

Kirlenmiş Sahaların Yönetiminde Önemli Başlıklar

Prof.Dr. İpek İmamoğlu
Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Çevre Mühendisliği Bölümü



Güçlü bireyler.
Güçlü toplumlar.

Eğitim Programı

10:00 -10:45	Kirlenmiş Sahaların Yönetiminde Önemli Başlıklar: Saha, Kirleticiler, Teknolojiler, Risk Değerlendirmesi
10:45 -11:00	Çay- Kahve Molası
11:00 -11:45	Kirlenmiş Saha Temizleme/İyileştirme Teknolojileri Kılavuzunun Kullanımı
11:45 -12:00	Çay- Kahve Molası
12:00 -12:45	Kirlenmiş Sahalarda Karşılaşılabilecek Kirleticiler ve Uygun Teknolojiler: Temel Bilgiler ve Örnek Uygulamalar - I
12:45 -14:15	Öğle Arası
14:15 -15:00	Kirlenmiş Sahalarda Karşılaşılabilecek Kirleticiler ve Uygun Teknolojiler: Temel Bilgiler ve Örnek Uygulamalar - II
15:00 -15:15	Çay- Kahve Molası
15:15 -16:00	Kirlenmiş Sahaların Temizleme/İyileştirme süreçlerinde diğer önemli konular: Referans nokta seçimi, temizleme sonrası ortaya çıkan atıklar, izleme faaliyetleri
16:00 - 16:30	Soru ve Cevaplar

Eğitmen Hakkında

Eğitim

2001, Doktora

Dept. of Civil Engineering and Mechanics
University of Wisconsin-Milwaukee,
Milwaukee, Wisconsin, ABD

1996, Y.Lisans

Department of Civil Engineering
University of Newcastle upon Tyne, İngiltere

1995, Lisans

Çevre Mühendisliği Bölümü
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Akademik Görevler

2014-

Profesör, ODTÜ

2009-2014

Doçent, ODTÜ

2003-2009

Y.Doç.Dr., ODTÜ

2002-2003

Öğr.Gör.Dr., ODTÜ

1998-2001

Araş. Gör.,UWM, ABD

1997-1998

Araş. Gör.,ODTÜ

Eğitmen Hakkında

- Doktora 1998-2001
 - **PCBlerle kirlenmiş nehir sedimanlarında kaynak belirleme ve akıbetin modellenmesi**
- TÜBİTAK ve ODTÜ-Bilimsel Araştırma Projeleri
 - Yürütücü, "**Bromlu Alev Geciktiricilerin Sucul Sedimanlardaki Akıbetinin İncelenmesi**", TÜBİTAK-1001 Proje No: 115Y122, 2015 – devam etmekte.
 - Yürütücü, "**Eymir Gölü Arazisinde Trafo Yağı Kaynaklı PCB Kirliliğinin Belirlenmesi, Modellenmesi ve PCBli Trafo Yağlarının Bertarafının İncelenmesi**", ODTÜ-Bilimsel Araştırma Fonu, Proje No: BAP -03-11-2009-01, 2009-2011.
 - Yürütücü, "**Türkiye'nin Poliklorlu Bifeniller Kaynaklı Kirlilik Durumunun Belirlenmesi ve bu Kirleticilerin Akıbetinin İncelenmesi**", TÜBİTAK-KARİYER Proje No: 104I126, 2005 – 2010.
- Doktora ve Yüksek Lisans Tezleri, makaleler
- Danışmanlıklar (ör. KOKlar için Ulusal Uygulama Planı ve Türkiye'de KOK Tüzüğü'nün Uygulanması için Teknik Yardım Projesi)
- Eğitimler

Eğitimin Hedefleri

- Kirlenmiş saha nedir?
- Sahaların kirlenmesine hangi kirleticiler neden olur? Temel özellikleri nelerdir?
- Saha ile ilgili temizlemeyi etkileyen önemli özellikler nelerdir?
- Risk bazlı değerlendirme nedir?
- Kirlenmiş sahaların iyileştirilmesinde hangi teknolojiler kullanılmaktadır? Seçim kriterleri nelerdir?
- Hangi teknolojiler hangi tip saha ve kirleticiler için uygundur?
- ...

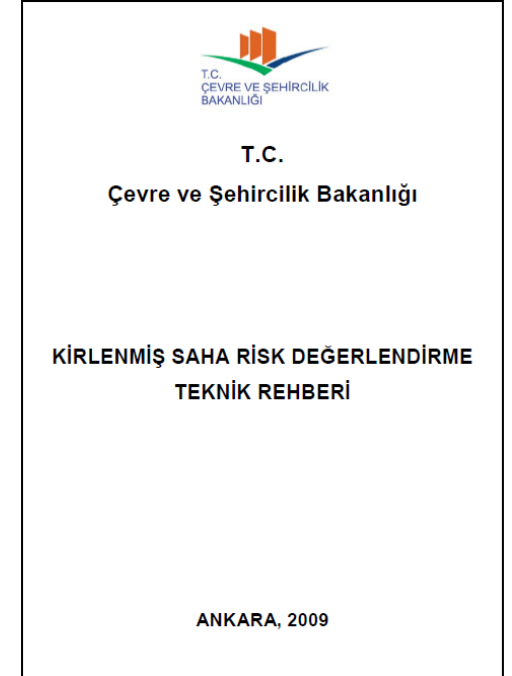
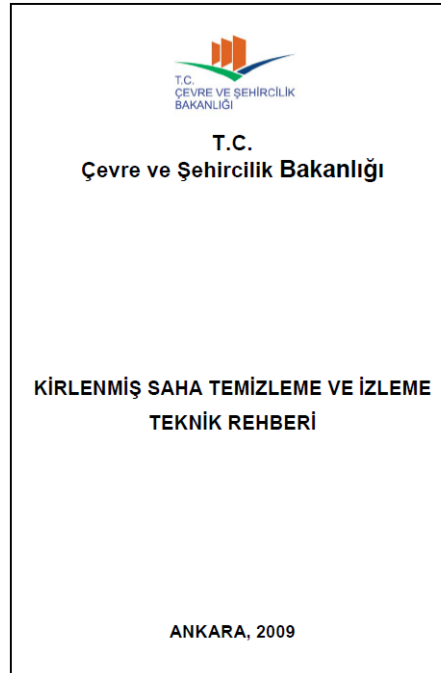
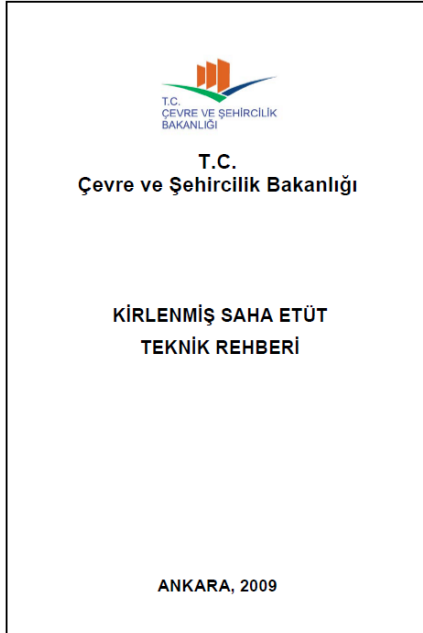
Önemli Dokümanlar

- **Kirlenmiş Saha Temizleme/İyileştirme Teknolojileri Kılavuzu**



Önemli Dokümanlar

- Kirlenmiş Saha Etüt Teknik Rehberi
- Kirlenmiş Saha Temizleme ve İzleme Teknik Rehberi
- Kirlenmiş Saha Risk Değerlendirme Teknik Rehberi



Önemli Dokümanlar

- Diğer...

PERSISTENT ORGANIC POLLUTANTS: CONTAMINATED SITE INVESTIGATION AND MANAGEMENT TOOLKIT

Superfund Green Remediation Strategy

September 2010



Hazardous Waste Clean-Up Information (CLU-IN) On-line Characterization and Remediation Databases Fact Sheet

September 2011

This fact sheet provides an overview of the 10 on-line characterization and remediation databases available on the Hazardous Waste Clean-Up Information (CLU-IN) website (www.cluin.org/databases) sponsored by the U.S. Environmental Protection Agency's (EPA) Office of Superfund Remediation and Technology Innovation (OSRTI), Technology Innovation and Field Services Division (TIFSD). These databases provide information about pilot- and full-scale applications of innovative site characterization and treatment technologies for EPA remedial project managers, other federal and state personnel, consulting engineers, technology developers and vendors, remediation contractors,



ALTERNATIVE LANDFILL COVERS (WWW.CLUIN.ORG/PRODUCTS/ALTCOVERS)

Alternative landfill cover (ALC) systems are increasingly considered for use at waste disposal sites when equivalent performance to conventional final cover systems can be demonstrated or where some moisture is

required to sustain biological processes. They have been implemented at sites such as municipal solid waste landfills, hazardous waste landfills, and radioactive waste sites. Unlike conventional covers that use materials with low hydraulic permeability, ALCs are designed to manage hydrological processes at an area, including precipitation, soil water storage, surface runoff, evapotranspiration, and infiltration to minimize percolation.



IN SITU THERMAL TREATMENT (WWW.CLUIN.ORG/PRODUCTS/THERMAL)



*manual for
the management
& remediation
of petroleum
hydrocarbon
contaminated
soil & sediments*

July 2009



International Centre
for Soil
and Contaminated Sites



MANUAL
FOR
BIOLOGICAL
REMEDIATION
TECHNIQUES



U.S. Environmental Protection Agency
Office of Solid Waste and Emergency Response
Office of Superfund Remediation and Technology Innovation

Love Canal

- Love Canal, New York, ABD
- 1920ler – 1953 arasında Hooker Chemical Company tarafından atık kimyasal varillerin depolandığı bir saha olarak kullanılan eski bir kanal
 - 83 farklı kimyasal, 11 tanesi muhtemel kanserojen statüsünde
- 1953 – Şirket 1 USD bedel ile belediyeye satıyor
- 1960lar - Kanala birkaç yüz adet ev ve bir okul inşa ediliyor
- 1978 - Yağmurlar, varillerin sızdırması, hava, toprak ve yeraltı suyu kirliliği
- Ve sonrası - İnsan sağlığına ciddi etkiler
 - Solunum yolu problemleri
 - Düşükler, nesiller boyu sakat doğumlar...

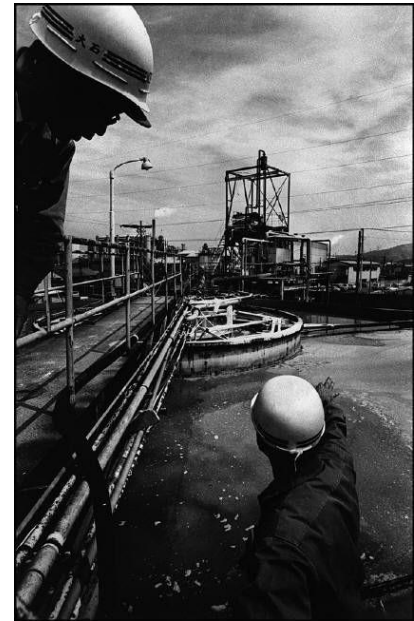




Bir başka kötü örnek...

