



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**PETROL SIZINTISIYLA KONTAMİNE OLMUŞ
BİR AKARYAKIT İSTASYONUNUN ÇEVRE VE
HALK SAĞLIĞI AÇISINDAN
TKKNKKSDY KAPSAMINDA
İNCELENMESİ VE REHABİLİTASYONU İÇİN
UYGUN METODOLOJİ ARAŞTIRILMASI**

GÖKBERK KARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri Programı

DANIŞMAN

Dr.Öğr. Üyesi Orhan GÖKYAY

İSTANBUL, 2022



MARMARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**PETROL SIZINTISIYLA KONTAMİNE OLMUŞ
BİR AKARYAKIT İSTASYONUNUN ÇEVRE VE
HALK SAĞLIĞI AÇISINDAN
TKKNKKSDY KAPSAMINDA
İNCELENMESİ VE REHABİLİTASYONU İÇİN
UYGUN METODOLOJİ ARAŞTIRILMASI**

GÖKBERK KARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Çevre Bilimleri Programı

DANIŞMAN

Dr.Öğr. Üyesi Orhan GÖKYAY

İSTANBUL, 2022

TEŞEKKÜR

Bugünlere gelmemde en büyük emeği olan canım Annem Hafize Kara, sevgili Babam Sebahattin Kara ve değerli mühendis kardeşlerim Bora Kara ve Serdar Kara'ya teşekkür ederim.

Bu tezi yazmamda beni tezimin her safhasında aydınlatan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Orhan GÖKYAY'a ve yazım esnasında karşılaştığım sorunları çözmemde sabır göstererek destek olan sayın Çevre Mühendisi arkadaşlarım Dilara Öztürk Yalçın ve Dr. Ali Çiftçi'ye teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, sağladıkları harika çalışma ortamı ve manevi destekleri için sevgili eşim Feyruza Çetin Kara ve biricik oğlum Ali Ege Kara'ya teşekkür ederim.

Gökberk KARA

Kasım, 2022

MARMARA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Öğrencisi Gökberk KARA'nın “Petrol Sızıntısıyla Kontamine Olmuş Bir Akaryakıt İstasyonunun TKKNKKSDY Kapsamında İncelenmesi ve Rehabilitasyonu için Uygun Metodoloji Araştırılması” başlıklı tez çalışması, 16 Aralık 2022 tarihinde savunulmuş ve jüri üyeleri tarafından başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Orhan Gökyay (Danışman)

Marmara Üniversitesi (İMZA).....

Prof.Dr. Kozet YAPSAKLI BAKIRCI (Üye)

Marmara Üniversitesi (İMZA).....

Prof.Dr. Özgür AKTAŞ (Üye)

İstanbul Medeniyet Üniversitesi (İMZA).....

ONAY

Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararı ile Gökberk KARA'nın Çevre Bilimleri Anabilim Dalı Çevre Bilimleri Programında Yüksek Lisans derecesi alması onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Bülent EKİCİ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	vi
ABSTRACT	viii
SEMBOLLER	x
KISALTMALAR	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xiv
TABLO LİSTESİ	xvi
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı.....	2
1.2. Türkiye’de Toprak Kirliliği Mevzuatı	4
1.2.1. Türkiye’de 2021 yılı Toprak Kirliliği İdari Yaptırım ve Cezaları.....	5
1.3. Türkiye’de Petrol Sektörü ve Akaryakıt İstasyonları Hakkında Genel Bilgi	7
1.3.1. Türkiye’de Petrol Sektörü.....	7
1.3.2. Akaryakıt İstasyonlarının Bileşenleri ve Operasyonel Faaliyetleri	8
1.4. Akaryakıt İstasyonlarının TKKNKKSDY ve Çevre Açısından Önemi	9
1.4.1. Akaryakıt İstasyonları Özelinde TKKNKKSDY Süreçleri	9
1.4.2. Akaryakıt İstasyonlarında Toprak ve Yeraltı Suyu Kirliliği Sebepleri	22
1.4.2.1. Akaryakıt İstasyonlarında Depolanan Petrolün Genel Özellikleri	28
1.4.2.2. Petrolün Toprak ve Yeraltı suyunda Yayılımı ve Çevreye Etkisi	32
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	37
2.1. İnceleme Sahası	37
2.2. Araştırma Materyalleri.....	40
2.2.1. Yere Nüfus Eden Radar	40
2.2.2. Sondaj Makinesi ve Hafif Sığ Sondaj Seti.....	42
2.2.3. Portatif Gaz Dedektörü	44
2.2.4. Su Örneklemeye Amaçlı Peristaltik Pompa	45
2.2.5. Su Kalitesi Ölçüm Cihazı	45
2.2.6. Makaralı su yağ seviye ölçüm cihazı	46
2.2.7. Yeraltı suyu pilot iyileştirme sisteminde kullanılan dalgıç pompa.....	47
2.2.8. Yeraltı suyu pilot iyileştirme sistemi için kullanılan sıyırıcı kompresör..	47
2.2.9. Toprak, toprak gazı ve yeraltı suyu analizleri cihazları	48

2.2.10. Yeraltı suyu kirliliğinin zamansal yayılım modeli	48
2.2.11. Kanser ve kanser dışı sağlık risklerinin hesaplanması için kullanılan yazılım modeli	50
2.3. Araştırma Yöntemleri	51
2.3.1. Saha Çalışması Öncesi Teknik Yaklaşım	51
2.3.1.1. Kirlenmiş Saha ve Kirlilik Karakterizasyonu Çalışmaları	51
2.3.2. Sondaj, Kuyu Kurulumu ve Numune Alma Yöntemleri	52
2.3.2.1. Toprak Numunesi Alımı	52
2.3.2.2. Toprak Gazı İncelenmesi	54
2.3.2.3. Yeraltı Suyu Gözlem Kuyuları Teşkili/Kurulumu.....	54
2.3.2.4. Yeraltı Suyu Gözlem Kuyularından Su Numunesi Alımı	56
2.3.3. İnceleme Alanı Numunelerinin Laboratuvar Analizleri Yapılması.....	57
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	58
3.1. TKKNKSDY Kapsamında Teknik Yaklaşım	58
3.2. Toprak Numunelerinin Laboratuvar Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	62
3.3. İç hava kalitesi laboratuvar analiz sonuçlarının değerlendirilmesi.....	67
3.4. Yeraltı Suyu Numunelerinin Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	70
3.5. İstanbul İli 2018-2019 yılları Aylık Yağış Miktarları.....	79
3.6. GWSDAT Programı vasıtasıyla çevresel kirlilik yayılımının modellenmesi..	80
3.7. Su kuyu verilerine göre yeraltı suyu akış yönü belirlenmesi	82
3.8. RISC Programı vasıtasıyla çevresel kirlilik yayılımının modellenmesi	87
3.8.1. İnceleme alanı kirletici konsantrasyonlarının değerlendirilmesi	87
3.9. İnceleme Alanı toprak ve yeraltı suyu ıslahı için iyileştirme önerileri.....	100
3.9.1. İnceleme alanı yerinde iyileştirme önerisi 1: reaktif bariyer uygulaması ve sıyırıcı dalgıç pompalar kullanılması.....	104
3.9.2. İnceleme alanı yerinde iyileştirme önerisi 2: Peroksit enjeksiyonu ile iyileştirme Biyoremediasyon	106
3.9.3. İnceleme alanı iyileştirme önerisi 3: reaktif bariyer uygulaması ve hava kabarcıklı artım uygulaması	108

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	112
KAYNAKLAR	113
ÖZGEÇMİŞ	

ÖZET

PETROL SIZINTISIYLA KONTAMİNE OLMUŞ BİR AKARYAKIT İSTASYONUNUN TKKNKSDY KAPSAMINDA İNCELENMESİ VE REHABİLİTASYONU İÇİN UYGUN METODOLOJİ ARAŞTIRILMASI

Akaryakıt istasyonları, faaliyete başladıkları andan itibaren yeraltı tanklarında depoladıkları maddelerden dolayı toprak ve yeraltı suyu açısından potansiyel risk oluşturmaktadır. Ayrıca sanayileşme ve nüfus artışı sebebiyle otomotiv yakıtının perakende ticaretinin yapıldığı bu akaryakıt istasyonlarının sayıları her yıl artış göstermektedir. Toprak ve yeraltı sularını korumak için akaryakıt istasyonlarından kaynaklanacak sızıntıların hızlı tespit ve teşhisi önemlidir.

Bu çalışmanın amacı petrol sızıntısı ile kontamine olmuş bir akaryakıt istasyonun TKKNKSDY açısından değerlendirmesinin yapılması ve kirlilik kaynağının tespit edilerek rehabilitasyon/iyileştirme yöntemlerinin belirlenmesidir.

Çalışma kapsamında petrol sızıntısı ile kontamine olmuş bir akaryakıt istasyonunda öncelikle toprak numunesi alma amaçlı 4-6 metre derinliğinde 4 adet sıg sondaj yapılarak toprak numuneleri alınmıştır.

Çalışmanın genişlemesi ve inceleme alanındaki kirlilik kaynağının belirlenmesi için inceleme alanını temsil edecek şekilde benzin ve mazot içeren yeraltı tankları, akaryakıt altyapı dolum adaları ve altyapı tesisatlarını da dahil olarak seçilen üç noktada 10-12 m derin sondajlar ve gözlem amaçlı izleme kuyuları teşkil edilmiştir.

Su kalitesini belirlemek amacıyla da sahada teşkil edilen üç kuyudan toplamda 10 set su numunesi alınmıştır. İlk dokuz veri seti, Mart 2018 ve Ekim 2019 dönemleri arasında (ortalama 2-3 ayda 1 defa) düşük debili pompa ile toplanmıştır ve uluslararası laboratuvara gönderilerek toplam petrol hidrokarbonları, benzen, toluen, etilbenzen, ksilen (BTEX) ve metil tersiyer bütül eter (MTBE) analiz edilmiştir. Aynı metotla onuncu veri seti yeraltı su numuneleri Ekim 2021 yılında alınarak analizleri tamamlanmıştır.

Ayrıca inceleme alanının komşu binası kapalı otopark alanında seçilen iki noktadan ve bodrum kattaki asansörden 2018 yılı Aralık ayında iç hava pasif örnekleme yapılmıştır.

Çevre ve halk sağlığı açısından akaryakıt istasyonunda pilot ölçekli yerüstü iyileştirme sistemi

kurulmuştur. Teşkil edilen kuyularda biriken akaryakıt ve petrol türevi ürün, dalgıç pompalar ve kompresörler vasıtası ile emniyetli olarak tesisin geçici atık depolama ünitesine alınmış ve mevzuata uygun olarak bertarafı sağlanmıştır.

Çalışma sahasından alınan numune sonuçları kullanılarak GWSDAT programıyla kirliliğin dağılımı izlenmiştir. Ayrıca RISC5 programıyla istasyondaki çalışanların ve yakın çevresindeki insanların kanser olma riski ortaya konmuştur.

Elde edilen tüm bulgular ışığında inceleme sahası TKKNKKSDY kapsamında değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda sahanın toprak ve yeraltı suyu açısından kirlenmiş saha olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik, Akaryakıt İstasyonları, toprak kirliliği, kirlilik yayılımı, GWSDAT, RISC5, yeraltı suyu kirliliği, TPH, BTEX, MTBE.

ABSTRACT

INVESTIGATION OF AN APPROPRIATE METHODOLOGY OF THE FUEL STATION CONTAMINATED BY PETROLEUM PRODUCTS IN LINE WITH THE REGULATION ON CONTROLLING SOIL POLLUTION AND POINT-SOURCE POLLUTED FIELDS (TKKNKKSDY)

Fuel stations pose a potential risk for soil and groundwater due to the substances they store in underground tanks from the moment they start operating. In addition, due to industrialization and population growth, the number of these fuel stations, where retail trade of automotive fuel is carried out, increases every year. In order to protect soil and groundwater, rapid detection and diagnosis of leaks from fuel stations is important.

The purpose of this study is to visualize and elaborate in terms of the Regulation on Control of Soil Pollution and Point Source Contaminated Fields (RCSPPSCF) in a fuel station contaminated with oil spills, and to determine the source of pollution and rehabilitation/remediation methods.

Within the scope of the study, soil samples were taken by making 4 shallow drillings at a depth of 4-6 meters for soil sampling at the fuel station contaminated with oil spills.

In order to expand the study and determine the source of pollution in the study area, 10-12 m deep drillings and observation wells were created at three selected points, including underground tanks containing gasoline and diesel oil, fuel infrastructure filling islands and infrastructure installations to represent the study area.

In order to determine the water quality, a total of 10 sets of water samples were taken from three wells in the field. The first nine datasets were collected with a low-flow pump between March 2018 and October 2019 (on average once in 2-3 months) and sent to the international laboratory for total petroleum hydrocarbons, benzene, toluene, ethyl benzene and xylenes (BTEX) and methyl tertiary butyl ether (MTBE) analysis. The tenth data set was taken in October 2021 and its analyze was completed with the same method, In addition, indoor air passive sampling was carried out in December 2018 from two selected points in the closed parking area of the neighboring building of the study area and from the elevator in the

basement floor.

In terms of environment and public health, a pilot scale surface improvement system was established at the fuel station. The fuel and petroleum-derived product accumulating in the formed wells was safely taken to the temporary waste storage unit of the facility by means of submersible pumps and compressors, and disposed of in accordance with the legislation.

The distribution of pollution was monitored with the GWSDAT program using the sample results taken from the study area. Moreover, with the RISC5 program, the risk of cancer of the employees at the station and the people around them was revealed.

In the light of all the data obtained, the study area was evaluated within the scope of RCSPPSCF. As a result of these evaluations, it has been determined that the site is contaminated in terms of soil and groundwater.

Keywords: Regulation on Control of Soil Pollution and Point Source Contaminated Fields, fuel stations, soil pollution, pollution spillover, GWSDAT, RISC5, groundwater pollution, TPH, BTEX, MTBE.

SEMBOLLER

As	: Arsenik
Ba	: Baryum
Cd	: Kadmiyum
Cu	: Bakır
Cm	: Santimetre
cm²	: Santimetrekare
cm³	: Santimetreküp
C₅H₁₂O	: Metil tersiyer-Bütıl eter
g	: Gram
inç	: 2,54 cm uzunluğundaki uzunluk ölçüsü birimi
kg	: Kilo-gram
mV	: Milivolt
mS/cm	: Milisiemens/santimetre
ml	: Mililitre
Ni	: Nikel
Pb	: Kurşun
Zn	: Çinko
t	: Zaman (s)
T	: Sıcaklık (°C)
l	: Litre

KISALTMALAR

AKD	:Amerikan Kimya Derneği
AKM	:Askıda Katı Madde
API	:Amerikan Petrol Enstitüsü
ASTM	: Uluslararası Amerikan Test ve Materyalleri Topluluğu
ATEX Sertifikası	:Parlayıcı ve kolay yanıcı ortamlardaki ürünler için alınan sertifika
Bakanlık	: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı
BAD	: Birinci Aşama Değerlendirme
BTEX	: Benzen, Tolüen, Etil benzen, Ksilen
BTEX	: Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirme
CAS Numarası	: Kimyasal Özetler Servisi CAS numarası
DNAPL	: Sudan Daha Yoğun ve Suyla Karışmayan Tehlikeli Sıvı
EÇBS	: Entegre Çevre Bilgi Sistemi
EF	: Eğim Faktörü
FÖKGP	: Faaliyete Özel Kirlilik Gösterge Parametreleri
FRTR	:Birleşik Devletler Federal Temizleme Teknolojileri Yuvarlak Masası
EPA	: Environmental Protection Agency/Çevre Koruma Ajansı
FID/PID	: Foto İyonize Dedektör (Photo Ionize Dedector)
GKSM	: Güncelleştirilmiş Kavramsal Saha Modeli
GWSDAT	: Yeraltı suyu mekânsal zaman veri analizi yazılımı
HKSK	: Hedef Kirletici Saha Konsantrasyonları
HVOC	: Halojenli Uçucu Organik Bileşik
ISO	: Uluslararası Standartlar Teşkilatı
ICP-MS	: İndüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometrisi

İAD	: İkinci Aşama Değerlendirme
İl Müdürlüğü	: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlükleri
JKSD	: Jenerik Kirletici Sınır Değer
JKK	: Jenerik Kirletici Konsantrasyonu
JKSM	: Sahaya Özgü Kirletici Muhtemel Senaryo Kavramsal Saha Modeli
JRD	: Sahaya Özgü Jenerik Risk Değerlendirme
JS	: Jenerik Senaryo
JSRD	: Jenerik Senaryoda Risk Değerlendirme
KGP	: Kirlilik Gösterge Parametreleri
KMÇSGÖHY	: Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik
KSETR	: Kirlenmiş Saha Etüt Teknik Rehberi
KSETR	: Kirlenmiş Saha Bilgi Sistemi
KSYS	: Kirlenmiş Sahalar Yönetim Sistemi
KSTİTK (KSTİTK)	: Kirlenmiş Saha Temizleme İyileştirme Teknolojileri Kılavuzu
LNAPL	: Sudan Daha Az Yoğun ve Suyla Karışmayan Tehlikeli Sıvı
LEL	: En Düşük patlayıcılık alt sınırı (Lower Explosive Limit)
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
MTBE	: Metil-Tersiyer-Bütıl-Eter
NACE KOD Sınıflandırması	: Avrupa Topluluğunda Ekonomik Faaliyetlerin İstatistikî Sınıflandırması
NAPL	: Suyla Karışmayan Sıvı Tehlikeli Madde
OMGİ	: Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonu
MEVBİS	: Meteorolojik Veri Bilgi Satış ve Sunum Sistemi
ND	: Tespit değerlerinin altında olan veri değeri

PAH	: Poliaromatik Hidrokarbon
pH	: Potansiyel Hidrojen
PM	: Partikül Madde
PRB	: Pasif, Reaktif Bariyer
PVC	: Polivinil Klorür Boru
PRB	: Pasif Reaktif Bariyer
R.G.	: Resmi Gazete
RISC5	: Risk Bazlı Kanser Riski ve Tehlike İndeksi Hasaplama Yazılımı
SK	: Gözlem amacıyla teşkil edilen su kuyusu
TBE	: Toprak Buhar Ekstraksiyonu
TÇO	: Toplam Çözülmüş Oksijen
TEHLİKE İNDEKSİ	: Kanser Dışı Sağlık Riskleri
TKKY	: Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
TKKNKSDY	: Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirilenmiş Sahalara Dair Yönetmelik
TOK	: Toplam Organik Karbon
TOX	: Toplam Organik Halojen
TPH	: Toplam Petrol Hidrokarbonları
TSE	: Türk Standartları Enstitüsü
UNDP	: Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı
UOB	: Uçucu Organik Bileşikler
USEPA	: Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı
YAS	: Yeraltı Suyu
YAT	: Yüzey altı Toprağı
YT	: Yüzey Toprağı
SK	: Sondaj Kuyusu/Gözlem Kuyusu
TPH	: Toplam Petrol Hidrokarbonları

YNER Sistemi	: Yere Nüfuz Eden Radar Sistemi
HSL	: Hazardous Substance List (Tehlikeli Kimyasalların Listesi)
ORP	: Oksidasyon İndirgeme Potansiyeli

ŞEKİL LİSTESİ

SAYFA NO

Şekil 1.1. 2021 yılında gerçekleştirilen İdari Çevre Ceza Oranları	6
Şekil 1.2. 2021 yılı İdari Yaptırım Sayılarının Konularına Göre Dağılımı	6
Şekil 1.3. Akaryakıt İstasyonları Temsili İş Akım Şeması	8
Şekil 1.4. TKKNKKSDY İş Akım Şeması-Benzin İstasyonları.....	10
Şekil 1.5. Kontamine Alanlar Tespit Sistemi (KSTKS) Detaylı Akım Şeması	14
Şekil 1.6. Kirlenmiş Sahalar Birinci Aşama Değerlendirme Ayrıntılı Akım Şeması	17
Şekil 1.7. Kontamine Alanlar İkinci Safha İnceleme Detaylı Akım Şeması	20
Şekil 1.8. Kontamine Alanların İyileştirme Safhası Detaylı Akım Şeması	21
Şekil 1.9. Akaryakıt istasyonunun yeraltı tanklarını ve tesisatlarını gösterir şema	26
Şekil 1.10. Bir akaryakıt istasyonunun yeraltı tesisat ve dolum üniteleri gösterir şema	27
Şekil 1.11. Hidrokarbonların Yapısal İlişkileri	28
Şekil 1.12. Yoğunluk ve Özgül Ağırlığa Göre Petrol	29
Şekil 1.13. Petrol Dağıtım Endüstrisinde Kullanılan Petrol	30
Şekil 1.14. Petrol Ürünlerinin Dağıtımında meydana gelen Kirlilik	34
Şekil 1.15. Petrol Kirliliğinin Zeminde ve Yeraltında Meydana Getirdiği Kirlilik	34
Şekil 1.16. Petrolün toprağa ve yeraltı suyuna sızmasının temsili hareketi.....	35
Şekil 1.17. MTBE'nin Çevresel Döngüdeki Hareketleri	36
Şekil 2.1. İstanbul İli Uydu Görüntüsü	37
Şekil 2.2. İnceleme Alanı X Petrol Temsili Genel Vaziyet Planı	38

Şekil 2.3. İnceleme Alanı X Petrol Kavramsal Saha Modeli	39
Şekil 2.4. X Petrol Kavramsal Saha Modeli Alıcılar ve Maruziyet Yolları.....	40
Şekil 2.5. Yere Nüfus Eden Radar Yöntemi Sistemi	40
Şekil 2.6. Kablo Boru Tespit Dedektörü.....	41
Şekil 2.7. Saha Çalışması Emniyeti için Kablo Boru Tespit Dedektörü.....	41
Şekil 2.8. YNER Sistemi Sonrası Altyapı Emniyeti için El Kazısı Görseli	42
Şekil 2.9. Pencereci Numune Alma Seti.....	43
Şekil 2.10. Sondaj Delgisi Çalışması	44
Şekil 2.11. Yeraltı Suyu Örnekleme Amaçlı Peristaltik Pompa	45
Şekil 2.12. GWSDAT programı girdileri tablosu	49
Şekil 2.13. GWSDAT programı TPH parametresinin zamansal yayılımının örnek çıktısı ..	50
Şekil 2.14. RISC5 Modeli Logosu	51
Şekil 3.1. İnceleme Alanı Genel Vaziyet Planı (temsili)	60
Şekil 3.2. İnceleme Alanı X Petrol Genel Sondaj Noktaları Seçim Alanı.....	61
Şekil 3.3. SK1, SK2, ve SK3 Su Kuyularındaki BTEX Değerlerinin Zamansal Değişimi	75
Şekil 3.4. SK1, SK2, ve SK3 Su Kuyularındaki TPH Aromatik C5-C35 Değerlerinin Zamansal Değişimi	76
Şekil 3.5. SK1, SK2, ve SK3 Su Kuyularındaki TPH Alifatik C5-C35 Değerlerinin Zamansal Değişimi	77
Şekil 3.6. SK1, SK2, ve SK3 Su Kuyularındaki MTBE Parametresinin Değerlerinin Zamansal Değişimi	78

Şekil 3.7. 2018 ve 2019 yıllarında İstanbul Avrupa ve Anadolu Yakasındaki İki Meteorolojik Gözlem İstasyonunun Aylık Yağış Miktarları Grafiği	79
Şekil 3.8. İnceleme Alanı Yeraltı Suyu Akış Yönü	81
Şekil 3.9. İnceleme Alanı Sondaj Noktaları ve Çevresi.....	82
Şekil 3.10. SK1, SK2, ve SK3 isimli Su Kuyularındaki BTEX Değerlerinin Zamansal Değişimi Haziran 2018-Eylül 2021.....	83
Şekil 3.11. SK1, SK2, ve SK3 isimli Su Kuyularındaki MTBE Değerlerinin Zamansal Değişimi Haziran 2018-Eylül 2021.....	85
Şekil 3.12. SK1, SK2, ve SK3 isimli Su Kuyularındaki MTBE Değerlerinin Zamansal Değişimi Haziran 2018-Eylül 2021.....	86
Şekil 3.13. İnceleme Alanındayeraltı suyu kullanımına ilişkin kanser ve kanser dışı sağlık riskleri senaryoları.....	90
Şekil 3.14. Sahaya Özgü Risk Değerlendirme Akım Şeması	92
Şekil 3.15. Toprak Temizleme için Üstün Nitelikli Teknolojiler	102
Şekil 3.16. Yeraltı Suyu Temizleme için Üstün Nitelikli Teknolojiler Teknolojiler	103
Şekil 3.17. Yeraltı Suyu İyileştirmesinde Geçirgen Reaktif Bariyer Uygulaması	105
Şekil 3.18. Yeraltı Suyu İyileştirmesinde Peroksit Enjeksiyonu Uygulaması	108
Şekil 3.19. Yeraltı Suyu İyileştirmesinde Hava Kabarcıklı Arıtım Uygulaması	109
Şekil 3.20. Yeraltı Suyu İyileştirmesinde Hava Kabarcıklı Arıtım Uygulaması	110
Şekil 3.21. Yeraltı Suyu İyileştirmesinde Hava Kabarcıklı Arıtım Uygulaması	111

TABLO LİSTESİ

SAYFA

Tablo 1.1. Faaliyete Özel Kirletici Gösterge Parametreleri	11
Tablo 2.1. İnceleme Alanı Hakkında Genel Bilgiler	38
Tablo 2.2. Portatif Gaz Dedektörü 1.....	44
Tablo 2.3. Portatif Gaz Dedektörü 2.....	45
Tablo 2.4. Su Kalitesi Ölçüm Cihazı.....	46
Tablo 2.5. Portatif Su Seviye Ölçme Cihazı.....	47
Tablo 2.6. Sıyırıcı Dalgıç Pompa	47
Tablo 2.7. Kompresör.....	48
Tablo 2.8. Laboratuvar Analizleri Gaz Kromatografi Cihazı.....	48
Tablo 2.9. Laboratuvar Analizlerinde Kullanılan Metotlar	57
Tablo 3.1. TKKNKKS DY Jenerik Risk Sınır Değerleri	63
Tablo 3.2. İstanbul X Petrol Toprak Numunesi Şubat 2018 Sonuçları	65
Tablo 3.3. İstanbul X Petrol Toprak Numuneleri ÖD-RD Karşılaştırması	66
Tablo 3.4. İstanbul X Petrol Toprak Numuneleri ÖD-RD Değerlendirmesi.....	67
Tablo 3.5. İstanbul X Petrol Hava Kalitesi Numuneleri Aralık 2018 Sonuçları	68
Tablo 3.6. İstanbul X Petrol SK1 kuyusu Su Numunesi	72
Tablo 3.7. İstanbul X Petrol SK2 kuyusu Su Numunesi	73
Tablo 3.8. İstanbul X Petrol SK3 kuyusu Su Numunesi	74
Tablo 3.9. İnceleme Alanı Mobil Saha Okumaları ve Kuyu Özellikleri	80
Tablo 3.10. İnceleme Alanı Eksiksiz Taşınım Yolları Listesi.....	88
Tablo 3.11. İnceleme Alanı ÖDMax Parametre ve Değerleri	89
Tablo 3.12. Yeraltı suyu Maruziyet yolları yetişkin ve çocuklar için parametreler	94
Tablo 3.13. Yeraltı suyu yutulması Maruziyet yolu yetişkin ve çocuklar için parametreler.....	94

Tablo 3.14. Yeraltı suyu deri yoluyla teması Maruziyet yolu yetişkin ve çocuklar için parametreler.....	94
Tablo 3.15. İnceleme Alanı yerleşik alıcı yetişkin direk temas senaryosu için RISC5 Modeli sonuçları.....	95
Tablo 3.16. İnceleme Alanı yerleşik alıcı çocuk direk temas senaryosu için RISC5 Modeli sonuçları.....	96
Tablo 3.17. İnceleme Alanı yerleşik alıcı yetişkin direk temas senaryosu için RISC5 Modeli sonuçları.....	97
Tablo 3.18. İnceleme Alanı yerleşik alıcı çocuk direk temas senaryosu için RISC5 Modeli sonuçları.....	98
Tablo 3.19. İnceleme Alanı yerleşik alıcı çocuk direk temas ve 100m taşınım senaryoları için RISC5 Modeli sonuçları özeti	99

1. GİRİŞ

Ulaşım, madencilik, petrokimya, inşaat gibi sektörlerde karşılaşılan akaryakıt ürünlerinin kullanımı birçok ülkenin enerji ihtiyacını gideren en önemli unsurlardan olduğu bilinmektedir [1].

Sanayileşme, nüfus artışı ve nüfus artışına bağlı olarak kentleşme, enerji ihtiyacı ile ülkemizde motorlu kara taşıtlarının kullanımının artması, petrol ürünlerine olan talebin artması ile birlikte ülkemizin tamamında bu ihtiyacın giderilmesi amacıyla yüzlerce akaryakıt istasyonu açılmıştır ve halk arasında akaryakıt istasyonlarına benzin istasyonları denmektedir.

Akaryakıt istasyonları özelinde petrol incelendiğinde, işletme faaliyetleri gereği akaryakıt istasyonları benzin ve mazot gibi çevreye zarar verebilecek zehirli kimyasallar içeren binlerce litre petrol ürünlerinin depolama tanklarında 7 gün 24 saat esasına göre depolanması ve onlarca yıl mevcudiyetini koruduğu için, toprak ve yeraltı suyu kirliliği açısından potansiyel kirletici kaynağıdırlar [2].

Petrol rafinerileri ve akaryakıt istasyonlarında depolanan petrol ürünlerinin tanklarından sızıntı veya yanlış dolum, veya kaza ya da sabotaj sonucu oluşan toprak kirliliği insan ve çevre sağlığı yönünden incelendiğinde kritik problemler oluşturmaktadır [3].

Akaryakıtın doğasında mevcut olan uçucu ve yarı uçucu hidrokarbonlar, toprağa veya yeraltı suyuna sızmaları halinde mevcut konumlarını değiştirme durumları söz konusu olduğundan hem toprağı hem de yer altı sularını kirletebilirler [4].

Benzin istasyonları, akaryakıt dolum petrol rafinerileri başta olmak üzere, sanayide kimyasal tesislerin yerüstü veya yeraltı tanklarında benzin, mazot gibi akaryakıt ürünleri tesis edilmektedir. Benzin istasyonlarının operasyonları ve çalışma koşullarından kaynaklı doğabilecek olası kirliliğin teşhis edilmesi, iyileştirilmesi, sürdürülebilir bir çevre ve yaşam için zaruri bir ihtiyaçtır. Kaza, çevre tahribatı, sabotaj yada toprak kayması, deprem gibi doğal bir afet olması halinde akaryakıt istasyonlarında veya endüstriyel tesislerde petrol kaynaklı kirleticilerin depolanan tanklardan toprağa sızması çevre felaketiyle sonuçlanabilir. Bu sebeptendir ki bu akaryakıt tankları kirletici kaynağıdırlar

Ayrıca, kirlenmiş toprağın ve yeraltı suyunun ıslahı, aylar süren giderim çalışmaları ve yüzbinlerce Amerikan dolarını bulan yüksek maliyetleri de beraberinde getirmektedir [2].

Amerika Birleşik Devletleri Federal Çevre Ajansı (USEPA), toprak ve yeraltı suyu kirlenmesine sebep olan veya olması muhtemel olan yüksek kirletici maddeler (HSL) listesini 1989 yılında yayınlamıştır. Yüksek kirletici maddeler listesinde petrol ve türevleri de bulunmaktadır, toprak ve yeraltı suyu açısından kirlenmiş veya şüpheli sahaların değerlendirilmesinde ve izlenmesinde öncelikli bu listelerde yer alan tehlikeli maddeler dikkate alınmaktadır [5].

