

# Procjena učinkovitosti sustava katodne zaštite kao sastavni dio procjene integriteta cjevovoda

Assessment of the efficiency of the cathodic protection system as an integral part of the assessment of pipeline integrity

**Goran Pavliša, mag. ing. el.**  
PAVLIŠA OBJEKTI  
(PA-EL d.o.o.)

**Stjepan Pavliša, ing. el.**  
PAVLIŠA OBJEKTI (PA-EL d.o.o.),  
Veliko Trgovišće  
info@pa-el.hr



**Ključne riječi:** učinkovitost, katodna zaštita, integritet cjevovoda, podaci o funkciji sustava katodne zaštite

**Keywords:** efficiency, MAOP, cathodic protection, pipeline integrity, data acquisition, remote sensing, field measurements, integrity management, remedial actions.



## Sažetak

Tijekom eksploatacije ukopanih i uronjenih čeličnih cjevovoda (konstrukcija) jedna od ključnih mjera za očuvanje integriteta jest kvaliteta održavanja sustava zaštite od korozije.

Katodna zaštita predstavlja najučinkovitiju aktivnu mjeru za zaštitu čeličnih cjevovoda (konstrukcija) od korozije. Korisnik ili održavatelj može, koristeći određene alate, procijeniti razinu njene učinkovitosti.

Procjena učinkovitosti katodne zaštite je integralni dio procjene integriteta cjevovoda (konstrukcije) i važan pokazatelj očuvanja njegovih bitnih konstrukcijskih svojstava.

Za procjenu učinkovitosti rada katodne zaštite i kvalitete održavanja potrebno je izraditi program koji

će koristiti norme za ispravno funkcioniranje sustava katodne zaštite. Temelji se na analizi podataka prikupljenih tijekom održavanja i ispitivanja u određenom periodu.

Program treba prikupiti minimalne propisane podatke o radu, nadzoru ili ispitivanju sustava katodne zaštite. Također, treba analizirati podatke prikupljene daljinskom dojavom i terenskim ispitivanjima.

Parametri dobiveni daljinskom dojavom su dio prve ocjene učinkovitosti kao pokazatelji kontinuiteta rada, dok su rezultati terenskih mjerenja indikatori dostignute razine katodne polarizacije.

Prije korištenja programa, za svaki sustav katodne zaštite treba definirati granice promatranja, posebno kod izrazito dugih cjevovoda ili velikog broja ukopanih/samostojećih spremnika. Treba odrediti dionice cjevovoda i svaki spremnik posebno.

Preciznom ocjenom učinkovitosti katodne zaštite definira se opće stanje te identificiraju dijelovi cjevovoda gdje sustav katodne zaštite nije adekvatan.

Ovom procjenom učinkovitosti, vlasnik cjevovoda dobiva jedan od parametara za procjenu integriteta cjevovoda, što služi kao osnova za poduzimanje mjera u narednom periodu eksploatacije.



## Abstract

During the exploitation of buried and submerged steel pipelines and tanks, cathodic protection as a means of continuous corrosion control significantly contributes to maintaining pipeline integrity. Pipeline integrity refers to its ability to safely operate under predetermined conditions, including pressure. MAOP (Maximum Allowable Operating Pressure) represents the maximum pressure under which a pipeline can safely operate without the risk of perforation and fluid loss.

Given that cathodic protection is considered an exceptionally effective technique whose efficiency needs to be monitored, the user or maintainer of the system can successfully assess its effectiveness using certain tools. This assessment should be part of the overall integrity management. In this context, it is necessary to develop a program for system operation using current normative references, and then, based on the collected data, which have a minimum scope defined by the standard, make an evaluation of effectiveness.

Data can be obtained through remote reporting and field testing. Data collected through remote reporting provide an image of continuity/discontinuity of operation, while field testing results are analysed in terms of achieved cathodic polarization.

To use the described program, it is necessary to define the system observation boundaries in advance, especially in the case of very long pipelines, a large number of steel tanks, etc. In such cases, the system can be systematized in the form of separate sections or individual tanks.

The assessment of cathodic protection effectiveness should result in the overall state and identify those sections of the pipeline or individual tanks where the cathodic protection system is inadequate.

In summary, by evaluating the effectiveness of cathodic protection, the owner obtains an important parameter used as one of the input data in the final integrity assessment and the potential implementation of corrective actions.

## 1. Korozija u tlu

Korozija u tlu ili vodi znatno je intenzivnija nego korozija čelika u prirodnoj atmosferi, pri čemu može biti više od sto puta jača. Stoga, borba protiv korozije na metalnim konstrukcijama ukopanim u tlu treba biti utemeljena na ovoj činjenici.



