

1. PRZEDMIOT I ZAKRES EKSPERTYZY

1.1. PRZEDMIOT OPRACOWANIA

Przedmiotem opracowania jest żelbetowy, monolityczny zbiornik retencyjny znajdujący się na terenie oczyszczalni ścieków w Kuźni Raciborskiej.

1.2. ZAKRES OPRACOWANIA

Niniejsza ekspertyza ma za zadanie ocenić stan techniczny uszkodzonych powierzchni zbiornika spowodowanych kilkuletnią jego eksploatacją wraz z podaniem technologii naprawczych, przywracających mu pełną szczelność i zabezpieczających przed dalszą destrukcją.

2. PODSTAWA OPRACOWANIA

2.1. Zlecenie z dnia 9 maja 2015 r. na wykonanie ekspertyzy.

2.2. Wizja lokalna obiektu, przeprowadzona w maju 2015 r.

2.3. Badanie próbek betonu, pobranych z elementów zbiornika (maj 2005 r.).

2.4. Projekt budowlany i wykonawczy oczyszczalni ścieków dla gminy Kuźnia Raciborska przy ul. Klasztornej 45. Tom II – zbiorniki i budynki technologiczne (A) – wykonany przez BAUREN Renke Piotr, Rybnik maj 2007 r.

3. DANE OGÓLNE

<i>Nazwa obiektu</i>	ZBIORNIK RETENCYJNY
Adres	teren oczyszczalni ścieków
Rodzaj zabudowy	obiekt wolnostojący
Wiek budynku	ok. 7 lat
Konstrukcja	żelbetowa
Pow. zabudowy	426,65 m ²
Pojemność	2.389,24 m ³

Kryteria określenia stopnia zużycia poszczególnych elementów budynku w [%]

Stan techniczny elementów	Elementy konstrukcyjne	Elementy wykończenia
Zadawalający	0-20	0-25
Niezadawalający	21-35	26-40
Zły	36-50	41-60
<u>Zupełnie zły /awaryjny/</u>	Powyżej 50	Powyżej 60

4. WARUNKI GRUNTOWE – wg opracowania [2.4]

Na terenie lokalizacji zbiornika podłoże budują dwie warstwy geotechniczne reprezentowane przez: humus i nasypy niekontrolowane (w projekcie nazwano je jako Pakiet I) oraz niespoiste, grunty mineralne w stanie średnio zagęszczonym i zagęszczonym, reprezentowane przez piaski średnie przechodzące w pospółki (określono jej jako Pakiet II).

Pakiet I buduje warstwa organiczna (humus) oraz nasypy niekontrolowane o miąższości około 1,0 m. w rejonie otworów 1 i 2, oraz ok. 2,1 m.

Pakiet II budują niespoiste, grunty mineralne o stopniu zagęszczenia I_D od 0,5 do 0,7 w skład, których wchodzi piaski średnie przechodzące w pospółki o $ID(n) = 0,5$

WARUNKI WODNE

Warunki wodne. W rejonie dwóch otworów stwierdzono występowanie ustabilizowanego zwierciadła wody gruntowej na poziomie ok. 2,0 m ppt, w pozostałych otworach nie stwierdzono występowania wody gruntowej.

stwierdzono.

WE WNIOSKACH WARUNKÓW GEOLOGICZNYCH ZAPISANO

W podłożu występują grunty składające się z dwóch pakietów gruntów reprezentowanych przez: humus i nasypy niekontrolowane (Pakiet I) oraz niespoiste, grunty mineralne o stopniu zagęszczenia $0,5 \div 0,7$, reprezentowane przez piaski średnie i pospółki (Pakiet II).

Głębokość posadowienia obiektów należy przyjmować na poziomie – 1,0 m ppt. ze względu na minimalną głębokość strefy przemarzania.

Rejon inwestycji położony jest poza zasięgiem szkód górniczych.

5. OPIS KONSTRUKCJI ZBIORNIKA – wg opracowania [2.4]

Przedmiotem opracowania jest skrajna komora żelbetowego zbiornika trzykomorowego, wykonanego w wersji żelbetowej monolitycznej o wymiarach zewnętrznych $l \times b \times h = 26,5 \text{ m} \times 16,1 \text{ m} \times 5,6 \text{ m}$. Maksymalny poziom napełnienia zbiornika wodą przewidziano na 4,35 m.

Dno zbiornika wykonano ze spadkiem równym 2%.

