



PROCON Plus

Janusz Superson

56-400 Oleśnica, ul. 11 Listopada 31/1 ☎ (0-71) 314-97-47 lub 0604-13-40-85

NAZWA OBIEKTU:	ADRES OBIEKTU:	NR. DZIAŁKI:
Zabytkowe kurtynowe mury obronne w strefie I	56-400 Oleśnica, ul. Młyńska 3 a Sejmowa 10	-----

Zarządca nieruchomości Urząd Miasta ul. Rynek-Ratusz 56-400 Oleśnica	BRANŻA: KONSTRUKCJA		EGZ. NR
	STADIUM: EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem wykonawczym zabezpieczenia i naprawy zabytkowego kurtynowego muru obronnego w rejonie ulic Młynarskie i Sejmowej (pomiędzy budynkami Sejmowa 10 i Młynarska 3a)		
PROJEKTANT-OPINIODAWCA mgr inż. Janusz Superson	Nr. Uprawnień:	Data:	Podpis
WSPÓŁPRACA mgr inż. Piotr Ryglicki	Nr. Uprawnień:	Data:	Podpis
SPRAWDZAJĄCY nie dotyczy			
ZAWARTOŚĆ DOKUMENTACJI <u>CZĘŚĆ OPISOWA</u> 1. WSTĘP 2. INFORMACJE OGÓLNE 3. WYNIKI 4. ZALECENIA 5. NORMATYWY	¹ <u>CZĘŚĆ RYSUNKOWA I ZAŁĄCZNIKI</u> 1. <u>inwentaryzacja murów</u> 2. <u>obliczenia;</u> 3. <u>dokumentacja fotograficzna</u>		
ADNOTACJE URZĘDOWE			

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

SPIS TREŚCI

KONSTRUKCJA	1
EKSPERTYZA BUDOWLANA	1
SPIS TREŚCI	2
1. Wstęp	3
1.1. Obiekt poddany ekspertyzie	3
1.2. Cel ekspertyzy	3
1.3. Zakres ekspertyzy	3
1.4. Podstawa formalna	4
2. Informacje ogólne	4
2.1. Informacje historyczne.	4
3. Inwentaryzacja stanu istniejącego	11
3.1. UWAGI OGÓLNE	11
3.2. WPŁYW WARUNKÓW POSADOWIENIA	12
3.3. DZIAŁANIE WODY I WILGOCI	14
3.4. WPŁYW CZYNNIKÓW ATMOSFERYCZNYCH	16
3.5. WPŁYW AGRESJI OTACZAJĄCEGO ŚRODOWISKA	17
3.6. WPŁYW PROCESÓW BIOLOGICZNYCH	19
3.7. KOROZJA NAPRĘŻENIOWA MATERIAŁÓW	20
3.8. WPŁYW WYSOKICH TEMPERATUR	21
3.9. WPŁYW WSTRZĄSÓW I DRGAŃ	21
3.10. WPŁYW WAD KONSTRUKCYJNYCH I WYKONAWSTWA	22
3.11. WPŁYW WARUNKÓW UŻYTKOWANIA	24
4. METODYKA I ZAKRES PRZEPROWADZONYCH BADAŃ ZAGROŻONYCH MURÓW:	26
5.0. Obliczenia statyczne muru	27
5.1 Wiadomości wstępne.	27
5.2. Stateczność ze względu na przesuw.	27
5.3 Stateczność ze względu na obrót.	28
5.4. Obliczenia statyczne wykonane dla zabytkowego muru oporowego przy ul. Młynarskiej 3 w Oleśnicy.	29
5.5 <i>Wnioski przekrojów a) i b):</i>	32
6. Wyniki obliczeń	34
6.1 METODY ZABEZPIECZANIA I OCHRONY OBIEKTÓW ZABYTKOWYCH	34
6.2 Zabezpieczenie Prewencyjne	35
6.3 Zabezpieczenie Trwałe	38
7. Wnioski:	39
8. Proponowane rozwiązania konstrukcyjne	39
8.1. WARIANT 1	40
8.2 WARIANT 2	41
9. Zalecenia i wytyczne naprawy (remontu).	42
10. Normatywy:	43
11. Załączniki	44
12. załącznik nr 6 Wzmacnianie gruntu metodą Jet Grouting	45
13. Obliczenia ścianki szczelnej z profili stalowych wciskanej w grunt.	47
14. Zestawienie dokumentacji fotograficznej z komentarzem	55

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
--	--

1. Wstęp

1.1 Obiekt poddany ekspertyzie

Odcinek kurtynowych murów obronnych w strefie I (tj. w obrębie budynków między ul. Sejmowa 10 a Młynarską 3a)

Art. 3 Prawa Budowlanego

Definicje ustawowe

Ileż w ustawie jest mowa o:
 obiekcie budowlanym - należy przez to rozumieć:

budowli - należy przez to rozumieć każdy obiekt budowlany niebędący budynkiem lub obiektem małej architektury, jak: lotniska, drogi, linie kolejowe, mosty, wiadukty, estakady, tunele, przepusty, sieci techniczne, wolno stojące maszty antenowe, wolno stojące trwale związane z gruntem urządzenia reklamowe, budowle ziemne, obronne (fortyfikacje), ochronne, hydrotechniczne, zbiorniki, wolno stojące instalacje przemysłowe lub urządzenia techniczne, oczyszczalnie ścieków, składowiska odpadów, stacje uzdatniania wody, konstrukcje oporowe, nadziemne i podziemne przejścia dla pieszych, sieci uzbrojenia terenu, budowle sportowe, cmentarze, pomniki, a także części budowlane urządzeń technicznych (kotłów, pieców przemysłowych, elektrowni wiatrowych i innych urządzeń) oraz fundamenty pod maszyny i urządzenia, jako odrębne pod względem technicznym części przedmiotów składających się na całość użytkową;⁷

1.2. Cel ekspertyzy

Celem ekspertyzy jest sprawdzenie stateczności i ocena bezpieczeństwa (w świetle art. 61 ustawy Prawo budowlane (t. j. Dz. U. z 2003 r., Nr 207, poz. 2016, zm. w Dz. U. z 2004 r., Nr 6, poz. 411, Nr 92 poz. 8812, Nr 93 poz. 8883, Nr 96 poz. 9594, Dz. U. z 2005 r. Nr 113, poz. 9545, Nr 163, poz. 13626, Nr 163 poz. 13647, Nr 169, poz. 14198) wraz z późniejszymi zmianami) możliwości dalszego użytkowania zabytkowych kurtynowych murów obronnych w strefie I wraz z projektem rozwiązań naprawy ww. murów z uwzględnieniem warunków geotechnicznych podłoża.

1.3. Zakres ekspertyzy

Ekspertyza obejmuje swym zakresem :

- a) wizję lokalną,
- b) wykonanie dokumentacji geotechnicznej,
- b) wykonanie odkrywek muru,
- c) inwentaryzację muru na rozpatrywanym odcinku,

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

- d) ocena techniczna stanu konstrukcji murowej, wykrycie prawdopodobnych przyczyn zaistniałego stanu – propozycje rozwiązania,
- e) wykonanie analizy nośności muru, aby ocenić skale oraz rodzaj wzmocnienia.
- f) wykonanie dokumentacji fotograficznej z wizji lokalnej oraz odkrywek,
- g) konieczne obliczenia proponowanych rozwiązań naprawy ww. murów,
- h) ocena wpływu przeprowadzonych robót na sąsiadujące budynki, oraz w razie konieczności sposobu ich zabezpieczenia na czas robót,
- i) wykonanie wskaźnikowego zestawienia kosztów WZK,
- i) zebranie wniosków końcowych i wydanie opinii.

1.4. Podstawa formalna

Umowa nr 32/1P/2006 zawarta w dniu 2 maja 2006 pomiędzy Miastem Oleśnica z siedzibą 56-400 Oleśnica Rynek-Ratusz a firmą PROCON PLUS Janusz Superson z siedzibą przy ulicy 11-listopada 31/1, 56-400 Oleśnica.

2. Informacje ogólne

2.1. Informacje historyczne.

Fortyfikacje miejskie

Opracowano na podstawie cyklu artykułów prof. Mirosława Przyłęckiego zamieszczonych w Panoramie Oleśnickiej nr 37, 39, 41, 44, 46 z 1994 r. Stamtąd także pochodzą rysunki "architektoniczne". Ogólne rysunki pochodzą z książki Janusza Bogdanowskiego - Architektura obronna w krajobrazie Polski.

Fortyfikacje ziemno - drewniane

Pierwszą fortyfikacją na obszarze Oleśnicy był gród obronny - później zamek. Ludność okolicznych osad mogła się, w nim chronić w razie nadejścia wrogów. Po roku 1255 - zapewne obszar tego załazkowego miasta lokacyjnego powinien być otoczony jakąś prowizoryczną strukturą obronną, np. drewnianą palisadą lub (i) rowem wzmocnionym częstokołem z zastrzonych pali drewnianych.

Fortyfikacje ceglane

Proces przebudowy wałów na nowoczesne formy architektury obronnej zapoczątkował po 1320-1323 r. książę Konrad I Oleśnicki. Poszczególne odcinki wałów rozbierano, zastępując je wysokimi (7-8 m) ceglanymi murami zwieńczonym blankami (wręby i zęby) z umieszczonymi pomostami bojowymi. Na jednym z najwcześniejszych szkiców przypisywanych Wernerowi - występuje w murach także dodatkowa (oprócz wrębów i

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
--	--

zębów) strzelnica. Budowa murów obronnych trwała kilka-kilkanaście lat. Dla potrzeb budowy murów wzniesiono cegielnię.

Rozwój uzbrojenia i jego wpływ na konstrukcje murów obronnych

Do ok. połowy XV w. podstawowym uzbrojeniem obraniających i atakujących miasta były kusze ręczne i niekiedy ciężkie. Dla tego typu uzbrojenia istniejące konstrukcje murów miejskich spełniały swoje zadania.

Zachowane elementy oleśnickich fortyfikacji miejskich

Pomimo imponującej długości zachowanych murów kurtynowych - nie istnieje żaden z odcinków

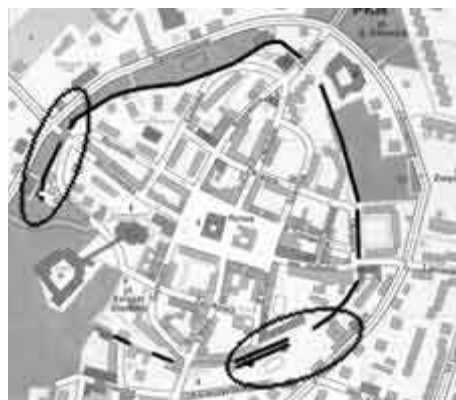
o pełnej wysokości, to znaczy z pomostem bojowym, blankami i zadaszeniem. W wieku XIX o mury nie dbano, nie odbywała się ich konserwacja i najczęściej były one obudowywane różnego rodzaju budowlami (komórki, szopy itp.), w których mur stanowił jedną ze ścian. Dlatego mur był tylko częściowo odsłonięty. Widać to na planie z 1928 r., na którym zarys muru (czarno-biała linia) jest na znacznej długości jakby przzerwany.

W latach 60-tych rozpoczęto renowację murów i prace te konsekwentnie trwają. W 2002 r. wykonano rekonstrukcję niewielkiego odcinka murów obok Bramy Wrocławskiej - z pełną wysokością i z pomostem bojowym oraz zadaszeniem. Pozostałe 3 bramy miejskie zostały rozebrane w 1868 r.

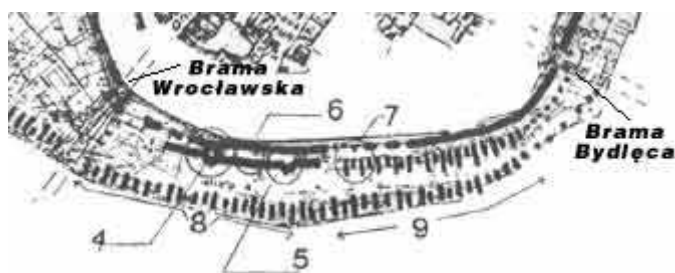
Do zachowanych elementów fortyfikacji Oleśnicy należą:

1. Brama Wrocławska
2. Czatownia
3. Łupinowa basteja zachodnia
4. Basteja południowa
5. Wykusz trójkątny
6. Zwinger (między murze)
7. Nasypy nowożytnie
8. Odcinki fosy obronnej
9. Odcinki muru z fundamentem filarowo - łukowym
10. Końcowy odcinek muru przy wejściu do fosy zamkowej od wschodu

Obrona miasta przed atakami - bractwa kurkowe
(gildie strzeleckie).



Część zachodnia fortyfikacji.
Obejmuje elementy pokazane na
sąsiednim rysunku - planie miasta.



Część południowa fortyfikacji

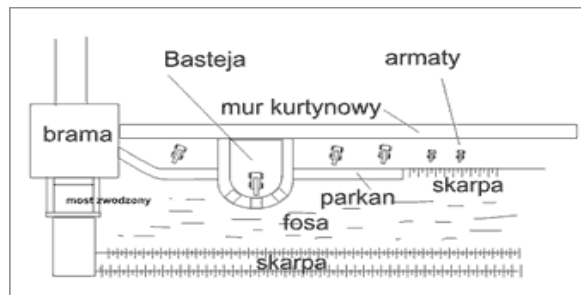
Zwinger

Wprowadzenie broni palnej zmusza do dostosowania budowli obronnych do nowych form walki

i parametrów artylerii prochowej. Już od połowy XV wieku restaurując uszkodzone w 1432 r. (husyci) wieże i mury kurtynowe, rozpoczęto wznosić drugi - zewnętrzny pierścień obwarowań - zwany z czeskiego - parkanem. (inne informacje wskazują, że ich budowę rozpoczęto po 1521 r. za czasów Karola I Podiebrada w związku z zagrożeniem tureckim). Był on oddalony od pierścienia wewnętrznego o ok. 6-9 m. Ten mur był znacznie niższy (wysokość jego nie przekraczała 3m.) i cieńszy (ok. 75-90 cm). Prawdopodobnie chronił on podstawę muru wewnętrznego przed zniszczeniem ogniem artyleryjskim nieprzyjaciela i stworzenia tzw. wyłomu. Ponadto umożliwiał umieszczenie na nim własnej artylerii w punktach newralgicznych - np. w pobliżu bram miejskich.

PROCON PLUS
Janusz Superson
11 Listopada 31/1
56-400 Oleśnica

EKSPERTYZA BUDOWLANA
wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów
obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i
Sejmowa 10
Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz



Było to zapewne tańsze rozwiązanie niż budowa potężnych bastii zdolnych przenieść ciężar armat wraz z amunicją. W innym przypadku mogły wystąpić trudności z umieszczeniem obronnego uzbrojenia artyleryjskiego.

Przestrzeń międzymurza z niemiecka zwano "Zwinger". Ten drugi pierścień murów konsekwentnie zbudowano jedynie po obu stronach dawnej Bramy Wrocławskiej.



Fot. Jacek Nienałtowski

Międzymurze (Zwinger) - pas ziemi pomiędzy murem kurtynowym a murem niskim - parkanem. Tu mogły stać armaty.

Za bastiją widoczną na powyższym zdjęciu - usytuowana był wieża obronna (brama) rozebrana w 1868 r. Dalej, ciągnął się następny odcinek muru pokazany na poniższym prawym zdjęciu.

PROCON PLUS
Janusz Superson
11 Listopada 31/1
56-400 Oleśnica

EKSPERTYZA BUDOWLANA
wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów
obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i
Sejmowa 10
Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz



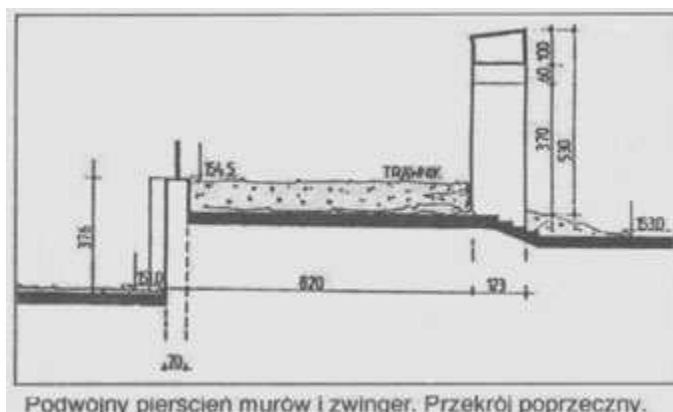
Odcinek "parkanu" przylegający do muru pokazanego na prawym rysunku.

Za nim z lewej strony na odległości ok. 100 m. - fosa zamku



Odcinek "parkanu" najbliższy byłej bramie. Mur kurtynowy - rozebrany. Na zwingerze wybudowano domy. Z mapy z 1928 r. wynika, że mur kurtynowy wówczas jeszcze istniał i łączył się z domem pokazanym na rysunku z lewej.

Odcinek podwójnego pasma fortyfikacji składa się z reliktyw zachowanej kurtyny z XIV w. (pierwotna wysokość do ok. 10 m), pasma międzymurza i kurtyny parkanu (pierwotna wys. 4-5 m). Po roku 1530 wzniesiono w odległości ok. 8-9 m od pierwszej kurtyny - odcinek południowy zewnętrznego pasma murów (parkanu), a fosę poszerzono i pogłębiono. Mur wewnętrzny z cegły gotyckiej o wym. 9-11/12-14/25-26 cm i wążku polskim zachowany tu do wys. 5-6 m położony jest dzisiaj wzdłuż ul. B. Prusa. Odcinek muru zewnętrznego posiada podobną strukturę, choć cegła jest średnio nieco niższa (8-10 cm) i dłuższa (26-27 cm).



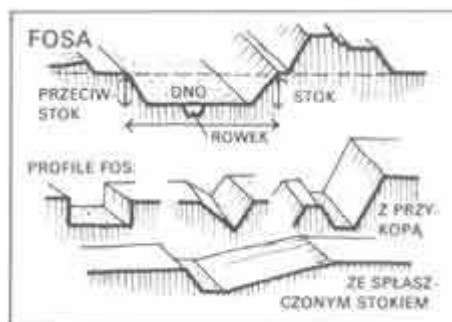
Podwójny pierścień murów i zwinger. Przekrój poprzeczny.

Pasma międzymurza stanowił skwer trawiasty osłonięty od strony fosy (tereny rekreacyjne) ażurową prostą metalową balustradą umocowaną na koronie parkanu. W tym odcinku podwójnego pierścienia murów znajduje się wieża artyleryjska i wykusz trójkątny. Po stronie zachodniej do Bramy Wrocławskiej (oś ul. 3 Maja) zachował się tylko odcinek zewnętrzny pasma murów – parkan.

Tekst oparto na pracach prof. Mirosława Przyłęckiego.

Odcinek fosi obronnej w południowo-wschodnim paśmie obrony

Pierwsze odcinki fos miejskich powstały zapewne w końcu XIII w. i otoczyły pierwsze obwarowania miejskie - przynajmniej od strony południowej i wschodniej.



W XIV w. w związku z budową fortyfikacji murowanych, odcinki południowe fos, graniczące od wschodu z bagnami otaczającymi część zamku, uregulowano. Od roku 1530 odcinek południowy fos - w związku z budową 2 pasma murów - po obu stronach Bramy Wrocławskiej poszerzono do ok. 40 m i pogłębiono do ok. 4 m. W II połowie XIX w. fosy częściowo zasypano oraz zwężono od strony południowej wytyczając nowe szerokości ulic. W latach 1962-65 odcinek fosy zagospodarowano jako teren rekreacyjny. W roku 1972 wzniesiono tu Pomnik Ery Kosmicznej.



