

TÜRK MÜHENDİS VE MİMAR ODALARI BİRLİĞİ
JEOFİZİK MÜHENDİSLERİ ODASI



JEOFİZİK YÖNTEMLERLE KOROZYON RİSKİ TESPİTİ
VE
GÖMÜLÜ METAL İMALATLARDA KOROZYONDAN KORUMA ÖNLEMLERİ
NORMU

Şubat - 2016

Yönetim Kurulu'nun 16/02/2016 tarih ve XV/103 sayılı kararı ile Oda Normu olarak kabul edilmiştir.



Normun amacı; toprak altındaki doğalgaz, akaryakıt ve su boru hatlarında, LPG, akaryakıt tanklarında, yeraltına gömülen çalışma konteynurlarında ve diğer her türlü su ve toprak ile temas halindeki özel yapılarda jeofizik yöntemlerle korozif seviyelerin tespiti, riskin ortaya konulması ve önlemlerin belirlenmesidir. Bu amaçla; norm içerisinde temel korozyon ve katodik koruma bilgileri, yapılabilecek jeofizik çalışmalar, metal veya metal alaşımı imalatlarda genel anlamda korozyonu önleme yöntemlerinden bahsedilmiştir.

1. KOROZYON

Endüstriyel yatırımları ve üretimin maliyetini etkileyen en önemli faktörlerden biri olan korozyon; malzemelerin içinde buldukları ortamın etkisiyle, dışarıdan herhangi bir enerji verilmeden kimyasal ve elektrokimyasal reaksiyonlar sonucunda malzemenin fiziksel, kimyasal ve mekanik özelliklerinde değişimlerin meydana gelmesidir.

Zemin boşluklarında yer alan su içerisinde, çözülmüş çeşitli iyonlar ve çözülmüş veya gaz halinde oksijen yer alır. Pozitif ve negatif iyonların bulunduğu bu şekilde bir elektrolit içerisinde korozyonun gerçekleşmesi için iki ayrı metalin bulunması şart değildir. Metal yapısında veya elektrolitte bulunan bazı farklılıklar nedeniyle meydana gelen gerilim farkı, mikro veya makro korozyon hücreleri oluşturabilir. Bunun sonucu olarak; metal yüzeyinin bazı bölgeleri katot bazı bölgeleri de anot özelliği gösterir (Candansayar ve Demirel, 2015).

Korozyon terimi, metallerin oksijen ile teması durumunda elektrokimyasal oksidasyonu anlamında kullanılmaktadır. Bu oksidasyon sonucu metal, oksit veya tuz oluşturmaktadır. Yeraltıboru hatları, çevresindeki boşluklarda bulunan akışkan ve oksijenlerden oluşan elektrolit ile metal etkileşime girerek bölgesel olarak bu tip korozyona neden olabilmektedir (Candansayar ve Demirel, 2015).

Korozyon; mekanizmasına, malzemenin cinsine, endüstriyel bransa, korozif ortamın türüne ve malzemenin görünümüne göre sınıflandırılır. Mekanizmasına göre korozyon türleri;

Fiziksel Korozyon: Organik sıvıların ya da ergimiş metallerin neden olduğu korozyon türüdür. Korozyon doğrudan fiziksel çözünme ya da katı hal değişimi ile gerçekleşmektedir. Civa ya da ergimiş alüminyumun metal malzeme yüzeyinde korozyona neden olması fiziksel korozyona örnek olarak gösterilebilir.

Kimyasal Korozyon: Metal malzemelerin direkt olarak ortamla reaksiyona girmesi sonucu oluşur. Atmosferik koşullarda en önemli korozif maddeler O₂, H₂S ve halojenler olduğundan genelde metal yüzeyinde korozyon ürünü olarak oksitler ve sülfürler oluşur. Kimyasal korozyon yüksek sıcaklıklarda meydana geldiğinden yüksek sıcaklık korozyonu olarak da adlandırılmaktadır. Bu korozyon türüne



örnek olarak, kazanların alevle ya da sıcak gazla temas ettiği bölgelerde meydana gelen korozyon verilebilir.

Elektrokimyasal Korozyon: Sulu ortamda metal ve alaşımlarının bozulmaları ile meydana gelen korozyon türüdür. Elektrokimyasal korozyon mekanizmasında elektron alışverişi ara yüzeyde meydana gelir. Bu mekanizmanın gerçekleşebilmesi için; aralarında potansiyel fark bulunan malzemelerin aynı ortamda olması ve elektron akışının sağlanabileceği bir elektrolit olması gereklidir.

Tipik bir korozyon hücresi; anot, katot, elektrolit ve akım dönüş yolu olmak üzere dört temel parçadan oluşur. Korozyonun oluşması için; bir anot ve bir katodun elektriksel olarak metalik bir yol ile bağlanmış ve anot ile katodun elektriksel olarak iletken, iyonize bir elektrolite batırılmış olması gerekir. Aynı zamanda; anot ve katot arasında elektriksel bir potansiyel fark da olmalıdır. Bazı temel tanımlar şu şekildedir:

Anot: Korozyona uğrayan (oksitlenen) metaldir.

Katot: Anotta açığa çıkan elektronları harcayan reaksiyon meydana gelen metal yüzeyidir.

Elektronik İletken: Anotta açığa çıkan elektronları katoda taşıyan metalik iletken ve anot ile katodun birbiri ile teması da bu iletişimi sağlar.

Elektrolit: Elektrolitik iletken, sulu çözeltilidir. Anot ile katot arasında iyonik bağ sağlayan sulu ortamdır.

Anodik Reaksiyon: Metal atomlarının negatif yük kaybederek pozitif yüklü metal iyonlarına dönüşmeleridir. Bu olay sonucunda elektron üretilir.

Katodik Reaksiyon: Katodik olayın işlevi, anodik reaksiyonda üretilen elektronları harcamaktır.

2. TOPRAKALTI KOROZYONLARI

Toprakaltı korozyonları; yer içinde bulunan boşluklardaki çözülmüş klorür ve sülfat tuzları ile çözülmüş gaz halindeki oksijenin metal ve elektrolitte sebep olduğu potansiyel farkı neticesinde meydana gelen korozyon hücreleri sonucu, metal ara yüzünde bazı bölgelerin anot bazı bölgelerin katot olması sonucu gelişir. Korozyon olayı, anotta metalin iyon haline yükseltgenmesi ile meydana gelirken, metal iyon halinde çözeltilmeye geçer. Katot da ise oksijen redüksiyonu gerçekleşir ve korozyon hızını bu oksijen tayin eder. Bu şekilde yer içinde bulunan metal yapı; (a) metal yüzeyinde farklılıklar oluşması, (b) yer türü veya yapısının değişmesi, (c) metal cinsi veya yapısının değişmesi, (e) farklı havalanma ve oksijen ile korozyona uğrar.



Su içinde veya sulu kimyasal madde içinde de benzer elektrokimyasal olaylar olur ve katottan hidrojen çıkarken anotta metal zayıflaması başlar. Bu iki çok önemli korozyon türü yanında organik sıvıların veya ergimiş metallerin sebep olduğu korozyonlardan da bahsedilebilir.

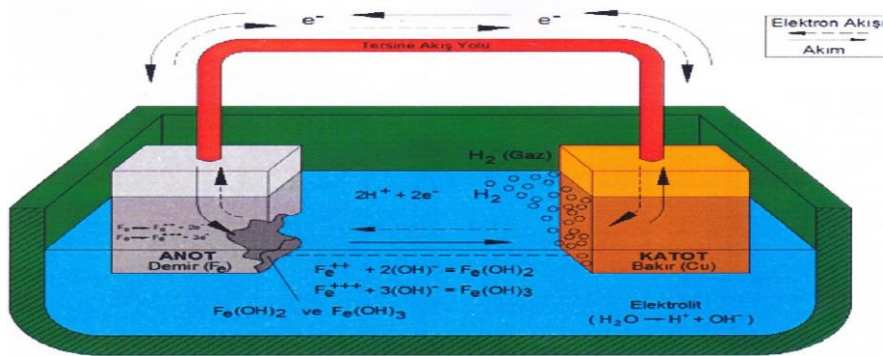
Toprakaltı korozyonlarına aşağıdaki şekilde örnekler verilebilir:

- Galvanik etki sonucu oluşan korozyon.
- Yer (zemin/kaya) yapısındaki farklılıktan ileri gelen korozyon.
- Farklı havalandırma sonucu oluşan korozyon.
- Kaplama bozuklukları sonucu oluşan korozyon.
- Biyolojik korozyon.
- Kaçak akım ve enterferans korozyonu.

Galvanik korozyon ve elektrolitik korozyon olmak üzere özellikle gömülü yeraltı boru hatlarında meydana gelen iki temel çeşit korozyon vardır.

2.1. Galvanik Korozyon

Birbiriyle temas halinde olan farklı türden metal ve alaşımların aynı ortama terk edilmesi veya tek tip metalin konsantrasyonu değişen bir elektrolit içinde bulunması halinde karşılaşılan korozyon türüdür. Bu tür galvanik eşlemeler çoğunlukla bir tasarım veya imalat gereksinimi olarak karşımıza çıkarlar. Galvanik korozyon hücresinde korozyon akımı, iki farklı metalin tek ve düzgün dağılmış bir elektrolite veya benzer metallerin, bir anot ve bir katot olarak bileşimi düzensiz dağılmış katı bir elektrolite batırılması ile oluşur. Her iki koşulda da korozyonun oluşabilmesi için daha önceden bahsedilen dört temel parçanın yer alması gerekir (Şekil 1).



