



ROBERT CZYŻ, *r.czyz@elbud.waw.pl*

PIOTR WOJCIECHOWSKI, *p.wojciechowski@elbud.waw.pl*

Elbud-Projekt Warszawa sp. z o.o.

02-210 Warszawa, Al. Krakowska 264

AWARIE LINII ELEKTROENERGETYCZNYCH SPOWODOWANE OSUWISKAMI

DAMAGES TO POWER SUPPLY LINES CAUSED BY LANDSLIDES

Streszczenie Tematem referatu są awarie lub stany przedawaryjne linii elektroenergetycznych 110 kV, które miały miejsce wiosną 2010 roku w południowej Polsce na skutek wystąpienia ekstremalnych zjawisk przyrodniczych. Awarią o dużym zasięgu było zniszczenie w dniu 20 maja 2010 r linii 110 kV na odcinku 1,3 km (4 słupy energetyczne zniszczone) spowodowane masowymi ruchami powierzchniowymi ziemi (osuwisko). Jednocześnie na skutek intensywnych opadów deszczu uruchomiły się osuwiska na 7 stanowiskach słupów innych pobliskich linii elektroenergetycznych 110 kV. Słupy te nie uległy zniszczeniu, zaobserwowano znaczne ich wychylenie od pionu dochodzące do 50 cm i liczne spękania i pofałdowania powierzchni terenu występujące w okolicy słupów. W pierwszym przypadku linię odbudowano po nowej trasie, w drugim przypadku wzmocniono fundamenty.

Abstract The theme of this speech are damages done to power supply lines of 110 kV which took place in south Poland in the summer of 2010 due to extreme natural phenomena. The biggest damage of 110 kV line took place on 20 May 2010 in the stretch of 1.3 km (4 power towers damaged) and it was caused by mass surface movements (landslides). At the same time due to heavy rainfalls further landslides appeared in 7 places of other 110 kV power supply lines. These towers stayed undamaged but their inclination of up to 50 cm from the vertical was noticed as well as plenty of cracks and bulges near the towers. In the first case the line was rebuilt on a new route, in the second case the foundations were strengthened.

1. Awaria linii 110 kV

Przedmiotowa linia 110 kV została wybudowana w latach 40-tych XX wieku (prawdopodobnie 1943 rok) na słupach serii O typu „O” (odporowe) i „P” (przelotowe). W związku z przebudową linii słupy nr 32 i 33 zostały w latach 70-tych wymienione na nowe. W wyniku uaktywnienia się osuwiska w rejonie słupa nr 39, słup ten został w latach 80-tych przesunięty i wymieniony na nowy. Linia została wybudowana w standardzie linii dwutorowej. Aktualnie zawieszony jest jeden tor oraz jeden przewód odgromowy.

W dniu 20 maja 2010 r. w wyniku powierzchniowych ruchów masowych o znacznym nasileniu (osuwisko) słup nr 34 przesunął się kilkanaście metrów w dół zbocza i uległ złamaniu (zdjęcie rys. 1), jednocześnie powodując zniszczenie słupów nr 33, 35 i 36. Zasięg aktualnie czynnego osuwiska sięga od stanowiska 33 do stanowiska 36. Zniszczeniu uległy cztery słupy energetyczne oraz 1,3 km linii. Oprócz linii elektroenergetycznej całkowitemu zniszczeniu uległy drogi lokalne i kilka domów. Skalę zjawiska obrazuje zdjęcie rys. 2

pokazujące przemieszczenia mas ziemnych w pobliżu budynku mieszkalnego. Wysokość skarpy i początek osuwiska obrazuje zdjęcie rys. 3.



