

## 5.1 YERİNDE (IN SITU) BİYOLOJİK İYİLEŞTİRME:

### GİRİŞ

En uygun özel koşullar altında fakat zayıf olarak yürüyen bir proje yerinde (in situ) biyolojik iyileştirme için uygun olmayabilir. Az miktarda kişi yerinde biyolojik iyileştirmenin gerçekten yeni bir teknoloji olmadığı görüşündedir. İlk yerinde biyolojik iyileştirme sistemi 20 yıl önce Pensilvanya'da yağ boru hattı akıntılarının temizlenmesi için tesis edilmiştir. Ve o günden sonra biyolojik iyileştirme kolaylıkla parçalanmış petrol ürünlerinin temizlenmesinde kullanılabilir olarak hızlı bir şekilde gelişme göstermiştir.

Yerinde iyileştirme yöntemlerinden toprak buhar ekstraksiyonu (SVE veya toprak havalandırması-soil venting) uçucu bileşiklerin baskın olduğu durumlarda, biyolojik havalandırma (bioventing) ise yarı uçucu ve uçucu olmayan bileşiklerin baskın olduğu ortamlarda kullanılır. Dışardan (ex situ) iyileştirme yöntemleri ise arazi uygulamaları, kompostlama, çamur faz biyoreaktörlerini (slurry phase bioreactors) içerir. Hem in situ hem de ex situ uygulamaları biyolojik ve biyolojik olmayan proses ve uygulamaların karışımını kapsar. İn situ toprak biyolojik iyileştirme yöntemi kirlenmiş materyale oksijen ve nispeten besin madde ilavesini gerektirir. Bazı durumlarda yerli (indigenous) mikrobiyal popülasyonun toprakta mevcut türleri kirlenmeyi gidermeye yeterli miktarda olmayabilir ve mikrobiyal kültür aşılmasına ihtiyaç duyulabilir. Hatta çok fazla gözenek hacmine sahip topraklar katı ve sıvıların taşınımında nispeten daha sınırlayıcıdır. Bu sebepten dolayı besin maddesi ve mikroorganizma ilavesi zordur. Kirlenmelerin uçucu özellikte olması durumunda toprak havalandırması veya ex situ gaz uygulamaları yapılabilir.

Yerinde biyolojik iyileştirme:

Toprakların yerinde biyolojik iyileştirme yöntemleri bileşiğin türüne göre 2 çeşittir.

1. Toprak buhar ekstraksiyon yöntemi (Toprak havalandırması)
2. Biyolojik havalandırma (bioventing).

**1. Toprak buhar ekstraksiyon yöntemi (SVE-soil vapor extraction)** uçucu bileşiklerin (VOCs) iyileştirilmesinde kullanılır. Bu yöntemde toprağı havalandırmak amacıyla kuyular açılır ve negatif basınç uygulanır. Hava kirlenmiş toprak zonuna doğru hareket eder ve off gas uygulaması yapılır. SVE sistemleri sığdır, açılan ekstraksiyon kuyularının derinliği 5-10 metre arasındadır. Toprağı 0,1-0,2 atm. basınç uygulanır. Ekstraksiyon akış oranı 1-6 m<sup>3</sup>/dakikadır. Ekstraksiyon kuyularından yüksek basınçta hava verilmesi kirlenmiş konsantrasyonunda hızlı bir azalmaya yol açar. Kirlenmenin toprak katmanında hangi fazda (katı, sıvı, gaz) bulunduğu önemlidir. Toprak gazı çoğunlukla ekstraksiyon kuyuları yoluyla çıkarılmaktadır. Belirli bir

toprak profilinde topraktan gaz ekstraksiyon oranı kirleticilerin doygun olmayan sıvı fazda, doygun sıvı fazda ve toprak gaz fazları arasında nasıl dağılım gösterdiğine bağlıdır.

SVE sistemi uygulanırken bilinmesi gerekenler:

1. kirleticinin doğası ve hedef bileşiklerin saptanması,
2. toprak partikülleri tarafından tutulan VOC miktarının saptanması,
3. çözülmüş VOC miktarının saptanması,
4. buhar fazındaki VOC miktarının saptanması,
5. kuyu akış karakteristiklerinin ve uygun ekstraksiyon oranlarının belirlenmesi için pilot çalışması (ön deneme) yapılması,
6. pilot çalışmaya uygun SVE sisteminin araziye kurulması.

