

## **EKSPERTYZA TECHNICZNA**

Część

Branża konstrukcyjna



<i>TEMAT</i>	Ekspertyza konstrukcyjna oraz dokumentacja geologiczno-inżynierska dla budynku przybudowanego do wschodniej ściany Baszty Senatorskiej i południowej ściany kurtynowej Zamku Królewskiego na Wawelu.
<i>ADRES</i>	Wawel 5, 31-001 Kraków
<i>INWESTOR</i>	Zamek Królewski na Wawelu – Państwowe Zbiory Sztuki

<i>PROJEKTANT</i>	<i>IMIĘ I NAZWISKO</i>	<i>Nr. Upr.</i>	<i>DATA</i>	<i>PIECZĘĆ I PODPIS</i>
<i>Autor</i>	<b><i>mgr inż. Roman Paruch</i></b>	245/07	Grudzień 2016	
<i>Współautor</i>	<b><i>mgr inż. Władysław Kramarz</i></b>	124/10	Grudzień 2016	

Kraków, Grudzień 2016r.

## **SPIS ZAWARTOŚCI OPRACOWANIA:**

1. Ksero kopie uprawnień i aktualne zaświadczenia o przynależności do właściwej izby samorządu zawodowego.
2. Formalne i merytoryczne podstawy opracowania:
3. Cel opracowania:
4. Analiza stanu istniejącego:
5. Podsumowanie i wnioski końcowe:
6. Dokumentacja fotograficzna:
7. Załączniki:
  - Inwentaryzacja rysunkowa uszkodzeń na ścianach budynku.(Rys.01,Rys.02)
  - Dokumentacja Geologiczno-inżynierska.

## 2. Formalne i merytoryczne podstawy opracowania:

1. Zlecenie inwestora: Zamek Królewski na Wawelu – Państwowe Zbiory Sztuki
2. Udostępniona dokumentacja z archiwum Zamku Królewskiego na Wawelu.
3. Dokumentacja geologiczno-inżynierska wykonana w ramach wspólnego zlecenia na prace projektowe autorstwa mgr inż. Kamil Wroński
4. Przeprowadzone wizje lokalne połączone z wykonanymi pomiarami oraz odkrywkami.
5. Badania laboratoryjne pobranych próbek gruntu.
6. Inwentaryzacja uszkodzeń wykonana przez autorów pracowania.
7. Informacje i dane techniczne uzyskane od użytkownika obiektu.
8. Normy i przepisy budowlane.

Wszystkie czynności związane z realizacją opracowania zostały przeprowadzone przez osoby posiadające pełne uprawnienia budowlano-konstrukcyjne, wydane przez odpowiednią Okręgową Izbę Budowlaną.

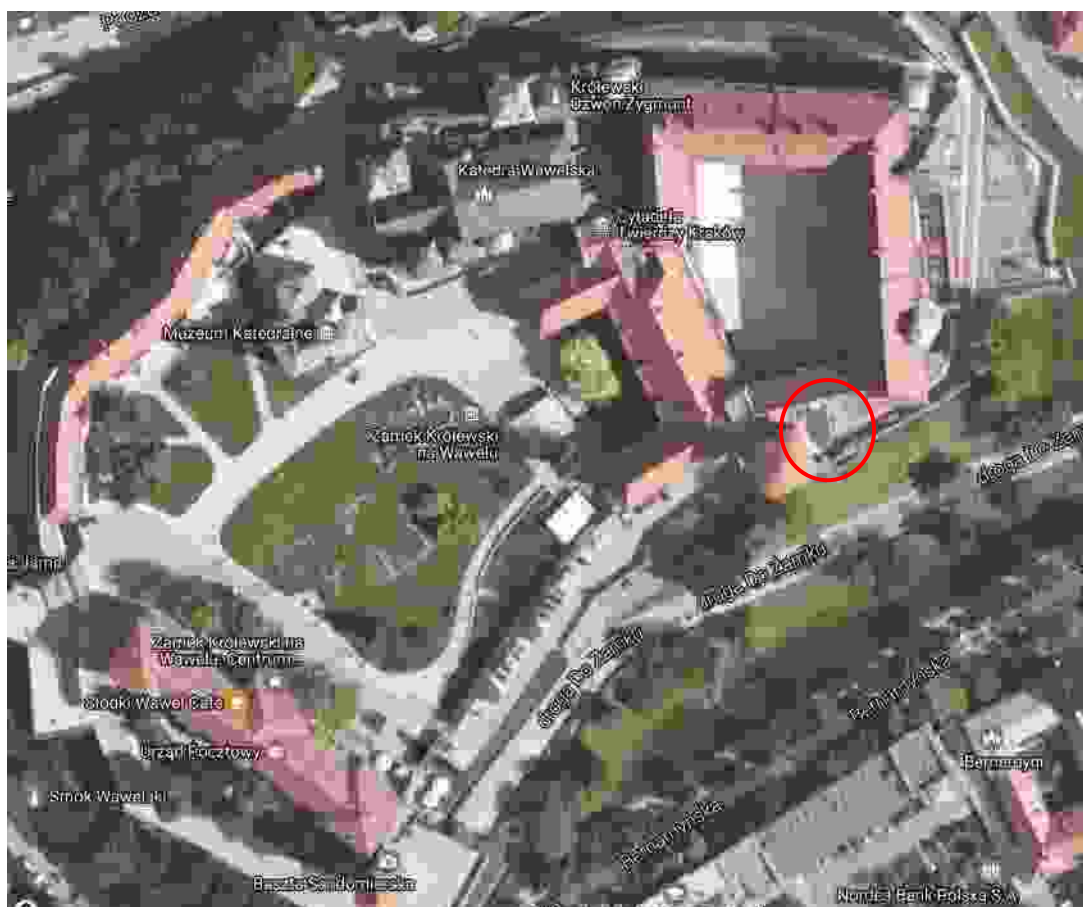
## 3. Cel opracowania:

Celem opracowania jest ocena stanu technicznego obiektu wraz z określeniem przyczyn zinwentaryzowanych uszkodzeń na ścianach zewnętrznych budynku nr. 5, przybudowanego do wschodniej ściany Baszty Senatorskiej i południowej ściany kurtynowej Zamku Królewskiego na Wawelu. Określenie genezy powstania uszkodzeń pozwoli na zabezpieczenie budynku przed powstaniem nowych oraz powiększenia istniejących uszkodzeń.