Strop zbiornika posiada grubość 30 cm i jest zbrojony prętami o średnicy $\varnothing 12 \text{ mm}$.

Ściany zbiornika posiadają grubość 35 i 40 cm i są wzmacniane słupami 45x35 i 45x40 cm. Zazbrojono je prętami o średnicy $\varnothing 16 \text{ mm}$.

Fundament zbiornika stanowi płyta fundamentowa o grubości 50 cm, zbrojona dwuwarstwowo prętami # 16 mm. Żelbetowa konstrukcja zbiornika powinna być wykonana z wodoszczelnego betonu dawniej klasy **B45 W8** (obecnie C35/C45). Na zbrojenie główne zastosowano wkładki ze stali **A-III** (34GS) z otuliną minimum 40 mm (dla ścian i stropu) oraz minimum 50 mm (dla płyty fundamentowej).

Pod płytą fundamentową zaprojektowano podbeton (dawniej kl. B15) o grubości minimum 15cm.

Przed zasypaniem zbiornika należało jego zewnętrzne powierzchnie papą asfaltową na lepiku, natomiast od wewnątrz przez pokrycie preparatem np. Xypex firmy Nomos, w tym miejsca przejść technologicznych zabezpieczyć kitem i taśmami bentonitowymi oraz PVC.

Brak jest informacji na temat, jaki w rzeczywistości środek należało zastosować, ponieważ Xypex Nomos jest to technologia zawierająca całą gamę produktów uszczelniających przegrody. Technologia ta polega na wypełnieniu kapilar stwarzając w ten sposób barierę dla penetracji wody i innych cieczy we wszystkich kierunkach w oparciu o zachodzące reakcje pomiędzy materiałami Xypex a wilgocią tworząc w ten sposób uszczelniającą beton strukturę krystaliczną.

