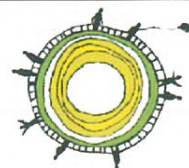




This project is funded
by the European Union

European Union Confidence Building Measures Programme
Programul Uniunii Europene "Măsuri de Promovare a Încrederii"
Программа Европейского Союза "Меры по укреплению доверия"



CLIENT: European Union Delegation to Moldova through its operational contractor UNDP

Technical Expertise and develop Detailed Technical Design for CONSERVATION AND RESTORATION WORKS OF BENDER FORTRESS (Phase I)

DETAILED TECHNICAL DESIGN

TEAM LEADER



Studio Berlucchi srl
Arch. Eng. Nicola Berlucchi - Eng. Nicola Fumagalli

With the collaboration of
Arch. Flavia Mainardi, Eng. Alessandro Trevisi

www.studioberlucchi.it

INTERNATIONAL EXPERTS

Prof. Donatella Fiorani
Conservation expert

Prof. Carlo Blasi
Structure restoration expert



GEOGRA' srl
Architectonical Survey



SOING srl
Diagnostics and analysis

Arch. Carlotta Cocco
GBC HB Expert

LOCAL EXPERTS

Dr. Sergiu Musteata
Archaeologist

Dr. Igor Nicoara
Geologist

Eng. Evgeni Cutia
Local Engineer

Arch. Corina Fisticanu
Local Architect

C			
B			
A			
-	07-2020	first emission	C226_P_EA_r02.doc
	DATE	REVISION	FILE NAME

TITLE: EXPLANATION NOTE	ASSIGN. CODE	DOCUMENT CODE				
		PRATICA	PARTE	DISC. PROG.	NUMERO	REV.
	C226	-	P	PE	r02	-
REPRESENTATION SCALE:	INTERNAL CODE:					

EXPERT STAMP AND SIGNATURE:

This project is funded by the European Union
and implemented by the
United Nations Development Programme



Empowered lives.
Resilient nations.

Conținut

1	Informație de context	4
2	Principii și cerințe	5
2.1	Principiile directorii adoptate pentru proiect	5
2.2	Cerințe	6
2.2.1	Calificarea, certificarea și experiența în domeniul restaurării patrimoniului cultural al contractantului și subcontractanților și lucrătorilor săi	6
2.2.2	Procesele, produsele și materialele de restaurare	7
2.3	Serviciile și testele care urmează să fie realizate de contractant înainte de inițiere lucrărilor ...	10
3	Date inițiale, date generale și nomenclatura	13
4	Descrierea și evaluările stării curente a Citadelei și Cetății de jos.....	16
4.1	Studiul pentru a defini caracteristicile geometrice și pentru a crea baza de date a Cetății	16
4.2	Tehnicile de construcție și principalele probleme: fundația și solul	20
4.3	Tehnicile de construcție și principalele probleme: fațadele, secțiuni verticale și zidăriile.....	22
4.4	Incompatibilitatea intervențiilor recente	25
4.5	Problemele privind utilizarea în siguranță a monumentului	26
4.6	Problemele ce țin de scurgerea apei pluviale	27
5	Rezumatul intervențiilor planificate și proiectate la această etapă	28
6	Lucrările arhitecturale și de restaurare	30
6.1	Restaurarea și îndeplinirea turnurilor A2, A3 și A4 și a pereților între acestea (îndrumări pentru intervențiile de restaurare pe viitor)	30
6.1.1	<i>Pasajele, scările și căile de patrulare</i>	<i>31</i>
6.1.2	<i>Creneluri</i>	<i>36</i>
6.1.3	<i>Suprafețele de piatră</i>	<i>38</i>
6.1.4	<i>Acoperișurile.....</i>	<i>41</i>
6.1.5	<i>Intervenții recente.....</i>	<i>43</i>
6.2	Indicații generale și operaționale pentru restaurarea zidăriilor	45
6.3	Intervențiile pentru alte suprafețe ale cetății	48
6.3.1	<i>Securizarea și reparația fațadelor din piatră.....</i>	<i>48</i>
6.3.2	<i>Bastionul B7: intervențiile de securizare pentru accesibilitatea vizitatorilor</i>	<i>49</i>
6.3.3	<i>Căile de patrulare, pasajele, scările și balustradele.....</i>	<i>49</i>
6.3.4	<i>Canalizarea pluviala.....</i>	<i>53</i>
7	Intervenții structurale	57
7.1	Standarde de referință.....	57
7.2	Consolidarea zidăriei.....	58

7.2.1	Consecutivitate operațiunilor.....	60
7.3	Consolidarea Turnului A6.....	63
7.3.1	<i>Instalarea dimensiunii tijelor de metal</i>	64
7.4	Consolidarea Turnului de Apă	68
7.4.1	<i>Calculul tracțiunii statice a bolții pavilionului</i>	70
7.4.2	<i>Instalarea și verificarea tijelor de metal</i>	71
7.4.3	Consolidarea fundației	72
7.5	Consolidarea Turnului B3.....	77
7.5.1	<i>Executarea sistemului de toroane</i>	78
7.5.2	<i>Consecutivitatea operațiunilor</i>	80
7.6	Acoperișuri noi pentru turnurile A2, A4 și A6	86
7.7	Balustrade noi	88
8	Principiile de bază cu privire la organizarea lucrărilor de construcție și siguranță	89
8.1	Introducere	89
8.2	Tipul îngrădirii teritoriului	89
8.2.1	Soluții pentru consecutivitate tehnologică și metodele de executare a lucrărilor	90
8.2.3	Volumul lucrărilor	92
8.2.4	Graficul de execuție a lucrărilor	104
8.2.5	Unități de depozitare	114
8.2.6	Numărul de lucrători	115
8.2.7	Indicii tehnici și economici	115
8.2.9	Indicații privind securitatea și sănătatea muncii, protecție mediului și protecția anti-incendiu	116

1 Informație de context

În 2019 Moldova PNUD a lansat cea de-a cincea etapă a Programului Susținerea Măsurilor de Promovare a Încrederii (UE-SMPÎ V), finanțat de Uniunea Europeană și implementat de PNUD Moldova.

PNUD a anunțat licitația RFP Nr.: 19/01915 “SOLICITARE DE PROPUNERI – Realizarea expertizei tehnice și elaborarea proiectului tehnic detaliat pentru lucrările de conservare / restaurare a Cetății Bender, etapa I” câștigat de Autorul prezentului raport, Studio Berlucchi srl.

Proiectul tehnic detaliat are drept scop, în baza expertizei tehnice anterioare și proiectului preliminar, să descrie și să determine lucrările care urmează să fie realizate la șantierul de construcție.

Pe parcursul exercițiului de expertiză tehnică au fost înregistrate un șir de probleme critice; acestea au fost enumerate în ordinea priorității. Această listă servește drept o îndrumare pentru intervențiile pe viitor atât pentru întreaga cetate, cât și pentru turnul inferior al cetății. Raportul de expertiză tehnică a fost înregistrat la autoritățile moldovenești pentru construcții, pe 7 mai cu numărul 008/07.05.2020 de către Expertul cu nr. 095 DI Victor Toporet.

Proiectul preliminar a fost elaborat într-un mod detaliat și numai intervențiile care au fost identificate ca o prioritate pentru cetate sunt incluse în volumul de lucrări, care cad sub incidența finanțării alocate de Programul UE SMPÎ V. Acesta a fost aprobat în baza procesului verbal al ședinței Consiliului Național al Monumentelor Istorice nr. 14 din 8 iulie, 2020, de către Ministerul Educației și Cercetării al Republicii Moldova nr. 05/2-09 din 10 iulie, 2020.

Aceste intervenții abordează principalele probleme structurale și propun soluții tehnice pentru aceste probleme structurale constatate în cazul cetății, cât și pentru consolidarea părților neutilizate ale cetății (în special în citadelă), soluții pentru problemele ce țin de conservarea materială, definirea îndrumărilor pentru intervenții pe viitor la nivel de cetate și soluționarea principalelor aspecte critice de ordin arhitectural pentru utilizarea monumentului în siguranță de vizitatori.

La nivel de proiect tehnic detaliat, toate aceste intervenții sunt descrise și proiectate pe deplin pentru a lansa licitația pentru selectarea companiei de executare și implementarea primului lot de lucrări de restaurare și consolidare.

Compartimentele implicate sunt cele ce țin de arhitectură și structură.

Prezentul raport include:

- evaluările ce țin de rezultatele cercetărilor realizate privind materialele, tehnicile de construcție și componentele, degradarea construcțiilor și instabilitatea structurală
- specificațiile tehnice pentru executarea tratării de conservare, materialele care urmează să fie utilizate la intervenția structurală

Raportul include diagrame, detaliile construcțiilor și material grafic care va fi necesar pentru clarificarea conținutului descriptiv al conservării și al indicatorilor pentru intervenții.

2 Principii și cerințe

2.1 Principiile directorii adoptate pentru proiect

Principiile directorii adoptate pentru proiect se referă la standardele internaționale recunoscute în domeniul restaurării.

Sunt numeroase Tratatе și Convenții recunoscute și ratificate la nivel internațional, cum ar fi

- Convenția privind protecția patrimoniului mondial, cultural și natural (Paris, 1972)
- Convenția Europeană pentru protecția patrimoniului arheologic (Londra, 1969)
- Convenția pentru protecția patrimoniului arhitectural al Europei (Granada, 1985)
- Principiile conservării structurilor istorice din lemn (1999)

Însă documentul cheie pentru restaurarea contemporană internațională este la sigur “Carta Internațională pentru Conservarea și Restaurarea Monumentelor și Siturilor” (Carta de la Veneția 1964) adoptată de ICOMOS în 1965.

Această Cartă a inspirat toate tratatele și îndrumările operaționale ulterioare privind patrimoniul cultural. Acest proiect s-a ghidat de următoarele:

- Carta ICOMOS “Principiile pentru analiza, conservarea și restaurarea structurală a patrimoniului arhitectural” adoptate de ICOMOS în 2003
- ICOMOS “Principiile europene de calitate pentru intervențiile finanțate de UE cu impact potențial asupra patrimoniului cultural” publicate în 2019

Am dori să evidențiem în special:

- Abordarea multidisciplinară¹ adoptată la toate etapele activității noastre, care a fost realizată pas cu pas ca în medicină² (anamneza, diagnoza, terapia, control): cercetarea datelor și informației, individualizarea cauzelor ruinelor și stării de avariere, alegerea măsurilor de remediere și indicarea măsurilor de control pentru a verifica eficiența intervențiilor.
- Cunoștințele profunde acumulate³ pentru a **prezenta propuneri de proiect în baza studiilor detaliate pentru determinarea caracteristicilor și valorilor Cetății, stării sale de conservare, necesităților, oportunităților și riscurilor**⁴
- **Drept bază**⁵ pentru măsurile de conservare și reconsolidare au fost evaluarea siguranței (de ex. consolidarea zidăriei și turnurilor, înlocuirea balustradelor) și **înțelegerea semnificației monumentului** (de ex. importanța cetății Bender, posibilitatea de a se plimba pe căile de patrulare și cea de a vizita vârful turnurilor pentru a vedea peisajul și râul Nistru)
- **Alegerea între tehnicile “tradiționale” și “inovative”**⁶ a fost cântărită de la caz la caz (de ex. alegerea de a acoperi turnurile cu acoperiș tradițional din lemn, sau alegerea de a proiecta balustrade noi din Cor-ten). În general am propus intervenții care-și propune drept scop să **respecte valorile, tehnicile și materialele istorice** (fără a propune forme care niciodată n-au existat și fără a alege materiale

¹ ICOMOS Carta 2003, Principii – criterii generale 1.1

² ICOMOS Carta 2003, Principii – criterii generale 1.6

³ ICOMOS Carta 2003, Principii – cercetări și diagnostic 2.1-2.9

⁴ ICOMOS Principiile Europene de calitate 2019, Asigurarea intervențiilor de calitate pentru patrimoniu cultural - 3.3 Proiectare

⁵ ICOMOS Carta 2003, Principii – măsuri de remediere și control 3.3

⁶ ICOMOS Carta 2003, Principii – măsuri de remediere și control 3.7

industriale care nu sunt potrivite pentru conservare) **fără a limita intervențiile pe viitor în care n-ar fi posibile de a veni cu alegeri “reversibile”.**

- Este important de asigurat **caracterul distinct al intervențiilor**; acest fapt e posibil prin utilizarea materialelor de o culoare puțin mai diferită decât cele istorice, fără a cauza efectul de mozaic pe suprafața pereților. Din acest motiv, va fi important de a parveni cu mostre la etapa timpurie de construcție, care să fie aprobate de managerul lucrătorilor și consultanții de restaurare.

Conținutul proiectului tehnic detaliat al cetății Bender (citadela și partea inferioară a cetății) a fost elaborat în conformitate cu legislația Republicii Moldova privind construcțiile, stipulate în TdeR și mai jos:

- Hotărârea Guvernului (HG) n.73 din 31/01/2014
- NCM A07 02-2012 4802
- CP A 08.06:2014
- CP A 08.05:2015

2.2 Cerințe

2.2.1 Calificarea, certificarea și experiența în domeniul restaurării patrimoniului cultural al contractantului și subcontractanților și lucrătorilor săi

Cetatea Bender este un monument de mare importanță istorică și artistică. Din acest motiv, lucrările de restaurare și consolidare nu trebuie să fie încredințate unor companii generice de construcții.

Va fi necesar de selectat o Companie – Contractant care poate demonstra și oferi dovezi de deținere a unei experiențe profunde în domeniul lucrărilor de restaurare privind patrimoniul cultural.

Din aceste considerente, **Compania – Contractant trebuie să dispună de cel puțin Certificarea UNI EN ISO 9001-2015, în special pentru Sectorul EA 28-35: proiectarea și executarea lucrărilor de restaurare, conservare, analiză a obiectelor culturale, lucrărilor și decorării suprafețelor mobilierului, patrimoniu arhitectural, de interes istoric și artistic, protejat sau nu. Proiectarea și realizarea de sondaje privind patrimoniul cultural și restaurarea acestuia.**

Compania Contractant și orice subcontractant sau orice partener din asociație trebuie să-și demonstreze experiența în domeniul restaurării patrimoniului cultural, în special pentru suprafețele din piatră, consolidarea zidăriei și structurilor din lemn, prin:

- CV detaliat privind experiența de muncă
- Certificatele de “executare adecvată a lucrărilor” oferite de clienți din experiențele anterioare de muncă
- Orice certificate și calificări obținute (de ex. certificat de participare în cadrul școlilor de restaurare, calificarea în domeniul restaurării patrimoniului cultural, înregistrarea în liste oficiale, etc.) din partea instituțiilor publice și universităților din țara de origine sau din partea organizațiilor recunoscute pe plan internațional în domeniul restaurării patrimoniului cultural.

Înainte de inițiere a lucrărilor, Compania – Contractant trebuie să prezinte PNUD-ului toate certificatele enumerate mai sus (atât ale sale proprii, cât și a subcontractanților sau partenerilor).

Nicio companie sau operator de executare nu va avea acces la șantier fără a obține autorizare din partea PNUD.

2.2.2 Procesele, produsele și materialele de restaurare

Compania trebuie mereu să execute lucrările și să aplice toate produsele în conformitate cu instrucțiunile ce se conțin în fișa de date tehnice a produsului.

Toate materialele și produsele (prin intermediul fișelor sale de date tehnice) trebuie să fie prezentate de către Contractant către managerul responsabil de lucrări din partea PNUD și supervisorului lucrărilor de restaurare pentru aprobare.

2.2.2.1 Produse biocide

Alegerea celor mai potrivite produse se va realiza în mod direct la fața locului prin executarea testelor. Trebuie să fie testate cel puțin două produse biocide – săruri lichide de amoniu concentrate cuaternare de spectrul vast (de ex. PREVENTOL® RI 80 de ANTICHITA' BELSITO srl, sau BIO C de CIR Chimica Italiana Restauri, sau un alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice).

2.2.2.2 Produse de consolidare

Alegerea celui mai potrivit produs urmează să fie realizată direct la fața locului prin executarea de teste. Cel puțin trei produse trebuie testate:

- OXALAT DE AMONIU: sare solubilă în apă pentru consolidarea pietrei de calcar sau a suprafețelor de piatră, care urmează să fie aplicate în soluții de 2 - 5% cu pulpă de celuloză prin metoda de consolidare a ambalajului (de ex. Oxalatul de amoniu de Sinopia sas Turin – Italia – sau alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice).
- SILICAT DE ETIL: produs lichid gata preparat, în baza de esteri etilici ai acidului silicic în solvent alcoolic (de ex. Consolidante ETS de la MAPEI S.p.A. sau un alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice).
- NANO VAR: nano-particule de hidroxid de calciu dispersate în alcool (de ex. NANORESTORE PLUS de la Universitatea din Florența sau un alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice).

2.2.2.3 Mortare

Toate mortarele nu trebuie să conțină ciment – mortare de calcar hidraulic natural.

În general:

- **este strict interzis de utilizat un alt timp de mortar, mai presus de orice este strict interzis de utilizat materiale din ciment sau materiale bazate pe ciment sau cu mici urme de ciment**
- **mortarele structurale trebuie să fie NHL 5, alte mortare (pentru tencuieli, chituri, injectări etc.) trebuie să fie NHL 3.5**

Se recomandă utilizarea mortarelor pre-amestecate, dar acestea trebuie să fie compatibile cu suportul din piatră. Alegerea celui mai potrivit produs se va face direct la fața locului prin executarea testelor.

Pentru **LUCRĂRILE STRUCTURALE**, în special **INJECTĂRILE**:

- Consolidarea micro-fisurilor în nucleu:
 - o pastă excedentară de mortar, stabilă din punct de vedere volumetric, ambalată cu: liant hidraulic super-fluid, rezistent la săruri, fără conținut de ciment, compusă din var și eco-puzzolană, nisip natural ultra-fin și aditivi speciali (de ex. Mape-Antique I de la MAPEI S.p.A. sau alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice). Injectările trebuie să fie efectuate până la refuz, de jos în sus, cu pompe mecanice sau electronice.
 - o geo-mortar hiper-fluid cu nivel înalt de retenție a apei în bază de calcar natural pur NHL 3.5 și geo-liant (de tip Geocalce FL Antisismica sau Kerakoll Spa)
- Umplerea golului nucleului:

- o mortar turnabil pentru zidării sau de consistență fluidă, rezistent la săruri, fără conținut de ciment, compus din var hidrolic natural și eco-puzzolană, nisipuri naturale fine, aditive speciale și micro-fibre, cu un nivel foarte redus de emisie a substanțelor organice volatile (EMICODE EC1 R Plus) (de ex. de tipul Mape-Antique Colabile de la MAPEI S.p.A. sau alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice). Pentru grosimi de peste 4 cm, mortarul trebuie să fie adăugat cu agregate de la 30 până la 50% la greutatea produsului, de o dimensiunea corespunzătoare a grăunților (de ex. e.g. pietriș din calcar I 3-5 sau 6-10)

Pentru **LUCRĂRI STRUCTURALE**, în special **APLICAREA STRATURILOR**:

- mortar pre-amestecat pentru zidării, în baza calcarului hidrolic natural (NHL 5) și compușilor reactivi neorganici, nisip natural și aditivi speciali cu emisii organice volatile foarte reduse (EMICODE EC1 R Plus) (de ex. de tipul Mapewall Muratura Grosso de la Mapei S.p.A. sau alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice)
- mortar din fibre consolidate din puzzolană în bază de calcar hidrolic natural NHL 5, nisip în granule, fibre sintetice și aditive (de ex. de tipul MALTA STRUTTURALE NHL 712 de la Fassa Bortolo sau alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice)

Pentru **LUCRĂRI STRUCTURALE**, în special **INSTALAREA ELEMENTELOR DIN METAL**:

- rășină epoxidică bi-componentă de performanță înaltă (de ex. de tipul Kimitech EPOXY CTR ST3-0719 de la KIMIA S.p.A. sau Epojet de la MAPEI S.p.A. sau alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice)

Pentru **LUCRĂRI STRUCTURALE**, în special **FUNDAȚII NOI DIN BETON ARMAT**:

- betonul trebuie să respecte cerințele stabilite în standardul CP H.04.04.2018 „Betoane și mortare. Beton. Specificație, performanță, producție și conformitate”, tabelul S.1 și S.2 Anexa S. Betonul trebuie să acopere fundațiile cu grosimea minimă de 4,5 cm. Betonul trebuie caracterizat prin următoarele valori:

- clasa de beton B30 (sau marca de beton M400 conform GOST 26633, tabelul S.1 din CP H.04.04-2018)
- clasa de consistență S3 (conform CP H.04.04.2018 tabelul 4)
- clasa de expunere XC1 (conform CP H.04.04.2018 tabelul 1)

Unele controale vor fi efectuate la betonul noilor fundații. Aceste controale constau în turnarea lui în 6 cuburi de beton cu latura de 15 cm, fiind turnate din același beton ca din fundații. Cele șase probe vor fi supuse, în termen de 28 de zile de la turnare, testelor de compresie de către un laborator certificat.

Pentru **LUCRĂRI DE RESTAURARE** cum ar fi chituiră și repararea rosturilor:

- mortar pre-amestecat pentru zidării, rezistent la săruri, mortar pre-mestecat fără conținut de ciment compus din calcar hidrolic natural și eco-puzzolană, nisipuri naturale, aditive speciale și micro-fibre (de tipul Mape-Antique Allettamento de la MAPEI S.p.A. sau alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice)
- mortar pentru zidării, în baza calcarului hidrolic natural – NHL 3.5 conform EN 459-1, nisip fin de calcar, pământ colorat anorganic, fără componente organice (de tipul RÖFIX 952 sau alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice)

- mortar cu calcar hidraulic natural pur NHL 3.5 și lianți minerali, puzzolană naturală extra fină și nisip din siliciu inert și calcar dolomitic în particule de 0 – 1,4 mm (de tip Biocalce® Pietra de la Kerakoll sau alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice))

2.2.2.4 Sistem de curățare

Sablarea tangențială (de ex. sistem JOS sau IBIX) trebuie să fie testată cu precauție și va fi necesar de definit:

- presiunea corectă (de ex. nivel diferit de presiune 0.2 ÷ 4 bar)
- agregare corectă
 - o carbonat de calciu (de ex. CarbonArt de IBIX)
 - o nisip de granat
 - o agregate naturale și altele (de ex. știulete de porumb, IBIXART de IBIX, etc.)

2.2.2.5 Componentele mortarelor

Toate componentele mortarelor trebuie să fie silicioase (nisip, var și pietriș).

2.3 Serviciile și testele care urmează să fie realizate de contractant înainte de inițiere lucrărilor

La începutul etapei de implementare și după instalarea schelelor, contractantul trebuie să:

- **REALIZEZE UNELE ANALIZE CHIMICE ȘI PETROGRAFICE CU PRIVIRE LA MORTARE ȘI PIETER** pentru a defini compoziția materialelor originale și pentru a defini cele mai compatibile materiale de restaurare (mortare, pietre, tencuieli, etc.).

Investigarea mortarului și pietrelor trebuie să se conformeze cel puțin cu CEN/TC 346 – Conservarea patrimoniului cultural, după cum urmează:

- EN 17187:2020 – Conservarea patrimoniului cultural – caracterizarea mortarelor utilizate în patrimoniul cultural
- EN 15898:2019- Conservarea patrimoniului cultural – termenii generali și definițiile principale
- EN 16515:2015 – Conservarea patrimoniului cultural – îndrumări pentru caracterizarea pietrei naturale utilizate în patrimoniul cultural
- EN 16455:2014 – Conservarea patrimoniului cultural – extragerea și determinarea sărurilor solubile în piatra naturală și materialele conexe utilizate în și din patrimoniul cultural
- EN 16085:2012 – Conservarea proprietății culturale – metodologie pentru prelevarea mostrelor din materialele de proprietate culturală – reguli generale

Executarea cercetărilor trebuie să urmeze acești pași:

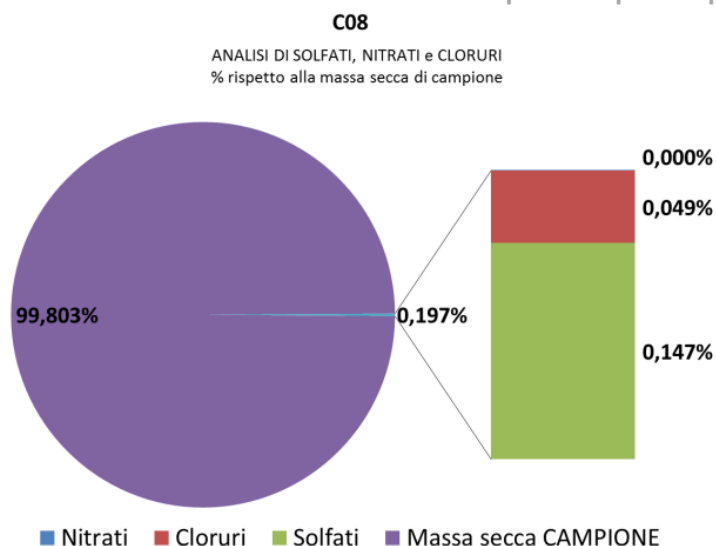
- prezentarea către managerul de lucrări a unui **plan de cercetare** care să specifice unde și câte mostre vor fi prelevate
- aprobarea planului de către managerul pe construcții dirigințele de șantier
- executarea prelevării mostrelor și analiza de laborator
- prezentarea raportului final cu rezultatele analizelor și actualizarea localizării mostrelor, corelate cu documentația grafică și cea fotografică

Trei tipuri de analize trebuie să fie realizate cu privire la mostre:

- **Determinarea cantitativă a sărurilor (sulfati, nitrati și cloruri) – cel puțin 10 probe**

Metoda de extragere trebuie să fie utilizată pentru determinarea sărurilor solubile pentru a evalua starea de conservare a materialelor de piatră. Sărurile solubile pot fi prezente atât ca componente naturale ale pietrei și ca produse ale degradării sale, sau să derive din materialele utilizate în intervențiile de restaurare, de la poluare sau din capilarele din pereți; acestea pot reacționa și declanșa fenomene chimice care pot cauza deteriorarea pietrei.

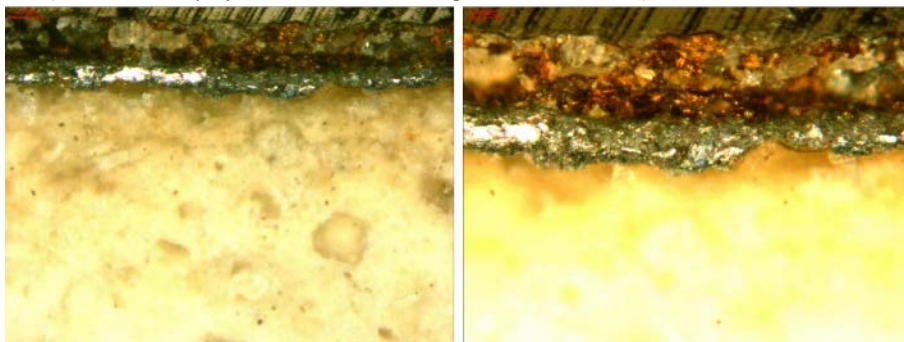
Pentru analiza calitativă și cantitativă a sărurilor solubile se va utiliza metoda fotometrică pentru a determina procentul de greutate în comparație cu mostra inițială pentru fiecare specie ionică individuală (sulfati, nitrati și cloruri). Pentru extragerea sărurilor din mostrele supuse examinării (circa 100mg se preia din mostră după uscarea acesteia într-o sobă la 60° C timp de 24 de ore, măcinând mortarul și cernind prin sită 0,100mm), se va utiliza apă distilată dublu (100ml) cu agitare lentă timp de 2 ore. Suspensia se va filtra (filtru cu bandă neagră) și se va măsura cu un cromatograf ionic. Rezultatele analizei vor fi exprimate în procent de greutate în comparație cu greutatea inițială a mostrei uscate.



% conform masei de ioni în comparație cu masa uscată inițială a probei

- Analiza la microscopul optic pe secțiunea lucioasă (pentru analiza stratigrafică / morfologică a mostrei) – **cel puțin 10 probe**

Analiza este realizată pe micro-probe de materiale după crearea unei secțiuni lucioase. Mostra este incorporată în primul rând în rășină transparentă, după care este tăiată cu un fereștrău de precizie, după care oglinda este lustruită cu o mașină de șlefuire pe hârtie abrazivă, reducând treptat mărimea particulelor. După care suprafața este analizată cu ajutorul unui microscop optic stereoscopic cu o cameră video calibrată în modul potrivit la mărituri între 28X și 1000X în dependență de stratigrafia care urmează să fie studiată. Imaginile nu arată deformare sferică și sunt calibrate atât în ceea ce privește culoarea, cât și geometria; astfel este posibil de măsurat, de exemplu, grosimea straturilor pictoriale sau dimensiunea granulelor materialului sau porilor. Prin intermediul unui soft special de analiză a imaginii, este posibil de vectorizat imaginile și după de produs procesarea statistică cu privire la parametrii mășurați într-un mod semi-automat (de ex. distribuția porosimetrică, curbele granulometrice, etc)

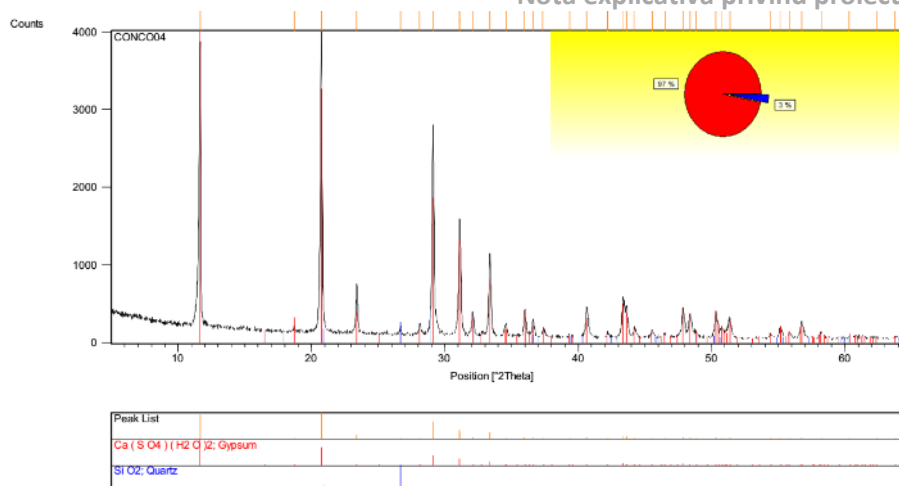


Analiza morfologică și micro-stratigrafică pe secțiunea lucioasă cu microscop optic

- Caracterizarea materialului utilizând difracția XRD – Roentgen (pentru analiză chimică / fizică a mortarului) – **cel puțin 10 probe**

Caracterizarea materialului prin difractometrie se va realiza pe o probă corect măcinată cu un mortar cu agat și pregătit pentru analiză conform metodei pulberilor.

Difractometria cu raze Roentgen permite realizarea unei caracterizări calitative a materialului (identificarea etapelor cristaline) și prin intermediul unei proceduri de calibrare specifică, este posibil de realizat o analiză cantitativă. Analiza de spectru permite să determinăm dimensiunea cristalitelor și deformățiilor lor posibile.



Analiza chimică / fizică cu difracție cu raze Roentgen (XRD)

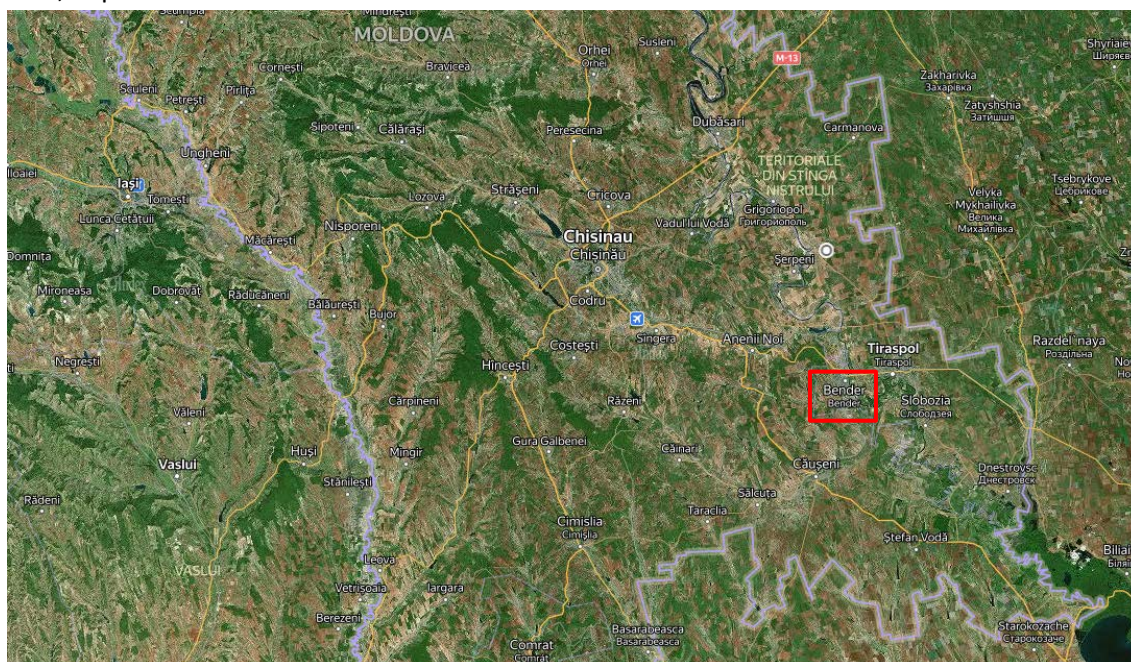
După ce este identificată componența mortarelor și pietrelor, va fi posibil de definit cele mai compatibile materiale de restaurare.

- **VERIFICAREA ȘI ACTUALIZAREA HĂRȚILOR DESCOMPUNERILOR** – Deși sunt bazate pe planuri ortofoto (1:50) produse dintr-un studiu cu drona, hărțile trebuie să fie actualizate și verificate. Cercetarea vizuală în profunzime poate fi realizată doar cu schelăria instalată, cu posibilitatea de a observa și de a analiza suprafețele din aproape. Acest serviciu trebuie să fie realizat de un profesionist cu calificări în domeniul restaurării patrimoniului cultural, fiind echipat cu acreditări și certificări oficiale.
- **TESTELE DE PERFORMANȚĂ PENTRU TOATE MATERIALELE ȘI PROCEDURILE DE RESTAURARE** – toate produsele pentru restaurare și procesele implicate trebuie să fie testate de către contractant și aprobate de managementul lucrărilor din partea PNUD. Testele trebuie să fie realizate cel puțin pentru:
 - tehnicile de curățire
 - produsele biocide
 - produsele de consolidare (cel puțin oxalat de amoniu, silicat de etil și nano-calcăr)
 - mortare de restaurare și adeziv. Cel puțin:
 - Structural
 - injectări (pentru consolidarea micro-fisurilor nucleelor, pentru umplerea golurilor nucleelor)
 - pentru instalarea straturilor
 - pentru instalarea elementelor din metal
 - Pentru restaurare (chituirea și repararea rosturilor)

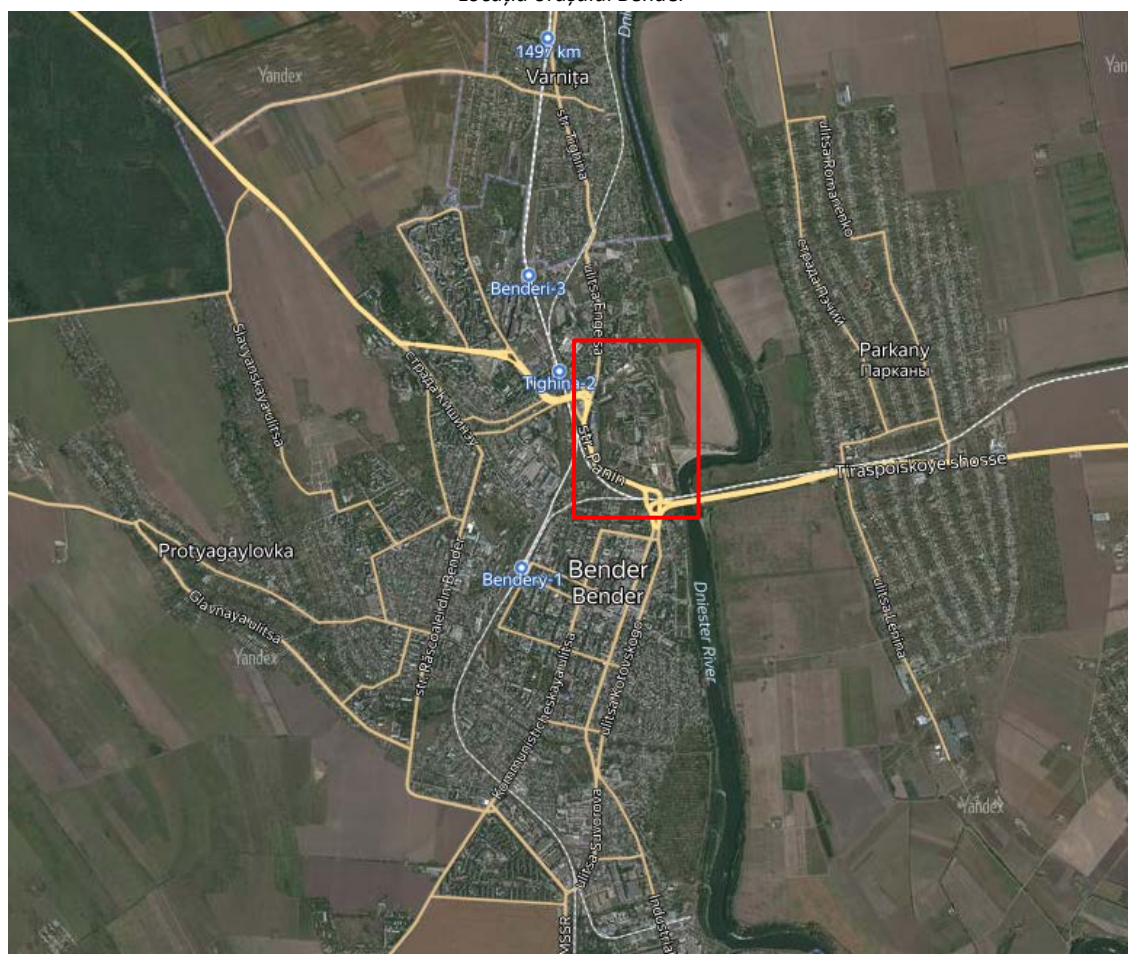
De îndată ce va fi instalată schelăria, pe parcursul șantierului de construcție, contractantul trebuie să realizeze modelul BIM adăugând toată informația cu privire la materiale, stratigrafie, fenomenul de degradare, etc. După lucrări, contractantul trebuie să adauge la modelul BIM toată informația cu privire la materiale, stratigrafia tuturor elementelor (zidărie, pardoseala și acoperiș, etc.) și intervențiile realizate, etc. La finele intervenției, modelul trebuie să fie îmbogățit cu informații privind intervenția realizată (toată informația “conform celor construite”).

3 Date inițiale, date generale și nomenclatura

Cetatea Bender este localizată pe o poziție ușor ridicată, la nord de la centrul orașului Bender/ Tighina, lângă râul Nistru, în partea de sud-est a Moldovei.



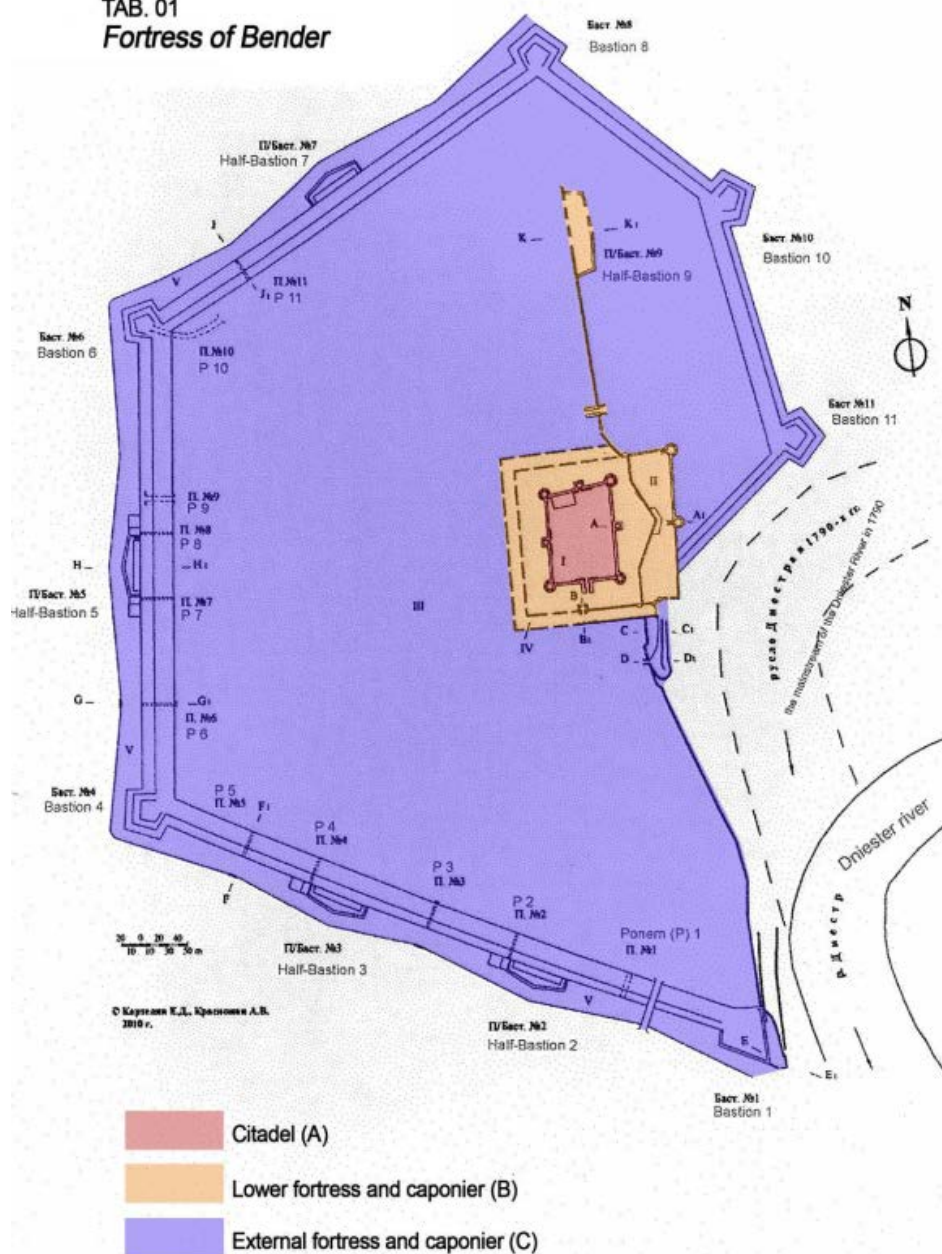
Locația orașului Bender



Locația Cetății în orașul Bender

Aceasta este compusă din trei părți de bază: Citadela, Cetatea inferioară și Cetatea exterioară.