Şekil 1. Tipik bir galvanik korozyon hücresindeki kimyasal tepkimeler

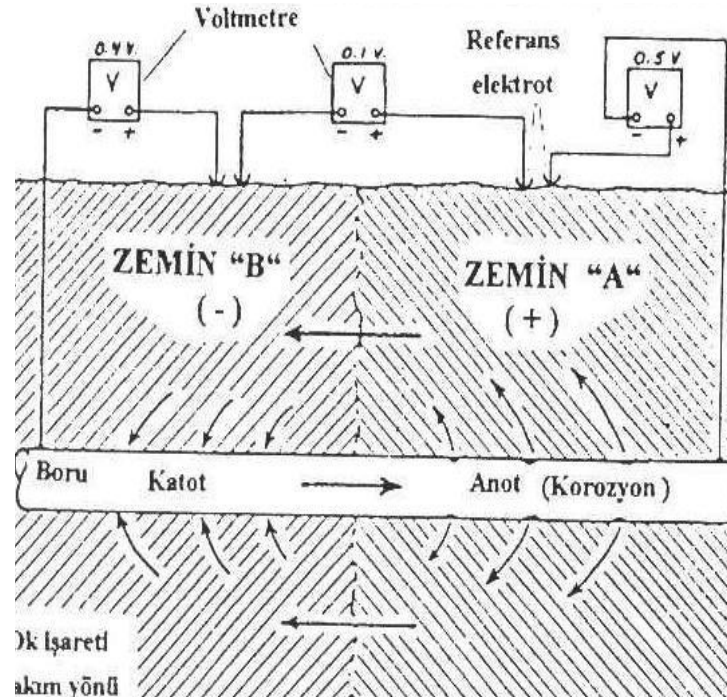
Gömülü yeraltı boru hatlarında meydana gelen galvanik korozyona aşağıdaki örnekler verilebilir:

- Killi kumlu bir ortam içine gömülen boru yüzeyine temas eden kil partikülleri, o bölgenin daha az oksijen almasına ve korozyona uğramasına sebep olabilmektedir (Şekil 2).

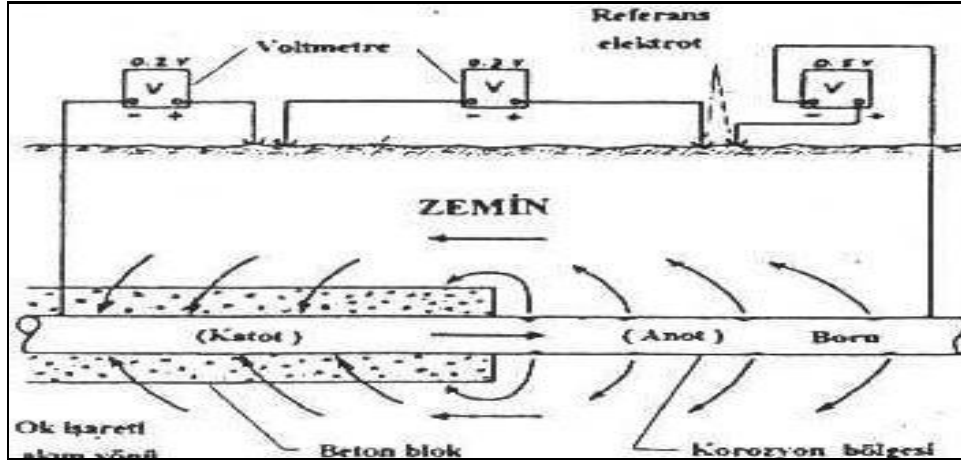


Şekil 2. Boru yüzeyine yapışan kilin neden olduğu korozyon

- Gömülü yeraltı boru hattı boyunca kısa mesafelerde zeminin fiziksel ve kimyasal yapısı değişebilmektedir. Zemin türü değiştiğinde boru/zemin geriliminde değişimler olacaktır. Örneğin; kalkerli bir ortamda gömülü olan bir boru hattı, killi bir zeminde devam ettiğinde, negatif yüklü kil partikülleri boru/zemin geriliminin azalmasına neden olmaktadır (Şekil 3, Şekil 4).

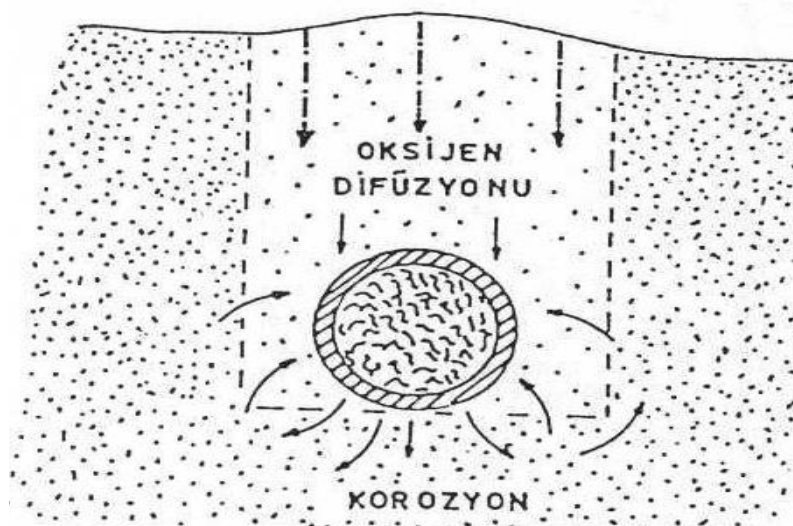


Şekil 3. Zemin yapısındaki farktan ileri gelen anot ve katot bölgeleri



Şekil 4. Zeminden betona giren boru hattında korozyon

- Boru hattının gömülü olduğu ortam homojen değildir. Bu nedenle; boru hattının her bölgesi aynı oranda hava alamaz. Yer in porozitesi, boşluklardaki akışkanlar (rutubet miktarı) ve yoğunluğuna bağlı olarak; boru hattının bazı bölgeleri az, bazı bölgeleri fazla oksijen alabilir. Bu farklı havalanma koşulları, boru yüzeyinde yer yer gerilim farkı doğmasına ve korozyon hücrelerinin oluşmasına neden olur (Şekil 5). Farklı havalanma nedeniyle oluşan korozyona tipik bir örnek, yol geçişlerinde borunun kaplama altında kalan bölgesi ile kenarlarda daha fazla oksijen alabilen bölgeleri arasında meydana gelen korozyon hadiseleridir (Candansayar ve Demirel, 2015).



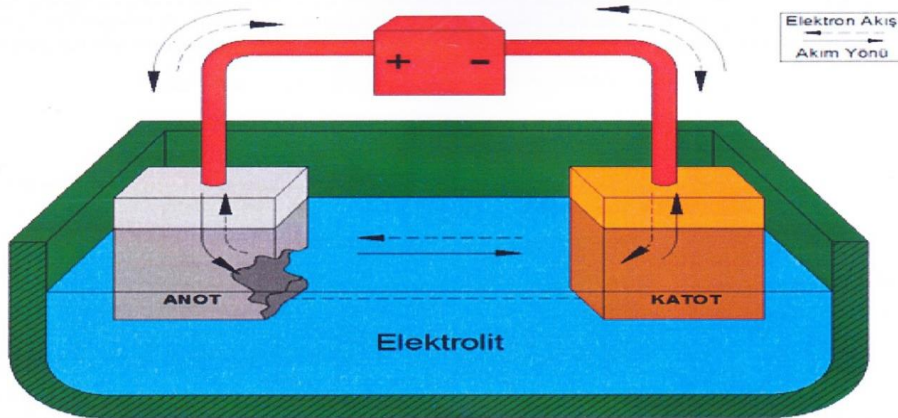
Şekil 5. Farklı havalanma koşulları nedeniyle boru tabanında oluşan korozyon

- Deniz kenarına yakın tesis edilmiş elektrik enerjisi yüksek gerilim şalt tesislerindeki koruma ve topraklama devreleri bağlantılarında, hidrokarbon ileten boru hatlarında ve santrallerin hidrolik ve pnömatik devre bağlantılarında sıkça rastlanır.

2.2. Elektrolit Korozyon

Elektrolitik ve galvanik korozyon hücreleri anot, katot, elektrolit ve akım dönüş yolu ihtiyaçları nedeniyle benzerdir. Galvanik hücrelerde; korozyon tepkimesini sürdüren elektrik enerjisi, hücre içerisindeki iki farklı metal veya iki farklı elektrolitten üretilmektedir. Elektrolitik hücrede elektrik enerjisi, Şekil-6'da da görüldüğü gibi, hücre dışındaki doğru akım kaynağından sağlanmaktadır. Bu durumda korozyon tepkimesi, akımın dönüş yolu üzerine konumlandırılmış doğru akım kaynağı ile sürdürülmektedir. Nihai sonuç galvanik korozyon hücresi ile aynı olsa da, korozyon elektrolite geçmek isteyen akımın terk ettiği anotta olur.