- Minemata Koyu, Kyushu Adası, Japonya
- 1932 – 1968: Chisso Co. Ltd. Kimyasal fabrikasından koya yaklaşık 27ton cıva (Hg) atılmıştır.
- Cıva deniz sedimanlarında anaerobik aktivite ile metil cıvaya dönüşmüştür (MeHg)

- 1956 - Koy civarında yaşayan insanların ana besin maddesi olan deniz ürünlerinin MeHg ile ciddi olarak kirlenmiş olduğu ancak insanlarda ciddi hastalıklar baş gösterdiğinde ortaya çıkmıştır.
- 1959 - Metil cıva zehirlenmesine “Minemata hastalığı” adı verilmiştir.
- 3000’den fazla insan etkilenmiş, 1000’den fazla insan hayatını kaybetmiştir. İnsan sağlığına etkileri yeni nesillerde de sürmektedir.



Güncel bir örnek...

- Hudson Nehri, New York, ABD
- 1940lar-1970: General Electric Co.
 - Poliklorlu bifenillerin trafo ve kapasitörlerde kullanımı
 - Atıksular ile PCBlerin nehre atılması
- Nehir sedimanlarının çok yüksek derişimlerde kirletilmesi
- Deniz ürünlerinin tüketimi, nehirde navigasyon kaynaklı yapılan işlemlerle kirliliğin suda yükselmesi
- 2009 – 2015: Nehrin yaklaşık 60 km'lik bir kesiminden, 2.65 milyon m³ kirlenmiş kirlenmiş nehir sedimanı kazılarak çıkartılmış ve tehlikeli atık düzenli depolamaya gönderilmiştir.

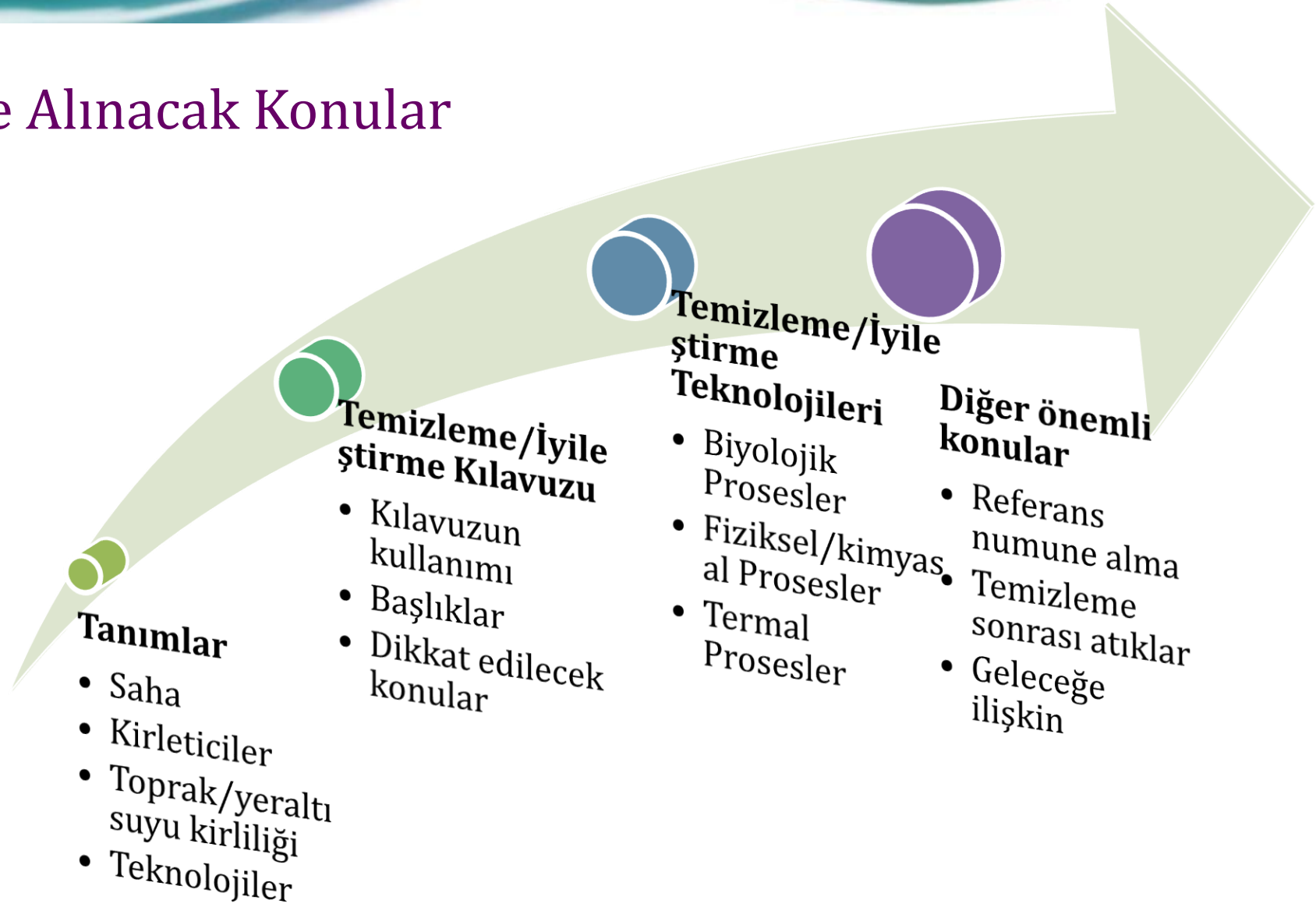


Amaç

Ülkemizde kirlenmiş sahalardan kaynaklanan çevresel problemlerin ve insan sağlığına olan risklerin en aza indirilmesi

- Kirlenmiş sahaların tespit edilmesi
- Kirliliğin karakterize edilmesi
- Kirlilik ile ilgili, gerektiği takdirde, risk değerlendirme çalışmalarının gerçekleştirilmesi
- Temizleme yöntem ve teknolojilerinin belirlenerek uygulanması
- İzleme ile saha iyileştirmenin etkinliğinin değerlendirilmesi

Ele Alınacak Konular



Kirlenmiş Sahaların Risk Bazlı Yönetimi

Kaynak

Taşıyım Yolu

Alıcı

Kaynağın Ortadan
Kaldırılması

Taşıyımın
kontrolü

Koruma

Saha
İyileştirme

Saha
İyileştirme

Mevzuat

- ✓ Parçalama
- ✓ Ekstraksiyon

- ✓ Stabilizasyon
- ✓ Sabitleme

- ✓ Arazi kullanım kısıtlamaları

Kirlenmiş Sahaların Yönetimi

Kaynak

- Kaynağın ortadan kaldırılması, iyileştirme/temizleme teknolojileri yardımıyla gerçekleştirilebilir

Taşıma Yolu

- Taşıma yolunun kontrolü aslında zincirin bir halkasının kırılmasıdır. Böylelikle sızma veya başka şekilde kirliliğin yayılması engellenir

Alıcı

- Kirliliğin herhangi bir alıcıyla ulaşmasının engellenmesi (koruma), arazinin kullanım kısıtlamalarının değiştirilmesi anlamına gelebilir

Kirlenmiş Sahaların İyileştirilmesi

- Dünya çapında yaklaşık 100 milyon hektar kirlenmiş saha olduğu tahmin edilmekte
- Bunun yaklaşık 20 milyon hektarı Batı Avrupa'da
- ABD'de yaklaşık 32.000 adet kirlenmiş saha
- AB'de 150.000 adet kirlenmiş saha
- > 30.000 adet hemen müdahale edilmesi gereken saha
- > 1 milyar m³ kirlenmiş toprak

Kirlenmiş Sahaların İyileştirilmesi – Ekonomik pazar

	Yıl 1990 (milyar USD)	Yıl 2000 (milyar USD)
AB	≈ 3.5	≈ 9.0
Japonya	≈ 1.5	≈ 4.0
ABD	≈ 6.0	≈ 15.5
Toplam	≈ 10.0	≈ 28.5

- Çok hızlı gelişen bir pazar.
- Artan talepler ile teknoloji çok hızlı gelişmekte.
- Çok çeşitli iyileştirme teknolojileri bulunmakta.

Kirlenmiş Saha Terminolojisi

TOPRAK KİRLİLİĞİNİN KONTROLÜ VE NOKTASAL KAYNAKLI KİRLENMİŞ SAHALARA DAİR YÖNETMELİK

- Kısaltma: TKKNKKSDY → kısaca “Yönetmelik”
- MADDE 4 – TANIMLAR
a)’dan z)’ye ve aa)’dan ll)’ye

Toplam 43 adet farklı tanım mevcut!

Kirlenmiş saha nedir?

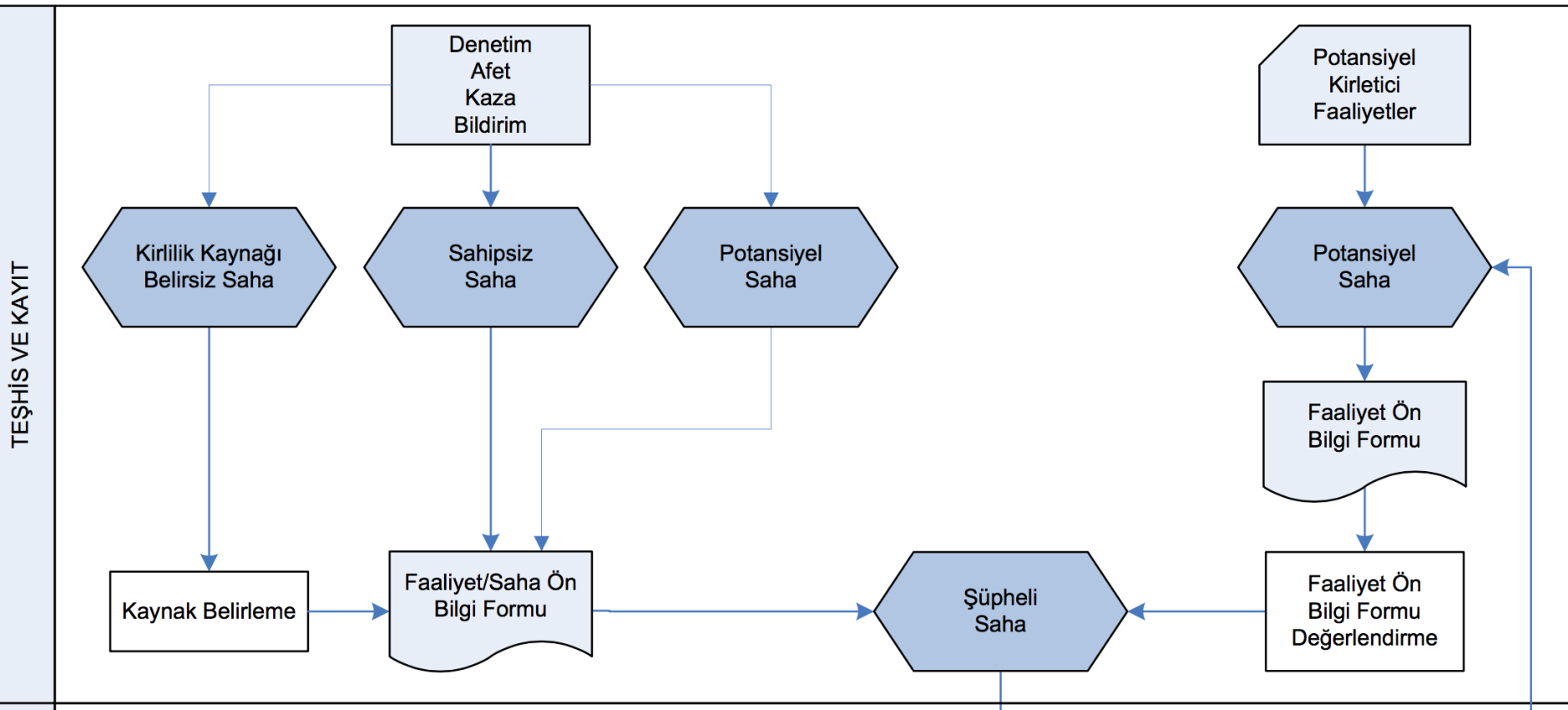
- **Kirlenmiş saha veya tesis:** Şüpheli sahalar arasında yer alan, Yönetmelikte öngörülen Birinci Aşama Değerlendirme veya İkinci Aşama Değerlendirme sonucunda, mevcut toprak kullanımı veya gelecekteki muhtemel toprak kullanımı dikkate alındığında, insan ve çevre sağlığı bakımından önemli ölçüde risk oluşturan, insan faaliyetlerinden kaynaklanan tehlikeli kirletici maddelerin bulunduğu teyit edilen ve temizlenmesi gerektiğine karar verilen sahayı veya tesisini ifade eder.