## 4. Analiza stanu istniejącego:

Budynek będący przedmiotem opracowania niniejszej ekspertyzy konstrukcyjnej, pełni obecnie funkcję obiektu użyteczności publicznej, jako pomieszczenia z sanitariatami (toaletami) na parterze oraz na pierwszej kondygnacji pomieszczeniami szatni pracowników Zamku Królewskiego na Wawelu. Analiza kwerendy historycznej przeprowadzona przez autorów opracowania wykazała, iż obiekt powstał około 1941r pełniąc funkcje kuchni dla kantyny stacjonujących wojsk niemieckich na Wawelu. Budynek przybudowany do wschodniej ściany Baszty

Senatorskiej oraz południowej strony muru kurtynowego był wielokrotnie w ostatnich kilkudziesięciu lat przebudowywany i dostosowywanych do różnych funkcji.



Fotografia nr.1 Lokalizacja budynku nr.5(Toalet) na planie Wzgórza Wawelskiego.

Ściany zewnętrzne budynku grubości 60 cm zostały wykonane z cegły pełnej, strop nad parterem najprawdopodobniej konstrukcji monolitycznej. Strop nad pierwszą kondygnacją zrealizowany jako ustrój gęstożebrowy – tzw. strop Akermana. Pokrycie dachu budynku nr.5 wykonano w postaci papy asfaltowej. Wykonana odkrywka (**oznaczenie w dokumentacji geologiczno-inżynierskiej jako W1**) w trakcie badań geologicznych wykazała, iż budynek jest posadowiony w sposób bezpośredni na płycie fundamentowej grubości około 40cm zbrojonej stalą gładką. Następnie zrealizowany przez geologów podwiert ukośny z dna odkrywki W1 do głębokości około 3m wykazał, iż wspomniana płyta fundamentowa budynku została wykonana na podbudowie wcześniej niezinventaryzowanych murów ceglanych. Przeprowadzona ocena stanu technicznego cegły wskazała wysokie zawilgocenie struktury wewnętrznej(materiałowej). W trakcie przeprowadzonych wizji lokalnych wykonano pełną inwentaryzację uszkodzeń ścian zewnętrznych, która stanowi załącznik do niniejszego opracowania. Zinventaryzowane zarysowania występują po

stronie zewnętrznej oraz wewnętrznej ścian budynku nr.5 (toalet). Na stropodachu wykonanym z pustaków Akermana nie stwierdzono zarysowań lub uszkodzeń konstrukcyjnych. Strop nad parterem został zabudowany przez system sufitów podwieszanych, w związku z powyższym autorom nie udało się określić istnienia ewentualnych uszkodzeń na elemencie nośnym. Tynk ścienny na murach zewnętrznych budynku został wykonany na siatce tzw. tynkarskiej, wykonanej z włókien polipropylenowych. Stanowi to potwierdzenie, iż obiekt był remontowany na przestrzeni ostatnich kilkunastu(kilkudziesięciu) lat. Udostępniona autorom opracowania dokumentacja archiwalna dotycząca przedmiotowego budynku potwierdziła, iż w roku 1962 uszkodzenia w postaci pęknięć i zarysowań na ścianach zewnętrznych były już znane i widoczne(fotografia nr.6). Autorom opracowania nie udało się ustalić, czy istniejące uszkodzenia były sposobem profesjonalny zabezpieczone przed dalszym powiększaniem.

Zleceniodawca przekazał autorom opracowania informację, iż w 2014r wystąpiła awaria rury sieci wodociągowej fi50mm, przebiegająca w układzie poprzecznym do głównej osi budynku nr.5. bezpośrednio pod posadzką. Wyciek dużej ilości wody spowodował zmianę struktury podłoża gruntowego pod powierzchnią zabudowy budynku i najbliższym otoczeniu obiektu. Niesterowalny przepływ wody spowodował dodatkowo wypłukanie płytko zalegających warstw gruntu reprezentowanych na ogół przez zasyp gruzowy. Wykonane badania laboratoryjne próbek gruntu wykazały bardzo wysoką zawartość wilgoci naturalnej ( $W_n$ ) na poziomie około 25%, co odpowiada stanu miękkoplastycznemu. Dodatkowo niekorzystną sytuacją jest obecność w najbliższym rejonie budynku nr.5 (toalet) historycznych instalacji wodno-sanitarnych, które obecnie są nieczynne, lecz mogą stanowić drogę filtracji dla wód opadowych lub zasilać warstwy gruntu w sposób bezpośredni poprzez szereg nieszczelności.

Na podstawie przeprowadzonych sondowań sondą dynamiczną lekką oraz odwiertów stwierdzono występowanie w podłożu pod budynkiem stref charakteryzujących się stanem gruntów rozluźnionych lub uplastycznionych. Strefą, która przyjmuje najbardziej regularną formę to przestrzeń występująca w rejonie otworów nr 3, 4, 5 i odkrywki W1, gdzie na głębokości 4,0 – 3,7 m ppt (tj. 221,81 – 222,09 m n.p.m.) występują grunty w stanie miękkoplastycznym. Drugą charakterystyczną strefę osłabienia wyróżniono w rejonie otworów nr 3, 4, 5 i odkrywki W1. Strefa „ta” występuje w obrębie warstw gruzu pakietu „I” oraz w strefie

prześciowej pomiędzy gruntami pakietu „I” i „II” – otwory nr 4 i odkrywki W1, osiągając miąższość 1,7 – 0,4 m. Ponadto w rejonie otworów nr 1 i 3 pod posadzką betonową występuje pustka o grubości około 35 cm( w rejonie otworu nr 3 oraz kilku centymetrów w rejonie otworu nr 1).