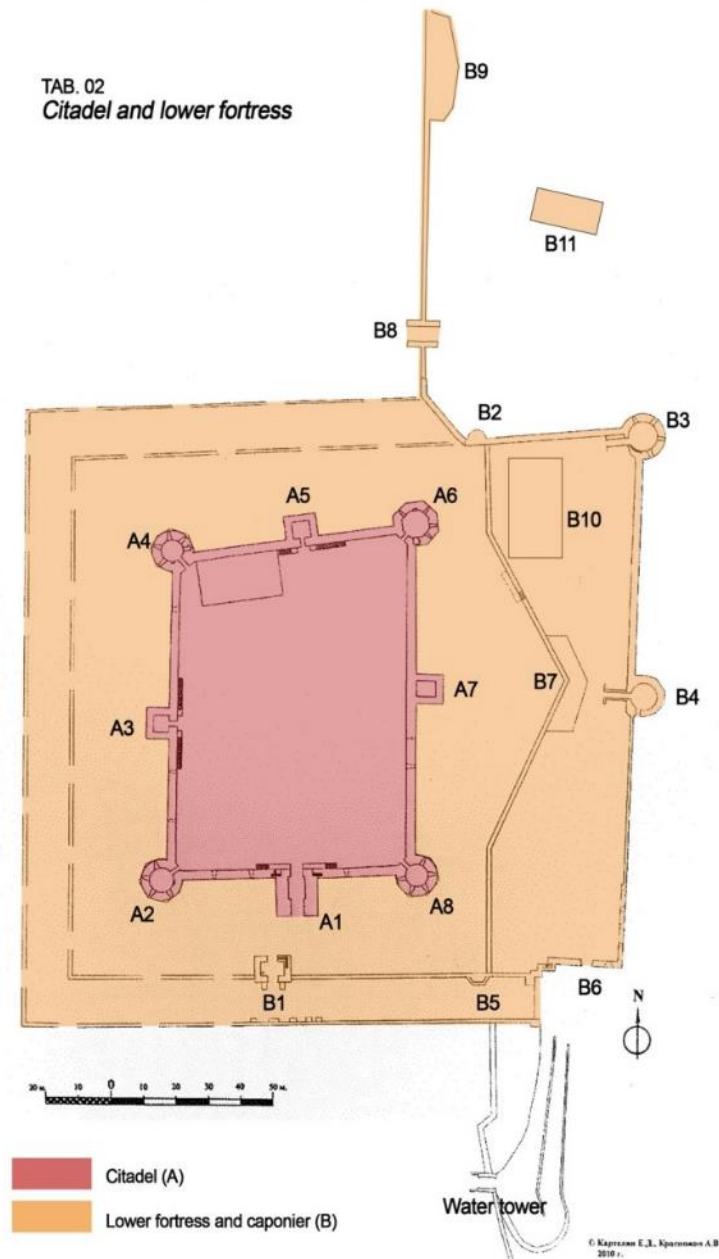
TAB. 01
Fortress of Bender



Complexul fortificat este localizat într-o zonă periferică caracterizată de prezența unor clădiri industriale parțial ne-utilizate și cu o așezare militară în cadrul hotarelor exterioare ale fortăreței.

Pentru o identificare clară a porțiunilor Cetății, faceți referință la nomenclatorul indicat în diagrama de mai jos.

TAB. 02
 Citadel and lower fortress



4 Descrierea și evaluările stării curente a Citadelei și Cetății de jos

Exercițiul de diagnostic, realizat prin diverse tipuri de cercetări, a permis definirea principalelor caracteristici ale elementelor care formează Citadela și Cetatea inferioară.

Au fost realizate teste arheologice, analiza seismică a terenului, tomografia, teste cu georadar-ul și teste penetrometrice. Datele colectate au fost studiate cu referință la informația istorică găsită în arhive și în bibliografia specifică.

Toate elementele (solul, fundamentul, pereții, etc.) Cetății Bender reprezintă rezultatul unor schimbări numeroase care au survenit în timp din cauza dezastrelor naturale, invaziilor (cu distrugerii și reconstrucții) și noilor clădiri pentru noile necesități la care a fost supus monumentul.

Acest capitol include evaluarea privind rezultatele studiilor care au fost realizate cu privire la materiale, tehnicile și componentele clădirii care sunt în stare de descompunere și supuse fenomenelor de instabilitate structurală.

4.1 Studiul pentru a defini caracteristicile geometrice și pentru a crea baza de date a Cetății

Echipa de design profesional a realizat un studiu care a implicat utilizarea coordonată a diverselor tehnici și instrumente: drona, scanner-ul cu laser, conturul punctat (point cloud) și imaginea fidelă.

Toate serviciile au fost realizate cu scopul de a produce o bază unică de lucru, care va fi utilă și pentru intervențiile pe viitor care vor fi realizate pentru cetate, prin intermediul modelării 3D cu Revit – un software Autodesk pentru design arhitectural, structural și de restaurare.

În primul rând, a fost proiectată o micro-plasă geodezică a zonei interne și externe a complexului, după care a fost creată o micro-rețea mai densă în legătură cu plasa creată anterior, astfel încât nodurile materializate să permită stabilirea geo-referinței pentru toate activitățile plano-altimetice, cu laserul 3D și cu drona. După care a fost realizat un studiu cu scannerul 3D Laser. Vederile au fost poziționate pentru scanările de geo-referință la micro-rețeaua topografică; scanările au obținut date în culoare HDR asociate cu conturul punctat (point cloud); toate punctele de pe diagramă dispun de o astfel de densitate a scanărilor încât să definească elementele la o scară de 1:50 pentru secțiuni, altitudini și planuri. Pentru a obține cea mai bună rezoluție și cea mai bună redare a culorii pentru prospectele în ortofoto, studiul de fotogrametrie a fost asociat cu scanări.

După care am realizat studiul de fotogrametrie de pe sol și cu drona pentru a genera ortofoto pentru taluz și fațade, dar și pentru perspectiva aeriană a Citadelei și Cetății inferioară.

Au fost produse și desene pentru studiul geometric pentru elemente individuale.

Mai jos sunt unele imagini explicative.



Perspectiva aeriană a Citadelei și a Cetății inferioară cu drona



Vederi ale conturului punctat (point cloud) al cetății





Contur punctat (point cloud) și fotogrametrie împreună



Exemple de ortofoto

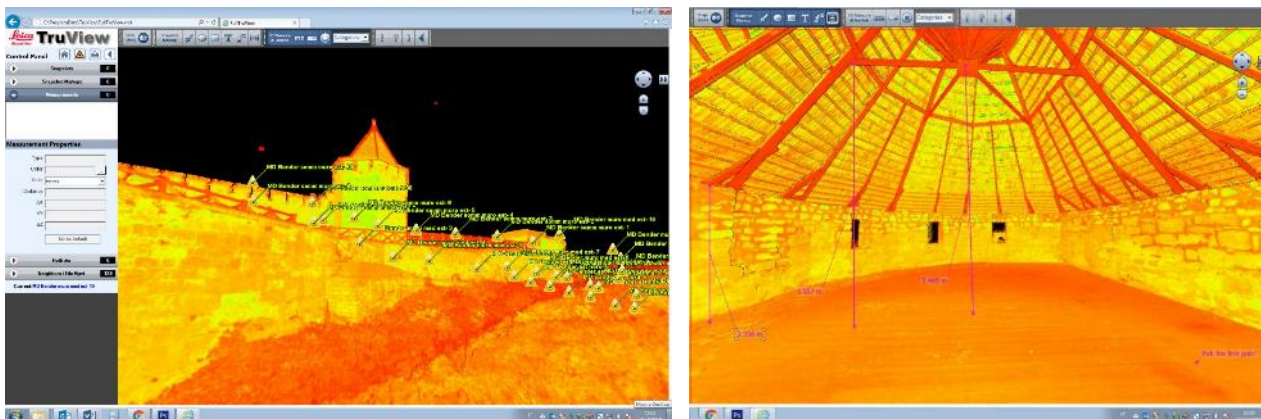


Exemple de studii detaliate geometrice și arhitecturale

Rezultatele acestui exercițiu au produs două din cele mai inovative instrumente pentru patrimoniul cultural, în special pentru planificarea pe viitor a intervențiilor la Cetatea Bender:

1. O imagine fidelă, adică posibilitatea de a analiza conturul punctat din studiul cu scannerul laser pentru a verifica situațiile detaliate în orice moment
2. Modelul 3D pentru designul BIM, proiectat prin modelare 3D în Revit, începând cu importarea conturului punctat. Acest fapt permite să dispunem în orice moment de toate planurile și toate secțiunile necesare pentru orice tip de lucrări care urmează să fie realizate pentru cetate.

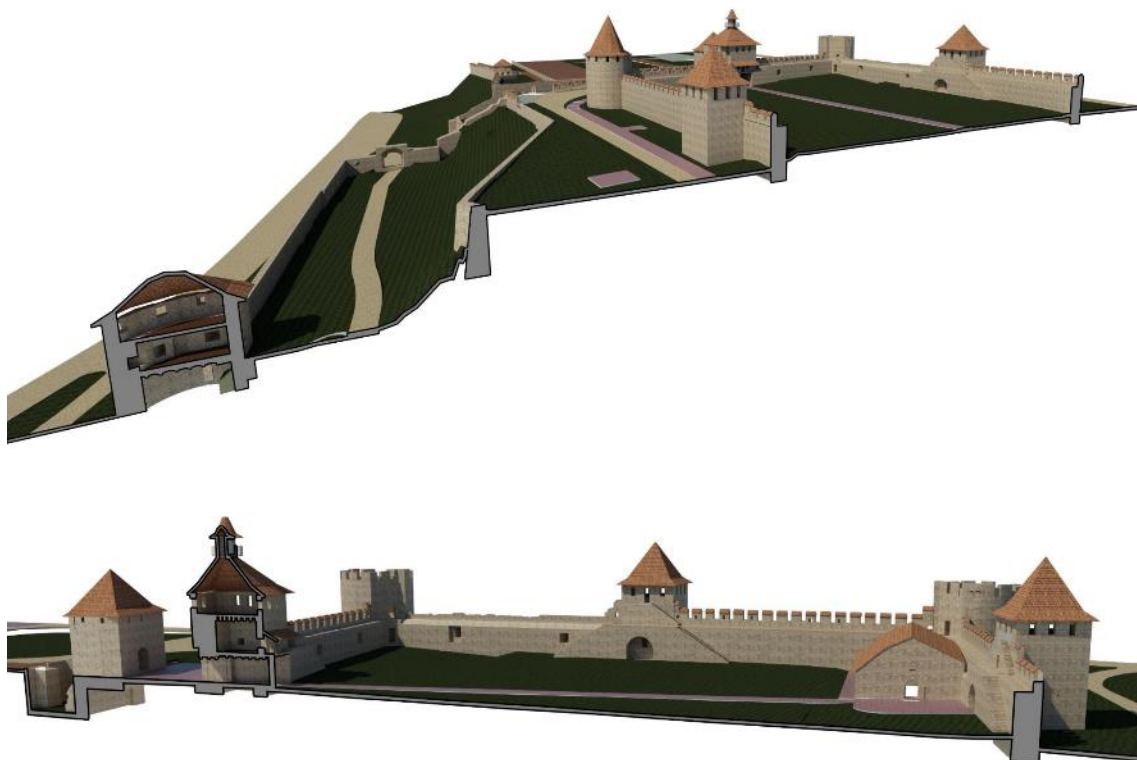
Mai jos sunt unele imagini explicative.



Imaginea cu comenzi pentru analiza conturului punctat



Vederi în model 3d ale cetății



Secțiuni perspective ale modelului 3d a cetății

Rezultatul acestui studiu a făcut posibilă disponibilitatea de reprezentări grafice precise ale formelor geometrice reale ale monumentelor (inclusiv deformările posibile, discontinuitățile și fisurile drept bază pentru înregistrarea tuturor informațiilor despre materiale, tehnici de construcție, fenomene de degradare, etc.) oriunde în cadrul cetății și în orice perioadă. Este o bază de date geometrice și arhitecturale a cetății care permit evitarea pregătirii de noi studii pentru fiecare intervenție care urmează să fie realizată (chiar și în scop de întreținere). Dacă ar fi actualizată în mod constant cu noi pași de intervenție, la fiecare locație nouă de construcție, aceasta deja va conține toate informațiile cu privire la proiectul anterior.

4.2 Tehnicile de construcție și principalele probleme: fundația și solul

Din punctul de vedere al temeliei și fundației, cele trei situații diferite care au fost identificate pot fi localizate în trei porțiuni de bază ale cetății: Citadela, Bastionul B7 și Cetatea inferioară.

Cercetările realizate pentru **Citadelă**, în special la turnurile A5 și A6, au evidențiat planul fundației la circa 2,80 m de la nivelul curent. Săpăturile arheologice au confirmat umplerea artificială la această adâncime, prezentând și un detaliu interesant privind tehnica de construcție a fundației deasupra, care pare să aibă o altă textură de zidărie și mortare diferite. Istoricii și arheologii ar trebui să exploreze ipoteza prezenței unei cetăți pre-existente.

Cercetările electromagnetice (EM) indică asupra prezenței în subsolul Citadelei a unor obiecte de metal, care sunt atribuite bazei bordurelor sau blocurilor de beton armat și canalului mare de scurgere din beton armat prezent la Bastionul B7.

Cercetările tomografice 2D și 3D au relevat o stratigrafie a terenului în direcția Vest-Est care prezintă o anomalie puternică pentru **Bastionul B7**, din cauza unei reportări de sol. Această situație a fost confirmată și

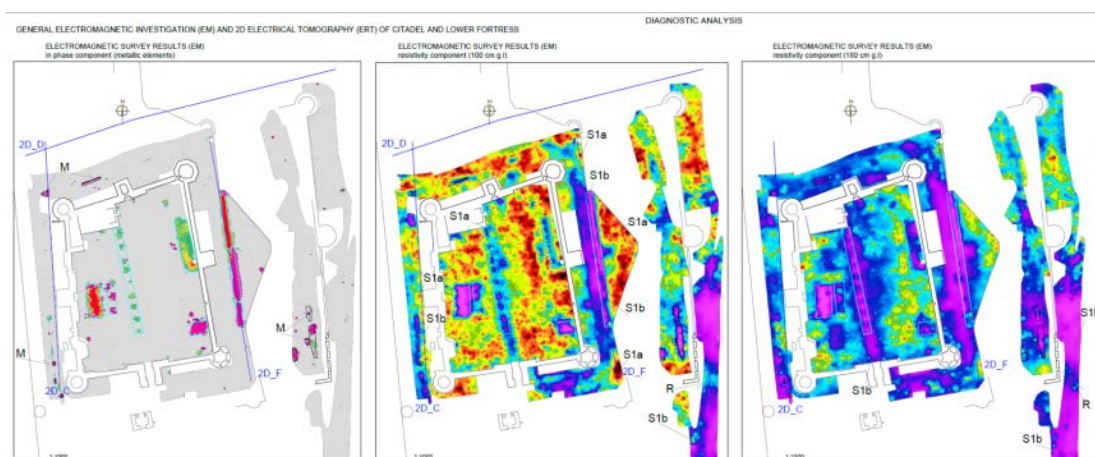
de săpăturile arheologice, care au arătat cum fundațiile de la Bastion sunt la o adâncime de 1,5 m de la nivelul curent al hotarului inferior, dar rămânând pe sol inconsistent. Bastionul B7 este în esență un bastion artificial de 12 metri înălțime. Cercetările istorice a confirmat construcția antropică a acestui bastion.

Citadelă a fost construită pe marginea terasei morfologice. Mai târziu, pentru a construi un bastion nou spre est, acesta a fost fondat după margine, și zona între pereții citadelei și noua pantă a bastionului a fost reumplută cu pământ. Hărțile istorice care preced noul bastion confirmă această perspectivă, arătând citadela ca fiind localizată pe marginea pantei. După cum este specificat în cercetarea istorică a acestui bastion

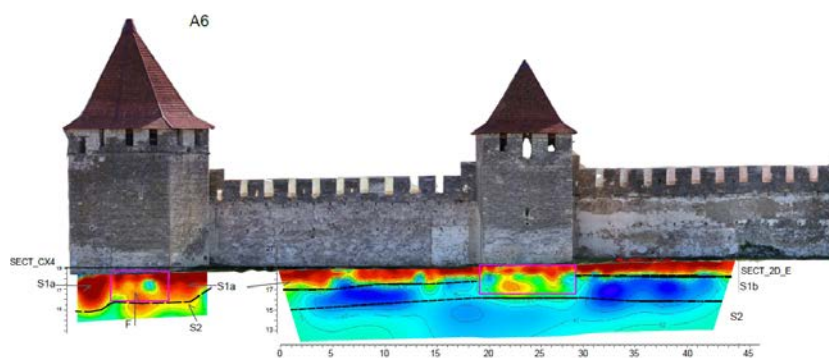
“se poate datora lucrărilor de adaptare și fortificare a cetății realizate de arhitectul Hasan Ağa și inginerul francez Francois Kauffer în ultimul deceniu al secolului 18 (1791-94)”.

Conform secțiunilor tomografice, **Cetatea inferioară** are o fundație de circa 2 metri adâncime de la nivelul solului care se așterne pe niște depuneri aluviale. Incoerența solului este confirmată și de testele de foraj.

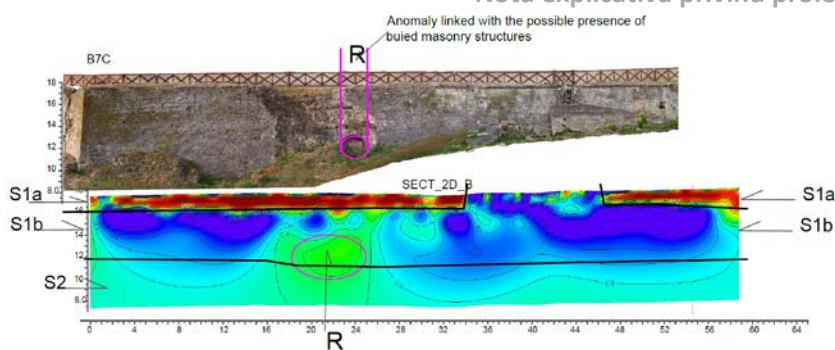
Cercetările ne permit să tragem concluzia că fragilitatea naturală a solului și prezența de volume mari de reumpleri de sol, modificare de câteva ori, pot fi considerate drept principalele cauze ale surpării fundației de care dă dovadă cetatea în diverse zone.



Cercetări geofizice – planuri



Cercetări geofizice și nivele fundației



Cercetări geofizice și nivelele fundației



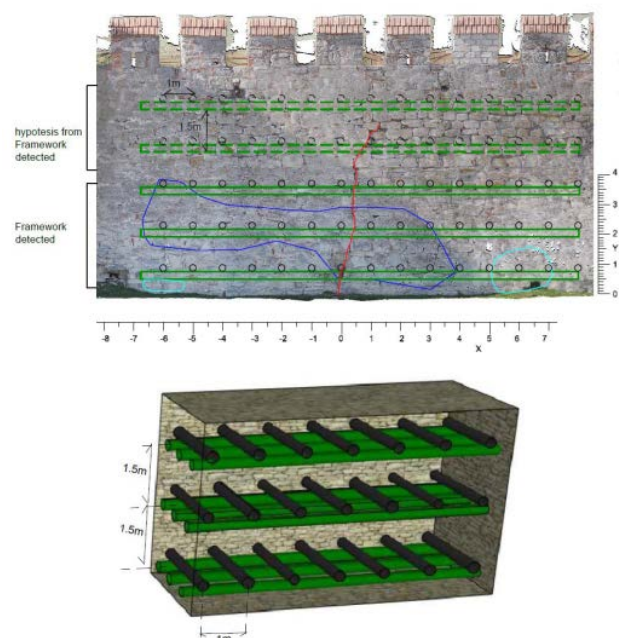
Săpături arheologice la Citadelă și Bastion B7



4.3 Tehnicile de construcție și principalele probleme: fațadele, secțiuni verticale și zidăriile

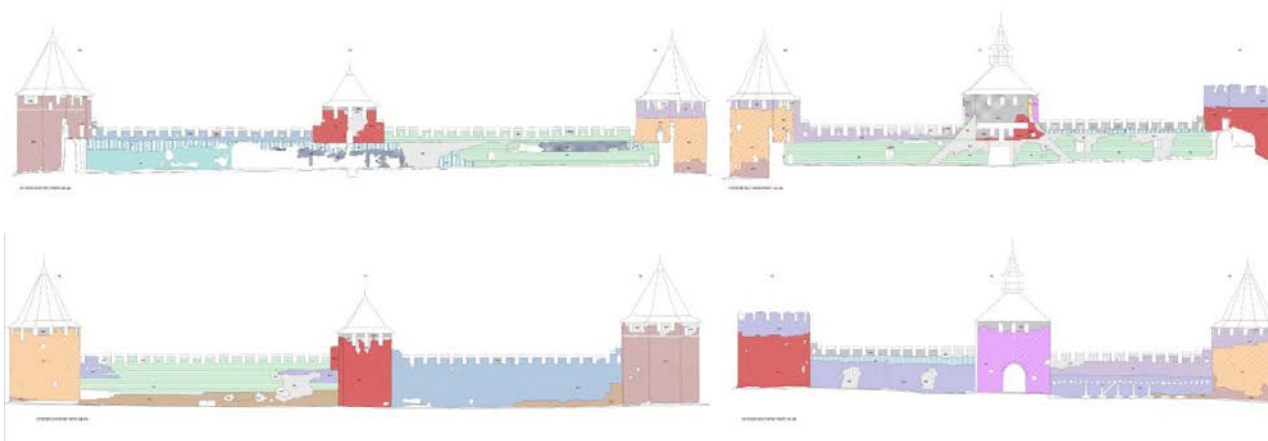
Datorită cercetării istorice și cercetării „GPR” și video-endoscopice a fost posibil de definit cât de fiabilă este **tehnica de construcție a zidăriei**.

Sistemul poate fi raportat la tradiția de construcție turcească și este format din două fețe din piatră conectate cu un nucleu compus din pietre, mortar și un sistem din lemn format dintr-o “plasă” de bârne din lemn.



Am identificat 26 de **tipuri diferite de zidărie**, inclusiv ultimele intervenții de reconstrucție. Toate aceste tipuri de zidărie utilizează calcarul local – pietre rezistente și bine sculptate, care sunt disponibile nu departe de locație; deseori aceleași pietre au fost reutilizate pentru reconstrucțiile mai târzii. Mortarul tradițional cu nisip și calcar, utilizat de secole, a fost înlocuit recent cu ciment.

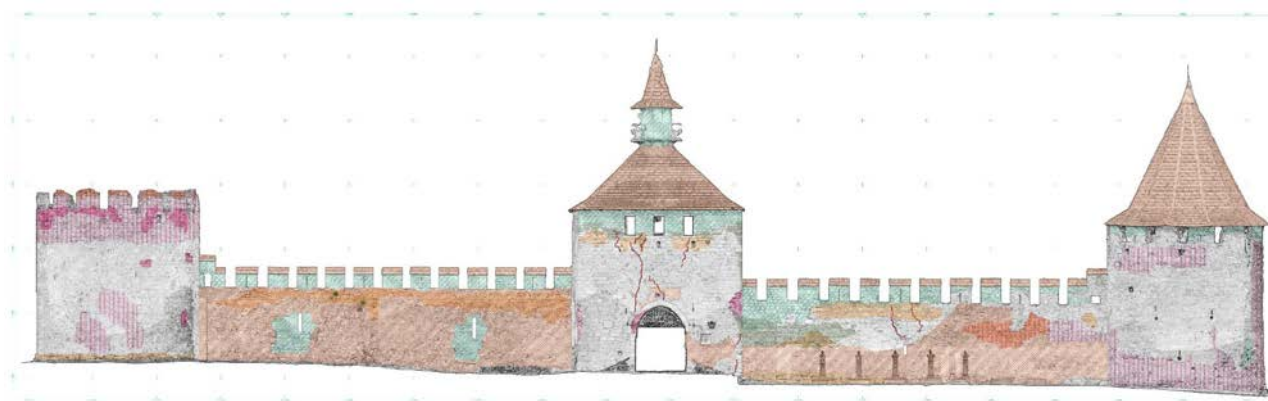
După care am definit succesivitatea stratificării acestor tipuri de zidării din 1538 până-n zilele noastre – în 9 etape.



Pereții relevă câteva probleme din punct de vedere conservativ; aceste probleme derivă dintr-o **combinație de puncte slabe din cauza tehnicii de construcție (pentru propriile lor trăsături și pentru eterogenitatea ce derivă din multe reconstrucții), istoria recentă de abandon și agenții atmosferici ce țin de condițiile climatice de mediu din zona Bender.**

În porțiunile de zidărie unde au fost realizate cercetările și unde este vizibilă stratificarea, **structura de lemn inserată în pereți a fost totalmente pierdută.** Este foarte probabil că acest fenomen de descompunere să se extindă și să acopere toate zidăriile. Ar putea fi o instabilitate structurală semnificativă pentru zidăriile cu un nucleu întrerupt de nivelele orizontale (circa fiecare 1,50 metri înălțime) ale spațiului gol și materiale distruse.

Prezența acestor goluri și uneori a diferitor etape de construcție a fațadelor ale aceluiași perete în combinație cu condițiile climatice aspre din zona Bender au favorizat unele **fenomene de degradare** care la moment sunt vizibile pe zidării la diferite etape de progres (sunt cartografiate cu acuratețe în desenele care se numesc “Fenomenul de descompunere și cartografierea fisurilor”).



Cartografierea suprafeței de piatră

Aceste fenomene se referă mai ales la **finisarea pereților zidăriei**.



Prima etapă de descompunere este cea de **pierdere a rosturilor de mortar**, deseori cauzate de spălarea cu apa de ploaie, ciclurile de îngheț-dezghet și eroziunea agenților atmosferici.

Infiltrările și progresul fenomenului de descompunere a mortarului deseori cauzează **pierderea pietrelor** sau chiar **umflarea și căderea porțiunilor de perete**. Chiar și prezența de vegetație stufoasă, mai cu seamă când este foarte înrădăcinată, ar putea cauza detașarea pietrelor.

Aceste fenomene de descompunere combinate cu efectele de tasare a solului, sporesc slăbiciunile structurale care se răsfrâng sub forma unor fisuri (mai mult sau mai puțin adânci) până la detașări considerabile și prăbușiri de pe fațadele pereților.

Din aceste considerente, prioritatea rezidă în asigurarea securității din punct de vedere structural a cetății inferioare, pentru a permite utilizarea acestora în siguranță de către vizitatori. La această etapă, lucrările structurale se vor concentra pe Turnul A6, Turnul B3 și Turnul de apă (a se vedea capitolul structural și desenele proiectului structural). Lucrările de securizare vor acoperi și zidăriile Citadelei.



Un alt fenomen frecvent de descompunere în cazul monumentelor precum este și cetatea Bender sunt **vegetația „vie” cu arbuști și tufe și patina biologică** substanțială pe exterior și în simbioză cu contextul dimprejur.



Patina biologică prezentă pe pereții cetății Bender nu pare să fie îndeosebi de agresivă. La sigur, va fi necesar de a o înlătura și de a curăța foarte bine cel puțin suprafețele unde vor fi realizate alte lucrări pentru a oferi suportul necesar pentru consolidare, chituire și reintegrare, etc.

Vegetația din buruieni pare că s-a concentrat în zonele mai puțin frecventate de vizitatori și în zonele de prăbușire din partea inferioară a cetății, de asemenea de-a lungul canalului existent de scurgere.

La sigur va fi necesar de a le îndepărta și de a curăța foarte bine cel puțin suprafețele unde vor fi realizate alte lucrări pentru a oferi suportul potrivit pentru consolidare, chituire, reintegrare, etc..

4.4 Incompatibilitatea intervențiilor recente

Am identificat unele intervenții recente, de care trebuie să ținem cont în definirea stării de conservare a cetății:

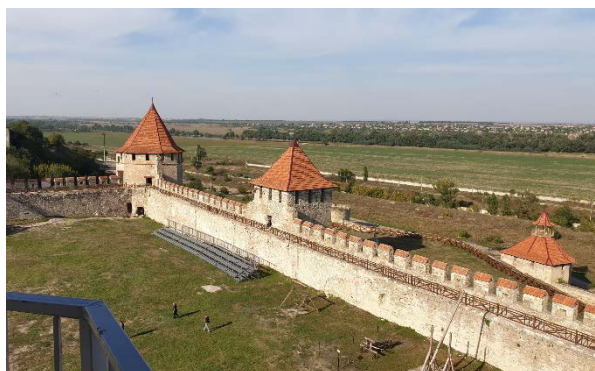
- Cărpirea cu ciment
- Tencuială cu ciment
- Acoperiș nou cu structură din metal și țiglele de tip “Marseillais”

Primele două probleme se referă la **incompatibilitatea materialului utilizat în reparații din punct de vedere chimic-fizic**.

Este important de evidențiat că utilizarea cimentului în tencuieli și mortare poate fi foarte dăunătoare pentru pietrele originale din zonele geografice care sunt supuse ciclurilor de îngheț-dezgheț, precum este și Bender, din cauza compoziției înalte saline și a extinderii sale termale diferite în comparație cu pietrele și mortarul existent. Acest fapt poate cauza fragmentarea, detașarea și prăbușirea pietrelor. Mai este important de menționat că aceste fenomen deseori survin în combinație unul cu altul și evoluția lor este mai rapidă acolo unde fenomenul de descompunere deja a început.



A treia problemă se referă la **incompatibilitatea soluțiilor de restaurare din punct de vedere istoric și cultural**.



Țiglele de tip Marseillais nu sunt un material local sau tradițional. Este un produs industrial care nu vine din istoricul cetății Bender. Utilizarea acestui material implică o imagine a cetății care niciodată n-a existat.

La această etapă, problema dată va fi abordată la Turnul A6, Turnul A3, Turnul A2 și Turnul A4 (a se vedea capitolul privind arhitectura, cel structural și desenele proiectului). Lucrările de restaurare vor implica și toate crenelurile Citadelei.

4.5 Problemele privind utilizarea în siguranță a monumentului

În procesul de utilizare a unui monument atât de expus agenților atmosferici și rigidității climatice, problemele privind asigurarea siguranței vizitatorilor sunt mereu numeroase.

Problemele care credem că trebuie să fie soluționate în mod primar sunt:

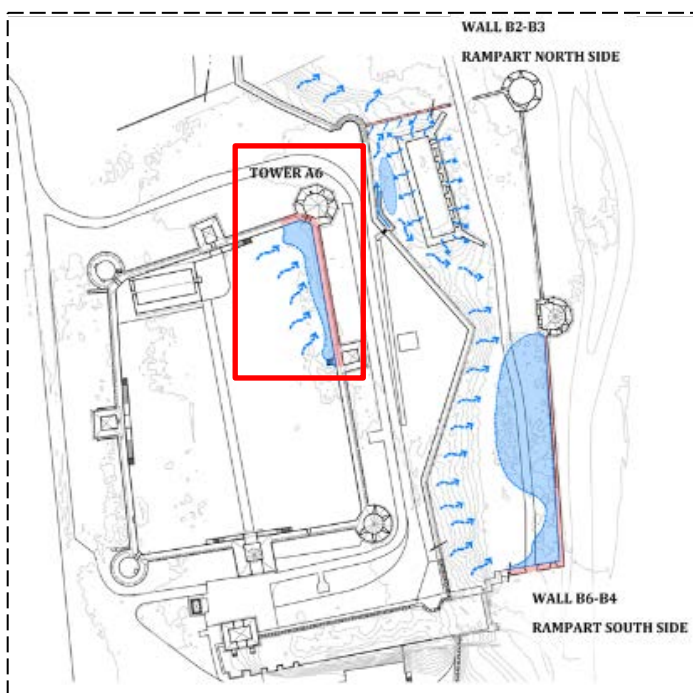
- **devierea de la traseul vizitatorilor** departe de Bastionul B7 (compromis grav din punct de vedere structural), pentru care nu sunt prevăzute intervenții în această etapă de lucrări, deoarece la moment este în curs de desfășurare monitorizarea structurală timp de cel puțin un an.



- **Amenajarea potecii de patrulare și a tuturor parapetelor** pentru a evita căderile de la înălțime



4.6 Problemele ce țin de scurgerea apei pluviale



Scurgerea apei pluviale în citadelă este principala problemă critică cu privire la scurgerea apei de suprafață.

Studiile privind pantele de teren au demonstrat că există o stagnare la Turnul A6.

Această stagnare ar putea fi unul din factorii declanșatori și în orice caz contribuie la agravarea problemelor structurale de surpare a acestei porțiuni a cetății.

Sunt necesare acțiuni pentru a limita acumulare de apă la Turnul A6.

5 Rezumatul intervențiilor planificate și proiectate la această etapă

Intervențiile enumerate în acest capitol sunt cele care se consideră a fi o prioritate pentru siguranța principalelor probleme structurale și prin consecință, pentru utilizarea în siguranță a cetății de vizitatori.

Intervențiile enumerate aici sunt descrise pe deplin în următoarele capitole

INTERVENȚII ARHITECTURALE ȘI DE RESTAURARE

- Restaurarea și completarea turnurilor A2, A3 și A4 și a pereților între aceștia (îndrumări pentru intervențiile de restaurare pe viitor)
 - Pasarele, scări și căi de patrulare
 - Amenajarea și repararea trecerilor și scărilor
 - Instalarea noilor balustrade/garduri făcute din Corten pe toată lungimea zidurilor și scărilor
 - Creneluri
 - Înlocuirea țiglelor de tip Marseillais cu țigle plate de teracotă
 - Reconstrucția crenelurilor zidăriei
 - Suprafețele de piatră
 - Restaurarea completă a suprafețelor interne și externe de piatră
 - Curățirea, consolidarea, securizarea prăbușirilor, înlăturarea intervențiilor recente periculoase
 - Acoperișuri
 - Acoperișuri noi pe turnurile A2 și A4 (structură din lemn și țigle)
 - Înlocuirea acoperișurilor pe turnurile A3 și A6 (din structură de metal și țiglele de tip Marseillais în structură de lemn și țigle din lemn)
- Intervenții recente
 - Reconstruirea elementelor existente anterior:
 - creneluri noi – înlocuirea țiglelor de tip Marseillais și acoperirea cu mortar din calcar hidrolic natural diluat
 - scări noi și zidării noi - acoperirea cu mortar din calcar hidrolic natural diluat
 - Construirea elementelor care probabil niciodată n-au existat:
 - închiderea părții interioare a turnurilor de mijloc – atenuarea vizuală prin acoperirea acoperirea cu mortar din calcar hidrolic natural diluat
- Securizarea și repararea fațadelor din piatră
- Bastionul B7: securizarea intervențiilor pentru accesibilitatea vizitatorilor
- Căile de patrulare, cărările, scările și balustradele
 - amenajarea și repararea trecerilor și scărilor
 - instalarea de noi balustrade/garduri din Corten pe ziduri și scări
- Sistemul canalizării pluviale
 - Schimbarea reliefului
 - Restaurarea și întreținerea canalelor existente
 - Noi conexiuni între canale

INTERVENȚII STRUCTURALE

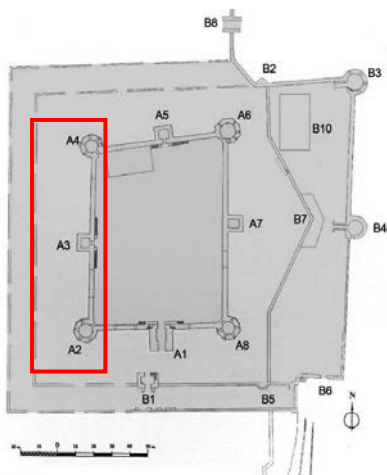
- consolidarea zidăriei Citadelei cu injectări de răspândire și pietre artificiale de legătură într-o zonă specifică de testare pentru a realiza un proiect pilot;
- consolidarea Turnului A6 cu două randuri de tije de legătură pe planșele existente din lemn;

- consolidarea Turnului de Apă cu două perechi de tije de legătură din metal și consolidarea fundației realizată în beton armat;
- consolidarea Turnului B3 cu un rost extern de legătură cu toroane din oțel inoxidabil Ø6 mm inserate în opt conexiuni de mortar;
- acoperișuri noi pentru turnurile A2, A3, A4 și A6 care constau din structuri principale și secundare din lemn solid acoperit cu șindrile din lemn.

6 Lucrările arhitecturale și de restaurare

Au fost constatate numeroase probleme critice, care va trebuie să fie soluționate în câteva loturi de intervenții. Intervențiile enumerate în acest capitol sunt cele considerate a fi o prioritate pentru conservarea monumentului și pentru utilizarea în siguranță a cetății de vizitatori.

6.1 Restaurarea și îndeplinirea turnurilor A2, A3 și A4 și a pereților între acestea (îndrumări pentru intervențiile de restaurare pe viitor)



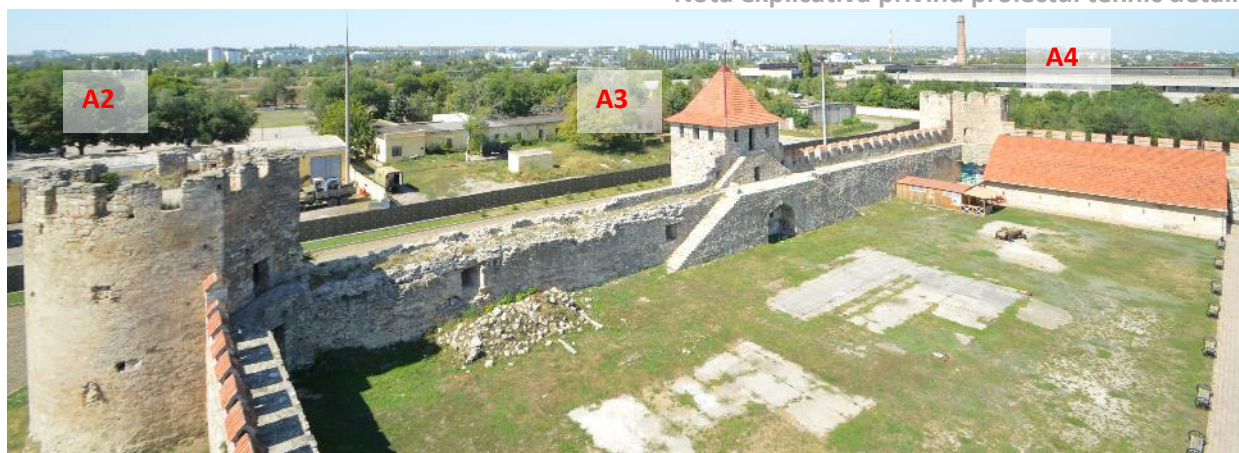
Este o zonă în care sunt realizate lucrări de reconstrucție cu tehnici care nu sunt pe deplin compatibile cu monumentul (grinzi din beton armat, mortar ce conține ciment, acoperiși cu țigle de tip Marseillais, etc.). Aceste lucrări, totuși, nu implică întreaga zonă, ci doar acoperișul turnului A3 și zidăria între turnurile A3 și A4; o bună parte din structura istorică este încă pe deplin vizibilă.

Din aceste considerente, noi credem că zona dată ar putea servi drept o "zonă de probă" unde intervențiile de restaurare vor fi realizate în conformitate cu standardele internaționale, pentru a defini **îndrumările metodologie pentru intervențiile pe viitor pe toată suprafața Citadelei și a cetății inferioare.**

Integrarea pereților și volumelor trebuie să țină cont de diferite perioade de construcție, evitând nivelarea imaginii cetății până la un statut ideal și nereal, care niciodată n-a existat.

Printre posibilele alegeri metodologice, noi am ales să restabilim toate elementele conservate, efectuând lucrări de restaurare pentru a încetini fenomenul de descompunere a materialelor și pentru a reconstrui elementele care pot oferi vizitatorului o imagine istorică corectă a monumentului și un monument totalmente utilizabil.

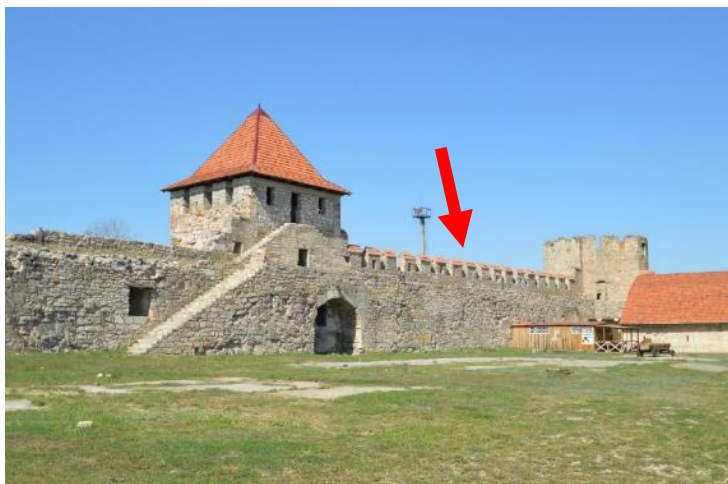
Unele intervenții recente efectuate asupra cetății n-au respectat principiile acceptate de restaurare chiar dacă au fost inspirate în mod generic de fostele principii acceptate de "restaurare identică" (restauration à l'identique). Scopul nostru nu este cel de a interveni în mod forțat asupra monumentului cu o idee de restaurare care nu ține cont de contextul cultural. **Noi credem că în cazul Cetății Bender, este necesar de clarificat conceptul compatibilității.** Într-adevăr, **noi am ales să ghidăm viziunea locală a restaurării spre o compatibilitate mai mare a materialelor cu arhitectura istorică și spre o compatibilitate și fiabilitate istorică mai mare a intervenției.** Acțiunea în acest domeniu se bazează pe o abordare multidisciplinară și constă din diverse intervenții asupra elementelor de arhitectură: treceri, scări și căi de patrulare, creneluri, suprafețe de piatră, acoperișuri, intervenții recente.