Rys. 1. Zniszczony słup nr 34, obok zniszczona droga



Rys. 2. Przemieszczenia mas ziemnych w pobliżu budynku (zasypany wjazd do garażu), zniszczona droga



Rys. 3. Początek osuwiska – skarpa o wysokości do 14 m

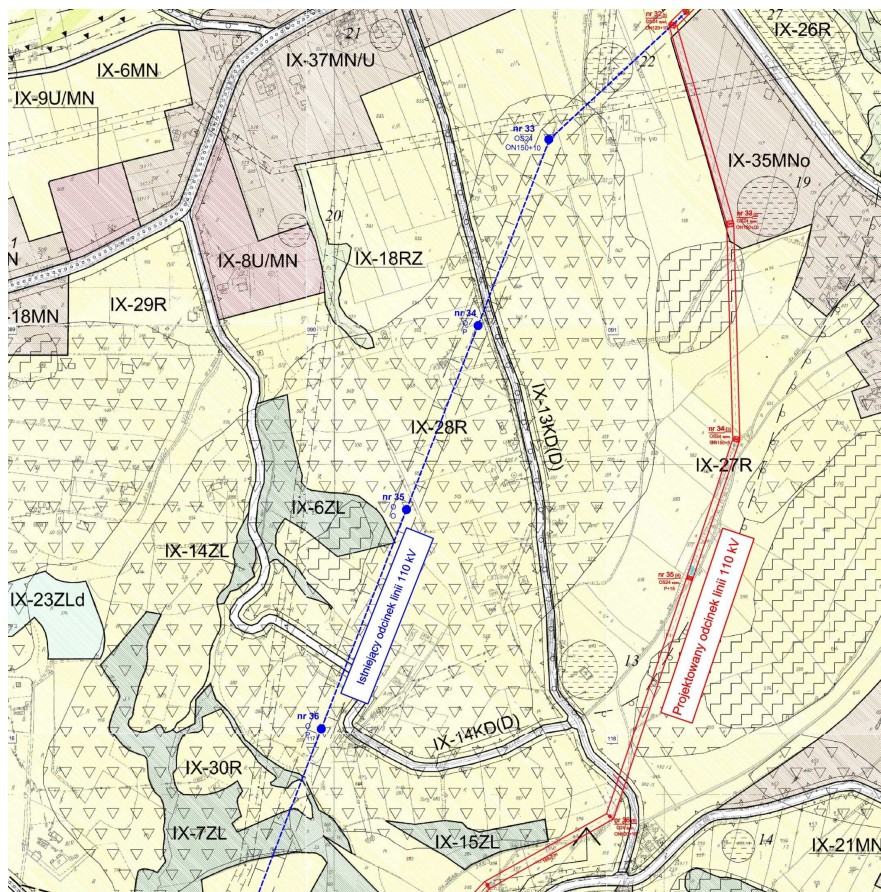
Firma Elbud-Projekt Warszawa Sp. z o.o., w okresie czerwiec-lipiec 2010 r., wykonała Projekt Koncepcyjny odbudowy linii, w okresie sierpień-wrzesień uzgodniła przebieg nowej linii z właścicielami gruntów i wykonała Projekt Budowlany, od października przystąpiła do opracowania Projektów Wykonawczych. Na potrzeby projektu koncepcyjnego a następnie budowlanego, wykonano następujące prace:

- przeprowadzono wizje lokalne,
- poprzez internet uzyskano Miejskowy Plan Zagospodarowania przestrzennego dla gminy, ogłoszony w Dzienniku Urzędowym Województwa w dniu 7 maja 2008 r.,
- w Urzędzie Gminy uzyskano Kartę rejestracyjną osuwiska opracowaną przez Państwowy Instytut Geologiczny w dniu 28 maja 2010 r.,
- wykonano badania geotechniczne (łącznie na potrzeby odbudowy linii wykonano około 470 mb odwiertów geotechnicznych o głębokościach 10÷16 m).

Uzyskano w ten sposób informację, że osuwisko występujące w rejonie linii ma potencjalną powierzchnię około 15 ha, a aktualna długość jęzora koluwium wynosi 614 metrów. W gruncie występuje kilka potencjalnych warstw poślizgu, z czego najgłębsza znajduje się 16 metrów poniżej aktualnego poziomu terenu. Kąt nachylenia stoku wynosi 12,5°. Wysokość skarpy, która uległa oderwaniu, sięga 12÷14 metrów. Zapisy w karcie osuwiska i wyniki badań geotechnicznych jednoznacznie wykluczyły jakąkolwiek możliwość budowy czegokolwiek na obszarze czynnego osuwiska. Linie należało odbudować po nowej trasie.