Stosunkowo najkorzystniejsze warunki występują w rejonie otworów nr 2 i 6 oraz w rejonie otworu nr 1. Należy zwrócić uwagę, iż występujące nasypy często charakteryzują się przypadkowym składem i ciężką do przewidzenia zmiennością parametrów geotechnicznych.

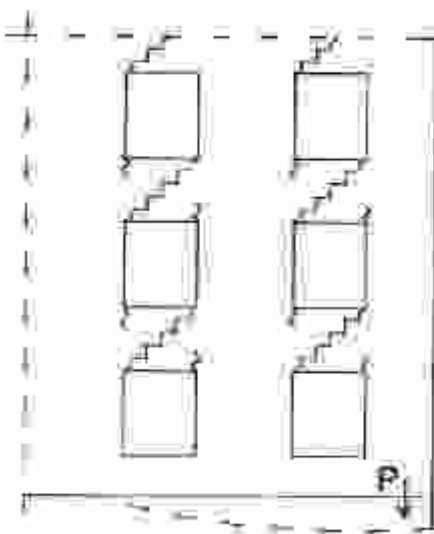
Wykonane badania i odwierty w ramach dokumentacji geologiczno-inżynierskiej potwierdziły znaczący wpływ awarii sieci wodociągowej na stan zachowania warstw gruntu zalegających bezpośrednio pod posadzką budynku nr.5(toalet). Wymycie płytko zalegających warstw gruntu doprowadziło do powstania pustek pomiędzy elementem betonowym( posadzką) a niżej zalegającymi warstwami gruntu. W rejonie otworu badawczego nr. 3 stwierdzono w trakcie badań, iż istniejąca posadzka posiada grubość około 55cm a bezpośrednio pod nią występuje pustka o grubości 35cm. Nawiercona posadzka betonowa stanowi najprawdopodobniej fragment płyty betonowej fundamentowej na której posadowiony jest obiekt. Pomimo występowania niekorzystnego zjawiska związanego z powstałą pustką pod posadzkową, autorzy opracowanie nie stwierdzili lokalnych pęknięć i zarysowań na elementach wykończeniowych posadzki(pytkach ceramicznych). Brak uszkodzeń można interpretować ze znacznej grubości samej płyty betonowej wynoszącej około 55cm, która poprzez swoją grubość wykazuje znaczną sztywność i brak podatności na zjawisko związane z zmniejszoną objętością warstw gruntu( pustka).

Kolejnym faktem potwierdzającym istotny wpływ wysokiego poziomu zawilgocenia gruntów oraz wpływu awarii sieci wodociągowej jest zjawisko korozyjne ściany, reprezentowane przez odparzenia i odspojenia warstw tynkarsko-malarskich na ścianach wewnątrz budynku(fotografia nr.8). Stan zawilgocenia ścian wewnątrz obiektu potwierdzono w zamieszczonej w dalszej części opracowania dokumentacji fotograficznej.

Zinwentaryzowane zarysowania oraz pęknięcia widoczne na ścianach budynku nr.5 przedstawiono w formie rysunkowej oraz przeglądu dokumentacji fotograficznej. Ujawnione uszkodzenia na murach niezależnie od czasu powstania wynikają z nierównomiernego osiadania budynku wraz z zjawiskiem zlasowania warstw podbudowy fundamentowej. Zalegające poniżej płyty fundamentowej

historyczne mury ceglane na której posadowiony jest budynek nr.5 są w stanie wysokiego zawilgocenia. Autorzy opracowania potwierdzili, iż zaprawa murarska pomiędzy cegłami znajduje się w złym stanie technicznym, wynikającym z ponadnormatywnego zawilgocenia. Autorzy opracowania wykonali przy ścianie zewnętrznej budynku lokalną odkrywkę o numerze W1 potwierdzającą, iż historyczny mur zalegała na znaczną głębokość. Autorom opracowania nie udało się określić do jakiego poziomu zalegają wspomniane historyczne mury ceglane gdyż wymagałoby to wykonania wykopu szerokoprzestrzennego mającego wpływ na bezpośrednie otoczenie budynku, który jest w ciągłej eksploatacji jako toalety ogólnodostępne oraz znajdujące się na pierwszej kondygnacji szatnie pracowników Zamku Królewskiego na Wawelu.

Przebieg i zakres występujących uszkodzeń na ścianach części nadziemnej budynku odpowiada schematowi( fotografia nr.2) nierównomiernego osiadania ze szczególnym uwzględnieniem samego narożnika budynku.



Fotografia nr. 2 Schemat przedstawiający przebieg i kierunek uszkodzeń budynku w wyniku nierównomiernego osiadania.

Wykonane odkrywki, udokumentowane na fotografiach zamieszczonych w dalszej części opracowania wykazały, iż zakres zarysowań i pęknięć na ścianach ma charakter konstrukcyjny i obejmuje warstwę tynkową oraz strukturę wewnętrzną muru ceglano. Pomierzona szerokość większości widocznych zarysowań zawiera się w przedziale około od 2mm do 4mm. Wpływ czynników klimatycznych takich jak deszcz, śnieg, oraz różnice temperatury, na istniejące od lat 60 –tych uszkodzenia jest bezpośredni i przyczynia się do poszerzenia wielkości zarysowań a tym samym do ogólnego pogorszenia stanu technicznego obiektu.

