

# Dorota Sobkowiak

---

## Zastosowanie zapraw wapienno-trasowych do uzupełniania ubytków w kamiennych obiektach zabytkowych

---

Ochrona Zabytków 51/1 (200), 43-46

---

1998

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](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

## ZASTOSOWANIE ZAPRAW WAPIENNO-TRASOWYCH DO UZUPEŁNIANIA UBYTKÓW W KAMIENNYCH OBIEKTACH ZABYTKOWYCH

### Wstęp

Najwcześniej znanym spoiwem mineralnym jest wapno, najstarsze tynki wapienne pochodzą sprzed 7,5 tysiąca lat<sup>1</sup>. Zaprawa wapienna, twardniejąca wyłącznie na powietrzu (karbonatyzacja zaprawy), ma niewielką wytrzymałość. Zaprawy o znacznie lepszych właściwościach mechanicznych, twardniejące pod wodą, znane były już w starożytności, wiele z budów zachowało się do naszych czasów (Koloseum, Panteon, akwedukty, obiekty portowe). Stosowano wówczas spoiwo wapienne z mączką ceglana i popiołem wulkanicznym, występującym w Puzzoli, stąd nazwa pucolany. Rzymianie, których imperium sięgnęło aż do Nadrenii, odkryli podobny materiał w górach Eifel. Około XVI w. Holendrzy zastosowali je do budowy systemów kanałów, nazywając pucolany nadreńskie „trasem”.

Tras jest skałą wulkaniczną składającą się głównie z krzemionki ( $\text{SiO}_2$ ) — 56 %, tlenku glinu ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) — 18 % oraz tlenków żelaza, magnezu, wapnia, potasu, sodu, manganu oraz wody związanej chemicznie i fizycznie. Sam tras po zarobieniu wodą nie twardnieje, dodany jako tzw. domieszka hydrauliczna do wapna nadaje mu właściwości wodoodporne<sup>2</sup>. Zaprawa taka po pewnym okresie twardnienia na powietrzu nabiera zdolności dalszego twardnienia pod wodą. Wynika to stąd, że część krzemionki występuje w postaci aktywnej krzemionki bezpostaciowej o bardzo drobnych cząstkach, która ma zdolność łączenia się z wapnem w twarde, nierozpuszczalne krzemiany wapnia. Tras nie jest więc zwykłym dodatkiem, lecz oddziałującym synergetycznie środkiem ulepszcującym właściwości zapraw.

Tras jest naturalnym materiałem, nie stwarza zagrożenia ekologicznego. Najważniejszą jego zaletą jest wiązanie wapna w fazie twardnienia, dzięki czemu nie powstają wykwitki wapienne oraz następuje uodpornienie zapraw i betonów przeciwko wyługowaniu wapna przez kwaśne deszcze.

Cechy zapraw opartych na spoiwie wapienno — trasowym są tematem niniejszego opracowania.

### Materiały

Do badań zastosowano wapno trasowe Trasskalk produkcji firmy Tubag art. nr 875. Jako wypełniacz użyto piasku nieodsiewanego oraz piasku szklarskiego.

### Metodyka badań

Zaprawy przygotowano w oparciu o informacje producenta zgodnie z Polską Normą Budowlaną, PN-85/B-04500, stosując następujące proporcje materiałów (objętościowo) — wapno : piasek = 1 : 2; 1 : 2,5; 1 : 3; 1 : 3,5.

Składniki mieszano na sucho, dodając wody w ilości podanej przez producenta, osiągając dość gęstą konsystencję zaprawy. Umieszczano ją następnie w formach o wymiarach 4 x 4 x 16 cm, nakrywano mokrą tkaniną i po 24 godz. rozformowywano. Próbkę umieszczano następnie w komorze o wilgotności wzgl. 100 % na okres 7 dób. Wydłużony okres dojrzewania wynikał ze specyfiki wiązania wapna podczas reakcji tras—wapno. Próbkę wyjęto po 7 dobach i przechowywano je w normalnych warunkach laboratoryjnych (temp. 21°C, wilgotność wzgl. 65–70 %). Po 28 dobach rozpoczęto badania przygotowanych próbek.

### Zakres badań

Przeprowadzono badania podstawowych cech zapraw, tj. skurczu, podciągania kapilarnego wody, nasiąkliwości masowej w wodzie, masy objętościowej, porowatości otwartej, szybkości wysychania oraz cech mechanicznych (wytrzymałości na zginanie i ściskanie)<sup>3</sup>. Badania uzupełniono o określenie ilości soli rozpuszczalnych w wodzie i test mrozoodporności. Wyniki badań porównywano z cechami zaprawy Mineros przeznaczonej do spoinowania<sup>4</sup>.

