

**PROJEKT KONSTRUKCYJNY - WYKONAWCZY  
ADAPTACJI PODDASZA BUDYNKU GMACHU CHEMII „A”**

**Inwestor: Politechnika Gdańska**  
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-925 Gdańsk

**Adres obiektu: Budynek Chemii „A” Wydziału Chemicznego**  
ul. G. Narutowicza 11/12, 80-925 Gdańsk

Branża : konstrukcja

Zespół autorski :  
mgr inż. Antoni Kapuściński  
upr. proj. GT – III – 630/766/77

mgr inż. arch. Dorota Kurczalska  
upr. proj. Nr 6182/Gd/94  
PO - 0264, POM/BO/2580/01

mgr inż. arch. Tomasz Karpowicz

Gdańsk, marzec 2006

## ZAWARTOŚĆ OPRACOWANIA

### I. Opis techniczny (numeracja w dół opisu architektonicznego) (str. 3-4)

### II. Obliczenia statyczne do projektu architektoniczno – budowlanego modernizacji budynku Chemii „A” Politechniki Gdańskiej (str. 5-10)

### III. Rysunki konstrukcyjne

1. Rzut poddasza, część zachodnia i wschodnia rys. nr 1k
  2. Rzut konstrukcji stalowej, część zachodnia poziom +13,16 skala : 1:50 rys. nr 2k
  3. Rzut konstrukcji stalowej, część wschodnia poziom +13,16 skala : 1:50 rys. nr 3k
  4. Rzut konstrukcji stalowej, część zachodnia poziom +17,13 skala : 1:50 rys. nr 4k
  5. Rzut konstrukcji stalowej, część wschodnia poziom +17,13 skala : 1:50 rys. nr 5k
  6. Przekrój A-A, część zachodnia skala : 1:50 rys. nr 6k
  7. Przekrój A-A, część wschodnia skala : 1:50 rys. nr 7k
  8. Przekrój B-B, część zachodnia skala : 1:50 rys. nr 8k
  9. Przekrój B-B, część wschodnia skala : 1:50 rys. nr 9k
  10. Przekrój C-C skala : 1:50 rys. nr 10k
  11. Przekrój D-D skala : 1:50 rys. nr 11k
  12. Przekrój E-E skala 1:50 rys. nr 12k
  13. Detal A skala : 1:5 rys. nr 13k
  14. Detal A skala : 1:5 rys. nr 14k
  15. Detal B skala : 1:5 rys. nr 15k
  16. Detal C skala : 1:5 rys. nr 16k
  17. Detal D skala : 1:5 rys. nr 17k
  18. Rzut pomostów technicznych, część zachodnia poziom +17,13 skala : 1:50 rys. nr 18k
  19. Rzut pomostów technicznych, część wschodnia poziom +17,13 skala : 1:50 rys. nr 19k
  20. Sytuacja wentylatorni ZNW1, ZW2, rzut poddasza rys. nr 20k
  21. Rzut wentylatorni ZNW1 skala : 1:50 rys. nr 21k
  22. Przekrój F-F wentylatorni ZNW1 skala : 1:50 rys. nr 22k
  23. Rzut wentylatorni ZW2 skala : 1:50 rys. nr 23k
  24. Przekrój G-G wentylatorni ZW2 skala : 1:50 rys. nr 24k
  25. Przekrój H-H wentylatorni ZW2 skala : 1:50 rys. nr 25k
- Zestawienie stali

## **I. Opis techniczny**

### **1. Podstawa opracowania**

- 1.1. Porozumienie o wykonanie prac projektowych z dnia 09.02.2004 r.
- 1.2. Opinia techniczna nt. dachu budynku Chemii „A”, Kapuściński A., czerwiec 2004.
- 1.3. Ocena zabezpieczeń przeciwpożarowych dla budynku Chemii „A” Politechniki Gdańskiej, Szmytke T., czerwiec 2004,
- 1.4. Inwentaryzacja więźby dachowej budynku Chemii „A”, Karpowicz T., grudzień 2004.
- 1.5. Inwentaryzacja budynku Chemii „A”, Piątkowska K., czerwiec 2004.
- 1.6. Inwentaryzacja konstrukcyjno-budowlana budynku Chemii „A”, Karpowicz T., czerwiec 2004.
- 1.7. Pismo nr WZ-5595/38-1/3299/2005 z dnia 24 maja 2005 r. Komendy Wojewódzkiej Państwowej Straży Pożarnej w Gdańsku.