Kirlenmiş saha nedir?

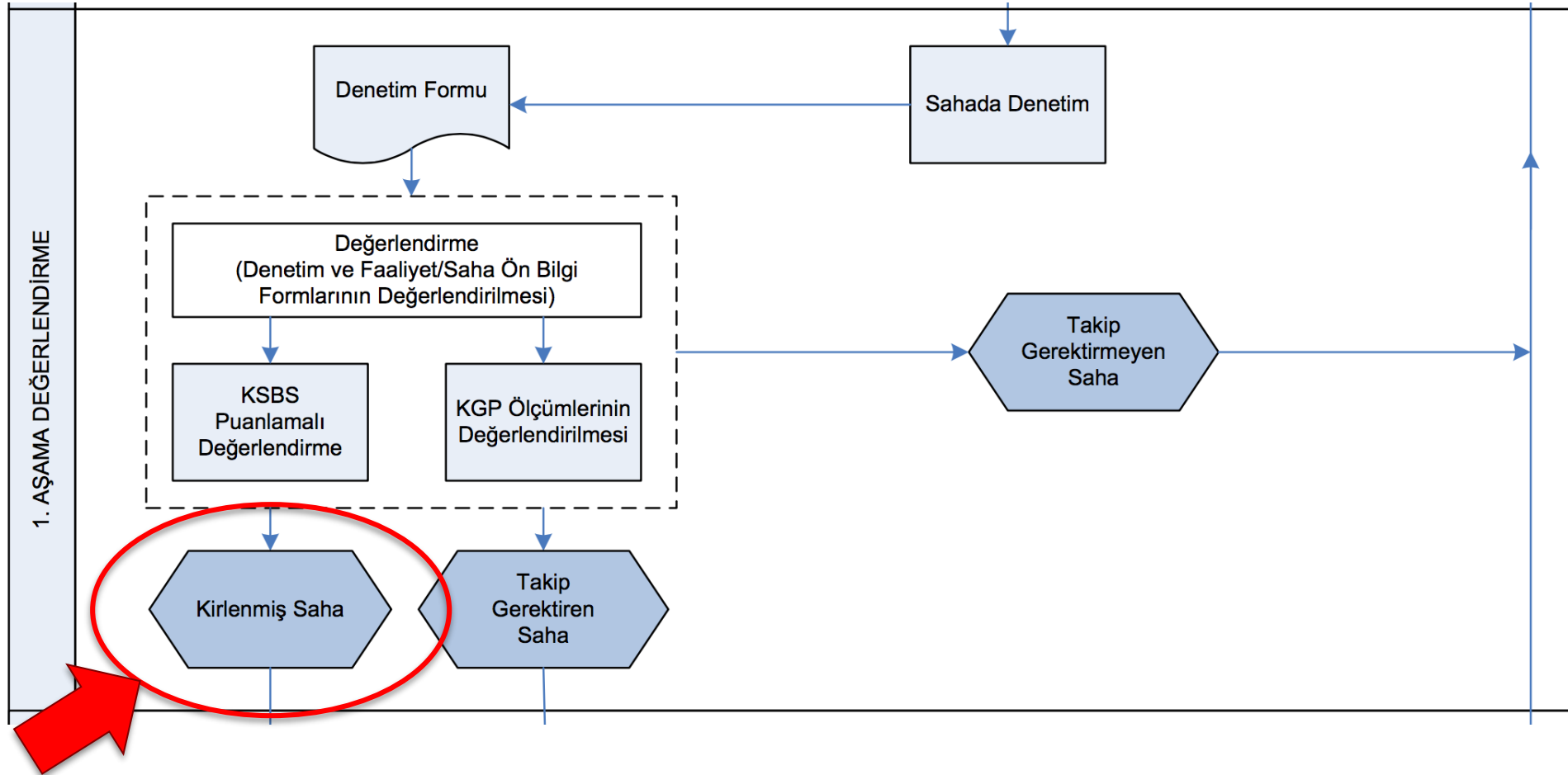
- **Kirlenmiş saha (kısaltılmış):**

*... insan ve çevre sağlığı bakımından **önemli ölçüde risk** oluşturan, insan faaliyetlerinden kaynaklanan **tehlikeli kirletici maddelerin bulunduğu teyit edilen ve temizlenmesi gerektiğine karar verilen saha...***

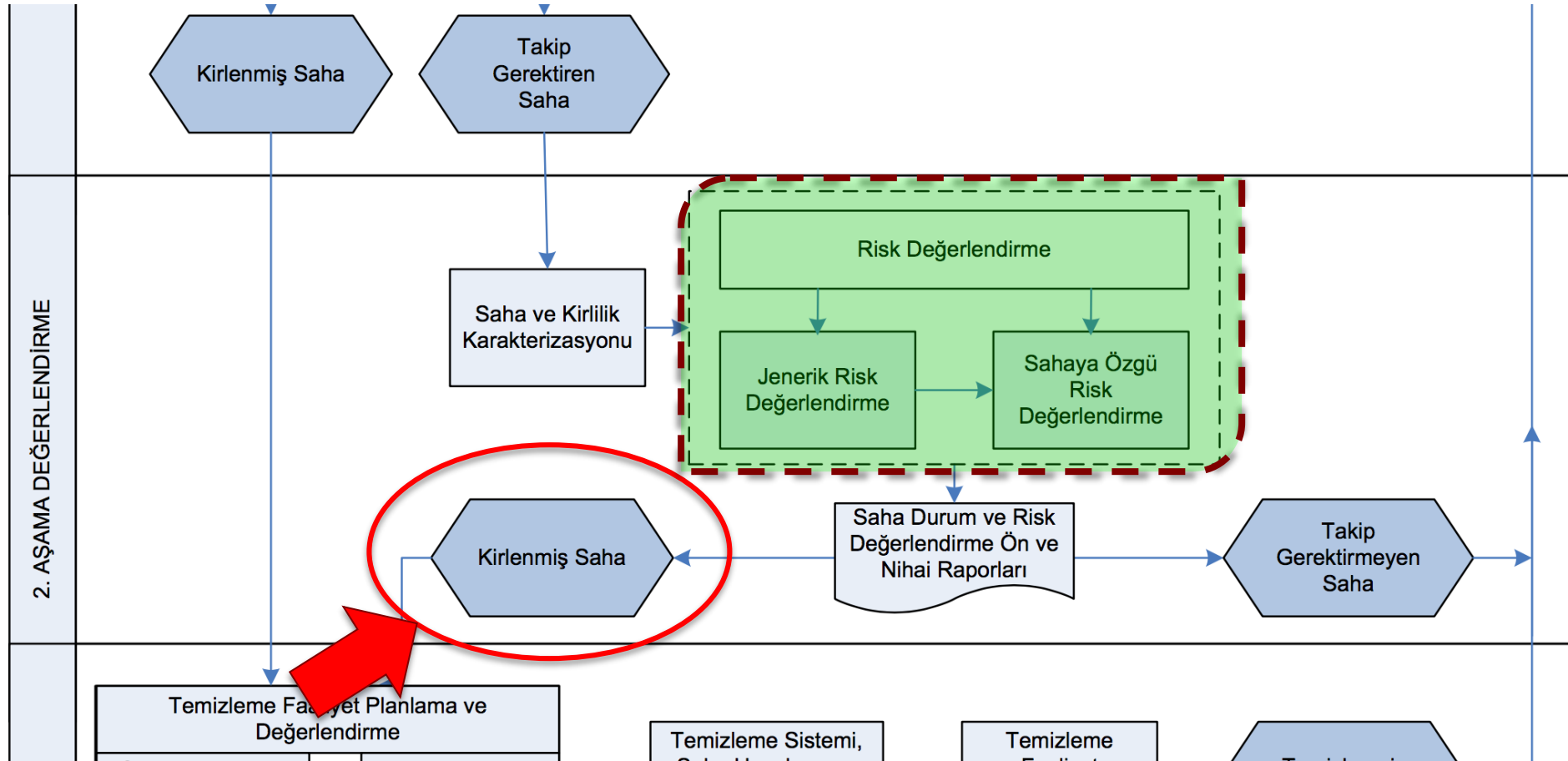
Kirlenmiş Saha Yönetim Sistemi – Teşhis ve Kayıt



