



EMKA

Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego EMKA Sp. z o.o. sp.k.

EKSPERTYZA STANU TECHNICZNEGO

komina ceramicznego H = 62 m Pieca obrotowego (nr 4)

Nr E/CO.O-K62/19



Lokalizacja obiektu: **Cementownia „Odra” S.A.**

ul. Budowlanych 9, 45-005 Opole

Zleceniodawca: **Cementownia „Odra” S.A.**

ul. Budowlanych 9, 45-005 Opole

Wykonawca:

Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego EMKA Sp. z o.o. sp.k.

Luborzycza 221, 32-010 Kocmyrzów

Zamówienie:

Nr ZU_0007552 z dnia 21.01.2019 r.

Autor opracowania:

mgr inż. Mariusz Kędziński

mgr inż. Marłusz Kędziński
Rzeczoznawca Budowlany w specjalności
konstrukcyjno-budowlanej obejmującej
projektowanie i wykonawstwo w zakresie:

maszyny i kominy przemysłowe

Nr RZE/X/0029/12

.....
[Signature]

Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego
EMKA Sp. z o.o. Sp. komandytowa
Luborzycza 221, 32-010 Kocmyrzów
NIP 682-17-67-444
Regon 122551990

.....
[Signature]

Za firmę:

Kraków, kwiecień 2019 r.



OPIS TECHNICZNY

Opracowanie: **Ekspertyza stanu technicznego komina przemysłowego**

Obiekt: **Komin ceramiczny H = 62 m Pieca obrotowego nr 4**

Zamawiający: **Cementownia „Odra” S.A.
ul. Budowlanych 9, 45-005 Opole**

Lokalizacja: **Cementownia „Odra” S.A.
ul. Budowlanych 9, 45-005 Opole**

Wykonawca: **Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego EMKA Sp. z o.o. sp.k.
Luborzycza 221, 32-010 Kocmyrzów**

Opracowanie: za firmę
mgr inż. Mariusz Kędziński

mgr inż. Mariusz Kędziński
 Rzeczoznawca Budowlany w specjalności
 konstrukcyjno-budowlanej obejmującej
 projektowanie i wykonawstwo w zakresie:
 maszyny i kominy przemysłowe
 Nr RZE/X/0029/12

Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego
EMKA Sp. z o.o. Sp. komandytowa
 Luborzycza 221, 32-010 Kocmyrzów
 NIP 682-17-67-444
 Regon 122551990

SPIS TREŚCI

1. Podstawa opracowania.
2. Cel i zakres opracowania.
3. Opis techniczny obiektu
4. Badania i przegląd komina
5. Ocena stanu technicznego
6. Wnioski i zalecenia dotyczące dalszej eksploatacji komina
7. Zalecenia dotyczące kontroli stanu technicznego komina
8. Literatura i normy.

Załączniki:

- Załącznik nr 1. Rysunek inwentaryzacyjny geometrii komina
- Załącznik nr 2. Inwentaryzacja uszkodzeń wewnątrz i na zewnątrz
- Załącznik nr 3. Geodezyjny pomiar pionowości
- Załącznik nr 4. Wyniki badań laboratoryjnych pobranych próbek materiałowych
- Załącznik nr 5. Przedruk obliczeń sprawdzających
- Załącznik nr 6. Dokumentacja fotograficzna


EMKA

Proj.

Data: *IV.2019 r.*Nr
rys.
E/CO.O-K62/19

Arkusz

1

Arkuszy

19

**1. Podstawa opracowania.****1.1. Podstawy formalno-prawne:**

- Zlecenie nr ZU_0007552 z dnia 21.01.2019 r.

1.2. Podstawy w zakresie technicznym:

- dane spalin wg „Informacje odnośnie komina pieca nr 4 Cementownia Odra”
- „Raport związany z realizacją doraźnej konserwacji komina ceramicznego w Cementowni ODRA S.A. w okresie przestoju w produkcji ciągłej w marcu 2018 r. opracowany przez Zakład Usług Inżynieryjno-Budowlanych „DEM” Marek Tenczyński, Opole III.2018 r.
- wyniki badań chemicznych próbek pobranych w 2017 r z wewnętrznej powierzchni komina (odkuwki i złuszczenia cegieł) - datowane na 26.06.2017 r.
- szczegółowy przegląd zewnętrzny wraz z geodezyjnym pomiarem pionowości, inwentaryzacją uszkodzeń i dokumentacją fotograficzną wykonany przez firmę „EMKA” w dniach 20÷22.03.2019 r.

2. Cel i zakres opracowania.**2.1. Przedmiot i cel**

Przedmiotem opracowania jest wykonanie ekspertyzy stanu technicznego komina ceramicznego wraz z osprzętem stalowym.

Celem niniejszego opracowania jest określenie aktualnego stanu obiektu wraz z wydaniem orzeczenia o jego stanie technicznym oraz określeniem zaleceń.

2.2. Zakres opracowania

W zakres opracowania wchodzi sprawozdanie z przeglądu zewnętrznego, rewizji wewnętrznej oraz przeglądu osprzętu stalowego, wyników badań laboratoryjnych pobranych próbek materiałów. Na ich podstawie dokonano analizy stanu obiektu i jego oceny.

W szczególności zakres opracowania obejmuje określenie rodzaju i zakresu uszkodzeń trzonu komina na podstawie bezpośredniej obserwacji wykonanej przy użyciu stanowisk alpinistycznych, oględziny wzrokowe osprzętu stalowego (szczelbi włączowych, obręczy wzmacniających) oraz wykonanie dokumentacji fotograficznej charakterystycznych miejsc.





W skład opracowania wchodzi:

- opis techniczny wraz z analizą zebranych materiałów oraz zaleceniami
- rysunek inwentaryzacyjny geometrii komina
- rysunek inwentaryzacji uszkodzeń wewnętrznych i zewnętrznych
- operat geodezyjnego pomiaru pionowości osi komina
- sprawozdanie z badań laboratoryjnych próbek trzonu murowanego i wykładziny
- przedruk obliczeń sprawdzających statyczno-wytrzymałościowych
- dokumentacja fotograficzna.

3. Opis techniczny obiektu

3.1. Usytuowanie

Przedmiotowy komin jest usytuowany na terenie cementowni, w hali głównej pieców i wystaje ponad dach.

3.2. Funkcja

Komin był użytkowany jako emiter odprowadzający do atmosfery lotne produkty spalania paliwa stałego w postaci pyłu węglowego oraz paliw alternatywnych.

3.3. Podstawowe dane techniczne

Wysokość komina całkowita	H = 62,25 m n.p.t.
Wysokość trzonu murowanego	H _t = 60,00 m
Średnica zewnętrzna w poziomie wylotu	D _w = 3,89 m
Średnica zewnętrzna u podstawy	D _z = 6,20 m
Średnica wewnętrzna u podstawy w świetle wykładziny	D _{wd} = 3,80 m
Średnica wewnętrzna u wylotu w świetle wykładziny	D _{wg} = 3,00 m
Średnica wylotowa (górna zwężki stalowej)	D _{wz} = 2,18 m
Grubość ściany u podstawy	g _d = ~0,7 m
Grubość ściany u wylotu	g _g = 0,3 m
Wykładzina ceramiczna (cegła szamotowa)	do poz. ~+59,0 m
Dodatkowe wyposażenie komina:	





• zwężka stalowa	D 3,0/2,18 m, H _{zw} = 2 m
• galeria spoczynkowe (stalowe)	brak
• szczelne włazowe wewnętrzne (ze szczelkami spoczynkowymi)	tak
• szczelne włazowe wewnętrzne (bez szczelki spoczynkowych)	tak
• oznakowanie przeszkodowe	nie
• instalacja piorunochronna	tak

3.4. Dane eksploatacyjne

Komin jest eksploatowany ciągle od około 100 lat. Komin przez długi czas odprowadzał spaliny z pieca obrotowego opalanego pyłem węglowym. Od kilku lat zmieniono sposób opalania w proporcjach: 2 t pyłu węglowego : 5 t paliw alternatywnych (w tym 60% RDF i 40% guma). Skład i proporcje paliwa mogą się znacznie wahać, co wpływa na dużą zmienność składu spalin, a w szczególności ich wilgotności (1,9÷21,1%), która ma duży wpływ na generowanie i intensywność procesów korozyjnych.

3.5. Konstrukcja

3.5.2. Trzon murowany

Trzon komina zrealizowano jako ceramiczny, zbieżny, o przekroju kołowym; średnicy zewnętrznej $D_z = 6,20$ m na poz. +0,0 m do 3,89 m na poz. +60,0 m oraz grubości ściany od ca 70 cm do 30 cm. Skokowe zmiany grubości trzonu zrealizowano odsadzkami wewnętrznymi, co około 8,5÷9,5 m. Na poz. +4,0 m wykształcono strop odpopielania.

Komin wykonano z cegły kominówki na zaprawie cementowo-wapiennej. Górny odcinek (głowica) jest wykonany z cegły pełnej. Trzon wzmocniono obręczami stalowymi na prawie całej jego wysokości.

3.5.3. Przewód spalinowy - wykładzina

Komin posiada wykładzinę wewnętrzną wykonaną z cegły szamotowej na zaprawie szamotowej, o grubości 12 cm na prawie całej wysokości (od poz. +4 m, gdzie zlokalizowany jest strop odpopielania, do głowicy, która nie posiada wymurówki od wewnątrz). Średnica wewnętrzna górna wynosi 3,0 m, zaś ponad stropem odpopielania 3,8 m.

3.5.4. Izolacja

Izolację stanowi pustka powietrzna, jest ona nieznaczna: 1÷2 cm.





3.5.5. Zwężka

Na szczycie kominu wykonano zwężkę stalową o wysokości 2,0 m, zmniejszając średnicę wylotu do 2,18 m. Zwężka zintegrowana jest z płaską płytą pokrycia głowicy, która nie posiada pionowego okapnika chroniącego zwieńczenie trzonu. Zwężkę ustawiono na żelbetowym wieńcu o wysokości około 25 cm.

3.5.6. Wyposażenie pozostałe (osprzęt stalowy)

Komin wyposażono w stalowe szczeble zewnętrzne ze szczeblami spoczynkowymi, wewnętrzne szczeble włączowe bez kosza i szczebli spoczynkowych. Od wysokości +8,9 m n.p.t. zamocowano obręcze stalowe o przekroju ca 10×100 mm; ponad dachem w różnym rozstawie – od 48 do 165 cm, zaś pod stropem 2 szt.

3.5.7. Instalacje

Komin wyposażono w instalację odgromową w postaci dwóch naprzeciwległych zwodów pionowych z pręta stalowego o średnicy około 10 mm. Na kominie są też pozostałości starego zwodu z linki stalowej biegnącej wzdłuż szczebli włączowych, ale nie jest ona połączona z uziemieniem. Zwody podłączono do instalacji odgromowej (druty odgromowe) na dachu budynku ale są to elementy adekwatne dla budynków, a nie obiektów specjalnych - jakim jest komin.

3.6. Wykonane prace remontowo-konserwacyjne

Podczas ostatniej przerwy remontowej w roku 2018 wykonano doraźne prace konserwacyjno-remontowe polegające na (wg. „Raport związany z realizacją doraźnej konserwacji komin ceramicznego w Cementowni ODRA S.A.):

- oczyszczeniu powierzchni wewnętrznej kominu poprzez piaskowanie drobnym ścierniwem - na wysokości około 30 mb od jego wylotu z usunięciem nalotów, skorodowanych spoin,
- uzupełnieniu ubytków zaprawami trasowo-cementowymi
- neutralizacji powierzchni wnętrza kominu gruntem termoodpornym na bazie żywicy silikonowej z dodatkami stabilizującymi, pigmentowanego pyłem aluminiowym i cynkowym (TERMO-GRUNT),
- powleczenie powierzchni preparatem termoodpornym (TERMO-LAKIER)





Śladów opisanej wyżej powłoki ochronnej praktycznie nie ma, co świadczy o jej niewystarczającej skuteczności i trwałości.

Natomiast oględziny wnętrza wykazały, że górny bęben wykładziny (+51,0 do +60,0 m) pokryty jest masą szpachlową na siatce z włókien szklanych.

4. Badania i przegląd komina

4.1. Badania trzonu komina „in situ”

4.1.1. Pobranie próbek z odwiertów i badania laboratoryjne materiałów konstrukcyjnych

W celu określenia rzeczywistej wytrzymałości muru oraz stanu materiałów konstrukcyjnych pobrano do badań 12 odwiertów wykonanych wiertłem koronowym. Odwierty wykonano przelotowo przez trzon, izolację i wykładzinę komina (poza odwiertem kontrolnym ponad poziomem posadzki). Odwierty wykonano na całej wysokości komina ponad dachem hali - co około 4,5 m.

W każdym wytypowanym polu wykonano odwiert wiertłem koronowym $\varnothing 100$ mm. Miejsca pobrania próbek oznaczona na „inwentaryzacji uszkodzeń” stanowiącej załącznik nr 2 do opracowania. Po wykonaniu odwiertów wykonywano pomiary grubości trzonu ceramicznego i łącznej grubości ściany komina (razem z wymurówką) - w celu określenia grubości ścian na poszczególnych poziomach.

Do badań przekazano próbki betonu pobrane w formie walców z odwiertów. Próbki z komina poddano szczegółowym badaniom laboratoryjnym, tak w zakresie fizyko-chemicznym, jak i wytrzymałościowym. Badania przeprowadzono w specjalistycznym laboratorium budowlanym. Wyniki badań laboratoryjnych materiałów, wraz z oceną, przedstawiono w załączeniu niniejszego opracowania (Załącznik nr 4). Ocena ta stanowi integralną część ekspertyzy technicznej komina.

Wytrzymałość ceramiki na ściskanie wykonano na próbkach walcowych wyciętych z środkowej części próbek. Nie są one do końca miarodajne dla całego przekroju, ze względu na zniszczenia struktury w części wewnętrznej i zewnętrznej. Należy więc potraktować je z dużą dozą rezerwy. Zauważono, że znaczna część próbek uległa rozwarstwieniom, co świadczy o braku spistości muru, uszkodzeniu struktury wewnętrznej i zaawansowanym procesom destrukcji korozyjnej.





