



**T.C.  
Çevre ve Orman Bakanlığı**

**KİRLENMİŞ SAHA ETÜT  
TEKNİK REHBERİ**

**ANKARA, 2009**

## ÖNSÖZ

Bu teknik rehber, Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği ile bağlantılı olarak kullanılmak üzere, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından, yürütücülüğünü Prof. Dr. Kahraman Ünlü'nün yaptığı, TÜBİTAK'ın mali destek sağladığı, KAMAG 106G008 kod nolu "Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalar İçin Yönetim Sistemi Geliştirilmesi" projesi kapsamında hazırlanmıştır.

### Proje Çalışanları:

#### *Orta Doğu Teknik Üniversitesi*

Prof. Dr. Kahraman Ünlü (Proje Yürütücüsü)

Prof. Dr. Ülkü Yetiş

Prof. Dr. Filiz B. Dilek

Doç. Dr. Ayşegül Aksoy

Y. Doç Dr. Elçin Kentel

Dr. Serkan Girgin

Y. Müh. Meltem İpek

Beril Büyüker

Şener Polat

#### *Çevre ve Orman Bakanlığı*

Orhan Koçhan

Saliha Değirmencioğlu

Dr. Erdoğan Işık

Neşe Çehreli

Gülhan Saygılı

Ercan Gülay

## İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR.....	iv
TANIMLAR .....	v
BÖLÜM 1: GİRİŞ.....	1
1.1 Teknik Rehberin Amacı.....	1
1.2 Teknik Rehberin Kullanımı.....	1
BÖLÜM 2: KİRLİLİK KAYNAĞI BELİRSİZ SAHALARDA KAYNAK TESPİTİ.....	3
2.1 Genel.....	3
2.2 Kaynak belirleme çalışmalarının çıktıları .....	3
2.2.1 Kirliliğin yeraltı suyunda gözlemlendiği durumlar .....	3
2.2.2 Kirliliğin iç veya dış mekanda gaz halinde gözlemlendiği durumlar .....	4
2.2.3 Kirlilik belirtilerinin musluk suyunda olduğu durumlar.....	4
BÖLÜM 3: SAHA ÖRNEKLEME VE ANALİZ PLANININ OLUŞTURULMASI .....	5
3.1 Genel.....	5
3.2 SÖAP'nin kapsamı.....	5
BÖLÜM 4: YÜZEY TOPRAĞINDAN ÖRNEKLEME YAPILMASI .....	7
4.1. Genel.....	7
4.2 BAD KGP Ölçümleri - Kirliliğin gözle görülebildiği ve sınırlarının belirlenebildiği durumlarda yüzey toprağından örnekleme.....	7
4.3 BAD KGP ölçümleri - Kirliliğin gözle görülemediği ve sınırlarının belirlenemediği durumlarda yüzey toprağından örnekleme.....	7
4.4 İAD için Yüzey Toprağından Örnekleme .....	10
BÖLÜM 5: YÜZEY ALTI TOPRAĞINDAN ÖRNEKLEME YAPILMASI.....	12
5.1 Genel.....	12
5.2 Yüzey toprağındaki kirliliğin gözle görülebildiği ve sınırlarının belirlenebildiği veya toprak altındaki kaynağın (örneğin yeraltı deposu, tankı) yerinin bilindiği durumlar için yüzey altı toprağı derinliğinden örnekleme.....	12
5.3 Kirliliğin gözle görülemediği ve sınırlarının belirlenemediği durumlarda yüzey altı toprağından örnekleme .....	13
BÖLÜM 6: YERALTI SULARINDAN VE TOPRAK GAZINDAN ÖRNEKLEME YAPILMASI.....	14
6.1. Genel.....	14
6.2 Yeraltı suyundan Örnek Alınması ile ilgili Dikkat Edilecek Hususlar .....	14
6.3 Toprak Gazından Örnek Alınması ile ilgili Dikkat Edilecek Hususlar.....	14
BÖLÜM 7: REFERANS KONSANTRASYON DEĞERLERİNİN ÖLÇÜMÜ .....	15
7.1 Genel.....	15
7.2 Yeraltı suyunda RD Ölçümlerinde Önemli Hususlar.....	16
7.3 Yüzey Sularında RD Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi.....	20
7.4 Toprakta RD Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi .....	22
7.5 Havadaki RD'nin Belirlenmesi için Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi .....	23

7.6 Toprak havasındaki RD'nin belirlenmesi .....	23
<b>BÖLÜM 8: SAHA VERİ KALİTESİ KONTROLÜ (VKK).....</b>	<b>24</b>
8.1 Genel.....	24
8.2 Saha VKK Örnek Türleri .....	24
8.3 Saha VKK Alma Sıklığı .....	25
<b>BÖLÜM 9: TEMİZLENMESİ GEREKEN KİRLENMİŞ SAHALARDA İZLEME VE TEMİZLEME SONLANDIRMA İÇİN SAHA TEMİZLEME DÜZEYİ KONSANTRASYONUNA ERİŞİLDİĞİNİN KANITLANMASI AMAÇLI ÖRNEKLEME YAPILMASI .....</b>	<b>Hata! Yer işareti tanımlanmamış.</b>
9.1 Genel.....	26
9.2 Temizleme sonlandırma için toprak örnekleme.....	26
9.3 Temizleme sonlandırma için yeraltı suyu örnekleme .....	28
9.4 Sahada temizleme düzeyi konsantrasyonuna ulaşıp ulaşılamadığının test edilmesi.....	29
<b>KAYNAKLAR.....</b>	<b>30</b>

## **KISALTMALAR**

BAD : Birinci aşama değerlendirme

HKSK : Hedef kirlenici saha konsantrasyonu

İAD : İkinci aşama değerlendirme

JKSD : Jenerik kirlenici sınır değeri

KGP : Kirlilik gösterge parametreleri

KSM : Kavramsal Saha Modeli

KSETR : Kirlenmiş Saha Etüt Teknik Rehberi

ÖD : Sahada ölçülen kirlilik gösterge parametresi konsantrasyonu ölçüm değeri

RD : Referans değeri

SÖAP : Saha örnekleme ve analiz planı

STDK : Saha temizleme düzeyi konsantrasyonu

TKKY : Noktasal kaynaklı toprak kirliliğinin kontrolü yönetmeliği

TRD : Temizleme risk düzeyi

TUOB : Toplam Uçucu Organik Bileşikler

VKK : Veri kalitesi kontrolü

YKB : Yoğun kirlilik bölgesi

## TANIMLAR

Bakanlık: Çevre ve Orman Bakanlığı

Komisyon (Kirlenmiş Saha Değerlendirme ve İzleme Komisyonu): Her ilde Saha Durum ve Risk Değerlendirme Ön ve Nihai Raporlarını değerlendirmek ve kirlenmiş sahaların temizlenmesi çalışmalarını izlemek, Saha Örnekleme ve Analiz Planlarını onaylamak amacıyla sürekli çalışmak üzere kurulan, İl Çevre ve Orman Müdürlüğü'nün Başkanlığını yaptığı, İl Tarım ve Köyişleri Müdürlüğü, İl Sağlık Müdürlüğü, İl Sanayi ve Ticaret Müdürlüğü, Devlet Su İşleri Bölge Müdürlüğü ile komisyonca gerekli görülmesi durumunda Üniversite ve uygun görülecek diğer kurum ve kuruluşların temsilcilerinden oluşan kurul

Referans değeri (RD): Şüpheli sahanın yakın çevresinde bulunan, herhangi bir noktasal kaynak veya insan etkinlikleri nedeniyle kirlenmemiş temiz olduğu düşünülen/varsayılan alandan alınan, toprak, yüzey ve yeraltı suları örneklerinde şüpheli sahaya ait ilgili kirlilik gösterge parametresi Ölçüm Değeri ile kıyaslanmak amacıyla ölçülen kirlilik gösterge parametresi ölçüm değeridir.

Referans örnek: İlgili kirlilik parametresi veya kirlilik gösterge parametresine ait referans değerini belirlemek için kirlilikten etkilenmemiş bölgelerden alınan örnek

Saha örneği: Kirliliği veya kirliliğinden şüphelenilen sahalardan alınan örnek

Odaklanmış örnekleme: Kirliliğin gözle görülebildiği, sınırlarının belirlenebildiği veya toprak altındaki kirlilik kaynağının yerinin bilindiği durumlarda uzman görüşü doğrultusunda kirlenmiş alana odaklanarak yapılan örnekleme

Sistemik örnekleme: Kirliliğin gözle görülemediği, sınırlarının veya toprak altındaki kirlilik kaynağının yerinin bilinmediği durumlarda kirlenmiş veya kirlenmenin yoğun olduğu alanların tespit edilmesi amacıyla sahanın gridleme yöntemiyle bölümlere ayrılmasıyla yapılan örnekleme

Veri kalitesi kontrolü (VKK) örnekleri: Yapılan örneklemenin kalitesini belirlemek ve ölçümlerin örnek alımından başlayarak, taşınımı ve analizi sürecinde sahadaki durumu temsil etme özelliğini koruduğunun veya kontamine olmadığını tespiti için kullanılan örnekler.



## **BÖLÜM 1: GİRİŞ**

### **1.1 Teknik Rehberin Amacı**

Bu rehber, TKKY kapsamındaki karar süreçlerinde kullanılmak üzere toprak yüzeyindeki, yüzey altı toprağındaki, yeraltı ve yüzey sularındaki ve toprak gazındaki kirletici konsantrasyonlarını belirlemek amacıyla örnekleme yerlerinin ve sayılarının belirlenmesi için önerilen yöntemleri ve sağlanması gereken koşulları kapsamaktadır. Rehber, saha örnekleme ve analizleri konusundaki ana yaklaşımları içeren yol gösterici bir doküman niteliğindedir. Rehber içinde de belirtildiği gibi sahaya özgü koşullar bu rehberde yer almayan yaklaşımların kullanılmasını gerektirebilir. Ancak bu tür durumlarda Kirlenmiş Saha Değerlendirme ve İzleme Komisyonunun (Komisyon) veya Bakanlığın onayının alınmasından sonra faaliyetlerin gerçekleştirilmesi gereklidir.

### **1.2 Teknik Rehberin Kullanımı**

Kirlenmiş Saha Etüt Teknik Rehberi'nde (KSETR) verilen, ölçüm noktalarının belirlenmesi ve örnekleme yaklaşımları, kirlilik kaynağı belirli, kaynağın nerede olabileceği tahmin edilebilen veya yüzey ya da yüzey altı toprakta kirlilik olduğundan şüphelenilen sahalara için kullanılmalıdır.

TKKY Madde 12 kapsamında, kirlilik kaynağının belli olmadığı, ancak alıcı ortam veya ilgili lokasyonda kirlilik belirtilerinin (örneğin iç mekanda sızıntı gaz kokusu, yeraltı suyunda koku ve/veya tat bozukluğu gibi) TKKY'de Ek-2'de verilen kirlilik gösterge parametrelerinin (KGP) ölçümü sonucu gerçekçi olduğunun belirlendiği durumlarda, öncelikle kirlilik kaynağının belirlenmesi gerekmektedir. Bu gibi durumlarda Bölüm 2'de verilen aşamalar izlenmeli, ilgili saha TKKY kapsamına giriyorsa aşağıda verilen aşamalara geçilmelidir.

Genel olarak sahada yapılacak her türlü örnekleme ve ölçüm için Bölüm 3'te verilen saha örnekleme ve analiz planı (SÖAP) hazırlanmalıdır. Sahada örnekleme ve ölçüm faaliyetlerine başlanabilmesi için, hazırlanan SÖAP'nin, Komisyon tarafından onaylanması gerekmektedir.

Birinci Aşama Değerlendirme (BAD) için yapılacak TKKY Ek 2'de verilen KGP ölçümleri, Bölüm 4, 5 ve 6'da verilen hususlar dikkate alınarak gerçekleştirilmelidir. Bu kapsamda, SÖAP'nin Komisyon tarafından onaylanmasını takiben BAD için yüzey ve yüzey altı toprağından, gerekiyorsa yüzey ve yeraltı suyu ve toprak gazından alınan örneklerin analizleri sonucu belirlenen KGP ölçüm değerleri (ÖD) ile Bölüm 7'de verildiği şekilde belirlenen KGP parametreleri için Referans Değerleri (RD), TKKY Ek 9'da verildiği şekilde karşılaştırılmalıdır. Gerek KGP ÖD gerekse KGP RD değerlerinin belirlenmesinde Bölüm 8'de verilen kalite kontrol örnekleme ve analizlerinin yapılmasına ve veri kalitesi kontrolünün gerçekleştirilmesine özen gösterilmelidir.

İkinci aşama değerlendirme (İAD) kapsamında hedef kirletici saha konsantrasyonu (HKSK) ve



hedef kirletici RD'lerinin jenerik kirletici sınır değerleri (JKSD) ile karşılaştırılması sadece yzey ve yzey altı toprağı için yapılmalıdır. Bu amaçla gerçekleştirilecek örnekleme yaklaşımı Bölüm 4 ve 5'de verildiği gibidir. Bu kapsamda hazırlanacak olan SAP'nin Komisyon tarafından onaylanmasından sonra örnekleme ve ölümler gerçekleştirilmeli, Bölüm 9'da verilen kalite kontrol örneklemesinin ve veri kalitesi kontrolünün de yapılmasına zen gösterilmelidir. İAD'nin ileri aşamalarında kirliliğin dağılımının belirlenmesi önemli olduğu için bu amaca yönelik olarak Bölüm 4, 5 ve 6'da verilen örnekleme noktaları ve örnek sayılarına ilaveten ek örneklerin alınması gerekebilir. Sahadaki kirletici dağılımının belirlenmesinde istatistiksel yöntemler, nümerik veya analitik matematiksel modeller gibi araçlara ihtiyaç duyulması halinde bunlar da kullanılabilir. Bu araçlar yardımıyla sahadaki hedef kirletici dağılımının daha ayrıntılı çıkartılması sağlanabilir.

