




ORZECZENIE TECHNICZNE

dotyczące stanu komina stalowego wysokości 60m
usytuowanego na terenie Szpitala Wojewódzkiego w Zamościu,
zlokalizowanego przy ul. Legionów 10 w Zamościu.

INWESTOR: NETWORKS Sp. z o.o.
ul. Kasprzaka 18/20
01-211 Warszawa

ZLECENIODAWCA: ELTEL Networks Telecom Sp. z o.o.
ul. Żupnicza 17
03-821 Warszawa

Opracował:	dr inż. Jerzy Pakuła Rzecznik budowlany	
------------	--	--

Niniejsze opracowanie podlega przepisom Prawa Autorskiego i może być kopiowane jedynie w całości.

Łódź, czerwiec 2014

Compact Projekt Sp. z o.o. 90-030 Łódź, ul. Nowa 29/31 tel. +4842 676-76-99
e-mail: biuro@compactprojekt.pl NIP 728-000-84-13 KRS 0000107205

SPIS ZAWARTOŚCI OPRACOWANIA

I. Część opisowa

1. Dane ogólne
 - 1.1. Przedmiot opracowania
 - 1.2. Cel i zakres opracowania
 - 1.3. Wykorzystana dokumentacja i materiały pomocnicze
 - 1.4. Wizje lokalne
2. Opis konstrukcji obiektu
 - 2.1 Opis ogólny
 - 2.2. Opis szczegółowy
 - 2.2.1. Komin – stan istniejący
 - 2.2.2. Konstrukcje wsporcze pod anteny
3. Stan komina
 - 3.1. Opis oględzin i wyniki sprawdzenia naciągu lin (odciągów)
 - 3.2. Wyniki i analiza pomiarów grubości elementów stalowych komina
 - 3.2.1. Trzon usztywniający
 - 3.2.2. Przewody spalinowe
 - a) Przewód węglowy – oznaczony nr 1 na rys. nr 3
 - b) Przewód gazowy – oznaczony nr 2 na rys. nr 3
 - c) Przewód rezerwowy – oznaczony nr 3 na rys. nr 3
 - 3.3. Stan konstrukcji wsporczych pod anteny
 - 3.4. Elementy wyposażenia komina
 - 3.5. Opis oględzin elementów żelbetowych komina
4. Obliczenia sprawdzające
5. Wnioski i zalecenia
 - 5.1. Wnioski
 - 5.2. Zalecenia

II. Załączniki

1. Załącznik nr 1. Dokumentacja fotograficzna
2. Załącznik nr 2. Rozmieszczenie miejsc i wyniki pomiarów grubości przewodów
3. Załącznik nr 3. Obliczenia sprawdzające – obciążenia i ważniejsze wyniki obliczeń

1. Dane ogólne

1.1. Przedmiot opracowania

Przedmiotem opracowania jest czynny, wieloprzewodowy komin stalowy wysokości $H = 60.0$ m, z trzonem nośnym średnicy $D_z = 813$ mm posiadającym dwa poziomy odciągów. Komin usytuowany na terenie Szpitala Wojewódzkiego w Zamościu przy ul. Legionów 10, wykorzystywany jest obecnie dodatkowo jako konstrukcja wsporcza pod anteny telefonii cyfrowej kilku operatorów – w tym sieci T-Mobile oznaczonej nr 85995.

1.2. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest ocena aktualnego stanu technicznego komina oraz określenie możliwości i warunków jego dalszego użytkowania.

Zakres obejmuje wykonanie oględzin stanu komina i pomiarów grubości przewodów, wykonanie analizy stanu bezpieczeństwa obiektu oraz opracowanie wniosków, a także sporządzenie dokumentacji fotograficznej.

1.3. Wykorzystana dokumentacja i materiały pomocnicze

W opracowaniu wykorzystano:

- dok.1.** Projekt przebudowy komina stalowego 3-przewodowego $H=60m$, $D=3 \times 0,9m$ usytuowanego na terenie Szpitala Wojewódzkiego im. Jana Pawła II w Zamościu wykonany przez BISTYP Warszawa w czerwcu 1994r. Autor projektu – inż. M. Stawarz.
- dok.2.** Ekspertyza stanu technicznego komina trójprzewodowego o wys. 60m przy budynku kotłowni Szpitala Wojewódzkiego w Zamościu, wykonana przez Biuro Projektowo-Budowlane PLANEX w Zamościu w czerwcu 2009r. Autor opracowania – mgr inż. S. Plechowski.
- dok.3.** Ekspertyza dotycząca aktualnego stanu technicznego komina stalowego usytuowanego w Zamościu, przy ul. Legionów 10 sporządzona przez Biuro Badawczo-Consultingowe w Warszawie w czerwcu 2013 r. Autor opracowania – mgr inż. J. Mraak
- dok.4.** Projekt techniczny NetWorks - WZA_Zamość_Legionów 10/95995 sporządzony przez ATEM – Polska Sp. z o.o. w marcu 2014r. Autor projektu – mgr inż. W Skrzypczak.

- dok.5. Norma PN-93/B-03201 Konstrukcje stalowe – Kominy – Obliczenia i projektowanie
- dok.6. Norma PN-90/B-03200 listopad 1998. Konstrukcje stalowe – Obliczenia styczne i projektowanie.
- dok.7. Norma PN-77/B-02011 – Obciążenia w obliczeniach statycznych – Obciążenie wiatrem
- dok.8. Norma PN-77/B-02011:1977/Az1:lipiec 2009 – Obciążenia w obliczeniach statycznych – Obciążenie wiatrem
- dok.9. „Konstrukcje stalowe. Kominy, wieże, maszty” Kazimierz Rykaluk – Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej 2004r.
- dok.10. „Konstrukcje metalowe” – cz. II. M.Łubiński, W.Żułtowski. ARKADY - 2004

1.4. Wizje lokalne

Autor opracowania przeprowadził wizję lokalną w dniu 19 maja 2014r. w trakcie której zostały wykonane oględziny konstrukcji komina, wykonano pomiary grubości 3 sztuk przewodów spalinowych oraz rdzenia nośnego komina, pomiary naciągu lin odciągów oraz sporządzono dokumentację fotograficzną.

2. Opis konstrukcji obiektu

2.1 Opis ogólny

Komin będący przedmiotem opracowania został zaprojektowany jako przestrzenny układ samonośny, składający się z trzech przewodów o średnicy 0,9m i wysokości 60,0m, rozmieszczonych na wierzchołkach trójkąta równoramiennego o podstawie 2,0m i wysokości 1,60m, połączonych w trzech poziomach sztywnymi przestrzennymi ryglami poziomymi zamocowanymi do uźebrowanych i pogrubionych w tym miejscu segmentów komina o wysokości 2,50m. W trakcie eksploatacji ustalono, że na skutek nierównomiernego odkształcania się przewodów nastąpiło przekroczenia nośności elementów poziomych tworzących wraz z przewodami kominowymi ramę przestrzenną. W celu dopuszczenia komina do dalszej eksploatacji, wykonany został projekt jego przebudowy, który został zrealizowany w roku 1994. Przebudowa polegała na wprowadzeniu pomiędzy przewody dodatkowej rury-trzonu (szytocy) o średnicy 813mm – jako elementu nośnego na działanie sił poziomych. Trzon usztywniony został dwoma poziomami odciągów.

Poszczególne przewody spalinowe mają różne przeznaczenie. Jeden przewód służy do odprowadzania gazów z kotłów opalanych węglem, drugi – do odprowadzania gazów z kotłów opalanych gazem, zaś przewód trzeci jest zapasowy.

Dodatkowo komin stanowi konstrukcję wsporczą dla anten kilku sieci telefonii cyfrowej. Widok ogólny komina pokazano na fot. 1.



Fot. 1. Widok ogólny komina od strony zachodniej

2.2. Opis szczegółowy

2.2.1. Komin – stan istniejący

Dane techniczne podane w niniejszym opracowaniu przyjęto w oparciu o dokumenty [1], [2] i [3] oraz inwentaryzację własną autora.

Ustalono, że trzon nośny (szytca) jest stalową rurą o wysokości 57,0m, średnicy zewnętrznej 813mm i grubości ścianek 10mm do wysokości 36,06m oraz 8,0mm powyżej. Trzon usztywniony jest dwoma poziomami odciągów umocowanych na wysokości +31.93 m i +54.33 m. Segmenty „szytcy” łączone są ze sobą przez spawanie spoiną czołową.

Według projektu – dok. [1] grubość obliczeniowa ścianek trzonu do której szytca może być eksploatowana jako konstrukcja nośna podparta odciągami wynosi:

- do poziomu +36,0 m - $g_n = 6.0 \text{ mm}$ – naddatek korozyjny wynosi 4,0mm
- powyżej poziomu +36,0 m do wierzchołka - $g_n = 4.0 \text{ mm}$ – naddatek korozyjny wynosi 4,0mm.

Dotychczasowe sztywne połączenia rygli ramy z przewodami zastąpiono przesuwными połączeniami ze „szytcą”, eliminując wpływ temperatury na konstrukcję nośną (patrz fot. 12 w zał. nr 1). Rygle usytuowane są na trzech poziomach +16.23 m ; +33.75 m i + 56.25 m. Głowicę „szytcy” zadeklowano, zaś stopę utwierdzono w istniejącym fundamencie 12 śrubami wklejanymi M30.

Na kominie zamontowane są trzy galerie. Pierwszą, dolną galerię opartą na przewodach kominowych pozostawiono na dotychczasowym poziomie +11,78m npt, (patrz fot. 4 w zał. nr) zaś dwie pozostałe podniesiono o 20 cm i oparte zostały na „szytcy” w poziomach +34,40m npt oraz +56,90m npt.

Odciągi zaprojektowano z lin stalowych o średnicy $d = 30 \text{ mm}$ (T 6 x 19 +A wg. PN-69/M-80208) zamocowanych przegubowo do trzonu i do indywidualnych fundamentów w poziomie terenu. Przy każdym fundamencie zamocowano śruby do regulacji naciągu lin (patrz fot. 14 i 15 w zał. nr 1). Plan rozmieszczenia odciągów – wg dok. [1] pokazano na rys. 1, zaś naciąg wstępny w odciągach pokazano na rys 2 – wg dok. [1].

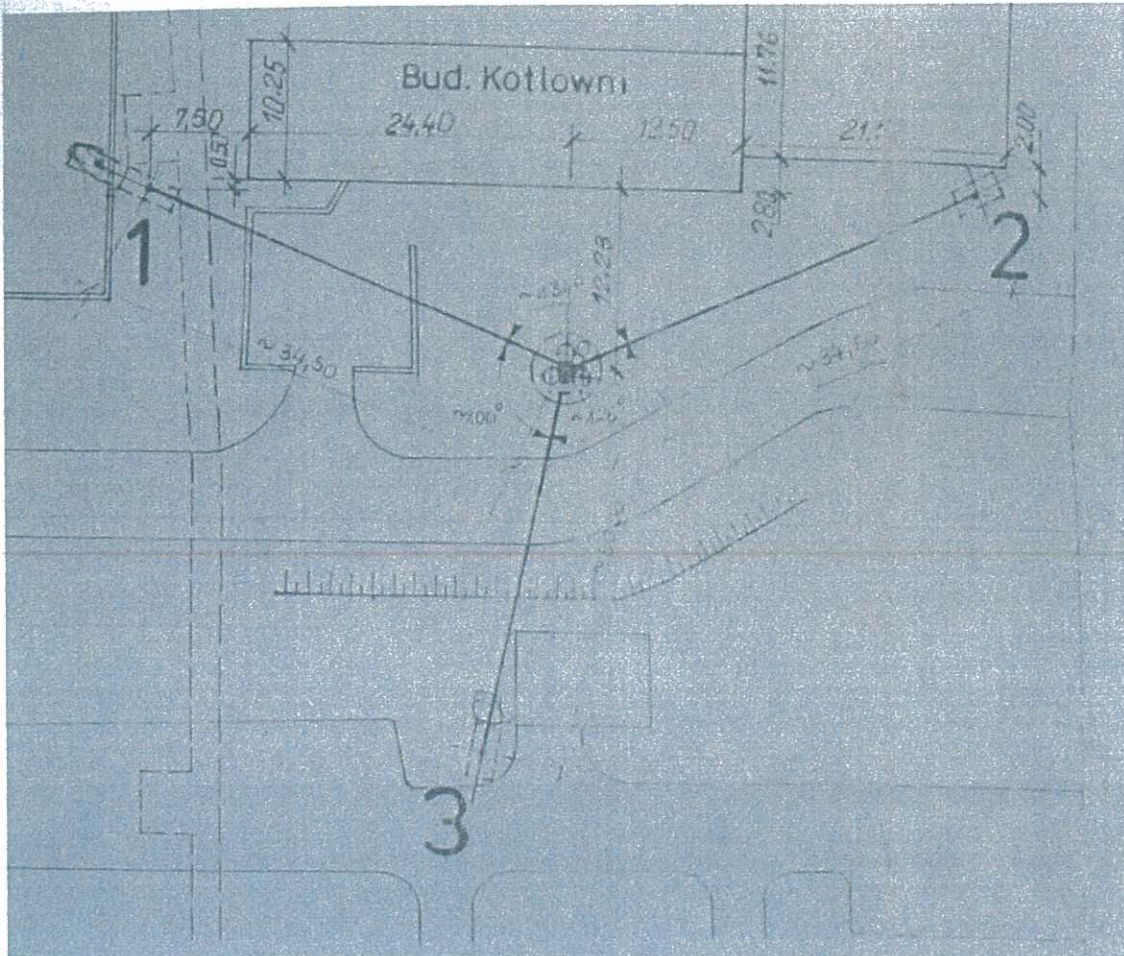
Przewody kominowe zaprojektowano o średnicy zewnętrznej 900mm wykonanych z blach gatunku St3SX grubości 10mm..Przewody składają się z segmentów połączonych na złącza kołnierzone przy pomocy 24 szt. śrub M20 (patrz fot. 8 i 9 w zał. nr 1).