Badania cech fizycznych i chemicznych: Każda próbka betonu z odwiertu została przebadana w minimum trzech przekrojach: wewnętrznym, zewnętrznym i środkowym. Szczegółowy opis i metodyka badań zawarta jest w opracowaniu wyników badań laboratoryjnych - Załącznik nr 4.

4.1.3. Geodezyjne pomiary pionowości.

Pomiary wychylenia osi komina wykonano w dniu 20.03.2019 r. różnicową metodą kątową, wykonywaną z 5-ciu stanowisk, na 5-ciu poziomach. Wyniki pomiarów i wykresy wychylenia osi komina zawarto w Załączniku nr 3.

Pomierzone maksymalne wychylenie wierzchołka komina wynosi 32 mm.

4.2. Inwentaryzacja geometrii i budowy komina

Inwentaryzację elementów komina (trzonu, wysokości obręczy ect.) wykonano wieloetapowo, z zastosowaniem różnych technik:

- średnice zewnętrzne i wysokości (zwieńczenie, położenie obręczy) wykonano techniką geodezyjną z użyciem tachimetru,
- średnice wewnętrzne i wysokości bębnow mierzone dalmierzem laserowym,
- wysokości wykonania odwiertów (grubości ścian) mierzone miarą zwijaną,
- średnicę dolną oraz szerokość wzmocnienia strefy czopucha zmierzono miarą zwijaną.

Wyniki inwentaryzacji geometrii zwizualizowano w postaci rysunku - Załącznik nr 1.

4.3. Przegląd komina

Komin został poddany przeglądowi zewnętrznemu i badaniom w dniach 20÷22.03.2019 r. Przegląd zewnętrzny oraz inwentaryzację uszkodzeń trzonu wykonano przez bezpośrednią obserwację z zastosowaniem stanowisk alpinistycznych (metoda dostępu linowego). Wykonano zjazdy na całej wysokości oraz po obwodzie komina. Rewizja wewnętrzna komina miała miejsce w dniu 22.03.2019 r.

Zauważone usterki nanoszono na plan rozwinięcia komina, a w miejscach charakterystycznych wykonano zdjęcia z ich odniesieniem na planie inwentaryzacji uszkodzeń (Załącznik nr 2).

4.3.1. Trzon ceramiczny od zewnątrz

Stan trzonu od zewnątrz jest zróżnicowany, generalnie im wyżej, tym stan jest gorszy:



EMKA

Proj.

Data: IV.2019 r.

Nr
rys.

E/CO.O-K62/19

Arkusz

7

Arkuszy

19



- na wysokości około 3-ch metrów od wylotu, na całym obwodzie cegły są silnie zniszczone, ubytki lic cegieł wynoszą miejscami do 4 cm,
- poniżej, na kolejnych 3÷4-ch metrach występują duże powierzchnie o zniszczonym licu z charakterystycznymi złuszczeniami warstwowymi, świadczącymi o degradacji cegieł i zachodzących intensywnie fizyko-chemicznych procesach destrukcji. Na kolejnym odcinku do poz. ca +51 m powierzchnia uszkodzeń jest mniejsza, ale występują pojedyncze ubytki i odspojenia lica cegieł na dużą głębokość (3÷5 cm),
- na wysokości +43÷+51 m występuje strefa bardzo intensywnych wycieków z ługowaniem spoiwa i zaciekami wykrystalizowanego węgla wapnia. Część wycieków jest mokra, co świadczy o dużej intensywności i aktywności przenikania wilgoci ze spalin, poprzez przegrodę budowlaną jaka jest trzon komina z wymurówką,
- poniżej strefy wycieków zinwentaryzowano kilkanaście ubytków lic cegieł o głębokości do 4 cm,
- na całej wysokości komina widoczne są pęknięcia i rysy biegnące wzdłuż jednej, przerywanej linii po stronie północno-wschodniej. Część odcinków jest naprawiona poprzez wypełnienie szczeliny od zewnątrz kitem elastycznym,
- w środkowej i dolnej części komina intensywność uszkodzeń maleje, występują nieliczne spękania i odpajania lic cegieł, pozostałe są twarde, miejscami pokryte siateczką spękań. Spoiny są generalnie w dość dobrym stanie.

4.3.2. Wykładzina ceramiczna od wewnątrz

- górny bęben wykładziny wraz z częścią głowicową i wieńcem żelbetowym zwężki został pokryty masą szpachlową na siatce szklanej. Przy połączeniu ze zwężką występuje kilka ubytków, pęcherzy i wybrzuszeń świadczących o miejscowym braku przyczepności wyprawy do podłoża. W części dolnej tego odcinka, tuż ponad dylatacją, siatka nie została w pełni wypełniona zaprawą, nie tworząc litej i szczelnej powierzchni.
- na poszerzeniu dylatacji (poziom +50÷+51 m) widoczne jest silne zniszczenie zaprawy spoinującej: zewnętrzna jej powierzchnia jest krucha, na dużej powierzchni występują jej braki na głębokości kilkunastu milimetrów.

Odcinek wykładziny od poz. +42,5 m do +50 m wykazuje wiele uszkodzeń i objawów destrukcji:





- wzdłuż szczebli biegnie strefa pionowych spękań o długości kilku metrów i rozwarości pęknięć 0,5÷4 cm
- występują liczne pęknięcia i uszkodzenia cegieł,
- spoiny są kruche lub zerodowane na głębokość kilku milimetrów.
- na dylatacji +41,5÷+42,5 m spoiny w warstwie wierzchniej są kruche, głębiej twarde. Na powierzchni około 15% ubytki spoin sięgają 1÷5 mm.
Podobny stan wykazuje kolejna dylatacja (+32,5÷+31,5 m) z tym, że dodatkowo na obwodzie dylatacji występują ubytki cegieł w ilości około 15%.
Poniżej tej dylatacji, na całym obwodzie, w odstępach co około 1 m występuje 8 rys pionowych o długości około 1 m i rozwarości 1÷2 cm
- dylatacje na poz. +23÷+24 m oraz +14÷+15 m są w podobnym stanie jak 2 wyższe. Na całym obwodzie występują dodatkowo liczne uszkodzenia cegieł kapinosowych.
- poniżej +14 m na zinwentaryzowano 4 rysy pionowe o długości 1 m oraz 1 rysę o długości 2 m, rozmieszczone na całym obwodzie. Stan muru wykładziny jest zadowalający, bez braków cegieł i spoin.
- przy wlocie czopucha (poziom ca +4,5÷7 m) odnotowano pęknięcia pionowe po obu stronach wlotu spalin, oraz jedno od góry.
- na dnie (stropie odpopielania) występuje gruba warstwa pyłu oraz duże ilości odpadów remontowych w postaci resztek siatek szklanych oraz płatów i grud zaprawy naprawczej.

4.3.3. Zwężka

Zwężka jest kompletna, od zewnątrz bez śladów korozji, od wewnątrz skorodowana wżerowo na głębokość do 1 mm, pokryta płatami zbitego, scementowanego wilgocią pyłu. Połączenie z wieńcem i wykładziną od wewnątrz jest szczelne. Górna krawędź nie ma usztywnienia i wykazuje deformacje obwodowe.

Zwężka posiada główną wadę w postaci braku obwodowej blachy okapowej, która powinna chronić zwieńczenie komina (tu: wieńiec żelbetowy) przed spływającymi wodami opadowymi i kondensatem spalin.

4.3.4. Osprzęt stalowy - obręcze wzmacniające

Obręcze w większości są w dobrym stanie technicznym. Tylko w górnej części odnotowano początki korozji - na krawędzi elementów. Jedna z obręczy posiada uszkodzenie





w postaci pęknięcia mocowania śrub w zamku (poz. +54,7 m).

4.3.5. Ciąg szczelbi włazowych zewnętrznych wraz z szczებlami spoczynkowymi (ochronnymi)

Szczებle komunikacyjne i spoczynkowe są w dość dobrym stanie technicznym. Nieliczne z nich, w górnej części kolina, wykazują korozję pęczniejącą na styku z trzonem murowanym.

4.3.6. Ciąg szczelbi włazowych wewnętrznych

Szczებle włazowe są w złym stanie technicznym: w większości z korazją wżerową na całej powierzchni. W dolnej części, na wysokości kilku metrów, praktycznie szczებle zniszczone są w całości. Wewnętrzne szczებle włazowe nie nadają się do celów komunikacyjnych.

4.3.7. Instalacje

Obiekt posiada instalację odgromową, jednak nie w pełni zgodną z normą PN-92/E-05003/04 dotyczącą kominów. Istniejące zwody odprowadzające, wykonane z drutu mają co prawda dopuszczalny przekrój, ale w części wylotowej (około 2 średnic, min. 3 m) zwody powinny być wykonane z pręta o średnicy min. 16 mm lub bednarki. To samo dotyczy uziomów: podłączenie zwodów z prętów o średnicy 1 cm do drutów odgromowych chroniących dach obiektu nie jest prawidłowe. Należy od podstawy kolina poprowadzić bednarkę o przekroju minimum 20×3 mm (zalecane 40×3 mm).

Zwód pionowy od strony północnej nie ma praktycznie mocowań na całej wysokości ponad dachem. Zwód biegnący wzdłuż linii szczelbi włazowych (od południa) posiada mocowania, ale występują odcinki po kilka metrów bez nich.

5. Analiza wyników badań

5.1. Badania laboratoryjne pobranych próbek materiałów

5.1.1. Próbkki z odwiertów pobranych w ramach niniejszej ekspertyzy

Wytrzymałość poszczególnych próbek jest bardzo zróżnicowana, a w części z nich nie dało się jej wyznaczyć ze względu na rozwarstwienia i brak spistości muru. Wytrzymałość średnia na ściskanie muru ceglanego dla przebadanych 8 próbek wyniosła $f_b = 12$ MPa, zaś z uwzględnieniem próbek zerowych $f_{b,0} = 7,4$ MPa.





Odczyn badanych próbek ceramiki jest zróżnicowany i mieści się w zakresie pH $4,15 \div 10,4$. Odczyn materiału spoinującego ma charakter kwasowy, jest bardzo niski i wynosi $3,8 \div 4,4$. pH na takim niskim poziomie świadczy o zaawansowaniu procesów korozyjnych o charakterze kwasowym. Zarówno cegła, jak i materiał spoinujący są silnie obciążone szkodliwymi solami siarczanowymi, a ich zawartość w obu materiałach jest wysoka ($0,9 \div 2,7\%$ masy). Ma to szczególne znaczenie, gdyż siarczany mają silnie ekspansywny charakter i mogą powodować dezintegrację materiałów, jak również pogorszenie przyczepności między nimi.

Nieco inna jest sytuacja dla materiałów wykładziny ceramicznej: ze względu na stan pobranych próbek nie było możliwości przygotowania odpowiednich próbek do badań wytrzymałościowych. Odczyn cegieł w warstwie zewnętrznej jest typowy dla materiału ceramicznego. Natomiast odczyn badanych próbek zaprawy jest wyraźnie obniżony względem wartości typowych (dla zapraw mineralnych około 12) i wynosi $8 \div 9,5$. Odczyn na takim poziomie wskazuje na odalkalizowanie spoiwa, przede wszystkim w wyniku procesów korozyjnych takich jak karbonatyzacja i ługowanie spoiwa. Zawartość jonów siarczanowych w warstwie zewnętrznej w obu materiałach jest zbliżona i wynosi maksymalnie 0,37 % masy próbki. Biorąc pod uwagę silnie ekspansywny charakter soli siarczanowych, ich zawartość na wykazanym poziomie może stanowić zagrożenie dla spójności badanych materiałów. Krystalizacji siarczanów towarzyszy duży wzrost objętości, co generuje naprężenia rozciągające, które prowadzą do dezintegracji materiałów, czego objawem może być łuszczenie, kruszenie czy też osypywanie cegły i zaprawy.

5.1.2. *Próbki wewnętrznych warstw wykładziny pobrane i przebadane w roku 2017*

Pobrane odpryski i odkuwki z wewnętrznej powierzchni wykładziny ceramicznej wykazywały bardzo duże i zróżnicowane skażenie chemiczne. Na szczególną uwagę zwraca zawartość jonów siarczanowych (SO_3) - nawet do 26% (sic!) i chloru (Cl) - do 8%.

5.2. *Analiza wyników wychylenia osi komina z pionu*

Pomierzona, całkowita wartość wychylenia wierzchołka komina wynosi obecnie 32 mm w kierunku południowo-wschodnim. Dla porównania wyniki otrzymane w kwietniu 2017 roku to 25 mm. Są to więc wartości bardzo małe.

Wychylenie maksymalne komina jest nieznaczne i ponieważ normatywy nie określają dopuszczalnej odchyłki od pionu w stadium eksploatacji, a jedynie limitują wartość ugięcia





sprężystego od parcia wiatru - ugięcie to należy traktować informacyjnie, o ile nie będzie ulegało istotnemu zwiększeniu w czasie.

Dla porównania dopuszczalna odchyłka od osi pionowej kominu przy jego wznoszeniu wg Tabl. 4-1 WTWiORB t.IV wynosi odpowiednio 98 mm.

6. Analiza statyczno-wytrzymałościowa

6.1. Dane do obliczeń.

Badania niszczące próbek walcowych wykazały wytrzymałość muru na ściskanie od 6,4 do 20,4 MPa. Wartość średnia dla przebadanych 8 próbek wyniosła $f_b = 12$ MPa, zaś z uwzględnieniem próbek zerowych $f_{b,0} = 7,4$ MPa. Biorąc bezpośrednio statystyczne wzory normowe, przy dużym współczynniku zmienności (38,2%) charakterystyczna wytrzymałość muru wynosiłaby $f_k = 2,85$ MPa. Do obliczeń przyjęto wartość wytrzymałości $R_{mk} = 3,0$ MPa z Tablicy Z1-2 normy PN-88/B-03004 dla cegły kominówki na zaprawie marki 5.

Obliczenia przeprowadzono według wymogów normy kominowej PN-88/B-03004. Uwzględniono korektę klimatyczną obciążenia wiatrem wg zaktualizowanej normy. W obliczeniach uwzględniono grubości ścian kominu z pomiarów fizycznych.