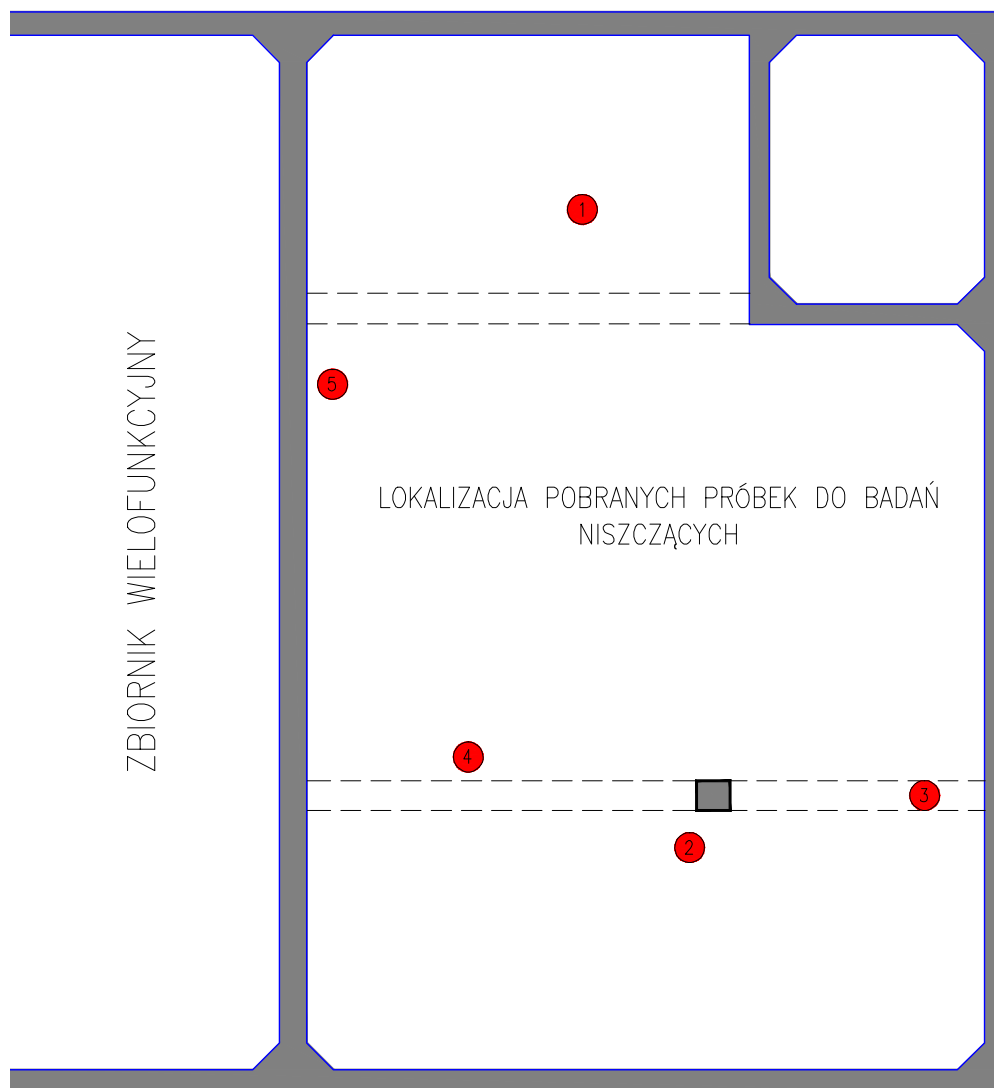
6. OCENA STANU TECHNICZNEGO OBIEKTU

Po kilku latach eksploatacji zbiornika na jego wewnętrznych powierzchniach pojawiły się liczne ślady destrukcji. Stan techniczny ww. powierzchni należy uznać za zły, lecz obecnie jeszcze nadający się do powstrzymania tej destrukcji. Właściciel obiektu, w obawie przed jego dalszym uszkodzeniem podjął decyzję o wykonaniu badań elementów konstrukcyjnych zbiornika i ustaleniu zakresu ich napraw. Stan techniczny wewnętrznych powierzchni zbiornika przedstawia zamieszczona poniżej fotografia.



7. PRZEPROWADZONE BADANIA I ICH WYNIKI

Badanie wytrzymałości na ściskanie betonu pozyskanego z odwiertów polega na ściśnięciu w maszynie wytrzymałościowej próbek rdzeniowych wyciętych z konstrukcji. Jest to najbardziej wiarygodna metoda ocena wytrzymałości betonu na ściskanie, pozwalająca ponadto na ocenę makroskopową głębszych partii betonu i wykrywanie wad wewnętrznych w betonie.



Powyżej, na szkicu pokazano lokalizację pięciu miejsc, z których pobrano próbki. Z uwagi na bezpieczeństwo nie pobrano próbek ze ścian zbiornika.

Wycięte i przygotowane próbki betonu ustawia się tak, aby obciążenie było przykładane prostopadle do kierunku formowania.

Przyrost naprężeń powinien wynosić od 0,2 do 1,0 MPa/s. Badanie trwa do momentu zniszczenia próbek. Należy odnotować największe obciążenie. Wytrzymałość na ściskanie oblicza się ze wzoru:

$$f_c = \frac{F}{A_c} \text{ [MPa]}$$

w którym:


F – maksymalna siła,







A_c – pole przekroju poprzecznego próbki, na które działa siła ściskająca.




W obliczeniach uwzględniono proporcje poszczególnych wymiarów próbek (średnicę i wysokość) wprowadzając odpowiednie współczynniki redukcyjne.

Dostarczonym odwiertom w ilości 9 sztuk nadano własną numerację od 1 do 9. Wyznaczono wizualnie 2 grupy betonów, próbki jaśniejsze i ciemniejsze. W próbkach oznaczonych numerami 8 i 9 wyraźnie można było wyznaczyć połączenie pomiędzy 2 rodzajami betonu. Próbki te przełamano w miejscu łączenia. Powstałe próbki 8, 8.1, 9, 9.1 badano osobno.

L.P.	Próbka przez zniszczeniem	Próbka po zniszczeniu	Wytrzymałość na ściskanie [MPa]
1			24,3
2			30,3

3	 A cylindrical concrete core sample, labeled with a blue '3' and a blue 'S' on its side. The surface is relatively smooth and light-colored.	 The same concrete core sample, labeled with a blue '3' and a blue 'S'. It shows a vertical crack running down its length and some surface discoloration.	34,3
4	 A cylindrical concrete core sample, labeled with a blue '4' and a blue 'S' on its side. The surface is light-colored and appears to be in good condition.	 The same concrete core sample, labeled with a blue '4' and a blue 'S'. It shows significant surface damage, including a large area of spalling and a vertical crack.	11,4
5	 A cylindrical concrete core sample, labeled with a blue '5' and a blue 'S' on its side. The surface is light-colored and appears to be in good condition.	 The same concrete core sample, labeled with a blue '5' and a blue 'S'. It shows a vertical crack and some surface discoloration.	43,3