6.1.1 Pasajele, scările și căile de patrulare

Sinteza intervenției:

- amenajarea și repararea trecerilor și scărilor
- instalarea de noi balustrade / îngrădiri de-a lungul căilor și scărilor



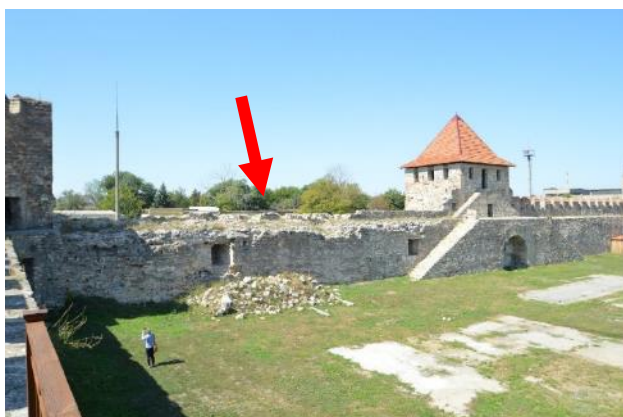
Scările recente existente și căile de patrulare pe zidurile între turnurile A3 și A4 trebuie să fie curățate cu grijă prin înlăturarea, în primul rând, a vegetației și după a depunerilor.

În privința vegetației sau patinei biologice se va utiliza un produs **biocid** pe bază de săruri cuaternare de amoniu, de un spectru vast, care nu formează pelicule sau alterații cromatice pe suprafețele de piatră.

După aplicarea produsului și după perioada sa de acțiune (în baza fișei de

date tehnice), va fi posibil de purces la înlăturarea și curățirea resturilor prin curățirea uscată cu perii. Dacă va fi necesar, se va aplica un al doilea ciclu de aplicare în aceeași modalitate și cu aceeași perioadă de acționare. Procesul de curățire poate fi realizat manual cu ajutorul periilor, măturilor și aspiratoarelor. Pietrele nestabile vor fi fixate din nou utilizând mortar (fără conținut de ciment) după curățire și pregătind suprafața de aplicare. În cazul lipsei de pietre, aceste vor fi înlocuite cu pietre noi. Rosturile care lipsesc vor fi curățate cu grijă și tencuite.

La moment, calea de patrulare pe ziduri între turnurile A2 și A3 este ruinată, cu unele porțiuni care lipsesc în partea de sus a zidăriei; restaurarea și reamenajarea acestora este îndeosebi de necesară. Această intervenție trebuie să **respecte principiile contemporane de restaurare arhitectonică, în special: caracterul distinct, reversibilitatea (cel puțin potențial) intervenției și compatibilitatea materialului.**



Toate depunerile de suprafață și toate buruienile trebuie să fie curățate **cu precauție astfel încât vârful zidăriei istorice, care este încă conservat, să nu fie deteriorat pe parcursul intervenției**. Din aceste considerente, ar putea fi necesar de stabilizat pietrele care se mișcă, cu aplicarea preliminară a mortarului. Restaurarea suprafețelor din piatră trebuie să respecte indicațiile din capitolul specific de mai jos. **Reconstrucția căii de patulare va repeta formele porțiunilor adiacente care au rămas intacte și garantează continuitatea estetică a trecerilor și trebuie să fie distinctă de zidăria istorică pe care se zidește**. S-ar putea de realizat, de exemplu, utilizând pietre de diferite dimensiuni din cele originale, sau utilizând mortare hidraulice naturale (fără ciment) de o culoare ușor diferită decât cele originale.

Pentru a permite conservarea părților istorice ale monumentului, **va fi necesar de utilizat materiale compatibile cu cele existente, atât din punct de vedere fizic și material, cât și ambele din punct de vedere istoric**. Din aceste motive, **înlocuirea și instalarea noilor elemente din piatră trebuie să fie realizate cu același tip de calcar care este prezent în cetate**.

Toate mortarele trebuie să se bazeze pe calcar hidraulic natural și fără ciment. Este strict interzis de a utiliza mortar cu conținut de ciment din cauza compoziției sale saline, nivelului diferit de rigiditate și extindere termică în comparație cu pietrele și mortarul existent. Aceste caracteristici ale mortarului cu ciment pot fi dăunătoare pentru pietrele originale, în special în zonele geografice care sunt supuse unor cicluri semnificative de îngheț-dezghet, cum este Bender. Pentru mai multe informații despre consecutivitatea proceselor, consultați cartografierea intervențiilor de restaurare a suprafețelor de piatră.



Balustrade noi vor fi instalate pentru a asigura utilizarea în siguranță a vizitatorilor (evitând situațiile periculoase, cum ar fi cele de pe fotografie).

Această intervenție implică un impact estetic specific asupra imaginii cetății și trebuie să fie realizată într-un mod uniform pe tot cuprinsul Citadelei.

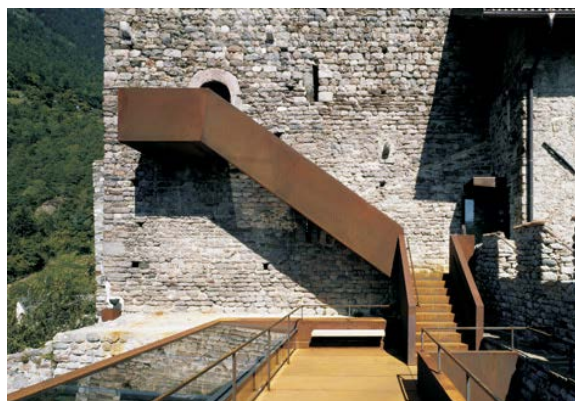


Balustradele vor fi instalate direct pe poteca de patrulare. Acestea vor consta din suport vertical din Corten cu partea superioară cu o secțiune rectangulară și panouri perforate din Corten, conform desenelor detaliate. Este important de inserat plasa din metal pentru a garanta standardele de siguranță pentru vizitatori.

Cortenul este unul din cele mai utilizate materiale în restaurarea monumentelor în aer liber, deoarece combină o bună performanță cu o estetică plăcută, ceea ce o face îndeosebi de compatibilă cu clădirile istorice. Utilizarea unui material contemporan permite asigurarea caracterului distinct al intervenției. Găsiți unele exemple mai jos.



Turnul Capo Falcone, Sardinia, Italia



Castelul Tirolo, Bolzano, Italia



Turnul "Pi des Català", Formentera, Spania



Mina istorică de fier, Almería, Spania



Expunerea la elementele naturale poate dăuna Cortenul cu imersiunea ruginirii ulterioare; din aceste considerente va fi important de aplicat periodic un tratament protectiv cu o vopsea poliuretanică alifatică din două componente pentru CorTen (de ex. bz-COR Poliuretanică SAT-EX de OXIDACIÓN VIDMETAL, S.L sau alt tip cu aceleași caracteristici și performanțe tehnice).

Instalarea se va realiza respectând următorii pași:

- deinstalarea tuturor balustradelor existente
- perforarea zidăriei la un pas constant de 1,20 m la adâncimea de circa 50 cm
- fixarea unei bare filetate (cel puțin 60 cm lungime) ca suportul vertical cu 3 șuruburi hexagonale
- inserarea suportului vertical și a barei în găuri și fixarea lor cu rășină epoxidică
- instalarea panourilor perforate sudate de cadrele de perimetru cu șuruburi hexagonale și inele de distanțare
- instalarea barei de mână care să fie conectată de suportul vertical cu șuruburi hexagonale

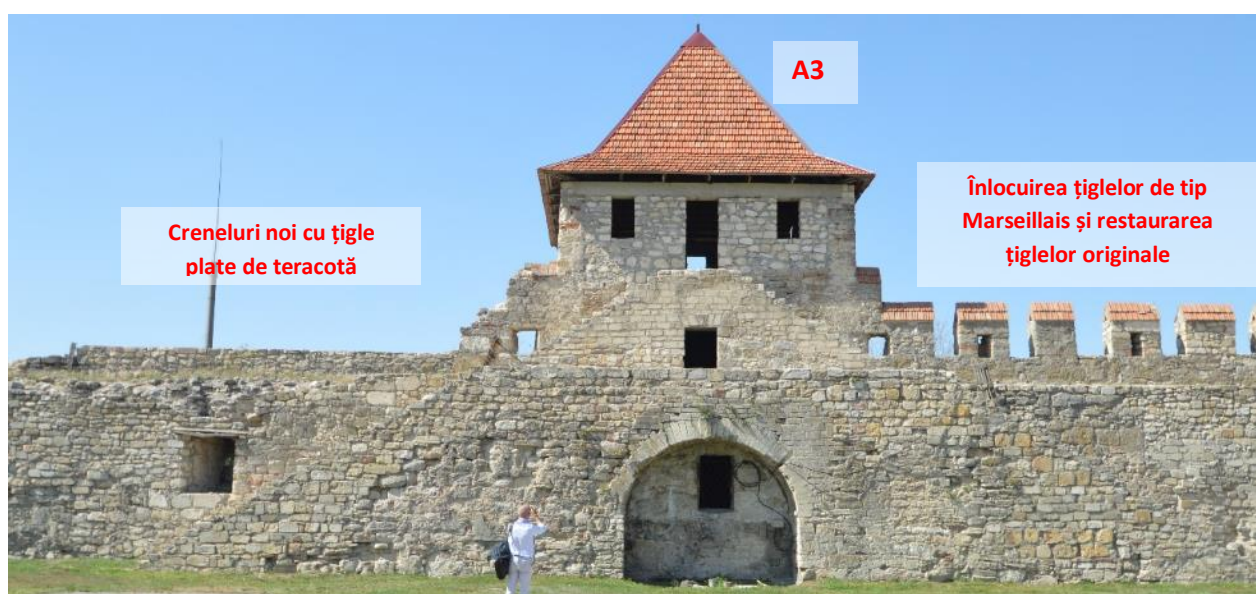
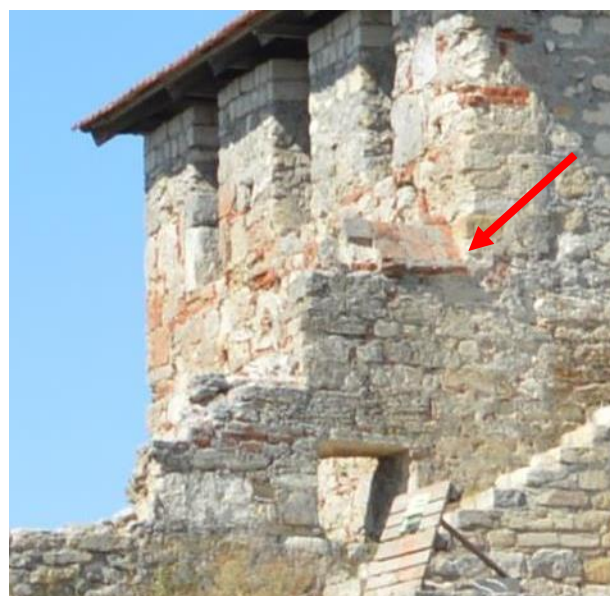
În orice caz, înainte de realizarea lucrărilor de perforare, în prealabil trebuie să fie marcate punctele de forare pe traseul de patrulare, acestea urmând să fie aprobate de către managerul lucrărilor și client. Dacă e posibil, reutilizați găurile existente, prin sporirea adâncimii acestora (dacă e necesar) până la 50 cm.

6.1.2 Creneluri

Sinteza intervenției:

- Înlocuirea țiglelor de tip Marseillais cu țigle plate de teracotă
- Reconstrucția zidăriei crenelurilor

Îndrumările pentru reintegrarea crenelurilor sunt bazate pe respectarea celor câtorva porțiuni istorice conservate. După cum se observă din imagini, **pe plan istoric, crenelurile n-au culminat cu țigle de tip Marseillais (un material industrial de la finele secolului 19) ci cu țigle plate de teracotă.** Reconstrucțiile recente au oferit o imagine a acestor elemente (și a cetății), care nu sunt reflectate în istorie. Din aceste considerente noi credem că **abordarea de restaurare trebuie să țină cont de materialele istorice cu care a fost construită cetatea și imaginea generată de utilizarea acestor materiale.**



Conform celor rezumate în imaginea anterioară, crenelurile reconstruite recent între turnurile A3 și A4 vor fi modificate prin

- înlocuirea țiglelor de tip “Marseillais” cu țigle plate de teracotă, dacă nu sunt țigle originale sub cele industriale
- înlăturarea țiglelor de tip “Marseillais” și restaurarea țiglelor plate de teracotă, dacă țiglele originale sunt păstrate sub cele industriale.

Noile creneluri care vor fi reconstruite între turnurile A2 și A3 de asemenea vor culmina în țigle plate de teracotă.



Pe crenelurile pe care s-au păstrat țiglele istorice, acestea vor fi restabilite și posibil integrate, acolo unde lipsesc. Pe crenelurile unde țiglele de tip Marseillais sunt suprapuse pe țiglele originale, acestea vor fi înlăturate delicat cu mortarul cu care sunt fixate, cu precauție pentru a nu dăuna materialele istorice. După care, țiglele istorice de dedesubt pot fi restabilite și posibil reintegrate, acolo unde lipsesc.

Restaurarea se va efectua mereu de restauratori profesioniști și de companie certificată de restaurare, utilizându-se mortar hidraulic natural fără conținut de ciment.



6.1.3 Suprafețele de piatră

Sinteza intervenției:

- Restaurarea completă a suprafețelor interne și externe de piatră
- Curățirea, consolidarea, salvarea de la prăbușiri, înlăturarea intervențiilor recente periculoase

Restaurarea suprafețelor din piatră se va efectua de restauratori profesioniști și companie certificată de restaurare. Restaurarea își va propune drept scop să soluționeze alterațiile și să oprească deteriorările în progres. Majoritatea alterărilor de suprafață derivă de la expunerea la agenți atmosferici și ciclurile de



îngheț-dezgeț la care sunt supuse mortarele și pietrele. Pe lângă aceste degradări naturale se mai adaugă și modificările antropice de graffiti și intervențiile efectuate cu materiale care nu sunt perfect compatibile cu materialele istorice. Este evidentă și necesitatea de lucrări continue de întreținere pentru eliminarea vegetației de buruiene.

Intervențiile descrise mai jos se referă la seria de modificări ale suprafețelor de piatră pe harta de degradări, pe care este indicată și ordinea de executare.

Imaginile de mai jos se referă la starea de conservare a zidăriei între turnurile A2 și A3, partea internă. Acestea indică foarte bine prăbușirea zidăriei, vegetația de buruiene, absența parțială a finisării peretelui și deteriorarea extensivă a căii de patrulare.



Imaginile de mai jos se referă la starea de conservare a zidăriei între turnurile A2 și A3, partea externă.



Imaginile de mai jos se referă la starea de conservare a zidăriei între turnurile A3 și A4, partea internă.



Imaginile de mai jos se referă la starea de conservare a zidăriei între turnurile A3 și A4, partea externă.





Toate depunerile de suprafață și buruienile trebuie să fie curățate, având grijă ca suprafața zidăriei istorice, care mai este conservată, să nu fie dăunată. Restaurarea suprafețelor din piatră trebuie să respecte indicațiile capitolului specific de mai jos. Reconstrucția trecerii de patrulare va reprezenta aceleași forme ale porțiunilor adiacente care au rămas intacte și va garanta continuitatea estetică a trecerilor, și trebuie să aibă un caracter distinct de zidăria istorică pe care se sprijină. Acest exercițiu poate fi realizat, de exemplu, utilizând pietre de dimensiuni diferite de cele originale sau utilizând mortare hidraulice naturale (fără ciment) de o culoare ușor diferită decât mortarul original.

Pentru a permite conservarea părților istorice ale monumentului, va fi necesar de utilizat materiale care sunt compatibile cu cele existente, atât din punct de vedere fizic, cât și cel al trăsăturilor istorice. Din acest motiv, înlocuirea și instalarea noilor elemente de piatră trebuie să fie realizată cu același tip de calcar, care este utilizat în cetate.

Tot mortarul trebuie să fie unul hidraulic natural și fără ciment. Este strict interzis de utilizat mortar cu ciment din cauza compoziției sale salin, nivelul diferit de rigiditate și extindere termică în comparație cu pietrele și mortarul existent. Aceste două caracteristici ale mortarului din ciment pot fi foarte dăunătoare pentru pietrele originale în zonele geografice care sunt supuse ciclurilor de îngheț-dezghet, precum e Bender.

Mai multe detalii privind consecutivitatea proceselor sunt oferite în cartografierea intervențiilor de restaurare a suprafețelor din piatră.

6.1.4 Acoperișurile

Sinteza intervenției:

- Acoperișuri noi pe turnurile A2 și A4 (structura din lemn și țigle)
- Înlocuirea acoperișului pe turnurile A3 și A6 (din structură de metal și țigle de tip Marseillais în structură de lemn și țigle din lemn)

Îndrumările pentru reconstrucția acoperișurilor se bazează pe cercetarea datelor istorice disponibile (care indică structuri din lemn și șindrile) și pe observarea unor cetăți similare celei din Bender. Turnurile A2 și A4, care la moment sunt fără acoperiș, vor fi echipate cu acoperișuri noi cu o structură din lemn și o acoperire din țigle de lemn. Forma acestor acoperișuri noi va fi similară celei de pe alte turnuri ale cetății, iar metodele utilizate de construcție, deși moderne, vor fi compatibile cu cele istorice, care pot fi regăsite în cetăți similare localizate de-a lungul râului Nistru.



Acoperișurile turnurilor acestor clădiri ar putea servi drept o referință utilă pentru proiectarea noilor acoperișuri pentru turnurile A2 și A4 ale Cetății Bender. Exemple sunt oferite în imaginile de mai jos.



Acoperișurile Cetății Soroca: structură din lemn ce constă dintr-o urzeală de grinzi acoperite cu țigle din lemn

Pentru cetatea Bender am optat pentru o proiecție mai mică a rigolei externe, similar celei a acoperișului existent și celor de la alte cetăți. Acoperișul va fi unul în pantă cu înclinație dublă, atât pe turnurile poligonale, cât și cele circulare. Aceeași observație este valabilă pentru toate celelalte acoperișuri ale turnurilor, pentru a asigura o compatibilitate mai mare a intervențiilor recente cu natura istorică a monumentului. Este interzis de utilizat astfel de materiale cum ar fi betonul armat, mortarul cu ciment, țiglele industriale (de tip Marseillais) și structurile din metal nejustificate din punct de vedere metodologic.

În cadrul acestui lot de intervenții, vom **înlocui acoperișurile turnurilor A3 și A6** – etapa deplină de intervenții este descrisă în capitolul structural; la moment sunt construite cu structuri din metal și țigle de tip “Marseillais” – niște materiale care niciodată n-au existat istoric în cetatea Bender.

Noile acoperișuri, precum în turnurile A2 și A4, vor fi construite cu structură din lemn și acoperite cu șindrile din lemn. Aceste acoperișuri vor servi drept referință pentru lucrările pe viitor de revizuire a altor acoperișuri, de fapt acoperite cu țigle contemporane false (de tip Marseillais).



Cetatea Akkerman cunoscută și ca Moncastro (Ucraina)



Perspectiva aeriană a cetății cu propunerea de a insera noi acoperișuri de lemn pentru turnuri

6.1.5 Intervenții recente

Sinteza intervenției:

- **Reconstruirea elementelor existente anterior:**
 - creneluri noi – înlocuirea țiglelor de tip “Marseillais” și acoperirea cu mortar din calcar hidrolic natural pe bază de var
 - scări și zidării noi – acoperite cu mortar din calcar hidrolic natural pe bază de var
- **Construirea elementelor care probabil niciodată n-au existat**
 - închiderea părții interne a turnurilor de mijloc – evidențiere printr-un strat de tencuială

Propunerea noastră preconizează un tratament diferit al **intervențiilor recente** în baza rolului istoric al fiecărui element. În special, facem distincție între elemente de două tipuri: **elementele existente anterior** și **elemente construite care probabil niciodată n-au existat în perioada în care cetatea a fost utilizată mai cu seamă pentru apărare**.

În **prima categorie** includem noile creneluri, noile acoperișuri, noile scări, care deși au existat anterior, au fost reconstruite recent cu materiale care nu sunt compatibile cu monumentul atât din punct de vedere istoric, cât și din punct de vedere al restaurării.

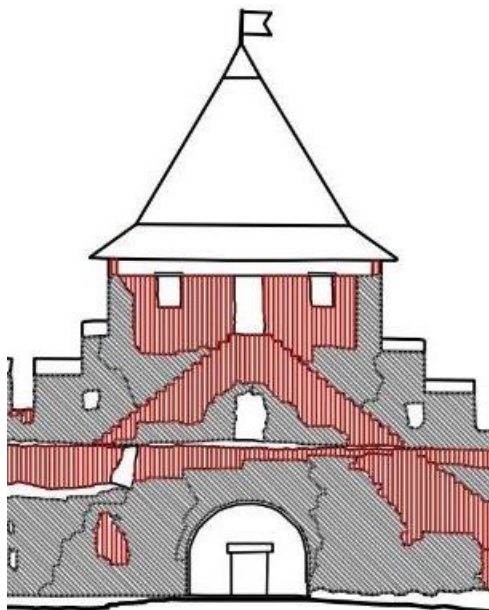
Deoarece acestea sunt elemente cu distincție clară, reconstrucțiile substanțiale și uneori invazive, înlocuirea loc la această etapă ar putea cauza daune mai mari monumentului. Astfel alegerea este cea de a aborda principalele probleme critice arhitecturale, care pot fi soluționate cu impact minim asupra monumentului.

Acoperișul turnului A3 va fi înlocuit după cum s-a deschis în acest raport, țiglele de tip “Marseillais” de pe creneluri vor fi înlocuite, noile creneluri vor fi construite cu mortar compatibil. Intervențiile recente făcute cu mortar cu ciment care nu pot fi înlăturate fără a dăuna structurii, cum ar fi noile creneluri și noile scări, pot fi atenuate vizual prin aplicarea unor straturi subțiri cu mortar de calcar hidrolic natural pe bază de var.

În cazul **elementelor construite care au fost adăugate la etapele mai recente**, în special închiderea părții interioare a turnurilor mijlocii, cum ar fi turnul A3, cu zidărie nouă din secolul 19. Adicional, este imposibil de înlăturat acest element fără riscul de a dăuna pereților istorici; din aceste considerente, am decis să atenuăm impactul vizual al transformării recente prin amplasarea unui strat de tencuială, compus din mortar hidrolic natural cu nisip local și pietre mici, după cum se arată în următoarele imagini. **Este important de evidențiat faptul că intervențiile din acest capitol își propun drept scop să soluționeze problemele critice cauzate de recente lucrări incompatibile. Tipul dat de lucrări niciodată nu mai trebuie să fie realizat asupra cetății, ne referim în special la construcția elementelor care niciodată n-au existat și utilizarea materialelor incompatibile cum ar fi betonul armat.**



Turnul A3: situația curentă



Intervențiile recente în roșu



Propunerea proiectului

6.2 Indicații generale și operaționale pentru restaurarea zidărilor

Restaurarea va începe cu **ÎNLĂTURAREA PATINEI BIOLOGICE ȘI A VEGETAȚIEI DE ARBUȘTI**.

Acest proces nu neapărat trebuie să implice toate suprafețele fără nicio distincție; acest proces se va realiza în mod specific pe suprafețele pe care după va fi necesar de realizat lucrări de reintegrare a părților care lipsesc și cele de consolidare și securizare a zidăriei. Lucrările de înlăturare se vor realiza utilizând un produs **biocid** în bază de săruri cuaternare de amoniu, de un spectru vast, care nu formează pelicule sau alterații cromatice pe suprafețele de piatră. După aplicarea unor astfel de produse, va fi necesar de așteptat câteva zile (conform fișei de date a produsului), pentru ca acestea să acționeze și să elimine organismele. Toate reziduurile și toate depunerile coerente și incoerente vor fi înlăturate prin curățirea uscată cu periile și aspiratorul. Operațiunea dată nu trebuie să deterioreze suprafața pietrelor.

Toate suprafețele de piatră vor fi curățate⁷ prin **SABLARE TANGENȚIALĂ LA PRESIUNE REDUSĂ** (cum ar fi sistemul Jos sau IBIX). Acest sistem este un proces inovativ de curățire de tip vârtej rotativ la presiune redusă utilizat în sectorul monumental pentru a înlătura cenușa, graffiti, calcar, alge, mușchi, depuneri pe zidării și straturi vechi pulverizate cu tencuială. Această tehnologie se potrivește perfect Cetății Bender, unde sablarea uscată și cea umedă ar putea fi niște metodologii prea agresive pentru calcarul moale al cetății. Vârtejul creat prin energia rotativă distribuie granulele inerte (și posibil a picăturilor de apă) pe traiectorii helice, proiectându-le pe suprafața murdară și adaptându-se perfect suprafeței. Particulele inerte alunecă pe suprafața care urmează să fie curățată și astfel o curăță într-un mod omogen fără a produce micro-fisuri și modificări pe suprafețe.

Abrazivele trebuie să fie mai moi de cât piatra care se curăță. Agregatul trebuie să fie neutru din punct de vedere chimic și non-metalic, liber de substanțe toxice, non-carcinogene și nu trebuie să elimine siliciu liber. Mai mult ca atât, acesta nu trebuie să conțină impurități sau contaminanți, nu trebuie să fie radioactiv și nu trebuie să conțină săruri.

Curățirea cu sablarea tangențială trebuie să fie testată pe porțiuni mici de pe suprafața de piatră și să fie aprobată de managerul construcției. Trebuie să fie testate diverse combinații de regulare a presiunii și diverse tipuri de agregate. De îndată ce se obține aprobarea managerului lucrărilor, suprafețele pot fi curățate. **Este strict interzis de utilizat sablarea industrială de presiune înaltă.**

Înlăturarea depunerilor coerente de suprafață, în crustărilor, concrețiunilor, fixativelor alterate se va realiza prin **aplicarea sau consolidarea metodei de împachetare** cu înmuierea în săruri anorganice sau soluție saturată cu carbonat de amoniu; depunerile solubilizate vor fi curățate cu ajutorul perii și bisturiilor.

SCURGEREA MORTARULUI PENTRU ROSTURI poate fi împiedicată prin:

1. curățirea tuturor rosturilor și înlăturarea tuturor depunerilor coerente și incoerente prin curățirea manuală atentă cu periile și aspiratorul (pe lângă sablarea menționată mai sus)
2. dacă pietrele dimprejur sunt supuse:
 - pulverizării: acestea pot fi consolidate cu ajutorul silicatlui de etil / oxalatului de amoniu aplicat prin pulverizare sau cu peria sau prin consolidarea metodei de împachetare

⁷ Îndrumări specifice privind tehnicile de restaurare pot fi găsite în “Nota preliminară pentru conservarea și consolidarea Cetății Bender (Thighina)” – capitolul 3.2.2 “Curățire”:

«Tratamentul de curățenie va fi limitat pentru a permite executarea corectă a umplerii rosturilor și a intervențiilor de consolidare. O astfel de curățire trebuie să se limiteze la îndepărtarea depunerilor incoerente și a prafului produs de mortarele pre-existente și a materialului de piatră pe parcursul etapei de de-coeziune și trebuie să fie realizate cu perii non-abrazive și apă (fără săruri). Va fi important ca suprafața blocurilor de piatră să nu fie abandonată, ci să fie înlăturată patina, adică a celui strat al suprafeței care are urme de interacțiune cu mediul »

- exfolierii, micro-fisuri și mici desprinderi: adeziunea poate fi garantată prin injectări de mortar fluid de calcar

3. modelarea și chituiră⁸ rosturilor cu mortar nou de calcar

PIERDEREA SUPRAFEȚEI ORIGINALE care duce la forme nivelate poate fi oprită prin

1. curățirea tuturor suprafețelor și înlăturarea tuturor depunerilor coerente și incoerente prin curățirea manuală cu grijă cu ajutorul periilor și aspiratorului (adițional la sablarea menționată mai sus)
2. dacă pietrele sunt supuse
 - pulverizării: acestea pot fi consolidate cu ajutorul silicatlui de etil / oxalatului de amoniu aplicat prin pulverizare sau cu peria sau prin consolidarea metodei de împachetare
 - exfolierii, micro-fisuri și mici desprinderi: adeziunea poate fi garantată prin injectări de mortar fluid de calcar

FRAGMENTAREA ȘI SPARGEREA MATERIALULUI PIETREI pot fi stopate prin

1. curățirea tuturor suprafețelor și înlăturarea tuturor depunerilor coerente și incoerente prin curățirea manuală cu grijă cu ajutorul periilor și aspiratorului (adițional la sablarea menționată mai sus)
2. dacă pietrele dimprejur sunt supuse
 - pulverizării: acestea pot fi consolidate cu ajutorul silicatlui de etil / oxalatului de amoniu aplicat prin pulverizare sau cu peria sau prin consolidarea metodei de împachetare
 - exfolierii, micro-fisuri și mici desprinderi: adeziunea poate fi garantată prin injectări de mortar fluid de calcar
3. reintegrarea finisării peretelui cu elemente de calcar cu tratament ce conferă aspect de învechit: reconstrucția porțiunilor de zidărie pierdută sau irecuperabilă, realizată după consolidarea mortarului rezidual cu reconstrucția ulterioară localizată a părților care lipsesc, utilizând materiale și tehnici compatibile cu cele originale și lipind în mod adecvat la baza din spate

Este posibil ca nucleul zidăriei să fie deteriorat. Va fi necesar de asigurat ca acesta să fie potrivit pentru a fi supus unei noi acoperiri, astfel va fi necesar de realizat:

- a) curățirea cu grijă a bazei cu aceleași proceduri de curățire ca și în cazul peretelui
- b) consolidarea nucleului
 - cu silicat de etil aplicat prin pulverizare sau cu peria, unde fenomenul pulverizării este evident
 - cu injectare de mortar fluid de calcar unde micro-fisurile sunt evidente
- c) reintegrarea porțiunilor pierdute prin umplerea cu mortar de calcar hidraulic natural fără săruri și cu agregate potrivite/liant/proporția de apă și curba agregatului de mărime similară celei existente

Reintegrarea pereților zidăriei trebuie să fie realizată cu pietre de recuperare din părțile ruinate ale monumentului.

⁸ Îndrumări specifice privind tehnicile de restaurare pot fi găsite în “Nota preliminară pentru conservarea și consolidarea Cetății Bender (Thighina)” – capitolul 3.2.3 “Umplere și etanșare”:

«Fiecare operațiune de etanșare și umplere a rosturilor își propune drept scop să limiteze penetrarea apei și umezelii în rosturile între pietrele din pereți, pentru a reduce activarea potențială a fenomenelor de degradare aferente. Mai mult ca atât, este o activitate de pregătire pentru consolidarea posibilă a tencuielii, etanșând perimetrele pe parcursul etape de separare înainte de injectările ulterioare. Alegerea mortarului pentru injectări trebuie să fie analizată cu precauție și diversificată în conformitate cu caracteristicile mortarelor existente în fiecare zidărie de perete sau chiar în porțiuni de perete. În ordinea dată de idei, se va face referință la [...] tipurile de zidărie. În general, mortarele care se bazează pe amestecuri fără săruri (calcar hidraulic sau aerat natural) vor fi utilizate cu agregate aluviale consistente cu granulometria și caracteristicile petrografice ale mortarului istoric ori de câte ori va fi posibil (de ex. dacă mortarul original se dovedește a fi prost pregătit cu deficiențe evidente în curba granulometrică, nu este cazul de reprodus un mortar slab). Injectarea mortarului pentru a umple rosturile degradate trebuie să fie precedată de curățirea adecvată și trebuie să fie realizată astfel încât să respecte claritatea texturii peretelui, i.e., marginile elementelor din piatră care formează peretele nu trebuie să fie acoperite cu mortar, dar trebuie să fie lăsate vizibile. Un număr suficient de mostre trebuie să fie pregătite pentru a evalua nuanța, profunzimea și cele mai potrivite tehnici de stilizare pentru zidăria peretelui. [...]»

DESCOMPUNEREA PIETREI implică toate fenomenele de descompunere listate mai sus. Astfel, intervențiile sunt:

1. curățirea tuturor suprafețelor și înlăturarea tuturor depunerilor coerente și incoerente prin curățirea manuală cu grijă cu ajutorul perii și aspiratorului (adițional la sablarea menționată mai sus)
2. dacă pietrele dimprejur sunt supuse
 - o pulverizării: acestea pot fi consolidate cu ajutorul silicatlui de etil / oxalatului de amoniu aplicat prin pulverizare sau cu peria sau prin consolidarea metodei de împachetare
 - o exfolierii, micro-fisuri și mici desprinderi: adeziunea poate fi garantată prin injectări de mortar fluid de calcar
3. dacă pietrele lipsesc sau completat s-au detașat, acestea trebuie să fi înlocuite cu pietre de același tip și dimensiune
4. modelarea și chituiră rosturilor cu nou mortar de calcar

Este posibil ca nucleul zidăriei să fie deteriorat. Va fi necesar de asigurat ca acesta să fie potrivit pentru a fi supus unei noi acoperiri, astfel va fi necesar de realizat:

- d) curățirea cu grijă a bazei cu aceleași proceduri de curățire ca și pentru pereți
- e) consolidarea nucleului
 - o cu silicat de etil/oxalat de amoniu aplicat prin pulverizare sau cu peria sau consolidarea metodei de grămădire, unde fenomenul pulverizării este evident
 - o cu injectare de mortar fluid de calcar unde micro-fisurile sunt evidente
- f) reintegrarea porțiunilor pierdute prin umplerea cu mortar de calcar hidraulic natural fără săruri și cu agregate potrivite/liant/proporția de apă și curba agregatului de mărime similară celei existente

Reintegrarea pereților zidăriei trebuie să fie efectuată cu pietre de recuperare din părțile ruinate ale monumentului.

După care va fi necesar de **ÎNLĂTURAT GRAFFITI** de pe suprafețe cu preparate în bază de solvenți și detergenți, care dezintegrează oxizii de colorare ale spray-urilor și cariocilor, aplicate de câteva ori prin pulverizare sau cu peria, și la final cu bureți de apă. Grafite au fost găsite mai cu seamă în partea inferioară a cetății (care nu este inclusă în lotul dat de lucrări) dar există posibilitatea de a găsi grafite și în zone nedetectabile de pe partea elevației externe A4-A2 și în combinație cu straturile vechi de tencuială (elevația externă A4-A6).

Tot mortarul trebuie să fie hidraulic și fără ciment, bazat pe mortar de calcar hidraulic natural. Este strict interzis de utilizat mortar cu ciment din cauza compoziției sale saline, nivelul diferit de rigiditate și extindere termică în comparație cu pietrele și mortarul existent. Aceste două caracteristici ale mortarului din ciment pot fi foarte dăunătoare pentru pietrele originale în zonele geografice care sunt supuse ciclurilor de înghețare-dezghețare, precum e Bender.

Anume din acest motiv se recomandă intens de **ÎNLĂTURAT TOATE CÂRPITURILE RECENTE CU CIMENT**, înlocuindu-le cu rosturi nou și tencuieli noi cu mortar de calcar, după curățirea cu grijă și consolidarea cu silicat de etil / oxalat de amoniu, dacă și unde e necesar.

Straturile de tencuială cu ciment de asemenea trebuie să fie înlăturate, iar suprafețele dedesubt trebuie să fie curățate cu grijă cu perii și – dacă e necesar – să fie consolidate cu silicat de etil / oxalat de amoniu impregnat.

6.3 Intervențiile pentru alte suprafețe ale cetății

6.3.1 Securizarea și reparația fațadelor din piatră

Imaginile de mai jos descriu situația deteriorării extinse atât pe pereții externi, cât și cei interni ai cetății. În general, aceste fenomene de degradare încep cu pierderea rosturilor din mortar și devin din ce în ce mai grave cu pierderea unor blocuri de pietre până la pierderea unor porțiuni întregi de pereți.

În acest caz, ar putea exista o motivare suplimentară: pierderea ramei de cherestea din cadrul pereților și prezența a unor spații mari goale, probabil a dus la slăbirea bazei zidăriei, facilitând degradarea și detașarea pietrei de parament.



Pierdere locală a rosturilor de mortar și pierderea unor pietre



Pierdere de rosturi, degradarea pietrei de parament, pierderea de pietre



Prăbușirea și pierderea locală a pietrei de parament în spațiul gol lăsat de braul din lemn pierdută

Această situație trebuie să fie securizată din două motive: pentru a permite vizitatorilor de a se bucura de cetate în mod sigur și pentru a conserva cetatea prin oprirea sau cel puțin prin încetinirea degradării acesteia.

Intervenția propusă constă din securizarea și repararea pietrei de parament, acolo unde aceasta lipsește, cu inserarea blocurilor de pietre noi, care sunt placate în modul corespunzător pentru a se integra mai bine în blocurile existente.

Este esențial de specificat că materialele utilizate pentru securizarea pereților trebuie să fie compatibile cu materialele istorice.

Este strict interzis de utilizat materiale în bază de ciment sau cu părți din ciment. Conținutul înalt de săruri în ciment și coeficientul său de expansiune foarte diferit în comparație cu pereții și mortarul istoric ar putea cauza mai multe daune decât să soluționeze problemele. Pietrele noi trebuie să fie din calcar similar celui existent (sau chiar pietre recuperate); mortarul trebuie să se bazeze pe calcar hidrolic natural și fără ciment.

Suprafața care urmează să fie tratată trebuie să fie curățată de toate depunerile (atât cele libere, cât și cele aderente) și organismele biologice pentru a garanta o suprafață care să fie potrivită pentru preluarea materialelor de restaurare. Dacă și doar unde e necesar, materialele existente (mortar, miez și pietre) trebuie să fie consolidate cu injectări de mortar sau impregnare cu silicat de etil.

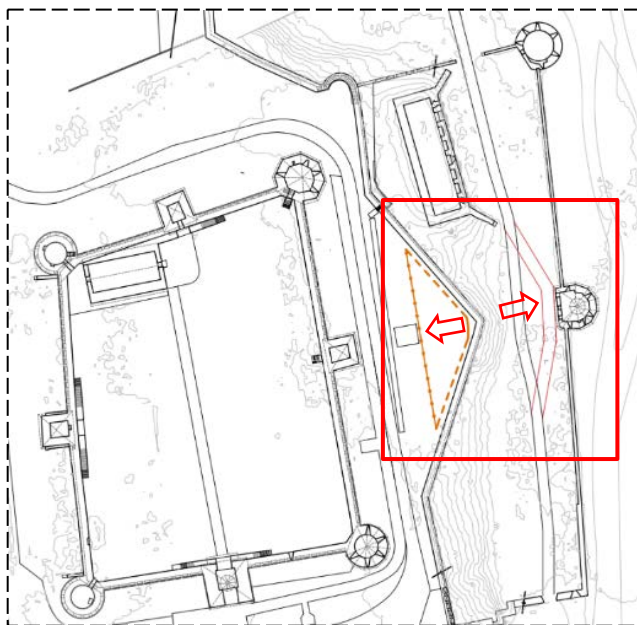
Pietrele nestabile trebuie să fie stabilizate cu mortar nou; cele care lipsesc trebuie să fie înlocuite cu pietre similare celor existente.

În Bastionul B7 situația pare să fie destul de gravă și este necesară o monitorizare de cel puțin 13 luni pentru a înțelege cum se vor comporta în timp leziunile profunde și lipsa paramentului de pe zidărie, înainte de a defini intervențiile corecte.

Din aceste considerente, la această etapă vom interveni doar asupra punctelor slabe ale pereților citadelei și cetății inferioare și vom securiza traseul de vizită din fața Bastionului B7 (conform celor explicate în următorul paragraf) în baza rezultatelor ce vor deriva din monitorizarea structurală.

6.3.2 Bastionul B7: intervențiile de securizare pentru accesibilitatea vizitatorilor

Scopul intervenției propuse în prezentul lot de lucrări este cel de a securiza traseele de vizită până la evaluarea unei intervenții mai decisive asupra Bastionului B7.



Consolidarea structurală a Bastionului B7 este o prioritate, dar va fi nevoie de cel puțin 13 luni de monitorizare topografică structurală pentru a defini în mod clar intervențiile corespunzătoare.

De îndată ce campania de monitorizare se va finaliza, recomandăm efectuarea intervențiilor de consolidare a zidăriei. Din acest motiv, traseele de vizită va trebui să fie temporar distanțate mai departe de bastion.

