

EKSPERTYZA TECHNICZNA

**OKREŚLAJĄCA ODPORNOŚĆ POŻAROWĄ ELEMENTÓW
KONSTRUKCYJNYCH KOMPLEKSU BUDYNKÓW AKADEMII KULTURY
FIZYCZNEJ IM. BRONISŁAWA CZECHA W KRAKOWIE
AL. JANA PAWŁA II 78, 31-571 KRAKÓW**

BUDYNEK GŁÓWNY W OSIACH A-B`

Opracował:
mgr inż. Daniel Guzierowicz
Nr upr. MAP/0267/POOK/08

Kraków, kwiecień 2026r

SPIS TREŚCI

Spis treści.....	2
1.1. Podstawa opracowania	3
1.2. Cel i zakres opracowania	3
1.3. Opis konstrukcji budynku (budynek główny w osiach A-B`)	3
1.3.1. Elementy prefabrykowane	4
1.3.1.1. Płyty dachowe korytkowe	5
1.3.1.2. Płyty stropowe kanałowe	5
1.3.1.3. Płyty żebrowane dachowe (panwiowe)	6
1.3.1.4. Słupy prefabrykowane	6
1.3.1.5. Dźwigary strunobetonowe	6
2. CZĘŚĆ W OSIACH A-H	8
2.1. KANAŁ TECHNOLOGICZNY	8
2.1.1. STROP NAD KANAŁEM TECHNOLOGICZNYM	8
2.1.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE KANAŁÓW TECHNOLOGICZNYCH	10
2.2. PRZYZIEMIE	10
2.2.1. STROP NAD PRZYZIEMIEM (poz. +0,40)	10
2.2.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE PRZYZIEMIA	11
2.3. PARTER	14
2.3.1. STROP NAD PARTEREM / STROPODACH	14
2.3.2. ELEMENTY KONSTRUKCJI PARTERU	15
3. CZĘŚĆ W OSIACH I-O	19
3.1. KANAŁ TECHNOLOGICZNY	19
3.1.1. STROP NAD KANAŁEM TECHNOLOGICZNYM	19
3.1.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE KANAŁÓW TECHNOLOGICZNYCH	20
3.2. PRZYZIEMIE	21
3.2.1. STROP NAD PRZYZIEMIEM (poz. +0,40)	21
3.2.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE PRZYZIEMIA	21
3.1. STROP AMFITEATRALNY	28
3.2. PARTER	30
3.2.1. STROP NAD PARTEREM / STROPODACH	30
3.2.2. ELEMENTY KONSTRUKCJI PARTERU	31
4. CZĘŚĆ W OSIACH P-B`	34
4.1. KANAŁ TECHNOLOGICZNY	34
4.1.1. STROP NAD KANAŁEM TECHNOLOGICZNYM	34
4.1.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE KANAŁÓW TECHNOLOGICZNYCH	36
4.2. PRZYZIEMIE	36
4.2.1. STROP NAD PRZYZIEMIEM (poz. +0,40)	36
4.2.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE PRZYZIEMIA	36
4.3. PARTER	41
4.3.1. STROP NAD PARTEREM / STROPODACH	41
4.3.2. ELEMENTY KONSTRUKCJI PARTERU	42

1.1. Podstawa opracowania

- Inwentaryzacja architektoniczna kompleksu budynków naukowo-dydaktycznych Akademii Kultury Fizycznej im. Bronisława Czecha w Krakowie opracowania przez „Tektonika Architekci”
- Archiwalna dokumentacja budowlana „Wyższa Szkoła Wychowania Fizycznego – Kraków” opracowana przez Miastoprojekt – Kraków, styczeń 1973r. – Pawilon pomieszczeń ogólnych Ib
- Archiwalna dokumentacja budowlana „Wyższa Szkoła Wychowania Fizycznego – Kraków” opracowana przez Miastoprojekt – Kraków, styczeń 1973r. – Pawilon pomieszczeń ogólnych Ic
- Archiwalna dokumentacja budowlana „Wyższa Szkoła Wychowania Fizycznego – Kraków” opracowana przez Miastoprojekt – Kraków, styczeń 1973r. – Pawilon pomieszczeń ogólnych Id
- Instrukcja ITB 409/2005 Projektowanie elementów żelbetowych i murowych z uwagi na odporność ogniową
- W. Starosolski „Wybrane zagadnienia projektowania konstrukcji żelbetowych ze względu na odporność ogniową”
- Woźniak G., Turkowski P., Projektowanie konstrukcji z betonu z uwagi na warunki pożarowe według Eurokodu 2, Instytut Techniki Budowlanej, Warszawa 2013.
- PN-EN 15037-1 Belkowo-pustakowe systemy stropowe
- PN-EN 1168 Stropy z prefabrykowanych płyt kanałowych
- PN-EN 1991-1-2: 2006. Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-2: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
- PN-EN 1992-1-2: 2008. Eurokod 2: Projektowanie konstrukcji z betonu – Część 1-2: Reguły ogólne – Projektowanie z uwagi na warunki pożarowe.
- Wizja lokalna na terenie przedmiotowej inwestycji,
- Oględziny makroskopowe istniejących elementów konstrukcyjnych,
- Branżowe normy obciążeniowe i projektowe.
- Literatura techniczna związana z niniejszym opracowaniem.

1.2. Cel i zakres opracowania

Niniejsze opracowanie stanowi ocenę odporności pożarowej elementów pawilonów pomieszczeń ogólnych w osiach A-B` zlokalizowanych na terenie kompleksu naukowo-dydaktycznego Akademii Kultury Fizycznej im. Bronisława Czecha w Krakowie. Celem opracowania jest uzyskanie wymaganego przepisami stanu ochrony przeciwpożarowej z uwzględnieniem okoliczności, że mamy do czynienia z budynkiem istniejącym, którego powstanie datuje się na lata 70-te ubiegłego wieku.

1.3. Opis konstrukcji budynku (budynek główny w osiach A-B`)

Obiekt usytuowany jest w Krakowie przy al. Jana Pawła II 78. Budynek znajduje się na dz. nr 7/27 obr. 52 Nowa Huta. Przedmiotowa działka ograniczona jest od strony północnej - al. Jana Pawła II, wschodniej - ul Nowohucką, od strony południowo-zachodniej – terenami rekreacyjno - parkowymi. Teren działki jest ogrodzony. Główne wejście na działkę znajduje się od północnej strony całego kompleksu.

Istniejące części kampusu - budynek główny, usytuowany jest od strony północnej kompleksu i połączone bezpośrednio z pawilonami I-IV. Zakres poszczególnych segmentów przedstawiono w części rysunkowej oraz poniższej grafice.



Fot.1 Usytuowanie pawilonów pomieszczeń ogólnych (źródło . Google maps)

Pawilony posiadają jedną kondygnację podziemną – kanały technologiczne, kondygnację przyziemia – częściowo zagłębioną w gruncie, oraz jedną kondygnację nadziemną użytkową. Obecnie obiekty pełnią funkcje dydaktyczną – Akademii Kultury Fizycznej wraz z częścią administracyjną.

Część budynku objęta niniejszym opracowaniem oznaczono w dokumentacji archiwalnej jako Ib, Ic, Id. Obiekt o konstrukcji żelbetowej prefabrykowanej mieszanej, ramowo - ścianowej z wtrąceniami z elementów monolitycznych.

Fundamenty żelbetowe: stopy pod słupami ram oraz ławy pod ścianami ciągłymi.

W części podziemnej, konstrukcję nośną budynku stanowią ściany żelbetowe i betonowe monolityczne. W części nadziemnej główną konstrukcję nośną stanowi układ słupów żelbetowych prefabrykowanych oraz lokalnie ścian murowanych i betonowych.

Stropy nad kanałami technologicznymi z płyt prefabrykowanych wspartych na stalowych belkach. Stropu nad przyziemiem gęstożebrowe typu DZ-3.

Komunikacje pionową zapewnia monolityczna klatka schodowa zlokalizowana w osiach U-V oraz z wykorzystaniem klatek schodowych w pawilonach I-IV.

Stropodach w osiach 1-2 pełny z płyt panwiowych prefabrykowanych (w osiach I-O użyto płyt kanałowych typu „Żerań”), układanych w spadku na dźwigarach strunobetonowych dwuteowych. Stropodach w osiach 2-3 wentylowany z płyt panwiowych opartych na belkach żelbetowych monolitycznych i prefabrykowanych. Spadki stropodachu w części niższej wykształcono przy użyciu płyty korytkowych układanych w spadku na ściankach ażurowych z cegły. Ścianki murowane wykonane bezpośrednio na płytach panwiowych.

1.3.1. Elementy prefabrykowane

Elementy prefabrykowane użyte do budowy obiektu opisane są w Katalogach Elementów Wielkopłytowych dla typowych budynków szkolnych. Szczegółowe specyfikacje można odnaleźć w Katalogach budownictwa KB1-31. – elementy konstrukcji budynków opracowanych przez Centralny Ośrodek Badawczo – Projektowy Budownictwa Ogólnego.

1.3.1.1. Płyty dachowe korytkowe

Płyty dachowe korytkowe stosowane są w budownictwie ogólnym w budynkach realizowanych metodami tradycyjnymi i uprzemysłowionymi, przy rozpiętości podpór w osiach do 300 cm. Płyty korytkowe produkowane są w dwóch wersjach:

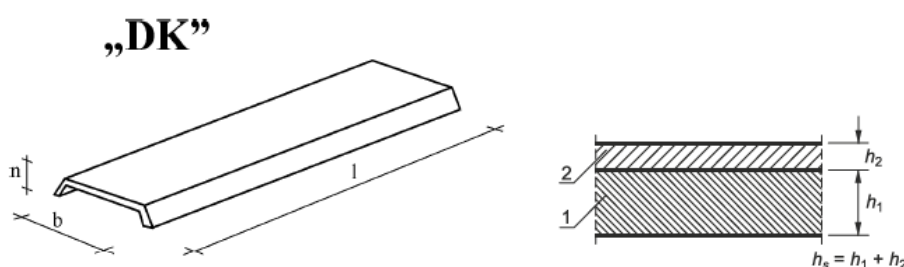
płyty korytkowe otwarte – „DK”

płyty korytkowe – „DKZ”.

Produkują się je z betonu klasy B-15 zbrojonego stalą St0, St3SX i 34GS. W fazie eksploatacyjnej płyty liczone są na obciążenie 200 daN/m² poza ciężarem własnym. Minimalna długość oparcia płyt na podporze – 4 cm /pł. zamknięte/ i 5,5 cm /pł. otwarte/.

Nr w Katalogu Budownictwa : KB1 – 31.6.3/6/ , KB1 – 31.6.3/14/ .

Grubość płyciny 30mm, po uwzględnieniu szlichty cementowej grubości 35mm łączna grubość elementu ze względu na szczelności i izolacyjność ogniową - 65mm. Grubość żebra 40mm, przy uwzględnieniu występowania żeber podwójnych łączna grubość 80mm.



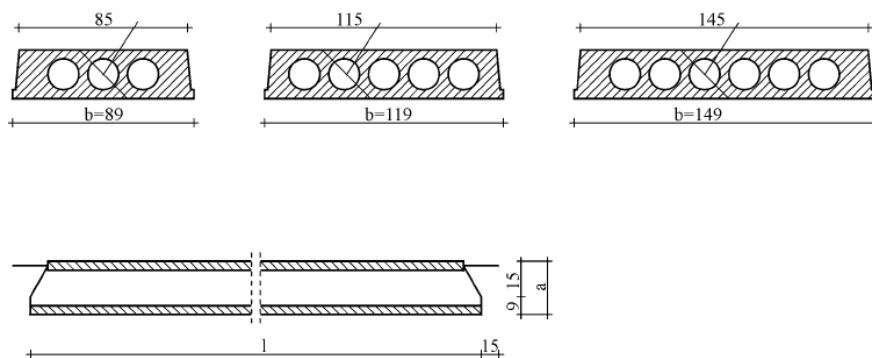
Dachowa płyt korytkowa

Z tablic „Instrukcja ITB 409/2005” oraz katalogu KB1 – 31.6.3/6/ , KB1 – 31.6.3/14/ odczytano klasę odporności ogniowej elementu **REI30**.

1.3.1.2. Płyty stropowe kanałowe

W budynku zastosowano płyty stropowe żelbetowe z kanałami o przekroju kałowym $\emptyset$ 17,8 cm. Płyty stosowane były w budownictwie mieszkaniowym i ogólnym, w budynkach ze ścianami murowanymi, monolitycznymi i montowanymi z elementów prefabrykowanych. Płyty dostosowane są do przenoszenia zunifikowanych obciążeń zewnętrznych : wariant I – 3,75kN/m², wariant 4,50kN/m². W pawilonach zastosowano płyty typu I. Produkują się je z betonu klasy B-20. Zbrojenie wykonuje się z siatek zgrzewanych ze stali 34GS /pręty konstrukcyjne/ i St0 /pręty rozdzielcze/ .

Nr w Katalogu Budownictwa : KB1-31.5.1./8/-69 .

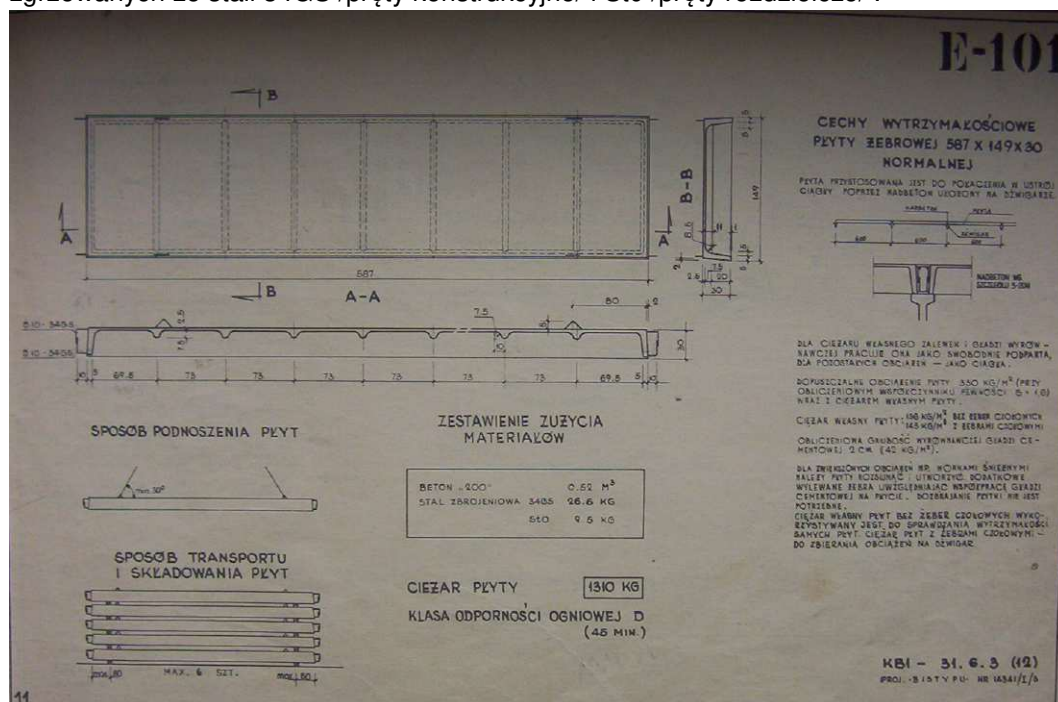


Płyty kanałowe zabudowane na obiekcie

Z Katalogu Budownictwa : KB1-31.5.1./8/-69 odczytano klasę odporności ogniowej elementu 1 godz. - **REI60**.

1.3.1.3. Płyty żebrowane dachowe (panwiowe)

W budynku zastosowano płyty żebrowane panwiowe grubości 30cm. Płyty stosowane były w budownictwie mieszkaniowym i ogólnym, w budynkach ze ścianami murowanymi, monolitycznymi i montowanymi z elementów prefabrykowanych. W pawilonach zastosowano płyty o nośności 300 kg/m^2 (poza ciężarem własnym) Produkuje się je z betonu klasy B-20. Zbrojenie wykonuje się z siatek zgrzewanych ze stali 34GS /pręty konstrukcyjne/ i St0 /pręty rozdzielcze/.



Fot.2 Płyty kanałowe zabudowane na obiekcie

Z Katalogu Budownictwa : KB1–31.6.3 (12) odczytano klasę odporności ogniowej elementu „D” 45 min.– **REI45**.

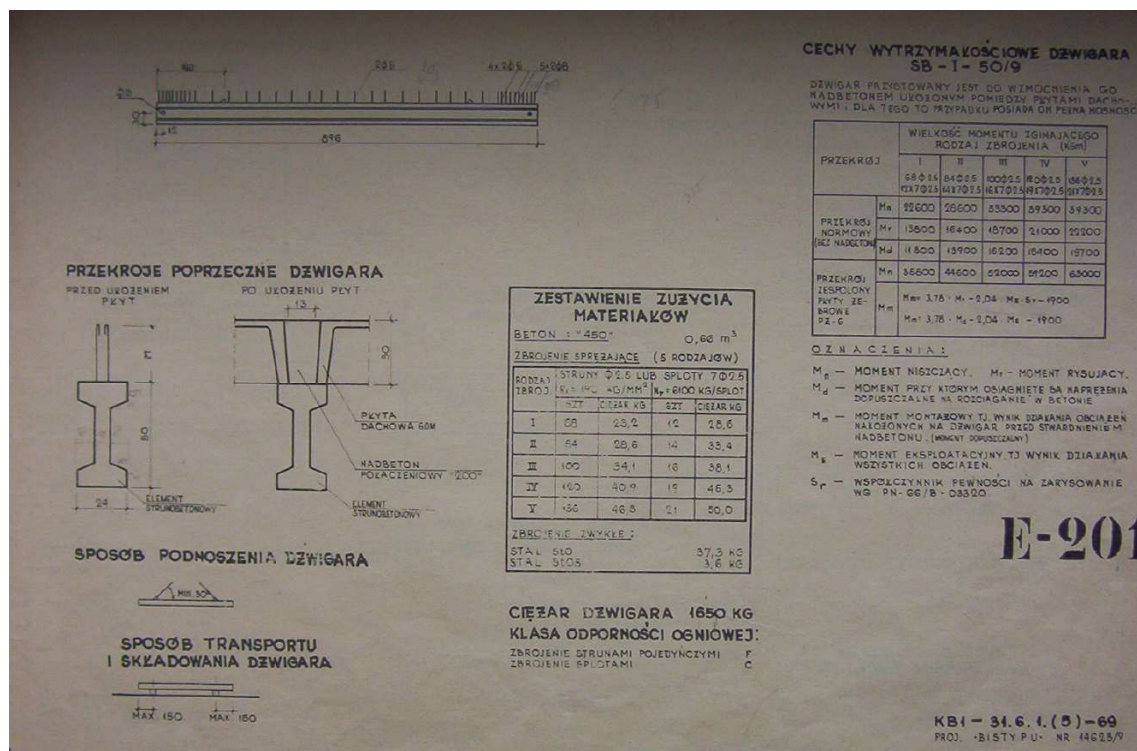
1.3.1.4. Słupy prefabrykowane

Ma kondygnacji parteru zastosowano słupy prefabrykowane o oznaczenia S2 oraz S3 wg systemu SPH. Słupy o wymiarach 357x35x35 (słup S2) oraz 297x35x35 (słup S3).