Temizleme kararı alınan kirlenmiş sahalarda temizleme işlemini sonuçlandırmak için temizleme hedefine ulaşıldığının yine saha ölümleri ile gösterilmesi gereklidir. Bölüm 3'te verilen SAP'nin, Komisyon tarafından onaylanmasından sonra örnekleme ve ölümler gerçekleştirilir. Ölüm sonuçları Kirlenmiş Saha Temizleme ve İzleme Teknik Rehberi Bölüm 3.3'te verildiği Şekilde değerlendirilerek temizleme işleminin sonlandırılıp sonlandırılmayacağına karar verilir.

Temizleme kararı alınmış sahalarda, temizleme işleminin sonlandırılmasını takiben Komisyon tarafından belirlenen izleme süresi boyunca izleme yapılması, bu süre içerisinde HKSK'larının takip edilmesi gerekmektedir. İzlemenin hangi nokta veya noktalarda yapılacağına Komisyon onayı ile karar verilir.

## **BÖLÜM 2: KİRLİLİK KAYNAĞI BELİRSİZ SAHALARDA KAYNAK TESPİTİ**

### **2.1 Genel**

TKKY Madde 12 kapsamında, kirlilik kaynağının belli olmadığı ancak alıcı ortam veya ilgili lokasyonda kirlilik belirtilerinin (örneğin iç mekanda gaz kokusu, yeraltı suyunda koku ve/veya tat bozukluğu gibi) TKKY Ek-2'de verilen KGP ölçümleri sonucu gerçekçi olduğunun belirlendiği durumlarda, kirlilik kaynağının belirlenmesi gerekmektedir.

Kirlilik kaynağının yerinin belirlenmesini takiben, saha "şüpheli saha" olarak yönetmelik kapsamına alınır. Kirlilik kaynağının belirlenemediği durumlarda, kirliliğin belirlendiği nokta(lar) veya bölge, Bakanlık tarafından kaynak olarak kabul edilebilir ve saha yönetmelik kapsamına alınabilir. Bu durumda gerekli temizleme, kaynak olarak kabul edilen bölgede uygulanır veya kirliliğin bu bölgede hapsedilmesi sağlanır.

Kirlilik kaynağı belirleme çalışmaları, Bakanlığın koordinasyonunda ilgili devlet kuruluşları veya Bakanlığın görev veya sorumluluk verdiği kurum veya kuruluşlarca gerçekleştirilir. Kirlilik kaynağı belirleme çalışmaları sahanın özelliklerine ve kirlilik belirtilerine bağlı olarak, sahaya özgü yürütülür. Örnekleme çalışmaları öncesinde, kapsamı Bölüm 3'te verilen ve Komisyonun onayını gerektiren SÖAP'nin oluşturulması gereklidir.

### **2.2 Kaynak belirleme çalışmalarının çıktıları**

Kirlilik kaynağı belirleme çalışmalarında asgari olarak aşağıdaki çalışmaların yapılması beklenmektedir.

#### **2.2.1 Kirliliğin yeraltı suyunda gözlemlendiği durumlar**

Kirliliğin yeraltı suyunda olduğu durumlarda, yeraltı suyu ve gerekirse topraktaki kirlilik belirtileri akışa ters (akış-yukarı) yönde memba yönünde takip edilir. Bu amaçla, eğer mevcut kuyular varsa, derinlikleri aynı olan ve birbirlerine uygun mesafede üçgen şeklinde konuşlandırılmış, en az 3 gözlem kuyusundan elde edilen verilere dayanarak, eğer kuyular mevcut değilse aynı derinlikte ve birbirlerine uygun mesafede eşkenar üçgen şeklinde konuşlandırılmış açılacak en az 3 sondaj deliğinden elde edilen verilere dayanarak yeraltı suyu akış yönü belirlenir. Yeraltı suyu akış yönünün belirlenmesinde yeraltı su seviyelerindeki olası mevsimsel değişimler dikkate alınmalıdır. Yeraltı suyu akış yönünün belirlenmesini takiben, akış-yukarı yöndeki muhtemel kirlilik kaynakları (tesisler, izinsiz atık deşarjına maruz kalmış veya kalması muhtemel yerler, vb.) belirlenir. Potansiyel kirlilik kaynakları da göz önünde bulundurularak kirlenme belirtilerinin gözlemlendiği noktadan yeraltı suyu akış-yukarı istikamette ilerleyerek sondaj delikleri açılır. Açılan sondaj delikleri ve mevcut kuyular kullanılarak yeraltı suyu örnekleri toplanır. Bu örneklerde TKKY Ek 2, Çizelge 1'de verilen genel KGP değerleri ölçülür. Gerekli görülen lokasyonlardan yüzey ve yüzey

altından toprak örnekleri alınır ve bu örneklerde genel KGP ölçümleri yapılır.

### **2.2.2 Kirliliğin iç veya dış mekanda gaz halinde gözleendiği durumlar**

Kirliliğin iç veya dış mekanda gaz halinde gözlenmesi durumunda, kirliliğin topraktan kaynaklanıp kaynaklanmadığının tespiti gereklidir. Bu amaçla, toprak yüzeyinin hemen üstünde ve belirlenen yüzey altı toprağı derinliklerindeki toprak gazında TUOB (toplam uçucu organik bileşikler) ölçümleri yapılmalıdır. Kirlenme, topraktan kaynaklanan bir gaz salınımı şeklinde ise saha TKKY kapsamına alınmalıdır. Eğer kirlenme herhangi bir tesisten toprakla bir bağlantısı olmadan atmosfere emisyon şeklindeyse, saha Hava Kirliliğı Kontrolü Yönetmeliğı ve diğeri ilgili Yönetmeliklere tabidir.

### **2.2.3 Kirlilik belirtilerinin musluk suyunda olduğı durumlar**

Kirlilik belirtilerinin musluk suyunda olması durumunda kirlenmenin toprak ve/veya yeraltı suyu kaynaklı veya bu kaynaklardan bağımsız şekilde şebeke kaynaklı olup olmadığı tespit edilmelidir. Kirlenme toprak kaynaklı ise, alıcı ortam veya ilgili lokasyonda kirlilik belirtilerine neden olan kirlenmiş saha TKKY kapsamına alınır. Genel KGP ölçümlerine göre toprak kirliliğı mevcut değil ancak yeraltı suyunda kirlilik mevcut ise Bölüm 2.2.1’de verildiğı kapsamda kirlilik kaynağı belirlenir ve kaynağın mevcut olduğı sahanın TKKY kapsamına girip girmediğı belirlenir.

## BÖLÜM 3: SAHA ÖRNEKLEME VE ANALİZ PLANININ OLUŞTURULMASI

### 3.1 Genel

Kirlendiğinden şüphe edilen sahaların TKKY kapsamında değerlendirilmesi amacıyla yapılacak tüm örnekleme ve analiz çalışmaları belirli bir plan çerçevesinde yürütülmelidir. Bu amaçla, örnekleme yapmadan önce SÖAP hazırlanmalı ve rapor halinde Komisyon'a sunulmalıdır. SÖAP'ın Komisyon tarafından onaylanmasından sonra örnekleme çalışmaları gerçekleştirilmelidir. Komisyon, TKKY kapsamında yapılan değerlendirmelerin herhangi bir aşamasında Söap'de onaylananın dışında ek örnekleme talep etmeye yetkilidir.

### 3.2 SÖAP'nin kapsamı

SÖAP'nin kapsamı, örnekleme ve ölçümlerin amacı, sahaya özgü koşullar ve saha ile ilgili mevcut bilgilere bağlı olarak değişiklik gösterebilir. Ancak, azami olarak aşağıdaki verilen bilgiler SÖAP'de yer almalıdır. Örnekleme amacına ulaşması için izlenmesi gereken ek yöntemler SÖAP kapsamında yer almalı ve Komisyonun onayına sunulmalıdır.

SÖAP'de yer alması gereken temel bölümler şunlardır:

- Sahanın tanımı
  - o Sahanın veya tesisin adı,
  - o Sahanın veya tesisin sahibi
  - o İncelemenin başlamasına neden olan olay (örneğin; şikayet, doğal afet, denetleme sırasında kirlilik şüphesi vb.),
- Örnekleme amacı (örneğin; BAD kirlenme karakterizasyonu için kirlenme maddeden doğrudan örnek alınması, BAD için faaliyete özel KGP ve RD ölçümleri, toprak özelliklerinin belirlenmesi, İAD HKSK'larının belirlenmesi, vb.)
- Saha hakkında genel bilgi
  - o Lokasyon (koordinatlar),
  - o Kavramsal saha modeli (KSM) (İAD kapsamındaki ölçümler için geçerlidir)
  - o Saha çevresindeki alıcı ortamları, potansiyel kirlenmeleri gösteren kroki (KSM'nin verilmediği BAD kapsamındaki ölçümler için geçerlidir)
  - o Sahadaki tarihsel (geçmiş zamanlarda yürütülen) faaliyetler, sahada daha önce yapılmış ölçüm ve saha çalışmalarının sonuçları,
  - o Örnekleme, analiz ve değerlendirme için önemli parametreler (örneğin; sahadaki toprak bünyesi (tekstürü), hidrolik iletkenlik, porozite, toprak nemlilik oranı, organik karbon içeriği, pH ve yeraltı suyu hidrolik eğimi ve benzeri (Bu bilgiler önemli ancak mevcut değilse SÖAP kapsamına alınıp belirlenmelidir)
- Ölçüm parametreleri ve analiz yöntemleri
  - o Ölçülecek kirlilik parametreleri (ilgili KGP, ÖD, RD, HKSK parametreleri) ve varsa

- daha önceki çalışmalarda elde edilmiş olan ve ilgili parametreye ait ölçüm sonuçları
- o Analizlerin yapılacağı laboratuvar veya diğer birimlerin yetkinliğinin belgelenmesi, analizlerde kullanılacak olan metotların ve ölçüm limitlerinin belirtilmesi, örnekleme ve analizi takiben atık örneklerin nasıl bertaraf edileceğine ilişkin bilgi.
- Örnekleme yaklaşımı
- o Örnekleme yerlerinin ve sayılarının belirlenmesi,
  - o Sahanın kuşbakışı krokisi üzerinde örnek alma yerlerinin ve sayılarının gösterilmesi, biliniyorsa kirli bölgenin işaretlenmesi, potansiyel kirlenici kaynaklarının gösterilmesi, mevcut kuyuların, potansiyel alıcıların (örneğin en yakın yerleşim yeri, su kaynakları, tarım alanı, rekreasyon yerleri, gibi) gösterilmesi, yeraltı suyu ve yerüstü suları mevcutsa akış yönlerinin gösterilmesi. Yeraltı suyundan örnekleme yapılacaksa örnekleme derinliklerinin gösterilmesi. Başka ortamlardan (toprak gazı, yüzey suyu, sediman vb.) örnek alınacaksa örnekleme noktalarının gösterilmesi.
  - o Örnekleme noktalarının yeterliliğinin genel olarak değerlendirilmesi. Ek sondaj deliği açma gerekliliğinin değerlendirilmesi.
  - o Örnekleme metodu (örneklerin nasıl alınacağı, hangi aletlerin kullanılacağı ve nasıl saklanacağı ile ilgili bilgiler, örnek etiketlemede izlenen yöntemler, örnekleme yapılacak aletlerin nasıl temizlendiğinin bildirilmesi)
  - o Örneklemenin nasıl (Bakınız Bölüm 4, 5, 6, 7, 8) ve kimler tarafından yapılacağını anlatılması, örnekleme için alınması gerekli önlemlerin irdelenmesi (örneğin gaz maskesi kullanımı, eldiven kullanımı, sahanın izole edilmesi vb.).
- Veri kalitesi kontrolü (Veri kalitesinin sağlanması için kullanılacak yöntemlerin belirtilmesi) (Bkz. Bölüm 9)

Yukarıda verilen bilgiler dışında, örneklemenin sağlıklı bir şekilde amacına ulaşabilmesi için sahaya özgü koşulların göz önünde bulundurulması gerekebilir. Sahaya özgü koşullara göre izlenecek farklı yaklaşımlar ve ek önlemler SÖAP'de belirtilmeli ve uygulamadan önce Komisyon onayı alınmalıdır.