### **2. Przedmiot opracowania**

Przedmiotem opracowania jest adaptacja pomieszczeń poddasza budynku „Chemii A” na biura i pracownie komputerowe Wydziału Chemicznego Politechniki Gdańskiej

### **3. Ogólny opis adaptacji pomieszczeń poddasza budynku Chemii „A”.**

Poddasze podzielono na dwie wydzielone pożarowo części – zachodnią i wschodnią. Wschodnia część mieści pomieszczenia administracyjne, zachodnią powierzchnie poddasza zaadaptowane pod funkcję dydaktyczną – pracownie komputerowe. Planuje się wykorzystanie zabytkowej, drewnianej konstrukcji więźby dachowej w aranżacji wnętrz projektowanych pomieszczeń. Poszczególne pomieszczenia poddasza wydzielono ustawionymi na stałe ścianami szklanymi z przeziernego szkła bezpiecznego, hartowanego, bezramowego, mocowanego do konstrukcji stalowej punktowo, według przyjętych rozwiązań systemowych. Nad traktem korytarzowym zaprojektowano pomost techniczny z systemowych krat stalowych opartych na konstrukcji stalowej. Bezpośrednio pod kratą pomostu technicznego wydzielono przestrzeń, w której poprowadzi się przewidziane projektem instalacje. W pomieszczeniach nr 305 i 312 zaprojektowano szklany strop podwieszony. W toaletach, pomieszczeniu technika komputerowego i w archiwum zaprojektowano systemowe stropy podwieszone z płyt gipsowo-kartonowych o wym. 60 x 60 cm.

Projekt adaptacji poddasza zakłada demontaż dotychczasowej zabudowy wydzielającej poszczególne pomieszczenia strychu wg planu wyburzeń. W trakcie prac rozbiórkowych należy usunąć warstwę gruzu zalegającego na stropie drugiego piętra. Nośność oraz sztywność zasadniczych elementów stropu drugiego piętra – belki stropowe, dwuteowniki 180, podciąg, dwuteowniki 450, oraz ceglane sklepienia odcinkowe, jest wystarczająca do bezpiecznego,

zgodnego z obowiązującymi przepisami przeniesienia projektowanych ciężarów stałych oraz obciążeń użytkowych w wysokości  $3,0 \text{ kN/m}^2$ , przewidzianych dla sal dydaktycznych.

Nowoprojektowane ściany szklane osadzone są w stalowym szkielecie wykonanym z słupów z rur kwadratowych  $60 \times 60 \times 5$  ustawionych w osiach istniejących wiązarów pełnych drewnianej konstrukcji dachu, rozstawy ok.  $330 \text{ cm}$  (rys.2K - 5K).

Słupy przymocowane są do stalowych podwalin z dwuteowników 120 (detale A i B rys.13K- 15K) ułożonych na betonowych słupkach,  $25 \times 25 \text{ cm}$  ustawionych na stalowych podciągach, dwuteowniki 450. Górne powierzchnie betonowych słupków dokładnie wypoziomować po ostatecznym ustaleniu poziomu podłogi w pomieszczeniach poddasza (projektowany poziom podłogi poddasza  $+13,20 \text{ m}$ ). Słupy stalowe przechodzą pomiędzy kleszczami gdzie należy je zaklinować dębowymi klockami - klinami (detal C rys.16K), zaś górą są przymocowane do zastrzału ( $18/18 \text{ cm}$ ) wiązara dachowego (detal D rys 17K) za pomocą kwadratowej rury  $75 \times 75 \times 5$  osadzonej na górnym, swobodnym, końcu słupa a następnie przykręconej 4 wkrętami do zastrzału.