Wryszy z MPZ (rys. 4) podawały lokalizację:

- istniejących osuwisk aktywnych wg wykazu Starostwa Powiatowego,
- osuwisk i spleźawisk aktywnych oraz osuwisk ustabilizowanych, uaktywniających się w różnym stopniu,
- osuwisk ustabilizowanych oraz obszarów, na których zaznaczają się cechy osuwania czy spleźywania, zagrożone ruchami masowymi.



Rys. 4. Fragment wyrysów z MPZ. Obszary zakreskowane trójkątami i linią zygawkową oznaczają osuwiska

Koncepcja odbudowy linii (jeden z czterech wariantów, zatwierdzony przez Inwestora) zakładała odbudowę linii od stanowiska 32 do 39 (stanowiska 33÷36 zniszczone, stanowiska 37÷38 zagrożone awarią). Ostateczną wersję projektu budowlanego odbudowy linii od stanowiska 32 do stanowiska 39 opracowano w połowie października 2010 r. Zaprojektowano 9 nowych stanowisk słupów, a nowa trasa linii omijała osuwisko i uwzględniała:

- warunki geotechniczne (dla dwóch stanowisk zaszła konieczność fundamentowania specjalnego – pale),
- warunki terenowe (ukształtowanie terenu),
- ominięcie osuwisk sąsiednich,
- ominięcie działek, gdzie właściciele nie wyrazili zgody na lokalizację linii,
- ominięcie zabudowań mieszkalnych i wysokich drzew pojedynczych,
- lokalizację słupów zgodnie z wymaganiami właścicieli działek, którzy wyrazili zgodę na lokalizację linii.

Postępowanie formalno-prawne dotyczące nowoprojektowanej linii przeprowadzono w krótkim czasie korzystając z ustaw i rozporządzeń o szczególnych zasadach odbudowy obiektów budowlanych zniszczonych w wyniku działania żywiołu. Prace budowlane rozpoczęto na początku listopada 2010 r., zakończono w styczniu 2011 r.

2. Awaria linii 110 kV – podsumowanie i uwagi

1. Linia 110 kV wybudowana w latach 40-tych XX wieku nie ulegała awariom przez około 60 lat.
2. Na dwa lata przed awarią opublikowano MPZ z informacją na temat osuwisk. Nie ma jednak skutecznych procedur określających konieczność zabezpieczenia obiektów na zagrożonych terenach. Kontynuowano nawet budowę nowych domów mieszkalnych.
3. Awaria 20 maja 2010 r. miała charakter gwałtowny – uaktywnienie osuwiska zapoczątkowane oberwaniem się skarpy o wysokości 12÷14 m.
4. Odbudowa linii po nowej trasie realizowana w ciągu około pół roku możliwa była dzięki:
 - dobrej współpracy pomiędzy właścicielem linii, projektantem, organami samorządowymi i organami administracji państwowej,
 - możliwościom stworzonym przez prawo (wpisanie gminy do wykazu gmin dotkniętych powodzią i osuwiskami),
 - przyzwoleniu społecznemu (dwumiesięczne negocjacje projektanta z właścicielami gruntów, parokrotne korekty trasy linii).

Po każdej katastrofie budowlanej przychodzi pytanie – czy można było tego uniknąć?

Z jednej strony – linia pracowała bezawaryjnie przeszło 60 lat. Z drugiej strony – wykonano opracowania dotyczące osuwisk. Czy autorzy tych opracowań mieli obowiązek skutecznie powiadomić właścicieli obiektów znajdujących się na osuwiskach o zagrożeniu? Czy taki obowiązek spoczywa na organach administracji? Według jakiej procedury należało przebudować linię po nowej trasie przed jej awarią – standardowe procedury trwają latami?

3. Zagrożenia awarią dwóch linii 110 kV

Intensywne opady deszczu, które spadły na południu Polski wiosną 2010 roku, spowodowały uruchomienie zjawisk osuwiskowych na 7 stanowiskach linii 110 kV. Linie zostały wybudowane w latach 70-tych XX wieku.

