



**OCENA PRAWDOPODOBIENSTWA WYSTAPIENIA
KOROZJI ZIEMNEJ, WEDŁUG PN-EN 12501-1 I PN-EN 12501-2**

**ASSESSMENT OF CORROSION LIKELIHOOD IN SOIL AC-
CORDING TO PN-EN 12501 AND PN-EN 12501-2 STANDARDS**

Wojciech Sokółski

SPZP CORRPOL, 80-718 Gdańsk, ul. Elbląska 133A

Słowa kluczowe: korozja, prawdopodobieństwo korozji w ziemi, stale
Keywords: corrosion, corrosion likelihood in soil, steels

Streszczenie

Praca przedstawia wymagania nowej normy europejskiej PN-EN 12501 część 1 i 2, która dotyczy sposobu oceny ryzyka wystąpienia korozji metali w ziemi w zależności od szeregu czynników związanych z właściwościami fizykochemicznymi gruntów oraz warunków eksploatacji obiektów w określonym miejscu w terenie. Ocena zagrożenia odnosi się do metali nie posiadających jakiegokolwiek zabezpieczenia przeciwkorozyjnego. Wykonuje się ją trójstopniowo, począwszy od zebrania informacji ogólnych, poprzez pomiary terenowe oraz badania laboratoryjne pobranych próbek gruntów. Przyjęta została ogólna zasada, że jeśli nie wykonane są odpowiednie badania – zagrożenie korozją ziemną określa się zawsze jako wysokie. Należy przypuszczać, że omawiane normy znajdą zastosowanie na etapie projektowania instalacji ochrony katodowej konstrukcji podziemnych.

Summary

The paper presents requirements of the new European standard PN-EN 12501 Parts 1 and 2, concerning the method of assessment of soil corrosion risk depending on a number of factors connected with physical and chemical properties of soils and operating conditions of objects in a given location. Assessment of the hazard relates to metals with no anticorrosion protection. It is performed in three stages, starting from gathering of general information, through field measurements and laboratory tests of taken soil samples. A principle has been adopted, that if no respective tests have been performed, the soil corrosion hazard is always determined as high. One should presume that the discussed standard will find application in the design stage of underground structure cathodic protection installations.

Wprowadzenie

W lutym 2003 roku CEN zatwierdziło normę EN 12501 „Ochrona materiałów metalowych przed korozją - Prawdopodobieństwo wystąpienia korozji ziemnej, w dwóch częściach – Część 1: Postanowienia ogólne i Część 2: Materiały ze stali niskostopowych i niestopowych.

Analiza korozji konstrukcji zakopanych w ziemi jest złożona z powodu współdziałania różnych czynników systemu korozyjnego, takich jak grunt, rodzaj materiału metalowego, charakterystyka konstrukcji i otaczającego środowiska. Wskutek tego identyfikacja i ocena czynników związanych z prawdopodobieństwem wystąpienia korozji jest bardzo złożona. Nowa norma ma służyć pomocą w systematycznej ocenie omawianego zagrożenia korozyjnego, jednak zakłada potrzebę uzupełniania jej odpowiednimi ekspertyzami i badaniami naukowymi.

Norma stanowi podstawę do oceny prawdopodobieństwa wystąpienia korozji ziemnej zakopanych konstrukcji metalowych takich jak rurociągi, kable w osłonach metalowych, zbiorniki magazynowe, ściany szczelne, kotwy podpór, przepusty i umocnienia ziemne. W pierwszej części niniejszej zdefiniowano ogólne pojęcia dotyczące metody oceny i wymieniono główne czynniki wpływające na korozję konstrukcji podziemnych. W drugiej części podano podstawy do oceny zagrożenia korozją ziemną materiałów ze stali niskostopowych i niestopowych w bezpośrednim kontakcie z gruntem. Oczywiście w normie nie są ujęte systemy ochrony przed korozją i ich zastosowanie – zawarte są one w specjalnych normach przedmiotowych. Norma dotyczy przypadku nowych zakopanych konstrukcji i podaje informacje dla konstrukcji istniejących.

Pojęcia ogólne

Ocenę prawdopodobieństwa czy też ryzyka wystąpienia korozji zakopanych konstrukcji stalowych zdefiniowano biorąc pod rozwagę: parametry gruntu, charakterystyki konstrukcji bez ochrony i czynniki środowiskowe.