Fot. Jacek Nieniałowski

Widok dawnej fosy z obecnie usytuowanym rekreacyjnym
boiskiem sportowym. Na końcu fosy widoczne wzniesienie
Pomnika Ery Kosmicznej

Ten odcinek fosy, którego początki sięgają XIV w. poszerzono i pogłębiono w połowie XVI w.

w związku z rozbudową południowego odcinka obwarowań miejskich. Wobec zredukowanej struktury obwarowań tego odcinka (tylko zwarty pierścień murów miejskich i wał ziemny - nasyp) fosa spełniła tu dość zasadniczą rolę przeszkody wodnej pomiędzy Bramą Wrocławską a Bramą Bydłęcą. W XVII w. nasyp ziemny częściowo niwelowano, a fosę częściowo

zasypano. W pocz. XX w. wzniesiono w poprzek tego odcinka fosi wielokondygnacyjny budynek przemysłowy. Po 45 r. tego odcinka fosi nie zagospodarowano.

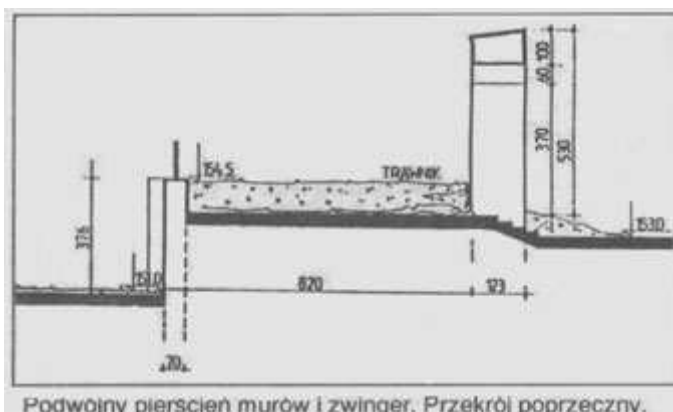
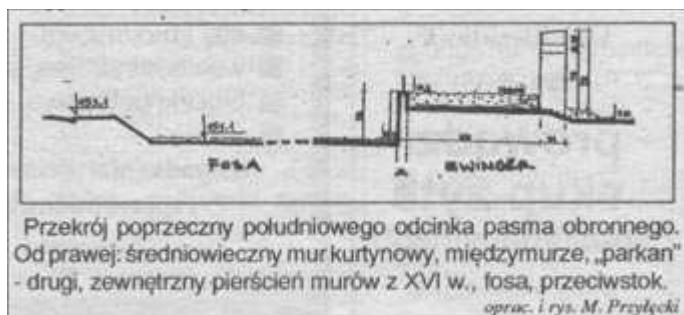
Odcinek wschodni fosi południowej ogranicza nasyp obronny (wał ziemny) od północy i ul. Kilińskiego od strony południowo-wschodniej. Jest przedłużeniem odcinka fosi przed podwójnym pierścieniem murów miejskich, wmurowanych bastej i trójkątnym wykuszem. Rozgraniczenie stanowi omurowany wykop wylotu kanału ściekowego, dzielący dwa dość interesujące i nieźle zachowane warianty rozbudowanego pasma obwarowań miejskich:

- a) podwójny pierścień murów + nasyp + fosa;
- b) pojedynczy pierścień murów + nasyp + fosa.

Stok wewnętrzny o nachyleniu 50-60 stopni zachował się dość dobrze, choć miejscami jest rozmyty

i zniekształcony. Porastają go drzewa i krzewy. Przeciwstok zewnętrzny o nachyleniu ok. 50 stopni jest miejscami zabezpieczony murem oporowym. Dno fosi lokalnie zagruzowane i zaśmiecone.

W poprzek fosi od strony wschodniej stoi budynek przemysłowy z pocz. XX w., którego budowa spowodowała niwelację odcinka nasypów i zniekształcenia pierścienia obwarowań.



Tekst oparto na pracach prof. Mirosława Przyłęckiego.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

3. Inwentaryzacja stanu istniejącego

Na podstawie przeprowadzonych wizji lokalnych, niezbędnych pomiarów oraz odkrywek stwierdzono, co następuje:

3.1. UWAGI OGÓLNE

Budowle i konstrukcje murowane z biegiem czasu ulegają stopniowo procesom destrukcyjnym, których przebieg bywa bardzo różnorodny i zależy zarówno od własności fizykochemicznych materiałów, jak też rodzaju konstrukcji, wieku budowli, warunków pracy, zdarzeń losowych itp. Niektóre z procesów destrukcyjnych przebiegają bardzo powoli, wywołując w elementach konstrukcyjnych i materiałach nie zawsze nawet uchwytne i dostrzegalne zmiany lub odkształcenia. Do takich między innymi należą również odkształcenia, które powstają wskutek nieprzerwanie działającej siły ciężkości. W tym przypadku po dłuższym czasie powstają nieznaczne ugięcia stropów, osiadanie podpór, deformacje sklepień itp. Odkształcenia te nie są groźne w budynkach wykonanych poprawnie pod względem technicznym, jeśli nie towarzyszą temu inne czynniki, a zwłaszcza zjawisko starzenia się i rozkładu materiału.

Zjawisko starzenia się w materiałach i konstrukcjach murowanych rozwija się pod wpływem długotrwałego działania otaczającego środowiska bez przebiegu określonych reakcji chemicznych wywołanych czynnikami zewnętrznymi. Wpływ na starzenie się wywierają głównie czynniki fizyczne występujące przede wszystkim w konstrukcjach nieosłoniętych w związku z działaniem zjawisk klimatycznych, a więc powtarzających się okresowo zmian wilgotności względnej otaczającego powietrza, zmian temperatury, bezpośredniego działania promieni słonecznych, wiatru, opadów atmosferycznych w postaci deszczu i śniegu. Proces starzenia się budowli murowanych przebiega, więc naturalnym biegiem rzeczy i trudny jest do zahamowania.

Zjawiska starzenia się w praktyce trudno jest też wyodrębnić i odgraniczyć od procesu rozkładu chemicznego. Materiały i konstrukcje po pewnym okresie czasu pod wpływem działania szkodliwych substancji ulegają również stopniowo przeobrażeniom chemicznym.

Zjawisko to powstaje w wyniku szeregu nawarstwiających się i współdziałających ze sobą skomplikowanych procesów fizycznych, chemicznych, a niekiedy i biologicznych, przy czym działanie synergiczne tych czynników wiąże się z przemianą tworzywa na drodze reakcji chemicznych. Duży wpływ na destrukcję chemiczną wywiera agresja środowiska otaczającego materiały i konstrukcje murowane.

Wiele zniszczeń w budowlach i konstrukcjach murowanych wywołuje działanie czynników mechanicznych, a zwłaszcza spowodowanych zachodzącymi przeobrażeniami i deformacją podłoża, na którym jest posadowiona budowla, zmianą stosunków wodnych w sąsiedztwie budowli oraz naruszeniem równowagi mas ziemnych. Mechaniczne uszkodzenie budowli może być również wywołane wstrząsami i drganiami pochodzącymi najczęściej z bodźców

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

zewnątrznych. Wstrząsy i drgania naruszają spójność konstrukcyjnych warstw układów murowanych i sprzyjają rozwijaniu procesów destrukcyjnych pochodzących z innych źródeł.

Szkodliwe działanie czynników fizycznych, chemicznych i mechanicznych mogą przyspieszyć ujemne cechy materiałów, wady konstrukcyjne tkwiące w wielu budowlach zabytkowych, warunki użytkowania, a zwłaszcza świadoma lub nieświadoma działalność człowieka, wprowadzająca najrozmaitsze zmiany funkcji i przeznaczenia budowli. Niszczenie zabytków mogą spowodować także inne czynniki, wśród których szczególnie groźne w następstwach i trudne do opanowania są pożary, powodzie, niekiedy działania sejsmiczne, wreszcie działania wojenne.

W analizie objawów i skutków działania różnych czynników niszczących nie można pominąć też czasu i wpływu bezpośredniego otoczenia zabytku.

W ciągu setek lat czas nieubłaganie zmienia formy życia, potrzeby i wymagania techniczne. Zmiana zaś warunków przyrodniczych otaczających zabytek wpływa na to, że powierzchnia terenu wraz ze znajdującymi się na niej zasobami przyrody ulega stałemu przekształceniu. Czas i zmiany warunków przyrodniczych stają się powodem, że nawet najdoskonalsze budowle pod względem technicznym, konstrukcyjnym i materiałowym ulegają zgubnemu wpływowi destrukcji.

Rejestracja objawów i skutków zniszczeń, analiza zjawisk i wszelkich okoliczności sprzyjających niszczeniu oraz rozpoznanie źródeł je wywołujących są niezwykle ważne w działalności konserwatorskiej. Bez wyjaśnienia charakteru i przyczyn powodujących zniszczenia trudno jest w sposób właściwy dobrać środki techniczne pozwalające na skuteczne podtrzymanie egzystencji zabytku.

3.2. WPŁYW WARUNKÓW POSADOWIENIA

Do najgroźniejszych w następstwach, a nieraz i najtrudniejszych do opanowania przyczyn powodujących zniszczenie zabytków należą te, które powstają w związku z przeobrażeniami zachodzącymi w podłożu, na którym posadowiona jest budowla.

Proces przeobrażeń w gruntach jest bardzo skomplikowany i niejednokrotnie bywa trudny do wyjaśnienia.

Na podstawie dotychczas ujawnionych przypadków i przyczyn uszkodzeń budowli zabytkowych

w związku ze stanem podłoża można zauważyć, że naruszenie wytrzymałości i eksploatacyjnej przydatności gruntów bywają spowodowane głównie na skutek następujących zjawisk:

- a) Anomalnych cech gruntu, które powodują okresowe ruchy podłoża. Tymi cechami charakteryzują się zwłaszcza grunty spoiste (iły, gliny, lessy, pyły). W tym przypadku

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

zwłaszcza silny wpływ na te zjawiska wywierają zmiany wilgotności i fluktuacje klimatyczne.

Nadmierne zawilgocenie gruntów następuje najczęściej w związku ze spiętrzeniem cieków wodnych przy gwałtownych lub długotrwałych opadach atmosferycznych, przy nieszczelnościach sieci kanalizacyjnej i wodociągowej. W tym stanie w gruntach makroporowatych, przy koncentracji naprężeń pod fundamentami, następuje osiadanie zapadowe, pociągające za sobą nierównomierne osiadanie poszczególnych części budynku lub zapadanie fundamentów, a w konsekwencji tworzenie się rys i spękań w murach i innych elementach konstrukcyjnych budynku.

b) Specyfiki pracy i deformacji gruntu pod budynkiem, na skutek niekorzystnej konfiguracji fundamentów i nieprzystosowanej konstrukcji.

W tym przypadku szczególnie niekorzystny wpływ na naprężenia w gruncie wywierają budynki o wydłużonym lub załamany zarysie, albo posiadające nieprawidłowy kształt fundamentów, lub posiadające układ bryły niewyważonej statycznie, wskutek czego powstają przemieszczenia gruntu z powodu nierównomiernej kompresji.

c) Niewłaściwej eksploatacji terenu w zasięgu budowli, w rezultacie, czego zostają naruszone przyrodnicze właściwości gruntu i powstają niekorzystne dla budowli i jej otoczenia warunki.

Zjawiska te występują zwłaszcza w niektórych regionach Polski na terenach leżących w zasięgu starych i nowych podziemnych wyrobisk. W tym z kolei przypadku na skutek ruchów tektonicznych, nad zapadającym się wyrobiskiem powstaje niekiedy osiadania powodująca zmianę konfiguracji terenu: tworzą się wklęsłości, wypukłości i pękanie terenu, pociągające za sobą naruszenie równowagi mas ziemnych i w efekcie bardzo poważne uszkodzenie budynków, a nawet katastrofę.

Spękanie i przemieszczanie poszczególnych części budynków murowanych następują również na obszarze starych dzielnic miejskich wskutek zapadania się dawniej istniejących budowli podziemnych (np. piwnic kilkupoziomowych, przejść, kanałów itp.).

d) Zmiany warunków hydrogeologicznych na skutek zachodzących przeobrażeń w przyrodzie, świadomej lub nieświadomej działalności człowieka albo innych, niedających się przewidzieć przyczyn.

Do szczególnie niebezpiecznych zjawisk, wpływających destrukcyjnie na podłoże, należy obniżenie zwierciadła wód gruntowych lub zmiana kierunku ich przepływu. W przypadku pierwszym zjawisko występuje najczęściej na skutek przemian zachodzących w stosunkach wodnych

w sąsiedztwie budowli zabytkowej, np. w związku z regulacją rzek i potoków, zniszczeniem systemu nawadniania urządzeń obronnych itp.

Zmiana stosunków wodnych lub wilgotności wpływa bardzo niekorzystnie na własności wytrzymałościowe podłoża pod fundamentami. W wielu gruntach na skutek przepływu wód lub ich oscylacji następuje wypłukiwanie drobnych i pylastych części. Procesy te pociągają za sobą zmiany struktury gruntów i w następstwie utratę początkowej wytrzymałości.

Podobne zjawisko zachodzi w gruntach wilgotnych lub nasyconych wysoko stojącą wodą gruntową w czasie zamarzania. Pod wpływem zamarzania i z kolei odmarzania powstają w

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

gruncie znaczne odkształcenia, co bardzo szkodliwie odbija się na fundamentach i podziemnych częściach konstrukcyjnych budowli.

Powolne, lecz stopniowe naruszenie równowagi mas ziemnych może być wywołane również sprzyjającą temu zjawisku budową geologiczną terenu i okresowym zwiększeniem opadów atmosferycznych. W obszarach nawodnionych następuje zaburzenie wód gruntowych, naruszenie równowagi terenu, jego spękanie i w konsekwencji tworzenie się ruchów zsuwowych.

Zwrócenie uwagi na warunki posadowienia w procesie badań przyczyn uszkodzeń budynków o konstrukcji murowanej ma ogromne znaczenie. Okazuje się, że wymienione wyżej zjawiska w różny sposób wpływają na uszkodzenia, chociaż z pozoru skutki są podobne. W związku z tym, analizując przyczyny uszkodzeń, trzeba przynajmniej w ogólnym zarysie znać okoliczności powstawania tych zjawisk. Zagadnienia te są bardzo specyficzne i w swej istocie wchodzą w zakres geologii inżynierskiej, hydrogeologii i mechaniki gruntów, stąd też trudno je w tym miejscu w sposób wyczerpujący wyjaśnić.

3.3. DZIAŁANIE WODY I WILGOCI

Woda we wszystkich jej postaciach: pary, cieczy i lodu, jest największym wrogiem wielu materiałów i konstrukcji. Wilgoć, przenikając do materiałów, uruchamia mechanizm wywołujący szkodliwe zmiany, w następstwie przebiegu procesów fizycznych, chemicznych lub biologicznych występujących często we wzajemnym powiązaniu.

W konstrukcjach murowanych pojawienie się wilgoci może być wywołane wskutek:

- absorpcji wilgoci zawartej w powietrzu przez porowate i higroskopijne materiały i zaprawy,
- przenikania pary wodnej w pory i szczeliny i skraplania się jej wewnątrz konstrukcji lub na jej powierzchni,
- zamakania powierzchniowego podczas opadów atmosferycznych lub infiltracji i wsiąkania w mury wody z innych źródeł,
- kapilarnego podciągania wody z podłoża.

Zawilgocenie struktury murów w budynkach zabytkowych stanowi pierwsze ogniwo procesu ich zniszczenia, zwłaszcza, gdy woda zawiera szkodliwe lub agresywne domieszki.

Mury obciążone o niejednorodnej strukturze, posiadające w swym składzie materiały higroskopijne, podczas nasycania wodą stają się mniej odporne na deformacje, tracą swoją pierwotną wytrzymałość i nośność.

Woda przenikająca do wewnątrz murów powoduje pęcznienie niektórych materiałów murowych i zapraw oraz stopniowo rozpuszcza substancje wiążące. Przeciekać zaś przez mur woda przyczynia się do mechanicznego wypłukiwania składników mineralnych zapraw i słabiej spojonych ziaren materiałów, co jak wspomniano uprzednio sprzyja intensywności przebiegu zjawisk deflacji, ablacji i korozji.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

W czasie zamarzania woda, zmieniając się w lód, powiększa swoją objętość o około 9%, przez co wywołuje znaczny wzrost ciśnienia na otaczający materiał. Już przy spadku temperatury do 0°C ciśnienie na ściankę materiału wynosi ok. 100 kG/cm², przy 10°C ciśnienie wzrasta do 1139 kG/cm², a przy -20°C do 2050 kG/cm². W wyniku tego zjawiska powstają w materiale nadmierne odkształcenia, które w słabszych częściach przekroju konstrukcji powodują naruszenie spójności i zwięzłości struktury, przesunięcia lub pęknięcia kamieni i cegły oraz epidermiczne deformacje w postaci wybrzuszeń i oddzielania się warstw. Periodyczne zmiany topnienia i zamarzania ułatwiają erozję, a przenikanie do wnętrza innych czynników korozyjnych może doprowadzić do katastrofy.

Części budowli murowanych zagłębione w gruncie i stykające się z nim ulegają zawilgoceniu na skutek tego, że grunt zawsze jest nasycony większą lub mniejszą ilością wody. Zdolność kapilarnego podciągania wody w murach, ponad poziom gruntu nasyconego wodą, dochodzi nawet do 3 m. Jeśli przy tym woda gruntowa zawiera szkodliwe dla materiałów budowlanych składniki (np. kwasy organiczne, rozpuszczone sole, ługi itp.), wówczas nieodporne na ich działanie materiały i zaprawy wchodzące w reakcje chemiczne ulegają niekorzystnym przeobrażeniom, a nawet rozpadowi.

Niebezpieczne dla budowli mogą okazać się też wody płynące w potokach lub rzekach albo wody spływające po powierzchni terenu w kierunku budowli, wsiąkające w grunt i przyczyniające się do naruszenia układu hydrogeologicznego danego podłoża.

W czasie powodzi woda atakuje dolne części budowli, rozmywa grunt, obnaża fundamenty. Często wezbrane wody podmywają brzegi, powodują zsuwanie i pełzanie mas ziemnych, na których stoją budowle, co z kolei staje się przyczyną bardzo poważnych uszkodzeń, a nawet zawalenia budowli.

W wielu przypadkach powodem zniszczenia materiałów i konstrukcji murowanych jest działanie korodujących elementów stalowych. Wilgoć przyspiesza korozję kotwi stalowych, za pomocą których ściany są związane w płaszczyznach poziomych ze stropami. Wskutek korozji zamocowane w murach kotwie lub inne elementy, jak haki, klamry itp., powiększają znacznie swoją objętość i stają się przyczyną rozsadzenia struktury kamieni i murów.

Wilgoć może również wywołać niszczący wpływ na stateczność i trwałość stropów drewnianych, a przez nie na mury. Niezabezpieczone od działania wilgoci stropy drewniane, zwłaszcza przy podporach, ulegają zniszczeniu z powodu rozwijających się procesów biologicznych, w następstwie, czego wskutek osłabienia przekroju stropu mogą nastąpić przemieszczenia i poważne uszkodzenia ścian nośnych. Podobne skutki wywołać może również korozja stropowych belek stalowych.

Przy daleko posuniętym zniszczeniu przekroju belek stropowych i kotwi zostaje naruszona współpraca poziomych stężających elementów konstrukcyjnych ze ścianami. W następstwie tego zwiększają się odkształcenia stropów, przy tym rozwijają się ukośnie działające na ściany reakcje. Nieprzytrzymane belkami lub kotwami ściany ulegają nadmiernym przemieszczeniom lub wyboczeniu, co nieuchronnie prowadzi do awarii.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

W murach silnie zawilgoconych niebezpieczne może się okazać również gwałtowne osuszenie. Przy wysychaniu materiałów murowych następuje stopniowa dehydratacja substancji mineralnych, w wyniku, czego powstaje zjawisko kurczenia się poszczególnych składników muru; kurczenie z kolei wywołuje powstawanie naprężeń powierzchniowych, a w konsekwencji pękanie, rozwijanie się rys, stopniowe rozwarstwianie, odpadanie i łuszczenie warstw powierzchniowych, a później wgłębnych.