Firma Elbud-Projekt Warszawa, w okresie lipiec-sierpień 2010 r., wykonała „Ekspertyzę i koncepcję techniczną dotyczącą zagrożeń i możliwości zabezpieczenia stanowisk” przed przewidywaną awarią. Na potrzeby tego opracowania wykonano następujące prace:

- przeprowadzono wizje lokalne,
- zasięgnięto informacji w Urzędzie Gminy,
- wykonano badania geotechniczne obejmujące bezpośrednie sąsiedztwo stanowisk słupów.

Uzyskano w ten sposób informacje, że stanowiska znajdują się w obrębie czynnych osuwisk o warstwach poślizgu zlokalizowanych na głębokościach od 2 do 6 metrów. W bezpośrednim sąsiedztwie słupów znajdowały się liczne ślady pofałdowania terenu o wysokości kilkunastu-kilkudziesięciu centymetrów, szczeliny o głębokości kilkadziesiąt centymetrów i rozwarości kilku centymetrów. Dwa z analizowanych słupów wykazywały znaczne wychylenie od pionu sięgające 50 cm. W trakcie przeprowadzonej analizy stwierdzono, że 4 stanowiska słupów są zagrożone w wysokim stopniu awarią, a 3 w bardzo wysokim (z uwagi na układ warstw poślizgu, ich głębokość i aktualne wychylenie słupów). Potencjalna awaria fundamentów słupów spowodowałaby zniszczenia na obu liniach na łącznym odcinku 8,2 km oraz zniszczenie 25 słupów i potencjalne uszkodzenie dalszych 14 słupów. Skutkiem tego byłyby poważne problemy z zapewnieniem dostaw energii na znacznym obszarze jednego z województw, w długim okresie czasu.

Inwestorowi zaproponowano dwa warianty wzmocnienia/przebudowy linii:

- Wariant A – zmiana trasy linii poza obszar objęty zjawiskami osuwiskowymi,
- Wariant B – wzmocnienie istniejących fundamentów za pomocą układu pali lub baret mający na celu przeniesienie sił od zjawisk osuwiskowych.

Jednocześnie stwierdzono, że wariant A w stosunku do wariantu B:

- jest droższy,
- wiąże się z koniecznością przebudowy kilkuset metrów linii dla każdego ze stanowisk i zmianą konstrukcji słupów sąsiadujących,
- wiąże się ze zmianą trasy linii, co z uwagi na uzgodnienia formalno-prawne, jest czasochłonne.

Inwestor zaakceptował koncepcję zabezpieczenia stanowisk słupów według wariantu B.



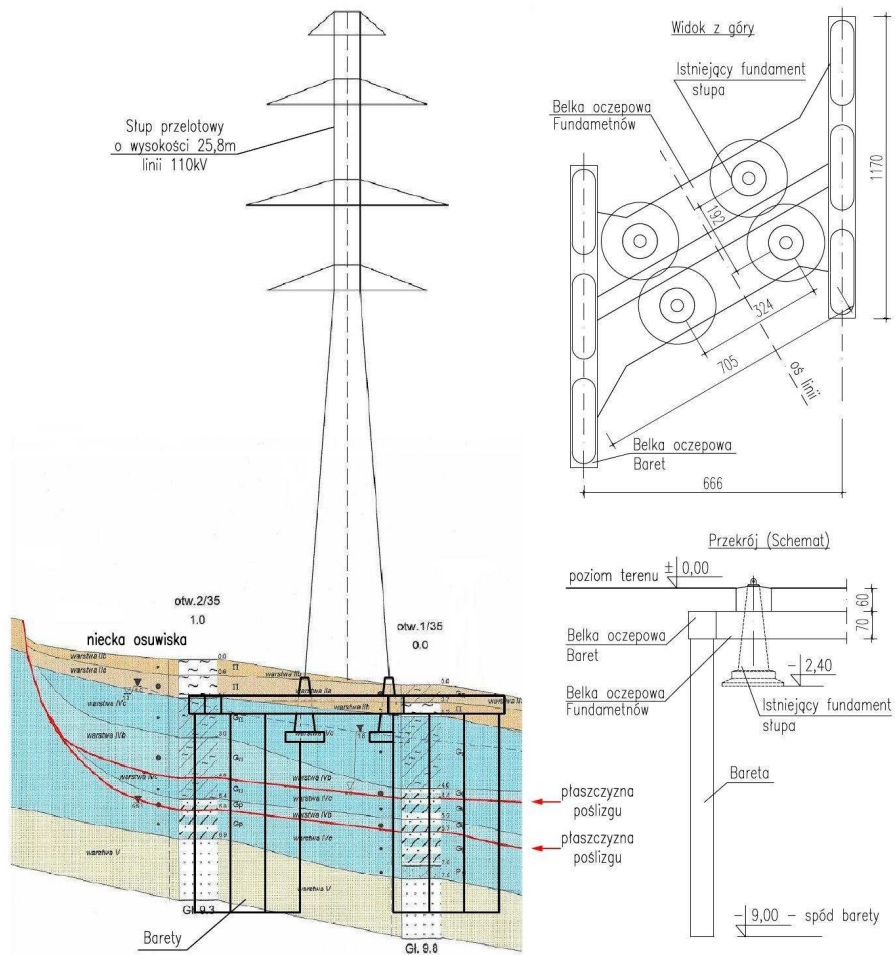
Rys. 5. Widok na słup z początkami zjawisk osuwiskowych