Ülkemizde toprak kirliliği mevzuatı 2000’li yıllarda oluşmaya başladığından akaryakıt istasyonlarının operasyonel faaliyetleri gereği oluşturdukları mevcut riskler henüz tam anlamıyla incelenmemiş olup toprak ve yeraltı suyu açısından daha fazla araştırılmamış olduğu için riskleri de tam olarak bilinmemektedir. Akaryakıt istasyonlarının petrol türevi kimyasalları depo tanklarında barındırmaları TKKNKKSDY ve çevre açısından önem arz etmektedir. Bu yüksek lisans tez çalışmasında, akaryakıt istasyonları özelinde TKKNKKSDY süreçleri irdelenerek akaryakıt istasyonlarında yürütülen faaliyetler ve buna bağlı olarak toprak ve yeraltı suyu kirliliği sebepleri araştırılmıştır. Petrolün toprak ve yeraltı suyunda yayılımının çevreye etkisi genel hatlarıyla incelenmiştir. Ayrıca oluşabilecek potansiyel sağlık risk analizleri belirlenmiştir.

İstanbul Avrupa yakasında faaliyet gösteren bir akaryakıt istasyonundan (X Petrol) sondaj yapılmak suretiyle dört (4) adet toprak numunesi alınmıştır. Ayrıca, üç (3) adet su kuyusu teşkil edilmiştir ve belirli periyotlarda pompa kullanılarak su numuneleri düşük debili örnekleme metoduna uygun olarak on (10) adet veri seti elde edilmiştir, sonuçlara ilişkin kirlilik yayılımları oluşturulmuş ve kanser ve kanser dışı sağlık hesaplamaları yapılmıştır. Saha çalışmalarının başında, tesise komşu olan binanın bodrum katından dört (4) adet pasif hava örnekleme yapılmıştır ve saha ile ilişkisi incelenmiştir. Bu yapılan çalışmalar sonucunda akaryakıt sektöründe toprak ve yeraltı suyu kirlilikleri ve giderimleri konularında bir fikir sahibi olunması hedeflenmiştir.

1.1. Tezin Amacı ve Kapsamı

Sanayileşmenin, nüfus artışının talebi gereği ülkemizde 2022 yılı itibarıyla kurulu ve aktif olan binlerce akaryakıt istasyonu bulunmaktadır. Aktif olarak faaliyetini sürdüren veya

satışa kapalı olan benzin istasyonlarından, veya endüstriyel tesislerin akaryakıt, kimyasal depo tanklarından bilinen veya bilinmeyen nedenlerle bazı akaryakıt tanklarının toprağa akaryakıt sızıntısına sebep olduğu tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de bilinmektedir.

Akaryakıt istasyonlarında depolanan petrol türevi olan benzin veya mazotun tanklardan toprağa ve yeraltı suyuna sızmasının temel nedenleri arasında; benzin istasyonlarının düzenli çevresel zorunluluklarını takip etmemeleri, kullanım yaşamı dolmuş depo tanklarının sızdırmazlıklarını takip etmemeleri, sabotaj, yanlış dolum veya çevre kazaları gelmektedir. Akaryakıt istasyonlarındaki depolama tankları veya iletim hatlarından akaryakıt sızması durumunda, bu petrol ürünü depo tankından toprağa sızabilmektedir. Depo tankından toprağa sızan bu kimyasalın, toprak katmanının geçirimsizlik koşullarına, yeraltı su seviyesinin meafesine göre yeraltı suyuna taşınma durumu bulunmaktadır. Yer altı suyunun petrol türevlerince kontaminasyonu ise hidrojeolojik koşullara bağlı olarak geniş alanlara ulaşabilmektedir.

Akaryakıt kaynaklı toprak kirliliğinin tespiti ve giderilmesi için ülkemizde yetkililerce yapılan uygulamaların ve denetlemelerin sayıları yeterli değildir. Bakanlık ve İl Müdürlüklerince oluşturulan Toprak Kirliliği Uygulayıcı Komiteleri, sayıları yeterli olmayan uygulayıcıları ile olası kirlenme ihtimali bulunan alanları tespit etmektedir. Bakanlık yetkililerince uygulanmış olan saha denetim faaliyetleri çerçevesinde, özellikle petrol depolayan işletmeler, üretim yapan ve kimyasal endüstriyel kuruluşlar toprağı kirlüten yerler arasında yer almaktadır. Türkiye’de öncelikli olarak endüstrinin ve nüfusun yoğun görüldüğü bölge ve şehirlerde toprak kirliliğinin yanısıra yeraltı suyunu da kirlenme ihtimali bulunan endüstriyel işletmelerin faaliyet gösterdiği bilinmektedir. Ülkemizde toprakların ne derece kirlenmiş olduğu henüz tam anlamıyla bilinmemekle birlikte kirlilik haritasının çıkarılmasına yönelik yapılan çalışmalar da sınırlıdır [6].

Bu çalışmanın amacı, petrol sızıntısı olduğu bilinen bir akaryakıt istasyonunun 2010 yılında yayımlanmış ve 2015 yılından beri tüm maddeleriyle birlikte yürürlükte olan TKKNKKSDY kapsamında incelenmek suretiyle, toprakta ve yeraltısuyundaki oluşturduğu kontaminasyonun zamana bağlı değişiminin tespiti, kirliliğin iyileştirilmesi için yöntemlerin tespit edilerek sağlık açısından kanser ve kanser dışı sağlık risklerinin belirlenmesidir.

Bu çalışmanın kapsamı ise, petrol sızıntısı ile kontamine olmuş ve İstanbul’da faaliyet

gösteren bir akaryakıt istasyonunda Mart 2018-Ekim 2021 tarihleri arasında yapılan saha sondaj, toprak, toprak gazı ve yeraltı suyu numunelerinin alınması vasıtasıyla TKKNKKSDY açısından değerlendirmelerinin yapılarak, kirlilik kaynağının tespit edilerek rehabilitasyon/iyileştirme yöntemlerinin araştırılmasıdır.

1.2. Ülkemizdeki Toprak Mevzuatı Hakkında Genel Bilgi

Türkiye’de 1960’lardan sonra Çevre Kanunu yayımlanarak yürürlüğe girmiş, 1990’larda su kirliliğine ilişkin yönetmelik, bildirim, tebliğler oluşturulmuştur. Çevre Mevzuatı açısından toprak kirliliğine ilişkin yönetmelik ve tebliğlerin ise on beş-yirmi (15-20) yılda gerçekleştiği görülmektedir.

Türkiye’de toprak kirliliği; hava ve su kirliliği ile kıyaslandığında önemi dah sonra anlaşılmıştır, çevre mevzuatı incelendiğinde de toprak kirliliği ile ilgili yönetmelik, tebliğ ve bildirimlerin son on beş-yirmi (15-20) yılda gerçekleştiği görülmektedir. Toprak kirliliğinin teşhisi ve giderimi ile ilgili çalışmaları kapsayan çalışmalar, 2000’li yılların başında TKKY yürürlüğe girmiş ve bu bahsedilen yönetmelik ise 2005 yılında tekrar düzenlenmiştir. Türkiye’de toprak kirliliği teşhisi için noktasal bazlı, çevresel risk süreçlerini de içerir kapsamlı TKKNKKSDY 2010 yılında yürürlüğe girmiştir.

Endüstriyel işletmelerde faaliyetleri gereğince üretilen çeşitli kimyasalların ve bunların ilgili tehlikeli atıklarının depolanması, tesis içi geçici atık depolama alanlarında oluşabilecek sızıntıların sonucu olarak bilerek veya bilmeyerek toprak kirliliği meydana gelmektedir. Nüfus artışı ve sektörel ihtiyaçlar doğrultusunda sanayi tesislerinin artış göstermesi toprağı kirliletme potansiyeli bulunan bu işletmelerin de tespit edilmesi, kirlenmiş alanların temizlenmesine yönelik bir yönetim sistemi uygulanması TKKNKKSDY’nin yürürlüğe girmesinden sonra olmuştur.

Toprağın kirlenmesinin önlenmesi, kirlenmiş veya kirlenme ihtimali olan alanları tespit etmek, kirlenmiş tesis alanlarının ıslahı, kontaminasyon ve giderimin izlenmesi için TKKNKKSDY (08 Haziran 2010 tarih ve 27605 Sayılı R.G.) yayımlanmıştır [7].

Toprak Kirliliği

Kimyasal ve tehlikeli maddelerin toprağı sızması ile toprağın doğal yapısını ve toprak ekosistemini bozması, toprak kirliliği şeklinde tanımlanabilir. Toprak; hem su, hem de hava ekosistemleri ile ilişki halindedir. Toprağın yapısının kirliletici zararlı maddeler ile

birikmesi, toprakta yaşayan canlılar ve bitkiler zarar görmesi, karasal ekosistemin verimi de toksik etkilenmesi anlamına gelmektedir. Toprak, dolaylı olarak ilişki halinde bulunduğu hava ve su ekosistemlerine karışmış kirletici parametreleri için bir depo katmanı olması sebebiyle de önem arz etmektedir.

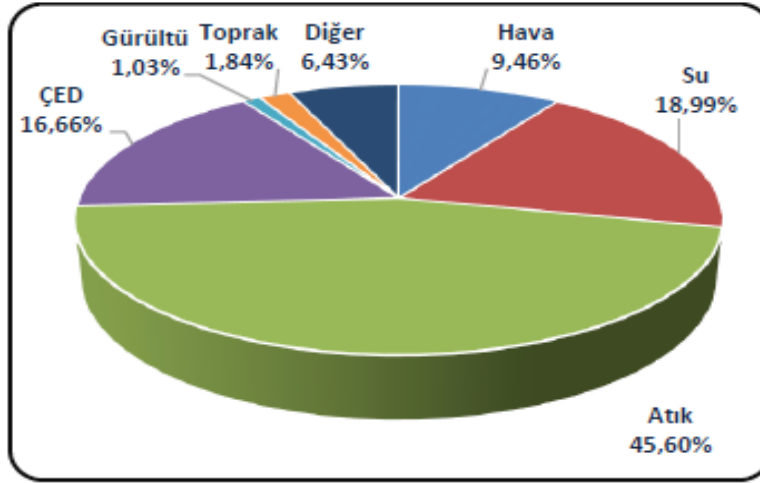
Türkiye’de Toprak Kirliliği Mevzuatı

Ülkemizde 2000’li yılların başından itibaren toprak mevzuatı oluşmaya başlamış olup, 2005 yılında “Toprak Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği (TKKY)” yürürlüğe girmiştir. Ancak; TKKY, kirlenmiş alanların tüm etkenleriyle teşhisini barındırmadığı için risk bazlı ve noktasal kaynaklı alanların incelenmesi gerekliliği oluşmuş ve çevre mevzuatı çerçevesinde 8 Haziran 2010’da TKKNKKSDY yayımlanmıştır ve halen bu yönetmelik yürürlükte [7].

Toprak kirliliğinin teşhisi, rahabilitasyon uygulamaları ve her türlü izleme faaliyetleri TKKNKKSDY vasıtasıyla yönetilmektedir. TKKNKKSDY, beş (5) yıllık geçiş süreci sonrasında Haziran 2015’te tüm maddeleri ile yürürlüğü girmiştir. TKKNKKSDY uygulamalarının etkin olması için yönetmeliğe ilave olarak, Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı bir dizi teknik rehber de kılavuz olması için yayımlanmıştır [7].

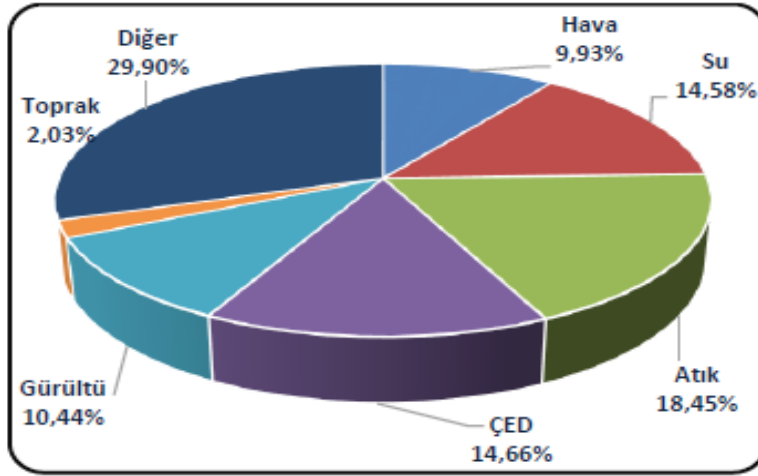
1.2.1. Türkiye’de 2021 yılı çevre denetlemeleri uygulamaları ve cezaları

Ülkemizde Bakanlık yetkililerince 2021 yılı içerisinde iki yüz seksen dokuz (289) adet denetleme yapılmıştır. İl Müdürlüklerince ziyaret ve denetim adedi 2021 yılında 56.733 olarak görülmektedir. Tüm yıl için toplam uygulamalar incelendiğinde ise il Müdürlükleri tarafından 57.022 tane denetim yapıldığı ve 350115092,34 TL ilgili kurum ve tesislere yetkililerce idari para cezası verildiği anlaşılmıştır. Bakanlık yetkililerince uygulanan ceza toplamı 25837497,81 TL iken, İl Müdürlüğü tarafından kesilen ceza miktarı ise 324277594,53 TL’dir. 2021 yılında dört yüz altı (406) firma, çevre kurallarına aykırı hareket ettiğinden tesis kapatma kararı yetkililerce verilmiş olup, yirmi altı (26) tanesi bakanlık, üç yüz seksen altı (386) adedi ise il müdürlüklerince denetlenmiştir. Denetimlerin konularına göre dağılım oranları Şekil 1.1. ve Şekil 1.2.’de gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Bakanlık yetkililerince ilgi çevre konularına göre gerçekleştirilen ceza oranları [8].

Bakanlık yetkililerinin uzman ekiplerince gerçekleştirilen idari cezai miktarının konularına göre dağılımı **Şekil 1.1.**'de gösterilmiş olup, buna göre 2021 yılındaki cezaların sadece %1,84 oranında toprak kirliliği cezaları olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 1.2. 2021 yılı içerisinde, Bakanlık tarafından denetlenen ve idari yaptırım sayısının konulara göre yüzdelik (%) dağılımı [8].

Şekil 1.2.'ye göre ise 2021 yılında Bakanlık tarafından gerçekleştirilen idari yaptırımların yüzdelik dağılımına göre, en yüksek oran %18,45 ile atık konusu iken “toprak kirliliği” ise tüm yaptırımların sadece %2,03’ünü oluşturduğu görülmektedir.

Ülkemizde sanayileşme, haddinden fazla yoğun şehirleşme, çevresel sabotajlar, tesis sahalarının kötü kullanımı vb. nedenler özellikle Marmara Bölgesi'nde binlerce dönüm verimli arazinin toprağının kontamine olmasına sebep olmuştur [9]. Toprağın kontamine olması sadece ülkemize özel olmayıp özellikle Avrupa'da gelişmiş veya gelişmekteki ülkelerde de görülen bir çevresel durumdur [10]. Mesela Batı Avrupa ülkelerinde kirlenmiş sahaların adedi dört yüz bin (400.000) seviyelerinde olduğu bilinmektedir ve Doğu Avrupa ülkelerinde de pekçok kontamine saha mevcuttur [11].

Gelecek yirmi-otuz (20-30) yıl için Avrupa Birliği ülkelerinin kontamine alanların temizlenmesi için dörtyüz (400) milyar dolardan daha fazla harcaması gerektiği tahmin edilmektedir. Toprakta kirliliğin yayılmasına rağmen ekonomik sektörler arasındaki kirlilik ülkeden ülkeye farklılık göstermektedir, petrol sektörü ise toplamda bunun %14'ünü oluşturmakta ve diğer endüstriyel faaliyetlerle birlikte Avrupa'daki kirli topraklarının %60'ından fazlasını oluşturmaktadır. Toprak kirleticiler arasında en zararlı tehlikeli kimyasallar sırasıyla %37 ve %33 ile ağır metaller ve mineral yağlardır [9].

1.3. Ülkemizde Petrol Sektörü ve Akaryakıt İstasyonları Hakkında Genel Bilgi

1.3.1. Türkiye'de petrol sektörü

Ülkemizde elektrik ve petrol piyasalarının düzenlenmesi amacıyla ise Elektrik Piyasası Kanunu ile 2000'li yılların başında (2001 yılında) Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) kurulmuştur.

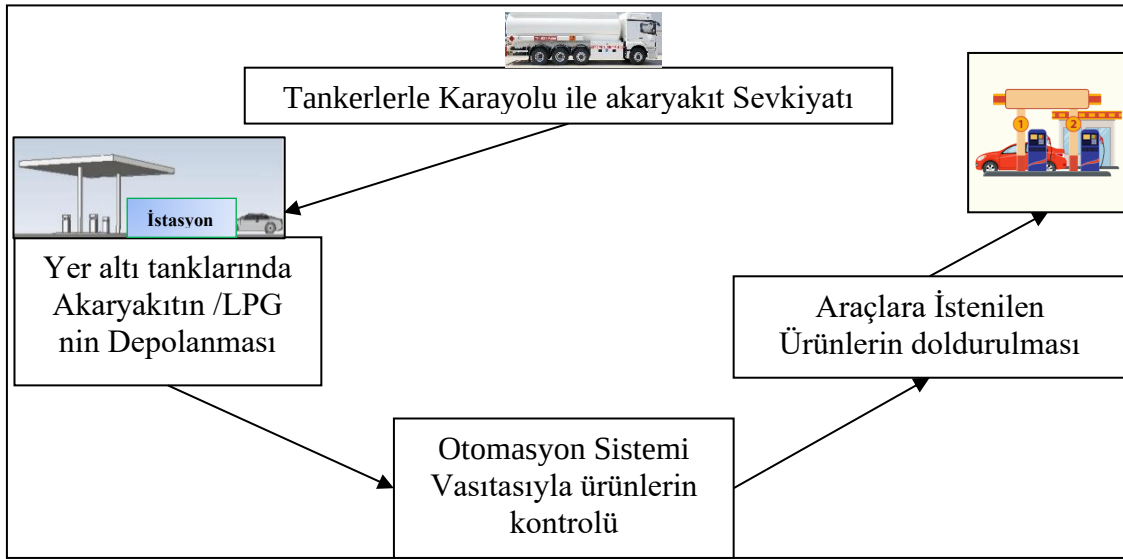
Petrol ve akaryakıt sektörüne hizmet sağlayan dağıtım şirketleri rakamsal olarak incelendiğinde elli altı (56) dağıtım firmasının 2014 yılında faaliyet gösterdiği EPDK verilerinde görülmektedir. Akaryakıt dağıtım sağlayıcı firmalardan yaklaşık kırk (40) tanesinin yıllık akaryakıt satış hacimleri incelendiğinde ise pazar payının %1 civarında olduğu bilinmektedir. Toplam satış miktarlarının en yüksek olduğu beş (5) şirket ise tüm sektörün %74 pazar payını oluşturmaktadır. Pazar payı en yüksek olan beş (5) şirket ise Shell, BP, Opet, Petrol Ofisi ve Total Energies firmalarıdır. Bu beş (5) firmayı aylık akaryakıt satış miktarları 70.000 ton un üzerindedir. Ocak 2014'te 1.2 milyon tondan fazla motorin ve yaklaştık 135.000 ton benzin ve türevi satılmıştır [12]. EPDK'nın 2014 yılına ilişkin rakamları incelendiğinde; Türkiye'de toplam faaliyet gösteren akaryakıt istasyonu sayısı on iki bin sekizyüz yetmiş sekiz (12.878) iken, 2022 yılı EPDK datalarına göre ise benzer şekilde on iki bin dokuz yüz altmış bir (12.961) adet akaryakıt istasyonu bulunmaktadır.

1.3.2. Akaryakıt istasyonlarının bileşenleri ve operasyonel faaliyetleri

Türkiye’de 2022 yılı EPDK verilerine göre yaklaşık on üç (13) bin akaryakıt istasyonu bulunduğu bilinmektedir. Hız, 2015 yılında yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında, 12.878 akaryakıt istasyonu olduğu için, yaklaşık 51.512 tane depolama amaçlı tank olduğunu öngörmüştür, böylece akaryakıt istasyonu başına düşen depolama tank sayısının da minimum 4 tane olduğu varsayılmıştır [2].

Akaryakıt dolum terminallerinden tankerlere dolumu yapılan akaryakıt ürünleri, akaryakıt istasyonuna karayolu kullanılmak suretiyle ulaştırılır. Akaryakıt dolum terminallerinde satışa hazır hale getirilmiş olan bu petrol ürünleri, akaryakıt istasyonlarında günlük, haftalık gibi periyotlarda otomasyon sistemi vasıtasıyla kontrol edilerek halkın ve müşterilerin kullanımına sunulmaktadır. Akaryakıt istasyonlarında petrol ürünlerine uygulanan bir işlem olmayıp, sadece satışı yapılmaktadır.

Akaryakıt istasyonlarında depolanan ürünün yaşam döngüsü temsili olarak aşağıda Şekil 1.3’de sunulmuştur.



Şekil 1.3: Akaryakıt istasyonları iş akım şeması (temsili)

Akaryakıt istasyonlarının farklı tanımları bulunmaktadır. Akaryakıt istasyonları, benzin istasyonu olarak da isimlendirilmektedir [13].

Akaryakıt istasyonları; benzin, mazot gibi akaryakıtların ve hatta sıvılaştırılmış petrol gazının (LPG) yeraltı depo tanklarında depolanması, otomasyon kontrolü ile araçların

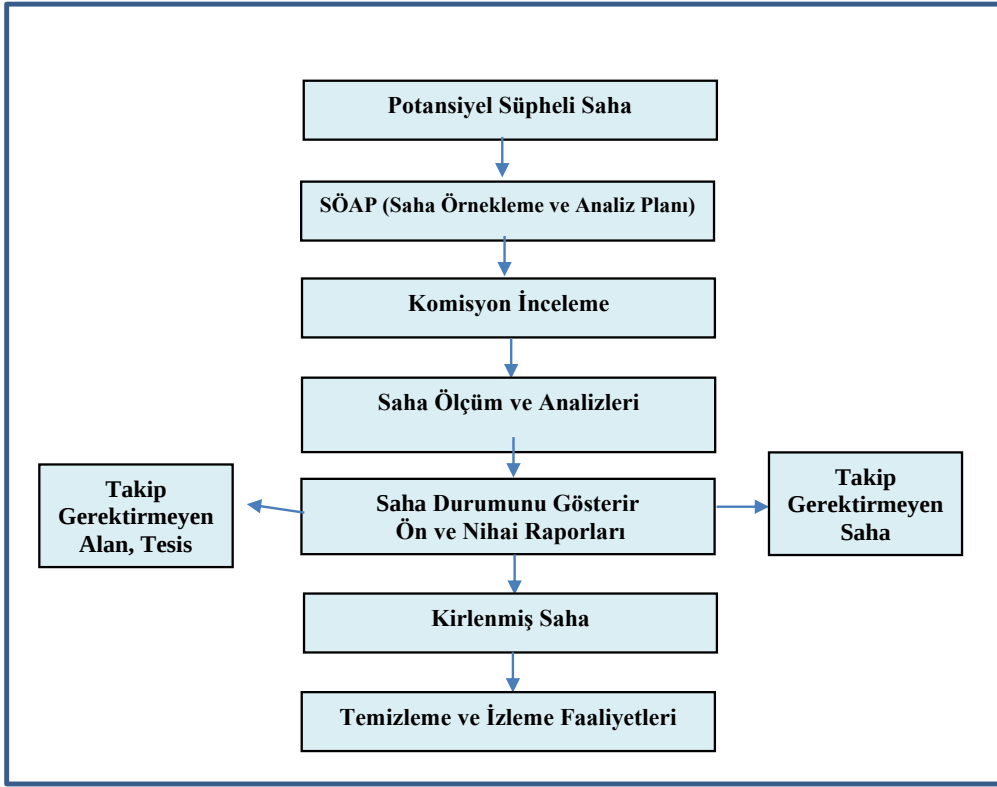
depolarına dolum yapılmak suretiyle satışlarının gerçekleştiği işletmelerdir. Akaryakıt istasyonları 7/24 esasına dayalı olarak faaliyet gösterdiğinden, akaryakıt ürünlerinin yanı sıra, market, motor yağı ve oto lastik değişimi amaçlı servis, yıkama, dinlenme tesisi gibi hizmetlerin de sunulduğu işletmelerdir [14]. Akaryakıt istasyonları; mücavir alanlarda konumlanmış olabileceği gibi, karayollarında otoyollarda da faaliyet gösterebilirler ve genellikle müşterilerine kesintisiz yıkama, servis gibi hizmetleri sunarlar [14].

Benzin istasyonları, faaliyet gösterdikleri konumları itibarıyla servis, dinlenme tesisi, madeni yağ değişimi alanı, oto yıkama operasyonlarının sağlandığı işletmeler olarak bilinirler ve aynı zamanda haberleşme ve market amaçlı kullanılan müesseseler olarak tanımlanabilir [15].

1.4.Akaryakıt İstasyonlarının TKKNKKSDY ve Çevre Açısından Önemi

1.4.1.Benzin istasyonlarında TKKNKKSDY Aşamaları

TKKNKKSDY yayımlanmasıyla, Türkiye'de faaliyet gösteren iki yüz otuz yedi (237) sektöre TKKNKKSDY' Ek 3'te belirtilmiş olan bilgi formunu ilgili ill Müdürlüklerine beyan etme zorunluğu getirilmiştir. TKKNKKSDY'nin kapsadığı sektörler; TKKNKKSDY'nin iki (2) nolu ekinde KGP listesi ve FÖKGP ile detaylıca tanımlanmıştır. TKKNKKSDY kapsamında akaryakıt istasyonları NACE kodu 4730 olup, temel olarak otomotiv yakıtının perakende satışını kapsamaktadır. Akaryakıt istasyonlarının; TKKNKKSDY kapsamında incelenmesi için izlenecek süreç Şekil 1.4.'te gösterilmiştir.



Şekil 1.4. TKKNKSDY kapsamında akaryakıt istasyonları aşamaları genel iş akım şeması [7].

Akaryakıt istasyonlarının TKKNKSDY kapsamında izlemesi gerekli süreçlere ilişkin akım şeması **Şekil 1.4.’te** gösterilmiştir ve buna göre akaryakıt tesisinin şüpheli saha olduğunun kabulü ile birlikte, toprak, toprak gazı ve yeraltı suyu, yüzey suyu gibi örneklemelerin ve analiz çalışmalarının yapılması için TKKNKSDY gereğince plan hazırlanmalıdır ve bu plan Saha Örneklem ve Analiz Planı (SÖAP) olarak isimlendirilir. SÖAP, Bakanlığın yeterliliğe haiz olan kuruluşlarca hazırlanır ve İl Müdürlüğü’nce oluşturulan Komisyon incelemesi ve onayı sonrası toprak ve yeraltı suyu saha ölçüm ve analiz çalışmaları potansiyel şüpheli sahada gerçekleştirilir [7].

Akaryakıt istasyonları, depoladıkları binlerce litre petrol ile TKKNKSDY’nin iki (2) numaralı ekindeki, iki (2) numaralı tablosunda belirtilen NACE Kodları içerisinde yer aldığından toprak ve yeraltı suyu açısından kirlетici parametreler barındırmaktadır.

Akaryakıt istasyonları, TKKNKSDY kapsamında değerlendirdiğinde, incelenmesi zorunlu parametreler parametreler Tablo 1.1.’de gösterilmiştir.

Tablo 1.1. Akaryakıt istasyonlarının operasyonel faaliyetlerine ilişkin parametre listesi [7].

NACE Kodu	Akaryakıt istasyonları özelinde Kirletici Parametreleri (KGP)
4730 – Benzin istasyonları	Toplam Petrol Hidrokarbonları (TPH), Toplam Organik Halojenler (TOX), Benzen, Toluen, Etilbenzen, Ksilen (BTEX), Toplam Uçucu Hidrokarbonlar (TUH)*, Ağır Metaller: Baryum(Ba), Kadmiyum (Cd), Bakır (Cu), Nikel (Ni), Kurşun (Pb) ve Çinko (Zn).

*Toplam Uçucu Hidrokarbonlar (TUH), yalnızca gaz örneklemeleri yapılacağında mobil saha okumaları vasıtası ile saha tipi cihazlarla ölçülerek belirlenen parametredir [7].

Herhangi bir nedenle toprağa sızması durumunda tehlike oluşturabilecek organik ve inorganik bileşiklerin endüstride kullanımının artması ile doğal kaynaklar açısından önemli sorunlar meydana getirebilmektedir. Endüstriyel fabrikaların, sanayi tesislerinin toprak ve yeraltı suyu kirliliği meydana getirdikleri bilinmektedir [16]. Toprak kirliliği incelendiğinde yaygın görülen tehlikeli maddeler; akaryakıt ürünlerinde bulunan uçucu hidrokarbon bileşikler (UOB), polisiklik aromatik hidrokarbonlar (PAH), bazı benzenler (benzen, toluen, etil benzen ve ksilenler, BTEX) yada poliklorlubifeniller (PCB) ve hidrokarbonlar olarak değerlendirilebilir [17].

Akaryakıt ürünlerinin ihtiyacının artması, akaryakıtı bağımlı sektörün dünyada yayılması, petrolün depolama ünitelerinden sızması yada akaryakıt iletim hatlarında karşılaşılan sızıntılar, benzin istasyonlarındakı sızıntı sonucu sızma veya patlamalar sonucu meydana gelen toprak kirliliği, çevre kirliliğine ve tahribatına neden olmaktadır [18].

TKKNKSDY, kırk iki (42) madde, on üç (13) ek, üç (3) tane destekleyici nitelikteki kılavuzlar olan teknik rehber ve teknik dokümandan oluşan kapsamlı bir yönetmeliktir.

Bakanlık tarafından yayımlanan teknik rehberler ve kılavuzlar;

- Kirlenmiş Saha Etüt Teknik Rehberi: kontamine alanların incelenmesi için oluşturulan Teknik Rehber (KSETR),
- Kirlenmiş Saha Risk Değerlendirme Teknik Rehberi: kontamine alanların sağlık ve sağlık dışı kanser risklerinin değerlendirildiği teknik rehber (KSTDTR),

- Kontamine alanların temizleme yöntemlerini ve kirliliğin gideriminin yöntemlerini detaylandıran teknik rehber (KSTİR)'dir.

- Kirlenmiş alanların iyileştirme teknolojilerini içerir Kirlenmiş Saha Temizleme İyileştirme Teknolojileri Kılavuzu (KSTİTK)'dir

Kontaminasyon meydana gelmiş alanların yönetiminden bahseden Teknik doküman ise;

- Kirlenmiş Sahalar Yönetim Sistemi Teknik Dokümanı (KSYSTD) olarak isimlendirilmiştir.

TKKNKKSDY genel anlamda üç ana Aşamadan oluşmaktadır;

I. Kirlenmiş alanların örnek ve analizlerinin incelendiği İlk Safha (BAD)

II. Alan ve kirlilik konsantrasyon tespiti için İkinci Aşama Değerlendirme (İAD)

III. İyileştirme Safhası

TKKNKKSDY safhaları;

Birinci safha değerlendirme (BAD): Kontamine olma şüphesi bulunan bir tesiste, alanda, sahada, örneklemeler ve analizler yapılmak suretiyle edinilen bilgiler ışığında işletmenin takip gerektiren veya takip gerektirmeyen statüde olup olmadığına karar verilen aşamadır.