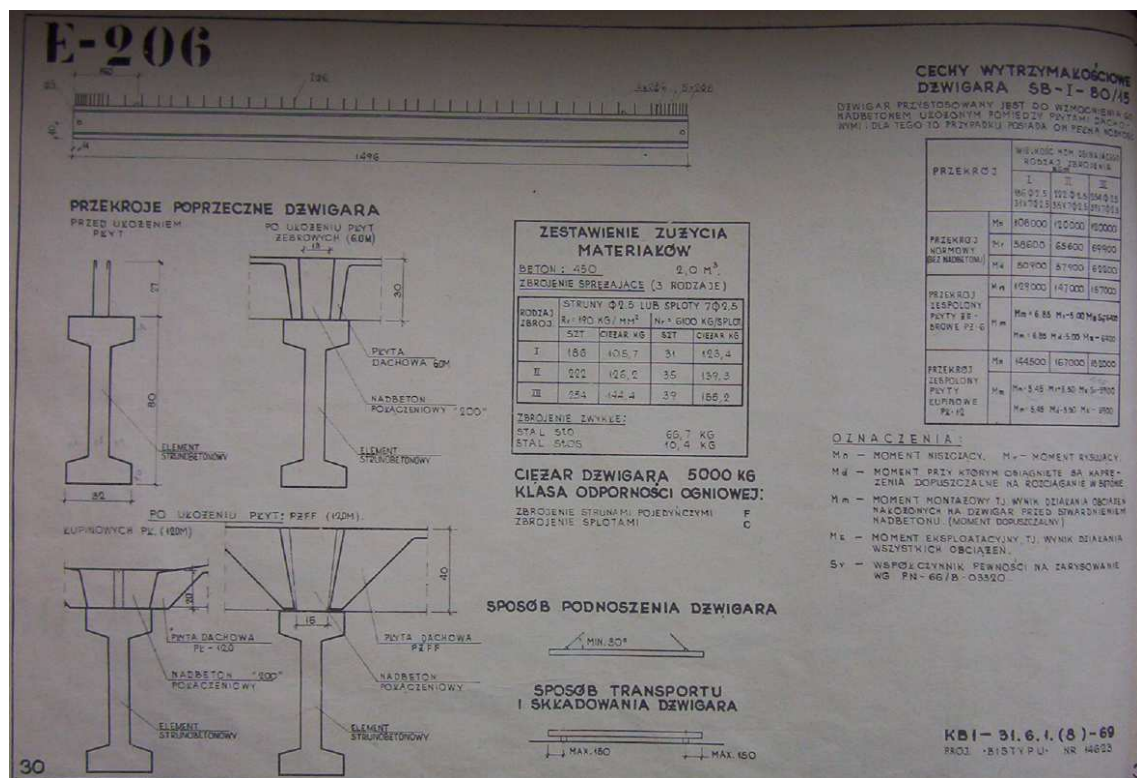
1.3.1.5. Dźwigary strunobetonowe

W części w osiach 1-2 jako elementy nośne dachu zastosowano dźwigary prefabrykowane strunobetonowe o przekroju dwuteowym.

Zastosowano dźwigary rozpiętości 9,0m oraz 15,0m



Fot.3. Dźwigary strunobetonowe SB-1-50/9

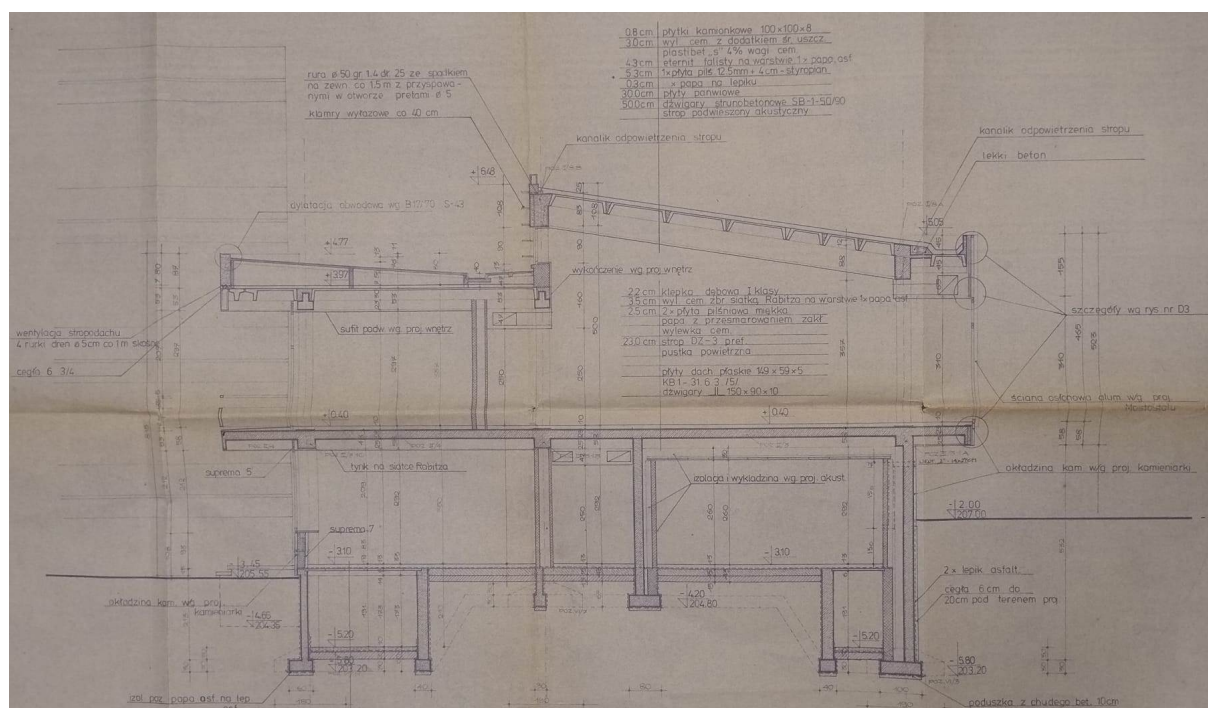


Fot. 4. Dźwigary strunobetonowe SB-1-50/9

Z Katalogu Budownictwa : KB1-31.6.1.(5) – dźwigar rozpiętości 9,0m oraz B1-31.6.1.(8) – dźwigar rozpiętości 15,0m, odczytano klasę odporności ogniowej elementu „C” 60 min.– **R60**.

2. CZĘŚĆ W OSIACH A-H

Przekrój poprzeczny charakterystyczny przedstawiano na poniższym szkicu:



Fot.5 Przekrój charakterystyczny pawilonu w osiach A-H

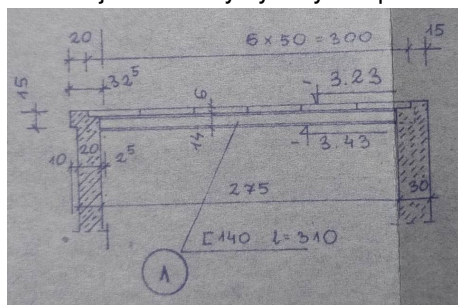
2.1. KANAŁ TECHNOLOGICZNY

2.1.1. STROP NAD KANAŁEM TECHNOLOGICZNYM

Strop nad kanałami technologicznymi wykonano z prefabrykowanych płyt P/CO/90-130cm grubości 6cm.

Płyty stropu wspierając się an monolitycznych ścianach kanału technologicznego oraz na belkach stalowych z ceownika C140.

Przekrój charakterystyczny stropu nad kanałami technologicznymi.



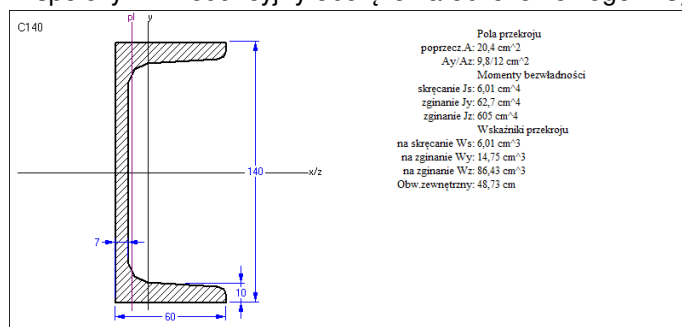
Fot.6 Strop nad kanałem technologicznym

Z tablic odczytano klasę odporności ogniowej płyty P/CO grubości 6cm - **REI30**.

Tablica 7. Minimalne wymiary przekroju żelbetonowych płyt stropowych swobodnie podpartych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]			
	grubość płyty h_s	odległość środka ciężkości zbrojenia a		
		zbrojenie 1-kierunkowe	zbrojenie 2-kierunkowe	
			$l_y/l_x \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x \leq 2$
1	2	3	4	5
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	15
REI 90	100	30	15	20
REI 120	120	40	20	25
REI 180	150	55	30	40
REI 240	175	65	40	50

Wyznaczenie klasy odporności ogniowej, belki stalowej C140 stropu nad kanałami technologicznymi:
Współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi}=0,50$



Wartość temperatury krytycznej :

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482 \quad \Theta_{a,kr} := 39,19 \ln \left(\frac{1}{0,9674 \cdot \mu_0^{3,833}} - 1 \right) + 482 \quad \Theta_{a,kr} = 584,7$$

Wyznaczenie wskaźnika ekspozycji przekroju – belka nagrzewana z trzech stron:

$$A_m := 48,7 \text{ cm} - 6 \text{ cm} = 42,7 \cdot \text{cm}$$

$$V_c := 20,4 \text{ cm}^2 = 2040 \cdot \text{mm}^2$$

$$\frac{A_m}{V_c} = \frac{42,7 \text{ cm}}{20,4 \text{ cm}^2} \quad \frac{A_m}{V_c} = 209,3 \frac{1}{\text{m}}$$

Wyznaczenie czasu ekspozycji dla uzyskania przez element stalowy temperatury krytycznej:

$$t := 0,54 \cdot (\Theta_a - 50) \cdot (209,3)^{-0,6} \quad t = 11,7$$

$$\Theta_{a1} := 50 + \frac{t_1}{0,54 (209,3)^{-0,6}} \quad \Theta_{a1} = 584,9$$

Na podstawie przyjętych założeń klasa odporności pożarowej belek stalowych wynosi ~12min.

- Strop z płyty P/CO
- Belki stalowe stropu

REI30
R12

2.1.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE KANAŁÓW TECHNOLOGICZNYCH

Przegrody zewnętrzne oraz wewnętrzne w części podziemnej wykonano jako żelbetowe i betonowe monolityczne.

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych piwnicy wynosi:

- Ściany monolityczne **min.REI120**

2.2. PRZYZIEMIE

2.2.1. STROP NAD PRZYZIEMIEM (poz. +0,40)

- **Strop w osiach A-B w rejonie nadwieszenia:** część stropu ograniczoną osiami A-B wykonano w technologii żelbetowej monolitycznej, Płyta żelbetowa grubości 8cm.

Tablica 7. Minimalne wymiary przekroju żelbetowych płyt stropowych swobodnie podpartych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]			
	grubość płyty h_s	odległość środka ciężkości zbrojenia a		
		zbrojenie 1-kierunkowe	zbrojenie 2-kierunkowe	
			$l_y/l_x \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x \leq 2$
1	2	3	4	5
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	15
REI 90	100	30	15	20
REI 120	120	40	20	25
REI 180	150	55	30	40
REI 240	175	65	40	50

- **Strop w osiach B-H:** część stropu ograniczoną osiami B-H wykonano jako strop gęstożebrowy DZ-3. Modyfikacja polega na wykonaniu żeber stropowych jako monolitycznych o wymiarach 10x24cm

Założenia dotyczące stropów gęstożebrowych opisanych w PN-EN 15037-1 :

- wysokość żeber stropowych $60\text{mm} < h < 500\text{mm}$; $h=200\text{mm}$ - warunek spełniony
- rozstaw żeber $< 100\text{cm}$; $b=64\text{cm}$ - warunek spełniony

Typ stropu	Klasa odporności ogniowej
Systemy stropowe z nadbetonem konstrukcyjnym układanym na budowie (rys. 27):	
– z pustakami z tworzyw sztucznych*	REI 30
– z pustakami betonowymi lub ceramicznymi,	REI 30
– z pełnymi blokami betonowymi lub ceramicznymi	REI 60
Systemy stropowe ze złożoną warstwą nadbetonu (rys. 28)	REI 30
Systemy stropowe z częściową warstwą nadbetonu (np. podłogi pływające) – rys. 29	REI 30
Systemy stropowe z belkami samonośnymi (rys. 30):	
– z pustakami z tworzyw sztucznych*,	REI 15
– z pustakami konstrukcyjnymi	REI 30
* W świetle obecnej wiedzy, dotyczącej zachowania pod działaniem ognia, te systemy stropowe stosuje się wyłącznie nad pomieszczeniami podlegającymi kontroli ciągłej. Wyższą klasę odporności ogniowej można uzyskać przez nałożenie tynku gipsowego na dolną powierzchnię stropu.	

Tabl.1 Klasy odporności ogniowej gęstożebrowych systemów stropowych wg PN-EN 15037-1

Zgodnie z wartościami wskazanymi w powyższej tabeli klasa odporności stropu wynosi REI30. W związku z brakiem mechanicznych systemów mocowań tynków (np. siatka stalowa Ledóchowskiego),

tynki cementowo-wapienne nie powinny być traktowane jako materiał zwiększający odporność ogniową konstrukcji żelbetowych

Odporność pożarowa stropów osiach A-H:

- Strop monolityczny żelbetowy 8cm (osie A-B) REI30
- Strop DZ-3 (osia B-H) REI30

2.2.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE PRZYZIEMIA

- Ściany:

Ściany szczytowe w osiach B oraz H wykonano jako betonowe monolityczne. Dodatkowe wsparcie dla stropu stanowi ściana oddzielająca pomieszczenie laboratorium biokinetyki oraz korytarza.

Ścianę w osi 1 wykonano jako żelbetową monolityczną.

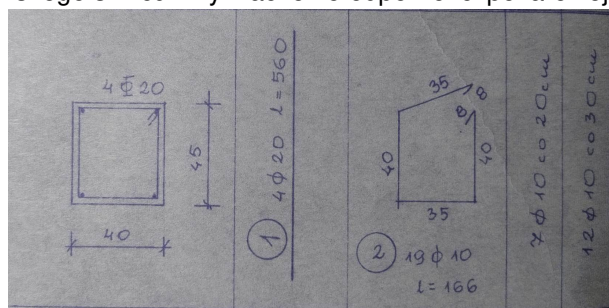
Tablica 3. Minimalne wymiary ścian nośnych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm] Grubość ściany / odległość środka ciężkości zbrojenia			
	$\alpha = 0,5$		$\alpha = 1,0$	
	ekspozycja z jednej strony	ekspozycja z dwóch stron	ekspozycja z jednej strony	ekspozycja z dwóch stron
1	2	3	4	5
REI 30	100/10	120/10	120/10	120/10
REI 60	110/10	120/10	130/10	140/10
REI 90	120/20	140/10	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

Podane powyżej minimalne grubości ścian odnoszą się również do ścian betonowych. Wobec czego określono klasę odporności ogniowej ścian nośnym przyziemia REI120.

Śłupy żelbetowe:

W poziomie przyziemia występują słupy o przekroju poprzecznym 40x45cm. Zbrojenie wg poniższego szkicu. Wyznaczenie odporności pożarowej słupa metodą „A” w sposób tabelaryczny;



Fot. 7 Przekrój poprzeczny słupów przyziemia

Zbrojenie słupa 4Ø20mm $\rightarrow A_s = 4 \times 3,14 \text{ cm}^2 = 12,56 \text{ cm}^2$

Pole przekroju betonowego 40cmx45cm $\rightarrow A_c = 40 \text{ cm} \times 45 \text{ cm} = 1800 \text{ cm}^2$

Odległość od lica elementu do osi zbrojenia $\rightarrow a = (\text{otulina strzemienia}) 20 \text{ mm} + (\text{średnica strzemion}) \text{Ø}10 \text{ mm} + (\text{zbrojenie główne}) 0,5 \times \text{Ø}20 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$

współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi} = 0,50$

Standardowa odporność ogniowa	Minimalne wymiary [mm] Szerokość słupa b_{min} / odległość osiowa a głównych prętów			
	słupy nagrzewane z więcej niż jednej strony			nagrzewane z jednej strony
	$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$	$\mu_{fi} = 0,7$
R 30	200/25	200/25	200/32 300/27	155/25
R 60	200/25	200/36 300/31	250/46 350/40	155/25
R 90	200/31 300/25	300/45 400/38	350/53 450/40*	155/25
R 120	250/40 350/35	350/45 450/40*	350/57 450/51*	175/35
R 180	350/45*	350/63*	450/70*	230/55
R 240	350/61*	450/75*	–	295/70

* Minimum 8 prętów.
Dla słupów sprężonych należy powiększyć odległość osiową zgodnie z punktem 3.4.
Wartości podane w tablicy oparto na zalecanej wartości $\alpha_{cc} = 1,0$ (wg PN-EN 1992-1-1).

Wg powyższej tabeli otulina oraz gabaryt słupa obniża odporność pożarową słupa poniżej 90min. Przeprowadzono dodatkową analizę obliczeniową, dla metody A:

- długość efektywna słupa $l_{0,fi} < 4,0m$
- mimośród $e = M_{0,Ed,fi} / N_{0,Ed,fi} < e_{max}$
- [pole powierzchni zbrojenia $A_s < 0,04A_c$,

Dla słupa kondygnacji pośrednich:

$$l_{0,fi} = 0,5l = 0,5 \times 4,0 m = 2,00m$$

Korzystając z zależności:

$$R = 120 \left(\frac{R_{\eta,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8}$$

$$R = 83 \left[1,00 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{(0,85 / \alpha_{cc}) + \omega} \right],$$

$$R_a = 1,60 (a - 30),$$

$$R_l = 9,60 (5 - l_{0,fi}),$$

$$R_b = 0,09 b',$$

$$R_n = 0 \text{ dla } n = 4 \text{ (tylko pręty narożne),}$$

$$R_n = 12 \text{ dla } n > 4,$$

a – odległość osiowa dla podłużnych prętów stalowych [mm], $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$,
 $l_{0,fi}$ – według opisu do wzoru (14); $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, dla $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$ bezpiecznie jest przyjmować $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$,

b' – równy $2A_c / (b + h)$ dla prostokątnych przekrojów poprzecznych lub średnicy dla kołowych przekrojów poprzecznych $200 \text{ mm} \leq b' \leq 400 \text{ mm}$, $h \leq 1,5 b$,

ω – stopień zbrojenia w warunkach temperatury normalnej $\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$,

α_{cc} – współczynnik wytrzymałości betonu na ściskanie (wg PN-EN 1992-1-1).

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

Beton $R_w = 170 \text{ atm} \rightarrow f_{ck} = 17,0 \text{ MPa}$

Stal $Q_r = 2500 \text{ atm} \rightarrow f_{yk} = 250 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned} \mu_{fi} &:= 0.5 & \Rightarrow & \text{współczynnik redukcyjny w sytuacji} \\ & & & \text{pożarowej} \\ A_s &:= 12.56 \text{ cm}^2 & f_{yk} &:= 250 \text{ MPa} \\ f_{yd} &:= \frac{f_{yk}}{1.15} \\ f_{cd} &:= \frac{f_{ck}}{1.4} & f_{ck} &:= 17 \text{ MPa} \quad b := 400 \text{ mm} \quad h := 450 \text{ mm} \\ & & l_0 &:= 4 \text{ m} \\ A_c &:= b \cdot h = 1800 \cdot \text{cm}^2 \\ \alpha_{cc} &:= 1.0 \quad a := 35 \text{ mm} \quad l_{0,fi} := \max(0.5 \cdot l_0, 2 \text{ m}) = 2 \text{ m} \\ b' &:= 2 \cdot \frac{A_c}{b + h} = 423.529 \cdot \text{mm} \\ \omega &:= \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.125 \\ R_{n,fi} &:= 83 \left[1.0 - \mu_{fi} \cdot \frac{(1 + \omega)}{\left(\frac{0.85}{\alpha_{cc}} \right) + \omega} \right] = 35.115 \\ R_a &:= 1.6 \cdot \left(\frac{a}{\text{mm}} - 30 \right) = 8 \\ R_l &:= 9.60 \left(5 - \frac{l_{0,fi}}{\text{m}} \right) = 28.8 \\ R_b &:= 0.09 \cdot \frac{b'}{\text{mm}} = 38.118 \\ R_n &:= 0 \quad \text{dla } n > 4 \text{ ilość prętów} \quad \text{dla } n=4 \quad R_n = 0 \\ R_{\text{red}} &:= 120 \cdot \left(\frac{R_{n,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1.8} = 102.7 \end{aligned}$$

Dla słupów w poziomie przyziemia odporność pożarową oznaczono, na poziomie min.R102.