## 5. Podsumowanie i wnioski końcowe:

Autorzy opracowania na podstawie udostępnionej dokumentacji oraz przeprowadzonych wizji lokalnych sformułowali następujące wnioski i zalecenia:

- a) Budynek nr.5 pełniący obecnie funkcję toalet ogólnodostępnych oraz szatni dla pracowników Zamku Królewskiego na Wawelu wykazuje szereg uszkodzeń o charakterze konstrukcyjnym.
- b) Istniejące uszkodzenia na ścianach zewnętrznych budynku zostały zinwentaryzowane w latach 60-tych XX wieku. Zakres i wielkość uszkodzeń nieco różni się od pierwotnych zarysowań z lat 60-tych, niemniej jednak geneza powstania związana jest z mechanicznym charakterem nierównomiernego osiadania obiektu.
- c) Budynek będący przedmiotem opracowania posiada fundament w postaci płyty żelbetowej grubości około 44 cm zbrojonej prętami gładkimi (fotografia nr.13). Bezpośrednio pod fundamentem zalegają do znacznej głębokości historyczne mury ceglane. Przeprowadzone odwierty geologiczne potwierdziły występowanie murów co najmniej do głębokości 3m poniżej istniejącego terenu.
- d) W 2014r w budynku wystąpiła awaria sieci wodociągowej o średnicy  $\phi 50$ mm powodując znaczną degradację warstw gruntu znajdujących się bezpośrednio pod posadzką (płytą) budynku. Niesterylizowany przepływ wody związany z awarią sieci spowodował wymycie części gruntu pozostawiając pustkę, która w największym zinwentaryzowanym miejscu wyniosła 35cm. Wpływ awarii sieci wodociągowej oraz znaczne zawilgocenie warstw gruntu przy budynku odzwierciedla się również na ścianach wewnątrz obiektu, powodując lokalne powierzchnie odparzeń i odspojeń warstw tynkarsko-malarskich. Opisany stan techniczny udokumentowano w dalszej części opracowania.
- e) Autorzy opracowania zalecają wykonanie poziomej membrany przeciwwodnej ograniczającej zjawisko korozyjne na ścianach wewnętrznych budynku.
- f) Powstała pustka pod posadzkowa nie spowodowała uszkodzeń na warstwach wykończeniowych wewnątrz budynku ze względu na wysoką sztywność płyty żelbetowej wynikającą z samej grubości wynoszącej około 44cm.
- g) Zdaniem Autorów opracowania obecny stan techniczny posadzki nie wymaga zastosowania iniekcji dogęszczającej pod posadzką (płytą żelbetową). Dodatkowo występowanie dużej ilości sieci i instalacji wewnętrznych pod



posadzką budynku oraz wokół budynku stanowi realną przeszkodę do zastosowania iniekcji cementowych uzupełniających powstałą pustkę pod posadzkową. Część z instalacji i sieci wewnętrznych zinwentaryzowana na mapach sytuacyjno-wysokościowych jest obecnie nieczynna i może stanowić medium do niesterowalnego wypływu iniektu cementowego. Decyzja o ewentualnej iniekcji cementowej uzupełniającej pustkę pod posadzkową powinna być poprzedzona uporządkowaniem wszystkich sieci sanitarnych, elektrycznych, oraz gazowych.

- h) Autorzy opracowania zalecają wykonanie monitoringu geodezyjnego obiektu w celu potwierdzenia zakończenia lub weryfikacji wciąż występujących od lat 60-tych XX wieku zarysowań związanych z nierównomiernym osiadaniem budynku.
- i) Na istniejących zarysowań ścian zewnętrznych budynku należy założyć urządzenia monitorujące proces ewentualnego powiększania się uszkodzeń. Na podstawie przeprowadzonych analiz pomiarowych należy następnie wykonać poniżej podane przez Autorów opracowania prace zabezpieczające budynek przed powstaniem nowych uszkodzeń lub powiększenia już istniejących.
- j) Rekomendowaną metodą zabezpieczenia istniejących pęknięć i zarysowań jest spięcie(zszycie) murów przy pomocy taśm z włókna węglowego wklejanych w spoiny ścian. Dopuszcza się zastosowanie naklejania powierzchniowego siatek z włókna węglowego typu RUREDIL, bezpośrednio na uszkodzony mur ceglany. Prace wzmacniające należy wykonać zarówno po stronie wewnętrznej, jak i zewnętrznej ściany budynku nr. 5. Zastępczo można stosować nierdzewne kotwy spiralne systemu HELIFIX.
- k) Po wykonaniu kotwienia murów należy wykonać iniekcję pęknięć, rozpojeń i rys przez ich wypełnienie modyfikowanym zaczynem z białego cementu lub z jasnego cementu CEM III. Iniekcja cementowa przywraca około 50% pierwotnej wytrzymałości muru na rozciąganie. Można również stosować systemowe mieszanki iniekcyjne mineralne. Nie dopuszczalne pod względem konserwatorskim jest stosowanie iniektu w postaci żywic systemowych. Po wykonaniu iniekcji można przystąpić do prac konserwatorskich obejmujących uzupełnienie powierzchniowych ubytków tynkarskich oraz uzupełnienie spoin.

- l) Metodą zabezpieczenia przed nierównomiernym osiadaniem budynku jest wykonanie mikropalowania połączonego z wykonaniem oczepu żelbetowego, który powinien być połączony z płytą fundamentową obiektu poprzez zastosowanie zbrojenia „zszywającego”. Wykonane badania geologiczne sondą dynamiczną lekką typu SD-10 potwierdziły niską nośność warstw gruntu zalegającego do głębokości około 6 - 7m poniżej otaczającego terenu. W związku z powyższym realizacja mikropali wymagałaby wykonania ich do głębokości występowania skały wapiennej o parametrze  $R_c > 5\text{Mpa}$ .
- m) Na występujących opaskach(detalach) kamiennych wokół otworów drzwiowych i okiennych zinwentaryzowano liczne miejsca pęknięć i zarysowań. Lokalizacja oraz kierunek zarysowań jest zbieżny z występującymi uszkodzeniami na ścianach budynku. Prace naprawcze przy detalach kamiennych należy wykonać na podstawie programu konserwatorskiego prac naprawczych.
- n) Na ścianie bocznej budynku od strony Baszty Senatorskiej stwierdzono liczne powierzchnie zarysowań o charakterze „pajęczynowym”. Uszkodzenia powstały w wyniku nieskutecznej funkcji okapnika dachu związanego z zabezpieczeniem elewacji przed czynnikami takimi, jak deszcz i śnieg(fotografia nr. 19).
- o) Realizacja wymienionych zabezpieczeń wymaga opracowania projektu budowlano-wykonawczego i uzyskania pozwolenia na budowę. Składnikiem projektu budowlanego winien być kompleksowy program konserwatorski.
- p) Wszelkie prace budowlane należy prowadzić z zachowaniem szczególnej ostrożności bez użycia narzędzi o działaniu dynamicznym.
- q) Autorzy nie ponoszą odpowiedzialności za ewentualne błędne lub niepełne informacje oraz dokumenty podane przez udostępniających, np. przez zatajenie istotnych faktów i dokumentów, których nie można było ustalić bez uszkodzenia konstrukcji, a tym samym stworzenia zagrożenia bezpieczeństwa zdrowia i życia użytkowników obiektu oraz środowiska.
- r) Zawarta w niniejszej ekspertyzie ocena techniczna dotyczy stanu, jaki istniał w dniu przeprowadzonych wizji lokalnych oraz badań geologicznych.