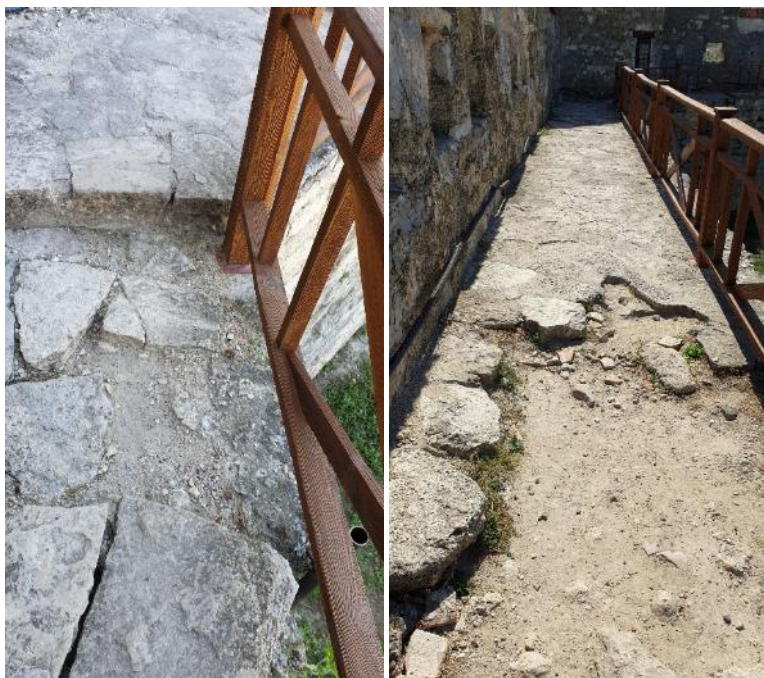
Pentru a permite o vizită în siguranță, gardul va fi scos de pe marginea coastei, de sub bastion și traseul va fi îndepărtat de la limita inferioară a bastionului.

A se vedea imaginile de alături.

6.3.3 Căile de patrulare, pasajele, scările și balustradele

Sinteza intervenției:

- amenajarea și repararea pasarelelor și scărilor
- instalarea de noi balustrade/ingrădiri pe pasarele și scări



Situația reală a trcerii

Intervenția descrisă în paragraful anterior 6.1.1 trebuie să fie extinsă pentru a cuprinde întreaga cale de patrulare.

După cum se vede din fotografii, întreaga trecere necesită lucrări generale de întreținere: înlăturarea vegetației și depunerilor, fixarea pietrelor care se mișcă, înlocuirea pietrelor care lipsesc, umplerea rosturilor care lipsesc.



Un copil ar putea să cadă prin golurile balustradei

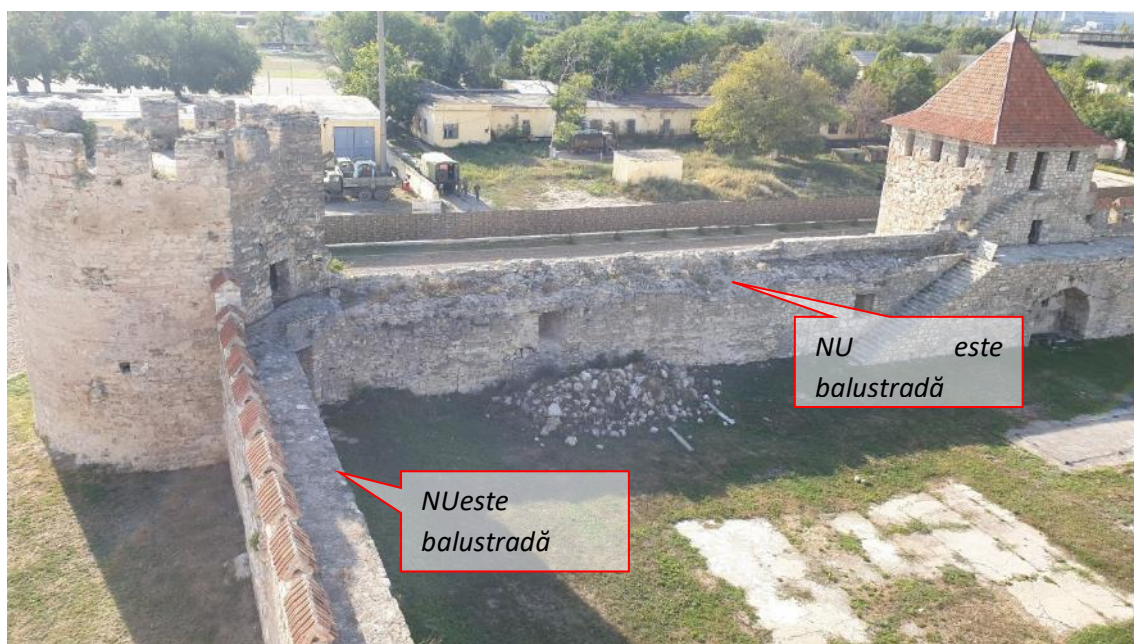
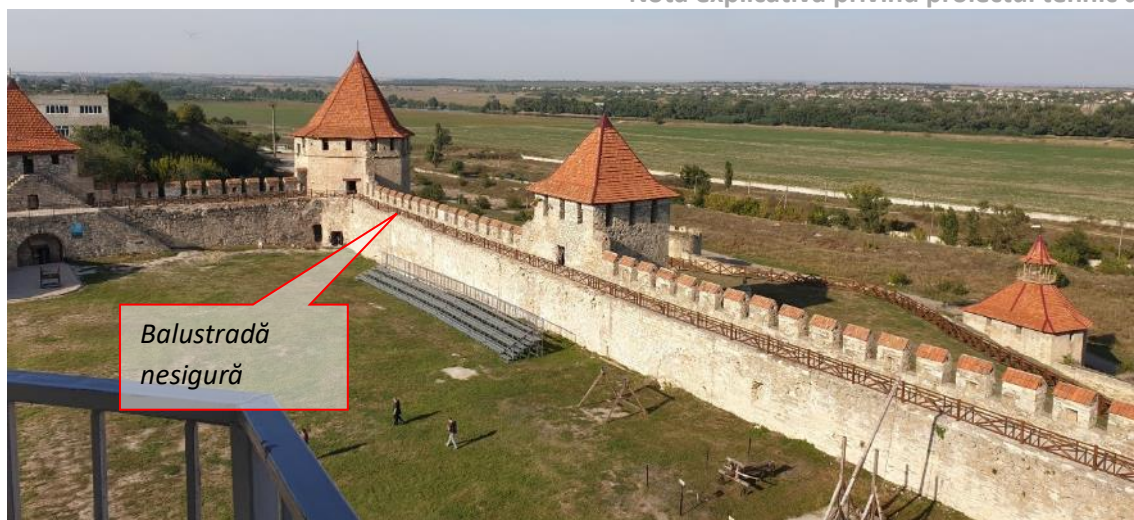
Din punct de vedere al siguranței vizitatorilor, sunt stabilite două situații:

- balustrade de diverse tipuri, toate fiind nepotrivite pentru a garanta siguranța la înălțime
- absența balustradei



NU este
balustradă

Balustradă
nesigură



Toate traseele la înălțime trebuie să fie echipate cu o balustradă care să protejeze împotriva căderilor.

Astfel, plasa balustradei trebuie să fie compusă din elemente îndeajuns de apropiate pentru a împiedica trecerea persoanelor, care ar putea să cadă și să se lezeze, precum și trecerea obiectelor, care ar putea cădea și leza persoane.

Acolo unde există, toate balustradele vor fi înlocuite, iar acolo unde lipsesc- vor fi adăugate.

Balustradele vor fi instalate direct pe căile de patrulare.



Propunerea proiectului

6.3.4 Canalizarea pluvială

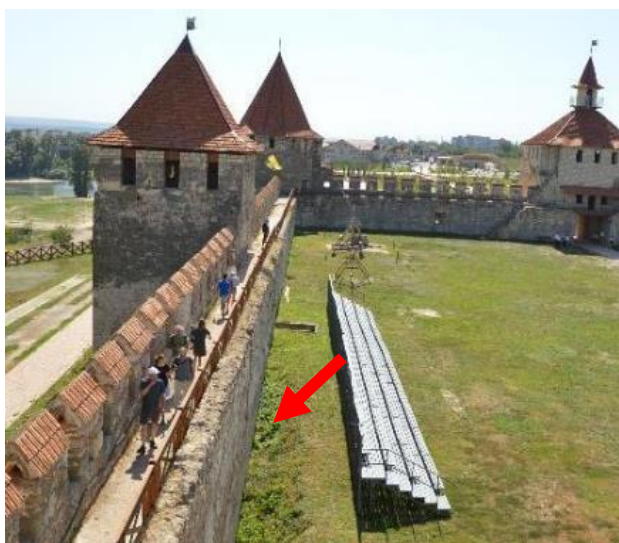
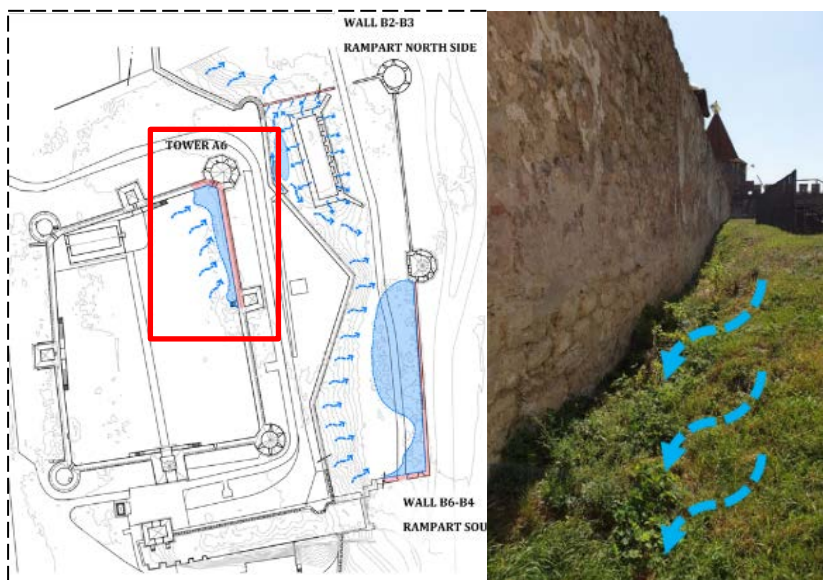
Sinteza intervenției:

- Modelarea solului (terasament)
- Restaurarea și întreținerea canalelor existente
- Conexiuni noi între canale

Scurgerea apei în citadelă este principala problemă critică cu privire la scurgerea apei.

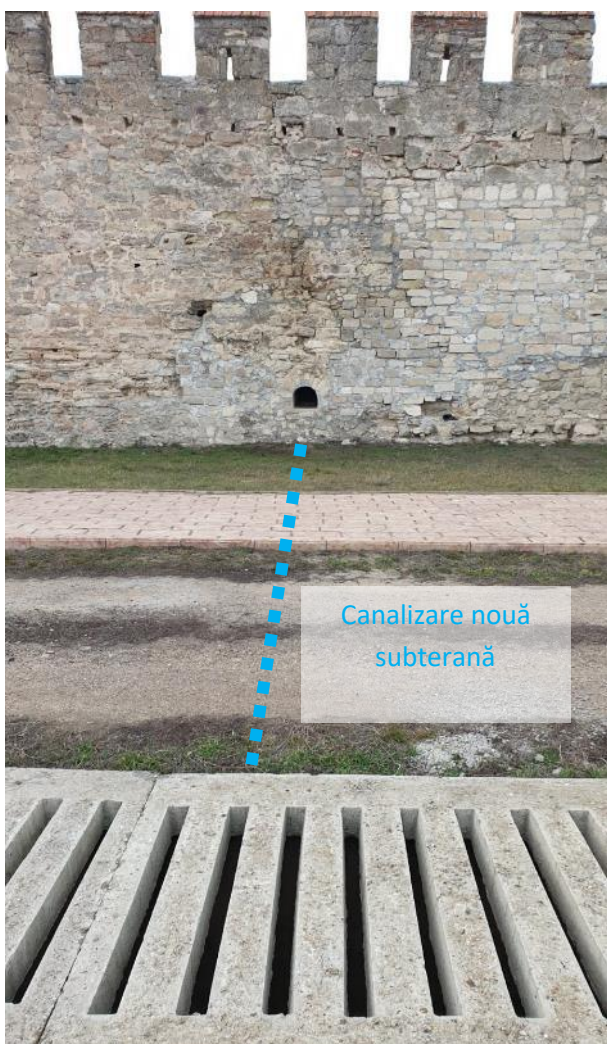
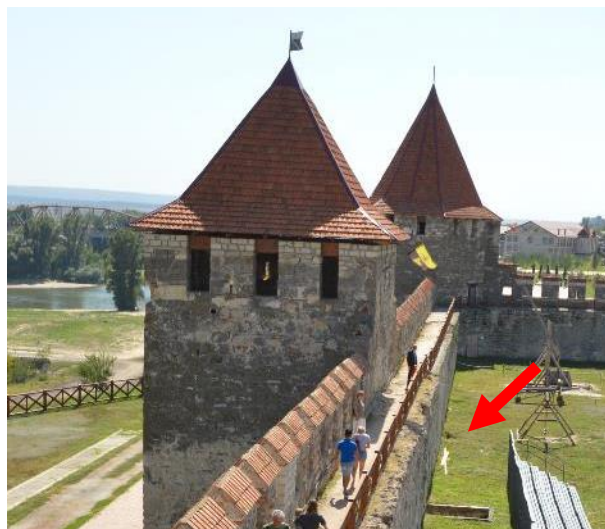
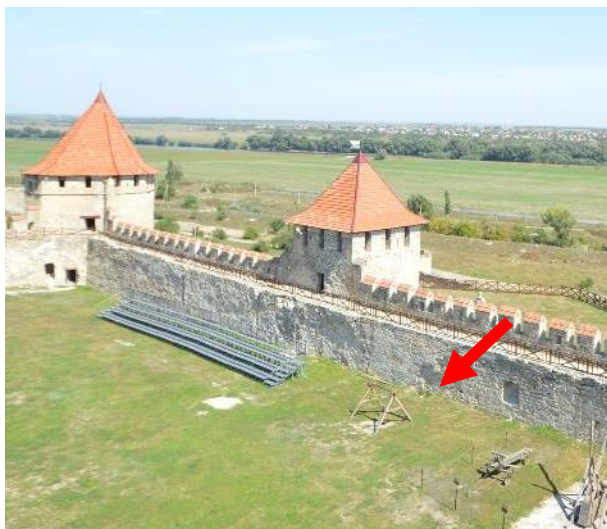
Studiile la nivelul pantelor au demonstrat o stagnare la Turnul A6. Această stagnare ar putea fi unul din factorii de declanșare și în orice caz contribuie la agravarea problemelor structurale de prăbușire a acestei porțiuni a cetății.

Sunt necesare acțiuni pentru a limita acumularea de apă la Turnul A6.



Solul va fi remodelat pentru a drena corect apa prin inversarea înclinării și la intrarea în Turnul A6 trebuie să fie inserată o scară de piatră similară celei care există la intrarea în Turnul A7, astfel se va evita stagnarea apei.

În citadelă vor fi două canale de colectare, care vor îndrepta apa spre partea exterioară (a se vedea desenele detaliate). În scopul dat, canalizarea curentă va fi restaurată și întreținută – cea care trece prin zidăria între turnul A7 și A8. Va fi necesar de curățit canalizarea de buruieni și depuneri. Pe partea externă, va fi posibil de instalat o grilă cu o canalizare care să fie conectată cu scurgerea existentă mai extinsă.



Canalul existent din beton trebuie să fie golit și curățat de toată vegetația și murdăria care l-au blocat de la începutul bastionului până la sfârșitul acestuia (peretele B2-B3).





Este important de asigurat întreținerea continuă a acestor canale, în special la punctele de joncțiune, în fantani și unde sunt diferențe de înălțime pentru a asigura funcționarea corectă și pentru a evita degradarea restului cetății. În special, porțiunea de canalizare pluvială între bastion și partea inferioară a cetății trebuie să fie curățată și restaurată. De fapt construcția scării fără pregătirea pernelor de mortar pentru a proteja pereții a cauzat prăbușirea și deteriorarea zidăriei istorice.

Albia rampei pentru scurgerea apei de asemenea trebuie să fie curățată și întreținută. De fapt, o bună parte a acesteia este infestată cu plante și vegetație, care împiedică curgerea apei și poate cauza stagnarea apei.

7 Intervenții structurale

Această secțiune a raportului își propune drept scop să illustreze verificările privind proiectul de execuție a consolidării structurale a Cetății Bender. În mod specific, intervențiile propuse se referă la:

- consolidarea zidăriei Citadelei cu injectări de extindere și tije din oțel artificiale într-o anumită zonă de testare pentru a realiza un proiect pilot;
- consolidarea Turnului A6 cu două rânduri de tije de legătură în braul de lemn existent;
- consolidarea Turnului de Apă cu două rânduri de tije de legătură din metal consolidarea fundației realizată în beton armat;
- consolidarea Turnului B3 cu chituiră rosturilor externe cu toroane din oțel inoxidabil de Ø6 mm inserate în rosturi din mortar;
- construcția a acoperișurilor noi pentru turnurile A2, A4 și A6 care să cuprindă structura primară și secundară de lemn solid acoperite cu șindrile din lemn.

Mai jos este oferită o listă a desenelor de proiect care se referă la următoarele paragrafe:

- consolidarea zidăriei: **C226_PES_001**;
- consolidarea Turnului A6: **C226_PES_002**;
- consolidarea Turnului de Apă: **C226_PES_003**;
- Consolidarea Turnului B3: **C226_PES_004**;
- Acoperișuri noi pentru turnurile A2, A4 și A6: **C226_PEA_002a-b-c**;
- Balustrade noi: **C226_PEA_003**.

Ultimele două desene fac parte din proiectul arhitectural, însă acestea au fost detaliate în această parte a raportului privind verificarea structurală a structurii din lemn și a balustradelor.

Drept anexe la acest raport sunt oferite analizele realizate de inginerul moldovean Evgheni Cutia, care vor fi considerate drept parte integră și referință de bază pentru calculele efectuate în următoarele paragrafe. În raportul său *“Analiza comparativă între Eurocod 8 și SNIP II-7-81*”* s-a făcut o comparație importantă între legislația în domeniul seismic din RM și prevederile din Eurocoduri, pentru a verifica compatibilitatea proiectului structural propus cu standardele RM.

Mai jos se oferă o listă a altor rapoarte elaborate de E. Cutia, la care s-a făcut referință în următoarele paragrafe:

- consolidarea Turnului A6: *“Analiza structurală a Turnului A6 conform SNIP II-7-81*”*;
- consolidarea Turnului de Apă: *“Analiza structurală a Turnului de Apă conform SNIP II-7-81*”*;
- consolidarea Turnului B3: *“Analiza structurală a Turnului B3 conform SNIP II-7-81*”*;
- acoperișuri noi pentru turnurile A2, A4 și A6: *“Notă explicativă pentru noua structură a acoperișului”*.

7.1 Standarde de referință

- Eurocod 8. Proiectarea structurilor pentru rezistență la cutremur
- SNiP II-7-81* - Construcții în zone seismice

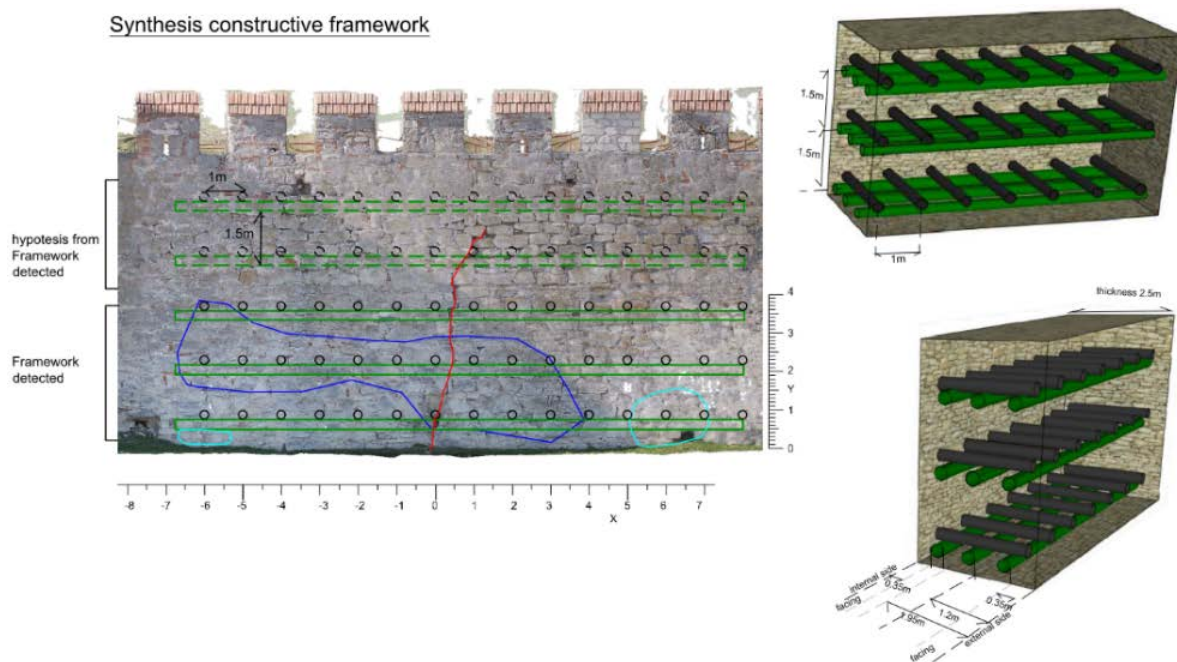
Referințe standard mai specifice vor fi oferite în desenele de proiectare pentru cerințele materialelor structurale.

7.2 Consolidarea zidăriei

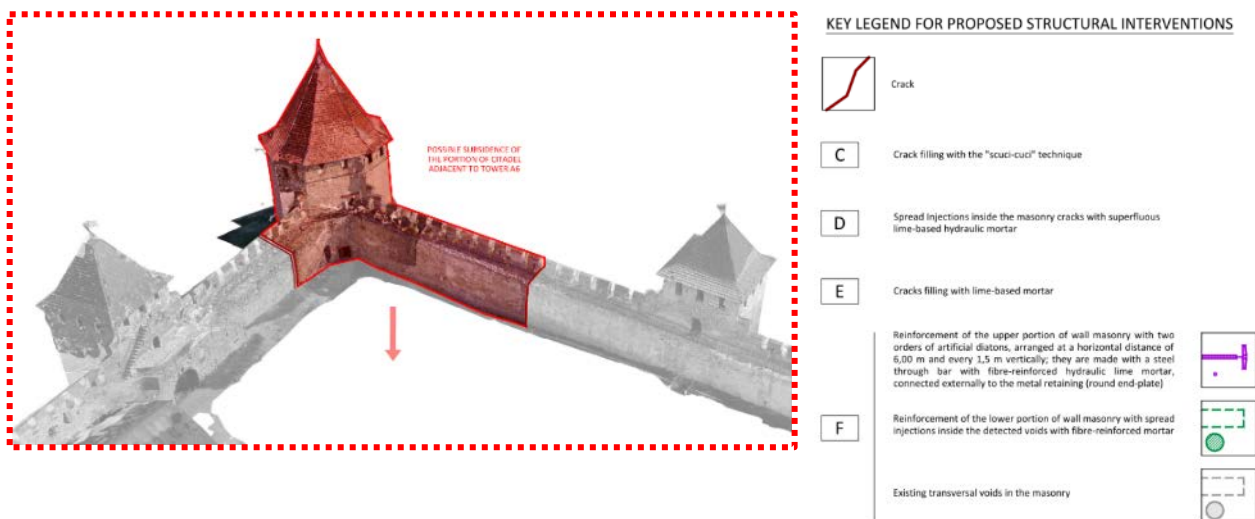
Pentru consolidarea zidăriei se prevăd o serie de intervenții, care vor fi realizate într-o zonă de testare între turnurile A6 și A7 (regăsite în imaginile de mai jos) pentru a iniția un proiect pilot, care pe viitor ar putea fi extins pentru a cuprinde toți pereții. Proiectul pilot va servi drept o verificare locală pentru a testa validitatea globală a acestei intervenții.

Obiectivul acestor intervenții care au fost planificate este cel de a consolida zidăria din punct de vedere static și seismic. Baza zidului, care oferă mai cu seamă contribuție statică, va fi consolidată cu injectări de extindere înăuntru spațiilor goale cu mortar consolidat cu fibre.

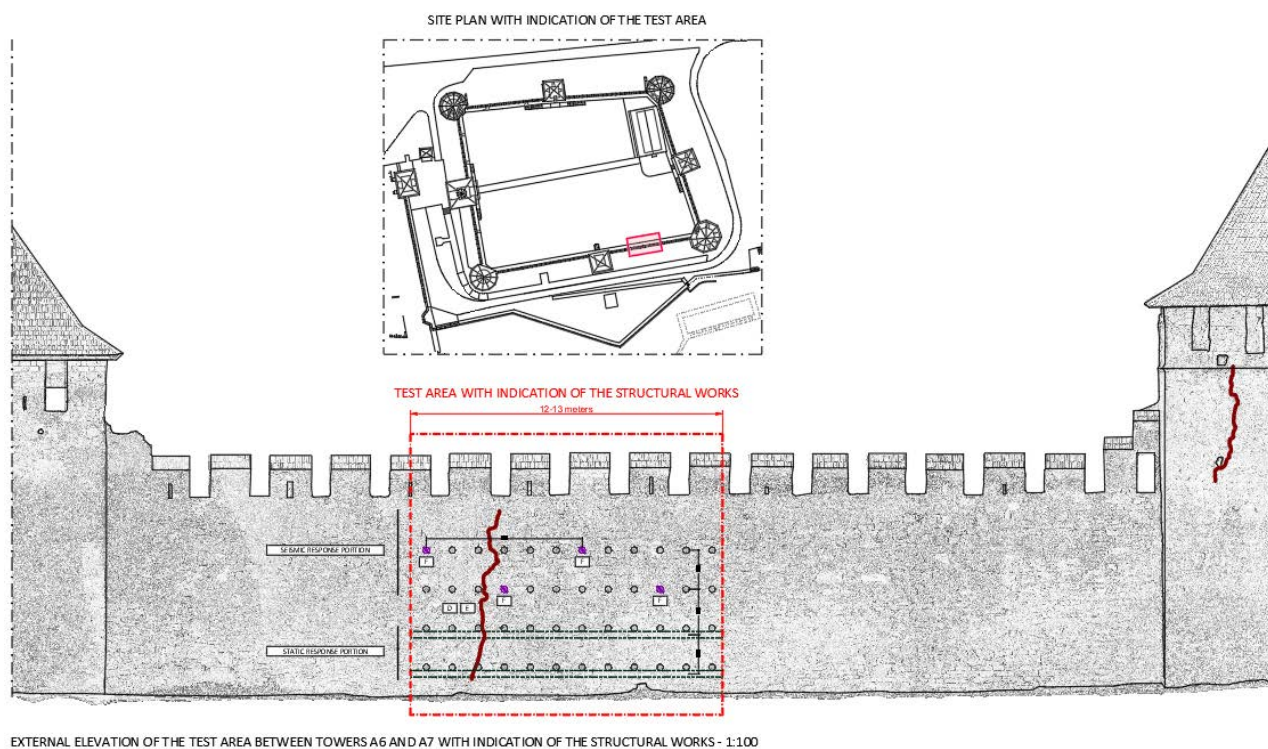
Partea de sus, care oferă mai cu seamă contribuție seismică, va fi consolidată prin inserarea pietrelor de legătură artificiale, făcut prin intermediul unui tub de oțel inserat cu mortar de calcar hidrolic natural consolidat cu fibre, conectat pe partea exterioară cu fixător de metal.



Propunerile de consolidare structurală pentru zidărie exploatează cadrul constructiv antic care constă din elemente din lemn care la moment lipsesc și care au fost înlocuite de spațiile goale pe longitudinală și transversală.



Interpretarea mecanismului de degradare a porțiunii citadelei adiacente la Turnul A6, probabil constând din surpare de teren.



Înălțarea peretelui între turnul A6 și A7 cu propunerea zonelor de testare unde pot fi realizate intervenții structurale.

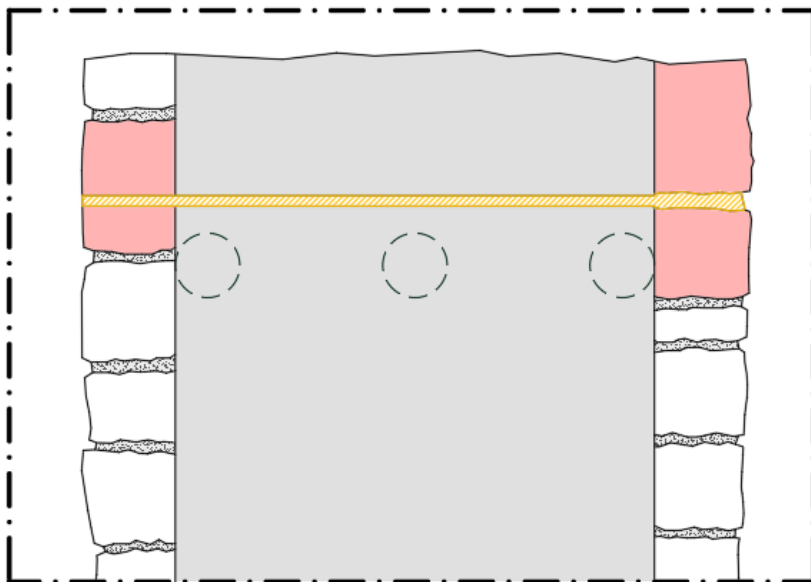
În următorul paragraf se va ilustra consecutivitatea realizării intervențiilor propuse.

7.2.1 Consecutivitate operațiunilor

Acest paragraf ilustrează consecutivitatea operațională pentru realizarea pietrelor de legătură artificiale în partea superioară a zidăriei și injectărilor de extindere înăuntru spațiilor goale depistate cu mortar consolidat cu fibre în partea inferioară.

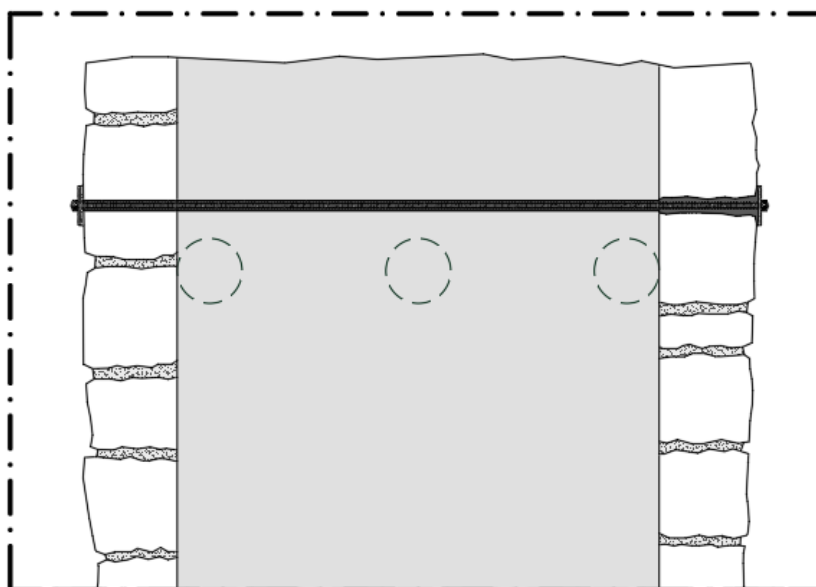
Următoarele patru imagini relevă consecutivitatea operațională pentru pietrele de legătură artificiale din oțel.

Zidăria existentă cu spații goale longitudinale și transversale.



ETAPA I: perforarea peretelui pe toată grosimea acestuia, gaură cu diametru de 4-5 cm, cu înlăturarea locală temporară a pietrei de parament în momentul realizării găurii.

ETAPA II: inserarea oțelului inoxidabil prin tub cu injectarea mortarului de calcar hidrolic natural consolidat cu fibre (M3).



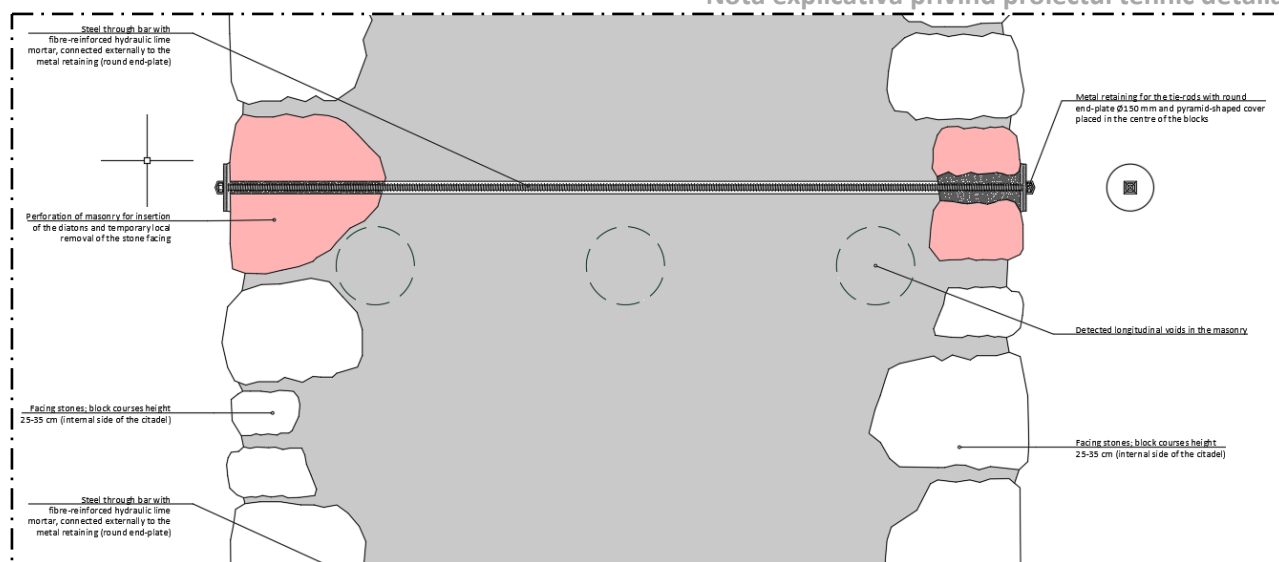
ETAPA III: inserarea oțelului inoxidabil care să rețină pietrele artificiale de legătură, care constă dintr-o placă rotundă cu Ø150 mm și un element de acoperire în formă de piramidă plasată în centrul blocurilor.

Consecutivitatea operațiunilor pentru injectările de extindere:

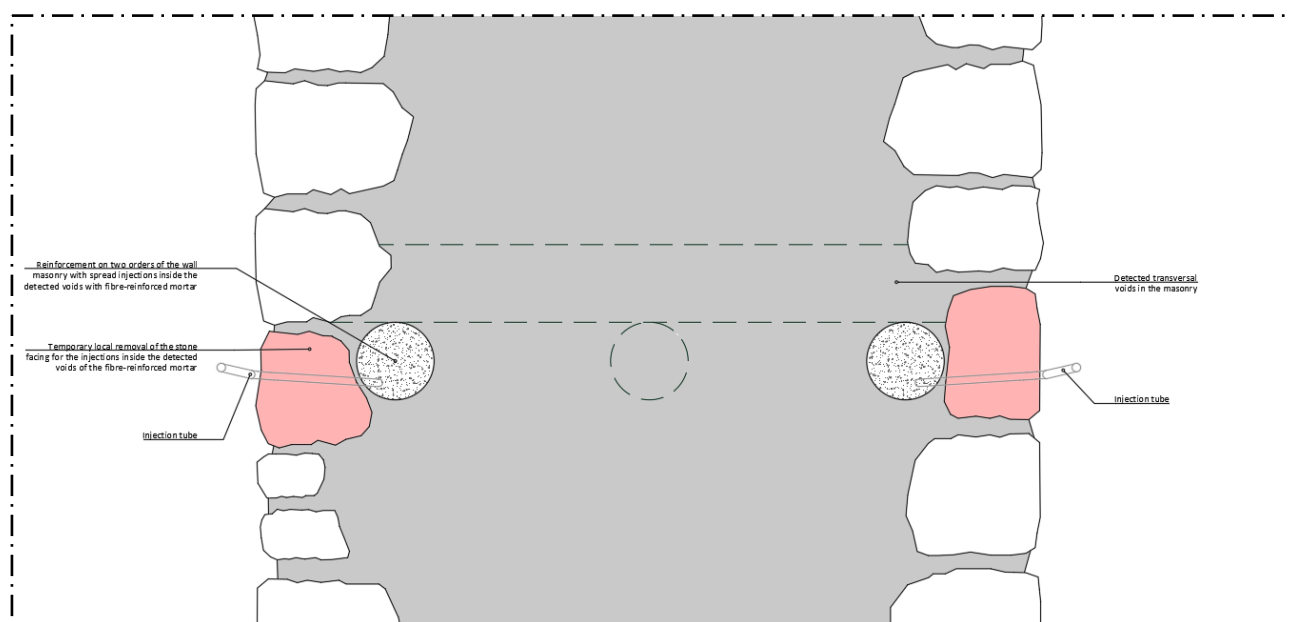
- înlăturarea locală temporară a pietrei pentru a realiza injectările, la un capăt al zonei de testare;
- inserarea tubului de injectare și pomparea mortarului consolidat cu fibre pentru umplerea spațiilor goale până la refuz;
- înlăturarea tubului de injectare și plasarea la loc a pietrei înlăturate cu mortar pe bază de calcar;
- înlăturarea locală temporară a următoarei pietre la o distanță de 2,50/3,00 m de la prima și pomparea mortarului consolidat cu fibre pentru umplerea spațiilor goale, în aceeași direcție ca și prima injectare;
- înlăturarea tubului de injectare și punerea la loc a pietrei înlăturate cu mortar pe bază de calcar.

Aceste operațiuni trebuie să fie repetate la ambele nivele de spații goale până ce va fi acoperită extinderea întregii zone de testare.

Următoarele imagini arată în detaliu secțiunile unei pietre artificiale de legătură și a injectării de extindere conform succesiunii de operațiuni explicate mai sus.



Secțiunea detaliată a unui diaton artificial și sistemul său de reținere în partea de sus a zonei de testare



Secțiunea detaliată a injectării difuzate pentru spațiile goale longitudinale în partea de jos a zonei de testare

7.3 Consolidarea Turnului A6

Turnul poligonal B3 este localizat în colțul nord-est al citadelei și este caracterizat de trei nivele de punți de lemn care sunt așezate pe o structură primară din oțel. Intervenția propusă își propune drept scop să împiedice orice mișcare cinematică posibilă de răsturnare și să oprească prăbușirea porțiunilor peretelui de perimetru din cauza acțiunilor seismice, după cum se arată în următoarele imagini.



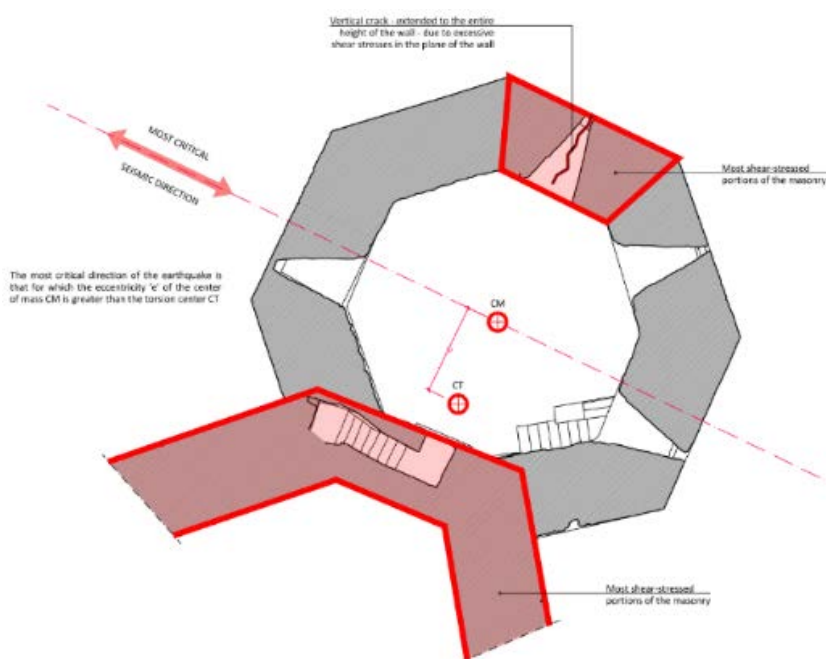
Intervențiile de consolidare sunt necesare pentru a consolida din punct de vedere static turnul după survenirea unor fisuri foarte mari pe verticală, în centrul unor pereți ai turnului, din cauza leziunilor tipice care afectează structurile înclinate, precum sunt turnurile și clopotnițele.

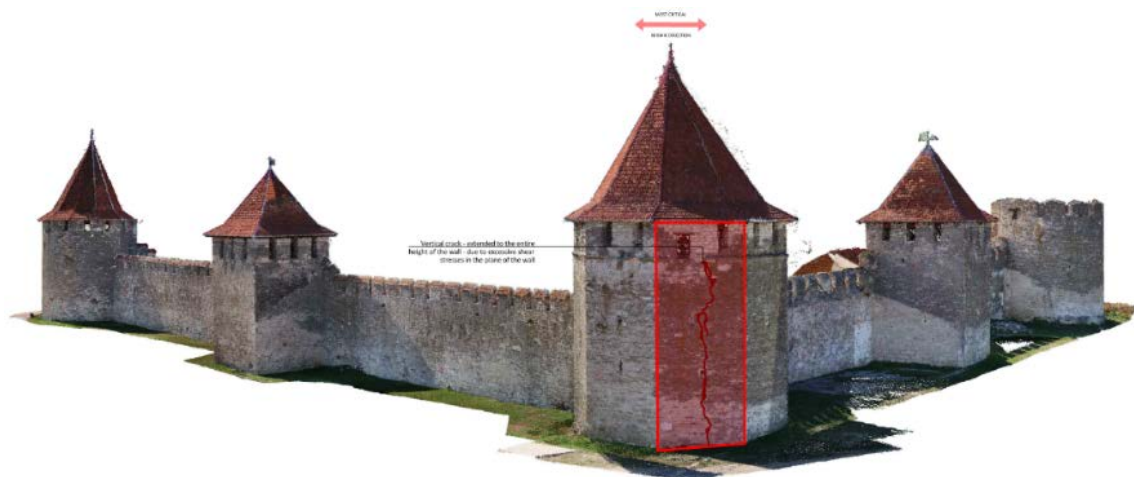
Pe următoarea pagină se oferă analiza seismică realizată pentru identificarea intervențiilor.

Următoarele imagini relevă analiza care a fost realizată pentru identificarea intervențiilor.

