0	13597	1,6	565,8	19,0	11939	217,8	1300	14,6	131,4
890–922	32,0	2,1	2,6	0,2	4,2	12,3	110,4	10542	1,1	295,4	15,8	8449	255,4	1386	8,2	103,2
1110–1150	12,5	<0,01	33,1	0,7	19,3	9,7	228,1	34600	0,1	312,7	52,3	8834	81,4	3604	4,2	95,8
OT.3																
200–240	31,9	3,7	6,0	0,3	5,7	12,6	192,3	12138	1,8	716,1	18,0	11458	300,6	1407	12,7	155,2
380–430	21,7	<0,01	1,4	0,0	14,1	16,1	89,2	12103	0,3	793,8	13,5	13038	25,6	248	6,1	88,1
Klark – średnia zawartość Klark – average composition																
Skały osadowe Sedimentary rocks ¹⁾	–	–	7	0,3	3,5	13	25	–	0,1	–	5,3	–	20	–	–	37
Gleba i ziemia Soil and earth ²⁾	–	–	20	1	20	50	30	–	0,5	–	35	–	50	–	–	100
Osady wodne Water sediments ²⁾	–	–	30	7,5	–	200	150	–	1	–	75	–	200	–	–	1000

¹⁾ Bojakowska & Sokołowska, 1998; ²⁾ Wardas-Lasoń, 2014.

a w dwóch otworach – ponad 1 m. Starsze osady zalegają na głębokości 3–5 m i osiągają przeważnie większe miąższości, zwykle ponad 1 m. Jedne i drugie są reprezentowane przez szaroczarne średnio spoiste utwory gliniaste, mocno uwodnione, w dwóch przypadkach płynne. W otworach w strefie sąsiadującej z kościołem, wykonanych w obrębie klombu, namuły w warstwie głębszej były prawdopodobnie zasypywane odpadami ogólnobytowymi i poprodukcyjnymi (odpadki skór). Zwraça uwagę fakt, że poziomy zalegania namułów są głębsze niż przeciętny (3–4 m) poziom występowania „calca”, co także świadczy o działalności naszych przodków, która była związana z ingerencją w naturalne podłoże, być może w związku z wykonywanymi pracami drenarskimi, gospodarowaniem odpadami czy działalnością rzemieślniczą.

Ze wstępnych badań archeologicznych i obserwacji makroskopowych wynika, że są w nich obecne fragmenty skór oraz artefakty ceramiczne i metalowe, przez co zostały nazwane mierzwą, czyli warstwą odpadkową. Badania chemiczne wykazały, że są zanieczyszczone metalami, głównie ołowiem i miedzią. Zasypywanie namułów miało prawdopodobnie na celu stabilizację podłoża, a być może wykonywano je w związku z umocnieniami brzegów fosy. Otworami stwierdzono, pomiędzy warstwami namułów, również dwie generacje murów lub destruktu murów, co także powoduje powstawanie stref ułatwiających wodzie pene-

trację podłoża, upłynnianie i rozluźnianie struktury namułów. W wielu miejscach stwierdzono obecność kawern, które osiągały rozmiar nawet 35 cm, w nich po krótkim czasie obserwowany był napływ uwodnionych osadów.

Wykonanie kolejnych otworów wzdłuż ogrodu i muru od strony Plant pozwoli na dokładne rozeznanie biegu tego typu historycznych sieci wodnych i pełniejszą diagnozę przyczyn niestateczności podłoża. Umożliwi to także wskazanie „źródła” zanieczyszczeń oraz pozwoli na rozpoznanie połączeń hydraulicznych średniowiecznych fos w rejonie wschodniej części Starego Krakowa.

PODSUMOWANIE

Analizowano wyniki uzyskane z otworów wiertniczych, wykonanych w obrębie niewielkiej części Starego Miasta. Niestety w tak ważnych rejonach historycznych brak jest programowego rozpoznawania stanu podłoża, a zwłaszcza położenia warstw wodonośnych. Uszkodzenia zabytkowych budowli powstają właśnie z udziałem wód gruntowych, przy występowaniu wrażliwych na zmiany stosunków wodnych struktur „nawarstwień historycznych”.