Wzdłuż całej wysokości kominu wykonano drabinkę włazową z osłoną. Drabina zamocowana została na zewnątrz szytcy do poziomu pierwszego pomostu (patrz fot. 4 w zał. nr 1) , a wyżej zamocowana jest do przewodu kominowego od strony budynku kotłowni.

Po przebudowie przeznaczenie przewodów spalinowych nie uległo zmianie i jest następujące:

1. przewód węglowy
2. przewód gazowy
3. przewód rezerwowy

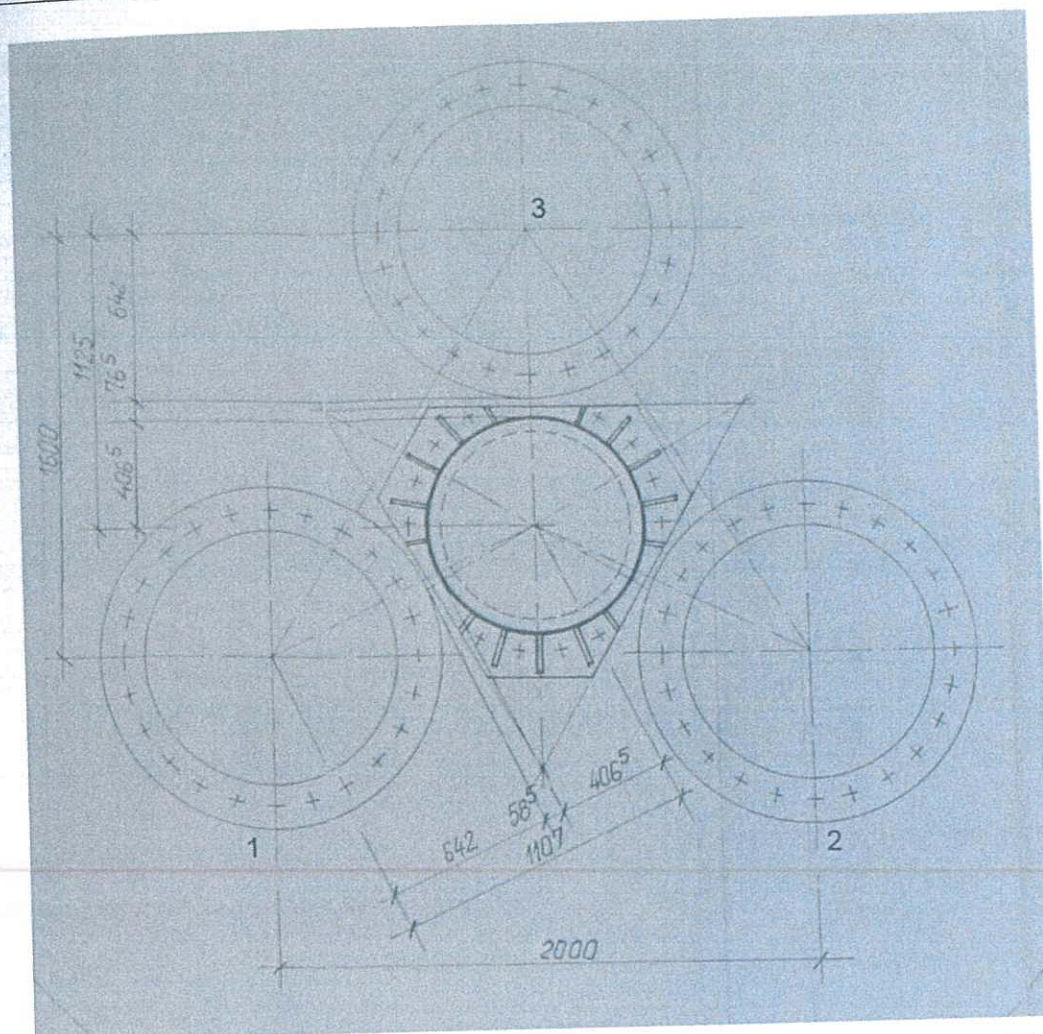
Rozmieszczenie przewodów technologicznych (spalinowych) pokazano na rys. 3 – wg dok. [1]



Rys. 1. Plan rozmieszczenia odciągów – wg dok [1]

SYMBOL POZIOMU MOCOWANIA	NUMER ODCIĄGU (PATRZ SYTUACJA)	PRZEBIÓR NA PRZECIĘCZYKU LINY / m	NACIĄG WSTĘPNY 1220 TEMP +6°C / kN	ZESTAWIENIE ELEMENTÓW PETLI NR 0 ODCIĄGÓW
I	1	49,0	22,8	* KRAUSZ TYP A WIELK. 30 SZT - 12 WG PN 66/M-002117
	2	49,0	23,8	
	3	45,0	21,0	
II	1	67,0	33,5	* ZADKISZ WIELKOŚĆ 30 SZT - 60 WG PN-13/M-002117
	2	67,0	33,5	
	3	64,0	32,0	

Rys. 2. Zestawienie wstępnych naciągów w odciągach – wg dok. [1]



Rys. 3. Oznaczenie przewodów technologicznych w kominie. 1- przewód węglowy, 2 – przewód gazowy, 3 – przewód rezerwowy.

Odrowadzanie różnych gazów przez poszczególne przewody powoduje jednak różną podatność na korozję.

W celu ograniczenia korozji, dolny odcinek przewodów instalacyjnych (technologicznych) został ocieplony (do poziomu pierwszej galerii) wełną mineralną osłoniętą od zewnątrz blachą ocynkowaną.

2.2.2. Konstrukcje wsporcze pod anteny

Konstrukcje wsporcze pod anteny telefonii cyfrowej zamocowane zostały do konstrukcji pomostu w poziomie +34,40m. npt. oraz pomostu górnego – w poziomie +56,90m. npt.

Na konstrukcjach wsporczych na kominie zamontowano anteny kilku operatorów telefonii cyfrowej, a wśród nich także sieci T-Mobile. Na podstawie dok [4], obecnie zamontowane są następujące anteny sieci T-Mobile:

a) radioliniowe

Kierunek	Azymut	Wysokość	Średnica anteny
ZAMOŚĆ	266	35,5m	0,3m
ŁABUNIE	143	35,0m	0,3m

b) sektorowe

Sektor	Azymut	Wysokość	Typ anteny	Pasmo
S1	120	35,0m	7752.00	2100
		35,0m	7760.00	1800/2100 /LTE1800
		57,0m	2x739 854	900
S2	240	35,0m	7752.00	2100
		35,0m	7760.00	1800/2100 /LTE1800
S3	350	35,0m	7752.00	900/2100
		35,0m	7760.00	1800/2100 /LTE1800

Drogi kablowe ułożone są obok drabiny wejściowej i zamocowane do konstrukcji drabiny kablowej.

Szczegółowy opis konstrukcji wsporczych pominięto.

3. Stan komina

3.1. Opis oględzin i wyniki sprawdzenia naciągu lin (odciągów)

W celu ustalenia stanu technicznego komina dokonano oględzin elementów trzonu usztywniającego wraz z odciągami, przewodów spalinowych komina wraz z elementami wsporczymi i złącznymi, konstrukcji galerii i elementów mocujących wsporniki anten oraz fundamentów. Przeprowadzono badania makroskopowe w trakcie których oceniono powierzchnie zewnętrzne i pomierzono grubości blach trzonu oraz przewodów technologicznych (spalinowych) komina.

Oględziny wykonano z poziomu terenu, z drabiny wjazdowej oraz z lin wspinaczkowych – metodą alpinistyczną, a także z poziomu pomostów.

Oględziny wykazały, że stan malarskiej powłoki zewnętrznej wszystkich przewodów komina jest bardzo dobry w części górnej tj. od wierzchołka do poziomu środkowej galerii (*pomiary grubości powłoki malarskiej pominięto ponieważ w trakcie wizji lokalnej prowadzone były prace malarskie komina*) – patrz fot. 1. Poniżej środkowej galerii stan powłoki jest dostateczny. Miejscami farba uległa odspojeniu lub

uszkodzeniu. Widoczne jest to szczególnie na żebrach i stopach podstawy przewodów technologicznych (spalinowych) – patrz fot 16 w zał. nr 1.

Stan pierścieni kołnierzowych łączących segmenty przewodów spalinowych, łączników śrubowych oraz samych śrub można uznać za zadowalający. Nie stwierdzono większych ognisk korozji na trzonie usztywniającym oraz w miejscach połączeń spawanych. Stan połączeń spawanych jest zadowalający. Brak widocznych rys i uszkodzeń spoin.

Jako zadowalający uznano stan odciągów. Brak jest widocznych uszkodzeń lin w strefach kotwienia zarówno górną (patrz fot. 7 w zał. nr 1), jak i dolną (patrz fot. 14 i 15 w zał. nr 1). Jako niezbędne uznaje konieczność usunięcia zarastającej zieleni wokół dolnych stref kotwienia odciągów w fundamentach. Niezbędna jest także konserwacja lin i mechanizmów napinających, szczególnie usytuowanych przy fundamentach odciągów.

W celu ustalenia siły naciągu pomierzono z dokładnością do 0,01sek czas przebiegu fali powrotnej „t” (t - czas mierzony po uderzeniu w linę przy bloku kotwiącym i odbiciu fali od trzonu). Pomiar wykonano przy bezwietrznej pogodzie (prędkość wiatru do 5m/sek.) oraz temperaturze zewnętrznej +18°C.

W celu ograniczenia błędu pomiaru wykonano po 3 odczyty czasu powrotu dla trzech przebiegów fali. Błąd pomiaru dla 3 przebiegów (cykli) wynosi ±0,1 sek. (czas reakcji wykonującego pomiar), zaś dla jednego przebiegu ±0,1/3 sek.

Istniejące siły w ściąгах obliczono ze wzoru

$$S = \frac{q_1 \cdot (n \cdot s)^2}{g \cdot t^2}$$

gdzie: q_1 – ciężar liny,

$n \cdot s$ – droga przebyta przez falę ($n = 2, 4, 6 \dots$)

g – 9,81 m/sek

t – czas przebiegu fali

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli nr 1. W obliczeniach ujęto wartości pomierzone oraz podchylenia wartości uwzględniające błąd pomiaru.

Wyniki obliczeń oraz porównanie ich z wartościami projektowymi wskazują, że wszystkie odciągi wymagają regulacji. W szczególności w poziomie dolnym odciąg nr 1 oraz nr 3 (południowy), zaś w poziomie górnym odciąg nr 3 (południowy). W trakcie regulacji zaleca się wykonywanie pomiaru siły naciągu przy użyciu miernika naciągu lin (np. typu DYNAROPE) .