## **BÖLÜM 4: YÜZEY TOPRAĞINDAN ÖRNEKLEME YAPILMASI**

### **4.1. Genel**

Yüzey toprağındaki kirlilik ölçümleri, kirlenmenin toprakta çıplak gözle görülebildiğı, yüzey toprağıının hafriyata ve benzeri işlemlere tabi tutularak tahrip edilmediğı veya sonradan gelen herhangi bir dolgu malzemesiyle kaplanmadığı toprak yüzeyinin ilk 0 ile 5 cm'lik kısmından alınan örneklere tekabül eder. Yüzey toprağı örnekleme esas itibariyle BAD'de kirlilik şüphesinin gerçekçi olup olmadığının belirlenmesine yönelik KGP ölçümlerinin gerçekleştirilmesi ile İAD'de uçucu gazların veya üst toprak katmanından havalanan uçucu tozun solunması ve toprağıın deri ile teması/yenmesi gibi maruziyet yolları nedeniyle oluşacak insan sağlığı risklerinin değerlendirilmesine hizmet etmek ve temizleme faaliyetlerinin yürütüldüğü sahalarda ilgili saha temizleme düzeyi konsantrasyonuna ulaşıp ulaşılamadığının tesbiti amacıyla yapılmaktadır.

### **4.2 BAD KGP Ölçümleri - Kirliliğın gözle görülebildiğı ve sınırlarının belirlenebildiğı durumlarda yüzey toprağıından örnekleme**

Kirliliğın toprak yüzeyinde gözle görülebildiğı ve kirlenmiş alanın sınırlarının belirlenebildiğı durumlarda, kirliliğın olduğı bölgede odaklanmış örnekleme uygulanır. Bu örneklemede, kirlendiğı bilinen veya faaliyetler kapsamında nerede olduğı büyük oranda tahmin edilebilen her bir alandan en az 3 adet örnek alınır. Örnek alma yerlerinin ilgili KGP'ler için ÖD'lerinin yüksek olması muhtemel noktalardan seçilmesine özen gösterilmelidir. Bu noktalar belirlenemiyorsa örnek sayısı arttırılmalıdır. Alınan örneklerden elde edilen en yüksek konsantrasyon değeri, ilgili KGP için TKKY Ek 9'da verilen maksimum ölçüm değeri ( $\text{ÖD}_{\text{maks}}$ ) olarak kabul edilir. Kirlilik kaynağına ulaşılabiliriyorsa (örneğin yüzeyde duran tank veya varil gibi), dökülen veya sızan maddenin tehlikeli olup olmadığı kaynaktan alınacak örnekler yoluyla ve Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliğı uyarınca belirlenebilir.

### **4.3 BAD KGP ölçümleri - Kirliliğın gözle görülemediğı ve sınırlarının belirlenemediğı durumlarda yüzey toprağıından örnekleme**

Kirliliğın gözle görülemediğı veya kirliliğın tam olarak nerede olduğunun bilinmediğı durumlarda sistematik yani grid sistemi oluşturmaya dayalı örnekleme uygulanır. Bu amaçla kirlenmenin mevcut olabileceğı alan(lar)ı kapsayan inceleme alanı, mevcut bilgiler kullanılarak saptanır. İnceleme alanının belirlenmesinde göz önünde bulundurulan ve diğere alanların inceleme dışında bırakılmasına neden olan bulgu, belge veya kanıtlar SÖAP'de belirtilmelidir. İnceleme alanındaki örnekleme gridlerinin boyutu ve alınacak toplam örnek sayısı aşağıda verilen yöntem ile belirlenir.

Aşağıda verilen denklemler kullanılarak

$$G=R/\beta \quad (1)$$

$$N=A/G^2 \quad (2)$$

değerleri hesaplanır. Denklem 1 ve Denklem 2'de

G = örnekleme için kullanılacak gridin uzunluğu (m)

R = örnekleme ile bulunmaya çalışılan olası yoğun kirlilik bölgesinin (YKB - hotspot) olası en küçük dairesel yarıçapı (m)

$\beta$  =YKB'nin bulunamamasının kabul edilebilirlik olasılığına bağlı katsayı (örneğin örnekleme sırasında %95'lik güven sınırı ile YKB'ye rastlama olasılığı için  $\beta=0.05$ )

N = alınması gereken örnek sayısı

A = örnekleme yapılacak inceleme alanının toplam büyüklüğüdür (m<sup>2</sup>).

Denklem 1'de verilen  $\beta$  katsayısı, gridin şekline (kare, dikdörtgen veya üçgen), YKB'nin şekline (daire veya elips) ve YKB'nin hangi güven sınırı değeri ile bulunması gerektiğine bağlı olarak değişmektedir.  $\beta$  katsayısı Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3 yardımıyla belirlenebilir (Gilbert, 1987). Bu şekillerde

S = dairesel YKB için 1, elips şeklindeki YKB için kısa aks uzunluğunun uzun aks uzunluğuna oranı (-)

L = dairesel YKB için yarıçap, elips şeklindeki YKB için uzun aks uzunluğunun yarısıdır (m).

Örneğin, toplam inceleme alanı 500 m<sup>2</sup> olan bir alanda, 5 m çapında olması beklenen dairesel bir YKB'ne %95 güven sınırı ile örnekleme sırasında rastlamak istediğimizi, bu amaçla kare şeklinde gridlerden örnek alacağımızı düşünelim. Bu durumda

$$S=1$$

$$\beta = 0,05$$

olmalıdır.

Şekil 4.1 incelendiğinde  $\beta=0,05$  doğrusunun, S=1 eğrisini, L/G=0.59'da kestiği görülecektir. Bu durumda,

$$G = L / 0,59$$

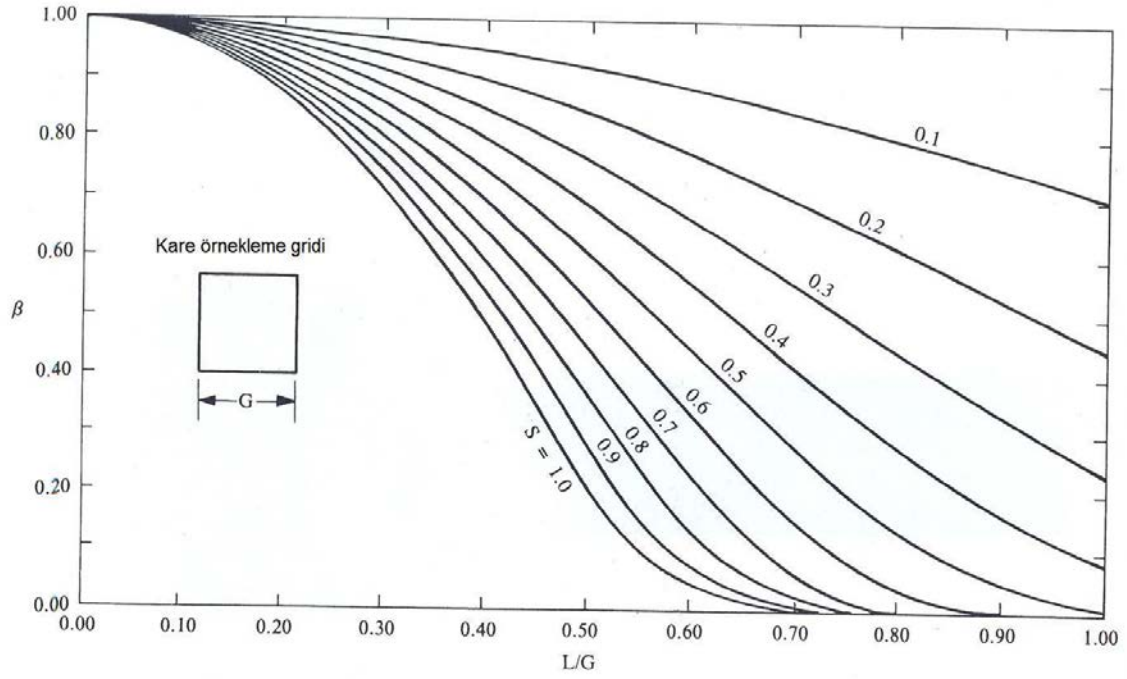
olacaktır. Dairesel YKB'nin çapı 5 m (yarıçap=2,5 m) olduğu için sistematik örneklemede kullanılacak kare gridin kenar uzunluğu

$$G = 2,5 / 0,59 = 4,24 \text{ m} \cong 4 \text{ m}$$

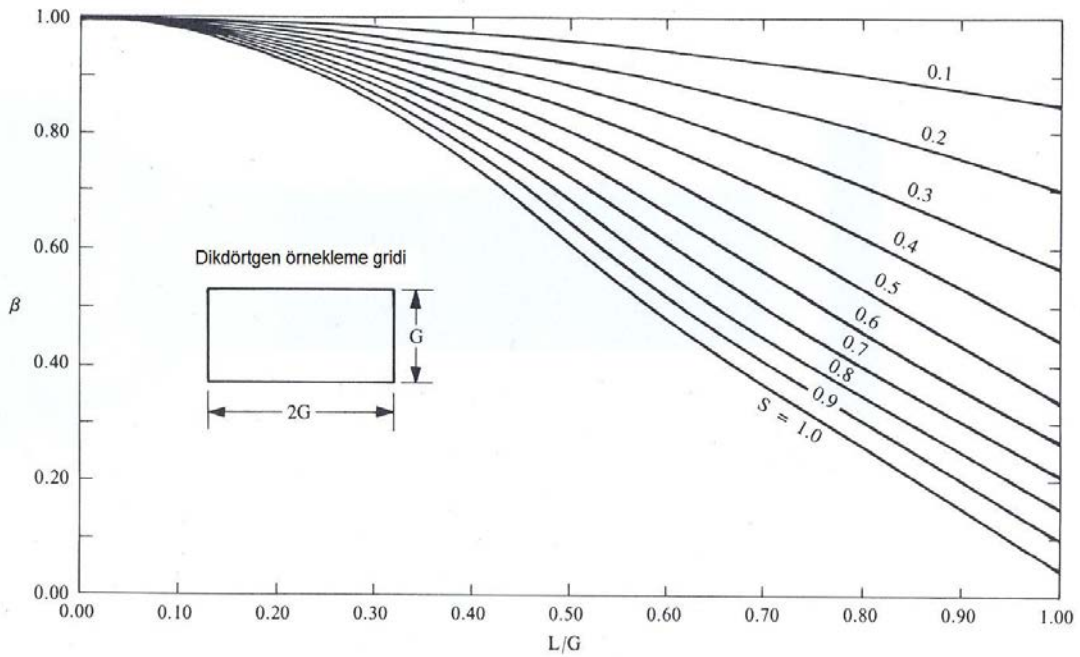
olmalıdır. Bu durumda Denklem 2 kullanılarak alınması gereken örnek sayısı

$$N = 500/(4)^2 = 31,25 \cong 31$$

dir. İnceleme alanı 4 m x 4 m'lik 31 gride bölünmeli ve örnekler bu gridlerin ortasından alınmalıdır.

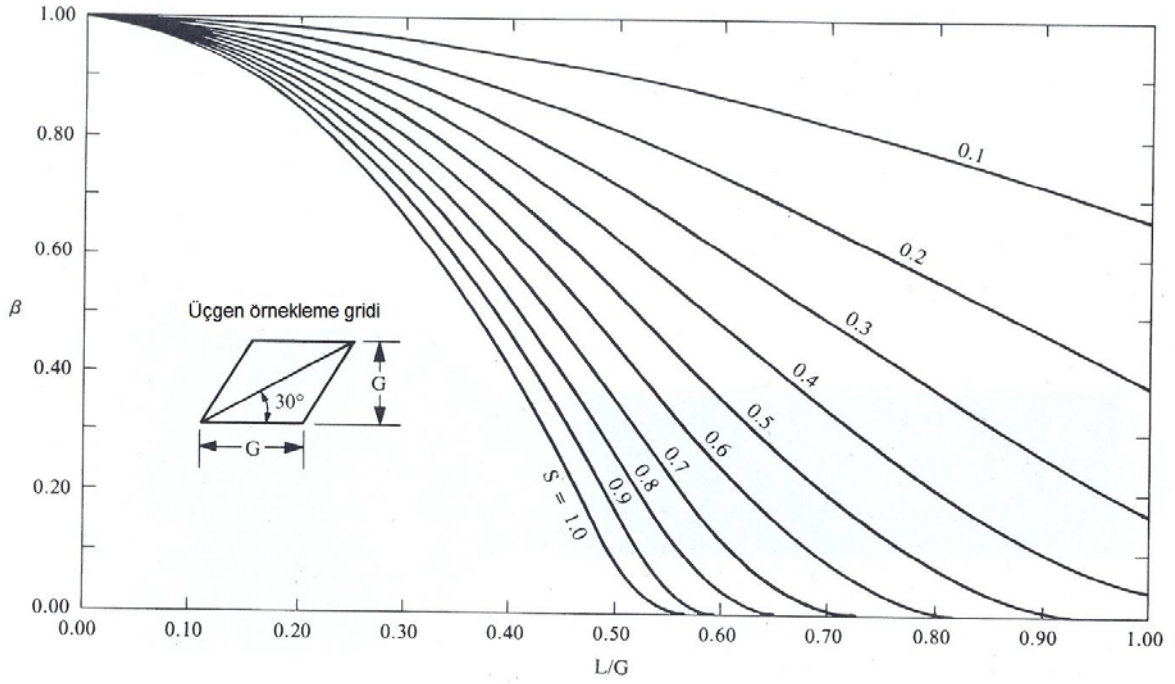


**Şekil 4.1.** Kare şeklindeki gridlerden örnekleme ile YKB'nin belirli güven sınırı değeri ile bulunabilmesi için gereken asgari örnek sayısı ve grid boyutu belirlemek için kullanılacak olan grafik



**Şekil 4.2.** Dikdörtgen şeklindeki gridlerden örnekleme ile YKB'nin belirli güven sınırı değeri ile bulunabilmesi için gereken asgari örnek sayısı ve grid boyutu belirlemek için kullanılacak olan grafik





**Şekil 4.3.** Üçgen şeklindeki gridlerden örnekleme ile YKB'nin belirli güven sınırı değeri ile bulunabilmesi için gereken asgari örnek sayısı ve grid boyutu belirlemek için kullanılacak olan grafik

TKKY kapsamında sistematik yüzey toprağı örnekleme önerilen güven sınırı değeri %95'tir. Ancak, Komisyonun onayı ile bu değer %90'ın altına düşmeyecek şekilde azaltılabilir. Yukarıdaki yöntem ile hesaplanan örnek sayısı asgari değeri göstermekte olup, sahadaki kirliliğin daha iyi tanımlanabilmesi için KGP ÖD'lerin daha yüksek olduğu gridlerin çevresinden ek örnekler alınabilir. Ek örnek ihtiyacı duyulursa, örneklerin alınacağı yerlerin belirlenmesi amacıyla daha önce alınmış olan örneklerden elde edilen ÖD'ler kullanılarak eş konsantrasyon eğrileri bulunup, kirlenmenin yoğun olabileceği bölgeler tespit edilebilir ve örnekleme buna göre devam edilebilir. Ek örnekleme yapılan durumlarda ek örneklerin farklı zamanda alınmasından dolayı değerlendirmelerin olumsuz etkilenmeyeceğinden emin olunmasında yarar vardır. Toprak yapısı heterojen özellik gösteriyorsa, örnek sayısı artırılmalıdır. Yukarıda verilen yöntem ile belirlenen asgari örnek sayısı kullanılacaksa neden daha fazla örnek alınmasına gerek duyulmadığı SÖAP'de belirtilmelidir.

