

Opinia naukowo-techniczna dotycząca stanu technicznego i możliwości wykorzystania w planowanej inwestycji istniejących fundamentów oraz niecki basenowej Centrum Sportu i Rekreacji Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Banacha 2A w Warszawie

02805/19/Z00NZK (BRI/4/2019)

Warszawa, grudzień 2019 r.



Tytuł pracy: Opinia naukowo-techniczna dotycząca stanu technicznego i możliwości wykorzystania w planowanej inwestycji istniejących fundamentów oraz niecki basenowej Centrum Sportu i Rekreacji Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Banacha 2A w Warszawie

Nr Rejestru: 02805/19/Z00NZK (BRI/4/2019)

Uniwersytet Warszawski

Zleceniodawca: ul. Krakowskie Przedmieście 26/28
00-927 Warszawa

Wykonawcy:

Członkowie zespołu: mgr inż. Sławomir Dudziak
mgr inż. Aleksandra Mazurek
mgr inż. Marian Pawłowski
mgr inż. Krzysztof Szuka

Weryfikacja:

dr inż. Jarosław Szulc

Kierownik zakładu: dr hab. inż. Artur Piekarczyk, prof. ITB

Weryfikacja naukowa prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz

Pracę rozpoczęto: wrzesień 2019r.

zakończono: grudzień 2019 r.

Wykonano w liczbie 3 egzemplarzy

Egzemplarz Nr ...

BADANIA | OPINIE | EKSPERTYZY

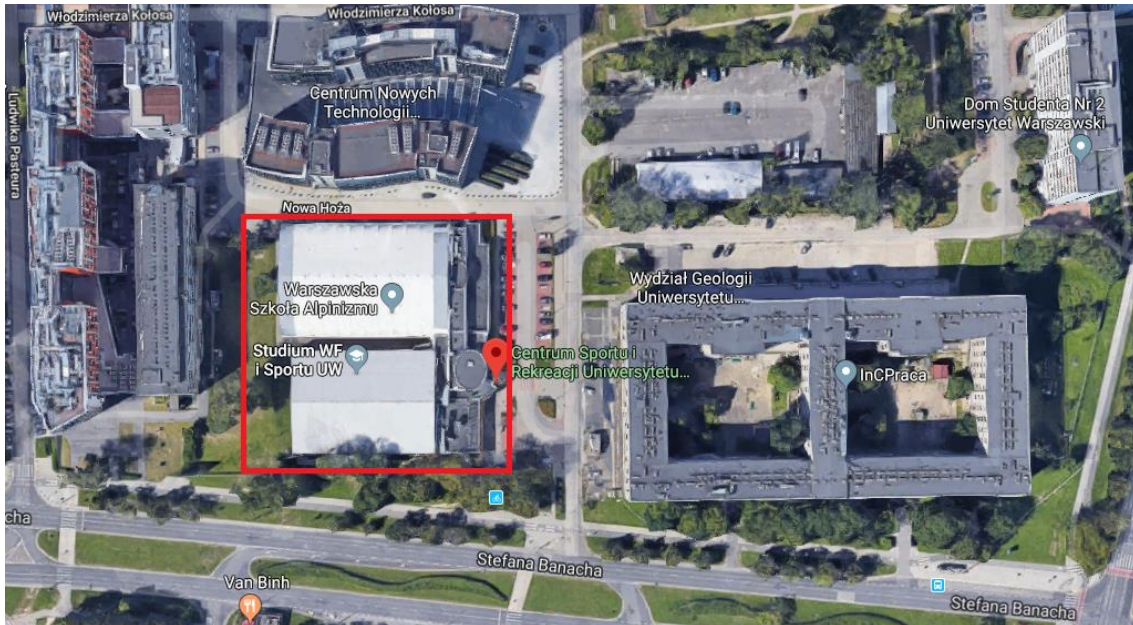
SPIS TREŚCI

1.	WSTĘP.....	4
1.1.	Przedmiot, cel i zakres opinii.....	4
1.2.	Podstawy formalne opracowania.....	5
1.3.	Materiały wykorzystane w opinii	5
2.	OPIS TECHNICZNY BUDYNKU.....	6
2.1.	Dane ogólne	6
2.2.	Warunki gruntowo-wodne	8
2.3.	Opis techniczny konstrukcji części podziemnej basenu	10
3.	OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO PODZIEMIA HALI BASENOWEJ I CZĘŚCI TECHNOLOGICZNEJ	16
4.	BADANIA I OCENA KONSTRUKCJI CZĘŚCI HALI BASENOWEJ	25
4.1.	Odkrywki.....	27
4.2.	Nieniszczące badania sklerometryczne i ocena wytrzymałości betonu	28
4.3.	Nieniszczące badania elektromagnetyczne i ocena ułożenia prętów zbrojeniowych	28
5.	KONTROLNE OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE.....	30
5.1.	Ława fundamentowa.....	30
5.2.	Kontrola warunku zarysowania niecki basenowej	33
5.3.	Wpływ nierównomiernego osiadania na nieckę basenową.....	37
6.	ANALIZA I OCENA STANU TECHNICZNEGO OBIEKTU	40
7.	ANALIZA PORÓWNAWCZA KONCEPCJI ROZBUDOWY CSIR.....	40
8.	ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ISTNIEJĄCYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH PODCZAS ROZBUDOWY.....	44
9.	WNIOSKI I ZALECENIA.....	45

1. WSTĘP

1.1. Przedmiot, cel i zakres opinii

Przedmiotem opracowania jest budynek Centrum Sportu i Rekreacji Uniwersytetu Warszawskiego (dalej nazywany CSiR) przy ul. Banacha 2A w Warszawie oraz jego koncepcja rozbudowy. Lokalizację przedmiotowego obiektu pokazano na rys. 1 (w obrysie prostokąta).



Rys 1. Lokalizacja budynku Centrum Sportu i Rekreacji Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Banacha 2A w Warszawie (źródło: <http://maps.google.pl>)

Opracowanie ma na celu ocenę stanu technicznego niecki basenowej wraz z częścią technologiczną oraz części fundamentów budynku zlokalizowanych w jej pobliżu, a także ocenę możliwości ich zastosowania w planowanej inwestycji rozbudowy CSiR.

Opracowanie zawiera:

- analizę udostępnionej dokumentacji technicznej (m.in. projektu budowlanego, wykonawczego oraz wcześniejszych opinii),
- inwentaryzację konstrukcyjną fragmentów budynku w zakresie niezbędnym do opracowania opinii (kontrolne pomiary, skany zbrojenia),
- ocenę makroskopową materiałów i elementów konstrukcyjnych,
- badania sklerometryczne betonu wbudowanego w konstrukcję,
- inwentaryzację występujących nieprawidłowości (zarysowań/spękań) wraz z opracowaniem dokumentacji fotograficznej i rysunkowej,
- kontrolną analizę statyczno-wytrzymałościową wybranych elementów konstrukcyjnych w zakresie niezbędnym do wykonania opracowania,
- analizę przyczyn powstania nieprawidłowości,
- ogólną ocenę stanu technicznego niecki basenowej wraz z częścią technologiczną zlokalizowaną na poziomie -1,
- analizę możliwości wykorzystania na potrzeby planowanej inwestycji istniejących fundamentów i niecki basenowej wskazanych w przekazanej koncepcji,

- analizę porównawczą dwóch wariantów rozbudowy CSiR wskazanych w przekazanej koncepcji,
- opracowanie wniosków i zaleceń dotyczących dalszego postępowania z budynkiem
- weryfikację pracy.

Opracowanie podlega ochronie zgodnie z ustawą z dnia 4 lutego 1994r. o prawach autorskich i prawach pokrewnych. Uprawnienia związane z dysponowaniem materialnymi prawami autorskimi zostają przekazane na rzecz Zleceniodawcy.

1.2. Podstawy formalne opracowania

Podstawę formalną opracowania stanowią: zapytanie ofertowe z dnia 3.07.2019r. oraz umowa nr BRI/4/2019 zawarta w dniu 24.09.2019 r. pomiędzy Uniwersytetem Warszawskim a Instytutem Techniki Budowlanej w Warszawie.

1.3. Materiały wykorzystane w opinii

Przy opracowaniu niniejszej opinii wykorzystano następujące materiały:

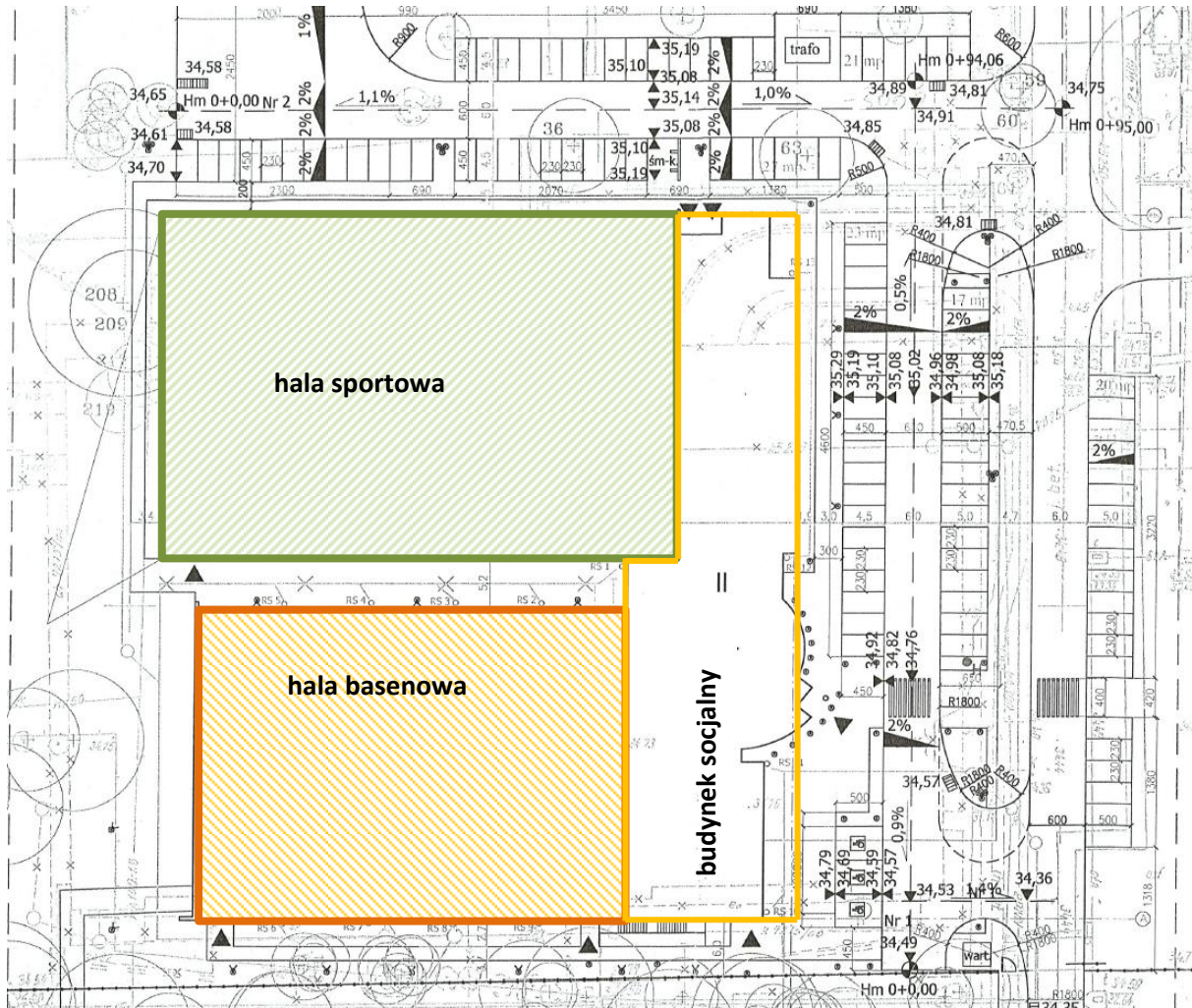
- [1] Projekt architektoniczno- budowlany Centrum Sportowo – Rekreacyjnego Uniwersytetu Warszawskiego opracowanego przez K&L art. Design Autorska Pracownia Projektowa Gdańsk ul. Jasia i Małgosi 9a, marca 2005r.
- [2] Opinia specjalistyczna konstrukcji stalowej hali basenowej w Centrum Sportowo – Rekreacyjnym Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Banacha w Warszawie opracowaną przez ITB, 2006r.
- [3] Projekt budowlany Hali Sportowej – Basen. Konstrukcja hali „ASTRON” opracowany przez Biuro Usług Projektowo – Inwestorskich inwestpol w Gdańsku, 2005r.
- [4] Wybrane dane dotyczące zastosowanych materiałów z wyszczególnieniem certyfikatów i atestów (wg dokumentacji)
- [5] Dokumentacja geologiczno-inżynierska pod projektowaną halę sportową z basenem przy ulicy Banacha w Warszawie, GEOVIA Przedsiębiorstwo Badań i Usług Inżynierskich, Warszawa 2000r.
- [6] Dokumentacja geologiczno-inżynierska do projektu architektoniczno-budowlanego budynku CeNT w Warszawie w rejonie ulic Banacha, Pasteura i Miecznikowa. Opracowanie: GEOTEST dr inż. Krzysztof Traczyński. Warszawa, maj 2006 r.
- [7] Dokumentacja geotechniczna dotycząca warunków wodno-gruntowych panujących w Warszawie przy ulicy Pasteura w miejscu projektowanej budowy budynku dydaktycznego „CeNT II - Fizyka”. Opracowanie: GEOTEST dr inż. Krzysztof Traczyński. Warszawa, luty 2008 r.
- [8] Projekt konstrukcyjny wykonawczy konstrukcji żelbetowych podziemia w hali basenów oraz ścian fundamentowych i kanałów w budynku zaplecza socjalno technicznego dla Centrum Sportowo-Rekreacyjnego UW. K&L art. design, projektant: inż. Marian Adamek, Gdańsk czerwiec 2005 r.
- [9] Dokumentacja powykonawcza budowy CSiR – TOM II, III i IV. Październik 2008 r.
- [10] Koncepcja rozbudowy Centrum Sportu i Rekreacji UW na Kampusie Ochota, Opracowanie: Biuro Innowacji w Przestrzeni Akademickiej UW (Załącznik do umowy BRI/4/2019)

- [11] PN-B-03264 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- [12] PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1:Reguły ogólne i reguły dla budynków.
- [13] Instrukcja ITB 210. Instrukcja stosowania młotków Schmidta do nieniszczącej kontroli jakości betonu w konstrukcji. Warszawa 1977.
- [14] Inwentaryzacja występujących nieprawidłowości na podstawie przeprowadzonych oględzin i wykonanych odkrywek
- [15] Dokumentacja fotograficzna wykonana przez autorów opracowania
- [16] Obliczenia statyczno-wytrzymałościowe wykonane przez autorów opracowania
- [17] Informacje uzyskane od Zleceniodawcy
- [18] Przedmiotowe normy, wytyczne i aprobaty techniczne.

2. OPIS TECHNICZNY BUDYNKU

2.1. Dane ogólne

Budynek Centrum Sportu i Rekreacji Uniwersytetu Warszawskiego w ogólności składa się z trzech części: hali basenowej, hali sportowej i zaplecza socjalno-sanitarnego (por. rys. 2). Jego zewnętrzne wymiary to $\sim 76,7 \times 72,1$ m, a powierzchnia zabudowy ~ 4708 m². Widok elewacji budynku od strony głównego wejścia pokazano na fot. 1.



Rys 2. Budynek CSiR z naniesionym podziałem funkcjonalnym (źródło: [1])



Fot. 1. Widok budynku Centrum Sportu i Rekreacji Uniwersytetu Warszawskiego przy ul. Banacha 2A w Warszawie

Hala sportowa ma wymiary w planie $\sim 55 \times 37$ m i wysokość $\sim 11,2$ m oraz przekrycie dachowe o prefabrykowanej konstrukcji stalowej (ramy kratowe o kształcie zbliżonym do łuku firmy Summit Structures). Jako poszycie dachu hali zastosowano powłokę polietylenową [2].

Hala basenowa ma wymiary w planie $\sim 35 \times 47$ i wysokość $\sim 7,0$ m. W hali znajduje się basen sportowy o wymiarach 20×25 m oraz basen do nauki pływania o wymiarach 15×8 m. Wzdłuż dużego basenu zlokalizowano trybuny składane mieszczące do 170 osób. Według przekazanej dokumentacji [3] konstrukcję przekrycia basenu stanowią systemowe ramy stalowe firmy ASTRON rozmieszczone co 9,5 m. Posadowienie hali, niecka basenowa oraz przyległe do niej pomieszczenia o charakterze technologicznym wykonane zostały jako konstrukcje żelbetowe, wylewane na budowie. Ściany osłonowe fragmentami wykonano z bloczków z betonu komórkowego, a część z płyt warstwowych z wypełnieniem z wełny mineralnej.