Obliczone wartości naciągu w linach odciągów oraz naciągu wstępnego podanego w dokumentacji komina [1] ujęto w tabeli 1.

Tabela nr 1. Zestawienie sił w odciągach.

Nr odciagu (wg rys nr 1) oraz usytuowanie	Długość odciagu s [m]	Ciężar odciagu g [kN/m]	(2*s) ²	Obliczona siła w odciagu N [kN]	Siła naciągu podana w projekcie [1] [kN]	Pomierzony czas powrotu fali dla 3 cykli przebiegu [sek.]	Średni czas powrotu fali dla 1 cyklu przebiegu oraz błędu pomiaru ±0,1/3 sek. [sek]	
Poziom dolny								
1 odciąg południowy	45	0,0308	8100	16,5	22,8	3,71	1,24	wart średnia
	45	0,0308	8100	17,4		3,73	1,21	wart. śr-0,03sek
	45	0,0308	8100	15,8		3,73	1,27	wart. śr+0,03sek
2 odciąg zachodni	49	0,0308	9604	20,6	22,8	3,62	1,21	wart średnia
	49	0,0308	9604	21,7		3,60	1,18	wart. śr-0,03sek
	49	0,0308	9604	19,6		3,64	1,24	wart. śr+0,03sek
3 odciąg wschodni	49	0,0308	9604	11,2	21,0	4,91	1,64	wart średnia
	49	0,0308	9604	11,6		4,94	1,61	wart. śr-0,03sek
	49	0,0308	9604	10,8		4,93	1,67	wart. śr+0,03sek
Poziom górny								
1 odciąg południowy	64	0,0308	16384	29,1	33,5	4,00	1,33	wart średnia
	64	0,0308	16384	30,4		4,01	1,30	wart. śr-0,03sek
	64	0,0308	16384	27,8		4,00	1,36	wart. śr+0,03sek
2 odciąg zachodni	67	0,0308	17956	35,0	33,5	3,80	1,27	wart średnia
	67	0,0308	17956	36,7		3,82	1,24	wart. śr-0,03sek
	67	0,0308	17956	33,4		3,85	1,30	wart. śr+0,03sek
3 odciąg wschodni	69	0,0308	19044	24,9	32,0	4,65	1,55	wart średnia
	69	0,0308	19044	25,9		4,67	1,52	wart. śr-0,03sek
	69	0,0308	19044	24,0		4,61	1,58	wart. śr+0,03sek

Pomiary grubości przewodów instalacyjnych wykonano wzdłuż drabiny i z lin wspinaczkowych (metodą alpinistyczną) w połowie wysokości poszczególnych blach segmentów lub strefie połączeń spawanych, w strefach połączeń kołnierzowych oraz w poziomach pomostów. Pomiary grubości ścianek trzonu wykonano w większych odstępach tj. na wysokości kołnierzy przewodów instalacyjnych oraz z poziomu pomostów.

Do pomiarów użyty został grubościomierz ultradźwiękowy oznaczony nr 1138, o dokładności pomiaru 0,1 mm w zakresie od 1 do 199,9 mm - typ SONO M410 produkcji Firmy METRISON Sp. z o.o. Przed wykonywaniem pomiarów przyrząd był kalibrowany przy użyciu blachy wzorcowej grubości 10mm ze stali St3S. W każdym miejscu wykonano co najmniej 2 odczyty.

Zestawienie miejsc pomiarów oraz wyników grubości wszystkich przewodów komina podano w załączniku nr 2.

3.2. Wyniki i analiza pomiarów grubości elementów stalowych komina

3.2.1. Trzon usztywniający

Pomiary wykazały, że grubość ścianek rury trzonu jest większa od projektowanej zarówno w górnej części (gdzie grubość projektowana wynosiła 8 mm od 36,0 do wierzchołka rury) jak i miejscami części dolnej (gdzie grubość projektowana wynosiła 10 mm). Jest prawdopodobne, że cały trzon wykonano z rury o jednakowej grubości ścianek 10mm walcowanej z nadmiarem grubości (wg dostępnej literatury tolerancje wymiarowe dla tej średnicy rur wynoszą od +1,6 do -0,8mm).

Można stwierdzić, że prawie na całej wysokości trzonu grubość rury wynosiła od 10,0 do 11,4mm tj powyżej grubości projektowanej. Wyjątek stanowiła część dolna do wysokości około 7,5m, gdzie grubość ścinki wyniosła od 9,0 do 9,8mm zaś grubość średnia 9,2mm. Podobne wyniki uzyskano w trakcie pomiarów w roku 2002 (patrz dok. [2]).

Wyniki pomiarów porównano z danymi uzyskanymi w roku 2002 – dok. [2]. Wykazały one, że ubytki grubości ścianek rury trzonu w trakcie 12-letniej eksploatacji obiektu wyniosły od 0 do 0,08mm i są pomijalnie małe. Ponadto nominalna grubość ścinki trzonu jest bliska lub większa od grubości projektowanej. W związku z powyższym analiza statyczna stanu istniejącego może być pominięta.

Uwaga:

Porównanie wyników pomiarów grubości komina wykonane w czerwcu 2013 pominięto z powodu ich niekompletności.

3.2.2. Przewody spalinowe

a) Przewód węglowy – oznaczony nr 1 na rys. nr 3

Analiza wyników pomiaru grubości przewodu węglowego wykazała zróżnicowane ubytki przekrojów zarówno na długości samych segmentów jak i w poszczególnych segmentach. Obliczono średnie ubytki roczne dla 22 letniego okresu eksploatacji (tj. od czasu budowy komina). Ustalono, że w żadnym z segmentów roczne ubytki nie przekroczyły wartości podanych w literaturze i przyjmowanych w projektowaniu naddatków korozyjnych kominów.

Wg literatury (patrz dok. [10]), średnie roczne ubytki – dla kominów wysokości od 50 do 80m – wynoszą: dla segmentów dolnych 0,16mm/rok, dla segmentów środkowych – 0,32mm/rok, dla segmentów górnych – 0,50mm/rok, a dla stref połączeń – 0,66mm/rok.

Pomierzone grubości oraz ubytki grubości blach w poszczególnych segmentach podano poniżej.

- 1) We fragmencie nieocieplonym segmentu dolnego oznaczonego nr jako S1 (patrz zał. nr 2) grubość blachy wynosi 11,0 mm i jest większa od grubości projektowanej.
- 2) W segmentach S3 i S5 wzmocnionych pod połączenie przewodu z trzonem grubość blach jest zróżnicowana i wynosi od 8,7 do 12,6mm, zaś grubość średnia w części środkowej tych segmentów wynosi 11,9mm. W segmencie wzmocnionym S8 grubość wynosi od 8,1 do 9,0mm zaś grubość średnia w części środkowej – 8,2 mm. Z powodu braku pomiarów porównawczych oraz braku informacji w dostępnej dokumentacji komina dotyczących wielkości pogrubienia blach w segmentach wzmocnionych przyjęto, że grubość ta wynosiła minimum 12 mm. W oparciu o takie założenie, całkowity oraz średnioroczny ubytek grubości przekroju segmentów wzmocnionych od czasu budowy komina w 1991 roku wynosi:

$$S3 \text{ i } S5 \quad 12,0 - 11,9 = 0,1 \text{ mm} \rightarrow \text{ubytek średnioroczny } 0,1/22 \approx 0,0 \text{ mm}$$

$$S8 \quad 12,0 - 8,2 = 3,8 \text{ mm} \rightarrow \text{ubytek średnioroczny } 3,8/22 = 0,17 \text{ mm}$$

- 3) Znacznie większe ubytki przekroju stwierdzono w pozostałych segmentach komina, szczególnie w segmentach oznaczonych jako S4 i S7.

W segmencie S4 minimalna grubość blach wynosi 6,9mm i występuje w strefie kołnierza, zaś w części środkowej grubość minimalna wynosi 7,8mm zaś grubość średnia – 8,1mm. Całkowity oraz średnioroczny ubytek grubości przekroju tych segmentów od czasu budowy komina w 1991 roku wynosi:

$$S4 \quad 10,0 - 8,1 = 1,9 \text{ mm} \rightarrow \text{ubytek średnioroczny } 1,9/22 = 0,09 \text{ mm.}$$

W segmencie S7 minimalna grubość blach wynosi 5,4mm i występuje w części środkowej grubość, zaś grubość średnia – 5,5mm. Całkowity oraz średnioroczny ubytek grubości przekroju od czasu budowy komina w 1991 roku wynosi:

$$S7 \quad 10,0 - 5,5 = 4,5 \text{ mm} \rightarrow \text{ubytek średnioroczny } 4,5/22 = 0,20 \text{ mm.}$$

- 4) Dla pozostałych segmentów:

Segment	Grub. minimalna	Grub. średnia	Całkowity ubytek grub	Ubytek roczny
S2	7,5 mm	9,1 mm	1,0* mm (* dla 12 lat)	0,08* mm
S6	6,6 mm	7,1 mm	2,9 mm	0,13 mm
S9	6,2 mm	6,3 mm	3,7 mm	0,17 mm

b) Przewód gazowy – oznaczony nr 2 na rys. nr 3

Podobnie, jak dla przewodu węglowego, analiza wyników pomiaru grubości przewodu węglowego wykazała zróżnicowane ubytki przekrojów na długości segmentów oraz w poszczególnych segmentach. Ustalono, że dla 22 letniego okresu eksploatacji komina w żadnym z segmentów roczne ubytki nie przekroczyły wartości podanych w literaturze i przyjmowanych w projektowaniu naddatków korozyjnych kominów. Ubytki grubości blach w poszczególnych segmentach podano poniżej.

- 1) We fragmencie nieocieplonym segmentu dolnego oznaczonego nr jako S1 (patrz zał. nr 2) średnia grubość blachy wynosi 6,2 mm. Średni roczny ubytek grubości wynosi 0,26mm.
- 2) W segmentach S3 i S5 wzmocnionych pod połączenie przewodu z trzonem grubość blach jest zróżnicowana. W segmencie S3 wynosi od 9,5 do 12,6mm, zaś grubość średnia w części środkowej tych segmentów wynosi 10,6mm. W segmencie S5 wynosi od 9,7 do 12,0 mm zaś w segmencie wzmocnionym S8 grubość wynosi od 9,8 do 10,1mm zaś grubość średnia w części środkowej – 9,8 mm. Całkowity oraz średnioroczny ubytek grubości przekroju segmentów wzmocnionych od czasu budowy komina w 1991 roku wynosi:

$$\text{S3 i S5} \quad 12,0-10,6 = 1,4\text{mm} \rightarrow \text{ubytek średnioroczny } 1,4/22 = 0,06 \text{ mm}$$

$$\text{S8} \quad 12,0-9,8 = 2,2\text{mm} \rightarrow \text{ubytek średnioroczny } 2,2/22 = 0,10 \text{ mm}$$

- 3) Większe ubytki przekroju stwierdzono w pozostałych segmentach komina, szczególnie w segmentach oznaczonych jako S4 i S7 a także segmencie szczytowym oznaczonym jako S9.

W segmencie S4 minimalna grubość blach wynosi 6,5mm i występuje w strefie kołnierza, zaś w części środkowej grubość minimalna wynosi 7,5mm zaś grubość średnia – 7,7mm. Całkowity oraz średnioroczny ubytek grubości przekroju od czasu budowy komina w 1991 roku wynosi:

$$\text{S4} \quad 10,0-7,7 = 2,3\text{mm} \rightarrow \text{ubytek średnioroczny } 2,3/22 = 0,11 \text{ mm.}$$

W segmencie S7 minimalna grubość blach wynosi 5,3mm i występuje w części środkowej grubość, zaś grubość średnia – 5,7mm. Całkowity oraz średnioroczny ubytek grubości przekroju od czasu budowy komina w 1991 roku wynosi:

$$\text{S7} \quad 10,0-5,7 = 4,3\text{mm} \rightarrow \text{ubytek średnioroczny } 4,3/22 = 0,20 \text{ mm.}$$

4) Dla pozostałych segmentów:

Segment	Grub. minimalna	Grub. średnia	Całkowity ubytek grub	Ubytek roczny
S2	6,9 mm	7,6 mm	1,3* mm (* dla 12 lat)	0,11* mm
S6	7,3 mm	7,5 mm	2,5 mm	0,11 mm
S9	6,0 mm	6,2 mm	3,8 mm	0,17 mm

c) **Przewód rezerwowy – oznaczony nr 3 na rys. nr 3**

Ustalono (na podstawie informacji uzyskanej od pracownika kotłowni przyległej do komina), że od początku eksploatacji obiektu przewód zapasowy nie był używany do odprowadzania spalin. Widoczne jest to w pomiarach grubości ścianek tego przewodu oraz stanie całego przewodu.

