



ROBERT CZYŻ, *r.czyz@elbud.waw.pl*  
PIOTR WOJCIECHOWSKI, *p.wojciechowski@elbud.waw.pl*  
Elbud-Projekt Warszawa sp. zo.o.  
02-210 Warszawa, Al. Krakowska 264

## **ZABEZPIECZENIE KONSTRUKCJI FUNDAMENTU SŁUPA 400 KV PRZED KATASTROFĄ SPOWODOWANĄ MEANDROWANIEM RZEKI DUNAJEC**

### **PROTECTION OF THE FOUNDATION 400 KV OHL TOWER FROM CATASTROPHY CAUSED BY RIVER DUNAJEC MEANDRING**

**Streszczenie** Tematem referatu jest omówienie zabezpieczenia konstrukcji fundamentu słupa linii 400 kV przed potencjalną katastrofą spowodowaną nagłą zmianą kierunku biegu przez rzekę Dunajec. W wyniku powodzi która miała miejsce późną wiosną 2010 roku, rzeka Dunajec wymeandrowała w kierunku istniejącego słupa o kilkadziesiąt metrów (ok. 80÷90) zmieniając swoje koryto. W odległości 8÷10 m od stanowiska słupa znalazła się wysoka na 6 m stałe podmywana przez rzekę skarpa. Potencjalne rozmycie fundamentów przez Dunajec spowodowałoby katastrofę linii 400 kV na odcinku 1690 m. Tematem projektu, który został następnie zrealizowany było: szybkie, bezpiecznie i relatywnie tanie zabezpieczenie linii przed potencjalną katastrofą.

**Abstract** The theme of the article is the description of preventing the foundation of 400 kV OHL tower from potential failure caused by a sudden change of the path of the Dunajec River. As a result of the flood which took place in the late spring 2010 the Dunajec River meandered in the direction of existing tower by 80÷90 m. In the proximity of 8÷10 m from the tower there was an escarpment of 6 m high constantly washed away by the river. The potential washing away of the foundation of the tower by the Dunajec river could lead to the catastrophe of 400 kV OHL along the distance of 1690 m. The theme of the project which was then realized was quick, safe and relatively cheap prevention of the tower from the catastrophe.

#### **1. Analiza zagrożenia stanowiska słupa.**

Przedmiotowa linia 400 kV jest zlokalizowana na południu Polski i została wybudowana na słupach serii Z52. Na zagrożonym stanowisku znajduje się słup przelotowy typu P+10 posadowiony na prefabrykowanych fundamentach żelbetowych.

W trakcie powodzi, która miała miejsce w czerwcu 2010 roku rzeka Dunajec wymeandrowała w kierunku istniejącego stanowiska słupa o kilkadziesiąt metrów zmieniając swoje koryto. W odległości 8÷10 m od stanowiska słupa wykształtowała się wysoka na ok. 6 m skarpa stanowiąca brzeg koryta rzeki Dunajec. Skarpa ta jest nieustannie poddawana zjawiskom wymywania przez silny nurt rzeki na jej zewnętrznym zakolu. Istniało bardzo wysokie ryzyko rozmycia skarpy przez rzekę i stworzenia realnego zagrożenia dla bezpieczeństwa linii energetycznej 400 kV której stanowisko słupa może znaleźć się bezpośrednio w nurcie rzeki. Wówczas niewątpliwie nastąpiłoby zniszczenie odcinka co najmniej o długości około 1690 m

linii obejmującego trzy słupy przelotowe oraz dodatkowo uszkodzenie dwóch słupów mocnych na końcach sekcji.

W trakcie prac nad sposobami zabezpieczenia linii energetycznej przed potencjalną awarią, która spowodowałaby znaczne straty materialne (uprzątnięcie zniszczeń, odbudowa linii, odszkodowania) oraz przerwę w przepływie prądu na czas odbudowy linii, rozważano kilka potencjalnych rozwiązań:

- a) umocnienie brzegu rzeki,
- b) przebudowę linii po aktualnej lub zmienionej trasie,
- c) wzmocnienie fundamentu słupa.