Belki żelbetowe:

Belka żelbetowa 45x50

Belka żelbetowa monolityczna o wymiarach 45x50 w układzie wieloprzęsłowym.

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego Ø18mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = 25mm+9mm=34mm. Z interpolacji wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie R120.

Belka żelbetowa 55x50

Belka żelbetowa monolityczna o wymiarach 55x50 w układzie wieloprzęsłowym z przewieszeniem.

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową elementu, dla zbrojenia dolnego Ø18mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki = 25mm+9mm=34mm. Z interpolacji wyznaczono odporność pożarową belki na poziomie R120.

Tablica 5. Minimalne wymiary przekroju belek ciągłych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]				
	możliwe kombinacje: szerokości b_{min} i odległości środka ciężkości zbrojenia a				grubość średnika b_w
1	2	3	4	5	6
R 30	$b_{min} = 80$ $a = 15$	160 12	–	–	80
R 60	$b_{min} = 120$ $a = 25$	200 12	–	–	100
R 90	$b_{min} = 150$ $a = 35$	250 25	–	–	110
R 120	$b_{min} = 200$ $a = 45$	300 35	450 35	500 30	130
R 180	$b_{min} = 240$ $a = 60$	400 50	550 50	600 40	150
R 240	$b_{min} = 280$ $a = 75$	500 60	650 60	700 50	170

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych przyziemia wynosi:

- Ściany żelbetowe i betonowe **min. REI120**
- Belki żelbetowe **min. R120**
- Słupy żelbetowe 40x45cm **min. R102**

2.3. PARTER

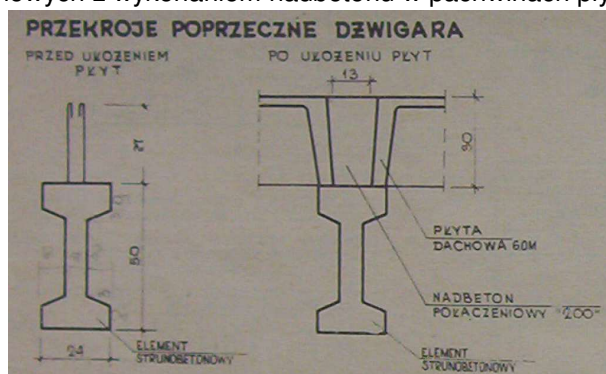
2.3.1. STROP NAD PARTEREM / STROPODACH

- Stropodach w osiach 1-2

Cześć stropu ograniczoną osiami 1-2 (część wyższa) wykonano z płyty dachowych żelbetowych, żebrowanych, panwiowych. Grubość płyty 30cm. Stropodach pełny niewentylowany pokryty papą, w spadku w kierunku północnym. Dach wykonano w spadku. Płyty żebrowane ułożone na górnych półkach dźwigarów dwuteowych strunobetonowych.

Z Katalogu Budownictwa : KB1–31.6.3 (12) odczytano klasę odporności ogniowej płyt żebrowanych D” 45 min.– **REI45**.

Dźwigary strunobetonowe SB-1-50/9 o szerokości 24cm oraz wysokość 50cm. Po ułożeniu płyty dachowych z wykonaniem nadbetonu w pachwinach płyt.



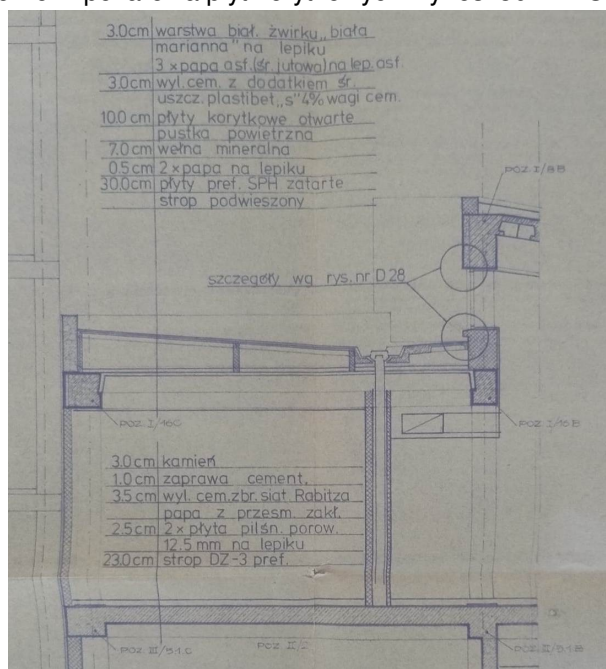
Fot. 8 Przekrój poprzeczny dźwigara SB-I-50/9 w osiach 1-2

Z Katalogu Budownictwa : KB1–31.6.1.(5) – dźwigar rozpiętości 9,0m, odczytano klasę odporności ogniowej elementu „C” 60 min.– **R60**.

- Stropodach w osiach 2-3

Zadaszenie pawilonu w osiach 2-3 (część niska) wykonano z płyt korytkowych, żelbetowych, prefabrykowanych w układzie poprzecznym. Płyty korytkowe o wymiarach 60x300cm, 60x240cm. Płyty korytkowe opierają się na ażurowych ściankach wymurowanych z cegły. Ścianki ażurowe

wymurowano na płytach nośnych żebrowanych. Przy uwzględnieniu gładzi cementowej gr. 3,5cm odporność pożarowa płyt korytkowych wynosi 30min. Układ warstw stropodachu wentylowanego:



Fot.9 Układ warstw dachowych części niskiej w osiach 2-3

Odporność pożarowa dachu istniejącego wynosi:

- Dla poszycia z płyty korytkowych min.REI30
- Dla płyty żebrowanych panwiowych min.REI45

2.3.2. ELEMENTY KONSTRUKCJI PARTERU

- Ściany:

Przegrody zewnętrzne w osiach A oraz H wykonano jako murowane z pustaków gazobetonowych grubości 25-38cm REI120. Pozostałe ściany na parterze pełnią funkcje wypełniające, wydzielające pomieszczenia oraz będące obudowami szachów instalacyjnych.

- Słupy żelbetowe:

Główną konstrukcję nośną parteru stanowią prefabrykowane słupy żelbetowe, o oznaczenia S2 oraz S3 wg systemu SPH. Słupy o wymiarach 357x35x35 (słup S2) oraz 297x35x35 (słup S3).

Zbrojenie słupa $4\varnothing 20\text{mm} \rightarrow A_s = 4 \times 3,14\text{cm}^2 = 12,56\text{cm}^2$

Pole przekroju betonowego $35\text{cm} \times 35\text{cm} \rightarrow A_c = 35\text{cm} \times 35\text{cm} = 1225\text{cm}^2$

Odległość od lica elementu do osi zbrojenia $\rightarrow a = (\text{otulina strzemienia}) 10\text{mm} + (\text{średnica strzemienia}) \varnothing 10\text{mm} + (\text{zbrojenie główne}) 0,5 \times \varnothing 20\text{mm} = 30\text{mm}$

współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi} = 0,50$

Standardowa odporność ogniowa	Minimalne wymiary [mm]			
	Szerokość słupa b_{min} / odległość osiowa a głównych prętów			
	słupy nagrzewane z więcej niż jednej strony			nagrzewane z jednej strony
	$\mu_{fi} = 0,2$	$\mu_{fi} = 0,5$	$\mu_{fi} = 0,7$	$\mu_{fi} = 0,7$
R 30	200/25	200/25	200/32 300/27	155/25
R 60	200/25	200/36 300/31	250/46 350/40	155/25
R 90	200/31 300/25	300/45 400/38	350/53 450/40*	155/25
R 120	250/40 350/35	350/45* 450/40*	350/57* 450/51*	175/35
R 180	350/45*	350/63*	450/70*	230/55
R 240	350/61*	450/75*	–	295/70

* Minimum 8 prętów.
Dla słupów sprężonych należy powiększyć odległość osiową zgodnie z punktem 3.4.
Wartości podane w tablicy oparto na zalecanej wartości $\alpha_{cc} = 1,0$ (wg PN-EN 1992-1-1).

Wg powyższej tabeli otulina oraz gabaryt słupa obniża odporność pożarową słupa poniżej 60 min.

Przeprowadzono dodatkowa analizę obliczeniową, dla metody A:

- długość efektywna słupa $l_{0,fi} < 4,0m$
- mimośród $e = M_{0,Ed,fi} / N_{0,Ed,fi} < e_{max}$
- [pole powierzchni zbrojenia $A_s < 0,04A_c$,

Dla słupa kondygnacji pośrednich:

$$l_{0,fi} = 0,5l = 0,5 \times 4,0 \text{ m} = 2,00m$$

Korzystając z zależności:

$$R = 120 \left(\frac{R_{\eta,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8}$$

$$R = 83 \left[1,00 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{(0,85 / \alpha_{cc}) + \omega} \right],$$

$$R_a = 1,60 (a - 30),$$

$$R_l = 9,60 (5 - l_{0,fi}),$$

$$R_b = 0,09 b',$$

$$R_n = 0 \text{ dla } n = 4 \text{ (tylko pręty narożne),}$$

$$R_n = 12 \text{ dla } n > 4,$$

a – odległość osiowa dla podłużnych prętów stalowych [mm], $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$,

$l_{0,fi}$ – według opisu do wzoru (14); $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, dla $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$ bezpiecznie jest przyjmować $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$,

b' – równy $2A_c / (b + h)$ dla prostokątnych przekrojów poprzecznych lub średnicy dla kołowych przekrojów poprzecznych $200 \text{ mm} \leq b' \leq 400 \text{ mm}$, $h \leq 1,5 b$,

ω – stopień zbrojenia w warunkach temperatury normalnej $\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$,

α_{cc} – współczynnik wytrzymałości betonu na ściskanie (wg PN-EN 1992-1-1).

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

Beton $R_w = 170 \text{ atm} \rightarrow f_{ck} = 17,0 \text{ MPa}$

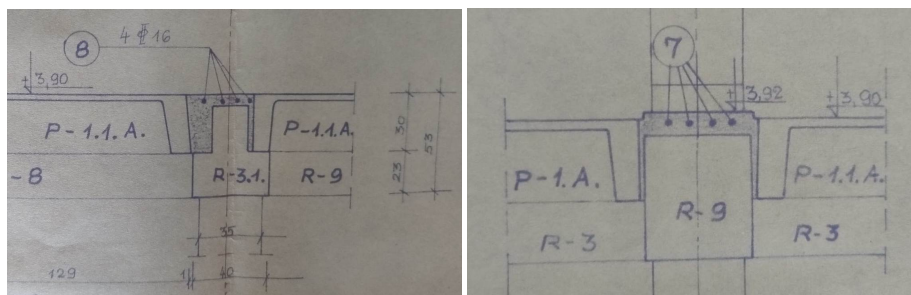
Stal $Q_r = 2500 \text{ atm} \rightarrow f_{yk} = 250 \text{ MPa}$

$$\begin{aligned}
 \mu_{fi} &:= 0.5 & \Rightarrow & \text{współczynnik redukcyjny w sytuacji} \\
 & & & \text{pożarowej} \\
 4\#20 &= 12,56\text{cm}^2 \\
 A_s &:= 12,5\text{cm}^2 & f_{yk} &:= 250\text{MPa} \\
 f_{yd} &:= \frac{f_{yk}}{1.15} \\
 f_{cd} &:= \frac{f_{ck}}{1.4} & f_{ck} &:= 17\text{MPa} \\
 b &:= 350\text{mm} & h &:= 350\text{mm} & l_0 &:= 4\text{m} \\
 A_c &:= b \cdot h = 1225 \cdot \text{cm}^2 \\
 \alpha_{cc} &:= 1.0 & a &:= 30\text{mm} & l_{0,fi} &:= \max(0.5 \cdot l_0, 2\text{m}) = 2\text{m} \\
 b' &:= 2 \cdot \frac{A_c}{b + h} = 350 \cdot \text{mm} \\
 \omega &:= \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.183 \\
 R_{n,fi} &:= 83 \left[1.0 - \mu_{fi} \cdot \frac{(1 + \omega)}{\left(\frac{0.85}{\alpha_{cc}} \right) + \omega} \right] = 35.472 \\
 R_a &:= 1.6 \cdot \left(\frac{a}{\text{mm}} - 30 \right) = 0 \\
 R_l &:= 9.60 \left(5 - \frac{l_{0,fi}}{\text{m}} \right) = 28.8 \\
 R_b &:= 0.09 \cdot \frac{b'}{\text{mm}} = 31.5 \\
 R_n &:= 0 \quad \text{dla } n=4 \text{ (ilość prętów)} & R_n &:= 0 \\
 R_{\text{red}} &:= 120 \cdot \left(\frac{R_{n,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1.8} = 79.2
 \end{aligned}$$

Wg powyższych obliczeń wyznaczono odporność pożarową słupów na poziomie **R79**.

- **Belki żelbetowe:**

Wsparcie dla płyty stropowych stanowią belki żelbetowe o wymiarach 40x46cm (belki podłużne) oraz 38x46 (belki poprzeczne). Belki wykonane jako prefabrykowane uciążone poprzez ułożenie dodatkowego zbrojenia górnego oraz wykonanie nadbetonu grubości ok. 8cm.



Fot.10 belki stropodachu w części niskiej

Z tablic odczytano min. odporność pożarową elementu (dla zbrojenia dolnego $\varnothing 18\text{mm}$ odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki $a = 20\text{mm} + 9\text{mm} \sim 29\text{mm}$).

W związku z brakiem możliwości zweryfikowania spełniania wymagań dotyczących uciąglenia zbrojenia, biorąc pod uwagę wymagania stawiane dla konstrukcji dachu budynków w klasie odporności pożarowej „B” (min. R30), przyjęto asekuracyjnie schemat belki żelbetowej swobodnie podpartej.

Standardowa odporność ogniowa	Minimalne wymiary [mm]							
	możliwe kombinacje szerokości belki $b_{\min}$ i średniej odległości osiowej a					grubość środnika b_w		
						klasa WA	klasa WB	klasa WC
R 30	$b_{\min}$ a	80 25	120 20	160 15	200 15	80	80	80
R 60	$b_{\min}$ a	120 45	160 35	200 30	300 25	100	80	100
R 90	$b_{\min}$ a	120 45	200 45	300 40	400 35	110	100	100
R 120	$b_{\min}$ a	200 65	240 60	300 55	500 50	130	120	120
R 180	$b_{\min}$ a	240 80	300 70	400 65	600 60	150	150	140
R 240	$b_{\min}$ a	280 90	350 80	500 75	700 70	170	170	160

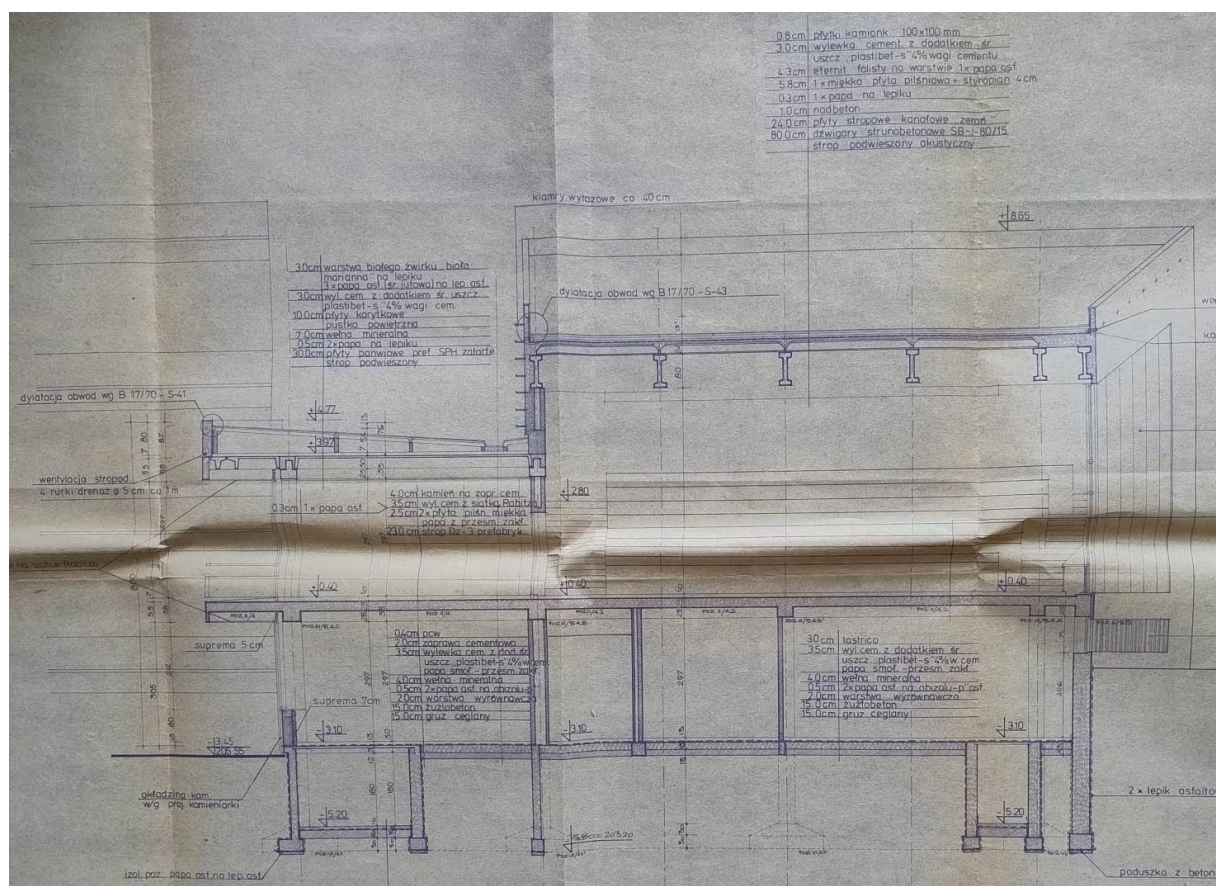
Belki konstrukcji stropodachu spełniają z nadadkiem wymagania klasy pożarowej elementu R60.

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych parteru:

- Ściany murowane z gazobetonu min. REI120
- Słupy żelbetowe prefabrykowane min. R79
- Belka żelbetowe prefabrykowane min. R60
- Dźwigiary strunobetonowe min. R60

3. CZĘŚĆ W OSIACH I-O

Przekrój poprzeczny charakterystyczny przedstawiano na poniższym szkicu:



Fot.11 Przekrój charakterystyczny pawilonu w osiach I-O

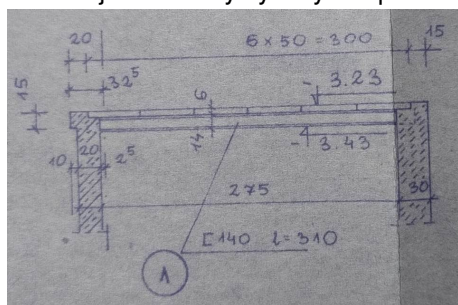
3.1. KANAŁ TECHNOLOGICZNY

3.1.1. STROP NAD KANAŁEM TECHNOLOGICZNYM

Strop nad kanałami technologicznymi wykonany został z prefabrykowanych płyt P/CO/90-130cm grubości 6cm.

