CARACTERIZAREA MORTARELOR PENTRU CASTELUL MEDIEVAL DE LA SOROCA, REPUBLICA MOLDOVA

Nicoleta VORNICU

Abstract

This study is the first result of research on the mortars and bricks used to build the medieval stone fortress of Soroca, carried out within the project "Ștefan cel Mare - common history, common heritage, Soroca-Vaslui", 1HARD/2.1/50, coordinated by UPS "Ion Creangă", Republic of Moldova.

The investigation began with the primary goal of providing a complete characterization of the types of mortar and brick used in this citadel, but a more complex trajectory developed throughout the study. Mortars and bricks were characterized by petrographic, mineralogical and geochemical analyzes (X-ray fluorescence spectrometry and optical microscopy).

The results showed that in the production of the mortars taken from different areas of the Citadel, siliceous aggregates and lime binders were used, the ratio between them, the microscopic appearance and the state of preservation of the component minerals allowed the establishment of their authenticity. More recent plaster and sand intervention mortars were identified in three areas. The results of the analysis of the brick revealed the nature of the mineral content.

Keywords: Soroca citadel, mortar, brick, XRF, OM, petrography.

Introducere

Conservarea patrimoniului cultural este direct legată de interacțiunea monumentelor cu împrejurimile lor. Mortarele sunt materiale folosite din cele mai vechi timpuri pentru a susține substraturile clădirilor, iar durabilitatea lor este legată de natura componentelor și de metodele de fabricație. Mortarele în general sunt realizate dintr-un amestec de agregate și lianți care poartă informații legate atât de locația geografică a clădirii, cât și de contextul istoric în care au fost fabricate mortarele.[1] Studiul mortarelor oferă indicii despre materiile prime și proveniența acestora, precum și despre tehnologia de fabricație[2]. Caracteristicile mortarelor pot fi folosite pentru a determina secvențele cronologice ale construcției[3] și pot fi utilizate pentru datarea clădirilor[4]. Mortarele oferă, de asemenea, chei pentru problemele de restaurare și conservare și pentru formularea de noi materiale compozite.[5] În clădirile și construcțiile istorice au fost aplicate diferite soluții tehnice care ulterior au fost utilizate pe scară largă.

Cetatea medievală de piatră de la Soroca este situată pe malul drept al Nistrului și primele mențiuni documentare aparțin începutului secolului al XVI-lea[6].

Fortificația desfășurată în plan circular, are un turn de intrare în formă rectangulară și patru turnuri ce au forma cilindrică, amplasate la distanțe egale unul de altul.

Investigațiile științifice au un rol esențial în caracterizarea materialelor prelevate din siturile arheologice pornind de la încadrarea într-o anumită zonă geografică, stabilirea perioadei de producere, recunoașterea tehnicilor și tehnologiilor de execuție, autentificării acestora, stabilirea stării de conservare, a cauzelor și mecanismelor care au condus la deteriorarea lor. Toate acestea nu ar fi posibil de

1 J.J. Hughes, J. Válek, „Mortars in Historic Buildings", în: „A Review of the Conservation, Technical and Scientific Literature", Historic (Edinburgh, Scotland: 2003), 1-88.

2 A. Moropoulou, A.Bakolas, K. Bisbikou, *Investigation of the technology of historic mortars*., J. Cult. Herit. (2000), 1, 45-58.

3 D. Miriello, D. Barca, A. Bloise, A. Ciarallo, G.M. Crisci, T. De Rose, C. Gattuso, F. Gazineo, M.F. La Russa, *Characterisation of archaeological mortars from Pompeii (Campania, Italy) and identification of construction phases by compositional data analysis.* J. Archaeol. Sci. (2010), 37, 2207-2223.

4 J. Hale, J. Heinemeier, L. Lancaster, A. Lindroos, A. Ringbom, *Dating Ancient Mortar*. Am. Sci. (2003), 91,130-137.

5 N. Vornicu, „Investigarea Științifică în autentificarea și conservarea monumentelor din piatră", în: *Doxologia*, (2014), 88-96.

6 S. Musteață, I. Tentiuc, I. Ursu, „Cetatea Soroca în lumina surselor scrise și descoperirilor arheologice", în: Cetatea Soroca – istorie, memorie și tradiții seculare (Chișinău: Editura Arc, 2015), 35.

elucidat fără o cercetare minuțioasă prin contribuția examinării stiințifice, ce poate furniza un tablou complet al compoziției materialelor, al tipurilor de degradări, al factorilor care au dus la degradarea acestora etc.

Cerecetarea arheologică a sitului, realizată în mai multe etape (2013, 2021) de echipe de arheologi coordonate de dl. prof. Ion Tentiuc și dl. prof. Sergiu Musteață a oferit o oportunitate excelentă pentru studiul mortarelor din zone diferite ale cetății.

1. Materiale și metode

Probele (tabelul 1) de mortare și cărămidă au fost colectate din mai multe puncte prezentate în stratigrafia zidurilor. În lipsa unei evidențe arheologice din acea perioadă care să stabilească cronologia clădirii, au fost prelevate la nivelul zidului 1 (cota 0-15m) și zidului 2 probe (cota 0-13m) din metru în metru pentru a se stabili vechimea construcției. Probele de cărămidă și de mortar au fost prelevate și din zonele denumite Șanțul cetății de pământ și lemn și Groapa nr. 2/ Gura de lup – Soroca 2021.

Prelevarea probelor a fost realizată de echipa de arheologi, fiecare probă a fost ambalată în pungă de plastic, etichetată, specificându-se locul de prelevare. Prin metodele analitice folosite în această cercetare s-a realizat caracterizarea mortarelor și cărămizii utilizate în construirea monumentului din punctul de vedere al compoziției, morfologiei, microstructurii și al factorilor determinanți de degradare.

Probele prelevate din zona monumentului (probe detașate din monument fără posibilitatea de a mai fi introduse în acesta) au fost analizate prin următoarele tehnici analitice:

a. Analiza petrografică a contribuit la identificarea diferiților constituenți prezenți – proprietăți optice și morfologice ale fazelor prezente conform SR EN 998-2/2011. Prin analiză petrografică au fost caracterizate compoziția componentelor mortarului, mineralogia liantului și a agregatelor, dimensiunea granulelor și relațiile morfologice. A fost realizată prin observarea direct cu un microscop de tip Olympus SZX 160, corelat cu programul compatibil Quick Capture Pro 2.0, microscopul digital U500X și microscopul electronic de scanare (Carl-Zeiss SMT, Oberkochen, Germania) la 5 kV. Pe baza rezultatelor studiului petrografic s-a efectuat caracterizarea din punct de vedere compozițional a mortarelor din structura cetății Soroca.

b. Fluorescența de raze X cu dispersie după energie a fost efectuată cu un instrument EDXRF. Măsurătorile experimentale au fost realizate cu ajutorul unui spectrometru cu fluorescență de raze X (XRF), de tip Innov X Systems Alpha Series (SUA). Acest dispozitiv a fost echipat cu un tub cu raze X cu anod W, care funcționează la parametrii maxim de 35 kV și 100A, radiația de fluorescență fiind detectată și analizată cu un detector de Si (PIN), cu răcire termoelectrică, controlat de un minicomputer. Pentru achiziționarea spectrelor și analiza semicantitativă a unei matrice grele, software-ul de mod Soil a fost utilizat pentru o durată de excitație selectată de 30 de secunde. Dimensiunea punctului analitic este de 8 mm. Analizele au efectuat prezența filtrelor în timpul analizei și absența vidului în timpul analizei.