Zaprawy o składzie 1 : 3,5 odrzucono ze względu na kruszenie się i osypywanie próbek.

### Skurcz zapraw wg PN-85/B-04500

Pomiar skurczu przeprowadzono na beleczkach o wymiarach 4 x 4 x 16 cm w przyrządzie Graf-Kaufmana.

1. Tubag Trass-, Zement- und Steinwerke GmbH. *Ekologiczne i bezpieczne prace budowlane przy użyciu trasu*. Materiały firmy Tubag.

2. W. Żenczykowski, *Budownictwo ogólne*, t. I: *Materiały i wyroby budowlane*, Warszawa 1986, s. 259–262.

3. W. Domasłowski, A. Młyński, R. Mirowski, D. Sobkowiak, H. Gałkowski, W. Madejewski, *Badania nad technologią zapraw*

*cementowych przeznaczonych do uzupełnienia ubytków w obiektach zabytkowych*, Ośrodek Informacji PP PKZ m. w. 1977.

4. W. Domasłowski, R. Mirowski, D. Sobkowiak, *Badania nad przydatnością zapraw Mineros do uzupełniania ubytków w kamieniach*, „Acta Universitatis Nicolai Copernici, Zabytkoznawstwo i Konserwatorstwo”, XVIII, Toruń 1991.



Skurcz oznaczany bezpośrednio po wyjęciu próbek z komory o wilgotności 100 %, określono jako „0”.

Następnie w odstępach 1-dobowych wykonywano kolejne pomiary, w tym ostatni po 28 dobach od wykonania prób (tj. po 21 dobach po wyjęciu z komory). Przedstawione wyniki skurczu w mm na metr bieżący zestawiono w tabeli 1. Wyniki są średnią z 3 pomiarów

**Tabela 1. Skurcz zapraw po 28 dobach**

Skład zapraw	Skurcz w mm/mb	
	piasek budowlany	piasek szklarski
1: 2	0,163	0,129
1: 2,5	0,147	0,110
1: 3	0,130	0,103
Mineros	0,61	

Z pomiarów wynika, że skurcz zapraw na spoiwie trasowym jest niewielki. Spośród obu badanych kruszyw dodatek piasku szklarskiego wpływa na nieco mniejszy skurcz materiału. Obserwując dynamikę tego procesu można stwierdzić, że skurcz następuje w ciągu pierwszych 7 dób, następnie maleje, aż wreszcie wymiar próbek osiąga wartość stałą.

W porównaniu ze skurczem zaprawy Mineros jest przeszło 4-krotnie mniejszy.

**Tabela 2. Podciąganie kapilarne wody**

Skład zaprawy	Szybkość podciągania w minutach											
	piasek budowlany						piasek szklarski					
	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm	1cm	2cm	3cm	4cm	5cm	6cm
1 : 2	1	5	23	46	1h44	3h	2	13	38	64	3h	4h20
1 : 2,5	0,5	4	16	35	1h	2h	1	6	22	54	1h40	3h
1 : 3	0,5	2	10	24	41	1h24	1	4	20	48	1h	1h42

**Tabela 3. Nasiąkliwość w wodzie, masa objętościowa, porowatość otwarta zapraw**

Skład zaprawy	Nasiąkliwość masowa %		Masa objętościowa g/cm <sup>3</sup>		Porowatość otwarta %	
	piasek bud.	piasek szkl.	piasek bud.	piasek szkl.	piasek bud.	piasek szkl.
1 : 2	10,3	11,6	1,75	1,77	18,0	20,5
1 : 2,5	10,4	11,4	1,76	1,78	18,3	20,3
1 : 3	11,0	11,5	1,78	1,81	19,6	20,8
Mineros	9,3		1,77		16,5	

## Podciąganie kapilarne wody

Próby zapraw wysuszono do stałej masy, zważono i umieszczono w wodzie do wys. 1 cm. Czas podciągania wody mierzono stoperem.

Wynik jest średnią z 2 pomiarów (tabela 2).

Z pomiaru wynika, że szybkość wznoszenia się wody w badanych zaprawach jest duża. W nieco krótszym czasie ciecz przemieszcza się w zaprawach sporządzonych na piasku budowlanym. Im wyższy udział kruszywa w zaprawach, tym podciąganie kapilarne wody zachodzi z większą szybkością. Podciąganie kapilarne wody w zaprawie Mineros było bardzo wolne, do wysokości 2 cm woda wznosiła się ok. 24 godz.