Rozwiązanie a) polegające na umocnieniu brzegu rzeki za pomocą okładzin kamiennych należałoby wykonać na odcinku kilkuset metrów. Powyższe rozwiązanie wymagało uzyskania stosownych zezwoleń kilku Instytucji Państwowych w tym pozwolenia na budowę oraz uzyskania zgody kilku prywatnych właścicieli nieruchomości. Koszt prawidłowego wykonania byłby zbliżony z kosztem zastosowania rozwiązania c), a czas wykonania prac włącznie z uzgodnieniami wynosiłby od 6÷9 miesięcy.

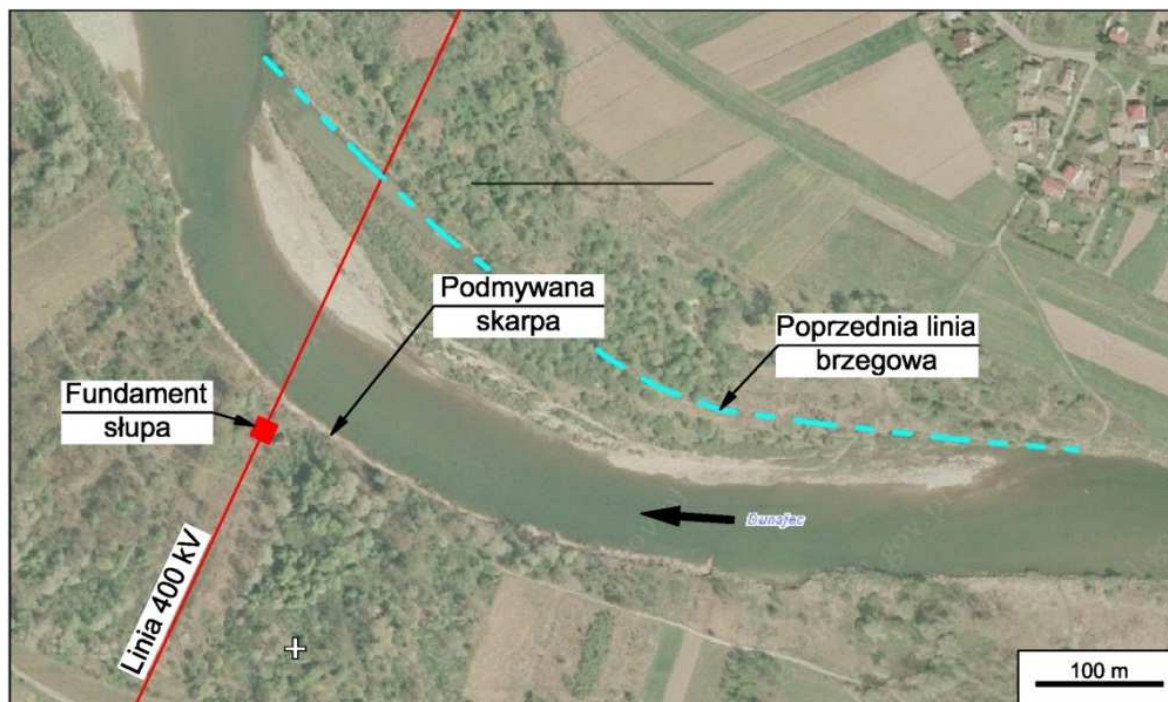
Rozwiązanie b) polegające na przebudowie istniejącego odcinka wiązałoby się z koniecznością uzyskania pozwolenia na budowę oraz uzyskania zgody kilku właścicieli nieruchomości. Czas trwania wszelkich uzgodnień i wykonania prac wynosiłby od 9÷12 miesięcy, a koszt wykonania byłby ok. 4 krotnie większy niż koszt wykonania rozwiązań a) lub c).

Rozwiązanie c) polegające na lokalnym wzmocnieniu fundamentu za pomocą wykonania szczelnej obudowy żelbetowej stanowiska w postaci ścian szczelinowych wymagało jedynie zgłoszenia zamiaru wykonania robót zgodnie z Prawem Budowlanym, a czas wykonania prac wynosiłby ok. 2÷3 miesięcy.