Na całej wysokości komina stwierdzono, że grubość blach jest prawie równa lub większa od wartości projektowanych (możliwość występowania grubości blach większych od projektowanych uzasadniona w opisie rury trzonu usztywniającego).

Minimalna, pomierzona grubość ścianki przewodu wynosi 8,8mm a grubość średnia 8,9mm i występuje przy kołnierzu segmentu oznaczonego jako S7, tj. w górnej części komina. W związku z powyższym sprawdzenia stanu bezpieczeństwa przewodu można pominąć.

3.3. Stan konstrukcji wsporczych pod anteny

Stan konstrukcji wsporczych pod anteny telefonii cyfrowej oraz pomostu pod antenami jest dobry. Konstrukcja została zabezpieczona przed korozją przez ocynkowanie. Nie stwierdzono korozji na powierzchni elementów oraz na łącznikach i obejmach a także na elementach wsporczych drabiny kablowej.

3.4. Elementy wyposażenia komina

Stan konstrukcji drabiny oraz pomostów jest zadowalający. Nie stwierdzono korozji ani uszkodzeń mechanicznych na powierzchni tych elementów. Lokalnie występujące odspojenia farby lub ślady korozji powierzchniowej powinny być usunięte w trakcie najbliższych prac konserwacyjnych.

3.5. **Opis oględzin elementów żelbetowych komina**

Stan techniczny fundamentu komina jest dostateczny, jednakże niezbędna jest naprawa powierzchni stopy przed okresem zimowym w celu niedopuszczenia do dalszego uszkodzenia lub zniszczenia fundamentu przez mróz.

Stwierdzone na powierzchni fundamentu odwarstwienia, złuszczenia i spękanie betonu (patrz fot. 17 w zał.1) powinny zostać usunięte, a cała powierzchnia górna stopy reprofilowana betonem drobnoziarnistym.

Stan fundamentów kotwiących odciąg jest dostateczny. Widoczne niewielkie rysy i uszkodzenia powierzchni nie zagrażają obecnie ich trwałości oraz bezpieczeństwu obiektu.

4. **Obliczenia sprawdzające**

W celu ustalenia stanu bezpieczeństwa poszczególnych przewodów mających wpływ na bezpieczeństwo całego obiektu wykonano obliczenia sprawdzające.

Analiza grubości rury trzonu (sztycy) oraz przewodu spalinowego zapasowego wykazała, że obliczenia sprawdzające tych przewodów mogą być pominięte.

Wyniki pomiarów grubości ścianek pozostałych dwóch przewodów spalinowych tj węglowego i gazowego wykazały konieczność wykonania obliczeń nośności tych przewodów.

Obliczenia oraz podstawowe wyniki przedstawiono w załączniku nr 1.

Analiza wyników wykazała, że stopień maksymalny wykorzystania przekrojów w przewodzie węglowym wynosi 0,38 zaś w przewodzie gazowym 0,57.

Bezpieczeństwo obiektu w zakresie grubości przewodów jest zachowane i komin może być dalej eksploatowany pod warunkiem wykonania zaleceń podanych w poz.5 niniejszego orzeczenia.

5. **Wnioski i zalecenia**

5.1. **Wnioski**

1. Stan komina jest zadowalający.
2. Obiekt może być dopuszczony dla dalszej eksploatacji przez okres 3 (trzech) lat, tj. do 30 września 2017 roku pod warunkiem wykonania do dnia 30 września br regulacji odciągów oraz innych prac podanych w zaleceniach - pkt. 5.2.

3. Przed upływem podanego okresu eksploatacji powinna być wykonana ekspertyza dotycząca stanu bezpieczeństwa komina i określająca możliwość i warunki jego dalszego użytkowania.

5.2. Zalecenia

1. Dokończyć malowanie komina. Ewentualnie, w części komina nie objętej malowaniem oczyścić miejsca objęte korozją powierzchniową lub z uszkodzoną powłoką malarską i wykonać zaprawki malarskie. W szczególności dotyczy to dolnej części wszystkich przewodów.
2. Wykonać naprawę fundamentu pod przewody kominowe polegającą na usunięciu łuszczącej się i pękającej nadlewki betonowej. Po oczyszczeniu górnej powierzchni należy nałożyć na fundament nową nadlewkę z mrozoodpornego, modyfikowanego betonu drobnoziarnistego (np. firmy SIKA, DRIZORO lub innych producentów).
3. Wykonać bieżące prace konserwacyjne lin i mechanizmów napinających odciągów w dolnych strefach zakotwień.
4. W strefie dolnego zakotwienia odciągów tj. wokół fundamentów kotwiących usunąć zarastającą trawę i krzewy a także przyciąć gałęzie najbliższych drzew.
5. Prace polegające na regulacji odciągów powinna wykonać firma posiadająca odpowiedni sprzęt oraz kadrę dysponującą odpowiednimi kwalifikacjami w tym zakresie.

Łódź, czerwiec 2014 r.

Autor opracowania

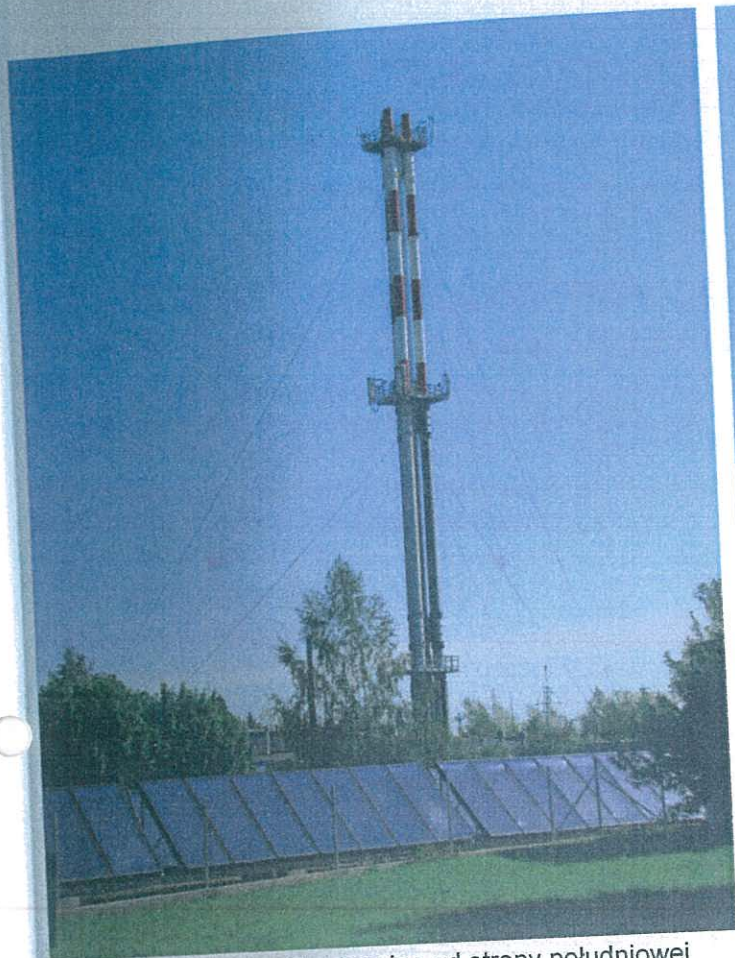
dr inż. JERZY PAKUŁA
Rzecznik Budowlany
w specjalności konstrukcyjno-inżynierskiej
Wpisany do Centralnego Rejestru
Rzeczników Budowlanych - poz. 52.89/R

Załącznik nr 1

Dokumentacja fotograficzna

Spis fotografii

- Fot. 1. Widok ogólny komina od strony południowej
- Fot. 2. Widok galerii górnej z antenami telefonii cyfrowej
- Fot. 3. Galeria środkowa z antenami telefonii cyfrowej
- Fot. 4. Galeria dolna – pomost odpoczynkowy
- Fot. 5. Dolna część komina
- Fot. 6. Widok elementów galerii w górnej części komina
- Fot. 7. Mocowanie dolnego odciągu do rury nośnej
- Fot. 8. Połączenie kołnierzone segmentów komina
- Fot. 9. Oparcie galerii na trzonie usztywniającym komina
- Fot. 10. Widok mocowania przewodu do rury nośnej
- Fot. 11. Mocowanie jednego z przewodów do fundamentu
- Fot. 12. Zapewnienie przesuwu przewodu względem rury nośnej – luźna śruba w owalnym otworze
- Fot. 13. Widok ogólny połączenia trzonu z przewodami
- Fot. 14. Mocowanie odciągów w fundamencie
- Fot. 15. Połączenie ramy z rurą nośną
- Fot. 16. Złuszczona farba na elementach stopy przewodu
- Fot. 17. Fundament pod kominy. Widoczne złuszczenia i pęknięcia wierzchniej powierzchni betonu



Fot. 1. Widok ogólny komina od strony południowej



Fot. 2. Widok galerii górnej z antenami telefonii cyfrowej



Fot. 4. Galeria dolna – pomost odpoczynkowy



Fot. 3. Galeria środkowa z antenami telefonii cyfrowej



Fot. 5. Dolna część komina



Fot. 6. Widok elementów galerii w górnej części kominia



Fot. 7. Mocowanie dolnego odciągu do rury nośnej (trzonu)



Fot. 8. Połączenie kołnierzowe segmentów kominia



Fot. 9. Oparcie galerii na trzonie usztywniającym kominia



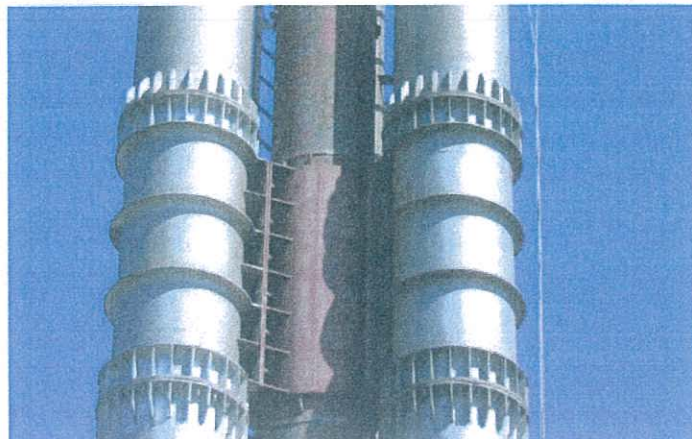
Fot. 10. Widok mocowania przewodu do rury nośnej (trzonu)



Fot. 11. Mocowanie jednego z przewodów do fundamentu



Fot. 12. Zapewnienie przesuwu przewodu względem rury nośnej – luźna śruba w owalnym otworze