Gömülü yeraltı boru hatlarındaki elektrolitik korozyona genellikle "başıboş/serseri akım korozyonu" denilir. Bu korozyonlar boru hattı yakınına doğru akım (DC) kaynağı yerleştirildiğinde, akımın bir kısmının istenilen yoldan sapması ve boru hattı tarafından toplanması sonucu oluşur. Başka bir deyişle boru hattının bir kısmı elektrik akım yolunun parçası haline gelir ve akım niyetlenen devreyi tamamlamak için boru hattından ayrıldığında korozyona sebep olur.



Şekil 6. Elektrolitik korozyon hücresi

2.3. Korozyon Hızı

Galvanik korozyon, gömülü yeraltı boru hatlarında en sık görülen korozyon çeşididir. Galvanik korozyon hücrelerinde, özellikle benzer olmayan metaller tarafından oluşturulan galvanik korozyon hücrelerinde, korozyon tepkimelerini sürdüren potansiyel farkların az olması, elektrolit iletkenliğinin korozyon hızı üzerinde etkili olmasına sebep olmaktadır. Yüksek dirençli topraklarda bu tip hücreler nadiren önemsendir. Bu nedenle; gömülü yeraltı boru hatlarının korozyon koruması ihtiyaçları değerlendirilirken, toprak iletkenliği önemsendir. Buna ek olarak; eğer hücre iki farklı metalin ortamda bulunması sonucu oluşmuş ise, dahil olan malzemeler de anot ve katot alanlarının boyutları da korozyon hızına etki eder.

2.4. Kullanılan Standartlar

Zemin korozif özelliği TS 5141 EN 12954’de, saha çalışması ise TSE 4363’de açıklanmaktadır. Bazı standartların adlandırılmaları aşağıda verilmiştir:

- **TS 5141 EN 12954** “Katodik Koruma – Gömülü veya suya batırılmış metalik yapılar için – Boru hatları için genel prensipler ve uygulama” (26.04.2003)

-Kapsam : Bu standart gömülü veya suya daldırılmış metal yapılar üzerinde dışarıda elektrik enerjisi katkısı ile ve olmaksızın korozif reaksiyonlara karşı bir katodik koruma sisteminin tesisi için genel prensipleri kapsar.

-Türü: Kural

- **TSE 4363** “Doğal zeminlerin elektrik özgül dirençlerinin sahada tayini – Wenner dört elektrot metodu” (11.12.1984)

-Kapsam : Bu standart, zeminlerin arazide doğal haldeki elektrik özgül direncinin dört elektrot metodu ile ölçülmesini kapsar.

-Türü : Method

- **TS EN 10025** “Sıcak haddelenmiş yapı çelikleri”

- **TS 9234** “Katodik Koruma – Galvanik anotlar

- **NACE RP 0169** “Toprak veya su altındaki metal boru sistemlerinin harici korozyonunun kontrolü”

3. JEOFİZİK ÇALIŞMALAR

Korozyon riski tespit çalışmalarında jeofizik yöntemler, hızlı ve etkili sonuçlar üretmesi sebebiyle uzun yıllardır kullanılmaktadır. Temel amaç, projelendirilecek metal veya metal alaşımı imalatın gömüleceği jeolojik birimin yanal değişimlerinin, öz direnç karakteristiklerinin ve redoks gerilimlerinin belirlenmesidir. Özellikle yanal olarak iletken ortamdaki yalıtkan ortama geçiş olan sınırlarda fazlaca korozyon hadisesi görülmektedir. Jeofizik yöntemlerle bu geçiş zonları net bir şekilde tespit edilebilmektedir. Korozyon riski tespit projelerinde elektrik yöntemler (doğru akım öz direnç (DAÖ), yapay uçlaşma (IP) ve doğal uçlaşma (SP)) kullanılmaktadır (Candansayar ve Demirel, 2015).



Etüdü gerçekleştirecek mühendis tarafından gömülecek metal veya metal alaşımı imalatın türü, boyutları, avan projesi, gerekliyse jeolojik koşullar, çevresel etkiler vb göz önüne alınarak bir saha dizaynı ve ölçü planı yapılacaktır.

Korozyon riski tespit araştırmaları için belli başlı jeofizik yöntemler aşağıda verilmiştir. Hedef derinlikler, olası işletme planları, imalat özellikleri, finansal kısıtlamalar vb göz önüne alınarak bu yöntemlerden bir ya da birkaçı veya harici başka metotlar da kullanılabilir.

3.1. Elektrik Yöntemler

Korozyon araştırmalarında kullanılan temel jeofizik uygulamalar, elektrik yöntemlerdir. Korozyon riski tespit projeleri ile ilgili mühendislik problemlerinin çözümünde, elektrik yöntemler (doğru akım özdirenç (DAÖ), yapay uçlaşma (IP) ve self-potansiyel (doğal uçlaşma (SP)) tüm dünyada etkin bir şekilde kullanılmakta ve doğrudan rol almaktadır.

3.1.1. Doğru Akım Özdirenç (DAÖ) Yöntemi

Bilindiği üzere; yeraltına bir akım kaynağından iki elektrot vasıtasıyla elektrik akımı gönderilirse, elektrik akımı yer içindeki metalik ortamlarda elektronlar, sıvı ortamlarda ise iyonlar ile veya her iki ortamın birlikte olduğu durumlarda elektron ve iyonlarla taşınır. İki akım elektrotu vasıtasıyla gönderilen elektrik akımı ile elektrot açıklığına ve yeraltının akım iletme özelliğine bağlı olarak yeryüzünde ve yeraltında elektrik potansiyel dağılımı oluşur ve bu potansiyel diğer iki elektrot vasıtasıyla ölçülür. Uygulanan elektrik akım miktarı ve ölçülen potansiyel değerleri ile elektrotlar arasındaki ilişki özdirenç değerine dönüştürülür. Uygulanan akımın nüfuz derinliği elektrotlar arasındaki uzaklık arttıkça artar (Keçeli, 2012).

Korozyon riski tespit projelerinde ölçülmesi gereken temel parametre elektrik özdirençtir. Yüzeeye yakın özdirenç yapı araştırmalarında en çok kullanılan jeofizik yöntem Doğru Akım Özdirenç (DAÖ) yöntemidir. DAÖ yöntemi, klasik rezistivite cihazları ile uygulanabileceği gibi; çok kanallı ve çok elektrotlu cihazlar kullanılarak uygulanabilmekte ve çok kısa zamanda veri toplanabilmektedir (Candansayar ve Demirel, 2015). Uygulamalarda doğru ölçü dizaynı parametrelerinin (elektrot aralığı, profil boyu, dizilim türü vb.) seçilmesine dikkat edilmelidir.

Doğru akım özdirenç yöntemi kullanılarak çok elektrotlu ve çok kanallı cihazlar ile ölçüler alınmalı ve verilerin iki boyutlu (2B) veya üç boyutlu (3B) ters çözümü ile yer altı özdirenç modelleri elde edilmelidir. Bu şekilde hat veya hatlar boyunca veri toplanabilmektedir. Birbirine paralel hatlar boyunca toplanan veriler ayrı ayrı 2B özdirenç modelleri olarak görüntülenebileceği gibi, 3B ters



çözüm yapılarak hacim olarak da görüntülenebilmektedir. Bu şekilde; korozyon riskine ilişkin değerlendirmeler, tek nokta üzerinden değil alan veya hacim modelleri üzerinden yapılabilecektir (Candansayar ve Demirel, 2015). Bu tür çalışmalarda farklı elektrot dizilimleri kullanmak ve birleşik ters çözüm yapmak elde edilen özdirenç modelinin doğruluğunu arttıracaktır (Candansayar, 2008).

Kullanılması gereken cihaz ve ölçü alınırken dikkat edilmesi gereken hususlar

Özdirenç ölçü sistemi; akım kaynağı, özdirenç cihazı, kablo ve elektrotlardan oluşur. Akım kaynağının gücü 0.5 – 160 kW arasında değişmektedir. Akım kaynağı olarak sulu / susuz akü veya kuru batarya yeterli olabilmektedir. Bunların yeterli olmadığı durumlarda akım kaynağı olarak benzin veya mazotla çalışan motor ile alternatif akım üreten alternatörlerden oluşan jeneratörler kullanılmaktadır. Jeneratörden üretilen sinüsoidal alternatif elektrik akımı 400 Hz frekansta olmaktadır. Alternatif akım kaynağının 400 Hz frekanslı olması alternatör hacim ve ağırlığını küçültmek ve aynı zamanda cihaz içinde dönüştürülmesi gereken yer içine gönderilecek akım şeklinin düzgün elde edilmesini sağlamak içindir. Özdirenç cihazına güç kaynağından gelen 100 veya 220 voltluk akım bir trafo yardımıyla voltajı 1000 volt civarına yükseltir, dolayısıyla akım değeri küçültülür. Buna neden; yüksek gerilimde akımın yer içinde kolay ve düzgün dağılımının sağlanması ve alçak akım seviyesinde ısı kaybının minimuma indirilmesidir. Kabloların dış kısımları dayanıklı olmalıdır. Elektrot olarak, polarize olmayan içinde bakır sülfat eriyiği olan potlar veya paslanmaz çelikten çubuk elektrotlar kullanılmalıdır. Çubuk elektrot boyları 50-60 cm civarında olmalıdır.