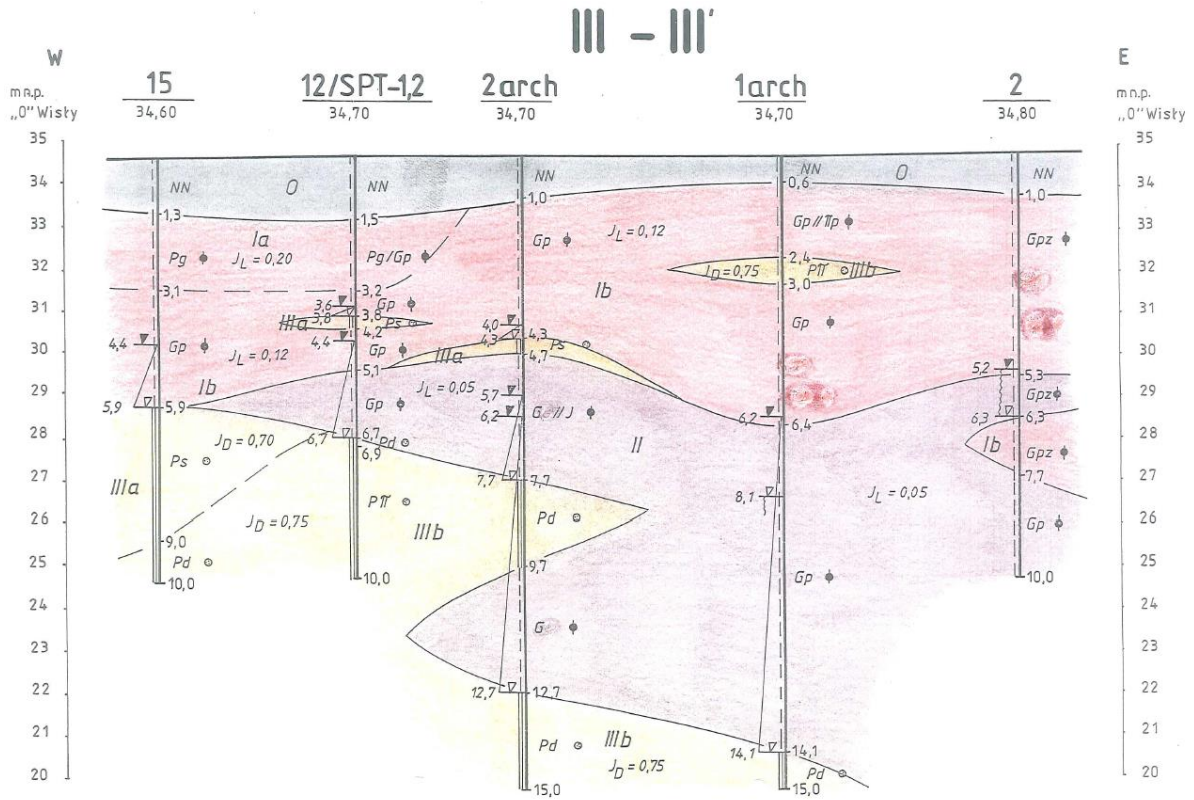
Budynek zaplecza socjalno-sanitarnego ma wymiary w planie $\sim 19,8 \times 75,6$ m, częściowo dwukondygnacyjny (maksymalna wysokość to $\sim 9,6$ m – dach rotundy). Budynek częściowo podpiwniczony, głębokość posadowienia to $\sim 4,6$ m p.p.t. Wykonany w technologii tradycyjnej. Ściany nośne i działowe z bloczków z betonu komórkowego, stropy żelbetowe – typu filigran i monolityczne wylewane na mokro. Stropodach płaski kryty papą o konstrukcji takiej jak strop między kondygnacjami.

2.2. Warunki gruntowo-wodne

Opis warunków gruntowo-wodnych sporządzono na podstawie [5]÷[7]. W podłożu występują następujące warstwy geotechniczne [5]:

- Warstwa 0 - grunty nasypowe (warstwa nienośna);
- Warstwa I - grunty spoiste lodowcowe nieskonsolidowane: piaski gliniaste i gliny, twar doplastyczne o wskaźniku plastyczności $I_L=0,2$ (nośne) oraz gliny piaszczyste, zwięzłe o $I_L=0,12$ (warstwa nośna);
- Warstwa II - grunty spoiste lodowcowe skonsolidowane: gliny piaszczyste, twar doplastyczne o $I_L=0,05$ (warstwa nośna)
- Warstwa III - grunty niespoiste wodnolodowcowe: piaski średnie zagęszczone o stopniu zagęszczenia $I_D=0,7$ oraz piaski drobne i pylaste zagęszczone o $I_D=0,75$ (warstwa nośna)
- Warstwa IV- grunty spoiste zastoiskowe, iły twar doplastyczne o $I_L=0,1$ (nośne).

Warunki gruntowo-wodne pozwoliły na bezpośrednie posadowienie budynku na ławach i stopach żelbetowych. Bezpośrednie podłoże budowlane stanowią grunty spoiste oraz lokalnie niespoiste zagęszczone. Wody gruntowe o zwierciadle napiętym występują w piaskach wodnolodowcowych-warstwa II (nawiercone w strefie głębokości od ok. 4,8 m p.p.t. do ok. 14,1 m p.p.t., a ustabilizowały się w strefie głębokości od ok. 3,8 m p.p.t. do 6,5 m p.p.t.) Zwierciadło wody gruntowej znajduje się poniżej poziomu posadowienia. Należy mieć jednak na uwadze, że na skutek budowy zarówno CSiR, jak i dwóch budynków w jego pobliżu [6]÷[7], warunki gruntowo-wodne mogły ulec zmianie od czasu sporządzenia dokumentacji [5]. Przykładowy przekrój wzdłuż osi budynku pokazano na rys. 3, a tablice z parametrami geotechnicznymi poszczególnych warstw w tab. 1.



Rys 3. Przekrój geotechniczny wzdłuż osi zachód-wschód budynku (źródło: [5])

Tab. 1 parametry geotechniczne gruntów występujących w posadowieniu CSiR (źródło: [5])

Wydzielenie geologiczne	Parametry geotechniczne – wg PN-81/B-03020													
	wartość charakterystyczna $X^{(0)}$ współczynnik materiałowy γ_m wartość charakterystyczna $X^{(r)}$			x – wartość określona na podstawie badań laboratoryjnych bądź polowych. W nawiasach podano wartości dla gruntów sypkich nawodnionych.										
	Stopień skonsolidowania w/g PN-81/B 03020	Nr warstwy geotechnicznej	Opis warstwy geotechnicznej	Stopień zagęszczenia I_D	Stopień plastyczności I_L	Wilgotność w_a [%]	Gęstość objętościowa ρ_o [T/m ³]	Moduł ogólnego odkształcenia		Edometryczny moduł ściśliwości		Kąt tarcia wewnętrznego φ_u [°]	Spójność c_u [kPa]	
							pierwotnego E_o [kPa]	wtórne-go E [kPa]	pierwotnej M_o [kPa]	wtórnej M [kPa]				
Grunty nasympowe	-	0	nasypy niebudowlane (NN) głina (G), piasek (P) z gruzem	Grunty nienośne										
Grunty spoiste lodowcowe nieskonsolidowane	B	Ia	piaski gliniaste (Pg)	-	x0,20 1,10	x11,12 1,10	x2,14 0,90	20600	27470	29400	39200	14° 50' 0,90 13° 20'	17,0 0,90 15,3	
		Ib	gliny piaszczyste, gliny piaszczyste zwięzłe (Gp, Gpz)	-	x0,12 1,10	x11,77 1,10	x2,21 0,90	35000	46670	45000	60000	20° 00' 0,90 18° 00'	35,0 0,90 31,5	
Grunty spoiste lodowcowe skonsolidowane	A	II	gliny piaszczyste (Gp)	-	x0,05 1,10	x11,34 1,10	x2,26 0,90	57700	64110	69600	77330	24° 10' 0,90 21° 40'	46,9 0,90 42,2	
Grunty niespoiste wodnolodowcowe	-	IIIa	piaski średnie (Ps)	-	x0,70 0,90	4,0 1,10	1,8(2,05) 0,90	111000	123330	132200	146890	34° 20' 0,90 30° 50'	-	
		IIIb	piaski pyłaste i drobne (Pπ, Pd)	-	x0,75 0,90	5,0 1,10	1,7(2,0) 0,90	71500	89380	96400	120500	31° 40' 0,90 25° 40'	-	
Grunty spoiste zastoiskowe	D	IV	iłły (I)	-	x0,10 1,10	x19,68 1,10	x2,10 0,90	17500	21880	31000	38750	11° 40' 0,90 9° 30'	54,5 0,90 49,0	

2.3. Opis techniczny konstrukcji części podziemnej basenu

Niecki basenów oraz ściany i stropy kanałów technologicznych zaprojektowane zostały jako żelbetowe wylewane na mokro z betonu klasy B30. Stopy, ławy fundamentowe i ściany zewnętrzne podziemia zaprojektowano w takiej samej technologii z betonu klasy B20. Zastosowano zbrojenie prętami gładkimi klasy A-0 i żebrowanymi klasy A-III. Rzut fundamentów pokazano na rys. 4, a rzut ścian podziemia z zaznaczoną lokalizacją niecek basenowych oraz zbiorników przelewowych na rys. 5.

Ławy fundamentowe zaprojektowano o szerokości od 50 do 130 cm i wysokości 40 cm, ze zbrojeniem głównym – 4 pręty A-III #12, strzemionami z prętów gładkich A-0 $\phi 6$ co 30 cm.

Żelbetowe ściany zewnętrzne hali basenu mają grubość 30 cm, zbrojenie główne #12 ze stali A-III co 25 cm, zbrojenie rozdzielcze $\phi 6$ ze stali A-0 co 25 cm, w rejonie ław fundamentowych dogęszczone do rozstawu 12,5 cm. W górnej części ściana zakończona wieńcem 30x30 cm, zbrojonym 8 prętami #20 A-III, strzemiona $\phi 6$ A-0 co 20 cm. Na granicy budynku hali basenowej i budynku zaplecza socjalnego znajduje się podwójna ściana dylatacyjna (2 x gr. 24 cm) posadowiona na wspólnym fundamencie, zbrojona analogicznie do ścian zewnętrznych (za wyjątkiem wieńców). Przykładowe przekroje ścian podziemia wraz ze zbrojeniem pokazano na rys. 6.

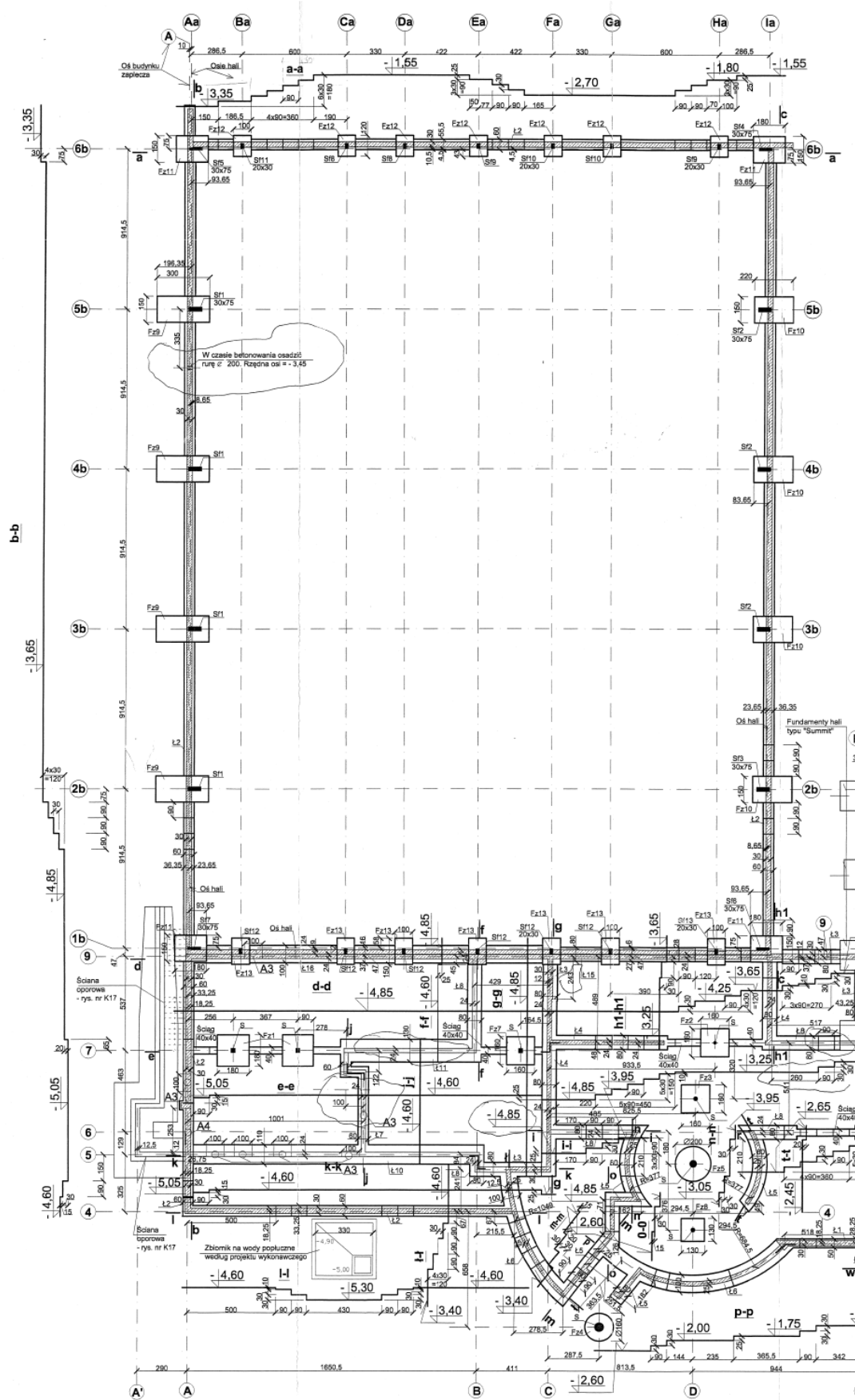
Konstrukcje dwóch niecek basenowych, zbiorników przelewowych i na wodę do instalacji tryskaczowej (niewykorzystywane), kanałów technologicznych wokół niecki basenowej stanowią konstrukcje niezależne od głównej konstrukcji nośnej hali. Posadowione są na warstwie „chudego betonu” klasy B7,5. Grubości ścian i płyty dennej niecek basenowych wynoszą 25 cm. Zbrojenie ścian jest następujące: pionowe $\phi 10$ klasy A-III co 15 cm, dogęszczone w rejonie łączenia z płytą denną do rozstawu 7,5 cm, zbrojenie poziome $\phi 6$ klasy A-0 co 25 cm. Zbrojenie płyty dennej jest następujące: #8 klasy A-III górą i dołem, rozstaw w obu kierunkach 25 cm. Część ścian niecek zakończona krótkimi wspornikami służącymi do oparcia płyt stropowych nakrywających kanały technologiczne. Przekrój przez nieckę głównego basenu wraz z jej zbrojeniem pokazano na rys. 7.

Wymiary i zbrojenie ścian zbiorników przelewowych analogiczne jak w nieckach basenowych. Płyty stropowe nakrywające zbiornik przelewowy I i II są swobodnie podparte na krawędziach. Płyta nad zbiornikiem I ma grubość 17 cm, jest jednokierunkowo zbrojona prętami $\varnothing 8$ klasy A-III co 9,5 cm, zbrojenie rozdzielcze $\varnothing 6$ A-0 co 25 cm. Płyta nad zbiornikiem II ma grubość 17 cm, zbrojenie analogiczne jak płyty zbiornika I. Płyty dno zbiorników przelewowych mają grubość 25 cm i są jednokierunkowo zbrojone (w kierunku krótszego boku) prętami #10 A-III co 15 cm, zbrojenie rozdzielcze $\varnothing 6$ A-0 co 25 cm. Konstrukcja zbiornika przelewowego III połączona jest z konstrukcją kanału technologicznego i pomieszczenia gospodarczego, zbrojenie i grubości ścian analogiczne jak pozostałych zbiorników przelewowych. Płyta przekrywająca zbiornik ma grubość 15 cm i jest podparta w trzech miejscach. Płyta ta jest jednokierunkowo zbrojona: zbrojenie dolne $\varnothing 8$ A-III co 9,5 cm, górne w rejonie środkowej podpory #8 A-III co 9,5 cm, rozdzielcze $\varnothing 6$ A-0 co 25 cm. Zbrojenie zbiorników przelewowych II i III pokazano na rys. 8.