Obecność namułów w podłożu klasztoru ss. Bernardynek jest związana z przebiegiem „fosy” lub kanału odwadniającego, który mógł funkcjonować w kilku okresach historycznych. Został on zasypywany zróżnicowanym pod względem

przepuszczalności materiałem, dlatego powstały strefy czynne – udrożnione i nieczynne – lepiej zagęszczone. W ten sposób w podłożu pojawiły się struktury słabsze obok mocniejszych, zdolnych do przenoszenia obciążeń pochodzących od stawianych w różnych okresach budynków. Należy podkreślić, że uwagi te dotyczą nie tylko zabudowań klasztornych ss. Bernardynek. Rozpoznanie struktury podłoża, zwłaszcza wskazanie stref obecności uwodnionych osadów związanych z głównymi kolektorami wodno-ściekowymi, może przyczynić się do ustalenia genezy niszczenia zabytkowych budowli Starego Krakowa i intensyfikacji tego procesu w ostatnim czasie. Badania geochemiczne pozwalają na rozpoznanie stanu zanieczyszczenia gruntów w podłożu, a w Krakowie koncentracje miedzi i ołowiu, można traktować jako swoiste znaczniki, ułatwiające określenie przebiegu i zasięgu podziemnych sieci wodnych (Błoński & Szwarzewski, 2008; Biel & Serwatka, 2014).

Badania są kontynuowane i na obecnym etapie można stwierdzić, że analizy fizykochemiczne i geochemiczne obok określenia litologii, stanu podłoża także pod względem zanieczyszczenia, mogą dopełniać ustalenia archeologów. Diagnostyką bowiem przebieg procesów, na drodze których dochodzi do przekształceń struktury i wzbogacenia gruntów w materiały antropogeniczne. W przypadku artefaktów wykorzystywanych do datowania względnego może to być szczególnie pomocne.

Projekty badawcze związane z nawarstwieniami historycznymi są realizowane od 2004 r. wspólnie z archeologami, geomorfologami, geofizykami i przedstawicielami pokrewnych dziedzin. Określona po opracowaniu stratygrafii jakości gruntów, może być wykorzystywana dodatkowo jako specjalny wskaźnik, a niekiedy nawet jako geoindykator (Garbacz-Klempka i in., 2012; Wardas-Lasoń & Garbacz-Klempka, w druku).

Dziękuję za współpracę wszystkim, dzięki którym możliwe było wykonanie otworów wiertniczych i badań. Za wyjątkowo cenne i poprawiające jakość artykułu wskazówki chcę podziękować Recenzentom i Redakcji. Mimo zarzutów i wytkniętych mankamentów, w sposobie zaprezentowania wyników oraz pewnych nieścisłościach nomenklaturowych, w Państwa recenzjach dało się odczuć przede wszystkim pozytywną ocenę sensu realizacji tego typu interdyscyplinarnych badań, za co jestem szczególnie wdzięczna. Za dużą pomoc w poprawie czytelności rycin dziękuję także grafikowi PG.

Badania dofinansowano z umowy statutowej AGH nr 11.11.140.199.

LITERATURA

BIEL R. & SERWATKA K. 2014 – Późnośredniowieczny wodociąg z wykopalisk przy ul. Kazimierza Wielkiego we Wrocławiu. *Śląskie Sprawozdania Archeologiczne*, 56: 283–300.
 BŁOŃSKI M. & SZWARZEWSKI P. 2008 – Zapis działalności człowieka w osadach wypełniających dno doliny Nasielnej w Nasielsku. *Landform Analysis*, 9: 272–275.
 BOJAKOWSKA I. & SOKOŁOWSKA G. 1998 – Geochemiczne klasy czystości osadów wodnych. *Prz. Geol.*, 46 (1): 49–54.
 BÓROWIEJSKA-BIRKENMAJEROWA M. 1975 – Kształt średniowiecznego Krakowa. Kraków.
 CEMBRZYŃSKI P. 2011 – Zaostrzenie w wodę i usuwanie nieczystości w miastach stref bałtyckiej i sudecko-karpackiej w XIII–XVI wieku. *Wratlavia Antiqua* 14. Wrocław.
 FOLLPRECHT K. 2007 – Nieruchomości miasta Krakowa w czasach Sejmu Czteroletniego. *Archiwum Państwowe*. Kraków.
 FURMANEK M., WIŚNIEWSKI A., GEDIGA K., JARY Z., LISA L., PISZCZ U. & SKRZYPEK G. 2011 – „Odkryć niewidoczne”. Wybrane zagadnienia z geoarcheologii Śląska. [W:] Żelaźniewicz A., Wojewo-