Destrukcyjne działanie wody i wilgoci jest tym intensywniejsze, im więcej przenika do murów rozpuszczonych substancji niszczących materiały.

3.4. WPŁYW CZYNNIKÓW ATMOSFERYCZNYCH

Tworzywo prawie wszystkich materiałów i konstrukcji murowanych odznacza się większą lub mniejszą porowatością, skłonnością do pęcznienia i zmian wskutek działania otaczającego klimatu.

Wskutek działania opadów atmosferycznych oraz rosy i mgły, woda i wilgoć mają możliwość przenikania do wnętrza struktury i powodują jej zniszczenie.

Konstrukcje murowane narażone na silne nagrzewanie promieniami słonecznymi lub poddane działaniu niskich temperatur doznają wahań wymiarów przestrzennych. W związku z tym można zaobserwować na powierzchni murów drobne rysy i spękania, deformacje w postaci zwichrzeń

i wybrzuszeń oraz wzrost kruchości materiałów. Rysy i spękania stwarzają sprzyjające warunki

do penetracji wilgoci i opadów atmosferycznych.

Zmiany temperatury, zmiany wilgotności powietrza i przenikające opady atmosferyczne wywołują różne skutki.

Przede wszystkim w materiałach i konstrukcjach daje się zauważyć osłabienie spoiwości struktury. Kamienie, cegła i zaprawa stają się bardziej porowate, zaczynają pęcznieć i kruszeć, ujawniają ubytek substancji i w związku z tym zmniejsza się ich ciężar właściwy i obniżają się własności mechaniczne. Działanie to powoduje z kolei powstawanie naprężeń wewnętrznych, które przy jednoczesnym działaniu nierównomiernie rozłożonych sił zewnętrznych prowadzi do lokalnej koncentracji naprężeń, deformacji, spadku wytrzymałości i zniszczenia murów. Zniszczenia i deformacje przebiegają tym szybciej, im kamień lub produkty ceramiczne posiadają większe nieregularności strukturalne, im słabsza jest przyczepność zaprawy do materiałów i im więcej jest w przekroju pracującym pustek, kawern, szczelin i pęknięć.

Ruchy termiczne sprzyjają również przedwczesnemu starzeniu się warstw ochronnych, a więc wypraw i izolacji, które oddzielają się od powierzchni ścian lub innych konstrukcji, obnażają je i powodują konsekwencje wyżej opisane.

W wielu przypadkach poważne szkody lub zniszczenia mogą spowodować wiatry. Porywiste lub huraganowe wiatry zrywają dachy, wywracają ściany i konstrukcje słabo

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

związane z innymi elementami statecznymi budynku lub te, które nie posiadają dostatecznej własnej sztywności.

Bezpośrednie działanie wiatru na konstrukcje i materiały murowane przyczynia się do deflacji

i korozji eolicznej. Zjawisko to występuje dość powszechnie w wielu budowlach zabytkowych. Tworzy się ono na skutek działania wiatru nawet przy normalnej sile podmuchu: wiatr wysysa i odrywa od powierzchni kamieni lub cegły drobne i słabo spójne cząstki zwietrzelinowe, następnie przenosi je i uderza nimi z siłą o płaszczyzny łoża materiałów. Działanie takie powoduje zaokrąglenie ostrych krawędzi, deformację profili, nawet tworzenie się raków, bruzd i spękań.

Na wietrzenie szczególnie podatne są materiały krzemianowe, kamienie naturalne z wyjątkiem wapieni i sztuczne materiały.

Działanie fizyczne czynników atmosferycznych w normalnych warunkach i otoczeniu jest powolne i w zasadzie nie powoduje wielkich zniszczeń w materiałach murowych, a zwłaszcza kamieniu. Dowodem tego są zabytkowe budowle, które przetrwały do naszych czasów przez wiele setek lat.

3.5. WPŁYW AGRESJI OTACZAJĄCEGO ŚRODOWISKA

Budowle i konstrukcje zabytkowe, zlokalizowane w dużych miastach lub w pobliżu silnie rozwiniętych ośrodków przemysłowych albo w bezpośrednim zasięgu klimatu morskiego, narażone są na powolne działanie procesów korozyjnych na skutek działania agresywnych substancji zawartych w atmosferze i wodzie.

W atmosferze szkodliwe substancje tworzą się z kurzu, pyłów, dymów, gazów i par, wydzielanych w znacznych ilościach z kominów, a także wskutek zanieczyszczenia powietrza spalinami. Substancje te niesione przez wiatr atakują powierzchnie murów i ich materiały.

W wodach powierzchniowych i gruntowych agresywne związki chemiczne mogą pochodzić z wody atmosferycznej, która rozpuszcza w sobie szereg gazów zawartych w powietrzu, ze ścieków przemysłowych i komunalnych, z osiadłych na powierzchni terenu cząstek sadzy i pyłów, które wraz z wodą deszczową lub topniejącym śniegiem przenikają do podłoża, oraz ze składników zawartych w gruncie i wodzie gruntowej lub z innych źródeł.

Dla budowli murowanych szczególnie duże zagrożenie powstaje, gdy konstrukcje ich są nieosłonięte, a dane środowisko obfituje w wilgoć i agresywne związki siarczanowe, węglanowe, chlorowe, fenolowe itp.

Agresywne substancje lotne i ciekłe osiadają na powierzchniach zewnętrznych konstrukcji, a także przenikają do wnętrza struktury i przez łączenie się chemiczne z pewnymi składnikami znajdującymi się w materiałach powodują ich destrukcję.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

Proces destrukcji może mieć bardzo różnorodny charakter w zależności od miejscowych warunków, nasycenia środowiska substancjami agresywnymi i innych. Efektywność skutków agresji zależy głównie od charakteru i stężenia substancji, warunków działania i odporności tworzywa atakowanego. Działanie substancji korodujących może przebiegać na drodze ich reakcji chemicznych z tworzywem w środowisku wodnym, utleniania, uwęglania i hydratacji.

Procesy destrukcyjne w murach przebiegają szczególnie energicznie w środowisku nawodnionym, jeśli obfituje ono w rozpuszczone kwasy (zwłaszcza H_2SO_4 , H_2CO_3 , HNO_3), ługi, zasady o odpowiednim stężeniu oraz wszelkiego rodzaju rozpuszczone sole siarczanowe, a szczególnie siarczan sodowy (Na_2SO_4), siarczan magnezowy ($MgSO_4$), siarczan amonowy (NH_4SO_4) itd.

Zniszczenie materiałów mineralnych przebiega również bardzo intensywnie w wilgotnym środowisku powietrznym, zwłaszcza przy zawartości aktywnych gazów, jak np.: Cl_2 , HCl , H_2S , HF .

Procesy korozyjne najwolniej przebiegają w środowisku powietrzno-suchym, jak również przy spadkach temperatury otoczenia poniżej $0^{\circ}C$. Przy bardzo niskich temperaturach (poniżej $-25^{\circ}C$) procesy korozyjne nawet zupełnie ustają. Niemniej jednak i w takich warunkach znajdujące się w powietrzu gazy (CO , CO_2 , SO_2 , SO_3 , CS_2), higroskopijne pyły soli (KCl , $NaCl$) lub inne szkodliwe substancje, atakują i niszczą materiały konstrukcji murowanych.

Oddziaływanie szkodliwych związków na materiały i konstrukcje murowane nie daje się od razu zauważyć, zwłaszcza, gdy powietrze lub woda są zanieczyszczone w niewielkim stopniu albo, gdy proces destrukcji przebiega bez ubytku masy tworzywa.

Pierwszym objawem przemian chemicznych w materiałach murowych są widoczne na powierzchni kamienia i cegły występujące, białoszare plamy, różnego rodzaju naloty, wykwyty, nacieki, spulchnienia i łuszczenie się warstw zewnętrznych. Stąd korozja stopniowo przenika w głąb tworzywa, powodując kruszenie masy składowych elementów konstrukcji i ich rozpad. Szczególnie niebezpieczne dla materiałów murowych są roztwory wodne związków, które w reakcji z rozpuszczonymi składnikami mineralnymi tworzą sole. Przy zwiększonej wilgotności murów w porach, kapilarach i nieszczelnościach rozpuszczone w wodzie sole formują kryształy. Ciśnienie wywołane przez krystalizujące się sole jest wielokrotnie większe od ciśnienia zamarzającej wody i powoduje rozsadzanie struktury materiałów.

Procesy korozyjne powierzchniowe i wgłębne w materiałach mineralnych przede wszystkim rozwijają się w elementach i materiałach mniej odpornych, częściowo zanieczyszczonych piaskiem, tlenkami żelaza zawartego w krzemianach, substancjami węglanowymi lub organicznymi, a także w konstrukcjach znajdujących się w najbardziej sprzyjających dla korozji warunkach. Charakter zniszczeń materiałów i konstrukcji murowanych na skutek działania substancji agresywnych bywa bardzo różnorodny i nieraz wielce złożony. Materiały i konstrukcje w budowlach zabytkowych murowanych są szczególnie wrażliwe na działanie korozji, zwłaszcza, gdy posiadają nadwierzoną i higroskopijną strukturę.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

3.6. WPŁYW PROCESÓW BIOLOGICZNYCH

Z wielu czynników mogących spowodować poważne szkody w zabytkowych budowlach lub dziełach sztuki (np. malowidłach ściennych) należy wymienić czynniki o charakterze biologicznym.

Procesy biologiczne występują dość powszechnie w wyniku działania grzybów, owadów, roślin, bakterii, a często zwierząt i ptaków. Destruktywne działanie tych organizmów na substancje murowe może przebiegać bezpośrednio lub pośrednio przez inne konstrukcje.

Grzyby, pleśń, owady i bakterie atakują części organiczne, które mogą znajdować się w strukturze murów lub, z którymi mury mogą być sprzężone (np. drewniane kotwie, stropy, więźby dachowe itp.).

Aktywne działanie bakterii i grzybów można rozpoznać nie tylko po ukazaniu się pleśni i nalotów na częściach konstrukcyjnych, lecz także po charakterystycznym zapachu.

Szkodliwe działanie owadów na konstrukcje drewniane i wyposażenie wnętrz jest powszechnie znane. Trzeba podkreślić, że przy dłuższym działaniu owadów może nastąpić nie tylko osłabienie konstrukcji nośnych, lecz także i uszkodzenie układów murowanych wskutek niekorzystnego wpływu zdeformowanych elementów drewnianych. Niszczące działanie owadów może okazać się nawet bardzo szkodliwe dla niektórych metali.

Atak biologiczny może stać się powodem także szybkiego rozkładu kamieni i zapraw. Szereg drobnoustrojów w sprzyjających warunkach fizykochemicznych (temperaturze, wilgotności, środowisku kwasowym itp.) rozwija się na podłożu nieorganicznym. Drobnoustroje te w wyniku różnych uzdolnień biochemicznych powodują korozję i rozkład wapieni, dolomitów, marmurów, granitów i innych materiałów mineralnych zawierających krzemiany i glinokrzemiany.

Korozja biologiczna najdotkliwiej niszczy wapienie, marmury i inne kamienie oraz zaprawy zawierające związki wapnia. Na powierzchni tych materiałów chętnie rozwija się różnego rodzaju mikroflora, która wytwarza rozkładające się produkty biochemiczne, w wyniku, czego następuje proces przeobrażania i rozkładu struktury. Trzeba podkreślić, że działalność drobnoustrojów jest różnokierunkowa. Wiele drobnoustrojów posiada szczególne zdolności przystosowawcze do zmian środowiska, bardzo szybkiego rozmnażania i ekspansji.

Bardzo szkodliwe może się okazać również działanie roślin, a zwłaszcza trawy, drzew, pnączy

i mchów, które oplatają lub rosną na powierzchniach niezabezpieczonych przed tym murów i sklepień. Korzenie, przenikając głęboko w spoiny i pęknięcia, siłą ekspansji rozsadzają i kruszą kamienie oraz rozluźniają nawet najbardziej spojone mury. W następstwie tego działania zostają stworzone warunki sprzyjające penetracji innych destrukcyjnych czynników, a zwłaszcza wilgoci.

Należy tu również wspomnieć o niszczącym działaniu zwierząt domowych, szczególnie krów i koni oraz ptaków, a zwłaszcza gołębi. Zwierzęta przyczyniają się, poza innymi uszkodzeniami,

do wzrostu wilgoci i wydzielania szkodliwych soli. Ptaki zaś dość powszechnie stają się przyczyną różnego rodzaju uszkodzeń wystroju architektonicznego budowli, przy czym

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

nawóz gołębi zawierający kwas fosforowy może szczególnie destrukcyjnie oddziaływać na kamienie.

3.7. KOROZJA NAPRĘŻENIOWA MATERIAŁÓW

Korozja materiału w stanie naprężenia, tzw. korozja naprężeniowa, jest zjawiskiem bardzo złożonym, występującym pod działaniem długotrwałych nieprzerwanie działających obciążeń.

W przypadku stalowych elementów rozciąganych, jak np. kotwi, ściągów, przyjmujących rozpór łuków lub sklepień, niekiedy belek stropowych, efekt korozji objawia się w postaci nagłego zerwania, przy czym charakterystycznymi cechami złomu są: brak przewężenia oraz zniszczenie metalu następujące na całej powierzchni przekroju.

Fenomenologiczne ujęcie zjawiska korozji naprężeniowej tłumaczy się nagłym obniżeniem wytrzymałości na skutek zmiany struktury krystalicznej metalu poddanego długotrwałym naprężeniom.

Korozję naprężeniową przyspieszają defekty strukturalne materiału, a także warunki sprzyjające działaniu agresywnych substancji zawartych w środowisku otaczającym konstrukcję. Dla stali szczególnie szkodliwe są połączenia chloru, siarki i cyjanu.

W materiałach mineralnych zjawisko korozji naprężeniowej nie jest jeszcze wystarczająco zbadane, toteż jest bardzo trudne do wykrycia, gdyż zjawisku temu nie towarzyszą żadne widoczne objawy. Materiały murowe w przekroju pracującym, a więc kamień, cegła i zaprawa,

nie odkształcają się w sposób jednorodny. Heterogeniczna struktura układów murowych jest też przyczyną tego, że przy długotrwałych obciążeniach zniszczenie murów, zwłaszcza ceglanych, następuje przedtem nim zostanie wyczerpana wytrzymałość cegły na ściskanie. Zwykle wzrost naprężeń w murze prowadzi do rozszczepienia struktury, a to uwidacznia się w postaci rys, pęknięć pionowych spoin i deformacji miejscowych.

Do konstrukcji murowych, pracujących w warunkach skoncentrowanych długotrwałych obciążeń zalicza się: słupy, filary i kolumny, filary międzyokienne, ściany nośne. W elementach tych wskutek uplastycznienia słabszych materiałów mogą nastąpić deformacje. Widocznym objawem deformacji będą miejscowe ugięcia lub przemieszczenia wskutek intensywnego nacisku; zwykle temu towarzyszy ugięcie lub osiadanie belek stropowych, albo zmiany krzywizny sklepień.

Deformacje plastyczne w konstrukcjach murowych nie są groźne, jeśli nie doprowadzają do zmęczenia materiałów, zmiany ich struktury wewnętrznej i właściwości fizycznych. W przypadku jednak, gdy elementy murowe narażone są na długotrwałą koncentrację naprężeń zarówno strukturalnych, jak i wskutek działania sił wewnętrznych, mogą nastąpić w materiałach lokalne przemieszczenia międzycząsteczkowe, które mogą się nawarstwiać i doprowadzić nagle do zniszczenia danego elementu konstrukcyjnego lub poważnej katastrofy budowlanej.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

Zjawisko korozji naprężeniowej w materiałach konstrukcji murowych może być szczególnie groźne, gdy temu towarzyszą inne wspomagające ją czynniki, a zwłaszcza wilgoć i korozja atmosferyczna.

3.8. WPŁYW WYSOKICH TEMPERATUR

Groźne w następstwach są pożary. TemperatURY powstałe wskutek pożaru, nawet krótkotrwałe, działają destrukcyjnie na zaprawy i na wiele kamieni naturalnych, zwłaszcza na wapień, dolomit, granit i piaskowce. Ponieważ materiały mineralne charakteryzują się różną odpornością

i wytrzymałością ogniową, pod działaniem ognia rozwijają się w strukturze elementów dodatkowe naprężenia i deformacje międzycząsteczkowe wskutek nierównomiernego ich rozszerzania się i zmiany objętości. Te zjawiska stają się przyczyną powstawania na powierzchni materiałów murowych spękań, oddzielenia warstw, łuszczenia i kruszenia, a w następstwie — ubytku i osłabienia przekroju.

Przy dłuższym nagrzewaniu w masie materiałów murowych następują dalsze zmiany o charakterze fizycznym i chemicznym, a przede wszystkim dehydratacja spoiw, zwiększenie się

porowatości i obniżenie mechanicznej wytrzymałości. Z doświadczeń laboratoryjnych wynika, że już przy temperaturze 200°C wytrzymałość materiałów murowych spada o 12—30%, a przy temperaturze 500°C — prawie o 50%!. W rezultacie, na skutek tych i innych towarzyszących zjawisk,

w większości przypadków po pożarze następują w układzie i budowie poszczególnych ogniów ustroju nośnego nieodwracalne przemieszczenia i deformacje, które szczególnie stają się niebezpieczne, gdy ustroje znajdują się pod działaniem trwałych dużych obciążeń.

Wysokie temperatury mogą być wywołane nie tylko pożarami, lecz także i uderzeniami piorunów, eksplozjami materiałów wybuchowych itp. W tych przypadkach zniszczenie budowli, naruszenie technologicznych wątków i wystroju, zwiększają towarzyszące wstrząsy i w dużym stopniu użycie wody w akcjach ratowniczych. •

3.9. WPŁYW WSTRZĄSÓW I DRGAŃ

W wielu przypadkach przyczyną powstawania w budowlach rysy i spękania są wstrząsy i drgania, które mogą być wywołane ruchem ludzi lub maszyn znajdujących się wewnątrz obiektu, albo drgania przenoszące się na budowlę ze źródeł zewnętrznych. Może to być ruch ciężkich pojazdów mechanicznych przejeżdżających w pobliżu, wybuchy przy eksploatacji kopalń odkrywkowych lub kamieniołomów, zapadanie wyrobisk górniczych, podziemnych komór, grot itp., a nawet wibracje wywołane przelotem samolotów odrzutowych. Na wstrząsy i drgania są narażone szczególnie budowle położone w miastach o dużym nasileniu ruchu.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

Poruszające się po jezdni ciężkie pojazdy szynowe, samochody ciężarowe i ciągniki, powodują drgania nawierzchni. Drgania te przenoszą się przez podłoże na budowlę i stają się przyczyną uszkodzenia, podobnie jak przy drganiach sejsmicznych.

Znane są przypadki uszkodzeń budowli wywołane wstrząsami sejsmicznymi, chociaż obszar Polski zaliczany jest do asejsmicznych. I tak, ziemie Polski południowo-zachodniej nawiedziły wstrząsy sejsmiczne w latach 1405 i 1443; wstrząsy te były tak silne, że zawaliło się sklepienie w kościele Św. Katarzyny na Kazimierzu w Krakowie. W tymże mieście w latach 1785 i 1786 wstrząsy wyrządziły poważne szkody w innych budynkach. Niedawno, bo w latach 1935, 1953 i 1966, notowano również wstrząsy sejsmiczne. Zjawiska te nawet o niedużej sile wywołują spękania murów, zwłaszcza ciężkich i posiadających sztywniejszą konstrukcję. Ruchy sejsmiczne powodują przemieszczenie mas ziemnych, uszkodzenia fundamentów i części wierzchnich budynków. Na wstrząsy szczególnie narażone są budynki zdeformowane lub spękane oraz te, które uległy różnym przeróbkom i przebudowom, a których stan techniczny, ze względu na błędy konstrukcyjne i wykonawcze, nie jest dobry.