Na słupach oparte są stalowe rygle, dwuteowniki 120 (górną stopkę na poziomie ok.  $17,13 \text{ m}$ ), przymocowane do słupów za pomocą pionowych blach (płaskownik  $5 \text{ mm}$ ) oraz śrub  $2 \text{ M } 10$  klasy 5,6.

Na dolnych półkach rygli spoczywają pomosty techniczne wykonane z typowych elementów np. krat pomostowych z płaskowników wysokości  $30 \text{ mm}$  (lub panele z blachy ryflowanej). Elementy pomostów powinny przenosić obciążenie użytkowe w minimalnej wysokości  $1,2 \text{ kN/m}^2$ , lub siłę skupioną min.  $1 \text{ kN}$ . Pomosty należy montować przed ostatecznym przykręceniem dwuteowych rygli do słupów, śruby powinny być odpowiednio dłuższe by można je było poluzować przed ułożeniem pomostów.

W poziomie  $16,40 \text{ m}$  zamontowane są rygle z dwuteowników 100, do których zamocowane będą szklane ściany oraz, do których zostanie podwieszony sufit z elementów gipsowo kartonowych. W kierunku poprzecznym projektowana konstrukcja (szkielet) usztywniany jest belkami, dwuteowniki 120. Stalowy szkielet zaprojektowano ze stali St3S. Stal należy zabezpieczyć powłokami malarskimi przed korozją.

Istniejącą ścianą klatki schodowej na poddaszu ( grubość  $25 \text{ cm}$ ) należy rozebrać. Nową ścianę, gr.  $12 \text{ cm}$  ( przesuniętą dla powiększenia spocznika); można ustawić na podciągu wpuszczonym w wykutą w posadzce bruzdę. Zaprojektowano podciąg z 2 dwuteowników 120 HEB (St3S) Ścianę, w poziomie stropu nad klatką schodową, zwieńczyć dwuteownikiem 180.

Opracował:

Mgr inż. Antoni Kapuściński

## II. Obliczenia statyczne do projektu budowlanego adaptacji na cele dydaktyczne poddasza budynku Chemii „A” Politechniki Gdańskiej.

### 1. Poddasze korpusu głównego

Adaptacja poddasza na sale dydaktyczne.

#### 1.0 Założenia do projektu adaptacji poddasza

Obciążenia użytkowe :- pomosty -1,2 kN/m<sup>2</sup>  
 - sale seminaryjne -3,0 kN/m<sup>2</sup>

Obciążenia stałe: -na podstawie inwentaryzacji budowlanej,  
 - na podstawie projektu architektonicznego.

#### 1.1 Belki podłużne pomostu nad kleszczami wieźby dachowej

max. rozpiętość ok. 3,50 m, szerokość pomostu 1,40 m

obciążenia:

ściana kartonowo – gipsowa, wys. 2,0 m	2,0 x 0,50 = 1,0 kN/mb	1,2	1,20 kN/mb
pomost	0,7 x 0,40 = 0,28 kN/mb	1,1	0,31 kN/mb
instalacje	= 0,50 kN/mb	1,3	0,65 kN/mb
obciążenia użytkowe	0,7 x 1,20 = 0,84 kN/mb	1,4	1,18 kN/mb
	= 2,64 kN/mb	1,27	3,34 kN/mb

$$M = 0,125 \times 2,64 \times 3,50 = 4,04 \text{ kNm} \quad | 1,27 | \quad 5,13 \text{ kNm}$$

Stal St 3S  $f_d = 21,5 \text{ kN/cm}^2$ . Ugięcie graniczne  $L/250$ ,  $\alpha = 12,7$

$$W \geq 513 : 21,5 \approx 24,0 \text{ cm}^3, \quad J \geq 12,7 \times 4,04 \times 3,50 = 179,5 \text{ cm}^4$$

Przyjęto dwuteownik 120 PE  $J_x = 318 \text{ cm}^4$ ,  $W_x = 53 \text{ cm}^3$ ,  $i_y = 1,45 \text{ cm}$   
 $b = 64 \text{ mm}$ ,  $t_f = 0,63 \text{ mm}$

