

Alina Jarmontowicz, Róża Krzywobłocka-Laurów

Skład zapraw w murach obronnych Starego Miasta w Warszawie

Ochrona Zabytków 49/4 (195), 359-364

1996

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

SKŁAD ZAPRAW W MURACH OBRONNYCH STAREGO MIASTA W WARSZAWIE

Warszawa już od średniowiecza posiadała mury obronne, które otaczały ją pojedynczym pierścieniem od strony skarpy wiślanej i podwójnym od stron równinnych (il. 1). Po najeździe szwedzkim mury utraciły swoje znaczenie obronne. Nie zostało ono już nigdy przywrócone późniejszymi naprawami i uzupełnieniami. Do końca XVIII w. istniały jeszcze wszystkie bramy wjazdowe i większość ciągu samych murów, lecz na początku XIX w. bramy zostały rozebrane, a duże fragmenty murów zniknęły w otaczającej zabudowie. W 1936 r. Zarząd Miejski podjął inicjatywę odświeżenia i utrwalenia murów obronnych¹.

Po wojnie kilkakrotnie podejmowano prace remontowe murów. Do odpowiedniej ich konserwacji konieczne było przeprowadzenie szczegółowych badań. Pierwsze badania podjęte były przez Zakład Architektury Polskiej Politechniki Warszawskiej i obejmowały inwentaryzację murów, typowanie miejsc badań archeologicznych oraz wierceń. W ich trakcie wykonywano szczegółowy opis powierzchni murów. Sporządzono przy tym ujednolicony formularz, który zawierał szkic elewacji muru, wymiary cegieł, uwagi dotyczące proponowanych prac rekonstrukcyjnych i konserwatorskich. Opis ten nie uwzględniał jednak danych na temat składu zapraw zastosowanych do spoinowania murów².

W kolejnych pracach renowacyjnych również nie prowadzono rejestracji danych o składzie zapraw. Dopiero w 1993 r. przeprowadzono badania, których ce-

lem było odtworzenie pierwotnego składu zapraw w spoinach wybranych fragmentów murów obronnych Starego Miasta.

Najstarsze fragmenty obronnych murów ceglanych były spoinowane zaprawą wapienną. Brak jest jednak danych na temat składu tych zapraw. Przy kolejnych remontach murów do spoinowania stosowane były zaprawy o składach zróżnicowanych. Profesor Jan Zachwatowicz podczas renowacji murów w 1937 r. stosował specjalną, czarną zaprawę do wykonania spoiny, wyraźnie oddzielającej najstarszą część muru od rekonstruowanej (il. 2). W dostępnym piśmiennictwie nie natrafiano na receptury tych zapraw.



2. Mur wewnętrzny naprzeciwko ul. Podwale 15 — przykład zastosowania „czarnej” spoiny do zaznaczenia starych fragmentów murów. Fot. Agnieszka Jarmontowicz

2. Outer walls opposite 15 Podwale St. Example of the use of „black” binding for marking old fragments of walls. Photo: Agnieszka Jarmontowicz



1. Mur zewnętrzny (niski z półbasztą) i mur wewnętrzny (wysoki), widok od strony południowej. Fot. Agnieszka Jarmontowicz

1. Outer wall (low, with the first bastion) and inner wall (high). View from the south. Photo: Agnieszka Jarmontowicz

Skład zapraw w obronnych murach staromiejskich określony na podstawie badań laboratoryjnych

W badaniach składu zapraw istotne jest rozróżnienie składu pierwotnej zaprawy i składu stwardniałej zaprawy. W składzie pierwotnym zaprawy znajduje się spoiwo, woda zarobowa i wypełniacz. Spoiwo budowlane jest to sproszkowany materiał, który po zmieszaniu z wodą lub innym roztworem, wskutek reakcji chemicznych wiąże i twardnieje, uzyskując cechy ciała

1. T. Przytkowski, J. Zachwatowicz, *Mury obronne Warszawy*, Warszawa 1938.

2. Z. Tomaszewski, *Inwentaryzacja murów obronnych Starej Warszawy* (w:) *Stare Miasto w Warszawie, odbudowa*, „Teki Konserwatorska”, z. 4, Warszawa 1956.

stałego. Wypełniaczem przeważnie jest piasek kwarcowy lub mączki mineralne o odpowiednim uziarnieniu. Po stwardnieniu w zaprawie występuje stwardniały zaczyn i wypełniacz. Zaczyn stanowią produkty reakcji spoiwa z wodą i dwutlenkiem węgla z powietrza.