Prin analiza calitativă elementală XRF pentru fiecare probă prelevata au fost identificate elemente majoritare și minoritare cu rapoartele procentuale aferente.

2. Rezultate și discuții

Mortarele sunt amestecuri bine omogenizate de lianți, nisip și apă, în care se pot introduce adaosuri active-substanțe cu caracter plastifiant, de accelerare sau întârziere a prizei, coloranți etc. În compoziția mortarelor se utilizează atât varul gras cât și cel hydraulic (are mai mult de 7% argilă). Calitatea mortarului, granulometria și culoarea nisipului utilizat diferă de-a lungul timpului și constituie indicii de datare a edificiului. În epoca medievală se utiliza mai mult mortarul de var alb gras. Acesta este ductil, aderent, absoarbe apa, dar permite evaporarea spre deosebire de cel hidraulic care face o priză rapidă sub apă dar produce probleme de condens. Compoziția chimică a probelor de mortar prelevate din Groapa nr. 2/ Gura de lup este strâns legată de compoziția agregatelor și a liantului, rezultatele sunt prezentate în Tabelul 2.

Zidul este realizat din piatră care are ca element de legătură un mortar de umplere pe bază de var și nisip identificat în proba 1,2,3,4 și var și nisip argilos în proba 5. Din punctul de vedere al compoziției, analiza XRF a pus în evidență prezența unui procent ridicat de CaO, ceea ce indică faptul că liantul utilizat în realizarea mortarului a fost varul hidratat, care prin carbonatare a format calcitul ($CaCO_3$) identificat și microscopic. Nisipul care a fost adăugat în mortar ca agregat mineral conține urme de argilă (K) în proporții mai mici în mortarele 3 și 4.

Tabelul 1. Descrierea punctelor de prelevare

Proba	Localizare	Cota de prelevare
	Groapa nr. 2/ Gura de lup – Soroca 2021	de la nivelul actual
1.	Mortar din groapă	- 460 cm
2.	Mortar căzut în timpul construcției	- 480 cm
3.	Mortar din groapă	- 300 cm
4.	Mortar, peretele ars (intrare)	- 160 cm
5.	Mortar, peretele de est din zona ușii astupate	- 150 cm
	Șanțul cetății de pământ și lemn	de la nivelul actual
7.	Lut ars din marginea șanțului, S17	- 150 cm
8.	Lut ars din marginea șanțului, S 18, din fața contrafortului	- 120 cm
9.	Proba 2. Mortar, fundație perete cazemata nr. 7	- 200 cm
10.	Proba 3. Mortar, fundația zidului cetății, peretele de vest al turnului rectangular din interiorul cetății	- 100 cm
11.	Proba 4. Mortar, fundația pintenului de sud de lângă intrarea în turnul rectangular	- 100 cm
12.	Proba 5. Mortar, turnul rectangular, pragul dinspre incintă, din zona canalului de drenaj din zidărie	- 60 cm
13.	Proba 6. Mortar, cazemata nr. 5, din boltă	
14.	Proba 7. Mortar, sub pragul cazematei nr. 10	- 70 cm
15.	Proba 8. Mortar, fundație contrafort nr. 7	- 60 cm
16.	Proba 9. Mortar, fundația cazematei nr. 7, sub prag	- 120 cm
17.	Proba 1. Mortar, contrafort nr. 10, marginea de sud	- 220 cm
	Soroca 2013, Zid I	
18.	Proba 1. Mortar din zidul cetății, exterior	0 (zero) m
19.	Proba 2. Mortar din zidul cetății, exterior	1,0 m
20.	Proba 3. Mortar din zidul cetății, exterior	2,0 m
21.	Proba 4. Mortar din zidul cetății, exterior	3,0 m
22.	Proba 5. Mortar din zidul cetății, exterior	4,0 m
23.	Proba 6. Mortar din zidul cetății, exterior	5,0 m
24.	Proba 7. Mortar din zidul cetății, exterior	6,0 m
25.	Proba 8. Mortar din zidul cetății, exterior	7,0 m
26.	Proba 9. Mortar din zidul cetății, exterior	8,0 m
27.	Proba 10. Mortar din zidul cetății, exterior	9,0 m
28.	Proba 11. Mortar din zidul cetății, exterior	10,0 m
29.	Proba 12. Mortar din zidul cetății, exterior	11,0 m
30.	Proba 13. Mortar din zidul cetății, exterior	12,0 m
31.	Proba 14. Mortar din zidul cetății, exterior	13,0 m
32.	Proba 15. Mortar din zidul cetății, exterior	14,0 m
33.	Proba 16. Mortar din zidul cetății, exterior	15,0 m
	Soroca 2013, Zid II	
34.	Proba 1. Mortar din zidul cetății, exterior	0 (zero) m
35.	Proba 2. Mortar din zidul cetății, exterior	1,0 m
36.	Proba 3. Mortar din zidul cetății, exterior	2,0 m
37.	Proba 4. Mortar din zidul cetății, exterior	3,0 m
38.	Proba 5. Mortar din zidul cetății, exterior	4,0 m
39.	Proba 6. Mortar din zidul cetății, exterior	5,0 m
40.	Proba 7. Mortar din zidul cetății, exterior	6,0 m
41.	Proba 8. Mortar din zidul cetății, exterior	7,0 m
42.	Proba 9. Mortar din zidul cetății, exterior	8,0 m
43.	Proba 10. Mortar din zidul cetății, exterior	9,0 m
44.	Proba 11. Mortar din zidul cetății, exterior	10,0 m
45.	Proba 12. Mortar din zidul cetății, exterior	11,0 m
46.	Proba 13. Mortar din zidul cetății, exterior	12,0 m
47.	Proba 14. Mortar din zidul cetății, exterior	13,0 m

Tabelul 2. Compoziția chimică elementală a mortarelor din Groapa nr. 2/ Gura de lup prin analiza XRF

Proba	Elemente majoritare, ppm			Elemente minoritare sau urme, ppm							
	CaO	K_2O	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	BaO	Cr_2O_3	ZnO	MoO	SrO	ZrO
1	>10%	13700	13556	1373	525	174		48		494	103
2	>10%	14783	11233	1556	503			34	16	431	99
3	>10%	7978	7831	912	326					126	58
4	>10%	12557	8097	876	458					427	54
5	>10%	18848	17309	2489	930	197	68	32	63	264	135