Płyty stropu wspierają się na monolitycznych ścianach kanału technologicznego oraz na belkach stalowych z ceownika C140.

Przekrój charakterystyczny stropu nad kanałami technologicznymi.



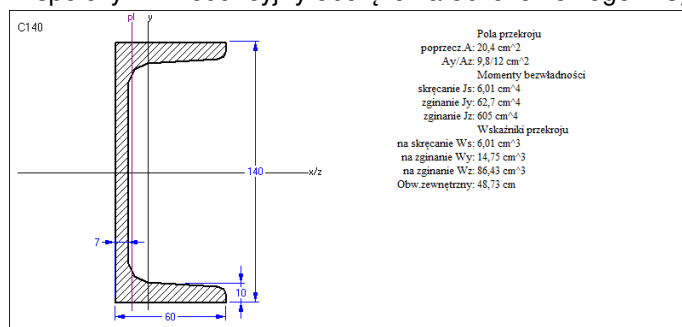
Fot.12 Strop nad kanałem technologicznym

Z tablic odczytano klasę odporności ogniowej płyty P/CO grubości 6cm REI30.

Tablica 7. Minimalne wymiary przekroju żelbetowych płyt stropowych swobodnie podpartych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]			
	grubość płyty h_s	odległość środka ciężkości zbrojenia a		
		zbrojenie 1-kierunkowe	zbrojenie 2-kierunkowe	
			$l_y/l_x \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x \leq 2$
1	2	3	4	5
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	15
REI 90	100	30	15	20
REI 120	120	40	20	25
REI 180	150	55	30	40
REI 240	175	65	40	50

Wyznaczenie klasy odporności ogniowej, belki stalowej C140 stropu nad kanałami technologicznymi:
Współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi}=0,50$



Wartość temperatury krytycznej :

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482 \quad \Theta_{a,kr} := 39,19 \ln \left(\frac{1}{0,9674 \cdot \mu_0^{3,833}} - 1 \right) + 482 \quad \Theta_{a,kr} = 584,7$$

Wyznaczenie wskaźnika ekspozycji przekroju – belka nagrzewana z trzech stron:

$$A_m := 48,7 \text{ cm} - 6 \text{ cm} = 42,7 \cdot \text{cm}$$

$$V_c := 20,4 \text{ cm}^2 = 2040 \cdot \text{mm}^2$$

$$\frac{A_m}{V_c} = \frac{42,7 \text{ cm}}{20,4 \text{ cm}^2} \quad \frac{A_m}{V_c} = 209,3 \frac{1}{\text{m}}$$

Wyznaczenie czasu ekspozycji dla uzyskania przez element stalowy temperatury krytycznej:

$$t := 0,54 \cdot (\Theta_a - 50) \cdot (209,3)^{-0,6} \quad t = 11,7$$

$$\Theta_{a1} := 50 + \frac{t_1}{0,54 (209,3)^{-0,6}} \quad \Theta_{a1} = 584,9$$

Na podstawie przyjętych założeń klasa odporności pożarowej belek stalowych wynosi ~12min.

- Strop z płyty P/CO REI30
- Belki stalowe stropu R12

3.1.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE KANAŁÓW TECHNOLOGICZNYCH

Przegrody zewnętrzne i wewnętrzne w części podziemnej wykonano jako żelbetowe i betonowe monolityczne.

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych piwnicy wynosi:

- Ściany monolityczne **min.REI120**

3.2. PRZYZIEMIE

3.2.1. STROP NAD PRZYZIEMIEM (poz. +0,40)

Strop nad przyziemiem wykonano w całości wykonano jako strop gęstożebrowy DZ-3 grubości 23 cm (z nadbetonem) .

Założenia dotyczące stropów gęstożebrowych opisanych w PN-EN 15037-1 :

- wysokość żebrowy stropowych 60mm<h<500mm; h=200mm - warunek spełniony
- rozstaw żebrow <100cm; b= 64cm - warunek spełniony

Typ stropu	Klasa odporności ogniowej
Systemy stropowe z nadbetonem konstrukcyjnym układanym na budowie (rys. 27):	
– z pustakami z tworzyw sztucznych*	REI 30
– z pustakami betonowymi lub ceramicznymi,	REI 30
– z pełnymi blokami betonowymi lub ceramicznymi	REI 60
Systemy stropowe ze złożoną warstwą nadbetonu (rys. 28)	REI 30
Systemy stropowe z częściową warstwą nadbetonu (np. podłogi pływające) – rys. 29	REI 30
Systemy stropowe z belkami samonośnymi (rys. 30):	
– z pustakami z tworzyw sztucznych*,	REI 15
– z pustakami konstrukcyjnymi	REI 30
* W świetle obecnej wiedzy, dotyczącej zachowania pod działaniem ognia, te systemy stropowe stosuje się wyłącznie nad pomieszczeniami podlegającymi kontroli ciągłej. Wyższą klasę odporności ogniowej można uzyskać przez nałożenie tynku gipsowego na dolną powierzchnię stropu.	

Tabl.1 Klasy odporności ogniowej gęstożebrowych systemów stropowych wg PN-EN 15037-1

Zgodnie z wartościami wskazanymi w powyższej tabeli klasa odporności stropu wynosi REI30. W związku z brakiem mechanicznych systemów mocowań tynków (np. siatka stalowa Ledóchowskiego), tynki cementowo-wapienne nie powinny być traktowane jako materiał zwiększający odporność ogniową konstrukcji żelbetowych

Odporność pożarowa stropów nad przyziemiem w osiach I-O:

- Strop DZ-3 (osia I-O) **REI30**

3.2.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE PRZYZIEMIA

- Ściany:

Ściany przydylatacyjne w osiach I, L, O oraz 3 wykonano jako murowane grubości 25-38cm. Fragmenty ścian zewnętrznych od strony północnej wykonano jako betonowe monolityczne. Dla ścian murowanych odczytano z tablic wartości klasy odporności pożarowej jak dla ścian z betonu komórkowego oraz ścian monolitycznych:

	Minimalna grubość ściany [mm] dla uzyskania klasyfikacji ogniowej					
	REI 30	REI 60	REI 90	REI 120	REI 180	REI 240
Grupa I						
$\alpha = 1,0$	100	100	140	180	210	240
$\alpha = 0,6$	100	100	100	130 (120)	160	200

Tablica 3. Minimalne wymiary ścian nośnych

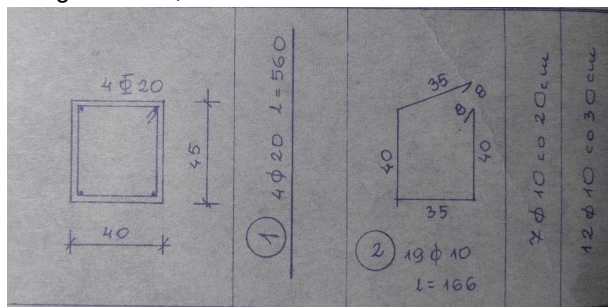
Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm] Grubość ściany / odległość środka ciężkości zbrojenia			
	$\alpha = 0,5$		$\alpha = 1,0$	
	ekspozycja z jednej strony	ekspozycja z dwóch stron	ekspozycja z jednej strony	ekspozycja z dwóch stron
	2	3	4	5
1				
REI 30	100/10	120/10	120/10	120/10
REI 60	110/10	120/10	130/10	140/10
REI 90	120/20	140/10	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

Podane powyżej minimalne grubości ścian odnoszą się również do ścian betonowych. Wobec czego ściany przyziemia spełniają z nadstatkiem wymagania dla klasy odporności ogniowej ścian nośnym REI120.

Słupy żelbetowe:

Słupy 40x45cm.

W poziomie przyziemia występują słupy o przekroju poprzecznym 40x45cm. Zbrojenie wg poniższego szkicu.;



Fot.13 Przekrój poprzeczny słupów przyziemia 40x45

Zbrojenie słupa 4Ø20mm $\rightarrow A_s = 4 \times 3,14 \text{ cm}^2 = 12,56 \text{ cm}^2$

Pole przekroju betonowego 40cmx45cm $\rightarrow A_c = 40 \text{ cm} \times 45 \text{ cm} = 1800 \text{ cm}^2$

Odległość od lica elementu do osi zbrojenia $\rightarrow a = (\text{otulina strzemienia}) 20 \text{ mm} + (\text{średnica strzemion}) \text{Ø}10 \text{ mm} + (\text{zbrojenie główne}) 0,5 \times \text{Ø}20 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$

współczynnik redukcji obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi} = 0,50$

Przeprowadzono analizę obliczeniową, dla metody A:

- długość efektywna słupa $l_{0,fi} < 4,0 \text{ m}$
- mimośród $e = M_{0,Ed,fi} / N_{0,Ed,fi} < e_{\text{max}}$
- [pole powierzchni zbrojenia $A_s < 0,04 A_c$,

Dla słupa kondygnacji pośrednich:

$$l_{0,fi} = 0,5l = 0,5 \times 4,0 \text{ m} = 2,00 \text{ m}$$

Korzystając z zależności:

$$R = 120 \left(\frac{R_{\eta fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8}$$

$$R = 83 \left[1,00 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{(0,85 / \alpha_{cc}) + \omega} \right],$$

$$R_a = 1,60 (a - 30),$$

$$R_l = 9,60 (5 - l_{0,fi}),$$

$$R_b = 0,09 b',$$

$$R_n = 0 \text{ dla } n = 4 \text{ (tylko pręty narożne),}$$

$$R_n = 12 \text{ dla } n > 4,$$

a – odległość osiowa dla podłużnych prętów stalowych [mm], $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$,
 $l_{0,fi}$ – według opisu do wzoru (14); $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, dla $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$ bezpiecznie jest przyjmować $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$,

b' – równy $2A_c / (b + h)$ dla prostokątnych przekrojów poprzecznych lub średnicy dla kołowych przekrojów poprzecznych $200 \text{ mm} \leq b' \leq 400 \text{ mm}$, $h \leq 1,5 b$,

ω – stopień zbrojenia w warunkach temperatury normalnej $\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$,

α_{cc} – współczynnik wytrzymałości betonu na ściskanie (wg PN-EN 1992-1-1).

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

Beton $R_w = 170 \text{ atm} \rightarrow f_{ck} = 17,0 \text{ MPa}$

Stal $Q_r = 2500 \text{ atm} \rightarrow f_{yk} = 250 \text{ MPa}$

$$\mu_{fi} = 0,5$$

$\Rightarrow$ współczynnik redukcyjny w sytuacji
pożarowej

$$A_s = 12,56 \text{ cm}^2 \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,15}$$

$$f_{yk} = 250 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,4}$$

$$f_{ck} = 17 \text{ MPa} \quad b = 400 \text{ mm} \quad h = 450 \text{ mm}$$

$$l_0 = 4 \text{ m}$$

$$A_c = b \cdot h = 1800 \cdot \text{cm}^2$$

$$\alpha_{cc} = 1,0 \quad a = 35 \text{ mm} \quad l_{0,fi} = \max(0,5 \cdot l_0, 2 \text{ m}) = 2 \text{ m}$$

$$b' = 2 \cdot \frac{A_c}{b + h} = 423,529 \cdot \text{mm}$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0,125$$

$$R_{n,fi} = 83 \left[1,0 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{\left(\frac{0,85}{\alpha_{cc}} \right) + \omega} \right] = 35,115$$

$$R_a = 1,6 \cdot \left(\frac{a}{\text{mm}} - 30 \right) = 8$$

$$R_l = 9,60 \left(5 - \frac{l_{0,fi}}{\text{m}} \right) = 28,8$$

$$R_b := 0.09 \cdot \frac{b'}{\text{mm}} = 38.118$$

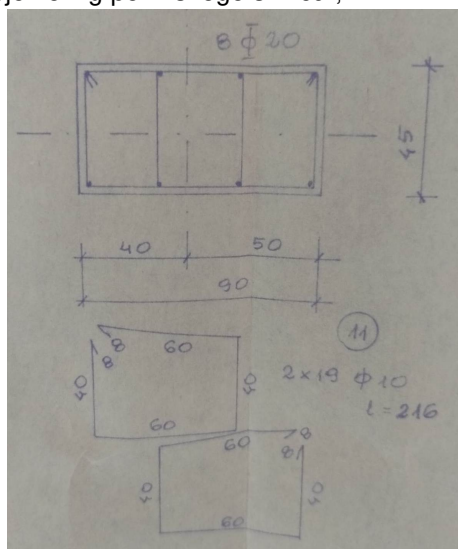
$$R_n := 0 \quad \text{dla } n > 4 \text{ ilość prętów} \quad \text{dla } n=4 \quad R_n = 0$$

$$R_{\text{w}} := 120 \cdot \left(\frac{R_{n,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1.8} = 102.7$$

Dla słupów 40x45cm w poziomie przyziemia odporność pożarową oznaczono, na poziomie min. **102 minut.**

Słupy 45x90cm.

W poziomie przyziemia w osi 2/L występuje słup o wymiarach przekroju poprzecznego 45x90cm. Zbrojenie wg poniższego szkicu.;



Fot.14 Przekrój poprzeczny słupów przyziemia 45x90

Zbrojenie słupa 8Ø20mm → $A_s = 8 \times 3.14 \text{ cm}^2 = 25.12 \text{ cm}^2$

Pole przekroju betonowego 45cmx90cm → $A_c = 45 \text{ cm} \times 90 \text{ cm} = 4050 \text{ cm}^2$

Odległość od lica elementu do osi zbrojenia → $a = (\text{otulina zbrojenie głównego}) 25 \text{ mm} + (\text{zbrojenie główne}) 0.5 \times \text{Ø}20 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$

współczynnik redukcji obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi} = 0.50$

Przeprowadzono analizę obliczeniową, dla metody A:

- długość efektywna słupa $l_{0,fi} < 4.0 \text{ m}$
- mimośród $e = M_{0,Ed,fi} / N_{0,Ed,fi} < e_{\text{max}}$
- [pole powierzchni zbrojenia $A_s < 0.04 A_c$,

Dla słupa kondygnacji pośrednich:

$$l_{0,fi} = 0.5l = 0.5 \times 4.0 \text{ m} = 2.00 \text{ m}$$

Korzystając z zależności:

$$R = 120 \cdot \left(\frac{R_{n,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1.8}$$

$$R = 83 \left[1,00 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{(0,85 / \alpha_{cc}) + \omega} \right],$$

$$R_a = 1,60 (a - 30),$$

$$R_l = 9,60 (5 - l_{0,fi}),$$

$$R_b = 0,09 b',$$

$$R_n = 0 \text{ dla } n = 4 \text{ (tylko pręty narożne),}$$

$$R_n = 12 \text{ dla } n > 4,$$

a – odległość osiowa dla podłużnych prętów stalowych [mm], $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$,
 $l_{0,fi}$ – według opisu do wzoru (14); $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, dla $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$ bezpiecznie jest przyjmować $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$,

b' – równy $2A_c / (b + h)$ dla prostokątnych przekrojów poprzecznych lub średnicy dla kołowych przekrojów poprzecznych $200 \text{ mm} \leq b' \leq 400 \text{ mm}$, $h \leq 1,5 b$,

ω – stopień zbrojenia w warunkach temperatury normalnej $\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$,

α_{cc} – współczynnik wytrzymałości betonu na ściskanie (wg PN-EN 1992-1-1).

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

Beton $R_w = 170 \text{ atm} \rightarrow f_{ck} = 17,0 \text{ MPa}$

Stal $Q_r = 2500 \text{ atm} \rightarrow f_{yk} = 250 \text{ MPa}$

$$\mu_{fi} := 0.5$$

==> współczynnik redukcyjny w sytuacji
pożarowej

$$8\#20 = 25.12 \text{ cm}^2$$

$$A_s := 25.12 \text{ cm}^2 \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15}$$

$$f_{yk} := 250 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{1.4}$$

$$f_{ck} := 17 \text{ MPa} \quad b := 450 \text{ mm} \quad h := 900 \text{ mm}$$

$$l_0 := 4.0 \text{ m}$$

$$A_c := b \cdot h = 4050 \text{ cm}^2$$

$$\alpha_{cc} := 1.0 \quad a := 35 \text{ mm} \quad l_{0,fi} := \max(0.5 \cdot l_0, 2 \text{ m}) = 2 \text{ m}$$

$$b' := 2 \cdot \frac{A_c}{b + h} = 600 \text{ mm}$$

$$\omega := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.111$$

$$R_{n,fi} := 83 \left[1.0 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{\left(\frac{0.85}{\alpha_{cc}} \right) + \omega} \right] = 35.023$$

$$R_a := 1.6 \cdot \left(\frac{a}{\text{mm}} - 30 \right) = 8$$

$$R_l := 9.60 \left(5 - \frac{l_{0,fi}}{\text{m}} \right) = 28.8$$

$$R_b := 0.09 \cdot \frac{b'}{\text{mm}} = 54$$

$$R_n := 12 \quad \text{dla } n > 4 \text{ ilość prętów}$$

$$R_w := 120 \cdot \left(\frac{R_{n,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1.8} = 153.969$$

Dla słupów 45x90cm w poziomie przyziemia odporność pożarową oznaczono, na poziomie min. **154 minut**. Element z nadładkiem spełnia wymagania klasy **R120**.

Belki żelbetowe:

Belka żelbetowa 45x50

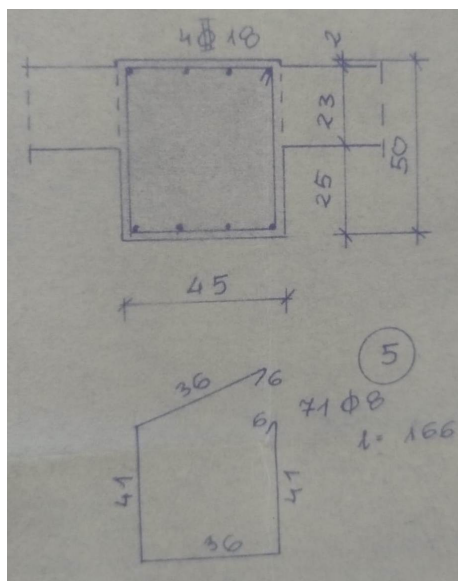
Belka żelbetowa monolityczna o wymiarach 45x50 w układzie wieloprzęstłowym. Na podstawie analizy dokumentacji archiwalnej stwierdza się że spełniony jest warunek:

$$A_{s,req(x)} = A_{s,req(0)} (1 - (2,5x/l_{eff}))^1$$

Dla

$$x=0,3l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,25A_{s,req0}$$

$$x=0,2l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,5A_{s,req0}$$



Fot.15 Przekrój poprzeczny belki przyziemia 45x50

Odległość środka ciężkości zbrojenia głównego od lica elementu $\rightarrow 45\text{mm} + 0,5 \cdot 18\text{mm} = 51\text{mm}$

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową belki w układzie wieloprzęstłowym dla kombinacji b/a $\rightarrow 500\text{mm}/51\text{mm}$

Belka żelbetowa 55x50

Belka żelbetowa monolityczna o wymiarach 55x50cm w układzie wieloprzęstłowym z przewieszeniem.