Odtworzenie pierwotnego lub wyjściowego składu zaprawy wymaga oznaczenia rodzaju i ilości spoiwa i wypełniacza użytego do wykonania świeżej zaprawy. W zależności od rodzaju zastosowanego spoiwa i wypełniacza dobiera się odpowiedni tok postępowania przy badaniu zaprawy.

Odtworzenie pierwotnej zawartości spoiwa w zaprawach możliwe jest jedynie przy zastosowaniu kompleksowych badań analitycznych, pozwalających na identyfikację składników zaczynu i oznaczenie wza-

jemnej proporcji badanych składników. Najczęściej stosowanymi do tego celu metodami są: analiza rentgenograficzna, analiza termiczna, obserwacje w mikroskopach optycznych i elektronowych, a często także analiza spektrofotometryczna w podczerwieni.

Oprócz oględzin makroskopowych wykonano oznaczenia części nierozpuszczalnych w kwasie solnym, analizę rentgenograficzną i termiczną badanych próbek. Wybrane próbki zapraw poddano również obserwacjom w skaningowym mikroskopie elektronowym (w skrócie SEM) i badaniom w spektrofotometrze na podczerwień.

Próbki do badań pobrano z czternastu wytypowanych komisyjnie miejsc muru. W tablicy 1 podano wykaz miejsc pobrania próbek. Z uwagi na pobieranie

Tablica 1. Miejsce pobrania próbek zapraw do badań

Oznaczenie próbki	Miejsce pobrania zaprawy
1	Spoina wewnętrzna w murze Baszty naprzeciwko ul. Podwale 21, wysokość od poziomu terenu około 40 cm, najprawdopodobniej jest to fragment muru z renowacji prowadzonych w 1938 r. przez zespół prof. J. Zachwatowicza
2	Spoina wewnętrzna muru Baszty Prochowej naprzeciwko ul. Podwale 21, wysokość od poziomu terenu 150 cm, powyżej fugi odcinającej stary mur
3	Spoina zewnętrzna, miejsce pobrania tak jak próbki nr 2
4	Spoina wewnętrzna, po prawej stronie pomnika Małego Powstańca naprzeciwko ul. Podwale 23, wysokość od poziomu terenu 130 cm, fragment z napraw w 1991 r.
5	Spoina zewnętrzna, miejsce pobrania tak jak próbki nr 4
6	Spoina wewnętrzna, Barbakan strona płn., wysokość od poziomu terenu 130 cm, fragment z napraw w 1991 r.
7	Spoina wewnętrzna, Barbakan za pierwszą przyporą, fragment z napraw w 1991 r.
8	Zaprawa, przymurek przy wejściu na ul. Szeroki Dunaj, fragment muru z reparaacji wykonywanych w 1970 r.
9	Zaprawa wewnętrzna, naprzeciwko ul. Podwale 23, stary mur, wiek zaprawy niezany
10	Spoina wewnętrzna z fragmentu muru z nowej cegły naprzeciwko ul. Podwale 27, wysokość od poziomu terenu 160 cm, prawdopodobnie zaprawa ta pochodzi z robót wykonywanych w czerwcu 1993 r.
11	Spoina zewnętrzna z fragmentu muru z połączeń nowej cegły ze starą naprzeciwko ul. Podwale 27, wysokość od poziomu terenu 70–80 cm
12	Spoina wewnętrzna, mur przy szóstym okienku po prawej stronie Małego Powstańca w kierunku Barbakanu, prawdopodobnie spoina ta pochodzi z 1993 r.
13	Spoina zewnętrzna, miejsce pobrania tak jak próbki nr 12
14	Spoina wewnętrzna z muru zewnętrznego po lewej stronie bramy przy kładce naprzeciwko ul. Podwale 27, wysokość od poziomu kładki 160 cm, prawdopodobnie jest to zaprawa z najstarszej części muru, specjalnie oddzielonego ciemną zaprawą przez prof. J. Zachwatowicza w czasie renowacji murów w 1937 r.

próbek ze stosunkowo cienkich spoin muru i zabytkowy charakter obiektu, masa próbek była ograniczona i zawierała się w granicach dla większości próbek od 30 do 100 gramów.