Fot. 13. Widok ogólny połączenia trzonu z przewodami



Fot. 14. Mocowanie odciągów w fundamencie



Fot. 15. Połączenie ramy z rurą nośną



Fot. 16. Złuszczona farba na elementach stopy przewodu



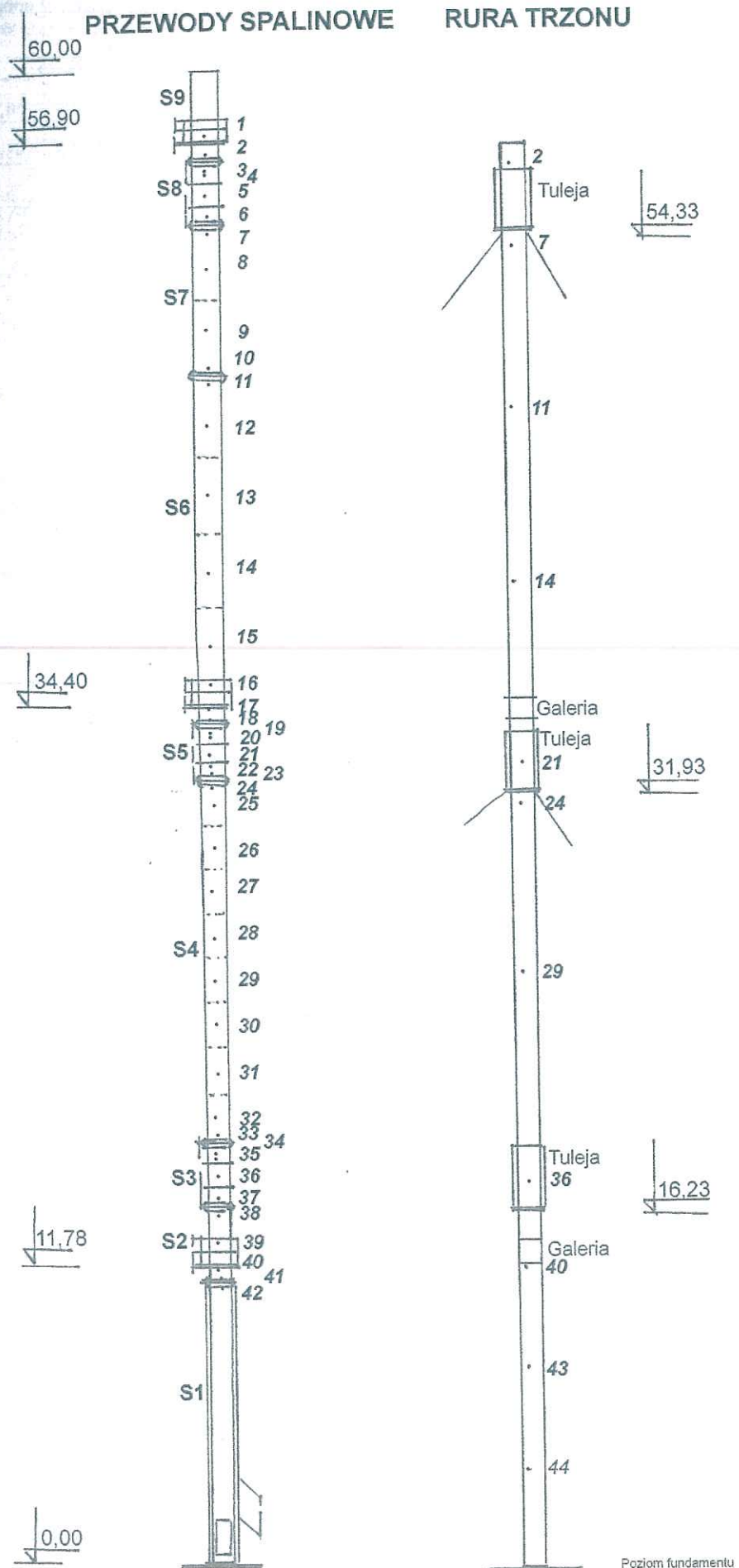
Fot. 17. Fundament pod kominy. Widoczne zruszczenia i spękania wierzchniej powierzchni betonu

Załącznik nr 2

Wyniki pomiarów grubości ścianek przewodów

ZAMOŚĆ - Komin przy kotłowni Szpitala Wojewódzkiego

ROZMIESZCZENIE MIEJSC POMIARU GRUBOŚCI PRZEWODÓW



Zestawienie wyników pomiarów grubości ścian przewodów

Oznaczenie miejsca pomiaru	Rzędna pomiaru	Przewód węglowy		Przewód gazowy		Przewód zapasowy		Przyjęte oznaczenie przewodów spalinowych	Trzon usztywniający			
		Wynik pomiaru. (pomiar średni)	Pomiar z 2009r - wg dok.[2] oraz wielkość ubytku	Wynik pomiaru. (pomiar średni)	Pomiar z 2009r - wg dok.[2]	Wynik pomiaru. (pomiar średni)	Pomiar z 2009r - wg dok.[2]		Wynik pomiaru. (pomiar średni)	Pomiar z 2009r - wg dok.[2]		
1	Nad galerią	57,90	6,2/6,4 (6,3)	7,25 $\Delta=1,0$	6,0/6,4(6,2)	8,3 $\Delta=2,1$	10,0/10,0 (10,0)	10,3 $\Delta=0,3$	S9		10,0	
2	Nad kolnierzem	56,75	8,0/7,7(7,9)	7,0 $\Delta=?$	5,8/5,0(5,4)	7,4 $\Delta=2,0$	10,3/10,2 (10,2)	10,2 $\Delta=0$			11,4/11,4 (11,4)	11,5 $\Delta=0,1$
3	Pod kolnierzem	56,25	8,1/8,0		10,1/10,0		13,5/14,0		S8			
4		55,70	8,4/8,2		9,8/10,0		13,0/13,5					
5		54,95	8,1/8,1		10,0/9,8		13,2/13,0					
6	Nad kolnierzem	54,25	9,1/9,0		10,1/9,8		13,5/13,5		S7			
7	Pod kolnierzem	53,75	6,0/6,1		8,6/8,8		10,0/9,8					
8		52,25	5,4/5,6		6,0/5,9		9,9/9,9					
9		50,75	5,6/5,6		5,3/5,6		9,7/9,5		S6			
10	Nad kolnierzem	49,25	5,6/5,5		6,2/6,2		8,8/9,0					
11	Pod kolnierzem	48,75	6,6/6,7		7,9/7,8		10,0/10,0					
12		46,30	7,4/7,6		7,8/7,8		9,8/10,0		S5			
13		43,60	7,1/7,0/6,6		7,6/7,4		9,9/10,0					
14		40,90	7,6/6,6/6,9		7,4/7,0		9,8/9,9					
15		38,20	7,6/8,0		7,3/7,5		10,0/10,1		S6			
16		35,50	7,4/7,9(7,6)	8,0 $\Delta=0,4$	7,4/7,4(7,4)	7,8 $\Delta=0,4$	10,2/10,0 (10,1)	10,4 $\Delta=0,3$			10,2/10,0 (10,1)	10,8 $\Delta=0,7$
17	Nad galerią	34,60	7,9/8,4		7,6/7,4		10,2/10,2					
18	Nad kolnierzem	34,30	6,9/7,0		7,4/7,6		10,2/10,2		S5			
	Pom. żebrami	34,10	7,2/7,2		8,2/8,2		10,1/10,0					
19	Pom. żebrami	33,90	9,9/9,7		12,0/10,9		12,0/12,0		S5			
	Pod kolnierzem	33,70	9,7/10,0		12,0/12,0		13,5/14,0					
20		33,20	11,7/11,7		11,6/11,0		13,5/13,0		S4			
21		32,75	12,0/11,8		12,0/11,8		14,0/13,6					
22		32,30	11,5/11,7		11,5/12,0		13,8/13,8					
23	Nad kolnierzem	31,80	10,9/10,7		12,0/12,0		14,0/13,8		S4			
	Pom. żebrami	31,60	11,2/11,0		11,5/11,2		13,6/13,6					
24	Pom. żebrami	31,40	6,9/6,9		11,8/11,8		9,8/9,8		S4			
	Pod kolnierzem	31,20	6,9/7,2		9,2/9,0		9,7/9,8					
25		29,60	6,9/7,0		8,9/9,0		9,8/9,8		S3			
26		28,00	7,8/7,2		7,8/7,8		9,8/9,8					
27		26,40	8,1/8,4		7,6/8,0		9,8/10,0					
28		24,80	7,9/7,9		8,4/8,0		10,0/10,1		S2			
29		23,20	8,4/8,0		7,5/7,6		10,0/10,0					
30		21,60	8,1/8,0		8,0/8,0		10,1/10,0					
31		20,00	9,4/9,0		8,1/8,0		9,8/10,0		S2			
32		18,40	9,4/9,4		7,4/7,4		10,1/10,1					
33	Nad kolnierzem	16,80	8,0/8,0		6,5/6,5		10,2/10,0					
34	Pod kolnierzem	16,20	9,0/8,7		9,5/10,0		9,8/9,8		S3			
35		15,55	12,0/12,1		10/10,2		10,0/10,0					
36		14,95	12,5/12,5		11,1/10,0		12,5/11,6					
37	Nad kolnierzem	14,30	12,6/12,1		12,6/12,0		12,5/12,0		S2			
38	Pod kolnierzem	13,70	7,5/8,3		10,0/10,1		11,0/11,6					
39		13,00	9,5/9,8		10,0/10,6		10,1/10,0					
40	Galeria	12,35	9,3/9,0(9,1)	10,1 $\Delta=1,0$	7,8/7,4(7,6)	8,9 $\Delta=1,3$	10,8/10,6 (10,7)	10,7 $\Delta=0$	S2	10,2/10,0 (10,1)	11,1 $\Delta=1,0$	
41	Nad kolnierzem	11,75	10,0/9,6		7,4/6,9		11,4/11,0					
42	Pod kolnierzem	11,20	11,0/11,0		5,8/6,5		11,8/11,0		S1			
43		7,50	Brak możliwości wykonania pomiarów (przewody ocieplone)									9,8/9,8
44		2,40	Brak możliwości wykonania pomiarów (przewody ocieplone)								9,0/9,4 (9,2)	9,2 $\Delta=0$

Załącznik nr 3

Obliczenia sprawdzające

OBLICZENIA SPRAWDZAJĄCE

Obliczenia sprawdzające sporządzono jedynie dla przewodów spalinowych pomijając – zgodnie z punktem 3.2.1 orzeczenia – obliczenia trzonu usztywniającego.

Uwzględniając oparcie przewodów spalinowych w kierunku poziomym na wspólnym fundamencie oraz na trzonie w trzech poziomach, obliczenia wykonano dla każdego z pojedynczych przewodów.

Z1. Zestawienie obciążeń

Z1.1. Obciążenie wiatrem – wartości pomocnicze

Obciążenia od wiatru obliczono w oparciu o normy PN-93/B-0320 i PN-77/B-02011 wraz z aneksem do tej normy oznaczonym nr PN-B-2011:1997/Az1 z lipca 2009r

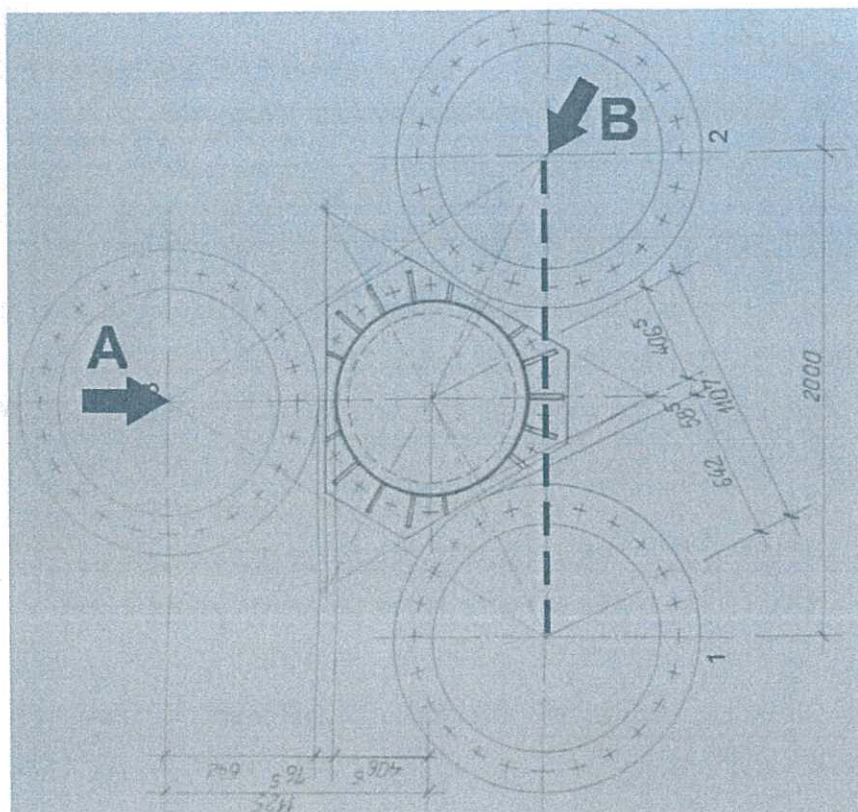
Obciążenie charakterystyczne $p_k = g_k * c_{te} * c_e * c_x * \beta * D$ [kN/m²]

Rodzaj terenu - A

Obciążenia wyznaczono dla dwóch kierunków działania wiatru na zespół przewodów kominowych:

- prostopadłego do osi dwóch przewodów – oznaczonego jako A
- ukośnego do osi dwóch przewodów – oznaczonego jako B

Schemat obciążenia wieży wiatrem pokazano na rysunku poniżej.