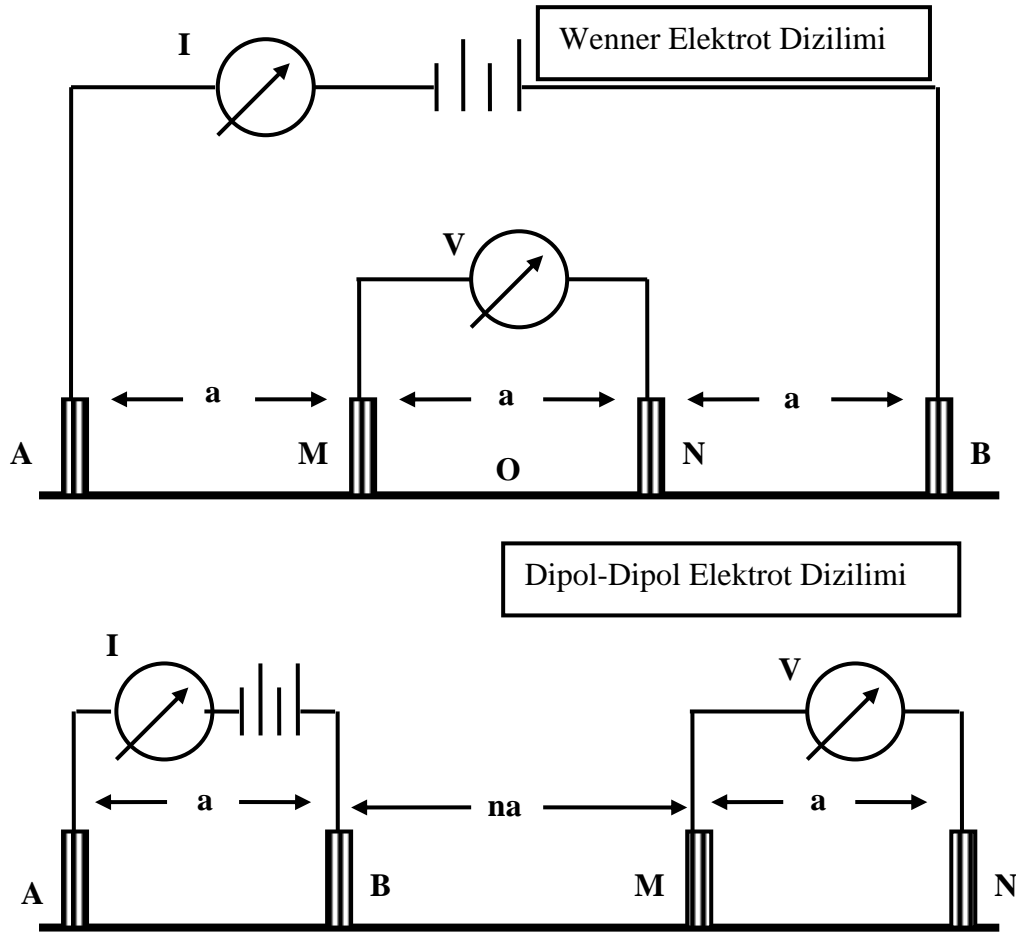
Cihaz gücünün seçimi etüt derinliğine ve jeolojik yapıların özdirençlerine bağlı olarak $güç \geq 0.5$ kW olmalıdır. Yeryüzünde doğal veya yapay olarak bozucu etki yapabilecek ve bastırılması gereken yerde mevcut olan elektrik potansiyellerin olma olasılığı sebebiyle herhangi bir ölçü sisteminde ölçü alınırken uygulanan akım miktarına bağlı olarak ölçülen potansiyel miktarı tercihen 10 milivolttan küçük olmamalıdır (Keçeli, 2012).

Hangi tür elektrot kullanılırsa kullanılsın elektrotlar arasında 2-3 milivolt (mV) gerilim farkı olabilmektedir. Islak ve nemli ortamlarda akım taşıyan elektrotun yüzeyinde elektrodializ olduğundan yüzeyi kirlenen elektrotlar polarizlenerek elektrot direnci yükselir. Bu nedenle, elektrotlar temiz olmalı ve polarize olmayan veya paslanmaz çelik elektrotlar kullanılmalıdır. Cihaz etüt başlangıcında kalibre edilmelidir. Akım ve potansiyel kabloları yapay bozucu etkilerin oluşmaması için birbirinden mümkün olduğunca uzak serilmeli ve birbirine karıştırılmamalıdır. Kablo uzunlukları en büyük elektrot açıklıklarından çok fazla uzun olmamalıdır. Kablo kaçakları olup olmadığı veya cihaz başında iken kabloların uzaktaki görünmeyen elektrotlara bağlı olup olmadıkları bir avometrenin direnç kademesi ile bir ucu toprağa diğer ucu şüpheli kabloya bağlanarak kontrol edilmelidir. Çok kuru satırlarda daha uygun akım miktarı geçirebilmek için elektrot yerleştirilecek noktalarda açılan

çukura su veya tercihen tuzlu su dökülerek kontak direnci düşürülmelidir (Keçeli, 2012). Ölçü profil doğrultusu engebeli bir topografya üzerinde olduğunda, akım hatları tepe bölgelerinde seyrek, vadilerde sıklaşır. Akım hatlarının seyredildiği ortamların özdirenç değerleri göreceli olarak büyür, akım hatlarının sıklaştığı ortamlarda ise özdirenç değerleri göreceli olarak küçülür. Kısacası bu tip durumlarda ölçü hataları ile karşılaşılabilir. Bu nedenle, topografya etkilerini minimuma indirmek için ölçü profil doğrultusu, eğim doğrultusuna paralel olmalıdır (Keçeli, 2012). Kent içi etütlerde ölçü profili ve ölçü kabloları doğrultusu; su şebekesi, elektrik gücü, telefon, demiryolu hatlarına ve metal çitlere dik olacak şekilde dizayn edilmelidir.

Elektrot Dizilimleri

Korozyon riski araştırma etütlerinde kullanılacak elektrot dizilimlerinden iki tanesi (Wenner elektrot dizilimi ve Dipol-Dipol elektrot dizilimi) aşağıda verilmiştir. Proje içeriği, arazi şartları, araştırma derinliği vb birçok nedenle farklı elektrot dizilimlerin de kullanılması mümkündür. Aşağıda örnek elektrot dizilimleri şematik olarak gösterilmiştir (Şekil 7).

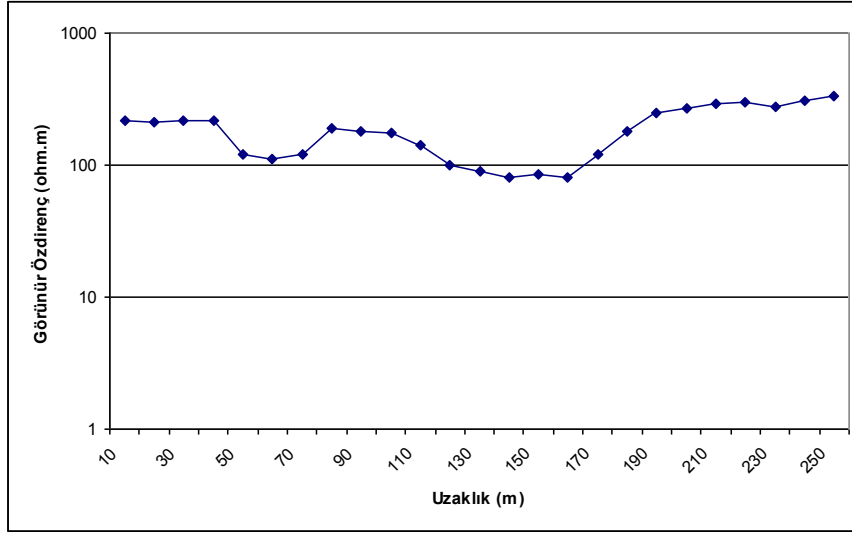


Şekil 7. Örnek elektrot dizilimleri

Çok-elektrotlu cihazlarla ölçü alınması durumunda ilgili ölçü dizaynı ve kullanılacak elektrot dizilimi sorumlu mühendis tarafından kararlaştırılacaktır.

Değerlendirme ve Yorum

Araştırma içerisinde Wenner elektrot dizilimi ile ölçü alındı ise görünür özdirenç değerleri bir hat boyunca çizdirilir (Şekil 8) ve tek nokta üzerinden yorum yapılır.

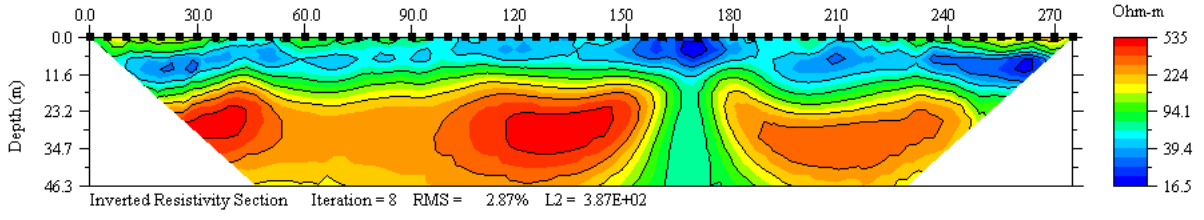


Şekil 8. İmalat hattı boyunca Wenner elektrod dizilimi ile toplanmış görünür özdirençler

Hesaplanan düşük özdirenç (yüksek iletkenlik), yüksek olasılıklı korozyon anlamına gelmektedir. Korozyonun yüksek olduğu lokasyonlarda özdirenç değeri çok düşük olur ve büyük negatif doğal uçlaşma (SP) değerleri ölçülür (Candansayar ve Demirel, 2015).