Pobrane próbki zapraw poddano oględzinom makroskopowym. Określono zabarwienie świeżego przełamania zapraw i rodzaj znajdującego się w nich wypełniacza. Wyniki obserwacji makroskopowych próbek zamieszczono w tablicy 2. We wszystkich zaprawach wypełniaczem jest piasek kwarcowy. Zabarwienie zapraw określano na świeżym przełamaniu, a nie na powierzchni, gdyż powierzchnie spoin są najczęściej pokryte zanieczyszczeniami. Przy odtwarzaniu składu zapraw istotne jest określenie rzeczywistego zabarwienia zaprawy. Badane zaprawy charakteryzowały się zróżnicowanym zabarwieniem. Można w nich było wyróżnić zaprawy o zabarwieniu beżowym, kremowo-beżowym oraz szarym w różnych odcieniach. W niektórych próbkach widoczne były białe wtrącenia. Złożone są one głównie z kalcytu, który utworzył się z wyjściowych, grubych ziarn wapna. Skład ich został stwierdzony na podstawie wyników analizy spektrofotometrycznej w podczerwieni. Zabarwienie świeżego przełamania zaprawy często może sugerować rodzaj spoiwa w zaprawie. Przeważnie zaprawy wapienne mają zabarwienie kremowo-beżowe lub beżowe, a cementowo-wapienne są szare.

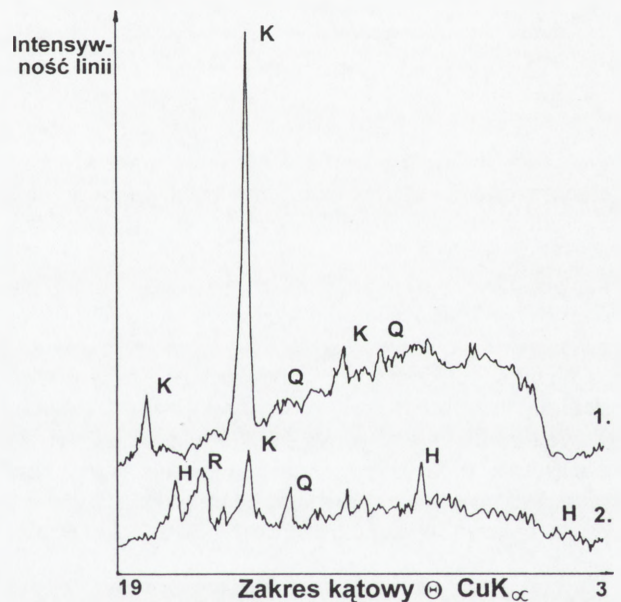
Tablica 2. Zabarwienie i rodzaj wypełniacza w zaprawach

Oznaczenie próbki	Zabarwienie świeżego przełamania zaprawy	Rodzaj wypełniacza
2	jasnoszare, białe, ciemnoszare	we wszystkich próbkach wypełniaczem jest piasek kwarcowy
3	szare	
4	niebiesko-szare	
5	beżowe	
6	jasnoszare	
7	ciemnoszare	
8	beżowo-szare	
10	jasnoszare	
11	jasnoszare	
12	ciemnoszare, miejscami białe wtrącenia	
13	ciemnoszare	
14	kremowo-beżowe, miejscami białe wtrącenia	

Ocena makroskopowa zabarwienia zaprawy jest jednak niewystarczająca do jednoznacznego określenia rodzaju spoiwa w zaprawie. Zaprawy o podobnym zabarwieniu mogą być wykonane z różnych spoiw. Z tego względu konieczna jest identyfikacja składników zaprawy metodami obiektywnymi, jakimi są badania instrumentalne.

Jednoznacznie określa się skład mineralny próbek zaprawy na podstawie analizy rentgenograficznej. W badanych zaprawach metodą tą stwierdzono występowanie minerałów charakterystycznych dla zaprawy wapiennej i cementowo-wapiennej.