Wielkie szkody, zniszczenia lub zniekształcenia w budowlach zabytkowych powstają wskutek działań wojennych. Skutki rażenia pociskami artyleryjskimi lub bombami lotniczymi są powszechnie znane. Niemniej jednak należy tu wspomnieć, że wybuch pocisku powoduje poza przebicciem ścian, stropów i sklepień także inne zniszczenia, a zwłaszcza poważne osłabienie ogólnej sztywności budynku. Należy przy tym podkreślić, że jeśli nawet pociski lub bomby nie rażą bezpośrednio w budynek, to padając w jego sąsiedztwie i przenikając głęboko w ziemię powodują wstrząsy, które w skutkach są bardziej dotkliwe niż drgania sejsmiczne, podmuch zaś fali wybuchu jest bardziej niszczycielski niż w czasie najsilniejszego huraganu.

3.10. WPŁYW WAD KONSTRUKCYJNYCH I WYKONAWSTWA

Przyczyny zbyt szybkiego niszczenia zabytkowych budowli murowanych mają swe źródło także

w użyciu nietrwałych i nieodpowiednich materiałów budowlanych, w wadliwym wykonaniu, niedokładnych lub błędnych założeniach statycznych, w niewłaściwych rozwiązaniach konstrukcyjnych, a także w błędnej ocenie przyrodniczych cech gruntu.

Wytrzymałość i trwałość konstrukcji murowanych, zwłaszcza znajdujących się pod aktywnym obciążeniem, jest zależna, od jakości zastosowanych materiałów, a więc wytrzymałości kamieni lub cegły, wytrzymałości i przyczepności zaprawy, sposobu wiązania (zastosowanego wątku), grubości spoin, jakości wykonania i poprawności rozwiązania konstrukcyjnego.

Według współczesnych wymagań technicznych zastosowany sposób wiązania powinien zapewnić trwałą równowagę statyczną układu niezależnie od współpracy zaprawy. Ponadto konstrukcyjne rozwiązanie ścian, filarów itp. elementów murowanych nie może dopuszczać do skraplania pary wodnej we wnętrzu konstrukcji lub na jej powierzchni w stopniu

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

wpływającym szkodliwie na trwałość i wytrzymałość samej konstrukcji, jak również na zdrowie ludzi i bezpieczeństwo mienia.

Jak można zauważyć, wzniesione dawniej konstrukcje murowane często odbiegały od wymienionych wyżej warunków technicznych, zwłaszcza — konstrukcje kamienne.

W konstrukcjach kamiennych przeplatają się warstwy, ułożone z materiałów o różnych cechach mechanicznych i fizycznych często z naturalnymi wadami. W związku z tym struktura murów przekroju jest niejednorodna. Poszczególne kamienie w murze pracują nierównomiernie

i posiadają różną odporność na działanie odkształceń statycznych oraz czynników niszczących. Jest przy tym charakterystyczne, że w wielu przypadkach w początkowym okresie budownictwa przy kształtowaniu konstrukcji murowych nie kierowano się zasadą wykorzystania przyrodzonych własności materiałów, stosowano kamienie niewłaściwie obrobione, nie przestrzegano regularności wiązania, wypełniania spoin zaprawą, wyprowadzenia lica do pionu. Te zasadnicze wady układów pokrywano zaprawą; stąd też pochodzi znaczna, grubość spoin i tynków.

Konstrukcje murowane z cegły wykonywane były znacznie poprawniej pod względem zachowania wiązania, jednak i tu zarówno w przekroju murów, jak też w częściach licowych spotyka się cegły o różnej jakości. Obok cegieł dobrze wypalonych stosowano cegły z wadami produkcyjnymi w postaci dużych i włoskowatych pęknięć, powstałych przy suszeniu i wypalaniu na skutek niewłaściwego wymieszania i rozdrobnienia surowca. Te wady strukturalne materiałów ceglanych ułatwiają i przyspieszają proces niszczenia.

W dawnych konstrukcjach murowanych zarówno kamiennych, jak ceglanych nie spotyka się izolacji przeciwwilgociowej poziomej pomiędzy murami fundamentowymi a murami części wierzchniej budowli, ani też izolacji pionowej na styku z gruntem murów pomieszczeń podpiwnicznych.

W wielu przypadkach stwierdza się w grubych murach nieregularnie przebiegające kanały, wnęki i bruzdy, a także niewypełnione przestrzenie po zbutwiałych drewnianych kotwiach i innych konstrukcjach.

W niektórych układach można stwierdzić brak właściwego przejścia przy zmianach grubości ścian (brak uskoków, uskoki zbyt duże albo podcinające lico ściany). Do częstych wad konstrukcyjnych zaliczyć można łączenie ścian podłużnych z poprzecznymi na suchy styk, jak również błędne rozwiązania otworów drzwiowych i okiennych, a zwłaszcza nadproży.

Poza opisanymi wyżej czynnikami do szczególnie niebezpiecznych należą wady w sposobie fundowania i wady konstrukcji samych fundamentów. Błędy w konstrukcji fundamentów tkwią przede wszystkim w niedostatecznie dobranych powierzchniach nacisku na grunt albo w zbyt płytkim ich założeniu. Najczęściej spowodowane to jest niewłaściwym rozeznaniem rodzaju i jakości gruntów. Zdarzają się też przypadki, że płytsze posadowienie nastąpiło w wyniku późniejszego ścięcia warstw terenu otaczającego budowlę w związku z jego regulacją albo nawet erozją. Na ogół konstrukcji fundamentów poświęcano dawniej dużo uwagi, zdarzają się jednak awarie spowodowane posadawianiem budowli na zachowanych starych konstrukcjach podziemnych, które uległy deformacji.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

Wady konstrukcyjne w murowanych budowlach zabytkowych można często stwierdzić również

w nieumiejętnym zastosowaniu przekrojów sklepień, arkad, nadproży, podpór i ścian nośnych. W przypadku nadmiernych deformacji lub spękania sklepień i łuków można zauważyć, że w podporach na skutek zwiększonych wielkości rozporu powstają przemieszczenia, rozwarstwienia spoin, zarysowania i ogólne osłabienie więzi przestrzennych. Podobne zjawisko może zachodzić w przypadku przekryć płaskich, jeśli przekrój ich nie jest dostosowany do rozpiętości i obciążenia.

Poważne szkody w utrzymaniu substancji zabytkowych mogą wyrządzić również błędy konstrukcyjne powstałe w wyniku nieprzemyślanych poczynań konserwatorskich. Szczególnie niekorzystnie odbija się na trwałości budowli zabytkowych wprowadzenie nieracjonalnych konstrukcji lub zastosowanie układów, które nie tylko nie przyczyniają się do wzmocnienia budowli, lecz wręcz przeciwnie, stają się powodem naruszenia równowagi istniejącego systemu konstrukcyjnego.

Niemalý udział mają w podejmowaniu błędnych lub dyletanckich decyzji konserwatorskich powierzchownie i bez należytego rozeznania opracowane ekspertyzy techniczne.

3.11. WPŁYW WARUNKÓW UŻYTKOWANIA

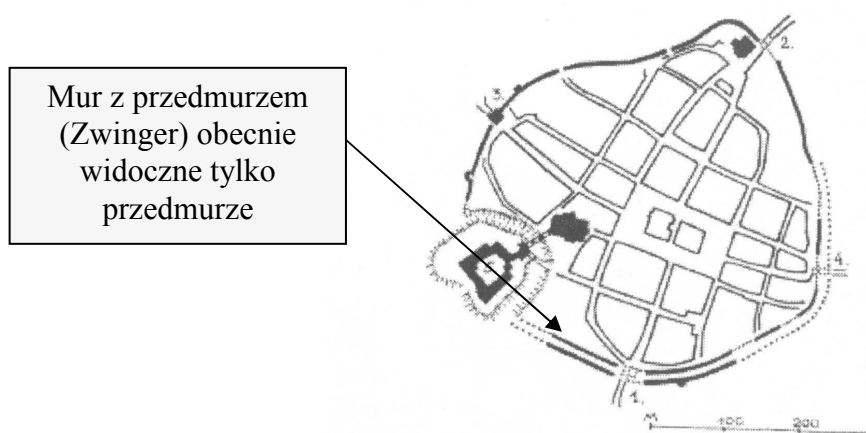
Duży wpływ na zmiany i zniekształcenia budowli zabytkowych wywiera człowiek. Z jego działania, świadomego czy też nieświadomego wartości zabytku, zostają naruszone pierwotne proporcje, harmonijność i piękno wystroju, a także logika i celowość układu konstrukcyjnego. Wiele budowli zabytkowych, zwłaszcza świeckich, ulegało w czasie użytkowania najrozmaitszym adaptacjom lub przebudowom stosownie do upodobań właścicieli lub panującego w danej epoce stylu. Często zmiany te, może nawet celowe, były przeprowadzane samorzutnie przez użytkowników bez porady i udziału fachowców, przeto nieświadomych nawet następstw swojej działalności.

Szczególnie niekorzystny wpływ na trwałość i nośność konstrukcji murowanych wywarły: zamiana sklepień na przekrycie belkowe lub odwrotnie — usuwanie stropów płaskich i zastępowanie ich przekryciami sklepiowymi tak modnymi w okresie pseudogotyku, przebicie i poszerzenia otworów okiennych i drzwiowych, usuwanie murów nośnych w celu powiększenia przestrzeni użytkowej, likwidowanie skarp, rozbieranie obudowy filarów i słupów, usuwanie ściągów, wprowadzanie konsoli, zakładanie wsporników dla balkonów i galerii, wprowadzenie dodatkowych przepierzeń dzielących większe sale itp. Tego rodzaju przeróbki powodowały zmianę pierwotnego układu statycznego, osłabienie pracujących przekrojów i w następstwie uszkodzenie zabytku.

Poważne uszkodzenia powstają w wyniku przeciążenia konstrukcji albo zmiany charakteru obciążenia, np. ze statycznego na dynamiczny. W czasach przeszłych, a nawet nie tak jeszcze odległych, wiele cennych dla kultury narodowej budowli architektonicznych, włączając w nie i sakralne, zostało przekształconych na magazyny, składy itd. Niedbałe

przechowywanie różnego rodzaju materiałów i sprzętu stało się przyczyną uszkodzeń ścian, stropów i wystroju wewnętrznego zabytków.

Dość powszechnie występującym zjawiskiem, powodującym przedwczesną utratę wartości technicznej budowli zabytkowej, jest nieumiejętne przeprowadzenie konserwacji lub w ogóle brak troski o trwałość obiektu. Początek złego najczęściej tkwi w nieszczelnym lub zniszczonym pokryciu dachowym. Przez pokrycie takie przedostaje się woda i wiatr, niszcząc przede wszystkim samo pokrycie i z kolei więźbę dachową oraz konstrukcję znajdującą się pod nią. Szczególnie duże szkody mogą powstać na skutek zatkania lub zniszczenia rynien, rur spustowych, wadliwie skonstruowanych okapów itp. Podobne szkody występują przy dachach o niewłaściwie ukształtowanych połaciach, uniemożliwiających szybkie odprowadzenie opadów atmosferycznych albo sprzyjających utrzymaniu przez dłuższy czas wody, śniegu, lodu. Brak troski o zabytki, zmiany funkcji użytkowych, narażanie budowli zabytkowych na inny rodzaj obciążeń, niż to było przewidziane podczas budowy, a zwłaszcza przeciążenie ogniw nośnych, brak planowej i właściwej pod względem technologicznym konserwacji samej budowli, a także terenów przyległych do niej, często opuszczenie i stworzenie sprzyjających warunków do rozbiórki materiałów na różne cele, powiększają źródła przyczyn powodujących uszkodzenie, a w następstwie przedwczesne zniszczenie zabytkowych budowli murowanych.



Schemat Średniowiecznej fortyfikacji – Oleśnica

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
--	--

Wnioski:

Na podstawie części dotyczącej określenia objawów zniszczeń, uszkodzeń muru i przyczyny ich powstania można wywnioskować, że decydującymi czynnikami w badanym w ekspertyzie odcinku murów są wpływ wilgoci, wpływ czynników atmosferycznych, wpływ agresji otaczającego środowiska (grunt zasypowy w obrębie murów) oraz wady konstrukcyjne i wykonawstwa oraz użytkowania budowli.

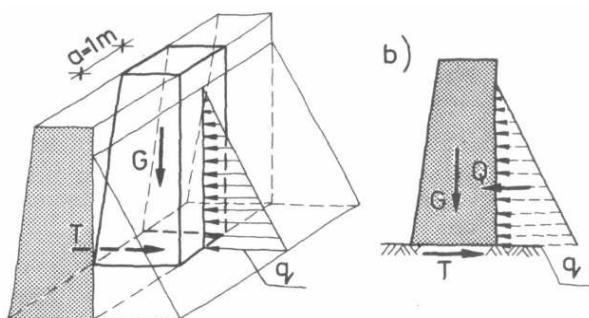
4. METODYKA I ZAKRES PRZEPROWADZONYCH BADAŃ ZAGROŻONYCH MURÓW:

- 1) Inwentaryzacja konstrukcyjna – patrz załącznik nr 1,
- 2) Opis stanu technicznego – patrz punkt 2.2 niniejszego opracowania,
- 3) Badanie rys i deformacji – patrz dokumentacja fotograficzna załącznik nr 2,
- 4) Rekonstrukcja geometrii muru na podstawie badań historycznych – patrz załącznik nr 3
- 5) Badanie podłoża i warunków posadowienia – patrz dokumentacja geologiczno inżynierska załącznik nr 4,
- 6) Badanie stosunków wodnych – patrz dane hipsometryczne załącznik nr 5,
- 7) Analiza wpływu agresji środowiska – patrz załączone fotografie załącznik nr 2,
- 8) Analiza statyczno-wytrzymałościowa – patrz punkt 2.3 niniejszego opracowania,
- 9) Obliczenia styczne dla ścian oporowych dla wariantu I i II wraz z rysunkami konstrukcyjnymi wykonawczymi.

5.0. Obliczenia statyczne muru

5.1 Wiadomości wstępne.

Zagadnienie stateczności występuje przede wszystkim przy projektowaniu budowli wysokich, poddanych działaniu znacznych obciążeń poziomych. Budowlami takimi są np. kominy przemysłowe, wieże ciśnień, maszty oraz zapory, ale także przy projektowaniu budowli geotechnicznych utrzymujących masy ziemi – ściany oporowe.



Obciążeniem poziomym tych budowli może być parcie i ssanie wiatru, parcie wody, parcie gruntu itp. Obciążenia poziome mogą spowodować przesunięcie lub wywrócenie budowli. Taki skutek ich działania nazywamy **utratą stateczności budowli**.

Budowla powinna zachować określone, niezmiennie położenie, dlatego warunek jej stateczności jest jednym z warunków bezpieczeństwa.

Rozpatrywane budowle są trójwymiarowe i odkształcalne, a dolna płaszczyzna fundamentów budowli spoczywa na podłożu gruntowym. Przy sprawdzaniu stateczności budowle uważamy za ciała sztywne, tak jak za ciała sztywne uważaliśmy układy konstrukcyjne rozpatrując ich równowagę.

Obciążenie budowli to:

- ciężar własny G , przyjmowany jako siła skupiona, pionowa, przyłożona w środku ciężkości budowli,
- parcie poziome q , które jest obciążeniem ciągłym,
- siła tarcia T , występująca w styku fundamentu i podłoża.

Ponadto budowla, na której opierają się inne konstrukcje, może obciążona oddziaływaniem tych konstrukcji.

5.2. Stateczność ze względu na przesuw.

Rozważmy budowlę przedstawioną na rysunku powyżej, obciążenie poziome Q dąży do przesunięcia budowli po podłożu. Przeciwstawia się temu siła tarcia T , powstająca w styku fundamentu i podłoża w chwili rozpoczęcia ruchu.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
--	--

Teoretycznie budowla pozostanie w równowadze, jeżeli siła pozioma Q będzie, co najwyżej równa sile T , przeciwstawiającej się przesunięciu. Wynika to z warunku

$$\Sigma Z = 0; \quad Q - T = 0; \quad \text{stąd} \quad Q = T$$

Przeprowadzone rozumowanie stanowi podstawę do sformułowania warunku stateczności, stosowanego przy projektowaniu konstrukcji. Uwzględniając bezpieczeństwo konstrukcji, równanie zastępuje się nierównością i wprowadza współczynnik bezpieczeństwa. Warunek stateczności ze względu na przesuw przyjmuje, więc postać

$$Q_0 \leq \frac{T}{n_p}$$

W nierówności tej:

Q_0 — wartość obliczeniowa obciążenia poziomego,

$T = n \cdot G_0$ — siła tarcia,

G_0 — wartość obliczeniowa obciążenia pionowego,

H , — współczynnik tarcia materiału fundamentu po podłożu,

n_p — współczynnik bezpieczeństwa o wartości zależnej od rodzaju budowli.

Powyższa nierówność jest wzorem uproszczonym, którego zastosowanie jest ograniczone warunkami podanymi w PN-83/B-03010. Warunki te dotyczą rodzaju podłoża, wysokości i obciążeń ściany oporowej.