Gridlerden alınan örneklerden elde edilen en yüksek konsantrasyon değeri, ilgili KGP için TKKY Ek-9'da verilen  $\text{ÖD}_{\text{maks}}$  olarak kabul edilir, Ek-9'da verildiği şekilde karar verilir ve  $\text{ÖD}_{\text{maks}}$  ilgili KGP sınır değerinden daha yüksek ise ileri aşamalara (örneğin İAD) gidilir.

#### 4.4 İAD için Yüzey Toprağından Örnekleme

İAD'de jenerik kirlenici sınır değeri (JKSD) ile karşılaştırılacak olan hedef kirlenici saha

konsantrasyonlarının (HKSK) belirlenmesinde kirliliğin gözle görülebildiği ve sınırlarının belirlenebildiği durumlarda Bölüm 4.2, aksi durumlarda ise Bölüm 4.3'te verilen yöntemler takip edilmelidir. Örneklemenin hedef kirleticinin sahadaki dağılımını ve maksimum ölçüm değerini belirlemeye yetecek düzeyde olmasına özen gösterilmeli, gerekiyorsa 4.2 ve 4.3'te verilen yöntem ile belirlenen asgari örnek sayısı yanında ek örnek alınarak örnek sayısı artırılmalıdır.

İAD'nin ileri safhalarında, sahaya özgü risk analizi uygulamalarında, sahada yapılan ölçümler sadece direkt temas mevcut ise (örneğin deri yoluyla temas, kirlenmenin kullanılan su kuyusunda olması gibi) kullanılabilir. Böyle bir durum yoksa, alıcının maruz kalacağı kirleticinin konsantrasyonunun belirlenebilmesi için kirlilik taşınım modelleri, krigging gibi yöntemler kullanılmalıdır. Bu durumda saha örnekleme, alıcının maruz kalacağı konsantrasyonun belirlenmesinde kullanılacak olan matematiksel modelin gerek duyduğu verileri sağlayacak biçimde sahaya özgü şekilde yapılmalıdır. Ancak, alıcının uzun dönem maruz kalacağı kirlilik konsantrasyonu ortalama konsantrasyon değeri ile temsil edileceğine dikkat edilmelidir. Yapılacak ölçümlerin neler olduğu ve nasıl yapılacağı SÖAP'de irdelenmeli, genel veri kalitesi sağlamaya yönelik önlemler alınmalıdır. Sahaya özgü risk değerlendirmesi için örneklerden elde edilecek olan ortalama konsantrasyonların, %95'lik güven aralığı ile ortalama konsantrasyonu temsil etmesi gereklidir.

## **BÖLÜM 5: YÜZEY ALTI TOPRAĞINDAN ÖRNEKLEME YAPILMASI**

### **5.1 Genel**

Yüzey altı toprağından örnekleme, toprak derinliğinden belirli aralıklarla örnek alınarak gerçekleştirilir. Toprak derinliğinden alınan örnekler kirliliğın dağılımına ve sahaya göre

- kirliliğın ulaştığı derinlik boyunca
- yeraltı suyu tablasına (akifere) kadar olan derinlik boyunca veya
- ana kayaya kadar olan derinlik boyunca

alınır. SÖAP'de hangi derinlik boyunun baz alındığı nedenleriyle verilmelidir. Bu derinlik boyunun bilinmediğı durumlarda örnekleme yoluyla önce kirliliğın ulaştığı derinlik tespit edilebilir. Toprak yüzeyi altındaki alt katmanlardan toprak örneğinin alınması, açılacak sondaj delikleri yardımıyla yapılmalıdır.

### **5.2 Yüzey toprağındaki kirliliğın gözle görülebildiğı ve sınırlarının belirlenebildiğı veya toprak altındaki kaynağın (örneğin yeraltı deposu, tankı) yerinin bilindiğı durumlar için yüzey altı toprağı derinliğinden örnekleme**

Yeraltındaki kirlilik kaynağının bilindiğı veya bulunabildiğı, yüzey toprağı kirliliğının sınırlarının belirlenebildiğı durumlarda odaklanmış yüzey altı toprağı örnekleme yapılır. Bu amaçla Bölüm 4.2'de verilen şekilde belirlenen yüzey toprağı örneğı alınacak veya alınmış olan noktalarda, toprak derinliğinden örnekler alınır. Bu noktalarda sondaj delikleri açılır ve sahaya özgü seçilen derinlik boyuna kadar her 1 m'de (gerekli görülürse daha yakın aralıklarla) en az bir örnek alınır.

Kirlilik kaynağı yer altındaysa ve yeri biliniyor veya çeşitli yöntemlerle (örneğin, manyetometre ile gömülü tankların tespit edilmesi) belirlenebiliyorsa, bu kaynaklara en yakın bölgeden, mümkünse hemen altındaki toprak kolonundan her 1 m'de (gerekli görülürse daha yakın aralıklarla) en az bir örnek alınmalıdır.

Analizleri takiben her bir sondaj deliğı veya örnekleme noktası için en yüksek ÖD belirlenmelidir. BAD için tüm örnekleme noktalarından elde edilen en yüksek ÖD'ler karşılaştırılmalı, bu ölçümler içinde en yüksek olanı ilgili KGP için TKKY Ek-9'da verilen  $\text{ÖD}_{\text{maks}}$  olarak kabul edilmelidir.  $\text{ÖD}_{\text{maks}}$  ilgili KGP sınır değerinden daha yüksek ise ileri aşamalara (örneğin İAD, doğrudan temizleme) gidilir.  $\text{ÖD}_{\text{maks}}$  sınır değerinden daha düşük ise örnekleme aralığı 50 cm'ye düşürülerek ek örnekler alınır. Ek örneklemenin ardından belirlenen  $\text{ÖD}_{\text{maks}}$  ilgili KGP sınır değerinden yine daha düşük ise saha için takip gerektirmez kararı alınır. Ancak bu kararın hem yüzey toprağı hem de toprak derinliği için aynı zamanda geçerli olması gereklidir.

Örnekleme İAD için yapılıyorsa, örnekleme noktalarının sayısı ve örnek alma derinlik aralığı kirlenmenin dağılımını belirleyebilecek şekilde ayarlanmalı, 50 cm'lik aralıklarla toprak derinliğinden

örneklerin alınması tercih edilmelidir. Bölüm 4.4'te verildiği şekilde örnekleme sahaya özgü risk değerlendirmesi amacıyla yapılıyorsa alıcının maruz kalacağı ortalama konsantrasyon değeri %95'lik güven aralığı ile belirlenmelidir.

### **5.3 Kirliliğin gözle görülemediği ve sınırlarının belirlenemediği durumlarda yüzey altı toprağından örnekleme**

Kirliliğin gözle görülemediği ve sınırlarının belirlenemediği durumlarda yüzey altı toprağından örnekleme yerlerinin belirlenmesi için yüzey toprağı analizlerinin sonuçlarından yararlanılır. Yüzey toprağı analizleri sonunda belirlenen YKB'deki en az üç noktada toprak derinliğinde örnekleme yapılmalıdır. Kirliliğin sınırlarının yüzey toprağı ölçümleri ile belirlenemediği durumlarda veya kirlenmenin zamana bağlı olarak kısa sürede değişme ihtimalinin olduğu durumlarda sistematik (grid sistemi oluşturmaya dayalı) örnekleme sistemi ile sondaj deliğinin açılacağı noktalar belirlenir. Bunun için yüzey toprağı analizi için kullanılan örnekleme noktaları kullanılabilir. Uçucu maddeler tarafından kirlenmiş sahalarda daha az sayıda sondaj deliği ile kirlilik dağılımını saptayabilmek için ilk önce belirlenen uygun derinliklerden toprak gazından örnekler alınıp kirlenmenin olduğu alanlar tespit edildikten sonra sondaj deliklerinin nerede açılacağı belirlenmelidir.

Örnekleme noktalarında sondaj delikleri açılır ve her 1 m'de (gerekli görülürse daha düşük aralıklarla) en az bir örnek alınır. Her bir sondaj deliği noktası için en yüksek ÖD belirlenir. Bu değerler incelenerek gerekli görülürse kirliliğin yoğun olma ihtimali olan bölgelerde ek sondaj delikleri açılıp örnekler alınabilir. Aynı şekilde örnekleme aralığı 50 cm'ye kadar indirilebilir. Sınırlı sayıda veriden yüzey altı toprağındaki kirlilik dağılımının belirlenmesi için hidrojeoloji, stratigrafi ve jeostatistik metotlarından yararlanılabilir. Örnekleme BAD'de kirlilik gösterge parametre (KGP) ölçümleri için yapılıyorsa, sahadaki örnekleme noktalarından elde edilen en yüksek konsantrasyon ilgili KGP için TKKY Ek-9'da verilen  $\text{ÖD}_{\text{maks}}$  olarak kabul edilir.

Örnekleme İAD için yapılıyorsa, örnekleme noktalarının sayısı kirlenmenin dağılımını belirleyebilecek şekilde arttırılmalıdır. Bölüm 4.4'te verildiği şekilde örnekleme sahaya özgü risk değerlendirmesi amacıyla yapılıyorsa alıcının maruz kalacağı ortalama konsantrasyon %95'lik güven aralığı ile belirlenmelidir. Bu amaçla kirlilik taşınım modellerinden yararlanılabilir.

## **BÖLÜM 6: YERALTI SULARINDAN VE TOPRAK GAZINDAN ÖRNEKLEME YAPILMASI**

### **6.1. Genel**

Kirlenmenin yeraltı suyuna veya yüzey sularına ulaşım ulaşıldığının tespiti ve İAD'de bu ortamların maruziyet yolu teşkil ettiğinin belirlendiği veya bundan kuşkulandığı durumlarda bu ortamlardan örnekleme yapılmalıdır. Bu ortamlar için izlenecek olan örnekleme ve analiz yaklaşımları sırasıyla ilgili TSE, ASTM ve EPA standartlarına uygun olmalıdır. Örnekleme noktalarının seçimi sahadaki kirliliğin ve alıcıların konumu ve Kirlenmiş Saha Risk Değerlendirme Teknik Rehberi Bölüm 3.3'te verilen KSM'ye göre belirlenmeli, bu ortamlardaki kirlilik dağılımını ve reseptörlerin maruz kalacağı konsantrasyon değerlerini belirlemeye yönelik olmalıdır.

### **6.2 Yeraltı suyundan Örnek Alınması ile ilgili Dikkat Edilecek Hususlar**

Yeraltı suyunun örneklenmesinde suya karışmayan ve yoğunluğu sudan az veya çok olabilecek tehlikeli maddelerin varlığı göz önünde bulundurulmalıdır. Dolayısıyla, mevcut duruma uygun olarak su tablasından, akiferin uygun derinliklerinden veya akifer tabanına yakın yerlerden örnek alınmalıdır. Örnekleme noktalarının seçiminde yeraltı suyunun akış yönünün belirlenmesi önemlidir. Yeraltı suyu akış yönünün belirlenmesi aynı derinlikte ve birbirlerine uygun mesafede bulunan eşkenar üçgen şeklinde konuşlandırılmış en az 3 gözlem kuyusundan elde edilen verilere dayanarak yapılmalı ve yeraltı su seviyelerindeki olası mevsimsel değişimler dikkate alınmalıdır. Genel yaklaşım, bu kuyulardan en az bir tanesinin, kirlenmenin olmadığı yerde kirlenmeye göre akış-yukarı istikamette, bir diğerrinin kirlenmenin yoğun olduğu bölgede ve en az bir kuyunun da kirlenmeye göre akış-aşağı yönünde kalan bir noktada açılmasıdır.

