

# Przykład realizacji elektrociepłowni o konstrukcji mieszanej: żelbetowej monolitycznej/prefabrykowanej oraz stalowej wykonywanej w latach 2014-2015

W artykule przedstawiono przykład wykonywania elektrociepłowni opalanej biomasą jako podstawowego źródła w systemie ciepłowniczym, która została wykonana w Polsce, o konstrukcji mieszanej: żelbetowej monolitycznej/prefabrykowanej oraz konstrukcji stalowej z uwzględnieniem nieprawidłowości wykonawczych, które zostały wykryte na etapie wykonawczym. Autor artykułu pełnił funkcję inspektora nadzoru inwestorskiego (zakres BQC). Przedstawiono przykłady wybranych etapów robót konstrukcyjnych oraz wybrane ustroje konstrukcyjne elektrociepłowni.



foto: Rafał Miodężycki

Rys. 1a. Brak zachowania wymaganej otuliny prętów zbrojeniowych ściany oporowej. Widok ze środka deskowania. Budynek magazynu biomasy

Rys. 1b. Brak zachowania wymaganej otuliny betonu prętów zbrojeniowych startowych ścian fundamentowych. Widok ławy fundamentowej. Budynek elektrociepłowni

## 1. Wprowadzenie

### 1.1. Przedmiot inwestycji

W skład realizacji projektu budowy elektrociepłowni wchodzi następujące obiekty budowlane: budynek elektrociepłowni opalanej biomasą wraz z zapleczem socjalnym, dobowy zasobnik paliwa oraz magazyn składowania i przygotowywania biomasy. Poza tym występują obiekty budowlane powiązane technologicznie i infrastrukturalnie m.in.: komin stalowy, ekonomizer, stacja trafo, zewnętrzne elementy małej architektury.

## 2. Konstrukcja elektrociepłowni

### 2.1. Elektrociepłownia i jego charakterystyka

Budynek elektrociepłowni funkcjonalnie jest podzielony na kotłownię na biomasę z blokiem ORC oraz część socjalno-biurową, w osiach 1-2 zlokalizowano dobowy zasobnik paliwa. Poniżej posadzki w budynku elektrociepłowni znajdują się kanały technologiczne wykonane jako ściany żelbetowe. Budynek elektrociepłowni składa się z następujących konstrukcji:

- żelbetowa prefabrykowana: słupy, ściany podwalinowe
- żelbetowa monolityczna: fundamenty stopowe, ławy fundamentowe, ściany żelbetowe, belki stropowe, płyta stropowa, płyta żelbetowa posadzkowa
- stalowa: dźwigary dachowe blachownicowe, słupy i rygle ścian
- murowana: ściany wypełniające, ściany wydzielające pomieszczenia techniczne i socjalne.

Konstrukcja budynku magazynu do składowania biomasy składa się z:

- konstrukcji żelbetowej monolitycznej: ławy fundamentowe, ściany żelbetowe
- konstrukcji stalowej: słupy stalowe wspierające dźwigary kratownicowe posadowione na ścianach żelbetowych, dźwigary dachowe kratownicowe, rygle ściennie.

### 2.2. Elementy budynków

Fundamenty: budynek elektrociepłowni – fundamenty bezpośrednie: ławy i stopy fundamentowe. Ściany podwalinowe żelbetowe oparto na stopach fundamentowych. Ściany zewnętrzne – zasobnik dobowy biomasy zaprojektowano jako ściany oporowe. Fundamenty wykonano z betonu C20/25.

Fundamenty budynku magazynu biomasy – zaprojektowano i wykonano jako żelbetowe monolityczne ławy fundamentowe oraz ściany oporowe żelbetowe. Ławy wykonano z betonu C20/25.

Słupy budynku elektrociepłowni – wykonano jako żelbetowe prefabrykowane utwierdzone w fundamentach za pomocą prętów wytykowych, zabetonowanych w fundamentach oraz stalowych rur Robusta sprefabrykowanych w słupach. Słupy wykonano z betonu C35/45, stal A-IIIIN.

Słupy budynku magazynu biomasy wykonano jako stalowe w rozstawie co 3,00 m z kształtowników HEB200 (stal S235), a w ścianach szczytowych z profili HEA160 (stal S235). Słupy mocowane w sposób przegubowy ze ścianą oporową. Słupy stalowe z dźwigarem kratownicowym stanowią sztywną ramę.