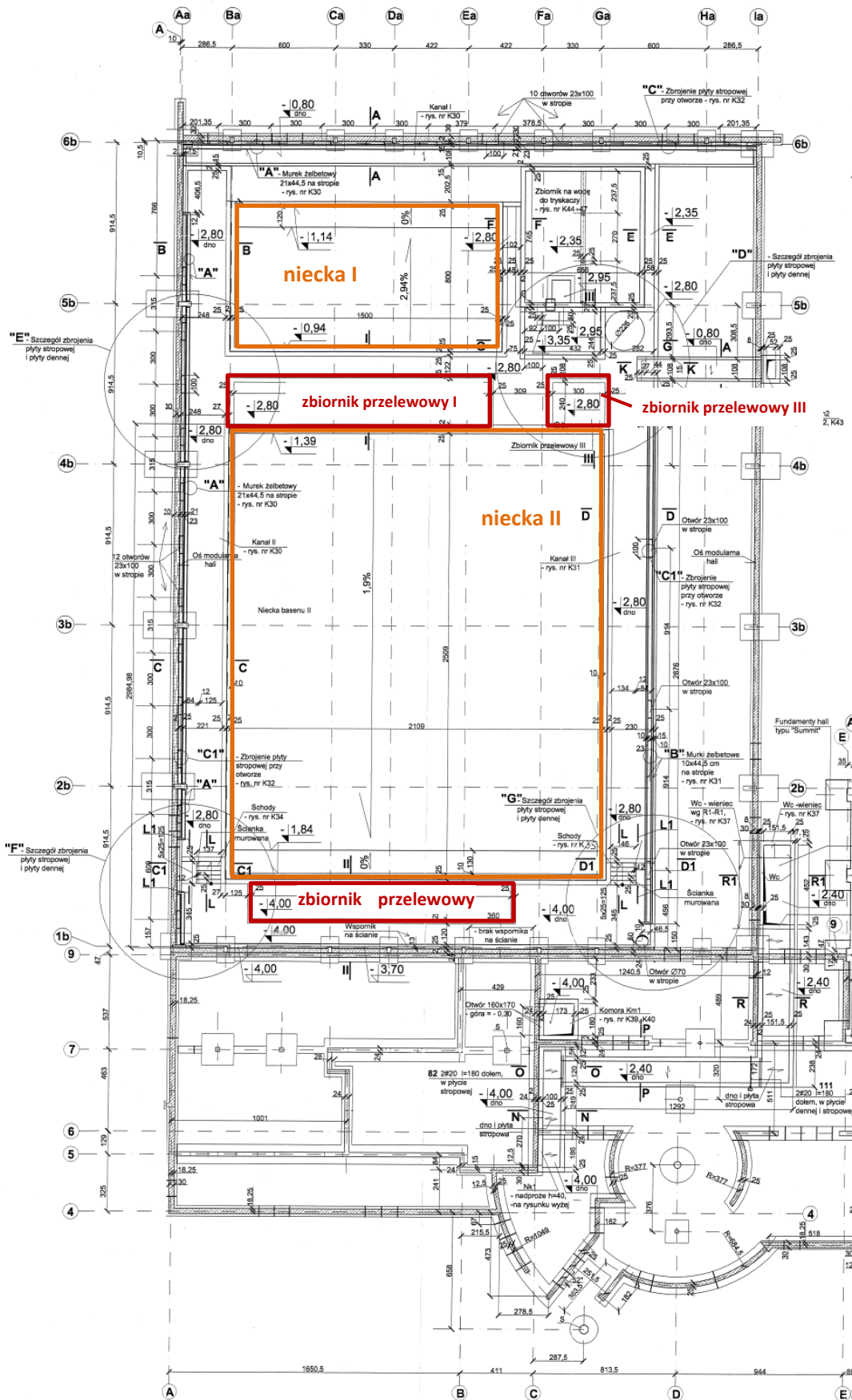
Konstrukcja kanałów technologicznych zbliżona jest do konstrukcji zbiorników: ściany i płyta dno mają grubości 25 cm, a przekrycie 15 cm. Zbrojenie ścian jest następujące: pionowe $\varnothing 10$ A-III co 15 cm (dogęszczone w rejonie łączenia z płytą dno), poziome $\varnothing 6$ A-0 co 25 cm. Zbrojenie płyt dno jest następujące: główne #10 A-III co 15 cm, rozdzielcze $\varnothing 6$ A-0 co 25 cm. Płyty stropowe kanałów mają grubość 15 cm i są zbrojone jednokierunkowo $\varnothing 8$ A-III rozstaw dostosowany do rozpiętości, zbrojenie rozdzielcze $\varnothing 6$ A-0 co 25 cm.

W części technologicznej zlokalizowanej w budynku zaplecza ściany zewnętrzne gr. 24 cm żelbetowe z betonu B20, a ściany wewnętrzne gr. 24 cm z bloczków z betonu komórkowego oraz żelbetowe z betonu B20. Stropy żelbetowe typu filigran grubości 20 cm z betonu B20 zbrojony stalą A-III.

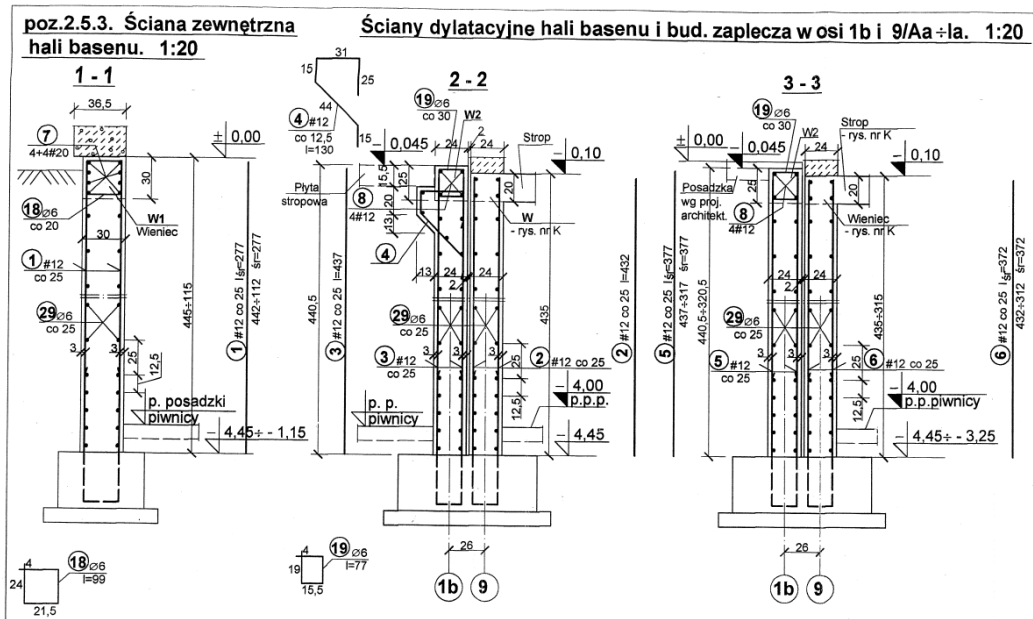
Do części podziemnej części technologicznej basenu prowadzą schody osłonięte ścianą oporową. Ściana żelbetowa o zmiennej grubości 25÷50 cm wylewana na budowie z betonu B20, zbrojenie główne prętami #12 ze stali klasy A-III, zbrojenie drugorzędne $\varnothing 8$ ze stali A-0 (por. rys. 9).



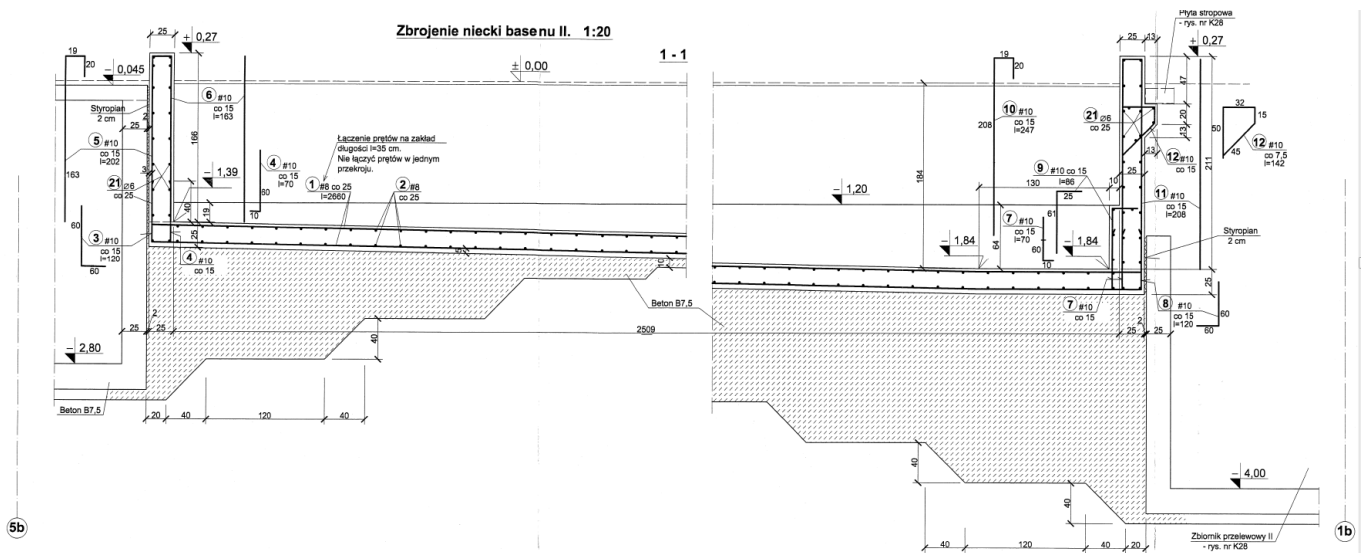
Rys 4. Rzut fundamentów (źródło:[8])



Rys 5. Rzut ścian podziemia (źródło:[8])

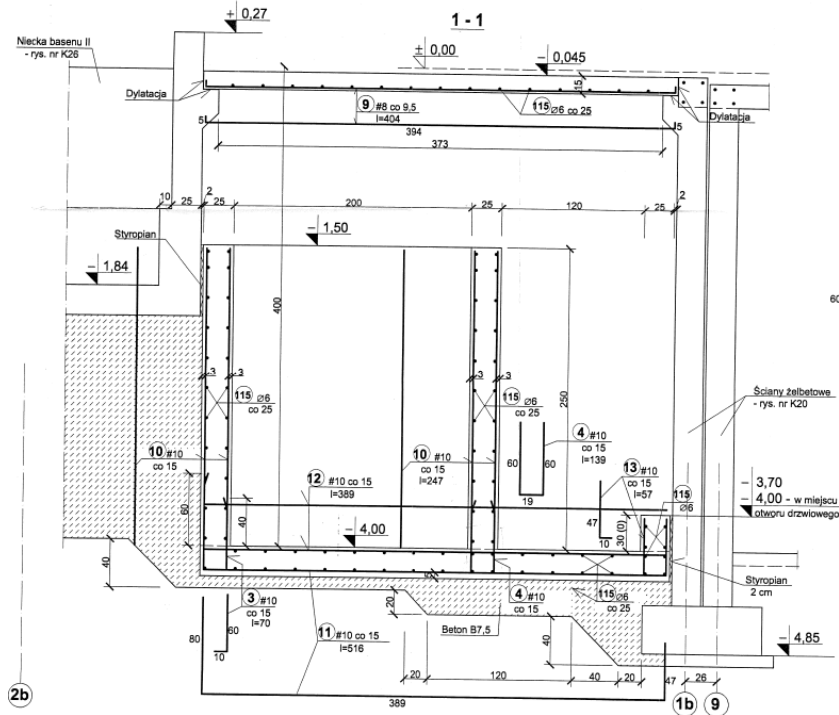


Rys 6. Przekroje ścian podziemia (źródło: [8])

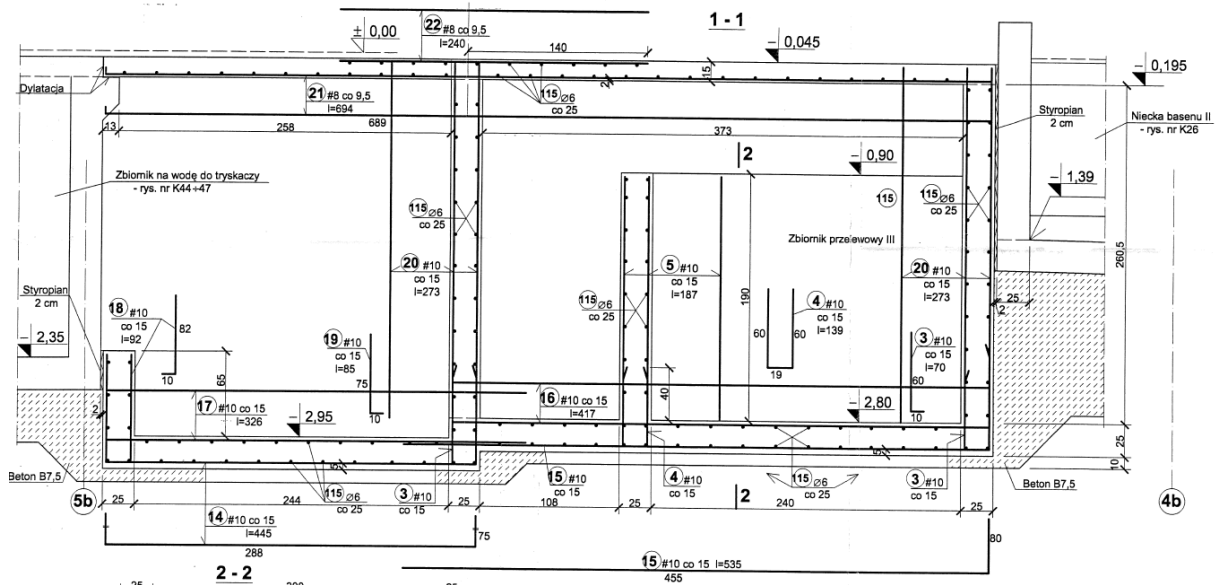


Rys 7. Zbrojenie niecki głównego basenu – przekrój podłużny (źródło:[8])

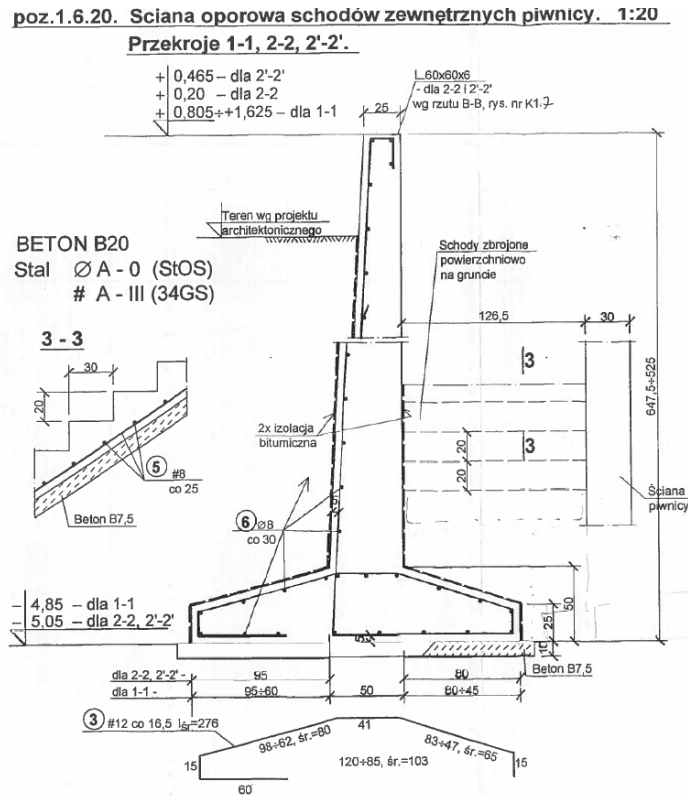
II - II - Zbrojenie zbiornika przelewowego II. 1:20



III - III - Zbrojenie zbiornika przelewowego III. 1:20



Rys 8. Zbrojenie zbiornika przelewowego II i III (źródło:[8])



Rys 9. Zbrojenie ściany oporowej (źródło:[8])