### **6.3 Toprak Gazından Örnek Alınması ile ilgili Dikkat Edilecek Hususlar**

Toprak gazında bulunabilecek uçucu organik kirleticiler (UOK) hava ile alıcı ortamlara ulaşabilir veya kaynak noktasında insan sağlığı için risk oluşturabilir. Toprak gazı salınımları hava sıcaklığına ve topraktaki nem oranına bağlı olarak farklılık gösterebilir. Toprak gazı ölçümlerinde minimum 12 saatlik salınımın izlenmesinde yarar vardır. Örnekleme mümkünse farklı hava koşullarının olduğu en az iki günde tekrarlanmalıdır. Toprak gazı ölçümü yapılacak olan yerler, öncelikle yüzeydeki konsantrasyonların saha tipi aletler kullanılarak belirlenmesini takiben seçilebilir. Bunun yanında, yüzey ve yüzeyaltı toprak örneklemelelerinden elde edilen sonuçlara göre YKB bölgeleri de toprak gazı örneklemeleleri için kullanılabilir.

## BÖLÜM 7: REFERANS KONSANTRASYON DEĞERLERİNİN ÖLÇÜMÜ

### 7.1 Genel

Şüpheli sahalarda için yapılan BAD'de, RD'nin ilgili KGP ÖD ile karşılaştırılması sonucunda sahadaki kirlilik şüphesinin gerçekçi olup olmadığı belirlenir. Şüpheli sahalarda için yapılan İAD'de ise kirliliğin kapsamı, dağılımı ve ciddiyetinin (olası sağlık risklerinin) belirlenmesi için RD'lerden yararlanılır. İAD'de RD'nin JKSD'nden büyük olduğu durumlarda, RD sahanın kirli olduğuna karar vermek için baz alınır; diğer bir deyişle, böyle durumlarda, özellikle metal kirleticiler için, RD JKSD'nin yerini alır. BAD'de, RD ve ilgili KGP için belirlenen  $\text{ÖD}_{\text{maks}}$ 'ın karşılaştırılabilmesi için (bakınız TKKY Ek-9) veya İAD'de RD'nin JKSD yerine (sadece RD JKSD'den büyükse) kullanılabilmesi için RD ve KGP ölçümleri için alınan örneklerin, aynı şekilde RD ve HKSK ölçümleri için alınan örneklerin benzeşme göstermesi, diğer bir deyişle RD ölçümleri için alınan örneklerin sahanın kirlenmeden etkilenmemiş durumunu temsil etme niteliğine sahip olması gerekmektedir. Benzeşme veya sahayı temsil etme durumu, kirlenme derecesi hariç olmak üzere, alınan örneklere ait fiziksel ve çevresel faktörlerdeki benzerliği ve genel olarak aşağıda verilen hususlarda bir uyumun sağlanmasını gerektirir:

- örneğin cinsi (toprak, sediman, hava gibi)
- örneklerin alındığı zaman ve yer
- örneklerin alındığı zamandaki fiziksel koşullar (meteorolojik koşullar, mevsim gibi)
- kullanılan örnekleme metodu, taşıma koşulları ve analiz için kullanılan metotlar
- çevresel koşullar (topoğrafya, arazi kullanımı, nehir debisi, gibi).

RD ve ÖD (veya HKSD) örneklerinin alınacağı yerler SÖAP'de yer almalı, yer seçiminde yukarıda verilen benzeşme ve sahayı temsil kabiliyeti gösterilmelidir. Özellikle sahadaki örnekleme çalışmaları sonucunda önceden göz ardı edilmiş başka kirlenme kaynaklarının olduğu veya kirlilik dağılımının önceden tahmin edilenden farklı olduğu anlaşılırsa, hangi örneklerin referans örneği olması gerektiği yeniden irdelenmelidir. RD sahadan örnek alınarak analiz edilmesi yolu yerine, mevcut ise, tarihsel (daha önceki zamanlara ait) verinin kullanılması ile de belirlenebilir. Ancak bu durumda dahi saha örnekleri ve tarihsel veriye tekabül eden RD örnekleri arasındaki zaman benzeşmesi dışındaki diğer benzeşmelerin gösterilmesi gereklidir.

Sahada geçmiş dönemlerde gerçekleştirilen faaliyetlere ait bilgiler, sahanın hangi bölümünün kirlenmiş olabileceği ve hangi bölümünün RD örneği alımı için uygun olabileceğini gösterebilmektedir. Örnekleme noktalarının belirlenmesinde sahanın topoğrafik durumu, bölgedeki hakim rüzgar yönü ve yüzey drenaj durumu da dikkate alınmalı, saha ve RD örnekleri arasındaki azami benzeşme sağlanmalıdır. Bazı sahalarda dolgu toprağı bulunabilir ve dolgu malzemesi başka sahalardan getirilmiş olabilir. Bu tür alanlar RD ölçümü için uygun değildir. Bu nedenle, RD'nin belirlenmesi için yukarıda belirtilen hususlar dikkate alınmalı ve mümkün olduğunca doğası bozulmamış, sahayı temsil niteliği yüksek lokasyonlar tercih edilmelidir.

RD'nin belirlenmesi için kirlenmiş bir sahanın etrafındaki temiz bölgelerden en az 3 referans örnek alınır. Bu örnekler içerisindeki ilgili parametre için en yüksek konsantrasyon RD olarak kabul edilir. Sahaya özgü durumlara göre (örneğin birden fazla bölgeden gelen kirlilik) daha fazla referans örnek alınmalıdır. RD'nin belirlenmesinde kullanılacak örnek sayısını etkileyen faktörler şunlardır:

- Sahanın fiziki durumu (boyut, kaynak türü ve sayısı, heterojen toprak özellikleri)
- Verilerin toplanmasında benimsenen kriterler (kirlenme ölçümü ve diğer veriler için alınan örneklerin toplanma sıklığı ve zaman aralığı)
- Örneklerin toplandığı andaki meteorolojik durum (özellikle toprak gazında ölçümleri veya yüzey sularındaki konsantrasyonlar gibi meteorolojik koşulların kirlenme konsantrasyonlarını etkileme olasılığının yüksek olabileceği durumlarda)
- Sahada bulunan tehlikeli madde sayısı, kaynaktaki ve kirlenmiş ortamdaki tahmin edilen konsantrasyonları ve saha çevresine dağılımları
- Hangi ortamlarda örnekleme yapıldığı, örnekleme yapılan ortamların fiziki ve kimyasal durumu (örneğin, akifer sayısı ve bağlantıları, toprağın ve sedimanın heterojenliği, havza içindeki su kaynakları, sayısı ve çeşitleri)
- Saha çevresinde birden fazla potansiyel kirlenme kaynağının olması vb.

Bir kirlenme için aynı ortamda farklı RD elde edilmesi durumunda, en büyük değer referans değer olarak kabul edilebilir. Ancak bazı sahalarda en düşük veya ortalama eğilimi gösterecek değerlerin kullanılması daha uygun olabilir. Hangi değerlerin kullanılacağı konusunda sahaya ve duruma özel olarak karar verilmelidir. Çeşitli ortamlar için göz önünde bulundurulması gereken ortama özel ek durumlar alt bölümler 7.2'den 7.5'e kadar verilmiştir.

## 7.2 Yeraltı suyunda RD Ölçümlerinde Önemli Hususlar

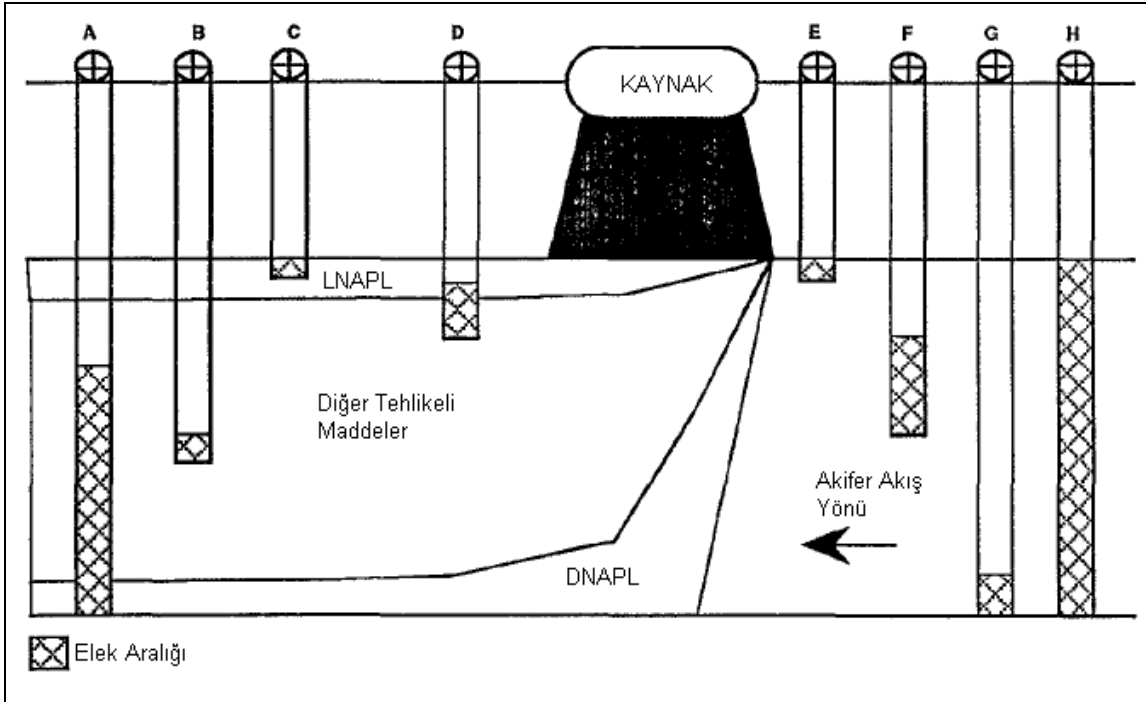
Referans ve saha örnekleri (KGP ÖD veya HKSK) aynı akiferden (veya aynı hidrojeolojik birimden) alınmalıdır. Eğer birbirine hidrojeolojik olarak bağlı olan birden fazla akifer mevcut ise, referans örnek kirlenmeye maruz kalmış akiferden, fakat kirlenmenin olmadığı yerinden, alınmalıdır. Bu nedenle, yeraltı suyunda RD ölçümü için akiferin ve sınırlarının belirlenmesi gereklidir. Bu bağlamda, asgari olarak,

- Ana kaya, toprak veya diğer pekişmemiş formasyon türleri, toprak altı ve yüzeydeki sınırları,
- yüzey depositleri ve sınırları (kalınlık ve yatay sınırları),
- Referans ve saha örnekleme için hangi mevcut kuyuların kullanılabileceği ve kuyulardaki elekli kısmın ve kısımlarının derinliği,
- Yeraltı suyu akış yönü

belirlenmelidir. Mümkün olduğunca karşılaştırılacak olan referans ve yeraltı suyu saha örnekleri aynı derinlikten alınmalıdır. Bir kuyu birden fazla akiferden su alabilecek şekilde eleğe sahipse, o kuyu referans veya saha örnekleme için kullanılamaz.

Örnek olarak, yeraltı suyu referans ve ölçüm değeri belirlenmesinde kullanılacak kuyular üç farklı ideal durum için Şekil 7.1 (tek akiferli sistem), Şekil 7.2 (bağlantısız çok akiferli sistem) ve Şekil 7.3'te (bağlantılı çok akiferli sistem) verilmiştir. Bu durumlarda hangi kuyuların referans örnek hangilerinin saha örnekleme için kullanılacağı sırasıyla Çizelge 7.1 (tek akiferli sistem için), Çizelge 7.2 (bağlantısız çok akiferli sistemi için) ve Çizelge 7.3'te (bağlantılı çok akiferli sistemi için) verilmiştir.

Şekil 7.1'deki tekli akifer sistemi için referans ve saha örnekleme için kullanılacak olan kuyular Çizelge 7.1'de verilmiştir. Şekil 7.1'de bir kirlilik kaynağından akiferlere sızan LNAPL (yoğunluğu sudan az ve suyla karışmayan faz oluşturan kirlenmeler), DNAPL (yoğunluğu sudan fazla ve suyla karışmayan faz oluşturan kirlenmeler) ile bu gruplar dışındaki diğer tehlikeli maddelerin akiferdeki akış yönüne bağlı dağılımı ideal durum için gösterilmektedir. LNAPL için elek aralıkları akiferin üst kısmında olduğundan E ve H kuyuları RD'in belirlenmesinde; C ve D kuyuları ise saha kirlenici konsantrasyonu ölçümünde için uygun kuyulardır. DNAPL için elek aralıkları akiferin alt kısmında olduğundan RD'in belirlenmesinde G ve H kuyuları; saha örneği için ise A kuyusu kullanılabilir. LNAPL ve DNAPL dışındaki diğer tehlikeli maddeler için; referans konsantrasyon değerinin belirlenmesinde F ve H kuyuları; ÖD veya HKSK belirlenmesinde ise A, B ve D kuyuları kullanılabilir.