Kirlenmiş Saha – 1. Aşama Değerlendirme



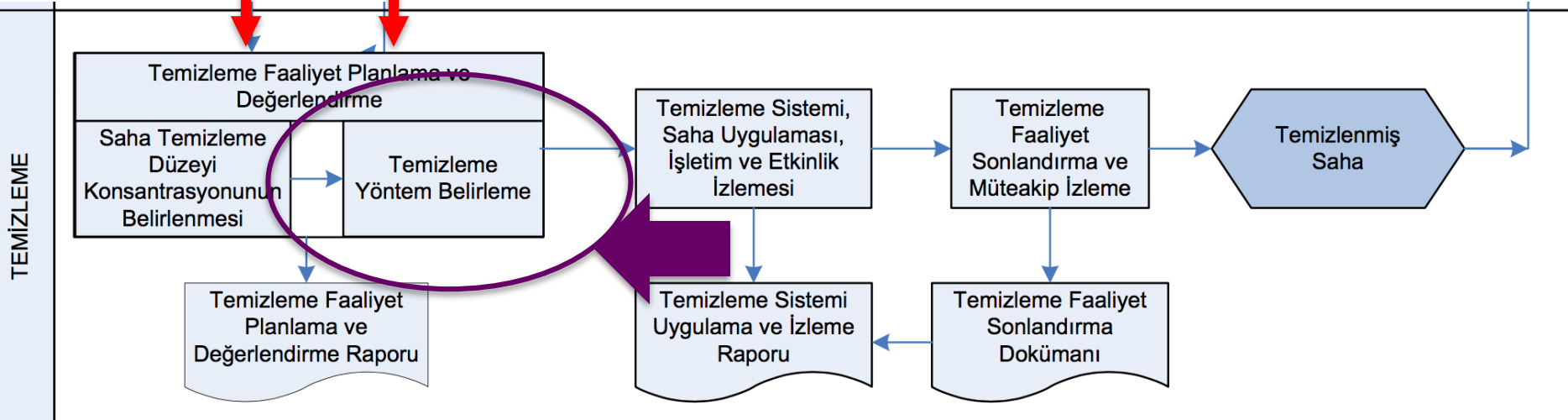
Kirlenmiş Saha – 2. Aşama Değerlendirme



Kirlenmiş Saha - Temizleme

**Birinci
Aşama**

**İkinci
Aşama**





Kirlenmiş Sahaların İyileştirilmesi

Temel Bilgiler

Saha özellikleri



- Toprak ve yeraltı suyu ile birlikte düşünülmelidir.
- Toprak özellikleri: fiziksel, kimyasal ve biyolojik
 - Kimyasal: ör. pH, organik karbon, kirletici konsantrasyonu
 - Fiziksel: ör. Jeoteknik özellikler, su tutma kapasitesi
 - Biyolojik: ör. Toprak verimliliği, biyoçeşitliliği destekleyen habitat
- Yeraltı suyu özellikleri: fiziksel, kimyasal, biyolojik
 - Fiziksel: ör. Yeraltı suyu seviyesi, kapalı/açık akifer, akıtarı vd.
 - Kimyasal: ör. Anyon/kasyonlar, pH, kirletici konsantrasyonu
 - Biyolojik: ör. Bakteri veya organik madde

Saha özellikleri _ VIDEO



Saha özellikleri

- **Kirlenmiş toprak:** Bu Yönetmelikte öngörülen birinci aşama değerlendirme veya ikinci aşama değerlendirme sonucunda, mevcut toprak kullanımı veya gelecekteki muhtemel toprak kullanımı dikkate alındığında, bünyesinde **insan ve çevre sağlığı bakımından önemli ölçüde risk oluşturan**, insan faaliyetlerinden kaynaklanan tehlikeli kirletici maddelerin bulunduğu **teyit edilen ve temizlenmesi gerektiğine** karar verilen toprağı ifade eder.

Saha özellikleri

- **Noktasal kaynaklı toprak kirliliği:** Tehlikeli atıkların toplanması, taşınması, geçici ve ara depolanması, geri kazanımı, yeniden kullanılması ve bertarafı sırasında meydana gelebilecek **kazalar** sonucunda veya tehlikeli atıkların **mevzuata aykırı** şekilde yukarıdaki **faaliyetlere** konu olması sonucunda ya da sanayi tesislerindeki çeşitli tehlikeli kimyasal maddelerin depolanmaları ve nakledilmeleri sırasında meydana gelebilecek **kazalar veya afetler** sonucunda oluşan **döküntü veya sızıntı** ve benzeri gibi noktasal kaynaklardan dolayı oluşan toprak kirliliğini ifade eder.

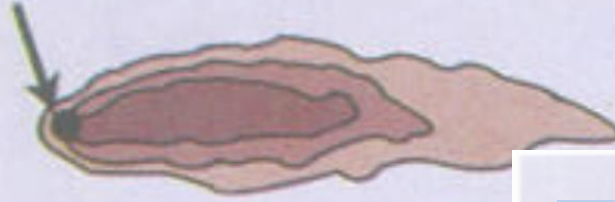


Kirlilik Kaynağı

- **Kirlilik kaynağı:** Kirleticilerin **bulunduğu, yayılmaya başladığı** veya **toprak veya yeraltı suyunda en yüksek** hedef kirletici konsantrasyonlarının belirlendiği nokta ya da alanı ifade eder.

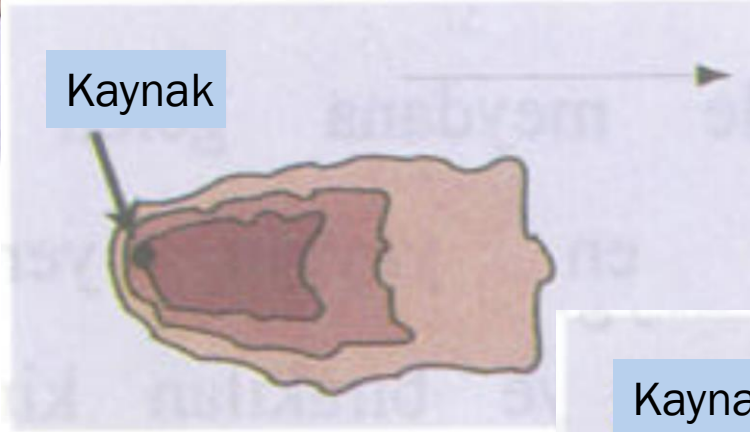
Kirlilik Kütlesinin Tipleri

Kaynak



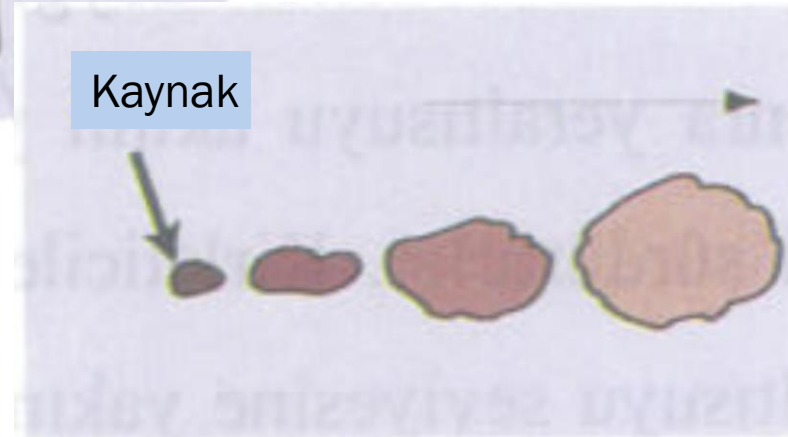
Kirleticinin **sürekli uygulanması** ve **hızlı akım**, uzun ve **dar bir kütle** meydana getirir.

Kaynak



Kirleticinin **sürekli uygulanması** ve **yavaş akım**, daha **geniş bir kütle** meydana getirir.

Kaynak



Kirleticinin **aralıklarla uygulanması**, azalan konsantrasyonlarda **bir seri küçük kütleler** meydana getirir.

Kirlenmiş Saha Terminolojisi - Kirleticiler

- **Hedef kirletici:** *İncelemeye tabi tutulacak şüpheli saha için kirlilik kaynağı ile ilgili olarak insan sağlığı ve çevre açısından dikkate alınması ve sahada toplanacak numunelerde ölçümü yapılması gereken kirletici maddeyi ifade eder*
- **Kirletici madde:** *Çevresel kirliliğe yol açan ve EK-1'de listesi verilen maddeleri ifade eder*
 - EK-1'de **toplam 155 adet** satır bulunmakta
 - Kirleticiler tekil veya bağlı oldukları kimyasal grupları ile ifade edilmiş durumda (ör. Asenaften - Toplam Petrol Hidrokarbonları)

Kirlenmiş Saha Terminolojisi - Kirleticiler

- **Kirletici madde (devam):**

- EK-2: Kirlilik Gösterge Parametreleri Listesi, Potansiyel Toprak Kirletici Faaliyetler ve Faaliyete Özel Kirlilik Gösterge Parametreleri

- **Tablo 1. Kirlilik Gösterge Parametreleri Listesi**

- ✧ 5 + 21 adet kirletici

- Metaller

- Organikler (TVOCs, BTEX, TPH, TOX)

- Asbest

- ✧ pH

- ✧ Yağ ve gres

Kirlenmiş Saha Terminolojisi - Kirleticiler

- **Kirletici madde (devam):**

- **Tablo 2. Potansiyel Toprak Kirletici Faaliyetler ve Faaliyete Özel Kirlilik Gösterge Parametreleri Listesi**

- ✧ NACE kodu

- ✧ Endüstriyel Faaliyet

- ✧ Faaliyete Özel Kirletici Gösterge Parametreleri (Tablo 1’de listelenenler belirtilmektedir)

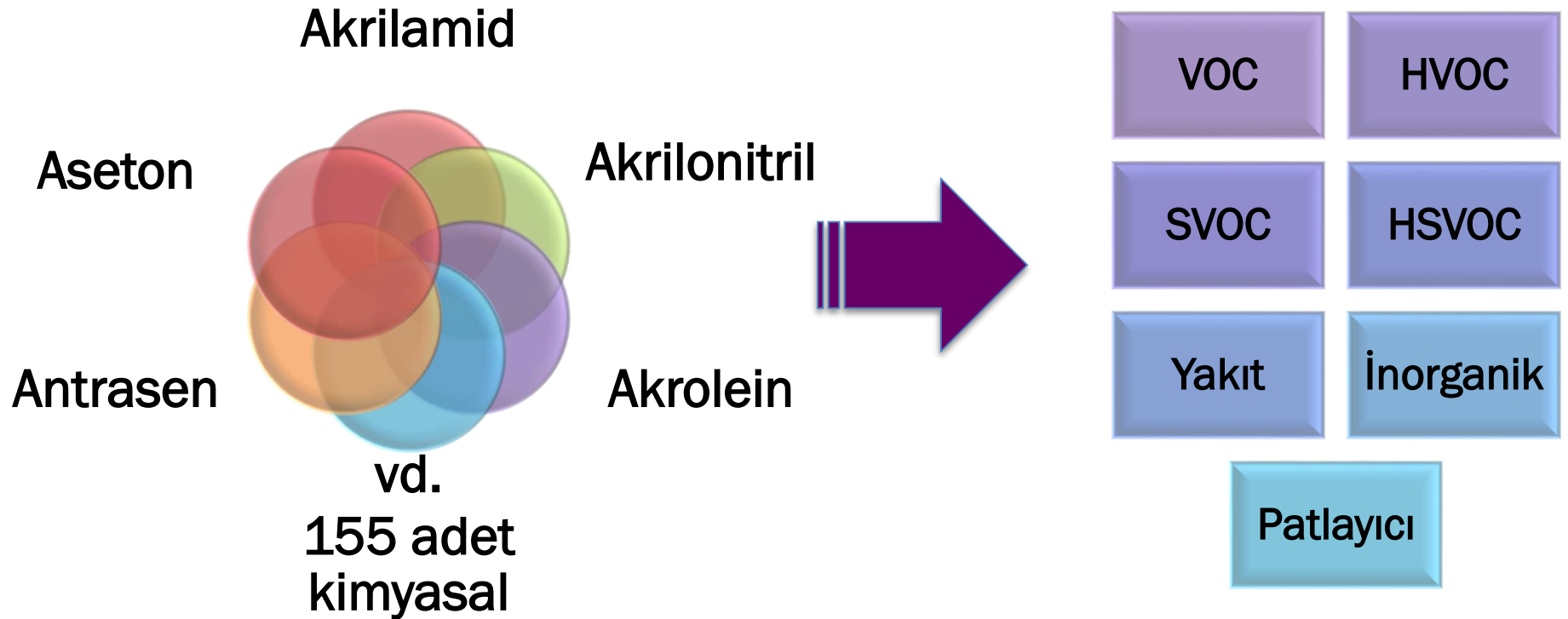
Kirletici Grupları

- Çok farklı şekilde kategorilere ayrılabilir
 - Kimyasal grupta: Organik veya inorganik (TPH, metaller, vd.)
 - Kaynak/kullanıma göre grupta: pestisit, endüstriyel kimyasal, vd.
 - Fizikokimyasal özelliklerine göre grupta: uçucu organik bileşikler - VOCs, yarı uçucu organikler sVOCs, vd.