6			13,9
7			29,9
8			38,9

8.1	Odseparowana (górna, ze zdjęcia powyżej) część odwiertu nr 8		17,7
9			16,0
9.1	Odseparowana (górna, ze zdjęcia powyżej) część odwiertu nr 9		32,9

Otrzymane wyniki badań próbek betonowych wykazały, że:

- próbki „ciemniejsze”, w których składzie występowało kruszywo łamane (bazaltowe) oraz dodatek pyłów lub mikrokrzemionki wykazywały wyższą wytrzymałość na ściskanie, powyżej 30 MPa,
- próbki „jaśniejsze”, w których składzie brak było widocznych modyfikacji, wykazywały niższą wytrzymałość na ściskanie, poniżej 20 MPa, z wyjątkiem próbki nr 1.

Należy przyjąć, że badane betony można zakwalifikować do klasy nie wyższej niż C30/37 (zbliżona do dawnej klasy B37) – betony o wyższej wytrzymałości, oraz klasy nie wyższej niż C20/25 (zbliżona do dawnej klasy B25) – betony o niższej klasie.

Próbki nr 4 i 6 należało by odrzucić w związku ze znaczną rozbieżnością wyników od wyników średnich. Aby podać dokładnie klasy wytrzymałości betonów poszczególnych elementów należało by pobrać znacznie większą ilość próbek z tych samych miejsc oraz poprzeć wyniki badań badaniami nieniszczącymi określającymi cechy wytrzymałościowe materiału.

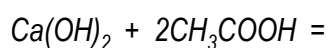
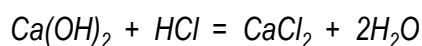
8. WNIOSKI

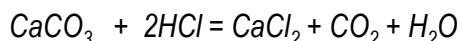
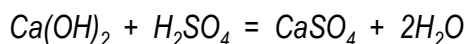
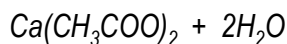
Analiza badań terenowych oraz laboratoryjnych wskazuje na dosyć zaawansowaną korozję betonu we wnętrzu zbiornika, związaną z jego eksploatacją w wilgotnym, agresywnym dla betonu środowisku. Intensywna destrukcja betonu uwidoczniła się na wewnętrznych powierzchniach ścian oraz stropu zbiornika. Przyczyną tej sytuacji jest splot oddziaływań środowiska: chemicznego i mechanicznego na powierzchnie wewnętrzne zbiornika. Beton, jako materiał stosowany w konstrukcjach budowlanych jest tworzywem bardzo „wymagającym” w stosunku do technologii oraz materiałów naprawczych. Jego bardzo niska wytrzymałość na rozciąganie i wynikająca z tego asymetria własności ogranicza paletę środków naprawczych jakie mogłyby być tu zastosowane.

Stąd też technologie naprawy konstrukcji wykonanych z betonu (żelbetu) oraz materiały stosowane do ich napraw powinny odpowiadać bardzo wysokim, niejednokrotnie trudnym do spełnienia wymaganiom. Beton jest wbrew pozorom materiałem bardzo trudnym do naprawy, zwłaszcza w sytuacji, kiedy posiada ubytki w przekroju powodujące znaczny spadek nośności konstrukcji, jej szczelności oraz ciągłości. Naturalna skłonność betonu do pękania i rysowania się wynika z oddziaływań na jego powierzchnie obciążeń środowiskowych, takich jak temperatura, wilgoć oraz wiatr, jak również jest wynikiem różnic w odkształcalnościach stali i betonu, w strefach naprężeń rozciągających.

Jedną z przyczyn korozji betonów jest obniżenie stopnia kwasowości i zasadowości roztworów wodnych pH na skutek usuwania wodorotlenku wapniowego. Objawem tego jest spadek wytrzymałości spoiwa, wypadanie kruszywa oraz pęcznienie i rozsadzanie struktury betonu przez nowo krystalizujące związki w jego wnętrzu. Można tu wyróżnić korozję: ługującą, węglanową, kwasową, siarczanową, amonową oraz magnezową.