Wyniki obliczeń, jak również pozostałe parametry obliczeniowe takie jak: cechy fizyczno-wytrzymałościowe materiałów, strefa wiatrowa itp. przedstawiono w załączeniu niniejszego opracowania (Załącznik nr 5).

6.2. Analiza

Analizując wyniki obliczeń kominu można stwierdzić, że pod względem statyczno-wytrzymałościowym trzon kominu spełnia z wystarczającym zapasem warunki bezpieczeństwa (naprężenia w najbardziej wyciężonych przekrojach (ponad stropem odpopielania) wynoszą 84% wartości dopuszczalnych).

7. Ocena stanu technicznego.

Komin, a w szczególności jego konstrukcja nośna w postaci trzonu murowanego oraz wykładzina ceramiczna, są w złym stanie technicznym. Osprzęt stalowy (szczeble





komunikacyjne, obręcze wzmacniające, zwężka) są w stanie dobrym. Instalacja odgromowa pod kątem stanu technicznego jest w stanie dobrym, ale elementy zwodów i uziemień nie spełniają warunków przekrojów minimalnych wg norm przedmiotowych.

Wchylenia kolina jest minimalne i dalekie od dopuszczalnych wytycznych.

Pod względem statyczno-wytrzymałościowym kolin spełnia warunki normowe nośności.

8. Wnioski i zalecenia dotyczące dalszej eksploatacji obiektu

8.1. Wnioski podstawowe

Komin jest już wyeksploatowany i okres jego użytkowania dobiega końca. Nie występuje obecnie groźba katastrofy budowlanej na skutek zawalenia obiektu (pozytywne wyniki obliczeń statyczno-wytrzymałościowych), ale skorodowana ceramika może odpadać płatami zagrażając otoczeniu.

Komin nie jest zbudowany z materiałów kwasoodpornych, jak wymaga norma EN 13063-2+A1:2009 (tj. o kwasoodporności rzędu 98%) – pkt. 5.1.3.1.4 i 5.3.2.2 – dotyczy to zarówno cegły kominowej, jak i zaprawy. Norma dopuszcza jedynie zaprawy kwasoodporne oraz wymaga zastosowania przestrzeni izolacyjnych oraz obudowy zewnętrznej, czego nie spełnia przedmiotowy komin.

Komin nie jest przystosowany do odprowadzenia spalin wilgotnych bez względu na ich temperaturę. Ceramika jako tworzywo budowlane nie jest gazoszczelna, szczególnie nie jest barierą dla przenikania wilgoci w postaci pary wodnej.

W obecnym stanie komin może być użytkowany szacunkowo roku 2021, pod warunkiem rozpoczęcia procesu projektowania, uzyskania stosownych pozwoleń i budowy nowego kolina.

Dopuszcza się komin do użytkowania na okres 2 lat (do 2021 r.).

8.1. Uwarunkowania techniczne związane z warunkami i parametrami pracy kolina

Od kilku lat zmieniono sposób opalania w proporcjach: 2 t pyłu węglowego : 5 t paliw alternatywnych (w tym 60% RDF i 40% guma). Taki sposób użytkowania jest szczególnie niekorzystny.





Kominy ceramiczne (z przewodami ceramicznym) ze względu na porowatość struktury materiału nie nadają się do odprowadzania spalin mokrych, a takimi są spaliny ze spalania lub współspalania paliw alternatywnych (RDF). Szacuje się, że naturalna wilgotność spalin z węgla kamiennego wynosi 4÷5% i możemy je przy takim poziomie zawartości wody traktować jako suche. Temperatura kwasowego punkt rosy dla takich spalin wynosi z reguły około 138°C. W omawianym przypadku mamy do czynienia z okresowo niższymi temperaturami (120°C), większą wilgotnością (do 21%) oraz większą zawartością różnych szkodliwych związków chemicznych. Występuje więc permanentne zjawisko wykrapłania kondensatu.

Przedmiotowy komin wykazuje charakterystyczne uszkodzenia związane ze zmianą sposobu eksploatacji oraz wysokim stopniem skażenia produktami spalania, szczególnie siarczanami. Spaliny powstałe w wyniku spalania lub współspalania RDF posiadają przede wszystkim większą wilgotność niż ze spalania samego paliwa stałego (węgla), a ich skład chemiczny też jest inny. Wilgotne spaliny wchodzą w interakcję ze związkami głównie siarki, które po długim okresie eksploatacji kominą silnie skażają jego strukturę. Uwodnienie siarczanów powoduje w pierwszej fazie powstawanie kwasu siarkowego – silnie żrącego, a następnie powstanie w wyniku reakcji chemicznych soli siarczanowych, które są silnie pęczniące. Cegła kominowa, jak i cegła zwykła są materiałami stosunkowo porowatymi i nasiąkliwymi, podatnymi na niszczenie fizykochemiczne. Jeżeli pory materiału zostaną wypełnione produktami korozji - następuje rozsadzanie struktury i niszczenie cegieł na wskutek dużych naprężeń wewnętrznych.

Wykroplona para wodna w porach materiału, niedokładnie wykonanych spoinach i niewypełnionych otworach w cegle kominówce może okresowo zamarzać, dodatkowo niszcząc materiał trzonu murowanego kominą (co jest doskonale widoczne na fotografiach obrazujących stan górnej części kominą).

W wyniku spalania RDF powstają także cząstki (mikrosieki) dużo większe niż pył ze spalania węgla kamiennego. Cząstki te są bardzo twarde (glinokrzemiany) oraz mają bardzo ostre krawędzie, co wpływa na wycieranie lic cegieł. W połączeniu z mniejszą efektywnością odpylania, prowadzi to do przyspieszonej erozji mechanicznej wykładziny ceramicznej.

Opisane mechanizmy potwierdzone są wynikami laboratoryjnymi (silne skażenie chemiczne siarczanami z przekroczeniem umownych wartości granicznych) oraz widocznym, złym stanem muru od wewnątrz i wewnątrz.



**8.2. Rokowania**

Mając na uwadze, że spliny o zmienionych parametrach są odprowadzane przez przedmiotowy komin zaledwie od kilku lat – rokowania, co do trwałości obiektu są bardzo złe. Przy obecnym sposobie eksploatacji oraz bardzo złym stanie górnej części komina nie spełnia on kryteriów poprawności oraz bezpieczeństwa użytkowania!

Wyniki badań materiałowych w korelacji z charakterem zidentyfikowanych uszkodzeń wskazują na końcowe stadium użytkowania komina jako całości. Ze względu na znaczną degradację chemiczną ceramiki i spoiwa (odalkalizowanie, osłabienie, silne skażenie chemiczne) perspektywa zbliżającego się terminu rozbiórki komina jest nieuchronna, ale dokładny jej czas trudny do jednoznacznego określenia.

Perspektywa umożliwiająca bezpieczną eksploatację obiektu w dłuższym okresie, wydaje się być nieosiągalna. Nie da się tego okresu jednoznacznie ustalić, gdyż każdy obiekt, jego konfiguracja, historia pracy, a nawet lokalizacja wpływają istotnie na przebieg procesów korozyjnych i szybkość destrukcji w przypadku powstania szczególnie niekorzystnych warunków użytkowania lub narażeń środowiskowych. Jednak patrząc na charakter zniszczeń oraz wyniki badań laboratoryjnych okres bezpiecznej eksploatacji komina będzie raczej krótszy niż dłuższy. Można szacować, że w okresie najbliższych 2÷3 lat obiekt ulegnie daleko idącej destrukcji. Nie można do tego dopuścić, gdyż stworzy to zagrożenie upadania z wysokości gruzu i większych fragmentów muru. Analizując też inne kminy przemysłowe w końcowych stadiach eksploatacji widoczne jest, że przyspieszanie procesów korozyjnych i efektów destrukcji następuje najczęściej gwałtownie.

Do czasu rozbiórki komina i zastąpienia go nowym, należy dość często i systematycznie (wg zaleceń określonych w pkt. 9) wykonywać szczegółowe przeglądy i inwentaryzację uszkodzeń trzonu ceramicznego, szczególnie pod kątem pojawienia się zjawiska odspajania lic cegieł oraz warstwowych złuszczeń. Kontrola stanu obręczy też jest wymagana, gdyż po wielu latach eksplantacji w stanie napięcia mogą się ujawniać pęknięcia w rejonie zamków.

8.3. Zalecenia dotyczące pilnego wykonania prac przywracających bezpieczeństwo eksploatacji obiektu (wytyczne wykonawczo-terminowe)**8.3.1. Zakres prac niezbędnych do wykonania w trybie pilnym**

Należy w trybie pilnym wykonać prace przywracające pełną sprawność techniczną





podstawowym elementom oraz likwidujących zagrożenia:

- usunięcie luźnych i odspojonych fragmentów muru,
- wymiana odcinków zwodów od zwężki na długości 5 m oraz uziemień na nowe, o przekroju min. 40×3 mm (bednarka ocynkowana),
- wykonanie mocowań zwodów modgromowych w rozstawie do 2 m,
- zespawanie pękniętego zamka obręczy na poz. +54,7 m.

8.3.2. Zakres prac fakultatywnych

- montaż osiatkowania chroniącego najbardziej zagrożone rejonny przed odpadaniem odłamków cegieł

9. Zalecenia dotyczące kontroli stanu technicznego komina.

9.1. Przeglądy podyktowane stanem technicznym obiektu

Co 6 miesięcy wykonywać:

- szczegółowy przegląd powierzchni z usuwaniem luźnych i odspojonych fragmentów,
- wykonywać geodezyjny pomiar pionowości z odniesieniem się do poprzednich wyników,
- sporządzać raport z przeprowadzanych oględzin,
- dokonywać oceny stanu komina przez uprawnionego inżyniera z odpowiednimi uprawnieniami.

9.2. Przegląd główny 5-letni - zastąpić ekspertyzą po 2 latach, w przypadku gdy komin nie zostanie wcześniej rozebrany

Niezależnie od podjętych działań kompleksowe badania komina należy przeprowadzać nie rzadziej niż co **2 lata**. Zgodnie z Art. 62 Ustawy Prawo Budowlane, pkt. 9.2. Normy kominowej PN-88/B-03004 oraz Instrukcją ITB nr 323/1993 „Ocena stanu technicznego i wzmacnianie kominów żelbetowych i murowanych” badania powinny obejmować minimalnie:

- inwentaryzację nowych uszkodzeń komina (trzonu i osprzętu),
- geodezyjny pomiar pionowości,
- badania materiałowe - określenie rzeczywistej wytrzymałości muru,
- obliczenia sprawdzające,
- opinię budowlaną o stanie technicznym wykonaną przez Rzeczoznawcę Budowlanego,





- sporządzenie wytycznych eksploatacyjnych i zaleceń.

9.3. Przeglądy okresowe (coroczne)

Corocznie należy dokonywać ogólnego przeglądu obiektu i zabezpieczeń antykorozyjnych elementów stalowych.

Nie rzadziej niż co 5 lat należy wykonać przegląd i pomiary sprawdzające instalacji ogromowej wraz z protokolarnym potwierdzeniem wyników.

10. Literatura i normy.

10.1. Literatura.

- [1] „Warunki techniczne wykonania i odbioru robót budowlano-montażowych, Tom IV: Obmurza pieców przemysłowych i kotłów oraz kominy i chłodnie energetyczne.”
- [2] Zabezpieczenia antykorozyjne w budownictwie przemysłowym. Poradnik projektanta.” Wydawnictwo „Arkady”. Warszawa 1987.
- [3] „Ochrona przed korozją - Poradnik”, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, W-wa 1986.
- [4] „Ochrona przed korozją. Informator”, pod red. J. Flisa. Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych NOT-SIGMA. Warszawa 1987.
- [5] Instrukcja ITB nr 323/1993 „Ocena stanu technicznego i wzmacnianie kominów żelbetowych i murowanych”
- [6] Broniewski T., Fiertak M. „Fizykochemiczne podstawy procesów korozyjnych w budownictwie”, podręcznik akademicki, Wydawnictwo PK Kraków, 1991
- [7] Broniewski T., Fiertak M. „Badania stanu technicznego materiałów w kominach energetycznych przeznaczonych do odprowadzania odsiarczonych spalin”, ZESZYTY NAUKOWE PK, Monografia 194/1995.
- [8] Ciesielski R. „O diagnostyce technicznej kominów przemysłowych”. Materiały z seminarium na temat remontów kominów żelbetowych. Kraków 19.IX.1993 r.
- [9] Dębska D. „Odporność tworzyw cementowych w środowisku siarczanowym”; II Konferencja Naukowa Doktorantów Wydziałów Budownictwa; Gliwice-Wiśla; 22-23 listopada 2001; Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej
- [10] Fiertak M., Dębska D.: Mechanizm destrukcji siarczanowej i ochrona ceramiki w kominach energetycznych; XI Konferencja Naukowo – Techniczna „Trwałość budowli i ochrona przed korozją” KONTRA’98; Zakopane, maj 1998.
- [11] Fiertak M., Dębska D.: Wpływ warunków ekspozycji korozyjnej na odkształcenia i wytrzymałość zapraw cementowych; XLVII Konferencja Naukowa KILiW PAN i KN PAN; Opole-Krynica; 16-21 września 2001
- [12] Fiertak M., Kańka S. „Ocena jakości i stopnia destrukcji materiałów w żelbetowych kominach energetycznych”, Inżynieria i Budownictwo, 7–8/1995





- [13] Fulczyk T., Głowacki E. „Problemy eksploatacyjne elektrofiltrów i instalacji odsiarczania spalin związane ze współspalaniem biomasy”. Energetyka 6/2010
- [14] Hardy T., Kordylewski W., Mościcki K. „Zagrożenie korozją chlorkową w wyniku spalania i współspalania biomasy w kotłach”. Wyd. Inst. Techniki Ciepłej i mech. Płynów Politechniki Wrocławskiej
- [15] Kruczek S., Skrzypczak G., Muraszkowski R. „Spalanie i współspalanie biomasy z paliwami kopalnymi”. Czysta Energia 6/2007
- [16] Lechman M (ITB) „Ocena bezpieczeństwa konstrukcji istniejących kominów murowanych w ujęciu norm PN-EN”. Przegląd Budowlany 5/2012
- [17] Meller ., Pacek T. „Kominy przemysłowe”. Skrypt Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Politechniki Koszalińskiej. Koszalin 2001.
- [18] Stryzewska T., „Mechanizm korozji cegły ceramicznej w kominach energetycznych”. Ochrona przed korozją 6/2011
- [19] Stryzewska T., Kańka S. „Wpływ skażenia siarczanami na trwałość wykładziny ceramicznej w kominach energetycznych”. Przegląd Budowlany 6/2010
- [20] Stryzewska T., Kańka S. „Uszkodzenie wykładziny ceramicznej oddzielnika popiołu kotła fluidalnego na skutek współspalania węgla i biomasy”. Przegląd Budowlany 5/2012
- [21] Ściążko M., Zuwała J., Pronobis M. „Zalety i wady współspalania biomasy w kotłach energetycznych na tle doświadczeń eksploatacyjnych pierwszego roku współspalania biomasy na skalę przemysłową”. Energetyka 3/2006.