## 6. Dokumentacja fotograficzna:

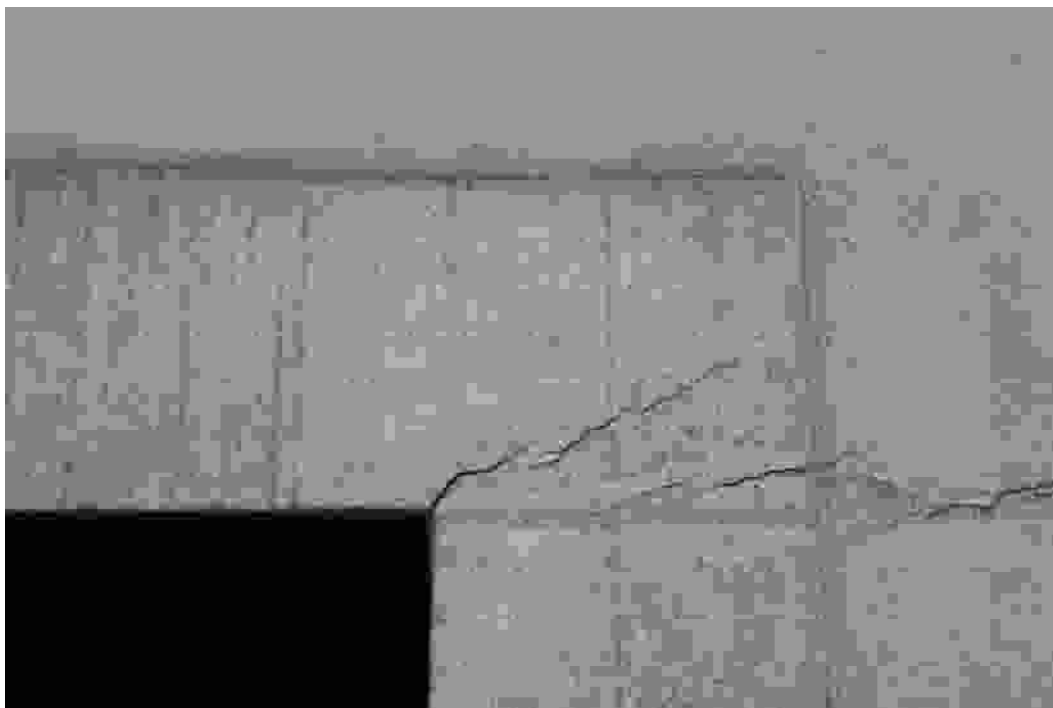
Zamieszczone poniżej fotografie przedstawiają reprezentatywne uszkodzenia obiektu. Pełna dokumentacja fotograficzna wykonana przez autorów opracowania w trakcie wizji lokalnych oraz badań geologicznych znajduje się na załączonej do opracowania płycie DVD.



Fotografia 3: Zdjęcie przedstawia ścianę zewnętrzną budynku wraz z istniejącymi uszkodzeniami w postaci zarysowań i pęknięć. Istniejące uszkodzenia występują od lat 60-tych XX wieku, jednakże wielkość i zakres wynika z nierównomiernego osiadania budynku.



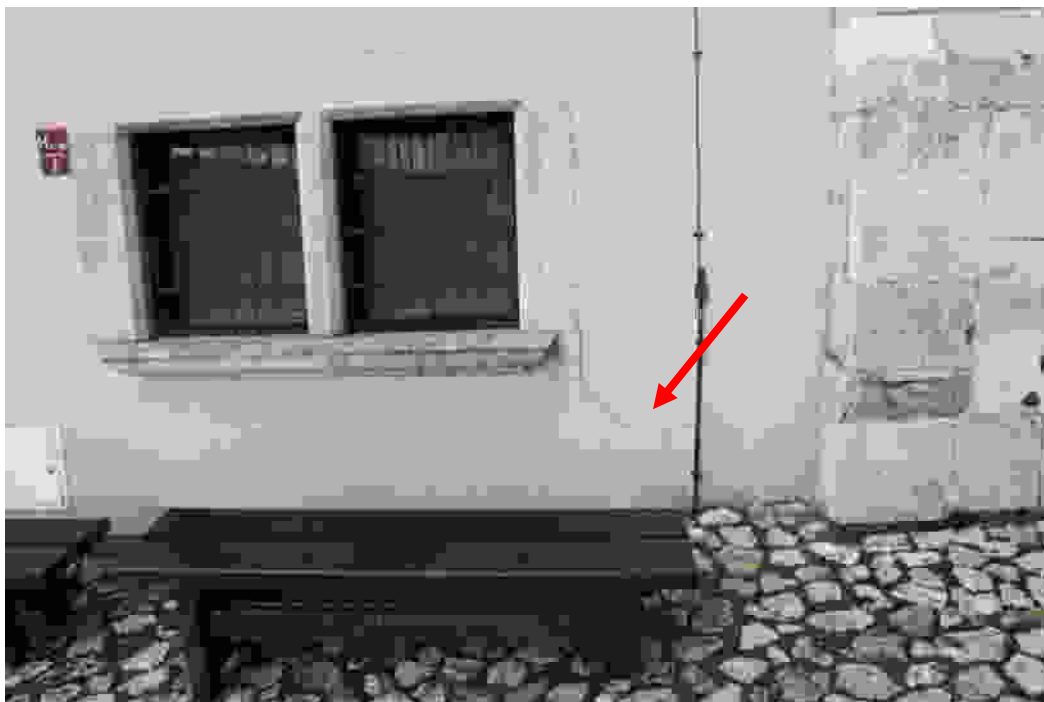
Fotografia 4: Zdjęcie przedstawia przykładowe zarysowanie poziome przy narożniku budynku Świadczące o nierównomiernym osiadaniu budynku.