Slika 1 i slika 2. Čelični cjevovodi s oštećenom izolacijom i bez katodne zaštite – prekid u radu zbog korozije < 1 – 3 godine funkcije

## 2. Posljedice korozije

Nažalost, akcident na platformi za bušenje nafte i plina u Meksičkom zaljevu 2010. godine služi kao snažno upozorenje o mogućim posljedicama korozivnih procesa na infrastrukturi u svim područjima ljudskog djelovanja, više od bilo kojeg pisanog teksta.

- izgubljeno 11 života i ozlijeđeno > 20 radnika
- eko sustav ugrožen do 1500 m u dubinu, morske površine 1800 km<sup>2</sup> te 1700 km obala.
- troškovi sanacije; British Petroleum je morao platiti više od 68 milijardi USD uključujući kazne, odštete i troškove čišćenja mora i obala
- nakon tog incidenta kompanija BP je uložila > 1 milijardu USD za razvoj sustava za zaštitu od korozije.

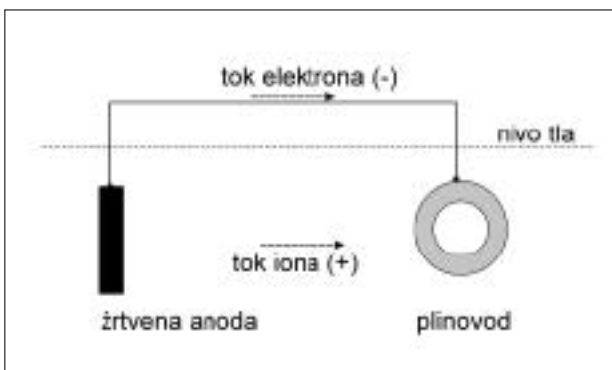


Slika 3. Meksički zaljev, 20. travanj 2010. g.

### 3. Katodna zaštita

Katodna zaštita predstavlja električni (elektrokemijski) aktivni sustav za zaštitu metalnih konstrukcija od korozije, s dokazano najvećom učinkovitošću u sprečavanju korozije metala u tlu i vodi. Stoga je priznata kao jedna od ključnih mjera za očuvanje sigurnosti i stabilnosti čeličnih konstrukcija tijekom eksploatacije.

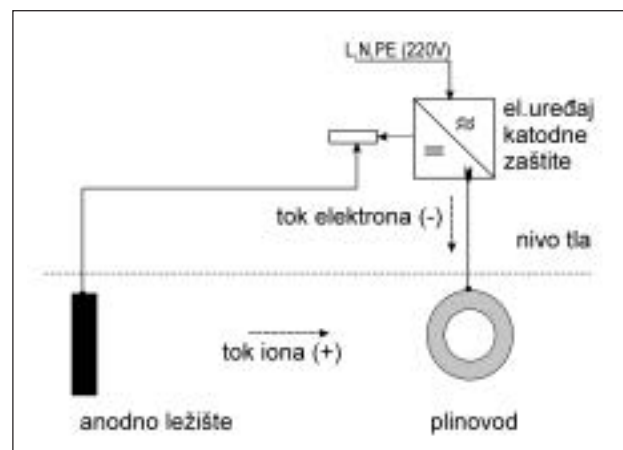
Njena učinkovitost temelji se na kontinuiranom radu i održavanju parametara unutar normiranih uvjeta.



Slika 4. Sustav katodne zaštite sa žrtvenim anodama

Katodna zaštita može se implementirati sustavom žrtvenih anoda ili vanjskim izvorima električne struje;

Odabir odgovarajućeg sustava ovisi o više čimbenika, ali za čelične kopnene objekte i konstrukcije te za one koje zahtijevaju duži vijek trajanja, preko 20 godina, koristi se sustav katodne zaštite s vanjskim izvorima napajanja.