da J. & Cieżkowski W. (red.), *Mezozoik i Kenozoik Dolnego Śląska*. Wyd. WIND, Wrocław: 159–168.
 GARBACZ-KLEMPKA A., WARDAS-LASOŃ M. & RZADKOSZ S. 2012 – Miedź i ołów – zanieczyszczenia historyczne na Rynku Głównym w Krakowie. *Arch. Foundary Eng.*, 12.1: 33–38. <http://bazadata.pgi.gov.pl>
<http://mapire.eu>
<https://www.google.com/maps>
 JAMROZ J.S. 1967 – Układ przestrzenny Krakowa przed i po lokacji 1257 r. *Kwart. Arch. Urb.: teoria i historia*, 12 (1): 17–49.
 JURCZAKIEWICZ S. & KARCZMARCZYK S. 2011 – Zabezpieczenie historycznych sklepień z zasypem gruzowym. *Czas. Tech., Architektura*, 2 A, 11 (108): 287–294.
 KADŁUCZKA A. 2007 – Przekształcenia przestrzenne rejonu Rynku Głównego w Krakowie we wczesnym średniowieczu (do końca XI wieku) w świetle ostatnich badań. *Wiadomości Konserwatorskie*, 21: 5–10.
 KLEIN F. 1914 – Planty krakowskie. *Towarzystwo Ochrony Piękności Miasta Krakowa i Okolicy*, Kraków.
 KOMOROWSKI W. 2007 – Rozwój urbanistyczno-architektoniczny Krakowa intra muros w średniowieczu [W:] Wyrozumski J. (red.), *Nowe studia nad rozwojem miasta*. Biblioteka Krakowska, 150: 153–188.
 KRĄPIEC M., SZYCHOWSKA-KRĄPIEC E., DANEK M. & KLUSEK M. 2006 – Analiza dendrochronologiczne drewna pozyskanego w trakcie badań wykopaliskowych prowadzonych w Krakowie na Rynku Głównym po zachodniej stronie Sukiennic. *Materiały Archeologiczne*, 36: 181–188.
 KRASNOWOLSKI B. 2007 – Lokacje i rozwój Krakowa, Kazimierza i Okołu. *Problematyka rozwiązań urbanistycznych* [W:] Wyrozumski J. (red.), *Nowe studia nad rozwojem miasta*. Biblioteka Krakowska, 150: 386–387.
 KRASNOWOLSKI B. 2008 – Lokacje na prawie niemieckim a układy urbanistyczne i architektura Krakowa w wiekach XII i XIV. [W:] Grzybowski A., Żygulski Z. jun. & Grzybkowska T. (red.), *Urbs celeberrima: księga pamiątkowa na 750-lecie lokacji Krakowa*. Kraków: 23–82.
 KRASNOWOLSKI B. 2012 – Ze studiów nad wodą w średniowieczu i nowożytności [W:] Wardas-Lasoń M. (red.), *Nawarstwienia historyczne miast: Forum Naukowe 2008*. Wyd. AGH: 325–346.
 KUCIA A. 2011 – Funkcje rzemieślniczo-handlowe rynków średniowiecznego Krakowa, Kazimierza i Kleparza. [W:] Krabath St., Piekalski J. & Wachowski K. (red.), *Ulica, plac i cmentarz w publicznej przestrzeni średniowiecznego i wczesnonowożytnego miasta Europy Środkowej*. *Wratlavia Antiqua*, 13: 259–268.