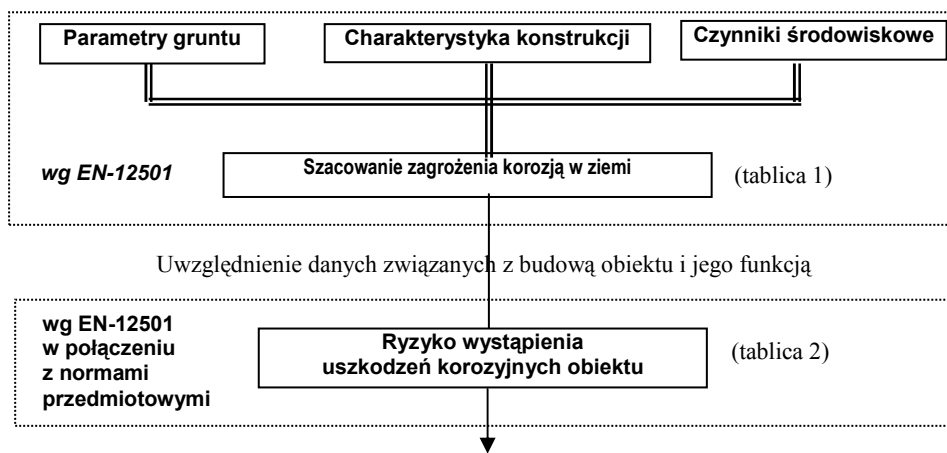


Diagram do oceny prawdopodobieństwa wystąpienia korozji ziemnej

Klasyfikacja zagrożenia korozją ziemną

Norma definiuje trzy klasy zagrożenia korozją ziemną danego metalu, jak w tabl. 1.

Tabl. 1. Klasy zagrożenia korozją ziemną

| Klasy zagrożenia korozją | Klasyfikacja prawdopodobieństwa |
|--------------------------|--|
| NISKA | Niskie prawdopodobieństwo, że ubytek korozyjny będzie powyżej wartości progowej lub, że wystąpi specyficzny efekt korozyjny (patrz UWAGA). |
| ŚREDNIA | Wysokie prawdopodobieństwo, że ubytek korozyjny będzie pomiędzy górnym i dolnym poziomem wartości progowych. |
| WYSOKA | Wysokie prawdopodobieństwo, że ubytek korozyjny będzie powyżej wartości progowej lub wystąpi specyficzny efekt korozyjny. |

UWAGA: Specyficzny efekt korozyjny zależy od rodzaju korozji jak korozja wżerowa, korozja szczelinowa, korozja bimetaliczna, korozja wodorowa, korozja zmęczeniowa lub korozja naprężeniowa. Jeżeli spodziewane są wymienione rodzaje korozji, zagrożenie korozyjne zaleca się zawsze przyjmować jako WYSOKIE, ponieważ niemożliwa jest ilościowa ocena tych zmian.

Ryzyko wystąpienia uszkodzeń korozyjnych konstrukcji (obiektu) w ziemi

Ryzyko wystąpienia uszkodzeń korozyjnych może być oszacowane na podstawie klasy zagrożenia korozyjnego w ziemi w połączeniu z wymaganiami dotyczącym funkcji konstrukcji, jej budowy (rodzaj materiału, grubość itp.), przewidywanej użyteczności i założonej trwałości.

Ocena ryzyka wystąpienia szkód korozyjnych nie jest podana w normie. Normy traktujące o systemach ochronnych wybranych zakopanych konstrukcji metalowych należy stosować w połączeniu z zagrożeniem korozją w gruncie. Niektóre wskazówki podano w tabl. 2.