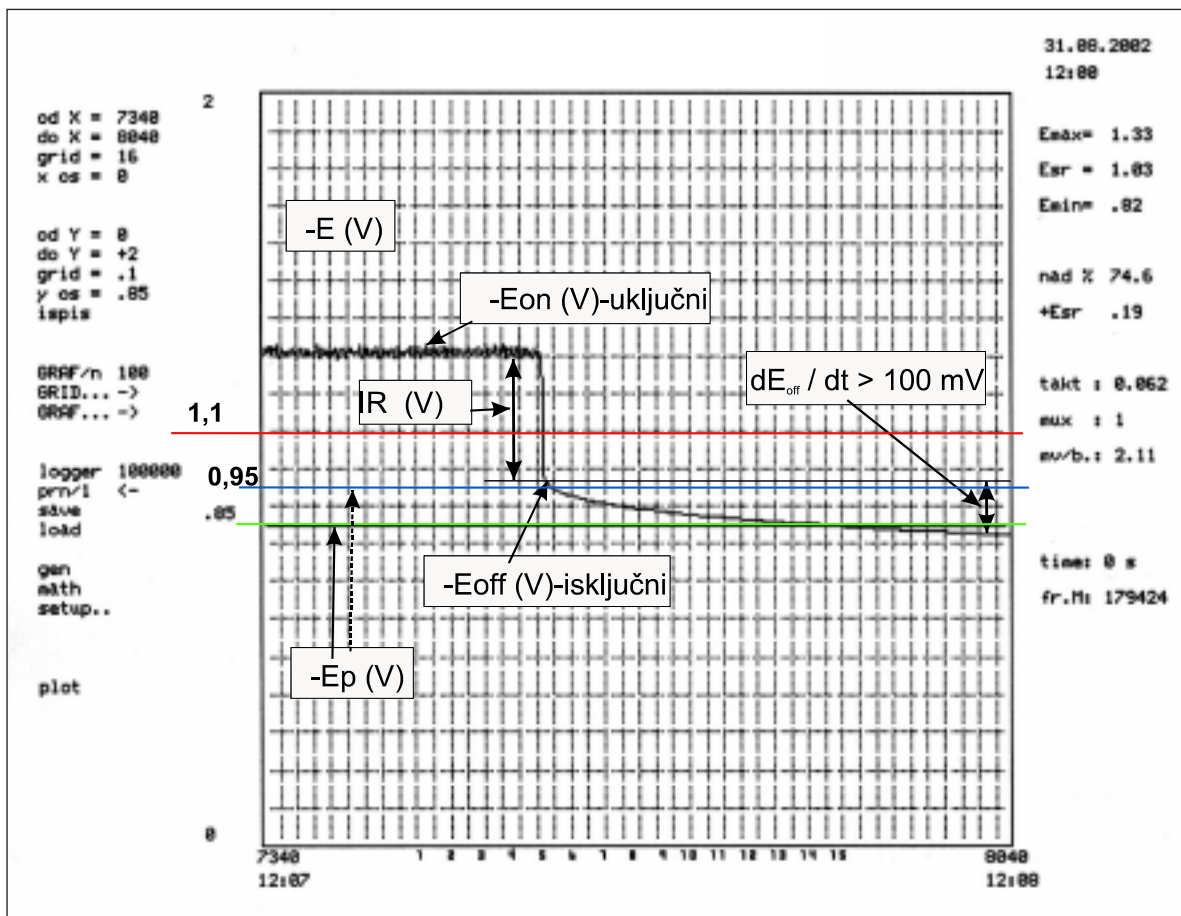


Slika 5. Sustav katodne zaštite sa vanjskim izvorom el. struje





Slike 6. i 7. Periodička mjerenja i ispitivanja na sustavu katodne zaštite



Slika 8. Snimanje  $E_{on}$ ,  $E_{off}$  i depolarizacije potencijala čeličnog kupona na mjernom mjestu katodne zaštite



Slika 9. Čelični cjevovod s oštećenom izolacijom i s katodnom zaštitom, bez korozije i stalno u funkciji (slika iz 1999.) – fizički dokaz učinkovitosti katodne zaštite na otkopanom cjevovodu

## 4. Održavanje sustava katodne zaštite

Održavanje sustava katodne zaštite je poseban izazov struke:

- Prva pretpostavka za uspješno održavanje je da su projektiranje, izbor opreme, izgradnja i puštanje u pogon provedeni u skladu s normativnim uvjetima za određeni sustav katodne zaštite čelične konstrukcije.
- Druga pretpostavka tiče se kompetencija osoblja zaduženog za održavanje sustava katodne zaštite.
- Treća pretpostavka odnosi se na osiguranje stalne funkcije sustava katodne zaštite, odnosno rad s

minimalnim prekidima u slučaju kvarova. Veliki doprinos kvaliteti održavanja pruža sustav daljinskog nadzora koji omogućuje brzu dojavu kvarova.

- Četvrta pretpostavka je da se redovito, sukladno propisanoj periodici, provode pregledi opreme i mjerenja parametara rada katodne zaštite, odnosno da su potencijali čelične katodne štice konstrukcije unutar granica propisanih normama.