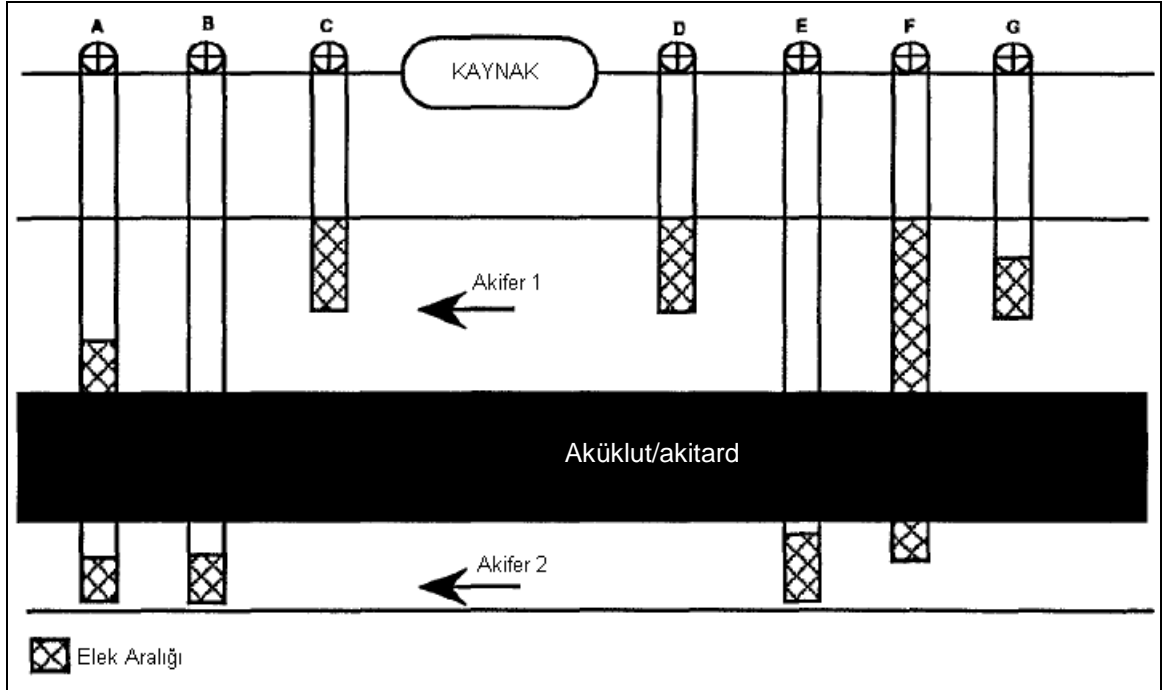
Şekil 7.1. Örnek: Tek akifer sistemi ve gözlem kuyusu yerleri



**Çizelge 7.1.** Örnek: Yeraltı Suyu Referans ve Kirlenici Konsantrasyonlarının Belirlenmesinde Kullanılabilecek Gözlem Kuyuları - Tek Akiferli Sistem (“+” uygun, “-” uygun olmayan ve “0” geçersiz kuyuyu göstermektedir)

Tehlikeli Madde Türü	Saha Örnekleri				Referans Örnekleri			
	A	B	C	D	E	F	G	H
LNAPL	0	0	+	+	+	0	0	+
Diğer	+	+	0	+	-	+	-	+
DNAPL	+	0	0	0	-	-	+	+

Şekil 7.2’de kaynaktan tehlikeli madde sızıntısı olan, belirli bir mesafe boyunca aralarında hidrolik etkileşim bulunmayan iki akifer ve potansiyel örnekleme kuyuları görülmektedir. Bu durum için yeraltı suyu referans ve kirlenici konsantrasyonlarının belirlenmesinde kullanılabilecek kuyular Çizelge 7.2’de verilmiştir. D ve G kuyuları RD’nin belirlenmesinde; C kuyusu ise saha ÖD’nin (veya HKSK’nın) ölçümünde akifer 1 için uygun kuyulardır. E kuyusu RD’in belirlenmesinde ve B kuyusu ise kirlilik ölçümünde akifer 2 için uygun kuyulardır. A kuyusu her iki akiferde birden bulunduğu için kirlilik ölçümünü için uygun bir kuyu değildir. Ayrıca, F kuyusu da her iki akiferde birden bulunduğu için RD’in belirlenmesi için uygun bir kuyu değildir.

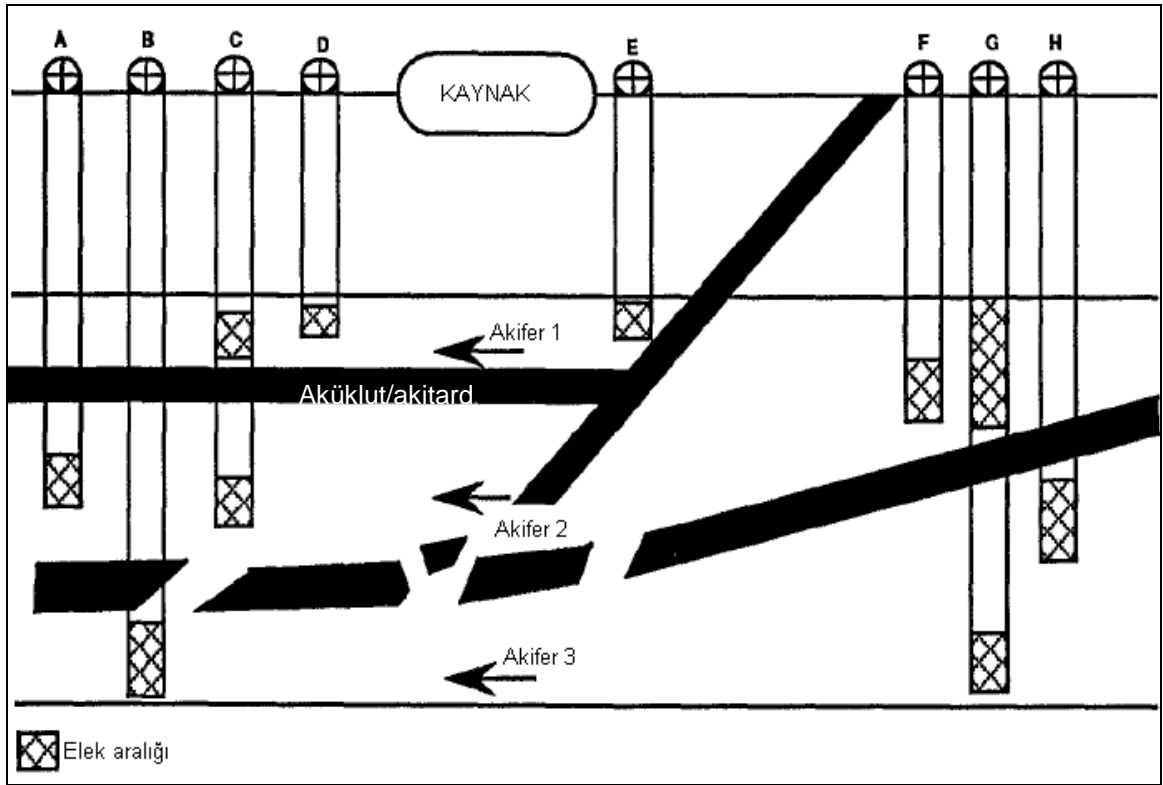


**Şekil 7.2.** Örnek: Hidrolik bağlantısı olmayan katlı ve çok akiferli sistem ve gözlem kuyusu yerleri

**Çizelge 7.2.** Yeraltı Suyu Referans ve Kirlenici Konsantrasyonlarının Belirlenmesinde Kullanılabilir Gözlem Kuyuları - Bağlantısız çok akiferli sistem (“+” uygun, “-” uygun olmayan ve “0” geçersiz kuyuyu göstermektedir)

AKİFER	Saha Örnekleri			Referans Örnekleri			
	A	B	C	D	E	F	G
Akifer 1	-	-	+	+	-	-	+
Akifer 2	-	+	-	-	+	-	-

Şekil 7.3; bağlantılı 3 adet akiferden oluşan bir sistem için potansiyel örnekleme kuyularını göstermektedir. Bu sistem için yeraltı suyu referans ve kirlenici konsantrasyonlarının belirlenmesinde kullanılabilir kuyular Çizelge 7.3'te verilmiştir.



**Şekil 7.3.** Hidrolik bağlantısı olan çok akiferli sistem ve gözlem kuyusu yerleri

**Çizelge 7.3.** Yeraltı Suyu Referans ve Kirlenici Konsantrasyonlarının Belirlenmesinde Kullanılabilir Gözlem Kuyuları – Bağlantılı çok akiferli sistem (“+” uygun, “-” uygun olmayan ve “0” geçersiz kuyuyu göstermektedir)

Akifer	Saha Örnekleri				Referans Örnekleri			
	A	B	C	D	E	F	G	H
Akifer 1	-	-	-	+	+	-	-	-
Akifer 2	+	-	-	-	-	+	-	-
Akifer 3	-	+	-	-	-	-	-	+

Akifer 1 için, sadece E kuyusu RD'in belirlenmesinde; D kuyusu ise saha ölçümü (ÖD veya HKSK) değeri belirleme kuyusu olarak kullanılabilir. Akifer 2 için ise, sadece F kuyusu RD'in belirlenmesinde; A kuyusu saha ölçümünde kullanılabilir. Akifer 2 ve 3 bağlı olmasına rağmen, H kuyusu RD'in belirlenmesi için uygun değildir, çünkü H kuyusunun elek kısmı akifer 3 içinde yer almaktadır. Akifer 3 için sadece H kuyusu RD örneklenmesinde; B kuyusu ise kirlilik konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılabilir. G ve C kuyularının elekleri, 2. ve 3. akiferler içinde olduğundan G kuyusu RD'in belirlenmesinde; C kuyusu ise kirlilik konsantrasyonunun belirlenmesinde kullanılamaz.

### **7.3 Yüzey Sularında RD Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi**

Yüzey sularındaki RD'in belirlenmesinde veya kirliliğin oluşup oluşmadığının belirlenmesinde su, sediman ve özellikle sedimanda yerleşmiş olan organizmalardan alınan doku örnekleri kullanılabilir. Ancak, kirlilik nedeniyle organizmaların yok olması durumunda, RD ve saha ölçümlerinin aynı tür organizma için yapılması gerektiğinden, organizma dokusu örnekleri kullanılamaz. Ancak, aynı ortamın RD ve saha ölçümleri karşılaştırılabilir. Örneğin sedimandaki ÖD ancak sedimandaki RD ile karşılaştırılabilir. Saha ve referans örnekleri benzer çevresel etkilere maruz kalmış olmalıdır. Örnekleme yerleri seçilirken yüzey sularında küçük bir alan içinde dahi su ve sedimanın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin değişebileceği göz önüne alınmalı, örnek alma yerleri buna göre seçilmelidir. Örneğin göllerdeki tabakalaşma, düşük debideki akarsularda karışımın az olması, nehir kollarının seyrelme üzerindeki etkileri gibi çevresel faktörler göz önünde bulundurulmalıdır. Genel olarak referans ve saha örnekleri arasında örneklerin alındığı yerlerin maruz kaldığı alanlardaki çevresel faktörlerde benzeşme aranmalıdır. RD ve ÖD (veya HKSK) örnekleri arasındaki benzeşme ve dolayısıyla karşılaştırılabilirlik Söap'de gösterilmelidir.

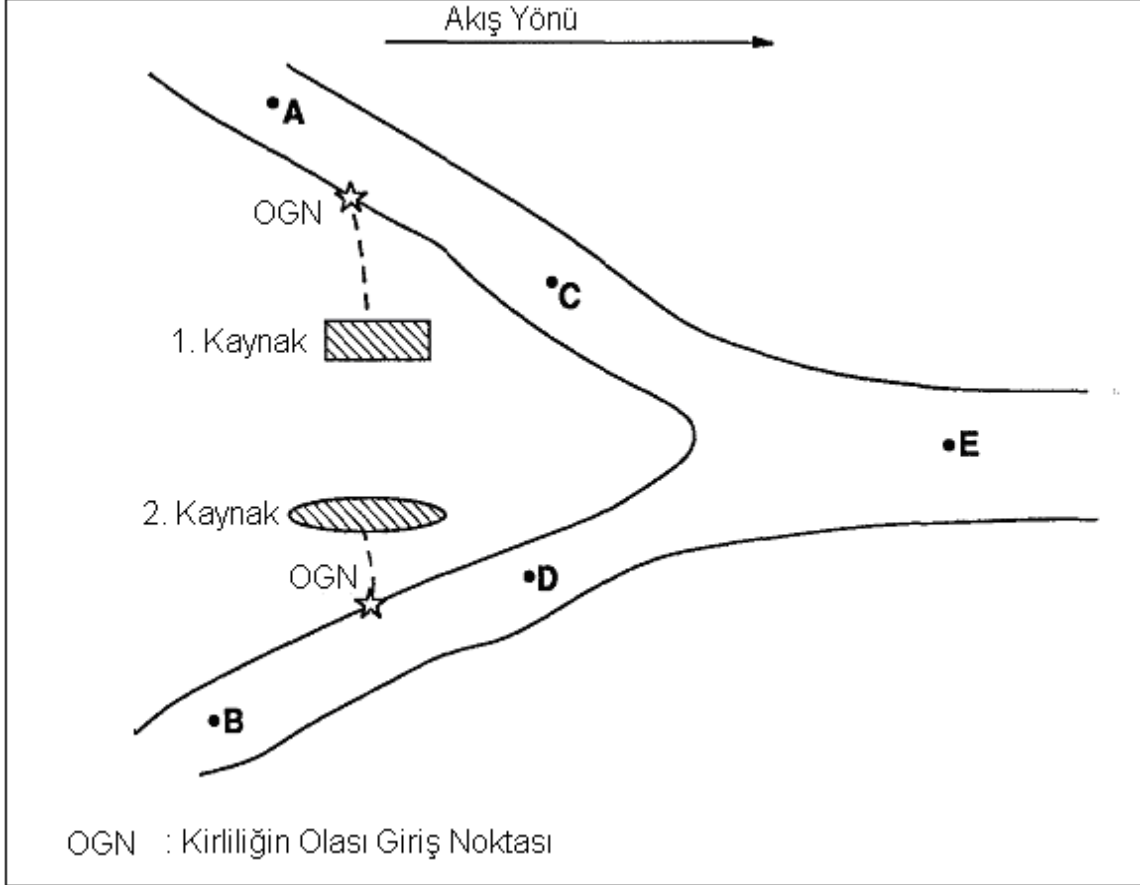
#### Tek yönde akışa sahip akarsularda RD ölçüm noktalarının belirlenmesi

Referans örnekler kirlenme girişi olduğundan kuşku edilen bölgenin akış-yukarı (membra), kirliliğin etkilemediği bölgeden alınmalıdır. Kirliliğin, yüzey akışıyla olabileceği ya da çok sayıda kaynağın (nehir yan kollarıyla da olabilir) varlığında olabileceği gibi, birden fazla giriş ile akarsuya ulaşıyorsa, birden fazla referans örnek noktasının kullanılması gereklidir. Mümkün olduğunca referans ve saha örnekleri akarsuyun benzer özellikler taşıyan bölgelerinden alınmalıdır. Örneğin, nehir kenarından alınan bir referans örnek nehir ortasından alınan saha örneği ile karşılaştırılmamalıdır.