Bununla birlikte; elektrik özdirenç ölçülerinin, imalat alanı ya da hattı boyunca çok-elektrotlu özdirenç cihazı ile sondaj-profil ölçüsü şeklinde alınması faydalı olacaktır. Araştırma derinliği, imalatın gömüleceği derinliğe göre belirlenmelidir. Örneğin, yanal ayrımlılığı en iyi olan dipol-dipol elektrod dizilimi ile en büyük elektrod aralığı açıklığı (n-seviyesi) araştırma derinliğinin 6 katı olacak şekilde ölçüler dizayn edilmelidir. Ölçülen sondaj-profil verilerinin iki boyutlu ters çözümü yapmalı, sonuçta elde edilen iki boyutlu özdirenç modelleri kullanılarak imalat alanı ya da hattı boyunca düşey ve yanal yönde iletken zonlar görüntülenebilecektir (Şekil 9) (Candansayar ve Demirel, 2015).

JEOFİZİK YÖNTEMLERLE KOROZYON RİSKİ TESPİTİ VE GÖMÜLÜ METAL İMALATLARDA KOROZYONDAN KORUMA
ÖNLEMLERİ NORMU



Şekil 9. 2 B yer altı öz direnç modeli (URL1)

TS 5141 EN 12954'e göre zeminlerin elektrik öz direnci – korozyon özelliği sınıflandırılması çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. TS 5141 EN 12954'e göre görünür öz direnç ile zeminin korozif özelliği arasındaki sınıflama

Zeminin Görünür Öz direnci (Ohm.m)	Zeminin Görünür Öz direnci (Ohm.cm)	Zeminin Korozif Özelliği
<10 ohm.m	<1000 ohm.cm	Yüksek Korozif
10-30 ohm.m	1000-3000 ohm.cm	Korozif
30-100 ohm.m	3000-10000 ohm.cm	Orta Korozif
>100 ohm.m	>10000 ohm.cm	Hafif Korozif

Genel olarak görünür öz direnç (ohm.cm) ile korozif ilişkisi ve malzemenin kaybı (Mpy) ilişkisi çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Görünür öz direnç-korozyon-malzeme kaybı sınıflaması

Görünür Öz direnç (ohm.cm)	Korozyon Sınıfı	Malzeme Kaybı
0-500	Çok Korozif	30 Mpy Korozyon
500 -1000	Yüksek Korozif	20 Mpy Korozyon
1000 -2000	Korozif	10 Mpy Korozyon
2000 -5000	Normal Korozif	7 Mpy Korozif
5000 -10000	Alçak Korozif	4 Mpy Korozyon
10000 <	Önemsiz Korozif	1 Mpy Korozyon

3.2. Self-Potansiyel (Doğal Uçlaşma - SP) Yöntemi

Self-potansiyel yöntemi (SP), yer içine herhangi bir elektrik akımı uygulamadan yer içinin elektrokimyasal ve fizikokimyasal özelliklerinden doğal olarak oluşan elektrik potansiyelinin ölçülmesiyle yer altı özelliklerini saptamaya çalışan bir jeofizik yöntemdir. Yerin sığ derinliklerindeki farklı özelliklerinden dolayı doğal olarak kendiliğinden oluşan çeşitli elektrik gerilimler bulunmaktadır (Keçeli, 2012). Bunlar;

- Gözenekli kayaç içinde gözeneklerin dar ve kılcak geçitleri veya bağlantılarındaki yer altı suyu akış hareketi kapiler boruda olduğu gibi geçit uçlarında kutuplaşma meydana getiren **“elektrokinetik potansiyel”**.
- Tatlı su – tuzlu su girişimlerinde ve yer altı kirlenmelerinde iyon konsantrasyonu farklı ortamlar arasında veya farklı iyon konsantrasyonlu ortamlar arasında iyon nüfuzu ile meydana gelen potansiyel olan **“difüzyon potansiyeli”**.
- Yer içinde farklı iyon ve farklı iyon konsantrasyon ortamları arasında iletken bir bağlantı olduğunda elektrokimyasal veya konsantrasyon elektromotor kuvvetinin meydana gelmesiyle oluşan doğal gerilim farkı olan **“nernst potansiyeli”**. Bu özellikten yararlanarak yer altı suyu kirlilik bölgeleri ve tatlı su – tuzlu su geçiş sınırları saptanabilmektedir. Bu tür ortamlarda ± 400 milivolt ve civarında doğal gerilim değerleri ölçülebilmektedir.
- Mineralizasyon potansiyeli bölgelerinin meydana getirdiği kutuplaşmanın oluşturduğu doğal gerilim olan **“mineralizasyon potansiyeli”**. Bu tür ortamlarda, ortam doğal pil gibi davranış göstermekte ve -1.5 volt değerine kadar doğal gerilim ölçülebilmektedir.

Endüstriyel akım kaçakları ve yerkürenin kendisinin oluşturduğu tellürik akımlar da doğal potansiyel meydana getirebilmekte ve SP uygulamasında bozucu etki veya gürültü olarak adlandırılırlar. İstenmeyen bozucu etkiler, küçük değerler de olsa dahi, ölçü sahasının dışında alınacak ölçü değerinin etüt sahasındaki değerlerden düşülmesi gerekmektedir (Keçeli, 2012).

Self-potansiyel (doğal uçlaşma) yöntemi, korozyon riski tespit çalışmalarında kullanılan bir diğer jeofizik uygulamadır. SP yönteminde korozyon olan bölgelerde düşük doğal uçlaşma değerleri ölçülür. Doğru akım özdirenç uygulaması ile birlikte değerlendirildiğinde daha etkili sonuçlar elde edilebilecektir.

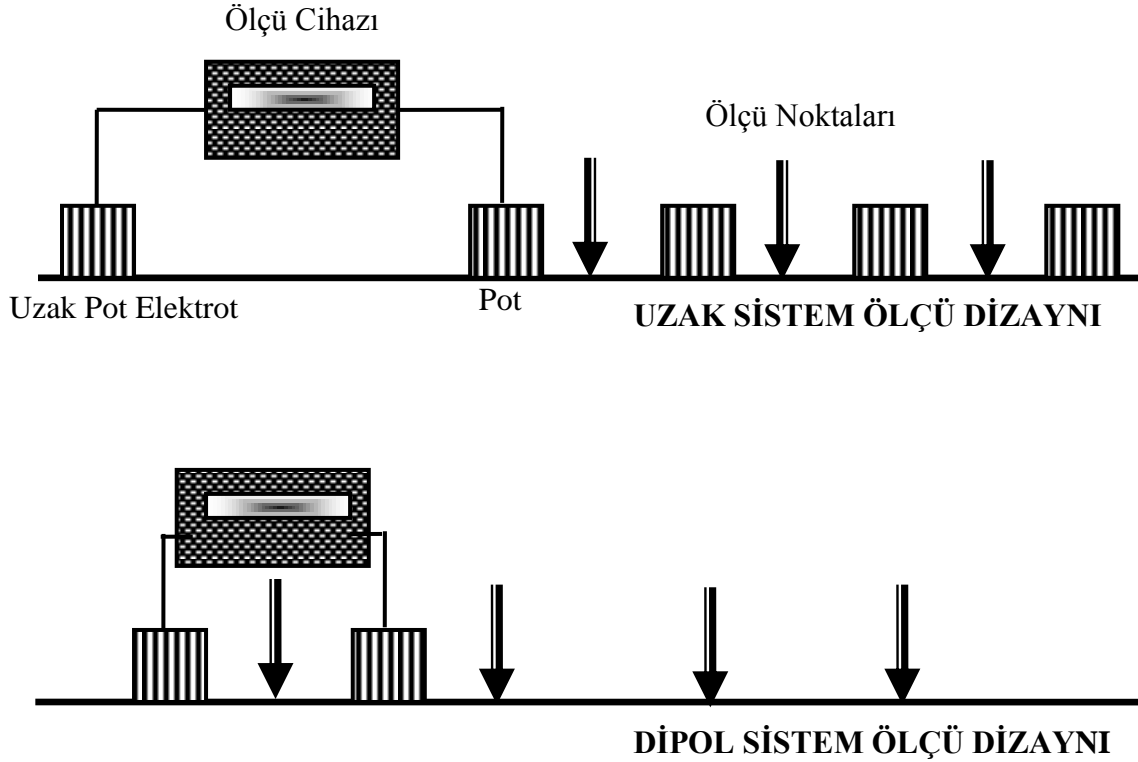


Kullanılması gereken cihaz ve polarize olmayan elektrotlar

Self-potansiyel (SP) ölçümlerinde; mikrovolt mertebesinde ölçü alabilen ve giriş empedansı 10^8 ohm olan bir doğru akım voltmetresi, doğal potansiyel ölçü cihazı olarak kullanılabilir. Ölçülecek doğal potansiyel değerleri milivolt mertebelerinde olduğundan yer ile devreyi tamamlayacak olan iki elektrotun kutuplaşmaması şarttır. Yerle temas eden bir elektrot ile yer arasında kutuplaşma, yani yapay gerilim meydana gelmemesi esastır. Bu nedenle; doğal potansiyel ölçülerinde polarize olmayan elektrotlar kullanılmalıdır. “Pot” olarak adlandırılan polarize olmayan elektrot, içerisinde bakır sülfat çözeltisi bulunan, tabanı gözenekli porselen iki fincan, bundan başka paslanmaz tam çelik veya grafit iki çubuklar kullanılmaktadır. İki elektrot arasında 2 mV civarında olabilecek farkın dengelenmesi gerekmektedir. Buna rağmen, ne tür elektrot kullanılırsa kullanılsın homojen ortama batırılan iki elektrot arasında potansiyel farkı saptanıp etüt sahası değerlerinden düşülmesi gerekmektedir (Keçeli, 2012).