Proba 1

Proba 2

Proba 3

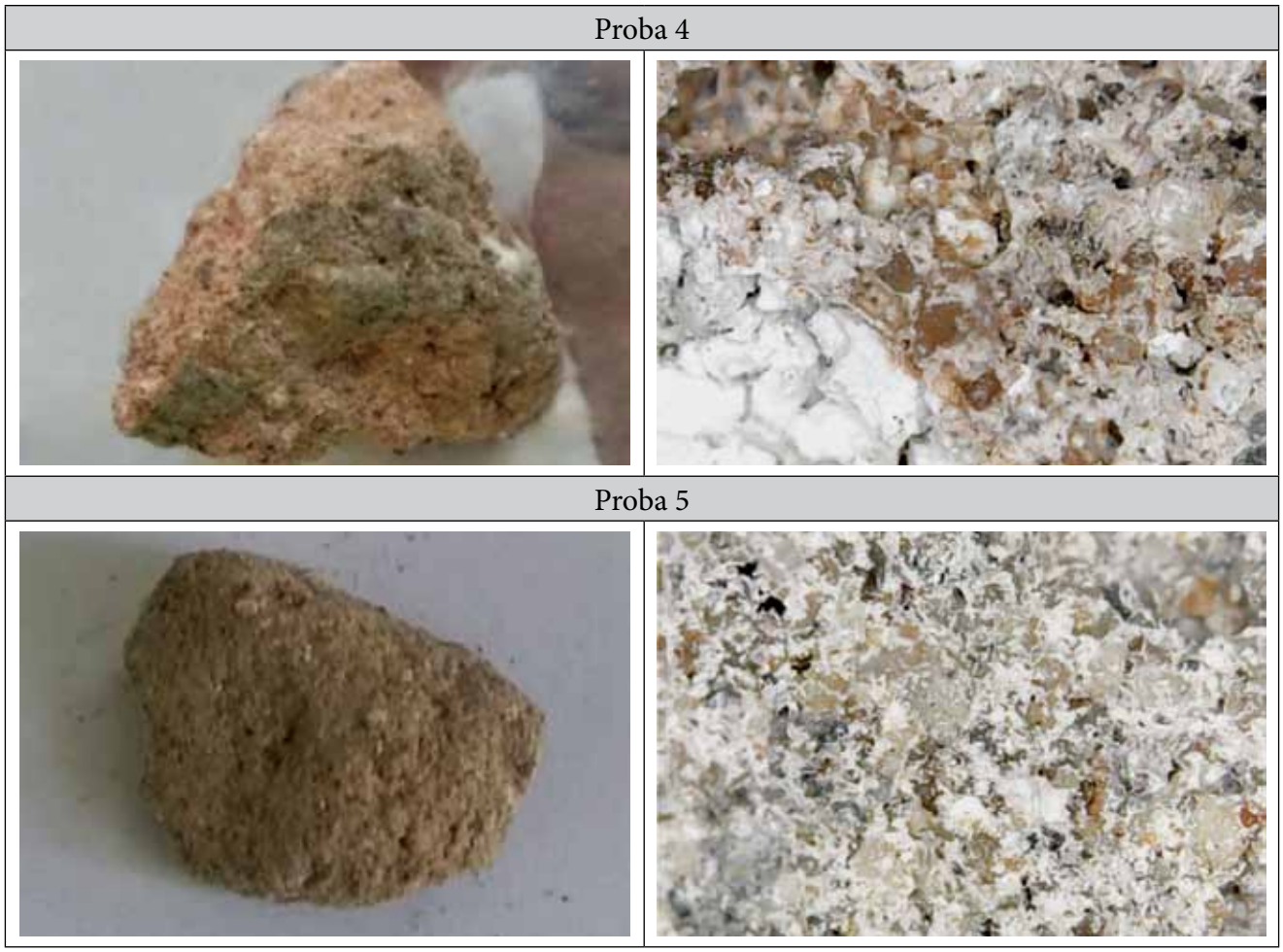


Fig. 1. Fotomicrografii ale probelor de mortar din Groapa nr. 2

Tabelul 3. Compoziția elementală a mortarelor din șanțul cetății Soroca prin analiza XRF

Proba	Elemente majoritare, ppm					Elemente minoritare sau urme, ppm							
	Ca	K	Fe	S	Ti	Mn	Ba	Zn	Cr	Sn	Sr	Zr	I
7	48364	48364	23361	-	2948	768	425	25	88	-	194	250	-
8	60305	15802	21174	-	3336	504	242	24	74	-	185	286	-
9	>10%	13869	14507	-	1617	526	272	33	-	-	752	111	-
10	>10%	10310	8116	-		422	180	22	72	-	812	51	6326
11	>10%	6998	7273	-	545	496	121	16	-	-	339	97	-
12	>10%	8620	7767	-	769	397	-	24	-	-	129	50	-
13	>10%	10560	6162	39555	735	323	-	-	117	-	315	50	-
14	>10%	7437	8679	-	759	428	116	21	-	-	343	99	-
15	>10%	5349	5094	-	-	400	324	-	-	-	374	37	3265
16	>10%	6419	4681	-	-	426	242	-	-	-	768	35	-
17	>10%	9076	12396	-	1326	565	183	-	68	133	1224	119	-

Comparând aspectul microscopic al probelor am observat că mortarul din proba 1 are în compoziție fragmente de piatră de var, este diferit de celelalte probe. În proba 5 se observă o colorație cărămizie datorată prezenței argilei în agregat.

În urma determinării prin sondaj a raportului liant/ agregat folosind metoda chimică cu HCl a rezultat în urma calculelor că mortarul din proba 2 are raport liant/ agregat: L/A= 1:3,5, iar mortarul din proba 5 are un raport L/A= 1:4. Conform standardelor, cele două mortare fac parte din categoria mortarelor normale.

Setul de probe provenite din șanțul cetății este descris prin probe de lut ars, 7 și 8 identficate ca și cărămidă. Conform rezultatelor XRF, cele două probe de lut ars au compoziție neuniformă datorită prelucrării manuale când argila poate proveni din locuri diferite, apar variații de compoziție. Acestea se pot datora și unei perioade diferite de prelucrare. Astfel, lutul ars din proba 7 a fost obținut dintr-o argilă mai nisipoasă decât în cazul probei 8. Acest aspect diferit este confirmat și prin analiza OM.

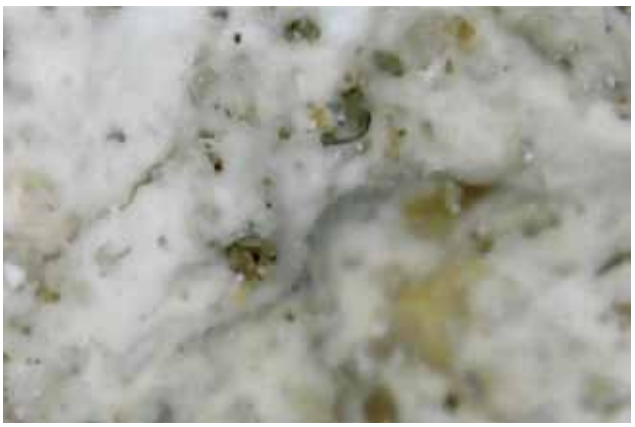
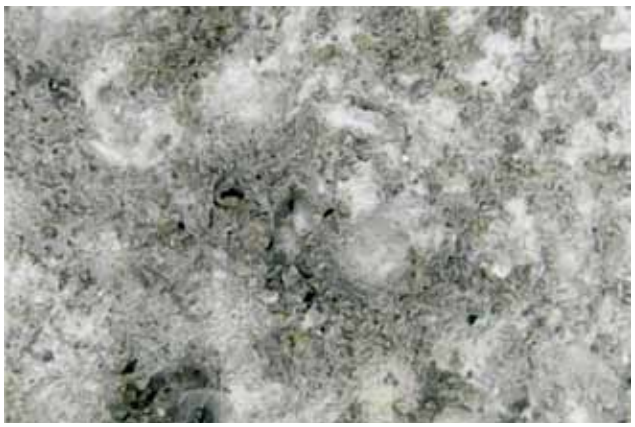
Culoarea diferită a celor două probe de lut ars din fotogramele OM se datorează timpului de ardere folosit la fiecare probă în parte.