Firma Elbud-Projekt Warszawa, w okresie wrzesień-październik 2010 r., wykonała Projekt Budowlano-Wykonawczy wzmocnienia fundamentów dla 3 stanowisk najbardziej zagrożonych awarią. Głównym założeniem wzmocnienia fundamentów była zasada nieingerencji w istniejący układ konstrukcji słupów i przewodów, i powiązanie istniejących fundamentów z nowo wykonaną konstrukcją przenoszącą obciążenia od koluwiów, przy minimalizacji czasu niezbędnych wyłączeń linii z eksploatacji (bez demontażu przewodów).

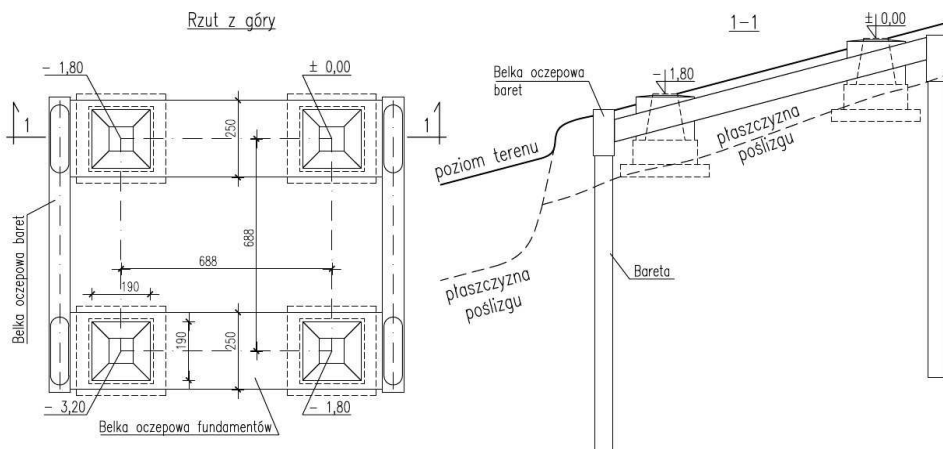
Dla każdego ze stanowisk obliczono w oparciu o badania geotechniczne i wytyczne norm niemieckich siły pochodzące od obciążenia koluwiami oraz rzeczywiste obciążenia pochodzące od słupa, uwzględniające kombinacje normowe obciążeń klimatycznych, naciągów pochodzących od przewodów oraz ciężarów konstrukcji i przewodów.

Głównymi elementami nośnymi nowoprojektowanych konstrukcji są bary (pojedyncze segmenty ścian szczelinowych) o wymiarach: długość 220 cm, szerokość 60 lub 80 cm, głębokość od 9 do 10 m. Ilości baret: 4 lub 6 sztuk (w zależności od stanowiska). Bary wykonywane są w zawieszaniu łożyskowym.