Po konsultacjach z Inwestorem został wybrany wariant c), który gwarantował relatywnie najniższy koszt i czas wykonania prac przy jednocześnie krótkim czasie jej wyłączenia.



Rys. 1. Widok na skarpe w rejonie słupa



Rys. 2. Mapa z lokalizacją słupa względem rzeki Dunajec

## 2. Sposób wzmocnienia fundamentu słupa.

Po uzyskaniu od Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej danych hydrologicznych dla rzeki Dunajec oraz wykonaniu dokładnych badań geologicznych i pomiarów geodezyjnych w listopadzie 2010 roku wykonano projekt budowlany i wykonawczy wzmocnienia fundamentu słupa zagrożonej linii. Zaprojektowano wykonanie zabezpieczenia stanowiska słupa poprzez obudowanie istniejących fundamentów słupa ściankami szczelinowymi w kształcie prostopadłościanu.

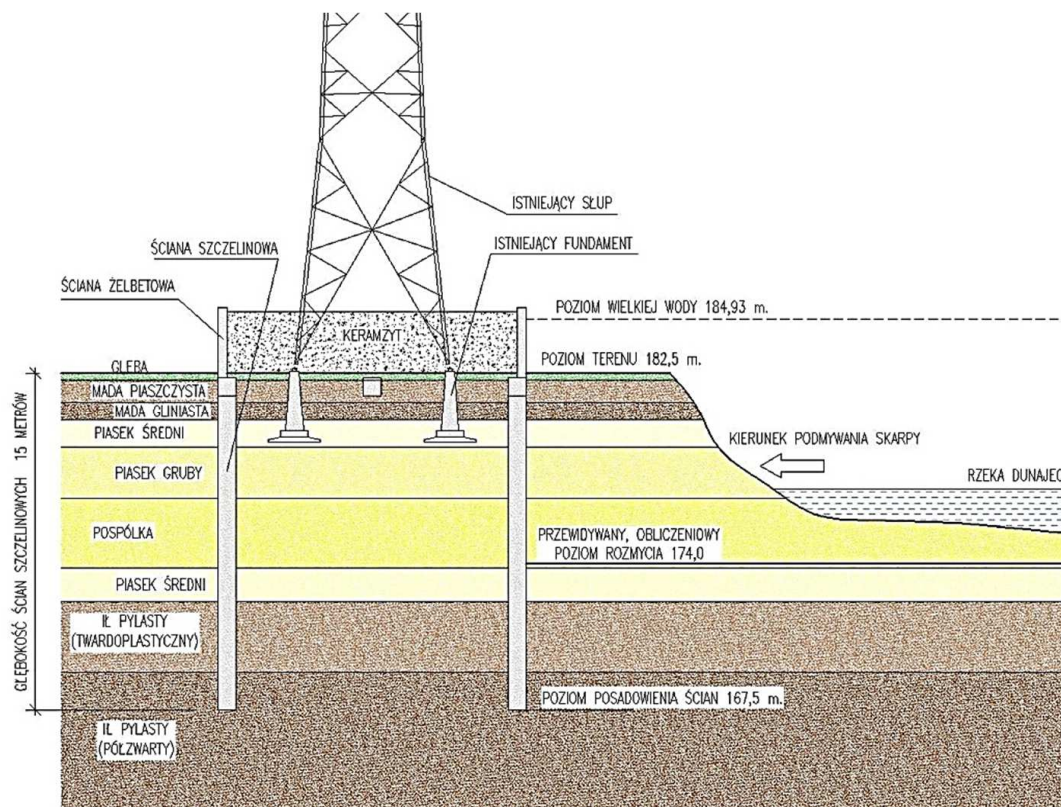
Ścianki szczelinowe zostały zaprojektowane w postaci baret o grubości 80 cm posadowionych na głębokości ok. 15 m. Barety są wzajemnie ze sobą powiązane belkami oczepowymi 80×80 cm. Jednocześnie powyżej poziomu terenu ścianki szczelinowe zostały zamienione na ściany żelbetowe o grubości 40 cm i wysokości 2,95 m powyżej aktualnego poziomu terenu. Górę ścianek szczelinowych stężono wzajemnie za pomocą belek żelbetowych (80×80 cm) zakotwionych we wzmacniających słupach żelbetowych 80×120 cm.