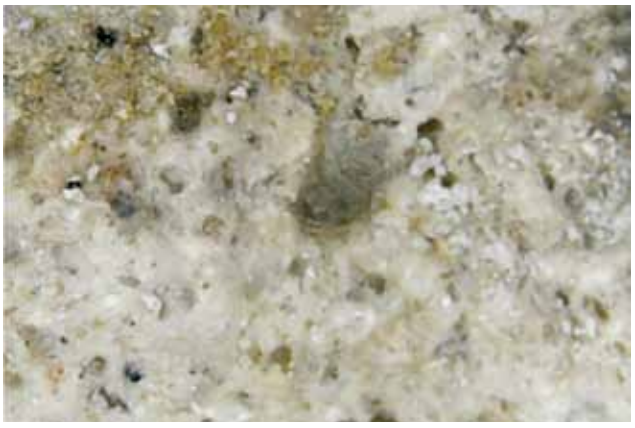
Mortarele de fundație din probele 9,10,11 sunt pe bază de var și nisip, însă mortarul din proba 10 și 11 au ca agregat un nisip argilos, fiind identificate ca mortare slabe. În proba 12, mortarul din turnul rectangular, conform rezultatelor XRF, este realizat pe bază de var și nisip argilos. Mortarul din proba 13 provenind de la nivelul boltei este un mortar mai nou, pe bază de gips și nisip. Mortarele de sub pragul cazematei și din fundația cazematei probele 9,10 sunt pe bază de var și nisip având compoziții elementale asemănătoare. Datele sunt confirmate și de analizele microscopice (Fig. 2).

În fotograma probei 7 se observă prezența unui număr mai mare de oxizi de fier.

Mortarul prelevat din fundația cazematei, proba 8, este, de asemenea, pe bază de var și nisip, cu aspect mai bine conservat, degradări mai mici, poate fi mai nou decât cel din fundația contrafortului. Proba 17 din zidăria contrafortului nr.10 a fost identificată ca mortar pe bază de nisip și var, se observă prezența unor fire vegetale în fotomicrografia din Fig. 2. Raportul liant/agregat este de 1:3 conform analizei chimice și face parte din categoria mortare normale din punctul de vedere al omogenității și rezistenței.

Proba 7	
Proba 8	

Proba 9	
	
Proba 10	
	
Proba 11	
Proba 12	

Proba 13	
Proba 14	
Proba 15	
	
Proba 16	

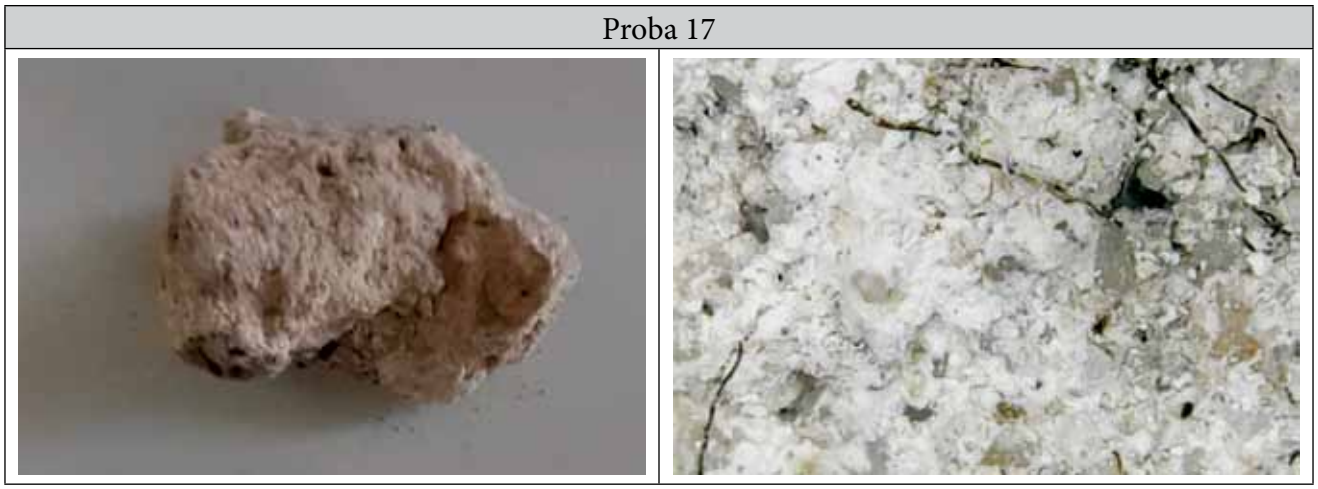


Fig. 2. Fotomicrografii ale probelor de mortar din șanțul cetății Soroca

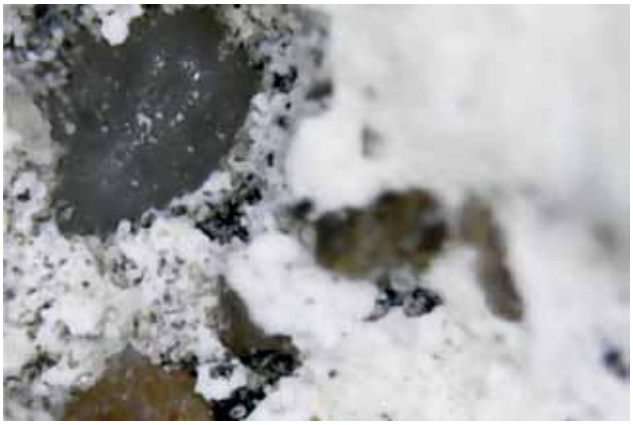
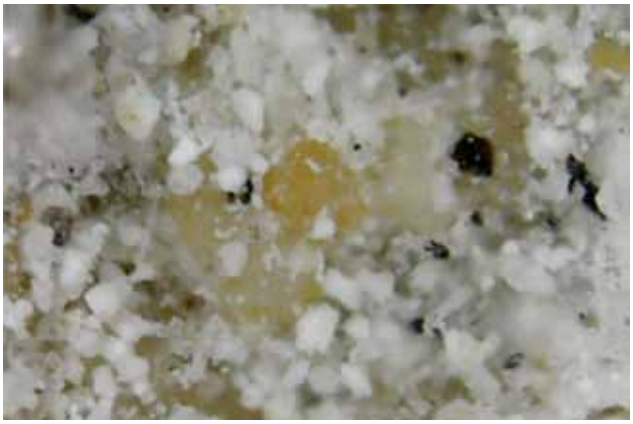
Tabelul 5. Compoziția elementală a materialelor prelevate din Zid I al Cetății Soroca prin analiza XRF