10.2. Normy

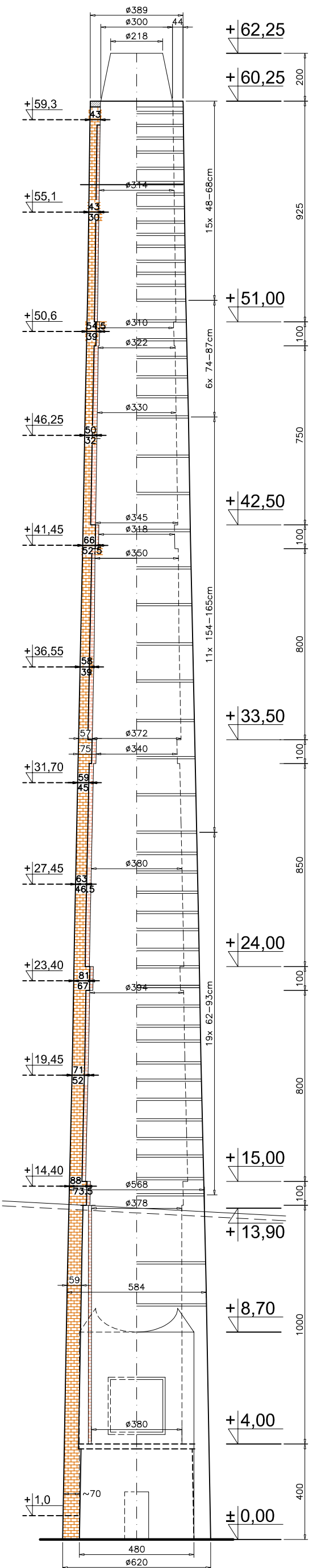
- PN-82/B-01801. Antykorozyjne zabezpieczenie w budownictwie.
- PN-82/B-02000÷11. Obciążenia budowli. Zestaw norm.
- Poprawka Az1: lipiec 2009 do normy wiatrowej PN-77/B-02011
- PN-B-03002:1999. Konstrukcje murowe niezbrojone. Projektowanie i obliczanie.
- PN-88/B-03004. Kominy murowane i żelbetowe. Obliczenia statyczne i projektowanie.
- PN-B-06200:1997. Konstrukcje stalowe budowlane. Warunki wykonania i odbioru. Wymagania podstawowe.
- PN-B-12004:1999. Wyroby budowlane ceramiczne. Cegły kominowe.
- PN-92/E-05003/04. Ochrona odgromowa obiektów budowlanych - Ochrona specjalna
- PN-EN 998-2 Wymagania dotyczące zapraw do murów. Część 2: Zaprawa muraska.
- PN-EN 13084-1 Kominy wolno stojące. Część 1: Wymagania ogólne
- PN-EN 13084-4 Kominy wolno stojące. Część 4: Wykładziny murowe - Projektowanie i wykonanie
- PN-EN 13084-5 Kominy wolno stojące. Część 5: Materiały dla wykładziny murowej
- PN-EN 13063-2+A1:2009 Część 2: Wymagania i badania dotyczące eksploatacji w warunkach zawilgocenia



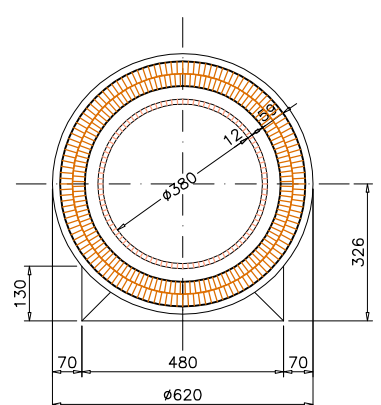


PN-EN-1996-1-1:2010 Eurokod 6. Projektowanie konstrukcji murowych. Część 1-1: Reguły ogólne.
Reguły dla zbrojonych i niezbrojonych konstrukcji murowych.
PN-B-12004:1999. Wyroby budowlane ceramiczne. Cegły kominowe.



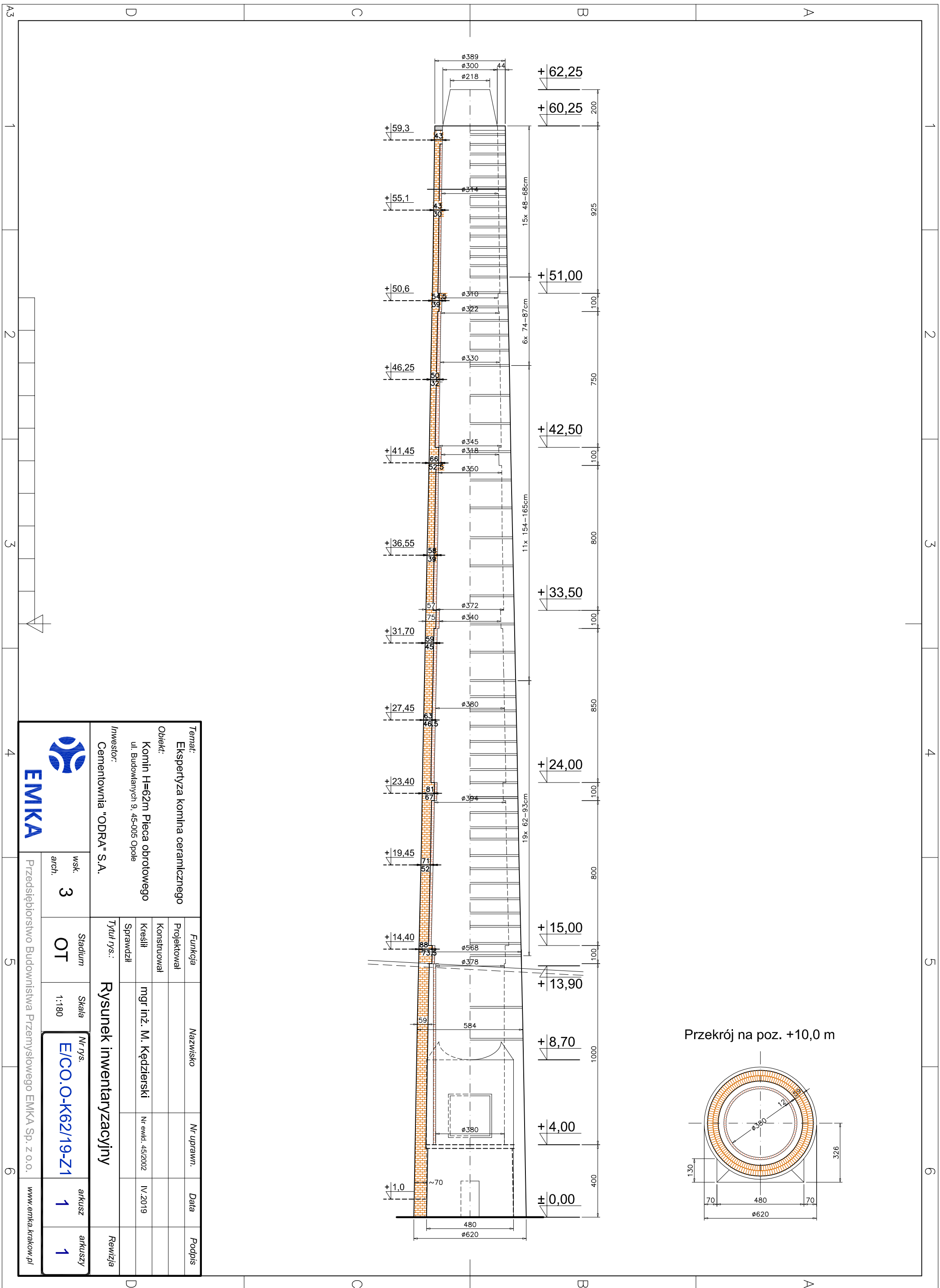


Przekrój na poz. +10,0 m



Temat: Ekspertyza komina ceramicznego		Funkcja		Nazwisko		Nr uprawn.		Data		Podpis	
Obiekt: Komin H=62m Pieca obrotowego ul. Budowlanych 9, 45-005 Opole		Projektował									
Inwestor: Cementownia "ODRA" S.A.		Konstruował		mgr inż. M. Kędziński		Nr ewid. 45/2002		IV.2019			
		Sprawdził									
		Tytuł rys.:		Rysunek inwentaryzacyjny						Rewizja	

		wsk. arch.		Skala		Nr rys.		arkusz		arkuszy	
EMKA		3		1:180		E/CO.O-K62/19-Z1		1		1	
Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego EMKA Sp. z o.o. www.emka.krakow.pl											



INWENTARYZACJA USZKODZEŃ

WEWNĄTRZ:

ZEWNĄTRZ:

Kilka odspojeń szpachli zbrojonej siatką

F.40,41



F.42



F.43



Ubytki spoiny kilka mm

F.44,45



Ubytki spoin do kilkunastu mm, 3 pęknięcia z rozwarością 0,5-2 cm

F.46



Pęknięcia muru wzdłuż szczelbi wewnętrznych z rozwarością 0,5-4 cm (kilka mb)

F.08



Liczne uszkodzenia cegieł

F.47-48



F.49



Spoiny w warstwie wierzchniej kruche, głębiej twarde, ubytki 1-5 mm na poz. 15%

F.07



F.50,51

F.06



Spoiny w warstwie wierzchniej kruche, głębiej twarde, z ubytkami ubytki cegieł na obwodzie dylatacji na poz. około 15%

F.52-54



F.05



8 rys na całym obwodzie w odstępach co ok. 1 m, o długości około 1 m, rozwarość 1-2 cm

F.55,56



F.04



Stan dylatacji j.w. + liczne uszkodzenia cegieł kapinosowych na całym obwodzie

F.03



F.57,58

F.02



Stan dylatacji j.w. + liczne uszkodzenia cegieł kapinosowych na całym obwodzie

F.01



F.59

4 rysy pionowe dł. 1 m na całym obwodzie, 1 rysa o długości 2 m

F.60-62



Przy wlocie czopucha pęknięcia: od góry i po bokach

F.63



F.012



Odwierty:

F.10,11



F.12



F.10



F.09



F.08



F.07



F.06



F.05



F.04



F.03



F.02



F.01



F.60-62



F.63



F.012



+62,25

+60,25

+51,00

+42,50

+33,50

+31,70

+27,45

+23,40

+19,45

+14,40

+13,90

+8,70

+4,00

+1,0

±0,00

F.8



oś szczelbi wiązowych

F.9



F.13,14



F.15,16



F.17-21



Ubytki lic cegieł na gł. do 4 cm, złuszczenia

3m x 1cm

peknięty zamek

korozja obręczy

wyciek

złuszczenia lic cegieł

7,5m 1-3mm

liczne wycieki

2,5m (napr.)

Ubytki lic do gł. 4 cm

3,5m x 1mm

3m x 1mm (napr.)

3m x 1mm

7m x 1mm

1m x 1mm

4,5m (napr.)

F.37



3m x 1mm

(napr.)

F.38



3m x 1cm

(napr.)