Weryfikacja belki na zwężenie  $\beta = 1,0$   
 $\lambda_L = 0,015(350 \times 12 : 6,4 \times 0,64)^{0,5} = 1,45$   $\varphi_L = 0,45$

$$\sigma = 513 / 53 \times 0,45 = 21,509 \text{ kN/cm}^2 \approx f_d = 21,5 \text{ kN/cm}^2$$

Obliczenie łączników – przyjęto sruby 2M10 klasy 5.6

$$\text{Reakcja } 0,5 \times 3,34 \times 3,50 = 5,85 \text{ kN}$$

$$\text{Nośność na ścianie } N_t = 2 \times 17,7 = 35,4 \text{ kN}$$

$$\text{Nośność na docisk } N_d = 2 \times 0,44 \times 1,0 \times 1,25 \times 21,5 = 23,6 \text{ kN}$$

#### 1.2 Słup i wysokość ok. 3,80 m

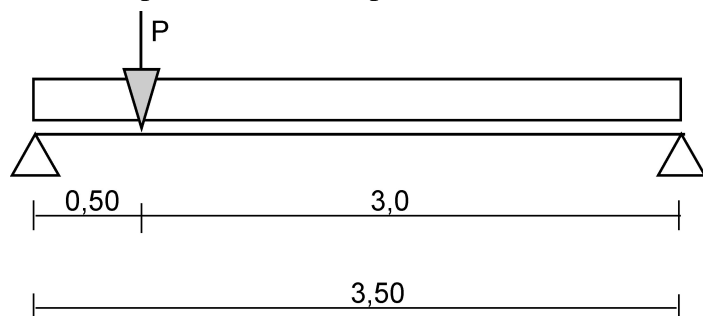
$$\text{Siła w słupie } 3,34 \times 3,50 = 11,70 \text{ kN}$$

$$\text{przyjęto rurę } 60 \times 60 \times 4 \quad A = 8,26 \text{ cm}^2, \quad i = 2,24 \text{ cm}$$

$$\lambda = 380/2,24 = 169,6 \quad \lambda/\lambda_p = 169,6/84 = 2,02 \quad \varphi = 0,231$$

$$N = 8,26 \times 0,231 \times 21,5 = 41,02 \text{ kN} > 11,70 \text{ kN}$$

### 1.3 Belka podwalinowa, rozpiętość ok 3,50 m



obciążenia :

a) słup  $P = 2,64 \times 3,50 = 9,24 \text{ kN} / 1,27 / 11,76 \text{ kN}$

b) ściana działowa wysokość 3,10 m

ściana	$\sim 0,4 \times 3,10 = 1,24 \text{ kN/mb}$	1,2	1,48 kN/mb
belka	$= 0,20 \text{ kN/mb}$	1,1	0,22 kN/mb
	1,44 kN/mb	1,18	1,70 kN/mb

$$R_{Bk} = (9,24 \times 0,5) : 3,50 + 1,44 \times 1,75 = 3,84 \text{ kN} \quad \gamma_f = 1,22$$

$$R_B = (12,0 \times 0,5) : 3,50 + 1,70 \times 1,75 = 4,69 \text{ kN}$$

$$\text{Max } M = 4,69^2 / 2 \times 1,70 = 6,47 \text{ kNm}$$

$$W \geq 647/21,5 = 30,1 \text{ cm}^3$$

$$J \geq (12,20 \times 6,47 \times 3,50) : 1,22 = 226,5 \text{ cm}^4$$

przyjęto dwuteownik 120 PE  $W = 53 \text{ cm}^3$ ,  $J = 318 \text{ cm}^4$

### 1.4 Istniejąca belka stropowa dwuteownik 180

rozpiętość belek  $3,30 \div 4,0 \text{ m}$ , rozstaw belek ok. 1,25 m

obciążenia: istniejące + projektowane

strop odcinkowy	$0,12 \times 15,0 \times 1,03 = 1,85 \text{ kN/m}^2$	1,2	2,22 kN/m <sup>2</sup>
tynek	$= 0,30 \text{ kN/m}^2$	1,3	0,39 kN/m <sup>2</sup>
dwuteownik 180	$0,22 : 1,25 = 0,18 \text{ kN/m}^2$	1,1	0,19 kN/m <sup>2</sup>
obciążenie użytkowe	$= 3,00 \text{ kN/m}^2$	1,3	3,90 kN/m <sup>2</sup>
projektowane warstwy posadzki	$= 2,22 \text{ kN/m}^2$	1,3	2,60 kN/m <sup>2</sup>