Ölçü Dizaynı

Saha incelemesi ölçülerinde iki profil arasındaki açıklık 3 ile 30 metre arasında değişebilir. Ölçü dizaynı aşağıdaki gibi iki şekilde yapılabilir (Şekil 10).

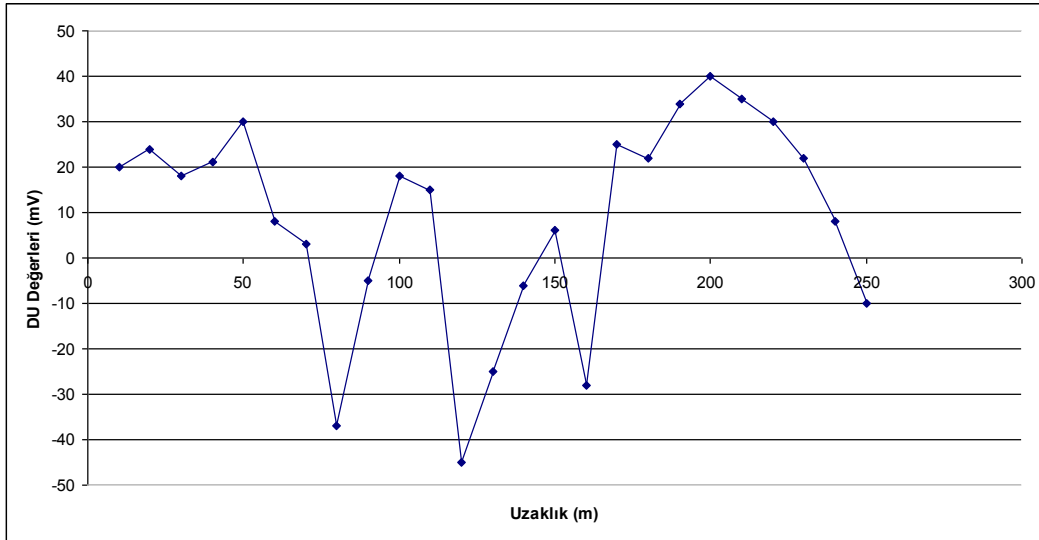


Şekil 10. Self potansiyel yönteminde ölçü dizaynları

Birincisinde elektrotlardan biri baz noktasında sabit, diğeri bir profil üzerinde çeşitli noktalara yerleştirilir. Bu dizayna “*Uzak Sistem*” de denilir. İkincisinde ise iki elektrot arası sabit tutularak bir profil üzerinde kaydırılır. Bu dizayn ise “*Dipol Sistem*” olarak adlandırılır. Uzak sistemin avantajı, uzun bir profil boyunca aynı baz noktasına göre ölçüsü alınabildiğinden ölçülen potansiyel değerlerindeki hata oranı sıfır mertebesinde dir. Sabit elektrot aralığındaki sistemde ise iki elektrot birlikte kaydırma veya kaydırma esnasında gerideki elektrot öne geçecek şekilde kaydırılır. Atlamalı kaydırmada kümülatif hata azalır. Ölçülen potansiyel (V), dV/dS gradiyent değeri olarak iki elektrot ortasına yerleştirilir (Keçeli, 2012).

Değerlendirme ve Yorum

Korozyon riskinin yüksek olduğu lokasyonlarda büyük negatif doğal uçlaşma değerleri ölçülür (Şekil 11) (Candansayar ve Demirel, 2015).



Şekil 11. Self-potansiyel (doğal uçlaşma) verisi

Kullanılabilecek bir diğ er jeofizik parametre “yer redoks gerilimidir”. Yer in korozif özelliğ i hakkında bilgi edinmek için proje sahasında gerekli görülen lokasyonlarda redoks gerilim değ eri ölçülebilir. Redoks gerilimi, direkt olarak doğ al uçlaşma verilerinden elde edilmektedir. Doğ al uçlaşma yöntemi ile ölçülen gerilim farkları ve redoks geriliminin doğ al iliş kisi birçok araşt ırmacı tarafından verilmiştir. Bir redoks reaksiyonunda bir atom veya iyonun oksidasyon derecesi (elektrik yükü) elektron transferi sonucu değ iş ir.

Klasik olarak yer redoks potansiyelini ölçmek için platin elektrot kullanılmalıdır. Platin elektrot yer içerisine batırıldıktan sonra herhangi bir referans elektrot ile arasındaki potansiyel farkı ölçülmelidir. Redoks gerilimi bağıntı (1) ile hesaplanabilir.

$$E_{red}=E_p+E_{ref}+60 (pH-7) \quad (1)$$

E_{red} : Yer redoks potansiyeli (mV)

E_p : Platin elektrot ile referans elektrot arasındaki ölçülen potansiyel (mV)

E_{ref} : Kullanılan referans elektrodun hidrojen elektrotuna göre potansiyeli (Cu/CuSO₄ için 316 mV)

pH : Yerin pH değeri (doğal zeminlerde pH genellikle 4 - 9 arasındadır. Yerin pH'ı arazi tipi pH-metrelerle yerinde ölçülmelidir)

- Yer asitlik derecesi
- pH<5 asidik zemin, korozyon hızı yüksek
- pH>8 alkali zemin (kalkerli zemin)

Yer redoks gerilimi ile zeminin korozif özelliği arasındaki sınıflama çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Yer redoks gerilimi-korozyon ilişkisi

Yer Redoks Gerilimi (mV)	Korozif Özellik
100 >	Çok Korozif
100-200	Korozif
200-400	Orta Korozif
>400	Az Korozif

4. Özdirenç Değerlerine Göre Katodik Koruma Biçiminin Belirlenmesi

Korozyon riski tespit çalışmalarında imalat yapılacak alanın/hattın çevresinin özelliklerini de belirlemek önemlidir. Özellikle katodik koruma çalışmalarında bu önem daha da artmaktadır. Katodik korumalarda çevre zemin özellikleri bilinmeli ve uygun anot seçimi yapılmalıdır (Candansayar ve Demirel, 2015).

Yüksek özdirençli zeminlerde gerekli en düşük gerilim farkı kolaylıkla sağlanamazken, düşük özdirençli zeminlerde aynı en düşük gerilim kolaylıkla sağlanabilmektedir. Örneğin, yer özdirençinin 2500 ohm.m'den büyük olduğu durumlarda Mg (anot)-metal imalat arasında gerekli gerilim farkı



oluşması zordur. Bu durumlarda galvanik katodik koruma yerine dış kaynaklı katodik koruma tercih edilebilir ve anot olarak grafit kullanılabilir (Spencer, 1952).

Yeraltı boru hatlarının katodik korumasında öncelikle dış akım kaynaklı veya galvanik anotlu katodik koruma sistemlerinden hangisinin seçileceğine karar verilir. Bu seçimde katodik koruma akım ihtiyacı ile zemin rezistivitesi değerleri göz önüne alınır. Galvanik anotlu korumanın seçilmesi halinde magnezyum ve çinkodan hangisinin daha uygun olacağı aşağıdaki kriterler göz önüne alınarak belirlenir (zemin içinde alüminyum anotların kullanılması uygun değildir).

Yüksek özdirençli zeminler ve tatlı sular içinde magnezyum anotlar, özellikle HP magnezyum anotlar tercih edilmelidir. Özdirenci 3000 ohm.cm'den daha yüksek olan ortamlarda çinko anotların, 5000 ohm.cm'den daha yüksek olan ortamlarda da magnezyum anotların kullanılması halinde anot akım çıkışında ve buna bağlı olarak anot akım veriminde önemli derecede azalmalar olur.

Magnezyum anotlara göre çinko anotların akım verimleri yüksek ve maliyetleri de daha düşüktür. Ancak çinko anotların potansiyeli düşük olduğundan, bu anotlar yalnız düşük özdirençli zeminler ve tuzlu sular içinde kullanılabilirler. 3000 ohm.cm'den daha düşük özdirençli ortamlar içinde her iki anot cinsi de kullanılabilir. Aynı koşullarda magnezyum anotlardan çekilebilen akım, çinko anotlara göre daha fazladır. Çinko anotlarla katodik korumada, korunan yapının potansiyelini çok fazla yükseltmek mümkün değildir. Sistem potansiyeli en çok - 1.0 volt'a kadar artırılabilir. Bu değere erişilince anottan çekilen akım şiddeti kendiliğinden azalır. Bu nedenle, çinko anotlar ile hiç bir zaman aşırı koruma söz konusu olmamaktadır. Magnezyum anotlar boru/zemin potansiyelini gereğinden daha yüksek değerlere ulaştırdığından, birçok halde gereksiz yere fazla akım çekilerek akım israfı yapılmış olmaktadır.