Geçmişte toprak havalandırma işlemi fiziksel uygulama prosesi olarak yapılırdı, burada temel konu mümkün olduğu kadar çok uçucu kirleticiyi yakalamaktı.

#### **SVENin avantaj ve dezavantajları:**

SVE uçucu bileşiklerin birincil derecede kirletici olduğu durumlarda çok iyi sonuç vermektedir. Toprak boyunca havanın ilerleyişi geniş viskozite ve difüzyon farkından dolayı sudan daha kolaydır. Bundan dolayı da çok sıkı topraklara bile SVE uygulanabilir. SVE ile ekstrakte edilen gazlar atmosfere verilmediğinden bazı gaz uygulama sistemlerine tabi tutulurlar. Biyolojik olarak parçalanabilen H<sub>2</sub>S, NH<sub>3</sub>, petrol, metilen klorid, VOC gibi bileşiklerin gazları biyofiltrelerle giderilebilirler. TCE, TCA gibi daha zor parçalanabilen bileşikler içinse granüler aktif karbon yöntemi (GAC) kullanılır. GAC yöntemi, yüksek yüzey aktivitesi ve poroziteye sahip aktif karbon materyali kullanılarak kirleticileri tutmak.

Toprak neminin buhar ekstraksiyonu üzerine bir etkisi vardır. Kuru topraklar uçucu hidrokarbonları kuvvetle tutarlar. Böylece topraktaki su buharının buharlaşma oranı önemli düzeyde artma eğilimi gösterir (Chiou ve Shoap, 1985). Ancak yüksek düzeyde nem kapsayan topraklar iyi havalandırılmayabilir (Simms ve Bass, 1984). Zira azalan toprak gözenekleri buhar akış yollarını kısıtlayacaktır.

Gaz akış oranının sulu fazlardan daha fazla olması nedeniyle toprak havalandırılması uçucu kirleticilerin gideriminin de büyük bir potansiyele sahiptir. Toprak havalandırılması benzinde bulunan birçok bileşik gibi yüksek uçucu kirleticilerin giderilmesinde iyi çalışmaktadır ve aynı zamanda ekonomiktir. Gaz veya atık su arıtımı gereksinmeyen geniş alanlar için her bir ton toprak başına en düşük 10 \$ ve ortalama 50 \$'dır. Ancak buharlı bileşiklerin yüzey arıtımı pahalı da olabilir. Örneğin; ekstrakte edilen buharların aktif karbonla tutulması fiyatı iki katına

katlar ve kirleticiler parçalanamayıp etken kalabilmektedir (Hinchee ve arkadaşları,1987). Bu nedenle daha ekonomik bir metot olarak buhar fazındaki biyoreaktörlerle bir biyolojik ayrışmanın oluşturulması olasıdır.

## **2. Biyolojik havalandırma (bioventing):**

Biyolojik havalandırma (bioventing) toprakta yarı uçucu ve uçucu olmayan bileşikler için uygun olan in situ uygulama tipidir. Topraklarda aerob biyolojik ayrışmayı geliştirmek üzere toprak havalandırılması yapılmasına biyolojik havalandırma (bioventing) denir.