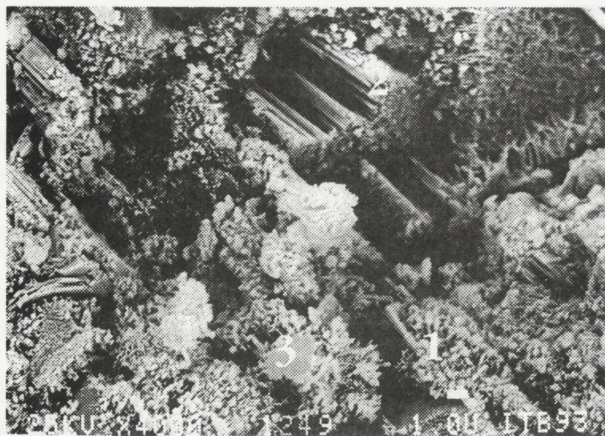
Minerały charakterystyczne dla zaprawy wapiennej występują w spoinie z najstarszego fragmentu muru (próbka nr 14). Stwierdzono w niej węglan wapnia w postaci kalcytu i kwarc. Dyfraktogram tej próbki zamieszczono na il. 3.



3. Fragment dyfraktogramów zaczynu wyseparowanego z zapraw: 1 — wapiennej (próbka nr 14), 2 — cementowo-wapiennej (próbka nr 11); K — linie kalcytu, Q — linie kwarcu, R — linie reliktyw klinkieru cementu portlandzkiego, H — linie produktów hydratacji cementu

3. Fragment of the diffraction patterns of the grout separated from the mortar: 1 — lime (sample no. 14); 2 — cement-lime (sample no. 11); K — lines of calcite, Q — lines of quartz, R — lines of relics of Portland cement clinker, H — lines of cement hydration products

Minerały charakterystyczne dla zaprawy cementowo-wapiennej występują we wszystkich pozostałych próbkach. Stwierdzono w nich obecność reliktyw klinkieru cementowego oraz produktów jego hydratacji i karbonatyzacji. Relikty klinkieru występują w postaci alitu i belitu, a w niektórych próbkach także faz glinianowych. Krystaliczne produkty hydratacji to głów-

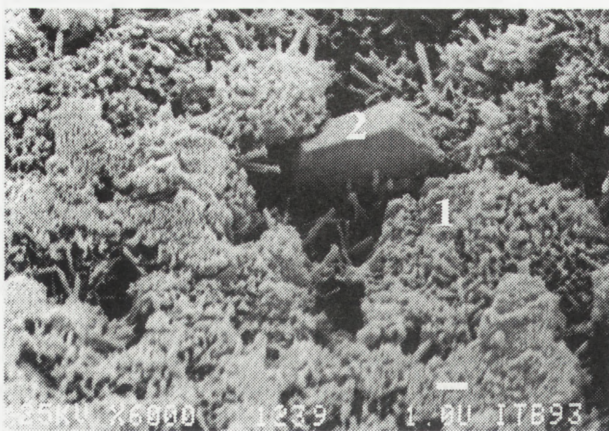


4. Zaprawa cementowo-wapienna, próbka nr 10, SEM, pow. 4000x: 1 — uwodnione krzemiany wapnia, 2 — wodorotlenek wapnia, 3 — relikty klinkieru. Fot. autorki

4. Cement-lime binding, sample no. 10, SEM, enlargement 4000x: 1 — hydrated calcium silicates, 2 — calcium hydroxide, 3 — relics of clinker. Photo: Authors

nie wodorotlenek wapnia i ettringit. Sporadycznie stwierdzono obecność uwodnionych faz glinianowych. Produkty karbonatyzacji wykryto w postaci węglanu wapnia, często w trzech odmianach polimorficznych: kalcytu, aragonitu i waterytu. Na dyfraktogramach badanych próbek występuje także kwarc pochodzący z kruszywa (il. 3).

Wyniki powyższe zostały potwierdzone danymi uzyskanymi z obserwacji mikroskopowych. Również w tych badaniach zaprawa nr 14 pobrana ze spoiny z najstarszego fragmentu muru wykazuje cechy charakterystyczne dla zaprawy wapiennej, której spoiwo przereagowało w węglan wapnia w postaci kalcytu.