Bary są parami spięte belkami żelbetowymi powiązаныmi z istniejącymi żelbetowymi fundamentami słupa. Powiązanie belek z fundamentami zaprojektowano za pomocą 96÷126 kotew wklejanych Hilti oraz warstw szczepnych wykonywanych w technologii Sika. Schemat układu fundamentu i szczegół połączenia istniejących fundamentów z nowym fundamentem przedstawiono na rys. 6. i rys. 7.



Rys. 6. Schemat wzmocnienia fundamentów słupa przelotowego w niecce osuwiskowej



Rys. 7. Schemat wzmocnienia fundamentów słupa mocnego na skraju osuwiska

Prace budowlane rozpoczęto 30 listopada. W trakcie prowadzenia prac budowlanych na pierwszym stanowisku, po odkryciu pierwszych fundamentów, z uwagi na ich stan techniczny, zmieniono technologię powiązania istniejących fundamentów z nową belką oczepową. Zrezygnowano z kołków Hilti i zmieniono warstwę szczipną. Z uwagi na warunki atmosferyczne prace prowadzono pod ogrzewanym namiotem.

W chwili kończenia pisania referatu trwały prace budowlane.

4. Zagrożenia awarią dwóch linii 110 kV – podsumowanie i uwagi

Uniknięcie awarii linii było możliwe dzięki:

- czujności właściciela linii, który w odpowiednim czasie wykrył zagrożenie,
- dobrej współpracy pomiędzy właścicielem linii i projektantem,
- możliwościami stworzonym przez prawo w przypadku zapobiegania awariom obiektów budowlanych.

5. Podsumowanie.

- 1) Zapobieganie awariom istniejących linii energetycznych zlokalizowanych na terenach zagrożonych osuwiskami jest możliwe. W tym wypadku konieczne jest monitorowanie sytuacji – przeglądy eksploatacyjne linii oraz pozyskiwanie informacji ogólnodostępnych o osuwiskach. W przypadku nasilenia się zagrożeń, konieczne jest wykonanie dokumentacji geotechnicznej oraz ekspertyz lub opinii. Pozwala to na podjęcie z wyprzedzeniem odpowiednich kroków – wzmocnienie fundamentów lub przebudowa odcinka linii.
- 2) Możliwe jest projektowanie linii na terenach osuwiskowych. W latach 2003÷2005 firma Elbud Warszawa zaprojektowała i wybudowała linię 400 kV w południowej Polsce. Trasa linii i lokalizacja stanowisk słupów były ściśle określone przez Plany Zagospodarowania Gmin. Na przeszło 180 stanowisk słupów, 11 było zlokalizowanych na osuwiskach a 58 na terenach zalewowych (rzek Wiśłok i Wiśloka). Na kilkudziesięciu stanowiskach wykonano fundamenty palowe (mikropale, pale wiercone, pale Franki). Pomimo czynnych osuwisk i licznych powodzi, do tej pory linia pracuje bezawaryjnie.
- 4) Główną rolę w całym procesie zapobiegania awariom odgrywa dokumentacja geotechniczna. Doświadczony geotechnik jest w stanie określić potencjalne osuwisko już podczas wizji lokalnej (ukształtowanie powierzchni terenu), a na podstawie wierceń jest w stanie wskazać potencjalne powierzchnie poślizgu.
- 4) Tylko na podstawie właściwie wykonanej dokumentacji geotechnicznej, doświadczony inżynier konstruktor jest w stanie zaprojektować fundamenty lub ich wzmocnienie.
- 5) Jeszcze niedawno w energetyce bagatelizowano konieczność wykonywania rzetelnych badań gruntu. Słupy i przynależne im fundamenty dla gruntu „średniego” lub „słabego” były skatalogowane. Na szczęście świadomość decydentów w tej branży zmienia się. Obecnie fundamenty sprawdza się lub projektuje indywidualnie dla każdego stanowiska i dla rzeczywistych parametrów gruntu.

Literatura

1. Wytyczne niemieckie: Merkblatt über der Einfluss der Hinterfüllung auf Bauwerke, 1994.
2. Szttywność podpór sprężystych – wytyczne IBDiM, Warszawa 1993.
3. Krasiński A.: „Obliczenia statyczne fundamentów palowych”, Gdańsk 2004.