İkinci Safha Değerlendirme (İAD): BAD sonucunda değerlendirilen işletmenin mevcut durumu eğer takip gerektiren saha olarak tespit edilmiş ise, o halde, tesiste saha ve kirlilik karakterizasyonu, buna ilave olarak sahaya özgü risk analizi değerlendirmeleri yapılır. Böylece tesisin temizlemesi gerekli kirlenmiş alan mı yoksa takip gerektirmeyen saha mı olduğu anlaşılan safhadır.

TKKNKKSDY gereği İyileştirme Safhası süreci ise bilgisayar programları yada TKKNKKSDY kılavuzlarında, rehber dökümanlarında ifade edilen formülleri kullanmak suretiyle incelenen risk değerlendirmesi sonucu çevresel risk düzeyinin tespiti ve temizleme çalışmalarının değerlendirilmesi aşamasıdır [7].

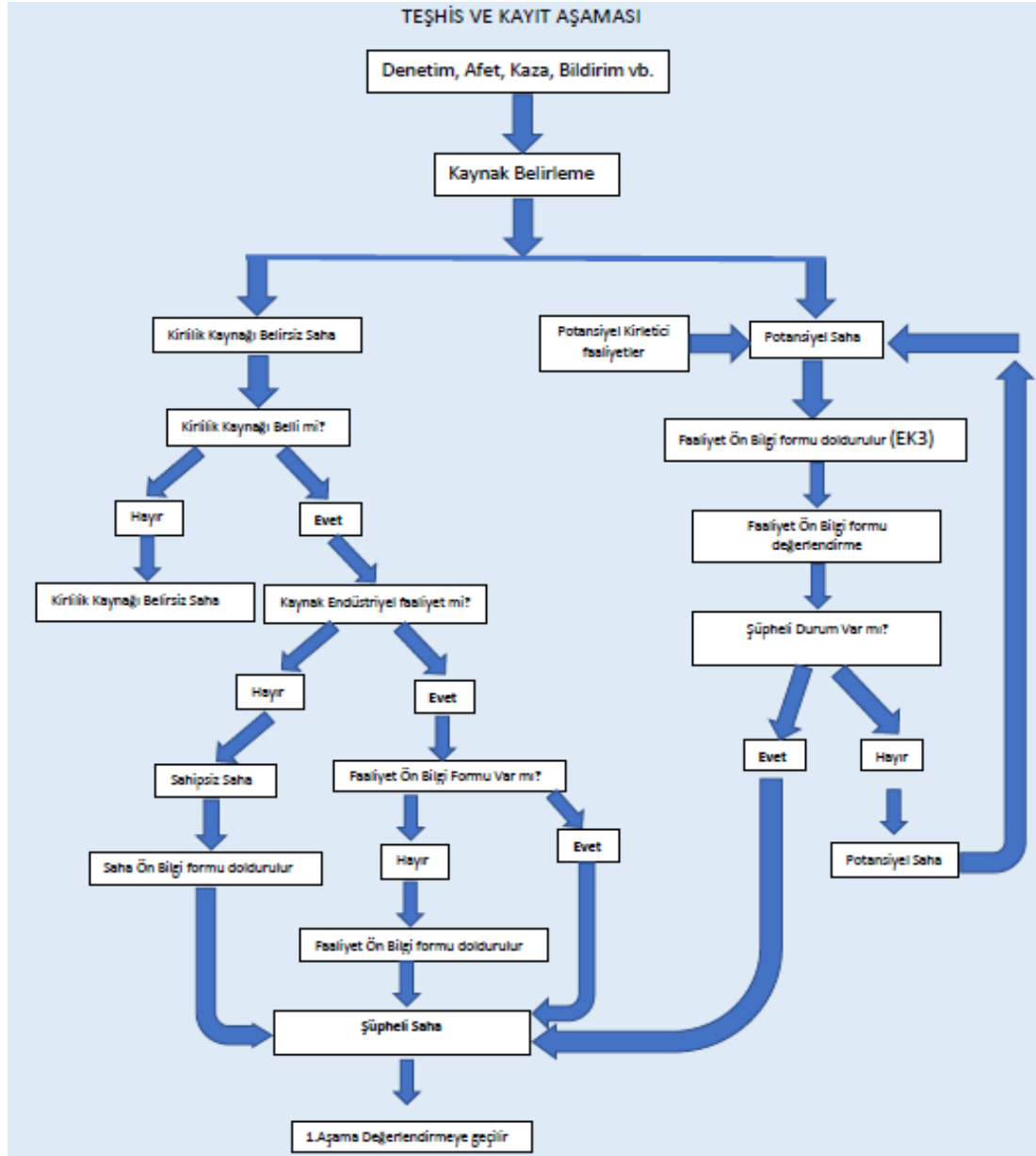
Kirlenmiş Saha Yönetimi Sistemi'nin (KSYS) ilk aşamasını oluşturan Kirlenmiş Sahalar Teşhis ve Kayıt Sistemi (KSTKS) öncelikli olarak kontamine olmuş alanların tespiti ve iyileştirilmesinin takibini sağlayan kirlenmiş alanların datalarının şeffaf olarak görülebileceği bir sistemdir.

Kontamine olma şüphesi bulunan potansiyel bir tesis, işletme; kaza, sızıntı, ihbar, sabotaj gibi nedenlerle kirlenmenin olma ihtimali oluşturan sahayı nitelendirmektedir. [7].

Sahipsiz saha ise, yasal olmayan yollarla (örneğin atık dökülmesi veya sızdırılması, gömülmesi) toprak ve yeraltı suyunun kirlendiği ancak sahibine ulaşılamayan, yasal sahibinin bilinmediği, bulunamadığı alanları temsil etmektedir [7].

Kirlilik kaynağı belli olmayan alan ise; kirliliğin ana sebebinin bilinmediği, fakat kontamine olma potansiyelini barındıran (mesela tesis içinde yada tesis çevresinde yüzeysel sızıntı, hassas gaz koku şikayeti, yeraltı suyu kullanılıyorsa koku,tat bozukluğu gibi bazı belirtilerin) teşhis edilmesiyle anlaşılan sahayı ifade etmektedir. [7].

KSTKS süreci ayrıntılı akım şeması Şekil 1.5.'de gösterilmiştir. KSTKS süreçlerinin teşhis ve kayıt yapılması için; ilk olarak alanın kirlilik kaynağı belirsiz bir saha mı,yoksa potansiyel saha mı olduğu tespiti edilmelidir. Sahanın tespiti sonrasında, çevresel ortamı kirlletme potansiyeli olan kirlletici kaynak tespiti amaçlı çalışma yapılmalıdır. Kirlilik kaynağını belirlemek için de Faaliyet Ön Bilgi Formu'nun değerlendirilmesi sonucunda yapılmaktadır. Tesise özgü bu form, işletmede örneğin proseslerde, depolama kapasitelerinde değişiklik olması halinde güncelliğini korumak için yenilenmeli ve İl Müdürlüğüne bildirimde bulunulmalıdır.



Şekil 1.5. TKKNKSDY gereği teşhis ve kayıt aşamaları (KSTKS) [7].

TKKNKSDY dahilindek işletmeler, mesela benzin istasyonları, TKKNKSDY'nin üç (3) numaralı ekindeki formu doldurarak ilgili çevre il müdürlüğüne iletmekle mükelleftir. Akaryakıt istasyonu hakkında pekçok soru barındıran bu form aslında istasyonun bir nevi istasyonun toprak açısından nüfus kağıdı gibi olup, tesisin kronolojik olarak toprak açısından incelendiği, hatta çevre komşu arazilerin kullanımının ve hassasiyetinin de incelendiği faydalı bir formdur. Ön Bilgi Formunda; Tesise ilişkin geçmiş kazaları, depolanan tehlikeli ürünleri, sahanın lokasyonunu içerir bilgiler mevcuttur.

BAD ve İAD sayesinde; kirlenmiş sahaların, işletmelerin, alanların incelendiği

değerlendirilmesi yapılmaktadır. Kontamine olma potansiyeli bulunan bir alanda BAD sayesinde toprak örnekleme, yeraltı suyu örnekleme ve analiz çalışmaları vasıtasıyla işletmenin, TKKNKKSDY gereği takip gerektirmeyen yada takip gerektiren bir saha olup olmadığı belirlenebilecektir; ilgili şüpheli saha, takip gerektirebilecek bir alan olarak ifade edilirse, o vakit işletmeye ait toprak, yeraltı suyu çalışmaları detaylandırılarak, saha karakterizasyonu ve iyileştirme çalışması olmas ihtimali bulunan kontamine alan yahut iyileştirme gerektirmeyen alan olup olmadığının teşhis edilmesi gereklidir. İAD sayesinde ise, sahaya özgü verilerin incelendiği ve karakterizasyonun yapıldığı aşamadır. Toprak veya yeraltı suyunun işletmelerce kontamine etkilerinin detaylandırıldığı safhaya ait detaylı bilgiler aşağıda sunulmuştur.

İl Müdürlükleri tarafından eğer bir işletme şüpheli alan şeklinde belirtilmişse o ilgili tesisin BAD süreci yapılmalıdır. TKKNKKSDY gereğince BAD gerekli olan bir sahada yalnızca Yeterlik Belgesi almış kurumlar BAD aşamasını yapabilir. BAD temel hedefi, potansiyel kirlenme ihtimali olan alanda örnekleme ve analiz çalışmaları yapılmasıdır. Kontamine alanda Bakanlık uzmanları tarafından yapılacak keşif sonrasında TKKNKKSDY’de belirtilen Denetim Formu’nun doldurulması mecburidir. İşletme denetimi ile kontamine şüphesi bulunan alanın, toprak kirliliği şüphesini doğuran olay, kirliliğin sebebi, toprağa ve doğaya zarar verici maddeler hakkında bilgilerin toplanması, olası çevresel zarar olasılıklarının irdelenmesi vb. hususlar hedeflenmektedir. Böylece, inceleme alanının toprak ve yeraltı suyu kirliliği açısından doldurulan forma ilave olarak;

- İnceleme alanında endüstri kaynaklı faaliyet konumlanmışsa; işletme yetkilisi vasıtası ile İl Müdürlüğü’ne sunulan Faaliyet Ön Bilgi Formu,
- Eğer kontamine şüphesi olan alan, sanayi kaynaklı bir operasyonla işgal etmiyorsa yada saha sahipsiz alan ise; İl Müdürlükleri yetkililerince “Saha Ön Bilgi Formu” doldurulacaktır.

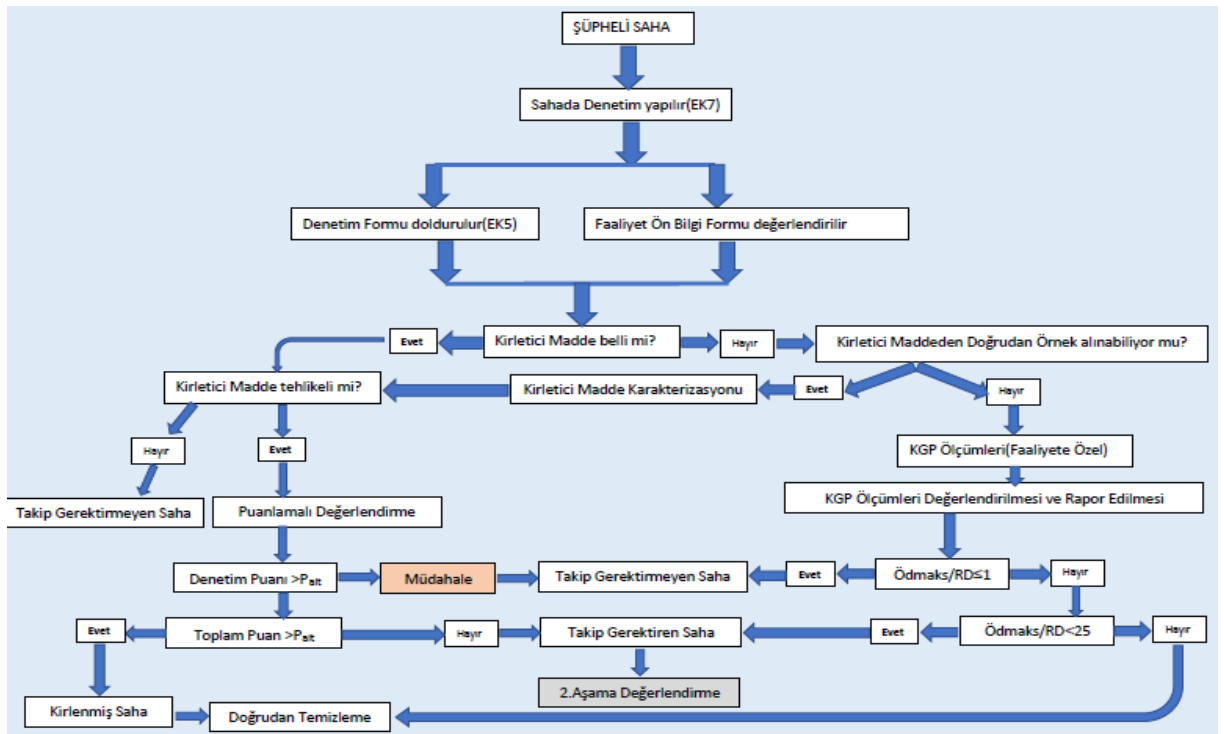
Toprak kirliliği için birinci safha olan BAD aşağıdaki suallere cevap bulmak hedefi ile yapılmaktadır;

- i) İşletmede kontaminasyon şüphesinin olup olmadığının tespiti,
- ii) İşletmede toprak kirliliği gereği; takip gerektiren veya takip gerektirmeyen saha statüsünde olup olmadığının anlaşılması, veya
- iii) İşletmeden sunulan bulgulara göre tesisin iyileştirme yapmasının gerekliliğidir.

BAD safhasının gerçekleştirilmesi ile; işletmede aşağıdaki sonuçlardan birine ulaşılması

beklenmektedir:

- i) İşletmede toprak kirliliği olasılığı bulunmamaktadır. Bu sebepten dolayı ek dshs çalışması gerçekleştirilmesine ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu safhada tesis sadece kendi kayıtlarında yapılan çalışmaları envanterinde saklaması yeterli olacaktır.
- ii) İşletmeye ait topra kirliliği şüphesi vardır, sahada bu safhada İAD yapılarak çalışma sahaya özgü zenginleştirilmelidir.
- iii) Mevcut durumda kirlenmiş alanın ıslahı için zaman kaybetmeden temizleme yapılması meburidir, işletmenin bulunduğu alanda ek saha çalışması gerekebilir ve hatta doğrudan temizleme aşamasına geçmelidir. Şüpheli işletmenin inceleme ve karar verme safhasını gösteren şema Şekil 1.6.'da verilmiştir.



Şekil 1.6. Kontamine alanlar BAD detaylı akım şeması [7].

Bakanlık yetkililerince olası toprak kirliliği şüphesi bulunan bir işletme için talep edilen BAD safhası, Faaliyet veya Saha Ön Bilgi Formları'nın doldurulması, değerlendirilmesi, tesiste kontaminasyonun olup olmadığının nitelendirilmesidir. Toprak kirliliği bakımından tesiste ilgili kirliliğe neden olan maddeler ve bunların da içeriği belli ise:

- i) Kontaminasyonun kaynağı olan madde eğer çevre açısından tehlikeli olmayan bir madde ise, yani tehlikesiz ise, gerekli önlemler alınır ve tesis "Takip Gerektirmeyen Alan"

olarak ifade edilir, tanımlanır.

ii) Kontaminasyonun kaynağı olan maddenin tehlikeli olması halinde ise, işletmenin toprak, yeraltı suyu için değerlendirmeyi sağlayan puanlamalı değerlendirme yaklaşımı vasıtası ile tesis değerlendirilir.

TKKNKKSDY gereği işletmenin değerlendirilmesi için saha ön bilgi formundaki suallere verilen cevaplara göre puanlandırma yapılması gereklidir.

Toprak veya yeraltı suyu açısından kontaminasyon şüphesi olan bir işletmede puanlama yapılması halinde üç (3) netice gerçekleşebilir. Bunlar;

- (i) Herhangi bir işlem yapılmasına gerek bulunmayan saha,yani takip gerektirmeyen alan, toprağı temiz olduğu bilinen saha
- (ii) TKKNKKSDY gereğince belirli periyotlarda takip edilmesi uygun olan tesis
- (iii) Toprağın veya yeraltı suyunun kontamine olmuş ve ıslahının gereki olduğu tesis

TKKNKKSDY gereği puanlama sistemine saha denetim formu ve faaliyet ön bilgi formu ışık tutmaktadır:

Denetim formundan gelen puanlamayı oluşturan sualler;

- Toprak kirliliğinin oluşmasına ilişkin datalar,
- Toprağın kontaminasyonunun başlıca kaynağı ve kirlenme şüphesi olan işletme hakkında edinilen bilgiler,
- Kontaminasyona sebep olan maddeler ve

Faaliyet Ön Bilgi Formundan ise;

- İlgili işletme, Alanın çevresinde konumlanmış olan yapı, hassas alanlar ile ilgili genel bilgiler
- İşletmenin veya çevresinin su kullanım şekilleri açısından bilgiler (kuyu suyu, şebeke),
- İlgili tesisin ve komşularının toprak kirliliği açısından hassas alıcılara ilişkin datalar,

TKKNKKSDY’de Denetim Formu ve Faaliyet Ön Bilgi Formunda mevcut olan her soru belirli “puan”, soru ile verilen cevaba göre, edinilen bilgi ve bulgulara göre belirli bir “ağırlık katsayısı” ifade edilmiştir,formlar doldurulur, İl Müdürlüğü’nce takip edilir.

Puanlama değerlendirme bölümü TKKNKKSDY'nin sekiz (8) numaralı bölümünde yer almaktadır, saha ve faaliyet denetim formlarında yer alan sorulara ait katsayıların alt-üst puanlarına ait bilgiler TKKNKKSDY'nin sekiz (8) numaralı ekinde gösterilmektedir.

Toprağının kontaminasyonu olma ihtimali bulunan bir işletme Bakanlık web tabanlı uygulaması olan EÇBS zerindeki KşBS üzerinden, tesisin konumlandığı İl Müdürlüğü tarafınca yapılmaktadır. Bakanlık tarafından hem envanter oluşması hem de kontamine alanların ıslahının takip süreçleri için KşBS önem arz etmektedir.

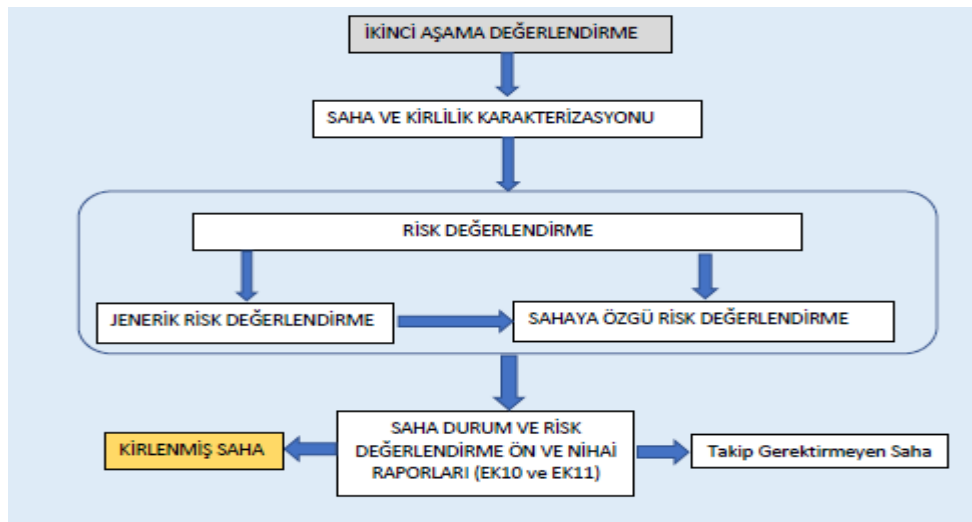
Toprak kontaminasyon potansiyeli olan bir işletmede, kontaminasyonun yeraltında dağılma, saçılma, yayılma şüphesi de var ise ve doğrudan da numune alınamız durumda ise bu durumda, ilgili işletmenin alanında ilgili toprak, su, toprak gazı gibi analiz ve ölçümlerin yapılarak en yüksek ölçüm değerlerinin teşhis edilmesi zorunluluk arz etmektedir. TKKNKKSDY'de toprağa kirlilik yayma potansiyeli bulunan parametreler ifade edilmiştir. Toprak kirliliği şüphesi olan tesiste noktasal bazda temiz olduğuna kanaat getirilen bir bölgeden edinilen toprak numunesi referans numune şeklinde kabul edilir. Referans numunenin değeri referans değer olarak benimsenir, sahadan elde edilen diğer numunelerin ölçüm konsantrasyonları ile karşılaştırılır. Saha numunelerinden elde edilen konsantrasyonlar llen değer olarak ifade edilir

TKKNKKSDY gereği ilgili tesiste yapılan örneklemelerin laboratuvar analiz sonuçları, sahanın referans numunesi ile kıyaslandığında sahada noktasal bazlı hangi alanların kirlenmiş olabileceği ve referans numunesine göre kaç kat oranla kirlilik barındırdığı belirlenerek veriler daha anlamlı hale getirilir. Bu sayede referans noktadan temin edilen numune sonuçlarının, diğer noktalardan elde edilen analiz sonuçları ile karşılaştırıldığındaki sapma seviyesi, tesisin noktasal olarak toprak kirlilik şüphesinin olup olmadığını da teşhis etmektedir.

Tesisin numune sonuçlarındaki D'ler, RD'ye blndğnde elde edilen sapma seviyesi referans değerden daha düşük çıkarsa yada referans değere eşit olursa, ilgili işletmenin toprak kirliliği bakımında takip gerektirmeyen alan statüsünde bulunduğu anlaşılır. Fakat, sapma seviyesi olan D/RD eğer bir (1)'den fazla olup yirmi beş (25)'den de küçük olursa, tesis için ikinci safha değerlendirme gerekli olacaktır. lm yapılan numunelerin değerleri, referans numune değerinden yirmibeş (25) veya daha da büyükse, bu işletmenin

derhal ıslahının yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Bu iyileştirme safhasında yapılacak çalışma, TKKNKSDY’de kontamine olmuş alanların teşhis ve incelenmesi için bilgi verilen teknik rehberde(KSETR) ayrıntılı anlatılmıştır.

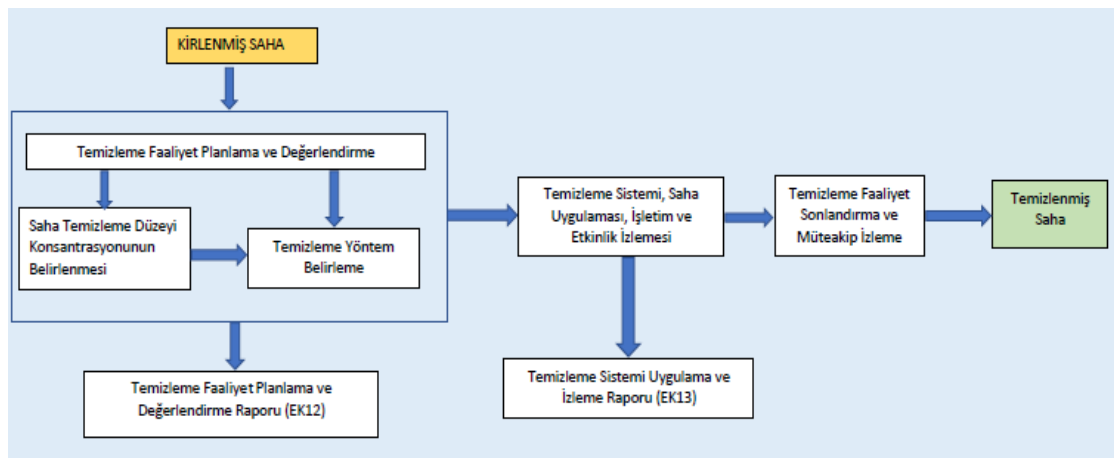
İAD’nin başlıca amacı ve hedefi, BAD’de ‘takip gerektirir’ olarak ifade edilen işletmenin, toprak bakımından iyileştirmenin, arıtmanın mecburi olarak gerekliliğinin anlaşılmasıdır. İAD, detaylı olarak işletmede uygulanan her türlü numune alma, sondaj, örnekleme gibi saha çalışmalarından elde edilen bilgilere göre yapılmaktadır. Toprak bakımından saha iyileştirmesinin zaruri olduğunu anlamak için tesise özgü, alana, sahaya özgü risk değerlendirme yapmak, başlıca unsur olarak ifade edilmiştir. Ayrıntılı yapılan saha çalışmaları ve bilgisayar programları modelleri kullanılarak elde edilen teknik raporlar, İAD’yi oluşturmaktadır ve yetkinlik gerektirmektedir. Bu sebeple; tesisin toprak kirliliği çalışmalarının, ilgili konuda yeterlik belgesi Bakanlıkça onaylanmış kuruluşlar tarafından yapılması mecburidir. Toprak kontaminasyonu bulunan işletmenin İAD ye ilişkin kirlilik karakterizasyonu, üç (3) temel aşamadan oluşmaktadır, İAD detaylı akım şeması Şekil 1.7.’de belirtilmiştir.



Şekil 1.7. İkinci safha değerlendirme (İAD) uygulanan alanlar için akım şeması [7].

BAD veya İAD saha çalışmaları sonucunda eğer bir tesis kirlenmiş alan olarak belirlenmiş ise bu tesiste ıslah çalışmaları yapmak mecburdur. Temizleme safhası olarak isimlendirilen bu aşamada başlıca hedef, rehabilitasyon için kullanılması düşünülen yöntemlerin ve yaklaşımların belirgin hale getirilmesi, risk bazlı değerlendirmelerin de

yapılarak sahaya özgü uygulanacak kriterlerin belirlenmesini sağlamaktır. Toprak kirliliğinin iyileştirme safhasında alınması düşünülen kararların ne şekilde uygulanması gerektiği şeffaf şekilde ifade edilmesi gereklidir. İyileştirme safhası detaylıca Şekil 1.8.'de belirtilmiştir. Toprak kirliliği bakımından temizleme safhasının süreci ve yapılması gerekli olan teknik bilgiler, uygulanacak teknoloji ve yöntemler TKKNKKSDY ve KSETR'de verilmiştir. Özetlenecek olursa; kontamine bir tesiste uygulanması gereken süreçler üç (3) aşamaya ayrılır. Bu aşamalar ise; a) kontaminasyon iyileştirme için planlama, b) kirliliğin giderilmesi için arıtma uygulama, c) uygulanan arıtmayı izleyerek süreci sonlandırma safhaları olarak ifade edilebilir.



Şekil 1.8. Kirlenmiş saha temizleme süreci detaylı akım şeması [7].

TKKNKKSDY teknik rehberlerinden olan KSRDETR gereğince İAD süreci üç (3) unsurdan meydana gelmektedir. Bu unsurlar:

- 1.İlgili tesisin alanına ilişkin Saha Kirlilik Karakterizasyonu (SKK)
- 2.İlgili tesisin Jenerik Risk Değerlendirmesi (JRD)
- 3.İlgili tesis, işletme, alan özelinde Sahaya Özgü Risk Değerlendirmesi (SÖRD)

TKKNKKSDY gereğince kontamine olma potansiyeli bulunan tesis, yetkin kurumlarca örnekleme ve analiz çalışmaları neticesinde teknik raporlar (ön ve nihai durum raporları) hazırlanmak suretiyle İAD süreci tamamlanır.

Kontaminasyonun gideriminin sağlanması için işletmenin toprak bakımından çevresel risk değerlendirmesi yapılır. Toprak kirliliğinin temizleme safhası olan risk değerlendirmesi yapmak için ise temel olarak aşağıdaki veriler tespit edilmelidir:

a.Toprak kirliliği bakımından işletmedeki kirleticiler: İşletmede, operasyonları gereğince mevcut olan tehlikeli kimyasal ayrıntılı olarak araştırılması, geçmişteki

kullanım oranları, alanın geçmişteki arazi kullanım amaçlarının teşhis edilmesi uygun olacaktır. Örneğin sahanın yerleşim amaçlı kullanımı yada akaryakıt istasyonu olarak kullanılacağı belirlenmesi gereklidir. Eğer mümkünse tesiste tehlikeli kimyasalların geçmişte kontrolsüz depolanıp depolanmadığı sorgulanmalıdır. İşletmede tespit edilecek kirleticiler, potansiyel kirleticiler olarak ifade edilmektedir.

b.Tesis ve çevresinin arazi kullanım amaçları: Tesis ve komşularının gelecekteki kullanımlarına ilişkin senaryolar, bugünkü kullanımlarına göre teşhis edilmeye çalışılmalıdır.

c.Kirlenmiş çevresel ortamlardaki kirletici kaynağı ve kirletici konsantrasyonları: Kontaminasyona sebep olduğu düşünülen kirletici kaynağı; toprak yüzey ve yüzey altına veya yeraltı suyuna ihtiva ederek dolaylı olarak taşınan kirletici maddeler olarak nitelendirilir. Örneğin bir tesis, şayet benzin istasyonu ise ve toprak altında gömülü vaziyette satış ve depo amaçlı tankların varlığı bilinmelidir, öngörülmelidir. Eğer petrol türevi ürünlerden toprağa sızma olursa, bu petrol depo tankları kirletici kaynak olarak ifade edilmelidir. İşletmedeki bütün kirleticiler, kirletici kaynakların kontaminasyona sebep olduğu çevresel ortamlar, kirleticilerin taşındıkları çevresel ortamlarda alıcıların maruz kaldıkları kirletici konsantrasyonları belirlenmelidir.

1.4.2. Akaryakıt istasyonlarında toprak kirliliği sebepleri

Akaryakıt istasyonunda muhtemel toprak kirliliğinin oluşması riski; ilgili akaryakıt istasyonun konumlandığı ada, pafta veya parselde akaryakıt istasyonu kurulabilmesine ilişkin yasal izinlerin alınması ile başlamaktadır ve işletmenin akaryakıt satış faaliyetini sonlandırmasına, hatta faaliyeti sonlandırmasından sonra bile devam eder. Akaryakıt satışı yapılan tesislerde oluşabilecek kazaların önüne geçebilmek için ülkemizde kanun, tüzük, yönergeler vasıtasıyla zaman için de mevzuat oluşturulmuştur.

EPDK, 2001 yılında yayımlanan “Elektrik Piyasası Kanunu” vasıtasıyla kurulmuştur ve “Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu” (EPDK) olarak isimlendirilmiştir. EPDK, tüzel nitelikte olup kamu gözetimi yapmaktadır, idari ve mali açıdan bağımsızdır. EPDK’nın merkezi Ankara’dadır; herhangi bir şubesi, teşkilatı bulunmamaktadır. Akaryakıt istasyonlarının yasal dışı yakıt depolama, satış gibi faaliyetlerinin önüne geçilmesi için EPDK’ya periyodik rapor gönderilmektedir ancak yeraltına anlık birkaç litre akaryakıt sızması durumunda henüz günümüzde kirliliği teşhis edebilen teknoloji

bulunmamaktadır.

EPDK'nın gereksinimlerine göre göre, aynı şehirde konumlanan aynı kara yolu üzerinde, iki akaryakıt stasyonu arasındaki mesafe en az bin (1000) m, şehirlerarası karayollarında ise en az on bin (10000) m mesafe olması koşulu bulunmaktadır.

Ayrıca, otel, cami, okul, alışveriş merkezi gibi toplu yaşam alanlarının bulunduğu bölgelere akaryakıt istasyonunun mesafesi en az elli (50) metre olmalıdır.

Akaryakıt istasyon sahasında otel, lokanta, süpermarket, düğün salonu gibi çevre ve halk sağlığı açısından hassas yapılar yapılmasına yönetmelikler gereğince müsaade edilmemektedir.