Strop w budynku elektrociepłowni jest żelbetowy monolityczny połączony z belkami stropowymi żelbetowymi opartymi na wspornikach słupów prefabrykowanych w sposób przegubowy. Materiał: beton C30/37, stal A-IIIIN.

Konstrukcja dachu budynku elektrociepłowni – belkowa o konstrukcji stalowej z kształtowników HEA S355 (18G2A), a pozostałe elementy, tj. stężenia prętowe, tężniki rur S235 (St3S). Dźwigary oparte na słupach żelbetowych prefabrykowanych.

Dach budynku magazynu biomasy jest płaski z blachą trapezową stanowiącą przekrycie. Dźwigary kratowe stal S235 (St3S) połączone ze stalowymi słupami pasami dolnym i górnym tworzą sztywny węzeł w połączeniu kratownicy ze słupami.

### 2.3. Charakterystyczne parametry techniczne obiektów

Budynek elektrociepłowni: długość 38,77 m, szerokość 16,63 m, wysokość: (część technologiczna) 18,10 m, (część socjalna) 5,38m. Powierzchnia zabudowy 650,46 m<sup>2</sup>, a powierzchnia całkowita: 884,59 m<sup>2</sup>.

Dobowy zasobnik paliwa: długość 5,65 m, szerokość 16,60 m, wysokość: 7,34 m. Powierzchnia zabudowy i powierzchnia całkowita: 86,39 m<sup>2</sup>.

Magazyn biomasy: długość 51,57 m, szerokość



foto: Rafał Miodężycki

foto: Rafał Mikolajczyk



foto: Rafał Mikolajczyk



Rys. 2. Nieprawidłowo zbrojone naroże ściany. Budynek elektrociepłowni. Brak uciąglenia prętów zbrojeniowych (zdjęcie z lewej)

Rys. 3. Mieszanka betonowa układana ze zbyt dużej wysokości. Brak zapewnienia w swobodnym poruszaniu się przy deskowaniach systemowych. Budynek elektrociepłowni (z prawej)

18,70 m, wysokość 8,57 m. Powierzchnia zabudowy i powierzchnia całkowita: 964,92 m<sup>2</sup>.

### 3. Wybrane etapy realizacji elektrociepłowni

#### 3.1. Wybrane nieprawidłowości wykonawcze

Na rysunkach od numeru 1 do numeru 16 przedstawiono wybrane etapy realizacji konstrukcji żelbetonowych elektrociepłowni oraz magazynu składowania biomasy z uwzględnieniem nieprawidłowości wykonawczych. Na rysunku numer 1a i 1b przedstawiono brak zachowania wymaganej otuliny prętów zbrojeniowych. Zbrojenie styka się z deskowaniem, co pokazano na rysunku nr 1a (ściana oporowa budynku magazynu biomasy).

Na rysunku numer 2 przedstawiono nieprawidłowe ułożenie zbrojenia konstrukcyjnego w narożu ściany fundamentowej, w której brak jest uciąglenia prętów w narożu.

Częstym błędem wykonawczym, nie tylko przy realizacji przedstawionej inwestycji, jest układanie mieszanki betonowej ze zbyt dużej wysokości. Na rysunku numer 3 przedstawiono nieprawidłowe układanie mieszanki betonowej ze zbyt dużej wysokości, poza tym brak pomostów roboczych w celu zapewnienia BHP i swobodnego poruszania się przy układaniu oraz zagęszczaniu mieszanki betonowej ścian.

Na rysunku numer 4, 5 przedstawiono zarysowanie ławy fundamentowej w górnej jej powierzchni, a na rysunku nr 6 przedstawiono brak ciągłości izolacji przeciwwilgociowej ław fundamentowych budynku elektrociepłowni.

Rysunek numer 7 przedstawia błędnie wykonany fragment ławy fundamentowej oraz niepoprawnie przygotowaną przerwę roboczą. Po ułożeniu mieszanki betonowej ławy fundamentowej budynku magazynu biomasy, zaczyn cementowy został wyflukany przez wodę opadową i odsłonięte zostało kruszywo oraz pręty zbrojeniowe. Brak zabezpieczenia mieszanki betonowej w deskowaniu m.in. przed wodą opadową. Pręty zbrojeniowe startowe ściany oporowej budynku magazynu biomasy, które zostały ułożone w rozstawie poprzecznym większym niż zakłada projekt, obrazuje rysunek numer 8a, a pręty zbrojeniowe, które zostały ułożone w rozstawie mniejszym niż zakłada projekt, przedstawia rysunek numer 8b.