Ciśnienie charakterystyczne prędkości wiatru i wymiary przewodów kominowych

$$g_k = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

$$V_k = 22 \text{ m/sek}$$

$$H_k = H_{\text{przew.}} = 60,0 \text{ m} \quad D_{\text{przew.}} = 0,90 \text{ m} \quad D_{\text{śr. przew.}} = (3 \cdot 0,9 + 0,83) / 4 \approx 0,90 \text{ m} \quad a = 2,0 \text{ m}$$

Współczynnik oporu aerodynamicznego analizowanego kominu wyznaczono wariantowo:

1) wariant 1

Jako układ trzech przewodów z uwzględnieniem rury trzonu usytuowanej w środku zespołu. Z uwagi na brak w normie [5] przypadku objętego niniejszym opracowaniem, wielkości współczynnika C_x przyjęto wg dokumentacji archiwalnej kominu tj. projektu [1]:

- dla kierunku A $\rightarrow C_x = 1,1$ (dla $C_{x0} = 0,8$)

- dla kierunku B (z uwzględnieniem drabiny zamocowanej do przewodu węglowego)

$$C_x = 0,8, \quad (\text{dla } C_x^{\text{dr}} = 0,4 \quad \text{oraz } C_{x0} = 0,93)$$

2) Dodatkowo rozpatrzono współczynnik oporu aerodynamicznego pojedynczego przewodu z drabiną.

Wg rys Z2-2 normy [5]

$$C_x = C_{xp} + 2,4 \frac{A_D}{D} \quad \text{gdzie: } C_{xp} = k \cdot c_{\infty}$$

$$k = 1,0 \quad (\text{tab. Z2-1 normy PN-93/B-03201 dla } H_k / D = 60,0 / 0,9 = 66,7 > 25)$$

$$c_{\infty} = 0,7 \quad (\text{tab. Z2-2 normy PN-93/B-03201 dla } H/D > 25)$$

$$C_{xp} = 0,7 \cdot 1,0 = 0,7$$

$$\text{Pole powierzchni czołowej drabiny z zaplecznikiem } S_b = (0,04 \cdot 2 + 0,005 \cdot 2 + 0,03) \cdot 1,0 = 0,12 \text{ m}^2/\text{m}$$

$$C_x = C_{xp} + 2,4 \cdot \frac{A_D}{D} = 0,7 + 2,4 \cdot 0,12 / 0,9 = 1,02$$

Do obliczeń pojedynczego przewodu przyjęto współczynnik C_x wg wariantu 1 - kierunek A.

Współczynniki ekspozycji – przyjęto dla terenu typ A – wg aneksu PN-B-2011:1997/Az1

$$c_{2,0} = 0,60$$

$$c_{10} = 0,50 + 0,5z = 0,5 + 0,05 \cdot 10 = 1,00$$

$$c_{20} = 0,90 + 0,015z = 0,9 + 0,015 \cdot 20 = 1,20$$

$$c_{30} = 0,90 + 0,015z = 0,9 + 0,015 \cdot 30,0 = 1,35$$

$$c_{40} = 1,23 + 0,0067z = 1,23 + 0,0067 \cdot 40,0 = 1,50$$

$$c_{60} = 1,23 + 0,0067z = 1,23 + 0,0067 \cdot 60 = 1,632$$

Wyznaczenie współczynnika β - wg PN-77/B-02011)

Okres drgań obliczono przy pomocy programu ABC6 Obiekt 3D

n [Hz]	T [sek]	Błąd [%]
0,926	1,079	0,0027

Przyjęto: $n = 0,93$ Hz $T = 1,08$ sek. $V_k = 22$ m/s $r = 0,08$ Dla całego komina $H = 60,00$ $L_{sr} = 0,90$ m

ψ	V_H	K_L	K_o	K_r	Δ	K_b	β
3,70	28,10	0,136	0,089	1,237	0,06	1,228	2,30

Z1.2. Obciążenia normowe od wiatru pojedynczego przewodu

Poziom [m]	q_k	C_e	D [m]	C_x	β	Obciążenie komina kN/mb
60,0	0,3	1,632	0,90	1,1	2,30	1,11
40,0	0,3	1,500	0,90	1,1	2,30	1,02
20,0	0,3	1,200	0,90	1,1	2,30	0,82
10,0	0,3	1,000	0,90	1,1	2,30	0,68
2,0	0,3	0,600	0,90	1,1	2,30	0,41

Z1.3. Obciążenia charakterystyczne od wiatru działającego w płaszczyźnie prostopadłej do linii wiatru od wzbudzenia wirowego komina – konstrukcja niepodatna (trzon z odciągami) – sprawdzenie pominięto.

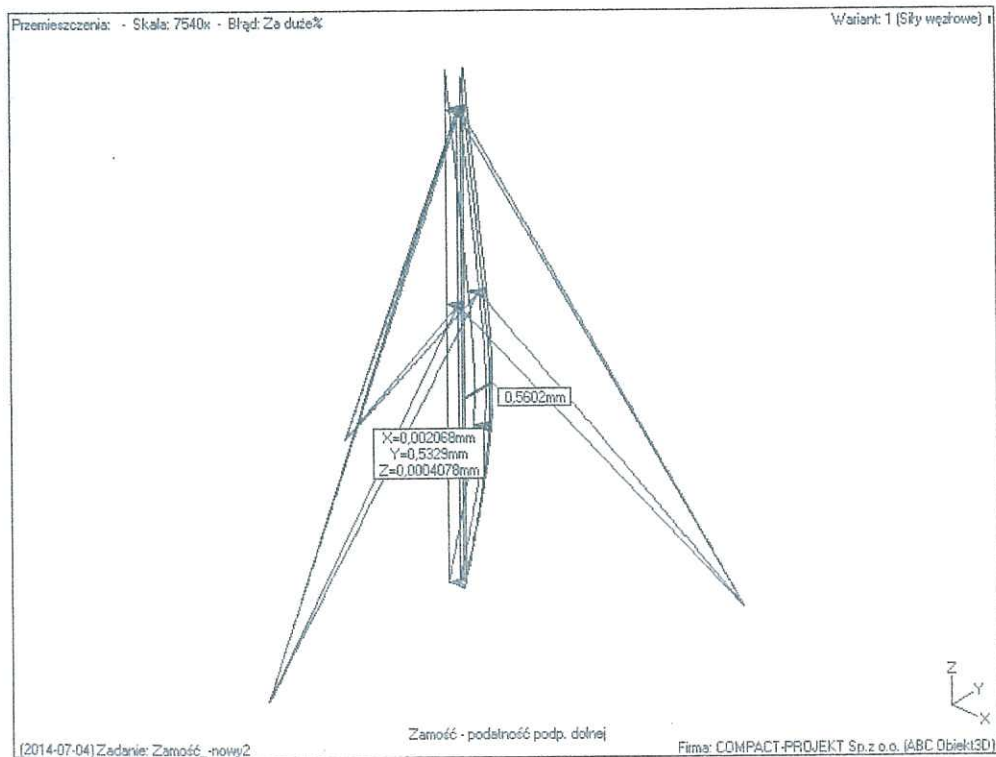
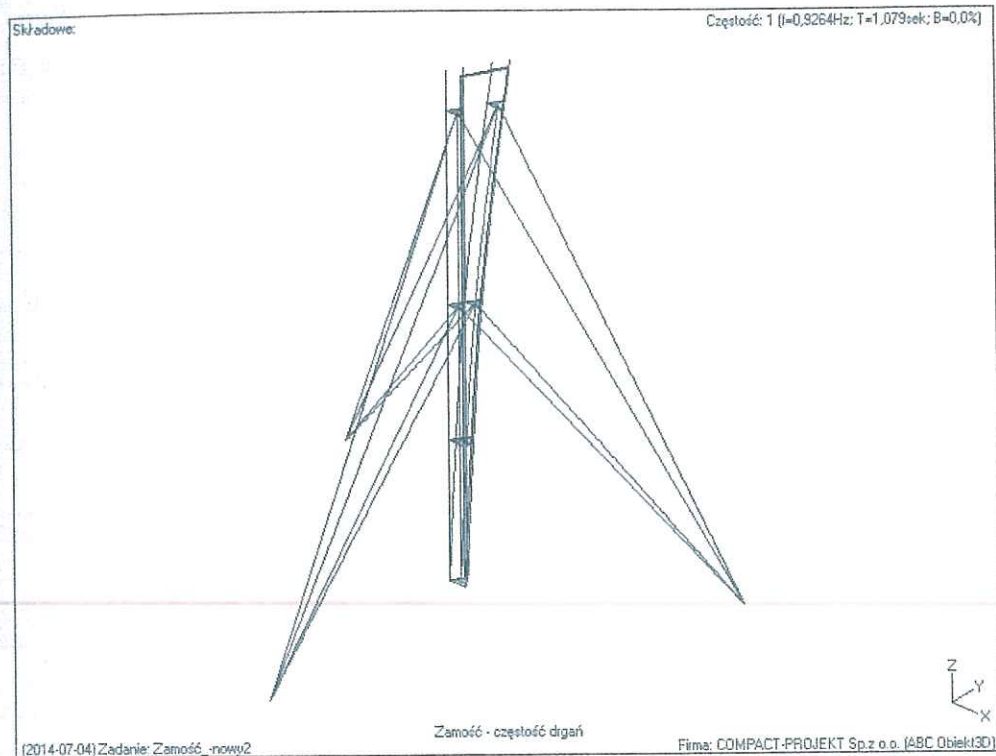
Z2. Obciążenia pionowe