5.3 Stateczność ze względu na obrót.

Budowla może także ulec obrotowi wokół krawędzi (punktu) A . Do spowodowania takiego obrotu dąży moment statyczny siły Q_0 względem punktu A , zwany **momentem wywracającym**

$$M_w = Q_0 \cdot b$$

Obrotowi przeciwstawia się moment statyczny siły G względem punktu obrotu A , zwany **momentem utrzymującym**

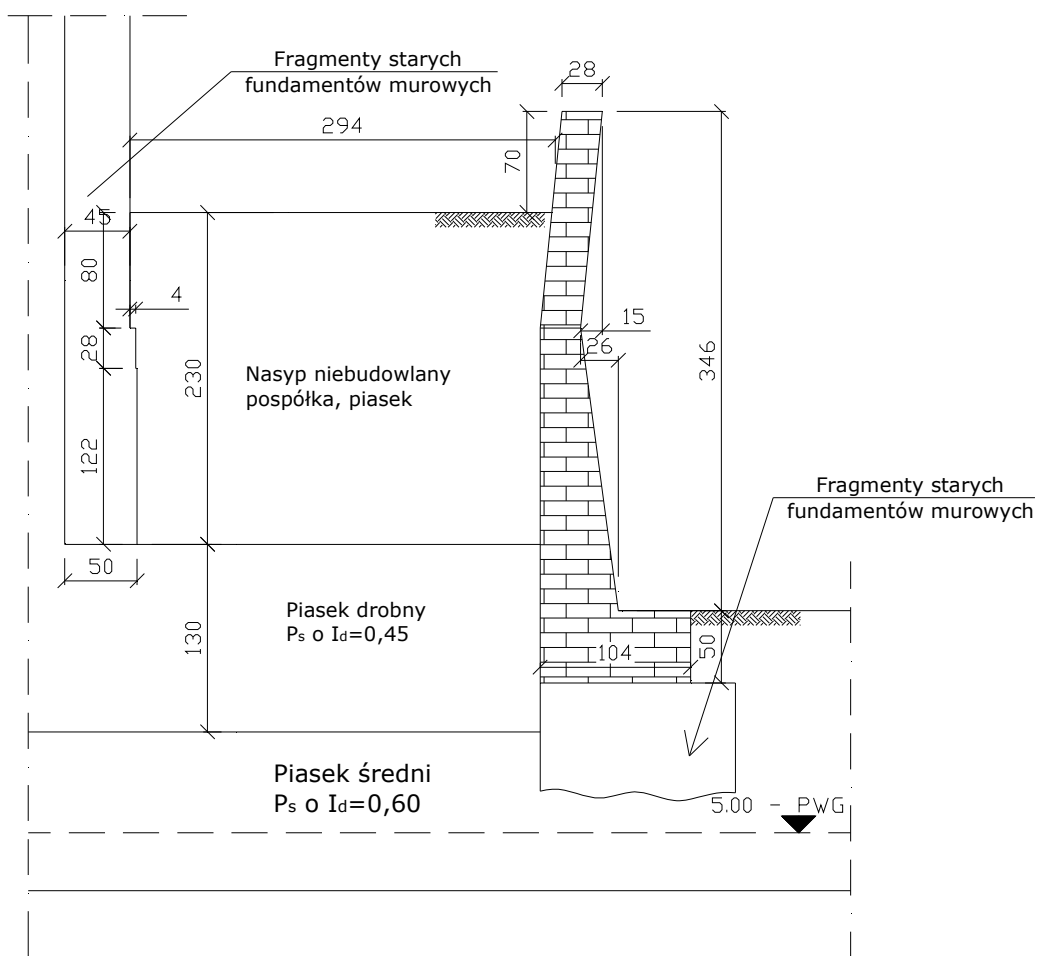
$$M_u = G_0 \cdot a$$

Budowla nie ulegnie obrotowi, jeżeli będzie spełniony warunek równowagi

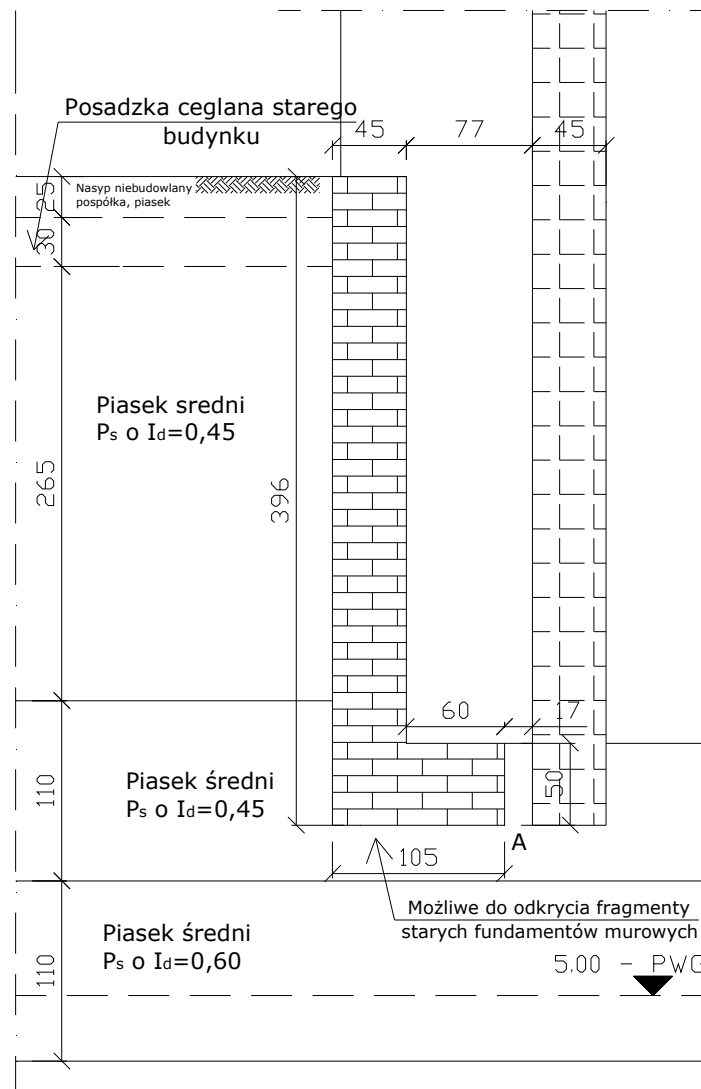
$$\Sigma M_A = 0 \quad - M_w + M_u = 0; \quad \text{stąd} \quad M_w = M_u$$

Warunek stateczności ze względu na obrót ma postać:

b) przekrój muru przy budynku



b) przekrój muru w obrębie nowo-wybudowanego budynku



PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
--	--

5.5 Wnioski przekrojów a) i b):

Ponieważ skarpa za murem zbudowana jest z nasypów nie budowlanych Nb o miąższości 3,2 m, które nie wywołują parcia na konstrukcję muru, mur ceglany w tych miejscach jest samostateczny

i nie występuje obrót względem punktu A (w podstawie od strony dna przed murem). Ponadto

w obrębie fundamentów muru stwierdzono istnienie pozostałości fundamentów starszych budowli,

co dodatkowo jest przesłanką, co, do samostateczności muru. W czasie sporządzania dokumentacji geotechnicznej stwierdzono ponadto, że budynek ceglany znajdujący się na skarpie posadowiony jest w warstwie pasków drobnych na wysokości około 1 m nad podstawą muru w odległości 2,95 m od korony muru. Co powoduje że obciążenie jakie przekazują fundamenty budynku nie wpływa na obciążenie muru.

Natomiast w przekroju c) wykonano poniżej sprawdzenie muru ceglanego na obrót względem punktu A (w podstawie od strony dna przed murem).

Obliczenie sił od ciężaru własnego ściany:

Ciężar ściany z muru ceglanego:

$$G_1 = 0,45 \cdot 3,96 \cdot 18 \cdot 0,9 = 28,87 \text{ kN}$$

$$G_2 = 0,5 \cdot 0,6 \cdot 18 \cdot 0,9 = 4,86 \text{ kN}$$

$$G_0 = G_1 + G_2 = 28,87 + 4,86 = 33,73 \text{ kN}$$

Parcie gruntu za ścianą w skarpie:

Dane geotechniczne gruntu w skarpie:

Piasek średni mało wilgotny o $I_D^{(n)} = 0,45$

$$\rho = 2,15 \text{ t/m}^3 \quad w_n = 5 \%$$

$$\rho_s = 2,65 \text{ t/m}^3$$

$$\phi_n^{(n)} = 32,5^\circ$$

$$\gamma = 16,68 \text{ kN/m}^3$$

Parcie gruntu dla piasku średniego wynosi:

$$e_{a(z)} = (q_z + \gamma_i \cdot z) \cdot K_a + 2c \cdot \sqrt{K_a}$$

gdzie:

K_a – współczynnik parcia granicznego gruntu, określany jest wg wzoru:

$$K_a = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{\phi^{(n)}}{2} \right) = \operatorname{tg}^2 \left(45^\circ - \frac{32,5^\circ}{2} \right) = 0,301$$

q_z – obciążenie naziomu w naszym przypadku $q_z = 0 \text{ kN/m}$,

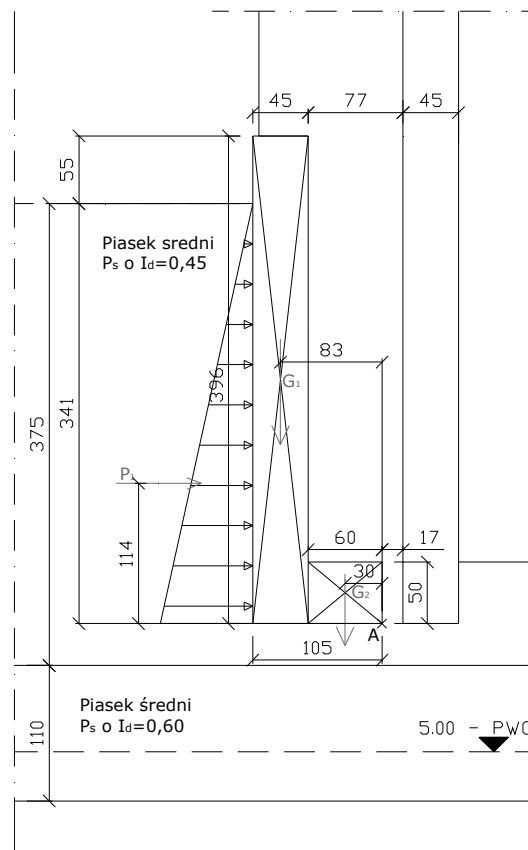
c – spójność gruntu –w naszym przypadku grunt jest niespoisty $c = 0$,

$$e_{a(z)} = 16,68 * z * 0,301 = 5,02 * z$$

punkt z = 0 m
punkt z = 3,41 m

$$e_{a(0)} = 5,02 * 0 = 0 \text{ kPa},$$

$$e_{a(3,45)} = 5,02 * 3,41 = 17,12 \text{ kPa},$$



Znalezienie położenia wypadkowej:

$$P_1 = \frac{0 + 17,12}{2} * 3,41 = 29,19 \text{ [kN]}$$

$$y = z/3 = 3,41/3 = 1,14 \text{ m}$$

Stateczność ze względu na obrót względem punktu A sprawdzamy

$$M_{or} < m_o * M_{ur}$$

$$m_o = 0,9$$

$$M_{or} = 29,19 * 1,14 = 33,27 \text{ kNm}$$

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
--	--

$$M_{ur} = 28,87 \cdot 0,83 + 4,86 \cdot 0,30 = 25,42 \text{ kNm}$$

$$M_{or} = 33,27 \text{ kNm} > m_o \cdot M_{ur} = 0,9 \cdot 25,42 \text{ kNm} = 22,88 \text{ kNm}$$

Stateczność muru na obrót nie jest spełniona. !!!!

6. Wyniki obliczeń

6.1 METODY ZABEZPIECZANIA I OCHRONY OBIEKTÓW ZABYTKOWYCH

a) Uwagi Ogólne

Prace zabezpieczające mają istotne znaczenie w dziedzinie ochrony i zachowania zabytków architektury. Stanowią one jakby pośrednie ogniwo w zakresie interwencji technicznej, która oddala stan zagrożenia wywołany tymi czy innymi przyczynami i wpływa na przedłużenie trwałości zabytku.

Podjęte we właściwym czasie i we właściwy sposób zabiegi zabezpieczające wpływają dodatkowo na stan zachowania zabytku, zapobiegają rozwinięciu się procesów destrukcyjnych i stwarzają korzystniejsze warunki dla przeprowadzenia właściwej akcji konserwatorskiej, a zwłaszcza wpływają decydująco na zakres prac w przyszłości i ograniczenie wysokości ponoszonych nakładów finansowych.

W procesie zabezpieczenia zabytków mogą występować różnorodne zagadnienia. W aspekcie technicznej problematyki prace zabezpieczające można podporządkować trzem zasadniczym kierunkom, które obejmują:

a) Zabezpieczenie o charakterze prewencji budowlanej, a więc związane ze stosowaniem wszelkiego rodzaju środków zapobiegających niszczeniu obiektu wskutek działania opadów i wyładowań atmosferycznych — pożarów, wilgoci, działania pasożytów, grzybów itp. — zapobiegających mechanicznym i chemicznym uszkodzeniom tych elementów budynku, które nie posiadają charakteru konstrukcyjnego, a wiążą się z jego wystrojem zewnętrznym i wewnętrznym lub komfortem użytkowania.

b) Zabezpieczenie mające związek z profilaktyką statyczno-wytrzymałościową, w zakresie której wchodzi również wszelkie prace dotyczące prowizorycznego wzmocnienia organizmu konstrukcyjnego i jego poszczególnych ogniw. W tym przypadku zakres i charakter robót zabezpieczających wynika z zachowania stanu technicznego struktury i stopnia zagrożenia.

c) Zabezpieczenie terenu, z jakim jest trwale związany zabytek, a którego naruszenie lub zaniedbanie wywołuje groźne dla zabytku następstwa. W tym zakresie podstawowym zadaniem będzie zapobieganie skutkom działania ruchu i drgań podłoża, naruszania równowagi mas ziemnych, turbulentnego działania wód, ekspansji roślinności i in.

Skuteczność prac związanych z zabezpieczeniem zabytków wiąże się ściśle z systematycznymi, okresowymi kontrolami stanu zachowania budowli i wykrywaniem na czas niebezpiecznych ognisk destrukcji.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

Pod względem technologicznym zabezpieczenie może mieć charakter tymczasowy (prewencyjny) lub trwały (stabilny). W obu przypadkach zastosowane środki wiążą się ściśle z zamierzeniami programowymi ochrony zabytku.

W praktyce konserwatorskiej są najrozmaitsze sposoby i metody zabezpieczenia prewencyjnego i trwałego, przy czym zagadnienia te tym więcej się komplikują, z im bardziej zniszczonym obiektem mamy do czynienia.

6.2 Zabezpieczenie Prewencyjne

Zabezpieczenie prewencyjne zabytku architektury lub cennych reliktyw budownictwa murowanego, w pracach konserwatorskich stanowi czynność wyjściową o znaczeniu podstawowym. Akcję tę podejmuje się w przypadkach awaryjnych oraz gdy zmuszają do tego trudności natury gospodarczej, a zwłaszcza — brak środków finansowych na właściwą konserwację.

Zabezpieczenie prewencyjne podejmuje się głównie w celu zahamowania procesów wywołujących zniszczenia lub w celu zneutralizowania na określony czas czynnych ognisk powodujących destrukcję układów murowanych, albo odizolowania konstrukcji i materiałów od czynników niszczących. Jako przykład mogą tu posłużyć zabiegi zmierzające do prowizorycznej ochrony budowli przed działaniem opadów atmosferycznych, wód atakujących fundamenty itp.

Zabezpieczenie prewencyjne lub profilaktyczne wzmocnienie stosuje się też często w celu utrzymania stanu istniejącego i niedopuszczenia do jakichkolwiek zmian strukturalnych lub zniekształceń (deformacji) układu, zanim nie zostaną przeprowadzone zabiegi konserwatorskie oparte na właściwych środkach technicznych.

Będą to m.in. zabiegi o charakterze profilaktyki statycznej, podejmowane przy obiektach lub elementach zakwalifikowanych do stanu technicznego III i dalszych. Zabiegi tego rodzaju mają głównie na celu częściowe lub całkowite odciążenie osłabionych elementów, podparcie ich

i przytrzymanie nadmiernie spękanych lub zdeformowanych, niebezpiecznie ugiętych, wyboczonych itp.

Problem tymczasowego zabezpieczenia lub wzmocnienia elementów murowanych występuje także prawie zawsze w toku prac budowlano-konstrukcyjnych, a zwłaszcza przy pracach związanych

z oczyszczeniem zabytku z nawarstwień i przy pracach rekonstrukcyjnych, przy przebijaniu i rozszerzaniu otworów drzwiowych i okiennych itp.

Usuwanie elementów zbędnych, wymiana i wzmocnienie osłabionych lub uszkodzonych pociągają za sobą konieczność czasowego zabezpieczenia tych czy innych partii konstrukcji murowanych. Toteż prowizoryczne prace zabezpieczające i wzmacniające stanowią jeden z istotniejszych działów techniczno-konserwatorskiej działalności, wymagającej fachowej znajomości przedmiotu.

Metody zabezpieczenia prewencyjnego mogą być bardzo różnorodne, zależnie od charakteru i przyczyn zniszczeń lub uszkodzeń, stanu technicznego budynku i jego podstawowych elementów konstrukcyjnych, a także będących do dyspozycji środków technicznych.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

Przy zabezpieczeniu prewencyjnym środki działania w zasadzie nie ingerują w ukształtowanie strukturalne układu, lecz stwarzają warunki, które zapobiegają przyczynom wywołującym zniszczenie i oddalają skutki ich działania, aby nie dopuścić do dalszej destrukcji lub ruiny.

Na temat środków stosowanych w budownictwie przy usuwaniu tych czy innych uszkodzeń powierzchniowych wywołanych fizycznymi, chemicznymi lub mechanicznymi przyczynami,

w praktyce istnieje wiele wyczerpujących opracowań fachowych, stąd w dalszym ciągu pracy uwaga będzie poświęcona głównie zagadnieniom profilaktyki statyczno-wytrzymałościowej. Sposób prewencyjnego zabezpieczenia w tym przypadku powinien wynikać z charakteru deformacji, właściwości strukturalnych i wytrzymałościowych podstawowych konstrukcji, jak fundamentów, ścian, stropów, ukształtowania przestrzennego budowli, jakości gruntu i innych czynników.

Elementy murowane zdeformowane lub osłabione, względnie zdradzające możliwość zachwiania równowagi statycznej, zwykle przytrzymuje się albo podpira za pomocą prowizorycznych konstrukcji drewnianych w postaci stempli, zastrzałów i innych związanych z nimi elementów wspomagających. Przekrój tych elementów, ich usytuowanie, rozmieszczenie

i wzajemne powiązanie zależą od specyfiki funkcji konstrukcyjnej wzmocnianego elementu i występujących przy tym sił.

W przypadkach nieskomplikowanych dla zabezpieczenia lub wzmocnienia konstrukcji nie sporządza się nawet odpowiedniej dokumentacji technicznej, a w doborze środków kieruje się wprost nabytym doświadczeniem. We wszystkich innych okolicznościach, gdy uszkodzenia są poważniejsze, a zwłaszcza, gdy zachodzą objawy naruszenia spójności struktury lub stateczności układu, zabiegi wzmacniające muszą być przeprowadzone wg ściśle ustalonej koncepcji konstrukcyjnej, przedstawionej w postaci odpowiednich rysunków popartych obliczeniami itp.

Przy stosowaniu zabiegów zabezpieczających lub wzmacniających obowiązuje następująca ogólna zasada: wprowadzone środki w żadnym przypadku nie mogą wpłynąć na pogorszenie pracy elementu lub obiektu, same zaś roboty zabezpieczające muszą być prowadzone z wielką rozważą i ostrożnością.

Jeśli chodzi o prowizoryczne lub czasowe zabezpieczenie konstrukcji nośnych, a więc ścian, sklepień, stropów, arkad i innych, to w każdym przypadku sposób zabezpieczenia powinien opierać się na wynikach rozpoznania stanu technicznego i analizy statyczno-wytrzymałościowej.

Stare mury i konstrukcje murowane, jak ściany, filary, słupy, sklepienia, arkady itp., pod względem statycznym i wytrzymałościowym dość często dalekie są od doskonałości, zwłaszcza, jeśli nie są należycie związane z innymi statecznymi konstrukcjami. Przystępując, zatem do ich zabezpieczenia lub prowizorycznego wzmocnienia, należy przede wszystkim zbadać ogólne warunki równowagi przestrzennej układu. Jeśli odkształcenia lub uszkodzenia zostały spowodowane naruszeniem warunków statycznych, to każde z ogniw niesubordinowanych powinno być zabezpieczone osobno.

Ściany wychylone lub wybrzuszone podtrzymuje się zwykle z tej strony, w kierunku, której występują deformacje. W ścianach wysokich, jeśli grozi im wyboczenie lub naruszenie

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

równowagi wskutek działania zmiennych sił poziomych (np. wskutek parcia wiatru), należy zastosować podparcie z obu stron. Wysokie ściany lub kolumny wolnostojące wymagają potraktowania osobnego.

Jeśli elementy i konstrukcje murowane wykazują deformacje lub uszkodzenia, np. ściany i słupy są niebezpiecznie wybozione, spękane, posiadają naruszoną spójność struktury, sklepienia

i stropy są ugięte lub zarysowane, należy szukać przyczyn w nadmiernym obciążeniu. W tym przypadku czynnością wyjściową powinno być odciążenie elementów, a następnie podchwycenie konstrukcjami wspomagającymi.