3. OPIS STANU ISTNIEJĄCEGO PODZIEMIA HALI BASENOWEJ I CZĘŚCI TECHNOLOGICZNEJ

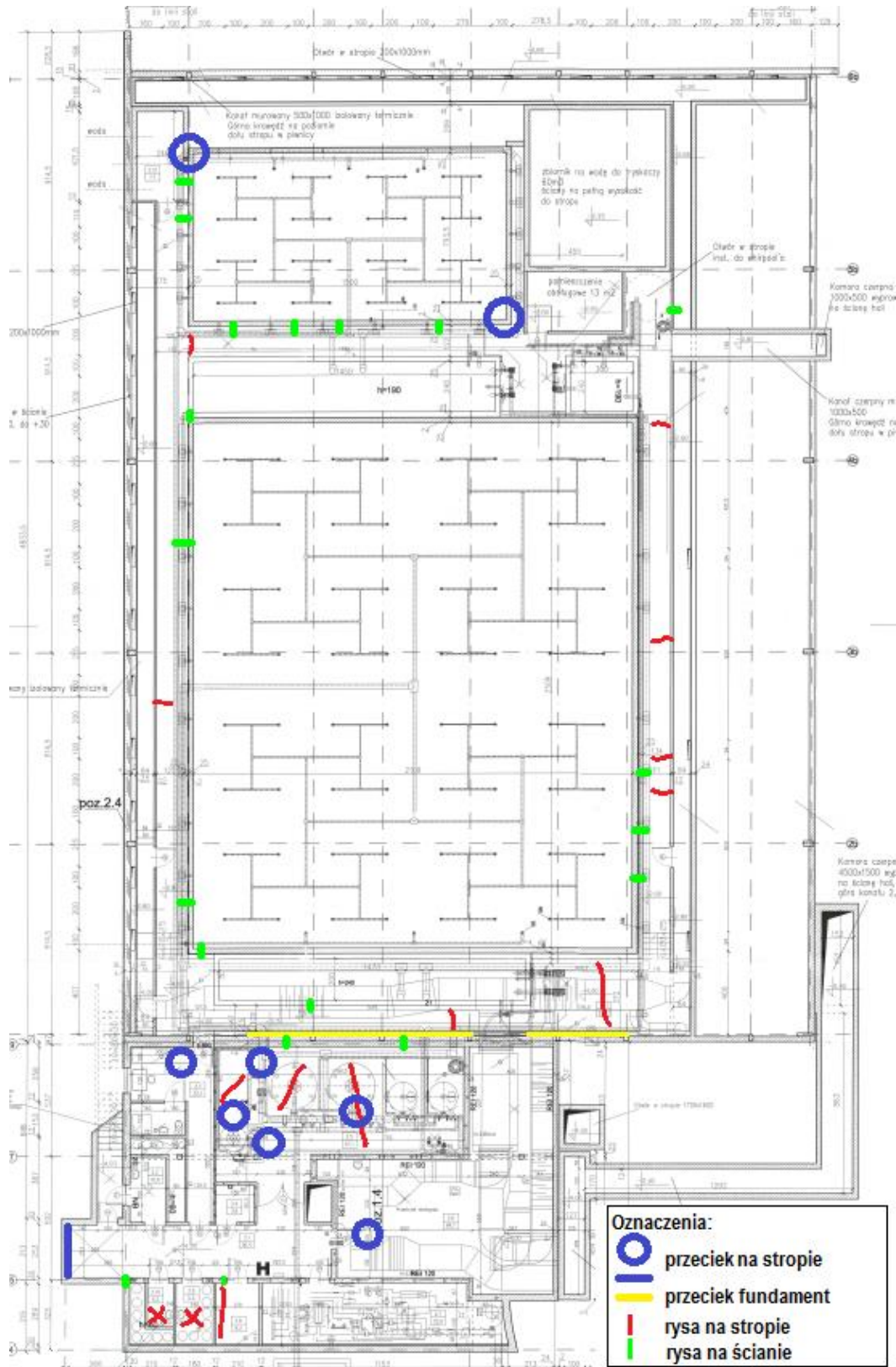
We wrześniu i październiku pracownicy ITB przeprowadzili wizje lokalne hali basenowej i jej podziemia oraz części budynku zaplecza socjalnego, w której znajduje się technologia basenowa.

W czasie wizji lokalnych hali basenowej nie stwierdzono uszkodzeń niecek basenowych i płyt nad kanałami technologicznymi widocznych z poziomu hali basenowej (por. fot. 2).



Fot. 2 Widok hali basenowej

Uszkodzenia stwierdzono w czasie oględzin części podziemnej hali basenowej: zarówno w pomieszczeniach technicznych zlokalizowanych w budynku zaplecza, jak i w kanałach technologicznych wokół niecki basenowej. Zidentyfikowane uszkodzenia na poziomie - 1 zestawiono na rys. 10.



Rys. 10. Rzut piwnic z zaznaczonymi uszkodzeniami

W podziemiu budynku zaplecza socjalno-technologicznego w pomieszczeniach, w których zlokalizowana jest technologia basenowa stwierdzono występowanie zarysowań i śladów po przeciekach na ścianach (murowych i monolitycznych żelbetowych) oraz na stropach. Przykłady zarysowań i śladów po przeciekach pokazano na fot. 3 ÷ 8. Zarysowania mają niewielkie rozwarości (do 0,3 mm) i obecnie nie stanowią zagrożenia użytkowania tej części budynku CSiR.



Fot. 3 Zarysowania stropu i ściany w pomieszczeniu rozdzielni elektrycznej



Fot. 4 Zarysowanie stropu i ślady po przecieku na ścianie w pomieszczeniu magazynowym



Fot. 5 Przykład przecieku na ścianie w pomieszczeniu wymiennika ciepła i przecieki na stropie w pomieszczeniu uzdatniania wody



Fot. 6 Przeciek i zarysowania ściany zewnętrznej w pobliżu wejścia do podziemia technologicznego

W kanałach technologicznych zlokalizowanych wokół niecki basenowej stwierdzono występowanie śladów po przeciekach. Z informacji uzyskanych od administratora wynika, że sączenia wody występują w okresach intensywnych opadów atmosferycznych. Przyczyną przecieków jest zatem prawdopodobnie woda opadowa. Największe przecieki występowały w narożu ścian kanału w rejonie wejścia z budynku zaplecza (por. fot. 7) oraz na styku belki obwodowej płyty dennej kanału i

ściany dylatacyjnej (por. fot. 8). W miejscach tych widoczne są również ślady napraw. Ponadto rdzawe wykwity świadczą o rozwijającej się korozji prętów zbrojeniowych.



Fot. 7 Ślady po przecieku przy schodach



Fot. 8 Przecieki wody gruntowej/opadowej

W trakcie wizji lokalnych części podziemnej basenu wykonano kontrolne pomiary geometrii elementów konstrukcyjnych. Stwierdzono, że dla większości elementów zasadniczo odpowiada ona założeniom projektowym (por. fot. 9 -11). Znaczne odchyłki stwierdzono dla ściany kanału w okolicach zbiornika przelewowego I. Prawdopodobnie podczas budowy zastosowano zbyt mało sztywne lub wstępnie odkształcone deskowanie. W efekcie w środkowej części ściana ma mniejszą grubość od założonej przez projektanta (23 cm wobec 25 cm założonych w projekcie por. fot. 10).



Fot. 9 Kontrolne pomiary geometrii elementów konstrukcyjnych



Fot. 10 Niedokładność wykonania ściany kanału

W miejscu otworu drzwiowego do pomieszczenia gospodarczego przed nieużytkowanym zbiornikiem na tryskacze dokonano pomiaru rozstawu prętów zbrojeniowych i otuliny zbrojenia. Rozstaw jest zgodny z projektem (~15 cm), a otulina wynosi $2,5 \div 3$ cm i również jest zgodna z założeniami projektowymi (por. fot. 11).



Fot.11 Pomiar rozstawu prętów i otuliny zbrojenia w miejscu otworu drzwiowego.

W części podziemnej hali basenowej stwierdzono również występowanie licznych rys powstałych w czasie wiązania betonu na skutek odkształceń termiczno-skurczowych. Część z nich osiąga znaczne, ponadnormatywne rozwartości dochodzące do 1 mm (por. fot. 12).



Fot. 12 Przykłady zarysowania konstrukcji żelbetowych podziemia

Podczas badań wizualnych zauważono również ślady po przeciekach w miejscach oparcia płyty przekrywającej kanały (por. fot. 13) oraz w rejonie przejść instalacji basenowej (wraz z zarysowaniem, por. fot. 14). Należy podkreślić, że w miejscach tych beton miał kontakt z wodą z basenu zawierającą chlorki, które wpływają negatywnie na jego parametry mechaniczne, zdolności ochronne stali zbrojeniowej oraz mogące inicjować procesy korozyjne zbrojenia.



Fot. 13 Ślady po przecieku wody basenowej



Fot. 14 Zarysowanie oraz ślady po przeciekach w miejscu przejścia rury

Podczas oględzin zauważono również miejsca, w których otulina zbrojenia była niedostateczna, co poskutkowało korozją pojedynczych prętów zbrojeniowych (por. fot. 15).



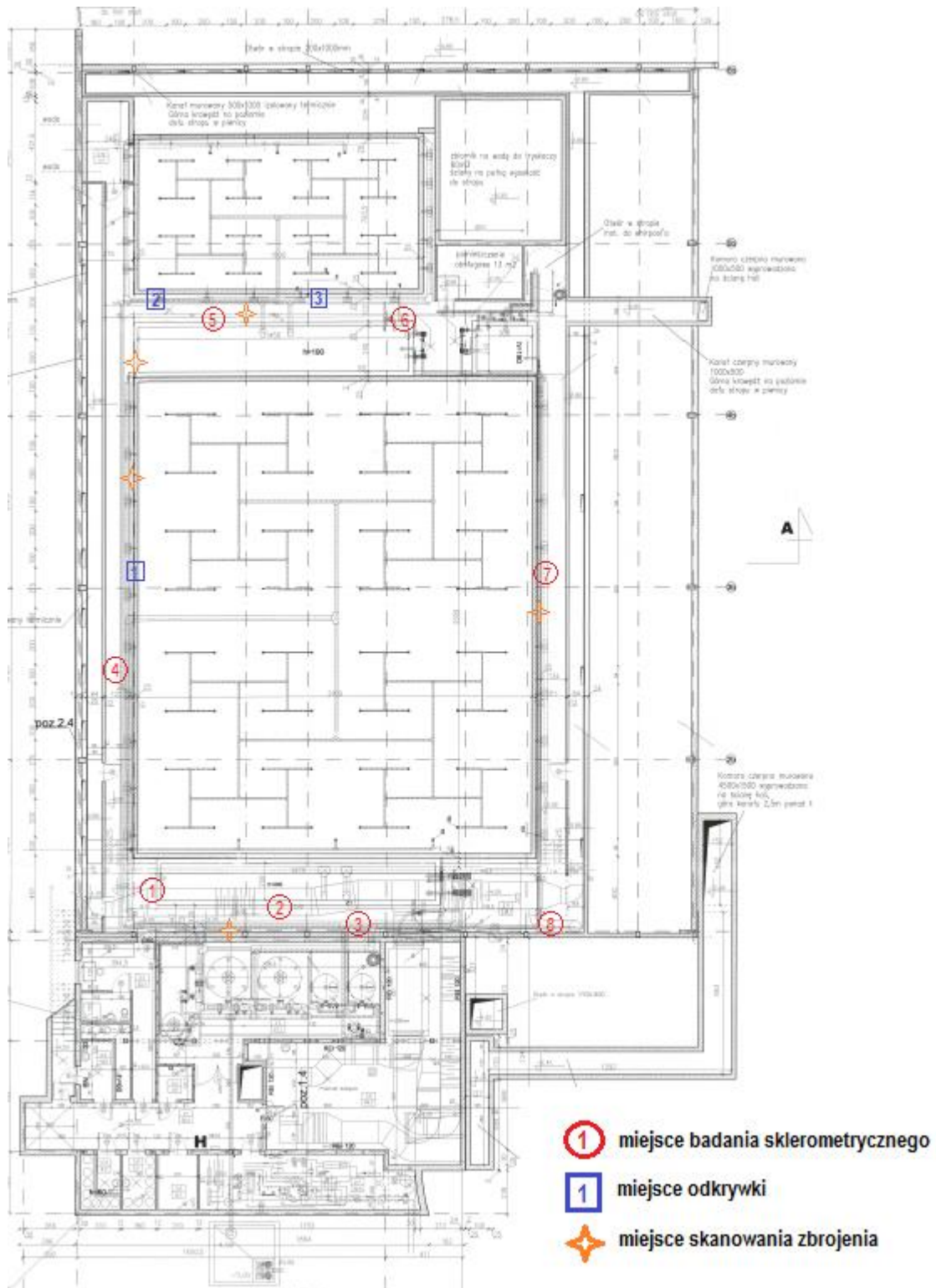
Fot. 15 Przykłady nieosłoniętych prętów zbrojeniowych, które uległy korozji

4. BADANIA I OCENA KONSTRUKCJI CZĘŚCI HALI BASENOWEJ

W celu określenia stanu technicznego konstrukcji i przeprowadzenia kontrolnych obliczeń wykonano badania in-situ, w szczególności:

- odkrywki identyfikujące rozwiązania konstrukcyjne,
- nieniszczące badania sklerometryczne betonu,
- nieniszczące badanie zbrojenia za pomocą skanowania.

Miejsca badania sklerometrycznych, wykonania odkrywek i skanowania zbrojenia przedstawiono na rys. 11



Rys. 11. Rzut piwnic z zaznaczonymi miejscami wykonywania odkrywek (kolor granatowy), badań sklerometrycznych betonu (kolor czerwony) oraz identyfikacji zbrojenia (kolor pomarańczowy)

4.1. Odkrywki

Na potrzeby oceny stanu technicznego oraz określenia przyczyn powstania nieprawidłowości (zniszczeń oraz wad i usterek) wykonano odkrywki i szczegółowe badania w wytypowanych miejscach, które zaznaczono na rys. 11.

W miejscu występowania zarysowania na ścianie kanału przylegającej do mniejszej niecki basenowej przeprowadzono ocenę pH betonu z wykorzystaniem fenoloftaleiny. Badanie to wykazało, że karbonatyzacji uległ jedynie beton w wierzchniej warstwie ściany, a w pozostałej części beton utrzymuje swój zasadowy charakter (głębsza część odkrywki zabarwiła się na fioletowo), który zapewnia jeszcze ochronę stali zbrojeniowej (por. fot. 16).



Fot. 16 Odkrywka w miejscu zarysowania- badania pH betonu

Ponadto w celu oceny stanu zbrojenia oraz pomiaru średnic prętów zbrojeniowych wykonano odkrywki w miejscach oznaczonych na rys. 11. Wyniki pomiarów wykazały zgodność średnic prętów zbrojeniowych z założeniami projektowymi.



Fot. 17 Pomiary średnic zbrojenia w 2 odkrywkach

4.2. Nieniszczące badania sklerometryczne i ocena wytrzymałości betonu

W celu oszacowania przybliżonej wytrzymałości i jednorodności betonu w wykonanych elementach żelbetowych monolitycznych przeprowadzono wrywkowe nieniszczące badania metodą sklerometryczną przy użyciu młotka Schmidta typu N.

Badania wykonano zgodnie z normą PN-EN 12504-2:2002 „Badania betonu w konstrukcjach – część 2: Badania nieniszczące – oznaczenia liczby odbicia”, oraz Instrukcją ITB nr 210 [13]. W obliczeniach założono współczynnik redukcyjny ze względu na karbonatyzację równy 0.6. Wyniki badań zestawiono w tab. 2.

Zasadniczo potwierdzono, że konstrukcje żelbetowe zostały wykonane z betonu o klasie założonej przez projektanta (B20 dla ściany dylatacyjnej i B30 dla pozostałych elementów). Pomiar w punktach 6 i 7 wskazał klasę B25, prawdopodobnie ze względu na występujące w czasie eksploatacji obiektu miejscowe zawilgocenia wodą z chlorkami (przykładowo punkt 6 zlokalizowany jest na zbiorniku przelewowym). Nie stwierdza się zagrożenia bezpieczeństwa konstrukcji ze względu na rzeczywistą wyższą wytrzymałość stwardniałego betonu (klasę określa się na podstawie wytrzymałości na ściskanie po 28 dniach od betonowania).