Tabl. 2. Ryzyko wystąpienia uszkodzeń korozyjnych a wymagany okres trwałości

| Ryzyko wystąpienia uszkodzeń korozyjnych | Wymagania odnośnie do okresu trwałości | Uwagi |
|--|--|---|
| NISKIE | Całkowicie spełniony | Wystarczająca odporność korozyjna. Nie wymagany <u>dodatkowy</u> środek ochrony antykorozyjnej. |
| ŚREDNIE | Nie zawsze zapewnione | Nie zawsze wystarczająca odporność korozyjna. Zalecany monitoring do oceny ryzyka uszkodzeń korozyjnych i decyzji czy wymagane są <u>dodatkowe</u> środki ochrony antykorozyjnej. |
| WYSOKIE | Nie całkowicie spełniony | Niewystarczająca odporność korozyjna. Wymagane <u>dodatkowe</u> środki ochrony antykorozyjnej. |

Określenie „dodatkowe” w tabeli oznacza „większe”, „lepsze” lub „doskonalsze” niż zastosowane w aktualnie ocenianym przypadku.

Analiza prawdopodobieństwa korozji powinna każdorazowo dotyczyć oczekiwanego najgroźniejszego przypadku zaatakowania korozyjnego dla określonego obiektu, zależna od jego funkcji. Wzajemne zależności zebrane są w tabl. 3.

Tabl. 3. Zasadnicza funkcja zakopanej konstrukcji i główny rodzaj korozji, który powinien być rozpatrywany

| Konstrukcja | | Główny rodzaj korozji, który powinien być rozpatrywany |
|------------------------------------|--|--|
| Zasadnicza funkcja | Przykład | |
| Szczelność | Rurociągi Zawory | Korozja lokalna |
| Wytrzymałość mechaniczna | Fundamenty stalowych słupów Pale Ściany szczelne | Korozja równomierna |
| Wzdłużne przewodnictwo elektryczne | Elektrody uziemień Kable elektryczne | Korozja lokalna |

Procedura oceny zagrożenia korozyjnego

Ocenę zagrożenia przeprowadza się wg procedury, która obejmuje ocenę wstępną, pomiary terenowe i badanie próbek gruntu. Ta trójstopniowa procedura służy do systematycznej analizy możliwych zagrożeń korozyjnych. Jakakolwiek wątpliwość lub brak danych traktowana w normie jest zawsze w jednakowy sposób – każdorazowo oznacza obowiązek przyjęcia gorszej ewentualności, tj. większego zagrożenia korozyjnego.

Badania wstępne składają się z badań topograficznych, geologicznych i badań mających na celu uzyskanie specjalnych informacji. Umożliwiają identyfikację obszarów, które podczas pomiarów terenowych powinny być badane ze szczególną uwagą. W przypadku braku dalszych badań, takich jak pomiary terenowe lub pobieranie próbek, i jeżeli spełnione jest jedno lub więcej kryteriów podanych w tabl. 4, uznaje się zagrożenie korozyjne za wysokie.

Pomiary terenowe polegają na zebraniu dodatkowych informacji (patrz tabl. 4) poprzez obserwacje i pomiary w rejonie konstrukcji; należy przeprowadzić pomiary rezystywności gruntu i, jeżeli to stosowne, pomiary różnic potencjałów.

Próbki gruntu pobiera się z różnych miejsc terenu biorąc pod uwagę rodzaj, różnorodność i wilgotność gleby; rezystywność i pH próbek gruntu mierzy się w laboratorium.

W tablicy 4 zebrano różne warunki gruntowe, które należy rozpatrywać zarówno podczas badań wstępnych jak i pomiarów terenowych, które, przy braku innych badań, wskazują na wysokie zagrożenie korozją. Tabela ta w normie odgrywa kluczową rolę, ponieważ jak to już wspomniano wyżej, wystąpienie jakiegokolwiek z wymienionych w niej czynników kwalifikuje zagrożenie korozyjne jako wysokie.