 KUKULAK J. 2004 – Zapis skutków osadnictwa i gospodarki rolnej w osadach rzeki górskiej (np. aluwiów dorzecza górnego Sanu w Bieszczadach Wysokich). *Wyd. Nauk. AP, Kraków*.
 LABERSCHER J. 2008 – Kraków i okolice w drugiej połowie XVI w. [W:] Rutkowski H. (red.), *Atlas historyczny Polski. Województwo krakowskie w drugiej połowie XVI wieku, cz. II, Komentarz, indeksy*. *Wyd. Neriton, Warszawa*.
 ŁUSZCZKIEWICZ W. 1899 – Najstarszy Kraków na podstawie badania dawnej topografii. *Rocz. krakowski*, 2: 1–28.
 ŁYCZAK M. & GÓRSKI R. 2013 – Wyniki badań archeologicznych prowadzonych w rejonie bazyliki św. Trójcy na terenie placu Dominikańskiego w Krakowie. [W:] Markiewicz A., Szyma M. & Walczak M. (red.), *Sztuka w kręgu krakowskich dominikanów*. *Studia i źródła Dominikańskiego Inst. Hist.*, 13: 234–256.
 ŁYSKOWSKI M. & WARDAS-LASOŃ M. 2012 – Georadar investigations and geochemical analysis in contemporary archaeological studies. *Geol., Geoph. Environ.*, 38 (3): 307–315.
 MÜNCH H. 1958 – Kraków do roku 1257 włącznie. *Kwart. Arch. Urb.: teoria i historia*, 8 (1): 1–40.
 NIEMIEC D. 2006 – *Archeologia średniowiecznego Uniwersytetu Krakowskiego*. *Alma Mater*, 82: 30–34.
 NIEMIEC D. 2008 – *Średniowieczny Rynek Krakowski*. *Alma Mater*, 109: 84–90.
 NIEMIEC D. 2009 – *Archeologia w badaniach nad średniowiecznymi miastami Ziemi Krakowskiej*. [pracy doktorska]. Biblioteka Jagiellońska, Kraków.
 NIEMIEC D. 2011 – *Bruki na placach i ulicach średniowiecznego zespołu miejskiego Kraków-Kazimierz-Kleparz*. [W:] Krabath St., Piekalski J. & Wachowski K. (red.), *Ulica, plac i cmentarz w publicznej przestrzeni średniowiecznego i wczesnonowożytnego miasta Europy Środkowej*. *Wratlavia Antiqua*, 13: 275–290.
 NIEMIEC D., NOCUN P., NOWAK K., SZTYBER A. & WOJENKA M. 2012 – *Stratygrafia nawarstwień kulturowych w zachodniej części Ogrodu Profesorskiego UJ w Krakowie* [W:] Wardas-Lasoń M. (red.), *Nawarstwienia historyczne miast: Forum Naukowe 2008*. Wyd. AGH: 207–223.
 NIEWALDA W. & KRASNOWOLSKI B. 1981 – *Układy urbanistyczne Okołu – próba rekonstrukcji*. *Teka Komisji Urbanistyki i Architektury*, 15: 69–82.