F.7



F.3,4



F.5



F.6



F.6



F.6



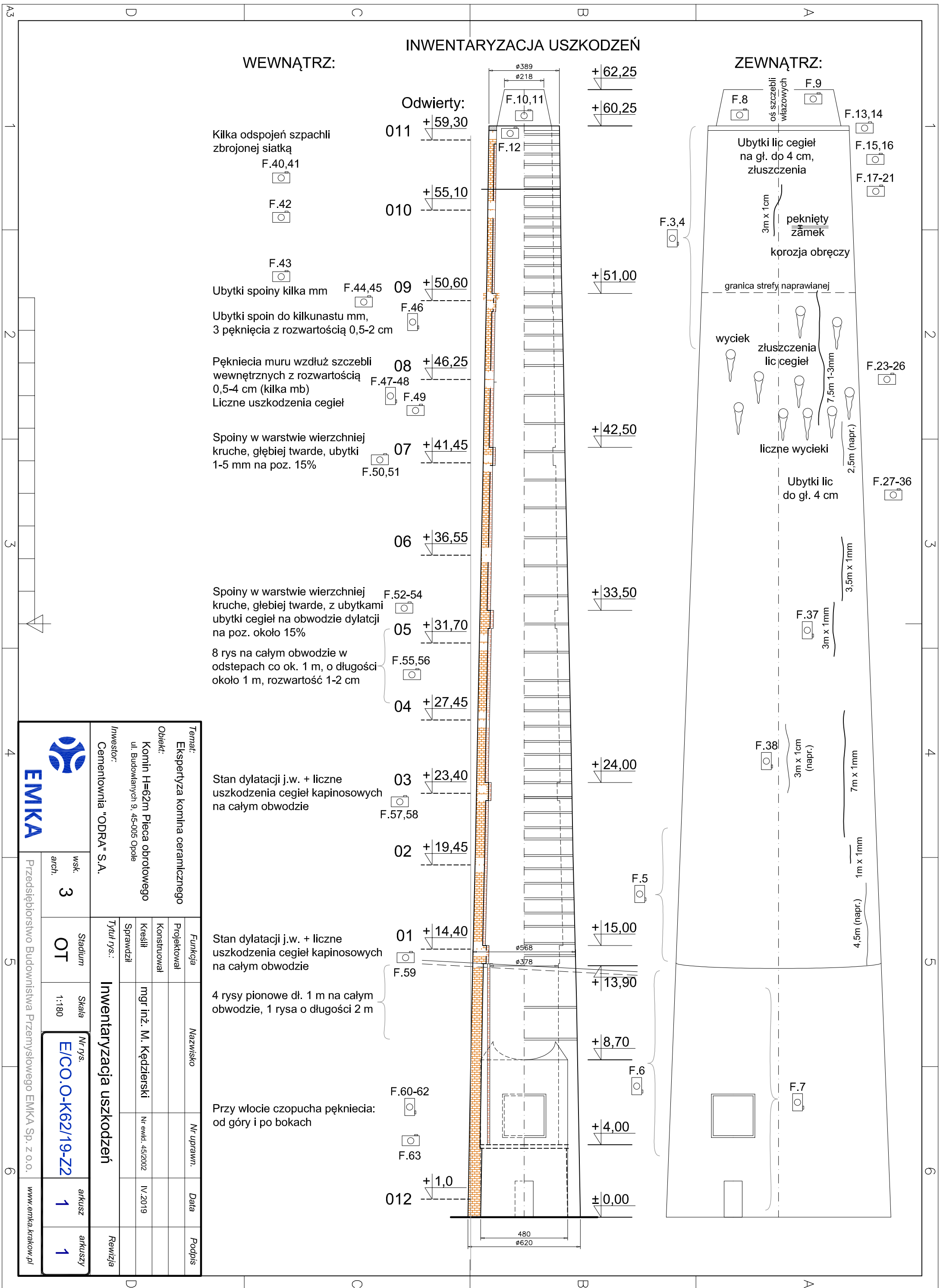
F.6



F.6



		EMKA	
Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego EMKA Sp. z o.o.		www.emka.krakow.pl	
wsk. arch.	3	OT	1:180
Nr rys.	E/CO.O-K62/19-Z2	arkusz	1
arkusz	1	arkusz	1
Tytuł rys.:	Inwentaryzacja uszkodzeń		
Inwestor:	Cementownia "ODRA" S.A.		
Obiekt:	Komina H=62m Pieca obrotowego ul. Budowlanych 9, 45-005 Opole		
Funkcja	Projektował	Nazwisko	Nr uprawn.
Projektował	mgr inż. M. Kędziński	Nr ewid. 45/2002	IV.2019
Konstrukował	Nr ewid. 45/2002	IV.2019	Data
Kresił	Nr ewid. 45/2002	IV.2019	Podpis
Sprawdzał	Nr ewid. 45/2002	IV.2019	Data
Tytuł rys.:	Inwentaryzacja uszkodzeń		
Tytuł rys.:	Inwentaryzacja uszkodzeń		
Tytuł rys.:	Inwentaryzacja uszkodzeń		
Tytuł rys.:	Inwentaryzacja uszkodzeń		



**Pomiar wychylenia od pionu osi ceramicznego komina w Cementowni Odra w Opolu**

Geodezyjne obserwacje wychylenia osi komina wykonano w dniu 20 marca 2019 roku w godzinach od 11⁰⁰ do 14⁰⁰. Zachmurzenie wynosiło około 3/8. Temperatura powietrza w cieniu wynosiła od 7°C na początku pomiaru do 10°C na końcu. Było bezwietrznie.

Do pomiaru wykorzystano tachimetr TS02-ultra-7 firmy Leica nr fabr. 1330835 mierząc kierunki poziome i kąty pionowe do punktów obieranych parami po obu stronach komina. Osnowę geodezyjną stanowił ciąg poligonowy złożony z pięciu stanowisk (rys. 1). Współrzędne stanowisk, współrzędne osi komina, odległości stanowisk od komina oraz azymuty kierunków z poszczególnych stanowisk do komina podano w tabeli 1. Współrzędne stanowisk i osi komina określono w lokalnym układzie przedstawionym na rysunku 1, którego osie są skierowane zgodnie z kierunkiem ścian budynków znajdujących się w sąsiedztwie komina, a wysokość zero przyjęto na wysokości terenu obok budynków. Kierunek osi X jest odchyłony od kierunku północy o około 5° na zachód.

Tabela 1. Współrzędne stanowisk oraz odległości stanowisk od osi komina i azymuty kierunków do osi komina

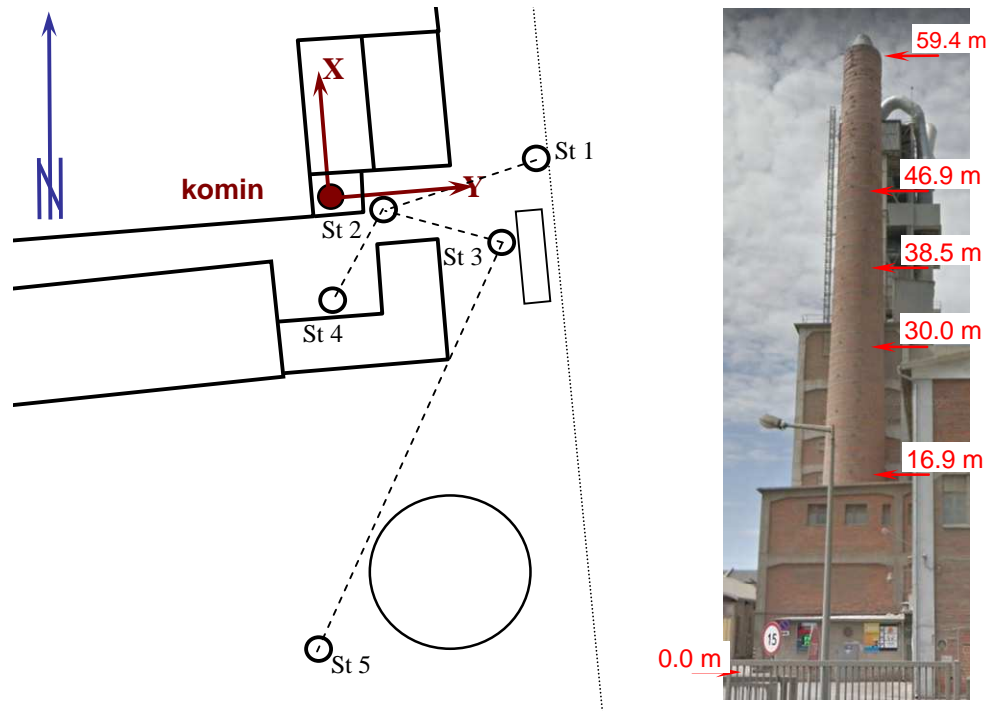
Nr	X [m]	Y [m]	Z [m]	d= Stan – Kom. [m]	Azymut Stan – Kom. [g]
1	7.61	52.20	1.90	52.75	-109.213
2	-5.87	9.02	1.68	10.76	-63.301
3	-18.75	43.81	2.02	47.65	-74.251
4	-29.11	4.98	1.68	29.53	-10.780
5	-94.13	-12.97	2.04	95.02	8.716
K	0.00	0.00			

Na podstawie pomierzonych tachimetrem kierunków do par punktów po obu stronach komina obliczono kierunki do osi komina, a następnie kąty różnicowe przyjmując, jako odniesienie najniższy pomierzony poziom. Następnie poprzez wyrównanie obserwacji metodą spozrzeń pośredniczących obliczono rzeczywiste wychylenia osi komina od pionu na poszczególnych poziomach.



Na kominie pomierzono wychylenie na pięciu poziomach (ich wysokości przedstawiono na rysunku 1).

Wychylenie osi komin na poziomach 16.9 m, 30.0 m 38.5 m i 46.9 m pomierzono ze stanowisk 1,3 i 4, a wychylenie na poziomach 30.0 m 38.5 m, 46.9 m i 59.4 m pomierzono ze stanowisk 1,3 i 5.



Rys 1. Szcik przedstawiający rozmieszczenie stanowisk tachimetru oraz definicję układu współrzędnych, w którym przedstawiono wychylenia osi komin od pionu, a także rozmieszczenie poziomów pomiarowych do wychylenia osi komin

Wyniki z programu komputerowego - obliczenia wychylenia osi komin

Wyniki obliczeń wychylenia osi komin od pionu
Obiekt: Komin ceramiczny cementownia Odra
Data pomiaru: 20.03.2019

Wykaz współrzędnych stanowisk i komin w lokalnym układzie współrzędnych:

Stanowisko	X [m]	Y [m]	odległ. od kom. [m]	Azymut kier. do kom. [g]
1	7.61	52.20	52.75	-109.213
3	-18.75	43.81	47.65	-74.251
4	-29.11	4.98	29.53	-10.780
Komin	0.00	0.00		


EMKA

 Proj.
 Data: IV.2019 r.

 Nr
 rys. **E/CO.O-K62/19-Z3**

 Arkusz **2** Arkuszy **5**

Kątowe odchylenie komina na poszczególnych poziomach w stosunku do najniższego obserwowanego poziomu

Poziom	Z_poz [m]	odchylenie [cc] ze stanowiska:			m ₀ [cc]
		1	3	4	
1	16.9	0.0	0.0	0.0	
2	30.0	-31.0	-175.0	-243.9	48
3	38.5	-121.6	-238.4	-74.6	72
4	46.9	-204.7	-250.4	-1.6	42
11	0.0	0.0	0.0	0.0	0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0

Zestawienie otrzymanych wartości wychylenia oraz uzyskanych dokładności

Poziom	Z_poz. [m]	WX [mm]	WY [mm]	WL [mm]	mWX [mm]	mWY [mm]	mWL [mm]
1	16.9	0.0	0.0	0.0			
2	30.0	-6.8	-10.8	12.8	2.9	2.3	3.7
3	38.5	-14.4	-1.8	14.6	4.3	3.5	5.5
4	46.9	-19.1	2.7	19.3	2.6	2.0	3.3

Wykaz współrzędnych stanowisk i komina w lokalnym układzie współrzędnych:

Stanowisko	X [m]	Y [m]	odległ. od kom. [m]	Azymut kier. do kom. [g]
1	7.61	52.20	52.75	-109.213
3	-18.75	43.81	47.65	-74.251
5	-94.13	-12.97	95.02	8.716
Komin	0.00	0.00		

Kątowe odchylenie komina na poszczególnych poziomach w stosunku do najniższego obserwowanego poziomu

Poziom	Z_poz [m]	odchylenie [cc] ze stanowiska:			m ₀ [cc]
		1	3	5	
0	0.0	0.0	0.0	0.0	
1	16.9	0.0	0.0	0.0	
2	30.0	0.0	0.0	0.0	0
3	38.5	-90.6	-63.4	47.8	8
4	46.9	-173.8	-75.5	63.7	26
5	59.4	-330.9	-66.6	96.8	106

Zestawienie otrzymanych wartości wychylenia oraz uzyskanych dokładności

Poziom	Z_poz. [m]	WX [mm]	WY [mm]	WL [mm]	mWX [mm]	mWY [mm]	mWL [mm]
2	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3	38.5	-7.2	5.5	9.1	0.5	0.9	1.1
4	46.9	-11.7	10.3	15.6	1.6	3.2	3.5
5	59.4	-19.2	21.3	28.7	6.4	12.7	14.2

Wartości wychylenia i wartości błędów wyznaczenia wychylenia na poszczególnych poziomach zostały przedstawione na wydruku powyżej (wychylenia: WX, WY, WL; błędy średnie: mWX, mWY, mWL)

W tabeli 2 podano końcowe zestawienie wychylenia osi komina od pionu na poszczególnych poziomach.


EMKA

 Proj.
 Data: IV.2019 r.

 Nr
 rys. **E/CO.O-K62/19-Z3**

 Arkusz
3

 Arkuszy
5

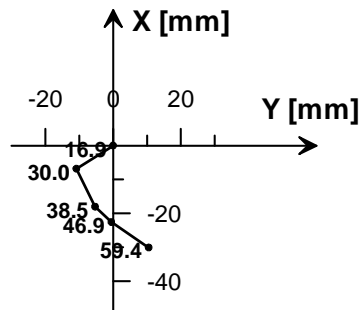


Tabela nr 2. Zestawienie wychyleń osi komina

Z_poz. [m]	WX [mm]	WY [mm]	WL [mm]
16.9	0	0	0
30.0	-7	-11	13
38.5	-18	-5	19
46.9	-23	-1	23
59.4	-30	11	32

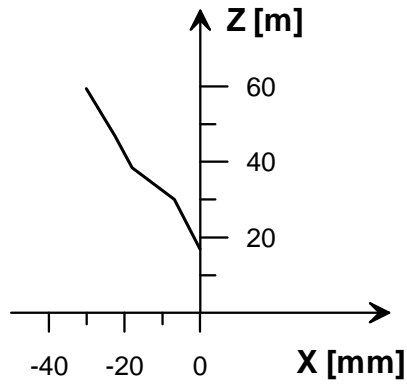
Wychylenie osi komina od pionu na wysokości wierzchołka (59.4 m) w stosunku do poziomu 16.9 m wynosi 32 mm w kierunku południowo-wschodnim. Wartość błędu średniego (na poziomie ufności 67%) wyznaczenia wychylenia osi komina wynosi maksymalnie 14 mm na wysokości wierzchołka. Na pozostałych poziomach wartość błędu średniego wynosi poniżej 6 mm.

Wychylenie komina na poszczególnych mierzonych poziomach przedstawiono na wykresach: rzut wychylenia na płaszczyznę poziomą – rysunek 3, rzut na płaszczyznę XZ na rysunku 4, a rzut na płaszczyznę YZ na rysunku 5.