W przypadku omawianego zbiornika retencyjnego mamy do czynienia najprawdopodobniej z korozją kwasową. Główną przyczyną korozji betonów jest niska stabilność chemiczna wodorotlenku wapniowego. Korozja kwasowa jest typową reakcją kwasu z zasadą, np.:





Przyjmuje się, że roztwory o pH < 6,5 są agresywne w stosunku do betonu. Ponadto kwasy oddziałują łącznie z uwodnionymi krzemianami oraz glinianami, odpowiedzialnymi za właściwości wytrzymałościowe spoiwa. Produktem reakcji kwasu z uwodnionym krzemianem wapniowym jest żel krzemionkowy, który może w niektórych przypadkach tworzyć warstwę uszczelniającą.

W nasilonym stopniu zjawisko korozji kwasowej występuje w atmosferze przemysłowej, w przypadku skraplania się wilgoci na powierzchni konstrukcji żelbetowych (wodorotlenek wapniowy jest silnie higroskopijny). Tlenki siarki, azotu lub chlorowódor absorbują się w skroplinach tworząc roztwory agresywnych kwasów, destrukcyjnie działających na beton. Reakcja trwa do momentu wyczerpania się jej składników, dlatego najgroźniejsza jest taka sytuacja, w której mamy do czynienia z przepływem czynnika wywołującego korozję kwasową. Obrazem tego typu korozji jest zdegradowana powierzchnia betonu, wypadające kruszywo, ubytki przekroju czynnego konstrukcji, pojawianie się na powierzchni galaretowatego żelu krzemionkowego.

W wyniku przeprowadzonych badań „in situ”, badań laboratoryjnych i analizy sytuacji stwierdza się, że procesy jakie degradują zewnętrzną strukturę betonu zbiornika są wynikiem nałożenia się zarówno chemicznych jak i mechanicznych oddziaływań środowiska w którym jest on eksploatowany, na jego wewnętrzne powierzchnie. Wobec powyższego proponuje się **wgłębną jak również powierzchniowo-powłokową reprofilację** betonu wg technologii proponowanej przez **Belzona® System**, którą można przeprowadzić nawet w czasie eksploatacji zbiornika, dysponując wiedzą na temat warunków pracy i właściwości czynników negatywnych występujących w miejscu jego eksploatacji. Zastosowanie odpowiednio dobranej kompozycji środków uzupełniająco – zabezpieczających strukturę betonu wg Belzona System Know-How pozwoli na trwałe odizolowanie powierzchni betonu narażonej na korozję od czynników ją niszczących co zatrzyma dalszą degradację konstrukcji zbiornika, wzmocni jego wewnętrzne powierzchnie i oddali niebezpieczeństwo wystąpienia katastrofy budowlanej.

9. ZALECENIA

Poniżej, w porządku chronologicznym przedstawiono propozycję naprawy uszkodzonych powierzchni zbiornika retencyjnego z podziałem na cztery etapy.

- Etap I:** Mycie pod wysokim ciśnieniem wewnętrznej powierzchni zbiornika oraz czyszczenie zbiornika z nagromadzonych zanieczyszczeń.
- Etap II:** Obróbka strumieniowo-ścierna powierzchni przewidzianych do zabezpieczenia.

Etap III: Reprofilacja ubytków betonu przy pomocy materiału Belzona® 4111 lub zaprawami szybkowiązującymi na bazie cementu (zwłaszcza w miejscach gdzie występuje odkryte zbrojenie).

Etap IV: Nałożenie dwóch warstw materiału Belzona® 5811 Immersion Grade.

Etap I: Mycie pod wysokim ciśnieniem wewnętrznej powierzchni zbiornika oraz czyszczenie zbiornika z nagromadzonych zanieczyszczeń

Mycie wysokociśnieniowe ma za zadanie na względnie szybkie oczyszczenie wewnętrznej powierzchni zbiornika z luźnych (odspojonych) fragmentów betonu oraz pozwoli na bezpieczną pracę ekip zabezpieczających zbiornik.

Etap II: Obróbka strumieniowo-ścierna powierzchni przewidzianych do zabezpieczenia

Obróbka strumieniowo-ścierna ma za zadanie uzyskanie bardzo stabilnego podłoża betonu, schropowacenie uwidocznionego zbrojenia tak, aby uzyskać odpowiednią przyczepność przed uzupełnianiem ubytków betonu i przed nakładaniem powłoki zabezpieczającej.

Etap III: Reprofilacja ubytków betonu przy pomocy materiału Belzona® 4111 lub zaprawami szybkowiązującymi na bazie cementu (zwłaszcza miejsc odsłoniętego zbrojenia).