Toplam Petrol Hidrokarbonları (Alifatik) (EC5 - EC8) ⁴
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Alifatik) (EC8> - EC16) ⁴
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Alifatik) (EC16> - EC35) ⁴
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Aromatik) (EC5 - EC9) ⁴
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Aromatik) (EC9> - EC16) ⁴
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Aromatik) (EC16> - EC35) ⁴

- Kirlenmiş sahaların temizlenmesi aşamasında teknoloji seçimi ile ilgili olan gruptandırma bizim için önemli

Kirletici Grupları



Kirletici Grupları

Kılavuzda teknolojilerin uygulanabilirliğinin tartışılması amacıyla kirleticiler yedi gruba ayrılmıştır:

- Halojen içermeyen uçucu organik bileşikler (VOC)
- Halojen içermeyen yarı uçucu organik bileşikler (SVOC)
- Halojenli VOCler (HVOC)
- Halojenli SVOCler (HSVOC)
- Yakıtlar → aslında VOC sınıfına girebilir ama ayrı ele alınmıştır
- İnorganikler
- Patlayıcılar → aslında SVOC sınıfına girebilir ama ayrı ele alınmıştır



Kirletici Grupları

VOC – HVOC, HSVOC – SVOC

- Kirletici halojen içeriyor mu?
 - Halojen: Flor, klor, brom, iyot
 - Kirleticinin sahadaki akıbetini doğrudan etkileyen çok önemli bir faktör
 - Suda çözünürlük çok düşer
 - Toprağa tutunma eğilimi, biyobirikim (yağ dokusunda birikme) eğilimi artar

Kirletici Grupları



- Kirleticiler sahada hangi fazda bulunuyor?
 - **Gaz:** Doygun olmayan veya doygun bölgede
 - **Katı:** Toprağa ve/veya akifer materyaline adsorplanmış
 - **Sıvı:** Yeraltı suyunda çözünürlük ölçüsünde
 - **Karışmamış: Kalıntı birikintiler halinde sıvı olmayan fazlar şeklinde bulunabilirler.**
 - ✧ **LNAPL:** Yoğunluğu sudan az olan karışmayan sıvı.
Örnek: Ham petrol, benzin, mazot, ısınma yağı
 - ✧ **DNAPL:** Yoğunluğu sudan fazla olan karışmayan sıvı.
Örnek: Kreosot, zift, trikloroetilen (TCE), tetrakloroetilen (PCE), PCBler, diklorometan, pentaklorofenol.

DNAPL, LNAPL ve Yeraltı suyu _ VIDEO



Kirletici Grupları - Uçucu organik bileşikler - VOC

- Yüksek buhar basıncı
- Normal çevresel koşullarda (ör. oda sıcaklığında) kolaylıkla gaz fazına geçerler
- Genellikle suda çözünürlükleri de yüksektir
- Çeşitli kimyasal yapılarda olabilirler
- Halojensiz VOCler yalnızca endüstride değil, evlerde kullanılan temizlik, kozmetik veya sağlık ürünlerinde dahi bulunabilmektedir.

VOC Niteliğindeki kirleticilere örnekler: *Akrilonitril, Akrolein, Aseton (2-Propanon), Butanol, 4,6-Dinitro-o-kresol, Metil tersiyer-bütül eter (MTBE), Sikloheksanon, Stiren, Tetraetil kurşun, Vinil asetat.*

Tipik VOC örnekleri: Aseton, karbon disülfid

Kirletici Grupları – Yarı Uçucu organik bileşikler - SVOC

- Buhar basıncı ve suda çözünürlükleri VOC'lere oranla çok daha düşüktür
- Kirlenmiş sahalarda DNAPL olarak bulunabilirler.
- Pestisitler ve organiklerin tam yanmaması esnasında oluşan PAH'lar bu kategoridedir.

SVOC Niteliğindeki kirleticilere örnekler: *Akrilamid, Antrasen, Asenaften, Benz(a)antrasen, Benz(a)antrasen, Benzidin, Benzo(a)piren, Benzo(b)floranten, Benzo(k)floranten, Benzoik asit, Bis(2-etilhekzil)ftalat, Butil benzil ftalat, Dietilftalat, 1,2-Difenilhidrazin, Dimetilftalat, Di-n-butil ftalat, 4,6-Dinitro-o-kresol, 2,4-Dinitrofenol, Di-n-oktil ftalat, Fluoren, Furan, Hidrokinon, Indeno(1,2,3-cd)piren, İzoforon, Karbaril, Karbazol, Karbofuran, Krizen, Maneb, Naftalin, 2-Nitrofenol, 4-Nitrofenol, N-Nitrozodimetilamin, N-Nitrozo-di-N-propilamin, N-Nitrozodifenilamin, Piren, Tribütildin oksit.*

Tipik SVOC örneği: Polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH)

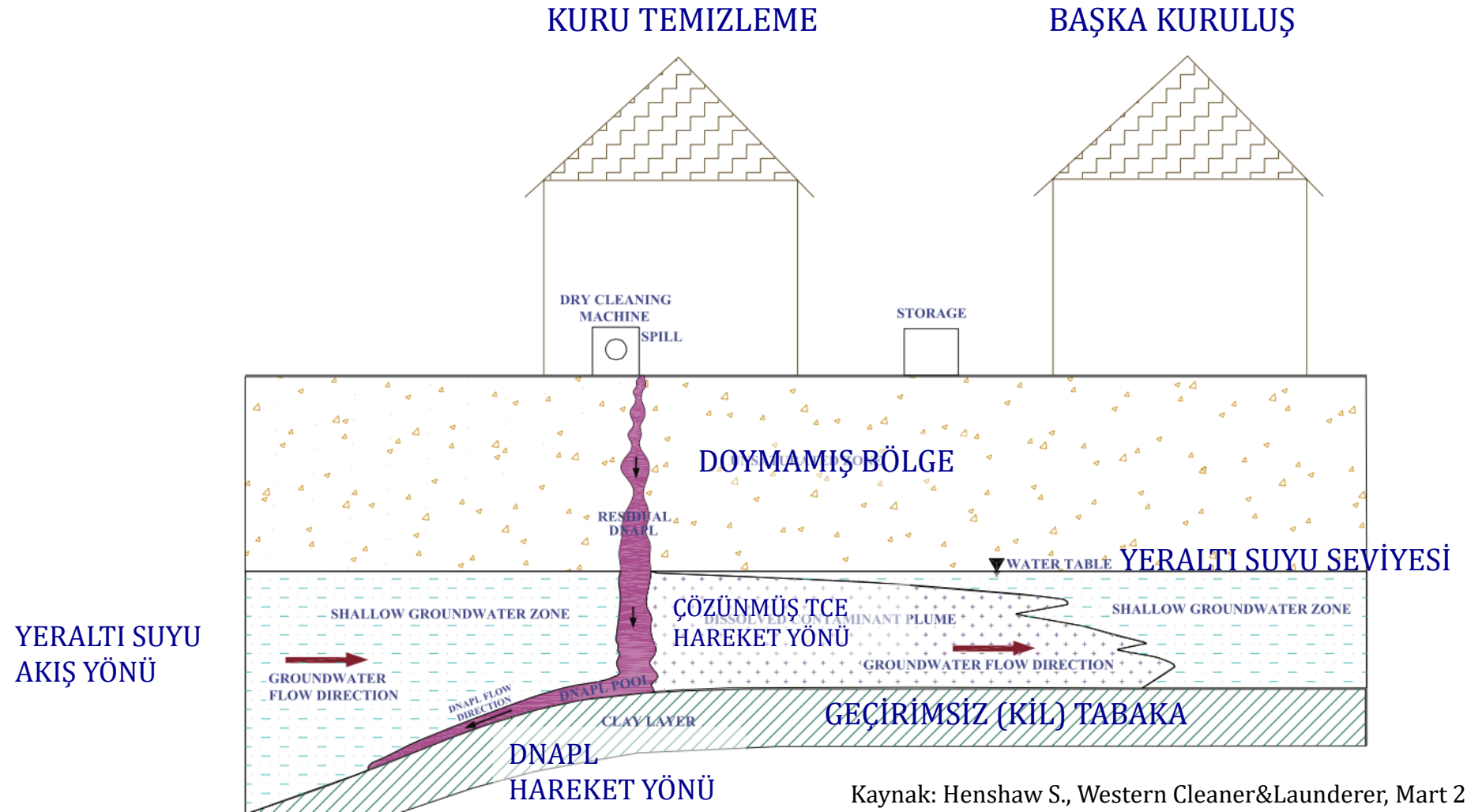
Kirletici Grupları – Halojenli Uçucu organik bileşikler - HVOC

- VOClerden farklı olarak kimyasal yapılarında halojen (ör.flor, klor, brom veya iyot) barındırdıklarından farklı fizikokimyasal özellikler gösterir.
- Halojensiz olanlara göre suda çözünürlükleri daha düşüktür.
- Sanayide pek çok uygulamada kullanılan çözücüler halojenli VOC sınıfına girer.
- Kirlenmiş sahalarda DNAPL olarak bulunabilirler.

HVOC Niteliğindeki kirleticilere örnekler: *Bromodiklorometan, Bromoform, Dikloroetan, Dikloroetilen, 2,4-Diklorofenoksi asetik asit, Dikloropropan, Hekzakloroetan, Hekzakloro-1,3-bütadien, 1,1,2,2-Tetrakloroetan, Tetrakloroetilen, Hekzaklorosiklopentadien, Karbon tetraklorit, Metil bromür, Klorodibromometan, Kloroform, Klorometan, Metilen klorür, Trikloroetan.*

Tipik HVOC örnekleri: Trikloroetilen (TCE), kloroform, vinil klorür

HVOC kirliliği örneği – TCE döküntüsü



Kirletici Grupları – Halojenli Yarı Uçucu organik bileşikler - HSVOC

- Halojenli yarı uçucu bileşikler, tipik olarak halojensiz SVOC'lere oranla daha da düşük buhar basıncı ve suda çözünürlüğe sahiptirler.
- Pestisitler,
- Trafo/kapasitörlerde kullanılan PCBler,
- Ahşap koruma amacıyla kullanılan pentaklorofenol (PCP) bu gruptadır.
- Kirlenmiş sahalarda DNAPL olarak bulunabilirler.