7,33 kN/m <sup>2</sup>	1,27	9,30 kN/m <sup>2</sup>
------------------------	------	------------------------

$$M = 0,125 \times 7,33 \times 4,0^2 \times 1,25 = 18,32 \text{ kNm}$$

Stal StO  $f_d = 17,5 \text{ kN/cm}^2$ , ugięcie graniczne  $L/250$ ,  $\alpha = 12,70$

dwuteownik 180  $W_x = 161 \text{ cm}^3$ ,  $J_x = 1446 \text{ cm}^4$

$$\sigma = (1832 \times 1,27) : 161 = 14,45 \text{ kN/cm}^2 < f_d = 17,5 \text{ kN/m}^2$$

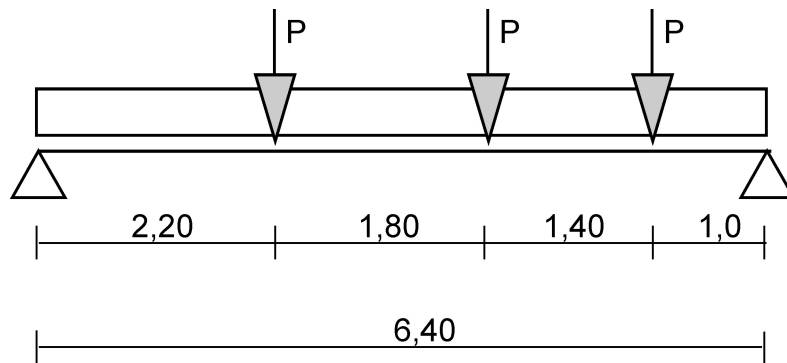
$$J \geq 12,70 \times 18,32 \times 4,0 = 930 \text{ cm}^4 < J = 1446 \text{ cm}^4$$

### 1.5 Podciąg dwuteownik 450

rozpiętość podciagu  $l_t = 1,05 \times 6,1 = 6,40 \text{ m}$ ,

rozstaw podciągów ok. 3,30 – 3,60 m

Schemat statyczny



obciążenia:

a) strop

z poz. 1.4	$7,33 \times 3,60 = 26,39 \text{ kN/mb}$	1,27	33,51 kN/mb
------------	--	------	-------------

dwuteownik 450	$= 1,15 \text{ kN/mb}$	1,1	1,27 kN/mb
----------------	------------------------	-----	------------

	$= 27,54 \text{ kN/mb}$	1,266	34,88 kN/mb
--	-------------------------	-------	-------------

b) siła w słupie więźby dachowej

- rozstaw więzarów ok. 3,50 m
- rozpiętość więzarów ok. 8,80m

Przyjęto, że obciążenie z płatwi kalanicowej przejmują zastrzały a na słup przypada obciążenie z płatwi pośredniej – z pasma szerokości około 2,20m.

Całkowite obciążenie: ciężar połaci, ocieplenie, wiatr i śnieg.

$$g + g_d + s + w = 2,76 \text{ kN/m}^2 / 1,24 / 3,43 \text{ kN/m}^2$$

$$P_1 = 2,76 \times 3,50 \times 2,20 = 21,5 \text{ kN} / 1,24 / 26,35 \text{ kN}$$

c) pomost stalowy + ściana szklana

z poz. 1.3	$1,44 \times 3,50 = 5,04 \text{ kN}$	1,18	5,95 kN
słup stalowy	$= 9,24 \text{ kN}$	1,27	11,76 kN
	$P_2 = 14,28 \text{ kN}$	1,24	17,71 kN