Analiza seismică a structurii relevă că cea mai critică direcție a cutremurului de pământ este cea pentru care excentricitatea 'e' a centrului masei CM în raport cu centrul de torsiune CT este cea mai înaltă.

Următoarele planuri, elevații și secțiuni relevă intervențiile care au fost proiectate pentru a îmbunătăți conduita seismică a turnului.





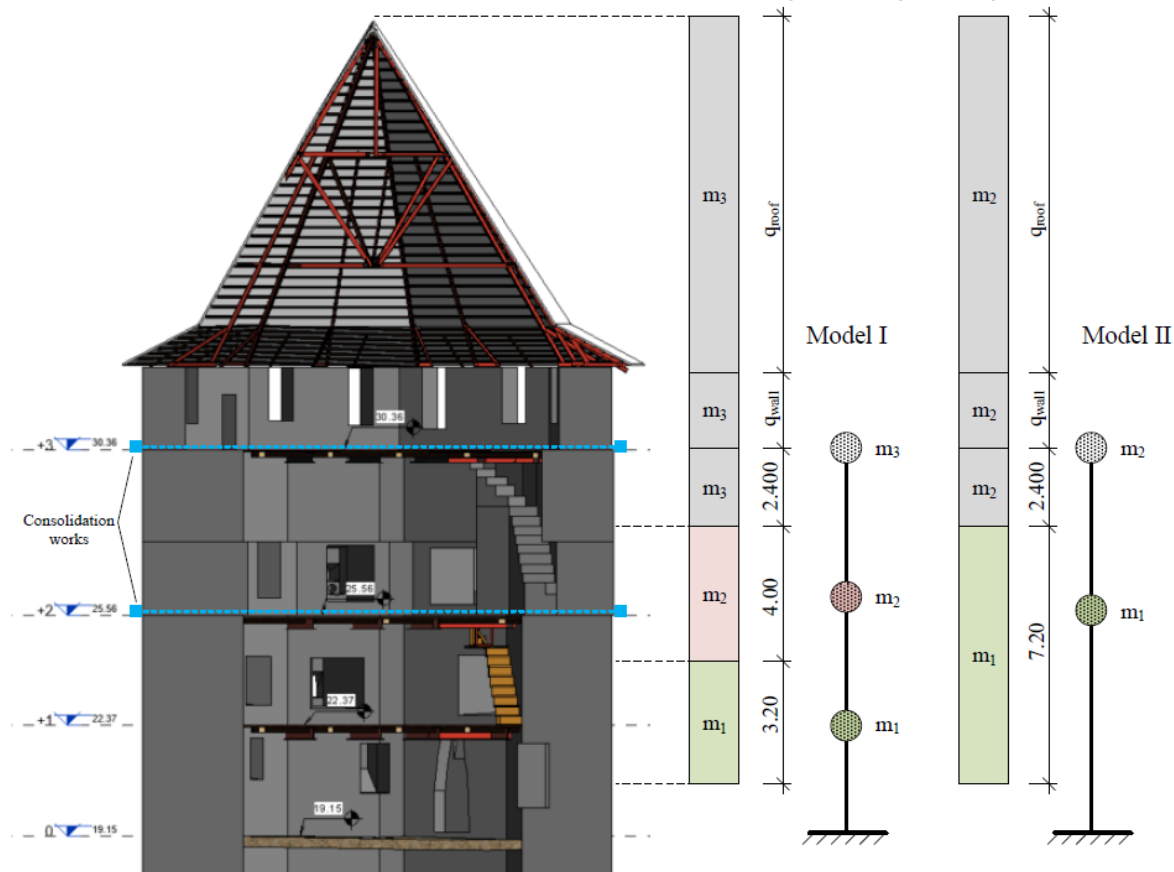
Fisura pe verticală – extinsă pe întreaga înălțime a zidului – din cauza forței de forfecare pe suprafața zidului în cea mai critică direcție a cutremurului de pământ

Acest tip de instabilitate seismică este tipică pentru clădirile înalte, precum sunt clopotnițele. În cazul Turnului A6, intervenția va fi realizată la nivelul ultimelor două punți pentru a asigura ca acestea să poată să consolideze conduita de cutie a structurii și să prevină alunecarea reciprocă a porțiunilor de zidărie supuse forței de forfecare. Din punct de vedere static, totuși, turnul nu arată niciun semn de eșec.

Intervenția propusă constă din opt tije de legătură din metal – câte patru pentru fiecare nivel – poziționate pe punțile existente din lemn și acoperite cu una nouă. Aceste tije de legătură constau din placă de metal 40 x 10 mm în ceea ce privește suprafața care vine în contact cu podeaua și oțel inoxidabil printr-un tub cu secțiune circulară în ceea ce privește secțiunea zidăriei; fiecare tijă de legătură se sfârșește cu o reținere de metal, care este în contact direct cu peretele. Toate indicațiile de executare sunt raportate în desenul de proiectare structurală.

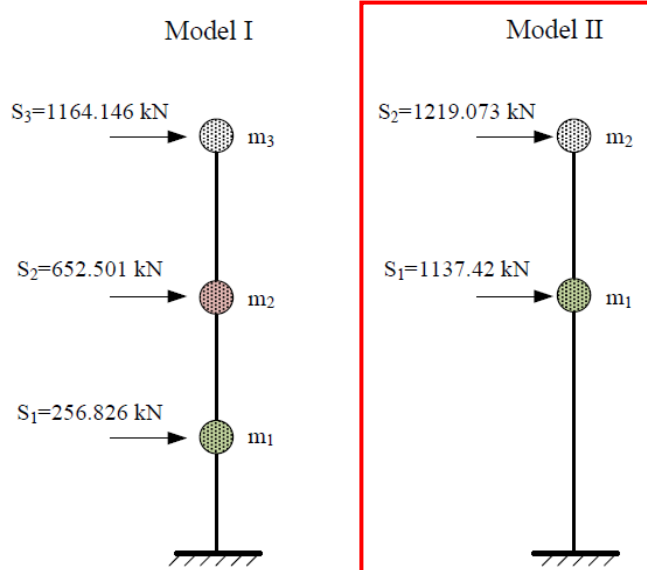
7.3.1 Instalarea dimensiunii tijelor de metal

Pentru evaluarea valorii maxime a acțiunii de tracțiune la care pot fi supuse tijele de legătură, se va lua drept referință analiza realizată de inginerul Cutia. Turnul a fost modelat și analizat ca un suport-consolă; au fost comparate două modele cu trei sau două grade de libertate, care constau din trei sau două greutateți aranjate la diferite elevații, conform celor indicate în imagine.



Modelul analizat al Turnului A6

Forțele seismice asociate cu fiecare masă individuală, ținând cont și de primul și cel de-al doilea model, sunt indicate în următoarea diagramă. În baza rezultatelor, poate fi observat că forța seismică din modelul de proiectare I la masa m_1 este semnificativ mai mică decât forța seismică de la celelalte două puncte. Acest fapt sugerează că acest punct ar putea fi omis în favoarea modelului de proiectare II.



Forțele seismice pentru Turnul A6

Sistemul de consolidare va fi poziționat indicativ la înălțimea celor două mase, după cum poate fi dedus din desenele proiectării structurale. Secțiunea tijelor de legătură va fi verificată la nivelul porțiunii turnului supuse celui mai mare stres, i.e. porțiunea cu masa m_2 , plasată la cel mai înalt nivel.

După cum se menționează în raportul inginerului Cutia, forța seismică S_2 la care este supusă masa m_2 rezultă în 1219,073 kN. Ținând cont că în cazul acțiunii seismice, porțiunea masei de competență pentru fiecare tijă de legătură corespunde unei optimi din masa totală m_2 , acțiunea de tracțiune P la care va fi supusă o singură tijă de legătură rezultă în:

$$P = S_2 / 8 = 1219,073 \text{ kN} / 8 = 152,38 \text{ kN}$$

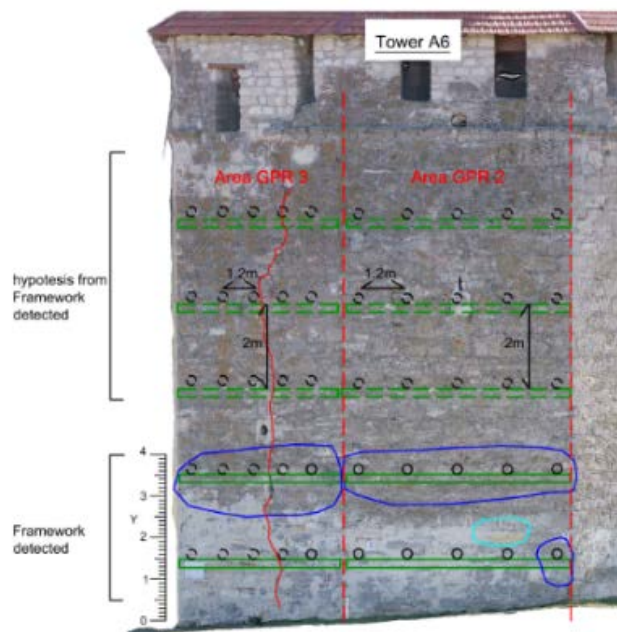
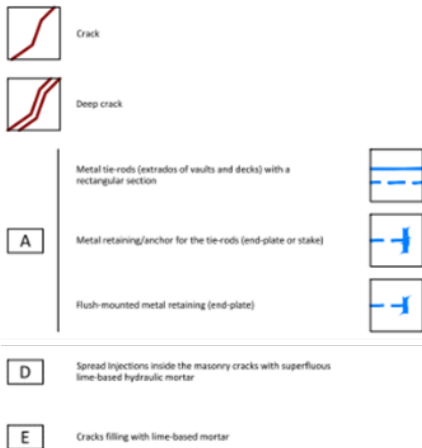
Suprafața minimă necesară pentru fiecare componentă este:

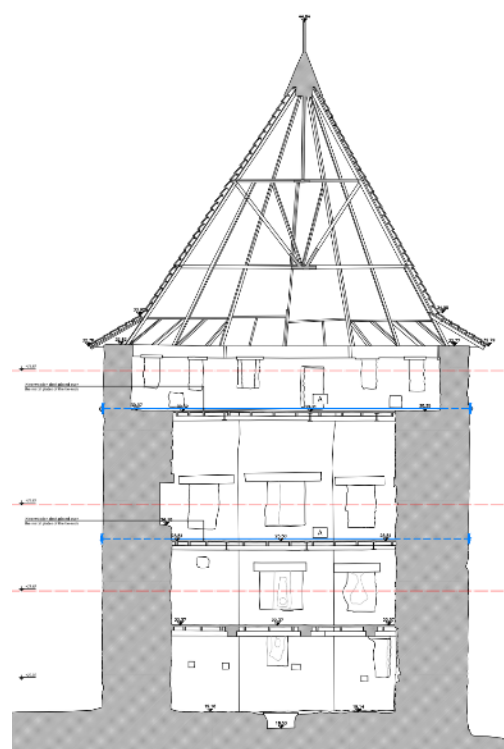
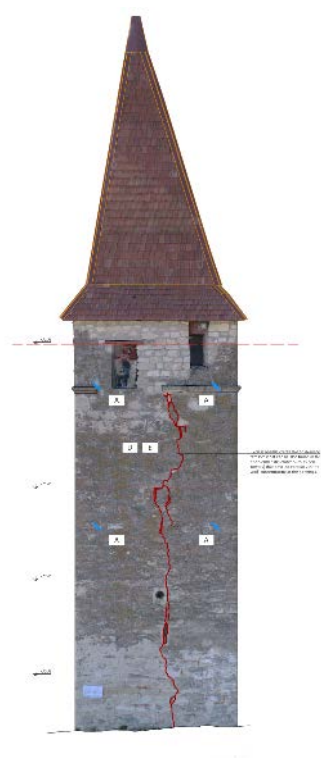
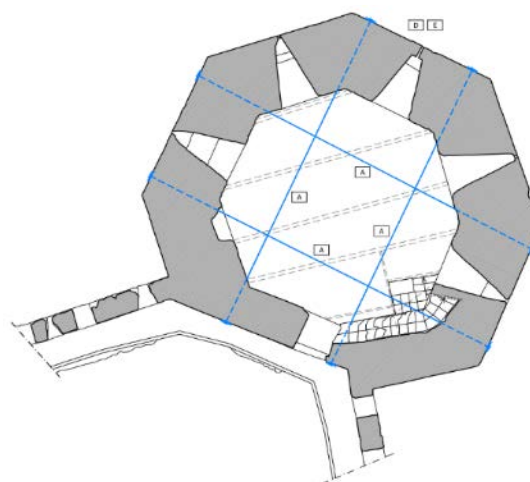
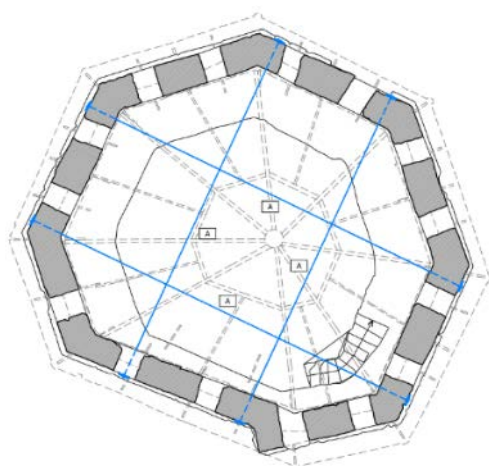
$$A_{\min.} = P / (2 \cdot \gamma_c \cdot R_y) = 152,38 \text{ kN} / (2 \cdot 1 \cdot 240 \text{ N/mm}^2) = 317,47 \text{ mm}^2$$

unde $R_y = 240 \text{ MPa} = 240 \text{ N/mm}^2$ este randamentul tracțiunii pentru clasa de oțel C245 conform GOST 27772-88, indicat în raportul inginerului Cutia. Suprafața nominală pentru fiecare placă de metal este 400 mm^2 (o secțiune rectangulară de $40 \times 10 \text{ mm}$), din aceste motive, secțiunea presupusă este verificată privind posibilitatea de a stopa forțele seismice. Fiecare placă va fi sudată printr-un tub de oțel inoxidabil $\varnothing 20 \text{ mm}$ (cu o suprafață a secțiunii de 317 mm^2) cu două puncte de sudură de 120 cm .

Următoarele imagini rezumă intervențiile planificate pentru turn.

KEY LEGEND FOR PROPOSED STRUCTURAL INTERVENTIONS





Elevația fațadei de nord-est a turnului cu indicarea lucrărilor structurale

Secțiunea verticală a turnului cu indicare lucrărilor structurale

7.4 Consolidarea Turnului de Apă

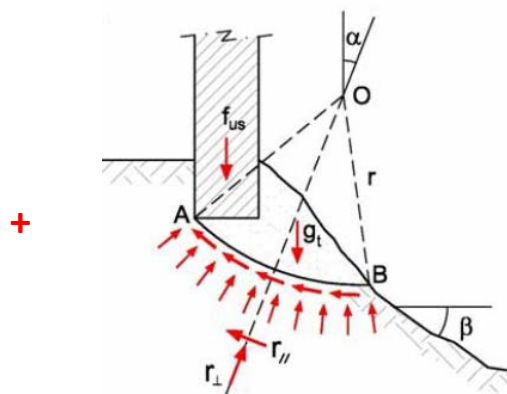
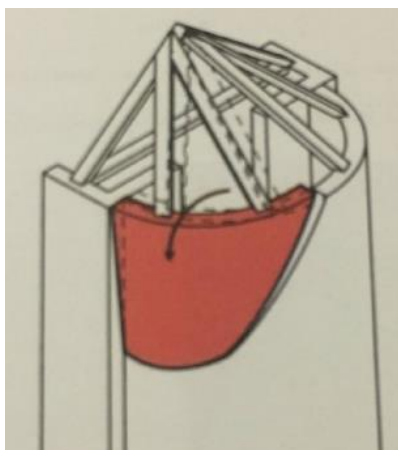
Turnul de Apă are o fisură gravă care implică bolta interioară a pavilionului pe toată grosimea acestuia; această fisură se extinde de asemenea spre pereții de mai jos și implică în special doi pereți ortogonali spre fațada de est.

S-a presupus că astfel de distrugeri sunt cauzate de o acțiune combinată a tracțiunii excesive a bolții la nivelul său de jos și cedarea fundației din cauza alunecării în aval a unei porțiuni de teren.

Intervențiile care au fost planificate constau din patru tije de legătură poziționate la baza bolții pentru a limita mișcarea peretelui în partea de sus și cordonul fundației care limitează delăsarea peretelui și alunecarea în aval.

Pentru dimensionarea intervențiilor structurale, s-a făcut referință la analiza structurală realizată de inginerul Cutia, care este anexată la acest raport și care poate fi luată drept referință pentru analiza încărcăturii și realizarea unor calcule specifice.

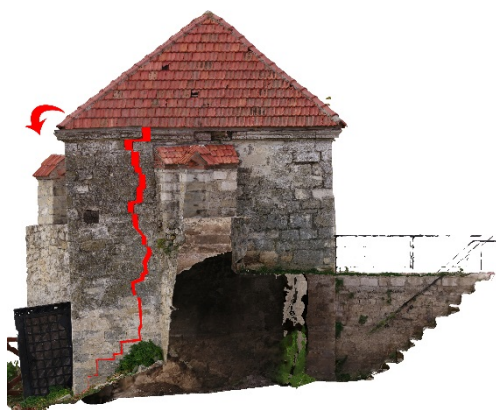
Evaluarea intervențiilor și a măsurii acestora s-a bazat pe studiul privind tracțiunea bolții, de asemenea în condiții seismice și pe analiza capacității solului de susținere a sarcinii, care ar putea fi una din cauzele prăbușirii în progres.



Fisurile în zidărie indică activarea mecanismelor cinematice din cauza tracțiunii bolții combinate cu surparea terenului.



1)

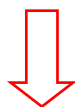


Rotația în afara planului a fațadei din cauza tracțiunii bolții pavilionului

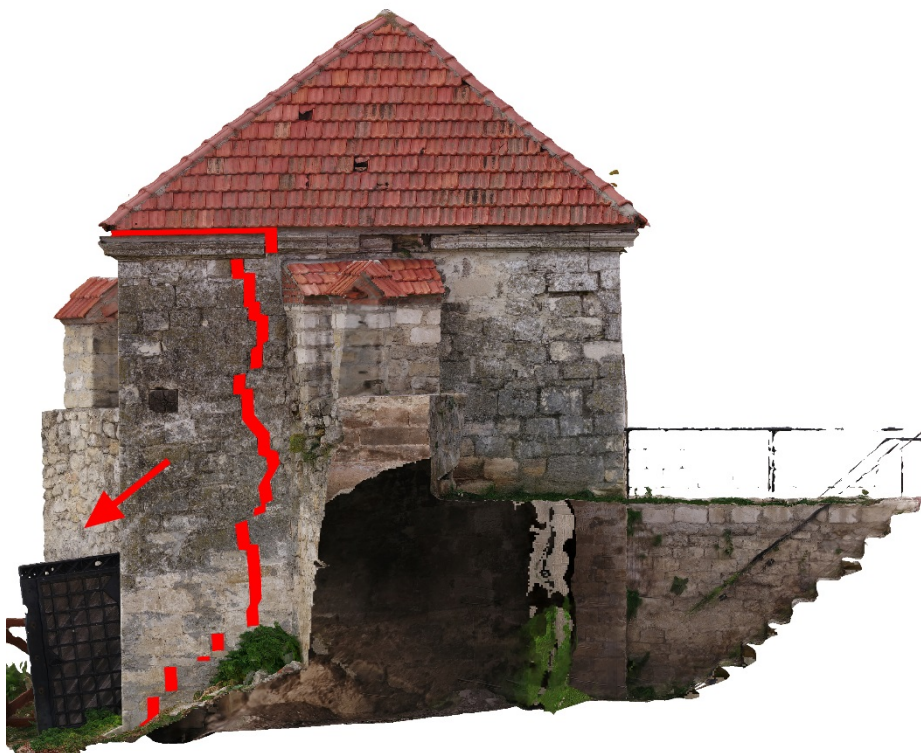
2)



Rotația la baza peretelui din cauza surpării terenului



3)



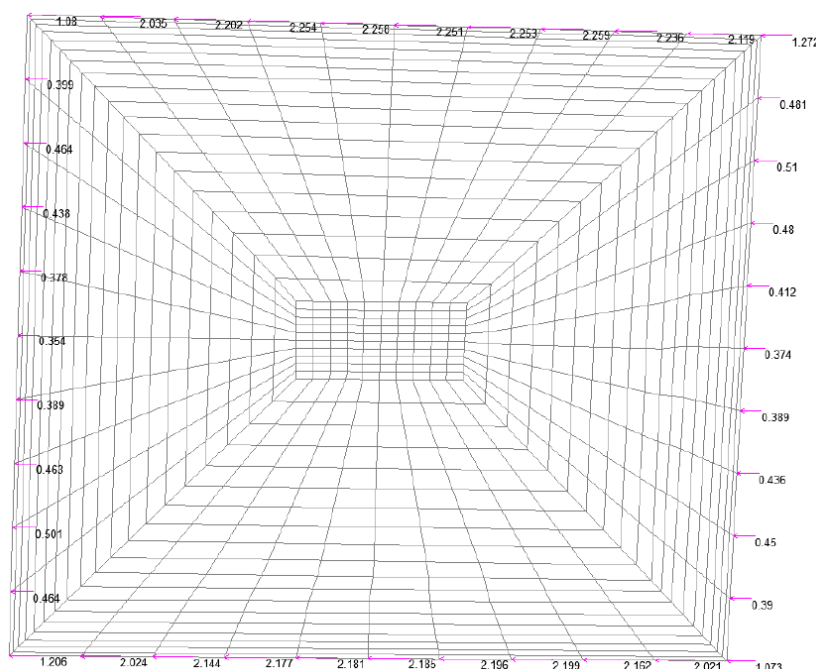
Fisurile în zidărie pot fi legate de o combinație a două eșecuri structurale de bază: rotația fațadei din cauza tracțiunii bolții (1) și surparea terenului (2). Drept rezultat avem o deplasare a peretelui în direcția pantei terenului (3).

7.4.1 Calculul tracțiunii statice a bolții pavilionului

Pentru evaluarea tracțiunii statice a bolții pavilionului s-a adoptat un model de calcul. Următorul tabel indică sistemul de încărcături externe aplicat asupra bolții, conform analizei realizate de inginerul Cutia.

Description	Unit	Normative value	Safety coefficient γ_f	Design value	Note
PERMANENT LOAD					
Timber purlins ($b \times h = 50 \times 120 \text{ cm}$)	kN/m	0.03	1.3	0.038	NCMF.03.02-2005
Roofs tile	kN/m^2	0.5	1.3	0.637	CHNP 2.01.07-85, tab. 2
VARIABLE LOAD					
Snow Load	kN/m^2	0.5	1.4	0.5	CHNP 2.01.07-85

Analiza realizată indică că componenta orizontală a tracțiunii bolții are o valoare maximă de 2,259 kN per jumătate de metru de zidărie. Fiind aplicată pe cea mai lungă latură a bolții (circa 5,00 m), încărcătura totală asupra peretelui este 22,60 kN.



Acțiunile orizontale asupra pereților perimetrici ai bolții

Deoarece sunt fisuri pe boltă și astfel acestea nu mai poate transmite în modul cuvenit greutatea sa pe pereții perimetrici, au fost planificate unele intervenții structurale pentru a preveni mecanismele de răsturnare în afara planului în condiții statice. Aceleași intervenții ar putea atinge același efect pozitiv în condiții seismice, astfel încât acestea să fie dimensionate pentru a oferi contribuție adițională.

Sunt propuse două perechi de tije de legătură pentru inhibarea mecanismului de răsturnare în afara planului din cauza tracțiunii bolții și încărcăturilor seismice; din acest motiv, acestea au fost dimensionate pentru a atinge acest rezultat.

Următorul paragraf oferă verificarea și dimensionarea tijelor de legătură.

7.4.2 Instalarea și verificarea tijelor de metal

Două perechi de tije de legătură au fost proiectate pentru a stopa împingerea bolții, cât și pentru a inhiba dinamica naturii seismice, care ar putea cauza pierderea conduitei de cutie (răsturnarea în afara planului a porțiunilor de perete). Din acest motiv, au fost alese profiluri de metal ale tijelor de legătură pentru a fi suficient de puternice pentru a absorbi ambele tipuri de forțe.

Ținând cont de faptul că valoarea maximă a tracțiunii bolții este 22,60 kN, acțiunea de tracțiune la care va fi supusă fiecare pereche de tije de legătură este:

$$T = P / 2 = 22,60 \text{ kN} / 2 = 11,30 \text{ kN}$$

Ținând cont că tijele de legătură de asemenea vor putea să absoarbă forțele seismice, valoarea maximă permisă pentru fiecare din ele a fost menținută îndeajuns de mare pentru a realiza și această funcție. Valoarea care a fost calculată cu presupusele profiluri din oțel (24,8 kN) este indicată în tabelul de mai jos.

DETERMINAZIONE DEL TIRO DELLA CATENA		
CARETTISTICHE GEOMETRICHE	Area della sezione trasversale del tirante A_S [mm ²]	201,1
	Altezza della piastra di ancoraggio del tirante a [cm]	25,0
	Larghezza della piastra di ancoraggio del tirante b [cm]	25,0
	Spessore della parete su cui è ancorato il tirante t [cm]	100,0
	Angolo di attrito della muratura β [°]	45,0
	Area della zona di contatto della muratura con la piastra di ancoraggio del tirante A_1 [cm ²]	625,0
	Distanza del bordo della piastra dal più prossimo lato libero della parete su cui è ancorata [m]	0,9
	Area di ripartizione delle azioni di compressione A_2 [cm ²]	718,2
	$\sqrt{A_2/A_1} \leq 2$	1,1
	Percentuale del contributo del taglio sulle facce laterali per il calcolo di T_2 [%]	100,0%
PARAMETRI MECCANICI	Fattore di confidenza F_C	1,35
	Coefficiente parziale di sicurezza sulla resistenza a compressione della muratura γ_M	3,00
	Resistenza di calcolo dei tiranti $f_{d,S}$ [N/mm ²]	190,00
	Resistenza media a compressione della muratura f_m [N/cm ²]	150,00
	Resistenza media a taglio della muratura τ_0 [N/cm ²]	2,50
	Tensione di calcolo a compresione della muratura $f_{d,M}$ [N/cm ²]	37,04
	Resistenza di calcolo a taglio della muratura $f_{v,d,M}$ [N/cm ²]	0,62
TIRO DELLA CATENA	Resistenza dei tiranti allo sneravamento T_1 [kN]	38,2
	Resistenza al punzonamento della muratura nelle zone di ancoraggio T_2 [kN]	30,9
	Resistenza alla pressione di contatto sulla muratura T_3 [kN]	24,8
	Massimo tiro esplicabile dalla catena T [kN]	24,8

Cele două perechi de tije de legătură (două tije de legătură vor fi inserate în direcția perpendiculară) vor fi din oțel S275 ($f_{d,s} = 190 \text{ N/mm}^2$) cu secțiune rectangulară de 40x10 mm ($A_S = 400 \text{ mm}^2$) sau secțiune circulară de $\phi 16$ bar ($A_S = 201,10 \text{ mm}^2$), poziționate conform desenelor de proiectare structurală.

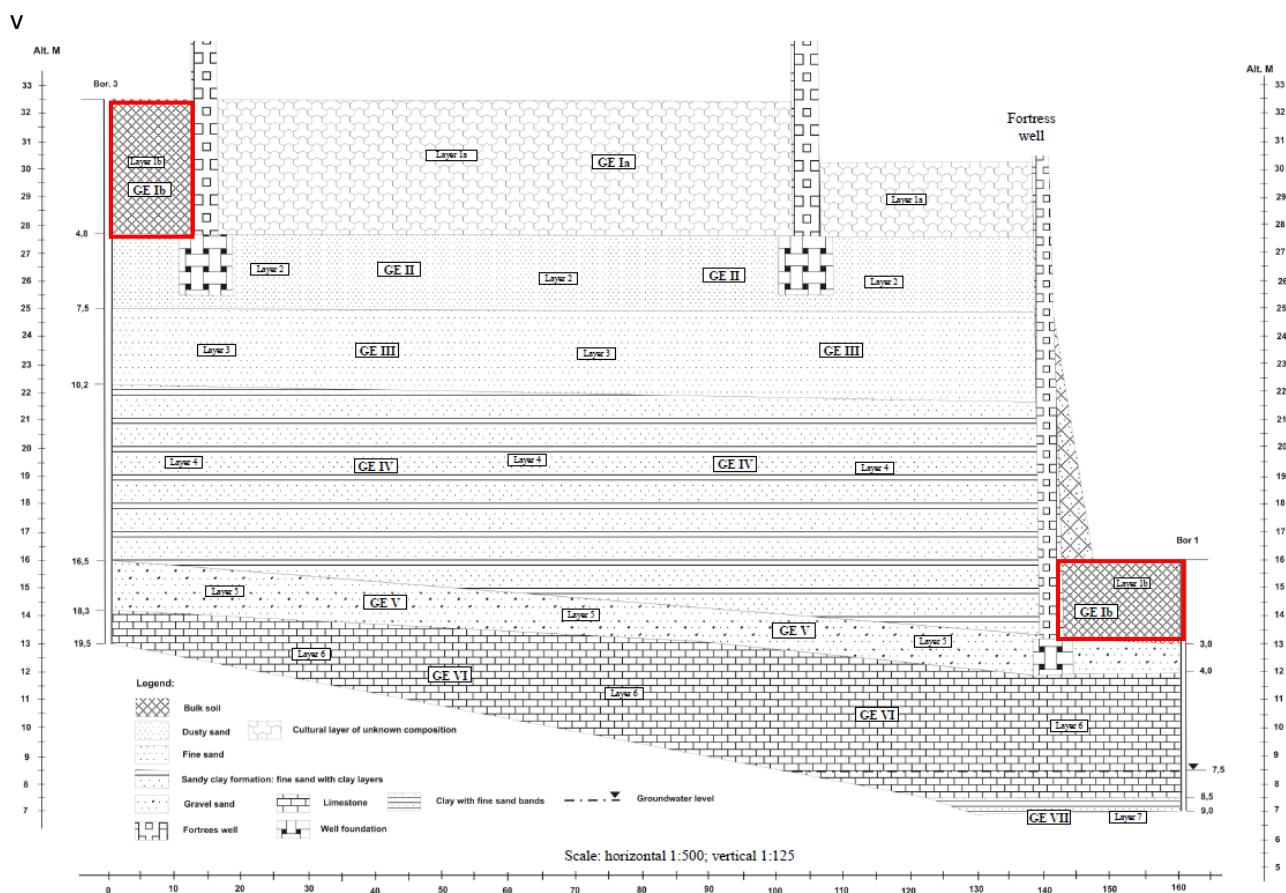
Acestea vor fi consolidate de pereți cu plăci cu margini rotunde cu un diametru de 25 cm, produse din oțel S275 și protejate cu u capac rotund făcut din oțel alezat/Corten.

Cu o tracțiune maximă T de 24,80 kN, nivelul maxim de îndoire la care este supusă placa cu margini rotunde (derivată din încărcarea distribuită, care este generată la interfața cu zidăria, egală cu T / A_p , unde A_p este suprafața plăcii) este $M_{MAX} = 0,99 \text{ kN}$. Luând în considerație secțiunea plăcii de 250x20 mm, se obține următoarea valoare a forței: $\sigma_{s,d} = M_{MAX} / W = M_{MAX} / [(b \cdot h^2) / 6] = 0,99 \text{ kNm} / [0,25 \text{ m} \cdot (0,02 \text{ m}^2) / 6] = 59,22 \text{ N/mm}^2 < f_{d,s} = 190 \text{ N/mm}^2$. Din aceste motive, soluția propusă este verificată.

7.4.3 Consolidarea fundației

În baza analizei vulnerabilității, care a fost realizată și a raportului geologic elaborat de geologul Dl. Igor Nicoara, a fost posibil de determinat cât de negativă este influența capacității portante a solului asupra eșecului structural continuu la Turnul de Apă.

Următoarele imagini indică o secțiune a solului între două sonde forate pentru studiile geologice în partea de sus a Citadelei. Este posibil de observat că stratul de suprafață al solului în partea exterioară a pereților – clasificat ca *Strat Ib* – este format din “sol tehnogen argilos amestecat cu deșeuri de construcție” cu grosimea între 3,00 și 4,80 m.



Acest sol ar putea fi comparat cu bine cu cel care este localizat în partea exterioară a Turnului de Apă, deoarece este un tip de sol care deseori se întâlnește pe partea externă a multor pereți de cetăți și implică aproape pretutindeni primii metri în adâncime. Din cauza naturii sale foarte incoerente, acest sol i-a fost atribuit o capacitate portantă de 100 kPa, după cum este indicat în tabelul de mai jos.

Table of normative and calculated values of soil characteristics of Geotechnical Elements (layers) in natural conditions.

Geotechnical Element (layer)	Soil classification	Normative value									Calculated values						Soil resistance value, Ro, kPa	Uniaxial compression strength, kPa
											on deformation			on bearing capacity				
		Soil density, g/cm3	Dry soil density, g/cm3	Humidity	Plasticity Index	Fluidity Index	Porosity coefficient	Soil deformation modulus, MPa	Cohesion, kPa	Effective angle of friction, grade	Soil density, g/cm3	Cohesion, kPa	Effective angle of friction, grade	Soil density, g/cm3	Cohesion, kPa	Effective angle of friction, grade		
Ia	Bulk soil (layer 1a)															150 - 450*		
Ib	Bulk soil (layer 1b)	1,60	1,45	0,10			0,850	12	2	24	1,59	2	23	1,58	1	22	100**	
II	Dusty sand (layer 2)	1,75	1,64	0,07			0,623	18	5	30	1,79	4	29	1,72	3	28	200	
III	Fine sand (layer 3)	1,80	1,70	0,06			0,578	28	4	32	1,79	3	31	1,78	2	30	250	
IV	Sandy clay formation (layer 4)	1,90	1,65	0,15	0,13	< 0	0,624	22	31	24	1,89	30	23	1,88	29	22	250	
V	Gravel sand (layer 5)	1,95	1,81	0,08			0,480	45	2	40	1,94	2	39	1,93	1	38	500	
VI	Limestone (layer 6)	2,25															600***	450***
VII	Clay (layer 7)	2,00	1,64	0,22	0,22	0,00	0,665	24	60	20	1,99	58	19	1,98	56	18	450	

Note: Normative and calculated values of GE (soil layers) are presented by the laboratory test results, regional geological studies from the past and by tables 1, 2, 3 from annex 1 of SNIP 2.02.01-83 to take into consideration point 2.16 of the SNIP

* value from table 1 annex 3 of SNIP 2.02.01-83 **

value from table 5 annex 3 of SNIP 2.02.01-83 *** regional tables for pontian limestone in water saturated conditions

Ținând cont de încărcătura transmisă solului de înseși greutatea zidăriei, boltă și acoperiș, sarcina distribuită de-a lungul peretelui fațadei (care este de o grosime de 1 m și lungime de 2,70 m) rezultă în:

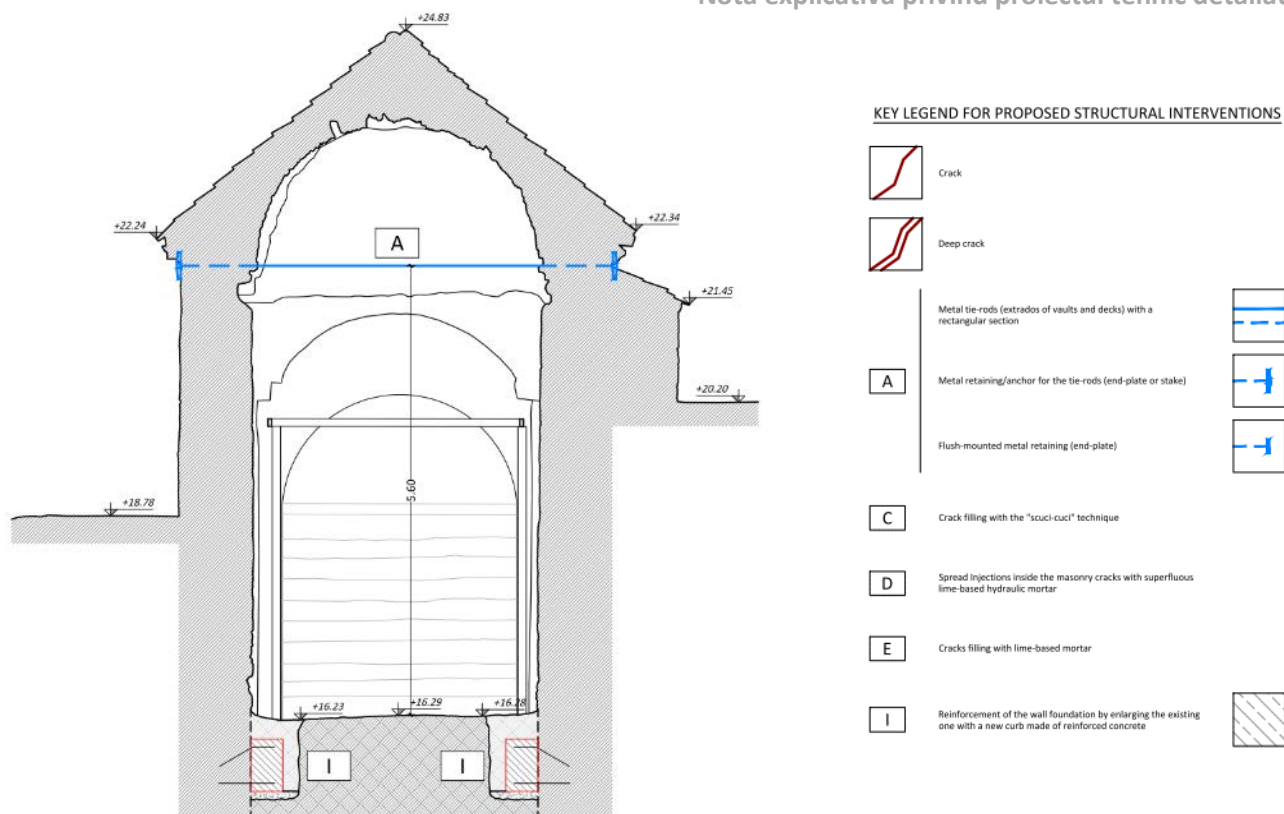
$$F_{\text{tot.}} = [(P_{\text{MASONRY}} + P_{\text{VAULT}} + P_{\text{ROOF}}) / (1 \text{ m} \cdot 2,80 \text{ m})] = [420 \text{ kN} / (1 \text{ m} \cdot 2,80 \text{ m})] \simeq 150 \text{ kN}$$

Valoarea obținută este mai mare de 100 kPa, astfel este nevoie de o intervenție de consolidare pentru a obține o amprentă mai mare a fundației pe teren, astfel reducând eforturile care sunt transmise acestuia. Lățimea minimă a unei benzi din fundație pentru a obține un efort maxim de 100 kPa rezultă în:

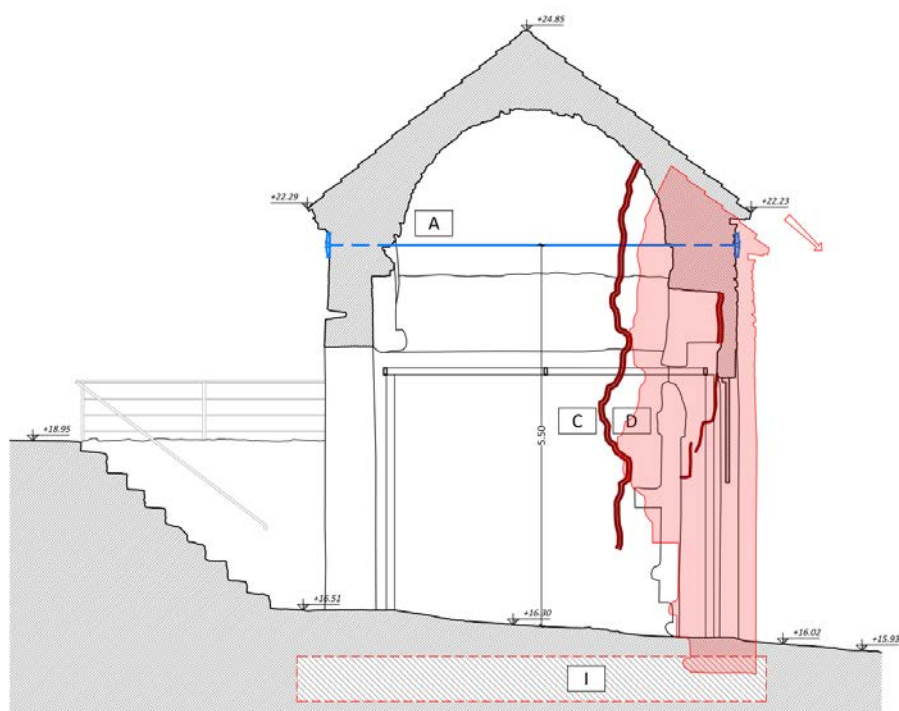
$$s_{\text{min.}} = [(P_{\text{MASONRY}} + P_{\text{VAULT}} + P_{\text{ROOF}}) / (100 \text{ kPa} \cdot 2,80 \text{ m})] = [420 \text{ kN} / (1 \text{ m} \cdot 2,80 \text{ m})] \simeq 1,50 \text{ m}$$

Din aceste motive, se propune o extindere a fundației prin turnarea unei borduri din beton armat, realizate conform cerințelor desenelor de proiectare structurală. Secțiunea minimă ca fi de o lățime de 50 cm și înălțime de 65 cm, fiind conectată la zidăria existentă prin intermediul unor tuburi de oțel inoxidabil, care sunt capabile să transmită forța de forfecare între beton și zidărie. În ceea ce privește oțelul pentru armarea betonului, vor fi tuburi longitudinale 3+2+3 Ø16 și etriere de Ø8 vor fi poziționate la fiecare 25 cm; conexiunile între beton și zidăria existentă vor fi la un pas de 25 cm.