HSVOC niteliğindeki kirleticilere örnekler: Aldrin, Atrazin, Triklorofenol, Triklorobenzen, Tetraklorobenzen, Tetraklorodibenzo-p-Dioksin, Toksafen, Klordan, p-Kloroanilin, Klorobenzen, PCBler, Pentaklorobenzen, Metoksiklor, Hekzakloro-1,3-bütadien, Hekzaklorobenzen, Hekzaklorosiklopentadien, Heptaklor, Heptaklorepoksit, DDD, DDE, DDT, -Diklorobenzen, 3,3'-Diklorobenzidin, 2,4-Diklorofenol, Dieldrin, Endosülfan, Endrin, 2-Klorofenol.

Tipik HSVOC örnekleri: Pentaklorofenol (PCP), 2-kloronaftalin (beta-kloronaftalin)

Kirletici Grupları – Yakıtlar

- Yakıt bazlı kirleticiler tipik olarak halojen içermez.
- Halojensiz VOC ve SVOC'ler için belirtilen hususlar yakıt bazlı kirleticiler için de geçerlidir.
- Doygun olmayan bölgedeki kirlilik, sıvı, gaz, katı ve karışmamış olarak dört fazda da gerçekleşebilir.
- Genellikle suda çözünürlükleri sınırlıdır.
- Çoğu yakıt bazlı kirletici sudan hafif olduğu için kirlenmiş sahalarda LNAPL olarak yeraltı su tabakasının üstünde yüzer halde bulunabilirler.

Yakıt kirliliği sınıfına giren kirletici maddelere örnekler: *Antrasen, Asenaften, Toplam Petrol Hidrokarbonları (Alifatik) (EC5- EC35), Toplam Petrol Hidrokarbonları (Aromatik) (EC5- EC35), Benz(a)antrasen, Benzen, Benzo(a)piren, Benzo(b)floranten, Benzo(k)floranten, Dibenz(a,h)antrasen, 2,4-Dimetilfenol, Etilbenzen, Fenol, Floranten, Fluoren, Indeno(1,2,3-cd)piren, Kresol, Krizen, Ksilen, Metil tersiyer-bütil eter (MTBE), Naftalin, Piren, Piridin, Toluen, Tetraetil kurşun.*

Tipik yakıtlara örnek: Benzen – Ksilen – Toluen - Etilbenzen (BTEX)

Yakıt Kirliliği

- Petrol hidrokarbonları ile kirlenmiş sahalar Dünyada en sık rastlanılan tür kirlenmiş sahalar.
- Petrolün çok çeşitli organik bileşiklerin birlikte bulunduğu, çeşitli jeolojik kaynakları bulunmaktadır.
- Kirlenmiş sahalarda tahminen binlerce farklı organik bileşikten oluşan komplike karışımlar halinde bulunurlar.
- Yakıt kirliliği toksisitesi ve mobilitesi dolayısıyla ciddi problem teşkil eder.
- Uçucu ve daha hafif olan bileşikler yeraltı suyu ile hareket edebilir, toprak gazı ile evlere kadar taşınabilir. Yarı-uçucu, molekül ağırlığı yüksek olan ağır hidrokarbonlar ise doğada daha kalıcıdır.
- Tek bir grup olarak belirtilmiş olsa da, farklı karakterde organik bileşikleri içinde barındırdığı temizleme sırasında unutulmamalıdır.

Kirletici Grupları – İnorganikler

- Bu grup: metaller, asbest, siyanür ve tiyosiyanattan oluşmaktadır.
- Organik kirleticilerin aksine metaller bozunmaya uğratılamazlar, bu nedenle kirlenmiş sahada metallerin bulunması uzun süreli çevresel bir tehlike oluşturmaktadır.
- Metallerin doğadaki akıbeti fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanı sıra, içinde bulunduğu çevresel ortam ve toprağa bağlıdır.
- Toprağın metal tutma kapasitesi aşıldığında, ciddi miktarda metal, düşük pH ve uygun toprak koşulları olduğunda yağmur ile yıkanarak yeraltı suyuna taşınabilmektedir. Yüzey toprağındaki metaller de rüzgar ve erozyon gibi taşınım yolları ile yer değiştirebilir.

İnorganik kirleticilere örnekler: *Antimon, Arsenik, Bakır, Baryum, Berilyum, Civa, Çinko, Gümüş, Kadmiyum, Kalay, Kobalt, Krom (III), Krom (VI), Krom (toplam) , Kurşun, Molibden, Nikel, Selenyum, Talyum, Titanyum, Tiyosiyanat, Siyanür, Vanadyum.*

Kirletici Grupları – Patlayıcılar

- Yarı uçucu organik bileşikler için ifade edilen bilgiler geçerlidir.
- Genellikle havacılıkta kullanılan yakıtlar, patlayıcı nitelikteki malzemeler ve mühimmat için kullanılır. Bu malzemeler ateşleme ile veya yeterli miktarda bulunduğu ısı, şok, sürtünme, kimyasal tutarsızlık, veya elektrostatik deşarj ile kendiliğinden infilak etme özelliğine sahiptir.
- Patlayıcı atıklarla kirlenmiş sahaların temizlenmesinde en önemli konu, temizleme veya hafriyat sırasında ateşlemenin önlenmesi için gerekli güvenlik önlemlerinin alınmasıdır.

Patlayıcı nitelikte kirleticilere örnekler:

2,4-Dinitrotoluen, 2,6-Dinitrotoluen, (2,4,6-trinitrotoluen TNT)

Kirletici Gruplandırması ile ilgili önemli not

- Kirleticilerin yedi gruba ayrılması, oldukça karmaşık olan konuya bir başlangıç sağlayabilmek için oluşturulmuş bir basitleştirmedir.
- Bir kimyasalın bir gruba dahil olması, o gruptaki tüm kimyasallar ile birebir aynı davranacağı anlamına gelmez. (ör: ham petrolde bulunan düşük ve yüksek molekül ağırlıklı hidrokarbonlar)
- Bir sahada birden fazla kimyasal ile kirlenme olması durumunda, herbiri için uygun olan teknolojiler ayrı ayrı değerlendirilmeli ve tümü için uygun olabilecekler belirlenmelidir.
- Teknolojilerin değerlendirilmesinde genel kategoriler incelendikten ve olası teknolojiler belirlendikten sonra, herbir teknolojinin hedef kimyasal ile kirlenmiş sahalarda uygunluğu ayrıca irdelenmelidir.

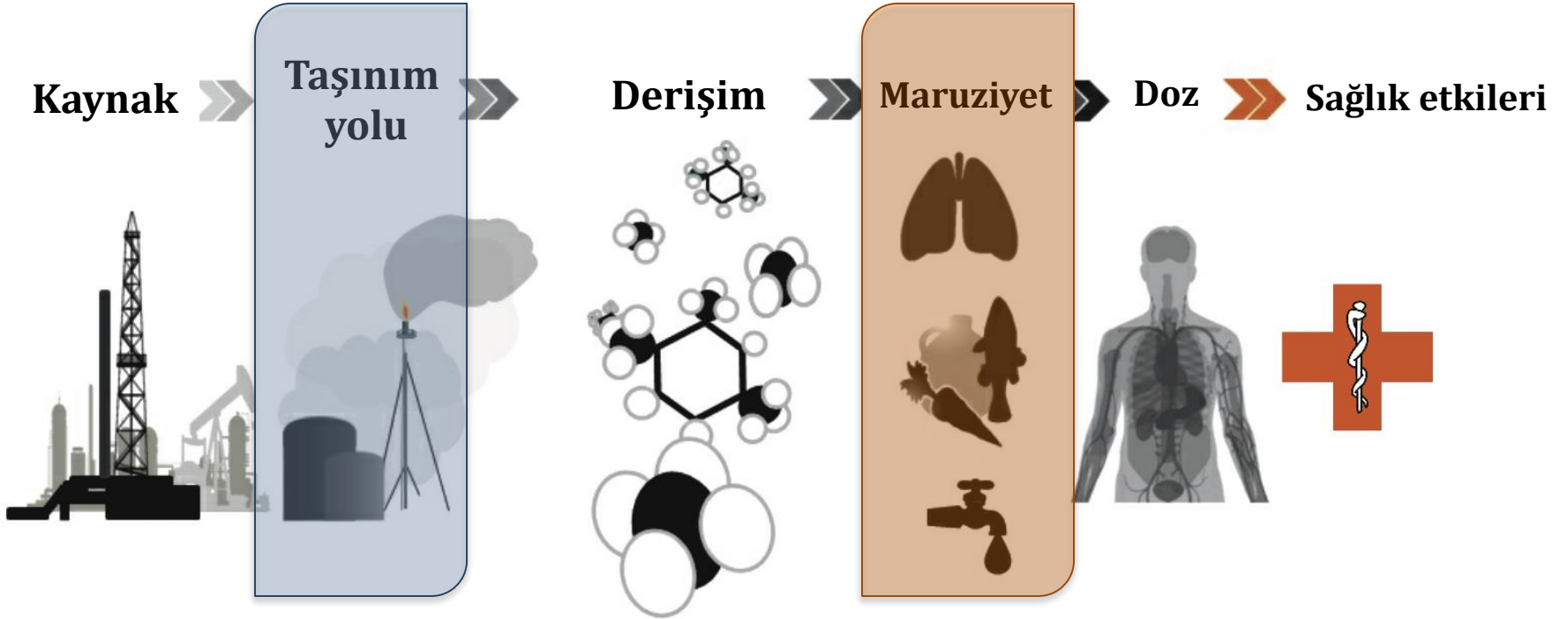
Risk - tanımlar

- **Risk değerlendirme:** İnsanların ve çevrenin kirletici maddelere maruz kalmaları halinde meydana gelecek olan olumsuz etkilerin niteliğinin tanımlanmasını, incelenmesini ve derecesinin tahmin edilmesini amaçlayan çalışmayı,
- **Risk yönetimi:** Risk değerlendirme yoluyla tahmin edilen risk düzeyinin kontrol edilmesi veya azaltılması amacıyla uygulanan strateji veya alınan önlemleri ifade eder

Risk unsurları



Risk unsurları – taşınım ve maruziyet yolları



- Taşınım yolları: Kirleticilerin fizikokimyasal özellikleri ve saha ile ilgili
 - Uçucular için: hava + toprak gazı
 - Suda çözünenler için: yeraltı suyu
- Maruziyet yolları:
 - Yutma (besin olarak veya kazara), Soluma, Dermal

Maruziyetin Kontrol Altına Alınması - Örnek



Fish Consumption Advice for Green Bay and the Lower Fox River Area of Concern



Why should I eat fish?