Na podstawie analizy dokumentacji archiwalnej stwierdza się że spełniony jest warunek:

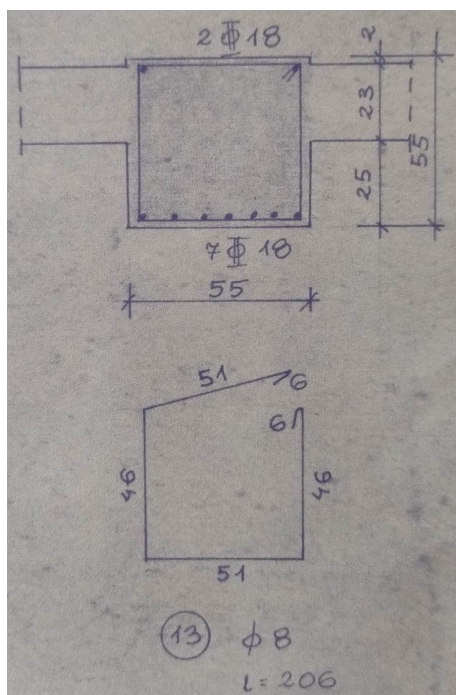
$$A_{s,req(x)} = A_{s,req(0)} (1 - (2,5x/l_{eff}))$$

Dla

$$x=0,3l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,25A_{s,req0}$$

$$x=0,2l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,5A_{s,req0}$$

¹ Instrukcja ITB 409/2005 Projektowanie elementów żelbetowych i murowych z uwagi na odporność ogniową



Fot.16 Przekrój poprzeczny belki przyziemia 55x50

Odległość środka ciężkości zbrojenia głównego od lica elementu $\rightarrow 20\text{mm} + 0,5 \cdot 18\text{mm} = 29\text{mm}$ (~30mm)

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową belki w układzie wieloprzęstowym dla kombinacji $b/a \rightarrow 550\text{mm}/30\text{mm}$

Tablica 11. Minimalne wymiary i odległości osiowe dla ciągłych belek żelbetowych i sprężonych

Standardowa odporność ogniowa	Minimalne wymiary [mm]							
	możliwe kombinacje szerokości belki $b_{\min}$ i średniej odległości osiowej a					grubość środnika b_w		
						klasa WA	klasa WB	klasa WC
R 30	$b_{\min}$ a	80 15	160 12	–	–	80	80	80
R 60	$b_{\min}$ a	120 25	200 12	–	–	100	80	100
R 90	$b_{\min}$ a	150 35	250 25	–	–	110	100	100
R 120	$b_{\min}$ a	200 45	300 35	450 35	500 30	130	120	120
R 180	$b_{\min}$ a	240 60	400 50	550 50	600 40	150	150	140
R 240	$b_{\min}$ a	280 75	500 60	650 60	700 50	170	170	160

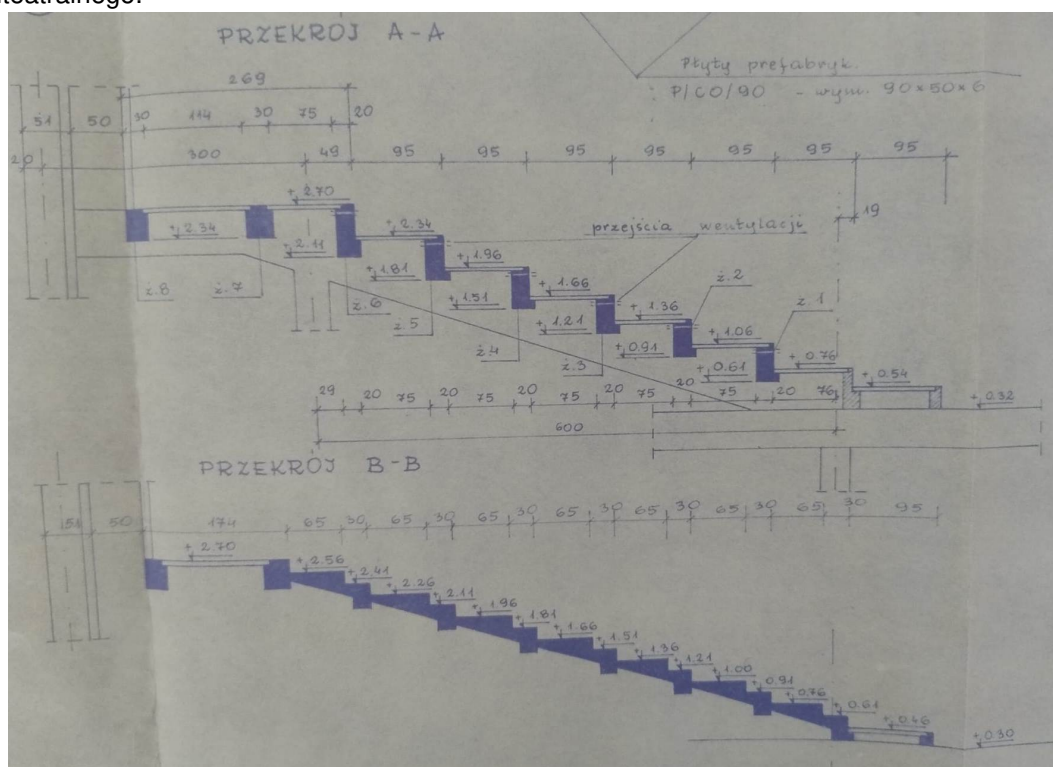
Na podstawie powyższych zależności określono odporność pożarową belek przyziemia na poziomie **R120**.

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych przyziemia wynosi:

- Ściany przyziemia **min. REI120**
- Belki żelbetowe **min. R120**
- Słupy żelbetowe 40x45cm **min. R102**
- Słupy żelbetowe 45x90cm **min. R120**

3.1. STROP AMFITEATRALNY

W salach wykładowych w osiach I-O/0-2 wykonane zostały dodatkowe elementy w formie układu amfiteatralnego.



Fot/17 Elementy konstrukcyjne układu amfiteatralnego

Główny ustrój nośny złożony jest z dwóch ram żelbetowych – słupy 40x45 oraz rygiel 50x50cm w spadku. Poprzecznie do ram żelbetowych wykonano żebra o wymiarach 26x30cm w układzie schodkowym. Przekrycie z prefabrykowanych z prefabrykowanych płyt P/CO/90cm grubości 6cm.

Słupy 40x45cm.

Słupy o przekroju poprzecznym 40x45cm identycznie jak dla słupów w poziomie przyziemia:

Zbrojenie słupa 4Ø20mm → $A_s = 4 \times 3,14 \text{ cm}^2 = 12,56 \text{ cm}^2$

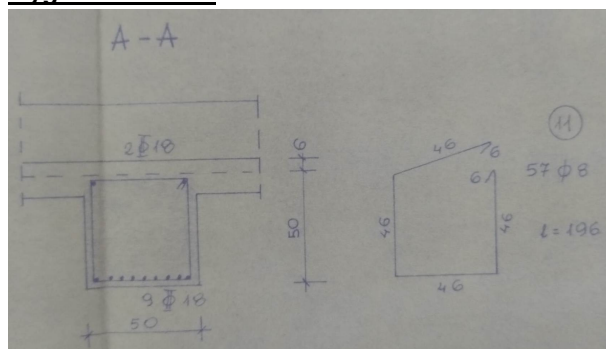
Pole przekroju betonowego 40cmx45cm → $A_c = 40 \text{ cm} \times 45 \text{ cm} = 1800 \text{ cm}^2$

Odległość od lica elementu do osi zbrojenia → $a = (\text{otulina strzemienia}) 20 \text{ mm} + (\text{średnica strzemion}) \text{Ø}10 \text{ mm} + (\text{zbrojenie główne}) 0,5 \times \text{Ø}20 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$

współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi} = 0,50$

Klasa odporności pożarowej słupów ramy amfiteatralnej analogicznie jak dla słupów przyziemia **R102**.

Rygiel 50x50cm.

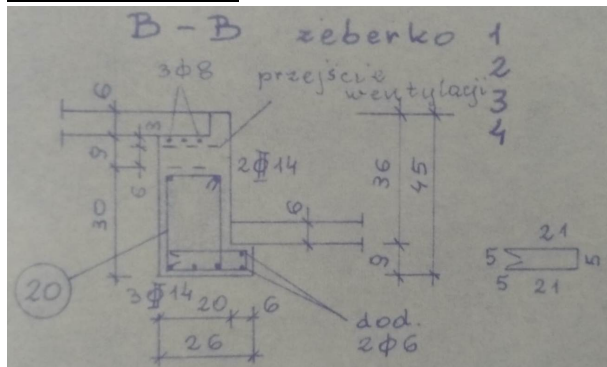


Fot.18 Przekrój poprzeczny rygla amfiteatralnego 50x50cm

Odległość środka ciężkości zbrojenia głównego od lica elementu $\rightarrow 20\text{mm} + 0,5 \cdot 18\text{mm} = 29\text{mm}$ (~30mm)

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową belki w układzie wieloprzęstowym dla kombinacji $b/a = 500\text{mm}/30\text{mm} \rightarrow \mathbf{R120}$

Żeberko 26x30cm.



Fot.19 Przekrój poprzeczny żeberka stropu amfiteatralnego 26x30cm

Odległość środka ciężkości zbrojenia głównego od lica elementu $\rightarrow 20\text{mm} + 0,5 \cdot 14\text{mm} = 27\text{mm}$

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową belki w układzie wieloprzęstowym dla kombinacji $b/a = 260\text{mm}/25\text{mm} \rightarrow \mathbf{R90}$

Tablica 11. Minimalne wymiary i odległości osiowe dla ciągłych belek żelbetowych i sprężonych

Standardowa odporność ogniowa	Minimalne wymiary [mm]							
	możliwe kombinacje szerokości belki $b_{\min}$ i średniej odległości osiowej a					grubość średnika b_w		
						klasa WA	klasa WB	klasa WC
R 30	$b_{\min}$ a	80 15	160 12	—	—	80	80	80
R 60	$b_{\min}$ a	120 25	200 12	—	—	100	80	100
R 90	$b_{\min}$ a	150 35	250 25	—	—	110	100	100
R 120	$b_{\min}$ a	200 45	300 35	450 35	500 30	130	120	120
R 180	$b_{\min}$ a	240 60	400 50	550 50	600 40	150	150	140
R 240	$b_{\min}$ a	280 75	500 60	650 60	700 50	170	170	160

$a_{sd} = a + 10 \text{ mm}$ (patrz uwaga poniżej).
Dla belek sprężonych należy powiększyć odległość osiową zgodnie z rozdziałem 3.4.
 a_{sd} jest odległością osiową do boku belki dla narożnych prętów (ciągną lub drutu) w belkach z pojedynczą warstwą zbrojenia. W przypadku wartości $b_{\min}$ wyższych niż podane w zacienionej kolumnie nie jest wymagany wzrost wartości a_{sd} .

Płyty stropowe P/CO/90.

Strop amfiteatralny na salach wykładowych wykonany został z prefabrykowanych płyt P/CO/90cm grubości 6cm. $\rightarrow \mathbf{REI30}$

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych stropu amfiteatralnego wynosi:

- Słupy 40x45cm min. R102
- Rygle 50x50cm min. R120
- Żebra stropu 26x30cm min. R90
- Płyty P/CO/90cm min. REI30

3.2. PARTER

3.2.1. STROP NAD PARTEREM / STROPODACH

- Stropodach w osiach 0-2

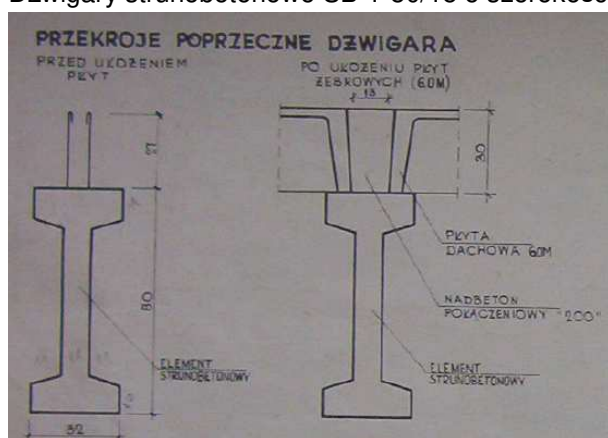
Cześć stropu ograniczoną osiami 0-2 (część wyższa) wykonano z żelbetowych płyty kanałowych „Żerań” grubości 24cm. W części na północ od osi 0 lokalnie wykonano strop gęstożebrowy DZ-3 (wg oznaczeń w części rysunkowej). Płyty kanałowe rozpiętości 3,0m

Stropodach pełny niewentylowany pokryty papą, w spadku w kierunku północnym. Płyty kanałowe ułożone na górnych półkach dźwigarów dwuteowych strunobetonowych.

Z Katalogu Budownictwa : KB1–31.5.1.(3) odczytano klasę odporności ogniowej płyt kanałowych „C” 60 min.– **REI60.**

Dla stropodachu gęsto żebrowego DZ-3 klasę odporności ogniowej.– **REI30.**

Dźwigary strunobetonowe SB-1-80/15 o szerokości 32cm oraz wysokości 80cm.

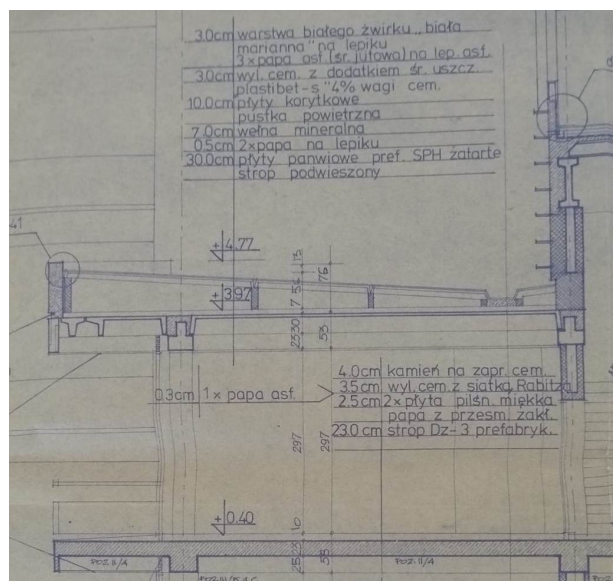


Fot. 21 Przekrój poprzeczny dźwigara SB-1-80/15 w osiach 0-2

Z Katalogu Budownictwa : KB1–31.6.1.(8)-69 – dźwigar rozpiętości 15,0m, odczytano klasę odporności ogniowej elementu „C” 60 min.– **R60.**

- Stropodach w osiach 2-3

Zadaszenie pawilonu w osiach 2-3 (część niska) wykonano z płyt korytkowych, żelbetowych, prefabrykowanych w układzie poprzecznym. Płyty korytkowe o wymiarach 60x300cm, 60x240cm. Płyty korytkowe opierają się na ażurowych ściankach wymurowanych z cegły. Ścianki ażurowe wymurowano na płytach nośnych żebrowanych. Przy uwzględnieniu gładzi cementowej gr. 3,5cm odporność pożarowa płyt korytkowych wynosi 30min. Układ warstw stropodachu wentylowanego:



Fot.22 Układ warstw dachowych części niskiej w osiach 2-3

Odporność pożarowa dachu istniejącego wynosi:

- Dla poszycia z płyty korytkowych min.REI30
- Dla płyty żebrowanych panwiowych min.REI45
- Fragment stropodachu DZ-3 min.REI30
- Stropodach z płyty kanałowych min.REI60

3.2.2. ELEMENTY KONSTRUKCJI PARTERU

- Ściany:

Przegrody zewnętrzne w osiach I,L,O wykonano jako murowane z pustaków gazobetonowych grubości 38cm → REI120. Pozostałe ściany na parterze pełnią funkcje wypełniające, wydzielające pomieszczenia oraz będące obudowami szachów instalacyjnych.

- Słupy żelbetowe:

Główną konstrukcję nośną parteru stanowią prefabrykowane słupy żelbetowe, o oznaczeniach S2 oraz S3 wg systemu SPH. Słupy o wymiarach 357x35x35 (słup S2) oraz 297x35x35 (słup S3).

Zbrojenie słupa 4Ø20mm → $A_s = 4 \times 3,14 \text{ cm}^2 = 12,56 \text{ cm}^2$

Pole przekroju betonowego 35cmx35cm → $A_c = 35 \text{ cm} \times 35 \text{ cm} = 1225 \text{ cm}^2$

Odległość od lica elementu do osi zbrojenia → $a = (\text{otulina strzemienia}) 10 \text{ mm} + (\text{średnica strzemion}) \text{Ø}10 \text{ mm} + (\text{zbrojenie główne}) 0,5 \times \text{Ø}20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$

współczynnik redukcji obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi} = 0,50$

Przeprowadzono analizę obliczeniową, dla metody A:

- długość efektywna słupa $l_{0,fi} < 4,0 \text{ m}$
- mimośród $e = M_{0,Ed,fi} / N_{0,Ed,fi} < e_{\max}$
- [pole powierzchni zbrojenia $A_s < 0,04 A_c$,

Dla słupa kondygnacji pośrednich:

$l_{0,fi} = 0,5l = 0,5 \times 4,0 \text{ m} = 2,00 \text{ m}$

Korzystając z zależności:

$$R = 120 \left(\frac{R_{\eta fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8}$$

$$R = 83 \left[1,00 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{(0,85 / \alpha_{cc}) + \omega} \right],$$

$$R_a = 1,60 (a - 30),$$

$$R_l = 9,60 (5 - l_{0,fi}),$$

$$R_b = 0,09 b',$$

$$R_n = 0 \text{ dla } n = 4 \text{ (tylko pręty narożne),}$$

$$R_n = 12 \text{ dla } n > 4,$$

a – odległość osiowa dla podłużnych prętów stalowych [mm], $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$,
 $l_{0,fi}$ – według opisu do wzoru (14); $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, dla $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$ bezpiecznie jest przyjmować $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$,

b' – równy $2A_c / (b + h)$ dla prostokątnych przekrojów poprzecznych lub średnicy dla kołowych przekrojów poprzecznych $200 \text{ mm} \leq b' \leq 400 \text{ mm}$, $h \leq 1,5 b$,

ω – stopień zbrojenia w warunkach temperatury normalnej $\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$,

α_{cc} – współczynnik wytrzymałości betonu na ściskanie (wg PN-EN 1992-1-1).

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

Beton $R_w = 170 \text{ atm} \rightarrow f_{ck} = 17,0 \text{ MPa}$

Stal $Q_r = 2500 \text{ atm} \rightarrow f_{yk} = 250 \text{ MPa}$

$$\mu_{fi} = 0.5$$

==> współczynnik redukcyjny w sytuacji
pożarowej

$$4\#20 = 12,56 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 12,5 \text{ cm}^2 \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,15}$$

$$f_{yk} = 250 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,4}$$

$$f_{ck} = 17 \text{ MPa}$$

$$b = 350 \text{ mm} \quad h = 350 \text{ mm} \quad l_0 = 4 \text{ m}$$

$$A_c = b \cdot h = 1225 \cdot \text{cm}^2$$

$$\alpha_{cc} = 1.0 \quad a = 30 \text{ mm} \quad l_{0,fi} = \max(0,5 \cdot l_0, 2 \text{ m}) = 2 \text{ m}$$

$$b' = 2 \cdot \frac{A_c}{b + h} = 350 \cdot \text{mm}$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.183$$

$$R_{n,fi} = 83 \left[1,0 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{\left(\frac{0,85}{\alpha_{cc}} \right) + \omega} \right] = 35.472$$

$$R_a = 1,6 \cdot \left(\frac{a}{\text{mm}} - 30 \right) = 0$$

$$R_l = 9,60 \left(5 - \frac{l_{0,fi}}{\text{m}} \right) = 28.8$$

$$R_b = 0,09 \cdot \frac{b'}{\text{mm}} = 31.5$$

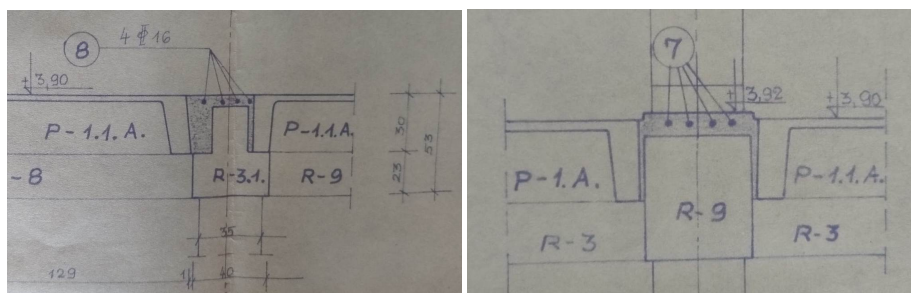
$$R_n = 0 \quad \text{dla } n=4 \text{ (ilość prętów)} \quad R_n = 0$$

$$R_{ww} = 120 \cdot \left(\frac{R_{nfi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1.8} = 79.2$$

Wg powyższych obliczeń wyznaczono odporność pożarową słupów na poziomie **R79**.