Akaryakıt istasyonu kurulurken, iş sağlığı ve güvenliği, çevresel ve inşaat faaliyetleri eş zamanlı düşünülmeli, hem dünya hem de Türk standartlarına uygun ekipmanlar, kaliteli uzun ömürlü malzemeler kullanılmalıdır[19]. Operasyonel süreçler açısından akaryakıt istasyonunun güvenilirliği ve piyasadaki itibari açısından, akaryakıt istasyonunun bağlı bulunduğu dağıtım şirketinin onayladığı taşeron müteahhitlerce tesis kurulumu mevzuata uygun gerçekleştirilmelidir.

Mevzuata ve emniyet mesafelerine uygun olan projeler, ilgili belediye ve itfaiyeden onay alınmak suretiyle akaryakıt istasyonu inşaat ruhsatı alınabilir. Örnek vermek gerekirse, akaryakıt istasyonlarının yola cephesi şehir içinde kırk (40) metre, şehir dışında ise yetmiş beş (75) metre olmalı, 10 metre giriş ve 10 metre çıkış ayrı yolları olmalıdır, bu sayede araçların yakıt pompalarına doğru yaklaşırken süratlerini düşürmeleri sağlanması hedeflenmiştir [14].

Türkiye'de Akaryakıt İstasyonları-Emniyet Kuralları Standardı TSE 12820 gereğince, akaryakıt istasyon sahasında yeraltı depolama tanklarında depolanacak akaryakıt toplamda üç yüz bin (300.000) L'yi geçemez, bu rakam akaryakıt tankı başına ise elli bin (50.000) L olarak sınırlandırılmıştır. LPG tankında ise yirmi bin (20.000) L olarak belirlenmiştir [14].

Akaryakıt depolama tankları çift cidarlı olmalı, depo tanklarının dolum ağızları ve akaryakıt buharı çıkışını sağlayan nefesliklerin arası altı (6) metre olmalıdır. Akaryakıt istasyonlarında toprak ve yeraltı suyu kirliliğine karşı önlem olarak her gün elektronik ve fiziki depo tanklarının ölçümü yapılmalı ve periyodik tank sızdırmazlığı test edilmelidir.

Ülkemizde bin (1000) m² den küçük parsellere akaryakıt istasyonu ruhsatı verilmemektedir.

Akaryakıt depolama tankları, idari ve market binası, akaryakıt pompaları gibi hassas alanlarda hem elektrik hem de parlama sebebiyle meydana gelebilecek olası kazalara karşı önlemleri alınmaktadır. Bu önlemler kısaca; metal boruların korozyona uğramaması için koruma, elektrikli cihazların olası bir elektrik kaçağı tehlikesine karşı gövdelerinin iletken vasıtasıyla toprağa gömülü şeklinde topraklanması, paratoner hattı çekilmesi, kaçak akım rölelerinin tesiste var ve çalışır durumda olması, yeraltında konumlanan elektrik tesisatı ve akaryakıt dolum tesisatlarının yıllık kontrolleri sayılabilir.

Akaryakıt istasyonunun inşaatı ve işletilmesi detaylı bir süreçtir. İstasyonda altyapı ve inşaat operasyonlarının tamamlanmasına müteakip akaryakıt ticari satışı yapılabilmesi ve ticari tesis faaliyetlerine başlayabilmek amacıyla, aşağıdaki belgelerin alınması gereklidir;

- TSE'den Hizmet Yeterlilik Belgesi,
- Tesiste hizmet sunacak personellerin sağlık raporları (iş güvenliği gereği)
- Ortak Sağlık Güvenlik Birim (OSGB) vasıtası ile sözleşme yapılması, niteliğine uygun bir iş güvenliği uzmanı ve doktor ile anlaşılması,
- Akaryakıt istasyonunda Sıvılaştırılmış Petrol Gazı Uzmanı
- Tehlikeli Atık Sorumluluk Sigortası
- Petrol Piyasası gereği uygun Lisans Belgesi
- Bina kullanımı için ilgili ruhsat
- İşyeri kullanımı ve çalışma için izin belgesi

Yukarıda belirtilen belgeler, dokümanlar ve ilgili çalışma, izin ruhsatlar temin edildikten sonra, akaryakıt tankerleri vasıtasıyla ana dağıtım rafinerilerinden akaryakıt istasyonlarına akaryakıt sevkiyatı ve dolumu yapılır. Böylece, ilgili NACE kodundaki akaryakıt istasyonu, ticari ve işletme faaliyetlerine başlar. Fakat her zaman bilinmelidir ki akaryakıt istasyonları 24 saat çalışma ve hizmet vermesi planlandığından; dolum, boşaltım esnasında, sevkiyat esnasında, toprak ve yeraltı suyu kirliliğinin riski mevcuttur, dolayısıyla her zaman iş güvenliği ve çevre açısından tüm personel dikkatli olmalıdır.

Akaryakıt istasyonlarında uluslararası standartlara uygun hareket edilmesi, tesisin işletilirken meydana gelme potansiyeli olan kazaların önlenmesi açısından önem arz etmektedir. Bu sebeptendir ki, EPDK yasa dışı akaryakıt satışının önüne geçmek amacıyla her gece uydu sistemi vasıtasıyla çevrimiçi, tüm akaryakıt istasyonlarına bağlanmak suretiyle, günlük alış ve satış rakamlarını kaydederek periyodik takip yapmaktadır [19].

Akaryakıt istasyonları, depoladıkları binlerce litre akaryakıt ürünlerinin mevcut olması, onlarca çalışan personellerinin mevcut olması, özellikle bazı bölgelerde su kaynaklarına olmaları, 24 saat esasına dayalı olarak hizmet vermesi sebebiyle toprak yeraltı suyu kirliliği, yani çevre açısından yoğun riske sahip tesislerdir. Akaryakıt istasyonlarına yakıt almak için yüzlerce araç ve insan ziyaret etmektedir, araç yakıt dolumu esnasında olabilecek en ufak bir hatada hem sıvı hem de gaz sızıntılarının yaşanabilmesi, sadece toprağı değil, eş zamanlı olarak yeraltı suyunu, çevredeki su kaynaklarını kirlenme potansiyeli olan ve kazalara çok açık olan tesislerdir. Dolayısıyla bu nedenledir ki akaryakıt istasyonları günün her saatinde, her daim güvenli ve emniyetli işletmeler olmalı, hatta benzin istasyonlarına gelen ziyaretçilerle birlikte tüm çalışanlar için bilinçlendirme faaliyetleri yapılmalıdır.

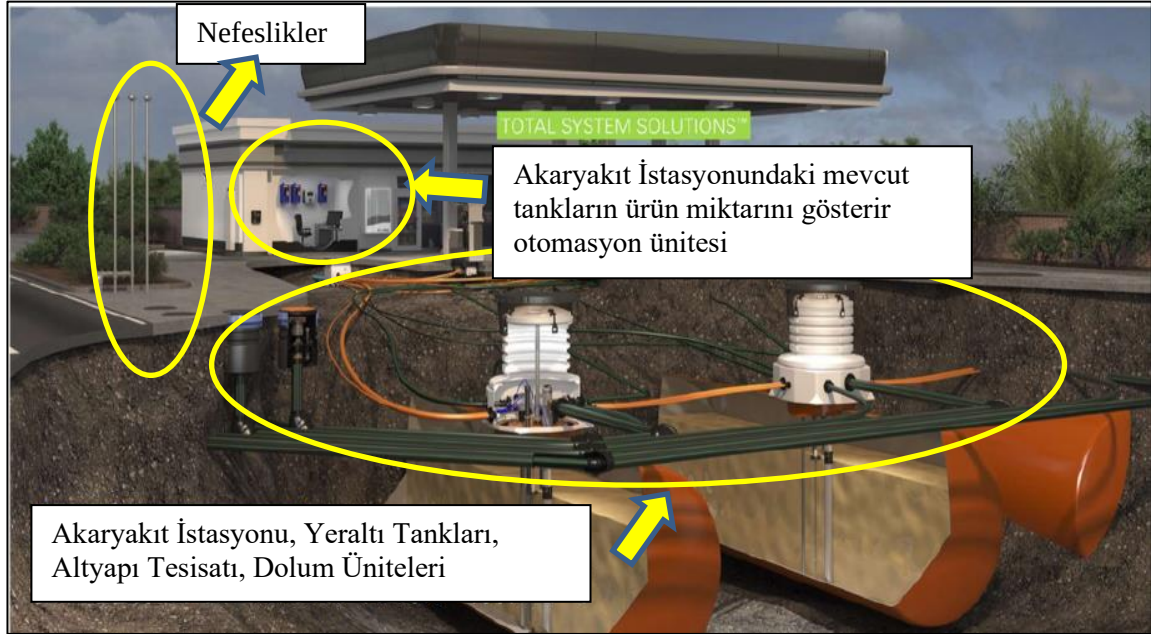
Özellikle kullanım ömrü dolmuş olduğu halde hala petrol ürünleri depolanan yeraltı tankları, günümüzde nüfus ve sanayinin gelişimine bağlı olarak trafikteki araç sayısının artması, benzin istasyonlarına günlük gelen ziyaretçilerin sayısının da artması anlamına gelmektedir ve benzin istasyonlarının çevresel risklerinin daha fazla araştırma yapılması sürdürülebilir bir gelecek oluşması ve kirlenmiş sahaların erken teşhisi açısından faydalı olacaktır [20].



Şekil 1.9. Akaryakıt istasyonunun yeraltı tanklarını ve tesisatlarını gösterir şema [21].

Akaryakıt istasyonları, genellikle 24 saat çalışır durumda olduklarından yeraltı depolama tanklarındaki petrolün satış yoğunluğuna bağlı olarak belirli periyotlarda (örneğin haftada iki defa) yeraltı tanklarını, tankerler vasıtasıyla doldurur ve müşterilerine satışa sunarlar. Şekil 1.9.'da görüldüğü gibi yeraltı tankları ve müşterilerin araçlarına yakıt aldıkları dolum üniteleri arasında birçok tesisat konumlanmıştır. İstasyonun beton zemininin altına konumlanmış olan bu altyapı tesisatlarının kalitesi, kurulum yaşı ve içerdiği malzemenin metal ya da plastik olması (galvaniz ya da polietilen gibi) olası petrol sızıntısı durumunda toprak kontaminasyonu şüphesi bakımından önem derecesi oldukça yüksektir.

Benzin, mazot satışı yapılan bu istasyonlar, enerji piyasası açısından güçlü bir unsur olsa da, bilinen veya bilinmeyen sebeple toprak kirliliği oluşturmaları halinde, aylar sürecektir olan rehabilitasyona ve çevresel zararlara neden olabilmektedir.



Şekil 1.10. Akaryakıt istasyonunun yeraltı tesisatlarını gösterir şema [21].

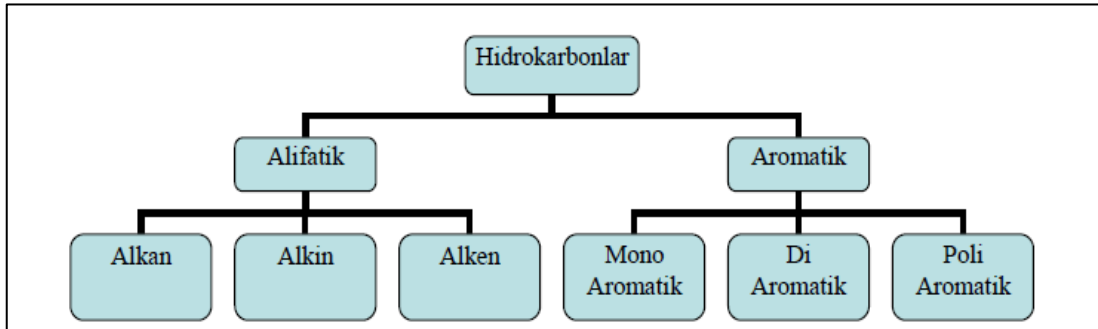
Akaryakıt istasyonları, Şekil 1.10.'da görüldüğü üzere nefeslik, dolum adaları, yeraltı tesisatları gibi toprakla direk temas halinde olan ve aktif olduklarında içerisinden petrol ürünleri geçen altyapı tesisatı gibi hassas alanlar içermektedirler. Akaryakıt istasyonlarının altyapı tesisatlarında kullanılacak malzeme tipine göre kullanım ömrü düşünülerek uzun ömürlü tasarlanmalı, istasyon altyapı inşaat işleri başlamadan hem iş güvenliği hem de toprak ve yeraltı suyu sızma ihtimali gözetilerek malzeme ve tesisat seçimine karar verilmelidir. Akaryakıt istasyonlarının tesisatlarında polietilen veya galvaniz borular kullanılmaktadır. Akaryakıt ürünleri, genellikle polietilen borular vasıtasıyla akaryakıt pompalarına iletilmektedir. Altyapıda ise galvaniz borularla da nefeslik ve tank dolumların iletim yapılmaktadır. Akaryakıt iletim hatlarındaki tesisatlar, tesisat içerisinde hava birikimini önlemek amacıyla yüzde iki (2) oranında bir eğim verilerek döşenmektedir [22].

Türkiye'de faaliyet göstermekte olan hem uluslararası, hem de yerli akaryakıt firmaları ve gelişen teknoloji ile birlikte yüksek standartlara ve teknolojik altyapıya sahip bir istasyon kurarak faaliyet göstermek niyetinde ve eğilimindedirler [23].

1.4.2.1. Akaryakıt istasyonlarında depolanan petrolün genel özellikleri

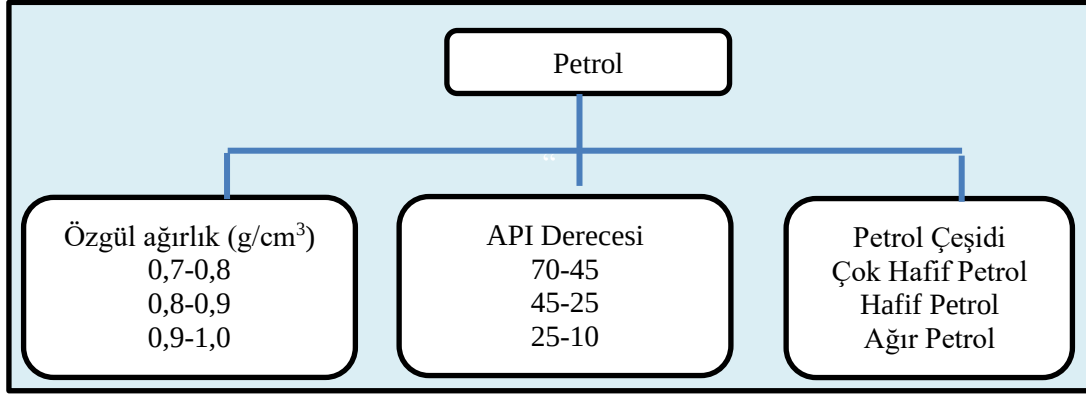
Petrolün yüz (100) yıldır dünyada başlıca enerji kaynağı olarak kullanımı söz konusudur. Kelime anlamı olarak taşıyağı anlamına gelen Latince kökenli bir kelimedir. Fiziksel özellikleri ise doğada iki (2) fazda bulunabildiğinden iki(2) şekilde sınıflandırılmıştır. Gaz fazındaki petrol “Doğal Gaz”, sıvı halinde elde edilen petrol ise “Ham Petrol” olarak tanımlanmıştır [24].

Petrol, aslında yalnızca karbon ve hidrojen elementinin birleşmesi ile oluşur ve bunlara ayrıca “hidrokarbonlar” da denmektedir fakat, karbon ve hidrojen elementleri fiziksel ve kimyasal yapıları birbirinden farklı olan çeşitli ve karmaşık molekülleri oluştururlar. Dünyada karşılaşılan tüm sıvı petroler yaklaşık %80-85 karbon ve %10-15 hidrojen içermektedirler. Ayrıca petrolde karbon ve hidrojen elementlerinin yanında eser miktarda kükürt, oksijen ve azot da bulunabilmektedir. Hidrokarbonların yapısal ilişkileri Şekil 1.11’de görüldüğü gibi özetlenmektedir.



Şekil 1.11. Hidrokarbonların yapısal ilişkileri [25]

Dünya’daki yeraltında farklı coğrafyalardan çıkarılan petrolün vizkozite, özgül ağırlık, gibi farklı özellikleri olması sebebiyle sınıflandırma yapıldığı bilinmektedir. Amerikan Petrol Enstitüsü (API) tarafından petrolün daha kolay anlaşılabilmesi ve sınıflandırılma yapılması için özgül ağırlığa bağlı olan bir gravite tanımı nitelendirilmiştir. Benzer şekilde Avrupa’da da Baume derecesi olarak ifade edilmiştir. Ham petrolün özgül ağırlığına petrolün ihtiva ettiği hidrokarbonların yüzdesel oranı, veya içerdiği gaz miktarı, petrolün yoğunluğunu etkilemektedir. Şekil 1.12.’de petrolün yoğunluk, özgül ağırlık durumuna göre sınıflandırma yapılmaktadır [22].



Şekil 1.12. Yoğunluk ve özgül ağırlığa göre petrolün özellikleri [23].

Ham petrol, fiziksel olarak çeşitli renkler ihtiva etmektedir. Ham petrolün; yeşil, siyah, açık sarı renk olarak doğada bulunduğu teşhis edilmiştir. Ham petrol özgül ağırlığının artması, petrolün renginin de koyulaşmasına neden olmaktadır. Petrol eğer güzel, hoş kokuyorsa içersisinde hafif hidrokarbon olduğuna kanaat getirilir, kötü kokan ham petrolün ise kükürt, azot, doymamış hidrokarbon barındırdığı bilinmektedir [26].

Ham petrolün fiziksel özellikleri incelenirse; yeşil veya yeşilimsi, siyah veya açık sarı renk içerdiği bilinmektedir. Yoğunluk arttıkça renk de koyulaşmaktadır. Hoş kokulu olan petrol içerisinde hafif hidrokarbonlar; kötü kokulu olan ham petrol içerisinde ise doymamış hidrokarbon, kükürt ve azot içerdiği bilinmektedir [26].

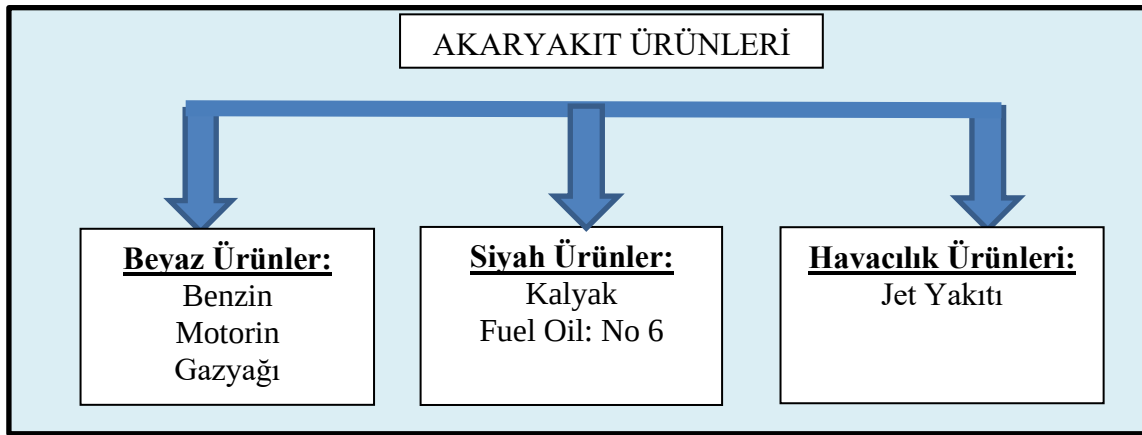
Şekil 1.12.’de petrolün çeşitlerinden, yoğunluk ve özgül ağırlıklarına göre türleri gösterilmektedir. Petrol; özgül ağırlığı 0,6 ile 1,00 g/cm³ arasında olan bir madde olup, özgül ağırlığı 1,00 g/cm³ olan su ile karşılaştırıldığında daha hafif olan bir maddedir. Petrolün önemi gravite olarak tanımlanan ve “akışkanlık derecesi” olarak ifade edilen fiziksel özellik sayesinde değerlendirilir. Akışkanlık derecesi, petrolün yoğunluğuna göre belirlenmektedir. Petrolün özgül ağırlığının ortalama değer olarak özgül ağırlığı 0,7-0,9 arasında değiştiği bilinmektedir. Fakat; coğrafi olarak farklı lokasyonlarda konumlanmış havzalardan çıkarılan petroler yoğunluklarına göre çok hafif, hafif ve ağır petroler olmak üzere üç (3) gruba ayrılmaktadır. Şayet; petrolün özgül ağırlığı 0,7-0,8 g/cm³ ise; bu petroler “çok hafif petrol”, 0,7-0,8 g/cm³ ise “hafif petrol” denmektedir. Rusya’da çıkarılan petrolerin hafif petroler grubuna girdikleri bilinmektedir, Meksika’da çıkarılan petroler ise ağır petrol grubundadır. Petrol sektöründe, petrolün özgül ağırlığı yerine Amerikan Petrol Enstitüsü (API) Gravite derecesi benimsenmiş olup API kullanılmaktadır.

Petrol yoğunluğu ile API akışkanlık derecesi kıyaslanırsa ters bir orantı olduğu görülmektedir. Örneğin petrolün gravitesi arttıkça, petrolün özgül ağırlığı azalmaktadır, yoğunluk küçülmekte ve petrolün kalitesi azalmaktadır. Aslında ham petrolün özgül ağırlığı, petrolün ihtiva ettiği kimyasal moleküllerin bileşiminin yansımasıdır. Petrolün özgül ağırlığının oluşmasına tesir eden unsurlar ise; içindeki sülfür ve sıcaklık gibi unsurlar sayılabilmektedir [26].

Petrolün sektördeki değeri, önemi elde edilen petrolün gravite değeri ile anlaşılmaktadır. Gravite değeri ne derece yüksekse petrolün değeri de o derece yüksektir.

İsmail ve ark. (2017) araştırmalarında Irak'ta farklı Khabaz, Musul ve Kerkük bölgesindeki rezervuarlardaki petrolerin jeostatistiksel değerlendirmesini yapmışlardır ve Khabaz sahasındaki on altı (16) petrol kuyularındaki petrolerin API değerlerinin 21 ila 40 arasında olduğunu belirtmişlerdir [27].

Akaryakıt ürünleri Şekil 1.13.'de görüldüğü gibi petrol dağıtım sektöründe beyaz yakıt, siyah yakıt ve havacılık yakıtı olarak sınıflandırılmaktadır. Beyaz olarak sınıflandırılmış olan ürünler motorlu araçlarda, siyah ürünler ise, sanayi ve ısınma kaynaklı olarak değerlendirilmektedirler [28].



Şekil 1.13. Akaryakıt dağıtım endüstrisinde kullanılan petrol çeşitleri [28].

Akaryakıt, ham petrolün bir bir dizi rafinasyon ve kimyasal işlemler neticesindeki elde edilen petrol ürünüdür. Ham petrolün rafinasyon işlemleri yapılması ile; LPG, nafta, mazot, kalorifer yakıtı, mazot çözücü, jet yakıt, asfalt, madeni yağ gibi ürünler oluşmaktadır. Benzin, gazyağı, jet yakıtlarının akış derecesi yüksek iken vizkoziteleri de ters orantı olduğu için düşüktür [29].

Akaryakıt istasyonlarında satışa sunulan başlıda petrol türleri benzin, mazot ve LPG olduğu bilinmektedir, ayrıca istasyonlarda madeni yağ satışı ve değişimi de yapılmaktadır [30].

Bir ham petrol ısıtıldıkça, ağır olan asfalttan hafif olan gazlara doğru ürünlere ayrılır. Rafinerilerde bir dizi işlem sonrasında elde edilen petrol ürünleri aşağıda belirtilmiştir:

Benzin: kaynama noktaları 30-200⁰C olan hidrokarbonların ham petrolde birbirlerinden ayrılmasıyla elde edilir ve motor yakıtı olarak kullanılır,

Motorin: Genel olarak kaynama noktası 200-360⁰C arasındaki hidrokarbonların ham petrolden ayrışması sayesinde elde edilmektedir.

Gazyağı: Kaynama noktaları 160-250⁰C arasındaki hidrokarbon türevlerinden oluşan gazyağı, esasen ham petrolün damıtılmasıyla meydana gelir. Uçaklarda motor yakıtı olarak kullanımı mevcuttur.

Ülkemizdeki akaryakıt istasyonlarının depo tanklarının petrol ürünlerinde TPH, TOX, UOB, BTEX ve bazı ağır metaller Ba, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn ihtiva edilmektedir. Buna ilave olarak akaryakıt istasyonlarında 1970'lerin sonlarında metil tersiyer-bütil eter (MTBE) benzin için katkı maddesi amacıyla kullanıldığı bilinmektedir. MTBE, temel olarak izobütülen ve metanol içeren bir kimyasal bileşiktir. MTBE, renksiz olup suda çözünebilen bir yapıdadır. Kolayca tutuşma özelliği mevcuttur [31]. MTBE, kendine has kokusu olan kirletici bir uçucu organik bileşiktir.

MTBE yüksek oktanlı bir kimyasaldır ve yakıtta katkı olarak kullanıldığında da yakıtın oktan seviyesini arttırmaktadır, böylece motorlu taşıtlarda motorun sıkıştırma oranını da yükseltmektedir [32]. MTBE ilave edilerek oktan arttırılabilir ve motorlu taşıtların egzozundan püskürtülen hidrokarbonların kirliliği de %15 seviyelerine kadar azalma sağlanabilir [33]. Örneğin; oktan sayısının seksenyedi (87) olduğu bilinen bir benzinin oktanını iki (2) kat arttırmak için bir (1) l benzine ilave edilmesi gereken MTBE miktarı 0,1 litredir [33].

TKKNKKSDY gereğince Türkiye'de NACE kodlarına göre KGP'ler belirlenmiştir. Ancak, bu kirletici gösterge parametrelerinin güncellenmesi gerekmektedir. Örneğin; TKKNKKSDY Ek 2, Tablo 2' ye göre akaryakıt istasyonlarındaki KGP'ler incelendiğinde, TOX, TPH, BTEX, UOB*, Ba, Cu, Cd, Pb, Ni, Zn bulunmasına rağmen

geçmişte benzin katkı maddesi olarak kullanılan MTBE ayrıntılı yer almadığı ancak TKKNKSDY Ek-1 Jenerik Kirletici Sınır Değerler (JSKD) listesinde organik kirleticiler bölümünde listelendiği görülmektedir. MTBE çeşitli taşınım yolları vasıtasıyla vücudumuza girebilmektedir. Mesela MTBE içerir hava soluduğumuzda hava yoluyla vücuda girebilir, MTBE bulaşmış toprak veya suya temas ettiğimizde, deriye temas halinde vücuda girebilir. Yada MTBE ile kirlenmiş suyu ağız yoluyla tüketirsek de ağız yoluyla vücuda girebilir. MTBE, ağız yoluyla alınması halinde veya solunum yoluyla vücuda alınırsa kana doğrudan karışmaktadır [34]. Dolayısıyla faaliyete özel KGP'ler daha ayrıntılı olarak incelenmeli ve güncellenmelidir.

1.4.2.2. Petrolün toprak ve yeraltısuyu katmanlarında yayılması, çevreye etkisi

Toprak kirliliği bakımından değerlendirildiğinde “petrol sebebiyle oluşan toprak kirliliği” tahrip gücü tesirli olan çevre kontaminasyonuna sebep olmaktadır. Petrolün, kasıtlı veya kazara toprak katmanına, dolaylı olarak da yeraltı suyuna dökülmesi, telafisi güç çevre kirliliği meydana getirdiğinden, petrol kirliliklerinin dünyada hassas şekilde takibi yapılmaktadır. Her yıl Dünya genelinde dokuz (9) milyon metrik ton petrol üretilmektedir ve üretilen bu petrolün piyasaya dağıtımı sağlanmaktadır [35].

Petrol, toprak ve yeraltı suyunda hareket edebilen, ulaşabildiği yerüstü, yeraltı kaynaklarını kirleterek çevre kirliliğine sebep olabileceği bilinen bir kimyasal maddedir.

Petrol kirliliği; petrol arama faaliyetlerinde veya sondaj çalışmaları esnasında, hem de petrol iletimini sağlayan iletim hatlarında ortaya çıkabilen kaçaklarla karada gözlemlenmektedir. Denizlerde oluşan petrol kirliliği ise; petrolün elde edilmesini sağlayan üretim platformlarında, petrol tanker kazaları olması ile ve limanlarda petrolün dolumuyada boşaltımı esnasında oluşan kazalarla meydana gelmektedir..

Dünya genelinde petrolün önemi bilindiğinden; petrolün herhangi bir şekilde toprağa veya yeraltı suyuna sabotaj, kaza gibi hadiselerle sızması, yüzey suyu, yeraltı suyu, akarsu veya denizlerin kirlenmesine neden olmaktadır. Dünyadaki tüm ülkeler petrol bağımlısı olduklarından, her ülkede petrolün kullanımı olduğundan, yaşam alanlarımız, her an petrol kirliliği tehditini yaşamaktadır. Örneğin, Nijerya'da bir petrol enstitüsünde 1970 yılında meydana gelen petrol sızıntısı kazası sonucu, petrolün tarım arazilerine ulaşması sebebiyle altı yüz yedi (607) hektar alan kontaminasyona uğramıştır [36].

Exxon-Valdez firmasının petrol tankerinden 1989 yılında Alaska’da kırk iki (42) milyon varil ham petrolün dökülmesi nedeniyle, petrolün yediyüzelli (750) km alana yayıldığı yetkililerce tespit edilmiş ve doğanın tahrip olduğu anlaşılmıştır.sebep olmuştur. Öyle ki bu kontaminasyon yüzünden doğal yaşmlarındaki milyonlarca kuş ve balık ölmüştür [37].

Petrol kirliliği hadiseleri Dünya genelinde 1967 – 2004 yılları arasında incelendiğinde, denizlerde onlarca petrol kirliliği hadisesi olduğu görülmektedir. Petrol kirliliği vakalarından ön önemlilerinden bir tanesi Meksika Körfezi’nde İngiliz petrol firması olan BP’nin 2010 yılında kıyıdan kırk (40) denz mili uzaklıktaki platformunda oluşan yangın, parlama ve patlamalar sonucunda çevreye oluşturduğu kirlilik olduğu bilinmektedir [38].

Ülkemizde de petrol kirliliği oluşturan tanker kazaları vakaları, sanayi kaynaklı kirlenme hadiseleri bulunmaktadır [39].