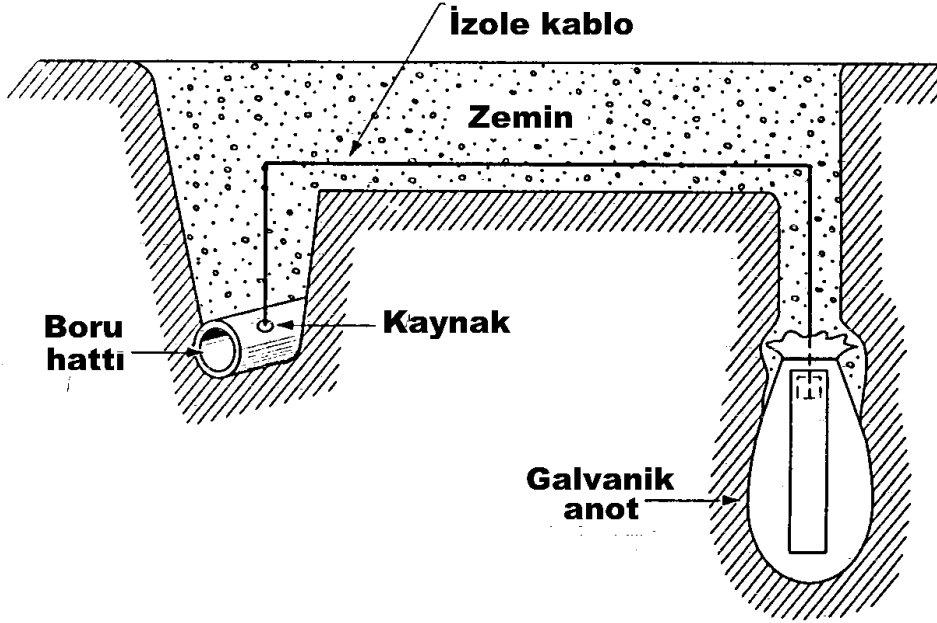
Aynı büyüklükteki çinko anotların ömrü, magnezyum anotlara göre daha fazladır. Bu nedenle katodik koruma ömrü uzun olduğu zaman çinko anotlar, kısa olduğu zaman magnezyum anotlar daha ekonomiktir. Galvanik anotlardan çekilen akım şiddeti, anot - katot arasındaki potansiyel farkı ile anot direncine bağlıdır. Dolayısıyla anot direnci ne kadar azaltılabilirse, anottan çekilen akım şiddeti de o oranda artar. Böyle olunca anot yüzey alanı artırılarak örneğin bir anot yerine eşit kütlede küçük boyutlu iki anot kullanılarak, anot akım çıkışı artırılabilir. Özellikle yüksek özdirençli zeminler içinde küçük boyutlu çok sayıda anot kullanılması daha uygundur.

Katodik koruma uygulamalarında kullanılacak anodun cinsinin, boyutunun ve şeklinin belirlenmesi için zemin özelliklerini belirlemek oldukça önemlidir. Galvanik anot yöntemi ve dış akım kaynaklı katodik koruma yöntemleri, ilerleyen bölümde açıklanmıştır.



4.1. Galvanik Anot Yöntemi

Korozyona uğramakta olan bir metal imalata kendinden daha aktif bir metal (galvanik anot) bağlanacak olursa, bu durumda katot reaksiyonu için gerekli olan elektronlar galvanik anodun çözünmesi ile karşılanır. Korunmakta olan metal yüzeyindeki bütün anodik reaksiyonlar tam olarak durur. Galvanik anotlu katodik koruma, bu temel ilkeye dayanır. Yeraltında bulunan bir metal yapının galvanik anotlarla katodik olarak korunması Şekil 12’ de şematik olarak görülmektedir.



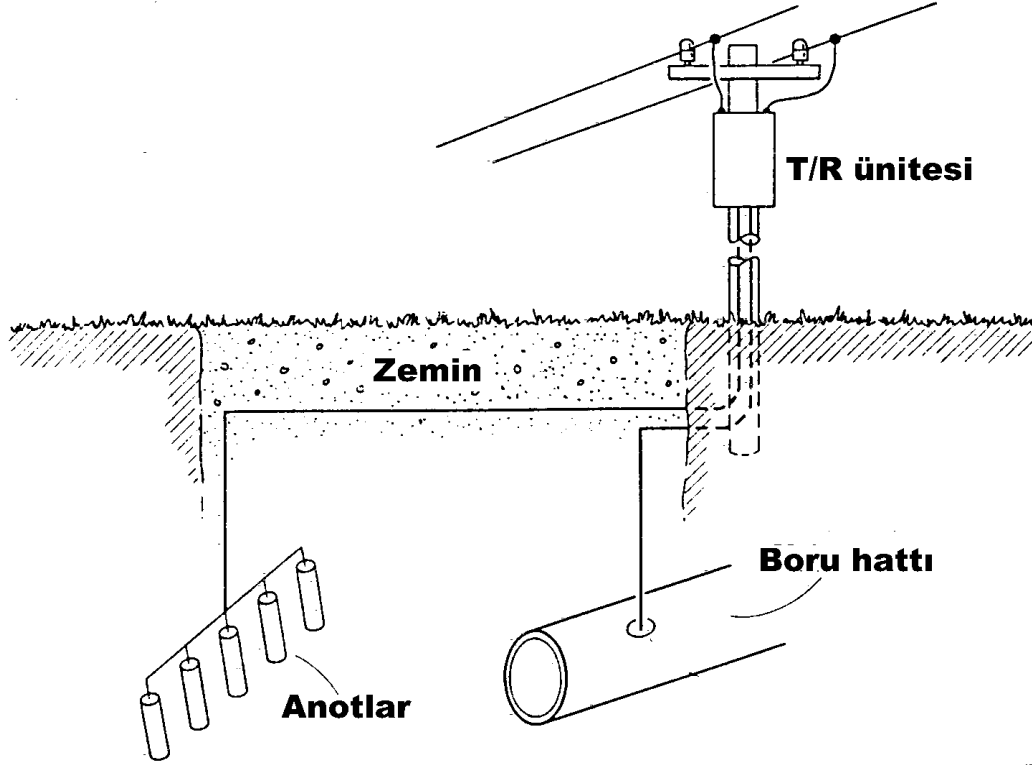
Şekil 12. Galvanik anotla katodik koruma (URL2)

4.2. Dış Akım Kaynaklı Katodik Koruma

Bu yöntem, galvanik anot yöntemine göre daha büyük metal yapıların korunmasında kısacası anot ve katot arasında gerçekleşecek olan akım gereksiniminin daha fazla olacağı yerlerde tercih edilir (Candansayar ve Demirel, 2015). Dış akım kaynaklı katodik koruma metale dıştan bir doğru akım uygulanarak yapılır. Bir transformatör redresör (T/R) ünitesinden elde edilen doğru akımın (-) ucu korunacak olan metale, (+) ucu da bir yardımcı anoda bağlanır (Şekil 13).

Uygulanacak olan katodik koruma akımının şiddeti, korunacak metalin yüzey alanına, kaplamasının izolasyon direncine ve metalin içinde bulunduğu ortamın koroziflik derecesine bağlıdır. Transformatör-redresör ünitesinin doğru akım çıkış voltajı ise, katodik koruma devresinin toplam

direncine ve büyük ölçüde anot yatağının direncine bağlı olarak ve sisteme verilmesi gereken akımı sağlayacak büyüklükte seçilir.



Şekil 13. Dış akım kaynaklı katodik koruma (URL2)

5. Ölçü Hatlarının/Noktalarının Dizaynı

Ölçü dizaynı; imalatın türü, geometrisi, yerleşim alanı, kazı derinliği vb kriterler göz önüne alınarak ilgili mühendis tarafından yapılmalıdır.

Metal veya metal alaşımı, gömülü olarak inşa edilecek imalatlar genel anlamda; içmesuyu, doğalgaz, petrol boru hatları, enerji nakil ve telekomünikasyon hatları ile yeraltı LPG ve akaryakıt tankları, atıksu depoları, su depolama tankları vb olarak ifade edilebilir.

Eğer imalat çizgisel bir mühendislik yapısı (boru hattı vb) ise ölçü hatları, hat doğrultusunda boru route'una paralel; eğer imalat alansal olarak yerleşecekse (LPG/akaryakıt tankı, su deposu vb) hatlar birbirine paralel ya da kesen şekilde planlanmalıdır.

6. İmalatı Korozyondan Koruma Yöntemleri

Korozyon riski olan bir sahada benzer yeterlilikte daha ekonomik ve işletilebilir korozyondan koruma yöntemleri olduğundan, katodik koruma yerine bu yöntemler tercih edilebilir. Şebekelerin çok sayıda vana, yangın hidrantı vb. armatürler ile ek parça ve servis bağlantısı içermesi dikkate alınarak borulu dağıtım sistemlerinde katodik koruma kullanımı tercih edilmeyebilir.