Şekil 7.4'te iki kaynak tarafından kirletilen iki kollu bir nehir sistemi ve potansiyel örnekleme noktaları gösterilmiştir. Kirlilik derecesini belirlemek için kullanılacak uygun referans ve saha örnekleme noktaları Çizelge 7.4'te verilmiştir. Örneklemenin aynı zaman diliminde yapıldığı varsayılmıştır.

C noktasında alınan kirletici saha konsantrasyon örneği için RD'nin belirlenmesinde sadece A noktasından alınan örnek kullanılabilir. Çünkü tehlikeli madde konsantrasyonundaki artışın 1 numaralı kaynağa etki etme ihtimali bulunmaktadır. D noktasında alınan kirletici saha

konsantrasyon örneği için, tek uygun referans örnekleme yeri B noktasıdır. Çünkü tehlikeli madde konsantrasyonundaki artışın 2 numaralı kaynağa etki etme ihtimali bulunmaktadır. E noktasında alınan kirletici saha konsantrasyonu örneği için, uygun referans konsantrasyon örnekleri A ve B noktalarından alınacaktır. Çünkü kirlilik nehrin E noktasının ön kısmındaki kollarının birinden veya her ikisinden kaynaklanıyor olma ihtimali vardır.



**Şekil 7.4.** Tek yönde akışa sahip akarsu sistemi, kirletici kaynakları ve potansiyel örnekleme noktaları

**Çizelge 7.4.** İlgili saha örnekleri için kullanılabilir referans örnekleme noktaları – Tek yönde akışa sahip akarsular

Kirletici Konsantrasyon Örnekleri	Uygun Referans Konsantrasyon Örnekleri	
	A	B
Örnek C	+	-
Örnek D	-	+
Örnek E	+	+

“+” uygun, “-” uygun olmayı göstermektedir

#### Gölet ve benzeri izole su kütlelerinde RD belirleme

Gölet ve benzeri su kütlelerinden referans ve saha örneklerinin alınması tüm su kitlesinin kirlilikten etkilenmiş olabileceği olasılığı nedeniyle mümkün olmayabilir. Bu durumda gölete kirlenmediğinden emin olunan bir su kaynağı girişi varsa RD bu kaynaktan belirlenir. Böyle bir giriş yoksa, yakın bir bölgedeki benzer büyüklük ve özelliklerdeki göletler RD belirlenmesi için kullanılabilir. Eğer ilgili kirlenme için tarihsel veriler varsa bu verilerden yararlanılabilir.

#### Göl ve diğer büyük su kütlelerinde RD ölçüm noktalarının belirlenmesi

Küçük boyutlu göllerde kirlenme kaynağının etkisine maruz kalmamış olan yüzey sularının giriş yaptığı noktalar RD'nin belirlenmesi için uygun noktalardır. Akarsuların göle giriş yaptığı noktalar belirlenemiyorsa, göl içinde kirlenme noktasına mümkün olan en uzak noktadan referans örneği alınmalıdır. Eğer birden fazla kirlilik kaynağından giriş varsa göl içindeki referans örnek noktası tüm kaynaklara mümkün olduğunca eşit mesafede olacak şekilde ve ideal olarak kirlilikten etkilenmemiş bölgede olmalıdır.

#### Sedimanda RD ölçüm noktalarının belirlenmesi

Sediman özellikleri referans ve saha örnekleri için benzer olmalıdır. Sedimanın killi veya kumlu olması farklı kirlenmeler için farklı absorplanmaya neden olacağından (Örneğin, küçük kil parçacıkları metal ve hidrofobik tehlikeli organik kirlenmeleri daha büyük parçacıklı veya kum özelliğine sahip sedimana göre daha fazla absorplama kapasitesine sahiptir.), saha ve referans örneklerinin benzer toprak özellikleri göstermesi önemlidir.

#### Sedimandaki veya yüzey sularındaki organizmaların dokularından RD ölçümü yapılabilmesi için ölçüm noktalarının belirlenmesi

Kirlenmenin olup olmadığını belirlemek için kullanılacak organizmalar sadece sedimana tutunmuş olarak yaşayan hareketsiz organizmalardır. Kirlenmenin olup olmadığını göstermek amacıyla sünger, midye, istridye gibi organizmaların dokularından yararlanılabilir. Bu tür yaklaşımda bu organizmaların toplanacağı yerler yukarıda yüzey suları için geçerli olan örnekleme noktalarıdır.

### **7.4 Toprakta RD Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi**

Referans ve saha örneklerinin benzer toprak özelliklerine sahip yerlerden alınmasına dikkat edilmelidir. Bunun yanında referans örnek alınan bölgenin bozulmamış olması önemlidir. Drenaj alanları içindeki topraklar, kirli bölge ile aynı alan içinde değilse, referans örnekleme için uygun değildir. Ancak, kirlilik ile aynı drenaj alanı içindeki RD örnekleme yerinin kirlenmeden etkilenmemiş bir lokasyonda olmasına özen gösterilmelidir. Toprakta RD ölçüm noktalarının belirlenmesinde Bölüm 7.1'de verilen hususlara dikkat edilmelidir.

### **7.5 Havadaki RD'nin Belirlenmesi için Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi**

Havadaki RD ideal olarak kirlenmenin olduğu bölgedeki rüzgar yönüne göre yukarıda kalan noktalardan alınacak örneklerin analizi ile belirlenmelidir. Hakim rüzgar yönünde yapılan ölçümler yetersiz kalabilir. Rüzgar yönü ölçüm anında belirlenmelidir. Ölçüm anında rüzgar yönündeki değişiklikler izlenmelidir. Genel olarak referans ve saha örnekleri aynı anda alınmalı veya ölçülmeli, ölçümler benzer yükseklikler için yapılmalıdır. Toprağa yakın yapılan hava kalitesi ölçümlerinde rüzgar ile toprağın havaya karışabileceği ve kontaminasyona sebep olabileceği göz önünde bulundurulmalı, örnek alma yüksekliği buna göre belirlenmelidir. İç ortamlardan alınan örnekler RD belirlenmesinde kullanılamaz.

### **7.6 Toprak havasındaki RD'nin belirlenmesi**

Toprak havasında RD ölçümü yapılacaksa ölçüm yerlerinin seçiminde Bölüm 7.4'de verilen hususlar göz önünde bulundurulmalı, ölçüm yapılacak noktaların kirlenmeden etkilenmemiş bölgelerden seçimine dikkat edilmelidir.

## **BÖLÜM 8: SAHA VERİ KALİTESİ KONTROLÜ (VKK)**

### **8.1 Genel**

Örnekleme kalitesine önem verilmesi, örneklemenin amacına ulaşması için gereklidir. Örnekleme kalitesi, kirlenme boyutunu irdeleyebilecek lokasyonlardan (veya örnekleme amacına ulaşılmasını sağlayacak lokasyonlardan) ve belli kalite ölçütlerini sağlayabilecek sayıda (örneğin %95'lik güven aralığı ile) örnek alınması ile ilintilidir. Bu nedenle, örneklemenin yukarıda verilen koşulları sağlayabilecek şekilde tasarlandığı Söap'de irdelenmeli, elde edilen veriler istatistiksel yaklaşımlarla (Bölüm 4 ve 9'da olduğu gibi) incelenmelidir. Yukarıda verilen koşulların sağlanması yanında, ölçümlerin örnek alımı, taşınımı, analiz mekanına teslim edilmesi ve analizi süreçlerinde sahadaki durumu temsil etme özelliğini koruduğunu veya kontamine olmadığını tespit etmek gereklidir. Bu amaçla veri kalitesi kontrolü (VKK) örnekleri alınmalıdır. Hangi tür VKK örneklerinin alınacağı ve sayısı SÖAP'de belirtilmelidir. Analizlerin akredite olmuş veya Çevre ve Orman Bakanlığı'nca uygun görülen laboratuvarlarda yaptırılması gereklidir. Bu laboratuvarların analiz sırasında yapılması gereken analiz metodu ve kullanılan araçlarla ilgili veri kalite değerlendirmelerini yapmış olmaları beklenecektir.

### **8.2 Saha VKK Örnek Türleri**

Veri kalitesi kontrolü şahit örnekler yardımıyla yapılmalıdır. Üç tip saha VKK örnek türü incelenmelidir. Bunlar taşıma şahit örneği, yüklenmiş taşıma şahit örneği ve tekerrür şahit örneklerdir.

Taşıma şahit örneği analizi yapacak olan laboratuvar tarafından hazırlanmış, içinde kirlenmemiş, nemsiz kimyasal içeren örnektir. Bu örnek sahaya ağzı kapalı örnek kabında getirilir, saha örneklerinin alındığı süreç boyunca kabın ağzı açık tutulur. Örnek kabının ağzı daha sonra kapatılarak laboratuvara taşınır. Bir diğer seçenek ise taşıma şahit örneğinin laboratuvara ulaştığı zaman örnek kabının ağzının kapatılmasıdır. Taşıma şahit örneği sahadaki örnekleme süresi boyunca veya örneğin taşınımı sırasında kirlilik olup olmadığının belirlenmesine yardımcı olur. Analizi yapan laboratuvar bu örnekten alacağı sonuca göre analiz değerlerinde doğrulama yapmalıdır.

Yüklenmiş taşıma şahit örneği içinde belli miktarda standart solüsyon ve koruyucu madde ve kirlenmemiş su, toprak, sediman, hava örneği ihtiva eden örneklerdir. Bu örnekler örnekleme yapılmadan en geç 24 saat önce analizi yapacak olan laboratuvar tarafından hazırlanmalıdır. Bu örnekler sahaya açılmadan götürülmeli ve aynı şekilde laboratuvara geri ulaştırılmalı, daha sonra analiz yapılmalıdır. Bu örneklerde amaç taşıma sırasında ilgili kirlenici konsantrasyonunda bir değişiklik olup olmadığının belirlenmesidir. Bu örneklerle örneklerin stabilitesini belirlemek mümkündür. Yüklenmiş örnek sahada ölçülmek istenen tüm parametreleri içerecek şekilde

yüklenmelidir.

Tekerrür şahit örnekleri aynı noktadan aynı zamanda alınan örneklerdir. Bu örnekler sahadaki heterojenliği ve ölçüm değerlerindeki sapmayı göstermek için kullanılmalıdır.

Tekerrür örnekler tüm ölçüm parametreleri için, taşıma şahit örnekleri ise pH ve iletkenlik dışındaki tüm parametreler için gerçekleştirilmelidir. Yüklenmiş taşıma örnekleri ise dioksinler, furanlar ve ekstrakte edilebilen organik maddeler dışındaki tüm organikler için alınmalıdır.

### 8.3 Saha VKK Alma Sıklığı

VKK örnekleri alımı gerekliliği, incelenen ortama göre farklılık göstermekte olup aşağıda verildiği şekilde alınmalıdır. Taşıma ve yüklenmiş taşıma şahit örnekleri her örnekleme günü için en az 1 defa kullanılmalıdır. Tekerrür örnekleri ise her 20 örnek için en az bir adet olmak üzere alınmalıdır.