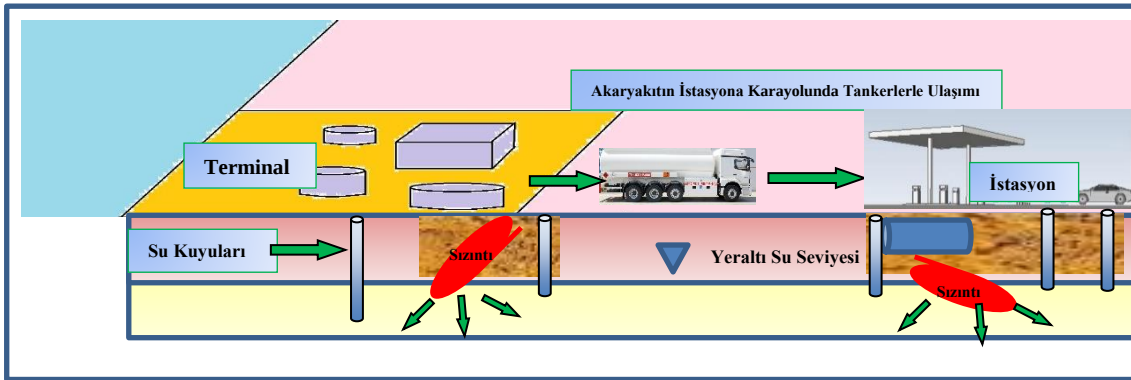
Petrolün bulaşarak tahribat olan topraklarda mikrobiyal biyokütle üzerinde olumsuz etki gösterdiği bilinmektedir [40]. Petrolün sanayi kaynaklı tahribatına, Şanlıurfa'nın Bozova İlçesi’nde 13 Nisan 2005’de Boru Hatları İle Petrol Taşıma Anonim Şirketi (BOTAŞ) firmasına ait petrol boru hatlarındaki patlama örnek olarak verilebilir. Şanlıurfa’da meydana gelen binlerce ton ham petrolün çevreye yayılması nedeniyle Atatürk Baraj Göleti kıyılarında dört (4) cm kalınlığında kontaminasyon tabakası gözlemlenmiştir. Enerji ve sulama amaçlı kullanılan Atatürk Baraj Göleti Güney Doğu Anadolu Bölgesi’nde konumlanmıştır, içme suyu tesis olarak kullanılmasının yanında balık ve kaplumbağa üretimi yapılan da bir gölettir. BOTAŞ petrol boru hatlarındaki oluşan bu kaza sonrasında yangın da meydana gelmiş, , Fırat Nehri kıyılarında yaşamını sürdüren endemik bir tür olan Rafetus kaplumbağaları, petrol kirliliği kaynaklı çevre tahribatından büyük ölçüde zarar görmüştür [40].

Kahramanmaraş’ın Pazarcık İlçesinde ham petrol iletimi sağlayan boru hatlarında 18 Ocak 2022’de patlama olmuş ve petrol kaynaklı toprak kontaminasyonu oluşmuştur [41].

Petrolün, sudan hafif yoğunluklu ve hareketli bir yapıda olması, toprağa karışması halinde taşınımı ve yayılımı sonucunda yeraltı suyuna da karışma ihtimalini doğurmaktadır; petrol, öncelikle karıştığı toprağı nemlendirir, eğer toprak yapısı geçirimli ise, hidrojeolojik koşulların da etkisi ile dolaylı olarak yeraltı suyunun da kirlenmesine sebep olur. Petrolün yapısında bulunan hidrokarbonlar, toprağa karıştıktan sonra eğer yeraltı suyu seviyesine ulaşırlarsa hem dikey hem de yatay olarak hareketlilik göstererek

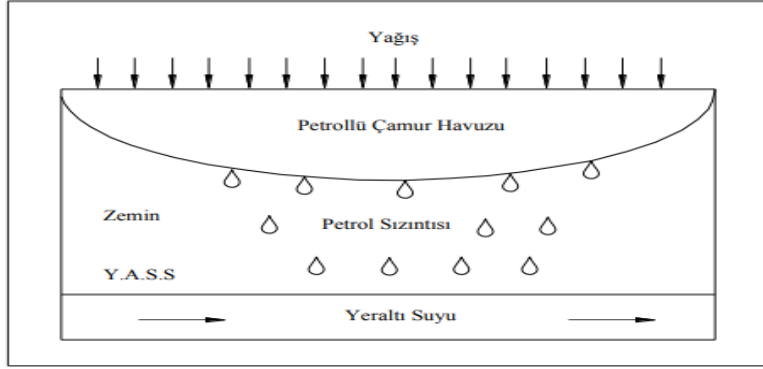
yayılma eğiliminde olurlar. Petrolün elde edilmesi için arama sürecindeki sondaj kuyularından, son tüketiciye gelen nokta olan akaryakıt istasyonlarından motorlu araçlara yakıt doldurulmasına kadar olan süreçlerinde meydana gelebilecek olası kontaminasyon Şekil 1.14.'de şematik gösterilmiştir.

Petrolün arama, dağıtım, depolama, kullanım süreçlerinde kontaminasyon olması halinde toprağın kontamine olmuş kısmında bir dizi önlemler alınması gerekmektedir. Öncelikli olarak kirlenme olan kısımda kaynağında ıslah tercih edilebilir ancak petrol türevi kimyasallara bulaşmış toprakların ıslahı son derece zordur ve maliyetlidir. Petrol aynı zamanda toprakta yayılım gösterme eğilimi de sergilediğinden eğer kirliliğe müdahale edilmez yada geç müdahale edilir ise haftalar hatta aylar sürecektir operasyonlar neticesinde iyileştirme yapılması gerekli olabilir [3].



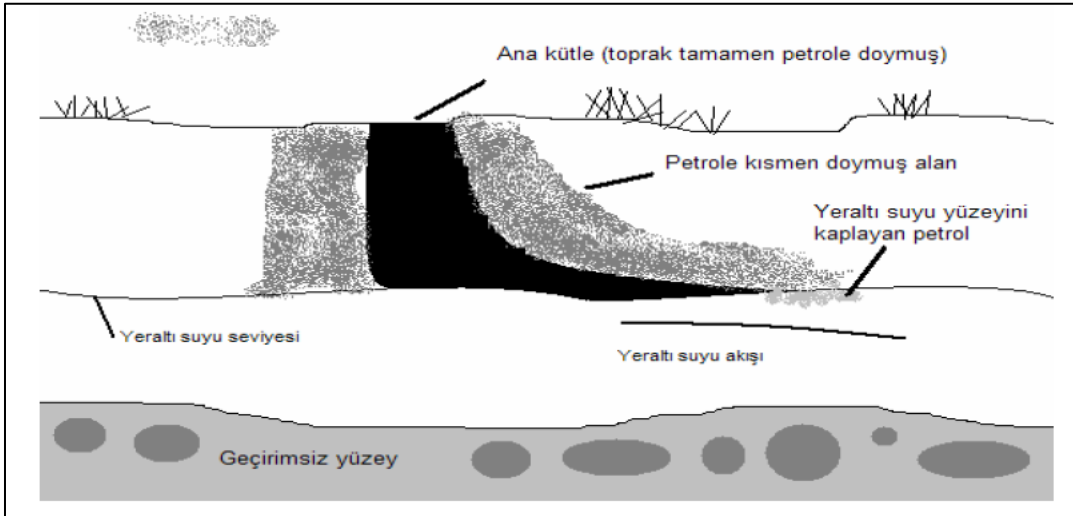
Şekil 1.14. Petrolün arama, depolama ve akaryakıt istasyonlarına dağıtım süreçleri [3].

Kara (2015), petrol araştırma alanlarının, hassas su kaynaklarına olası etkisini araştırdığı çalışmasında, petrol ürünleri ve petrol hidrokarbonlarının, toprağa erişmeleri halinde, eğer yer altı su seviyesine de ulaşırlarsa su içinde saçılma potansiyelleri olduğunu da belirtmiştir [42]. Tuncan M. ve ark.(1996) ise petrol karışmış topraklarda atıkların fiziksel ve kimyasal etkilerini araştırmışlardır ve toprakta ve yer altı suyunda Şekil 1.15.'te petrol türevlerini ihtiva eden sondaj işlemi neticesinde oluşan atıkların oluşturduğu muhtemel kontaminasyonun şeması görülmektedir [43].



Şekil 1.15. Petrol kirliliğinin yeraltında meydana getirdiği kirlilikler [43].

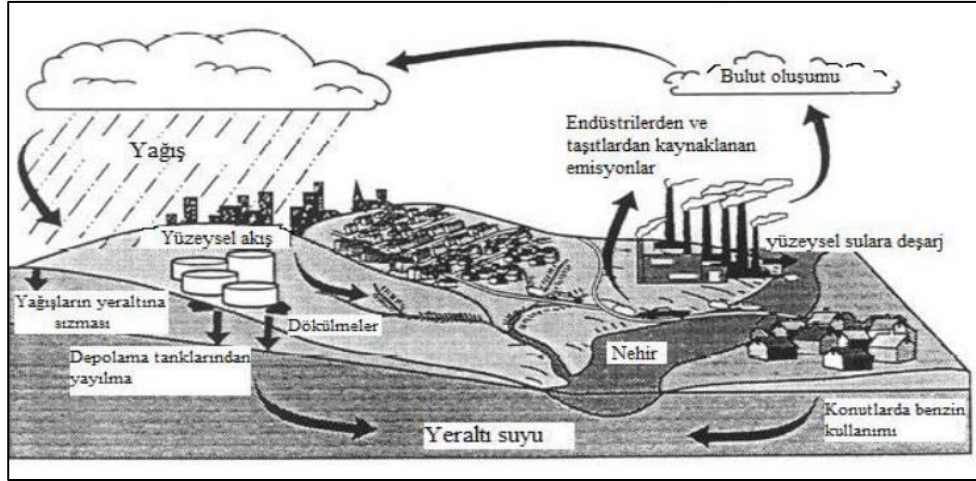
Akaryakıt istasyonlarında da yeraltı tanklarında depolanan petrol ürünleri de toprağa ve eğer yeraltı suyuna ulaşırsa yayılarak toprak ve yeraltı suyunda çevre tahribatı oluştururlar, toprak ve yeraltı suyu kirliliği meydana getirebilirler [44]. Petrolün, toprakta oluşturduğu muhtemel kontaminasyon, Şekil 1.16.'da gösterilmiştir.



Şekil 1.16. Petrolün toprak ve yeraltı suyuna sızmasının temsili hareketi [44].

Akaryakıt istasyonlarında, fabrikalarda, rafinerilerde depolanan petrol ürünleri de toprağa ve eğer yeraltı suyuna ulaşırsa çevresel döngü vasıtasıyla ve belirli bir zaman sonra su kaynaklarına ulaşarak hem toprak, hem yeraltı suyunda tahribat meydana getirebilirler. [44].

MTBE kullanımının ilk amacı, benzine katkı yapılarak hava kirliliğini kısmen de olsa önlemek olduğu bilinmektedir. Fakat, MTBE yeraltı ve yerüstü su kaynaklarına sızması halinde ciddi çevre kirliliğine sebep olmaktadır. MTBE' nin akaryakıt depolama ve dolum tesislerinden, benzin depo tanklarından, su kaynaklarına sızmasının bir sonucu olarak akarsu, göl ve nehirlerde MTBE mevcudiyeti tespit edilmiştir [34, 45]. MTBE'nin çevresel döngüsü ve muhtemel taşınım hareketleri Şekil 1.17.'de gösterilmektedir.



Şekil 1.17. MTBE'nin çevresel döngüdeki hareketleri [45].

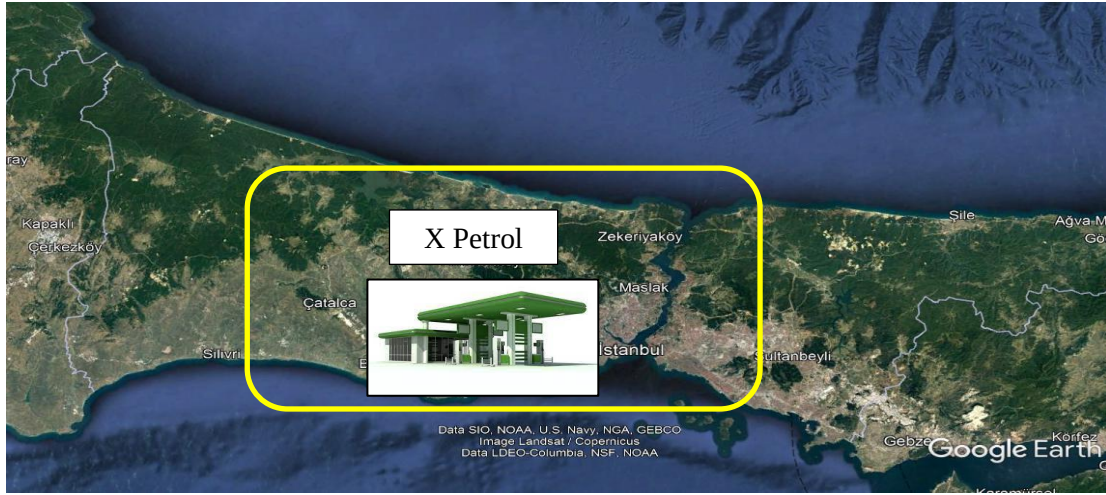
MTBE kullanımının 1980'li yıllara dayandığı bilindiğinden, 1980'lerden sonra yapılan çalışmalarda, pek çok ülkenin su kaynaklarında MTBE kirliliği tespit edilmiştir ABD, MTBE kaynaklı kirliliğin tespit mevcut olduğu ülkelerin başında gelmektedir. Mesela ABD'nin Kaliforniya Eyaleti'ndeki Santa Monica ve New Jersey'deki yeraltı suyu çalışmalarında MTBE mevcudiyeti saptanmıştır. Benzer şekilde Almanya'da Danube Nehri kıyılarından alınan numunelerde, İngiltere'nin doğusunda yapılan saha uygulamalarında, Hollanda ve Belçika içme suyu kaynaklarında MTBE varlığı tespit edilmiştir. Ülkemizde de MTBE'nin akaryakıt sektöründe kırk-kırkbeş (40-45) sene önce katkı maddesi olarak kullanıldığı bilinmektedir ancak yeterli araştırma yapılmadığından ülkemiz su kaynaklarında, çevresel hassas alanlarda ne kadar miktarda MTBE varlığı olabileceği henüz tespit edilmemiştir. [46].

2. MATERİYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmanın materyalleri “Saha Çalışması” (İnceleme Alanı, El Kazısı, Sondaj ve Numune Alımı Materyalleri) ve “Laboratuvar Materyalleri” olarak sınıflandırılabilir ve kullanılan tüm materyaller aşağıda özetlenmiştir.

2.1. İnceleme Alanı

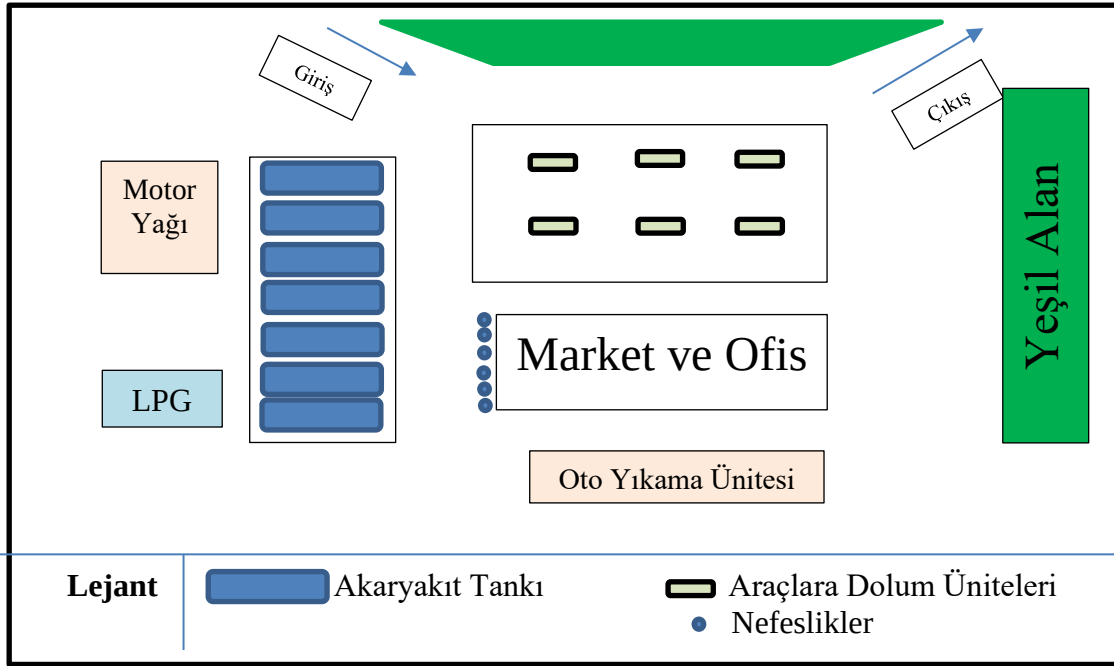
İstanbul Avrupa Yakasında konumlanmış ve yaklaşık 1.100 m² yüzölçümlü, dikdörtgen şekli olan bir arazi üzerine kurulu olan tesis “X Akaryakıt İstasyonu”, komşu tesisin bodrum katındaki otopark ve asansördeki koku şikâyeti ve tanklarındaki olası sızıntı şüphesi üzerine TKKNKKSDY açısından değerlendirilmiştir. Tesis, 1990 yılından beri faaliyette olup yedi (7) adet 30.000 litre kapasiteli yeraltı akaryakıt tankı depolama alanı bulunmaktadır. Akaryakıt istasyonunda market, idari ofisler, araç yıkama ünitesi, motor yağı değişim ünitesi bulunmaktadır. İnceleme alanının İstanbul il sınırları içerisinde kalmaktadır ve temsili lokasyonunu gösterir uydu görüntüsü Şekil 2.1.’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1. İnceleme alanı ve çevresini gösterir uydu görüntüsü

İnceleme alanının İstanbul il sınırları içerisinde kalmaktadır ve temsili lokasyonunu gösterir uydu görüntüsü Şekil 2.1.de gösterilmektedir. TKKNKKSDY kapsamında İstanbul İl sınırları içerisinde “Perakende Akaryakıt Satışı“ konusunda 1990 yılında kurulmuş olan ve hala faaliyetine devam eden akaryakıt istasyonunda toprak ve yer altı suyu etüdü kapsamında dört (4) adet sondaj yapılmıştır, üç (3) adet su kuyusu teşkil edilmiştir, tesis TKKNKKSDY kapsamında değerlendirilmiştir.

Tesis; TKKNKSDY gereğince, yönetmeliğe tabi tesisler listesinde akaryakıt istasyonları “NACE: 4730: Belirli bir mala tahsis edilmiş mağazalarda otomotiv yakıtının perakende ticareti; faaliyeti göstermekte olup NACE koduna göre; TOX, TPH, BTEX, Ba, Cu, Cd, Pb, Ni, Zn” parametreleri olarak yer aldığından, bu kapsamda X akaryakıt istasyonu için toprakta TPH, BTEX , suda ise TPH, BTEX ve MTBE parametreleri dahil edilerek değerlendirilmiştir. İnceleme alanı X petrol genel vaziyet planı (temsili) Şekil 2.2.’de verilmiştir



Şekil 2.2. İnceleme alanı X Petrol genel vaziyet planı (temsili)

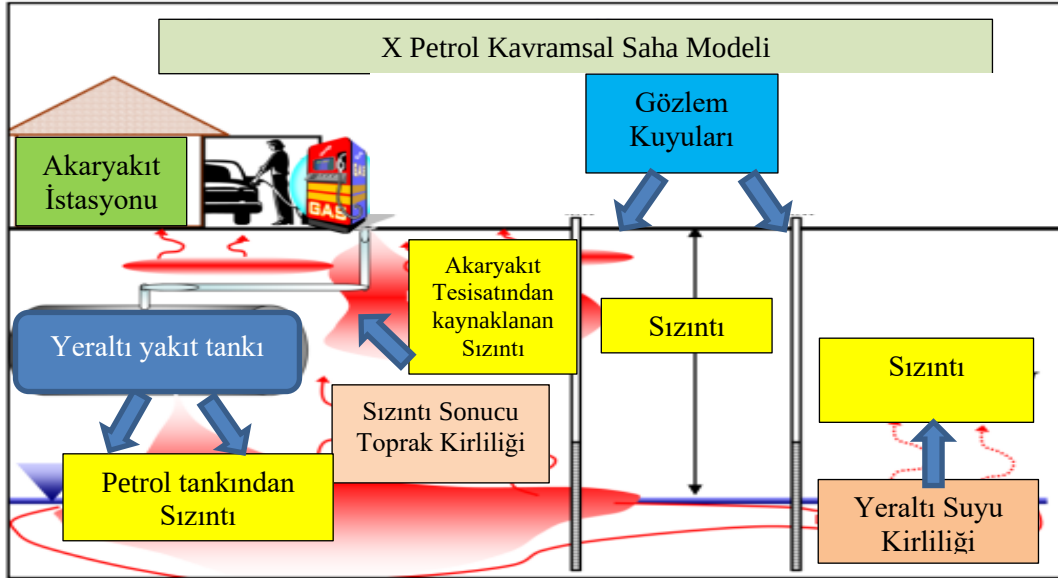
İnceleme alanındaki mevcut tanklara ilişkin edinilen bilgiler Tablo 2.1.’de verilmiştir.

Tablo 2.1. İnceleme alanı (X Petrol Sahasında) mevcut tanklar hakkında bilgiler

Tank No	Yeraltı/ Yerüstü	Kapasite(l)	Durum	Ürün	Kuruluş Yılı	Tek Cidar/ Çift Cidar
1	Yeraltı	30.000	Aktif	Dizel	1990	Tek Cidar
2	Yeraltı	30.000	Aktif	Dizel	1990	Tek Cidar
3	Yeraltı	30.000	Aktif	Benzin	1990	Tek Cidar
4	Yeraltı	30.000	Aktif	Dizel	1990	Tek Cidar
5	Yeraltı	30.000	Aktif	Dizel	1990	Tek Cidar
6	Yeraltı	30.000	Aktif	Benzin	1990	Tek Cidar
7	Yeraltı	30.000	Aktif	Benzin	1990	Tek Cidar
8	Yeraltı	30.000	Aktif	LPG	1990	Tek Cidar

İnceleme alanındaki yeraltı depo tanklarının sayısı 7 adet olup tüm tanklar tek cidar özelliktedir. Günümüzde akaryakıt istasyonlarındaki tanklar, TSE 12820 Standartlarına uygun olarak imal edilmektedir ve tek cidar veya çift cidar olarak imal edilmektedir. Ülkemizde 2005 sonrasında imal edilen akaryakıt tankları genellikle çift cidarlıdır. Çift cidarlı depo tankları, ayrıca ilave bir dış tank ile çevrelenmiştir ve akaryakıt tankında fiziksel bir sızıntı olması durumunda, iç ve dış tank arasındaki boşlukve uyarı sistemleri sayesinde sızıntı fark edilebilmektedir. Ancak inceleme alanı 1990 yılında faaliyete başladığı için tek cidar akaryakıt tankı kullanılmıştır [14].

X Akaryakıt İstasyonu, İstanbul İli Avrupa Yakası, Y mahallesinde konumlanmış olup, tesisin Kavramsal Saha Modeli Şeması (Temsili) oluşturularak aşağıda Şekil 2.3.'de sunulmuştur



Şekil 2.3. İnceleme alanı X Petrol Kavramsal Saha Modeli planı (temsili)

X Akaryakıt İstasyonu, İstanbul İli Avrupa Yakası, Y mahallesinde konumlanmış olup, tesisin Kavramsal Saha Modeli Şeması (Temsili) oluşturulan şema Şekil 2.3.'de sunulmuştur. İnceleme alanının kavramsal saha modelinin alıcıları ve maruziyet yolları Şekil 2.4.'de gösterilmiştir. Şekil 2.4.'e göre tesis çalışanları, tesisteki günlük ziyaretçiler alıcılar olarak tanımlanmıştır. Maruziyet yolları ise, kirletici kaynağı olan yeraltı tanklarından sızıntı olması sebebiyle toprağın ve yeraltı suyunun kirlenmesi ve yeraltı suyunun tesis çalışanları tarafından deri ile teması olarak nitelendirilebilir.



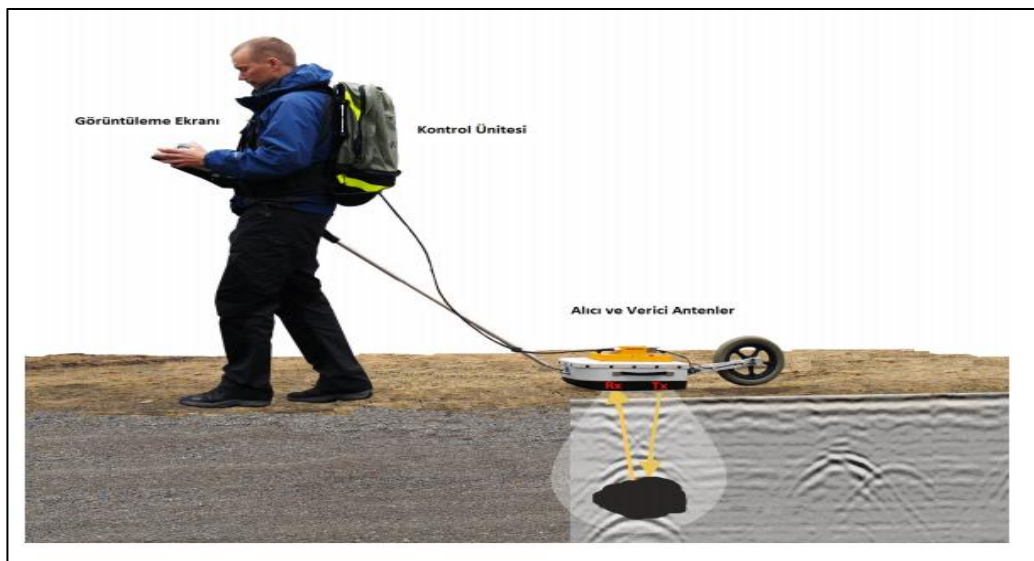
Şekil 2.4. İnceleme Alanı Kavramsal Saha Modeli alıcılar ve maruziyet yolları

2.2. Araştırma Materyalleri

2.2.1. Yere nüfuz eden radar

Yere nüfuz eden radar (YNER) tekniği, yüzey altındaki, yani beton zemin veya toprak zemin altındaki objelerin, nesnelerin, gömülü tankların, elektrik, petrol, doğalgaz gibi iletim hatlarının elektromanyetik teknikler kullanarak algılanması sayesinde konumlarının da belirlenmesine yarayan uzaktan algılama teknolojisidir. YNER, askeri alanlarda örneğin patlamamış mayınların tespitinde oldukça sığ hedeflerin konumlanmasından, derin buzulların derinlik seviyelerinin anlaşılması gibi farklı algılama problemlerinde kullanılmaktadır [47].

YNER bileşenleri; alıcı görevindeki anten, verici amacıyla konumlanmış anten, görüntüleme ekranından meydana gelmektedir. Temsili YNER sistemi Şekil 2.5.'de gösterilmektedir [48].



Şekil 2. 5. Örnek YNER sistemi (temsili)

İnceleme alanı yetkilileri ile birlikte sondaj ve el kazısı öncesinde hem çevre hem de iş güvenliği açısından belirli önlemler alınmıştır. Bunlardan bir tanesi de sondaj noktaları belirlenirken zemin altında mevcut bulunma ihtimali olan noktaları belirlemek için Radiodetection marka ve Cat 3+ modeli vasıtasıyla taranarak bilinmeyen olası kablo/hatlar tespit edilmiştir. Kullanılan cihaza ait fotoğraflar aşağıda sunulmuştur. Ayrıca emniyet amaçlı 1,20 m derinliğe kadar el kazısı yapılmıştır. Tesiste YNER sistemi Şekil 2.6.'da belirtilmiş ve yeraltı saha altyapı emniyeti amaçlı kullanılan kablo boru tespit dedektörü Şekil 2.7.'de gösterilmiştir.



Şekil 2.6. Kablo boru tespit dedektörü - YNER Sistemi



Şekil 2.7. Saha sondaj emniyeti için kablo boru tespit dedektörü- YNER Sistemi

İnceleme alanında YNER sistemi ile uygun sondaj noktaları tespit edilerek güvenli şekilde el kazısına geçilmiştir. Sondaj noktalarında 1.20 m derinliğinde ve 50 cm genişliğinde el kazısı yapılmıştır. Şekil 2.8.'den görüleceği üzere tesis zemini yaklaşık 25 cm beton ile kaplıdır, bu yüzden sondajlarda yüzey toprağı alınmamıştır.



Şekil 2.8. YNER Sistemi sonrası altyapı emniyeti için el kazısı

2.2.2. Hafif sığ sondaj seti ve sondaj makinesi

TKKNKSDY ve ilgili teknik rehberler gereğince sahadaki kirletici kaynağının toprak altındaki konumlanmasına göre, özellikle her bir metrede (kirliliğe rastlanması durumunda gerekli olursa her elli (50) cm aralıkta) en az bir (1) numune alınır. Kontaminasyona sebep olan madde eğer yer altında konumlanmışsa, kaynağın lokasyonu tespit edilebiliyorsa (mesela YNER sistemi ile gömülü tankların teşhis edilmesi), kirletici kaynak yada kaynaklarına mümkün olan en yakın noktadan en az bir (1) örnek alınmalıdır, gerektiğinde örnek sayısı arttırılmalıdır. İnceleme sahasında sondaj yaparken toprak katmanından elde edilen numunelerin UOB ölçümü, portatif gaz dedektörleri yordamıyla ölçüşür ve her sondaj noktası için en yüksek UOB ölçüm değeri teşhis edilir. UOB veya NACE koduna göre diğer parametrelerin ölçülen yüksek ölçüm değerleri değerlendirilir, gerekli olursa toprakta yayılma potansiyeli olan noktalarda ilave sondajlar yapılarak toprak numuneleri elde edilir. Benzer şekilde numune örnekleme sıklığı elli (50) cm'ye kadar indirilebilir.

İlk 3-4 metrelik sıg sondaj işlemi hem zeminin yapısını anlamak, hem de olası kontaminasyona anlık erişebilmek için, hafif sondaj makineleri kullanılmak suretiyle yapılır. 3-4 m' den sonraki sondaj delgi operasyonları, sahaya uygun sondaj makinesi ile tamamlanır. İnceleme alanında seçilmiş olan sondaj lokasyonları, saha fiziksel zemin koşullarıyla ilişkili olup, toprak yada asfat, beton gbi sert kaplı yüzeylerde gerçekleştirilir. Bu nedenle; toprağa ulaşmak için beton veya asfalt ile döşenmiş yüzeylerde, kırıcı-delici matkap vasıtasıyla belirli ölçülerde altmış (60) mm çaplı delik açılarak, hilti gibi beton kırma ekipmanları kullanılarak emniyetli olarak beton kırılarak toprak zemine ulaşılır.

Sondaj noktaları sondaj ekipmanları kullanılarak darbeli olarak açılır, değişik çaplarda pencereli numune alıcılar kullanmak suretiyle numuneler alınır. Beton zeminin emniyetli kırılması sonrasında ve toprakta yer alması muhtemel ilk bir metredeki dolgu tabakası olan kum ve çakıl tabakasının kuyudan çıkarılır. Öncelikle 60 mm çap ve bir metre uzunluğa sahip pencereli numune alıcı vasıtasıyla maksimum derinliğe kadar inilmeye çalışılır. Sondaj esnasında karşılaşılan toprak yapısına ilişkin yapısal değişiklikler kayıt altına alınır. Pencereli örnekleme alma aparatı olan alıcıdan elde edilen toprak numuneleri mobil PID cihazı vasıtasıyla uygun numune kaplarına ivedi ve emniyetle doldurulur, bu sayede anlık toprak içindeki UOB'ler teşhis edilir.



Şekil 2.9. Pencereli numune alma seti [49].

İnceleme alanı olan X petrol yetkilileri ile birlikte; sondaj ve el kazısı öncesinde hem çevre hem de iş güvenliği açısından belirli önlemler alınmıştır. Bunlardan bir tanesi inceleme alanındaki gözlem kuyularında LNAPL mevcudiyetinin olması ve yeraltı suyunun örneklenmesinde bu kirleticilere temas edilmesi riski olmuştur. Dolayısıyla mevcut inceleme alanı koşullarına uygun olarak gözlem kuyularından numuneler

alınırken iş güvenliğine dikkat edilmiştir. Ayrıca numune örnekleme sondaj noktalarının belirlenmesinde yeraltı suyu akış yönü de göz önünde bulundurulmuştur.