Tabl. 4. Warunki gruntowe, które wskazują na wysokie zagrożenie korozją

| Charakterystyka | Szczegóły | Przykłady kryterium |
|----------------------|---|---|
| Rodzaj gruntu | Grunt naturalny | Obecność torfu, węgla brunatnego, węgla w gruncie Obszary takie jak bagna, mokradła itp. Strefy pływów Obecność wody słonawej lub morskiej Grunty beztlenowe (możliwa korozja wywołana przez drobnoustroje) |
| | Grunt nienaturalny | Grunty zawierające popioły, żużel, odpady przemysłowe, odpadki z gospodarstw domowych itp. Obszary pokryte odpadami poprodukcyjnymi (każdego typu) Materiały przetworzone niekontrolowane |
| Wpływ elektryczności | Urządzenia wykorzystujące prąd stały | Bliskie sąsiedztwo trakcji kolejowej, tramwajowej i metra Bliskość konstrukcji chronionych katodowo lub anod itp. |
| | Urządzenie wykorzystujące prąd przemienny | Bliskość linii energetycznych prądu przemiennego, trakcji kolejowej prądu przemiennego Bliskość elektrod uziemiających prądu przemiennego |
| Zanieczyszczenia | Grunty zanieczyszczone | Zanieczyszczenie przez sole do odladzania, nawozy naturalne i sztuczne, pęknięty kanał ściekowy, zanieczyszczenia przemysłowe |
| Inne | Topografia | Obecność na trasie rurociągu obniżenia, przejść przez strumienie lub rzeki itp. |
| | Hydrografia | |
| | Toponomia | Wskazówki na podstawie nazw wiejskich sugerujące właściwości gruntu |
| | Granica trzech faz | Zmieniający się poziom wody gruntowej |

Bazując na ocenie wizualnej gruntu i pomiarach rezystywności zagrożenie korozją z powierzchni ziemi podczas pomiarów terenowych pozwalają ocenić następujące kryteria:

- wartości rezystywności **poniżej 30 $\Omega\cdot m$** i/lub warunki gruntowe podane w tabl. 4 wskazują na lokalizację o wysokim zagrożeniu korozją;
- jeżeli wartości rezystywności są powyżej 30 $\Omega\cdot m$, należy wykonać dodatkowe badania gruntu takie jak pobieranie próbek. Jednak, gdy trzy niżej podane warunki są spełnione równocześnie, wskazuje to na lokalizację o niskim zagrożeniu korozją i inne badania nie są konieczne:
 - grunt jest piaskiem lub żwirem,
 - wartości rezystywności są powyżej 100 $\Omega\cdot m$, dla reprezentatywnych średnich wartości wilgotności gruntu i temperatury ocenionych podczas pomiarów terenowych
 - brak jest warunków gruntowych podanych w tabl. 4.

Dodatkowo, w przypadku możliwości wystąpienia oddziaływań elektrycznych, jakiegokolwiek pochodzenia, zaleca się wykonanie w tym miejscu pomiarów w celu bardziej dokładnego oceny ich wpływu na zagrożenie korozją. Jeżeli nie wykonano pomiarów, zagrożenie korozją w ziemi uważa się zawsze za wysokie.

Badanie próbek gruntu

Minimalna wartość rezystywności ρ^* i wartość pH próbki gruntu zmierzona po dodaniu wody dejonizowanej, pozwalają ocenić zagrożenie korozją przy użyciu tabl. 5; ocena gruntu na granicy dwóch pól zagrożenia korozją wymaga specjalistycznej wiedzy.

Ponadto, zaleca się średnie zagrożenie korozją zmienić na wysokie, gdy na poziomie konstrukcji występuje niejednorodność gruntu, taka jak:

- obecność wody gruntowej (konstrukcja częściowo zatopiona);
- szeroki zakres wartości ρ^* próbki ($\rho^*_{\max}/\rho^*_{\min}>3$);
- szeroki zakres wartości pH próbek ($\text{pH}_{\max}-\text{pH}_{\min}>1,5$).

Tabl. 5. Zagrożenie korozją (korozja bez ogniwa stężeniowego)

| | | | |
|----|-------|--|-----------------------------|
| pH | >9,5 | WYSOKIE | |
| | 6-9,5 | | |
| | 4,5-6 | | |
| | <4,5 | | |
| | | | 10 30 50 100 |
| | | ρ^* = Minimalna wartość rezystywności po dodaniu wody dejonizowanej ($\Omega \cdot \text{m}$) | |

Korozja zakopanych konstrukcji zależy od zagrożenia korozyjnego w gruntach rodzimych, ale także od sposobu zasypywania, materiałów zasypki (zwłaszcza, gdy różnią się od gruntu rodzimego) i możliwych warunków wypłukiwania. Zaleca się, ocenę zagrożenia korozją dostarczonych materiałów zasypki, ponieważ mogą one zarówno zwiększać jak i zmniejszać zagrożenie korozją konstrukcji. W normie podano kryteria oceny zasypek.