Fotografia 5: Zdjęcie przedstawia reprezentatywne uszkodzenia obróbek kamiennych wokół otworów. Kierunek oraz zakres uszkodzeń jest zbieżny z zarysowaniem ścian budynku.



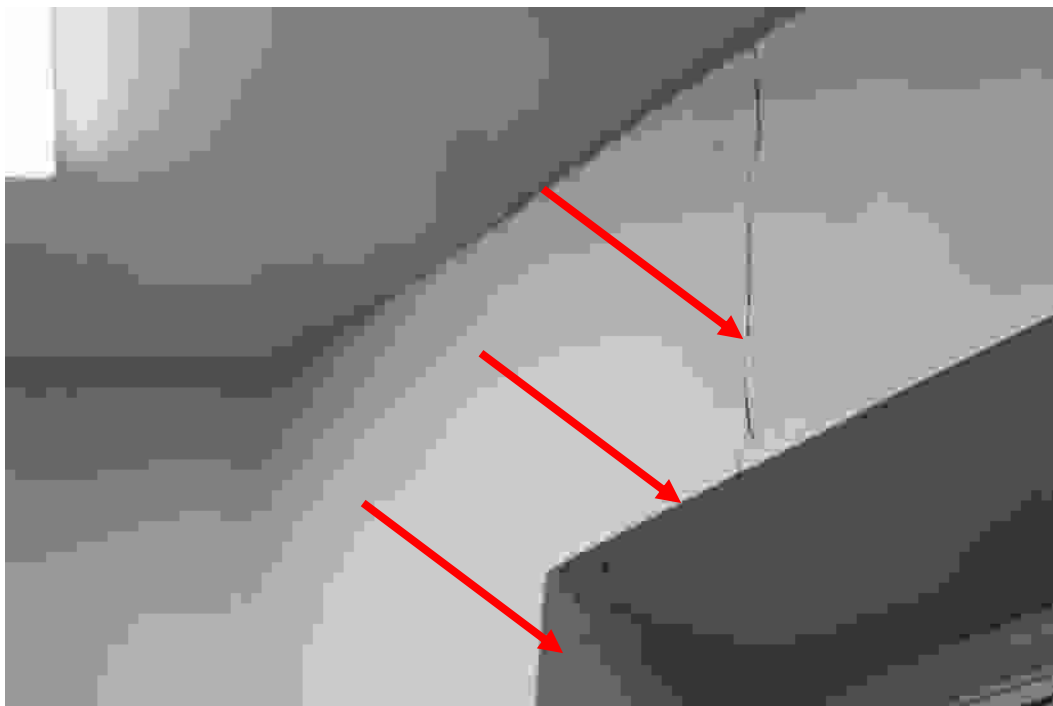
Fotografia 6: Zdjęcie przedstawia uszkodzenie elementu kamiennego przy drzwiach wejściowych do ogólnodostępnych toalet.



Fotografia 7: Zdjęcie przedstawia reprezentatywne uszkodzenie na ścianie podłużnej budynku nr.5



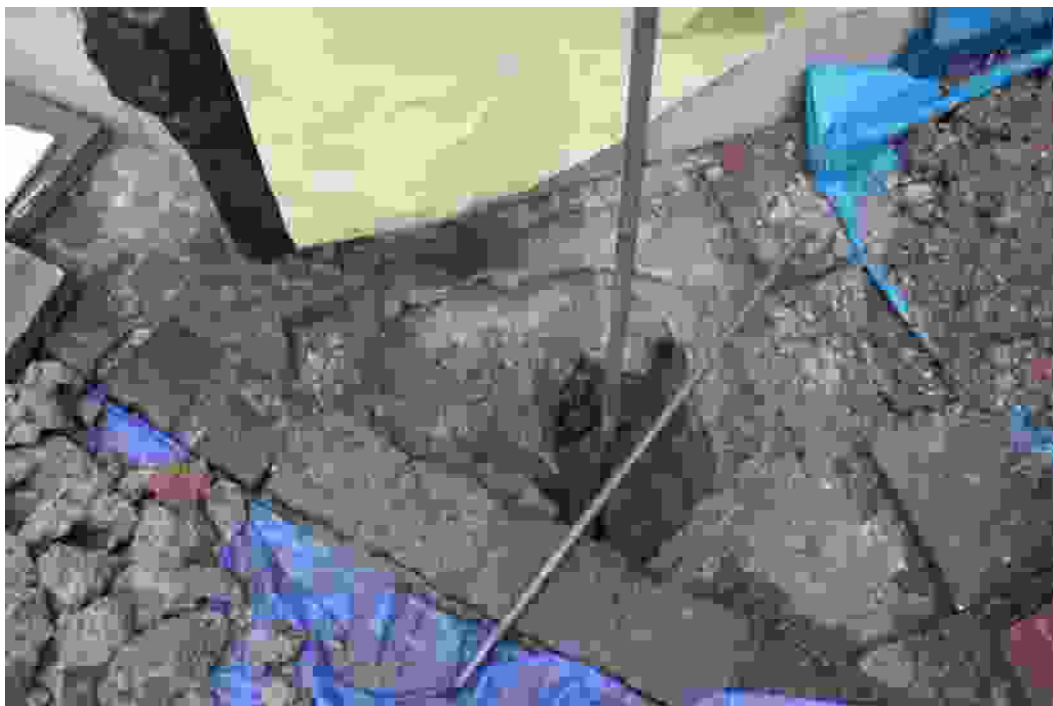
Fotografia 8: Fotografia przedstawia zbliżenie na lokalne powierzchnie odparzeń tynków wynikające z ponadnormatywnego zawilgocenia ściany. Kierunkiem napływu zawilgocenia ściany jest najprawdopodobniej jest zjawisko podciągania kapilarnego wody.