Kontaminasyonun toprağın yeraltındaki yapısına ilişkin bilgi edinmek, petrol sızıntısı tespiti ve gözlem amaçlı çevresel sondaj yapmak amacıyla sondaj kamyonları kullanılır ve sondaj delgisi çalışmasına ilişkin temsili görsel Şekil 2.10.'da gösterilmiştir [50].



Şekil 2.10. Sondaj delgisi çalışması

2.2.3. Portatif gaz dedektörü

Herhangi bir inceleme alanında gaz ve buhar ölçümlerinin doğru şekilde yapılabilmesi için belirli unsurlara dikkat edilmelidir, örneğin doğru ölçüm teknolojisinin seçilmesi bu unsurlardan sadece bir tanesidir ve PID cihazı UOB ölçümlerinde kullanılan cihazdır [51]. Günümüzde yaygın kullanılan portatif ölçüm dedektörleri Tablo 2.2. ve Tablo 2.3.'de belirtilmiştir. Tablo2.2.'de görülen portatif gaz dedektörü ölçüm aralığı 0-1000 ppm hassasiyettedir, Tablo 2.3.' de gösterilmiş olan gaz dedektörü ise 0-500 ppm hassasiyette olup, mobil saha UOB okumalarında bu dedektörlerden bir (asil bir yedek olmak üzere) faydalanılmıştır.

Tablo 2.2. Portatif gaz dedektörü 1

Cihaz	Fotoğraf	Sensör	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
MULTIRAE		FID/PID	0-1000 ppm	0,1 ppm
		LEL	0-100%LEL	1%LEL
		CO	0-500ppm	1 ppm
Atex Sertifikalı		H ₂ S	0-200ppm	0,1 ppm
		O ₂	0-30%Hacim	0,1 Hacim

Tablo 2.3. Portatif gaz dedektörü 2

Cihaz	Fotoğraf	Sensör	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
Mikrogasalert5		PID	0-500 ppm	0,1 ppm
		LEL	0-100%LEL	1%LEL
		CO	0-500ppm	1 ppm
Atex Sertifikalı		H2S	0-200ppm	0,1 ppm
		O2	0-30%Hacim	0,1 Hacim

2.2.4. Su örnekleme amaçlı peristaltik pompa

Peristaltik pompalar hava basıncı / vakum etkisi ile çalışan en temel su örnekleme ekipmanlarından biridir. Hafif olması ve pil ile çalışabilmesi hız ayarlanabilmesi gibi avantajları vardır, sığ yeraltı sularının örneklenmesinde, tank ve havuzlardan örnekleme için uygundur.

Örnekleme sırasında sadece hortum örnekle temas eder.



Şekil 2.11. Yeraltı suyu örnekleme amaçlı peristaltik pompa

2.2.5. Su kalitesi ölçüm cihazı

Portatif ve seyyar el tipi çoklu parametre ölçer su kalitesi ölçüm cihazları sayesinde; göl, nehir, yüzey ve yer altı suları, atık su arıtma tesisleri, biyoloji, gıda, kimya ve çevre laboratuvarlarında sıklıkla tercih edilmektedir. Su kalitesi ölçüm cihazlarında; çözünmüş oksijen, iletkenlik, özgül iletkenlik, tuzluluk, direnç, toplam çözünmüş katılar (TÇO), pH, ORP, pH / ORP gibi parametreler anlık sahada ölçülebirlirler. Su kalitesi ölçüm cihazına ilişkin görsel Şekil 2.4.'de gösterilmiştir.

Tablo 2.4. Su kalitesi ölçüm cihazı

Cihaz	Fotoğraf	Sensör	Ölçüm Aralığı
Marka: YSI		pH	0-14
Model:		ORP	-1999-1999mV
		İletkenlik	0 500mS/ cm
Professional Plus		Çözünmüş Oksijen	0- 90 ml

2.2.6. Makaralı Su-Yağ Seviye Ölçüm Cihazı

Yeraltı suları araştırmalarında kullanılan en temel ve yaygın ekipman, makaralı su-yağ tabakası seviye ölçerlerdir. Kuyu içi yağ katmanını kalınlık ölçer dip metreler yeraltı suyu gözlem kuyularındaki yağ ve su seviyesi ölçümleri, tanklardaki kaçaklar ve seviyenin hassas ölçümünü içeren bir çok uygulamada kullanılabilmektedir. Makaraya sarılmış metraj baskı şeritli düz kablonun ucunda bulunan prob su ile temasında sesli ve ışıklı uyarı verir, bu esnada kablo üzerindeki metraj baskı şeridinden mesafe bilgisi okunarak su seviyesine olan net mesafe ölçülür. Makaralı su seviye ölçerler, birçok farklı modelde ve uzunlukta üretilebilirler. Sağlamlık, hafiflik pilinin kolaylıkla değiştirilebilmesi, arazi çalışmalarında büyük avantaj sağlar.

İnceleme alanında gözlem kuyuları teşkil edildikten sonra numune alımı ve tesisin toprak yer altı suyu kirliliği açısından izlenmesi amaçlı ekipmanlar Tablo 2.5’de belirtilmiştir.

Tablo 2.5. Portatif su-yağ seviye ölçme cihazı

Cihaz Marka	Fotoğraf	Uzunluk
Solinst		30m

2.2.7. Yeraltı suyu pilot iyileştirme sistemi için kullanılan dalgıç pompa

Yeraltı suyu gözlem amaçlı teşkil edilen kuyuların tasarımı, lokasyonlarının tespiti, saha zemin şartlarına ilişkin veriler için literatür ve güncel büro çalışmasını içerir bilimsel bilgi ve pilot çalışma için kullanılacak ekipman seçimi için yetkinlik gerektirir. İnceleme alanında iyileştirme sistemi kuyulara yerleştirilen dalgıç sıyırıcı pompalar kullanılarak kuyularda su yüzeyine biriken petrol türevi ürünleri iyileştirme sistemine iletmektedir. Sistemde kullanılan dalgıç pompalar Tablo 2.6.'da ifade edilmiştir.

Tablo 2.6. Dalgıç sıyırıcı pompa

Cihaz Marka	Fotoğraf	Açıklama	Çap
Dalgıç sıyırıcı pompa		Çap Uzunluk	2 inç 51 inç

2.2.8. Yeraltı suyu iyileştirme sistemi için kullanılan kompresör

Basınçlı hava oluşmasını sıkıştırılmış hava kullanarak sağlayan hava kompresörleri mazot veya elektrik ile çalışabilmektedirler. Hava kompresörler, Pistonlu ve vidalı olmak üzere iki (2) gruba ayrılmışlardır. İnceleme alanında vidalı kompresör kullanılmış olup özellikleri Tablo 2.7.'de belirtilmiştir.

Tablo 2.7. Kompresör

Çalışma Basıncı	Fotoğraf	Depo Hacmi	Ölçü	Brüt Ağırlık
8 Bar		En-Boy-Yükseklik	50cm*88cm 83cm	60kg

2.2.9. Toprak, toprak gazı ve yeraltı suyu analizleri için kullanılan cihazlar

Toprak ve yeraltı suyu analizleri için çalışma alanından temin edilen numuneler, laboratuvarında standart yöntemler (ISO 9377-2) kullanılarak sudaki toplam petrol hidrokarbonları, uçucu hidrokarbonların analizleri yapılmıştır. İnceme alanından elde edilen su numuneleri için; gaz kromatografi cihazı analizleri uygulanmıştır. Temsili gaz kromatografi cihazı Tablo 2.8.'de belirtilmiştir.

Tablo 2.8. Gaz kromatografi cihazı

Referans Standart	Fotoğraf	Ülke	Hidrokarbon İçeriği
TNRCC Metot 1005		ABD	C6 - C35

2.2.10. Yeraltı suyu kirliliğinin zaman mekansal yayılım modeli

İnceleme alanından elde edilen yeraltı suyu analizleri, açık kaynak kodlu yeraltı suyu mekânsal zaman veri analizi aracı GWSDAT yazılımı kullanmak suretiyle değerlendirilmiştir.

GWSDAT, yeraltısuyu kuyularına ilişkin kirlilik parametreleri ve istenilen zaman aralığındaki yayılımları modelleyen ve Glasgow Üniversitesi tarafından üretilen açık kaynak kodlu bir yazılım programıdır. GWSDAT, yeraltısuyu kuyularına ilişkin kirlilik parametrelerin girilmesi suretiyle kuyulardaki ilgili parametreye ilişkin zamansal ve

mekansal yayılımı modelleyen bir yazılımdır. Şekil 2.12.'de açık kaynak kodlu yazılımın internet sitesinden örnek parametrelere ilişkin girdilerin sağlandığı arayüz , Şekil 2.13.'de ise yazılımın girdilerinden elde edilmiş zamansal yayılımın örnek çıktısı gösterilmiştir [52].

Book1 - Microsoft Excel

Home Insert Page Layout Formulas Data Review View Developer Add-Ins

GWSDAT v2.0

User Manual

Import Data File

Blank Data Input Template

Basic Example

Load GWSDAT Session

Comprehensive Example

Browse for ShapeFile...

About GWSDAT

D E F G H I J K L M N

GWSDAT (GroundWater Spatio-Temporal Data Analysis Tool)

Author: Wayne.W.Jones@Shell.com Version: 2.0

Historical Monitoring Data

WellName	Constituent	SampleDate	Result	Units	Flags
SGS5 P1	Nitrate	05/11/2009	54.59	mg/l	E-acc
SGS5 P2	Nitrate	05/11/2009	67.93	mg/l	
SGS5 P1	Sulphate	05/11/2009	89	mg/l	E-acc
SGS5 P2	Sulphate	05/11/2009	61	mg/l	
GDBH102	Ethylbenzene	03/11/2009	ND<1	ug/l	
GDBH104	Ethylbenzene	03/11/2009	ND<1	ug/l	
GDBH104	Toluene	03/11/2009	ND<1	ug/l	
GDBH104	TPH	03/11/2009	36	ug/l	
MW10	Ethylbenzene	03/11/2009	ND<1	ug/l	
MW10	Toluene	03/11/2009	ND<1	ug/l	
MW10	TPH	03/11/2009	ND<5	ug/l	
MW103	Ethylbenzene	03/11/2009	9	ug/l	
MW103	Toluene	03/11/2009	6	ug/l	
MW103	TPH	03/11/2009	162	ug/l	
MW6	Ethylbenzene	03/11/2009	ND<1	ug/l	
MW6	Toluene	03/11/2009	ND<1	ug/l	
MW6	TPH	03/11/2009	ND<5	ug/l	
SGS4 P1	Ethylbenzene	03/11/2009	ND<1	ug/l	
SGS4 P1	Toluene	03/11/2009	ND<1	ug/l	
SGS4 P1	TPH	03/11/2009	ND<5	ug/l	
SGS4 P3	Ethylbenzene	03/11/2009	ND<1	ug/l	
SGS4 P3	Toluene	03/11/2009	ND<1	ug/l	
SGS4 P3	TPH	03/11/2009	6	ug/l	
SGS3 P1	Nitrate	02/11/2009	57.12	mg/L	
SGS3 P2	Nitrate	02/11/2009	62.21	mg/l	
SGS3 P3	Nitrate	02/11/2009	65.18	mg/l	
SGS4 P1	Nitrate	02/11/2009	88.6	mg/l	
SGS4 P3	Nitrate	02/11/2009	3.55	mg/l	
MW102	Toluene	02/11/2009	ND<1	ug/l	
MW102	TPH	02/11/2009	ND<5	ug/l	
MW7	Toluene	02/11/2009	ND<1	ug/l	
MW7	TPH	02/11/2009	ND<5	ug/l	
SGS3 P1	Toluene	02/11/2009	ND<1	ug/l	
SGS3 P1	TPH	02/11/2009	ND<5	ug/l	

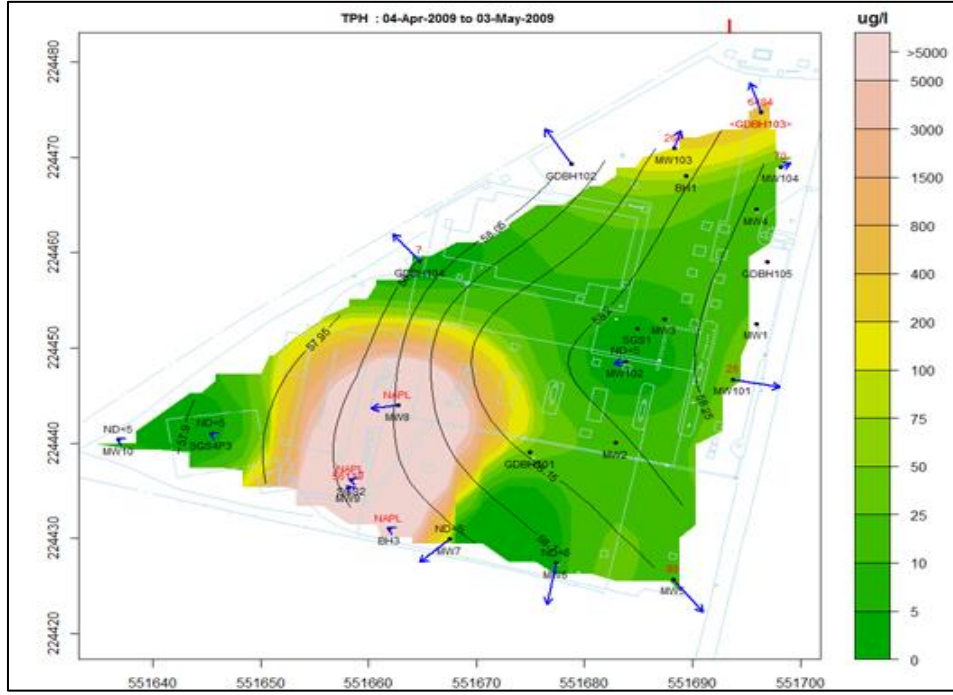
Well Coordinates

WellName	XCoord	YCoord	Aquifer
BH1	551689.43	224468.03	
BH2	551679.43	224476.03	
BH3	551661.93	224430.99	
GDBH101	551674.93	224439.03	
GDBH102	551678.76	224469.31	
GDBH103	551696.31	224474.70	
GDBH103A	551696.31	224474.90	
GDBH104	551664.76	224459.11	
GDBH105	551696.93	224459.03	
MW1	551695.93	224452.53	
MW10	551636.84	224440.36	
MW101	551693.78	224446.68	
MW102	551683.81	224448.57	
MW103	551688.30	224470.95	
MW104	551698.19	224468.99	
MW2	551682.93	224440.03	
MW3	551687.43	224453.03	
MW4	551695.93	224464.53	
MW5	551688.24	224425.70	
MW6	551677.34	224427.38	
MW7	551657.54	224429.89	
MW8	551662.76	224443.96	
MW9	551658.17	224435.39	
SGS1	551684.93	224452.03	
SGS2	551658.40	224436.14	
SGS3 P1	551664.47	224454.61	A
SGS3 P2	551664.47	224454.61	A
SGS3 P3	551664.47	224454.61	A
SGS4 P1	551645.46	224440.97	A
SGS4 P3	551645.46	224440.97	A
SGS5 P1	551714.21	224453.87	A
SGS5 P2	551714.21	224453.87	A

GIS ShapeFiles

Filenames (*.shp)
C:\apps\GIS Files\GWSDAT\GWSDAT2.shp

Şekil 2.12. GWSDAT programı girdi tablosu



Şekil 2.13. GWSDAT programının TPH parametresinin zamansal yayılımının örnek çıktısı

2.2.11. Kanser ve kanser dışı sağlık riskleri için kullanılan model

Toprak ve yeraltı suyu açısından kirlenmiş sahaların kanser ve kanser dışı sağlık riskleri TKKNKKSDY gereğince ilgili taşınım yolları ve gerekli formüller kullanılarak hesaplanabildiği gibi , bilgisayar yazılım modelleri kullanılarak da ilgili toprak veya yeraltı suyu parametrelerinin sağlık riskleri ve sahaya özgü risk değerlendirilmesi yapılabilmektedir [7].

Kanser ve kanser dışı sağlık risklerinin hesaplandığı farklı modeller bulunmakla birlikte kirlenmiş sahalar için çevre sağlığı ve halk sağlığı açısından bu tez çalışmasında risk hesaplarının yapıldığı model RISC Modeli'dir ve Şekil 2.14.'de RISC5 versiyonunu tanımlar nitelikte modelin logosu gösterilmiştir. RISC5 modeli ile, organik kirleticilerin kanser ve kanser dışı sağlık risklerini hesaplanabildiği gibi inorganik kirleticilerin de kanser ve kanser dışı sağlık risklerinin hesaplamaları yapılabilmektedir. Örneğin Çiftçi (2020), çalışmasında inorganik kirleticilerin kanser ve kanser dışı sağlık risklerini RISC5 modeli vasıtasıyla hesaplamıştır [53].



Şekil 2.14. RISC5 modelinin logosu

2.3. Araştırma Yöntemleri

2.3.1. Saha çalışması öncesi teknik yaklaşım

Kirlilik şüphesi bulunan bir sahada sahaya özel kirlilik kaynağı karakterizasyon çalışmaları yapılmalı ve taşınım yolları tespit edilmelidir. Kontamine olmuş alanların ıslahı, rehabilitasyonu için uygun teknoloji seçimi kirletici katman ve kirletici türü belirlendikten sonra yapılabilir. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2017 yılında Kirlenmiş Saha Temizleme İyileştirme Teknik Kılavuzu yayınlamıştır ve inceleme alanı için kirletici türü ve ortamların belirlenmesinde bu kılavuzdan faydalanılmıştır. İnceleme alanı kirletici ortamları toprak veya yeraltı suyu olarak varsayılmıştır ve kirletici türleri ise bazı uçucu organik bileşikler, bir dizi yarı uçucu organik bileşikler (halojenli ve halojensiz olarak ikiye ayrılmaktadırlar), patlayıcılar ve inorganikler şeklinde sıralanmaktadır. İnceleme alanındaki rehabilitasyona uygun teknoloji seçiminde dikkat edilmesi gerekenler ise uygulanabilirlik, performans ve artırılabilirlik çalışmaları olarak nitelendirilir [54].

2.3.1.1. Kirlenmiş saha ve kirlilik karakterizasyonu çalışmaları

Kirlilik alan ve karakterizasyonu çalışmaları kapsamında vaha örnekleme ve analiz planı (SÖAP) bulunmaktadır. SÖAP süreçleri ise, sahaya ilişkin bilgilerin toplanması amaçlı saha ziyaretleri ve ofis çalışmalarını kapsamaktadır. SÖAP sayesinde, en uygun koşullar oluşturularak plan dahilinde hangi lokasyondan sondaj yapılacağı belirlenerek sahanın tanımı çok iyi yapılır.

Örnek bir SÖAP aşağıdaki bilgileri içerebilir.

- Araştırmanın yapılma ve uygulanma amacına ilişkin bilgi (örneğin kontaminasyon şüphesi, kaza, şikâyet vb)

- İnceleme alanının lokasyonu
- İnceleme alanı yetkilisinin ve inceleme alanının bilgileri
- Kavramsal Saha Modeli (KSM) içermelidir. KSM kısaca, saha ve risk çalışmalarının, kirletici kaynaklarının, kirleticilerin ulaşım yollarının, kirleticilerin taşınım mekanizmalarının, saha ve çevresinin kullanım amacını gösterir detayların açıklayıcı görsel olarak yer aldığı ve şema, çizelge ve formlarla zenginleştirilen önemli bir modeldir, şekil ve çizimlerdir. Kavramsal saha modeli, faaliyet ön bilgi formundan edinilen ve saha ziyaretlerinden elde edilen değerlendirmeler vasıtasıyla oluşturulur; ancak saha çalışması boyunca gerekli durumlarda güncellenmelidir [7].

TKKNKSDY’de SÖAP’ın bir formatı henüz olmamakla birlikte SÖAP’ı desteklemesi için ilgili NACE Koduna göre gerekli kirlilik parametreleri, analiz ve ölçüm metotları, İnceleme alanı ve çevresini, toprak ve yeraltı suyu kirliliğini ve kirlilik kaynaklarını gösterir vaziyet planı, inceleme alanında daha önce yapılan toprak ve yeraltı suyu etüdüne ilişkin saha çalışması veya laboratuvar analizleri mevcutsa, ilgili örnekleme, saha uygulama analizlerinin neticeleri, toprağın fiziki ve jeolojik özelliklerine dair bilgiler, mümkünse yeraltı suyunun akış yönü ve sahanın eğimi hakkında edinilecek bilgiler, sonraki TKKNKSDY safhaları için ışık tutacak nitelikte olacaktır.

2.3.2. Sondaj, kuyu kurulumu ve numune alma yöntemleri

2.3.2.1. Sondaj delgisi yapılarak toprak numunesi eldesi

Sahaya özgü durumlarda kirlilik gösterge parametrelerinin ve referans değerini belirlenmesi sondaj delgisi yapılmak suretiyle toprak numunesi elde edilerek gerçekleştirilmektedir:

İnceleme alanında yapılacak sondaj, delme işlemleri, toprak numunesi alınacak lokasyonların tespiti, numune alma metotları, hazırlanacak olan sırasıyla SÖAP ve BAD raporunda sunulur.

Toprak numunesi alırken hassas olarak dikkat edilmesi gerekli unsurlar:

Yüzey Toprağı için

- Kontaminasyonun yoğun olduğunun bilindiği lokasyon yada kirlenmenin görülebildiği alanlarda toprak numuneleri için odaklanmış numune alımı yapılabilir.

- Kontaminasyon alanının tespit edilemediği veya gözle anlaşılmadığı alanlarda sistematik örnekleme yapılır.
- SÖRD için numunelerden edinilecek olan ortalama konsantrasyonlar, %95’lik bir güven aralığı ile numuneleri temsil etmesi uygun olacaktır.
- İnceleme alanında yetkililerce gerekli görülmesi halinde, yer altı suyu ve toprak gazı örnekleme çalışmaları da yapılabilir.

Yüzey altı toprağının, kontaminasyon sınırlarının yüzey toprağı numune konsantrasyonları ile tespit edilemediği yada kontaminasyonunun zamana bağlı olarak çok hızlı bir zaman diliminde değişiklik arz edeceği koşullarda sistematik numune örnekleme yöntemi vasıtası ile sondaj noktaları tespit edilir. Sondaj noktaları belirlenirken eş zamanlı olarak tesis yetkililerinden de emniyet gereği onay alınması önerilmektedir. Petrol türevi uçucu hidrokarbonlar tarafından kirlenmiş alanlarda en az sayıda sondaj yapmak suretiyle kirlilik yayılımını anlayabilmek için, uygun derinliklerden toprak gazından portatif gaz dedektörleri (PID) cihazları vasıtasıyla örnekler alınması sondaj derinliklerine ve sondaj noktalarının hangi lokasyonda olacağına yardımcı olmaktadır [2].

Sahadaki kirletici kaynaklarının ve yayılımlarının tespit edilmesinden sonra mümkün olabildiği sayıda teşvik edilen her sondaj noktasından en az bir (1) numune alınır. Kontaminasyon kaynağı şayet zeminin altındaysa, lokasyonu biliniyor ise veya çeşitli yöntemlerle yeri belirlenebiliyorsa, bu durumda kirletici kaynaklara en yakın mesafeden eğer saha koşulları uygun olursa her metreden en az bir (1) temsil edici örnek elde edilmelidir [7].

İnceleme alanından elde edilen toprak numuneleri, toprak içerisinde olabilecek uçucu organik bileşikleri doğru tespit etmek amacıyla TS 9923 standartlarına uygun, numune alınan kap, herhangi bir boşluk bırakmadan doldurulur ve sızdırmazlığı sağlanır. Toprak ve yeraltı suyu etüdü amaçlı yapılan çevresel saha çalışması kapsamında tesis yetkililerinin yeraltı hatları, geçmiş saha çalışmaları, sahanın alt yapısına ilişkin bilgiler, eski vaziyet planları gibi bilgiler, sonraki saha safhaları için çok kıymetlidir [2].

2.3.2.2. Toprak gazı numunesi alımı

Potansiyel kirletici kaynaklarının belirlenmesi, kirletici olan kimyasal gazların topraktan göç güzergahlarının daha iyi anlaşılması için toprak gazı numunesi alınması, mevcut toprak kirliliği saha çalışmalarına katkı sağlamaktadır. Çevresel saha çalışması kapsamında toprak gazı numunesi alınmasında aşağıdakiler önem arz etmektedir.

Toprak gazı numunesi, yerel veya uluslararası normlara bağlı ve uygun şekilde elde edilmelidir. Ülkemizde şimdiye kadar yapılmış olan çalışmalarda ASTM D5314 standardına uygunluk esas alınmıştır. Yeraltı katmanlarından gaz numunesi alınmamaktadır, toprak gazı numune alımında, inceleme alanındaki meteorolojik bilgiler, örneğin hava sıcaklığı da ölçülür ve raporlanır.

2.3.2.3.Yeraltı suyu gözlem kuyuları kurulumu

Yeraltı sularının fiziksel, kimyasal veya biyolojik parametrelerinin ölçülmesi, su kalitelerinin ve su seviyelerinin belirlenmesi amaçlı, fabrika sahalarında, akaryakıt terminallerinde ve akaryakıt istasyonu gibi hassas alanlarda genelde küçük çaplı (50-200 mm) kuyular teşkil edilirler [50].

Toprak ve yeraltı suyu etüdü için yapılan çevresel saha çalışmalarında teşkil edilen gözlem amaçlı kuyuların kirletici kaynaklarına olan mesafeleri, yeraltı suyu yönünün tespit edilmesi, kontaminasyonun topraktan yeraltı suyu katmanına taşınarak ulaşmış olması, kontaminasyonun yayılma ve zamana bağlı olarak daha fazla çevre kirliliği yayma potansiyeli olduğundan, yeraltı su kuyularının lokasyonlarının, derinliklerinin doğru şekilde belirlenmesi son derece önemlidir.

Kuyu inşası için çeşitli metotlar bulunmaktadır. Kuyu teşkil edilirken hangi yöntemin seçileceği kuyunun kullanım amacına göre, örneğin elde edilmek istenen su miktarı ya da yeraltı suyu seviyesi, hidrojeolojik bilgiler ve mali unsurlara göre belirlenmektedir. Kuyular derinliklerine göre incelendiğinde; derin olmayan sığ kuyular ve derin kuyular olmak üzere iki (2) gruba ayrılmışlardır.

Sığ kuyular inşa metotlarına göre dört (4) sınıfta toplanmışlardır: a) Kazım yapılarak elde edilen kuyular, b) Burgu ile teşkil edilen kuyular, c) çakma yöntemi ile teşkil edilen kuyular, d) Enjeksiyon yöntemi ile teşkil edilen kuyulardır.

Sondaj makineleri kullanılarak farklı derinlikteki açılan kuyular ise derin kuyular olarak isimlendirilmektedir. Sondaj yöntemlerine göre sondaj kuyuları beş (5) sınıfa ayrılmışlardır. Bu yöntemler a) Düz sıvı devirli döner sondaj Yöntemi b) Kablolulu (darbeli) sondaj yöntemi, c) Havalı Döner Sondaj metodu, d) Ters sıvı devirli döner sondaj Yöntemi, e) Döner darbeli sondaj metodu [55].

Yeraltı su kuyuları teşkil edilirken üçgen olarak konumlanmış vaziyettek üç (3) gözlem kuyusu verilerine göre yeraltı suyu akış yönü belirlenir. Ayrıca, kuyu teşkil edilirken, yeraltı su seviyelerinin olası mevsimsel değişimlerine de dikkat edilmelidir [7].

Yer altı suyu gözlem kuyuları teşkil edilmesi

Gözlem amaçlı teşkil edilen kuyular için ASTM D5092 standardı kil, kum gibi granül zeminler için değerlendirilirken, ASTM D5717 standardı da kayalık, ya da çatlaklı zeminlerdeki akiferler için kullanılır.

Gözlem amaçlı teşkil edilen su kuyularında akiferin yapısını koruyacak şekilde örneğin yağmur sularının sızmamasının sağlanması, dışarıdan herhangi bir tehlikeli sıvının sızmaması için yeterince önlem alınması maksadıyla, gözlem kuyuları kurulurken ASTM D5787 standardı uygulanır.

İnceleme alanının zemin ve toprağının karakterizasyonuna göre delme yöntemleri belirlenirken ASTM D6286 standardına uygun hareket edilir. Yeraltı su gözlem kuyusunun gelen olarak sondaj yapılan derinlik ile kastedilen zeminden kuyu sonu ile olan mesafesidir ve toprağın, yeraltı suyunun koşullarına göre farklılık gösterebilmekle birlikte, on- onbeş (10-15) m arasında teşkil edilmektedir. Sondaj delgilerinde kullanılan çap aralığı genellikle yetmişaltı-yüzaltmışsekik (76-178)mm ve kullanılan delgi yöntemi ise genellikle karot veya auger yöntemleridir. Sondaj sırasında, kirliliğin yayılmasına ve yeraltında başka noktalara bulaşmaya neden olabileceğinden zorunlu olmadıkça su kullanılmamalıdır. Sondaj yapılan delgi noktası polivinilklorür boru (PVC) ile teçhizat edilir. Sondaj delgi borusunun delgi ölçüsü farklılık göstermekle beraber, genel ve yaygın kullanılan üç (3) yada dört (4) inç çapındaki sondaj borularıdır. Sondaj kuyusu, zeminden, yani kuyu başından yeraltı suyu tablası seviyesine kadar filtresiz boru, yeraltı su seviyesinden kuyu sonuna, yani su talası seviyesinin dört (4) myada beş(5) m daha derinlikteki filtreli delikli borular kullanmak suretiyle kuyu teşkil edilir. Teşkil edilecek sondaj kuyusu ile delinen delgi çukuru arasına, bir-üç (1-3) mm

apında sondaj dolgu malzemesi (örneğin dere çakılı) ilave edilerek doldurulur. Kuyu teşkil edilmesi esnasında koku hissedilirse, bu veri kuyu kayıtlarına zaman da belirtilerek işlenmelidir. Herhangi bir kuyu teşkil edilirken kullanışmış ola tüm teçhizat, aparat ve ekipmanlar, diğ er bir sondaj kuyusu teşkil edilirken mutlaka temiz su ile temizlenmelidir. Boru altında koni şeklinde kapak teşkil edilmelidir, boru üstünde ise daha sonradan istenildiğinde açılabilcek olan PVC kapak temin edilmelidir. Teşkil edilen kuyunun emniyeti ve güvenliğini oluşturmak amacıyla, dayanıklı metalden imal edilen kuyu kapağı donatılmalıdır [2].

2.3.2.4.Yeraltı suyu gözlem kuyularından su numunesi alımı

Yeraltı suyu kalitesinin tespit edilmesi ve periyodik izlenmesi için yeraltı su kuyuları kurulması ve gözlem kuyularından su numuneleri alınması gereklidir. Ülkemizde yeraltı sularından bazı numune alma kılavuzları mevcuttur.

Örneğın; “Yeraltı sularından Örnek Alma Kılavuzu” (TS ISO 5667-11); “Kontamine olmuş Yeraltı sularından Örnek Alma Rehberi” ,(TS ISO 5667-18) ve “Yeraltı suyu Gözlem Kuyularından Numune Alma Rehberi” (TS 9359), “Yeraltı suyu Kontrol Kuyularından Numune Almak İçin Standart Kılavuz” (ASTM D4448-01), “Çevresel Alan Karakterizasyonu İçin Doğrudan-İtmeli Yeraltı suyu Numune Alma Standart Kılavuzu” ve “Yeraltı sularından Numune Alma Rehber Kılavuzu” (EPA/600/2-85/104) dur.