Tab. 2 Wyniki badań sklerometrycznych

Lp	L_{sr}	S_L	v_L	R_{sr}	S_R	v_R	R_{min}	$R_{\text{min, red}}$	Klasa betonu	Ocena jednorodności
1	56.30	4.50	7.99	75.20	14.51	19.30	51.40	30.84	B30	dostateczna
2	55.50	4.00	7.21	72.50	12.67	17.47	51.73	31.04	B30	dostateczna
3	53.80	4.60	8.55	67.42	14.02	20.79	44.43	26.66	B25	niedostateczna
4	53.60	2.30	4.29	66.25	6.96	10.51	54.84	32.90	B30	dobra
5	53.30	2.50	4.69	65.38	7.52	11.49	53.06	31.84	B30	dobra
6	51.70	3.20	6.19	60.82	9.26	15.23	45.63	27.38	B25	średnia
7	54.10	4.50	8.32	68.31	13.81	20.22	45.66	27.39	B25	niedostateczna
8	54.50	4.20	7.71	69.44	13.00	18.73	48.11	28.87	B25	dostateczna

L_{sr} – średnia liczba odbicia dla danego miejsca,

S_L – odchylenie standardowe liczb odbicia dla danego miejsca,

v_L – współczynnik zmienności liczby odbicia dla danego miejsca,

R_{sr} – średnia wytrzymałość betonu dla danego miejsca,

S_R – odchylenie standardowe wytrzymałości betonu dla danego miejsca,

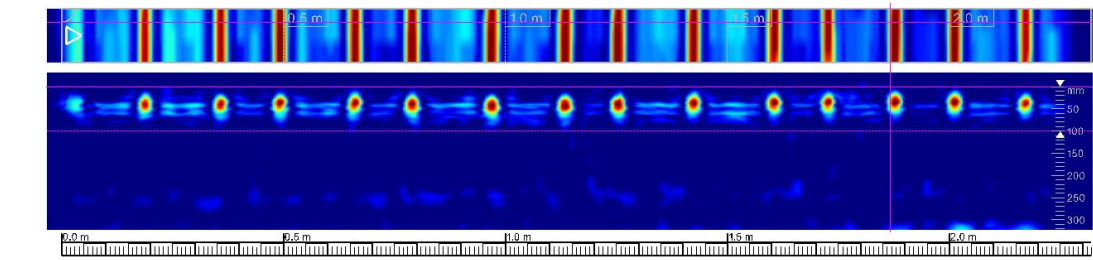
v_R – współczynnik zmienności wytrzymałości dla danego miejsca,

R_{min} – wytrzymałość minimalna betonu dla danego miejsca (rozkład normalny, prawdopodobieństwo $P=0,95$),

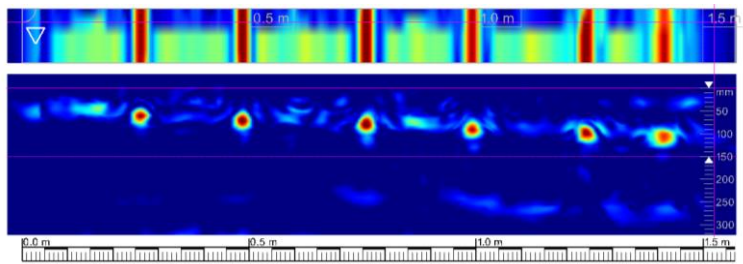
$R_{\text{min, red}}$ – wytrzymałość minimalna z uwzględnieniem współczynnika poprawkowego ze względu na wiek betonu.

4.3. Nieniszczące badania elektromagnetyczne i ocena ułożenia prętów zbrojeniowych

Badania identyfikacyjne zbrojenia wykonano metodą bezinwazyjną z wykorzystaniem skanera typu PS 1000 X-Scan. Miejsca wykonania skanów zaznaczono na rys. 11. Skany wykazały, że rozstawy prętów zbrojeniowych są zasadniczo zgodne z przekazaną dokumentacją powykonawczą. Przykładowe skany zbrojenia pokazano na rys. 12 ÷ 13.

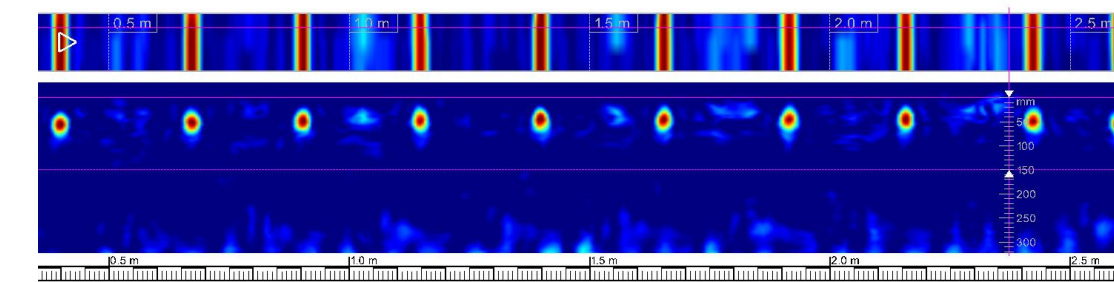


a)

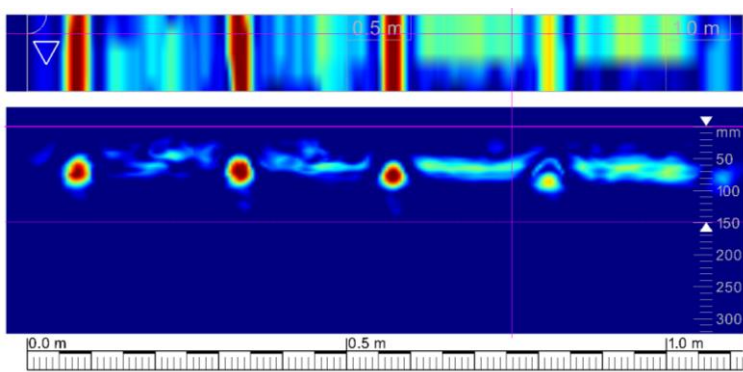


b)

Rys. 12 Skan zbrojenia ściany kanału wokół niecki: a) rozstaw prętów w kierunku horyzontalnym, b) rozstaw prętów w pionie



a)



b)

Rys. 13. Skan zbrojenia ściany kanału wokół niecki: a) rozstaw prętów w kierunku horyzontalnym, b) rozstaw prętów w pionie

5. KONTROLNE OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

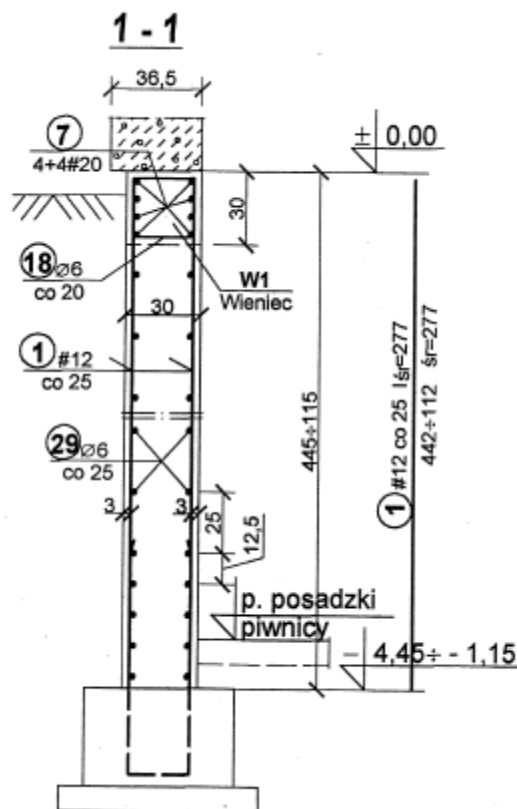
W ramach kontrolnych obliczeń statyczno- wytrzymałościowe przeprowadzono następujące analizy:

- nośności ławy fundamentowej znajdującej się w linii zabudowy od ul. Banacha,
- weryfikację warunku minimalnej powierzchni zbrojenia ze względu na kruche zniszczenia oraz zarysowanie (dopuszczalnej szerokości rys),
- analizę wpływu potencjalnej zmiany warunków posadowienia na deformację i wyciężenie niecki basenowej.

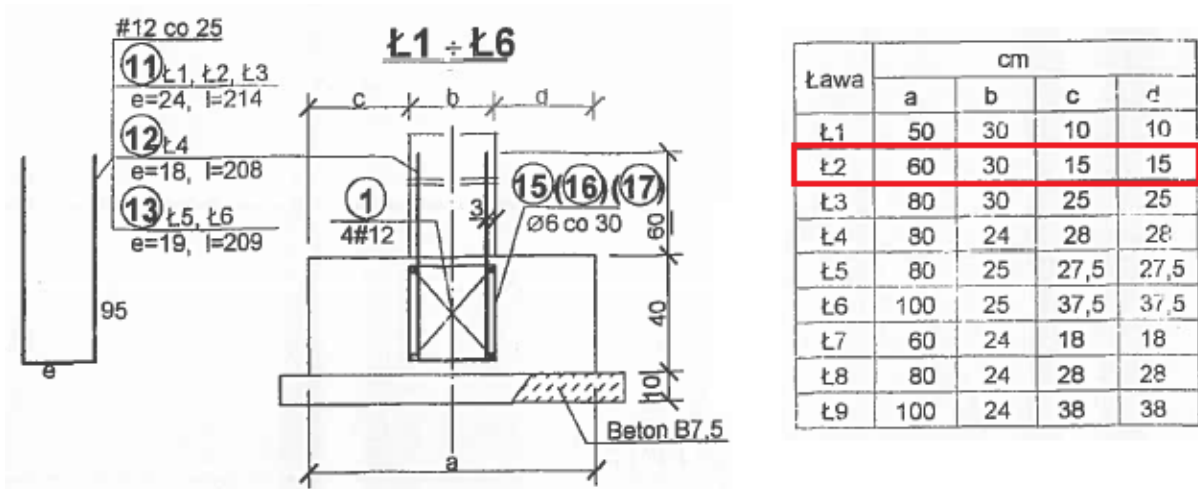
5.1. Ława fundamentowa

W celu sprawdzenia poprawności zaprojektowanych/wykonanych elementów posadowienia które przewiduje się do wykorzystania w planowanej inwestycji wybrano ławę fundamentową oznaczona Ł2. Ława Ł2 o przekroju 60cm x 40cm zlokalizowana jest wzdłuż ściany zewnętrznej hali basenu od ulicy Banacha.

Widok ściany zewnętrznej posadowionej na ławie Ł2 wskazano na rysunku nr 14 a przekrój ławy Ł2 z jej zbrojeniem na rysunku nr 15.



Rys. 14. Przekrój ściany zewnętrznej hali basenu posadowionej na ławie Ł2 (źródło: [9])

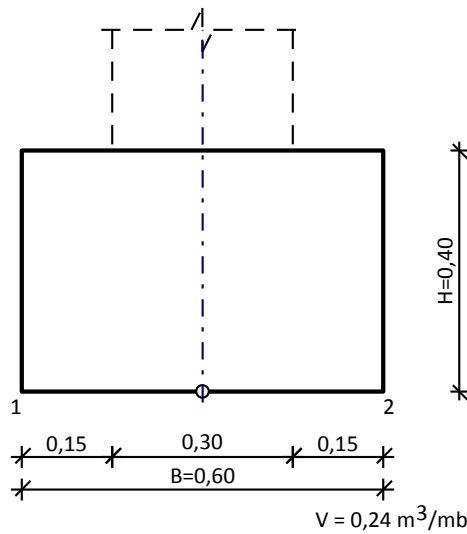


Rys. 15. Przekrój przez ławę Ł2 – widok zbrojenia (źródło: [9])

W obliczeniach sprawdzających zastosowano:

- normy serii PN-B;
- obciążenia przyjęte z dokumentacji projektowej [1, 8]
- parametry warstw podłoża gruntowego z opracowania [5]

SZKIC FUNDAMENTU



Rys. 16. Szkic przekroju ławy Ł2 (źródło: [16])

GEOMETRIA FUNDAMENTU

Wymiary fundamentu :

Typ: **ławą prostokątną**

$B = 0,60$ m $H = 0,40$ m

$B_s = 0,30$ m $e_B = 0,00$ m

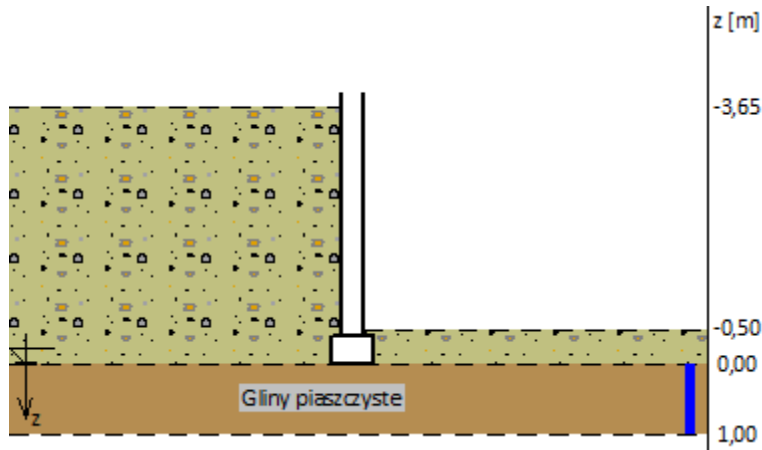
Posadowienie fundamentu:

$D = 3,65$ m $D_{\min} = 0,50$ m

Brak wody gruntowej w zasypce

OPIS PODŁOŻA

Szkic uwarstwienia podłoża:



Rys. 17. Szkic uwarstwienia podłoża (źródło: [16])

Tab. 3 Zestawienie warstw podłoża

Nr	nazwa gruntu	h [m]	nawodniona	$\rho_o^{(n)}$ [t/m ³]	$\gamma_{f,min}$	$\gamma_{f,max}$	$\phi_u^{(r)}$ [°]	$c_u^{(r)}$ [kPa]	M_o [kPa]	M [kPa]
1	Gliny piaszczyste	1,00	tak	1,03	0,90	1,10	21,40	42,20	69600	77330

OBCIĄŻENIA FUNDAMENTU

Tab. 4 Kombinacje obciążeń obliczeniowych:

Nr	N [kN/m]	T_B [kN/m]
1	46,50	18,64

DANE MATERIAŁOWEZasyпка:Ciężar objętościowy: 20,0 kN/m³Współczynniki obciążenia: $\gamma_{f,min} = 0,90$; $\gamma_{f,max} = 1,20$ Parametry betonu:Klasa betonu: **B20** (C16/20) → $f_{cd} = 10,67$ MPa, $f_{ctd} = 0,87$ MPa, $E_{cm} = 29,0$ GPaCiężar objętościowy $\rho = 24,0$ kN/m³Współczynniki obciążenia: $\gamma_{f,min} = 0,90$; $\gamma_{f,max} = 1,10$ Zbrojenie:Klasa stali: A-III (**34GS**) → $f_{yk} = 410$ MPa, $f_{yd} = 350$ MPa, $f_{tk} = 550$ MPa**ZAŁOŻENIA**

Współczynniki korekcyjne oporu granicznego podłoża:

- dla nośności pionowej $m = 0,81$
- dla stateczności fundamentu na przesunięcie $m = 0,72$
- dla stateczności na obrót $m = 0,72$

Współczynnik tarcia gruntu o podstawę fundamentu: $f = 0,50$

Współczynniki redukcji spójności:

- przy sprawdzaniu przesunięcia: 0,50

Czas trwania robót: powyżej 1 roku ($\lambda = 1,00$)Stosunek wartości obc. obliczeniowych N do wartości obc. charakterystycznych N_k $N/N_k = 1,20$ **WYNIKI-SPRAWDZENIE - WARUNKI STANÓW GRANICZNYCH PODŁOŻA wg PN-81/B-03020**Nośność pionowa podłoża:Decyduje: **kombinacja nr 1**Decyduje nośność w poziomie: **posadowienia fundamentu**Obliczeniowy opór graniczny podłoża $Q_{fN} = 161,1$ kN/mb $N_r = 64,9$ kN/mb < $m \cdot Q_{fN} = 0,81 \cdot 161,1$ kN/mb = 130,5 kN/mb (49,7%)

Nośność (stateczność) podłoża z uwagi na przesunięcie poziome:Decyduje nośność w poziomie: **posadowienia fundamentu**Obliczeniowy opór graniczny podłoża $Q_{FT} = 33,3 \text{ kN/mb}$ $T_r = 18,6 \text{ kN/mb} < m \cdot Q_{FT} = 0,72 \cdot 33,3 \text{ kN/mb} = 24,0 \text{ kN/mb} \quad (77,8\%)$ **Stateczność fundamentu na obrót:**Decyduje moment wywracający $M_{oB,2} = 7,46 \text{ kNm/mb}$, moment utrzymujący $M_{uB,2} = 20,13 \text{ kNm/mb}$ $M_o = 7,46 \text{ kNm/mb} < m \cdot M_u = 0,72 \cdot 20,1 \text{ kNm/mb} = 14,5 \text{ kNm/mb} \quad (51,4\%)$ **Osiadanie:**Osiadanie pierwotne $s' = 0,11 \text{ cm}$, wtórne $s'' = 0,01 \text{ cm}$, całkowite $s = 0,12 \text{ cm}$ $s = 0,12 \text{ cm} < s_{dop} = 1,00 \text{ cm} \quad (12,4\%)$ **Tab. 5 Nośność pionowa podłoża:**

Nr	w poziomie posadowienia				w poziomie stropu warstwy najniższej				
	N [kN/mb]	Q_{FN} [kN/mb]	m_N	[%]	z [m]	N [kN/mb]	Q_{FN} [kN/mb]	m_N	[%]
1	64,9	161,1	0,40	49,7	0,00	64,9	161,1	0,40	49,7

Tab. 6 Nośność pozioma podłoża:

Nr	w poziomie posadowienia					w poziomie stropu warstwy najniższej					
	N [kN/mb]	T [kN/mb]	Q_{FT} [kN/mb]	m_T	[%]	z [m]	N [kN/mb]	T [kN/mb]	Q_{FT} [kN/mb]	m_T	[%]
1	60,7	18,6	33,3	0,56	77,8	0,00	60,7	18,6	33,3	0,56	77,8

5.2. Kontrola warunku zarysowania niecki basenowej

Obliczenia sprawdzające wykonano przy uwzględnieniu norm

- PN-B-03264 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone. Obliczenia statyczne i projektowanie,
- PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1:Reguły ogólne i reguły dla budynków.