$$R_B = 0,5 \times 6,4 \times 34,88 + [26,35 \times 2,20 + 17,71 (4,0 + 5,40)] : 6,40 = 146,68 \text{ kN}$$

$$x = (146,68 - 2 \times 17,71) : 34,88 = 3,19 \text{ m}$$

$$M_{\max} = 146,68 \times 3,19 - 17,71 (2,19 + 0,79) - 34,88 \times 0,5 \times 3,19^2 = 237,66 \text{ kNm}$$

$$\text{dwuteownik } 450 \quad W = 20370 \text{ cm}^3, \quad J = 45852 \text{ cm}^4$$

$$\text{Stal StO} \quad f_d = 17,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$\sigma = 23766 / 2037 = 11,67 \text{ kN/cm}^2 < f_d = 21,5 \text{ kN/cm}^2$$

$$\text{ugięcie graniczne } L/350 \quad \alpha = 17,78$$

$$J \geq 17,78 \times 237,66 \times 6,40 : 1,25 = 21635 \text{ cm}^4 < J = 45852 \text{ cm}^4$$

#### 1.6. Belki pod wentylator ZNW1

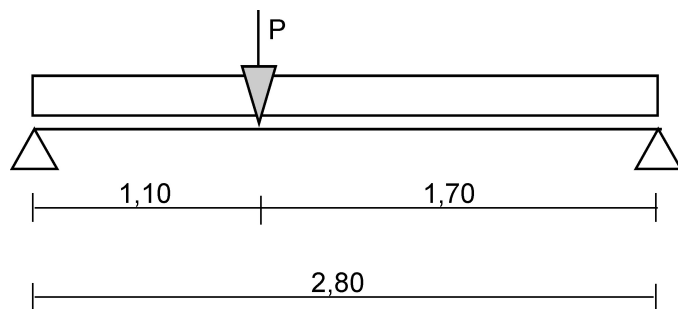
wymiary wentylatora: dł.250cm, szer. 101,5cm, wys. 162cm

masa wentylatora 890 kg

Pod wentylatorem zaprojektowano 3 belki z dwuteowników 100 ułożonych w rozstawach 1,10m, rozpiętość belki ok. 2,70m.

Obciążenie przypadające na dźwigar środkowy

$$P = 0,5 \times 8,9 \approx 4,5 \text{ kN} \quad / 1,3 / 5,85 \text{ kN}$$



$$\max M \approx (4,5 \times 1,1 \times 1,7) : 2,7 = 3,12 \text{ kNm} \quad / 1,3 / 4,05 \text{ kNm}$$

$$\text{Stal St3S} \quad f_d = 21,5 \text{ kN/cm}^2, \quad \text{ugięcie graniczne } L/350 \quad \alpha = 17,8$$

$$W \geq 405 / 21,5 = 18,8 \text{ cm}^3, \quad J \geq 17,8 \times 3,12 \times 2,70 = 150,0 \text{ cm}^4,$$

$$\text{Przyjęto dwuteownik } 100\text{PE} \quad W_x = 34,2 \text{ cm}^3, \quad J_x = 171 \text{ cm}^4.$$

#### 1.7. Belki pod wentylator ZW2



Wymiary urządzenia : dł. 290cm, szer.162cm, wys.148cm.

Masa urządzenia 1250 kg

Przyjęto 3 belki, dwuteowniki 140, w rozstawie 78cm, rozpiętość belek ok..4,20m.

Obciążenie na belkę środkową

$$(12,50 \times 0,5): 2,9 = 2,16 \text{ kN/mb} \quad /1,3 / 2,81 \text{ kN/mb}$$

$$M = 0,125 \times 2,16 \times 4,20^2 = 4,76 \text{ kNm} \quad / 1,3 / 6,19 \text{ kNm}$$

Stal St3S  $f_d = 21,5 \text{ kN/cm}^2$ , ugięcie graniczne  $L/350 \quad \alpha = 17,8$

$$W \geq 619 / 21,5 = 28,8 \text{ cm}^3, \quad J \geq 17,8 \times 4,76 \times 4,20 = 355,9 \text{ cm}^4.$$

$$\text{Dwuteownik 140 PE} \quad W = 77,3 \text{ cm}^3, \quad J = 541 \text{ cm}^4.$$