W przypadkach szczególnych, jeśli przyczynę nadmiernych deformacji stanowią obciążenia przypadające np. z zalegającego gruzu, ścian działowych dobudowanych później itp., przy czym rozmieszczenie tego obciążenia wpływa niekorzystnie na stateczność i wytrzymałość podstawowego układu konstrukcyjnego, zaleca się gruz usunąć, a elementy zbędne rozebrać. W tym miejscu należy zwrócić uwagę, że usuwanie gruzu i innych szczątków powinno być prowadzone z ostrożnością i pod nadzorem konserwatora, zdarza się, bowiem często, że w gruzie znajdują się różne cenne elementy wystroju lub szczątki dzieł sztuki, które po odkryciu powinny być zbadane i zabezpieczone.

Jeżeli deformacje i spękania wymienionych elementów konstrukcyjnych zostały wywołane poddawaniem się podpór na skutek działania rozporu, pierwszą czynnością powinno być wzmocnienie podpór za pomocą konstrukcji przejmujących siły parcia. Konstrukcje takie mogą być najrozmaitsze: od ukośnie ustawionych drewnianych bali wspartych o mur i grunt, do finyzycznych przypór kratowych z kształtowników stalowych, a w przypadkach specjalnych nawet w postaci prowizorycznych konstrukcji murowanych. Najczęściej podpory wzmocnia się zastrzałami; w tym przypadku szczególnie baczna uwagę należy zwrócić na sposób zamocowania ich zarówno u podstawy jak i przy głowicach, aby nie uległy przesunięciu wskutek występujących sił poziomych. Jeżeli warunki pozwalają, to rozpor może być przekazany na ściami w postaci prętów stalowych lub wiązek drutu odpowiednio umocowanych.

Przy opracowaniu i wykonaniu sposobu zabezpieczenia zagrożonego obiektu lub jego części należy w każdym przypadku kierować się zasadą, aby konstrukcje wzmocniające lub przytrzymujące przeciwdziałały siłom wywołującym deformacje i były pod każdym względem stateczne.

Kilka uwag należy poświęcić prowizorycznemu wzmocnieniu przekroju słupów, filarów, kolumn i ścian, gdy wykazują one niebezpieczne spękania i rozwarstwienia. Jeżeli spękania lub wybrzuszenia powstały na skutek przeciążenia, czego widocznym objawem będą rysy przebiegające pionowo w osłabionym przekroju, a w murach odspojenie warstw licowych, to należy dany element przede wszystkim odciążyć, a następnie wzmocnić przekrój. Najczęściej przekrój podpory słupowej wzmocnia się przez założenie wokół podpory łubek z desek lub dyli; łubki ściągają się drutem albo opaskami ze stalowych płaskowników. Możliwe są również i inne sposoby zabezpieczenia, np. za pomocą rozpor, krzyżulców itp. Nie sposób tu wymienić zarówno różnorodności przypadków, jak też stosowanych środków zaradczych, w każdym przypadku należy kierować się logiką konstrukcyjną, zasadami bezpieczeństwa i racjami konserwatorskimi.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

Należy podkreślić, że aczkolwiek zabiegi prewencyjne nie mogą trwale zapobiec ani powstrzymać rozwijania się procesów destrukcyjnych, jakie zachodzą zwłaszcza wewnątrz substancji elementów zagrożonych, to jednak odsuwają one w czasie niebezpieczeństwo awarii,

a także pozwalają na przeprowadzenie ściślejszego nadzoru obiektu, dokładniejszego rozpoznania przyczyn powstania zniszczeń, opracowanie dokumentalnej strony badań i w następstwie rozsądnej metody trwałego zabezpieczenia lub wzmocnienia konstrukcji.

6.3 Zabezpieczenie Trwałe

Zabezpieczenie zabytku trwałe jest tym etapem prac technicznych, który poprzedza lub niekiedy jest prowadzony jednocześnie z pracami konserwatorskimi o charakterze wykończeniowym i artystycznym.

Prace związane z zabezpieczeniem trwałym zabytku prawie zawsze wkraczają w specyfikę robót o charakterze inżynieryjno-budowlanym, których właściwe ustawienie odgrywa szczególnie ważną rolę w procesie wzmocnienia i stabilizacji zagrożonych budowli.

Problematyka inżynieryjno-budowlana w swej treści, w pracach związanych z zabezpieczeniem zabytków, jest bardzo rozległa i jak wynika z dalszych rozdziałów, bywa nieraz bardzo skomplikowana. Biorąc ogólnie, prace związane z zabezpieczeniem trwałym zabytku można sprowadzić przeważnie do dwu podstawowych zadań:

- a) usunięcia lub osłabienia czynników stanowiących to czy inne zagrożenie dla zabytku, których źródła tkwią poza obiektem,
- b) zabezpieczenia lub uodpornienia samego obiektu na działanie czynników niszczących.

Wykonanie zabiegów trwałego zabezpieczenia w każdym przypadku wiąże się ściśle z uprzednim rozpoznaniem i opracowaniem koncepcji zabezpieczenia oraz wskazania środków technicznych, jakie powinny być zastosowane dla tego celu w konkretnym przypadku bez uszczerbku dla historycznej wartości zabytku.

Grupę zabiegów zabezpieczenia trwałego reprezentuje wiele różnorodnych pod względem technicznym i organizacyjnym środków działania. W odniesieniu do samego obiektu zabiegi techniczno-konserwatorskie o charakterze trwałym można sklasyfikować jako ingerencję ekstrageniczną oraz ingerencję introgeniczną.

Zabiegi o ingerencji ekstragenicznej polegają przeważnie na wprowadzeniu trwałych środków ochrony poza zabytkiem, głównie w celu zachowania materiałów lub układu konstrukcyjnego

w stanie autentycznym, z zastosowaniem zabezpieczenia zabytku przed możliwościami dalszego zniszczenia wskutek działania otaczającego środowiska, a zwłaszcza czynników klimatycznych.

W zakresie tego typu środków najczęściej stosuje się wszelkiego rodzaju osłony zewnętrzne, wprowadza się pomocnicze konstrukcje niezwiązane z układem zabytkowym lub stosuje ochronę za pomocą innej budowli przekrywającej dany obiekt. Tego rodzaju zabiegi dotyczą w większości przypadków cennych wątków murów zabytkowych, fragmentów

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

budowli lub pewnych jej zespołów, a niekiedy i całych budowli o unikalnej wartości historycznej lub kulturalnej, zwłaszcza, gdy ich zabezpieczenie wiąże się z koniecznością stworzenia odpowiedniego mikroklimatu lub dostępu do badań albo stałej ekspozycji. W ten sposób zabezpieczono niektóre szczątki murów romańskich i gotyckich na Wzgórzu Wawelskim, mury romańskie w kościele Św. Wojciecha w Krakowie, reliktury murów preromańskich w Wiślicy i inne.

Zabiegi techniczne o charakterze ingerencji introgenicznej mają na celu usunięcie zniszczeń

i zagrożeń zachodzących wewnątrz konstrukcji i tą drogą — przywrócenie nadwerężonym, rozluźnionym lub posiadającym ubytki zespołom murowanym zdolności do spełniania pierwotnych konstrukcyjnych i użytkowych funkcji.

Ingerencja techniczna introgeniczną może być również podyktowana potrzebą podwyższenia zdolności nośnej elementów w związku z zamierzoną ich adaptacją do spełnienia nowych funkcji,

a także w przypadkach, gdy w stosunku do pierwotnego przeznaczenia konstrukcji zaistniały nowe warunki pracy.

Zabiegi tego rodzaju stosuje się niekiedy także w tych przypadkach, gdy zachodzi potrzeba dokonania technicznej korekty istniejącego założenia przestrzennego z uwagi na statyczne

i konstrukcyjne wymagania, co może mieć miejsce np. w przypadku przebudowy części nośnych

i zmiany ich przeznaczenia statycznego w stosunku do tego, który spełniały pierwotnie, lub ze względu na zmianę własności mechanicznych zastosowanych materiałów murowych.

7. Wnioski:

Na podstawie części dotyczącej metod zabezpieczenia i ochrony obiektów zabytkowych w naszym przypadku muru ceglanego można wywnioskować, że decydującymi czynnikami są:

- Zabezpieczenie prewencyjne polegające na odciążeniu osłabionych elementów muru, podtrzymaniu za pomocą konstrukcji drewnianych i ostrożnym usuwaniu gruntu za ścianą.
- Zabezpieczenia trwałe polegać będzie na zabezpieczeniu muru przed działaniem czynników niszczących oraz ingerencji introgenicznej (wybranie wariantu I lub II naprawy).

8. Proponowane rozwiązania konstrukcyjne

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń oraz analizy patrz załącznik nr 6 autor opracowania proponuje następujące rozwiązania naprawy:

Nieodzowne jest wykonanie, przed rozpoczęciem właściwych prac naprawczych, dokładnej inwentaryzacji istniejącej substancji budowlanej także w ujęciu kosztowym.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
--	--

8.1.WARIANT 1

Założenie główne:

Pozostawiamy wielorodzinny ceglany budynek mieszkalny znajdujący się na skarpie muru w nienaruszonym stanie.

Prace będą odbywały się w następującej kolejności:

- a) Zabezpieczenie budynku na skarpie poprzez wykonanie mikropalowania w piwnicy budynku
za pomocą technologii Jet Grouting (patrz załącznik 6), w razie konieczności wykonania sztywnej płyty żelbetowej na posadzce w piwnicy oraz wykonie sklamrowania budynku ściągamy stalowymi (projekt zabezpieczeń należy wykonać po opracowaniu pełnej inwentaryzacji budynku),
- b) Wykonanie ścianki szczelnej z profili stalowych o długości 8 m na długości około 22 m wychodząca 5 m poza obrys istniejącego budynku. Ścianka wykonana będzie metoda wciskania
w odległości 1,5 m od budynku ceglano ze ścisła kontrola geodezyjna przemieszczeń budynku (załącznik nr 7),
- c) Przełożenie sieci znajdujących się od czoła muru od strony parkingu,
- c) Ręczne warstwami wybranie gruntu pomiędzy murem a ścianką szczelną wraz z warstwową rozbiórka muru oraz podparciem stemplami drewnianymi od czoła muru (niezbędne jest opracowanie projektu prac ziemnych ze względu na znaczne skomplikowanie prac rozbiórkowych),
- d) Wykonanie żelbetowej ściany oporowej z licem ceglany imitującym mur istniejący na odcinku 22 m – część I ściany wg załącznika nr 8,
- e) Zasypanie przestrzeni pomiędzy nową ścianą oporową, a ścianką szczelną gruntem zasypowym,
- f) Ręczne warstwami wybranie gruntu pomiędzy murem a ścianką szczelną wraz z warstwową rozbiórka muru w części muru pomiędzy istniejącym budynkiem na skarpie a budynkiem nowo-wybudowanym od czoła skarpy (niezbędne jest opracowanie projektu prac ziemnych ze względu na znaczne skomplikowanie prac rozbiórkowych),
- g) Wykonanie żelbetowej ściany oporowej z licem ceglany w ww. części muru oraz połączenie dylatacją z wcześniej wykonana części ściany oporowej,

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

h) Zasypanie przestrzeni pomiędzy nową ścianą oporową, a ścianką szczelną gruntem zasypowym.

8.2 WARIANT 2

Założenie główne:

Istniejący wielorodzinny ceglany budynek mieszkalny zostanie rozebrany przez rozpoczęciem prac do fundamentów. (w razie odkrycia innych nie zainwentaryzowanych uprzednio obiektów w gruncie należy wykonać aneks uzupełniający do wykonanej ekspertyzy geotechnicznej).

Prace będą odbywały się w następującej kolejności:

- a) Wykonanie rozbiórki wielorodzinnego ceglano-budynku mieszkalnego (projekt rozbiórki należy wykonać po opracowaniu pełnej inwentaryzacji budynku),
- b) Wykonanie ścianki szczelnej z profili stalowych o długości 8 m na długości około 22 m wychodząca 5 m poza obrys pozostałości fundamentów budynku ceglano . Ścianka wykonana będzie metoda wciskania w odległości 4 m od korony przedmiotowego muru ze ścisłą kontrolą geodezyjną przemieszczeń budynku (załącznik nr 7),
- c) Przełożenie sieci znajdujących się od czoła muru od strony parkingu,
- c) Ręczne warstwami wybranie gruntu pomiędzy murem a ścianką szczelną wraz z warstwową rozbiórka muru oraz podparciem stemplami drewnianymi od czoła muru (niezbędne jest opracowanie projektu prac ziemnych ze względu na znaczne skomplikowanie prac rozbiórkowych),
- d) Wykonanie żelbetowej ściany oporowej z licem ceglano imitującym mur istniejący na odcinku 22 m – część I ściany wg załącznika nr 8,
- e) Zasypanie przestrzeni pomiędzy nową ścianą oporową, a ścianką szczelną gruntem zasypowym,
- f) Ręczne warstwami wybranie gruntu pomiędzy murem a ścianką szczelną wraz z warstwową rozbiórka muru w części muru pomiędzy istniejącym budynkiem na skarpie a budynkiem nowo-wybudowanym od czoła skarpy (niezbędne jest opracowanie projektu prac ziemnych ze względu na znaczne skomplikowanie prac rozbiórkowych),
- g) Wykonanie żelbetowej ściany oporowej z licem ceglano w ww. części muru oraz połączenie dylatacją z wcześniej wykonana części ściany oporowej,
- h) Zasypanie przestrzeni pomiędzy nową ścianą oporową, a ścianką szczelną gruntem zasypowym,

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
--	--

Autor opracowania skłania do zaproponowania wariantu 2 ze względu na ekonomiczność przedsięwzięcia (niższe koszty) po uprzednim opracowaniu projektu rozbiórki.

Przed robotami rozbiórkowymi należy uzyskać przewidziane prawem budowlanym stosowne pozwolenia (ochrona konserwatorska).

9. Zalecenia i wytyczne naprawy (remontu).

W przypadku wybraniu przez inwestora odpowiedniego wariantu należy opracować projekt budowlany na bazie niniejszej ekspertyzy. Roboty należy powierzyć wyspecjalizowanemu wykonawcy oraz ustanowić inspektora nadzoru inwestorskiego nad robotami.

Opis stanu oraz wnioski z zaleceniami dotyczą jedynie zleconego tematu, istotnego dla danego elementu,

Ekspertyza opracowana została przy założeniu pozostawienia przyjętej w zleceniu funkcji budowli.

W przypadku zaistnienia w trakcie eksploatacji lub robót budowlanych odmiennego stanu aniżeli założono w ekspertyzy należy powiadomić autora - telefon 0604-13-40-85 lub 314-97-47 celem podjęcia odpowiedniej decyzji technicznej.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

10. Normatywy:

- [1] Polska norma PN-81/B-02001 „Obciążenia budowli - Obciążenia stałe.”,
 - [2] Polska norma PN-82/B-02003 „Obciążenia budowli – Obciążenia zmienne technologiczne – podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.”,
 - [3] Polska Norma PN-83/B-03010 „Ściany oporowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.”,
 - [4] Polska Norma PN-81/B-03020 „Grunty budowlane. Posadowienie bezpośrednie budowli.” Obliczenia statyczne i projektowanie.”
 - [4] Polska Norma PN-93/B-03020 „Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.”
 - [6] Polska Norma PN-B-03263:2002 „Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.”
 - [5] Polska Norma PN-EN 12063:2001 „Wykonawstwo specjalnych robót geotechnicznych. Ścianki szczelne.”
- Pozycje literaturowe:
- [1] Z. Wiłun Zarys - „Geotechniki wydanie 3 podprawione” WKiŁ 1987,
 - [2] Andrzej Jarominiak - „Lekkie Konstrukcje Oporowe” WKiŁ 2000,
 - [3] Cz. Rybak, O. Puła W. Sarniak - „Fundamentowanie projektowanie posadowień” DWE 1997,
 - [4] E. Motak - „Fundamenty bezpośrednie” ARKADY 1988,
 - [5] K. Biernatowski - „Fundamentowanie” PWN 1984,
 - [6] Praca Zbiorowa - „Konserwacja Murów Ceglanych” Uniwersytet Mikołaja Kopernika 1999,
 - [7] W. Borusiewicz - „Konserwacja Zabytków Budownictwa Murowanego” ARKADY 1971,
 - [8] E. Małachowicz – „Konserwacja i Rewaloryzacja Architektury w zespołach i krajobrazie” Oficyna wydawnicza Pwr 1994.

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
--	--

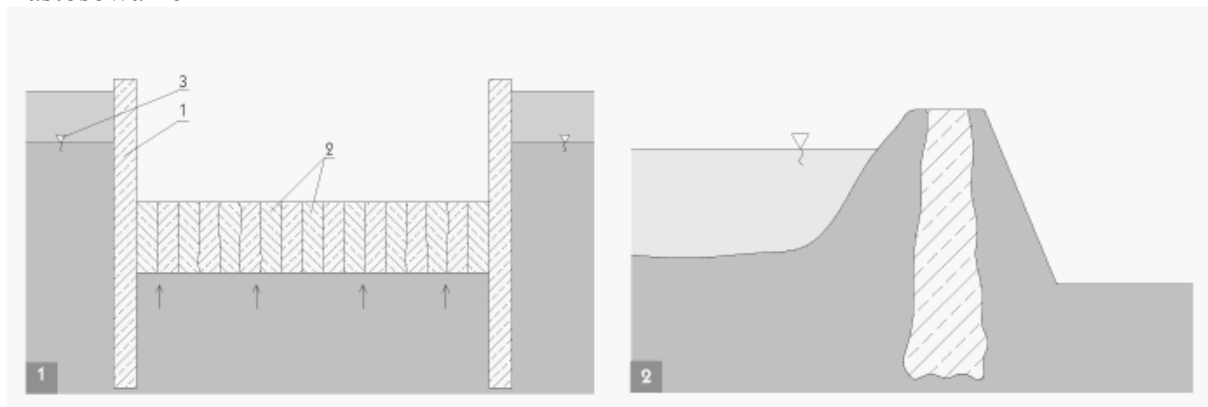
11. Załączniki

12. załącznik nr 6 Wzmacnianie gruntu metodą Jet Grouting

Technologia

Metoda polega na mieszaniu gruntu z zaczynem stabilizującym wtłaczanym strumieniowo pod wysokim ciśnieniem (200-300 bar). Można w ten sposób wzmacniać wszelkiego rodzaju grunty: organiczne, torfy i namuły, luźne piaski o różnej granulacji i plastyczne grunty spoiste. Zastępuje ściany szczelinowe, pale. W pierwszym etapie wzmacniania, żerdzią średnicy 88,9 mm, draży się grunt do głębokości przewidzianej w projekcie. W trakcie wiercenia stosuje się płuczkę wodną lub bentonitową. Ciecz tłoczona pod ciśnieniem znacznie ułatwia wiercenie. Po osiągnięciu żądanej głębokości rozpoczyna się strumieniowe tłoczenie zaczynu przez dysze, umieszczone w dolnej części żerdzi. W trakcie iniekcji grunt jest rozdrabniany i mieszany z zaczynem. Obrótowy sposób podnoszenia żerdzi przy jednoczesnym tłoczeniu zawiesiny umożliwia wykonanie kolumny grunto-cementowej w kształcie walca. Jego średnica zależy od rodzaju gruntu i technologii iniekcji - wielkości ciśnienia, składu iniektu, a także średnicy dysz i czasu iniekcji. W ten sposób powstają kolumny średnicy od 40 do 180 cm.