- NIEWALDA W., ROJKOWSKA H. & ZAITZ E. 2001 – Średniowieczne fortyfikacje Krakowa – odcinek północny w świetle ostatnich badań. *Krakowska Teka Konserwatorska*, 3: 5–68.
- NIEZABITOWSKI M. 2007 – Geografia a historia Krakowa. Warunki naturalne rozwoju Krakowa [W:] Wyrozumski J. (red.), Kraków: nowe studia nad rozwojem miasta. Kraków: 19–42.
- PIANOWSKI Z. 2007 – Wawel około roku 1250. *Wiadomości Konserwatorskie*, 21: 11–14.
- PIEKALSKI J. 2004 – Elementy infrastruktury średniowiecznego Wrocławia. [W:] Piekalski J. & Wachowski K. (red.) Wrocław na przełomie średniowiecza i czasów nowożytnych. Materialne przejawy życia codziennego. *Wratislavia Antiqua*, 6: 9–24.
- POCIASK-KARTECZKA J. 1994 – Przemiany stosunków wodnych na obszarze Krakowa. *Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr.*, 96: 1–38.
- RADWAŃSKA T. 1971 – Umocnienia Okołu w Krakowie. *Mat. Archeol.*, 12: 15–40.
- RADWAŃSKI K. 1972 – Stosunki wodne wczesnośredniowiecznego Okołu w Krakowie, ich wpływ na topografię osadnictwa, próby powiązania tych zjawisk ze zmianami klimatycznymi. *Mat. Archeol.*, 13: 5–37.
- RADWAŃSKI K. 1975 – Kraków przedlokacyjny – rozwój przestrzenny. Warszawa.
- RADWAŃSKI K. 1995 – 40 lat istnienia archeologicznej służby konserwatorskiej oraz 40 lat badań archeologicznych w Krakowie (poczynania organizacyjne, ważniejsze ustalenia badawcze). *Mat. Archeol.*, 28: 5–35.
- RADWAŃSKI K. 2007 – Kraków przedchrześcijański. [W:] Wyrozumski J. (red.), Nowe studia nad rozwojem miasta. Biblioteka Krakowska 150, Kraków: 89–119.
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 9 września 2002 r. w sprawie standardów jakości gleby oraz standardów jakości ziemi. *Dz.U. z dnia 4 października 2002 r. Nr 165, poz. 1359.*
- ROZPORZĄDZENIE Ministra Środowiska z dnia 11 maja 2015 r. w sprawie odzysku odpadów poza instalacjami i urządzeniami. *DZ.U. z dnia 12 czerwca 2015 r. poz. 796.*
- SCHEJBAL-DEREN K. & GARBACZ-KLEMPKA A. 2010 – Działalność krakowskiej wielkiej Wagi w kontekście badań metaloznawczych, *Krzysztofony. Zesz. Nauk. Muz. Hist. Miasta Krakowa*, 28: 31–50.
- SETMAJER J. 1973 – Główne rysy budowy geologicznej oraz pierwotnej topografii Krakowa i strefy przełomowej Wisły. *Acta Archeol. Carpathica*, 13: 137–151.
- SMOLSKA E. & SZWARCZEWSKI P. 2014 – Landscape changes based on sedimentological and geochemical studies in the region of Brudzeń Duży. *Miscellanea Geographica – Regional Studies on Development*, 18 (1): 52–60.
- SOKOŁOWSKI T., WACNIK A., WARDAS M., PAWLIKOWSKI M., PAZDUR A., MADEJA J., WORONKO B. & MADEJ P. 2008 – Changes of natural environment in Krakow downtown – its chronology and directions. Case geoarchaeological studies of Krupnicza street site. *Geochronometria*, 31: 7–19.
- SOWINA U. 2005 – Zanieczyszczenie wód w miastach średniowiecznych i wczesnonowożytnych. *KHKM*, 53 (3/4): 319–330.
- SOWINA U. 2009 – Woda i ludzie w mieście późnośredniowiecznym i wczesnonowożytnym. *Ziemie polskie z Europą w tle*. Wyd. IAIe PAN, Kraków.
- SOWINA U. 2011 – Kanaly wód odpływowych w późnośredniowiecznym i wczesnonowożytnym Krakowie. [W:] Krabath St., Piekalski J. & Wachowski K. (red.), Ulica, plac i cmentarz w publicznej przestrzeni średniowiecznego i wczesnonowożytnego miasta Europy Środkowej, *Wratislavia Antiqua* 13: 269–274.
- SOWINA U. 2012 – Studnie w przestrzeni intra muros późnośredniowiecznego Krakowa. [W:] Wardas-Lasoń M. (red.), Nawarstwienia historyczne miast: *Forum Naukowe* 2008. Wyd. AGH: 136–149.
- SZWARCZEWSKI P. 2004 – Wybrane geochemiczne i teksturalne cechy działalności człowieka – współczesnej i w przeszłości. *Prace i Studia Geogr.*, 33: 83–92.