Fotografia 9: Zdjęcie przedstawia uszkodzenie wewnątrz pomieszczenia na pierwszej kondygnacji.



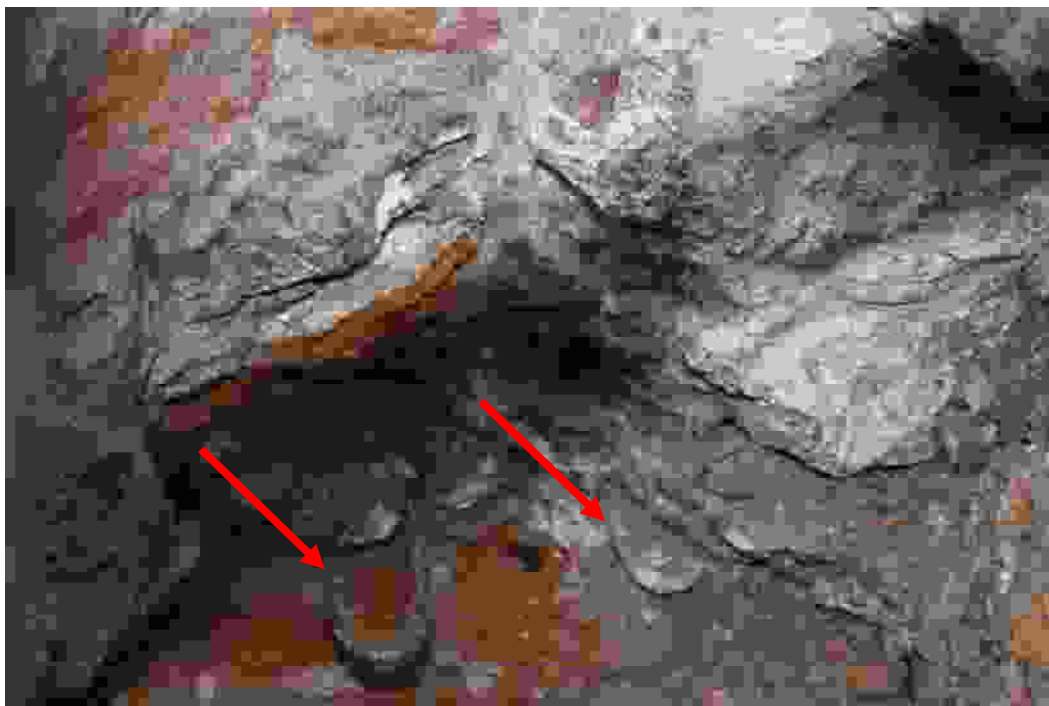
Fotografia 10: Fotografia przedstawia zarysowanie na ścianie działowej pomiędzy pomieszczeniami znajdującymi się na pierwszej kondygnacji budynku.



Fotografia 11: Fotografia przedstawia realizację odkrytki fundamentowej( oznaczenie W1) przy narożniku budynku.



Fotografia 12: Fotografia przedstawia zbliżenie na płytę fundamentową budynku wraz z zbrojeniem oraz widoczne na dalszym planie zaleganie historycznych murów poniżej samej płyty fundamentowej.

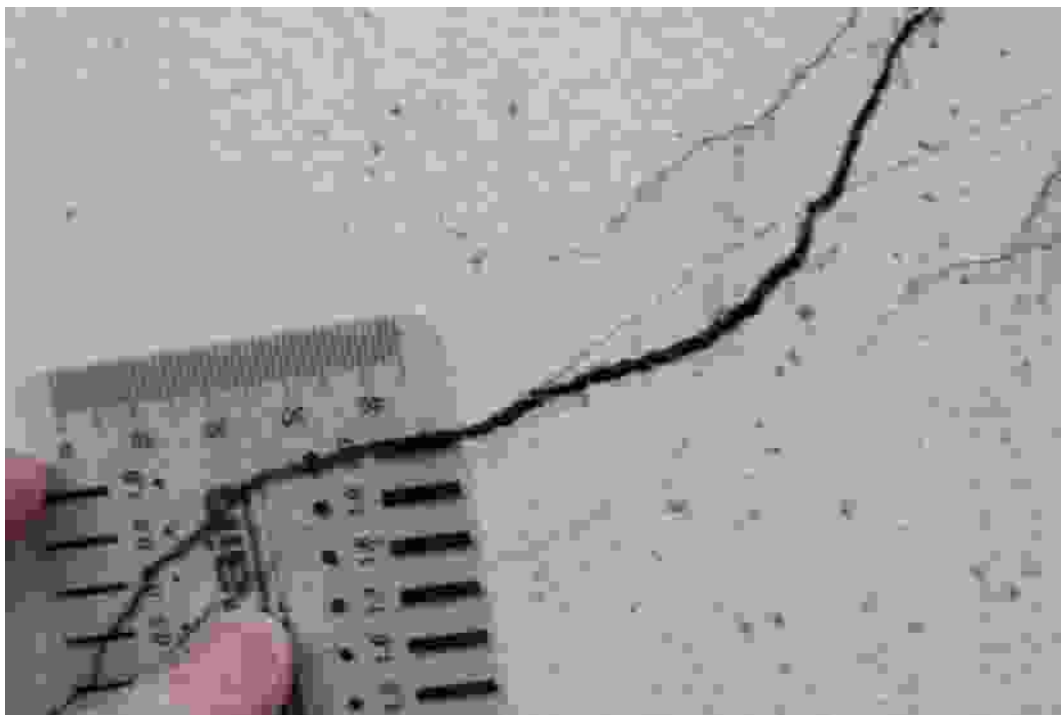


Fotografia 13: Fotografia przedstawia zbliżenie na fundament wraz z zbrojeniem budynku nr. 5