Parametry niecki basenowej. Otulina prętów zbrojeniowych, klasa ekspozycji, graniczna szerokość rys.**Otulina prętów zbrojeniowych**Wg [11] Nominalna grubość otulenia c_{nom} jest równa sumie grubości minimalnej otulenia c_{min} i odchyłki wymiarowej Δc .W tabelicy 21 [11] dla warstwy „spód” klasa ekspozycji XA1, XC2 oraz ze względu na ułożenie na podłożu betonowym wartości c_{nom} równą 40mm; dla warstwy „wierzch” klasa ekspozycji XC2 (w przypadku zastosowania warstwy, która zapobiega korozji wywołaną chlorkami) wartości c_{nom} równą 20mm, odchyłkę wymiarową należy przyjmować w elementach betonowanych w miejscu wbudowania od 5mm do 10mm.

Więc, minimalna nominalna otulina prętów dla niecki basenowej powinna wynosić dla płyty dennej zbrojenia dolnego 45mm, dla górnego 25mm oraz dla ścian równą 25mm.

Na rysunkach zbrojeniowych podano nominalną otulinę zbrojenia dolnego płyty dennej niecki basenowej równą 50mm, i górnego równą 25-30mm oraz dla ścian równą 30mm które są większa niż wymagane przy założeniu, że na powierzchni betonu zostanie wykonana powłoka ochronna (posadzka) która odizoluje agresję wywołaną chlorkami.

Klasa ekspozycji

W nieckach basenowych została przewidziana warstwa izolująca powierzchnię betonu, która narażona jest bezpośrednio na działanie chlorków. Z powyższych powodów niecki basenowe zakwalifikowano do klasy ekspozycji XA1/XC2 (spód/góra płyt). Niecki basenowe żelbetowe zaprojektowano z betonu klasy B30, co odpowiada wymaganiom normy [11] tablica 6 (minimalna klasa betonu B30).

Graniczne szerokości rys niecki basenowej.

Graniczne szerokości rys w konstrukcjach żelbetowych z uwagi na klasy ekspozycji podano w tablicy 7 normy [11]. Dla klasy ekspozycji XA 1 graniczna szerokość rys w_{lim} wynosi 0,2mm a dla klasy XC2 wynosi 0,3mm.

Minimalny wymagany przekrój zbrojenia elementów żelbetowych niecek basenowych zapobiegający kruchemu zniszczeniu i ze względu na zarysowanie

Jeżeli w przekroju betonowym wymagane jest sprawdzenie rys, to w obszarach rozciąganych należy umieścić zbrojenie minimalne określone przez normy [11] i [12]. Zgodnie z [11] i [12] pole przekroju zbrojenia nie może być mniejsze od wymaganego z uwagi na ograniczenie szerokości rys w konstrukcji. Ponadto w elementach zginanych pole przekroju zbrojenia rozciąganego nie może być mniejsze niż wynikające z porównania nośności przekroju żelbetowego w fazie II z nośnością przekroju betonowego w fazie I, obliczoną przy założeniu, że naprężenie w betonie na krawędzi rozciąganej osiąga wartość $\sigma_{ct} = 1,3 \cdot f_{ctm}$.

Minimalny przekrój zbrojenia zapobiegający kruchemu zniszczeniu

Obliczenia wykonano dla elementu płyty dennej grubości 25cm niecki basenowej.

Zgodnie z pkt. 4.8 normy [11] dla przekroju prostokątnego można przyjmować

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \text{ i } A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d$$

Z dokumentacji odczytano klasę betonu B30, dla której $f_{ctm} = 2,6MPa$

Dla zbrojenia klasy AIII (34GS)

$$f_{yk} = 410MPa$$

Dla zbrojenia bliżej powierzchni płyty $d_1 = 0,25 - 0,05 - \frac{0,008}{2} = 0,196 \text{ m}$

Dla zbrojenia dalej powierzchni płyty $d_1 = 0,25 - 0,05 - \frac{3 \cdot 0,008}{2} = 0,188 \text{ m}$

Wymagane minimalne pola powierzchni zbrojenia dla 1 mb.

$$A_{s1min} = 0,26 \cdot \frac{2,6}{410} \cdot 1,0 \cdot 0,196 = 3,23cm^2 ;$$

$$A_{s1min} = 0,0013 \cdot 1,0 \cdot 0,196 = 2,55cm^2$$

$$A_{s1min} = 0,26 \cdot \frac{2,6}{410} \cdot 1,0 \cdot 0,188 = 3,10cm^2 ;$$

$$A_{s1min} = 0,0013 \cdot 1,0 \cdot 0,188 = 2,44cm^2$$

Minimalne zbrojenie zastosowane w płycie dennej niecki basenowej równe #8co25cm o powierzchni 2,01cm² jest mniejsze niż wymagane równe 2,44 / 3,23 cm²

Obliczenia wykonano dla elementu ściany grubości 25cm niecki basenowej w kierunku poziomym.

Zgodnie z pkt. 4.8 normy [11] dla przekroju prostokątnego można przyjmować

$$A_{s1,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b \cdot d \text{ i } A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d$$

Z dokumentacji odczytano klasę betonu B30, dla której $f_{ctm} = 2,6 MPa$

Dla zbrojenia klasy AO (St0S)

$$f_{yk} = 220 MPa$$

Dla zbrojenia dalej powierzchni płyty $d_1 = 0,25 - 0,03 - 0,01 - \frac{0,006}{2} = 0,207 m$

$$A_{s1min} = 0,26 \cdot \frac{2,6}{220} \cdot 1,0 \cdot 0,207 = 6,36 cm^2 ;$$

$$A_{s1min} = 0,0013 \cdot 1,0 \cdot 0,207 = 2,69 cm^2$$

Minimalne zbrojenie zastosowane w ścianach niecki basenowej równe 2#6co25cm o powierzchni 2,26cm² jest mniejsze niż wymagane równe 2,69 / 6,36 cm²

Minimalny przekrój zbrojenia ze względu na zarysowanie

Zgodnie z pkt. 6.2 normy [11] strefy przekrojów, które na skutek odkształceń wymuszonych (skurcz, osiadanie podpór itp.) mogą podlegać rozciąganiu powinny mieć odpowiednie zbrojenie rozciągane niezbędne do ograniczenia szerokości rys do wartości w_{lim} .

Wymagana wartość przekroju zbrojenia określa się z poniższego wzoru.

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_{s,lim}}$$

Dla płyty dennej i ścian niecki basenowej zmienne występujące w powyższym wzorze wynoszą:

- przy zginaniu $k_c = 0,4$
- przy rozciąganiu $k_c = 1,0$
- dla elementu grubości 25cm i przy założeniu odkształceń wymuszonych przyczynami wewnętrznymi (odkształcenia wywołane zjawiskami występującymi w całej objętości elementu) np. skurcz, odpływ ciepła hydratacji itp. $k = 0,8$
- dla elementu grubości 25cm i przy założeniu odkształceń wymuszonych przyczynami zewnętrznymi (przemieszczenia punktów podparcia) np. przemieszczenie podpór itp. $k = 1,0$
- Pole rozciąganej strefy prostokątnego przekroju elementu przy zginaniu
 $A_{ct} = 0,5 \cdot 1,0 \cdot 0,25 = 0,125 m^2$
 Pole rozciąganej strefy prostokątnego przekroju elementu przy rozciąganiu
 $A_{ct} = b \cdot h = 0,25 m^2$
- $f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2,6 MPa$ beton B30
- Dla prętów zbrojeniowych o średnicy 8mm i maksymalnej szerokości rys $w_{lim} = 0,3 mm$.
 $\sigma_{s,lim} = 360 MPa$
- Dla prętów zbrojeniowych o średnicy 6mm i maksymalnej szerokości rys $w_{lim} = 0,2 mm$.
 $\sigma_{s,lim} = 400 MPa$

Dla odkształceń wywołanych przyczynami wewnętrznymi minimalne pole zbrojenia wynosi

$$A_{s,min} = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 2,6 \cdot \frac{0,125}{360} = 2,89 cm^2 \text{ co odpowiada zbrojeniu dołem/górą \# 8 co 17cm}$$

$$A_{s,min} = 0,4 \cdot 0,8 \cdot 2,6 \cdot \frac{0,125}{400} = 2,60 \text{ cm}^2 \text{ co odpowiada zbrojeniu dołem/górá } \phi 6 \text{ co } 11\text{cm}$$

Przy uwzględnieniu rozciągania założono $f_{ct,eff} = 0,5 \cdot f_{ctm}$

$$A_{s,min} = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 2,6 \cdot \frac{0,25}{360} = 7,22 \text{ cm}^2 \text{ co odpowiada zbrojeniu dołem i górá } \# 8 \text{ co } 14\text{cm}$$

$$A_{s,min} = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,5 \cdot 2,6 \cdot \frac{0,25}{400} = 6,50 \text{ cm}^2 \text{ co odpowiada zbrojeniu dołem i górá } \phi 6 \text{ co } 9\text{cm}$$

Dla odkształceń wywołanych przyczynami zewnętrznymi minimalne pole zbrojenia wynosi

$$A_{s,min} = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 2,6 \cdot \frac{0,125}{360} = 3,61 \text{ cm}^2 \text{ co odpowiada zbrojeniu } \# 8 \text{ co } 14 \text{ cm}$$

$$A_{s,min} = 0,4 \cdot 1,0 \cdot 2,6 \cdot \frac{0,125}{400} = 3,25 \text{ cm}^2 \text{ co odpowiada zbrojeniu } \phi 6 \text{ co } 9 \text{ cm}$$

Do kwietnia 2010r. obowiązywała norma [11], w maju 2010 został przyjęty EC2 jako norma krajowa PN-EN 1992-1-1 [12]. Warto zauważyć że w [12] Wymagana wartość przekroju zbrojenia określa podobny wzór.

$$A_{s,min} = k_c \cdot k \cdot f_{ct,eff} \cdot \frac{A_{ct}}{\sigma_s}$$

W płycie dennej niecki basenowej zastosowano zbrojenie:

— w warstwie dolnej/górnej równe #8 co 25cm o powierzchni 2,01 cm²

W ścianach niecki basenowej zastosowano zbrojenie poziome:

— w warstwie zewnętrznej/wewnętrznej równe $\phi 6$ co 25cm o powierzchni 1,13 cm²

W ścianach niecki basenowej zastosowano zbrojenie pionowe:

— w warstwie zewnętrznej/wewnętrznej równe #10 co 15cm o powierzchni 5,23 cm²

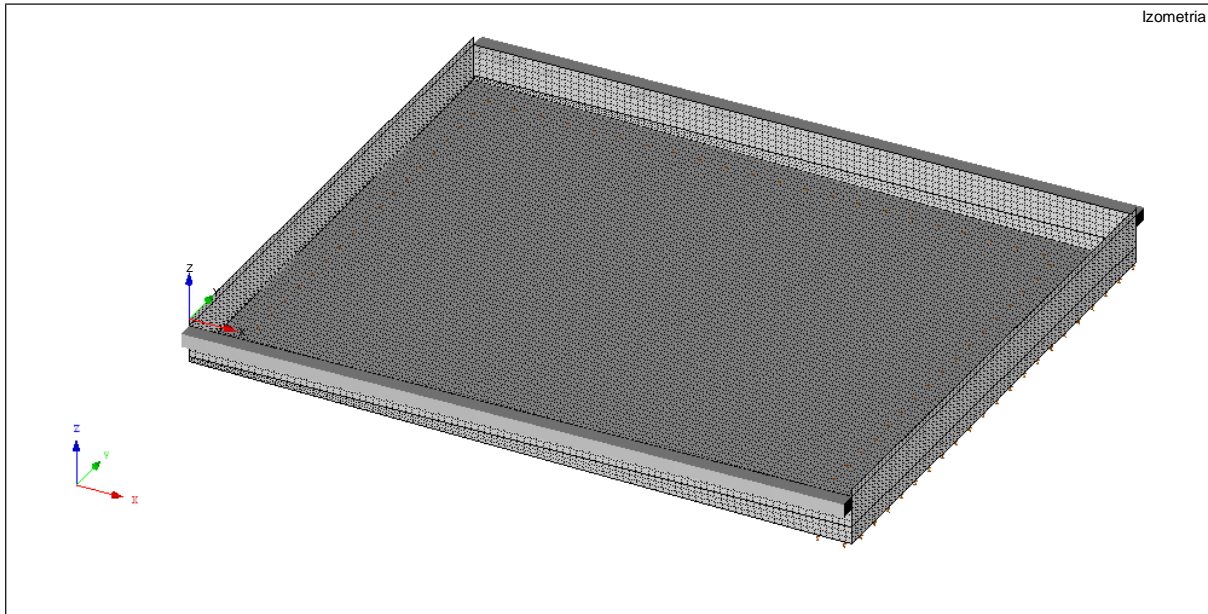
W obliczeniach wykazano, że:

- zastosowano zbrojenie górne i dolne w przekroju płyty dennej niecki basenowej równe 2,01 cm² na mb jest mniejsze niż wymagany minimalny przekrój zbrojenia podłużnego ze względu na kruche zniszczenie oraz zarysowanie dla odkształceń wywołanych przyczynami zewnętrznymi/wewnętrznymi
- zastosowano zbrojenie poziome zewnętrzne i wewnętrzne w przekroju ścian równe 1,13 cm² jest mniejsze niż wymagany minimalny przekrój zbrojenia podłużnego ze względu na kruche zniszczenie oraz zarysowanie dla odkształceń wywołanych przyczynami zewnętrznymi/wewnętrznymi

5.3. Wpływ nierównomiernego osiadania na nieckę basenową

Opis modelu i metodyki obliczeń

W celu ogólnej oceny wpływu nierównomiernego osiadania na nieckę basenu głównego, które może nastąpić w efekcie prowadzonych w jej pobliżu robót budowlanych, przeprowadzono analizę statyczno-wytrzymałościową z wykorzystaniem przestrzennego modelu MES. Geometrię modelu i parametry materiałowe wprowadzono na podstawie dostarczonej dokumentacji technicznej [9]. W modelu wykorzystano elementy powłokowe i prętowe, widok aksonometryczny modelu pokazano na rys. 18.