5. Zaprawa cementowo-wapienna, próbka nr 4, SEM, pow. 6000 x: 1 — uwodnione krzemiany wapnia, 2 — wodorotlenek wapnia. Fot. autorki

5. Cement-lime mortar, sample no. 4, SEM, enlargement 6000x: 1 — hydrated calcium silicates, 2 — calcium hydroxide. Photo: Authors

W odróżnieniu od zaprawy wapiennej, zaczyny w pozostałych badanych próbkach zapraw charakteryzowały się budową typową dla zaczynów cementowo-wapiennych. Występowały w nich relikty nieuwodnionego klinkieru cementowego (il. 4) oraz utwory będące produktami hydratacji cementu portlandzkiego w postaci uwodnionych krzemianów wapnia, wodorotlenku wapnia (il. 5) i ettringitu. Występowały także produkty karbonatyzacji zarówno produktów hydratacji cementu, jak i wapna.

Zawartość stwardniałych zaczynów wapiennych i cementowo-wapiennych oraz zawartość piasku w badanych zaprawach oznaczono na podstawie wyników badań części nierozpuszczalnych w kwasie solnym. Dane te zestawiono w tablicy 3.

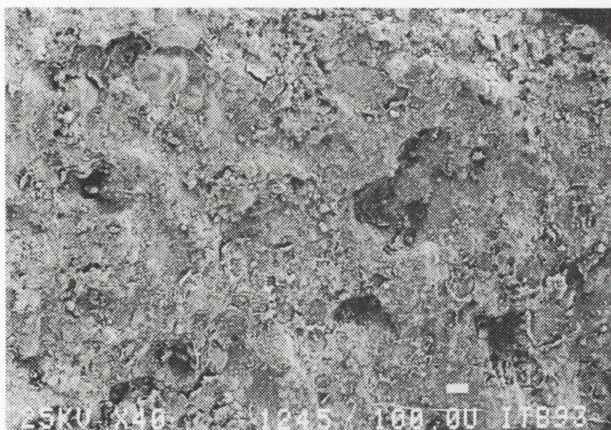
Tablica 3. Zawartość piasku i zaczynu w zaprawach

Oznaczenie próbki	Zawartość piasku % masy	Zawartość zaczynu % masy
2	52,1	47,9
3	51,3	48,7
4	79,2	20,8
5	77,8	22,2
6	70,0	30,0
7	56,0	44,0
8	76,0	24,0
10	73,7	26,3
11	70,7	29,3
12	67,2	32,8
13	58,5	41,5
14	72,5	27,5

Zawartość wypełniacza i zaczynu w badanych próbkach jest bardzo zróżnicowana. Piasek stanowi od 51,3 do 79,2% masy próbki. Zaczyn występuje w nich w ilości od 20,8 do 48,7% masy.

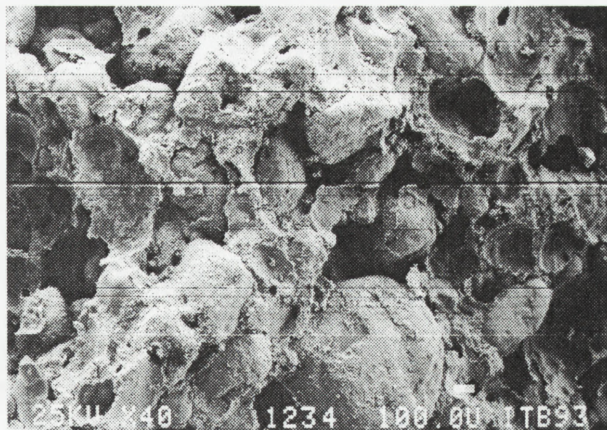
Oznaczone zawartości zaczynu (tablica 3) posłużyły do ustalenia pierwotnej zawartości spoiwa w zaprawach. Niezbędne było przy tym uwzględnienie składników przyłączonych do spoiwa pierwotnego w trakcie hydratacji i karbonatyzacji zapraw. Zawartość tych składników w zaczynie została ustalona na podstawie wyników analizy termicznej (tablica 4). Odtworzoną pierwotną zawartość spoiwa w próbkach oraz wzajemne proporcje składników w składzie wyjściowym zapraw zestawiono w tablicy 5.