- **Belki żelbetowe:**

Wsparcie dla płyty stropowych w części niższej (osie 2-3) stanowią belki żelbetowe o wymiarach 40x46cm (belki podłużne) oraz 38x46 (belki poprzeczne). Belki wykonane jako prefabrykowane uciążłone poprzez ułożenie dodatkowego zbrojenia górnego oraz wykonanie nadbetonu grubości ok. 8cm.



Fot.23 belki stropodachu w części niskiej

Z tablic odczytano min. odporność pożarową elementu (dla zbrojenia dolnego Ø18mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki $a = 20\text{mm} + 9\text{mm} = 29\text{mm}$).

W związku z brakiem możliwości zweryfikowania spełniania wymagań dotyczących uciążlenia zbrojenia, biorąc pod uwagę wymagania stawiane dla konstrukcji dachu budynków w klasie odporności pożarowej „B” (min. R30), przyjęto asekuracyjnie schemat belki żelbetowej swobodnie podpartej.

Standardowa odporność ogniowa	Minimalne wymiary [mm]							
	możliwe kombinacje szerokości belki b_{min} i średniej odległości osiowej a					grubość środnika b_w		
						klasa WA	klasa WB	klasa WC
R 30	b_{min} a	80 25	120 20	160 15	200 15	80	80	80
R 60	b_{min} a	120 45	160 35	200 30	300 25	100	80	100
R 90	b_{min} a	120 45	200 45	300 40	400 35	110	100	100
R 120	b_{min} a	200 65	240 60	300 55	500 50	130	120	120
R 180	b_{min} a	240 80	300 70	400 65	600 60	150	150	140
R 240	b_{min} a	280 90	350 80	500 75	700 70	170	170	160

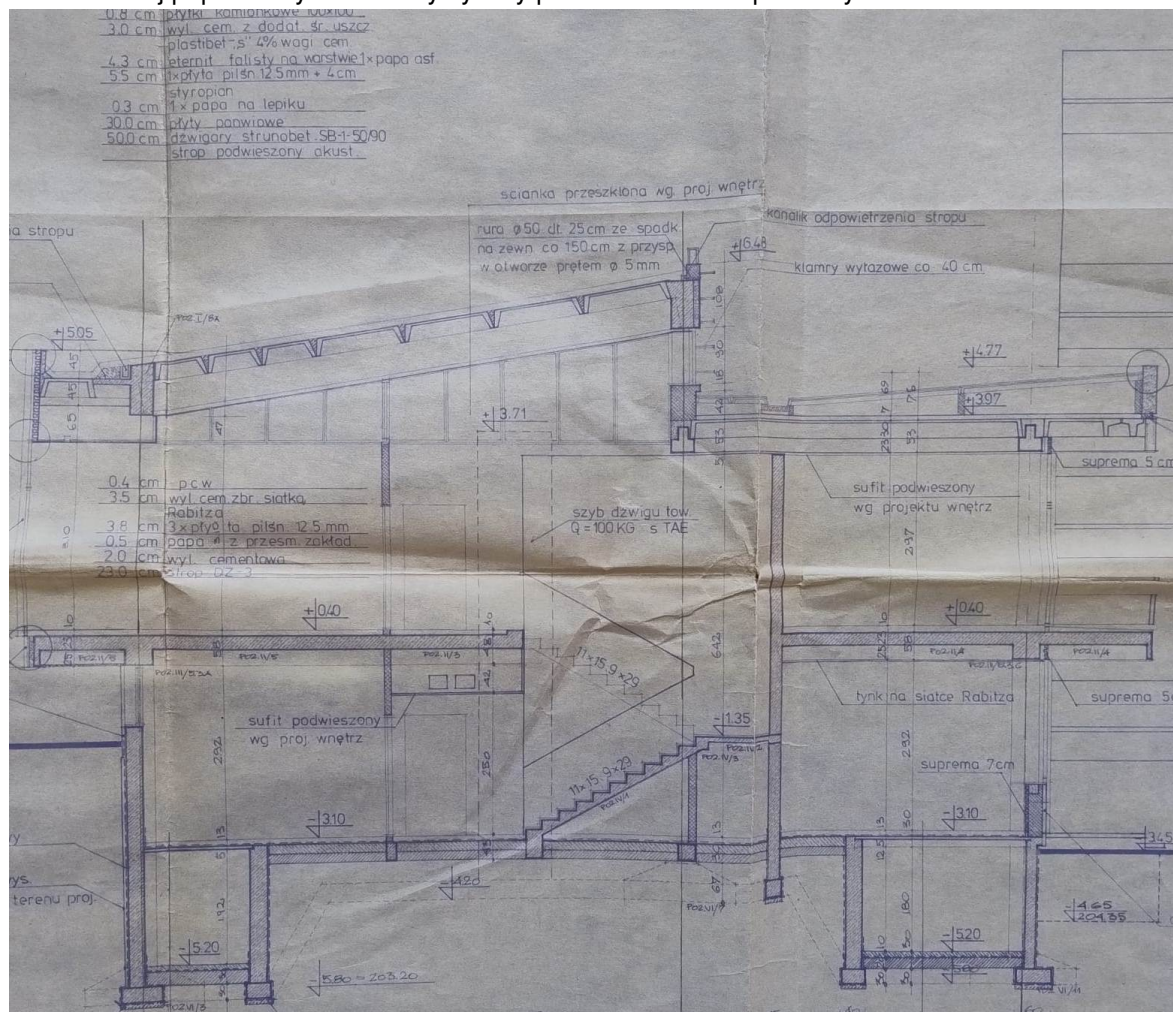
Belki konstrukcji stropodachu spełniają z nadadkiem wymagania klasy pożarowej elementu R60.

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych parteru:

- Ściany murowane z gazobetonu **min. REI120**
- Słupy żelbetowe prefabrykowane **min. R79**
- Belki żelbetowe prefabrykowane **min. R60**
- Dźwigary strunobetonowe **min. R60**

4. CZĘŚĆ W OSIACH P-B`

Przekrój poprzeczny charakterystyczny przedstawiano na poniższym szkicu:



Fot.24 Przekrój charakterystyczny pawilonu w osiach P-B`

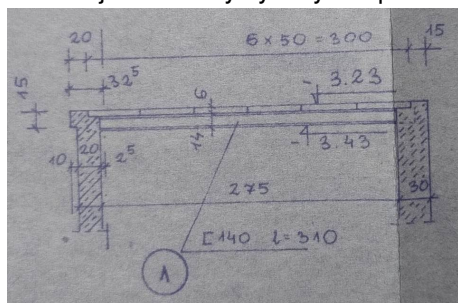
4.1. KANAŁ TECHNOLOGICZNY

4.1.1. STROP NAD KANAŁEM TECHNOLOGICZNYM

Strop nad kanałami technologicznymi wykonany został z prefabrykowanych płyt P/CO/90-130cm grubości 6cm.

Płyty stropu wspierając się na monolitycznych ścianach kanału technologicznego oraz na belkach stalowych z ceownika C140.

Przekrój charakterystyczny stropu nad kanałami technologicznymi.



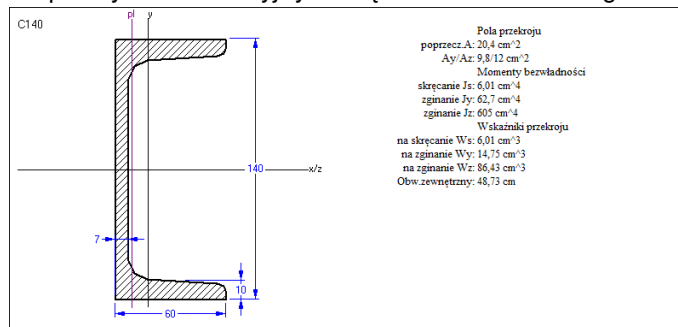
Fot.25 Strop nad kanałem technologicznym

Z tablic odczytano klasę odporności ogniowej płyty P/CO grubości 6cm REI30.

Tablica 7. Minimalne wymiary przekroju żelbetonowych płyt stropowych swobodnie podpartych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]			
	grubość płyty h_s	odległość środka ciężkości zbrojenia a		
		zbrojenie 1-kierunkowe	zbrojenie 2-kierunkowe	
1	2	3	$l_y/l_x \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x \leq 2$
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	15
REI 90	100	30	15	20
REI 120	120	40	20	25
REI 180	150	55	30	40
REI 240	175	65	40	50

Wyznaczenie klasy odporności ogniowej, belki stalowej C140 stropu nad kanałami technologicznymi:
Współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi}=0,50$



Wartość temperatury krytycznej :

$$\theta_{a,cr} = 39,19 \ln \left[\frac{1}{0,9674 \mu_0^{3,833}} - 1 \right] + 482 \quad \Theta_{a,kr} := 39,19 \ln \left(\frac{1}{0,9674 \cdot \mu_0^{3,833}} - 1 \right) + 482 \quad \Theta_{a,kr} = 584,7$$

Wyznaczenie wskaźnika ekspozycji przekroju – belka nagrzewana z trzech stron:

$$A_m := 48,7 \text{ cm} - 6 \text{ cm} = 42,7 \cdot \text{cm}$$

$$V_c := 20,4 \text{ cm}^2 = 2040 \cdot \text{mm}^2$$

$$\frac{A_m}{V_c} = \frac{42,7 \text{ cm}}{20,4 \text{ cm}^2} \quad \frac{A_m}{V_c} = 209,3 \frac{1}{\text{m}}$$

Wyznaczenie czasu ekspozycji dla uzyskania przez element stalowy temperatury krytycznej:

$$t := 0,54 \cdot (\Theta_a - 50) \cdot (209,3)^{-0,6} \quad t = 11,7$$

$$\Theta_{a1} := 50 + \frac{t_1}{0,54 (209,3)^{-0,6}} \quad \Theta_{a1} = 584,9$$

Na podstawie przyjętych założeń klasa odporności pożarowej belek stalowych wynosi ~12min.

- Strop z płyty P/CO
- Belki stalowe stropu

REI30
R12

4.1.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE KANAŁÓW TECHNOLOGICZNYCH

Przegrody zewnętrzne oraz wewnętrzne w części podziemnej wykonano jako żelbetowe i betonowe monolityczne.

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych piwnicy wynosi:

- Ściany monolityczne **min.REI120**

4.2. PRZYZIEMIE

4.2.1. STROP NAD PRZYZIEMIEM (poz. +0,40)

- **Strop nad przyziemiem** wykonano jako strop gęstożebrowy DZ-3. Żebra stropu w konfiguracji mieszanej pojedynczej oraz podwójnej. Lokalnie w miejscach przebieg i szachtów instalacyjnych, strop wykonano jako żelbetową płytę monolityczną grubości 8cm lub 10cm.

Założenia dotyczące stropów gęstożebrowych opisanych w PN-EN 15037-1 :

- wysokość żebrowych 60mm<h<500mm; h=200mm - warunek spełniony
- rozstaw żebrowych <100cm; b= 64cm - warunek spełniony

Typ stropu	Klasa odporności ogniowej
Systemy stropowe z nadbetonem konstrukcyjnym układanym na budowie (rys. 27):	
– z pustakami z tworzyw sztucznych*,	REI 30
– z pustakami betonowymi lub ceramicznymi,	REI 30
– z pełnymi blokami betonowymi lub ceramicznymi	REI 60
Systemy stropowe ze złożoną warstwą nadbetonu (rys. 28)	REI 30
Systemy stropowe z częściową warstwą nadbetonu (np. podłogi pływające) – rys. 29	REI 30
Systemy stropowe z belkami samonośnymi (rys. 30):	
– z pustakami z tworzyw sztucznych*,	REI 15
– z pustakami konstrukcyjnymi	REI 30
* W świetle obecnej wiedzy, dotyczącej zachowania pod działaniem ognia, te systemy stropowe stosuje się wyłącznie nad pomieszczeniami podlegającymi kontroli ciągłej. Wyższą klasę odporności ogniowej można uzyskać przez nałożenie tynku gipsowego na dolną powierzchnię stropu.	

Tabl.1 Klasy odporności ogniowej gęstożebrowych systemów stropowych wg PN-EN 15037-1

Zgodnie z wartościami wskazanymi w powyższej tabeli klasa odporności stropu wynosi REI30. W związku z brakiem mechanicznych systemów mocowań tynków (np. siatka stalowa Ledóchowskiego), tynki cementowo-wapienne nie powinny być traktowane jako materiał zwiększający odporność ogniową konstrukcji żelbetowych

Odporność pożarowa stropów:

- Strop monolityczny żelbetowy 8/10cm **REI30**
- Strop DZ-3 **REI30**

4.2.2. ELEMENTY KONSTRUKCYJNE PRZYZIEMIA

- **Ściany:**

Ściany przydylatacyjne w osiach P, T, U, oraz B` wykonano jako betonowe monolityczne. Dodatkowe wsparcie dla stropu stanowi ściana betonowa oddzielająca pomieszczenie archiwum bibliotecznego i korytarza.

Obudowa klatki schodowej w osiach U-V również wykonana w technologii betonowej monolitycznej.

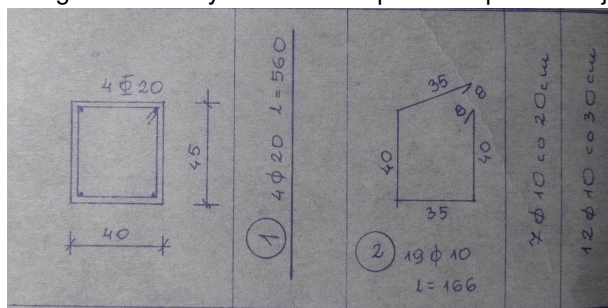
Tablica 3. Minimalne wymiary ścian nośnych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm] Grubość ściany / odległość środka ciężkości zbrojenia			
	$\alpha = 0,5$		$\alpha = 1,0$	
	ekspozycja z jednej strony	ekspozycja z dwóch stron	ekspozycja z jednej strony	ekspozycja z dwóch stron
1	2	3	4	5
REI 30	100/10	120/10	120/10	120/10
REI 60	110/10	120/10	130/10	140/10
REI 90	120/20	140/10	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

Podane powyżej minimalne grubości ścian odnoszą się również do ścian betonowych. Wobec czego określono klasę odporności ogniowej ścian nośnym przyziemia REI120.

Słupy żelbetowe:

W poziomie przyziemia występują słupy o przekroju poprzecznym 40x45cm. Zbrojenie wg poniższego szkicu. Wyznaczenie odporności pożarowej słupa metodą „A”;



Fot.26 Przekrój poprzeczny słupów przyziemia

Zbrojenie słupa 4Ø20mm $\rightarrow A_s = 4 \times 3,14 \text{ cm}^2 = 12,56 \text{ cm}^2$

Pole przekroju betonowego 40cmx45cm $\rightarrow A_c = 40 \text{ cm} \times 45 \text{ cm} = 1800 \text{ cm}^2$

Odległość od lica elementu do osi zbrojenia $\rightarrow a = (\text{otulina strzemienia}) 20 \text{ mm} + (\text{średnica strzemion}) \text{Ø}10 \text{ mm} + (\text{zbrojenie główne}) 0,5 \times \text{Ø}20 \text{ mm} = 35 \text{ mm}$

współczynnik redukcji obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi} = 0,50$

- długość efektywna słupa $l_{0,fi} < 4,0 \text{ m}$
- mimośród $e = M_{0,Ed,fi} / N_{0,Ed,fi} < e_{\max}$
- [pole powierzchni zbrojenia $A_s < 0,04 A_c$,

Dla słupa kondygnacji pośrednich:

$$l_{0,fi} = 0,5l = 0,5 \times 4,0 \text{ m} = 2,00 \text{ m}$$

Korzystając z zależności:

$$R = 120 \left(\frac{R_{\eta fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8}$$

$$R = 83 \left[1,00 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{(0,85 / \alpha_{cc}) + \omega} \right],$$

$$R_a = 1,60 (a - 30),$$

$$R_l = 9,60 (5 - l_{0,fi}),$$

$$R_b = 0,09 b',$$

$$R_n = 0 \text{ dla } n = 4 \text{ (tylko pręty narożne),}$$

$$R_n = 12 \text{ dla } n > 4,$$

a – odległość osiowa dla podłużnych prętów stalowych [mm], $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$,
 $l_{0,fi}$ – według opisu do wzoru (14); $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, dla $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$ bezpiecznie jest przyjmować $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$,

b' – równy $2A_c / (b + h)$ dla prostokątnych przekrojów poprzecznych lub średnicy dla kołowych przekrojów poprzecznych $200 \text{ mm} \leq b' \leq 400 \text{ mm}$, $h \leq 1,5 b$,

ω – stopień zbrojenia w warunkach temperatury normalnej $\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$,

α_{cc} – współczynnik wytrzymałości betonu na ściskanie (wg PN-EN 1992-1-1).

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

Beton $R_w = 170 \text{ atm} \rightarrow f_{ck} = 17,0 \text{ MPa}$

Stal $Q_r = 2500 \text{ atm} \rightarrow f_{yk} = 250 \text{ MPa}$

$$\mu_{fi} := 0.5$$

==> współczynnik redukcyjny w sytuacji
pożarowej

$$A_s := 12.56 \text{ cm}^2 \quad f_{yd} := \frac{f_{yk}}{1.15}$$

$$f_{yk} := 250 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} := \frac{f_{ck}}{1.4}$$

$$f_{ck} := 17 \text{ MPa} \quad b := 400 \text{ mm} \quad h := 450 \text{ mm}$$

$$l_0 := 4 \text{ m}$$

$$A_c := b \cdot h = 1800 \cdot \text{cm}^2$$

$$\alpha_{cc} := 1.0 \quad a := 35 \text{ mm} \quad l_{0,fi} := \max(0.5 \cdot l_0, 2 \text{ m}) = 2 \text{ m}$$

$$b' := 2 \cdot \frac{A_c}{b + h} = 423.529 \cdot \text{mm}$$

$$\omega := \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.125$$

$$R_{n,fi} := 83 \left[1.0 - \mu_{fi} \cdot \frac{(1 + \omega)}{\left(\frac{0.85}{\alpha_{cc}} \right) + \omega} \right] = 35.115$$

$$R_a := 1.6 \cdot \left(\frac{a}{\text{mm}} - 30 \right) = 8$$

$$R_l := 9.60 \left(5 - \frac{l_{0,fi}}{\text{m}} \right) = 28.8$$

$$R_b := 0.09 \cdot \frac{b'}{\text{mm}} = 38.118$$

$$R_n = 0 \quad \text{dla } n > 4 \text{ ilość prętów} \quad \text{dla } n=4 \quad R_n = 0$$

$$R_w := 120 \cdot \left(\frac{R_{n,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1.8} = 102.7$$

Dla słupów w poziomie przyziemia odporność pożarową oznaczono, na poziomie min.R102.