Rys. 18. Widok modelu numerycznego niecki basenu głównego

Jako obciążenie niecki przyjęto ciężar własny i parcie hydrostatyczne od wody wewnątrz basenu. Obliczenia przeprowadzono dla charakterystycznej kombinacji obciążeń. Jako podparcie modelu założono sprężyste podłoże typu Winklera. Przyjęty współczynnik sztywności odpowiadał parametrom geotechnicznym gruntów znajdujących się w poziomie posadowienia niecki. Analizę przeprowadzono dla dwóch sytuacji obliczeniowych:

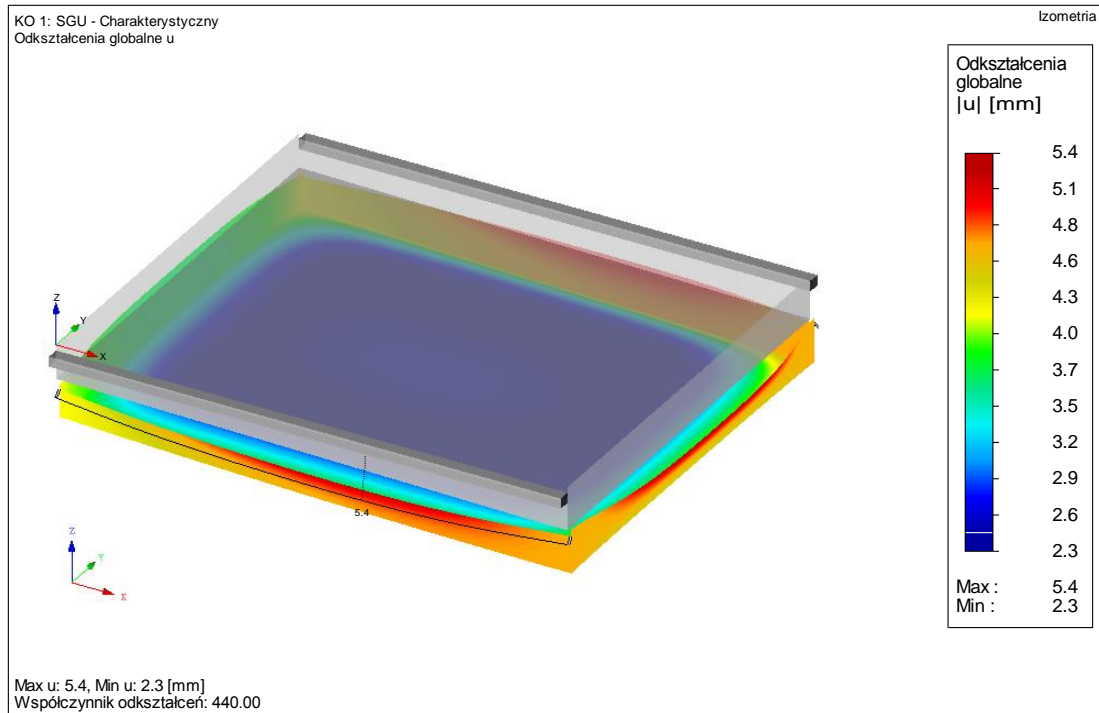
- sytuacja I – równomierny rozkład współczynnika sztywności pod niecką basenową (stan ustabilizowany, który może być utożsamiany z aktualnym stanem),
- sytuacja II – miejscowe osłabienie gruntu pod częścią niecki modelowane poprzez obniżenie współczynnika sztywności podłoża (taki stan może wystąpić np. w przypadku zawilgocenia gruntu spoistego).

Celem obliczeń była ocena możliwości powstania zarysowań na skutek nierównomiernego osiadania. Jako warunek wskazujący na możliwość powstania rys przyjęto przekroczenie naprężeń zastępczych według kryterium Rankine'a $\sigma_{Rankine}$ (maksymalnego naprężenia głównego, kryterium to jest adekwatne do oceny wyczerpania betonu w zakresie rozciągania i rozciągania ze ściskaniem) średniej wytrzymałości betonu na rozciąganie ($f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}$ dla betonu klasy B30):

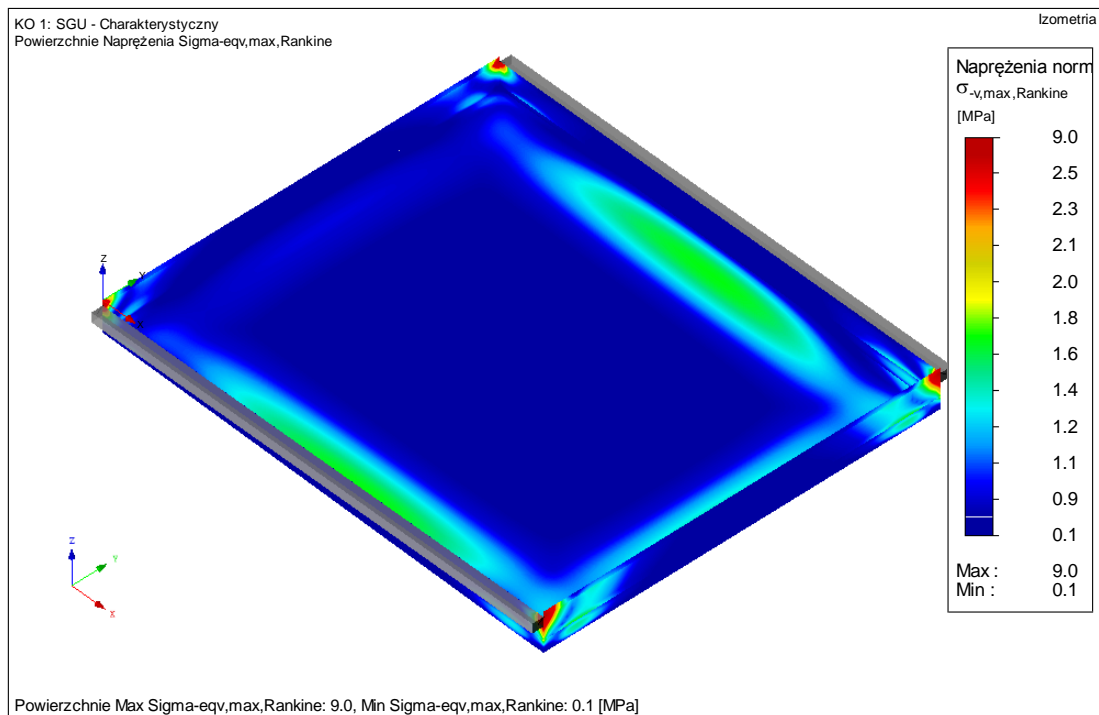
$$\sigma_{Rankine} < f_{ctm} = 2.6 \text{ MPa}.$$

Wyniki analizy

Na rys. 19 pokazano deformację modelu w sytuacji I – równomierne osiadanie niecki basenowej, a na rys. 20 mapę naprężeń zastępczych Rankine’a w tej sytuacji.



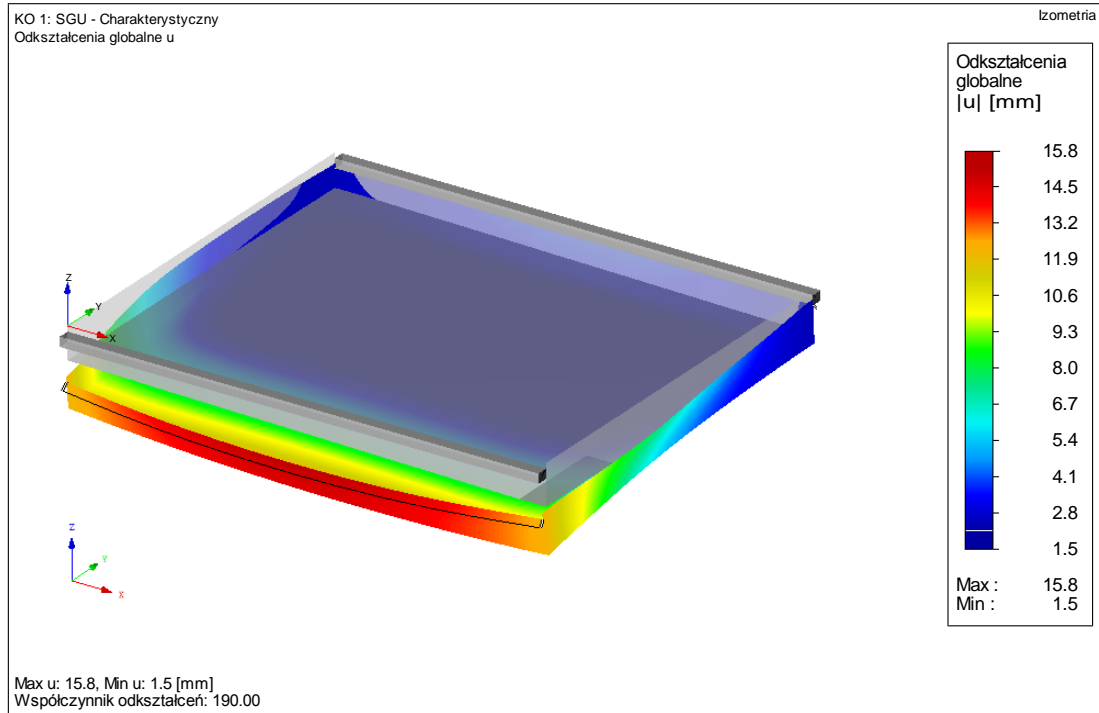
Rys. 19. Deformacja niecki basenowej – równomierne osiadanie



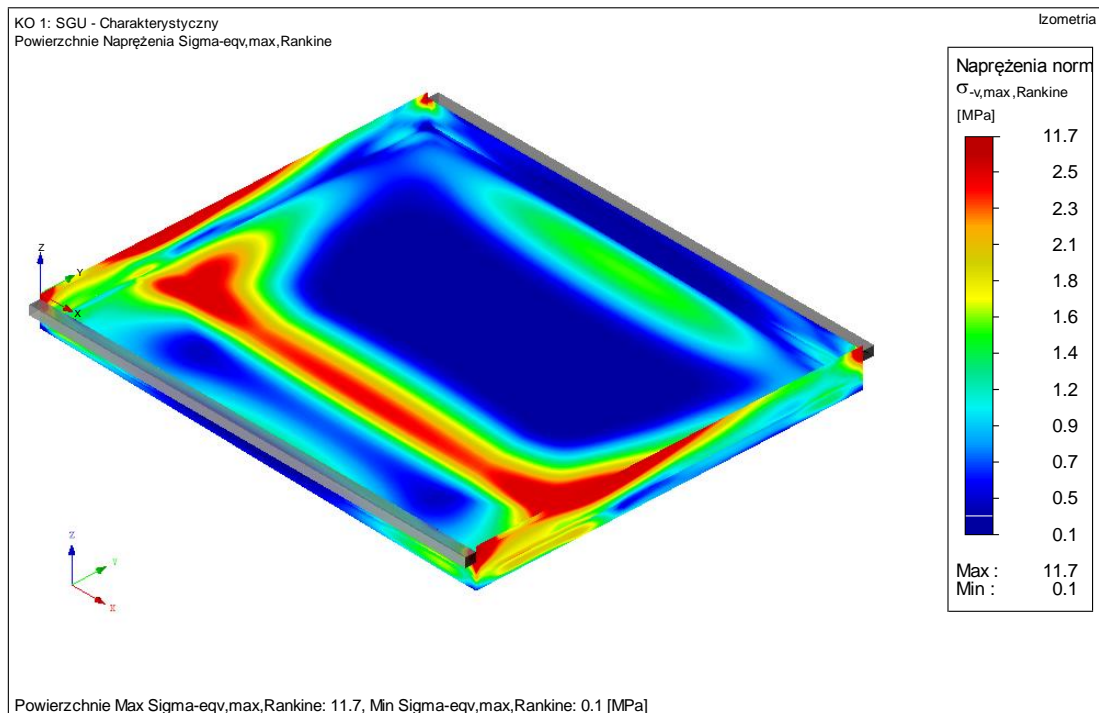
Rys. 20. Mapa naprężeń zastępczych Rankine’a – równomierne osiadanie

W przypadku równomiernego osiadania niecka prawie w całym obszarze pracuje w zakresie sprężystym. Koncentracje naprężeń występują jedynie w jej narożach, w których występuje najwięcej zbrojenia.

Na rys. 21 pokazano deformację modelu w sytuacji II – nierównomierne osiadanie niecki basenowej, a na rys. 22 mapę naprężeń zastępczych Rankine’a w tej sytuacji.



Rys. 21. Deformacja niecki basenowej – nierównomierne osiadanie



Rys. 22. Widok modelu numerycznego niecki basenu głównego - nierównomierne osiadanie

W przypadku nierównomiernego osiadania występują rozległe obszary, w których naprężenia Rankine'a przekraczają wartość wytrzymałości na rozciąganie betonu, co wskazuje na możliwość powstania obszarów zarysowania. Zarysowania mogą pojawić się szczególnie w przypadku ścian, które cechuje niski stopień zbrojenia (znacznie poniżej zbrojenia minimalnego) w kierunku horyzontalnym. Może to powodować problemy z późniejszym użytkowaniem niecki basenowej w zakresie szczelności i estetyki zbiornika (np. odpadanie okładzin).

6. ANALIZA I OCENA STANU TECHNICZNEGO OBIEKTU

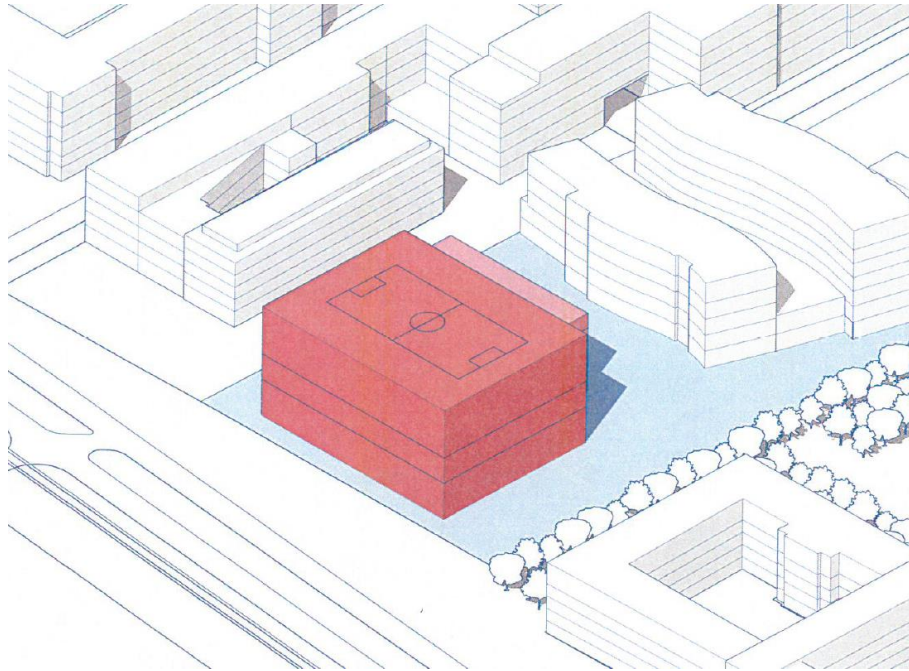
Na podstawie wyników przeprowadzonych wizji lokalnych, badań, pomiarów oraz obliczeń stan techniczny konstrukcji niecek basenowych wraz z częścią technologiczną można ocenić jako dostateczny. W chwili obecnej można je warunkowo użytkować. Jednak ze względu na występujące mankamenty projektowe (stopień zbrojenia elementów poniżej minimalnego) oraz inne nieprawidłowości tj. przecieki, stosunkowo niską jakość wykonania elementów żelbetowych (zarysowania termiczno-skurczowe o znacznych rozwartościach, zbyt duże odchyłki od wymiarów projektowych części ścian), nieskuteczną izolację przeciwwodną (nieskuteczne naprawy) oraz niekorzystne warunki użytkowania (środowisko wilgotne, elementy narażone na działanie chlorków) ich trwałość należy ocenić jako ograniczoną w stosunku do założeń projektowych (będą wymagały kompleksowego remontu przed okresem 50 lat). Brak spełnienia wymagań normowych w zakresie minimalnego stopnia zbrojenia poskutkowało powstaniem rys o znacznych szerokościach, które w chwili obecnej nie zagrażają jeszcze stateczności całego obiektu.