Zastosowanie



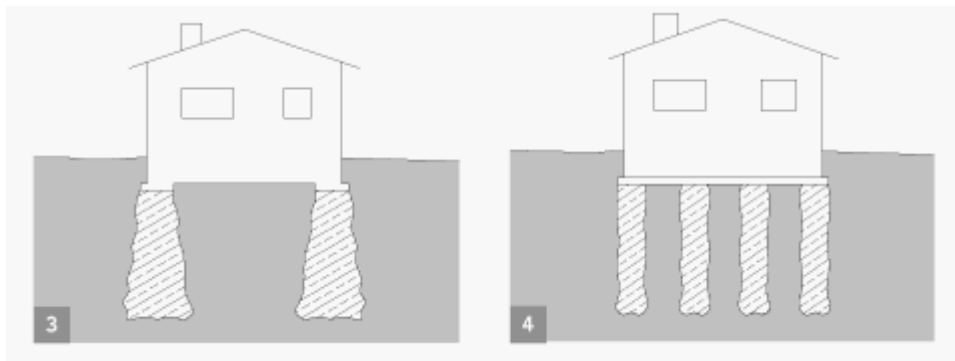
rys. 1 Uszczelnienie wykopu w gruncie nawodnionym

Oznaczenia:

- 1 - ściana szczelinowa,
- 2 - uszczelnienie dna wykopu iniekcjami wykonanymi metodą jet grouting,
- 3 - poziom wody gruntowej

rys. 2 Wzmocnienie i uszczelnienie wału przeciwpowodziowego

Metoda jet grouting może być wykorzystana nie tylko przy wzmacnianiu wszelkiego rodzaju gruntów ale i przy wzmacnianiu oraz uszczelnianiu wału przeciwpowodziowego. Odbywa się to za pomocą przesłon filtracyjnych. Technologię iniekcji zastosowano na przykład do wykonania pionowej przesłony izolacyjnej w obwałowaniach stopnia wodnego na Zalewie Zegrzyńskim w miejscowości Dębe. Można ją także stosować przy wykonywaniu szczelnych wykopów w nawodnionych gruntach. Wykop otacza się ścianami szczelinowymi, a dno wypełnia kolumnami cementowo-gruntowymi nachodzącymi na siebie. Dzięki odpowiedniemu dobraniu składu zaczynu wodoszczelność przesłony wynosi $k=10^{-7}$ do 10^{-9} cm/s. Po wykonaniu ścian oraz iniekcji uszczelniających w dnie wykopu, można wypompować wodę i rozpocząć wybieranie gruntu.



rys. 3 Wzmacnianie gruntu pod budynkiem istniejącym

rys. 4 Wzmocnienie gruntu pod budynkiem nowo wznoszonym

Zalety:

Proces tłoczenia iniektu można przerwać w dowolnym momencie. Pozwala to kształtować kolumny dowolnych wysokości. Aby wzmocnić podłoże pod fundamentem istniejącego budynku, należy, wierząc pod kątem, wykonać kolumny ukośne. Dodatkową zaletą tej technologii jest to, że kolumny można wykonywać, wstawiając urządzenie do piwnic budynku, pod warunkiem jednak, że pomieszczenie ma wysokość co najmniej 1,5 metra. Pozwala to wzmocniać podłoże pod fundamentami budynków już stojących, także z pomieszczeń piwnic w centralnie położonych częściach budynku, tam gdzie nie ma dostępu od zewnątrz. Metoda ta, choć bardzo kosztowna, pozwala na wykonanie podziemnych kondygnacji w silnie nawodnionych, piaszczystych warstwach podłoża, gdy warstwa nieprzepuszczalnych gruntów znajduje się na znacznej głębokości. Mimo swoich zalet, technologia ta nie jest dostatecznie rozpowszechniona w Polsce. Stosuje ją zaledwie kilka przedsiębiorstw.

Aparatura:

Aparatura do wykonywania kolumn składa się z zestawu mieszalników szybko- i wolnoobrotowych, iniekcyjnej pompy wysokociśnieniowej i samojazdnej wiertnicy na podwoziu gaśienicowym. Wiertnica wyposażona jest w przewód wiertniczy zakończony dyszami. Na placu budowy musi znajdować się też silos na cement i zbiornik wody pojemności około 2000 litrów. Cały proces konstruowania kolumny kontrolowany jest automatycznie, co umożliwia właściwe jej wykonanie.

Surowiec:

Do wykonywania zaczynów iniekcyjnych cementowo-wodnych wykorzystuje się cement portlandzki marki 35 lub 45 oraz cementy hutnicze. W zależności od rodzaju podłoża gruntowego i składu zaczynu iniekcyjnego, uzyskuje się następujące wytrzymałości kolumn: w żwirze - do 20 MPa, w piasku - do 15 MPa, w pyle i glinie - do 8 MPa, w gruntach organicznych - do 5 MPa. Wytrzymałość kolumn zależy od doboru rodzaju cementu oraz stosunku c/w (cementu i wody).

Grunty nawodnione

Technologię jet grouting można zastosować także w podłożach nawodnionych, w których natężenie przepływu wody wynosi do 10-2 cm/s. Kolumny grunto-cementowe mogą być zbrojone rurą

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

grubościenną, sztywnym koszem zbudowanym z 4, 5 bądź 6 prętów lub centralnie umieszczonym profilem stalowym. Zbrojenie kolumny zwiększa jej nośność. Profile podwieszane na dźwigu zagłębia się, topiąc je w kolumnie. Istotne jest to, że podczas wykonywania iniekcji siła, z jaką zawieszona działa na grunt gwałtownie spada w odległości większej od planowanego promienia kolumny. Nie powoduje to niekontrolowanych przemieszczeń podłoża, które mogłyby stwarzać zagrożenie dla infrastruktury podziemnej.

13. Obliczenia ścianki szczelnej z profili stalowych wciskanej w grunt.

1. Parametry gruntowe.

Wydzielone warstwy geotechniczne w części muru poza obrębem istniejącego budynku ceglanego (przekrój geotechniczny nr wg dokumentacji geotechnicznej firmy)

- Warstwa I - piaski drobne w stanie średnio zagęszczonym na granicy luźnego o $I_D = 0,33$
- Warstwa II - średnio zagęszczone piaski drobne o $I_D = 0,45$
- Warstwa III - zagęszczone piaski drobne i pylaste o $I_D = 0,70$
- Warstwa IV - średnio zagęszczone piaski średnie o $I_D = 0,60$
- Warstwa V – pyły o konsystencji na granicy twardoplastycznej i plastycznej i stopniu plastyczności $I_L = 0,25$
- Warstwa VI – twardoplastyczne pyły, gliny pylaste i gliny piaszczyste o $I_D = 0,15$

Ścianki szczelne to konstrukcje mające spełniać następujące funkcje:

- a) podtrzymywać ściany wykopów lub uskoków terenu (skarpy),
- b) eliminować lub zmniejszyć dopływ wody do wykopu i zabezpieczać przed takimi zjawiskami jak: sufozja, kurzawka – rozmycie dna wykopu, (zastosowanie ścianki szczelnej powoduje przecięcie drogi filtracji lub jej wydłużenie i zmniejszenie średniej wartości spadku hydraulicznego a tym samym prędkości filtracji i ciśnienia spływowego),
- c) zwiększenie szczelności podłoża pod podstawą fundamentu we wszelkiego rodzaju budowlach piętrzących wodę,
- d) umacniać nabrzeża w budownictwie hydrotechnicznym,
- e) w posadowieniach bezpośrednich na gruntach nawodnionych, szczególnie w przypadkach piasków drobnych i ruchomych wodach gruntowych, mogą wygrodzić podłoże fundamentów budowli i chronić je przed wypłukiwaniem najdrobniejszych cząstek gruntu.

Najważniejsze w projektowaniu ścianek szczelnych jest wyznaczenie głębokości wbicia:

- głębokość wykopu lub uskoku terenu,

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

- rodzaju podłoża poniżej dna wykopu (w gruntach kamienistych lub zawierających duże kamienie, kłody drewna itp. przeszkody stosuje się mniejsze głębokości wbicia),
- warunków gruntowo-wodnych (głębokość wbicia może wynikać z konieczności zagłębienia ścianki w gruntach nieprzepuszczalnych aby uniemożliwić przepływ wody gruntowej pod ścianką),
- wielkości obciążeń przekazywanych na ściankę szczelną, wynikających z parcia gruntu i wody

W praktyce, w oparciu o dokładną analizę wielu czynników stosuje się następujące rozwiązania:

- ścianki szczelne niepodparte, utwierdzone w gruncie (ich stateczność zapewnia odpowiednio duża głębokość wbicia poniżej dna wykopu),
- ścianki szczelne podparte, jedno- lub wielokrotnie.

Głębokość wbicia ścianek podpartych może być zróżnicowana, zazwyczaj rozpatruje się dwa przypadki:

- wbicie na minimalną głębokość wynikającą z warunku stateczności - zapewniającą tzw. „przegubowe podparcie w gruncie”,
- wbicie na głębokość zapewniającą jej „utwierdzenie w gruncie”.

Głębokość wbicia ścianki ma istotny wpływ na wyniki obliczeń statycznych. Ścianki głębiej wbite są zginane mniejszymi momentami, mniejsze są też reakcje w miejscach podparć (rozpór, zakotwień).

Podparcia ścianek realizuje się zazwyczaj poprzez:

- rozpory (możliwe w wykopach wąskich),
- kotwy gruntowe,
- ściągi, (ciągna), przenoszące obciążenia ze ścianki na elementy kotwiące takie jak: płyty i bloki kotwiące, ścianki kotwiące, palowe układy koźłowe.

Przy jednokrotnym podparciu, poziom podpory przyjmuje się na głębokości nie większej niż 1/3 wysokości ściany. Rozstaw rozpór, kotew lub ściągów wynika zazwyczaj z wielokrotności szerokości elementu ścianki i sztywności elementu podpierającego ściankę w poziomie kotwienia. Zazwyczaj rozstaw elementów kotwiących nie przekracza 3 m.

W projektowaniu ścianek szczelnych obliczenia statyczne wykonuje się stosując metody analityczne i analityczno-wykreślne. Spośród analitycznych metod najczęściej stosowana jest metoda Bluma i Jenne [8], zaś analityczno-graficznych metoda Bluma [3]. Parcie i odpór gruntu przyjmuje się w tych metodach wg klasycznej metody Coulomba, pomija się, na korzyść bezpieczeństwa, tarcie gruntu o ściankę szczelną.

Tok postępowania podczas projektowania ścianki szczelnej jest następujący:

- a) obliczenie czynnego oraz biernego parcia gruntu na ściankę oraz parcia wody,
- b) wyznaczenie głębokości wbicia ścianki (przy założonym schemacie statycznym),
- c) wyznaczenie momentów zginających i sił w elementach podpierających (rozporach, kotwach, ściągach),
- d) wymiarowanie elementów ścianki szczelnej i kotew,

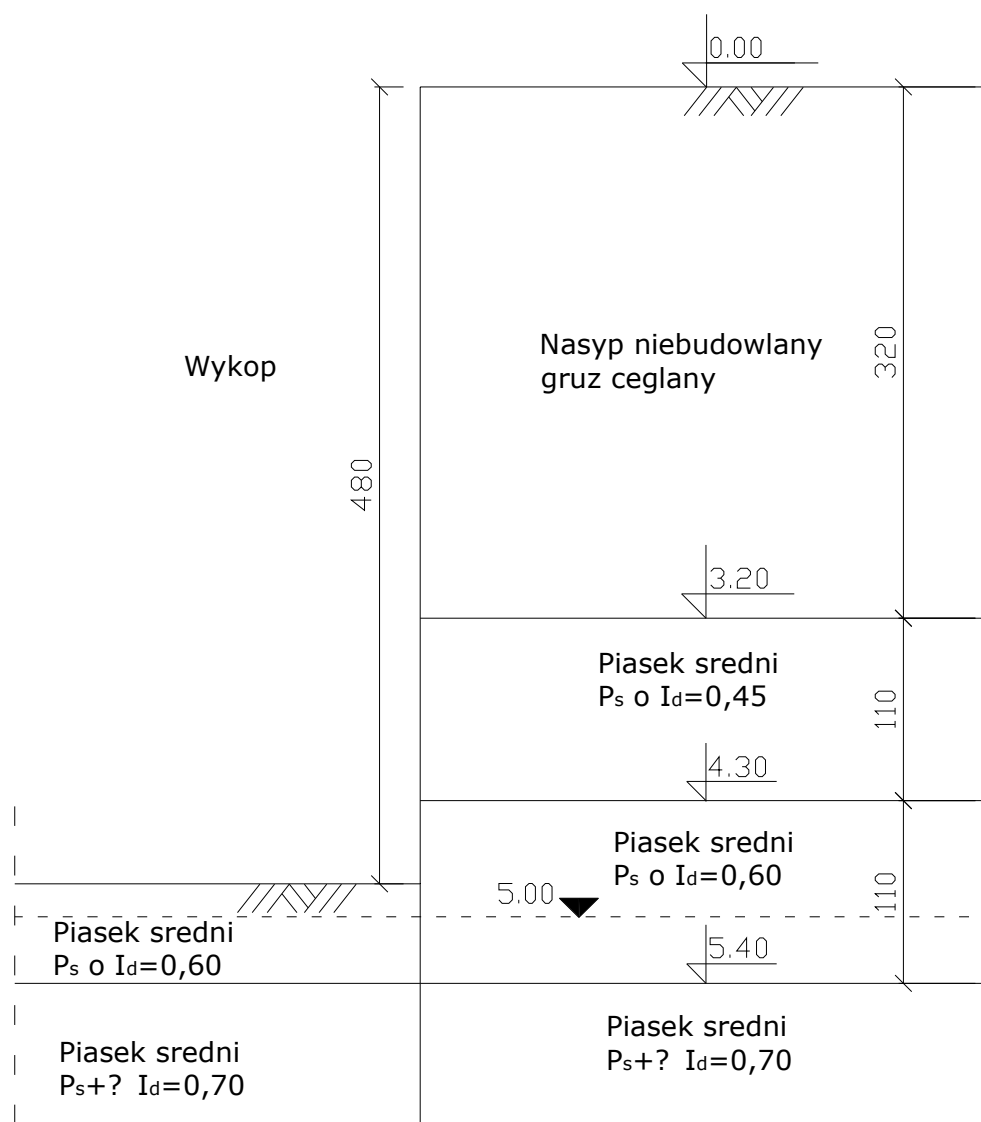
PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

pokonania przez siły ciśnienia spływowego ciężaru gruntu γ następuje zjawisko zwane „kurzawką”. Aby to zjawisko nie zaistniało powinien być spełniony z dostateczną dla praktyki dokładnością warunek określony wzorem - poniżej. Głębokość wbicia ścianki „t” powinna być co najmniej równa:

$$t = \left(\frac{r \cdot \gamma + \gamma' + \gamma_w}{N_q - 1} + \frac{\gamma_w}{2} \right) \cdot \frac{h}{\gamma'}$$

N_q - współczynnik nośności granicznej (wg rys. 3.11, tab. 3.3) $r = s/\Delta h$

2. Dane do obliczenia ścianki szczelnej.



PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
---	--

Parametry geotechniczne (wyznaczone metodą A):

a) nasyp niebudowlany – nie brany do obliczeń parć tylko do ciężaru

$$\rho = 1,8 \text{ t/m}^3 \quad \phi_n^{(n)} = 1^\circ \quad w_n = 5 \% \quad \gamma = 18,00 \text{ kN/m}^3$$

b) piasek średni mało wilgotny o $I_D^{(n)} = 0,45$

$$\rho = 2,15 \text{ t/m}^3 \quad w_n = 5 \% \quad \rho_s = 2,65 \text{ t/m}^3 \quad \phi_n^{(n)} = 32,5^\circ$$

$$\gamma = 16,68 \text{ kN/m}^3$$

c) piasek średni wilgotny o $I_D^{(n)} = 0,60$

$$\rho = 2,0 \text{ t/m}^3 \quad w_n = 22 \% \quad \rho_s = 2,65 \text{ t/m}^3 \quad \phi_n^{(n)} = 33,5^\circ$$

$$\gamma = 18,50 \text{ kN/m}^3$$

d) piasek drobny i pyłasty mokry o $I_D^{(n)} = 0,70$ (poniżej zwierciadła wody gruntowej)

$$\rho = 1,85 \text{ t/m}^3 \quad w_n = 22 \% \quad \rho_s = 2,65 \text{ t/m}^3 \quad \phi_n^{(n)} = 31,5^\circ$$

$$\gamma = 20,00 \text{ kN/m}^3$$

Współczynniki parcia i oporu poszczególnych warstw gruntu.

Rodzaj gruntu	rzędne	γ	ϕ	c	K_a	K_p	$2c \cdot \sqrt{K_a}$	$2c \cdot \sqrt{K_p}$
	m	kNm ⁻³	[°]	kPa	1	1	kPa	kPa
Nasyp NB	0,00 - 3,20	18,00	1,00	0	0,964	1,034	0,000	0,000
Piasek średni	3,20 - 4,20	16,68	32,50	0	0,301	3,314	0,000	0,000
Piasek średni	4,20 - 5,40	18,50	33,50	0	0,288	3,455	0,000	0,000
Piasek drobny i pył	5,40 - 8,00	20,00	31,50	0	0,313	3,180	0,000	0,000

Parcie gruntu bez uwzględnienia obciążenia naziomu.

Rzędna	γ	ϕ	K_a	Odległości od stropu warstwy z	Zastępcze obciążenie naziomu q_z	$(q_z + \gamma_i \cdot z) \cdot K_a$	$2c \cdot \sqrt{K_a}$	$e_a(z)$
m	kNm ⁻³	[°]		m	kPa			
0,00	18,00	1	0,964	0	0	0	0	0
3,2	18,00	1	0,964	3,2	0	55,53	0	55,526
3,2	16,68	32,5	0,301	0	57,6	17,34	0	17,338
4,3	16,68	32,5	0,301	1,1	57,6	22,86	0	22,860
4,3	18,50	33,5	0,288	0	77,048	22,19	0	22,190
4,8	18,50	33,5	0,288	0,6	77,048	25,39	0	25,39
5,4	18,50	33,5	0,288	1,1	77,048	28,05	0	28,051
5,4	20,00	20	0,313	0	99,998	31,30	0	31,299
8	20,00	20	0,313	2,6	99,998	47,58	0	47,575

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
--	---

Odpór gruntu bez uwzględnienia obciążenia naziomu.

Rzędna	γ	ϕ	K_p	Odległości od stropu warstwy z	$(\gamma_i * z * K_p)$	$2c * \sqrt{K_p}$	$e_p(z)$
m	kNm^{-3}	[°]		m	kPa		
4,80	18,50	33,5	3,455	0	0	0	0
5,4	18,50	33,5	3,455	0,6	38,35	0	38,351
5,4	20,00	20	3,18	0	35,30	0	35,30
8	20,00	20	3,18	2,6	200,66	0	200,658

$$u = \frac{e_d}{(K_p - K_a)\gamma} = \frac{25,39}{(3,455 - 0,288) * 18,50} = 0,43$$

Wypadkowa parcia i odporu.