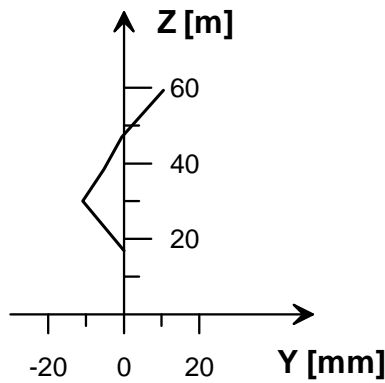


Rys. 3. Wykres wychylenia osi komina w rzucie na płaszczyznę poziomą (X,Y)





Rys. 4. Wykres wychylenia osi komina w rzucie na płaszczyznę XZ



Rys 5. Wykres wychylenia osi komina w rzucie na płaszczyznę YZ

Dr inż. Andrzej Wróbel
 Geodeta uprawniony nr 12644
 32-098 Michałowice
 ul. *Wesoła* 132





Załącznik nr 4
Sprawozdanie z badań laboratoryjnych
Próbek materiałów



SPRAWOZDANIE Z BADAŃ MATERIAŁÓW

KOMIN CERAMICZNY

CEMENTOWNIA „ODRA” S.A. W OPOLU

Zamawiający:

Przedsiębiorstwo Budownictwa Przemysłowego EMKA Sp. z o.o. Sp.k
Luborzycza 221 k/Krakowa, 32-010 Kocmyrzów

Zespół autorski:

dr inż. Stanisław Kańka

dr hab. inż. Teresa Stryzewska

dr inż. Tomasz Tracz

1 Przedmiot, cel i zakres opracowania

Przedmiotem opracowania jest ceramiczny trzonu komina oraz materiały wewnętrznej wykładziny ceramicznej pobrane przez Zamawiającego z komina energetycznego zlokalizowanego na terenie Cementowni „Odra” S.A. w Opolu.

Celem opracowania jest ocena właściwości technicznych przedmiotowych materiałów trzonu komina oraz materiałów wewnętrznej wykładziny. Zakres prac obejmował wykonanie:

- przygotowanie odpowiednich próbek do badań laboratoryjnych,
- przeprowadzenie badań próbek pozwalających na oznaczenie:
 - a. wytrzymałości na ściskanie,
 - b. pH wyciągu wodnego,
 - c. zawartości jonów siarczanowych, chlorkowych i azotanowych.
- opracowanie wyników badań i sporządzenie sprawozdania.

2 Podstawy opracowania

Podstawą formalną opracowania jest zlecenie skierowane przez Zamawiającego, obejmujące zakres prac wymienionych w pkt. 1.

Podstawę merytoryczną stanowią:

- wyniki badań laboratoryjnych próbek przedmiotowych materiałów,
- Kańka S., Ocena stanu technicznego materiałów trzonu kominów żelbetowych, Materiały Budowlane 5/2014 str. 16-17,
- Stryzewska T. Kańka S.: Osady pomiędzy trzonem a wykładziną wtórnym zagrożeniem korozyjnym żelbetowych kominów przemysłowych, Materiały Ceramiczne 3/2012 str. 378-38,
- Matysek P.: Identyfikacja wytrzymałości na ściskanie i odkształcalność murów ceglanych w obiektach istniejących, Kraków, 2014,
- Kańka S., Stryzewska T.: Badania materiałowe w renowacji postindustrialnych kominów murowanych, Inżynieria i Budownictwo 4/2018 str. 177-180,
- instrukcja obsługi spektrofotometru AL 800.

3 Opis metod badań oraz ich wyniki

Do oceny wytrzymałości na ściskanie ceramicznego trzonu zaproponowano badania na próbkach rdzeniowych średnicy 100 mm. Próbki muru ściskano do zniszczenia, w kierunku prostopadłym do poboczniczy z wykorzystaniem odpowiednich przekładek stalowych. Obciążenie było przykładane na odcinku równym 1/6 obwodu próbki. Przyjęty sposób badań wytrzymałościowych murów ceglanych jest modyfikacją metody UIC, która zaleca wycinanie i badanie próbek muru o średnicy 150 mm. W przypadku badanego obiektu nie było możliwości wycięcia rdzeni o tak dużej średnicy. Wytrzymałość na ściskanie wymurówki, którą podano w kolumnie 3 tabeli 3 obliczono z zależności:

$$f = \xi \cdot \eta \cdot \frac{P_{ult}}{d \cdot l}$$

gdzie:

f – wytrzymałość muru na ściskanie,

-
- ξ – współczynnik przeliczeniowy równy 0,73 uwzględnia różnice w badaniach próbek o średnicy 100 mm i 150 mm wynikające z geometrii próbek,
 η – współczynnik przeliczeniowy o wartości 1,8 przyjęty się dla murów z cegieł o wytrzymałości na ściskanie poniżej 30 MPa,
 P_{ult} – maksymalna siła ściskająca uzyskana w badaniach próbek rdzeniowych,
 d – średnica próbki rdzeniowej,
 l – długość próbki rdzeniowej,

Z rdzeni w wybranych miejscach odcinano do badań chemicznych trzycentymetrowe warstwy. Próbki te posłużyły do oznaczenia (pH) wyciągu wodnego. W pomiarach tych stosowano pehametrem CP-411 Elmetron. Badanie odczynu wykonano przygotowując wyciągi wodne tak, by stosunek: zmielony materiał / woda destylowana wynosił 1:5.

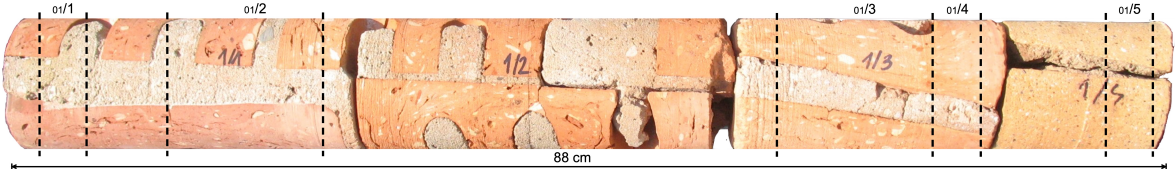
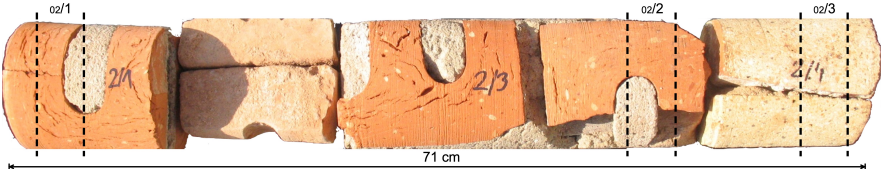
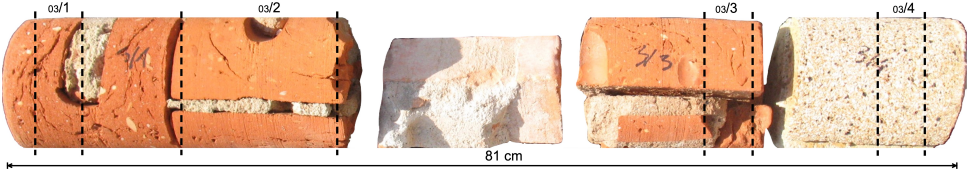
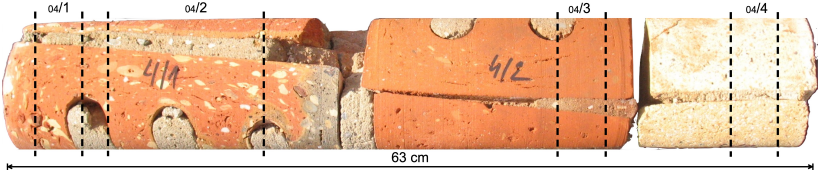
Zawartości jonów siarczanowych (SO_4^{2-}) oznaczano metodą spektrofotometryczną z zastosowaniem testu firmy Tintometer GmbH nr 532160 reagent Vario Sulfa 4 F 10 ml. Jony chlorkowe analizowano testem MERCK wiążąc je w $HgCl_2$ (metoda merkurometryczna), natomiast zawartość jonów azotanowych, wyznaczono metodą kolorymetryczną z kartą barw testem MERCK.

W tabelach poniżej zamieszczono zdjęcia pobranych odwiertów wraz z ich podziałem na próbki laboratoryjne oraz wynikami badań laboratoryjnych.

Zastosowano następujące oznaczenia:

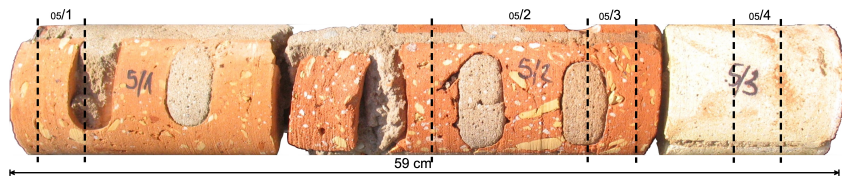
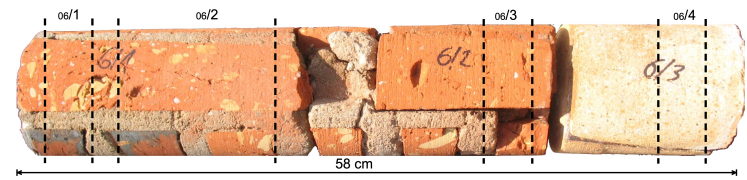
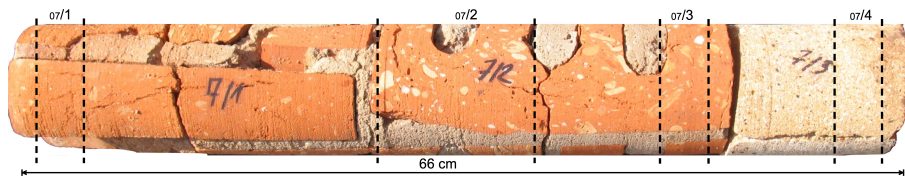
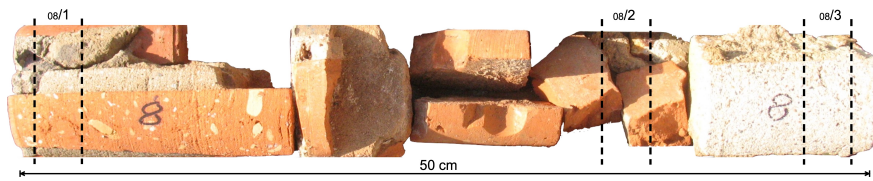
- pH – odczyn wyciągu wodnego,
 Cl^- – zawartość jonów chlorkowych w % masy,
 SO_4^{2-} – zawartość jonów siarczanowych w % masy,
 NO_3^- – zawartość jonów azotanowych w % masy,
f – wytrzymałość na ściskanie w MPa.

Tabl. 1 Wyniki badań laboratoryjnych próbek pobranych z trzonu i wymurówki komina

Oznaczenie odw.	Zdjęcie odwiertu wraz z podziałem na próbki laboratoryjne oraz wyniki badań (po lewej zewnętrzna warstwa, po prawej wewnętrzna warstwa trzonu komina)								
01 poziom + 14,40 m npt.									
Oznac. próbki	Wytrzymałość muru f [MPa]	Właściwości ceramiki				Właściwości materiału spoinującego			
		pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]	pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]
01/1	-	7,81	0,08	0,01	-*	8,22	0,02	0,02	-*
01/2	15,7	-	-	-	-	-	-	-	-
01/3	15,1	-	-	-	-	-	-	-	-
01/4	-	7,78	0,10	0,01	-*	7,92	0,11	0,01	-*
01/5	-	4,15	1,54	0,01	-*	4,03	1,24	0,01	-*
02 poziom + 19,45 m npt.									
Oznac. próbki	Wytrzymałość muru f [MPa]	Właściwości ceramiki				Właściwości materiału spoinującego			
		pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]	pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]
02/1	-	10,37	0,09	0,01	-*	8,23	0,16	0,01	-*
02/2	-	7,80	0,05	0,01	-*	7,62	0,11	0,01	-*
02/3	-	4,05	1,70	0,01	-*	4,28	0,97	0,01	-*
03 poziom + 23,40 m npt.									
Oznac. próbki	Wytrzymałość muru f [MPa]	Właściwości ceramiki				Właściwości materiału spoinującego			
		pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]	pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]
03/1	-	9,98	0,06	-*	-*	9,21	0,19	-*	-*
03/2	9,6	-	-	-	-	-	-	-	-
03/3	-	8,41	0,20	0,01	-*	7,26	0,66	0,05	-*
03/4	-	4,52	1,20	-*	-*	4,11	2,50	0,01	-*
04 poziom + 27,45 m npt.									
Oznac. próbki	Wytrzymałość muru f [MPa]	Właściwości ceramiki				Właściwości materiału spoinującego			
		pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]	pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]
04/1	-	7,94	0,03	-*	-*	6,91	0,27	0,02	-*
04/2	13,6	-	-	-	-	-	-	-	-
04/3	-	8,11	0,18	0,01	-*	7,43	0,15	0,01	-*
04/4	-	4,34	1,91	0,01	-*	4,16	1,50	0,01	-*

* - poziom nie oznaczany stosowaną metodą, wartość pomijalnie mała

Tabl. 2 Wyniki badań laboratoryjnych próbek pobranych z trzonu i wymurówki komina

Oznaczenie odw.	Zdjęcie odwiertu wraz z podziałem na próbki laboratoryjne oraz wyniki badań (po lewej zewnętrzna warstwa, po prawej wewnętrzna warstwa trzonu komina)								
05 poziom + 31,70 m npt.									
Oznac. próbki	Wytrzymałość muru f [MPa]	Właściwości ceramiki				Właściwości materiału spoinującego			
		pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]	pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]
05/1	-	8,35	0,31	0,01	-*	8,02	0,31	0,01	-*
05/2	8,2	-	-	-	-	-	-	-	-
05/3	-	7,46	0,19	0,05	-*	8,77	0,76	0,09	-*
05/4	-	4,16	2,68	0,01	-*	3,96	2,56	0,01	-*
06 poziom + 36,55 m npt.									
Oznac. próbki	Wytrzymałość muru f [MPa]	Właściwości ceramiki				Właściwości materiału spoinującego			
		pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]	pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]
06/1	-	8,82	0,19	0,01	-*	7,73	0,14	0,01	-*
06/2	6,4	-	-	-	-	-	-	-	-
06/3	-	8,43	0,22	0,01	-*	7,56	0,24	0,02	-*
06/4	-	4,62	2,31	0,01	-*	4,02	2,41	0,01	-*
07 poziom + 41,45 m npt.									
Oznac. próbki	Wytrzymałość muru f [MPa]	Właściwości ceramiki				Właściwości materiału spoinującego			
		pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]	pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]
07/1	-	7,66	0,37	0,01	-*	9,50	0,05	0,01	-*
07/2	7,4	-	-	-	-	-	-	-	-
07/3	-	7,44	0,32	0,02	-*	7,12	0,55	0,03	-*
07/4	-	4,46	2,20	0,02	-*	3,81	2,80	0,01	-*
08 poziom + 46,25 m npt.									
Oznac. próbki	Wytrzymałość muru f [MPa]	Właściwości ceramiki				Właściwości materiału spoinującego			
		pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]	pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]
08/1	-	8,03	0,21	0,01	-*	8,45	0,36	0,01	-*
08/2	-	7,60	0,33	-*	-*	7,71	0,23	0,01	-*
08/3	-	4,71	1,81	0,02	-*	4,33	2,62	0,01	-*