### 1.8. Belka stropowa nad klatką schodową

rozpiętość ok. 4,20m , obciążenie z pasma ok.1,30m

$$\text{płyta żelbetowa } 0,08 \times 24,0 \times 1,3 = 2,50 \text{ kN/mb} \quad /1,1/ 2,75 \text{ kN/mb}$$

$$\text{ocieplenie + tynk} \quad 1,0 \times 1,3 = 1,30 \quad // \quad /1,3/ 1,69 \quad //$$

$$\text{obciążenie użytkowe } 1,2 \times 1,3 = 1,56 \quad // \quad /1,4/ 2,18 \quad //$$

$$\text{dwuteownik 180} \quad = \underline{0,22} \quad // \quad /1,1/ 0,24 \quad //$$

$$5,58 \quad // \quad /1,23/ 6,86 \quad //$$

$$M_{\max} = 0,125 \times 5,58 \times 4,20^2 = 12,30 \text{ kNm} \quad /1,23/ 15,13 \text{ kNm}$$

Stal St3S  $f_d = 21,5 \text{ kN/cm}^2$ , ugięcie graniczne  $L/250 \quad \alpha = 12,7$

$$W \geq 1513 / 21,5 = 70,4 \text{ cm}^3, \quad J \geq 12,7 \times 12,3 \times 4,20 = 656,1 \text{ cm}^4.$$

$$\text{Dwuteownik 160PE} \quad W = 109 \text{ cm}^3, \quad J = 869 \text{ cm}^4.$$

Można wykorzystać istniejący dwuteownik 170 z rozbiórki stropu.

### 1.9. Belka pod ścianą klatki schodowej gr.12cm i wysokości 4,5m

Rozpiętość belki ok. 4,20m, przyjęto 2 dwuteowniki 120HEB

$$\text{ściana gr.12cm} \quad 0,12 \times 18,0 = 2,16 \text{ kN/m}^2 \quad /1,1/ 2,38 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{tynk} \quad 0,30 \times 19,0 = \underline{0,57} \quad // \quad /1,3/ 0,74 \quad //$$

$$2,73 \quad // \quad /1,143/ 3,12 \quad //$$

$$\text{Ściana 12cm} \quad 2,73 \times 4,5 = 12,29 \text{ kN/mb} \quad /1,143/ 14,04 \text{ kN/mb}$$

$$\text{Ściana gip.kart.} \quad 0,50 \times 2,5 = 1,25 \quad // \quad /1,2/ 1,50 \quad //$$

$$\text{Strop poz.1.8} \quad 5,58 \times 0,5 : 1,3 = 2,15 \quad // \quad /1,23/ 2,64 \quad //$$

$$\text{2 dwut.120HEB} \quad = \underline{0,54} \quad // \quad /1,1/ 0,60 \quad //$$

$$16,24 \quad // \quad /1,156/ 18,78 \quad //$$

$$M = 0,125 \times 16,24 \times 4,20^2 = 35,81 \text{ kNm} \quad /1,156/ 41,40 \text{ kNm}$$

Stal St3S  $f_d = 21,5 \text{ kN/cm}^2$ , ugięcie graniczne  $L/250 \quad \alpha = 12,7$

$$W \geq 4140 / 21,5 = 192,5 \text{ cm}^3, \quad J \geq 12,7 \times 35,81 \times 4,20 = 1910 \text{ cm}^4.$$

$$\text{2 dwuteowniki 120HEB} \quad W = 2 \times 144 = 288 \text{ cm}^3, \quad J = 2 \times 864 = 1728 \text{ cm}^4.$$

Ze względu na niewielki niedobór sztywności belki w ścianę 12cm , w poziomie stropu nad korytarzem należy wbudować np. dwuteownik 160 PE.

Obliczenia sporządził:  
Mgr inż. Antoni Kapuściński  
Gdynia, styczeń 2006