## 5. Procjena učinkovitosti sustava katodne zaštite

Odgovorne osobe u svakoj tvrtki koja upravlja čeličnim ukopanim cjevovodima, spremnicima i sličnim konstrukcijama trebaju osigurati sustav stalnog nadzora nad sigurnim radom takvih konstrukcija, posebno kada su one vizualno nedostupne.

Stoga je važno imati rezultate raznih periodičnih ispitivanja takvih ukopanih ili uronjenih konstrukcija kako bi se stekao uvid u njihovo stanje i procijenio njihov integritet. Jedan od ključnih podataka za procjenu integriteta takve čelične konstrukcije je učinkovitost rada katodne zaštite, temeljena na analizi izmjerenih vrijednosti prikupljenih tijekom određenog vremenskog perioda rada sustava katodne zaštite.

Tabelarni prikaz analize prikupljenih podataka sa mjerenja na sustavu katodne zaštite cjevovoda dužine 20 km sa 30 mjernih točaka katodne zaštite, prikupljenih unutar jedne godine.

Redni Broj	Oznaka mjernog mjesta	Razina prioriteta	Ei	En	Faktor učink. po E	Ei	En	Faktor učink. po U	Ocjena Dobro-DA Loše-NE
1	MM 1 – pć /dd	II	329	32	90	360	1	98,6	DA
2	MM 2	II	10	2	83,3	12	0	100	DA
3	MM 3 – NS1/d.d.	I	330	32	91,6	360	2	98,6	DA
4	MM4 – interf/d.d.	II	330	32	91,6	358	4	98	DA
5	MM 5	II	10	1	83,3	10	1	83,3	DA
6	MM 6	II	3	1	75	5	0	83,3	DA
7	MM 7 – pć E, U	II	10	2	83,3	11	1	83,3	DA
8	MM8-NS3 – E – dd	I	289	72	79,1	289	72	79	DA
9	MM9	II	2	2	50	2	2	50	NE
10	MM10	II	3	1	75	3	1	75	DA
11	MM11 Pć, E, U	II	3	1	75	3	1	75	DA
12	MM12	III	1	0	100	1	0	100	DA
13	MM13	III	1	0	100	1	0	100	DA

Redni Broj	Oznaka mjernog mjesta	Razina prioriteta	Ei	En	Faktor učink. po E	Ei	En	Faktor učink. po U	Ocjena Dobro-DA Loše-NE
14	MM14	III	1	0	100	1	0	100	DA
15	MM15	III	1	1	50	1	1	50	NE
16	MM16-interf.	II	3	1	75	3	1	75	DA
17	MM17	III	3	1	75	3	1	75	DA
18	MM18	III	11	1	91,6	11	1	91,6	DA
19	MM19	III	3	1	75	3	1	75	DA
20	MM20	III	3	1	75	4	0	100	DA
21	MM21	III	3	1	75	4	0	100	DA
22	MM22-interf.-dd	I	10	2	83,3	12	0	100	DA
23	MM23	II	5	1	83,3	6	0	100	DA
24	MM24	II	3	1	75	4	0	100	DA
25	MM25	II	3	1	75	4	0	100	DA
26	MM26	II	3	1	75	11	1	91,6	DA
27	MM27-pć	II	11	1	91,6	10	2	83,3	DA
28	MM28-pć	II	11	1	91,6	11	1	91,6	DA
29	MM29-NS3/d.d.	I	358	2	98	358	2	98	DA
30	MM30-Pć /dd	II	357	3	97,8	357	3	97,7	DA

Procjena učinkovitosti katodne zaštite: Ukupni faktor učinkovitosti katodne zaštite prema izabranom programu procjene (...) je 80,14 što je > 75 (od mogućih 100), pa je time učinkovitost sustava katodne zaštite dobra, uz obveznu intervenciju unutar 120 dana na mjernim mjestima broj 11 i 19.

## 6. Zaključak

Katodna zaštita nedvojbeno je sastavni dio sigurnosti rada čeličnih ukopanih ili uronjenih cjevovoda, spremnika i ostalih čeličnih konstrukcija, ali bez njenog održavanja i procjene učinkovitosti njenog rada često nedostaju ključni elementi za procjenu integriteta određene čelične konstrukcije.

Borba za sprečavanje korozije je dugotrajni izazov mnogih stručnjaka u gradnji i održavanju čeličnih konstrukcija, stoga propusti u sustavima zaštite od korozije mogu uzrokovati ozbiljne štete za ljude, infrastrukturu i okoliš.