TSE tarafından 2004 tarihinde yayımlanmış olan TS ISO 5667-18 numaralı “Kontamine Alanlardaki Yeraltı Suyundan Numune Alma Kılavuzu” kontamine olma potansiyeli bulunan alanlarda, yeraltı suyundan örnekleme yapılmasının planlanması hususlarında bilgi veren bir kılavuzdur.

Kontaminasyon şüphesi bulunan alanlara örnek vermek gerekirse:

- Kontaminasyona neden olan olası operasyonların yürütüldüğü endüstri alanları,
- Tehlikeli atık bertaraf ve imha tesisleri,
- Doğal veya suni süreçlerin, yeraltı suyunun kontaminasyonuna neden olması öngör ülen alanlar,
- Kaza sonucu tehlikeli kimyasalların çevreye, toprağı yayıldığı alanlar olarak belirlenmiştir.

2.3.3.İnceleme Alanı Çalışmalarından Elde Edilen Numunelerin Laboratuvar Analizlerinin Yapılması

Arazi çalışması sırasında gözlem ve iyileştirme amaçlı teşkil edilen su kuyularından temin edilen numunelere belirli bir standarda uygun olarak analiz yapılmalıdır [56]. Ayrıca, yeraltı suyu gözlem kuyularının sondajı 'temsili' su örneklerinin alınabilmesi için düşük maliyetli olması, sahada kolay numune alınmasına olanak sağlaması gibi aşamaların daha dikkatli yapılması gerekmektedir [57]. X petrol istasyonundan 2018-2019 yılları arasında dokuz (9) set numune alımı gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, 2021 yılında da bir (1) kez olmak üzere temin edilen su örneklerinin belirli uygun koşullar altında tutulması, ISO 5667 standardına uygun olarak yapılmıştır. Özetle Analizlerde kullanılan metot ve yöntemler aşağıdadır.

Tablo 2.9. Laboratuvar analizlerinde kullanılan metotlar

Metot Numarası	Metot Adı
EPA 200.7	Su ve Atıklarda Endüktif Birleştirilmiş Atomik Emisyon Spektrometriyle (ICP-MS) Metal ve İz Element Tayini
EPA 5021:A:2003/	Toprakta Uçucu Organik Bileşiklerin ve veya halojeniz uçucu organik bileşiklerin Tayini
EPA 8015 + D:2013 EPA 9020 B	Total Organik Halojenlerin Tayini (TOX)
ISO 9377	Sudaki hidrokarbon yağ indeksinin gaz kromatografisi ile tayini

2.3.4. İnceleme alanından elde edilen su numunelerinin zamana bağlı değişimlerinin bilgisayar programı vasıtasıyla incelenmesi

Herhangi bir inceleme alanından belirli periyotlarda alınmış olan su numune veri setlerindeki eğilimleri zamana bağlı mekânsal analiz etmek için çeşitli bilgisayar programları kullanılmaktadır. Yeraltı Suyu kalitesi veri izleme ve değerlendirme aracı olan GWSDAT, kullanıcı dostu, açık kaynaklı bir yazılım olduğu için bu çalışmada GWSDAT'tan faydalanılmıştır. Yeraltı suyu akış yönü ve kuvvetinin tahmini ile birlikte ayrı kuyulardaki çözünmüş konsantrasyon eğilimlerini ve yeraltı suyu yükselme dalgalanmalarını belirleme işlevselliğini içerir. GWSDAT'ın en benzersiz yönü, çözünen konsantrasyon verilerinin zamansal bileşenlerinin tek bir modelleme çerçevesinde ortaklaşa modellendiği bir uzaysal-zamansal modelinin uygulanmasıdır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. İnceleme Alanının TKKNKKSDY Kapsamında Değerlendirilmesi için Teknik Yaklaşım

Sanayi tesisleri, şehir merkezinde konumlanan akaryakıt istasyonları ve kimya sektörü başta olmak üzere tesislerde bilinen veya bilinmeyen sızıntı, döküntü, doğal afet vb. durumlarda toprak ve yeraltı sularına dökülme, sızıntı, kaçak vb. sebeplerle kirlilik oluşması muhtemeldir.

İnceleme alanı olan İstanbul'da faaliyet gösteren X Petrol istasyonuna komşu tesisten gelen akaryakıt koku şikâyeti üzerine X Petrol Akaryakıt İstasyonu TKKNKKSDY kapsamında aşağıdaki çalışmalar yapılmak suretiyle değerlendirilmiştir.

Bu kapsamda; inceleme alanına özgü saha ve kirlilik karakterizasyonu belirlenmesi amaçlı veriler toplanmıştır. Tesisin kullanım amacı ve geçmişi hakkında bilgiler edinilmiştir (inceleme alanının kuruluş tarihi, aktif olduğu yıllar, çalışan sayısı vb). Ayrıca inceleme alanında bulunan veya muhtemel kirleticiler, yani Hedef kirleticiler belirlenmiştir.

Toprak ve yeraltı suyu çevresel saha çalışmalarında mutlaka tesis ve çevresi de araştırılması gerektiği için, inceleme alanındaki muhtemel reseptörler, yani alıcılar ve hassas alanlar tespit edilmiştir.

İnceleme alanının kirliliğin iletildiği, taşındığı muhtemel çevresel ortamların(hava, toprak, yeraltı suyu) mevcudiyeti araştırılmıştır. Ayrıca tesise ilişkin antropojenik etkiler altyapı vaziyet planı, yeraltı akaryakıt tanklarının ve tesisatlarının konumlarını gösterir planlar incelenerek KSM oluşturulmasında fayda sağlanmıştır.

İnceleme alanına özgü saha ve kirlilik karakterizasyonu belirlendikten sonra ise TKKNKKSDY Kirilenmiş Saha Risk Değerlendirme Teknik Rehberinde de belirtildiği gibi kirlilik kaynağı ve yayılımını tespit etmek amaçlı toprak numunesi alma amaçlı dört (4) adet sondaj çalışması gerçekleştirilmiştir [7].

Bu sondajlar sırasıyla bir numaralı kuyu (SK1), iki numaralı kuyu (SK2) ve üç numaralı kuyu (SK3) olarak isimlendirilmiştir. Ayrıca bir (1) adet referans sondaj yapılmıştır, bu sondaj ise SK4 olarak nitelendirilmiştir. İnceleme alanına özgü saha ve kirlilik

karakterizasyonu belirlendikten sonra ise TKKNKKSDY Kirlenmiş Saha Risk Değerlendirme Teknik Rehberinde de belirtildiği gibi kirlilik kaynağı ve yayılımını tespit etmek amaçlı su numunesi alma amaçlı üç (3) adet sondaj çalışması gerçekleştirilmiştir [7].

Şekil 3.1.'de İnceleme alanının genel vaziyet planı ve sondaj noktaları gösterilmiştir. İnceleme alanında teknik yaklaşımı için TKKNKKSDY gereğince yapılan çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Faaliyete özel KGP belirlenerek, bu parametreler Tablo 3.1.'de listelenmiştir.

Sondaj faaliyetlerinde alınan toprak ve yeraltı suyu numuneleri analizleri yapılmak üzere uluslararası akreditasyona sahip akredite bir laboratuvara gönderilmiştir [7].

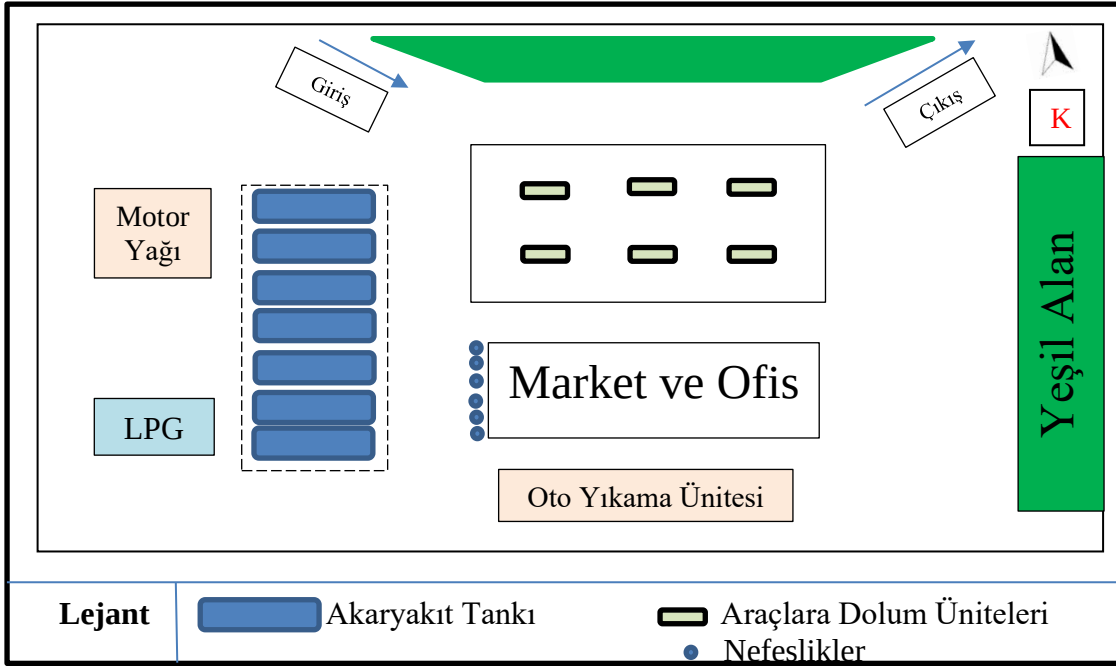
Su kalitesini ve varsa kirlilik yükünü belirleme amacıyla sahada belirlenen üç (3) kuyudan toplamda on (10) set su numuneleri alınmıştır. İlk dokuz (9) veri seti, Mart 2018 ve Ekim 2019 arasında yirmi (20) ay içerisinde (ortalama 2-3 ayda 1 defa) düşük debili peristaltik pompa vasıtası ile su numuneleri toplanmıştır ve uluslararası laboratuvara gönderilerek TPH, BTEX ve MTBE konsantrasyonları analiz edilmiştir. 2021 yılı Ekim ayında ise aynı yöntem ile onuncu veri seti su numune alımı yapılmıştır, laboratuvar sonuçları incelenmiştir.

İnceleme alanının komşu binasını kapalı otopark alanı mevcut olması nedeniyle, bodrumdaki otopark alanında seçilen iki noktadan ve bodrum kattaki asansörden havadaki derişimleri uçucu organik bileşiklerin mevcudiyetini belirleme amacıyla pasif örnekleme tüpleri vasıtasıyla 2018 yılı aralık ayında BTEX ve MTBE parametrelerinin konsantrasyonları uluslararası akreditasyonu olan laboratuvara gönderilmek suretiyle analiz edilmiş ve iç hava pasif örnekleme analizi yapılmıştır.

İnceleme alanında çevresel saha çalışmaları kapsamında gözlem amaçlı teşkil edilen sondaj kuyularından alınan su numuneleri laboratuvar sonuçlarına göre değerlendirilerek GWSDAT programı vasıtasıyla kirleticiler parametreleri olan BTEX, TPH ve MTBE parametrelerinin Haziran 2018 - Ekim 2021 tarihleri arasında zamana bağlı yayılım eğilimleri modellenmiştir.

Sahaya özgü kirleticilerin taşınım yolları TKKNKKSDY'e uyumlu olarak belirlenmiştir. İnceleme alanının kontaminasyonun çevre ve insan sağlığı bakımından koruyucu bir yaklaşım ile değerlendirilmiş, laboratuvar sonuçlarının en yüksek konsantrasyon

değerleri, seçilen parametreler olan MTBE ve BTEX için bilgisayar programı vasıtasıyla yerleşik yetişkin tesis çalışanı ve günlük çocuk için kanser ve kanser dışı sağlık riskleri hesaplanmıştır.

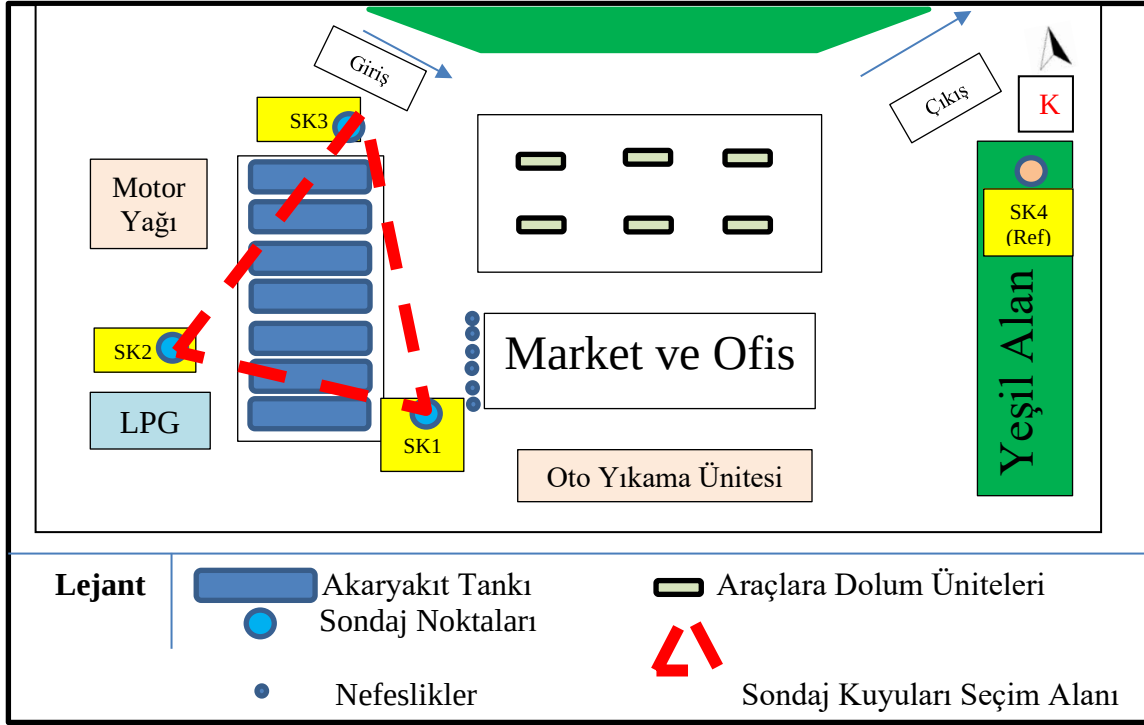


Şekil 3.1. İnceleme alanı X Petrol genel vaziyet planı (temsili)

Şekil 3.1.'de inceleme alanının temsili vaziyet planı şematik gösterilmiştir. Söz konusu İstasyonun hassas alanları yeraltı tankları, oto yıkama ünitesi, motor yağı değişim alanı, dolum üniteleri, nefeslikler ve LPG tankı olarak öngörülmektedir. Yeraltı akaryakıt tankları, akaryakıt tanklarının nefeslikleri, LPG ve motor yağı değişim noktası vaziyet planına göre batıda konumlanmıştır. Oto yıkama, market ve idari ofis istasyonun güneyinde yer almaktadır. Akaryakıt temin edilen dolum üniteleri istasyonun vaziyet planının merkezinde, istasyonun giriş ve çıkışları kuzeyinde, yeşil alanlar ise doğusunda bulunmaktadır.

Kirlilik kaynağı belirleme çalışmaları kapsamında inceleme alanında mevcut ve aktif olan akaryakıt tank sahasını ve çevresini de kapsayacak şekilde birbirine uygun mesafede üçgen şeklinde konuşlanmış olan üç (3) sondaj yapılmıştır gözlem kuyusu kurularak teşkil edilmiştir. İnceleme alanının genel vaziyet planı ve gözlem amaçlı teşkil edilen sondaj noktaları Şekil 3.2.'de gösterilmiştir.

Tesiste dört (4) adet sondaj yapılmıştır. Her sondaj noktasından birer adet toprak örneği alınarak, analiz edilmiştir. Örnekleme maksadıyla uygulanan ve kullanılan sondaj makinesinin ekipmanları, bir sondaj noktasından diğer sondaj nokasına geçiş öncesinde temiz su vasıtasıyla temizlenmiştir. Sondaj delgilerinde toprağa (delme sıvısı ya da hava gibi) yatay ve dikey kontaminasyon yaratabilecek herhangi bir kimyasal temizlik malzemesi kullanılmamıştır.



Şekil 3.2. İnceleme alanı vaziyet planı ve sondaj noktaları seçim alanı (Temsili)

3.2. İnceleme Alanından Elde Edilen Toprak Numunelerinin Laboratuvar Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Toprak ve yeraltısuyu kirliliği şüphesi olan bir tesis, arazi veya saha TKKNKKSDY gereğince incelenmesi için sahaya özgü KGP'ler seçilir ve sahadan elde edilen numuneler akredite laboratuvara iletilir.

Kirlilik kaynağı olan hedef kirletici parametreler, Amerikan Kimya Derneği (AKD)'nin bir alt kuruluşu olarak nitelendirilen “Kimyasal Özetler Servisi Chemical Abstracts Service” (CAS) tarafından belirlenmiş tüm kimyasal bileşikleri anlamlı hale getirmek vasıtasıyla iliştilen kayıt numarası olan CAS numaraları ile birlikte TKKNKKSDY’de jenerik kirletici sınır değerleri listesinde verilmiştir [58].

İnceleme alanında mevcut olan kirleticilerin değerlendirilmesi için TKKNKKSDY’de dört taşınım yolu belirlenmiştir. Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim, kaçak tozların dış ortamda solunmaları, uçucu maddelerin dış ortamda solunmaları ve kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesidir.

İnceleme alanında toprak ve yeraltı suyu kirlilik yayılımının mevcut durumunun anlaşılması için eğer saha yüzeyi topraksa yüzey toprağından, saha yüzey toprağından numune alınamıyorsa yeraltı toprağı ve yeraltı suyundan örnek alınır. Tesisten örneklemeler ile ilgili sondaj noktalarının hedef kirletici saha konsantrasyonları (HKS) belirlenir. Böylece; topraktan, yeraltı suyundaki bölgelerden ne kadar adet ve hangi kirleticiler için analiz edileceğı belirlenir [7].

HKS'lar, inceleme alanında kirlenme potansiyel yüksek olduğu düşünölen noktalardan elde edilen toprak ve yeraltı suyu örneklerinin ilgili kirletici gösterge parametrelerinin analizleri ile belirlenmektedir. Hedef kirleticilere ilişkin ölçölen kirletici konsantrasyonlar “ölçüm değeri (ÖD)” olarak ifade edilir. ÖD, ilgili tesiste elde edilen “referans değeri (RD)” ile kıyaslanır. Sahaya özgü referans değeri (RD), tesisin çevresinde mevcut olan bir kaynak sebebiyle kontamine olmamış, kirlenmeden etkilenmemiş olduğu öngörölen bölümünden elde edilen toprak veya yeraltı suyu numunelerinde KGP'ler ile tespit edilir. Kirletici gösterge parametreleri için sahada edinilen en yüksek ölçüm konsantrasyonu seviyesi değeri, referans değeri ile kıyaslanarak, sahaya özgü belirlenmiş olan referans değerdan sapma düzeyine bakılır.

Tablo 3.1.’de belirtildiği üzere sadece kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi taşınım yolunda akifere uzaklık, akiferin çatlaklı veya karstik olması yada kirlilik kaynağının seyrelme potansiyeli olduğundan seyrelme faktörü (SF) terimi tanımlanmıştır. Kontamine olmuş sahanın alanının on (10) hektar yada daha büyük olması koşullarından herhangi birinin mevcut olması durumunda seyrelme faktörü SF “1” ; aksi halde SF “10” varsayılır [7].

BTEX ve TPH parametrelerinin taşınım yolları için TKKNKSDY’de belirlenmiş olan KGP’ler özelinde jenerik kirletici sınır değerleri (JKSD), CAS numaralarıyla Tablo 3.1.’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. İnceleme Alanı için TKKNKSDY gereğince JKSD Listesi

CAS NO ve TAŞINIM YOLLARI						
Kirletici	Cas NO	Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim (mg/kg fırın kuru toprak)	Uçucu maddelerin dış ortamda solunması (mg/kg fırın kuru toprak)	Kaçak tozların dış ortamda solunması (mg/kg fırın kuru toprak)	Kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi (mg/kg fırın kuru toprak)	
					SF=1	SF=10
Benzen	71-43-2	12	1	-	0,006	0,0006
Toluen	108-88-3	6257	925	-	5	0,5
Etilbenzen	100-41-4	7821	14	-	4	0,4
m-Ksilen	108-38-3	156429	-	-	444	80
o-Ksilen	95-47-6	156429	-	-	297	81
TPH alifatik C5-C8	0-01-0	4693	-	-	4	0,4
TPH alifatik C8-C16	0-01-1	7821	-	-	7	0,7
TPH alifatik C16-C35	0-00-9	156429	-	-	146	15
TPH aromatik C5-C9	0-01-3	15643	-	-	15	1
TPH aromatik C9-C16	0-01-4	1564	-	-	1	0,1
TPH aromatikC16-C35	0-01-2	2346	-	-	2	0,2

Tablo 3.2.’ de SK1, SK2, SK3 ve referans sondaj olan SK4 kuyularından Şubat 2018’de elde edilen yüzey altı toprak numune analiz sonuçları, TKKNKSDY gereğince dört farklı taşınım yolu ile karşılaştırılmıştır. Bu taşınım yolları “Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim”, ”Uçucu kirleticilerin dış ortamda solunarak vücuda alınması” ,“Kaçak tozların dış ortamda solunması” ,“kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı

suyunun içilmesi” olarak belirlenmiştir.

SK1, SK2 ve SK3 kuyularının toprak laboratuvar analiz sonuçları JKSD’ler ile karşılaştırıldığında “kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi” taşınım yolu senaryosuna göre konsantrasyonların yüksek olduğu parametrelerin olduğu görülmektedir.

SK1 kuyusunda laboratuvar sonuçlarının JKSD konsantrasyonlarından yüksek olduğu parametreler Benzen, TPH alifatik C8-C16, TPH aromatik C5-C9, TPH aromatik C9-C16 ve TPH aromatik C16-C35 parametreleridir.

SK2 kuyusunda ise Benzen, etilbenzen, TPH alifatik 5-C8, TPH alifatik C8-C16, TPH aromatik C5-C9, TPH aromatik C9-C16 ve TPH aromatik C16-C35 parametreleridir. SK3 kuyusunda laboratuvar sonuçlarının JKSD konsantrasyonlarından yüksek olduğu parametreler Benzen, Toluen, TPH alifatik C5-C8, TPH alifatik C8-C16, TPH aromatik C5-C9, TPH aromatik C9-C16 ve TPH aromatik C16-C35 parametreleridir.

SK1, SK2, SK3 ve referans SK4 su kuyusunun BTEX ve TPH parametreleri incelendiğinde, toprak numunesi analiz sonuçları “Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim”, ” Uçucu kirleticilerin dış ortamda solunarak vücuda alınması” ve “Kaçak tozların dış ortamda solunması” senaryolarının jenerik kirletici sınır değerlerinin altında olduğu gözlemlenmiştir, ancak SK1, SK2 ve SK3 kuyularındaki hedef kirletici saha konsantrasyonları laboratuvar tespit değerlerinin üstünde çıkmıştır. Yaklaşık 3-4 m derinlikten alınan toprak numuneleri kirlilik şüphesine işaret etmesi üzerine SK1, SK2 ve SK3 sondaj noktalarının lokasyonlarında gözlem amaçlı izleme su kuyuları teşkil edilmiştir.

Tablo 3.2. İnceleme alanı toprak numunesi sonuçları(mg/kg)- Şubat 2018

	Cas N0	Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim	TAŞINIM YOLLARI (mg/kg fırın kuru toprak)			LABORATUVAR SONUÇLARI (mg/kg)			
			Uçucu maddelerin dış ortamda solunması	Kaçak tozların dış ortamda solunması	Kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi	SK1	SK2	SK3	Referans SK4
Kirletici									
Benzen	71-43-2	12	1	-	0,006	0,09	0,08	0,77	<0,05
Toluen	108-88-3	6257	925	-	5	0,07	1,5	7,30	<0,05
Etilbenzen	100-41-4	7821	14	-	4	0,26	5,6	3,70	<0,05
m-Ksilen	108-38-3	156429	-	-	444	0,73	13,0	16,0	<0,05
o-Ksilen	95-47-6	156429	-	-	297	0,05	12,0	5,8	<0,05
TPH alifatik C5-C8	0-01-0	4693	-	-	4	<10	36,5	37,5	<10
TPH alifatik C8-C16	0-01-1	7821	-	-	7	25	99	49	<10
TPH alifatik C16-C35	0-00-9	156429	-	-	146	133	29	23	<10
TPH aromatik C5-C9	0-01-3	15643	-	-	15	140	131	60	<10
TPH aromatik C9-C16	0-01-4	1564	-	-	1	150	67	76	<10
TPH aromatik C16-C35	0-01-2	2346	-	-	2	470	97	185	<50
Toplam TPH						755	429,5	390,5	<50

Sahada elde edilen bulgulara göre; ölçülen konsantrasyon değerleri, tesiste belirlenen sondaj noktasından alınan referans değer ile kıyaslanır ve sapma seviyesi referans değerden düşük çıkıyor yada referans değere eşit ise, bu durumda işletmenin takip gerektirmeyen saha olduğu anlamına gelmektedir. Ancak, sapma seviyesi bir (1) ile yirmi beş(25) arasında olması durumunda tesis için ikinci aşama saha çalışması gereklidir. Bu durumda TKKNKKSDY gereğince JKSD ile karşılaştırması yapılır ve ölçüm değeri, JKSD’den daha yüksek bir konsantrasyonda ise, o halde kontaminasyonun oldukça fazla ve çevre açısından tehlikeli olduğu öngörülür, tesise özgü risk değerlendirilmesi yapılır. Risk Değerlendirmesi sonucunda tehlike indeksi bir (1)’den büyük ve kanser riskleri de 10^{-6} ’dan yüksek çıkması durumunda sahanın doğrudan temizlenmesine karar verilir. İnceleme alanında çevresel saha çalışması kapsamında yapılan sondajlardan elde edilen SK1, SK2 ve SK3 kuyularının toprak numunelerinin ÖD ve RD karşılaştırması Tablo 3.3.’de yapılmış olup aşağıda gösterilmiştir.

Tablo 3.3. İnceleme Alanı toprak numunesi ÖD-RD karşılaştırılması

Kirletici	SK1	SK2	SK3	SK4 Referans Nokta
mg/kg				
Benzen	1,8	1,6	15,4	1
Toluen	1,4	30	146	1
Etilbenzen	5,2	112	74	1
m-Ksilen	14,6	260	320	1
o-Ksilen	1	240	116	1
TPH alifatik C5-C8	1	3,65	3,75	1
TPH alifatik C8-C16	2,5	9,9	4,9	1
TPH alifatik C16-C35	4,9	1,07	<1	1
TPH aromatik C5-C9	14	13,1	6,0	1
TPH aromatik C9-C16	15,0	6,7	7,6	1
TPH aromatikC16-C35	8,39	1,73	3,3	1

SK1, SK2 ve SK3 sondaj kuyularından ölçülen konsantrasyonlar, yani ÖD’ler, sahaya özgü “referans değer” (RD) kuyusu olan SK4 ile karşılaştırıldığında SK1 kuyusunda 1 ile 25 kat arası değerler elde edilmiş iken, SK2 ve SK3 kuyularında ise 25 kattan büyük olan değerler mevcuttur. SK2 ve SK3 sondaj kuyuları için toluen, etil benzen, m-ksilen ve o-ksilen parametrelerinin 25 kattan büyük olan kirletici gösterge parametreleri olduğu görülmektedir. SK1, SK2 ve SK3 kuyularının toprak numunelerinin TKKNKKSDY

gereğince ÖD/RD kriterleri ise Tablo 3.4.’de belirtilmiştir.

Tablo 3.4. İnceleme alanı toprak Numunesi ÖD-RD Değerlendirmesi

Kriter (ÖD/RD)	TKKNKSDY gereği Sahada ÖD/RD Değerlendirme
≤ 1	Tesise ilişkin toprak kirliliği şüphesi bulunmayan Takip Gerektirmeyen Saha
$1 \leq \text{ÖD/RD} \leq 25$	Tesise ilişkin toprak kirliliği şüphesi bulunma durumu olan İkinci Aşama Değerlendirme sürecine tabi takip gerektiren saha
> 25	Mevzuatta belirtilen süre gereğince temizlenmesi gereken kirlenmiş alan/saha

3.3. İnceleme Alanı Komşu Bina Bodrum Katı İç Hava Kalitesi

Ülkemizde iç ortamların dışarısındaki hava kalitesinin kontrolü Bakanlık tarafından yayımlanan bir dizi yönetmelikle sağlanmaktadır. Bu yönetmelikler; Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği, Büyük Yakma Tesisleri Yönetmeliği ve Isınmadan Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği olarak sayılabilir.

İç ortam hava kalitesi (İOHK) ile ilgili hava kalitesinin ve maruziyetin belirlenmesi, tüm ilgili çalışan personllerin emniyetli, sağlıklı ve güvenli ortamlarda çalışmaları için Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı(ÇSGB) yetkilendirilmiştir. İşyeri ortamında çalışanların kimyasallara maruziyetini konsantrasyon olarak insan sağlığına tehlike arz eden ve solunabilir olan kimyasalların iç ortamda ve dolayısıyla havadaki miktarları ile incelenmektedir. İç ortam hava kalitesi ve maruziyetini belirlemek için Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik (KMÇSGÖHY) gereğince mesleki maruziyet sınır değerleri belirlenmiştir [59]. Benzer şekilde iç ortam hava kalitesi maruziyetini değerlendirmede yetkili kuruluşlar ABD’de Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü (NIOSH) [60] ve İngiltere’de Hava Kalitesi Yönetimi Enstitüsü (IAQM) dur [61].

İnceleme alanının yirmi (20) m uzaklığında olan komşu tesiste bodrum kat olması sebebiyle iç ortama salınma ihtimali bulunan BTEX gibi UOB’lerin, tesisin tanklarından sızarak komşu tesisin bodrum katına olan maruziyetini araştırmak için dört (4) adet nokta seçilerek sekiz (8) saatlik hava kalitesi amaçlı numuneler alınmış ve KMÇSGÖHY, NIOSH ve IAQM göre kıyaslama yapılmış olup, Tablo 3.5.’te ifade edilmiştir.

Tablo 3.5. İnceleme Alanı komşu tesis bodrum kat ve otoparklar (1 ve 2) hava kalitesi sonuçları (ug/m³) -Aralık 2018

Kirletici	Cas N0	KMÇSGÖHY ^a	NIOSH REL ^b	Koku Eşiği ^c	Otopark 1	Otopark 2	Bodrum Kat	Bodrum Kat Asansör
Benzen	71-43-2	-	320	32,5	21,4	15	16,9	30,4
Toluen	108-88-3	192000	375000	644	171,6	152,9	141,7	215,5
Etilbenzen	100-41-4	442000	435000	—	22,6	17,6	14,2	39,6
Ksilen	108-38-3	221000	435000	78	125,8	96,5	80	175,6
MTBE	1634-4-4	183500	—	—	15,6	14,8	15,7	21,4
Toplam UOB		-	—	60	356,9	296,9	308,5	535,5

a) Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik

b) Amerika Birleşik Devletleri Ulusal İş Sağlığı ve Güvenliği Enstitüsü'ne (NIOSH) göre 8 saatlik mesleki maruziyet için tavsiye edilen maruz kalma sınırı

c) <https://iaqm.co.uk/>

Tablo 3.5.'e göre İnceleme Alanındaki komşu tesis bodrum kat ve otoparklardan (1 ve 2), Aralık 2018'de elde edilen hava kalitesi sonuçları (ug/m³) incelendiğinde ksilen parametresinin ölçüm noktalarında koku eşiğinin üzerinde olduğu görülmektedir.