Jak widać, pręty zbrojeniowe ściany oporowej zostały mechanicznie dogięte w celu zachowania wymaganej otuliny prętów zbrojeniowych oraz zachowania wymaganego przekroju poprzecznego ściany oporowej. Na rysunku numer 9 przedstawiono uszkodzenia mechaniczne ławy fundamentowej (górnjej jej powierzchni przy prętach zbrojeniowych startowych) po wykonywanych dobieciach prętów w celu uzyskania poprawnego rozstawu poprzecznego prętów zbrojeniowych. Taki sposób wykonywania naprawy jest nieprawidłowy.

foto: Rafał Mikolajczyk



foto: Rafał Mikolajczyk

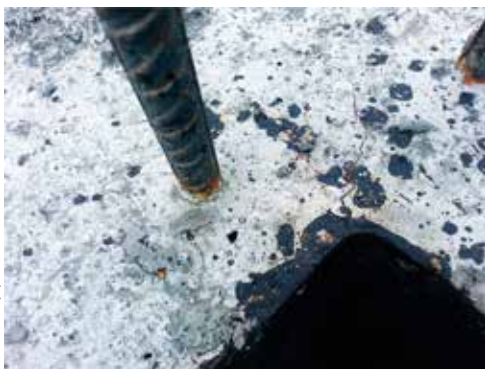


foto: Rafał Mikolajczyk



foto: Rafał Mikolajczyk



Rys. 4. Zarysowanie ławy fundamentowej (wykonanej po długości) w górnej jej części. Budynek elektrociepłowni

Rys. 5. Zarysowanie ławy fundamentowej (wykonanej w narożu) w górnej jej części. Budynek elektrociepłowni

Rys. 6. Brak ciągłości izolacji przeciwwilgociowej ławy fundamentowej. Lokalne raki. Słabej jakości beton podkładowy. Budynek elektrociepłowni

Rys. 7. Wyflukany zaczyn cementowy, odsłonięte kruszywo wraz z prętami zbrojeniowymi ławy fundamentowej. Budynek magazynu biomasy



foto. Rafał Miodalczyk

Rys. 8b. Brak zachowania wymaganego rozstawu poprzecznego prętów zbrojeniowych startowych. Budynek elektrociepłowni

Rys. 8a. Brak zachowania wymaganego rozstawu poprzecznego prętów zbrojeniowych startowych - ściana oporowa. Budynek magazynu biomasy

Słupy żelbetowe prefabrykowane o długości 1.665,00 cm, przekroju poprzecznym 50x40 cm wykonane z betonu C 35/45 stanowią m.in. konstrukcję nośną pod dźwigary dachowe stalowe. Przykład niepoprawnego transportu słupów żelbetowych prefabrykowanych przedstawia rysunek numer 10. Słup roboczo ułożono do dalszego transportu w wykopie, opierając końce słupa na gruncie oraz przekładce. W efekcie tym słup został poddany pracy w schemacie belki wolnopodpartej z przewieszeniem, obciążonej ciężarem stałym (ciężar własny), obciążeniem użytkowym (przechodzący pracownicy po poboczniccy słupa) oraz obciążeniu środowiskowemu (wiatr).

Na rysunku numer 11a oraz 11b przedstawiono uszkodzony mechanicznie fragment poboczniccy słupa żelbetowego prefabrykowanego z odstosowanymi fragmentami szyny Comax typ S1, szer. 140 mm, pręty fi 12 mm co 100 mm oraz nieprawidłowy sposób wprowadzania prętów zbrojeniowych z szyny Comax w ścianę, a także zbyt duży promień zagięcia prętów zbrojeniowych z szyny Comax. Poza tym brak przewiązania wszystkich prętów zbrojeniowych ściany żelbetowej z prętami zbrojeniowymi szyny typu Comax.