**Çizelge 7.5.** Farklı ortamlardan veri kalitesi örneklerinin alınma gerekliliği

Örnek alınan ortam	Taşıma Şahit Örneği	Yüklenmiş Taşıma Şahit Örneği	Tekerrür Şahit Örneği
Toprak			X
Sediman			X
Su	X	X	X
Hava	X		X



## **BÖLÜM 9: TEMİZLENMESİ GEREKEN KİRLENMİŞ SAHALARDA İZLEME VE TEMİZLEME SONLANDIRMA İÇİN SAHA TEMİZLEME HEDEFİNE ERİŞİLDİĞİNİN KANITLANMASI AMAÇLI ÖRNEKLEME YAPILMASI**

### **9.1 Genel**

Bu rehber kapsamında, temizleme sonlandırma kararının alınabilmesi için izlenmesi önerilen genel örnekleme yöntemleri verilmiştir. Temizleme kararı alınmış olan sahalarda temizleme işleminin performansını belirlemek amacıyla Temizleme Rehberi Bölüm 3.2'de verildiği kapsamda izleme yapılması gereklidir. Sahaya özgü şartlara ve temizleme teknolojisine bağlı olarak izleme noktaları belirlenmelidir. Bu konuda ayrıntılı bilgi EPA (2004) kaynağında bulunabilir.

Temizleme sonlandırma için sahaya özgü koşullar ve uygulanan temizleme yaklaşımına göre hedef kirlenici konsantrasyonlarının hangi bölge veya bölgeler içinde izleneceği belirlenmiş olmalıdır. Bu bölümde verilen örnekleme noktalarının ve örnek sayısının seçimi daha önce belirlenmiş olan bu bölgeler için yapılmalıdır.

### **9.2 Temizleme sonlandırma için toprak örnekleme**

Temizleme sonlandırma için temizlemenin izleneceği alanın büyüklüğüne göre örnek sayısı belirlenir. Örnek sayıları Tablo 9.1'de verilmiştir. Eğer birbiriyle ortak sınırı olmayan birden fazla bölgede temizleme sonlandırma için örnekleme yapılıyorsa, Tablo 9.1'de verilen asgari örnek sayıları her bir bölge için ayrı ayrı belirlenmelidir. Tablo 9.1'de verilen örnek sayılarının sahaya özgü koşullar bakımından yeterliliği SÖAP'de tartışılmalı, gerekiyorsa daha fazla sayıda örnek alınmalıdır. Örnekleme noktalarının lokasyonlarının seçiminde aşağıda anlatıldığı şekilde rastlantısal örnekleme metodu kullanılmalıdır. Örnekleme toprak altı için yapılıyorsa, örnekleme noktalarında toprak derinliğinden her 1 metrede (veya sahaya ve temizleme metoduna özgü belirlenen ve Komisyonca onaylanan farklı derinlik aralıklarında) bir örnek alınması yöntemi uygulanmalıdır.

**Tablo 9.1.** Temizleme sonlandırma için topraktan alınması gereken örnek sayıları

<b>Temizleme sonlandırma için izlenen her bir alanının büyüklüğü</b>	<b>Asgari örnek sayısı</b>
$\leq 50 \text{ m}^2$	5
$> 50 \text{ m}^2$	5 örneğe ilaven $50 \text{ m}^2$ 'nin üzerindeki her $10 \text{ m}^2$ için ilave 1 örnek. Örnek sayısı her zaman bir üst sayıya yuvarlanmalıdır.

Raslantısal örneklemede, örnek yerleri aşağıda verildiği şekilde belirlenir.

1. Örneklenecek alanın krokisi X-Y koordinat sistemi ile eşleştirilir. X ve Y koordinatlarının sınırları ( $X_{\min}$ 'den  $X_{\max}$ 'a  $Y_{\min}$ 'den  $Y_{\max}$ 'a) örneklenecek alanı içine alacak dikdörtgen şeklinde belirlenir (Şekil 9.1).
2. Rastgele sayı üreticisi kullanılarak 0'dan 1'e kadar sayılar üretilir. Rastgele sayı üretiminde bilgisayar ve hesap makinalarında bu amaçla bulunan program veya araçlardan ya da rastgele sayı tablolarından yararlanılabilir.
3. Aşağıda verilen denklemler kullanılarak örnekleme yapılacağı X ve Y koordinatları belirlenir.

$$X_i = X_{\min} + (X_{\max} - X_{\min})RS$$

$$Y_i = Y_{\min} + (Y_{\max} - Y_{\min})RS$$

Burada;

RS = oluşturulan rastgele sayı dizini içinde kullanılmamış bir sonraki rastgele sayı

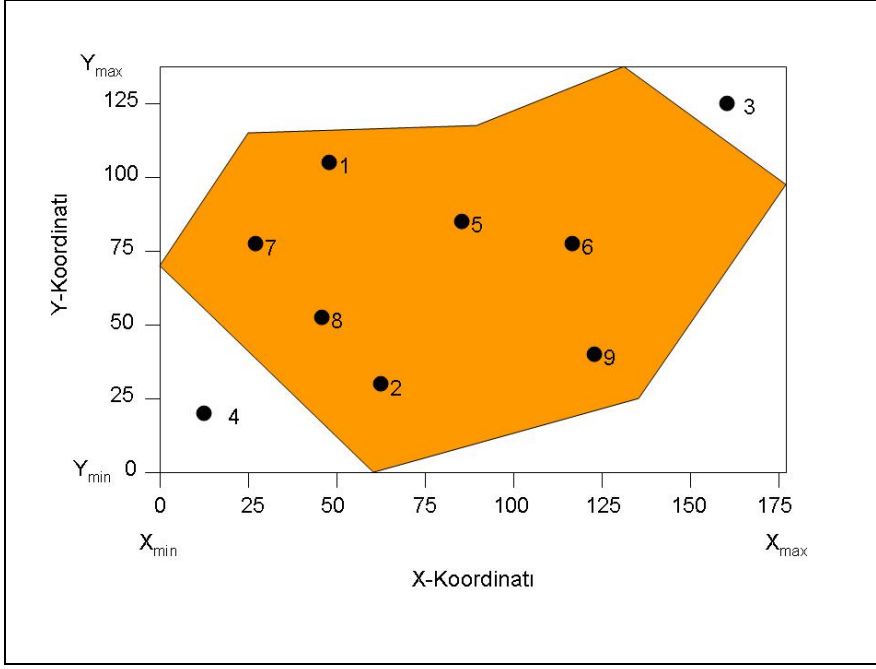
$X_i$  ve  $Y_i$  = i'nci örnek noktasının X ve Y koordinatları

$X_{\min}$  ve  $Y_{\min}$  = İki boyutlu düzlemde, örneklenecek sahayı içine alan dikdörtgen alanın sol alt köşesini tanımlayan X ve Y koordinatları

$X_{\max}$  ve  $Y_{\max}$  = İki boyutlu düzlemde, örneklenecek sahayı içine alan dikdörtgen alanın sağ üst köşesini tanımlayan X ve Y koordinatlarıdır

4. 3.basamakta belirlenen  $(X_i, Y_i)$  koordinatları örneklenecek alanın dışında kalıyorsa 3.basamak tekrarlanarak yeni bir nokta belirlenmelidir. Nokta, örneklenecek alanın içindeyse 5. basamağa geçilmelidir.
5.  $(X_i, Y_i)$  koordinatları, sahada rahat belirlenebilecek şekilde yuvarlanmalıdır. Örneğin, sahadaki ölçüm yerleri 5 m'den az hassasiyetle belirlenemiyorsa,  $X_i$  ve  $Y_i$  bu hassasiyeti göz önünde bulunduracak şekilde yuvarlanmalıdır.
6. Bir sonraki örnek noktasını  $(X_{i+1}, Y_{i+1})$  belirlemek için 3. basamağa geri dönmeli, işlemler istenilen sayıda örnek noktası belirleyene kadar tekrar edilmelidir.

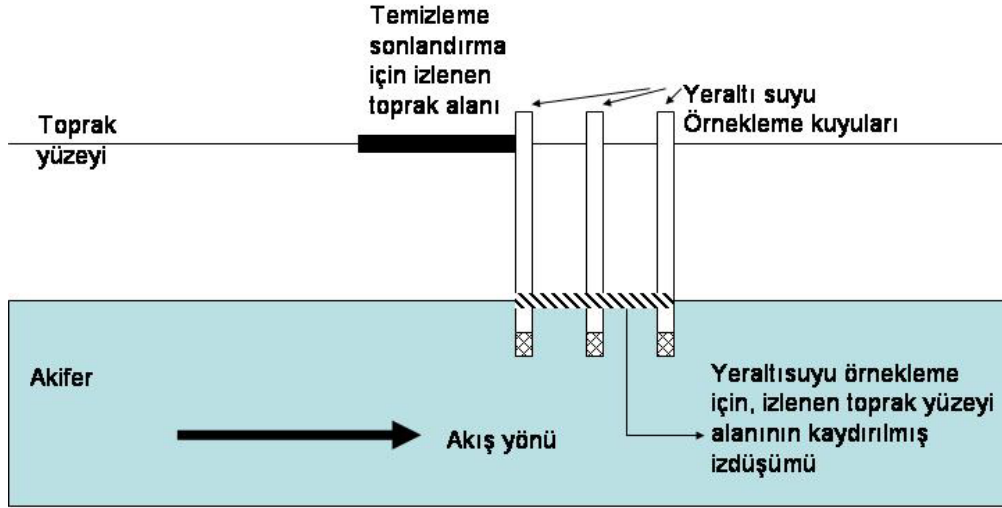
Şekil 9.1, rastlantısal örnekleme ile belirlenmiş örnek noktalarını hipotetik bir durum için göstermektedir. Bu şekilde 3 ve 4 numaralı örnek noktaları örnekleme için kullanılmayacaktır. Sahada izlenmesi gereken birbirinden farklı lokasyonlarda bulunan bölgeler mevcut ise, yukarıdaki işlemler her bir bölge için yeniden tekrarlanmalıdır. Bir bölge için kullanılan X ve Y koordinatları diğer bölgeye aynı şekilde aktarılamaz.



**Şekil 9.1.** Rastlantısal örnekleme metodu için örnek

### 9.3 Temizleme sonlandırma için yeraltı suyu örnekleme

Yeraltı suyunda temizleme hedeflerine ulaşıp ulaşılmadığının belirlenmesi için daha önce belirlenmiş olan temizlemenin izleneceği alanda sondaj delikleri açarak örnekleme yapılır. Temizlemenin izleneceği alanda halihazırda açılmış kuyu veya sondaj delikleri varsa bu noktalar örnekleme amaçlı kullanılabilir. Ancak bunların yeterliliği (örneğin kuyu ve elek derinliği, lokasyonu, vb.) SÖAP'de tartışılmalıdır. Temizleme sonlandırma için izlenen noktalarının en az 1'er tanesi akış yönüne göre izleme alanının en akış yukarı ve en aşağı akış yönünde olmalıdır. Örnekleme yapılacak nokta sayısı Tablo 9.2'de verildiği şekildedir. Bu tabloda verilen alanlar, temizleme sonlandırma için izlenen toprak alanının akış yönüne göre kaydırılmış izdüşümüne eşittir (Bakınız Şekil 9.2). Tablo 9.2'de verilen alanlar aynı akifer için geçerlidir. İzlemenin birden fazla akifer için olduğu durumda örnekleme noktası sayıları her bir akifer için belirlenmelidir. Sahaya özgü koşullar daha farklı noktalarda, yaklaşımlarda ve sayılarda yeraltı suyu örnekleme gerektiriyorsa bu SÖAP'de tartışılmalı ve Komisyon onayına sunulmalıdır.



**Şekil 9.2.** Temizleme sonlandırma için yeraltı suyu örnekleme alanı

**Tablo 9.2.** Temizleme sonlandırma için yeraltı suyundan örnekleme noktası sayıları

Temizleme sonlandırma için izlenen her bir alanının büyüklüğü	Asgari örnek sayısı
$\leq 50 \text{ m}^2$	3
$> 50 \text{ m}^2$	3 örnekleme noktasına ilaven $50 \text{ m}^2$ 'nin üzerindeki her $15 \text{ m}^2$ alan için ilave 1 örnekleme noktası. Örnekleme noktası sayısı her zaman bir üst sayıya yuvarlanmalıdır.

#### 9.4 Sahada temizleme hedefine ulaşıp ulaşılamadığının test edilmesi

Odaklanmış örnekleme yapılıyorsa, hem yüzey toprağında hem de yüzey-altı toprağında ölçülen temizlenme sonrası en yüksek HKSK, saha temizleme hedefi konsantrasyonu veya Kirlenmiş Saha Risk Değerlendirmesi Teknik Rehberinde (Bölüm 6) belirlenen temizleme risk düzeyi (TRD) ile karşılaştırılarak temizlemenin gerçekleşip gerçekleşmediğine karar verilir.

## KAYNAKLAR

[1] Department of Environment, 1994. Sampling strategies for contaminated lands, CLR Report No.4, Prepared by the Center for Research into the Built Environment, The Nottingham Trent University, Nottingham.

[2] EPA, 1989. Methods for evaluating the attainment of cleanup standards, Volume 1: Soils and Solid Media, Office of Policy, Planning, and Evaluation, EPA 230/02-89-042, Washington, DC.

[3] EPA, 2004. How to evaluate alternative cleanup technologies for underground storage tank sites, a guide for corrective action plan reviewers, EPA 510-R-04-002, Washington, DC.

[4] EPA, 1992. Hazard Ranking System Guidance Manual, PB 92-963377, EPA 9345.1-07, Washington, DC.

[4] Gilbert, R.O., 1987. Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring, John Wiley & Sons, Inc., Toronto.