Numer paska	h paska	e_i	e_{i+1}	$e_i + e_{i+1}$	$0,5h_i(e_i + e_{i+1})$	
i	m	kPa			kN^{-1}	
1	0,5	0	8,676	8,68	2,169	
2	0,5	8,676	17,352	26,03	6,507	
3	0,5	17,352	26,028	43,38	10,845	
4	0,5	26,028	34,704	60,73	15,183	
5	0,5	34,704	43,38	78,08	19,521	
6	0,7	43,38	55,53	98,91	34,62	
7	0,5	17,34	19,85	37,19	9,30	
8	0,6	19,85	22,86	42,71	12,81	
9	0,5	22,86	0,00	22,86	5,72	
10	0,6	0,00	38,35	38,35		11,51
11	0,4	35,3	60,74	96,04		19,21
12	0,4	60,74	86,18	146,92		29,38
13	0,4	86,18	111,62	197,80		39,56
14	0,4	111,62	137,06	248,68		49,74
15	0,4	137,06	162,50	299,56		59,91
16	0,4	162,50	187,94	350,44		70,09
17	0,2	187,94	200,66	388,60		38,86

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA wraz z projektem naprawy zabytkowych kurtynowych murów obronnych znajdujących się pomiędzy zabudowaniami Młynarska 3a i Sejmowa 10 Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy; Rynek - Ratusz
--	--

Odczytano:

a) $m_{\max} = 1,34$ $R_A = 51,6 \text{ kN}$ $t = u + 1,2x = 0,43 + 1,2 \cdot 1,77 = 2,55 \text{ m}$

Przyjęcie przekroju ścianki (profile typu Larsena ze stali St3S - $f_d=150\text{MPa}$)).

a) przy założeniu przegubowego zamocowania ścianki w gruncie

$$M_{\max} = m_{\max} \cdot H$$

$$M_{\max} = 1,34 \cdot 100 = 134 \text{ kNm}$$

Potrzebny wskaźnik na zginanie:

$$W = M_{\max} / f_d$$

$$W = 134 / 1500000 = 0,00089 \text{ m}^3 = 893 \text{ cm}^2$$

Przyjęto profile Ia n.; szerokość $B=400\text{mm}$, długość całkowita bursów $H_s+t=4,8+2,55=7,35\text{m}$;

Obliczenie kotwy.

a) przy założeniu przegubowego zamocowania ścianki w gruncie

$$R_A = 145 \text{ kN}$$

$$\alpha = \arctg(6,84/813) = 0,48^\circ$$

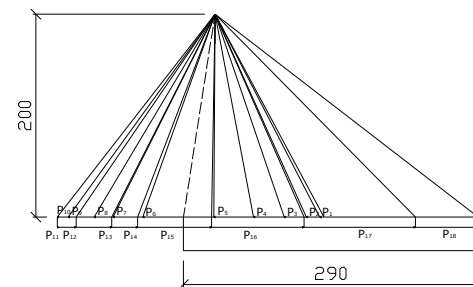
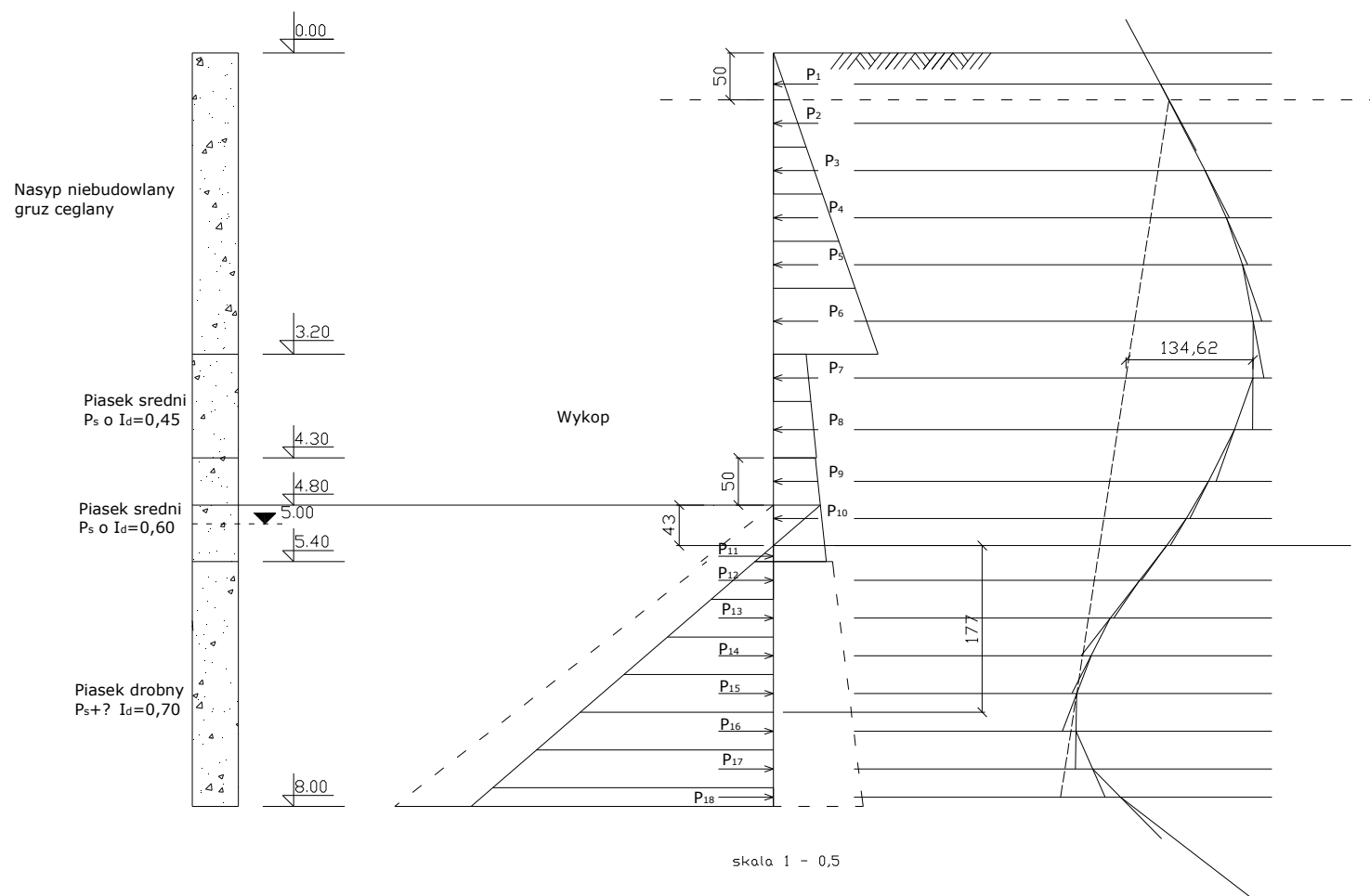
Projektuje się kotwy co $a=2,0\text{m}$ (co 5 burs); potrzebny przekrój kotwy (stal St3S - $f_d=150\text{Mpa}$)

$$A_s = R_A \cdot a / (\cos \alpha \cdot f_d) = 145 \cdot 2,0 / (\cos 0,48^\circ \cdot 150000) = 19 \text{ cm}^2$$

Przyjęto pręty stalowe $\phi 30\text{mm}$

Obliczenie płyt kotwiących.

Przyjęto płytę $1,8 \times 1,8\text{m}$; $D=2,4\text{m}$; $D/h=1,33 < 5$



14. Zestawienie dokumentacji fotograficznej z komentarzem

Lp	Nr fotografii	Miejsce	Komentarz
1	2	3	4
1	1	Przedmurze, narożnik przy schodach terenowych	Cegła o wątku współczesnym, zniszczona powierzchniowo – korozja chemiczna i wpływ oddziaływania zmiennych temperatur, widoczny pion kanalizacji sanitarnej od pływ z domu Sejmowa 10 Fotografię wykonano w dniu 23-06-2005
2	2	Przedmurze, widok na lewą część przy parkingu	Opis jak wyżej, widoczny ślad naprawy muru – dwa rodzaje cegieł, skośnie przebiegające strzępia połączenia, brak informacji o dacie naprawy lub odbudowy;
3	3	Przedmurze – widok wzdłuż schodów terenowych	Opis jak w punkcie 1
4	4	Przedmurze, widok na lewą część przy parkingu	Opis jak w punkcie 2
5	5	Przedmurze – korona muru widok od domu przy ul. Sejmowa 10	Wyflukane spoiny w murze, głębokie uszkodzenia cegieł;
6	6	Przedmurze – widok na śródowną część muru	Zdjęcie wykonano tuż po rozebraniu budynku przy ul. Młynarska 3a, bardzo zniszczony fragment muru po prawej stronie w miejscu gdzie był zasypany; widoczne fragmenty starych fundamentów;
7	7	Przedmurze – środkowa część muru	Nieregularne lico wątku muru, korozja, wyflukane spoiny;
8	8	Przedmurze – korona muru	Widok na sposób użytkowania od strony domu Sejmowa 10 – brak balustrady zabezpieczającej przed upadkiem z wysokości, obecna wysokość od ziemi do korony muru od strony domu 70 cm – wymagane min. 110 cm
9	9	Przedmurze – prawa strona, tuż przed częścią muru odkopanego	Głębokie uszkodzenia, brak cegieł, wewnętrznie zniszczona struktura muru przez wilgoć i mróz;
10	10	Przedmurze – prawa strona	Zasypana do czerwca 2005 roku ziemią; uszkodzenia od wilgoci, brak cegieł w licu murów, obciążona i przysypana gruzem kapa muru, uszkodzenia od korzeni roślinności;
11	11	Przedmurze – prawa strona	Widok z dalszego planu;
12	12	Przedmurze – prawa strona	Duża korozja lica muru, brak cegieł, cegły zmurszałe,
13	13	Przedmurze – prawa strona	Widok na fragment starego fundamentu zespolonego z przedmurzem;
14	14	Przedmurze – prawa strona	Inne ujęcie – opis jak wyżej;
15	15	Przedmurze – prawa strona	Odkrywka pod fragmentem fundamentu – koniec fundamentu w poziomie wykopu pod ławę fundamentową odbudowywanego budynku przy ul. Młynarska 3a
16	16	Przedmurze – prawa strona	Widok na uszkodzenia muru;
17	17	Przedmurze – prawa strona	Ujęcie od strony prawej;
18	18	Przedmurze – prawa strona	Jak wyżej;
19	19	Przedmurze – prawa strona	Widok na przedmurze oraz dno fundamentu pod odbudowywany budynek przy ul. Młynarska 3a;
20	20	Przedmurze – prawa strona	Ujęcie od strony prawej;
21	21	Przedmurze – prawa strona	Ujęcie od strony prawej;
22	22	Przedmurze – prawa	Ujęcie od strony prawej – plan szerszy;

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA Obiekt: Zabytkowe kurtynowe mury obronne strefa I Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy Rynek-Ratusz 56-400 Oleśnica
---	---

		strona	
23	23	Przedmurze – prawa strona – na styku muru skośnego i prostego w obrębie starych fundamentów	Wiercenia w celu pobrania próbek gruntu do badań geotechnicznych – piasek wydobyty spod fundamentu starego budynku
24	24	Przedmurze – prawa strona – na styku muru skośnego i prostego w obrębie starych fundamentów	Plan wierceń
25	25	Przedmurze – prawa strona – na styku muru skośnego i prostego w obrębie starych fundamentów	Pobieranie próbek i polowa analiza gruntu;
26	26	Przedmurze – prawa strona – na styku muru skośnego i prostego w obrębie starych fundamentów	Wiercenia ręczne – utrudnienia ze względu na kamienie;
27	27	Przedmurze – prawa strona – na styku muru skośnego i prostego w obrębie starych fundamentów	Widok na otwór badawczy;
28	28	Przedmurze – prawa strona – na styku muru skośnego i prostego w obrębie starych fundamentów	Jak wyżej
29	29	Przedmurze – prawa strona – odkrywka na nasypie w środkowej części muru o ścianach pionowych	Widok na zasypkę z gruzu oraz niebudowlany naziom; fragmenty starych posadzek;
30	30	Przedmurze – lewa strona przy schodach terenowych	Odkrywka przy fundamencie – widoczny inny układ fundamentowania niż obecny, Fundamenty najstarsze występują najniżej – inne położenie, Widoczne są również kable elektryczne – byłaby konieczność ich przełożenia w przypadku wykonywania ścian oporowych;
31	31	Przedmurze	Widok ogólny
32	32	Przedmurze – strona prawa przy ścianie wzniesionego budynku przy ul. Młynarska 3a	Widok z góry na pionową ścianę – prawdopodobnie jest to część ściany fundamentowej nieistniejącego już budynku (widocznego na starych fotografiach lotniczych z 1935 roku dołączonych do opracowania tuż za inwentaryzacją murów)
33	33	Przedmurze – strona prawa przy ścianie wzniesionego budynku przy ul. Młynarska 3a	Widok na sytuację przylegania budynku przy ul. Młynarska 3a do podstawy skośnej muru;
34	34	Przedmurze – strona prawa przy ścianie wzniesionego budynku przy ul. Młynarska 3a	Widok z góry na pionową ścianę – prawdopodobnie jest to część ściany fundamentowej nieistniejącego już budynku (widocznego na starych fotografiach lotniczych z 1935 roku dołączonych do opracowania tuż za inwentaryzacją murów) – inne ujęcie
35	35	Przedmurze	Ujęcie wzdłuż lica muru – widoczny charakterystyczny

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA Obiekt: Zabytkowe kurtynowe mury obronne strefa I Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy Rynek-Ratusz 56-400 Oleśnica
---	---

			skos oraz przeciw skos w górnej część muru – groźba awarii muru – wartości odchyłek pokazano na przekrojach inwentaryzacyjnych.
36	36	Przedmurze – strona prawa przy ścianie wzniesionego budynku przy ul. Młynarska 3a	Zbliżenie na bliskość położenia ścian oraz widoczne osłabienie i wypłukanie spoin w murze;
37	37	Przedmurze	Ujęcie wzdłuż lica muru – widoczny charakterystyczny skos oraz przeciw skos w górnej część muru – groźba awarii muru – wartości odchyłek pokazano na przekrojach inwentaryzacyjnych.
38	38	Przedmurze – strona prawa przy ścianie wzniesionego budynku przy ul. Młynarska 3a	Ujęcie wzdłuż lica muru – widoczny charakterystyczny skos oraz przeciw skos w górnej część muru – groźba awarii muru – wartości odchyłek pokazano na przekrojach inwentaryzacyjnych – ujęcie w kierunku od strony prawej do lewej muru;
39	39	Przedmurze – strona przy schodach terenowych	Widoczne uszkodzenia lica muru – nowa część muru odbudowana prawdopodobnie po uszkodzeniu oraz wykonaniu schodów terenowych których nie było w czasie funkcjonowania młyna zbożowego przed wojną;
40	40	Schody terenowe przy murze	Wykonane prawdopodobnie po wojnie;
41	41	Przedmurze – strona przy schodach terenowych	Partia muru przy kapie;
42	42	Przedmurze – strona przy schodach terenowych	Partia muru przy schodach;
43	43	Ściana szczytowa budynku Sejmowa 10	Widok wzdłuż osi muru głównej fortyfikacji obronnej (obecnie rozebranej – istnieje tylko część podziemna) – mur wg informacji zdjęciowej z 1935 – rekonstrukcja - roku oraz planów z 1928 roku przebiegał w osi kalenicy budynku
44	44	Nasyp nad przedmurzem	Widok na sposób zagospodarowania – brak barier ochronnych
45	45	Przedmurze – widok od strony schodów	Widok na geometrię narożnika
46	46	Budynek Sejmowa 10	Część przyokapowa budynku
47	47	Przedmurze – strona środkowa	Widok na drzewa w koronie muru – korzenie rozsadzają strukturę muru od strony nasypu;
48	48	Przedmurze – część środkowa	Widok na zniszczoną strukturę spoin oraz ubytki w licu muru
49	49	Przedmurze – część środkowa	Zwieńczenie przedmurza – kapa – uszkodzenia w cegle rolkowej – korozja chemiczna
50	50	Przedmurze – część środkowa	Widok na drzewa w koronie muru – korzenie rozsadzają strukturę muru od strony nasypu;
51	51	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Widok na fragmenty nasypu ceglanego – wcześniej przestrzeń pomiędzy pionową ścianą fundamentową (część muru) a ścianą fundamentową nowego budynku była zasypała ziemią i gruzem;
52	52	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Widok na odkrywkę przy ścianie przedmurza;
53	53	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Widok wzdłuż przedmurza ujęcie na kierunku wschód-zachód
54	54	Przedmurze - Ściana	Widok na odkrywkę przy ścianie przedmurza;

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA Obiekt: Zabytkowe kurtynowe mury obronne strefa I Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy Rynek-Ratusz 56-400 Oleśnica
---	---

		szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	
55	55	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Widok z góry na pionową część murów fundamentowych;
56	56	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Widok z góry na pionową część murów fundamentowych;
57	57	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Widok z góry na pionową część murów fundamentowych;
58	58	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Widok z góry na pionową część murów fundamentowych;
59	59	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Fragment starego fundamentu wraz z bryłą korzeniową krzewów i drzewek rosnących w koronie muru;
60	60	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Fragment starego fundamentu wraz z bryłą korzeniową krzewów i drzewek rosnących w koronie muru;
61	61	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Fragment starego fundamentu wraz z bryłą korzeniową krzewów i drzewek rosnących w koronie muru;
62	62	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Fragment starego fundamentu wraz z bryłą korzeniową krzewów i drzewek rosnących w koronie muru;
63	63	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Fragment starego fundamentu wraz z bryłą korzeniową krzewów i drzewek rosnących w koronie muru;
64	64	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Fragment starego fundamentu wraz z bryłą korzeniową krzewów i drzewek rosnących w koronie muru;
65	65	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Fragment starego fundamentu wraz z bryłą korzeniową krzewów i drzewek rosnących w koronie muru;
66	66	Przedmurze - Ściana szczytowa budynku Młynarska 3a - nasyp	Fragment starego fundamentu wraz z bryłą korzeniową krzewów i drzewek rosnących w koronie muru;
67	67	Odkrywka muru głównego – obręb naziomu przedmurza	Widok wątku gotyckiego – uszkodzenia działaniem wilgoci
68	68	Odkrywka muru głównego – obręb naziomu przedmurza	Fragment muru
69	69	Odkrywka muru głównego – obręb naziomu przedmurza	Fragment muru
70	70	Odkrywka muru głównego – obręb naziomu przedmurza	Fragment muru – ujęcie z osi muru
71	71	Odkrywka muru głównego – obręb naziomu przedmurza	Fragment muru – inne ujęcie
72	72	Odkrywka muru głównego – obręb naziomu przedmurza	Fragment od strony posadzki nieistniejącego budynku – głębokość odkrywki 30 – 40 cm
73	73	Odkrywka muru	Widok posadzki

PROCON PLUS Janusz Superson 11 Listopada 31/1 56-400 Oleśnica	EKSPERTYZA BUDOWLANA Obiekt: Zabytkowe kurtynowe mury obronne strefa I Inwestor: Urząd Miasta Oleśnicy Rynek-Ratusz 56-400 Oleśnica
---	---

		głównego – obręb naziomu przedmurza	
74	74	Odkrywka muru głównego – obręb naziomu przedmurza	Szerokość podstawy muru głównego – 106 cm
75	75	Odkrywka muru głównego – obręb naziomu przedmurza	Cegły w murze mocno uszkodzone przez wilgoć
76	76	Odkrywka muru głównego – obręb naziomu przedmurza	Cegły w murze mocno uszkodzone przez wilgoć
77	77	Odkrywka muru głównego – obręb naziomu przedmurza	Cegły w murze mocno uszkodzone przez wilgoć
78	78	Odkrywka muru głównego – obręb naziomu przedmurza	Cegły w murze mocno uszkodzone przez wilgoć
79	79	Przedmurze – przy ścianie budynku	Zbliżenie na fragment fundamentu i korzeni roślinności
80	80	Przedmurze – przy ścianie budynku	Układ zniszczeń – widok z góry
81	81	Przedmurze – przy ścianie budynku	Zbliżenie na fragment fundamentu i korzeni roślinności
82	82	Przedmurze – przy ścianie budynku	Widok na ułożeniu muru w stosunku do budynku
83	83	Przedmurze – przy ścianie budynku	Zbliżenie na uszkodzenia
84	84	Przedmurze – przy ścianie budynku	Zbliżenie na uszkodzenia
85	85	Przedmurze – przy ścianie budynku	Zbliżenie na uszkodzenia
86	86	Przedmurze – przy ścianie budynku	Zbliżenie na uszkodzenia
87	87	Przedmurze – fragment w kierunku ulicy 3 – Maja	Widok
88	88	Przedmurze – fragment w kierunku ulicy 3 – Maja	Widok
89	89	Przedmurze – przy ścianie budynku	Zbliżenie na uszkodzenia
90	90	Przedmurze – fragment w kierunku ulicy 3 – Maja	Widok