Biyolojik havalandırmada (BV) bölgenin karakteristik özellikleri önemlidir. BV genelde küçük ve sığ alanlarda uygulanır. Havalandırma kuyuları, izleme kuyuları (monitoring well), kirleticilerin yeraltı suyuna veya diğer toprak katmanlarına geçişini engelleyici bariyerlerden oluşur. Hava (yada oksijen) kirlenmiş zon boyunca aşağıya doğru yol alır ve besin maddesi de infiltrasyon veya enjeksiyon yoluyla ilave edilir. Sistem dizayn edilirken birinci faktör, kirlenmiş bölgeye oksijen, nem ve besin madde sağlanıyor olmasıdır. Yüzey toprağının yetersiz besin madde içeriği, düşük nem kapasitesi ve havanın topraktaki hareketinin sınırlı olması bioventingin başarılı olmasını etkileyen temel faktörlerdir. Toprağın nemini tarla kapasitesinde tutmak ve besin madde miktarını mikroorganizma gelişimini teşvik edecek düzeyde tutmak kritik faktördür. Bölgede bioventing uygulamaları yapılmadan besinmadde kapsamı, nem içeriği, hidrolik iletkenlik testleri mutlaka yapılmalıdır. Oksijen akışı toprak çoğunlukla homojen olmadığından tam sağlanamaz. Kirlenmiş bölge boyunca hava akışını kontrol etmek için izleme kuyuları açılır. Toprakta küçük mesafelerde bile permeabilite farklı olduğu için nem ve besin madde ilavesi de zordur. Besin çözeltileri periyodik olarak verilir. Nem ilavesi için damla sulama gibi yöntemler kullanılır. Sulama sırasında sisteme hava verilmesi durdurulur.

Bioventingte sıcaklık kontrolü de çok önemlidir. Sıcaklığın artması ile kirleticilerin çözünebilirlikleri ve uçuculuk özellikleri de artmaktadır. Bu yüzden BV sistemleri uygulanana toprakların yüzeyi siyah plastiklerle kapatılır.

BV sistemlerinde de SVE de olduğu gibi havalandırılan gazlar yüzeyde muamele edilir. Biyofiltrasyon ve aktif karbon yöntemleri uygulanır. BV sistemlerinde havasız koşullar meydana gelebilmekte ve birincil kirleticilerden daha toksik olan parçalanma ürünleri (ara ürün) ortaya çıkmaktadır.

Toprak neminin buhar ekstraksiyonu üzerine bir etkisi vardır. Kuru topraklar uçucu hidrokarbonları kuvvetle tutarlar. Böylece topraktaki su buharının buharlaşma oranı önemli düzeyde artma eğilimi gösterir (Chiou ve Shoap, 1985). Ancak yüksek düzeyde nem

kapsayan topraklar iyi havalandırılmayabilir (Simms ve Bass, 1984). Zira azalan toprak gözenekleri buhar akış yollarını kısıtlayacaktır.

Dizel ve jet yakıtında bulunan düşük ve orta düzeydeki uçucu organik bileşiklerin toprak havalanması yoluyla giderimi düşük fiyatta mümkün değildir. Ancak, rafine edilmiş petrol ürünlerinde bulunan düşük buharlaşma yeteneğindeki bileşiklerin çoğu aerob koşullar altında biyolojik olarak ayrışabilir. Organik kirleticiler yoluyla yoğun bir şekilde kirlenmiş topraklarda genellikle ortaya çıkan oksijen noksanlığı yüzeyden toprak içine hava çekilmesi yoluyla hızlı bir şekilde giderilmektedir. Bu havanın yaklaşık 210 bin ppm oksijen molekülü içermesine bağlı olup , litre 'de 10 mg daha fazla oksijen içeren su ile karşılanabilir. Ayrıca gazların yüksek difüzyon oranları da önemli bir rol oynamaktadır.

**Biyolojik havalandırmanın** birincil amacı toprak havalanmasıdır. Özellikle yerinde yapılan biyolojik ayrıştırma olaylarında yüksek - düşük buharlaşma ve suda çözünebilirlik özelliğine sahip organik kirleticilerin giderilmesinde kullanılan etkili bir tekniktir. Gazlar sıvılardan daha hızlı yayıldığı için, killi ve siltli topraklar gibi düşük su iletkenliğine sahip biyolojik havalandırmayla toprakları iyileştirebilir. Benzin ve orta destilasyon yakıtlarla kirlenmiş alt toprakların biyolojik havalandırma sırasında biyolojik parçalanma hızları 2 - 20 mg./kg./gün olarak belirlenmiştir.

Toprak havalanması ve biyolojik havalandırma yanında yeraltı suyunun havaya püskürtülmesini de sağlayan yerinde uygulama kombinasyonlarının varlığı belirtilmektedir (Brown ve Sallivan , 1991; Brown ve arkadaşları, 1991).