Gömülü boru hatlarında sıklıkla kullanılan metal veya metal alaşımı iki tip boru mevcuttur: Düktil demir boru ve çelik boru. Düktil demir borular, santrifüj döküm tekniği ile üretilmiş dökme demir borulardır. Bu döküm tekniğiyle üretilen borular normal dökme demir boruların korozyona dayanım, aşınma direnci, işlenebilirlik ve yorulma mukavemeti gibi üstün özelliklerine çekme dayanımı, darbe direnci ve uzama kabiliyetlerini de eklemektedir. Düktil demir borular, ısıtılardan sonra çinko kaplama yapılarak teste tabi tutulmakta, beton kaplama ve kurutma işlemlerinden sonra bitümlerle kaplanarak kullanıma hazır hale gelmektedir ve ekonomik ömrü 50 -60 yıl olarak alınmaktadır (Şekil 14(a)).



Şekil 14 (a) Düktil demir boru (b) Çelik boru

Çekme dayanımı çok yüksek olan çelik boruların da birçok kullanım alanı mevcuttur (Şekil 14(b)). Bunlardan bazıları; su dağıtım şebekeleri, isale hatları, ana dağıtım hatları, cebri borular, su kemerleri, tasfiye tesisi boru donanımları, üst geçişler, su altı geçişleridir. Çelik boruların en önemli dezavantajı, korozyona karşı isale hatlarında katodik koruma ve borulara iç ve dıştan kaplama yapılması gerekliliğidir.

Yalıtımlı Bağlantılarla Koruma Değerlendirilmesi

Yalıtımlı bağlantılar; düktil demir borulu şebeke sistemlerinde, düktil demir boru hattının katodik korumalı veya bir elektriksel topraklama sisteminin parçası olan diğer boru hatları ve yapılardan elektriksel olarak ayrılması için kullanılırlar.

Hendek İyileştirmeleriyle Koruma Değerlendirilmesi

Korozif etkisi yüksek zeminlerdeki şebeke hatlarının etrafının kumla, kireçtaşı perdelemesiyle, kalsiyum ve magnezyumlu taşlarla, kum ve % 10'luk çimentoyla yatakladığı ve dolguladığı çalışmaların korozyonu önlediği gözlenmektedir. Proje süresi açısından bakıldığında uzun dönemde dolgu ve yataklamalı korumanın yetersiz kalabileceği de göz önünde tutulmalıdır. Yeraltı suyunun etkisinden korumak ve korozyonu önlemek için yataklama ve gömlekleme iyi yapılmalıdır (kum-çakıl, kırmataşla). Kazı ve dolgu yüksekliği, yüzey oksijeni ve nemden korunacak şekilde planlanmalıdır.

Kurban Metal İle Koruma Değerlendirilmesi

Boru kalınlığının arttırılarak metalin bir kısmının korozyona kurban edilmesi yoluyla gerçekleştirilen bir korunma yöntemidir. korozyonun boruya düzgün dağılmış bir şekilde etkilemesinin garanti olmaması nedeniyle bu yöntem ekonomik ve garantili olmayabilir.

Polietilen Kılıf İle Koruma Değerlendirilmesi

Polietilen kılıf ile korozyondan koruma yöntemi, düktil demir boruların korozif ortamda ekonomik ve etkili bir şekilde korunmasını sağlayan pasif bir koruma yöntemidir. Şöyle ki polietilen kılıf ;

- Boru için düzgün dağılmış bir çevre oluşturup yerel galvanik korozyon hücrelerinin oluşumunu engeller.
- Serseri doğru akımların özümsemesine direnç göstererek iyi bir elektriksel koruma sağlar.
- Boru üzerine saha montajı sırasında uygulandığından, fabrikalarda uygulanan kaplamalara göre hasar görme ihtimali daha azdır.
- PE malzemesindeki ufak gözenekler ve hafif hasarlar koruyucu özelliği yok etmez; ancak polietilen üzerindeki kesikler, yırtıklar, patlaklar veya önemli sayılabilecek diğer hasarlar tamir edilmelidir.
- Malzemenin ve uygulamanın masrafları çok düşüktür ve sonrasında bakım masrafı yoktur.

Bu kısımda sunulan katodik koruma harici korozyon önleme metotları sadece bir kısmını içermektedir. Bunların haricinde inşa projelerinde; proje gereksinimleri, çevresel koşullar, finansal kısıtlar vb faktörler göz önüne alınarak birçok metot kullanılmaktadır.

Metal veya metal alaşımı malzemelerden yapılmış imalatlara bazı örnekler şekil 15'de verilmiştir. Bunun harici metal veya metal alaşımı malzemedan imal edilmiş ve toprağa gömülü inşa edilen çok çeşitli endüstriyel imalat ve yan bağlantıları mevcuttur.





Şekil 15. (a) Gömülü tank (b) su tankı (c) ve (d) yakıt depolama tankları

7. Korozyon Riskine İlişkin Değerlendirmeler, Sonuçlar ve Rapor Hazırlanması

Jeofizik çalışmalar neticesinde;

- Hesaplanan görünür özdirenç değerleri, arazi ölçü hatlarının dizaynına göre modellenerek korozyon riski için bir özdirenç modeli ortaya konulmalıdır.
- Eğer ölçü hatları alansal olarak dağılmışsa proje kapsamında belirlenen derinlikler için eş-özdirenç kontur haritaları hazırlanmalıdır.
- Hesaplanan özdirenç değerleri kullanılarak TS 5141 EN 12954'e göre veyahut proje kapsamında öngörülen başka bir uluslararası standartta (ASTM, BS vb) göre korozyon sınıflaması yapılmalıdır. Eğer tek nokta ölçümler yapıldıysa veri sunumu aşağıdaki çizelgede verildiği gibi yapılabilir. Ayrıca, mesafe-özdirenç grafiği ile de sonuçlar görsel hale getirilebilir.

NOKTA NO	ÖLÇÜM YAPILAN LOKASYON	DERİNLİK (m)	ÖZDİRENÇ (ohm x cm)	KOROZYON SINIFI

Eğer 2B veya 3B modelleme yapılarak özdirenç kesitleri hazırlandıysa; kesitler üzerinde varsa iletken zonlar işaretlenmeli, ayrıca bir çizelgeyle sonuçlar ifade edilmelidir.

- Proje kapsamında self-potansiyel (SP) uygulaması yapıldıysa, ölçülen doğal uçlaşma değerleri bir grafikte görsel hale getirilmeli ve varsa büyük negatif DU verilerine göre korozyon riski değerlendirilmesi yapılmalıdır.
- Katodik koruma yapılması planlanıyorsa, özdirenç verilerine göre katodik koruma tipi ve anot tipi önerisi getirilecektir.
- Jeofizik verilere ve eğer varsa diğer ölçülen fiziksel niceliklere (pH, redoks potansiyeli vb) göre, eğer korozyon riski mevcutsa metal ya da metal alaşımı imalatın korunmasına yönelik diğer disiplinlerin de görüşleri alınarak öneriler getirilmelidir.

Etütler sonucunda “Korozyon Riski Etüt Raporu” hazırlanacaktır. Jeofizik çalışmanın amacı, hangi yöntem ve cihaz ile yapıldığı açıklanacak, ölçüm noktaları haritasına işlenecektir. Ayrıca, hazırlanacak tablo, grafikler ve kesitleri bölüm içinde ek olarak verilecektir. Gerekirse şartların dışında eksik ve yeterli olmayan konularda açıklamalar ve önerilerde bulunacaktır.

6235 sayılı Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği Kanunu ve 4958 sayılı Mühendislik ve Mimarlık Hakkında Kanun ve ilgili diğer mevzuat hükümlerince “korozyon riski etüt raporunu” hazırlayan mühendisin mesleki faaliyetini sürdürdüğünü gösteren jeofizik mühendislik hizmetleriyle ilgili meslek odasından, bulunduğu yılda alınmış tescil belgesinin olması zorunludur. Ayrıca aynı mevzuatlar gereğince; üretilen mühendislik ürününü Oda kayıt siciline işletilmesi ve mesleki denetimden geçirilmesi amacıyla ilgili odasından ürettiği mühendislik ürününe ait “Sicil Durum Belgesi” alınması gerekmektedir.



YARARLANILAN KAYNAKLAR

- Candansayar M. E. ve Demirel C., 2015. Boru hatları ve korozyon etütlerinde jeofizik çalışmalar. Prof. Dr. Ali Keçeli Jeofizik-Jeoteknik Çalıştayı Bildiriler Kitabı, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası yayını.

- Keçeli, A. 2012. Uygulamalı Jeofizik, TMMOB Jeofizik Mühendisleri Odası Eğitim Yayınlar No:12.

- Candansayar M. E., 2008. Two-dimensional individual and joint inversion of three-and four-electrode array dc resistivity data. Journal of Geophysics and Engineering, 5:290-300.

-Spencer K. A., Cathodic Protection, Iron and steel institute special report no.45 London, 75.

www.agiusa.com URL-1

<http://w3.gazi.edu.tr/~balbasi/BOLUM-7.pdf> URL-2

www.asianpetroleum.com

www.undergroundsolutions.com

www.commtank.com

www.raychemrpg.com

www.ducorr.com