Ocena zagrożenia istniejących konstrukcji

W przypadku istniejących konstrukcji, zagrożenie korozją ziemna ocenia się aby uzyskać dane co do oczekiwanego czasu życia konstrukcji lub ustalić przyczyny zniszczeń korozyjnych i/lub awarii konstrukcji.

Gdy konstrukcja aktualnie ułożona jest w ziemi, możliwe jest zebranie większej liczby informacji niż w przypadku nowej konstrukcji. Dotyczy to:

- informacji o samej konstrukcji (takich jak zmiany korozyjne, warunki użytkowania);
- charakterystyki gruntu będącego w bezpośrednim kontakcie ze ścianami konstrukcji;

- wpływu środowiska (głównie oddziaływań elektrycznych);
- systemu ochrony (rodzaj powłoki, ochrona katodowa itp.).

Istnieje możliwość zastosowania trójstopniowej procedury oceny zagrożenia korozją jak dla nowej konstrukcji, ale zazwyczaj czynności prowadzone podczas badań wstępnych, pomiarów terenowych i pobierania próbek będą pełniejsze. Poza tym, aby przeprowadzić ocenę, można wziąć pod uwagę także próbki pochodzące z samej konstrukcji.

W zależności od względów ekonomicznych, ocena zagrożenia korozją ziemną powinna obejmować bardziej lub mniej rozległe pomiary terenowe i/lub analizy laboratoryjne. Gdy wymagana jest dokładniejsza ocena zagrożenia korozją, należy wykorzystać bardziej szczegółową charakterystykę i wiedzę specjalistyczną (metodykę pomiarową korozji).

Podczas badań terenowych, pomiary elektryczne, takie jak potencjał elektrochemiczny konstrukcji czy różnica potencjału w ziemi w sąsiedztwie konstrukcji, dostarczają informacji o oddziaływaniach elektrycznych na konstrukcję z otaczających urządzeń. Należy wziąć pod uwagę informację o poziomie wody gruntowej.

Można pobrać próbki gruntu w pobliżu konstrukcji. W przypadku nowej konstrukcji wartość rezystywności i pH są uzupełnione o dane chemiczne, takie jak zawartość chlorków, siarczanów, siarczków, zasadowość i kwasowość. Aby określić proces korozji zachodzący w określonym gruncie należy przeprowadzić identyfikację rodzaju gruntu i inne analizy, jak rozkład wielkości ziaren, mający wpływ na warunki natlenienia.

W przypadku rozkopywania konstrukcji można pobrać próbki gruntu w bezpośrednim kontakcie z powierzchnią konstrukcji i pobrać próbki towarzyszących produktów korozji, jeżeli są obecne.

Wizualna ocena powierzchni konstrukcji może być źródłem informacji o rodzaju skutków korozji, uszkodzeniach i zachodzącym procesie korozji.

Jeżeli to konieczne, próbkę konstrukcji można pobrać wraz z próbką gruntu będącego z nią w kontakcie; może to umożliwić ilościowe określenie zniszczeń korozyjnych w ścisłym połączeniu z charakterystyką gruntu i może prowadzić do pogłębienia wiedzy o zagrożeniu korozją i lepszego prognozowania oczekiwanej żywotności konstrukcji.

Analizy wykonywane na tych próbkach (grunt, produkty korozji, konstrukcja) wymagają odpowiedniego traktowania i kondycjonowania, a także zaawansowanego sprzętu dostępnego w wyspecjalizowanych laboratoriach. Wysokie koszty analiz stwarzają konieczność doboru badań i doświadczonego personelu dobrze zorientowanego w szczegółach dotyczących poszczególnego przypadku. Dlatego, w celu zbadania istniejącej konstrukcji, nie jest możliwe ustalenie jednego sposobu dotyczącego oceny zagrożeń korozją ziemną.

Podstawowe zasady badania korozji ziemnej

Badania wstępne składają się na ogół z badań topograficznych, geologicznych i w celu uzyskania informacji specjalnych.

Badanie topograficzne obejmuje studia szczegółowych map kartograficznych i innych rodzajów map; co dostarcza informacji takich jak:

- zarys gruntu;
- obszary wilgotne;
- stawy, bagna, jeziora, torfowiska, itp.;
- ujścia rzek, poldery, moczary, grunty zasolone sąsiadujące z morzem;
- ciekły wodne, przekraczane w przypadku długich konstrukcji liniowych.