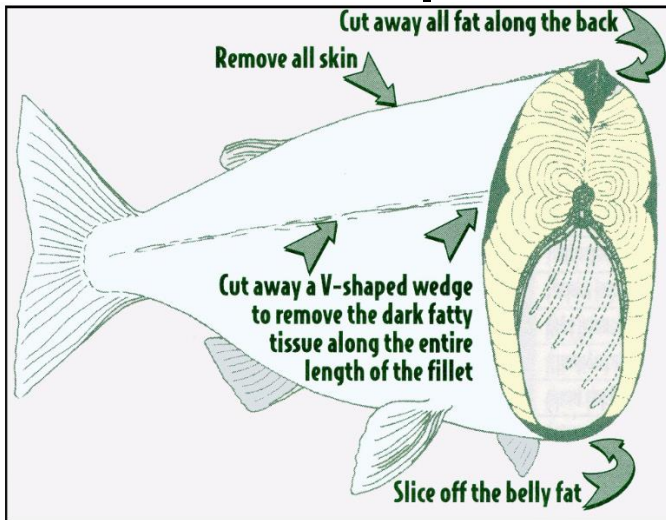
Fish are a nutritious family food. Modest amounts of fish can provide health benefits; additional benefit is gained by eating more than 1-2 meals per week. Some of the benefits of catching and eating fish include:

- You catch your own fish
- High in protein
- Low in calories, fats, and sodium
- Rich in vitamins, minerals, and omega-3 fatty acids

However, due to the presence of polychlorinated biphenyls (PCBs) in Green Bay and the Fox River, there is a need for fish consumption advice (see next two pages for advice).



Young angler's catch from the Peshtigo River.



Species	Unrestricted	Eat no more than 1 meal/week	Eat no more than 1 meal/month	Eat no more than 1 meal every 2 months	Do Not Eat
Fox River from the De Pere Dam downstream to the mouth					
Black crappie, Bluegill, Lake whitefish, Rock bass, Smallmouth bass, White sucker, Yellow perch			All Sizes 		
White perch				All sizes	
Northern pike 			Under 33"	Over 33"	
Sheepshead			Under 19"	19" - 23"	Over 23"
Walleye			Under 21"	21" - 25"	Over 25"
Carp, Channel catfish, Big-mouth buffalo, White bass					All Sizes

Kirlenmiş saha nasıl tanımlanır?

- **Kavramsal saha modeli (KSM):** Şüpheli sahanın ilgililer tarafından tüm yönleriyle kolayca algılanmasını ve kavranmasını sağlamak amacıyla, Birinci Aşama Değerlendirme kademesinde derlenen bilgilerden başlayarak, İkinci Aşama Değerlendirmede sahada elde edilecek kirlilik kaynağı, kirleticilerin kaynaktan yayılım mekanizmaları, kirletici çeşitleri, kirletici dağılım alanları ve taşınım güzergahları, kirlilikten dolayı risk altındaki muhtemel alıcı noktalar veya ortamlar ile, mevcut belirsizlikleri ve zaman içerisinde elde edilebilecek fiziksel, kimyasal ve hidrojeolojik bilgileri de kapsayacak şekilde, saha ve civarındaki çevresel koşulların dinamik bir süreç içerisinde tanımlanmasını ifade eder.

Kirlenmiş saha nedir? Bileşenleri nelerdir?

Kavramsal saha modeli (KSM):

- Resmin bütününe görmek için kullanılır
- Saha ve civarındaki çevresel koşulların **dinamik bir süreç** içerisinde tanımlanmasını hedefler
- **Bileşenleri:**
 - **kirlilik kaynağı,**
 - **kaynaktan yayılım mekanizmaları,**
 - **kirletici çeşitleri,**
 - **dağılım alanları,**
 - **taşıyım güzergahları,**
 - **kirlilikten dolayı risk altındaki muhtemel alıcı noktalar veya ortamlar**
- **Diğer:** mevcut belirsizlikleri ve zaman içerisinde elde edilebilecek fiziksel, kimyasal ve hidrojeolojik bilgileri de kapsamalı



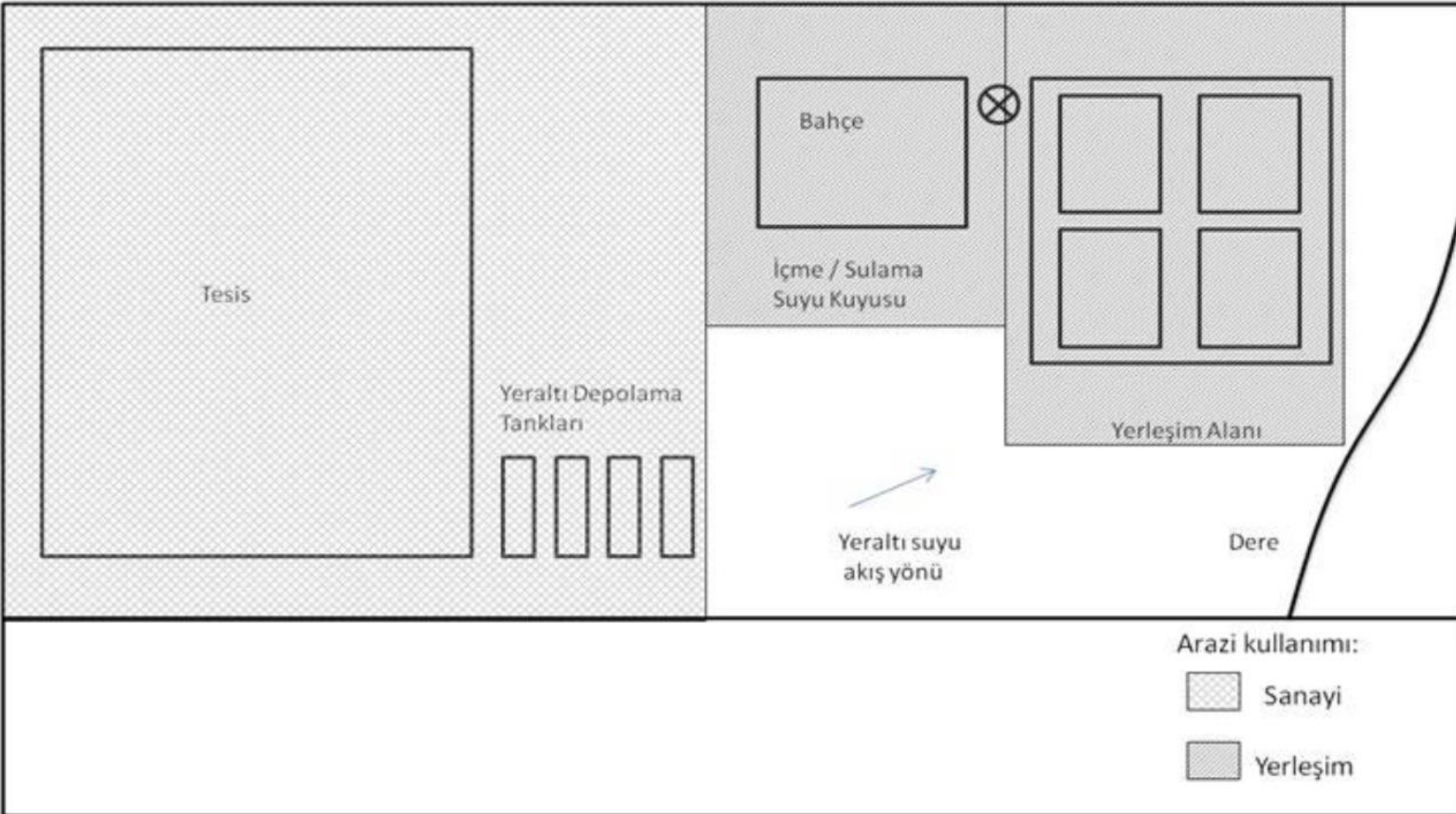
Kirlenmiş saha nedir? Bileşenleri nelerdir?

Kavramsal saha modeli (KSM):

En azından aşağıdaki bilgiler derlenmeli

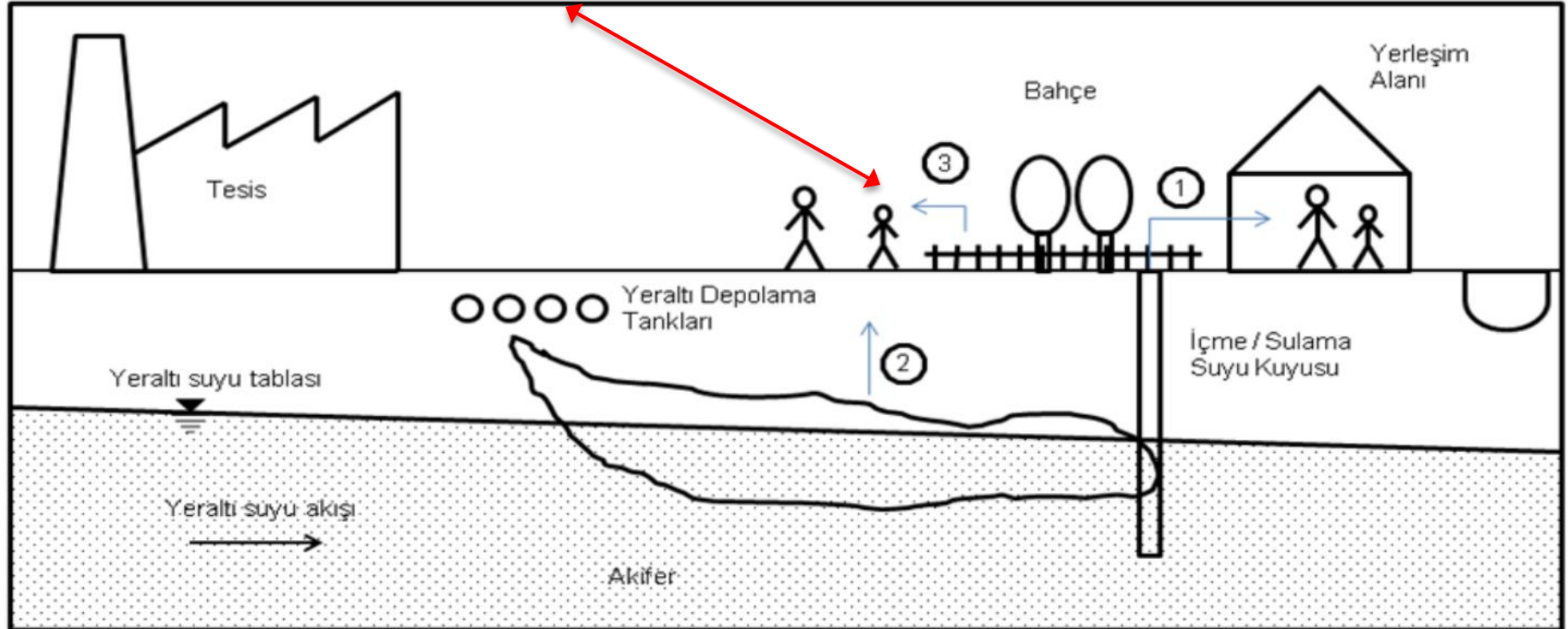
- Kimyasalın taşınımı ve akıbetini etkileyen özellikler
- Akifer karakterizasyonu (tek akifer veya çoklu akifer sistemleri)
- Yeraltı suyu akışı
- Meteorolojik parametreler (yağış, toprak nemine etki)
- Hakim rüzgar yönü (uçan toprak tozu ile taşınım)