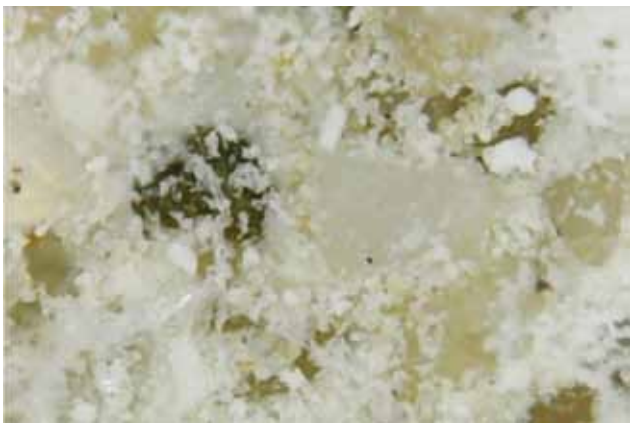
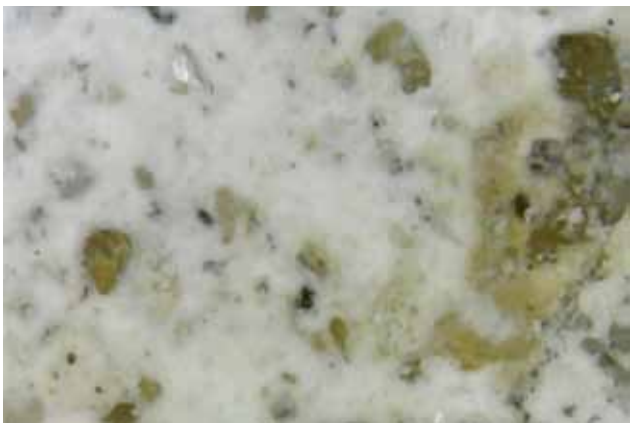
Proba	Elemente majoritare,ppm				Elemente minoritare sau urme,ppm									
	Ca	**K**	**Fe**	**S**	**Ti**	**Mn**	**Ba**	**Zn**	**Pb**	**Cr**	**Sr**	**Zr**	**Mo**	**I**
18	>10%	13008	11830	-	1052	455	195	30	-	81	440	53	-	-
19	>10%	1694	3181	-		224	-	20	-	54	1620	103	25	2204
20	>10%	7641	5249	-		260	-	-	-	-	681	56	-	2989
21	>10%	8124	8389	-	884		-	-	-	-	352	141	-	-
22	>10%	7627	6925	-		276	-	-	-	-	356	92	-	-
23	>10%	10745	14329	-	1480	572	155	32	-	65	862	124	-	2352
24	>10%	6203	8438	84457	875	170	-	32	-	61	508	55	-	2630
25	>10%	6463	8256	-	1046	463	-	-	-	-	937	65	-	-
26	>10%	13325	14646	23295	1672	436	195	38	15	-	497	105	-	2164
27	>10%	5134	3848	-	522	189	-	-	-	-	473	74	-	
28	>10%	6380	8690	82997	833	381	-	37	-	733	1470	65	-	-
29	>10%	6113	8371	-	1082	452	-	47	-	-	489	62	-	-
30	>10%	6064	8505	78522	-	274	149	32	-	-	462	43	-	2312
31	>10%	7311	6922	-	699	327	148		-	67	1424	52	-	-
32	>10%	9038	12149	-	1341	295	-	30	-	-	134	73	-	-
33	>10%	10270	8266	-	1029	220	-	16	-	-	173	49	-	3316

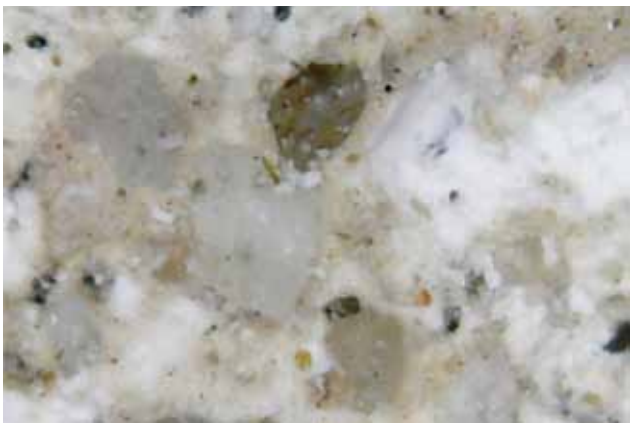
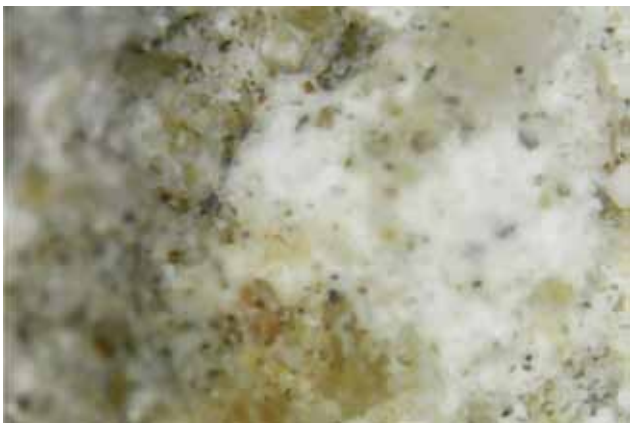
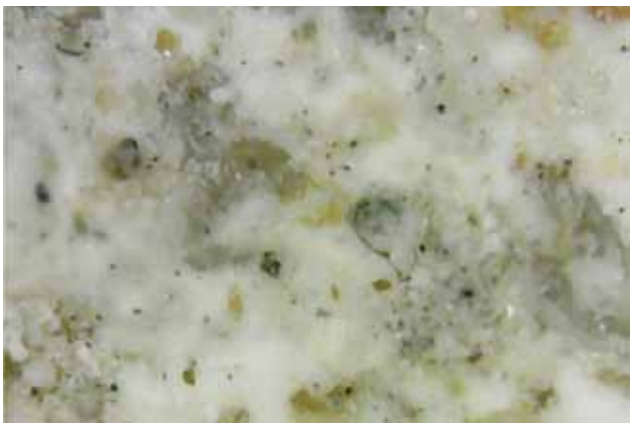
Cele 16 probe provenite din zidul I al cetății au fost prelevate pornind cu cota 0 m până la cota 15 m din metru în metru. Conform rezultatelor obținute în urma analizei XRF, probele 1,6,9,16 sunt mortare pe bază de var și nisip argilos. Mortarele din probele 2,3,4,5, 8,10,12,14, 15, 16 sunt pe bază de var și nisip. Iar mortarele din probele 7,9,11,13 au fost identificate ca mortare pe bază de gips și nisip.

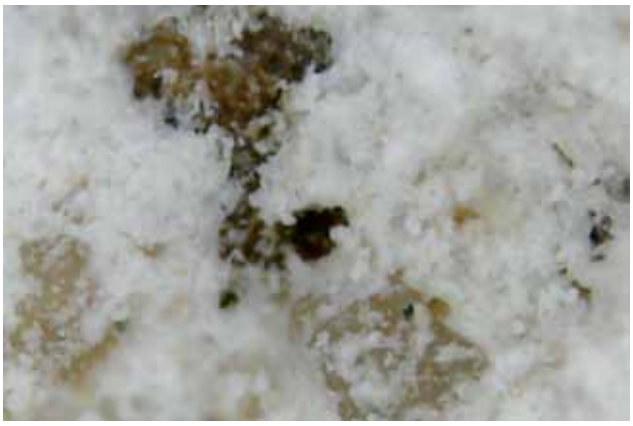
Pentru a putea extinde interpretarea, ar trebui analizat și materialul litic pentru a vedea dacă sunt rezidiri sau reparații. În proba 16 s-a identificat prezența unui fragment de lemn identificat ca specie Abies alba.