Po wykonaniu obróbki strumieniowo-ściernej zostanie usunięta uszkodzona otulina zbrojenia a powierzchnie wkładek zbrojeniowych zostaną oczyszczone i przygotowane do nałożenia warstw szczepnych. W zależności od wielkości ubytków proponuje się zastosowanie materiału Belzona® 4111. W przypadku większych ubytków proponuje się użycie zapraw szybkowiązujących, na bazie cementu.

Cechy kompozytu BELZONA® 4111 Magma Quartz

- konsystencja zaprawy cementowej,
- wielokrotnie wyższa od betonu podatność na niewielkie odkształcenie dająca bardzo wysoką odporność na uderzenie oraz na wibracje,
- wytrzymałość na ściskanie na poziomie 91,4MPa – trzykrotnie więcej niż beton klasy B30 (wg starszej klasyfikacji),
- zdolność tłumienia drgań,
- wytrzymałość na rozciąganie i przyczepność do podłoża przewyższa wielokrotnie spoiwość wewnętrzną betonu,
- całkowita odporność chemiczna na związki nieorganiczne i organiczne (w tym smary i oleje),
- brak skurczu podczas wiązania.

Etap IV: Nakładanie dwóch warstw materiału Belzona® 5811 Immersion Grade.

Aby uniknąć zagrożenia dalszej degradacji betonu, proponuje się powłokowe pokrycie wewnętrznej strony zbiornika kompozytem BELZONA® 5811 Immersion Grade, który posiada następujące właściwości:

- wysoką odporność na średnio stężone media chemiczne, w tym:
 - węglowodory i ich pochodne (estry, oleje, rozpuszczalniki, paliwa, itp.),
 - silnie stężone kwasy, zasady i sole nieorganiczne,
- wysoką przyczepność do betonu przekraczającą jego wewnętrzną spójność,
- zachowywanie powyższych parametrów w temperaturze do -40°C do $+60^{\circ}\text{C}$,
- odporność na wielokrotne przejścia przez 0°C (mrozoodporność),
- łatwą aplikację – nanoszenie przy pomocy pędzla i proste proporcje mieszania,
- dostępność w dwóch kolorach (beżowym i szarym).

10. PODSUMOWANIE

Wewnętrzne powierzchnie ścian zbiornika wymagają szybkiego powstrzymania ich degradacji i przystąpienia do prac naprawczych. Zaproponowana powyżej technologia przywrócenia ścianom wymaganej ochrony przed wpływami eksploatacyjnymi powinna trwale zabezpieczyć tę konstrukcję przed dalszą korozją i ubytkami. Prace powinien wykonywać jedynie wyspecjalizowany w stosowaniu ww. technologii zespół pracowników pod stałym i ścisłym nadzorem osoby uprawnionej.

Chociaż nie jest to przedmiotem niniejszego opracowania, autorzy opracowania zwracają uwagę na problem niejednorodności klasy wytrzymałościowej badanego betonu, w różnych miejscach zbiornika. Z uwagi na spore różnice wytrzymałości pobranych ze stropu zbiornika próbek proponuje się wykonanie szerszego zakresu zbadania wytrzymałości betonu konstrukcji zbiornika, w tym przypadku już nieniszczących. O ile nowe wyniki potwierdzą niższą klasę wytrzymałościową betonu niż to zakładał projektant należałoby sprawdzić obliczeniowo wytrzymałość poszczególnych elementów zbiornika w odniesieniu do ustalonych klas wytrzymałościowych betonu oraz wielkości ich odkształceń, które mogą wpływać na powiększanie się pęknięć i zarysowań.

11. TERMIN WAŻNOŚCI EKSPERTYZY

Ważność ekspertyzy ustala się na 12 miesięcy tj. do 30 czerwca 2016 roku. Obiekt ten, przez okres 1 roku należy poddawać szczegółowej obserwacji. O wszelkich zauważonych zmianach, mogących mieć wpływ na jego bezpieczeństwo należy niezwłocznie powiadomić autora ekspertyzy.

Opracował:
czerwiec 2015 r.

dr inż. Dariusz Bajno
RZECZOZNAWCA BUDOWLANY
w spec. konstrukcyjno-budowlanej CRP nr 11598/R
Rzecznik PZTB nr 257 oraz zaśw. nr 20/97
Wojewódzkiego Ośrodka Państwowej
Służby Ochrony Zabytków
tel. 502 18 78 98