7. ANALIZA PORÓWNAWCZA KONCEPCJI ROZBUDOWY CSiR

W miejscu istniejącego budynku CSiR w ramach programu wieloletniego „Uniwersytet Warszawski 2016-2025” planowana jest budowa obiektu, który połączy funkcje sportowe i kulturalne. Poza CSiR będą w nim miały siedziby liczne instytucje kultury UW. Na rys. 23 pokazano poglądową aksonometrię planowego obiektu

Przed przebudową, rozbiórce ma ulec cała część nadziemna istniejącego budynku. Przedmiotem do decyzji jest natomiast zachowanie istniejącej niecki basenowej wraz z infrastrukturą towarzyszącą. Dlatego w przesłanej do ITB „Koncepcji Rozbudowy CSiR UW na kampusie Ochota” [10] przedstawiono 2 warianty:

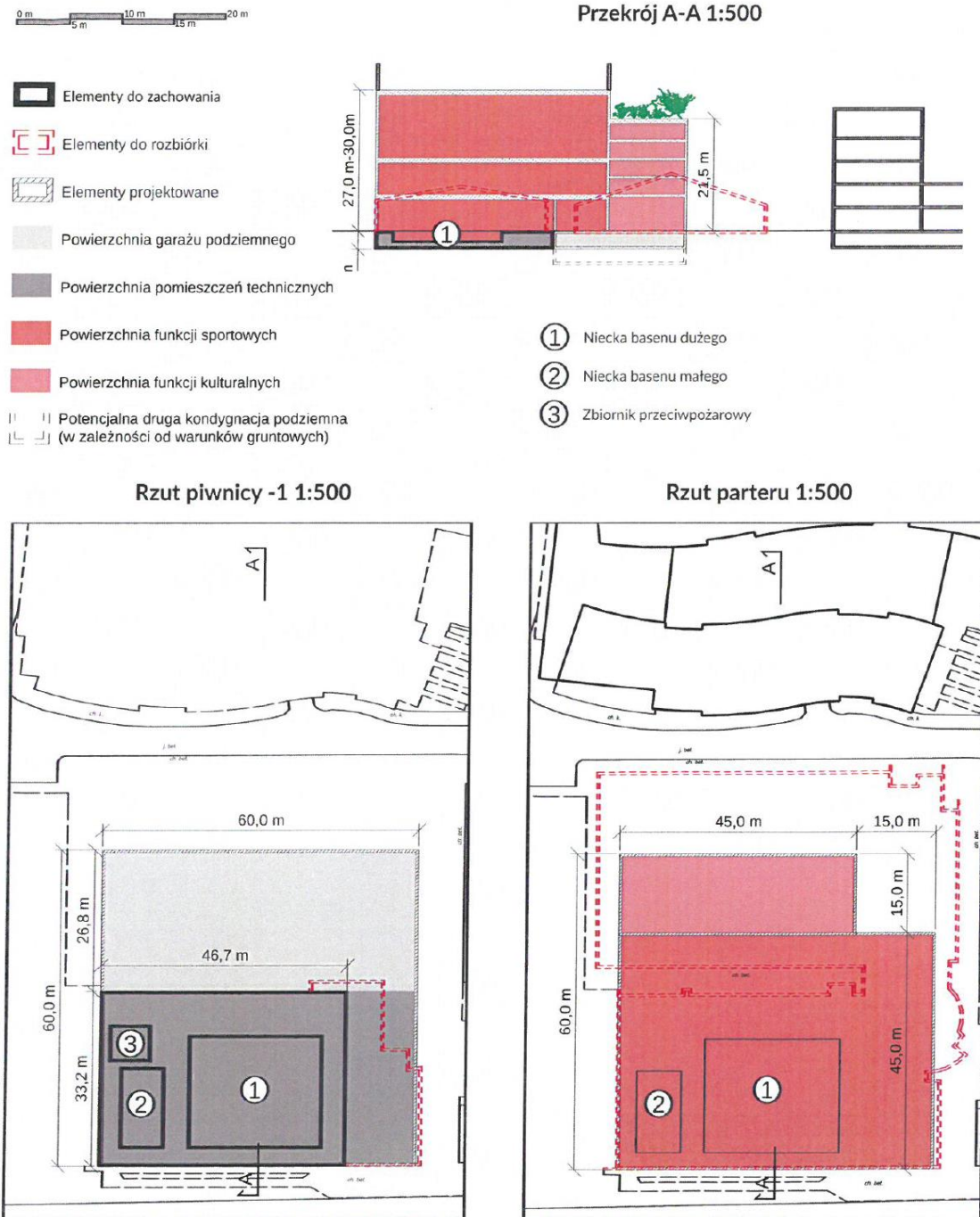
- Wariant 1. – Zachowanie niecki basenowej,
- Wariant 2. – Rozbiórka niecki basenowej.



Rys. 23. Widok aksonometryczny planowanego obiektu od strony ul. Banacha – widok poglądowy (źródło: [9])

Wariant 1.

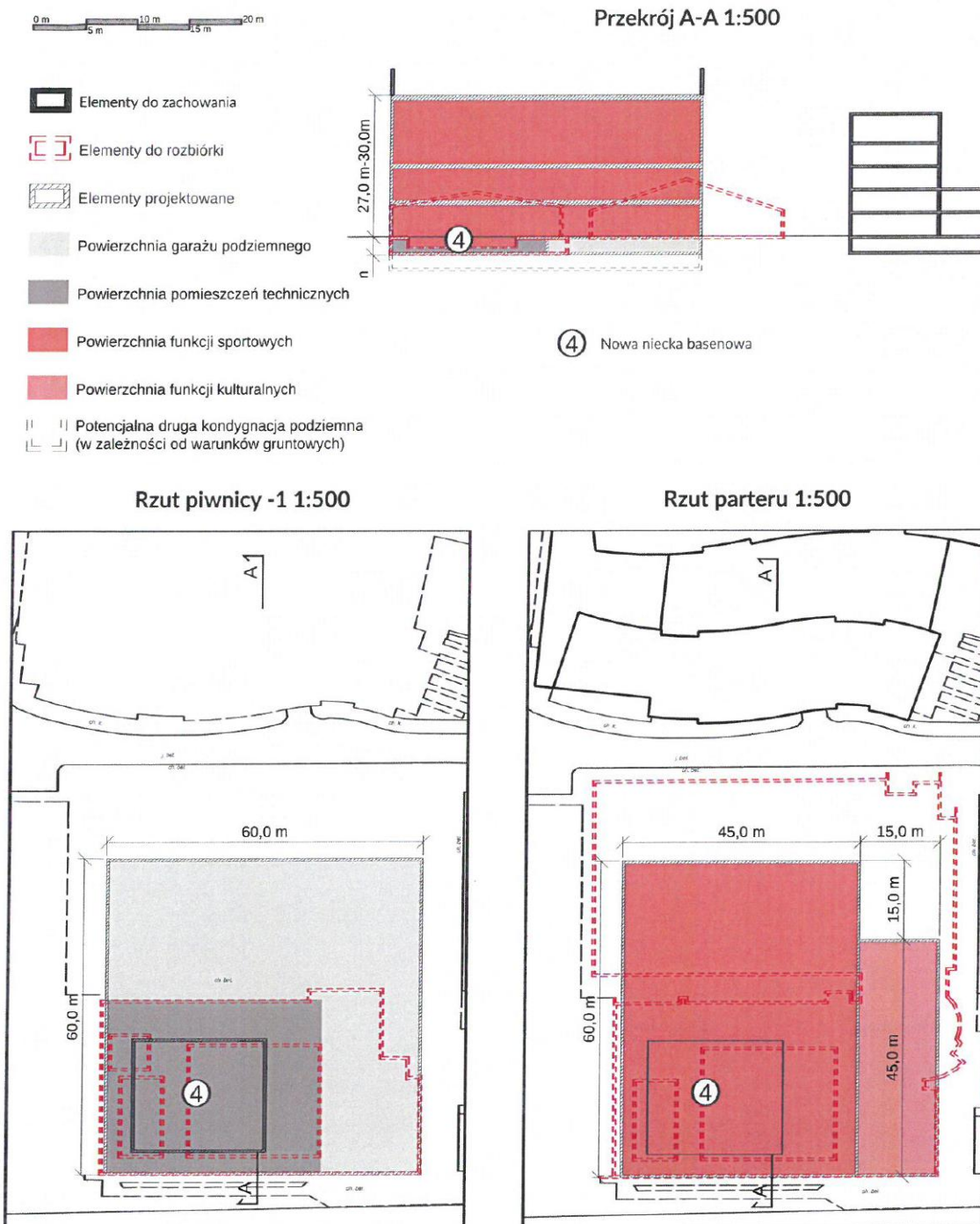
Wariant 1. zakłada zachowanie niecki basenu dużego, małego oraz zbiorników przeciwpożarowych. Ściana zewnętrzna od strony ulicy Banacha ze względu na zapisy w Miejscowym Planie Zagospodarowania Przestrzennego musi przebiegać w linii istniejącej ściany, w związku z czym rozważane jest jej pozostawienie i częściowe wykorzystanie podczas przebudowy. W części północnej podziemia planowany jest parking podziemny (przy sprzyjających warunkach geotechnicznych dwukondygnacyjny). W pozostałej części podziemnej zlokalizowana będzie: istniejąca technologia basenowa, pomieszczenia techniczne i magazynowe obsługujące kampus Ochota. W części nadziemnej na parterze rozważane jest umieszczenie funkcji gastronomicznych. Na parterze i wyższych kondygnacjach planowane jest zlokalizowanie przemieszanych pomieszczeń o funkcjach kulturalnych i sportowych. Na rys. 24 pokazano przekrój oraz rzuty piwnicy i parteru planowanego obiektu wraz z oznaczeniem części istniejącego budynku przeznaczonej do rozbiórki i wykorzystania podczas budowy nowego obiektu.



Rys. 24. Przekrój planowanego budynku oraz rzuty piwnicy i parteru w wariantcie 1. (źródło:[9])

Wariant 2.

Wariant 2. zakłada rozbiórkę niecki basenu dużego, małego oraz prawdopodobnie zbiorników przeciwpożarowych. W wariantcie 2. parking podziemny może być zlokalizowany w dowolnej części obrysu budynku, przy sprzyjających wynikach badań podłoża rozważa się wykonanie dwóch kondygnacji podziemnych. W wariantcie tym niecka basenowa może mieć inne położenie niż dotychczas. W części nadziemnej na parterze rozważane jest umieszczenie funkcji gastronomicznych. Na parterze i wyższych kondygnacjach planowane jest zlokalizowanie przemieszanych pomieszczeń o funkcjach kulturalnych i sportowych. Na rys. 25 pokazano przekrój oraz rzuty piwnicy i parteru planowanego obiektu wraz z oznaczeniem obrysu istniejącego budynku przeznaczonego do rozbiórki.



Rys. 25. Przekrój planowanego budynku oraz rzuty piwnicy i parteru w wariantcie 2. (źródło:[9])

W przypadku realizacji wariantu 1. projekt generalny obiektu będzie ograniczony koniecznością zachowania istniejącej niecki basenowej wraz z częścią technologiczną – nie będzie mógł ukształtować układu funkcjonalnego pomieszczeń w optymalny sposób. Realizacja tego wariantu wymusi również na projekcie konstrukcji i wykonawcy zaproponowanie specyficznych rozwiązań konstrukcyjnych oraz technologii budowy nowej części obiektu.

8. ANALIZA MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA ISTNIEJĄCYCH ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH PODCZAS ROZBUDOWY

Analizy obliczeniowe żelbetowej niecki basenowej wykazały, że w pierwotnym projekcie:

- zastosowano zbrojenie górne i dolne w przekroju płyty dennej niecki basenowej równe $2,01 \text{ cm}^2$, które jest mniejsze niż wymagany minimalny przekrój zbrojenia podłużnego ze względu na kruche zniszczenie oraz zarysowanie dla odkształceń wywołanych przyczynami zewnętrznymi/wewnętrznymi
- zastosowano zbrojenie poziome zewnętrzne i wewnętrzne w przekroju ścian równe $1,13 \text{ cm}^2$, które jest mniejsze niż wymagany minimalny przekrój zbrojenia podłużnego ze względu na kruche zniszczenie oraz zarysowanie dla odkształceń wywołanych przyczynami zewnętrznymi/wewnętrznymi

Dodatkowo analiza rozwiązań w projekcie pierwotnym konstrukcji ław fundamentowych ścian zewnętrznych hali basenowej wykazała, że zastosowano beton klasy B20 (C16/20) (beton o niskiej klasie wytrzymałości). Beton o tak niskiej klasie wytrzymałości z uwagi na trwałość nie jest zalecany (zapisy normy PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1:Reguły ogólne i reguły dla budynków konstrukcje żelbetowe) do stosowania w elementach konstrukcyjnych.

Rozwiązania zbrojenia elementów żelbetowych posadowienia oraz przykryć/stropów z uwagi na brak ciągłości zbrojenia (brak zbrojenia konstrukcyjnego poprzecznego w ławach oraz górnego w płytach), a także niską klasę zastosowanego zbrojenia konstrukcyjnego (zbrojenie klasy A0 i AIII które jest niezgodne z zapisami ww. norm serii PN-EN) powoduje obniżenie trwałości oraz może być przyczyną potrzeby ich wzmocnienia/wymiany podczas dalszej eksploatacji.

W przypadku niezamierzonych a możliwych dodatkowych oddziaływań podczas planowanej rozbudowy/przebudowy obiektu stan techniczny pozostawionej konstrukcji w postaci niecki basenowej może ulec znacznemu pogorszeniu i może wymagać naprawy lub ich częściowej wymiany.

W związku z powyższym, nie zaleca się wykorzystania istniejących elementów konstrukcyjnych podczas rozbudowy budynku CSiR.

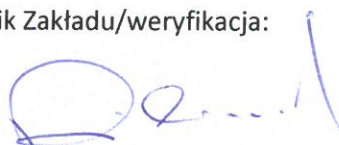
9. WNIOSKI I ZALECENIA

Na podstawie przeprowadzonych wizji lokalnych, pomiarów, badań oraz analiz formułuje się następujące wnioski i zalecenia w odniesieniu do konstrukcji niecek basenowych wraz z częścią technologiczną:

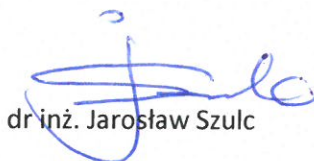
- W chwili obecnej obiekt może być użytkowany pod warunkiem okresowego przeprowadzania przeglądów stanu technicznego elementów przedmiotowego obiektu. W przypadku pojawienia się dodatkowych uszkodzeń (lub pogłębienia się istniejących nieprawidłowości) należy przeprowadzić dodatkowe oceny techniczne. Ze względu na występujące nieprawidłowości (przecieki, zarysowania o ponadnormatywnych rozwartościach), rozwiązania oraz sposób jego użytkowania (beton narażony na działanie chlorków oraz wysokiej wilgotności powietrza) trwałość podziemnej części hali basenowej jest ograniczona.
- Podczas analizy rozwiązań konstrukcyjno-materiałowych elementów żelbetowych niecki basenowej, kanałów technologicznych wokół niecki oraz zbiorników przelewowych, stwierdza się brak ich zgodności z wytycznymi norm serii PN-B/PN-EN w zakresie minimalnej powierzchni zbrojenia zapobiegającemu kruchemu zniszczeniu oraz ze względu na ograniczenie szerokości rys.
- Ławy fundamentowe ścian obiektu w projekcie pierwotnym zaprojektowano i wykonano bez zbrojenia prostopadłego do osi ław, a także z betonu B20 (C16/20), co powoduje ograniczenie ich trwałości. Zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 1992-1-1:2008 Eurokod 2 – Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-1:Reguły ogólne i reguły dla budynków konstrukcje żelbetowe należy projektować z betonu klasy min. B25 (C20/25) w celu zapewnienia wymaganej trwałości.
- Obliczenia wykonane z zastosowaniem trójwymiarowego modelu niecki wykazały, że jej konstrukcja jest wrażliwa na wpływ nierównomiernego osiadania i zmianę warunków jej posadowienia. Może to powodować wystąpienie nowych nieprawidłowości np. w postaci zarysowań, które będą z kolei powodowały problemy z jej późniejszym użytkowaniem oraz będą wymagać prac naprawczych lub wzmacniających.
- Z uwagi na ekonomiczne zaprojektowanie/wykonanie konstrukcji żelbetowych podziemia, tj. brak znacznych zapasów w zakresie spełnienia stanów granicznych nośności i użytkowalności, oraz niezgodności projektowych w zakresie minimalnego stopnia zbrojenia, zaleca się ich wyburzenie i zaprojektowanie obiektu, który będzie spełniał wymagania aktualnych wymagań normowych o minimalnym projektowanym czasie użytkowania wynoszącym przynajmniej 50 lat bez potrzeby prowadzenia prac naprawczych lub wzmacniających.
- Ewentualne zachowanie istniejących niecek basenowych wraz z częścią technologiczną ogranicza generalnemu projektowi rozbudowy CSiR swobodę ukształtowania układu funkcjonalnego pierwszej i podziemnej kondygnacji. W związku z powyższym, wykonanie dwukondygnacyjnego parkingu podziemnego może być utrudnione.
- Ponadto zachowanie tej części istniejącego budynku wiązałoby się z koniecznością zaproponowania nietypowych i trudnych rozwiązań konstrukcyjnych oraz specyficznej technologii budowy nowego obiektu.

- Rozwiązania nietypowe zwiększają ryzyko prowadzenia inwestycji, co może przełożyć się na uwzględnienie przez potencjalnych wykonawców w kosztorysach ofertowych zwiększonego budżetu na realizację prac związanych z niecką basenową i jej okolicami. Po odbiorze obiektu w razie wystąpienia usterek, mogą zaistnieć problemy z wyegzekwowaniem ich naprawy w ramach rękojmi (rozmyta odpowiedzialność).
- Uwzględnienie zwiększonych kosztów budowy oraz późniejszej eksploatacji w przypadku realizacji inwestycji według wariantu 1., może spowodować, że oszczędność związana z wykorzystaniem istniejącej części konstrukcji okaże się pozorna. **W opinii ITB wariant 2. jest więc korzystniejszy i może zapewnić wymaganą trwałość oraz wieloletnie użytkowanie obiektu zgodnie z jego przeznaczeniem.**

Kierownik Zakładu/weryfikacja:



dr hab. inż. Artur Piekarczyk, prof. ITB



dr inż. Jarosław Szulc

Autor opracowania:



mgr inż. Sławomir Dudziak



mgr inż. Aleksandra Mazurek

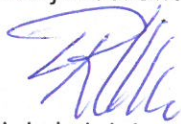


mgr inż. Marian Pawłowski



mgr inż. Krzysztof Sztuka

Weryfikacja naukowa:



prof. dr hab. inż. Leonard Runkiewicz