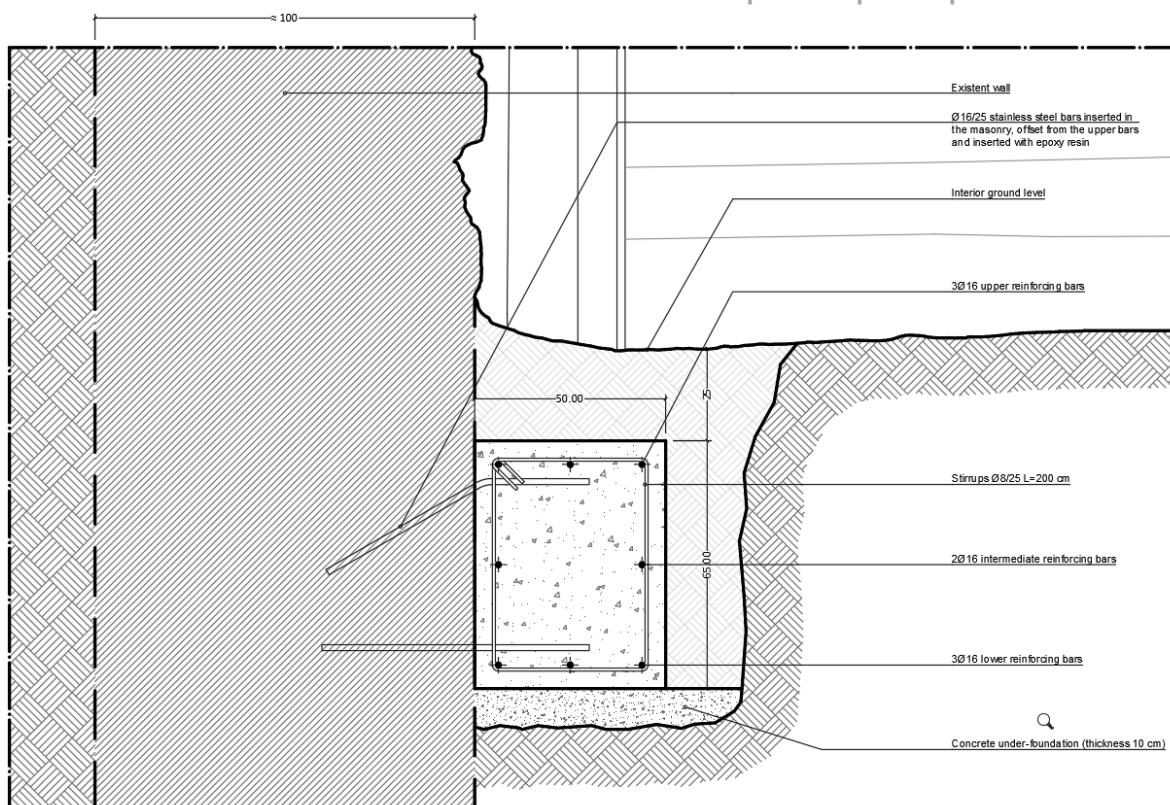
Următoarele imagini rezumă intervențiile planificate pentru turn, în ceea ce privește consolidarea fundațiilor și boltii. A doua imagine relevă daunele pe care intervențiile urmează să le evite; următoarele detalii de construcții indică dimensiunile fundațiilor adiționale planificate și cerințelor pentru oțelul pentru armarea betonului.



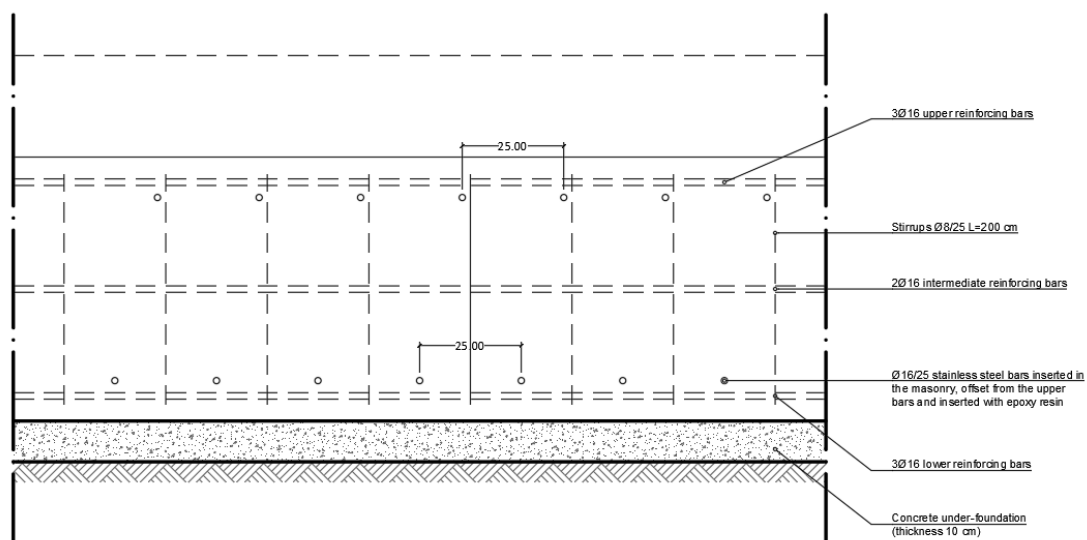
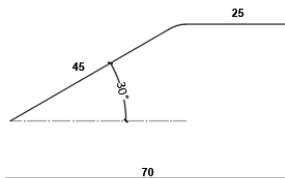
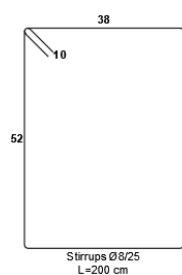
1-1 secțiunea verticală a Turnului de Apă cu indicarea lucrărilor structurale



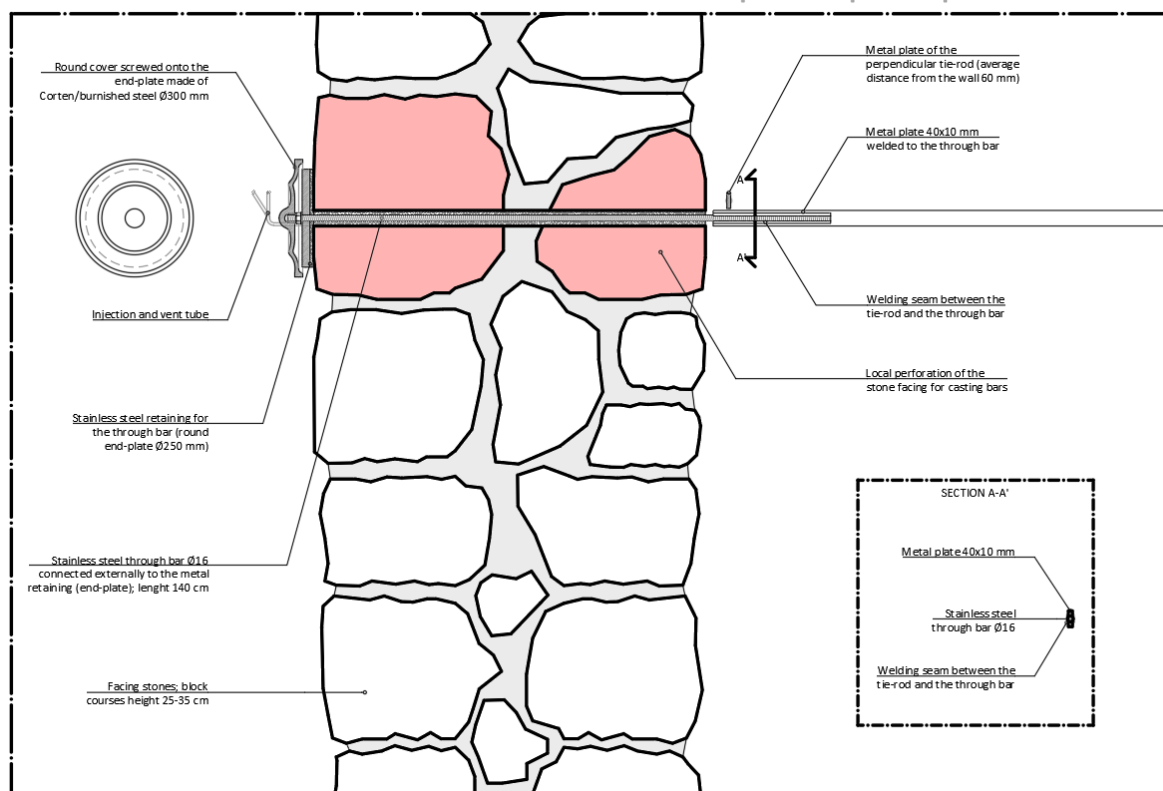
2-2 secțiunea verticală a Turnului de Apă cu indicarea lucrărilor structurale



Noua bordură făcută din beton armat



Viziunea laterală a bordurii



Noua tijă de legătură din metal și placa rotundă cu capacul său

7.5 Consolidarea Turnului B3

Turnul circular B3 este localizat în colțul de nord-est a părții inferioare a cetății și este caracterizat de absența totală a punții pe interior. Intervenția propusă își propune drept scop să împiedice orice mișcări posibile cinematice de răsturnare a porțiunilor peretelui de perimetru din cauza acțiunilor seismice, după cum se arată în următoarele imagini.



Mișcări cinematice tipice ale porțiunii zidăriei în cazul unor clădiri circulare, cum ar fi Turnul B3

Acest fel de instabilitate seismică este tipică clădirilor cu geometrie circulară, cum ar fi turnuri sau abside de biserică. În cazul Turnului B3, intervențiile vor fi de prevenire, deoarece la moment zidăria nu dă dovadă de semne de stricăciuni, doar lipsa punților și prin consecință conduita de cutie poate fi considerată ca un factor de vulnerabilitate. Din punct de vedere static, totuși, turnul nu dă dovadă de careva semen de prăbușire.

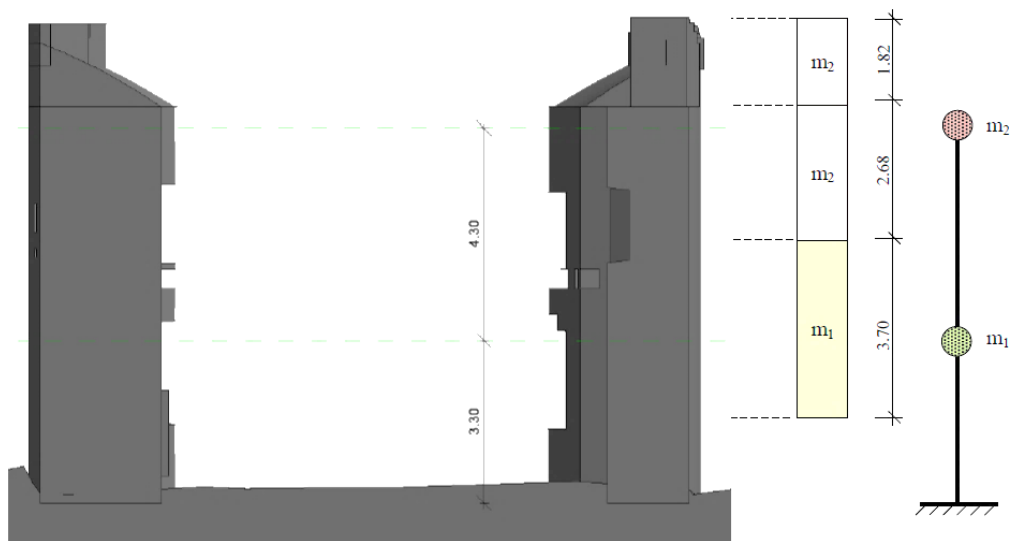
Intervenția propusă constă din chituirea unui rost extern cu inserarea de toroane de oțel inoxidabil $\varnothing 6$ mm – după ascuțirea parțială – înăuntru a opt rosturi de mortar în două porțiuni de bază (partea superioară și partea intermediară, aproximativ 3,00 m și 7,00 m deasupra nivelul terenului extern) cu conexiuni inelare pentru a menține poziționarea toroanelor. Sunt prevăzute șase toroane din oțel pentru fiecare rost, în total 24 de elemente. Este nevoie de restaurat ulterior rosturile cu reumplere în bază de mortar. Distanța reciprocă între un rând de toroane și următorul rând va corespunde înălțimii unui curs de blocuri de piatră, în medie 25 cm. Toroanele vor fi aranjate astfel încât să se adapteze evoluției iregulare a rosturilor, din aceste considerente nu va trebui să fie pretensionate și vor acționa astfel ca un sistem pasiv de consolidare.

Sistemul de ancorare a toroanelor va fi din tuburi de oțel inoxidabil ancorate în zidărie la o adâncime de 1,50 m cu mortar în bază de calcar hidrolic natural. Două rânduri de toroane (care vor corespunde la două rosturi de mortar) vor fi conectate la fiecare din aceste ancore.

Toate indicările de executare sunt raportate în desenele de proiectare structurală.

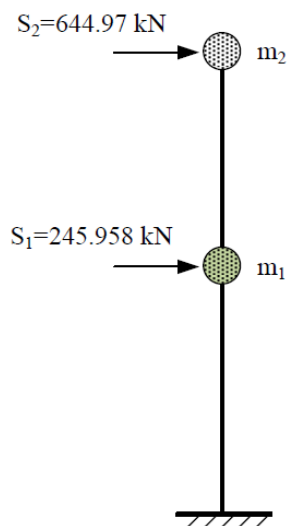
7.5.1 Executarea sistemului de toroane

Pentru evaluarea valorii maxime a acțiunii de tracțiune la care pot fi supuse toroanele, analiza realizată de inginerul Cutia poate servi drept referință. Turnul a fost modelat și analizat drept consolă de suport cu două mase (m_1 și m_2) poziționate la diferite elevații, după cum se arată în următoarea imagine.



Modelul analizat al Turnului B3

Forțele seismice asociate cu fiecare masă individuală, ținând cont atât de primul, cât și al doilea val de vibrație, sunt indicate în următoarea diagramă.



Forțele seismice pentru Turnul B3

Sistemul de consolidare va fi poziționat în mod indicativ la înălțimea celor două mase, după cum poate fi dedus din desenele de proiectare structurală. Numărul și dimensiunea toroanelor va fi verificat la partea turnului supuse celui mai mare nivel de stres, i.e. cea cu masa m_2 , plasată la cel mai înalt nivel.

După cum se menționează în raportul inginerului Cutia, forța seismică S_2 la care este supusă masa m_2 rezultă în 644,97 kN. Ținând cont de faptul că în cazul unei acțiuni seismice, porțiunea detașabilă va corespunde la circa jumătate din masa m_2 (după cum se observă în prima imagine din acest paragraf), iar ambele părți ale

buclei externe (diametral opuse) s-ar activa, numărul total de toroane implicate ar fi de 48 (șase toroane pentru fiecare din cele patru rosturi pe cele două părți ale turnului), iar acțiunea de tracțiune P la care ar fi supus un singur toron este de:

$$P = 0,5 \cdot S_2 / (4 \cdot 6 \cdot 2) = 6,72 \text{ kN} = 6720 \text{ N}$$

Suprafața minimă necesară pentru fiecare toron este:

$$A_{\min.} = P / (\gamma_c \cdot R_y) = 6720 \text{ N} / (1 \cdot 240 \text{ N/mm}^2) = 28 \text{ mm}^2$$

unde $R_y = 240 \text{ MPa} = 240 \text{ N/mm}^2$ este randamentul tracțiunii pentru clasa de oțel C245 conform GOST 27772-88, indicat în raportul inginerului Cutia. Suprafața nominală pentru toron $\varnothing 6 \text{ mm}$ este $28,27 \text{ mm}^2$, din aceste motive numărul de toroane va fi verificat din perspectiva stăpânirii forțelor seismice.

Sistemul de ancorare constă din tuburi de oțel inoxidabil M16 cu șurub cu ochi, manșon și cleme pentru blocarea toronului, ancorat în zidărie cu mortar în bază de calcar hidrolic natural, cu o lungime de 150 cm. Ținând cont de faptul că fiecare tub de reținere în ancoră este conectat la 6+6 toroane, acțiunea de tracțiune pentru fiecare tub este:

$$T = 12 \cdot P = 12 \cdot 6720 \text{ N} = 80,64 \text{ kN}$$

Acțiunea de tracțiune care cauzează colapsul conexiunii rezultă în:

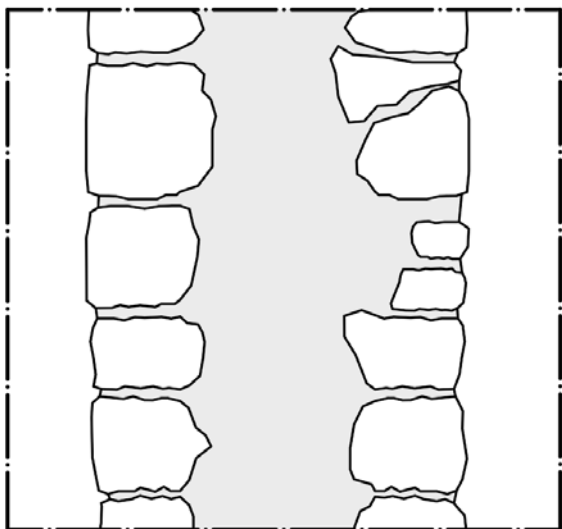
$$F_{SU} = \tau_{bu} \cdot \pi \cdot \phi_s \cdot l_B = 2 \text{ N/mm}^2 \cdot 3,14 \cdot 16 \text{ mm} \cdot 1500 \text{ mm} = 150,80 \text{ kN} > T$$

unde τ_{bu} este o valoare minimă a rezistenței la tracțiune din partea zidăriei, ϕ_s este diametrul presupus al tubului și l_B este lungimea presupusă. Din aceste motive, dimensiunea sistemului de ancorare este verificată.

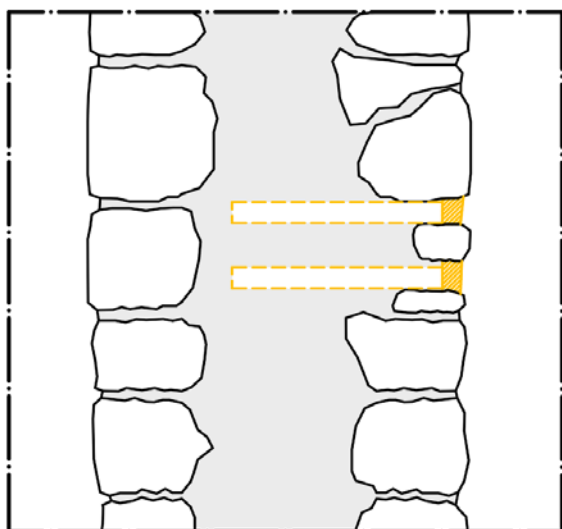
7.5.2 Consecutivitatea operațiunilor

Acest paragraf ilustrează consecutivitatea operațiunilor pentru realizarea chituirii rostului extern la două nivele diferite ale părții externe a turnului.

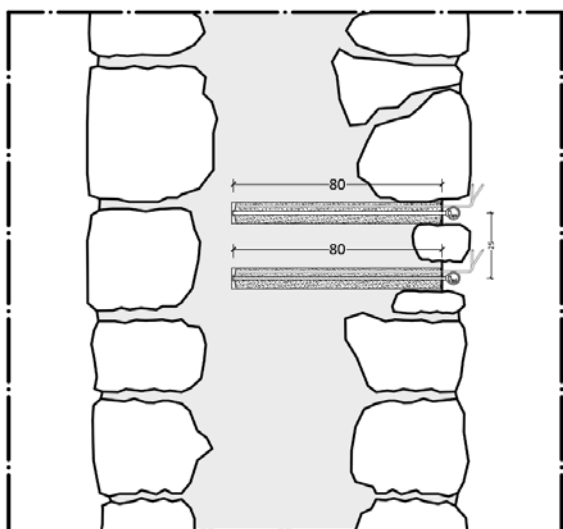
În mod mai specific, următoarele patru imagini indică consecutivitatea operațiunilor pentru conexiunile inelare transversale care unesc toroanele de perete. Intervalul între aceste elemente vor avea o valoare minimă de 3,35 m și una maximă de 5,00 m.



Zidăria existentă.



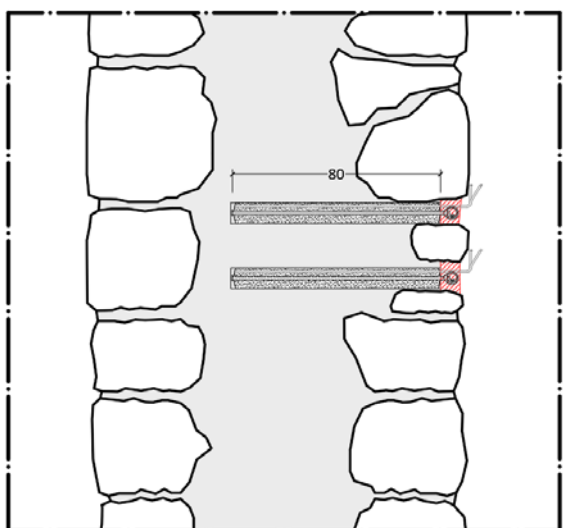
ETAPA I: ascutirea parțială a rostului din mortar pentru o adâncime de 5-6 cm și perforarea peretelui cu o gaură de diametru de 8 cm și adâncime de 80 cm.



ETAPA II: inserarea conexiunilor inelare transversale care constau din tuburi de oțel inoxidabil M16 ancorate pe zidărie, pentru o lungime de 80 cm, cu mortar în bază de calcar hidrolic (M3) cu o rezistență minimă la compresiune de 12 Mpa. Pasul minimum 3,35 m; pasul maximum 5,00 m.

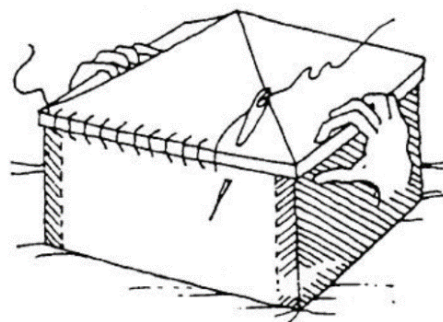
Înainte de a fi inserat în zidărie, tubul trebuie să fie inserat într-un ciorap de țesătură deschis la partea externă pentru a permite inserarea tubului de injectare pentru mortar.

Cele șase toroane de oțel inoxidabil sunt trecute prin conexiune pentru a le menține poziția.



ETAPA III: restaurarea rostului din mortar pentru a acoperi toroanele.

Următoarele imagini rezumă intervențiile planificate pentru turn; detaliile de construcție relevă aranjamentele și numărul de toroane pentru fiecare rost de mortar și conexiunile cu zidăria existentă, chiar și în locuri mai specifice, cum ar fi colțul de sus al turnului (a se vedea *Detalii 2*).



Pereții circulari nu sunt încărcăți cu punți (care la moment sunt absente), dar sunt tot atât de vulnerabili din cauza lipsei efectului de tip cutie.

KEY LEGEND FOR PROPOSED STRUCTURAL INTERVENTIONS



Crack

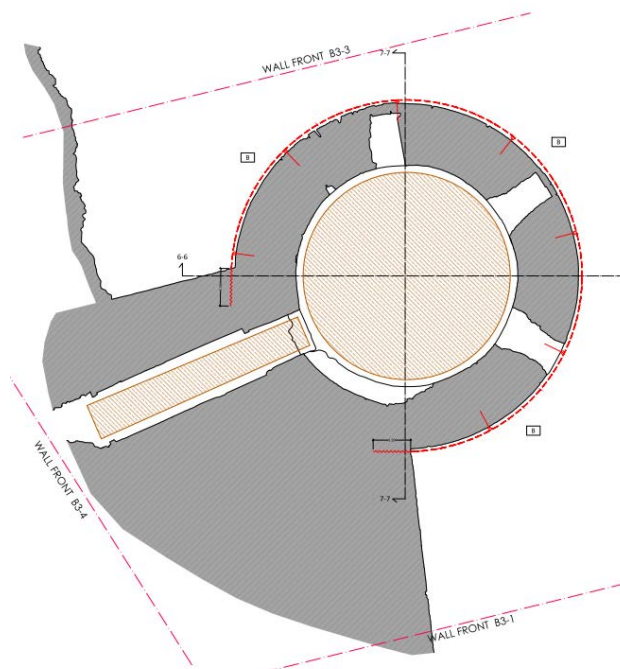
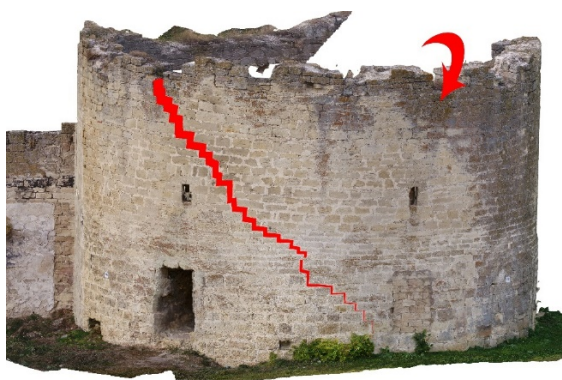


Deep crack

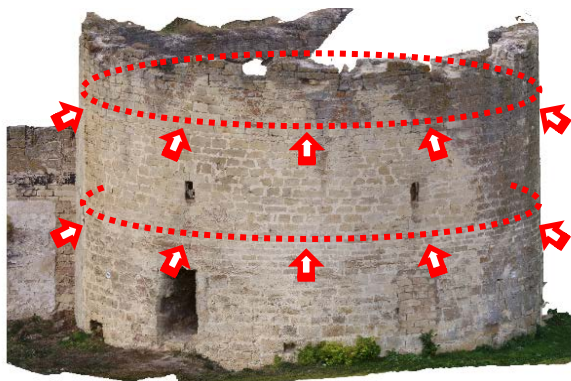
B

External hoop of the walls consisting of stainless steel strands (Ø6 mm) inserted inside the mortar joints (after a partial sharpening about 5-6 cm deep). Six steel strands for each joint are provided.

Anchoring of strands consisting of stainless steel bars M16 with eyebolt, thimble and clamps for locking the strand, anchored to the masonry with mortar based on hydraulic lime

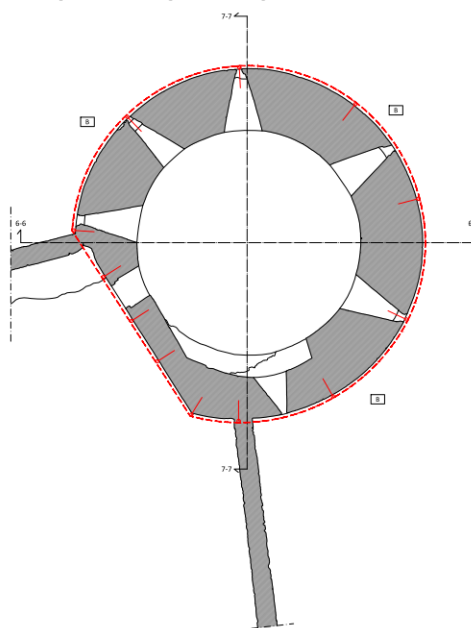


Plan Q3.40 cu indicarea lucrărilor structurale



Intervenția constă dintr-o armatură inelară externă a zidăriei cu toroane de oțel inoxidabil inserate în rosturile de mortar (după ascuțire parțială) și conexiuni inelare pentru a menține toroanele în poziția fixată. După restaurarea rosturilor, va fi nevoie reumplerea lor cu mortar.

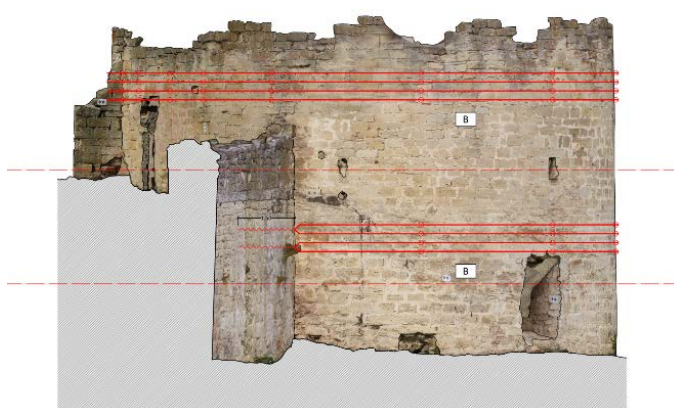
Sistemul de ancorare al toroanelor va fi din tuburi de oțel inoxidabil ancorate pe zidărie cu mortar în bază de calcar hidraulic.



Plan Q6.40 cu indicarea lucrărilor structurale



Toroanele din oțel inserate înăuntru rosturilor din mortar și rosturile după intervenția propusă.



Detalii ale sistemului de ancorare al toroanelor

KEY LEGEND FOR PROPOSED STRUCTURAL INTERVENTIONS



Crack

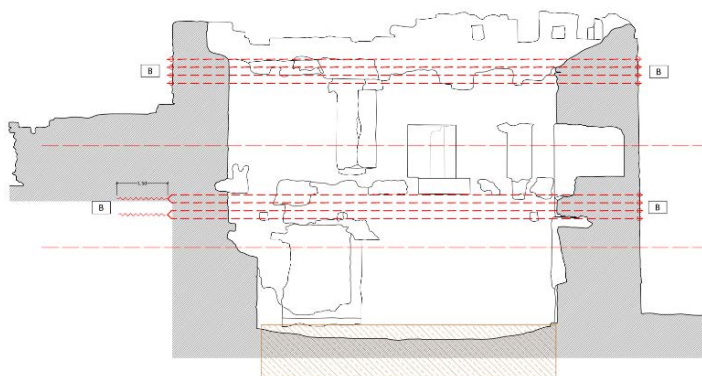


Deep crack

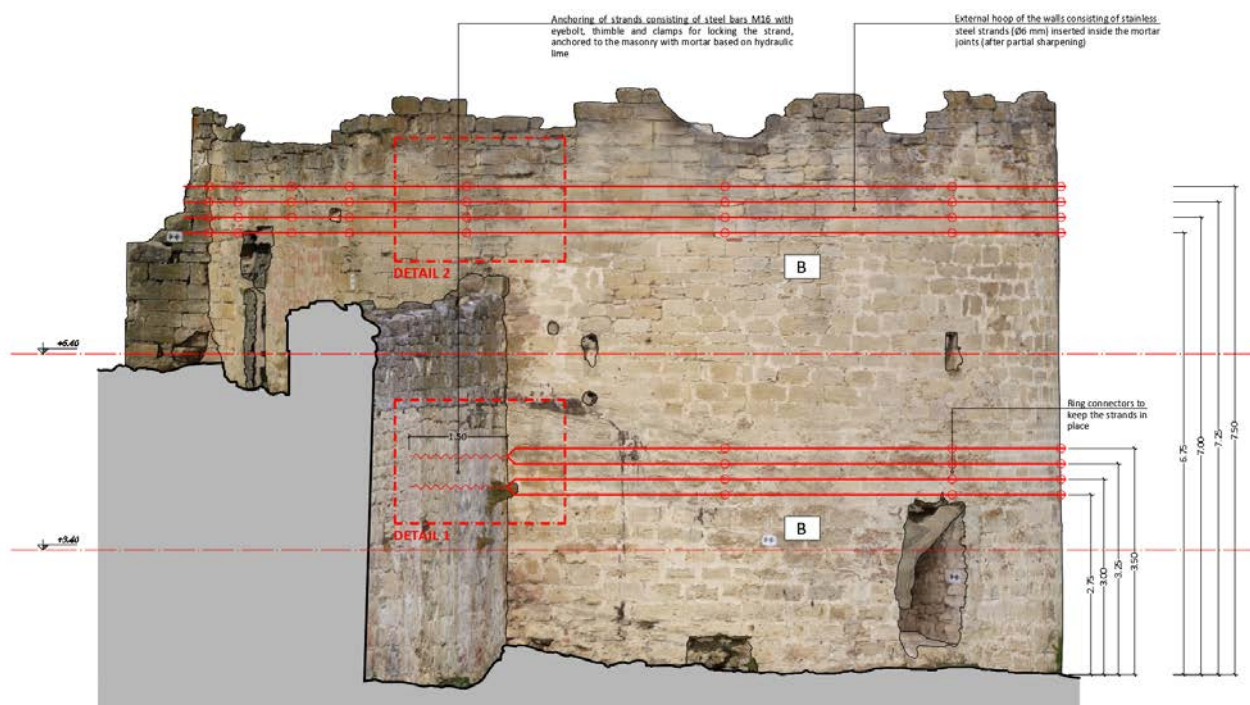
B

External hoop of the walls consisting of stainless steel strands ($\varnothing 6$ mm) inserted inside the mortar joints (after a partial sharpening about 5-6 cm deep). Six steel strands for each joint are provided.

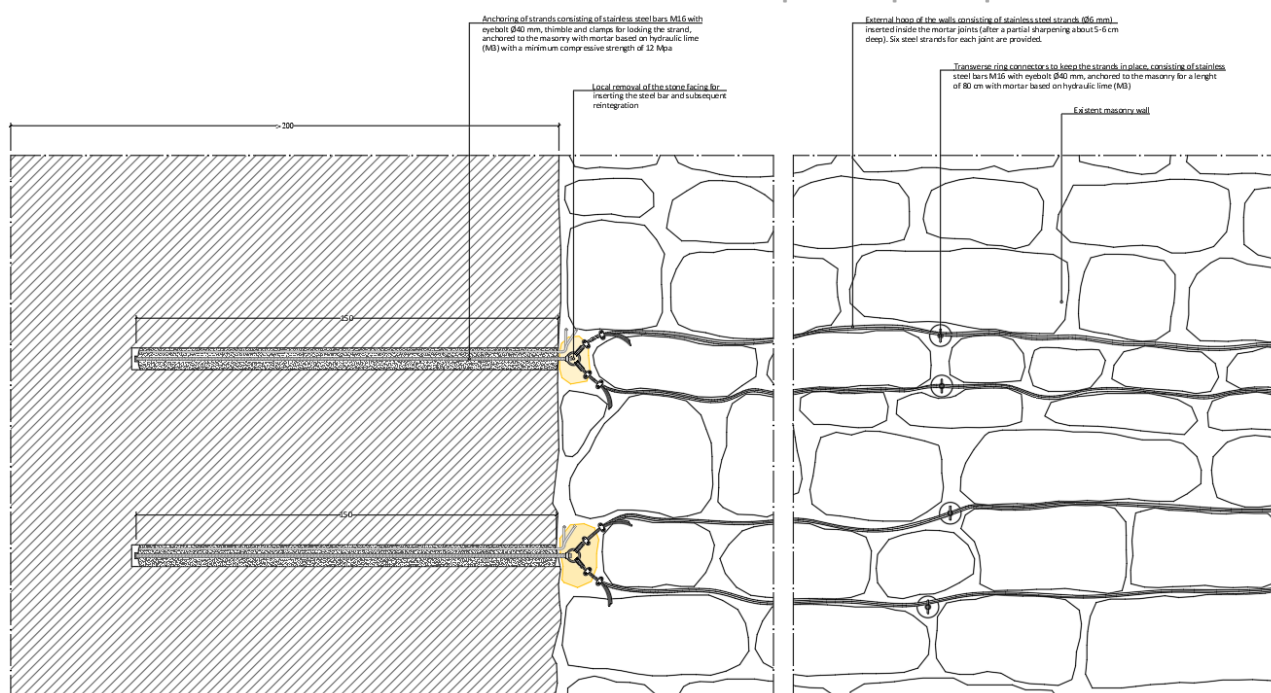
Anchoring of strands consisting of stainless steel bars M16 with eyebolt, thimble and clamps for locking the strand, anchored to the masonry with mortar based on hydraulic lime



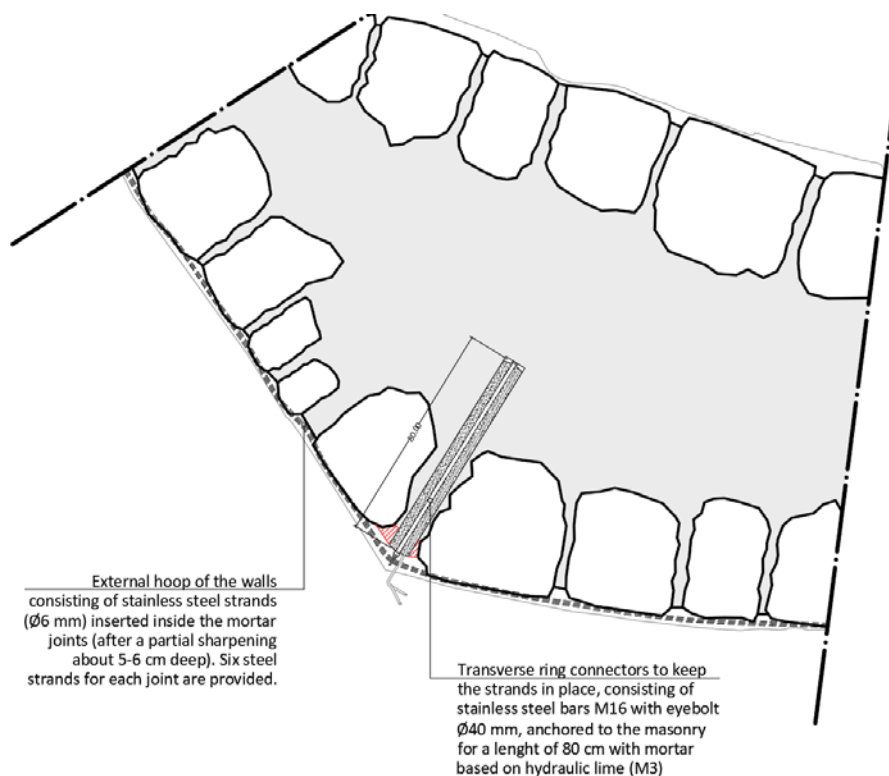
Secțiunea verticală cu indicarea lucrărilor structurale



Elevația din partea de sud a Turnului B3 cu indicarea lucrărilor structurale. Sunt indicate Detaliu 1 și Detaliu 2



Detaliu 1: sistemul de ancorare a toronului din oțel inoxidabil (pe stânga) și conexiunile inelare transversale (pe dreapta)

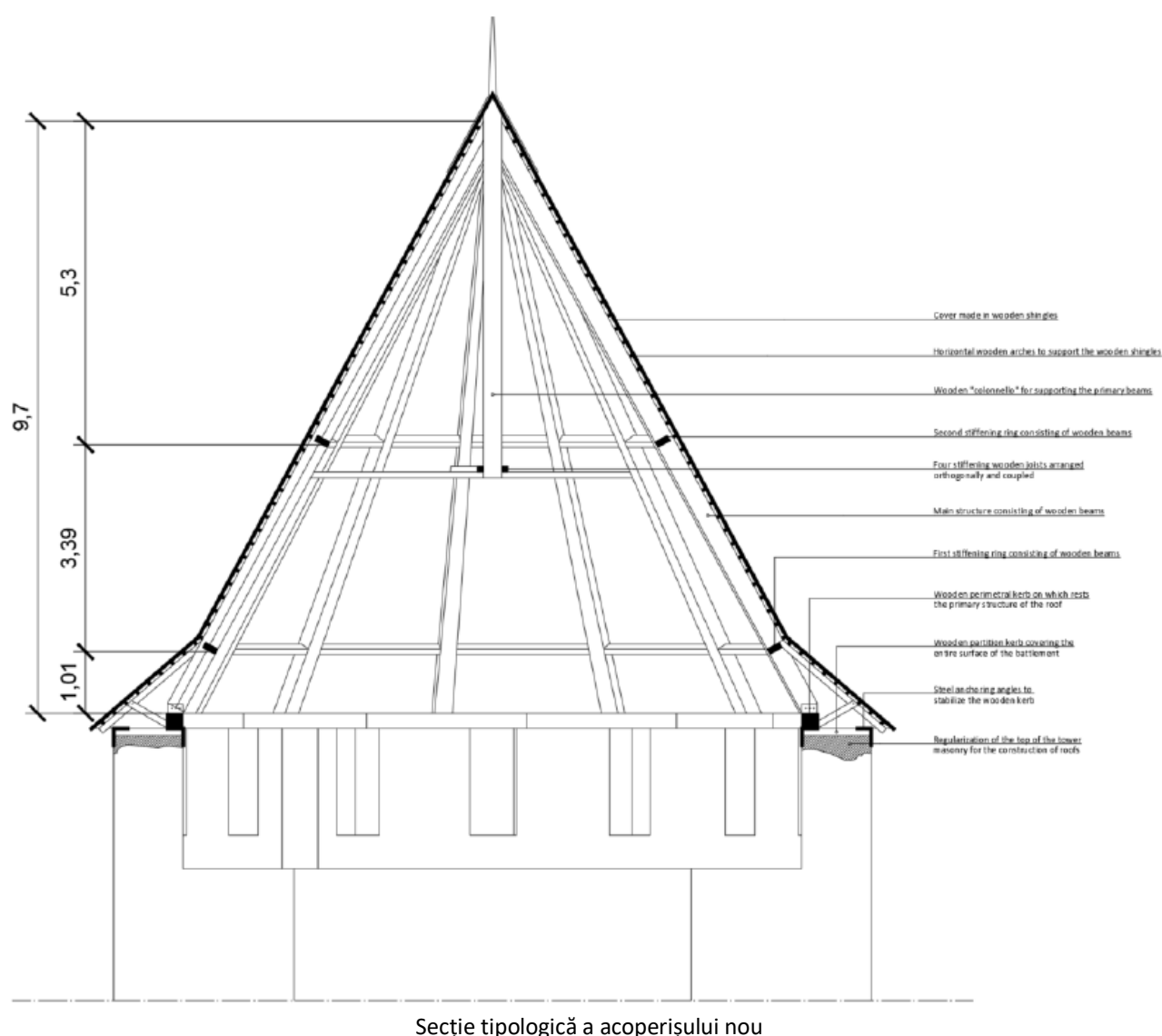


Detaliu 2: conexiunile inelare transversale

7.6 Acoperișuri noi pentru turnurile A2, A4 și A6

Acoperișul nou va fi din grinzi de cherestea cu două inele de apretare în jurul acestuia și acoperit cu șindrile din lemn. Structura va consta dintr-o învelire primară cu grinzi din lemn de 30x30 cm, două inele de apretare cu grinzi de lemn 25x10 cm, o grindă axială de lemn Ø30 cm și o învelire secundară cu arce orizontale din lemn 5x5 cm (pentru a susține șindrilele din lemn) conectată cu grinziile principale. Întreaga structură insistă asupra bordurii perimetrice din lemn formată din grinzi de lemn 25x25 cm legate punctual de zidăria dedesubt după regularizarea corespunzătoare a părții externe a zidăriei. O schemă a structurii poate fi indicată ca secțiune în următoarea secțiune a acoperișului.