## Nasiąkliwość, masa objętościowa, porowatość otwarta wg PN-66/B-04100

Po kapilarnym podciągnięciu wody przez próbki zapraw umieszczono je całkowicie w wodzie, a następnie zważono po upływie 24 godz. oznaczając nasiąkliwość masową. Masę objętościową wyznaczono na wadze hydrostatycznej.

Wyniki są średnią z 3 pomiarów, zestawiono je w tabeli 3.

Z danych zamieszczonych w tabeli wynika, że nasiąkliwość zapraw zależy w pewnym stopniu od zastosowanego kruszywa; dla piasku szklarskiego wartość ta jest nieco większa. Nie zaobserwowano natomiast zależności wodochłonności od składu ilościowego zaprawy; masa objętościowa nieznacznie wzrasta wraz z większym udziałem kruszywa. Zaprawy trasowe ce-



Tabela 4. Wysychanie zapraw

Kruszywo	Skład zapraw	Ilość wody w zaprawach po dobach w %						Pozost. woda %
		0	I	II	III	IV	V	
Piasek budowlany	1 : 2	100	35,1	23,1	20,2	17,0	14,6	14,0
	1 : 2,5	100	28,6	16,4	13,3	9,5	9,8	9,5
	1 : 3	100	27,1	14,1	9,9	7,2	6,8	6,8
Piasek szklarski	1 : 2	100	37,3	24,9	20,6	17,2	13,9	13,7
	1 : 2,5	100	31,2	17,8	13,4	10,3	8,6	8,0
	1 : 3	100	30,4	15,9	11,4	8,2	6,8	6,8
Mineros								40,1

chują się większą nasiąkliwością i porowatością niż zaprawa Mineros.

#### Wysychanie zapraw

Próbki nasycone wodą zważono, po czym odłożono na szklane bagietki, aby zapewnić kontakt wszystkich płaszczyzn z powietrzem. W odstępach jednodobowych próbki ważono, obserwując proces wysychania zapraw.

Dane są średnią z 2 pomiarów; zestawiono je w tabeli 4.

Z badań wynika, że zaprawy przygotowane w oparciu o piasek szklarski i budowlany wysychają z podobną szybkością. Woda wyparowuje pręcej, gdy udział kruszywa jest większy. Największy ubytek wody obserwuje się w czasie pierwszych 24 godz. Po upływie 1 tygodnia w zaprawach pozostało nie więcej niż 14% wody dla zapraw o proporcji 1 : 2 oraz ok. 6% dla składu 1 : 3.

W porównawczej zaprawie Mineros pozostaje po 12 dniach aż 40% wody, tak więc okres oddawania przez nią wody jest bardzo długi

#### Właściwości wytrzymałościowe zaprawy

Próbki zapraw poddano badaniu wytrzymałości na zginanie w przyrządzie Michaelisa, uzyskane wyniki są średnią z 3 pomiarów.

Pozostałe po złamaniu próbki o wymiarach 4 x 4 x 8 cm zgnieciono w prasie hydraulicznej o nacisku do 30 t. Rezultaty są średnią z 5 pomiarów. Wyniki zestawiono w tabeli 5.

Wytrzymałość mechaniczna zapraw opartych na dwóch różnych piaskach nie różni się znacznie; niewiele większą wytrzymałością na zginanie i ściskanie charakteryzują się zaprawy sporządzone na piasku szklarskim. Oczywiście, im większy jego udział, tym mniejsze osiągnięto cechy wytrzymałościowe zaprawy.

Zaprawa porównawcza Fugen Mineros charakteryzuje się zbyt dużą wytrzymałością jak na potrzeby konserwacji zabytków.

#### Mrozoodporność zapraw

Test mrozoodporności przeprowadzono na zaprawach wykonanych z piasku szklarskiego w następujących warunkach:

18 godz. zamrażanie w temp. 20°C

6 godz. nasycanie wodą w temp. 20°C

Po przeprowadzeniu 21 cykli zmian stwierdzono uszkodzenia zaprawy o składzie 1 : 3. Pozostałe zaprawy po 25 cyklach nie wykazywały zniszczenia. Zaprawa Mineros cechuje się pełną mrozoodpornością.

#### Ilość soli rozpuszczalnych w wodzie

Oznaczenie ilości soli rozpuszczalnych w wodzie obecnych w zaprawach przykładowo wykonano na próbkach — wapno trasowe: piasek szklarski = 1 : 2.