Belki żelbetowe:

Belka żelbetowa 45x50

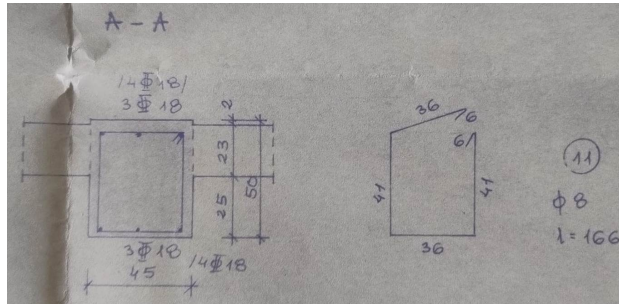
Belka żelbetowa monolityczna o wymiarach 45x50cm w układzie wieloprzęslowym. Na podstawie analizy dokumentacji archiwalnej stwierdza się że spełniony jest warunek:

$$A_{s,req(x)} = A_{s,req(0)} (1 - (2,5x/l_{eff}))$$

Dla

$$x=0,3l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,25A_{s,req0}$$

$$x=0,2l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,5A_{s,req0}$$



Fot.27 Przekrój poprzeczny belki przyziemia 45x50

Odległość środka ciężkości zbrojenia głównego od lica elementu $\rightarrow 45\text{mm} + 0,5 \cdot 18\text{mm} = 51\text{mm}$

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową belki w układzie wieloprzęslowym dla kombinacji b/a $\rightarrow 500\text{mm}/51\text{mm}$

Belka żelbetowa 55x50

Belka żelbetowa monolityczna o wymiarach 55x50cm w układzie wieloprzęslowym z przewieszeniem.

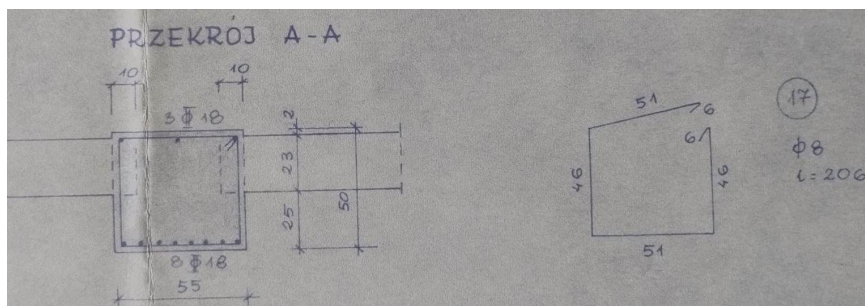
Na podstawie analizy dokumentacji archiwalnej stwierdza się że spełniony jest warunek:

$$A_{s,req(x)} = A_{s,req(0)} (1 - (2,5x/l_{eff}))$$

Dla

$$x=0,3l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,25A_{s,req0}$$

$$x=0,2l_{eff} \rightarrow A_{s,req} = 0,5A_{s,req0}$$



Fot.28 Przekrój poprzeczny belki przyziemia 55x50

Odległość środka ciężkości zbrojenia głównego od lica elementu $\rightarrow 20\text{mm} + 0,5 \cdot 18\text{mm} = 29\text{mm}$ (~30mm)

Z tablic odczytano minimalną odporność pożarową belki w układzie wieloprzęslowym dla kombinacji b/a $\rightarrow 550\text{mm}/30\text{mm}$

Tablica 11. Minimalne wymiary i odległości osiowe dla ciągłych belek żelbetowych i sprężonych

Standardowa odporność ogniowa	Minimalne wymiary [mm]							
	możliwe kombinacje szerokości belki b_{min} i średniej odległości osiowej a					grubość środnika b_w		
						klasa WA	klasa WB	klasa WC
R 30	b_{min} a	80 15	160 12	–	–	80	80	80
R 60	b_{min} a	120 25	200 12	–	–	100	80	100
R 90	b_{min} a	150 35	250 25	–	–	110	100	100
R 120	b_{min} a	200 45	300 35	450 35	500 30	130	120	120
R 180	b_{min} a	240 60	400 50	550 50	600 40	150	150	140
R 240	b_{min} a	280 75	500 60	650 60	700 50	170	170	160

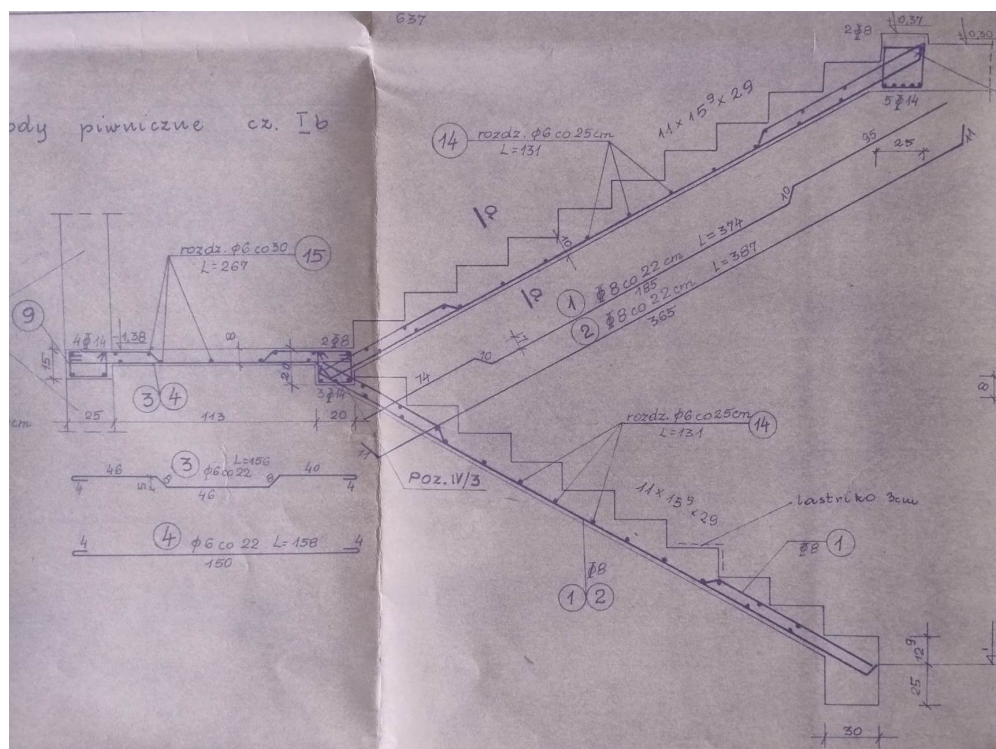
Na podstawie powyższych zależności określono odporność pożarową belek przyziemia na poziomie **R120**.

Klatka schodowa:

W poziomie między osiami U-V zlokalizowana jest klatka schodowa zapewniająca komunikację pionową z poziomem parteru.

Biegi schodowe płytowe monolityczne grubości 10cm

Spoczniki między piętrowy żelbetowy monolityczny grubości 8cm



Tablica 7. Minimalne wymiary przekroju żelbetowych płyt stropowych swobodnie podpartych

Klasa odporności ogniowej	Minimalne wymiary [mm]			
	grubość płyty h_s	odległość środka ciężkości zbrojenia a		
		zbrojenie 1-kierunkowe	zbrojenie 2-kierunkowe	
1	2		$l_y/l_x \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x \leq 2$
REI 30	60	10	10	10
REI 60	80	20	10	15
REI 90	100	30	15	20
REI 120	120	40	20	25
REI 180	150	55	30	40
REI 240	175	65	40	50

Z tablic odczytano klasę odporności ogniowej płyty grubości 8-10cm REI60.

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych przyziemia wynosi:

- Ściany żelbetowe i betonowe **min. REI120**
- Belki żelbetowe **min. R120**
- Słupy żelbetowe 40x45cm **min.R102**
- Biegi schodowe i spoczniki **min.REI60**

4.3. PARTER

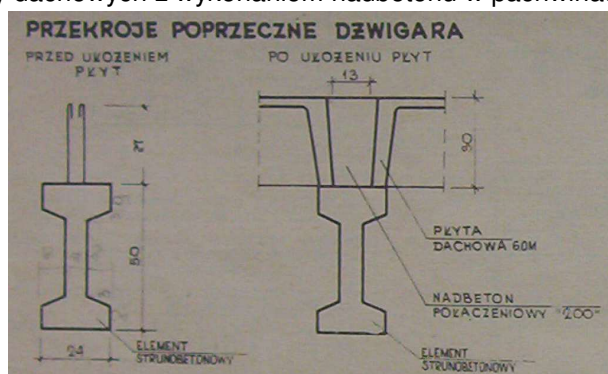
4.3.1. STROP NAD PARTEREM / STROPODACH

- Stropodach w osiach 1-2

Cześć stropu ograniczoną osiami 1-2 (część wyższa) wykonano z płyty dachowych żelbetowych, żebrowanych, panwiowych. Grubość płyty 30cm. Stropodach pełny niewentylowany pokryty papą, w spadku w kierunku północnym. Płyty żebrowane ułożone na górnych półkach dźwigarów dwuteowych strunobetonowych.

Z Katalogu Budownictwa : KB1–31.6.3 (12) odczytano klasę odporności ogniowej płyt żebrowanych D” 45 min.– **REI45**.

Dźwigary strunobetonowe SB-1-50/9 o szerokości 24cm oraz wysokości 50cm. Po ułożeniu płyty dachowych z wykonaniem nadbetonu w pachwinach płyt.



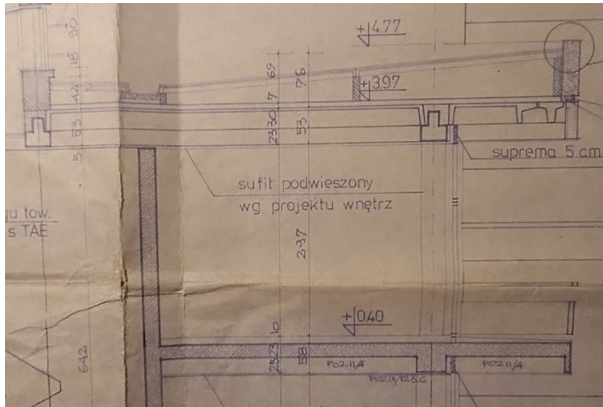
Fot.30 Przekrój poprzeczny dźwigara SB-1-50/9 w osiach 1-2

Z Katalogu Budownictwa : KB1–31.6.1.(5) – dźwigar rozpiętości 9,0m, odczytano klasę odporności ogniowej elementu „C” 60 min.– **R60**.

- Stropodach w osiach 2-3

Zadaszenie pawilonu w osiach 2-3 (część niska) wykonano z płyt korytkowych, żelbetowych, prefabrykowanych w układzie poprzecznym. Płyty korytkowe o wymiarach 60x300cm, 60x240cm. Płyty korytkowe opierają się na ażurowych ściankach wy murowanych z cegły. Ścianki ażurowe

wymurowano na płytach nośnych żebrowanych. Przy uwzględnieniu gładzi cementowej gr. 3,5cm odporność pożarowa płyt korytkowych wynosi 30min. Układ warstw stropodachu wentylowanego:



Fot.31 Układ warstw dachowych części niskiej w osiach 2-3

Odporność pożarowa dachu istniejącego wynosi:

- Dla poszycia z płyty korytkowych min.REI30
- Dla płyty żebrowanych panwiowych min.REI45

4.3.2. ELEMENTY KONSTRUKCJI PARTERU

- Ściany:

Przegrody zewnętrzne w osiach P, T, U oraz B` A wykonano jako murowane z pustaków gazobetonowych grubości 25-38cm REI120. Pozostałe ściany na parterze pełnią funkcje wypełniające, wydzielające pomieszczenia oraz będące obudowami szachów instalacyjnych.

- Słupy żelbetowe:

Główną konstrukcję nośną parteru stanowią prefabrykowane słupy żelbetowe, o oznaczenia S2 oraz S3 wg systemu SPH. Słupy o wymiarach 357x35x35 (słup S2) oraz 297x35x35 (słup S3).

Zbrojenie słupa 4Ø20mm → $A_s = 4 \times 3,14 \text{ cm}^2 = 12,56 \text{ cm}^2$

Pole przekroju betonowego 35cmx35cm → $A_c = 35 \text{ cm} \times 35 \text{ cm} = 1225 \text{ cm}^2$

Odległość od lica elementu do osi zbrojenia → $a = (\text{otulina strzemienia}) 10 \text{ mm} + (\text{średnica strzemion}) \text{Ø}10 \text{ mm} + (\text{zbrojenie główne}) 0,5 \times \text{Ø}20 \text{ mm} = 30 \text{ mm}$

współczynnik redukcyjny obciążenia obliczeniowego w sytuacji pożarowej przyjęto: $\mu_{fi} = 0,50$

Przeprowadzono analizę obliczeniową, dla metody A:

- długość efektywna słupa $l_{0,fi} < 4,0 \text{ m}$
- mimośród $e = M_{0,Ed,fi} / N_{0,Ed,fi} < e_{\max}$
- [pole powierzchni zbrojenia $A_s < 0,04 A_c$,

Dla słupa kondygnacji pośrednich:

$$l_{0,fi} = 0,5l = 0,5 \times 4,0 \text{ m} = 2,00 \text{ m}$$

Korzystając z zależności:

$$R = 120 \left(\frac{R_{\eta,fi} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1,8}$$

$$R = 83 \left[1,00 - \mu_{fi} \frac{(1 + \omega)}{(0,85 / \alpha_{cc}) + \omega} \right],$$

$$R_a = 1,60 (a - 30),$$

$$R_l = 9,60 (5 - l_{0,fi}),$$

$$R_b = 0,09 b',$$

$$R_n = 0 \text{ dla } n = 4 \text{ (tylko pręty narożne),}$$

$$R_n = 12 \text{ dla } n > 4,$$

a – odległość osiowa dla podłużnych prętów stalowych [mm], $25 \text{ mm} \leq a \leq 80 \text{ mm}$,
 $l_{0,fi}$ – według opisu do wzoru (14); $2 \text{ m} \leq l_{0,fi} \leq 6 \text{ m}$, dla $l_{0,fi} < 2 \text{ m}$ bezpiecznie jest przyjmować $l_{0,fi} = 2 \text{ m}$,

b' – równy $2A_c / (b + h)$ dla prostokątnych przekrojów poprzecznych lub średnicy dla kołowych przekrojów poprzecznych $200 \text{ mm} \leq b' \leq 400 \text{ mm}$, $h \leq 1,5 b$,

ω – stopień zbrojenia w warunkach temperatury normalnej $\omega = A_s f_{yd} / A_c f_{cd}$,

α_{cc} – współczynnik wytrzymałości betonu na ściskanie (wg PN-EN 1992-1-1).

$$\omega = \frac{A_s f_{yd}}{A_c f_{cd}}$$

Beton $R_w = 170 \text{ atm} \rightarrow f_{ck} = 17,0 \text{ MPa}$

Stal $Q_r = 2500 \text{ atm} \rightarrow f_{yk} = 250 \text{ MPa}$

$$\mu_{fi} = 0.5$$

==> współczynnik redukcyjny w sytuacji
pożarowej

$$4\#20 = 12,56 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 12,5 \text{ cm}^2 \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{1,15}$$

$$f_{yk} = 250 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,4}$$

$$f_{ck} = 17 \text{ MPa}$$

$$b = 350 \text{ mm} \quad h = 350 \text{ mm} \quad l_0 = 4 \text{ m}$$

$$A_c = b \cdot h = 1225 \cdot \text{cm}^2$$

$$\alpha_{cc} = 1.0 \quad a = 30 \text{ mm} \quad l_{0,fi} = \max(0.5 \cdot l_0, 2 \text{ m}) = 2 \text{ m}$$

$$b' = 2 \cdot \frac{A_c}{b + h} = 350 \cdot \text{mm}$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = 0.183$$

$$R_{n,fi} = 83 \left[1.0 - \mu_{fi} \cdot \frac{(1 + \omega)}{\left(\frac{0.85}{\alpha_{cc}} \right) + \omega} \right] = 35.472$$

$$R_a = 1.6 \cdot \left(\frac{a}{\text{mm}} - 30 \right) = 0$$

$$R_l = 9.60 \left(5 - \frac{l_{0,fi}}{\text{m}} \right) = 28.8$$

$$R_b = 0.09 \cdot \frac{b'}{\text{mm}} = 31.5$$

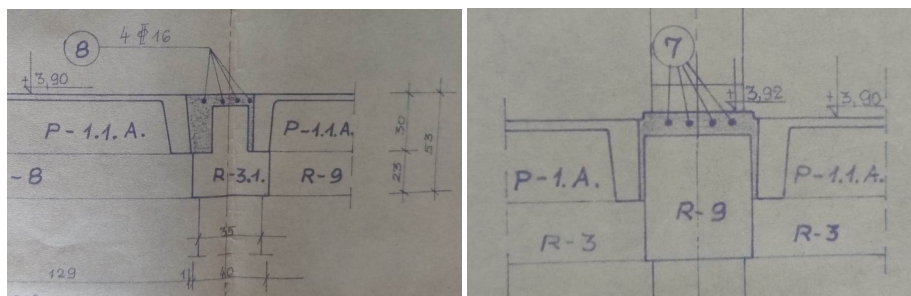
$$R_n = 0 \quad \text{dla } n=4 \text{ (ilość prętów)} \quad R_n = 0$$

$$R_{\text{ww}} = 120 \cdot \left(\frac{R_{\text{nf}} + R_a + R_l + R_b + R_n}{120} \right)^{1.8} = 79.2$$

Wg powyższych obliczeń wyznaczono odporność pożarową słupów na poziomie **R79**.

- **Belki żelbetowe:**

Wsparcie dla płyty stropodachu w osiach 2-3 stanowią belki żelbetowe o wymiarach 40x46cm (belki podłużne) oraz 38x46 (belki poprzeczne). Belki wykonane jako prefabrykowane uciągłone poprzez ułożenie dodatkowego zbrojenia górnego oraz wykonanie nadbetonu grubości ok. 8cm.



Fot.32 belki stropodachu w części niskiej

Z tablic odczytano min. odporność pożarową elementu (dla zbrojenia dolnego Ø18mm odległość środka ciężkości zbrojenia od lica belki $a = 20\text{mm} + 9\text{mm} \sim 29\text{mm}$).

W związku z brakiem możliwości zweryfikowania spełniania wymagań dotyczących uciąglenia zbrojenia, biorąc pod uwagę wymagania stawiane dla konstrukcji dachu budynków w klasie odporności pożarowej „B” (min. R30), przyjęto asekuracyjnie schemat belki żelbetowej swobodnie podpartej.

Standardowa odporność ogniowa	Minimalne wymiary [mm]							
	możliwe kombinacje szerokości belki b_{min} i średniej odległości osiowej a					grubość środnika b_w		
						klasa WA	klasa WB	klasa WC
R 30	b_{min} a	80 25	120 20	160 15	200 15	80	80	80
R 60	b_{min} a	120 45	160 35	200 30	300 25	100	80	100
R 90	b_{min} a	120 45	200 45	300 40	400 35	110	100	100
R 120	b_{min} a	200 65	240 60	300 55	500 50	130	120	120
R 180	b_{min} a	240 80	300 70	400 65	600 60	150	150	140
R 240	b_{min} a	280 90	350 80	500 75	700 70	170	170	160

Belki konstrukcji stropodachu spełniają z nadadkiem wymagania klasy pożarowej elementu R60.

Odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych parteru:

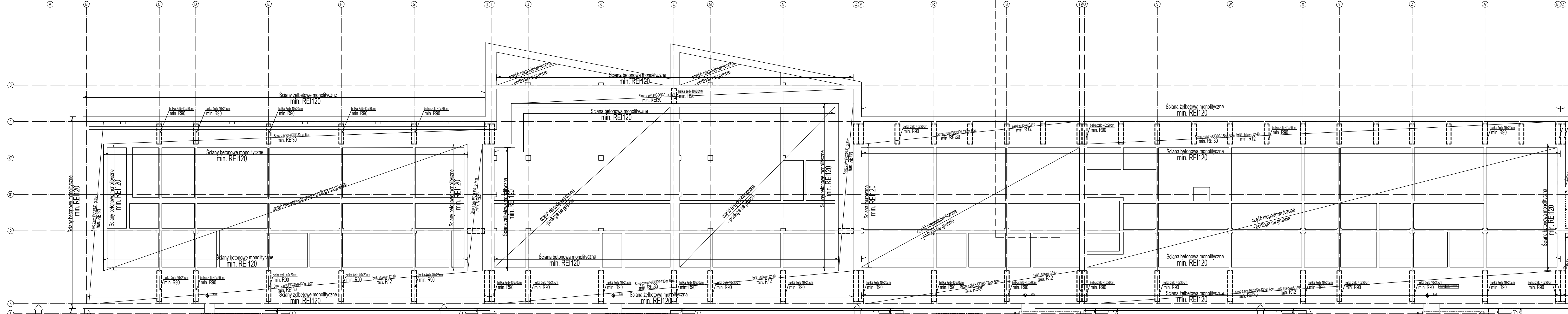
- Ściany murowane z gazobetonu **min. REI120**
- Słupy żelbetowe prefabrykowane **min. R79**
- Belka żelbetowe prefabrykowane **min. R60**
- Dźwigary strunobetonowe **min. R60**

Sporządził:
mgr inż. Daniel Guzierowicz
Nr upr. MAP/0267/POOK/08

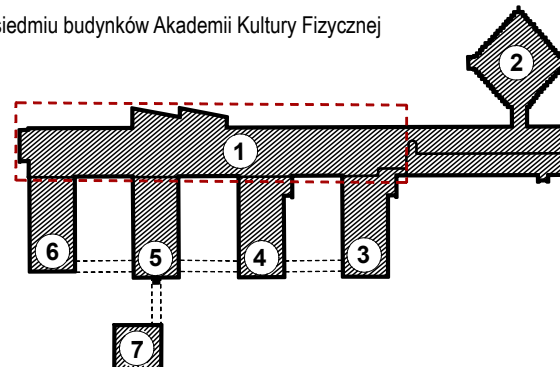
BUDYNEK GŁÓWNY

RZUT STROPU NAD KANAŁAMI

SKALA 1:150

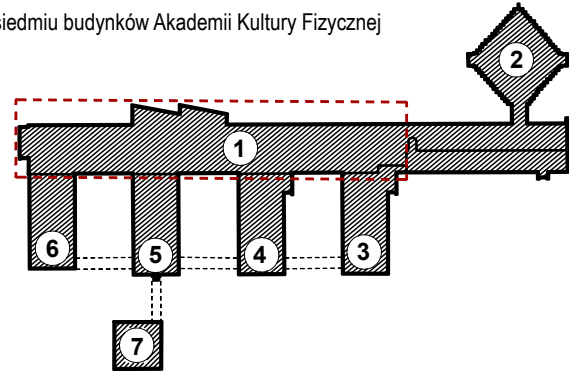


Kompleks siedmiu budynków Akademii Kultury Fizycznej



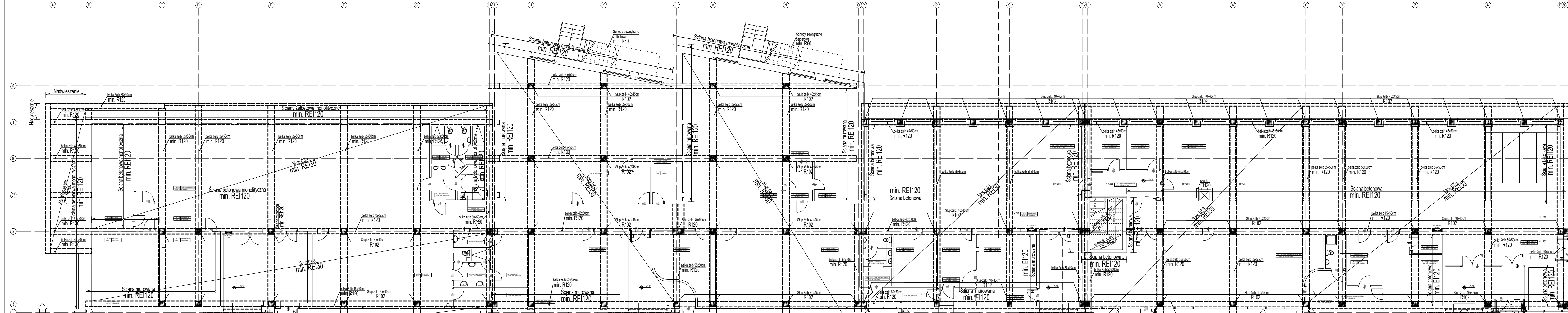
- Legenda:
- 1 - Budynek główny AKF
 - 2 - Aula
 - 3 - Pawilon I
 - 4 - Pawilon II
 - 5 - Pawilon III
 - 6 - Pawilon IV
 - 7 - Budynek komory termoklimatycznej
 - - Zakres opracowania

Jedn. projektowa:		TEKTONIKA ARCHITEKCI Sp. z o.o. Sp. k. ul. Biskupia 14/10 tel./fax: 12 412 48 14	
Inwestor:		AKADEMIA KULTURY FIZYCZNEJ im. Bronisława Czecha w Krakowie ul. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków	
Temat:		Rysunek:	
Prace przedprojektowe - wielobranżowa inwentaryzacja architektoniczna, wielobranżowa koncepcja, opracowanie programów funkcjonalno-użytkowych, ekspertyza p. poz., opinia geotechniczna, ekspertyzy konstrukcyjne itp. istniejącego kompleksu składającego się z połączonego budynku głównego (część A i B), budynków pawilonów nasłonecznionych I-IV i budynku Auli w Krakowie przy al. Jana Pawła II 78 w zakresie rozbudowy, przebudowy oraz dostosowania do obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych i p. pożarowych.		BUDYNEK GŁÓWNY OSIE A-B' odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych. Rzut stropu nad kanałami	
Branża:		Nr uprawnień:	
Opracował:		Podpis:	
mgr inż. DANIEL GUZIEROWICZ		MAP/0267/POOK/08	
		Skala:	
		1:150	
		Data:	
		2026	
		KWIECIEŃ	

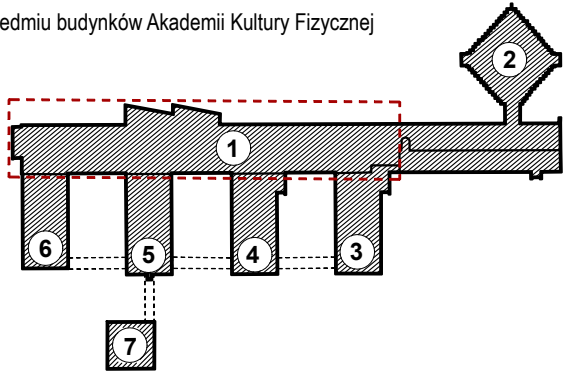
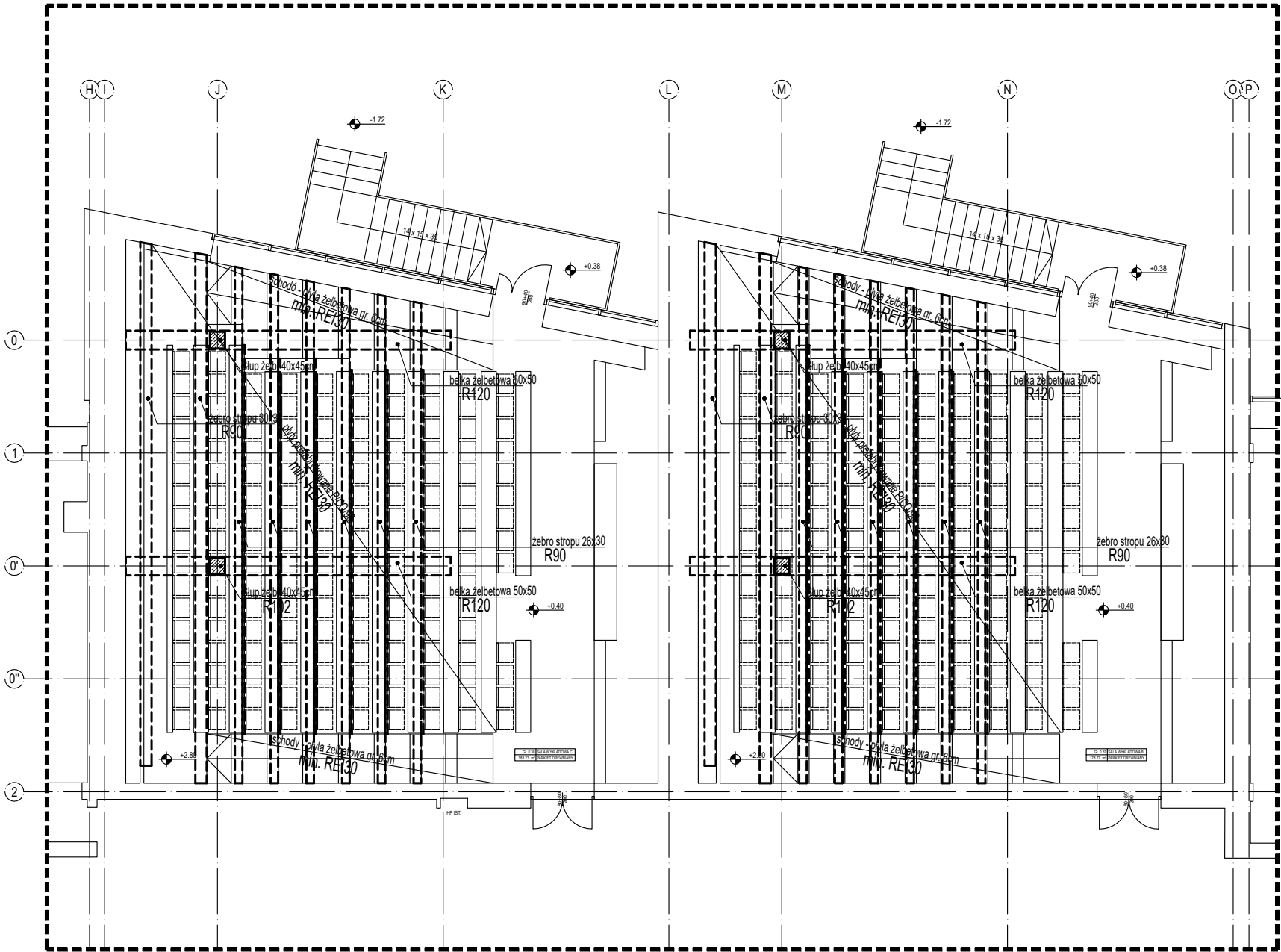


- Legenda:
1 - Budynek główny AKF
2 - Aula
3 - Pawilon I
4 - Pawilon II
5 - Pawilon III
6 - Pawilon IV
7 - Budynek komory termoklimatycznej
- - Zakres opracowania

BUDYNEK GŁÓWNY
RZUT STROPU NAD PRZYZIEMIEM
SKALA 1:150

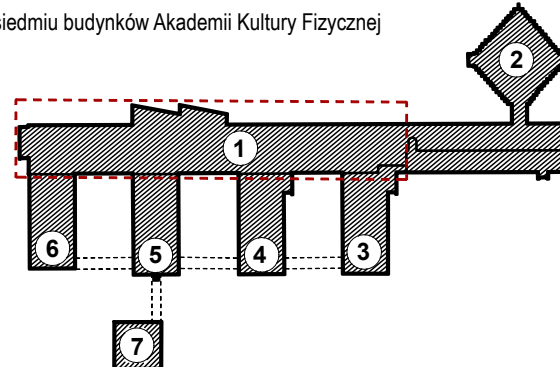


RZUT STROPU AMFITEATRALNEGO
SKALA 1:150



- Legenda:
- 1 - Budynek główny AKF
 - 2 - Aula
 - 3 - Pawilon I
 - 4 - Pawilon II
 - 5 - Pawilon III
 - 6 - Pawilon IV
 - 7 - Budynek komory termoklimatycznej
 - - Zakres opracowania

Jedn. projektowa:		TEKTONIKA ARCHITEKCI Sp. z o.o. Sp. k. ul. Biskupia 14/10 tel./fax: 12 412 48 14		
Inwestor:		AKADEMIA KULTURY FIZYCZNEJ im. Bronisława Czecha w Krakowie ul. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków		Faza proj: PK
Temat:		Rysunek:		Nr rys:
Prace przedprojektowe - wielobranżowa inwentaryzacja architektoniczna, wielobranżowa koncepcja, opracowanie programów funkcjonalno-użytkowych, ekspertyza p. poż., opinia geotechniczna, ekspertyzy konstrukcyjne itp. istniejącego kompleksu składającego się z połączonych: budynku głównego (część A i B), budynków pawilonów naukowo-dydaktycznych I-IV i budynku Auli w Krakowie przy al. Jana Pawła II 78 w zakresie rozbudowy, przebudowy oraz dostosowania do obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych i p. pożarowych.		BUDYNEK GŁÓWNY OSIE A-B` odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych.		EK-AB-03
		Rzut stropu amfiteatralnego		
Branża:	KONSTRUKCJA	Nr uprawnień:	Podpis:	Skala:
				1:150
Opracował:	mgr inż. DANIEL GUZIEROWICZ	MAP/0267/P00K/08		Data:
				2026 KWIECIEŃ

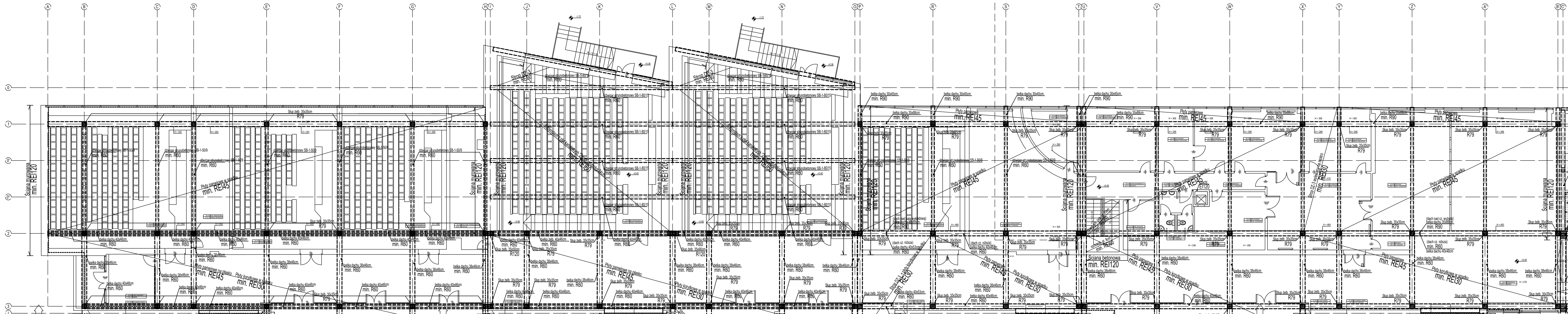


- Legenda:
1 - Budynek główny AKF
2 - Aula
3 - Pawilon I
4 - Pawilon II
5 - Pawilon III
6 - Pawilon IV
7 - Budynek komory termoklimatycznej
- - Zakres opracowania

RZUT STROPU NAD PARTEREM

SKALA 1:150

BUDYNEK GŁÓWNY



Jedn. projektowa:		TEKTONIKA ARCHITEKCI Sp. z o.o. Sp. k. ul. Biskupia 14/10 tel./fax: 12 412 48 14	
Investor:	AKADEMIA KULTURY FIZYCZNEJ im. Bronisława Czecha w Krakowie ul. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków		Faza proj:
Temat:	Rysunek:		Nr rys:
Prace przedprojektowe - wielobranżowa inwentaryzacja architektoniczna, wielobranżowa koncepcja, opracowanie programów funkcjonalno-użytkowych, ekspertyza p. poż., opinia geotechniczna, ekspertyzy konstrukcyjne itp. istniejącego kompleksu składającego się z połączonych: budynku głównego (część A i B), budynków pawilonów naukowo-dydaktycznych I-IV i budynku Auli w Krakowie przy al. Jana Pawła II 78 w zakresie rozbudowy, przebudowy oraz dostosowania do obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych i p. pożarowych.		BUDYNEK GŁÓWNY OSIE A-B' odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych. Rzut stropu nad parterem	
Branża:	KONSTRUKCJA	Nr uprawnień:	Podpis:
Opracował:	mgr inż. DANIEL GUZIEROWICZ	MAP/0267/POOK/08	Skala: 1:150 Data:
			2026 KWIECIEŃ

[illegible]

Na rysunku przedstawiono plan budynku Akademii Kultury Fizycznej. Budynek składa się z siedmiu budynków, które są numerowane od 1 do 7. Budynek 1 jest centralnym elementem, a pozostałe budynki (2, 3, 4, 5, 6, 7) są do niego dołączone. Budynek 2 jest oddzielony od 1 przez korytarz. Budynek 3 jest połączony z 1 przez korytarz. Budynek 4 jest połączony z 1 przez korytarz. Budynek 5 jest połączony z 1 przez korytarz. Budynek 6 jest połączony z 1 przez korytarz. Budynek 7 jest połączony z 1 przez korytarz.

Legenda:

- 1 - Budynek główny AKF
- 2 - Aula
- 3 - Pawilon I
- 4 - Pawilon II
- 5 - Pawilon III
- 6 - Pawilon IV
- 7 - Budynek komory termoklimatycznej
- - Zakres opracowania

Jedn. projektowa:		TEKTONIKA ARCHITEKCI Sp. z o.o. Sp. k. ul. Biskupia 14/10 tel./fax: 12 412 48 14	
Inwestor: AKADEMIA KULTURY FIZYCZNEJ im. Bronisława Czecha w Krakowie ul. Jana Pawła II 78, 31-571 Kraków		Faza proj: PK	
Temat: Prace przedprojektowe - wielobranżowa inwentaryzacja architektoniczna, wielobranżowa koncepcja, opracowanie programów funkcjonalno-użytkowych, ekspertyza p. poż., opinia geotechniczna, ekspertyzy konstrukcyjne itp. istniejącego kompleksu składającego się z połączonych: budynku głównego (część A i B), budynków pawilonów naukowo-dydaktycznych I-IV i budynku Auli w Krakowie przy al. Jana Pawła II 78 w zakresie robót, przebudowy oraz dostosowania do obowiązujących przepisów techniczno-budowlanych i p. pożarowych.		Rysunek: BUDYNEK GŁÓWNY OSIE A-B* odporność pożarowa elementów konstrukcyjnych. Rzut dachu	
Branża: KONSTRUKCJA		Nr uprawnień:	Podpis:
			Skala: 1:200
Opracował:	mgr inż. DANIEL GUZIEROWICZ	MAP/0267/POOK/08	Data: 2026 KWIECIEŃ