* - poziom nie oznaczany stosowaną metodą, wartość pomijalnie mała

Tabl. 3 Wyniki badań laboratoryjnych próbek pobranych z trzonu i wymurówki komina

Oznaczenie odw.	Zdjęcie odwiertu wraz z podziałem na próbki laboratoryjne oraz wyniki badań (po lewej zewnętrzna warstwa, po prawej wewnętrzna warstwa trzonu komina)								
09 poziom + 50,60 m npt.									
Oznac. próbki	Wytrzymałość muru f [MPa]	Właściwości ceramiki				Właściwości materiału spoinującego			
		pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]	pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]
09/1	-	10,32	0,12	0,01	-*	8,48	0,27	0,01	-*
09/2	-	7,76	0,29	0,01	-*	6,99	0,21	0,02	-*
09/3	-	5,02	1,11	0,01	-*	4,41	1,61	0,01	-*
010 poziom + 55,10 m npt.									
Oznac. próbki	Wytrzymałość muru f [MPa]	Właściwości ceramiki				Właściwości materiału spoinującego			
		pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]	pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]
010/1	-	7,75	0,19	0,01	-*	6,90	0,24	0,01	-*
010/2	-	8,22	0,24	-*	-*	7,45	0,16	0,01	-*
010/3	-	4,50	1,96	0,01	-*	4,09	2,13	0,01	-*
011 poziom + 59,30 m npt.									
Oznac. próbki	Wytrzymałość muru f [MPa]	Właściwości ceramiki				Właściwości materiału spoinującego			
		pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]	pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]
011/1	-	8,55	0,02	0,01	-*	8,48	0,10	0,01	-*
011/2	-	8,20	0,06	0,01	-*	8,31	0,17	0,01	-*
012 poziom + 1,00 m npt.									
Oznac. próbki	Wytrzymałość muru f [MPa]	Właściwości ceramiki				Właściwości materiału spoinującego			
		pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]	pH	SO ₄ ²⁻ [%m]	Cl ⁻ [%m]	NO ₃ [%m]
012/1	-	9,23	0,18	0,01	-*	8,51	0,08	0,01	-*
012/2	20,4	-	-	-	-	-	-	-	-
012/3	-	8,94	0,09	0,01	-*	7,98	0,15	0,01	-*

* - poziom nie oznaczany stosowaną metodą, wartość pomijalnie mała

4 Analiza wyników badań

4.1 Trzon komina

Na podstawie obserwacji oraz wyników badań należy stwierdzić, że:

- Wytrzymałość na ściskanie określona w badaniach 8 próbek, wynosi:

wartość minimalna $f_{is, lowest} = 6,4 \text{ MPa}$

wartość średnia $f_{m(8),is} = 12,0 \text{ MPa}$

- Wyniki badań chemicznych wykazują, iż:

- .

4.2 Wewnętrzna wykładzina

.



OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE

Trzon murowany - wymiarowanie na stan graniczny użytkowania (zarysowanie) - stadium eksploatacji

I. Dane komina wolnostojącego:

I.1. Dane geometryczne

$H_w := 60\text{ m}$ - poziom wylotu
 $D_{zd} := 620\text{ cm}$ - średnica zewnętrzna dolna
 $D_{zg} := 389\text{ cm}$ - średnica zewnętrzna górna
 $D_{sr} := 0.5 \cdot (D_{zg} + D_{zd})$ $D_{sr} = 504.5\text{ cm}$ - średnia

I.2. Dane materiałowe

$\tau := 19 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ - ciężar własny cegły kominówki
 $\tau_i := 1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ - ciężar własny izolacji (zapyłona pustka)
 $\tau_c := 19.5 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$ - ciężar własny wymurówki z szamotu

Przyjęto cegłę kominową przy zaprawie marki M5: $R_{mk} := 3.0\text{ MPa}$

I.3. Dodatkowe obciążenie zwężką:

$A_r := 1.1 \cdot 2.6 \cdot \text{m} \cdot 2\text{ m}$ $M_r := 1100 \cdot \text{kg} \cdot \text{g}$

II. Podstawowe dane geometryczne i przekroje:

Odcinki obliczeniowe:	Grubości ścian:	Środki odcinków:	$D''_z(h) := D_{zd} - \left[\frac{(D_{zd} - D_{zg})}{H_w} \right] \cdot h$																						
$H_w := \begin{pmatrix} 0 \\ 3.8 \\ 4.0 \\ 8.7 \\ 13.9 \\ 15 \\ 24 \\ 33.5 \\ 42.5 \\ 51 \\ 60.2 \end{pmatrix} \cdot \text{m}$	$t := \begin{pmatrix} 70 \\ 59 \\ 59 \\ 59 \\ 59 \\ 52 \\ 46 \\ 39 \\ 32 \\ 30 \end{pmatrix} \cdot \text{cm}$	$z := \begin{bmatrix} 0.5 \cdot (H_1 + H_0) \\ 0.5 \cdot (H_2 + H_1) \\ 0.5 \cdot (H_3 + H_2) \\ 0.5 \cdot (H_4 + H_3) \\ 0.5 \cdot (H_5 + H_4) \\ 0.5 \cdot (H_6 + H_5) \\ 0.5 \cdot (H_7 + H_6) \\ 0.5 \cdot (H_8 + H_7) \\ 0.5 \cdot (H_9 + H_8) \\ 0.5 \cdot (H_{10} + H_9) \end{bmatrix}$	$D_z := \begin{pmatrix} 620 \\ 606 \\ 605 \\ 589 \\ 568 \\ 563 \\ 525 \\ 486 \\ 448 \\ 415 \end{pmatrix} \cdot \text{cm}$																						
			$D''_z(z) = \begin{table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse; text-align: center;"> 0 06.127 16.05 25.956 35.765 45.644 55.449 65.093 74.737 84.4 94.059 $	0		0	6.127	1	6.05	2	5.956	3	5.765	4	5.644	5	5.449	6	5.093	7	4.737	8	4.4	9	4.059
0																									
0	6.127																								
1	6.05																								
2	5.956																								
3	5.765																								
4	5.644																								
5	5.449																								
6	5.093																								
7	4.737																								
8	4.4																								
9	4.059																								

 m





$$A_w := \frac{\pi}{4} \cdot \left[(D_{z_i})^2 - (D_{z_i} - 2 \cdot t_i)^2 \right] \quad J_w := \frac{\pi}{64} \cdot \left[D_z^4 - (D_z - 2 \cdot t)^4 \right]$$

$$A_{i_1} := \frac{\pi}{4} \cdot \left[(D_{z_i} - 2 \cdot t_i)^2 - (D_{z_i} - 2 \cdot t_i - 2 \cdot t_{i_1})^2 \right] \quad A_{c_i} := \frac{\pi}{4} \cdot \left[\left[D_{z_i} - 2 \cdot (t_i + t_{i_1}) \right]^2 - \left[D_{z_i} - 2 \cdot (t_i + t_{i_1} + t_{c_i}) \right]^2 \right]$$

	0		0		
A =	0	12.095	J =	0	46.476
	1	10.139		1	38.362
	2	10.12		2	38.153
	3	9.824		3	34.921
	4	9.435		4	30.964
	5	8.348		5	27.53
	6	6.922		6	20.036
	7	5.477		7	13.783
	8	4.182		8	9.1
	9	3.629		9	6.764

III. Obliczenie obciążenia wiatrem:

Strefa obciążenia wiatrem: I Typ terenu: B r := 0.1

 $q_k := 300 \cdot \text{Pa}$ $q_k = 300 \cdot \text{Pa}$ $v_k := 22 \cdot \frac{\text{m}}{\text{s}}$ - charakterystyczne ciśnienie prędkości wiatru

 $H_w = 60 \text{ m} < 100 \text{ m}$ $\gamma_d := 1.35$ $\beta := 2.0$ $\frac{H_w}{D_{sr}} = 11.893 < 25$
 $C_x := 0.9 \cdot \left(1 - 0.25 \cdot \log \left(25 \cdot \frac{D_{sr}}{H_w} \right) \right)$ $C_x = 0.827$
 $k := 0.8$ $h_o := 18 \cdot \text{m}$ $\alpha := 0.19$ $C_e := k \cdot \left(\frac{z}{h_o} \right)^{2 \cdot \alpha}$ $p_k := 1.2 \cdot q_k \cdot C_e \cdot C_x \cdot \beta \cdot \gamma_d$

	0		0		0		0						
H =	0	0	z =	0	1.9	C _e =	0	0	p _k =	0	0		
	1	3.8		1	3.9		1	0		1	0	1	0
	2	4		2	6.35		2	0		2	0	2	0
	3	8.7		3	11.3		3	0		3	0	3	0
	4	13.9		4	14.45		4	0.736		4	0.592	4	0.592
	5	15		5	19.5		5	0.825		5	0.663	5	0.663
	6	24		6	28.75		6	0.956		6	0.769	6	0.769
	7	33.5		7	38		7	1.063		7	0.855	7	0.855
	8	42.5		8	46.75		8	1.15		8	0.925	8	0.925
	9	51		9	55.6		9	1.228		9	0.988	9	0.988
	10	60.2											




IV. Wyznaczenie sił przekrojowych i mimośródów:

$$N_j := \sum_{i=j}^9 \left[\gamma \cdot h'_i \cdot (\tau \cdot A_{i_1} + \tau_1 \cdot A_{i_1} + \tau_c \cdot A_{c_i}) + M_{r_i} \right] \quad M_j := \sum_{i=j}^9 \left[p_{k_i} \cdot (h'_i \cdot D_{z_i} + A_{r_i}) \cdot (z_i - H_j) \right] \quad e_{0_j} := \frac{M_j}{N_j}$$

	0		0		0
0	9.54·10 ³	·kN	0	7.288·10 ³	·kNm
1	8.536·10 ³		1	6.56·10 ³	$e_0 =$
2	8.49·10 ³		2	6.522·10 ³	
3	7.397·10 ³		3	5.621·10 ³	
4	6.251·10 ³		4	4.625·10 ³	0.74
5	6.019·10 ³		5	4.416·10 ³	0.734
6	4.296·10 ³		6	2.877·10 ³	0.67
7	2.752·10 ³		7	1.593·10 ³	0.579
8	1.554·10 ³		8	717.631	0.462
9	646.292		9	199.444	0.309

V. Obliczenie naprężeń:

$$\frac{e_{0_i}}{R'_{z_i}} = \frac{r_i}{R'_{z_i}} = A' :=$$

0.246	0.774	1.62
0.254	0.805	1.62
0.254	0.805	1.62
0.259	0.799	1.63
0.261	0.792	1.64
0.261	0.815	1.63
0.254	0.826	1.60
0.236	0.841	1.55
0.202	0.86	1.47
0.146	0.858	1.34

VI. Sprawdzenie nośności:

$$\sigma_{mR_j} := \left(0.40 + 0.15 \cdot \frac{H_w - H_j}{H_w} \right) \cdot R_{mk}$$

$$\sigma_{0_j} := \frac{N_j}{A_j} \quad \sigma_{m_j} := \sigma_{0_j} \cdot A'_j$$





	0		0		0		0			
$\sigma_0 =$	0	0.789	$\cdot \text{MPa}; \sigma_m =$	0	1.278	$\cdot \text{MPa} <$	0	1.65	$\sigma_{mR_i} =$	77.44
	1	0.842		1	1.364		1	1.621		84.112
	2	0.839		2	1.359		2	1.62		83.894
	3	0.753		3	1.227		3	1.585		77.452
	4	0.663		4	1.087		4	1.546		70.301
	5	0.721		5	1.175		5	1.537		76.438
	6	0.621		6	0.993		6	1.47		67.544
	7	0.503		7	0.779		7	1.399		55.688
	8	0.372		8	0.546		8	1.331		41.029
	9	0.178		9	0.239		9	1.268		18.83

Komin spełnia warunki dopuszczalnych naprężeń ściskających σ_m wg. PN-88/B-03004

mgr inż. Marłusz Kędziński
Rzeczoznawca Budowlany w specjalności
 konstrukcyjno-budowlanej obejmującej
 projektowanie i wykonawstwo w zakresie:
 maszyny i kominy przemysłowe
 Nr RZE/X/0029/12



EMKA

Proj.

Data: IV.2019 r.

Nr
rys.

E/CO.O-K62/19-Z5

Arkusz

4

Arkuszy

4



Fot. 1. Widok ogólny komina





Fot. 2. Część komina ponad dachem hali





Fot. 3. Część szczytowa komina – liczne uszkodzenia i wycieki





Fot. 4. Strefa intensywnych wycieków



EMKA

Proj.

Data: *IV.2019 r.*

Nr
rys.