Z badań pierwotnej ilości spoiwa w zaprawach wynika, że jedno z nich zawierają spoiwa powyżej 30% masowych, a w innych spoiwo występuje w ilości ponad dwa i pół razy mniejszej. Wyraźnie większą zawartość spoiwa stwierdzono w próbkach nr: 2, 3, 7 i 13. Taka ilość spoiwa znajduje odbicie w strukturze tych próbek. Widoczne jest przede wszystkim szczelniejsze



6. Zaprawa cementowo-wapienna o stosunku spoiwa do piasku jak 1:1,8, próbka nr 7, SEM, pow. 40x. Fot. autorki

6. Cement-lime mortar with the relation between the binding and sand at 1:1,8, sample no. 7, SEM, enlargement 40x. Photo: Authors



7. Zaprawa cementowo-wapienna o stosunku spoiwa do piasku jak 1:6,2, próbka nr 4, SEM, pow. 4x. Fot. autorki

7. Cement-lime mortar with the relation between binding and sand at 1:6,2, sample no. 4, SEM, enlargement 40x. Photo: Authors

wypełnienie zaczynem przestrzeni między ziarnami kwarcu. Przykładem może służyć zaprawa nr 7 (il. 6). W zaprawach o mniejszej zawartości spoiwa zaczyn nie wypełnia tak szczelnie przestrzeni między ziarnami piasku. W zaczynie takim występują duże pory powietrzne, często przylegające do ziarn piasku (il. 7).

Omówienie składu badanych zapraw

Pod względem pierwotnego składu badane zaprawy można podzielić na dwie podstawowe grupy — jedną

z nich stanowią zaprawy o spoiwie wapiennym, w drugiej znajdują się zaprawy o spoiwie cementowo-wapiennym.

Zaprawę wapienną stwierdzono w próbce pobranej ze spoiny najstarszego fragmentu muru, oznaczonego specjalną, czarną spoiną przez J. Zachwatowicza. Zaprawa wapienna składała się ze spoiwa wapiennego i wypełniacza w postaci piasku. Wypełniacz w tej najstarszej zaprawie wapiennej składa się głównie z piasku kwarcowego. W jakościowym składzie tej zaprawy stwierdzono występowanie węgla wapnia w postaci kalcytu, który powstał w trakcie reakcji pierwotnego

Tablica 4. Straty masy próbek zapraw określone na podstawie analizy termicznej

Oznaczenie próbki	Strata masy próbki, %, odpowiadająca			
	dehydratacji składników uwodnionych		dekarbonatyzacji węgla wapnia	całkowita w temp. do 1000°C
	bez Ca(OH) ₂	z Ca(OH) ₂		
2	6,7	0,0	8,0	16,8
3	7,1	0,0	7,0	14,5
4	2,5	0,1	5,4	8,0
5	2,6	0,0	5,5	8,7
6	5,0	0,9	3,2	9,1
7	7,7	0,3	5,6	13,6
8	4,2	0,4	3,0	7,6
10	3,8	0,8	3,0	7,6
11	2,7	0,1	2,6	5,4
12	4,1	0,1	5,8	10,0
13	3,6	0,0	5,6	9,5
14	2,9	0,0	9,9	14,9

Tablica 5. Pierwotna zawartość spoiwa i wzajemne proporcje składników w zaprawach

Oznaczenie próbki	Pierwotna zawartość spoiwa w zaprawie, % masowe	Stosunek masowy cementu do wapna w zaprawie	Stosunek masowy spoiwa do piasku w zaprawie
2	31,1	3,0 : 1	1 : 1,8
3	34,2	3,8 : 1	1 : 1,5
4	12,8	1,5 : 1	1 : 6,2
5	13,5	1,7 : 1	1 : 5,8
6	20,9	5,7 : 1	1 : 3,3
7	30,4	5,1 : 1	1 : 1,8
8	16,4	5,2 : 1	1 : 4,6
10	18,7	4,3 : 1	1 : 3,9
11	23,7	4,1 : 1	1 : 3,0
12	22,8	2,6 : 1	1 : 2,9
13	32,0	2,3 : 1	1 : 1,8
14	12,6	tylko spoiwo wapienne	1 : 5,8

spoiwa wapiennego z dwutlenkiem węgla i wodą. Zawartość kalcytu w badanej zaprawie wynosi 22,5% jej masy. Ilość ta odpowiada pierwotnej zawartości suchego spoiwa wapiennego w stosunku do wypełniacza jak 1:5,8. Według literatury w zabytkowych zaprawach wapiennych stosowanych w południowo-zachodnich rejonach Niemiec stosunek masy spoiwa do kruszywa wynosił około 1:2,5. Zastosowanie tak dużej ilości spoiwa w zaprawach było możliwe tylko dzięki użyciu odpowiedniej jakości wapna. Zaprawa taka mimo użycia dużej ilości wapna nie wykazywała spękań skurczowych³.