- SZWARCZEWSKI P. 2005 – Geochemiczny i paleogeograficzny zapis dynamiki procesów rzeźbotwórczych w holocenie na przykładzie stoków w okolicach Płocka. [W:] Richlinga A. & Lechnio J. (red.), *Z problematyki funkcjonowania krajobrazów nizinnych*. Warszawa: 77–88.
- ŚWISZCZOWSKI S. 1955 – Mury miejskie Krakowa. *Ochrona Zabytków* 8/3 (30): 161–177.
- TOBIASZ M. 1955 – Zagrożenie zabytków Krakowa przez dawne kanały i wody gruntowe, *Ochrona Zabytków* 8/4 (31): 237–234.
- TOBIASZ M. 1958 – Historyczny rozwój sieci wodnej Krakowa i jej wpływ na urbanistykę miasta, *Zesz. Nauk. Politech. Krak., Architektura*, 2 (6): 15–83.
- TOBIASZ M. 1977 – Dziejowe przemiany sieci wodnej i zagospodarowania przestrzennego Krakowa. Komisja Budownictwa i Gospodarki Wodnej w Rolnictwie, PAN, Oddział w Krakowie: 1–119.
- TOMKOWICZ S. 1907 – Kołłątajowski plan Krakowa z r. 1785. *Rocz. Krakowski*, 9: 149–176.
- TYCZYŃSKA M. 1968 – Rozwój geomorfologiczny terytorium miasta Krakowa. *Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr.* 17: 5–68.
- WALCZAK K. 2013 – Klejnot miasta zaginiony. *Zarys dziejów krakowskiego kościoła Wszystkich Świętych do końca XVI wieku*. *Folia Historica Cracoviensia*, 19: 133–158.
- WARDAS M., PAWLIKOWSKI M. & ZAITZ E. 2006 – Systemy średniowiecznej kanalizacji Krakowa jako ochrona przed antropogeniczną modyfikacją środowiska. [W:] Latocha A. & Traczyk A. (red.), *Zapis działalności człowieka w środowisku przyrodniczym. Metody badań i studia przypadków*, Wrocław: 136–146.
- WARDAS-LASOŃ M. 2014 – The Influence of Sewage System on the Functioning and Quality of Krakow's Watercourses. *J. Geol. Res.*, vol. 2014. Article ID 910982, 13 p., <http://dx.doi.org/10.1155/2014/910982>.
- WARDAS-LASOŃ M., ZAITZ E. & SUCH J. 2010 – Metale ciężkie w nawarstwieniach historycznych krzyża Sukiennic – próba ustalenia dróg migracji zanieczyszczeń, *Krzysztofony. Zesz. Nauk. Muz. Hist. Miasta Krakowa*, 28 (2): 193–200.
- WARDAS-LASOŃ M., ŁYSKOWSKI M., MOŚCICKI J., SOKOŁOWSKI T., BOJĘŚĆ-BIAŁASIK A., NIEMIEC D., KUCIA A., GARBACZ-KLEMPKA A., MAZUREK E., CŹWIKLIK M., MARSZAŁEK M., KASPRZAK A. & ZIĘTEK J. 2014 – Zmiany właściwości podłoża w aspekcie zagrożenia budowli klasztornych w rejonie ul. Poselskiej w Krakowie. *J. Civil Eng., Environ. Architect. JCEEA*, 31 (61): 361–385.
- WARDAS-LASOŃ M. & GARBACZ-KLEMPKA A. [w druku] – Historical metallurgical activities and environment pollution at the sub-stratum level of the Main Market Square in Krakow. *Geochronometria* [in press].
- WĘCŁAWOWICZ T. 2007 – Założenie miasta w Krakowie – czyli o symbolicznym wymiarze Wielkiej Lokacji z roku 1257. *Wiadomości Konserwatorskie*, 21: 15–19.
- ZAITZ E. 1976 – Badania archeologiczne w południowej części Plant przy ul. Waryńskiego w Krakowie (południowo-wschodnia krawędź Okołu). *Materiały Archeologiczne*, 16: 71–115.
- ZAITZ E. 1979 – Żelazny skarb stulecia: Kraków ul. Kanoniczna 1., *Z otchłani wieków*, 45: 260–270.
- ZAITZ E. 2006 – Osadnictwo wczesnośredniowieczne na terenie Krakowa. [W:] Firllet E. (red.), *Kraków w chrześcijańskiej Europie X–XIII w*. Katalog. Kraków: 221–273.
- ZAITZ E. 2012 – The settlement of Kraków before the settlement charter. *Analecta Archaeologica Ressoviensia*, 7: 187–244.
- ZGŁOBICKI W. 2010 – Metody geochemiczne i radiochemiczne w badaniach dynamiki procesów stokowych. *Prace i Studia Geogr.*, 45: 105–124.
- ZGŁOBICKI W. 2013 – Impact of microtopography on the geochemistry of soils within archaeological sites in SE Poland. *Environ Earth Sci.* 70: 3085–3092.