Wysuszoną próbkę zmielono w moździerzu, przesiano przez sito o boku oczka 0,063 mm, odważono na wadze analitycznej po ok. 1g z dokładnością do 0,0001g, zadano destylowaną wodą w ilości 1 : 10. Po 24 godz. zawiesiny przesączono, przesącz odparowano w parownicach o określonej masie na łaźni wodnej, pozostałość wysuszoną w 105°C. Z różnicy mas wyliczono procentowy udział soli w zaprawie. Sole rozpu-

Tabela 5. Własności mechaniczne zapraw

Skład zaprawy	Wytrzymałość w MPa			
	piasek budowlany		piasek szklarski	
	R <sub>zg</sub>	R <sub>śc</sub>	R <sub>zg</sub>	R <sub>śc</sub>
1 : 2	3,03	8,47	3,28	12,60
1 : 2,5	2,08	6,51	2,40	6,14
1 : 3	1,48	2,86	1,54	3,88
Mineros	5,20	17,70		

R<sub>zg</sub> — wytrzymałość za zginanie

R<sub>śc</sub> — wytrzymałość na ściskanie



szczono następnie w 1 cm<sup>3</sup> wody destylowanej i wykonano analizę jakościową jonów.

Na podstawie dwóch oznaczeń stwierdzono, że w zaprawie znajduje się 0,68% soli rozpuszczalnych w wodzie. Wykryto obecność niewielkiej ilości siarczanów oraz śladowe ilości chlorków i azotanów. Występujące kationy to minimalne ilości wapnia i sodu.

W porównaniu z zaprawami Mineros, w których obecność soli wynosi około 2,1–2,2%, wykryta ilość rozpuszczalnych soli jest niewielka, w tym śladowa obecność jonów wapnia.

#### Omówienie wyników

W wyniku badań stwierdzono, że zaprawy na spoiwie trasowym charakteryzują się następującymi właściwościami:

- Skurcz zapraw jest niewielki, wynosi maksymalnie 0,16 mm/mb, a więc znacznie mniej od zapraw Mineros i zapraw cementowo-wapiennych. Wraz ze zwiększeniem udziału kruszywa, skurcz osiąga mniejsze wartości.
- Zaprawy podciągają kapilarnie wodę dość szybko, szczególnie przy większej zawartości piasku.
- Zaprawy cechują się średnią nasiąkliwością wynoszącą od 10–11,6 %, przy masie objętościowej mieszczącej się w granicach 1,75–1,81 g/cm<sup>3</sup>. Wodochłonność i porowatość jest nieco większa od porównawczej zaprawy Mineros.
- Zaprawy wysychają bardzo szybko; im większy zastosowano udział kruszywa, tym oddawanie wody następuje prędszej. Po siedmiu dobach pozostaje w nich zależnie od składu od 6 do 14 % wody.

### The Application of Lime-Trass Mortars for Supplementing Gaps in Historical Stone Objects

The study concerns mortars made of trass lime produced by the German firm Tubag. The author finds that the mortars in question possess many merits, including rapid water transport (capillary pull up — drying up) and minimum contraction (0,10–0,16 mm/mb). The mechanical properties can be

— Właściwości mechaniczne zapraw zależą w dużym stopniu od ilości i jakości użytego kruszywa; można je regulować w dość dużym zakresie.

— Mrozoodporność zapraw zależy w dużej mierze od składu zaprawy. Zmniejszenie ilości spoiwa wpływa na spadek odporności na zmiany temperatury i wilgotności.

— Ilość soli rozpuszczalnych w wodzie, obecnych w zaprawie, jest niewielka i wynosi poniżej 0,7%, a więc znacznie mniej niż w badanych zaprawach Mineros i zaprawach wapienno-cementowych.

#### Wnioski

Z przeprowadzonych badań wynika, że zaprawy sporządzone na wapnie trasowym posiadają wiele cennych zalet, z których najważniejszą jest szybki transport wody (podciąganie kapilarne — wysychanie). Zaprawy charakteryzują się minimalnym skurczem, ich właściwości mechaniczne można, zależnie od potrzeb, regulować w dużym zakresie odpowiednim udziałem kruszywa.

W zaprawach stwierdzono występowanie niewielkiej ilości soli rozpuszczalnych w wodzie. Spoiwo to nie będzie więc źródłem szkodliwych związków tworzących wykwity.

Zaprawy na spoiwie trasowym mogą znaleźć zastosowanie do wykonywania tynków osuszających, uzupełniania ubytków w kamiennych obiektach zabytkowych, czy też do spoinowania kamiennych lub ceglanych murów.

regulated within a wide range by means of a suitable mortar composition (Rcompr. 2,8–12 Mpa). The number of soluble salts is small, and totals less than 0,7%. Such mortars may be applied for supplementing gaps, the production of dehumidifying plasters, or for pointing