Indicațiile de executare cu privire la materiale și conexiuni sunt raportate în desenele de proiectare structurală.

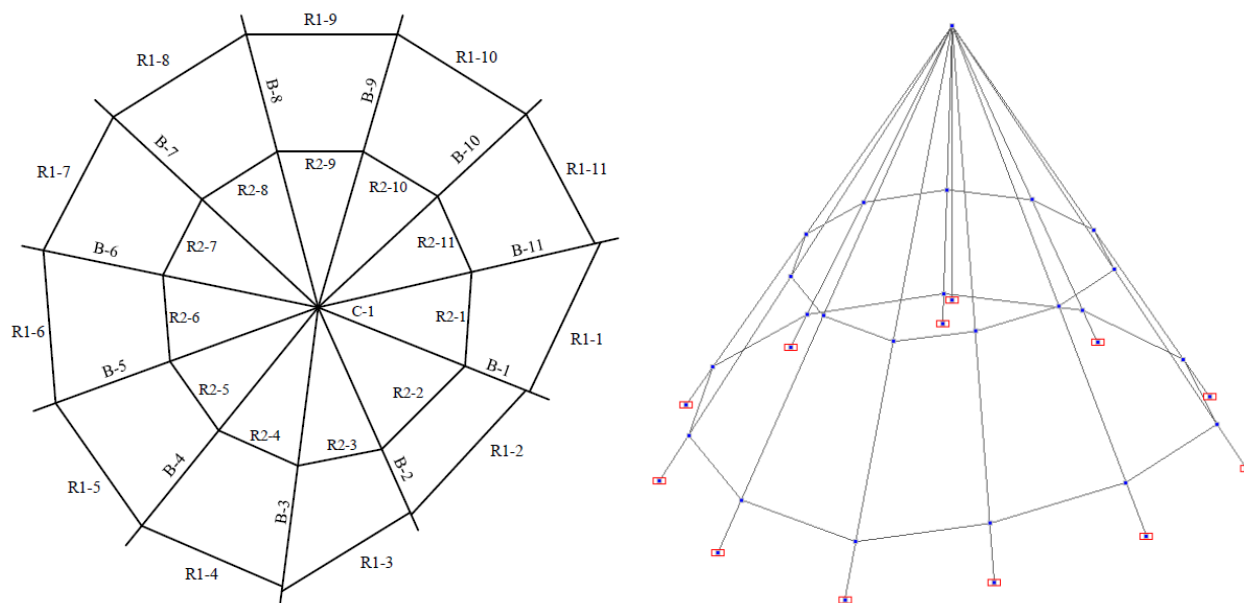


Secție tipologică a acoperișului nou

Următoarea imagine se arată elementul care a fost verificat. În ceea ce privește verificarea fiecărui element, vă rugăm să vă referiți la calculele raportate de inginerul Cutia în raportul său. Din care se poate deduce că este asigurată rezistența structurală și stabilitatea a întregii structuri.

Analiza a fost realizată cu privire la tipul de acoperiș care poate fi utilizat atât pentru Turnul A2 și A4 (plan circular) cât și pentru Turnul A6 (plan poligonal), deoarece toate au aceleași dimensiuni.

Din aceste considerente, analizele structurale relative pot fi considerate ca fiind asigurate și suficient de exhaustive de asemenea pentru Turnul A3 (cu un plan pătrat) care este mai mic decât altele și care are configurații de sarcină mai puțin dificile.



Viziunea planică și axonometrică a structurii acoperișului cu indicarea grinzilor unice din lemn care au fost verificate

7.7 Balustrade noi

Conform celor deja specificate în paragraful 7.3.3., balustradele vor fi instalate direct pe poteca de patrulare și acestea vor consta din suporturi verticale din oțel CORTEN cu profilul cutiei de 50x50 mm poziționat la o distanță mutuală de 1,20 m, cu o șină pe partea superioară cu o secțiune rectangulară și paneele perforate conform desenelor de proiectare arhitecturală. Profilul cutiei din oțel va fi inserat în zidărie cu rășină epoxidică pentru o adâncime de 20 cm; tubul din oțel Ø16, inserat în cutie se va aprofunda pentru încă 40 cm.

În acest paragraf se raportează verificarea răsturnării pilonilor balustradei; verificarea a fost realizată ținând cont de o sarcină liniară orizontală aplicată pe partea de vârf a acesteia.

Deși reglementările din RM nu prescriu orice tip de încărcătură pe balustradă (sunt oferite doar unele prevederi cu privire la dimensiuni, în special înălțimea acestora), ar putea fi rezonabil ca acestea să poată menține o sarcină orizontală de aproximativ 100 kgf/m, iar traseele unde vor fi instalate balustradele sunt locuri deschise publicului, astfel acestea trebuie să fie acomodate pentru mai mulți vizitatori în același timp. Ținând cont de o sarcină liniară f de 100 kgf/m, cu un ampatament i de 1,20 m între piloni, sarcina punctuală ce va rezulta P pe un singur pilon este de:

$$P = 2 \cdot [(f \cdot i) / 2] = 2 \cdot 100 \text{ kgf/m} \cdot 1,20 \text{ m} \cdot 0,50 = 120 \text{ kgf} = 1,20 \text{ kN}$$

Această valoare se referă la sarcina primită de fiecare pilon din două ampatamente adiacente; din aceste motive, această valoare a fost dublată în formulă. Ținând cont de înălțimea h a balustradei (1,10 m), momentul de stres (forță) la baza pilonului este de:

$$M = P \cdot h = 1,20 \text{ kN} \cdot 1,10 \text{ m} = 1,32 \text{ kNm}$$

Secțiunea de rezistență constă dintr-un profil din oțel al cutiei de 50x50 mm, cu o grosime s de 3 mm. Modulul de rezistență W al acestui profil este:

$$W = [(H^4 - h^4) / 6 \cdot H] = [(50 \text{ mm})^4 - (44 \text{ mm})^4 / 6 \cdot 50 \text{ mm}] = 8339,68 \text{ mm}^3$$

unde H este parte externă a secțiunii și $h = H - 2 \cdot s$.

Astfel, stresul de îndoire este:

$$\sigma = M / W = 1,32 \text{ kNm} / 8339,68 \text{ mm}^3 = 1,32 \cdot 10^6 \text{ Nmm} / 8339,68 \text{ mm}^3 = 158,28 \text{ MPa}$$

Pentru a asigura ca valoarea calculată a efortului este compatibilă cu oțelul utilizat, este nevoie de utilizat oțel CORTEN cu caracteristici chimice și mecanice similare celor pentru categoria S235JOW prevăzută în standardul EN 10025-5, în conformitate cu cerințele enumerate în desenele de proiectare structurală.

8 Principiile de bază cu privire la organizarea lucrărilor de construcție și siguranță

8.1 Introducere

Obiectivul este cel de a elabora un proiect de organizare a șantierului pentru *“Expertiza tehnică și elaborarea designului tehnic detaliat pentru lucrările de conservare/restaurare a Cetății Bender”*. Scopul de bază al acestui proiect ține de organizarea șantierului și managementul fondurilor alocate pentru acest scop. În acest sens, este necesar de adoptat soluții raționale care vor satisface diferite cerințe și alte condiții, care ar putea să apară în unele situații, de rând cu economisirea de fonduri și resurse.

Organizarea șantierului la fiecare locație nouă este impusă de particularitățile procesului de producere și tehnologiilor în construcții. În această notă explicativă am selectat și descris principalele lucrări care vor fi realizate pe parcursul restaurării Cetății Bender. De rând cu planul de organizare a șantierului, se mai oferă și descrierea detaliată a lucrărilor, unităților necesare de personal și necesităților de depozitare. Mai este prevăzută și diagrama Gantt pentru lucrările vizate.

Lucrările sunt divizate în patru etape majore:

- I. Prima etapă – la această etapă se vor realiza lucrările de reabilitare structurală a părții inferioare a cetății, i.e. Turnul B3.
- II. A doua etapă – în același timp cu prima etapă, se vor efectua intervențiile de reabilitare structurală și arhitecturală pentru Turnul de Apă.
- III. A treia etapă este concentrată pe citadelă, unde se vor efectua intervențiile de consolidare structurală a pereților pentru A6-A7 și intervențiile structurale la turnul A6. Aceste lucrări vor fi urmate de intervenții arhitecturale la pereți și turnuri, finalizând cu sistemul de scurgere.
- IV. Ultima etapă a lucrărilor de reabilitare reprezintă o extindere a cele de-a treia etape. La acest moment se vor face doar intervenții arhitecturale pentru pereții și turnurile A4-A2-A8. De asemenea se vor instala balustrade și bare pentru mână pentru a asigura securitatea vizitatorilor.

8.2 Tipul îngradirii teritoriului

Îngradirea șantierului de construcție ar trebui să fie realizată din panouri OSB sau material similar, dacă este necesar susținut baze de beton.

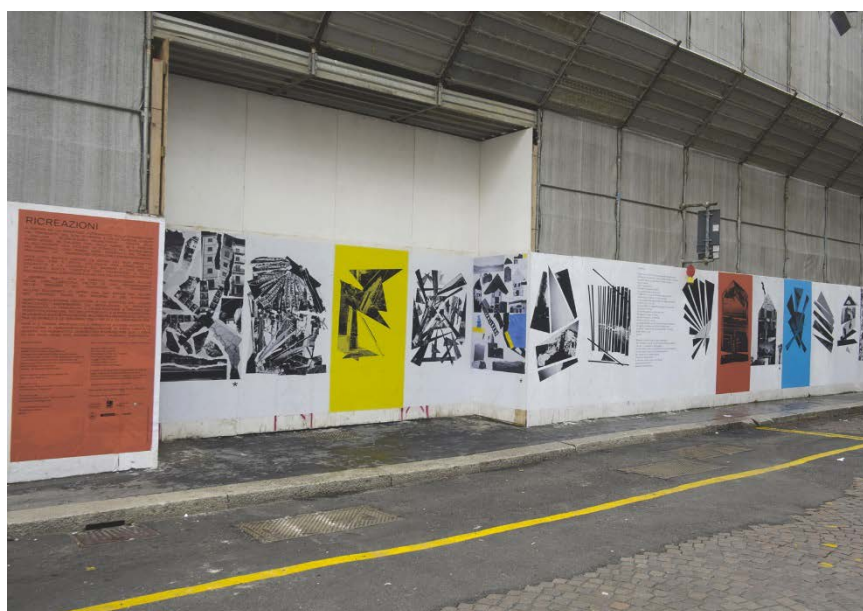
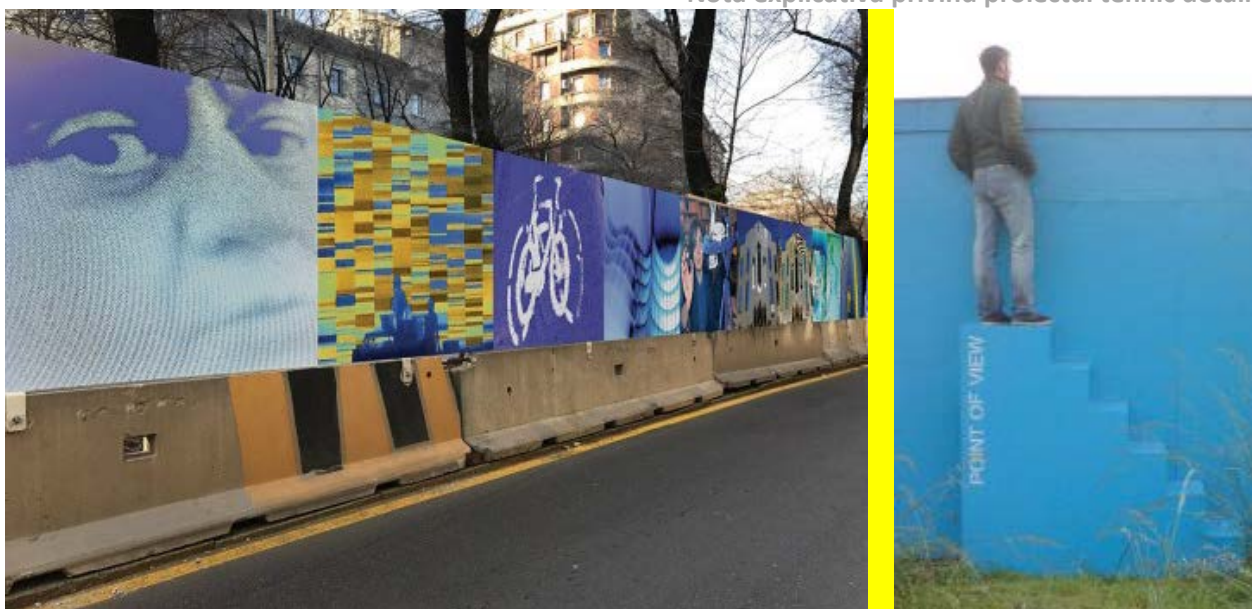
Panourile vor trebui să aibă funcția informativă a șantierului în curs prin două modalități:

- asigurați ferestre transparente în unele zone ale panourilor pentru a permite vizitatorilor să vadă lucrarea în progres

- sa ducă conținutul pentru comunicarea istoriei cetății și a proiectului de restaurare

Conținutul va fi expus de contractant cu dirigințele de santier și aprobat de PNUD.

Câteva exemple sunt furnizate mai jos.



8.3 Soluții pentru consecutivitate tehnologică și metodele de executare a lucrărilor

1. Restaurarea și completarea zidăriei turnurilor și pereților între turnuri

- a. Înlăturarea patinei biologice prin aplicarea unui produs biocid pe suprafețe.
- b. Înlăturarea vegetației de arbuști prin aplicarea unui produs biocid.
- c. Sablarea tangențială (cu sistem de tip JOS sau IBIX) cu aer compresat, cu presiune ajustabilă, cu duze variabile fixate de vârf sau pistol.
- d. Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor de subnivel cu mortar de calcar hidraulic și agreate, cu inserarea tuburilor necesare pentru injectări și infiltrarea ulterioară în profunzime a mortarului hidraulic pre-amestecat, realizată în mod treptat de jos în sus până la saturarea continuității cu soluții; inclusiv chituirea finală cu mortar de finisare în bază de calcar.

- e. Lucrări de reparație a lacunelor ce afectează peretele de bază, realizate prin integrarea cu materiale similare celor originale.
- f. Reluarea consolidării fisurilor prin desfacerea mortarului de cement vechi, după care chituirea cu mortar de calcar și agregate potrivite.
- g. Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi (dacă este irecuperabil) cu povara protecției secțiunilor acolo unde este posibilă intervenția conservativă, chituirea conexiunilor cu mortar de calcar și agregate adecvate, inclusiv costurile aferente testelor privind compoziția mortarelor potrivite pentru colorare și granulometrie, procesarea suprafețelor, curățarea reziduurilor de pe suprafețele din jur, excluzând restaurarea coeziunii mortarelor conservate, cu un strat de adâncime de mortar hidraulic și orice material de umplere (pentru un strat de nivelare); care să fie testat pe suprafața realmente tratată: - calcar de dimensiuni medii sau fețelor topacioase.
- h. Umplerea lacunelor care afectează pereții realizată prin integrarea cu materiale similare celor originale; incluzând și costurile ce țin de furnizarea materialului care urmează să fie integrat.
- i. Reconstrucția suprafeței cu tehnica "scuci-cuci" pentru pereții din cărămidă solidă, piatră sau zidărie mixtă. Inclusiv: corespunderea mortarului, dacă e necesar, cu caracteristicile celui original; cărămizi sau pietre noi sau recuperate; poziționarea cărămidzilor între cursul nou și cel vechi; chituirea și modelarea rosturilor; demolarea părților dăunate; stivuirea molozului pe șantierul de construcție, încărcarea și transportarea acestuia, recuperarea sau depozitarea; lucrări temporare de protecție, planuri de lucrări interne. Excluderea schelelor exterioare și a taxelor pentru eliminare.
- j. Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile interne și externe ale pereților (calcar, calcar hidraulic, cărămizi, pietre), pe verticală și orizontală, în medii de orice dimensiuni, cu mortar pe bază de amestecuri hidraulice speciale și agregate selectate și controlate în distribuție rațională.

2. Intervenții recente

- a. Reconstrucția elementelor existente.

3. Sistemul de scurgere

- a. Curățirea și restructurarea canalului de scurgere din beton.
- b. Excavarea neconsolidată pentru conducte și galerii.
- c. Furnizarea și instalarea canalelor din beton prefabricat, cu o pantă longitudinală incorporată.

4. Consolidarea zidăriei pereților

- a. Perforarea peretelui pentru toată grosimea acestuia cu o gaură de 4-5 cm ca diametru, cu înlăturarea locală temporară a pietrei de parament în punctul realizării găurii.
- b. Inserarea oțelului inoxidabil prin tub de Ø16 mm cu injectarea mortarului de calcar hidraulic consolidate cu fibre (M3).
- c. Aplicarea oțelului inoxidabil care constă dintr-o placă cu margini rotunde de Ø150 mm și capacul în formă de piramidă în centrul blocurilor.

5. Consolidarea Turnului de Apă

- a. Excavarea parțială a fundației.

- b. Executarea grinzilor din beton armat.
- c. Perforarea cărămizilor solide, pietrelor sau zidăriei mixte realizate cu echipamentul potrivit.
- d. Lucrări din fier pentru tije de legătură, cercuri, legături, chei de perete, întinzătoare, clame, plăci, benzi și elemente similare, pe șantier.
- e. Injectări în perforațiile deja pregătite, realizate cu mortar fluid hidraulic fără ciment cu orice aditive anti-strângere cu utilizarea sistemului de injectare potrivit cu presiune redusă.

6. Consolidarea Turnului B3

- a. Ascuțirea parțială a rostului din mortar pentru a adâncime de 5-6 cm și perforarea peretelui cu o gaură de 8 cm diametru și 80 cm adâncime.
- b. Inserarea conexiunilor inelare transversale care constau din tuburi de oțel inoxidabil M16 ancorate în zidărie, pentru o lungime de 80 cm, cu mortar din calcar hidraulic (M3) cu un randament de comprimare de 12 MPa.
- c. Restaurarea rostului din mortar pentru acoperirea toroanelor.

7. Consolidarea Turnului A6

- a. Perforarea cărămizilor solide, pietrelor și zidăriei mixte realizate cu echipament potrivit.
- b. Lucrări din fier pentru tije de legătură, cercuri, legături, chei de perete, întinzătoare, clame, plăci, benzi și elemente similare, pe șantier.
- c. Injectări în perforațiile deja pregătite, realizate cu mortar fluid hidraulic fără ciment cu orice aditive anti-strângere cu utilizarea sistemului de injectare potrivit cu presiune redusă.

8. Acoperișuri noi pentru turnurile A2, A3, A4, A6

- a. Instalarea de acoperișuri noi pe turnurile A2 și A4.
- b. Înlăturarea structurii vechi a acoperișului de pe turnul A3 și A6.
- c. Instalarea structurii noi de acoperiș din lemn pe turnul A3 și A6.

8.4 Volumul lucrărilor

Tabelul 1 Volumul estimat de lucrări

Nr.	Lucrări	U.M.	Volum	Referință	Cadru de timp		Munca		echipa
					Om/oră	Mașină/oră	Om/oră	Mașină/oră	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Instalarea schelei (extern Turnul A1)	m2	403	CB14A	0,75	-	302.3	-	1 lucrător calificat
2	Instalarea schelei (extern Turnul A2)	m2	525	CB14A	0,75	-	393.8	-	1 lucrător calificat
3	Instalarea schelei (extern Turnul A3)	m2	276	CB14A	0,75	-	207.0	-	1 lucrător calificat
4	Instalarea schelei (extern Turnul A4)	m2	462	CB14A	0,75	-	346.5	-	1 lucrător calificat

5	Instalarea schelei (extern Turnul A5)	m2	312	CB14A	0,75	-	234.0	-	1 lucrător calificat
6	Instalarea schelei (extern Turnul A6)	m2	434	CB14A	0,75	-	325.5	-	1 lucrător calificat
7	Instalarea schelei (extern Turnul A7)	m2	325	CB14A	0,75	-	243.8	-	1 lucrător calificat
8	Instalarea schelei (extern Turnul A8)	m2	336	CB14A	0,75	-	252.0	-	1 lucrător calificat
9	Instalarea schelei (extern Turnul B3)	m2	320	CB14A	0,75	-	240.0	-	1 lucrător calificat
10	Instalarea schelei (extern Turnul Apei)	m2	70	CB14A	0,75	-	52.5	-	1 lucrător calificat
11	Instalarea schelei (zidul extern A1-A2)	m2	232	CB14A	0,75	-	174.0	-	1 lucrător calificat
12	Instalarea schelei (zidul extern A2-A3)	m2	296	CB14A	0,75	-	222.0	-	1 lucrător calificat
13	Instalarea schelei (zidul extern A3-A4)	m2	320	CB14A	0,75	-	240.0	-	1 lucrător calificat
14	Instalarea schelei (zidul extern A4-A5)	m2	200	CB14A	0,75	-	150.0	-	1 lucrător calificat
15	Instalarea schelei (zidul extern A5-A6)	m2	200	CB14A	0,75	-	150.0	-	1 lucrător calificat
16	Instalarea schelei (zidul extern A6-A7)	m2	480	CB14A	0,75	-	360.0	-	1 lucrător calificat
17	Instalarea schelei (zidul extern A7-A8)	m2	540	CB14A	0,75	-	405.0	-	1 lucrător calificat
18	Instalarea schelei (intern Turnul A1)	m2	96	CB14A	0,75	-	72.0	-	1 lucrător calificat
19	Instalarea schelei (intern Turnul A2)	m2	79	CB14A	0,75	-	59.3	-	1 lucrător calificat
20	Instalarea schelei (intern Turnul A3)	m2	72	CB14A	0,75	-	54.0	-	1 lucrător calificat
21	Instalarea schelei (intern Turnul A4)	m2	82	CB14A	0,75	-	61.5	-	1 lucrător calificat
22	Instalarea schelei (intern Turnul A5)	m2	96	CB14A	0,75	-	72.0	-	1 lucrător calificat
23	Instalarea schelei (intern Turnul A6)	m2	82	CB14A	0,75	-	61.5	-	1 lucrător calificat

24	Instalarea schelei (intern Turnul A7)	m2	72	CB14A	0,75	-	54.0	-	1 lucrător calificat
25	Instalarea schelei (intern Turnul A8)	m2	82	CB14A	0,75	-	61.5	-	1 lucrător calificat
26	Instalarea schelei (intern Turnul B3)	m2	40	CB14A	0,75	-	30.0	-	1 lucrător calificat
27	Instalarea schelei (intern Turnul de Apă)	m2	72	CB14A	0,75	-	54.0	-	1 lucrător calificat
28	Instalarea schelei (zidul intern A8-A2)	m2	360	CB14A	0,75	-	270.0	-	1 lucrător calificat
29	Instalarea schelei (zidul intern A2-A4)	m2	528	CB14A	0,75	-	396.0	-	1 lucrător calificat
30	Instalarea schelei (zidul intern A5-A6)	m2	228	CB14A	0,75	-	171.0	-	1 lucrător calificat
31	Instalarea schelei (zidul intern A6-A8)	m2	495	CB14A	0,75	-	371.3	-	1 lucrător calificat
32	Instalarea schelei (zidul intern A4-A5)	m2	234	CB14A	0,75	-	175.5	-	1 lucrător calificat
33	Îndepărtarea schelei (extern Turnul A1)	m2	403	CB14A	0,75	-	302.3	-	1 lucrător calificat
34	Îndepărtarea schelei (extern Turnul A2)	m2	525	CB14A	0,75	-	393.8	-	1 lucrător calificat
35	Îndepărtarea schelei (extern Turnul A3)	m2	276	CB14A	0,75	-	207.0	-	1 lucrător calificat
36	Îndepărtarea schelei (extern Turnul A4)	m2	462	CB14A	0,75	-	346.5	-	1 lucrător calificat
37	Îndepărtarea schelei (extern Turnul A5)	m2	312	CB14A	0,75	-	234.0	-	1 lucrător calificat
38	Îndepărtarea schelei (extern Turnul A6)	m2	434	CB14A	0,75	-	325.5	-	1 lucrător calificat
39	Îndepărtarea schelei (extern Turnul A7)	m2	325	CB14A	0,75	-	243.8	-	1 lucrător calificat
40	Îndepărtarea schelei (extern Turnul A8)	m2	336	CB14A	0,75	-	252.0	-	1 lucrător calificat
41	Îndepărtarea schelei (extern Turnul A1-A2)	m2	232	CB14A	0,75	-	174.0	-	1 lucrător calificat
42	Îndepărtarea schelei (zid extern A2-A3)	m2	296	CB14A	0,75	-	222.0	-	1 lucrător calificat

43	Îndepărtarea schelei (zid extern A3-A4)	m2	320	CB14A	0,75	-	240.0	-	1 lucrător calificat
44	Îndepărtarea schelei (zid extern A4-A5)	m2	200	CB14A	0,75	-	150.0	-	1 lucrător calificat
45	Îndepărtarea schelei (zid extern A5-A6)	m2	200	CB14A	0,75	-	150.0	-	1 lucrător calificat
46	Îndepărtarea schelei (zid extern A6-A7)	m2	480	CB14A	0,75	-	360.0	-	1 lucrător calificat
47	Îndepărtarea schelei (zid extern A7-A8)	m2	540	CB14A	0,75	-	405.0	-	1 lucrător calificat
48	Îndepărtarea schelei (extern Turn B3)	m2	320	CB14A	0,75	-	240.0	-	1 lucrător calificat
49	Îndepărtarea schelei (extern Turnul de Apă)	m2	70	CB14A	0,75	-	52.5	-	1 lucrător calificat
50	Îndepărtarea schelei (intern Turn A1)	m2	96	CB14A	0,75	-	72.0	-	1 lucrător calificat
51	Îndepărtarea schelei (intern Turn A2)	m2	79	CB14A	0,75	-	59.3	-	1 lucrător calificat
52	Îndepărtarea schelei (intern Turn A3)	m2	72	CB14A	0,75	-	54.0	-	1 lucrător calificat
53	Îndepărtarea schelei (intern Turn A4)	m2	82	CB14A	0,75	-	61.5	-	1 lucrător calificat
54	Îndepărtarea schelei (intern Turn A5)	m2	96	CB14A	0,75	-	72.0	-	1 lucrător calificat
55	Îndepărtarea schelei (intern Turn A6)	m2	82	CB14A	0,75	-	61.5	-	1 lucrător calificat
56	Îndepărtarea schelei (intern Turn A7)	m2	72	CB14A	0,75	-	54.0	-	1 lucrător calificat
57	Îndepărtarea schelei (intern Turn A8)	m2	82	CB14A	0,75	-	61.5	-	1 lucrător calificat
58	Îndepărtarea schelei (intern Turn B3)	m2	40	CB14A	0,75	-	30.0	-	1 lucrător calificat
59	Îndepărtarea schelei (intern Turnul de Apă)	m2	72	CB14A	0,75	-	54.0	-	1 lucrător calificat
60	Îndepărtarea schelei (zid intern A8-A2)	m2	360	CB14A	0,75	-	270.0	-	1 lucrător calificat
61	Îndepărtarea schelei (zid intern A2-A4)	m2	528	CB14A	0,75	-	396.0	-	1 lucrător calificat

62	Îndepărtarea schelei (zid intern A5-A6)	m2	228	CB14A	0,75	-	171.0	-	1 lucrător calificat
63	Îndepărtarea schelei (zid intern A6-A8)	m2	495	CB14A	0,75	-	371.3	-	1 lucrător calificat
64	Îndepărtarea schelei (zid intern A4-A5)	m2	234	CB14A	0,75	-	175.5	-	1 lucrător calificat
65	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (zid extern și turnurile A2-A8)	m2	325	CN53A	0,03	-	9.8	-	1 lucrător calificat
66	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (zid extern și turnurile A6-A8)	m2	652	CN53A	0,03	-	19.6	-	1 lucrător calificat
67	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (zid extern și turnurile A6-A4)	m2	670	CN53A	0,03	-	20.1	-	1 lucrător calificat
68	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (zid extern și turnurile zid extern și turnurile A4-A2)	m2	330	CN53A	0,03	-	9.9	-	1 lucrător calificat
69	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (zid intern și turnurile A2-A8)	m2	290	CN53A	0,03	-	8.7	-	1 lucrător calificat
70	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (zid intern și turnurile A6-A4)	m2	10	CN53A	0,03	-	0.3	-	1 lucrător calificat
71	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (zid intern și turnurile A4-A2)	m2	142	CN53A	0,03	-	4.3	-	1 lucrător calificat
72	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (zid intern și turnul de apă r)	m2	40	CN53A	0,03	-	1.2	-	1 lucrător calificat
73	Sablare tangențială (cu sistem de tip JOS) operat cu are compresat, cu presiune de funcționare ajustabilă, duze variabile fixate de vârf sau pistol. (extern, turnuri și zidării)	m2	4224	IzA01A	0,36	0,1	1520.6	422. 4	2 lucrător calificat
74	Sablare tangențială (cu sistem de tip JOS) operat cu are compresat, cu presiune de funcționare ajustabilă, duze variabile fixate de vârf sau pistol. (intern, turnuri și zidării)	m2	2316	IzA01A	0,36	0,1	833.8	231. 6	2 lucrător calificat
75	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A (extern, ziduri și turnuri A2-A8)	m2	237	RMB21B	17,6	-	4171.2	-	1 lucrător calificat
76	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A (extern, ziduri și turnuri A8-A6)	m2	130	RMB21B	17,6	-	2288.0	-	1 lucrător calificat

77	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A (extern, ziduri și turnuri A6-A4)	m2	191	RMB21B	17,6	-	3361.6	-	1 lucrător calificat
78	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A (extern, ziduri și turnuri A4-A2)	m2	265	RMB21B	17,6	-	4664.0	-	1 lucrător calificat
79	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A (intern, ziduri și turnuri A4-A2)	m2	127	RMB21B	17,6	-	2235.2	-	1 lucrător calificat
80	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (extern, ziduri și turnuri A2-A8)	m2	92	RMB21B	17,6	-	1619.2	-	1 lucrător calificat
81	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (extern, ziduri și turnuri A8-A6)	m2	212	RMB21B	17,6	-	3731.2	-	1 lucrător calificat
82	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (extern, ziduri și turnuri A6-A4)	m2	25	RMB21B	17,6	-	440.0	-	1 lucrător calificat
83	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (extern, ziduri și turnuri A4-A2)	m2	135	RMB21B	17,6	-	2376.0	-	1 lucrător calificat
84	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (intern, ziduri și turnuri A2-A8)	m2	77	RMB21B	17,6	-	1355.2	-	1 lucrător calificat
85	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (intern, ziduri și turnuri A8-A6)	m2	100	RMB21B	17,6	-	1760.0	-	1 lucrător calificat
86	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (intern, ziduri și turnuri A6-A4)	m2	87	RMB21B	17,6	-	1531.2	-	1 lucrător calificat
87	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (intern, ziduri și turnuri A4-A2)	m2	150	RMB21B	17,6	-	2640.0	-	1 lucrător calificat
88	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (extern, ziduri și turnuri A2-A8)	m2	5	R1MB23C	17	-	85.0	-	1 lucrător calificat
89	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (extern, ziduri și turnuri A8-A6)	m2	52	R1MB23C	17	-	884.0	-	1 lucrător calificat
90	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (extern, ziduri și turnuri A6-A4)	m2	81	R1MB23C	17	-	1377.0	-	1 lucrător calificat

91	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (intern, ziduri și turnuri A2-A8)	m2	19	R1MB23C	17	-	323.0	-	1 lucrător calificat
92	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (intern, ziduri și turnuri A8-A6)	m2	15	R1MB23C	17	-	255.0	-	1 lucrător calificat
93	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (intern, ziduri și turnuri A6-A4)	m2	82	R1MB23C	17	-	1394.0	-	1 lucrător calificat
94	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (intern, ziduri și turnuri A4-A2)	m2	90	R1MB23C	17	-	1530.0	-	1 lucrător calificat
95	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A+B+C (turn A4)	m2	60	R1MB23C	17	-	1020.0	-	1 lucrător calificat
96	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidraulic și agregate (extern A2-A8)	m	24.5	RMA16A	7	-	171.5	-	1 lucrător calificat
97	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidraulic și agregate (extern A8-A6)	m	29.1	RMA16A	7	-	203.7	-	1 lucrător calificat
98	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidraulic și agregate (extern A6-A4)	m	19.1	RMA16A	7	-	133.7	-	1 lucrător calificat
99	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidraulic și agregate (extern A4-A2)	m	18.2	RMA16A	7	-	127.4	-	1 lucrător calificat
100	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidraulic și agregate (Turnul de apă)	m	7.6	RMA16A	7	-	53.2	-	1 lucrător calificat
101	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidraulic și agregate (extern B1)	m	4.2	RMA16A	7	-	29.4	-	1 lucrător calificat
102	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidraulic și agregate (extern B7-A)	m	9.2	RMA16A	7	-	64.4	-	1 lucrător calificat
103	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel	m	4	RMA16A	7	-	28.0	-	1 lucrător calificat

	cu mortar de calcar hidraulic și agregate (intern A8-A6)								
104	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidraulic și agregate (intern A6-A4)	m	6.5	RMA16A	7	-	45.5	-	1 lucrător calificat
105	Umplerea lacunelor care afectează pereții (zidăria externă A6-A4)	m3	1.68	RMA16A	7	-	11.8	-	1 lucrător calificat
106	Umplerea lacunelor care afectează pereții (zidăria externă A4-A2)	m3	0.86	RMA16A	7	-	6.0	-	1 lucrător calificat
107	Umplerea lacunelor care afectează pereții (Turnul de apă)	m3	3.36	RMA16A	7	-	23.5	-	1 lucrător calificat
108	Umplerea lacunelor care afectează pereții (zidăria B7-D)	m3	2.45	RMA16A	7	-	17.2	-	1 lucrător calificat
109	Umplerea lacunelor care afectează pereții (intern A6-A4)	m3	1.92	RMA16A	7	-	13.4	-	1 lucrător calificat
110	Reconstrucția suprafeței cu tehnica "scuci-cuci" de feții peretelui din cărămidă solidă (zidărie A4-A5)	m2	5.31	RMB21B	17,6	-	93.5	-	1 lucrător calificat
111	Reconstrucția suprafeței cu tehnica "scuci-cuci" de feții peretelui din cărămidă solidă (turnul A2 spre A3)	m2	52.5	RMB21B	17,6	-	924.0	-	1 lucrător calificat
112	Reconstrucția suprafeței cu tehnica "scuci-cuci" de feții peretelui din cărămidă solidă (turn B1, zidăria B7-F)	m2	200	RMB21B	17,6	-	3520.0	-	1 lucrător calificat
113	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (extern, ziduri și turnuri A2-A8)	m2	97	RMD06A	3,6	-	349.2	-	1 lucrător calificat
114	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (extern, ziduri și turnuri A8-A6)	m2	117	RMA16A	3,6	-	421.2	-	1 lucrător calificat
115	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (extern, ziduri și turnuri A6-A4)	m2	65	RMA16A	3,6	-	234.0	-	1 lucrător calificat
116	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (extern, ziduri și turnuri A4-A2)	m2	175	RMA16A	3,6	-	630.0	-	1 lucrător calificat
117	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor	m2	200	RMA16A	3,6	-	720.0	-	1 lucrător calificat

	recent reparate (intern, ziduri și turnuri A2-A8)								
118	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (intern, ziduri și turnuri A8-A6)	m2	77	RMA16A	3,6	-	277.2	-	1 lucrător calificat
119	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (intern, ziduri și turnuri A6-A4)	m2	340	RMA16A	3,6	-	1224.0	-	1 lucrător calificat
120	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (intern, ziduri și turnuri A4-A2)	m2	101	RMA16A	3,6	-	363.6	-	1 lucrător calificat
121	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (Turnul de apă)	m2	11	RMA16A	3,6	-	39.6	-	1 lucrător calificat
122	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (Turnul B1)	m2	10	RMA16A	3,6	-	36.0	-	1 lucrător calificat
123	Restaurarea rosturilor pe zidăria existentă a pereților cu mortar potrivit	m2	180.43	RMA16B	3,9	-	703.7	-	1 lucrător calificat
124	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidrolic, cărămizi, pietre) (extern, zid și turnuri A2-A8)	m2	97	RMD05B	9	-	873.0	-	1 lucrător calificat
125	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidrolic, cărămizi, pietre) (extern, zid și turnuri A8-A6)	m2	117	RMD05B	9	-	1053.0	-	1 lucrător calificat
126	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidrolic, cărămizi, pietre) (extern, zid și turnuri A6-A4)	m2	65	RMD05B	9	-	585.0	-	1 lucrător calificat
127	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidrolic, cărămizi, pietre) (extern, zid și turnuri A4-A2)	m2	175	RMD05B	9	-	1575.0	-	1 lucrător calificat
128	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidrolic,	m2	200	RMD05B	9	-	1800.0	-	1 lucrător calificat

	cărămizi, pietre) (intern, zid și turnuri A2-A8)								
129	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidrolic, cărămizi, pietre) (intern, zid și turnuri A8-A6)	m2	77	RMD05B	9	-	693.0	-	1 lucrător calificat
130	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidrolic, cărămizi, pietre) (intern, zid și turnuri A6-A4)	m2	60	RMD05B	9	-	540.0	-	1 lucrător calificat
131	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidrolic, cărămizi, pietre) (intern, zid și turnuri A4-A2)	m2	101	RMD05B	9	-	909.0	-	1 lucrător calificat
132	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidrolic, cărămizi, pietre) (Turn de apă)	m2	11	RMD05B	9	-	99.0	-	1 lucrător calificat
133	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidrolic, cărămizi, pietre) (Turn B1)	m2	10	RMD05B	9	-	90.0	-	1 lucrător calificat
134	Înlăturarea învelitorii de acoperiș de pe creneluri între turnurile A3-A4	m2	25.65	RpCI42C	0,88	-	22.6	-	1 lucrător calificat
135	Înlăturarea învelitorii de acoperiș de pe creneluri între turnurile A4-A6	m2	33.75	RpCI42C	0,88	-	29.7	-	1 lucrător calificat
136	Înlăturarea învelitorii de acoperiș de pe creneluri între turnurile A6-A8	m2	36.45	RpCI42C	0,88	-	32.1	-	1 lucrător calificat
137	Înlăturarea învelitorii de acoperiș de pe creneluri între turnurile A8-A2	m2	39.15	RpCI42C	0,88	-	34.5	-	1 lucrător calificat
138	Zidăria în piatră pentru creneluri	m3	10.62	RMB17A	22,5	-	239.0	-	2 lucrători calificați
139	Nivelarea betonului crenelurilor și de pe bazele crenelurilor	m2	70.8	CF16B	1,1		77.9		2 lucrători calificați
140	Acoperirea cu țigle de teracotă a crenelurilor între turnurile A3-A4	m2	25.65	CE02B	1,46	-	37.4	-	1 lucrător calificat
141	Acoperirea cu țigle de teracotă a crenelurilor între turnurile A4-A6	m2	33.75	CE02B	1,46	-	49.3	-	1 lucrător calificat
142	Acoperirea cu țigle de teracotă a crenelurilor între turnurile A6-A8	m2	36.45	CE02B	1,46	-	53.2	-	1 lucrător calificat

143	Acoperirea cu țigle de teracotă a crenelurilor între turnurile A8-A2	m2	39.15	CE02B	1,46	-	57.2	-	1 lucrător calificat
144	Decojirea tencuiei interne sau externe de orice tip, atât rustică, cât și civilă. (zidărie A4-A5)	m2	140	RMA25B	2,5	-	350.0	-	1 lucrător calificat
145	Curățirea și restaurarea canalului de scurgere	m3	5.5	SVL51A	1,36	-	7.5	-	1 lucrător calificat
146	Inversarea mecanică a pantei terenului	100m2	7.5	TsE04A	-	0,125	-	0.9	1 lucrător calificat
147	Canal de scurgere nou	m	60	AcD08A	0,58	-	34.8	-	1 lucrător calificat
148	Perforarea zidului pe toată grosimea cu o gaură de 4-5 în diametru și inserarea tubului din oțel inoxidabil Ø16 mm	unități	4	RpCG18C	1,24	-	5.0	-	2 lucrători calificați
149	Injectarea mortarului de calcar hidrolic consolidat cu fibre	unități	4	RpCU07B	0,43	-	1.7	-	1 lucrător calificat
150	Excavarea parțială a fundației	m3	6.6	TsA03B	1,64	-	10.8	-	1
151	Executarea grinzilor din beton armat	m3	4.1	CA03C	4,5	-	18.5	-	2 lucrători calificați
152	Perforarea cărămizilor solide	unități	8	RpCG18C	1,24	-	9.9	-	1 lucrător calificat
153	Instalarea tijelor de legătură	1000kg	0.56	CL08A	40	-	22.4	-	2 lucrători calificați
154	Injectarea în perforații	unități	8	RpCU07B	0,43	-	3.4	-	2 lucrători calificați
155	Ascuțirea parțială a mortarului	m2	272	IzH02B	0,09	-	24.5	-	1 lucrător calificat
156	Inserarea conexiunilor inelare din oțel inoxidabil	unități	8	RCsP25A	4,83	-	38.6	-	5 lucrători calificați
157	Restaurarea rosturilor de mortar	m	272	RcsG19F	0,64	-	174.1	-	1 lucrător calificat
158	Înlăturarea solului în partea inferioară a turnului B3	m3	63	TsA03B	1,64	-	103.3	-	1 lucrător calificat
159	Perforarea cărămizilor solide	unități	16	RpCG18C	1,24	-	19.8	-	2 lucrători calificați
160	Instalarea tijelor de legătură	1000kg	1.163	CL08A	40	-	46.5	-	2 lucrători calificați