E/CO.O-K62/19-Z6

Arkusz

4

Arkuszy

46



Fot. 5. Trzon komina ponad dachem hali – widoczne pęknięcia (naprawiane)





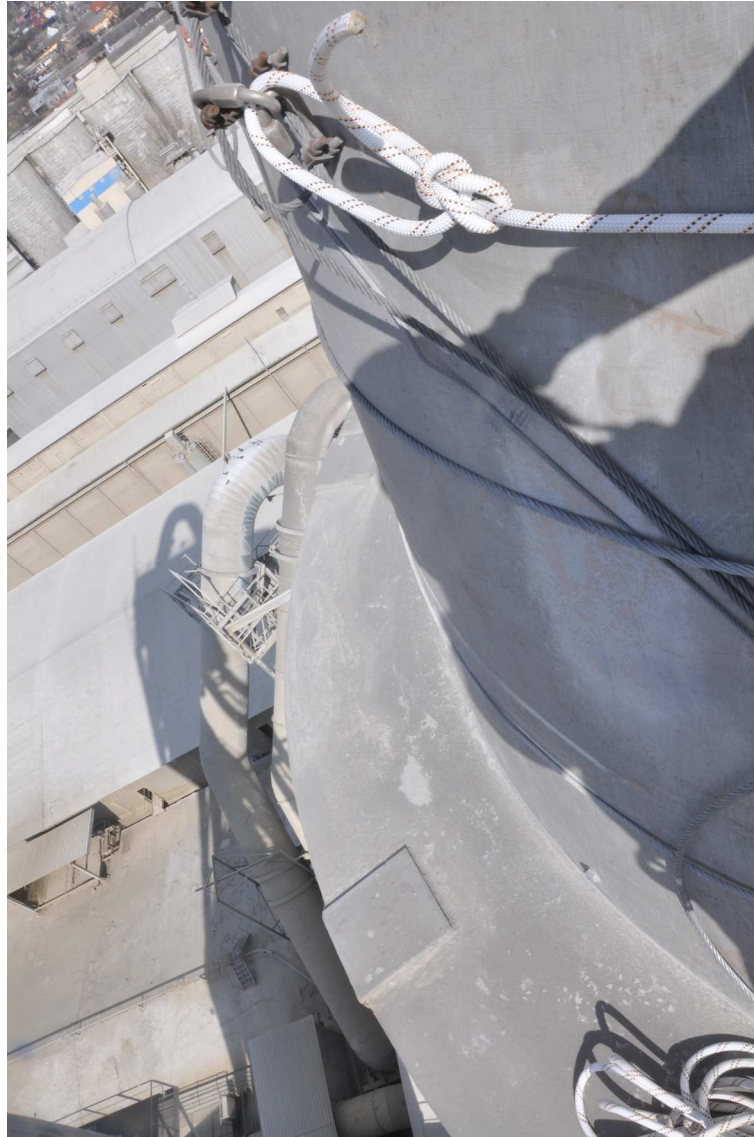
Fot. 6. Widok dolnej części komina pod stropem hali z wlotem czopucha





Fot. 7. Podstawa komina





Fot. 8. Zwężka stalowa – bez uszkodzeń





Fot. 9. Wylot zwężki – zmiany geometrii



Fot. 10. Widok zwężki od wewnątrz





Fot. 11. Powierzchnia wewnętrzna zwężki – korozja powierzchniowa



Fot. 12. Połączenie zwężki z trzonem komina - uszczelnione





Fot. 13. Zwieńczenie trzonu komina – brak okapu zwężki chroniącego wieniec przed zaciekami



Fot. 14. J.w.





Fot. 15. Szczytowa część trzonu ceramicznego – uszkodzenia korozyjne cegieł



Fot. 16. J.w.



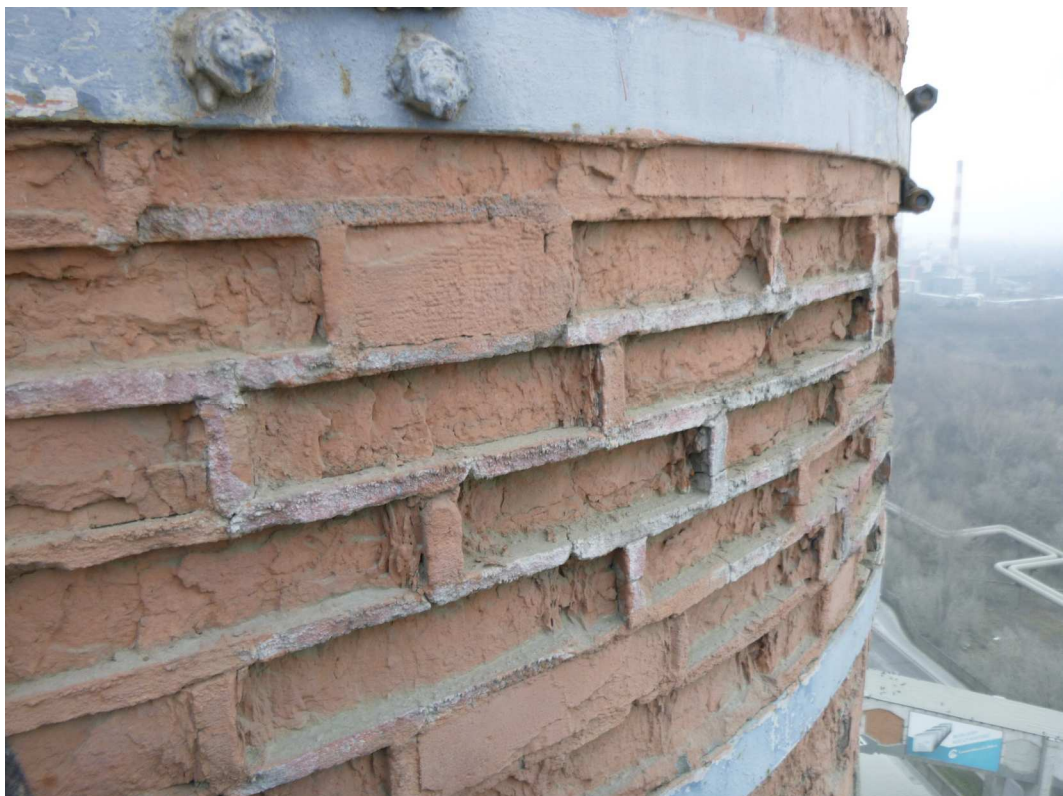


Fot. 17. Degradacja lic cegieł na szczytowym odcinku trzonu – ubytki do 4 cm





Fot. 18. Silna degradacja lic cegieł w górnej części komina



Fot. 19. J.w., ubytki do 4 cm, zruszczanie kolejnych warstw





Fot. 20. Degradacja cegieł w górnej części komina



Fot. 21. J.w.



Strefa ubytków
i złuszczeń lica
do 4 cm



Strefa wycieków



Fot. 22. Intensywne wycieki przez trzon komina, głównie w strefie środkowej



EMKA

Proj.

Data: *IV.2019 r.*

Nr
rys.

E/CO.O-K62/19-Z6

Arkusz

16

Arkuszy

46



Fot. 23. Wycieki z wykrystalizowanymi osadami



Fot. 24. Efekty przecieków przez trzon kominia



EMKA

Proj.

Data: IV.2019 r.

Nr
rys.

E/CO.O-K62/19-Z6

Arkusz

17

Arkuszy

46



Fot. 25. Wycieki i ich efekty



Fot. 26. J.w.





Fot. 27. Silna destrukcja cegieł, złuszczenia warstwowe



Fot. 28. J.w. w zbliżeniu





Fot. 29. Degradacja cegieł w trzonie komina



Fot. 30. Ubytki lica niektórych cegieł o głębokościach 2÷4 cm



EMKA

Proj.

Data: IV.2019 r.

Nr
rys.

E/CO.O-K62/19-Z6

Arkusz

20

Arkuszy

46



Fot. 31. Złuszczenie lica cegieł jako efekt procesów korozyjnych wywołanych przepływem wilgoci



Fot. 32. Złuszczenia warstwowe lica cegieł

**EMKA**Proj.
Data: *IV.2019 r.*Nr
rys. **E/CO.O-K62/19-Z6**Arkusz
21Arkuszy
46



Fot. 33. Odpryski i odspojenia lic cegieł



Fot. 34. Lica cegieł porysowane



EMKA

Proj.

Data: IV.2019 r.

Nr
rys.

E/CO.O-K62/19-Z6

Arkusz

22

Arkuszy

46



Fot. 35. Głębokie ubytki lic cegieł



Fot. 36. Głębokie ubytki lic cegieł



EMKA

Proj.

Data: IV.2019 r.

Nr
rys.

E/CO.O-K62/19-Z6

Arkusz

23

Arkuszy

46



Fot. 37. Rysa pionowa





Fot. 38. Pęknięcia pionowe naprawiane kitem elastycznym



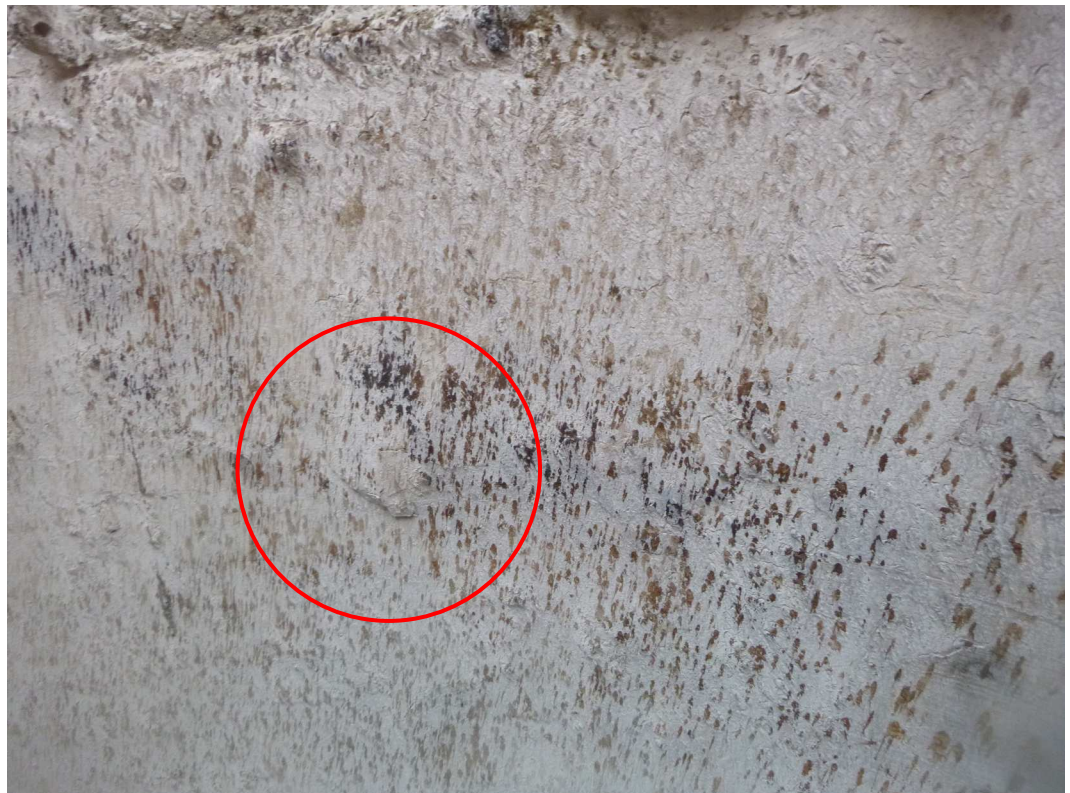


Fot. 39. Pionowa rysa naprawiana





Fot. 40. Odspojenie i ubytek szpachli naprawczej od wewnątrz (poz. +60 m)



Fot. 41. Odspojenia masy szpachlowej (poz. +58 m)





Fot. 42. Szpachla naprawcza górnego segmentu (51÷60 m) - ciągła



Fot. 43. Brak ciągłości masy uszczelniającej (nad dylatacją + 51 m)



EMKA

Proj.

Data: IV.2019 r.

Nr
rys.

E/CO.O-K62/19-Z6

Arkusz

28

Arkuszy

46



Fot. 44. Dylatacja +50÷51 m - ubytki spoin, poniżej pęknięcie o rozwartości 1÷2 cm



Fot. 45. Dylatacja poz. +51 m, ubytek spoin, lico cegieł twarde





Fot. 46. Pęknięcie wykładziny na poz. +49÷50 m





Fot. 47. Pęknięcia wykładziny (poz. +43÷48 m)





Fot. 48. Pęknięcia wykładziny (poz. +43÷48 m), rozwartość do 4 cm





Fot. 49. Pęknięcia i przemieszczenia wykładziny, liczne uszkodzenia cegieł (Poz. ca+47 m)



Fot. 50. Dylatacja +42 m spoiny od zewnątrz kruche, ubytki 1÷5 mm (ca 15% powierzchni)





Fot. 51. Wykładzina na poz. +41 m - bez większych uwag



Fot. 52. Dylatacja +33 m - ubytki cegieł na 15% powierzchni, spoiny od zewnątrz kruche z ubytkami





Fot. 53. Dylatacja +33 m - spoina krucha z ubytkami do kilku mm



Fot. 54. J.w. - drobne rysy pionowe, miejscowe ubytki cegieł





Fot. 55. Poziom +28-32 m - rysy na obwodzie o rozwarości 1-2 cm





Fot. 56. Pionowe rysy pod dylatacją na poz. +33 m





Fot. 57. Dylatacja poz. +24 m - ubytki cegieł kapinosowych na całym obwodzie



Fot. 58. Dylatacja poz. +15 m - liczne ubytki cegieł kapinosowych na całym obwodzie





Fot. 59. Dylatacja poz. +15 m - liczne ubytki cegieł kapinosowych na całym obwodzie



Fot. 60. Okolice wlotu czopuchowego - stan muru zadowolający, pęknięcia po bokach





Fot. 61. Długie pęknięcie z boku otworu czopuchowego





Fot. 62. Nadproże - bez uwag



Fot. 63. Dno ponad stropem odpielania - liczne pozostałości premontowe





Fot. 64. Uszkodzenie zamka obręczy wzmacniającej na poz. +54,7 m



Fot. 65. Dość dobry stan obręczy, nieznaczna korozja





Fot. 66. Miejscowa korozja obreczy



Fot. 67. Dobry stan szczelbi włazowych





Fot. 68. Ubytki korozyjne szczelbi przy połączeniu z murem



Fot. 69. Zwód odgromowy - pręt stalowy





Fot. 70. Brak mocowania zwołu odgromowego



Fot. 71. Brak mocowań zwołu odgromowego



EMKA

Proj.

Data: IV.2019 r.

Nr
rys.

E/CO.O-K62/19-Z6

Arkusz

45

Arkuszy

46



Fot. 72. Uziemienie - zbyt mały przekrój



Fot. 73. J.w.



EMKA

Proj.

Data: IV.2019 r.

Nr
rys.

E/CO.O-K62/19-Z6

Arkusz

46

Arkuszy

46