Fotogramele obținute prin analiza microscopică confirmă cele 3 compoziții identificate prin spectrometrie. Prin analiza OM, se evidențiază probele cu conținut ridicat de calcite, de oxizi de fier și minerale secundare, dar și aspectul diferențiat datorat degradării în timp a componentelor mortarelor. Aceste degradări se datorează în principal umidității, apa care se infiltrează în porii materialului transportă substanțele poluante pe care le-a dizolvat la exteriorul materialului. Apa pluvială pătrunde în structura poroasă a mortarului, unde dizolvă calciul din $CaCO_3$, conținut de mortarele de var, crește porozitatea mortarelor și, implicit, scad rezistențele lor mecanice. De asemenea, ciclurile îngheț-dezgheț aduc modificări în structura mortarelor expuse în aer liber. În cazul mortarelor umede porii acestui material sunt umpluți cu apă, atunci când aceasta din urmă își va schimba starea de agregare înghețând, asupra pereților porilor mortarului va fi exercitată o presiune din cauza creșterii în volum care va degrada în mod progresiv mortarele. Cele mai sensibile la acest fenomen sunt mortarele de var.

Proba 18	
	
Proba 19	
	

Proba 20	
	
Proba 21	
Proba 22	
	
Proba 23	

Proba 24	
	
Proba 25	
	
Proba 26	
	
Proba 27	

Proba 28	
Proba 29	
	
Proba 30	
Proba 31	

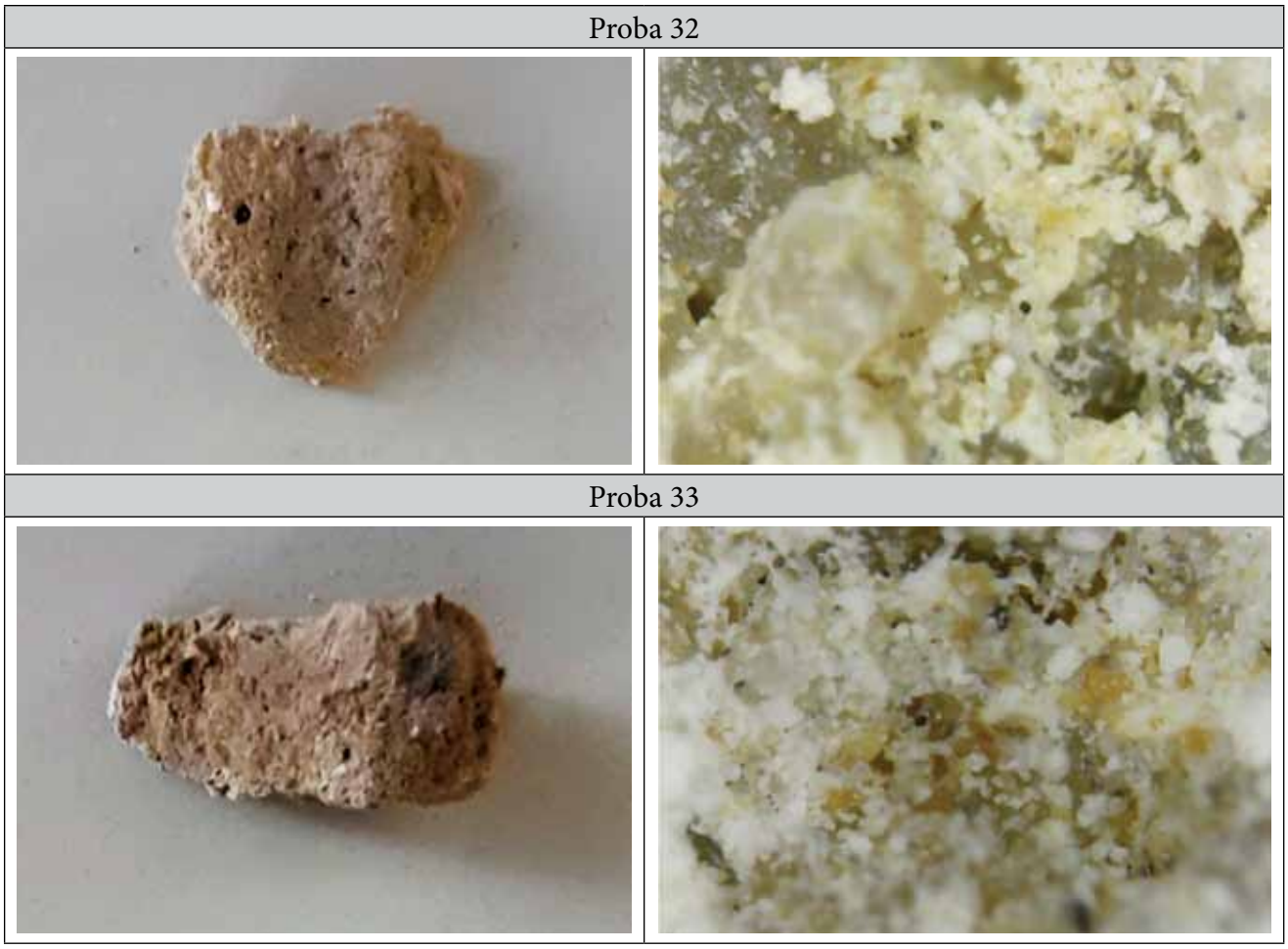


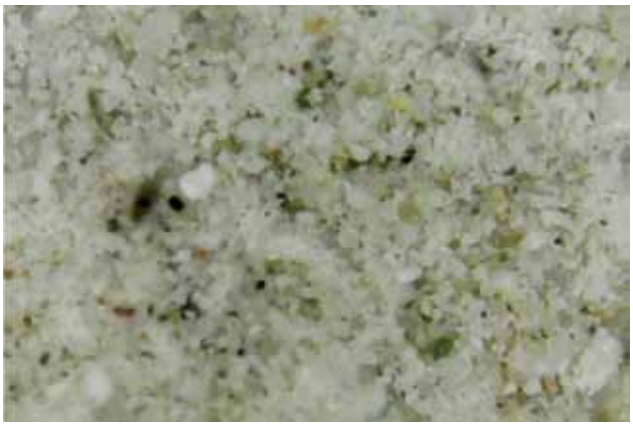
Fig. 3. Fotomicrografii ale probelor de mortar din zidul I al cetății Soroca

Tabelul 7. Compoziția elementală a mortarelor din Zid II cetatea Soroca prin analiza XRF