Rys. 9. Uszkodzenia mechaniczne ławy fundamentowej . Budynek magazynu biomasy



foto. Rafał Miodalczyk

Rys. 10. Niepoprawny transport słupa żelbetowego prefabrykowanego. Budynek elektrociepłowni



foto. Rafał Miodalczyk

Rysunek nr 12 przedstawia widok ustawienia słupów żelbetowych prefabrykowanych budynku elektrociepłowni oraz w oddali widok ścian żelbetowych oporowych budynku magazynu do składowania biomasy.

Częstym błędem przy wykonywaniu warstw podłogi żelbetowej jest zbyt daleko odsunięte zbrojenie od naroży słupów przy wykonywaniu płyty podłogowej żelbetowej układanej na gruncie. W tym przypadku

Rys. 11a. Widok słupa żelbetowego prefabrykowanego ze zbrojeniem typu Comax. Opis nieprawidłowości wykonawczych w tekście. Budynek elektrociepłowni (zdjęcie z lewej)



foto. Rafał Miodalczyk

Rys. 11b. Widok słupa żelbetowego prefabrykowanego ze zbrojeniem typu Comax. Opis nieprawidłowości wykonawczych w tekście. Budynek elektrociepłowni (zdjęcie z prawej)



foto. Rafał Miodalczyk



Rys. 12. Opisz w tekście



Rys. 13. Opisz w tekście

pokazanym na rysunku nr 13 odległość w ułożeniu zbrojenia w narożu słupa wynosi 10 cm, gdzie projekt konstrukcyjny zakłada ułożenie zbrojenia w odległości 5 cm. Poza tym dylatacja w postaci pasków styropianowych wynosi 3-5 cm, a projekt zakłada 2 cm. Poza tym brak zachowania wymaganego rozstawu prętów zbrojeniowych górą i dołem płyty żelbetonowej podłogi pokazano na rysunku nr 14. Rozstaw prętów zbrojeniowych płyty podłogi – dochodzi do 22 cm, a projekt wykonawczy konstrukcyjny zakłada w tej sekcji rozstaw prętów zbrojeniowych co 14 cm.

W wyniku nieprawidłowego układania mieszanki betonowej oraz niepoprawnego jej zagęszczania przy wykonywaniu ściany żelbetonowej oporowej przy podstawie fundamentu w budynku magazynu biomasy widać odsonięte kruszywo, niepokryte zaprawą cementową na wysokości ok. 5cm od fundamentu, przedstawiono to na rysunku nr 15 i 16.

### 3. Zakończenie

W wyniku prowadzonego nadzoru budowlanego inwestorskiego (zakres BQC) przez autora artykułu, udało się wykryć nieprawidłowości w procesie wykonawczym branży konstrukcyjno-budowlanej przy budowie elektrociepłowni oraz budynku magazynu biomasy, które wybiórczo przedstawiono w bardzo skróconej wersji w niniejszym artykule. Generalny wykonawca robót zgłoszone nieprawidłowości musiał usuwać.

Firmy wykonawcze zawsze będą szukać oszczędności na każdym etapie inwestycji, od wykonania projektów, zlecenia robót innym firmom podwykonawczym, a kończąc na kadrze inżynierskiej, co wynika z czystego rachunku ekonomicznego.

Niemniej jednak obowiązkiem inżynierskim jest zawsze zwracać uwagę na jakość wykonywanych robót budowlanych, szczególnie robót konstrukcyjnych, które muszą być nadzorowane przez wykwalifikowaną i doświadczoną kadrę inżynierską z zapewnieniem optymalnego stanu osobowego budowy, bez którego nie można sprawnie realizować procesu budowlanego.

To potwierdza, jak ważne jest i niezbędne na budowie odpowiedzialne, profesjonalne pełnienie nadzoru budowlanego, a szczególnie nadzoru inwestorskiego, nie tylko na tak strategicznych inwestycjach gminnych.

**mgr inż. Rafał Mikołajczyk**  
**Katedra Mechaniki Budowli i Mostów**  
**Wydział Inżynierii Lądowej i Środowiska**  
**Politechnika Gdańska**

Literatura

Wykorzystano materiały własne



Rys. 14. Opisz w tekście

Rys. 15. Odsonięte kruszywo ściany żelbetonowej oporowej budynku magazynu biomasy



Rys. 16. Odsonięte kruszywo ściany żelbetonowej oporowej budynku magazynu biomasy