Całość zaprojektowano z betonu C25/30 (W8, F250) i stali B500SP. Całość konstrukcji żelbetowej zabezpieczono izolacyjnie przeciwwodnie poprzez malowanie.

Takie rozwiązanie zabezpieczy konstrukcję słupa przed skutkami potencjalnej fali powodziowej i pochodzącej z lodu.

W ścianach żelbetowych zostały zaprojektowane przepusty  $\phi 80$  mm w celu odprowadzenia wód opadowych z wnętrza studni, a samo wnętrze wypełniono keramzytem. Stalową konstrukcję słupa do wysokości 5 m dodatkowo zabezpieczono antykorozyjnie za pomocą powłok malarskich.

Powyższe rozwiązanie nie zmienia statycznej pracy konstrukcji słupa i jednocześnie poprawia pracę fundamentów konstrukcji. Obudowanie istniejącego stanowiska żelbetowymi ściankami szczelinowymi w kształcie prostopadłościanu w pełni zabezpieczy istniejące stanowisko słupa przed skutkami zmiany koryta rzeki przez Dunajec. W skrajnym przypadku słup wraz ze zmienionym układem posadowienia może znaleźć się w nurcie rzeki.



Rys. 3. Przekrój

Ścianki szczelinowe oraz ściany żelbetowe zostały przeliczone na obciążenia wynikające z obciążeń pochodzących od słupa, parcia lodu, rzeki oraz nierównomiernego wmywania gruntu wokół stanowiska.



Rys. 4. Widok fundamentu po wykonaniu



Rys. 5. Widok słupa wraz z fundamentem



Rys. 6. Widok fundamentu słupa

### 3. Wykonanie wzmocnienia fundamentu słupa

Wczesną wiosną 2011 roku przystąpiono do wykonania wzmocnienia fundamentu zgodnie z uzgodnionym i zatwierdzonym projektem. Całość prac została wykonana w okresie 10 tygodni. W trakcie prowadzenia prac budowlanych linia była wyłączona w okresie 5 tygodni jedynie w trakcie wykonywania podziemnych ścian szczelinowych.

### 4. Wnioski.

1. Przeciwdziałanie potencjalnym skutkom awarii wywołanych przez ekstremalne zjawiska klimatyczne (np. powodzie) i przyrodnicze (np. meandrowanie rzeki, osuwiska) jest możliwe pod warunkiem odpowiedniego monitoringu sytuacji przez właściciela linii oraz podjęcia z odpowiednim wyprzedzeniem kroków zaradczych (np. zabezpieczenie fundamentów).
2. Właściwa analiza sytuacji pod kątem technicznym, technologicznym, prawnym i ekonomicznym, połączona z dokładnymi badaniami geologicznymi i hydrologicznymi pozwoliła na wybór najbardziej efektywnego zabezpieczenia linii energetycznej przed skutkami katastrofy budowlanej, której koszty ekonomiczne i społeczne byłyby bardzo wysokie.
3. Właściwa współpraca na linii Inwestor – Projektant – Wykonawca – Organy Władzy Samorządowej pozwoliła na szybkie wykonanie zabezpieczenia linii przed potencjalną awarią.

### Literatura

1. PN-E-05100-1:1998 – Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa.
2. PN-80/B-03322 – Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Fundamenty konstrukcji wsporczych. Obliczenia statyczne i projektowanie.
3. PN-83/B-02482 – Nośność Pali i fundamentów Palowych.
4. PN-B/03264 grudzień 2002 – Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone, obliczenia statyczne i projektowanie.
5. PN-85/S-10030 – Obiekty mostowe. Obciążenia.
6. Krasieński A.: Obliczenia statyczne fundamentów palowych, Gdańsk 2004.
7. Sztywność podpór sprężystych – wytyczne IBDiM, Warszawa 1993