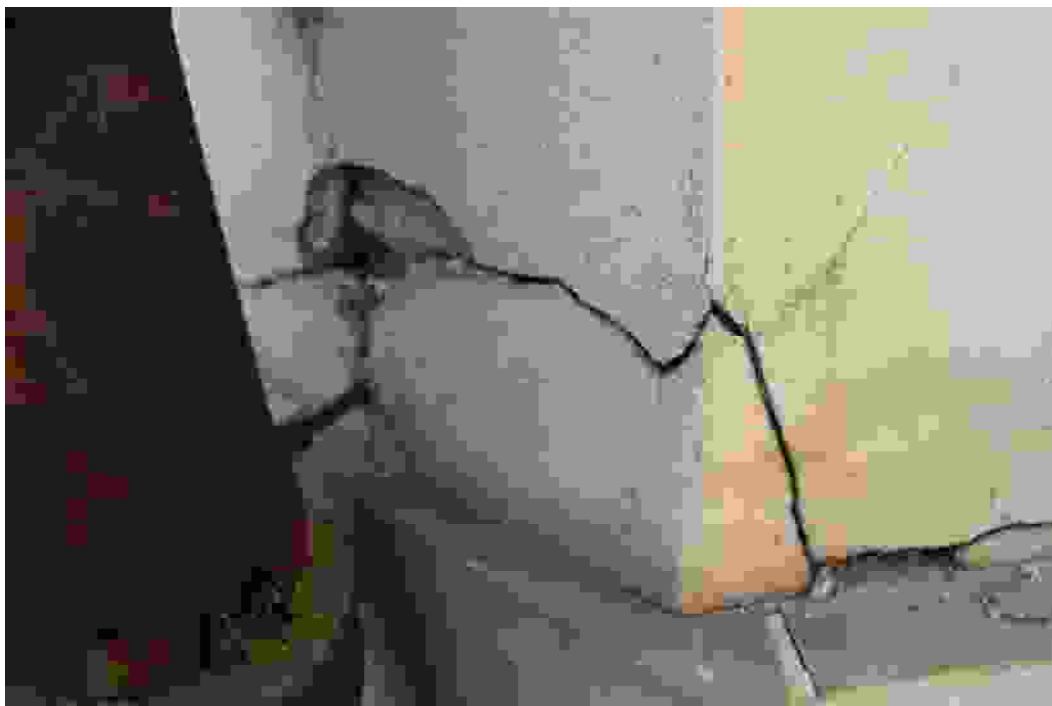


Fotografia 14: Fotografia przedstawia zdjęcie dokumentacji9 archiwalnej. Widoczne w lewym górnym rogu udokumentowanie występujących zarysowań w latach 60-tych XX wieku.





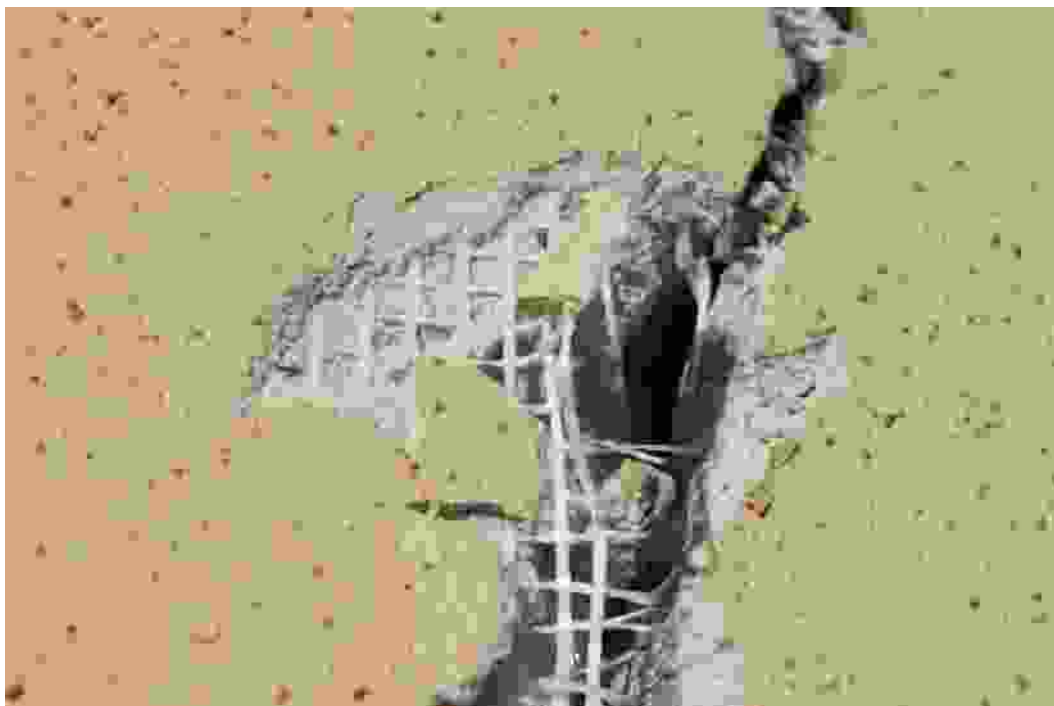
Fotografia 15: Fotografia przedstawia pomiar rozwartości rysy znajdującej się na ścianie budynku.



Fotografia 16: Fotografia przedstawia uszkodzenie ściany przy rynnie spustowej wody deszczowej.



Fotografia 17: Fotografia przedstawia uszkodzenie ściany nad cokołem przy ziemnym.



Fotografia 18: Fotografia przedstawia wykonaną odkrywkę potwierdzającą uszkodzenie zarówno warstw tynkarskich oraz ściany ceglanej.



Fotografia 19: Fotografia przedstawia uszkodzenia ścian zewnętrznych budynku nr. 5 od strony wschodniej ściany baszty Senatorskiej. Istniejące uszkodzenia wynikają z oddziaływań klimatycznych takich jak śnieg i woda opadowa. Brak skutecznego okapnika w poziomie dachu.