161	Injectări în perforări	unități	16	RpCU07B	0,43	-	6.9	-	2 lucrători calificați
162	Instalarea balustradei între Turnurile A3-A2-A1	kg	1260	CL17B	0,21	-	264.6	-	3 lucrători calificați
163	Instalarea balustradei Turnul A3	kg	820	CL17B	0,21	-	172.2	-	3 lucrători calificați
164	Instalarea balustradei între Turnurile A3-A4-A5	kg	1620	CL17B	0,21	-	340.2	-	3 lucrători calificați
165	Instalarea balustradei Turnul A5	kg	234	CL17B	0,21	-	49.1	-	3 lucrători calificați
166	Instalarea balustradei între Turnurile A5-A6-A1	kg	2826	CL17B	0,21	-	593.5	-	3 lucrători calificați
167	Instalarea balustradei Turnul A1	kg	792	CL17B	0,21	-	166.3	-	3 lucrători calificați
168	Instalarea panoului perforat între Turnurile A3-A2-A1	kg	1008	CL17B	0,21	-	211.7	-	3 lucrători calificați
169	Instalarea panoului perforat Turnul A3	kg	662.4	CL17B	0,21	-	139.1	-	3 lucrători calificați
170	Instalarea panoului perforat între Turnurile A3-A4-A5	kg	1296	CL17B	0,21	-	272.2	-	3 lucrători calificați
171	Instalarea panoului perforat Turnul A5	kg	187.2	CL17B	0,21	-	39.3	-	3 lucrători calificați
172	Instalarea panoului perforat între Turnurile A5-A6-A1	kg	2260.8	CL17B	0,21	-	474.8	-	3 lucrători calificați
173	Instalarea panoului perforat Turnul A1	kg	792	CL17B	0,21	-	166.3	-	3 lucrători calificați
174	Înlăturarea acoperișului de pe Turnul A6	1000kg	4.941	CL14B	10	1,7	49.4	8.39 97	2 lucrători calificați
175	Înlăturarea acoperișului de pe Turnul A4	1000kg	4.941	CL14B	10	1,7	49.4	8.39 97	2 lucrători calificați
176	Instalarea noii structuri de lemn pentru acoperiș – Turnul A2	m3	24.44	CE28A	65	-	1588.6	-	3 lucrători calificați
177	Instalarea noii acoperiri din lemn pentru acoperiș – Turnul A2	m2	238.4	CE02B	1,46	-	348.1	-	3 lucrători calificați
178	Instalarea noii structuri din lemn pentru acoperiș – Turnul A3	m3	24.44	CE28A	65	-	1588.6	-	3 lucrători calificați
179	Instalarea noii acoperiri din lemn pentru acoperiș – Turnul A3	m2	238.4	CE02B	1,46	-	348.1	-	3 lucrători calificați

180	Instalarea noii structuri din lemn pentru acoperiș – Turnul A4	m3	24.44	CE28A	65	-	1588.6	-	3 lucrători calificați
181	Instalarea noii acoperiri din lemn pentru acoperiș – Turnul A4	m2	238.4	CE02B	1,46	-	348.1	-	3 lucrători calificați
182	Instalarea noii structuri din lemn pentru acoperiș – Turnul A6	m3	24.44	CE28A	65	-	1588.6	-	3 lucrători calificați
183	Instalarea noii acoperiri din lemn pentru acoperiș – Turnul A6	m2	238.4	CE02B	1,46	-	348.1	-	3 lucrători calificați
TOTAL om/oră							84919.3		

8.5 Graficul de execuție a lucrărilor

Tabelul 2 Orarul lucrărilor

Nr.	Lucrări	U.M.	Volum	Muncă	Mecanism		Durata (zile)	Nr. de lucrători	Componența echipei
					Nume	Mașină/oră			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Etapă I a lucrărilor (Turnul B3)									
1	Lucrări de pregătire	%	5	55.6	-	-	1.4	5	Echipă mixtă
2	Instalarea schelei (extern Turnul B3)	m2	320	240	-	-	5.0	6	Tâmplar
3	Instalarea schelei (intern Turnul B3)	m3	40	30	-	-	0.6	6	Tâmplar
4	Ascuțirea parțială a mortarului	m2	272	24.48	-	-	0.6	5	Zidar
5	Inserarea conexiunilor inelare de oțel inoxidabil	unități	8	38.64	-	-	1.0	5	Lucrători calificați
6	Restaurarea rosturilor de mortar	m	272	174.08	-	-	4.4	5	Lucrători calificați
7	Înlăturarea solului din partea inferioară a Turnului B3	m3	63	174.08	-	-	4.4	5	Lucrători calificați
8	Înlăturarea schelei (extern Turnul B3)	m2	320	240	-	-	5.0	6	Tâmplar
9	Înlăturarea schelei (intern Turnul B3)	m2	40	30	-	-	0.6	6	Tâmplar
10	Lucrări de amenajare	%	2	19	-	-	0.5	5	Echipă mixtă
11	Lucrări neprevăzute	%	15	142.7	-	-	3.6	5	Echipă mixtă
12	Acceptarea lucrărilor	%	1	11.1	-	-	1.4	1	Inginer
Etapă II a lucrărilor (Turnul de Apă)									
13	Lucrări de pregătire	%	5	25	-	-	0.8	4	Echipă mixtă

14	Instalarea schelei (extern Turnul de Apă)	m2	70	52.5	-	-	1.6	4	Tâmplar
15	Instalarea schelei (intern Turnul de Apă)	m2	72	54	-	-	1.7	4	Tâmplar
16	Excavarea parțială a fundației	m3	6.6	10.8	-	-	0.3	4	Lucrători calificați
17	Executarea grinzilor de beton armat	m3	4.1	18.5	-	-	0.6	4	Lucrători calificați
18	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (zid intern și turnurile A4-A2)	m2	182	5.5	-	-	0.2	4	Lucrători calificați
19	Perforarea cărămizilor solide	unități	8	9.9	-	-	0.3	4	Lucrători calificați
20	Instalarea tijelor de legătură	1000kg	0.56	22.4	-	-	0.7	4	Lucrători calificați
21	Injectarea în perforări	unități	8	3.4	-	-	0.1	4	Lucrători calificați
22	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidrolic și agregate (Turnul de Apă)	m	7.6	53.2	-	-	1.7	4	Lucrători calificați
23	Umplerea lacunelor care afectează pereții (Turnul de Apă)	m3	3.36	23.5	-	-	0.7	4	Lucrători calificați
24	Reconstrucția rosturilor prin înlăturarea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (Turnul de Apă)	m2	11	39.6	-	-	1.2	4	Lucrători calificați
25	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidrolic, cărămizi, pietre) (Turnul de Apă)	m2	11	99	-	-	3.1	4	Lucrători calificați
26	Înlăturarea schelei (extern Turnul de Apă)	m2	70	52.5	-	-	1.6	4	Tâmplar
27	Îndepărtarea schelei (intern Turnul de Apă)	m2	72	54	-	-	1.7	4	Tâmplar
28	Lucrări de amenajare	%	2	10	-	-	0.3	4	Echipă mixtă
29	Lucrări neprevăzute	%	15	74.8	-	-	2.3	4	Echipă mixtă
30	Acceptarea lucrărilor	%	1	5	-	-	0.6	1	Inginer
Etapă III a lucrărilor (Zidul A8-A6, zidul A5-A6 lucrări de consolidare, Turnul A8,A7,A6,A5)									
31	Lucrări de pregătire	%	5	1654.6	-	-	20.7	10	Echipă mixtă
32	Instalarea schelei (extern, Turnul A8)	m2	336	252	-	-	3.2	10	Tâmplar
33	Instalarea schelei (extern, zidul A7-A8)	m2	540	405	-	-	6.3	8	Tâmplar
34	Instalarea schelei (extern, Turnul A7)	m2	325	243.8	-	-	3.8	8	Tâmplar
35	Instalarea schelei (extern, zidul A6-A7)	m2	480	360	-	-	5.6	8	Tâmplar
36	Instalarea schelei (extern, Turnul A6)	m2	434	325.5	-	-	5.1	8	Tâmplar
37	Instalarea schelei(extern, zidul A5-A6)	m2	200	150	-	-	2.3	8	Tâmplar

38	Instalarea schelei (extern, Turnul A5)	m2	312	234	-	-	3.7	8	Tâmplar
39	Instalarea schelei (intern, Turnul A8)	m2	82	61.5	-	-	1.0	8	Tâmplar
40	Instalarea schelei (intern, zidul A6-A8)	m2	495	371.3	-	-	5.8	8	Tâmplar
41	Instalarea schelei (intern, Turnul A7)	m2	72	54	-	-	0.8	8	Tâmplar
42	Instalarea schelei (intern, Turnul A6)	m2	82	61.5	-	-	1.0	8	Tâmplar
43	Instalarea schelei (intern, Turnul A5)	m2	96	72	-	-	1.1	8	Tâmplar
44	Instalarea schelei (extern, zidul A4-A5)	m2	200	150.0	-	-	2.3	8	Tâmplar
45	Instalarea schelei (intern, zidul A5-A6)	m2	228	171	-	-	2.7	8	Tâmplar
46	Instalarea schelei (intern, zidul A4-A5)	m2	234	175.5	-	-	2.7	8	Tâmplar
47	Înlăturarea acoperișului de pe Turnul A6	1000kg	4.941	49.4	-	1.7	1.0	6	Lucrători calificați
48	Perforări în cărămizi solide	unități	16	19.8	-	-	1.2	2	Lucrători calificați
49	Instalarea tijelor de legătură	1000kg	1.163	46.5	-	-	1.5	4	Lucrători calificați
50	Injectări în perforări	unități	16	6.9	-	-	0.4	2	Lucrători calificați
51	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (extern, zid și turnurile A6-A8)	m2	652	19.6	-	-	1.2	2	Lucrători necalificați
52	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (extern, zid și turnurile A6-A4)	m2	670	20.1	-	-	1.3	2	Lucrători necalificați
53	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (intern, zid și turnurile A6-A4)	m2	10	0.3	-	-	0.0	2	Lucrători necalificați
54	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (extern, zid și turnurile A2-A8)	m2	325	9.8	-	-	0.6	2	Lucrători necalificați
55	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (intern, zid și turnurile A2-A8)	m2	290	8.7	-	-	0.5	2	Lucrători necalificați
56	Sablare tangențială (cu sistem de tip JOS) operat cu are compresat, cu presiune de funcționare ajustabilă, duze variabile fixate de vârf sau pistol. (extern, turnuri și zidărie)	m2	2112	760.32	Mașină de sablare	0.1	15.8	6	Lucrători calificați
57	Sablare tangențială (cu sistem de tip JOS) operat cu are compresat, cu presiune de funcționare ajustabilă, duze variabile fixate de vârf sau pistol. (intern, turnuri și zidării)	m2	1158	416.88	Mașină de sablare	0.1	8.7	6	Lucrători calificați
58	Perforarea zidului pe toată grosimea sa cu o gaură de 4-5 cm diametru cu inserarea tubului de oțel inoxidabil Ø16 mm	unități	4	5	-	-	0.3	2	Lucrători calificați

59	Injectarea mortarului de calcar hidraulic consolidat cu fibre	unități	4	1.7	-	-	0.1	2	Lucrători calificați
60	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A (extern, zid și turn A8-A6)	m2	130	2288	-	-	14.3	20	Lucrători calificați
61	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A (extern, zid și turn A6-A4)	m2	191	3361.6	-	-	21.0	20	Lucrători calificați
62	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (extern, zid și turn A8-A6)	m2	212	3731.2	-	-	23.3	20	Lucrători calificați
63	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (extern, zid și turn A6-A4)	m2	25	440	-	-	2.8	20	Lucrători calificați
64	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (intern, zid și turn A8-A6)	m2	100	1760	-	-	11.0	20	Lucrători calificați
65	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (intern, zid și turn A6-A4)	m2	87	1531.2	-	-	9.6	20	Lucrători calificați
66	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (extern, zid și turn A8-A6)	m2	52	884	-	-	5.5	20	Lucrători calificați
67	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (extern, zid și turn A6-A4)	m2	81	1377	-	-	8.6	20	Lucrători calificați
68	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (intern, zid și turn A8-A6)	m2	15	225	-	-	1.4	20	Lucrători calificați
69	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (intern, zid și turn A6-A4)	m2	82	1394	-	-	8.7	20	Lucrători calificați
70	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A+B+C (turn A4)	m2	60	1020	-	-	6.4	20	Lucrători calificați
71	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidraulic și agregate (extern A8-A6)	m	29.1	203	-	-	1.3	20	Lucrători calificați
72	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidraulic și agregate (extern A6-A4)	m	19.1	133.7	-	-	1.7	10	Lucrători calificați
73	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidraulic și agregate (intern A8-A6)	m	4	28	-	-	0.4	10	Lucrători calificați
74	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidraulic și agregate (intern A6-A4)	m	6.5	45.5	-	-	0.6	10	Lucrători calificați
75	Umplerea lacunelor care afectează pereții (zidărie externă A6-A4)	m3	1.68	11.8	-	-	0.1	10	Lucrători calificați
76	Umplerea lacunelor care afectează pereții (intern A6-A4)	m3	1.92	13.4	-	-	0.2	10	Lucrători calificați

77	Reconstrucția suprafeței cu tehnica "scuci-cuci" pe fața peretelui din cărămizi solide (zidărie A4-A5)	m2	5.31	93.5	-	-	0.6	20	Lucrători calificați
78	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (extern, zid și turnuri A8-A6)	m2	117	421.2	-	-	3.5	15	Lucrători calificați
79	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (extern, zid și turnuri A6-A4)	m2	65	234	-	-	2.0	15	Lucrători calificați
80	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (intern, zid și turnuri A8-A6)	m2	77	277.2	-	-	2.3	15	Lucrători calificați
81	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (intern, zid și turnuri A6-A4)	m2	340	1224	-	-	10.2	15	Lucrători calificați
82	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidraulic, cărămizi, pietre) (extern, zid și turnuri A8-A6)	m2	117	1053	-	-	8.8	15	Lucrători calificați
83	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidraulic, cărămizi, pietre) (extern, zid și turnuri A6-A4)	m2	65	585	-	-	4.9	15	Lucrători calificați
84	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidraulic, cărămizi, pietre) (intern, zid și turnuri A8-A6)	m2	77	693	-	-	5.8	15	Lucrători calificați
85	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidraulic, cărămizi, pietre) (intern, zid și turnuri A6-A4)	m2	60	540	-	-	4.5	15	Lucrători calificați
86	Înlăturarea învelitorii de acoperiș de pe creneluri între turnurile A4-A6	m2	33.75	29.7	-	-	0.9	4	Lucrători calificați
87	Înlăturarea învelitorii de acoperiș de pe creneluri între turnurile A6-A8	m2	36.45	32.076	-	-	1.0	4	Lucrători calificați
88	Decojirea tencuiei interne sau externe de orice tip, atât rustică, cât și civilă. (zidărie A4-A5)	m2	140	350	-	-	2.2	20	Lucrători calificați
89	Acoperirea cu țigle de teracotă a crenelurilor între turnurile A4-A6	m2	33.75	49.275	-	-	1.5	4	Lucrători calificați
90	Acoperirea cu țigle de teracotă a crenelurilor între turnurile A6-A8	m2	36.45	53.217	-	-	1.7	4	Lucrători calificați
91	Instalarea noii structuri din lemn pentru acoperiș - Turnul A6	m3	24.44	1588.6	-	-	19.9	10	Lucrători calificați
92	Instalarea noii acoperiri din lemn pentru acoperiș - Turnul A6	m2	238.4	348.1	-	-	4.4	10	Lucrători calificați

93	Instalarea schelei (extern Turnul A8)	m2	336	252	-	-	3.9	8	Tâmplar
94	Instalarea schelei (extern zidul A7-A8)	m2	540	405	-	-	6.3	8	Tâmplar
95	Instalarea schelei (extern Turnul A7)	m2	325	243.8	-	-	3.8	8	Tâmplar
96	Instalarea schelei (extern zidul A6-A7)	m2	480	360	-	-	5.6	8	Tâmplar
97	Instalarea schelei (extern Turnul A6)	m2	434	325.5	-	-	5.1	8	Tâmplar
98	Instalarea schelei (extern zidul A5-A6)	m2	200	150	-	-	2.3	8	Tâmplar
99	Instalarea schelei (extern Turnul A5)	m2	312	234	-	-	3.7	8	Tâmplar
100	Instalarea schelei (intern Turnul A8)	m2	82	61.5	-	-	1.0	8	Tâmplar
101	Instalarea schelei (intern zidul A6-A8)	m2	495	371.3	-	-	5.8	8	Tâmplar
102	Instalarea schelei (intern Turnul A7)	m2	72	54	-	-	0.8	8	Tâmplar
103	Instalarea schelei (intern Turnul A6)	m2	82	61.5	-	-	1.0	8	Tâmplar
104	Instalarea schelei (intern Turnul A5)	m2	96	72	-	-	1.1	8	Tâmplar
105	Curățirea și restaurarea canalului de scurgere	m3	5.5	7.5	-	-	0.2	4	Echipă mixtă
106	Inversarea mecanică a pantei terenului	100m2	7.5	-	mini-încărcător	0.125	0.9	1	Echipă mixtă
107	Canal de scurgere nou	m	60	34.8	-	-	1.1	4	Echipă mixtă
108	Lucrări peisagiste	%	2	661.9	-	-	10.3	8	Echipă mixtă
109	Lucrări neprevăzute	%	15	4964	-	-	41.4	15	Echipă mixtă
110	Acceptarea lucrărilor	%	1	330	-	-	20.6	2	Inginer
Etapa IV a lucrărilor (Zidul A4-A2, zidul A2-A8 lucrări de consolidare, Turnul A3,A2,A1)									
111	Lucrări de pregătire	%	5	2533.1	-	-	21.1	15	Echipă mixtă
112	Instalarea schelei (extern, Turnul A1)	m2	403	302.3	-	-	3.8	10	Tâmplar
113	Instalarea schelei (extern, Turnul A2)	m2	525	393.8	-	-	4.9	10	Tâmplar
114	Instalarea schelei (extern, Turnul A3)	m2	276	207.0	-	-	2.6	10	Tâmplar
115	Instalarea schelei (extern, zidul A1-A2)	m2	232	174.0	-	-	2.2	10	Tâmplar
116	Instalarea schelei (extern, zidul A2-A3)	m2	296	222.0	-	-	2.8	10	Tâmplar
117	Instalarea schelei (extern, zidul A3-A4)	m2	320	240.0	-	-	3.0	10	Tâmplar
118	Instalarea schelei (intern, Turnul A1)	m2	96	72.0	-	-	0.9	10	Tâmplar
119	Instalarea schelei (intern, Turnul A2)	m2	79	59.3	-	-	0.7	10	Tâmplar

120	Instalarea schelei (intern, Turnul A3)	m2	72	54.0	-	-	0.7	10	Tâmplar
121	Instalarea schelei (intern, zidul A8-A2)	m2	360	270	-	-	3.4	10	Tâmplar
122	Instalarea schelei (intern, zidul A2-A4)	m2	528	396	-	-	5.0	10	Tâmplar
123	Instalarea schelei (extern, Turnul A4)	m2	462	346.5	-	-	4.3	10	Tâmplar
124	Instalarea schelei (intern, Turnul A4)	m2	82	61.5	-	-	0.8	10	Tâmplar
125	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (extern, zid și turnuri A4-A2)	m2	330	9.9	-	-	0.6	2	Echipă mixtă
126	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (intern, zid și turnuri A6-A4)	m2	10	0.3	-	-	0.0	2	Echipă mixtă
127	Înlăturarea vegetației prin aplicarea produsului biocid (intern, zid și turnuri A4-A2)	m2	142	4.3	-	-	0.3	2	Echipă mixtă
128	Sablare tangențială (cu sistem de tip JOS) operat cu are compresat, cu presiune de funcționare ajustabilă, duze variabile fixate de vârf sau pistol. (extern, turnuri și zidării)	m2	2112	760.32	-	-	15.8	6	Echipă mixtă
129	Sablare tangențială (cu sistem de tip JOS) operat cu are compresat, cu presiune de funcționare ajustabilă, duze variabile fixate de vârf sau pistol. (intern, turnuri și zidării)	m2	1158	416.88	-	-	8.7	6	Echipă mixtă
130	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A (extern, zid și turnuri A2-A8)	m2	237	4171.2	-	-	26.1	20	Echipă mixtă
131	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A (extern, zid și turnuri A4-A2)	m2	265	4664	-	-	29.2	20	Echipă mixtă
132	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A (intern, zid și turnuri A4-A2)	m2	127	2235.2	-	-	14.0	20	Echipă mixtă
133	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (extern, zid și turnuri A2-A8)	m2	92	1619.2	-	-	10.1	20	Echipă mixtă
134	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (extern, zid și turnuri A4-A2)	m2	135	2376	-	-	14.9	20	Echipă mixtă
135	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (intern, zid și turnuri A2-A8)	m2	77	1355.2	-	-	8.5	20	Echipă mixtă
136	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip B (intern, zid și turnuri A4-A2)	m2	150	2640	-	-	16.5	20	Echipă mixtă
137	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (extern, zid și turnuri A2-A8)	m2	5	85	-	-	0.5	20	Echipă mixtă

138	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (intern, zid și turnuri A2-A8)	m2	19	323	-	-	2.0	20	Echipă mixtă
139	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip C (intern, zid și turnuri A4-A2)	m2	90	1530	-	-	9.6	20	Echipă mixtă
140	Restaurarea intervențiilor conform cartografierii degradării Tip A+B+C (turnul A4)	m2	60	1020	-	-	6.4	20	Echipă mixtă
141	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidrolic și agregate (extern A2-A8)	m	24.5	171.5	-	-	2.1	10	Echipă mixtă
142	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidrolic și agregate (extern A4-A2)	m	18.2	127.4	-	-	1.6	10	Echipă mixtă
143	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidrolic și agregate (extern B1)	m	4.2	29.4	-	-	0.4	10	Echipă mixtă
144	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidrolic și agregate (extern B7-A)	m	9.2	64.4	-	-	0.8	10	Echipă mixtă
145	Consolidarea fisurilor structurale cu etanșarea preventivă a fisurilor sub-nivel cu mortar de calcar hidrolic și agregate (intern A6-A4)	m	6.5	45.5	-	-	0.6	10	Echipă mixtă
146	Umplerea lacunelor care afectează pereții (extern, zidăria A4-A2)	m3	0.86	6.02	-	-	0.4	2	Echipă mixtă
147	Umplerea lacunelor care afectează pereții (zidărie B7-D)	m3	2.45	17.15	-	-	1.1	2	Echipă mixtă
148	Reconstrucția suprafeței cu tehnica "scuci-cuci" de feții peretelui din cărămidă solidă (turnul A2 spre A3)	m2	52.5	924	-	-	11.6	10	Echipă mixtă
149	Reconstrucția suprafeței cu tehnica "scuci-cuci" de feții peretelui din cărămidă solidă (turnul B1, zidăria B7-F)	m2	200	3520	-	-	22.0	20	Echipă mixtă
150	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (extern, zid și turnuri A2-A8)	m2	97	349.2	-	-	2.2	20	Echipă mixtă
151	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (extern, zid și turnuri A4-A2)	m2	175	630	-	-	3.9	20	Echipă mixtă
152	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (intern, zid și turnuri A2-A8)	m2	200	720	-	-	4.5	20	Echipă mixtă

153	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (intern, zid și turnuri A4-A2)	m2	101	363.6	-	-	2.3	20	Echipă mixtă
154	Reconstrucția rosturilor prin desfacerea mortarului vechi. Intervenții asupra rosturilor recent reparate (Turnul B1)	m2	10	36	-	-	0.2	20	Echipă mixtă
155	Restaurarea rosturilor pe zidăria existentă a pereților cu mortar potrivit	m2	180.43	703.677	-	-	4.4	20	Echipă mixtă
156	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidraulic, cărămizi, pietre) (extern, zid și turnuri A2-A8)	m2	97	873	-	-	5.5	20	Echipă mixtă
157	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidraulic, cărămizi, pietre) (extern, zid și turnuri A4-A2)	m2	175	1575	-	-	9.8	20	Echipă mixtă
158	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidraulic, cărămizi, pietre) (intern, zid și turnuri A2-A8)	m2	200	1800	-	-	11.3	20	Echipă mixtă
159	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidraulic, cărămizi, pietre) (intern, zid și turnuri A4-A2)	m2	101	909	-	-	5.7	20	Echipă mixtă
160	Tencuirea grosieră (patină antică) pe toate structurile pereților interni și externi (calcar, calcar hidraulic, cărămizi, pietre) (Turnul B1)	m2	10	90	-	-	0.6	20	Echipă mixtă
161	Înlăturarea învelitorii de acoperiș de pe creneluri între turnurile A3-A4	m2	25.65	22.6	-	-	0.7	4	Echipă mixtă
162	Înlăturarea învelitorii de acoperiș de pe creneluri între turnurile A8-A2	m2	39.15	34.452	-	-	1.1	4	Echipă mixtă
163	Zidărie din piatră pentru creneluri	m3	10.62	239	-	-	3.7	8	Lucrători calificați
164	Nivelarea betonului crenelurilor și de pe bazele crenelurilor	m2	70.8	77.9	-	-	1.2	8	Lucrători calificați
165	Acoperirea cu țigle de teracotă a crenelurilor între turnurile A3-A4	m2	25.65	37.449	-	-	1.2	4	Echipă mixtă
166	Acoperirea cu țigle de teracotă a crenelurilor între turnurile A8-A2	m2	39.15	57.2	-	-	1.8	4	Echipă mixtă
167	Înlăturarea acoperișului de pe Turnul A4	1000kg	4.941	49.41	-	-	1.5	4	Echipă mixtă
168	Instalarea noii structuri din lemn pentru acoperiș – Turnul A2	m3	24.44	1588.6	-	-	19.9	10	Echipă mixtă
169	Instalarea noii acoperiri din lemn pentru acoperiș – Turnul A2	m2	238.4	348.064	-	-	4.4	10	Echipă mixtă
170	Instalarea noii structuri din lemn pentru acoperiș – Turnul A3	m3	24.44	1588.6	-	-	19.9	10	Echipă mixtă

171	Instalarea noii acoperiri din lemn pentru acoperiș - Turnul A3	m2	238.4	348.064	-	-	4.4	10	Echipă mixtă
172	Instalarea noii structuri din lemn pentru acoperiș - Turnul A4	m3	24.44	1588.6	-	-	19.9	10	Echipă mixtă
173	Instalarea noii acoperiri din lemn pentru acoperiș - Turnul A4	m2	238.4	348.064	-	-	4.4	10	Echipă mixtă
174	Instalarea schelei (extern, Turnul A1)	m2	403	302.3	-	-	4.7	8	Echipă mixtă
175	Instalarea schelei (extern Turnul A2)	m2	525	393.8	-	-	6.2	8	Echipă mixtă
176	Instalarea schelei (extern Turnul A3)	m2	276	207.0	-	-	3.2	8	Echipă mixtă
177	Instalarea schelei (extern, zidul A1-A2)	m2	232	174.0	-	-	2.7	8	Echipă mixtă
178	Instalarea schelei (extern, zidul A2-A3)	m2	296	222.0	-	-	3.5	8	Echipă mixtă
179	Instalarea schelei (extern, zidul A3-A4)	m2	320	240.0	-	-	3.8	8	Echipă mixtă
180	Instalarea schelei (intern, Turnul A1)	m2	96	72.0	-	-	1.1	8	Echipă mixtă
181	Instalarea schelei (intern, Turnul A2)	m2	79	59.3	-	-	0.9	8	Echipă mixtă
182	Instalarea schelei (intern, Turnul A3)	m2	72	54.0	-	-	0.8	8	Echipă mixtă
183	Instalarea schelei (intern, zidul A8-A2)	m2	360	270	-	-	4.2	8	Echipă mixtă
184	Instalarea schelei (intern, zidul A2-A4)	m2	528	396	-	-	6.2	8	Echipă mixtă
185	Instalarea schelei (extern, Turnul A4)	m2	462	346.5	-	-	5.4	8	Echipă mixtă
186	Instalarea schelei (intern, Turnul A4)	m2	82	61.5	-	-	1.0	8	Echipă mixtă
187	Instalarea balustradei între Turnurile A3-A2-A1	kg	1260	264.6	-	-	5.5	6	Echipă mixtă
188	Instalarea balustradei Turnul A3	kg	820	172.2	-	-	0.9	25	Echipă mixtă
189	Instalarea balustradei între Turnurile A3-A4-A5	kg	1620	340.2	-	-	2.8	15	Echipă mixtă
190	Instalarea balustradei Turnul A5	kg	234	49.14	-	-	0.4	15	Echipă mixtă
191	Instalarea balustradei între Turnurile A5-A6-A1	kg	2826	593.46	-	-	4.9	15	Echipă mixtă
192	Instalarea balustradei Turnul A1	kg	792	166.32	-	-	1.4	15	Echipă mixtă
193	Instalarea panoului perforat între Turnurile A3-A2-A1	kg	1008	211.68	-	-	1.8	15	Echipă mixtă
194	Instalarea panoului perforat Turnul A3	kg	662.4	139.104	-	-	1.2	15	Echipă mixtă
195	Instalarea panoului perforat între Turnurile A3-A4-A5	kg	1296	272.16	-	-	2.3	15	Echipă mixtă
196	Instalarea panoului perforat Turnul A5	kg	187.2	39.312	-	-	0.3	15	Echipă mixtă

197	Instalarea panoului perforat între Turnurile A5-A6-A1	kg	2260.8	474.768	-	-	4.0	15	Echipă mixtă
198	Instalarea panoului perforat Turnul A1	kg	792	166.32	-	-	1.4	15	Echipă mixtă
199	Lucrări de amenajare	%	2	1013.2	-	-	9.0	14	Echipă mixtă
200	Lucrări neprevăzute	%	15	7599.3	-	-	63.3	15	Echipă mixtă
201	Acceptarea lucrărilor	%	1	501.6	-	-	31.4	2	Inginer

8.6 Unități de depozitare

Timpul de depozitare a materialelor este considerat a fi:

- Pentru depozite deschise 3-5 zile
- Pentru depozite închise 10-15 zile

Calculul instalațiilor de depozitare la fața locului depinde de furnizarea de material care urmează să fie depus, care se calculează conform ecuației:

$$Q_{rez} = (Q_{tot} / T) * \alpha * n * k \text{ (m}^2, \text{ m}^3\text{)}$$

, unde Q_{tot} - reprezintă cantitatea totală de material,

T - perioada de utilizare a materialului;

α - coeficientul de aprovizionare neritmică cu resurse materiale la depozit;

n - durata depozitării resurselor materiale în depozit, ținând cont de metoda de depozitare

k - coeficientul de consum neritmic al resurselor materiale

Cunoscând rezerva de materiale din depozit, este posibil să se găsească suprafața utilă a depozitului șantierului:

$$A_u = Q_{rez} / q$$

, unde q - rata de depozitare pentru 1m² suprafață. Deci, suprafețele reale ale depunerilor de materiale pe șantier ar putea fi calculat cu următoarea formula:

$$A_{real} = A_u / \beta$$

, unde β - Coeficient care ia în considerare utilizarea zonei de depozitare și a pasajelor între depozite

Toate lucrurile luate în considerare, cantitatea totală și dimensiunea stocării sunt date în tabelul de mai jos:

Tabel 3 unități de depozitare

Nr.	Denumirea depozitului	Dimensiunea (m)	Area (m ²)	Tipul depozitului
1	Depozit unelte	12 x 4	48	Inchis
2	Otel sortat	12 x 4	48	Deschis
3	Depozit pietre	2 x (12 x 6)	144	Deschis
4	Depozit schele	2 x (12 x 4)	96	Deschis
5	Depozit popi verticali	12 x 4	48	Deschis

6	Depozit material locale	2 x (12 x 4)	96	Deschis
---	-------------------------	--------------	----	---------

8.7 Numărul de lucrători

Numărul maxim de lucrători la șantierul de construcție este egal cu 30 persoane. Numărul maxim de persoane la șantier este calculat conform următoarelor:

$$N = \frac{N_{max}}{85\%} \cdot 100\% = 36 \text{ (lucrători)}$$

Din 100% din totalul de persoane la șantier, 85 % sunt lucrători; 8% - reprezintă maiștri și manageri de șantier; 5% - personal auxiliar; 2% - personal de securitate.

$$N_{st} = 8 \cdot 0.36 = 3 \text{ (persoane)}$$

$$N_{as} = 5 \cdot 0.36 = 2 \text{ (persoane)}$$

$$N_s = 2 \cdot 0.36 = 1 \text{ (persoană)}$$

Numărul total de lucrători la șantier este:

$$N_{tot} = (N_w + N_{st} + N_{as} + N_s) \cdot k = (30 + 3 + 2 + 1) \cdot 1.05 = 38 \text{ (lucrători)}$$

Tabelul 4 Unități la șantier (Container) [4]

Nr.	Denumire	Nr. de lucrători	Nr. de lucrători care utilizează containere, %	Suprafață, m ²		Dimensiunea containerului
				Unitate	Total	
1	2	3	4	5	6	7
A. Unitatea de serviciu						
1	Unitatea pentru maistru și manager de șantier	3	100	3	9	6 x 2.4 x 2.9
2	Unitatea pentru odihnă	36	100	0.75	27	3 x (6 x 2.4 x 2.9)
3	Dispecerat	1	100	7	7	4.8 x 2.4 x 2.9
B. Unitatea industrială						
4	Vestiare	36	70	0.7	17.64	3 x (6 x 2.4 x 2.9)
5	Lavoare și dușuri	36	70	0.6	15.1	2 x (6 x 2.4 x 2.9)
6	Camera pentru încălzirea și uscarea îmbrăcămintei	36	40	0.2	2.88	6 x 2.4 x 2.9
7	Cantina	36	100	1	36	4 x (6 x 2.4 x 2.9)
8	Punct medial	1	100	7	7	4.8 x 2.4 x 2.9
9	Veceu (WC)	36	100	0.1	3.6	-

8.8 Indicii tehnici și economici

Tabelul 3 Tabelul cu indicii tehnici-economi

Nr.	Denumirea indicelui	U.M.	Valoare
1	Suprafața totală a șantierului permanent	m ²	3920
2	Suprafața totală a șantierului temporar (turnul B3 și Turnul de Apă)	m ²	2880
3	Suprafața unităților / construcțiile temporare	m ²	370

4	Suprafața depozitelor	m^2	528
5	Lungimea: - rețelei electrice - rețelei de apă - rețelei de canalizare - drumului	m	510 350 95 630
6	Schele pentru: - etapa I - etapa II - etapa III - etapa IV	m^2	240 110 3090 3750

8.9 Indicații privind securitatea și sănătatea muncii, protecție mediului și protecția anti-incendiu

Toate lucrările care sunt executate pe șantier trebuie să corespundă cerințelor și exigențelor prescrie în normativul național NCM A.08.02-2014 “Securitatea și sănătatea muncii în construcții”.

8.9.1 Indicații generale

- Înainte de inițierea lucrărilor, toți participanții trebuie să fie instruiți în domeniul tehnicilor de siguranță și celor de securitate ocupațională la locul de muncă. Instruirea trebuie să includă:
 - Efectuarea lucrărilor de construcție la fiecare etapă.
 - Regulile de siguranță în muncă privind gestionarea locului de muncă pentru activitatea care urmează să fie realizată.
 - Regulile de prevenire a incendiilor la șantier.
 - Pregătirea pentru inițierea lucrărilor.
 - Menținerea ordinii și curățeniei la locul de muncă.
 - Pregătirea pentru finalizarea lucrărilor.
- Pe lângă aceste măsuri generale, mai trebuie să fie întreprinse o serie de măsuri la șantier pentru a asigura ca lucrătorii să dispună de condiții sanitare adecvate, cât și să fie achiziționat echipamentul de protecție necesar: ochelari, centuri de siguranță, căști de siguranță, salopete.
- Toți lucrătorii care realizează lucrări de construcție trebuie să studieze instrucțiunile standard pentru categoriile de specializări profesionale elaborate și aprobate în cadrul companiei.
- Pe parcursul realizării lucrărilor, toți lucrătorii trebuie să fie echipați cu mijloace individuale și colective de protecție (căști, centuri de siguranță, cabluri de siguranță, garduri protective, etc.). Când sunt realizate lucrări la înălțime, toți lucrătorii trebuie să fie fixați cu centuri de siguranță de elementele portante ale clădirii (la locurile oferite în prealabil).
- Organizarea șantierului de construcție, zonelor de lucru și locurilor de muncă ale lucrătorilor trebuie să asigure protecția muncii pe tot parcursul executării lucrărilor. Drumurile, trecerile și locurile de muncă trebuie să fie curățate în mod regulat, iar pe timp de iarnă să fie presărate cu sare sau zgură.
- De-a lungul lungimii totale a gardului, cu un interval care să nu depășească 30 m trebuie să fie plasate semne de avertizare "Zonă periculoasă, nu treceți!"
- Deșeurile de construcție de la blocurile care urmează să fie construite și de la schele trebuie să fie reduse cu ajutorul jgheaburilor închise cu capace în coșuri sau containere. Capătul inferior al jgheabului trebuie să fie localizat la o înălțime nu mai mare de 1 m de la sol sau de la suprafața containerelor.

8.9.2 Condiții de protecție a mediului

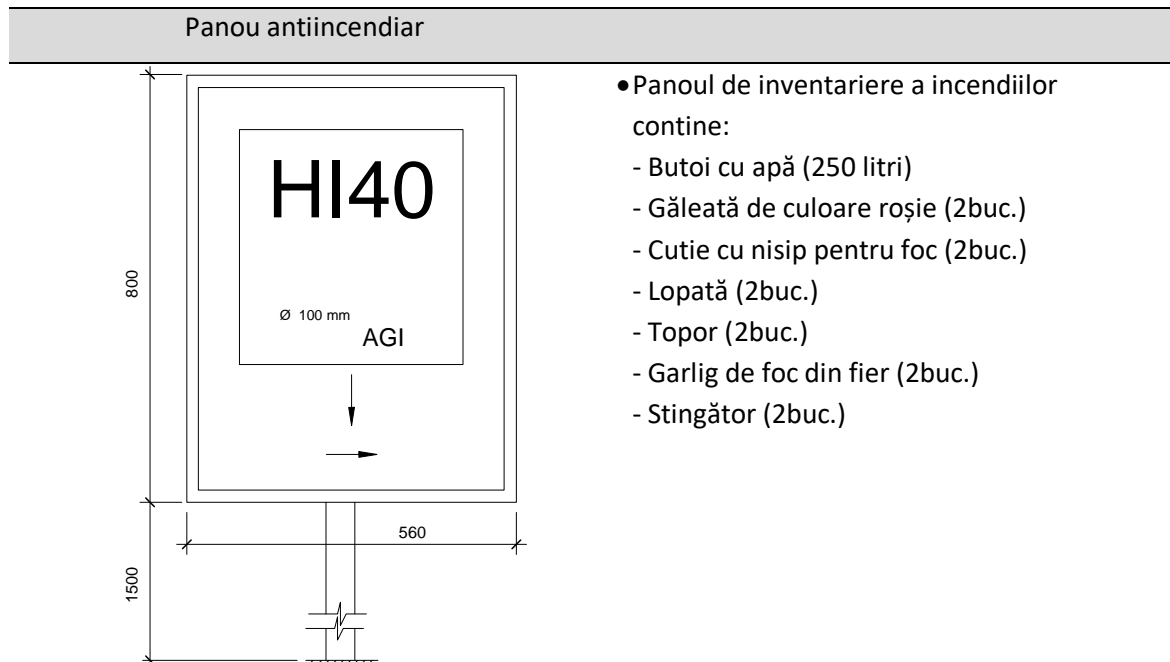
Pentru a asigura protecția mediului și controlul mediului pe parcursul lucrărilor de construcție și celor de asamblare, contractantul și/sau organizațiile sub-contractante sunt obligate să:

- depoziteze deșeurile de construcție în locuri oferite în cadrul proiectului, cu încărcarea acestora ulterioară și eliminarea la cariere urbane;
- evacuarea deșeurilor de construcție de la etajele superioare prin jgheaburi.
- păstrarea zonelor verzi pe cât de mult posibil (arbori, arbuști, etc.).
- asigurarea spălării roților unităților de transport care vor pleca de pe teritoriul șantierului

8.9.3 Măsuri anti-incendiu

- Pe teritoriul șantierului de construcție trebuie să fie plasate paneele anti-incendiu cu următoarea compoziție a inventarului anti-incendiu: topor - 2 unități; -cazane 2 unități; -lanț cu cârlige 2 unități; -vas de apă, volum 200l; cutie de nisip – 1 unitate.
- Clădirile și edificiile provizorii sunt echipate cu stingătoare de incendii, lucrătorii sunt instruiți cu privire la măsurile de protecție anti-incendiu la locul de muncă și pe șantier.
- Toate drumurile și traseele către hidranții desemnați pentru incendii trebuie să fie în stare operațională, să fie fără bariere și să fie iluminate pe timp de noapte. Șantierul de construcție și clădirea în construcție trebuie să fie menținute curate.
- Este interzis de încălzit surcele; fumatul este permis doar în locuri special desemnate, este interzis de a păstra lichide inflamabile și ușor fuzibile în ambalaje deschise, cât și materiale de izolare, materiale fibroase împreună cu substanțe inflamabile.

Tabela 4 Panou antiincendiar



8.9.4 Referințe

1. NCM A.07.02-2012 "Procedura de elaborare, avizare, aprobare și conținutul cadru al documentației de proiect pentru construcții"

2. NCM A.08.02-2014 “Securitatea și sănătatea muncii în construcții”.
3. Directiva Consiliului 92/57/EEC din 24 iunie 1992 privind cerințele minime de securitate și sănătate care se aplică pe șantierele temporare sau mobile
4. CP A.08.06:2014 “Instrucțiuni privind elaborarea proiectelor de organizare a construcției”

<http://www.containex.ro/-/m/images/ctx/pdf-ctx/technische-beschreibungen/technische-beschreibung-bmsaga.ashx>