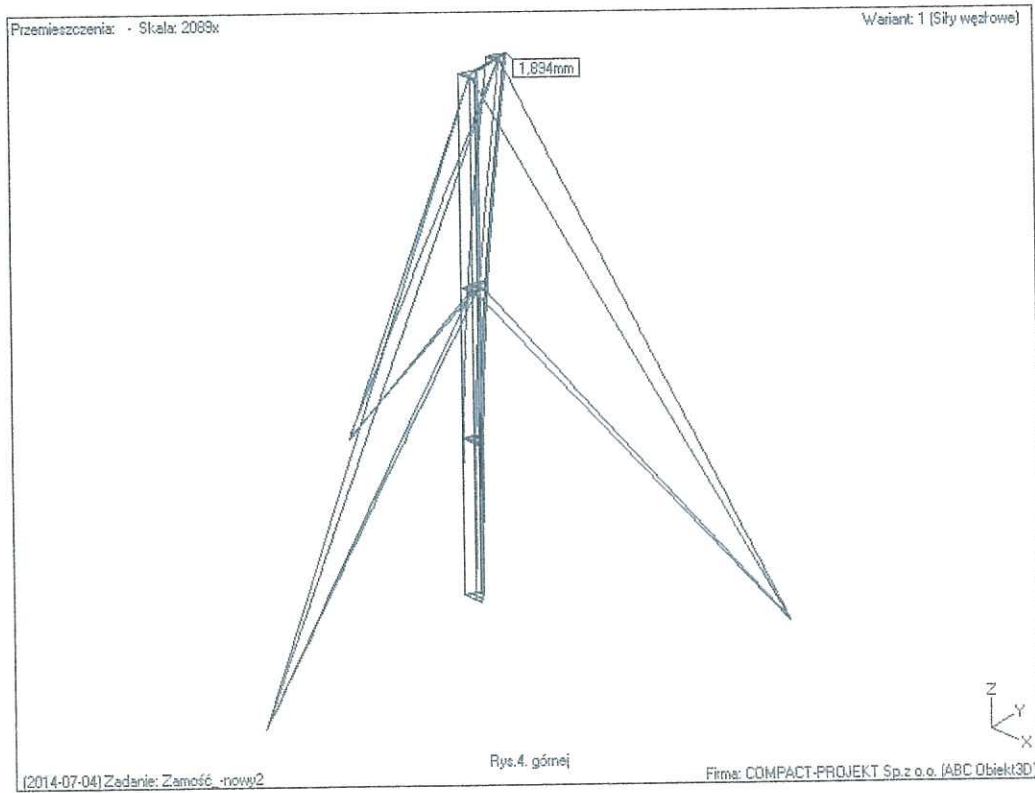
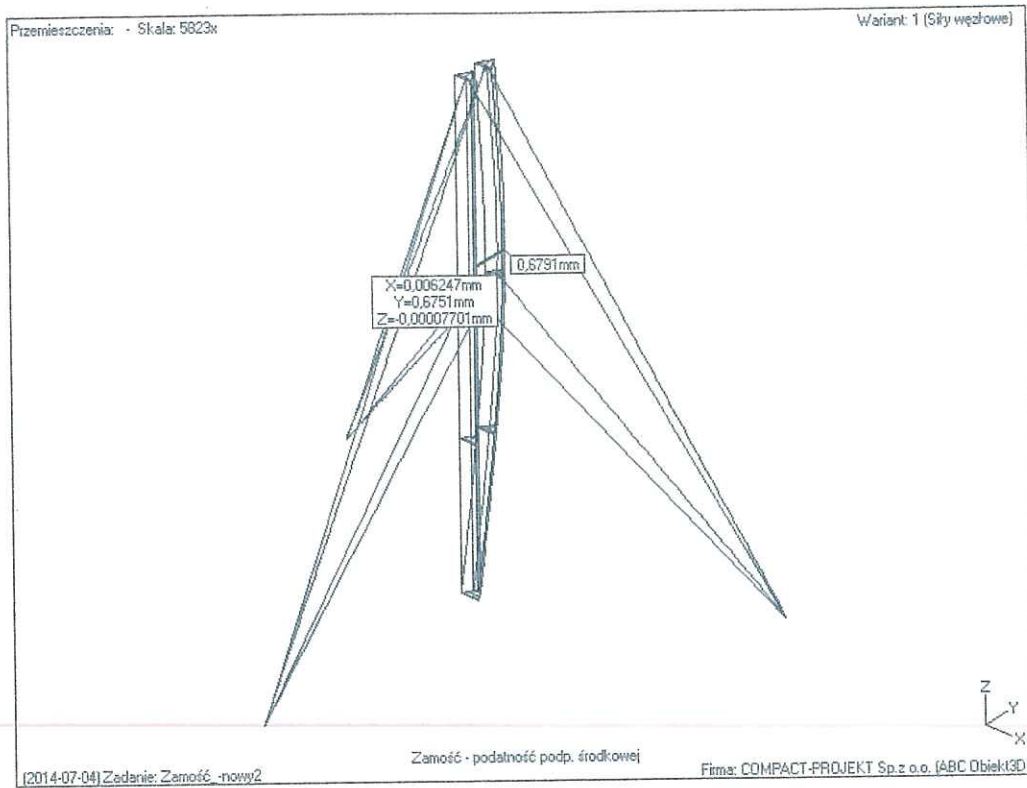
- Ciężar własny drabiny komunikacyjnej – przyjęto 0,30 kN/mb
- Ciężar drogi kablowej z kablami – 0,2 kN/m
- Ciężar galerii w poziomie 11,78m $N_{gc} = 8,10$ kN $\rightarrow N_g = 1/3 \cdot 8,1 = 2,70$ kN
- Ciężar komina – wg programu RM Win

Z3. Obliczenia statyczne i wymiarowanie w stanie istniejącym

Obliczenia statyczne komina wykonano przy pomocy programu ABC6 oraz programu RM Win. Przy zastosowaniu programu ABC6 dokonano analizy układu przestrzennego trzonu z odciągami wraz z zespołem trzech przewodów instalacyjnych połączonych z trzonem w poziomach mocowania odciągów oraz w poziomie nad dolną galerią. W ramach obliczeń ustalono okres drgań

własnych komina oraz podatności podpór. Wydruki wyników obliczeń okresu drgań własnych układu oraz przemieszczeń od sił jednostkowych (tj podatności podpór poziomych) podano poniżej.





Do wyznaczenia sił wewnętrznych w przewodach zastosowano program RN-Win.

Jako schemat statyczny przyjęto pręt – belkę trzyprzęsłową ze wspornikiem, podpartą na trzonie w miejscach mocowania do trzonu. Z uwagi na zmienne w czasie wielkości naciągów w linach odciągów usztywniających trzon, jako schemat dodatkowy przyjęto wariant z podporami o podatności zerowej.

- wariant I – z uwzględnieniem obliczonych podatności wszystkich podpór (dwóch górnych usztywnionych odciągami oraz dolnej – jako rygla ramy przestrzennej nieusztywnionej poziomo.

- wariant II – wszystkie podpory sztywne (podatności zerowe)

Poniżej podano wydruki ważniejszych wyników obliczeń statycznych i wymiarowania

Z3.1. Wydruk obliczeń wielkości statycznych i sił wewnętrznych

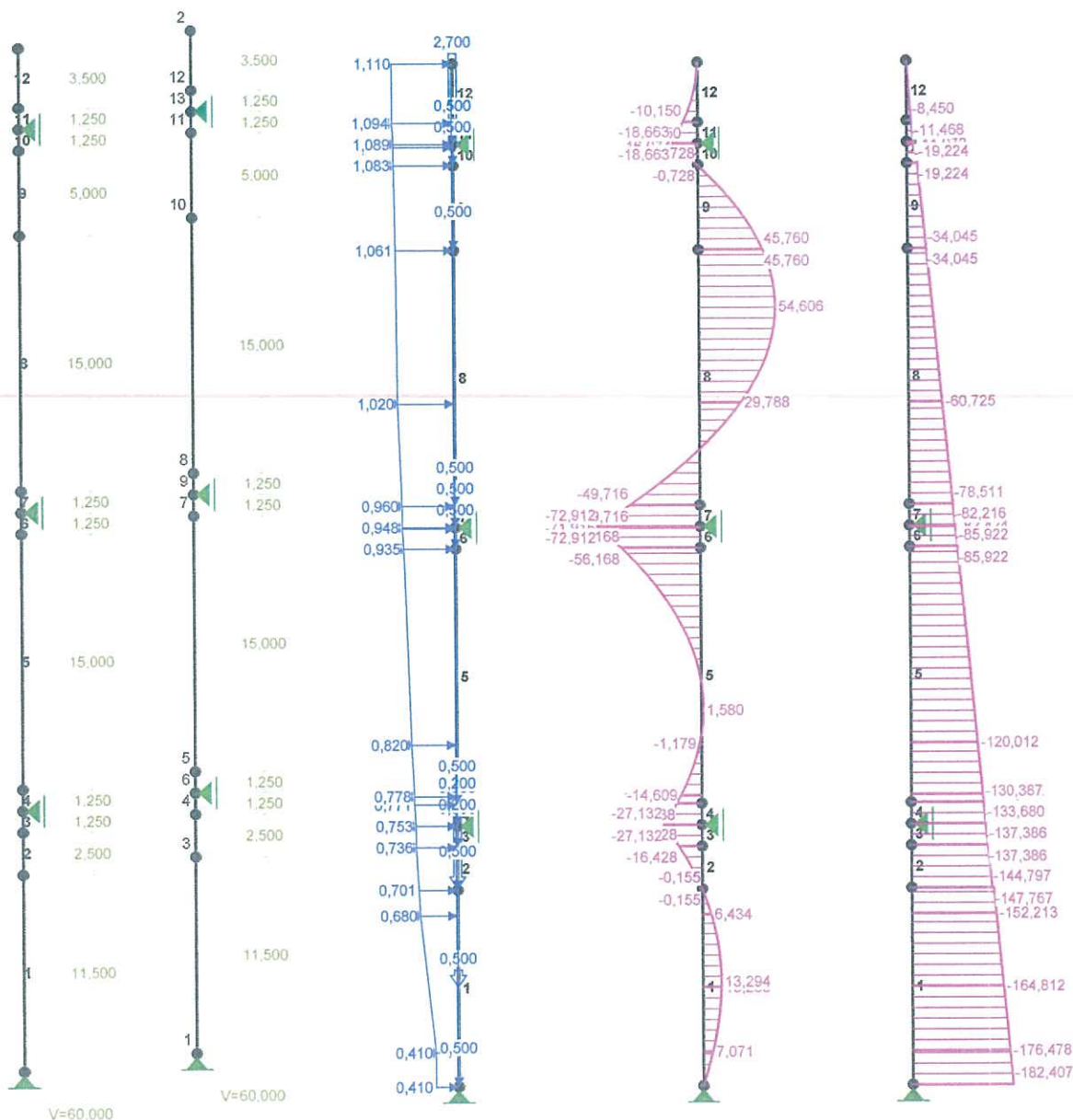
ZESTWIENIE OBCIĄŻEŃ: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa: A ""				Zmienne	γf= 1,50	
1	Liniowe	90,0	0,410	0,410	0,00	2,00
1	Liniowe	90,0	0,680	0,701	10,00	11,50
2	Liniowe	90,0	0,701	0,736	0,00	2,50
3	Liniowe	90,0	0,736	0,753	0,00	1,25
4	Liniowe	90,0	0,753	0,771	0,00	1,25
5	Liniowe	90,0	0,771	0,778	0,00	0,48
5	Liniowe	90,0	0,778	0,820	0,48	3,50
5	Liniowe	90,0	0,820	0,935	3,50	15,00
6	Liniowe	90,0	0,935	0,947	0,00	1,18
6	Liniowe	90,0	0,947	0,948	1,18	1,25
7	Liniowe	90,0	0,948	0,960	0,00	1,25
8	Liniowe	90,0	0,960	1,020	0,00	6,00
8	Liniowe	90,0	1,020	1,061	6,00	15,00
9	Liniowe	90,0	1,061	1,083	0,00	5,00
10	Liniowe	90,0	1,083	1,088	0,00	1,08
10	Liniowe	90,0	1,088	1,089	1,08	1,25
10	Skupione	0,0	2,700		0,63	
11	Liniowe	90,0	1,089	1,094	0,00	1,25
12	Liniowe	90,0	1,094	1,110	0,00	3,50
Grupa: B ""				Zmienne	γf= 1,10	
1	Skupione	0,0	2,700		11,50	
1	Skupione	0,0	0,500		5,75	
1	Liniowe	0,0	0,500	0,500	0,00	11,50
2	Liniowe	0,0	0,500	0,500	0,00	2,50
3	Liniowe	0,0	0,500	0,500	0,00	1,25
4	Liniowe	0,0	0,200	0,200	0,00	1,25
5	Liniowe	0,0	0,500	0,500	0,00	15,00
6	Liniowe	0,0	0,500	0,500	0,00	1,25
7	Liniowe	0,0	0,500	0,500	0,00	1,25
8	Liniowe	0,0	0,500	0,500	0,00	15,00