Proba	Elemente majoritare, ppm				Elemente minoritare, urme ppm								
	Ca	K	Fe	S	Ti	Mn	Ba	Zn	Pb	Cr	Sr	Zr	I
34	>10%	10346	5381	-	-	177	-	-	-		568	39	5054
35	>10%	8081	3168	-	-	150	-	-	-		2269	83	5104
36	>10%	7788	6475	-	732	375	-	-	-		455	68	
37	>10%	12123	8262	-	782	309	-	37	26	62	709	97	2481
38	>10%	12273	12895	-	1577	398	163	19	21		494	110	3332
39	>10%	10161	13141	-	1371	452		20	-		199	127	
40	>10%	9320	10538	13208	1273	1033	246	46	20		512	131	2596
41	>10%	5200	4910	-	-	242	-	-	-		178	78	4438
42	>10%	6731	7040	-	-	332	-	-	-		576	104	
43	>10%	9410	10017	-	873	684	183	38	19		386	92	2646
44	>10%	6064	9670	-	-	310	-	-	-		518	41	-
45	>10%	18223	14928	-	1185	480	-	31		59	2644	58	4305
46	>10%	7729	9730	-	913	539	-	19	25		336	49	-
47	>10%	6860	5220	-	-	322	-	86	-		428	86	-

Din zidul II al Cetății Soroca au fost prelevate 14 probe de mortare de la cote diferite (0-13 m). Compoziția elementală a acestor mortare este descrisă prin elemente majoritare (Ca, K, Fe și doar în proba 40 S) și elemente minoritare (Ti, Mn, Sr, I). Conform rezultatelor obținute în urma analizei prin spectrometrie de fluorescență cu raze X, probele 34, 37, 38, 39 și 45 sunt mortare pe bază de var și nisip argilos. Mortarele din probele 35, 36, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 47, identificate prin XRF și OM, sunt mortare pe bază de var și nisip. Iar mortarul din proba 40 a fost identificat ca mortar pe bază de gips și nisip.