Badanie geologiczne prowadzi się z wykorzystaniem map geologicznych i dostarcza informacji o:

- rodzaju i charakterystyce gruntu;
- hydrogeologii, tj. obecności wody gruntowej.

Wymagają one zbierania danych od lokalnych i regionalnych władz i zakładów użyteczności publicznej, które mogą uzupełnić już istniejące informacje w związku z wskaźnikami zanieczyszczenia, takie jak:

- obszary zanieczyszczone przez różnorodne ścieki przemysłowe lub innego pochodzenia;
- osady i hałdy pochodzenia przemysłowego;
- bliskość innych konstrukcji (kanały, rurociągi przemysłowe, itp.), które mogłyby powodować zanieczyszczenie;
- systemy przemysłowe i transportowe stosujące elektryczny prąd stały lub przemienny.

Pomiary terenowe umożliwiają zebranie dodatkowych informacji, uzyskiwanych przez obserwacje i pomiary. Zaleca się zwrócenie szczególnej uwagi na najbardziej niekorzystne warunki, jak położenie i okresy wykonywania pomiarów.

Określenie rezystywności metodą cztero-elektrodową, zależnie od odległości pomiędzy elektrodami umieszczonymi w ziemi, daje w przybliżeniu wartość całkowitej rezystywności gruntu na głębokości równej odstępowi pomiędzy elektrodami. Pomiary z powierzchni mogą umożliwić ustalenie przekroju pionowego i poziomego rezystywności różnych gruntów lub warstw, przez które przechodzi konstrukcja. Dla danej lokalizacji, wskazane jest prowadzenie pomiarów dla różnych odstępów pomiędzy elektrodami, zależnie od poziomych wymiarów konstrukcji. Wielkość zmierzonej rezystywności z powierzchni ziemi może pomóc w wyborze lokalizacji poboru próbek gruntu.

Jeśli podczas badań wstępnych odnotowano możliwość wystąpienia oddziaływań elektrycznych można skontrolować obecność różnicy potencjałów w ziemi podczas pomiarów terenowych i zmierzyć ich intensywność.

W warunkach beztlenowych w otoczeniu zakopanych konstrukcji może być spotykana korozja wywoływana przez mikroorganizmy (MIC). Gdy podejrzewana jest korozja wywoływana przez mikroorganizmy, zaleca się zastosowanie szczególnej ostrożności podczas pobierania próbek ze względu na potrzebę stworzenia warunków właściwego poszukiwania bakterii zgodnie ze specjalnymi procedurami.

Podsumowanie

Przeгляд normy EN 12501 jednoznacznie wskazuje na potrzebę wykorzystania jej w pracach związanych z projektowaniem systemów ochrony przeciwkorozyjnej konstrukcji podziemnych. Przyjęte kryteria oceny agresywności korozyjnej w gruntach są bardzo rygorystyczne. Należy żałować, że wymagania w normie nie wskazują jednoznacznie na rodzaje niezbędnych systemów ochrony przeciwkorozyjnej w zależności od rodzaju zagrożeń korozyjnych w gruntach, odwołując się w tym zakresie w sposób bardzo ogólny do norm przedmiotowych. Wobec wymagań wynikających z innych norm i przepisów, których przesłaniem jest obowiązek stosowania ochrony przed korozją takich obiektów jak rurociągi czy zbiorniki podziemne za pomocą powłok izolacyjnych i ochrony katodowej, norma EN 12501 odrywać będzie rolę marginalną.

Należy jednak się liczyć z tym, że może także stanowić oręż w rękach przeciwników stosowania ochrony katodowej, którzy odpowiednio interpretując niezbyt ostro zarysowane w normie kryteria mogą wykazywać w ogóle brak celowości stosowania ochrony przed korozją stali w określonym gruncie. Stąd też byłoby bardzo pożądane, aby – zgodnie z duchem normy – badania w niej przewidziane wykonywane były wyłącznie przez wysoce wyspecjalizowane zespoły posiadające bogate doświadczenie w pomiarach terenowych oraz technikach ochrony przeciwkorozyjnej, których fachowe przygotowanie i wiarygodność potwierdzone byłyby odpowiednimi certyfikatami.