Kavramsal Saha Modeli – Kuş bakışı (Risk Değerlendirme Teknik Rehberi, s. 16)



Maruziyet Yolları:

1. Tank → Yüzey altı toprağı → Yeraltı suyu → Yeraltı suyunun yutulması
2. Tank → Yüzey altı toprağı → Topraktaki hava → Uçucu kimyasalın soluması
3. Tank → Yüzey altı toprağı → Yeraltı suyu → Bitki → Besinin yutulması



Alıcılar:

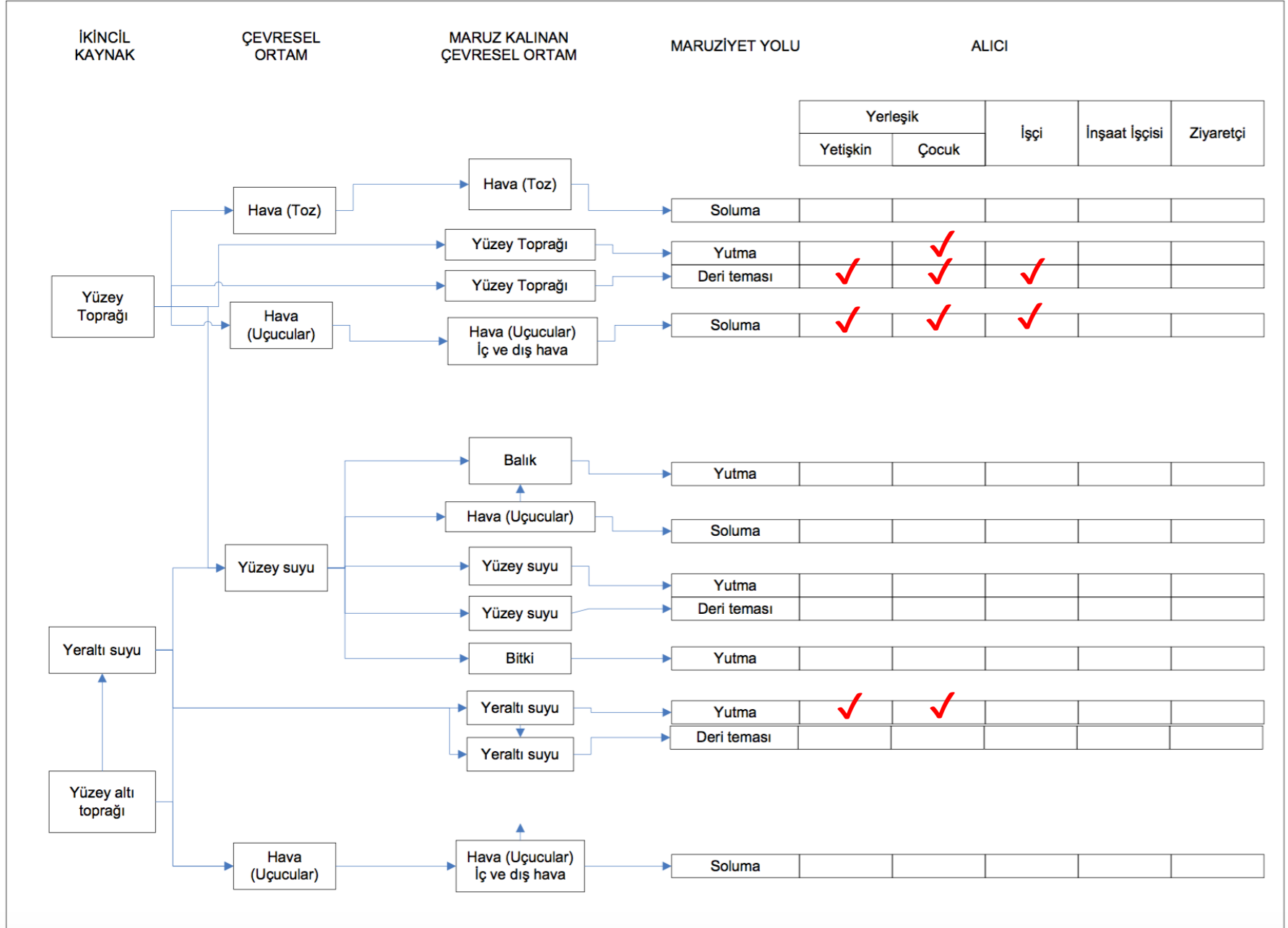
İşçi

Yerleşik (Yetişkin ve Çocuklar)

Maruziyet Yolları:

1. Tank → Yüzey altı toprağı → Yeraltı suyu → Yeraltı suyunun yutulması
2. Tank → Yüzey altı toprağı → Topraktaki hava → Uçucu kimyasalın soluması
3. Tank → Yüzey altı toprağı → Yeraltı suyu → Bitki → Besinin yutulması

Taşıma Yolları Çizelgesi (Risk Değ. Teknik Rehberi, s. 18)



Risk Unsurları

- **Jenerik kirletici sınır değeri (JKSD):** Kirlenmiş sahanın mevcut ya da ilerideki kullanım amacının yerleşim alanı olması ve insan sağlığı üzerindeki riskler dikkate alınarak, insanların kirleticiye makul bir süre azami düzeyde maruz kaldığı varsayılarak hesaplanan veya belirlenen ve Ek-1 Jenerik Kirletici Sınır Değerler Listesinde verilen kirletici konsantrasyon değerini,

Risk Unsurları

- **Saha temizleme hedefi:** Sahada yapılan risk değerlendirmesi sonucunda, mevcut risklerin giderilmesini sağlayacak ve temizleme yoluyla düşürülmesi gereken konsantrasyonu
- Sahadaki temizleme gerektiren her kirletici için “kimyasala-özü temizleme hedefi” belirlenir.
- “...tüm eksiksiz taşınım yollarıyla alıcıya ulaşan kirleticinin alıcıda oluşturacağı kanser riskini 10^{-6} ’ya veya tehlike indeksini 1’e düşürecek konsantrasyon”

Bir sonraki aşama?

- Sahadaki kirlilik kaynağı tanımlanmış
- Saha (toprak, yeraltı suyu, hidrojeolojik ve diğer özellikleriyle) karakterize edilmiş
- Sahadaki kirliliğin yayılımı ve maruziyet yolları tanımlanmış
- Toprak/yeraltı suyunun ilgili kirletici(ler) için temizlenmesi gereken kirleticiye-özü temizleme hedefi belirlenmiş olduğunda...

Teknolojiler

- **Temizlenecek olan ortama göre sınıflandırma**
 - Toprak iyileştirmesinde yaygın olarak kullanılan teknolojiler
 - Yeraltı suyu iyileştirmesinde yaygın olarak kullanılan teknolojiler
 - Yerinde (In-situ) veya Yerinden alınarak (Ex-situ) uygulanabilecek temizleme teknolojileri
- **Sahadaki kirleticilere göre sınıflandırma**
 - VOC, SVOC, HVOC, HSVOC, yakıt, inorganik
- **Uygulanan yöntemlere göre sınıflandırma**
 - Biyolojik
 - Fiziksel/Kimyasal
 - Termal

Yaygın Olarak Kullanılan Teknolojiler

TOPRAK

Yerinden Alınarak

Yerinde

Termal

Fiziksel/Kimyasal

Biyolojik

Yakma ^(1,2)
Açık Patlatma
Piroliz
Isıl Desorp. ^(1,2)

Kimyasal Ekstraksiyon
Kimyasal İndir./Yükselt.
Halojenleştirme
Ayırma
Toprak Yıkama
Yüzey Kapatma
Solid./Stab. ^(2,4)
Hafriyat, saha dışına taşıma

Toprak Biyoyığınları
Kompost
Arazide Islah
Siluri Faz Biyo. Arıtma

Termal

Fiziksel/Kimyasal

Biyolojik

Isıl Arıtım

Kimyasal Oksidasyon
Elektrokinetik Ayırma
Çatlaklama
Toprak Yıkama
Toprak Gazı Ekstraksiyonu ⁽²⁾
Solidifikasyon/Stabilizasyon ^(2,4)

Biyoverilasyon
Fitoremediasyon
Geliş. Biyorem ⁽³⁾

- 1) Toprakta Uçucu Organik Bileşikler (VOC ve HVOC) için başarısı kabul görmüş teknolojidir.
- 2) Ahşap işleme endüstrisi kaynaklı kirlenmiş topraklarda başarısı kabul görmüş teknolojidir.
- 3) Toprakta yakıtlar için başarısı kabul görmüş teknolojidir.
- 4) Toprakta İnorganikler için başarısı kabul görmüş teknolojidir.

Yaygın Olarak Kullanılan Teknolojiler

YERALTI SUYU

Yerinden Alınarak

Yerinde

Fiziksel/Kimyasal

Adsorpsiyon/Absorpsiyon
İleri Oksidasyon⁽¹⁾
Havalı Sıyırma⁽¹⁾
Granül Aktif Karbon⁽¹⁾
Pompaj ve Arıtma
İyon Değişimi⁽²⁾
Yumak./ Topak./Çöktürme⁽²⁾
Ayırma
Yağmurlama Sulama

Biyolojik

Biyoreaktör⁽¹⁾
Yapay Sulak Alan

Biyolojik

Geliş. Biyoremediasyon
İzlemeli Doğal Giderim
Fitoremediasyon

Fiziksel/Kimyasal

Hava Enjeksiyonu ile Arıtım
Sıvı-Gaz Emişli Biyolojik Arıtım
Kimyasal Oksidasyon⁽¹⁾
Yönlü Kuyular
Çift Faz Ekstraksiyonu
Isıl Arıtım
Kuyu içi Havalı Sıyırma
Pasif/Reaktif Arıtma Duvarı
Fiziksel Bariyerler

1) YERALTI SUYUNDA ÇÖZÜNMÜŞ ORGANİK BİLEŞİKLER, VOC VE SVOC KİRLİLİĞİ İÇİN BAŞARISI KABUL GÖRMÜŞ

2) Çözünmüş metaller için başarısı kabul görmüş teknolojidir.

Kirlenmiş Saha Yönetim Sistemi

- Kirlendiğinden şüphelenen veya gerçekten kirlenmiş olan sahaların:
 - sistematik bir şekilde teşhis edilmesi,
 - kayıt altına alınması ve izlenmesi;
 - temizlenmesi gereken sahaların belirlenmesi ve
 - bu sahaların hangi yöntemlerle, hangi kriterlere göre, nasıl temizlenmesi
- gerektiğinde hususlarının açık olarak tanımlandığı bir süreç,



Kirlenmiş Saha Yönetim Sistemi

Kirlenmiş Saha Temizleme/İyileştirme Teknolojileri Kılavuzu

Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalar Yönetim Sistemi Teknik Dokümanı



**Teşhis
Ve
Kayıt**

**Kirlenmiş Saha
Etüt
Teknik Rehberi**

**1.Aşama
Değ.**

**Kirlenmiş Saha
Risk Değerlendirme
Teknik Rehberi**

**2.Aşama
Değ.**

**Kirlenmiş Saha
Temizleme ve İzleme
Teknik Rehberi**

**Temiz-
leme**



Teşekkürler...