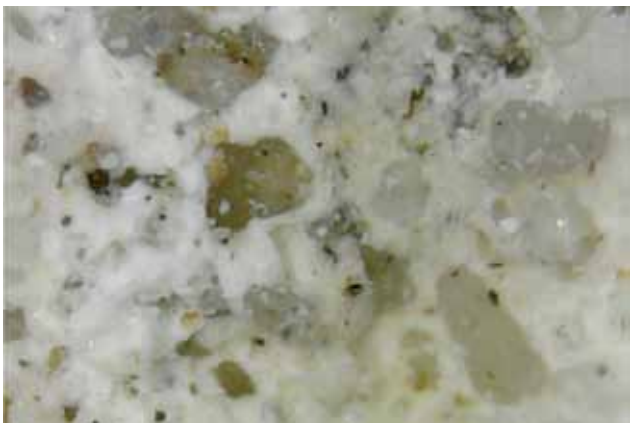
Proba 34



Proba 35

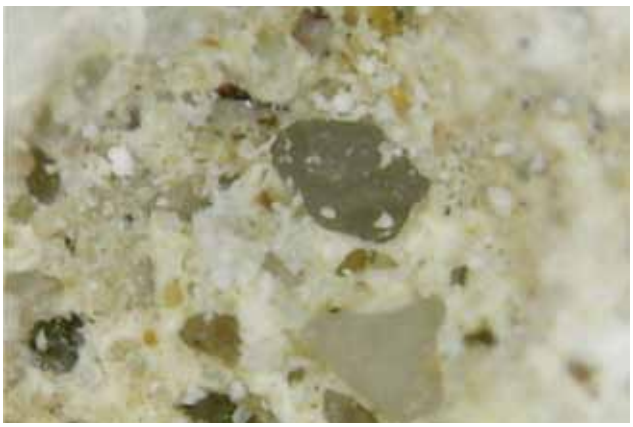
Proba 36

Proba 37

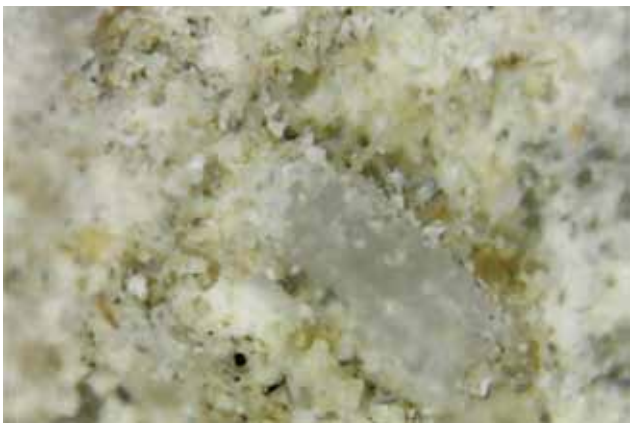


Proba 38

Proba 39

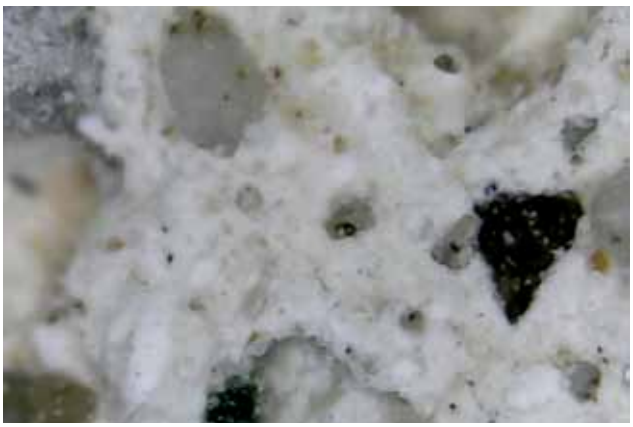


Proba 40

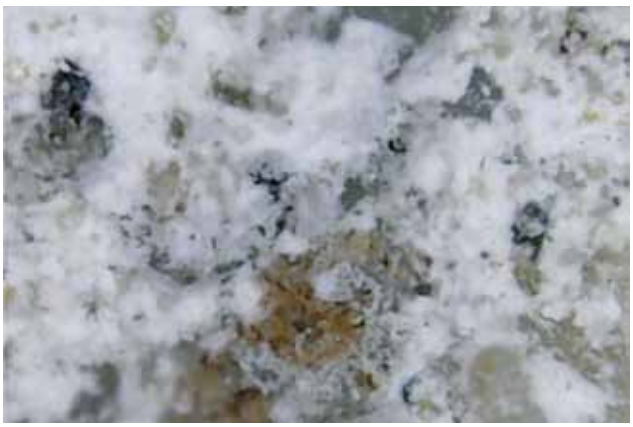


Proba 41

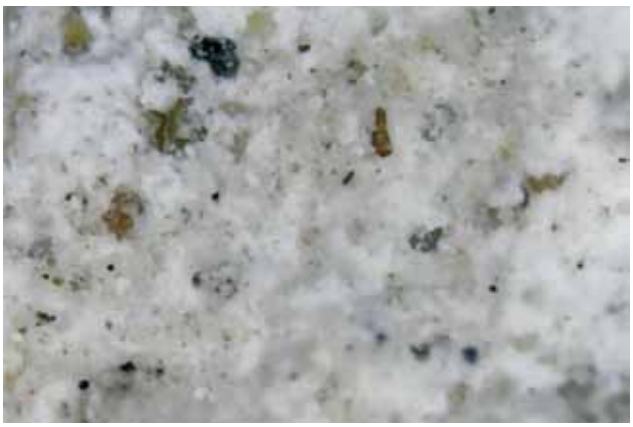
Proba 42



Proba 43



Proba 44



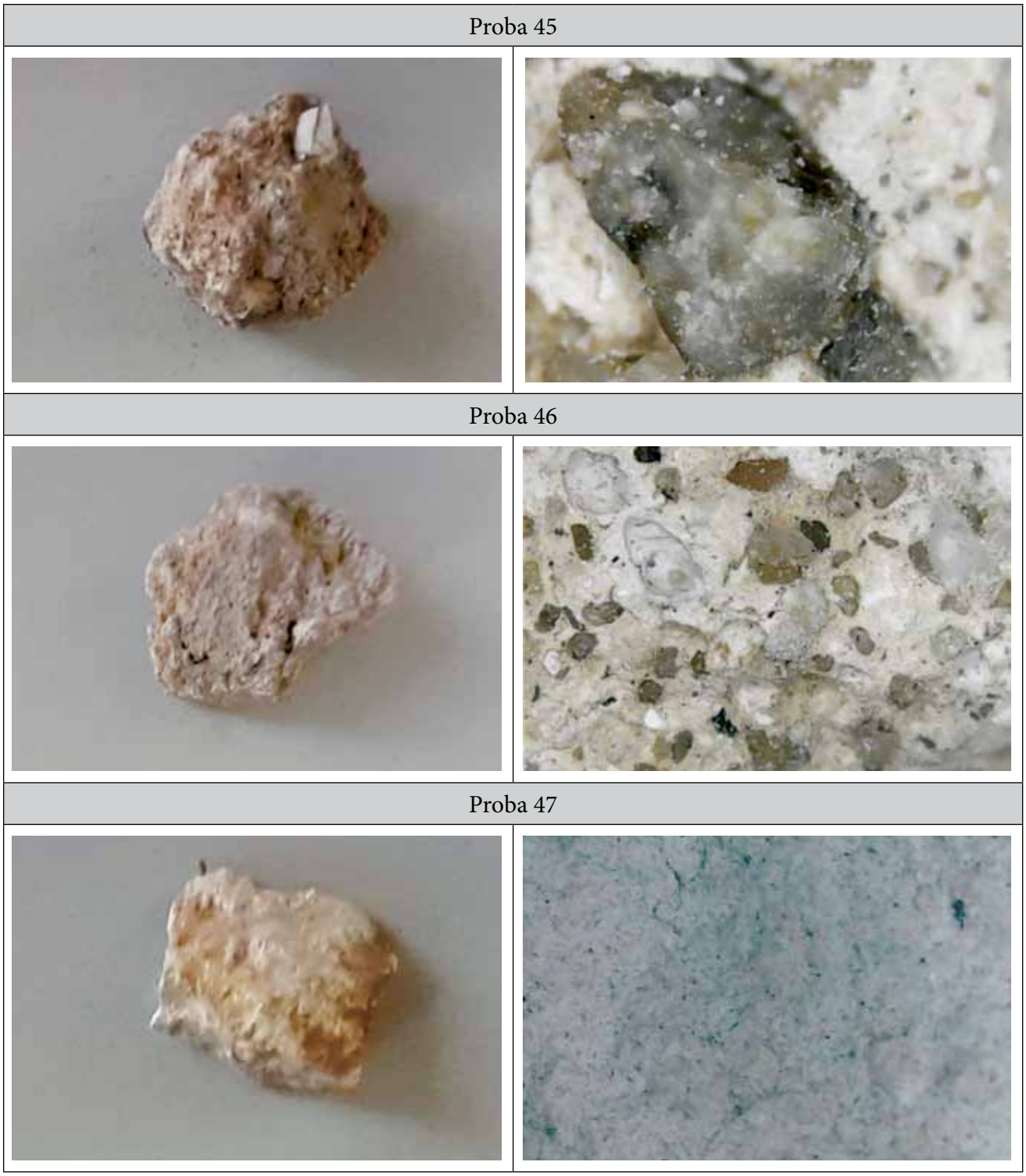


Fig. 4. Fotomicrografii ale probelor de mortar din zidul II al cetății Soroca

Fotogramele obținute prin analiza microscopică confirmă cele 3 tipuri de compoziții identificate prin XRF. De asemenea, se evidențiază prezența cuarțului, calcitelor, oxizilor de fier și a mineralelor secundare.

Pe suprafața probei 45 se văd amprente fosiliere, care s-au impregnat probabil din materialul litic cu care a fost în contact direct.

Procesele de degradare (disoluția calcitului, dezintegrarea granulară) la mortare sunt detaliate în fotogramele realizate la microscop (Fig. 4).

Din determinarea prin sondaj a raportului liant/ agregat folosind metoda chimică cu HCl a rezultat în urma calculelor că mortarul din proba 35 și 42 are raport liant/ agregat: L/A= 1:2,8, iar mortarul din proba 42 are un raport L/A= 1:2.6. Conform standardelor cele două mortare fac parte din categoria mortarelor grase.

Concluzii

Mortarele sunt materiale compuse din materii prime de natură foarte diversă și cu o compoziție care poate varia considerabil. Acest studiu a fost realizat folosind un set de tehnici analitice ex-situ în probe colectate în diferite zone ale zidurilor medievale. Determinarea compoziției exacte a unui mortar poate fi o sarcină dificilă, deoarece materialul este complex și suferă modificări chimice atât în faza de întărire, cât și în timp.

În ciuda acestui fapt, pe baza unui set de tehnici analitice, este posibilă determinarea unor caracteristici ale mortarelor. În cazul probelor din zidurile cetății medievale Soroca am stabilit că toate probele sunt în principal mortare de var cu agregate de cuarț și calcit. Morfologia, mărimea cristalelor și distribuția agregatelor în matricea ligandului este destul de variată. Conform observațiilor microscopice sunt vizibilie în principal mineralelor bogate în carbonat de calciu, iar cristalele mai fine corespund unei varietați de alte minerale.

Conform compozițiilor chimice determinate prin EDXRF, probele prezintă rezultate similare, menținând predominant aceleași elemente majore și minore pentru toate compozițiile. Elementele care variază sunt de tipul Cr, Pb, Mo, I, Ba, care se pot datora nisipului folosit la prepararea mortarelor. În general, mortarul conține granule grosiere de agregate de litotipuri calcaroase, în unele cazuri, agregatele sunt în intervalul de la 1 la 2 mm, de formă unghiulară până la subrotunjită.

Având în vedere doar caracterizarea materială, se poate afirma că prezența gipsului în cazul specific al probelor 7 (cota 6 m), 9 (cota 8 m),11 (cota 10 m), 13 (cota 11 m) din zidul I al cetății și proba 40 (cota 6 m) din zidul II se datorează unor intervenții de reparație realizate de-a lungul timpului. Aceeași situație am regăsit-o la proba 13 prelevată din bolta șanțului cetății, cazemata nr. 5.

Fisurile interne ale liantului pot avea cauze diferite, care pot rezulta din proces de întărire a mortarului, cicluri de îngheț și dezgheț, procese de mișcare mecanică, cristalizare a sărurilor, lipsa aderenței între agregate și liant, tensiuni cauzate de dilatarea și retragerea componentelor și calitatea scăzută a pregătirii mortarului, printre alți factori.

Studiul petrografic relevă că meșterii au urmat îndrumările tehnice teoretice pentru pregătirea mortarelor de var cu mici variații, ceea ce explică duritatea diferită la unele mortare.

Mineralele identificate în cărămidă sugerează că tehnica de ardere închisă a fost folosită în timpul procesului de fabricare a cărămizilor, probabil că surse locale de lut brut au fost folosite pentru a le produce.