Zaprawy drugiej grupy pochodzą z okresu późniejszych napraw. W składzie wyjściowym zawierały one spoiwo mieszane cementowo-wapienne oraz wypełniacz w postaci piasku kwarcowego. Zależnie od miejsca pobrania próbki zawartość tego spoiwa jest zróżnicowana w badanych zaprawach. Stosunek masy spoiwa do piasku w składzie wyjściowym tych zapraw zawierał się w granicach od 1:1,8 do 1:6,2. Natomiast w samym spoiwie stosunek cementu do wapna wynosił od 1,5:1 do 5,7:1.

Struktura badanych zapraw wskazuje na stosunkowo mały stopień wypłukania w nich spoiwa. Z tego względu można przyjąć, że ustalony na podstawie badań stosunek spoiwa do wypełniacza dokładnie odpowiada pierwotnemu.

Zwraca uwagę duże zróżnicowanie stosunku spoiwa do wypełniacza w badanych zaprawach. Wśród badanych 12 próbek zapraw cementowo-wapiennych, w trzech stosunek masy spoiwo: piasek jest zbliżony do takiego stosunku, jaki był w najstarszej zaprawie wapiennej, to znaczy 1:5,8. W pozostałych zaprawach natomiast jest znacznie więcej spoiwa niż w zaprawie

najstarszej, np. w próbkach nr 2, 3, 7 i 13 wartość tego stosunku wynosi około 1:1,8.

Należy podkreślić, że dotychczas nie ma obowiązujących przepisów ujmujących zalecane receptury i sposoby wykonania zapraw przeznaczonych do prac renowacyjnych zabytkowych murów ceglanych. Umożliwia to dużą dowolność w doborze składu zapraw do spoinowania, co potwierdzają uzyskane wyniki badań składu zapraw stosowanych przy poprzednich renowacjach.

Tylko gruntowna znajomość technologii zapraw umożliwia zaprojektowanie właściwej zaprawy, odpowiedniej do potrzeb. W praktyce często zastosowanie niewłaściwej zaprawy prowadzi do nieodwracalnego zniszczenia zabytkowego muru. Projektowanie i wykonywanie zapraw dla konserwacji murów zabytkowych jest zagadnieniem ważnym ze względu na trwałość tych murów. W świecie poświęca się temu zagadnieniu dużo uwagi, czego wyrazem są liczne badania. Ujmuje się w nich kompleksowo problemy budowy murów ceglanych, poczynając od warunków gruntowych, spraw materiałowych, konstrukcyjnych oraz wpływu środowiska na trwałość muru. Szczególnie istotne jest dobranie odpowiednich rozwiązań materiałowych, w tym również zapraw, dostosowanych do stanu konserwowanego obiektu. Bardzo ważne jest dokumentowanie receptur zapraw stosowanych w pracach konserwatorskich.

Wyniki badań składu zapraw mogą służyć zarówno praktyce konserwatorskiej, jak i celom naukowo-badawczym, a także ułatwić wymianę informacji i doświadczeń między specjalistycznymi ośrodkami konserwatorskimi.

3. D. Knöfel, *Old and New Mortars. Material analyses and recommendations concerning historical masonry. Proceedings of the 3rd Expert Meeting NATO-CCMS Pilot Study „Conservation of Historic*

Brick Structures”, Hamburg, 2-4 November 1989, Umweltbundesamt, Berlin 1990.

Mortar Composition in the Defensive Walls of the Old Town in Warsaw

The authors examined the composition of twelve samples of mortar from the defensive binding of brick walls in the Old Town in Warsaw. The researchers applied the X-ray method, thermal analysis and observations with an optical and scanning microscope. The composition of the hardened mortar made it possible to determine the original compo-

sition. Two groups: lime and cement-lime were distinguished from the point of view of the composition of the mortar in question. A characteristic feature of the cement-lime mortar was the differentiated contents of the binder. The relation between the binding and sand in this case oscillated from 1:1,8 to 1:6,2.