9	Liniowe	0,0	0,500	0,500	0,00	5,00
10	Liniowe	0,0	0,500	0,500	0,00	1,25

Z3.1.1 Wyniki obliczeń sił przekrojowych (wewnętrznych) – dla wariantu I

Schemat obciążenia i wykresy sił wewnętrznych



Oznaczenia prętów i węzłów Obciążenia Wykres momentów Wykres sił normalnych

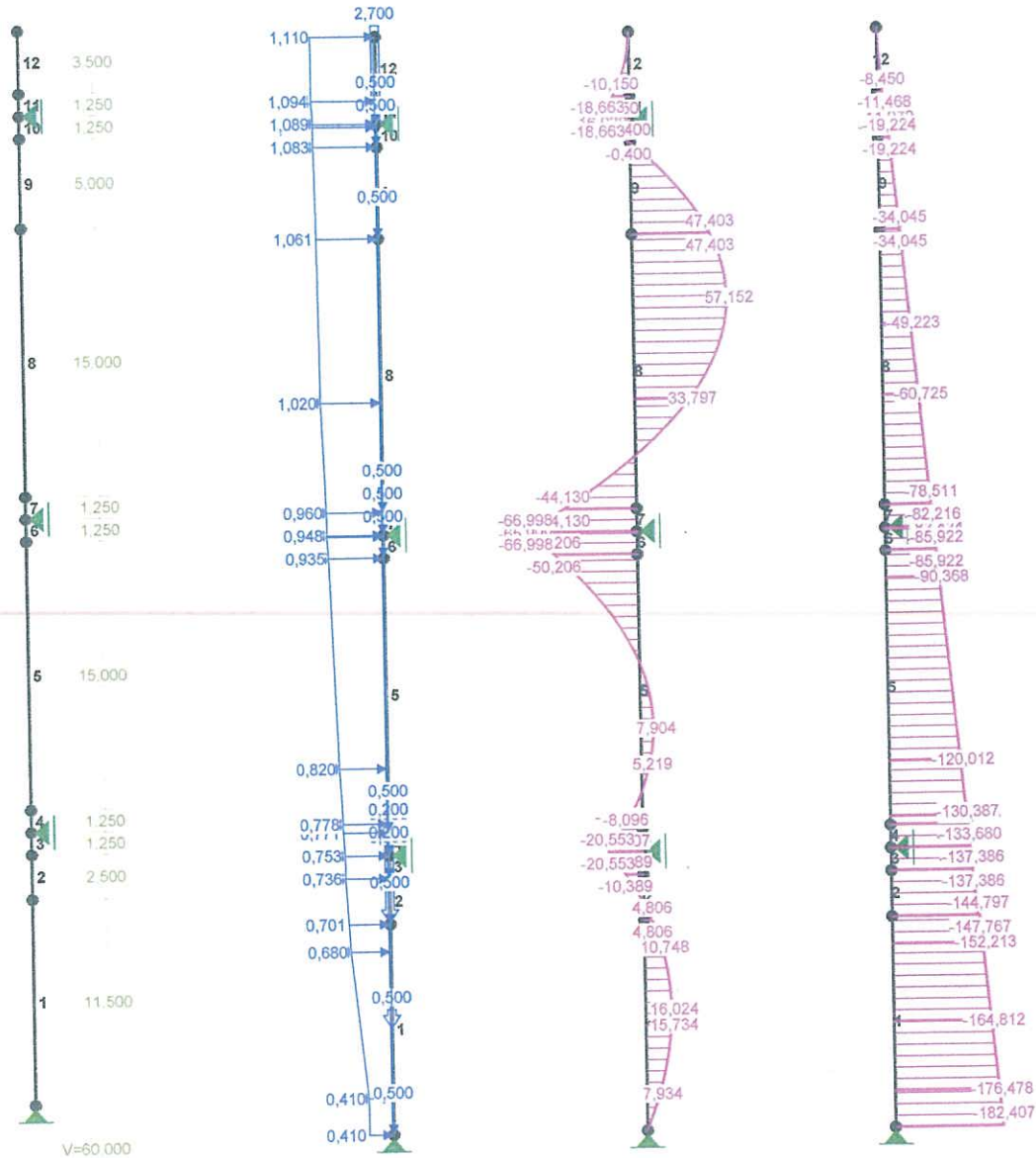
SIŁY PRZEKROJOWE:

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	4,150	-182,407
	0,53	6,082	13,294*	-0,012	-163,827
	1,00	11,500	-0,155	-5,173	-147,767
2	0,00	0,000	-0,155	-5,173	-144,797
	1,00	2,500	-16,428	-7,868	-137,386
3	0,00	0,000	-16,428	-7,868	-137,386
	1,00	1,250	-27,132	-9,264	-133,680
4	0,00	0,000	-27,132	8,227	-133,680
	1,00	1,250	-17,738	6,798	-130,387
5	0,00	0,000	-17,738	6,798	-130,387
	0,38	5,656	1,589*	-0,066	-113,620
	1,00	15,000	-56,168	-12,515	-85,922
6	0,00	0,000	-56,168	-12,515	-85,922
	1,00	1,250	-72,912	-14,280	-82,216
7	0,00	0,000	-72,912	19,449	-82,216
	1,00	1,250	-49,716	17,661	-78,511
8	0,00	0,000	-49,716	17,661	-78,511
	0,78	11,625	54,606*	0,038	-44,050
	1,00	15,000	45,760	-5,293	-34,045
9	0,00	0,000	45,760	-5,293	-34,045
	1,00	5,000	-0,728	-13,331	-19,224
10	0,00	0,000	-0,728	-13,331	-19,224
	1,00	1,250	-18,663	-15,367	-11,468
11	0,00	0,000	-18,663	7,833	-11,468
	1,00	1,250	-10,150	5,786	-8,450
12	0,00	0,000	-10,150	5,786	-8,450
	1,00	3,500	0,000	0,000	0,000

* = Wartości ekstremalne

Z3.1.2. Wyniki obliczeń sił przekrojowych (wewnętrznych) – dla wariantu II



Oznaczenia prętów Obciążenia Wykres momentów Wykres sił normalnych

ZESTAWIENIE SIŁ PRZEKROJOWYCH (WEWNĘTRZNYCH):
 Obciążenia obl.: Ciężar wł.+AB

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	0,000	4,582	-182,407
	0,58	6,613	16,024*	-0,024	-162,253
	1,00	11,500	4,806	-4,742	-147,767
2	0,00	0,000	4,806	-4,742	-144,797
	1,00	2,500	-10,389	-7,436	-137,386

3	0,00	0,000	-10,389	-7,436	-137,386
	1,00	1,250	-20,553	-8,833	-133,680
4	0,00	0,000	-20,553	8,189	-133,680
	1,00	1,250	-11,207	6,760	-130,387
5	0,00	0,000	-11,207	6,760	-130,387
	0,38	5,656	7,906*	-0,103	-113,620
	1,00	15,000	-50,206	-12,553	-85,922
6	0,00	0,000	-50,206	-12,553	-85,922
	1,00	1,250	-66,998	-14,318	-82,216
7	0,00	0,000	-66,998	19,186	-82,216
	1,00	1,250	-44,130	17,398	-78,511
8	0,00	0,000	-44,130	17,398	-78,511
	0,77	11,484	57,152*	-0,005	-44,467
	1,00	15,000	47,403	-5,555	-34,045
9	0,00	0,000	47,403	-5,555	-34,045
	1,00	5,000	-0,400	-13,594	-19,224
10	0,00	0,000	-0,400	-13,594	-19,224
	1,00	1,250	-18,663	-15,630	-11,468
11	0,00	0,000	-18,663	7,833	-11,468
	1,00	1,250	-10,150	5,786	-8,450
12	0,00	0,000	-10,150	5,786	-8,450
	1,00	3,500	0,000	-0,000	0,000

* = Wartości ekstremalne

Do analizy stanu bezpieczeństwa przewodu w poszczególnych przekrojach przyjęto maksymalne wartości obliczone dla obydwu schematów

Z3.2. Wymiarowanie przewodów kominowych

a) Wartości pomocnicze:

Smukłość względna powłoki walcowej oraz współczynnik niestateczności miejscowej

$$\bar{\lambda}_p = \frac{r/t}{1,59} \left(\frac{f_{dT}}{E_T} \right)^{2/3}$$

$$\varphi_p = (1 + \bar{\lambda}_p^{2,4})^{-0,625}$$

gdzie: - r – promień przekroju przewodu

t – grubość powłoki w analizowanym przekroju

f_{dT} – wytrzymałość obliczeniowa stali w temperaturze użytkowania

E_t - moduł sprężystości w temperaturze użytkowania

Ze względu na użytkowanie komina jedynie jako konstrukcji wsporczej dla anten telefonii cyfrowej, do obliczeń przyjęto:

$$f_{dT} = f_d \frac{1300 - T_t}{1200} = 215 * \frac{1300 - 120}{1200} = 0,98 * 215 = 210 \text{ MPa}$$

$$f_{dT} = 215 \text{ MPa}$$

(średnia temperatura ścianki przewodu – przyjęto 120°C powyżej części ocieplonej komina)

$$E_T = E(0,987 + 0,300 * 10^{-3} T - 1,857 * 10^{-6} T^2) = 212 \text{ GPa}$$

b) Nośność obliczeniową komina przy zginaniu dla poszczególnych grubości blach obliczono ze wzoru [21] podanego w normie [dok 9] $M_R = 1,2 \varphi_p * \alpha_{kor} * W * f_{dT}$

$$\text{gdzie: } \alpha_{kor} = \frac{1}{1 + 0,04 t_e \Delta_t} = \frac{1}{1 + 0,04 * 5 * 0,2} = 0,96$$

Czas dalszego użytkowania t_e – przyjęto 5 lat

Średni ubytek korozyjny Δ – 0,2 mm/rok

Zestawienie przebiegu i wyniki obliczeń podano w tabelach dla poszczególnych przewodów

Z3.2.1. Przewód węglowy

Wysokość nad fundam. [m]	13,70	23,75	32,50	48,50	
Grubość blach komina [mm]	8,0	8,1	11,9	5,5	
Promień przewodu [cm]	45,0	45,0	45,0	45,0	
Charakterystyka przewodu	Wielkości obliczone				
	Promień bezwładn.	ix [cm]	ix [cm]	ix [cm]	ix [cm]
		31,5	31,5	31,4	31,6
	Powierzchnia	A [cm ²]	A [cm ²]	A [cm ²]	A [cm ²]
		224,2	227	332	154,6
	Moment bezwładn.	Jx [cm ⁴]	Jx [cm ⁴]	Jx [cm ⁴]	Jx [cm ⁴]
223000		225700	327400	154600	
Wskaźnik wytrzymał.	Wx [cm ³]	Wx [cm ³]	Wx [cm ³]	Wx [cm ³]	
	4955	5016	7275	3435	
Wielkości pomocnicze	f_{dT}	210	210	210	210
	α_{kor}	0,96	0,96	0,96	0,96
	$\bar{\lambda}_p$	0,330971	0,034715	0,02363	0,051126
	$1 + \bar{\lambda}^{2,4}$	1,070388	1,000314	1,000125	1,000796
	φ	0,958378	0,999804	0,999922	0,999503

Nośność na zginanie	Mr	1149	1213	1760	831
Wielkości pomocnicze	H	1625	1750	2475	2475
	lc	51,5	55,5	78,8	78,3
	λ	0,60	0,65	0,92	0,91
	$\bar{\lambda}$	1,19	1,25	1,76	1,74
	$1+\bar{\lambda}^{3,2}$	0,895	0,872	0,703	0,708
Nośność na ściskanie	φN_{rc}	388	399	471	220
Wielkości statyczne	Mo	27,10	56,20	67,00	57,20
	No	137,4	85,9	85,9	44,5
Stopień wykorzystania przekroju		0,38	0,26	0,22	0,27

Z3.2.2. Przewód gazowy

Wysokość nad fundam. [m]	11,20	12,35	23,75	32,50	48,50	
Grubość blach komina [mm]	6,0	7,6	7,7	10,6	5,7	
Promień przewodu [cm]	45,0	45,0	45,0	45,0	45,0	
Charakterystyka przewodu	Wielkości obliczone					
	Promień bezwładn.	ix [cm]	ix [cm]	ix [cm]	ix [cm]	ix [cm]
		31,6	31,5	31,5	31,4	31,6
	Powierzchnia	A [cm ²]	A [cm ²]	A [cm ²]	A [cm ²]	A [cm ²]
		168,5	213,1	215,8	296,2	160,1
	Moment bezwładn.	Jx [cm ⁴]	Jx [cm ⁴]	Jx [cm ⁴]	Jx [cm ⁴]	Jx [cm ⁴]
		168400	212100	214800	292900	160100
Wskaźnik wytrzyma.	Wx [cm ³]	Wx [cm ³]	Wx [cm ³]	Wx [cm ³]	Wx [cm ³]	
	3741	4714	4774	6509	3558	
Wielkości pomocnicze	f _{dt}	210	210	210	210	210
	α _{kor}	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
	$\bar{\lambda}_p$	0,330970965	0,330971	0,036519	0,026528	0,049332
	$1+\bar{\lambda}^{2,4}$	1,070387534	1,070388	1,000355	1,000165	1,00073
	φ	0,958378028	0,958378	0,999778	0,999897	0,999544

Nośność na zginanie	Mr	867	1093	1155	1574	860
Wielkości pomocnicze	H	1625	1625	1750	2475	2475
	lc	51,4	51,5	55,5	78,7	78,3
	λ	0,60	0,60	0,64	0,91	0,91
	$\bar{\lambda}$	1,19	1,19	1,25	1,75	1,74
	$1 + \bar{\lambda}^{3,2}$	0,896	0,895	0,872	0,704	0,708
Nośność na ściskanie	φN_{rc}	292	369	379	420	228
Wielkości statyczne	M_0	6,40	27,10	56,20	67,00	57,20
	N_0	163,2	137,4	85,9	85,9	44,5
Stopień wykorzystania przekroju		0,57	0,40	0,28	0,25	0,26

Łódź, czerwiec 2014.