İnceleme alanının yirmi (20) m kuzeyinde konumlanmış olan komşu tesisin asansöründe petrol türevi maddelerin koku şikayeti üzerine pasif örnekleme metodu ile hava kalitesi ölçümleri yapılmıştır. Örnekleme çalışması zenginleştirilerek komşu tesis otoparkı, bodrum katı ve bodrum katındaki asansörde Aralık 2018’de petrol türevi maddelerin mevcudiyeti araştırılmıştır olup, sonuçları Tablo 3.5.’te yer almaktadır.

UOB'lere kapalı ortamda maruz kalmak, hem akut hem de uzun süreli devam eden sağlık riskleri, etkileri meydana getirirler. UOB'lerin küçük seviyelerdeki dozlarda olması bile solunum yolu hastlıklarına neden olduğu bilinmektedir. Norback ve ark. (1995), çalışmalarında UOB'lere maruz kalan ve İsveç'te yaşayan yirmi 20 ila kırkbeş (45) yaşlarındaki seksensekiz (88) adet astım hastasında nefes darlığı şikayetlerinin olduğu bulgusuna ulaşmıştır [62].

Burton ve ark. (1997), araştırmalarında uçucu organik bileşikler ortamda ani konsantrasyonlara ulaştıklarında sinir sistemine zarar verirler [63]. Sandmeyer ve ark. (1982), ise çalışmalarında UOB'lerden toluenin yüzseksensekiz (188) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ mertebelerinde ortamda bulunması halinde baş dönme, uyuşukluk ve bazı zihinsel karışıklığa neden olduğunu tespit etmişlerdir. Benzer şekilde bu şikayetlerin 35000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ü aşan toluen seviyelerinde ise kasılma, koma ve hatta değerlerde ölümle sonuçlandığını belirtmişlerdir [64].

İnceleme alanına yirmi 20 metre mesafede olan komşu tesiste bodrum kat olması, bodrum kat asansörünün olması sebebiyle iç ortama salınma ihtimali bulunan BTEX gibi uçucu organik bileşiklerin inceleme alanındaki yeraltı tanklarından sızarak komşu tesisin bodrum katına olan maruziyetini araştırmak için dört (4) nokta seçilerek sekiz (8) saatlik hava kalitesi amaçlı numuneler alınarak sağlık riskleri KMÇSGÖHY, NIOSH ve IAQM göre kıyaslama yapılmıştır.

Tablo 3.5.’te ksilen parametresinin koku eşiği İngiltere’de bulunan Hava Kalitesi Yönetimi Enstitüsü tarafından 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ belirlenmiştir. Numune alım noktalarındaki ksilen parametresi incelendiğinde; sırasıyla bodrum kat, otopark1, otopark 2, bodrum kat ve bodrum kat asansör sekiz saatlik pasif ölçümleme ile elde edilen ksilen değerleri 125,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 96.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ve 175,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ olduğu ve koku eşiğinin olan 78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 'ün üzerinde olduğu görülmüştür.

Türkiye’de henüz iç hava kalitesi ile ilgili sınır değerler belirlenmemiştir ancak Tablo

3.5.'e göre koku eşiğinin üzerinde sonuç elde edilmiş olması ortamda uçucu hidrokarbon bileşiklerinin mevcudiyetine işaret etmektedir.

3.4. İnceleme Alanı Su Numunelerinin Laboratuvar Analiz Sonuçlarının

Değerlendirilmesi

İnceleme alanındaki X petrol istasyonunda 1, 2 ve 3 numaralı su kuyularından toplam on (10) kez numune alınarak ve benzen, tolüen, etil benzen, ksilen, BTEX, TPH ve MTBE parametreleri analiz edilmek suretiyle veri seti oluşturulmuştur. SK1 kuyusuna ait laboratuvar analiz sonuçlarını içerir veri seti Tablo3.6.'da, SK2 kuyusuna ait laboratuvar analiz sonuçlarını içerir veri seti Tablo3.7.'de, SK3 kuyusuna ait laboratuvar analiz sonuçlarını içerir veri seti Tablo3.8.'de listelenmiştir.

Tablo 3.6.'ya göre, 1 numaralı su kuyusunun benzen, toluen, etil benzen, m-ksilen o-ksilen ve TPH alifatik ve aromatik parametrelerinin en yüksek 2019 ağustos ayında olduğu gözlemlenmiştir. MTBE parametresi ise en yüksek 2019 mayıs ayında gözlemlenmiştir. 2019 Ağustos ayında gözlemlenen en yüksek konsantrasyonlar sırasıyla; benzen 29 µg/L, toluen 6,7 µg/L, etilbenzen 39µg/L, m-ksilen 18 µg/L, o-ksilen 68 µg/L, TPH alifatik 2300 µg/L ve TPh aromatik 590 µg/L'dir. 2019 Mayıs ayında gözlemlenen en yüksek MTBE konsantrasyonu ise 3200 µg/L'dir.

Tablo 3.7.'ya göre ; 2 numaralı su kuyusundaki parametreler tek bir veri setinde en yüksek değeri göstermemiş, parametrelerin en yüksek olduğu veri setleri farklı zaman dilimlerinde gözlemlenmiştir. Örneğin; etilbenzen, m-ksilen, o-ksilen, TPH aromatik parametrelerinin en yüksek 2018 temmuz ayında olduğu gözlemlenirken, benzen parametresi 2018 ağustos ayında en yüksek değeri göstermiştir. TPH alifatik parametresi 2018 aralık ayında en yüksek sonucu içermektedir. Toluen, ve MTBE parametreleri ise en yüksek 2019 şubat ayında gözlemlenmiştir. 2018 temmuz ayında gözlemlenen en yüksek konsantrasyonlar sırasıyla; etilbenzen 280 µg/L, m-ksilen 13 µg/L, o-ksilen 40 µg/L, TPH aromatik 1100 µg/L'dir.

Tablo 3.8.'e göre 3 numaralı su kuyusundaki parametreler tek bir veri setinde en yüksek değeri göstermemiş, parametrelerin en yüksek olduğu veri setleri farklı zaman dilimlerinde gözlemlenmiştir. Örneğin; benzen parametresi 2018 Aralık ayında en yüksek değeri gösterirken, tolüen, etil benzen, m-ksilen, o-ksilen, parametrelerinin en yüksek 2019 Ağustos ayında olduğu gözlemlenmiştir. TPH alifatik ve MTBE parametrelerinin

en yüksek olduğu veri seti ise 2019 Şubat ayıdır.

Benzen parametresi en yüksek 180µg/L olarak 2018 aralık ayında gözlemlenmiştir. 2019 şubat ayında gözlemlenen TPH alifatik parametresi 110000 µg/L, MTBE ise 110000 µg/L dir. TPH aromatik parametresinin en yüksek konsantrasyonu 33000 µg/L ile 2019 mayıs ayında görülmüştür. 2019 ağustos ayında gözlemlenen en yüksek konsantrasyonlar ise sırasıyla; toluen 19 µg/L, etilbenzen 98 µg/L, m-ksilen 41µg/L, o-ksilen 170 µg/L, TPH aromatik 1100 µg/L'dir.

Tablo 3.6. İnceleme alanı SK1 kuyusu su numunesi sonuçları (µg/l) -Mart 2018-Ekim 2021

Ay Yıl	03 2018	05 2018	07 2018	08 2018	12 2018	02 2019	05 2019	08 2019	10 2019	10 2021
Benzen	0,33	<0,20	<0,20	1,1	2,1	2,9	1,4	29	6	<0,20
Toluen	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	0,28	1,1	<0,20	6,7	0,83	<0,20
Etilbenzen	0,62	0,88	<0,20	1,20	3,1	0,82	0,55	39	3,4	<0,20
m-Ksilen	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	1	1,5	<0,20	18	1,7	<0,20
o-Ksilen	0,38	<0,20	<0,20	2,0	3,9	0,66	<0,20	68	1,6	<0,20
Toplam BTEX	1,3	<1	<1	4,4	10	6,9	2,0	160	14	<1
Toplam TPH alifatik C5-C35	<50	<50	<50	<50	<50	<50	420	2300	340	<50
Toplam TPH aromatikC5-C35	<30	<30	<30	<30	40	<30	400	590	140	<30
MTBE	23	6	23	1,5	55	68	3200	85	87	39

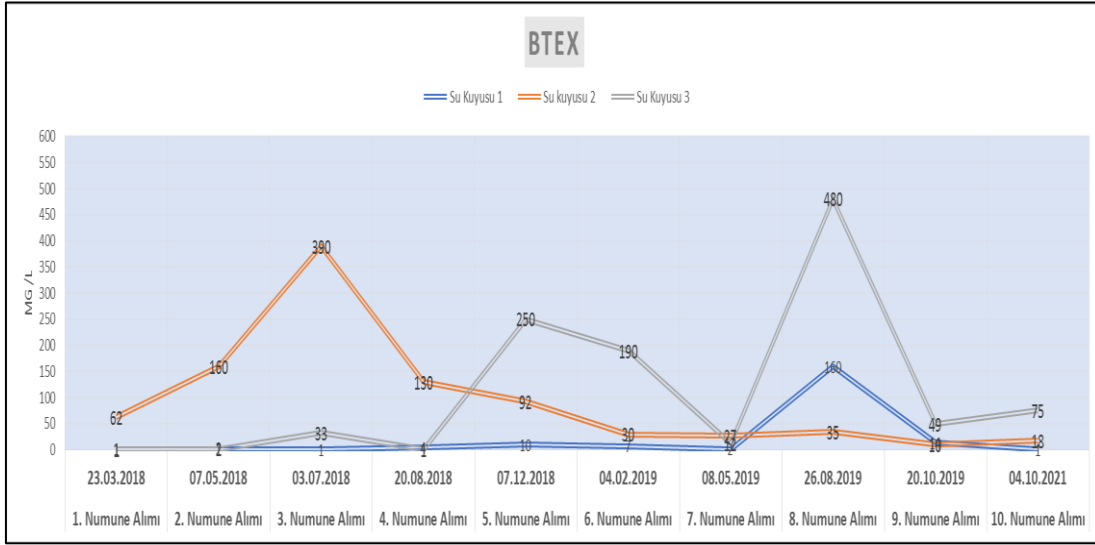
Tablo 3.7. İnceleme alanı SK2 kuyusu su numunesi sonuçları (µg/l) -Mart 2018-Ekim 2021

Ay Yıl	03 2018	05 2018	07 2018	08 2018	12 2018	02 2019	05 2019	08 2019	10 2019	10 2021
Benzen	11	17	62	81	24	14	23	30	8,4	13
Toluen	0,3	<0,20	0,53	<0,20	<0,40	4,5	<0,20	<0,20	0,25	0,5
Etilbenzen	28	140	280	30	53	2,2	1,7	2,4	0,27	2,3
m-Ksilen	6,4	6,8	13	1,2	1,3	5,9	1,1	0,32	<0,2	0,26
o-Ksilen	16	6,1	40	14	14	2,7	0,32	2,3	0,83	2
Toplam BTEX	62	160	390	130	92	30	27	35	9,8	18
TPH Alifatik C5-C35	570	490	70	420	830	820	130	170	220	<50
TPH Aromatik C5-C35	270	580	1100	160	310	67	<400	72	<30	<50
MTBE	680	520	570	530	1200	1200	490	150	150	98

Tablo 3.8. İnceleme alanı SK3 su kuyusu su numunesi sonuçları (µg/l) -Mart 2018-Ekim 2021

Ay Yıl	03 2018	05 2018	07 2018	08 2018	12 2018	02 2019	05 2019	08 2019	10 2019	10 2021
Benzen	<0,20	<0,20	2,2	0.24	180	150	8,5	150	31	69
Toluen	<0,20	<0,20	<0,20	<0,20	5,4	6,0	<0,20	19	2	2,9
Etilbenzen	<0,20	2	25	<0,20	24	10	2,3	98	7,9	0,97
m-Ksilen	<0,20	<0,20	1,4	<0,20	12	15	1,3	41	4,2	0,67
o-Ksilen	<0,20	<0,20	4,6	0.7	34	5,9	0,3	170	3,9	1,1
Toplam BTEX	<1	2	33	<1	250	190	12	480	49	75
TPH Alifatik C5-C35	<50	<50	72	500	60000	110000	40000	20000	12000	3200
TPH Aromatik C5-C35	<30	<30	130	<30	430	250	33000	1600	340	300
MTBE	51	37	200	840	79000	110000	46000	46000	18000	2600

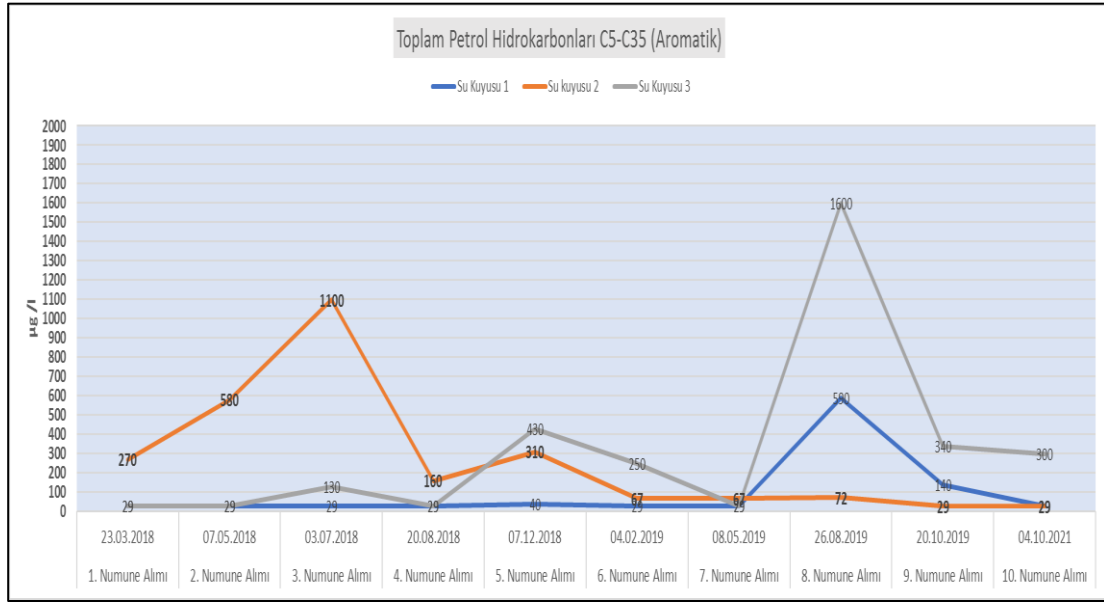
İnceleme alanındaki 1, 2 ve 3 numaralı su kuyularından Mart 2018 ve Ekim 2021 arasında BTEX, TPH ve MTBE parametrelerinin laboratuvar analiz sonuçlarının zamana bağlı değişim grafikleri sırasıyla Şekil 3.3., Şekil 3.4. ve Şekil 3.5.'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3. SK1, SK2 ve SK3 su kuyularında BTEX değerlerinin zamansal değişimi

Akaryakıt istasyonlarında depolanan akaryakıtın hassas bileşenlerinden olan BTEX gibi mono aromatik kirleticiler hem toprağın yeraltı sularının kirlenmesine neden olan yaygın kirleticilerdir. Odermatt (1994) tarafından yapılan çalışmada BTEX ile kirlenmiş bir akiferde, BTEX parametrelerinin yeraltı suyunda hidrojeolojik koşullardan dolayı yayılımının olduğunu kanıtlanmıştır [65].

Benzer şekilde de inceleme alanında 1, 2 ve 3 numaralı su kuyularında da belirli aylarda yükselme ve alçalma eğilimi sergilediği görülmektedir. Örneğin; 1 numaralı su kuyusundaki BTEX sadece 2019 Mayıs ve Ağustos ayları arasında artma eğilimi göstermiştir. 2 numaralı su kuyusundaki BTEX parametresi ise sadece 2018 Mayıs ve Temmuz ayları arasında ve 2019 Mayıs ve Ağustos ayları arasında artma eğilimi göstermiştir. 3 numaralı su kuyusundaki BTEX parametresi ise hem 2018 Mayıs ve Temmuz ayları arasında, hem 2018 Ağustos Aralık ayları arasında hem de 2019 Mayıs ve Ağustos ayları arasında artma eğilimi göstermiştir.



Şekil 3.4. SK1, SK2 ve SK3 su kuyularında TPH Aromatik C5-C35 değerlerinin zamansal değişimi

İnceleme alanındaki X petrol istasyonunda SK1,SK2 ve SK3 su kuyularından Mart 2018 ve Ekim 2019 ayları arasında alınan dokuz veri setinin TPH Aromatik C5-C35 laboratuvar analiz sonuçlarının zamana bağlı değişim grafiği Şekil 3.4.’de belirtilmiştir.

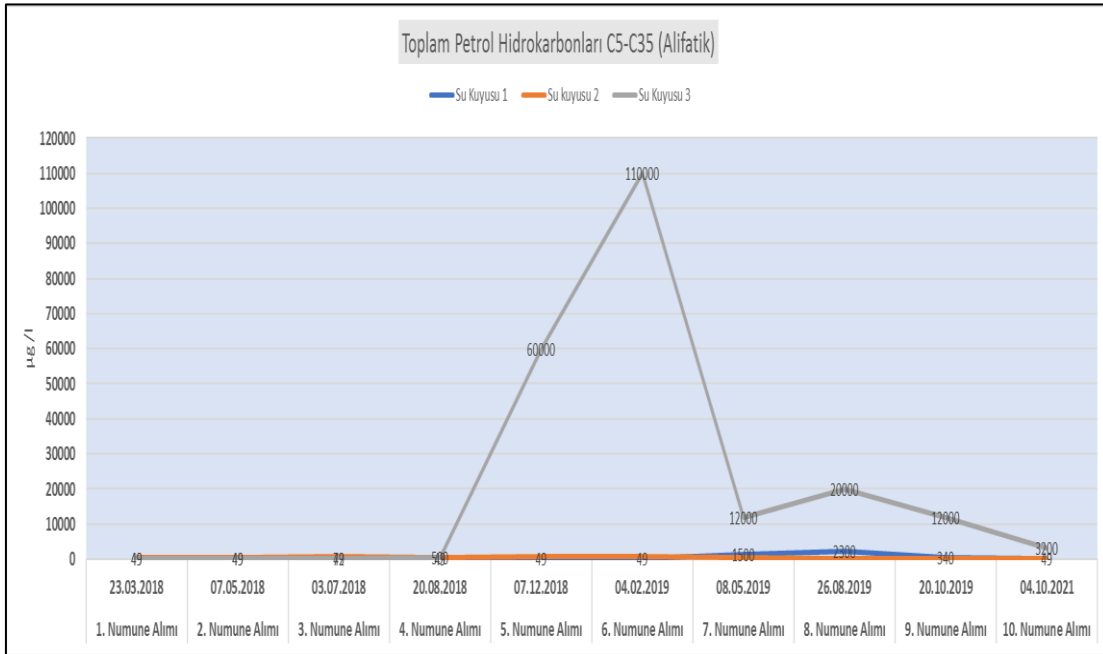
Akaryakıtın tankerlerle akaryakıt istasyonlarına taşınmasından sonra akaryakıt istasyonlarında depolanan akaryakıtın herhangi bir sızma, deprem, kötü inşaat kurulumu gibi uygulamalardan dolayı hem toprağa, hem de yeraltı suyunda yayılım göstermesi neticesinde, sulu olmayan faz sıvılar olarak isimlendirilen ve uluslararası literatürde ise Non-Aqueous Phase Liquids (NAPL) şeklinde tanımlanmış olan hidrokarbon bileşiği vasıtasıyla kirlenme söz konusu olduğu bilinmektedir [3].

Sulu olmayan faz sıvıları, sadece bir çeşit hidrokarbon bileşiğinden de oluşmakla birlikte, karmaşık olarak onlarca çeşit hidrokarbon bileşiklerinden de meydana gelmektedir. Susuz faz sıvıları, suyun özgül ağırlığına göre kıyaslandığında yoğunluğu sudan hafif olan ve yoğunluğu sudan ağır olan sıvılar olmak üzere iki gruba ayrılmışlardır. Sudan daha az yoğun olan sıvılar LNAPL, daha ağır, yoğun olanlar ise DNAPL olarak isimlendirilmişlerdir. Toprakta, yeraltı suyuna oluşacak bir sızıntı sonucu, sudan daha hafif oldukları için LNAPL’lar yeraltı suyu akış yönü boyunca hareketlilik eğilimi

göstereceklerdir, DNAPL’lar ise yoğunlukları su ile karşılaştığında daha ağır olduklarından, ilgili akiferde dikey yönde taşınım ve hareket eğiliminde olacaklardır. Benzer şekilde de inceleme alanında 1,2 ve 3 numaralı su kuyularında da TPH kirliliği yani LNAPL kirliliği olduğu ve belirli aylarda yükselme ve alçalma eğilimi sergilediği görülmektedir.

Akbulut (2012) çalışmasında petrol kirliliğinin yeraltı suyunda etkisi ve yayılımını araştırmış ve petrol ile kirlenmiş yeraltı suyunda kirlenmiş maddelerin hareketliliği gözlemlenmiştir [66].

Şekil 3.4.’e göre TPH Aromatik C5-C35 laboratuvar analiz sonuçlarının zamana bağlı değişimleri incelendiğinde 1,2 ve 3 numaralı kuyuların Mart-Temmuz 2018 ayları arasında, Ağustos-Aralık 2019 ayları arasında ve Mayıs -Ağustos 2019 arasında artma eğilimi, Temmuz-Ağustos 2018, Aralık-Mayıs 2019 ve Ağustos-Ekim 2019’da ise azalma eğilimi göstermişlerdir. Buradan da yeraltı suyuna karışmış TPH aromatik kirliliğinin hidrojeolojik koşullar, yeraltı suyu akış yönü ya da bölgeye düşen aylık yağış miktarlar gibi sebeplerle inceleme alanındaki 3 kuyunun da TPH Aromatik C5-C35 parametresi açısından benzer eğilimleri göstermiş olabileceği, yani yeraltındaki kontaminasyonun su tablası üzerinde yeraltı suyu akımı boyunca yayılma eğilimi gösterdiği tespit edilmiştir.

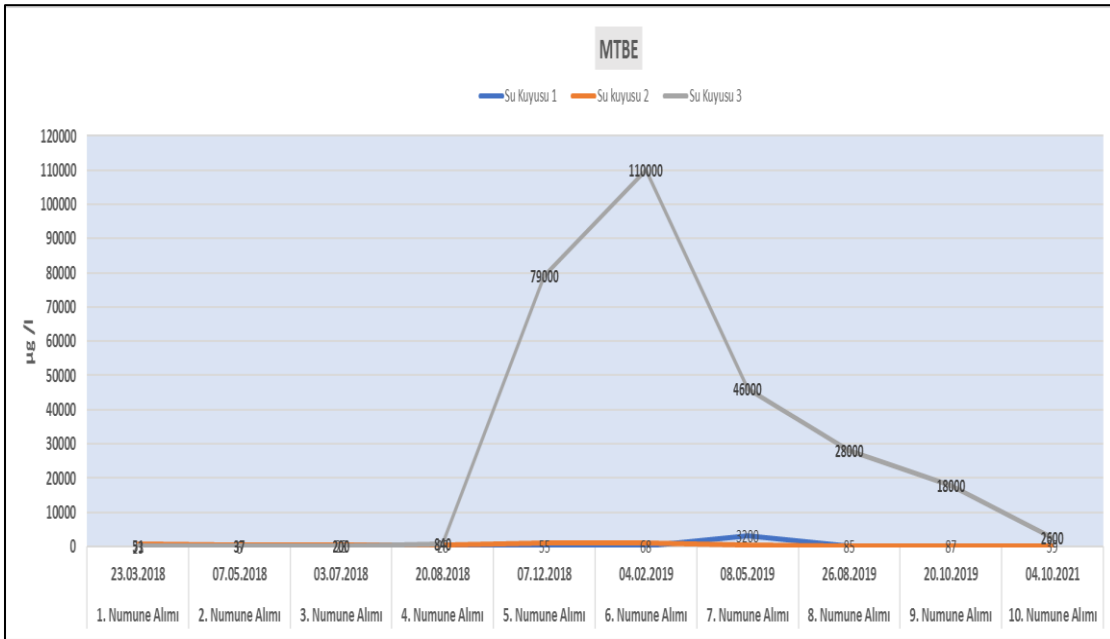


Şekil 3.5. SK1,SK2 ve SK3 su kuyularında TPH Alifatik C5-C35 değerlerinin zamansal değişimi

İnceleme alanındaki SK1,SK2 ve SK3 su kuyularından Mart 2018 ve Ekim 2019 ayları arasındaki veri setinin TPH Alifatik C5-C35 laboratuvar analiz sonuçlarının zamansal değişim grafiği Şekil 3.5.'de belirtilmiştir.

Kahraman (2019) çalışmasında petrol hidrokarbonları kirliliği olan toprakları incelemiştir ve hem toprak, hem de yeraltı suyuna karışmış petrol hidrokarbonlarının hidrojeolojik dinamikler ile petrol hidrokarbonlarının yeraltı suyunda taşınımalarının olabildiğini, kirleticinin kirleticisi kaynağından uzaklaşabildiğini ve yeraltı suyunda seyredildiğini göstermiştir, fakat bu kirleticinin kütlece azalmasını sağlamadığını belirtmiştir [67].

Benzer şekilde Şekil 3.5 incelendiğinde 1, 2 ve 3 numaralı su kuyularında da TPH alifatik petrol hidrokarbonları kirliliğinin olduğu yani LNAPL kirliliği olduğu ve en çok eğilim yükselme ve alçalma eğilimi gösteren kuyunun SK3 olduğu görülmektedir. SK3 kuyusunun en yüksek olduğu ay ise Şubat 2019'dur.

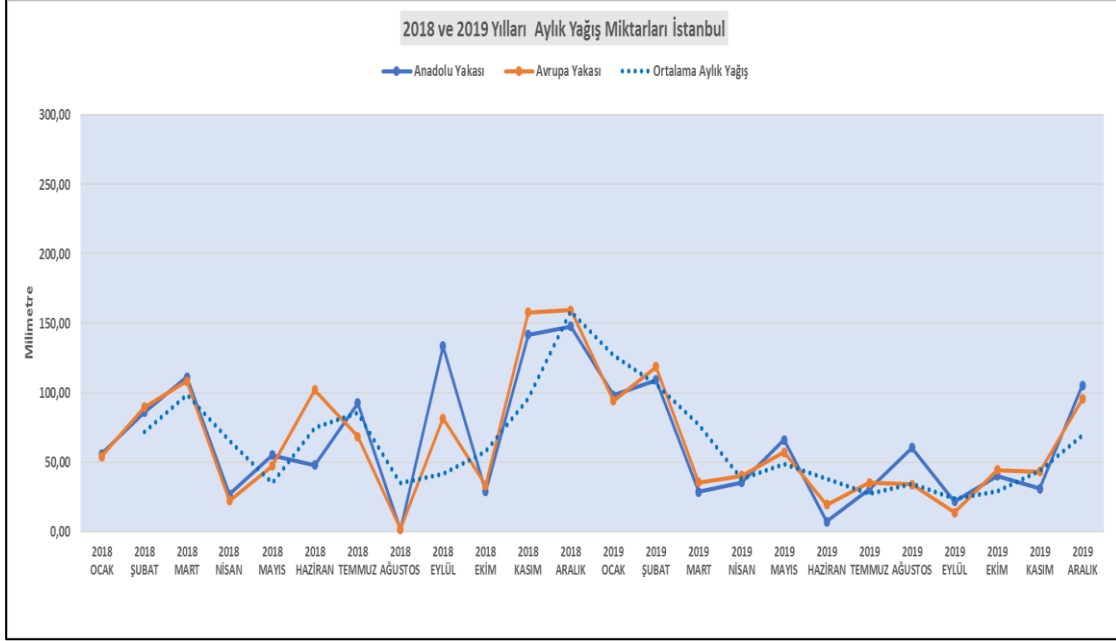


Şekil 3.6. SK1, SK2 ve SK3 su kuyularında MTBE parametresinin zamansal değişimi

İnceleme alanındaki SK1, SK2 ve SK3 su kuyularından Mart 2018 ve Ekim 2021 arasındaki veri setinin MTBE parametresinin laboratuvar sonuçlarının zamana bağlı değişim grafiği Şekil 3.6.'da belirtilmiştir. Solmaz ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada MTBE kirliliğinin yeraltı suyunda çevresel döngüdeki hareketleri incelenmiştir ve MTBE'nin çevre ve insanlar için oldukça zararlı bir kimyasal olmasının

yanında yeraltı suyunda da yayılım gösterdiği belirtilmiştir [68]. Şekil 3.6.' ya göre özellikle SK3 kuyusunda MTBE'nin Ağustos 2018 - Aralık 2018 arasında belirgin bir yükselme eğilimi sergilediği görülmektedir.

3.5.İstanbul İli 2018 ve 2019 Yılı Aylık Yağış Miktarları



Şekil 3.7. 2018 ve 2019 yıllarında İstanbul Avrupa ve Anadolu Yakasında seçilen iki istasyon için aylık toplam yağış miktarları grafiği (mm)

2018 ve 2019 yıllarında İstanbul Avrupa ve Anadolu Yakasında Seçilen İki İstasyon İçin Aylık Toplam Yağış Miktarları Grafiği Şekil 3.7.'de belirtilmiştir. Belirlenen yıllarda en yüksek yağış olan aylar kasım ve aralık aylarıdır. Aylık ortalama yağış miktarlarına göre 2018 Ağustos- Aralık ayları arasında artma eğilimi göstermiştir. Benzer şekilde Şekil 3.5. ve Şekil 3.6.'da SK3 kuyusu MTBE ve TPH Alifatik C5-C35 parametreleri 2018 Ağustos- Aralık ayları arasında artma eğilimi göstermiştir. İnceleme alanı ve çevresine düşen aylık yağış miktarı ve bölgesel hidrolojik koşullar da 2018 Ağustos-Aralık aylarında bu parametrelerin MTBE ve TPH parametrelerinin artma eğilimi göstermesinin nedenlerinden biri olduğunu göstermektedir.

3.6. İnceleme Alanı Gözlem Amaçlı Su Kuyuları Verilerine göre Yeraltı Suyu Akış Yönü Belirlenmesi

TKKNKKSDY gereğince herhangi bir inceleme alanında üçgen olarak konumlanmış en az üç (3) gözlem kuyusundan edinilecek su seviyeleri, kuyu derinliği gibi bilgiler sayısında yeraltı suyu akış yönü belirlenebilmektedir. Yeraltı suyu akış yönü tespit edilirken olası mevsimsel değişiklikler de göz önünde bulundurulmalıdır. Yeraltı suyu akış yönünün tespit edilmesine istinaden, olası kontaminasyona sebep olan kaynakların konum ve lokasyonlarına göre (örneğin yeraltında gömülü akaryakıt veya kimyasal maddeler içeren tanklar) ilave sondaj kuyuları teşkil edilmek suretiyle çalışmalar zenginleştirilerek, ilave sondaj kuyularından ve inceleme alanındaki mevcut kuyulardan yeraltı suyu örnekleri toplanır [7].

İnceleme Alanındaki Su Kuyularının Kuyu Çapı, Derinliği, Yeraltı Su Seviyeleri ve Mobil FID saha okumaları Tablo 3.9.'da gösterilmiştir.

Tablo 3.9: İnceleme alanındaki su kuyularının kuyu çapı, derinliği, yeraltı su seviyeleri ve Mobil FID saha okumaları

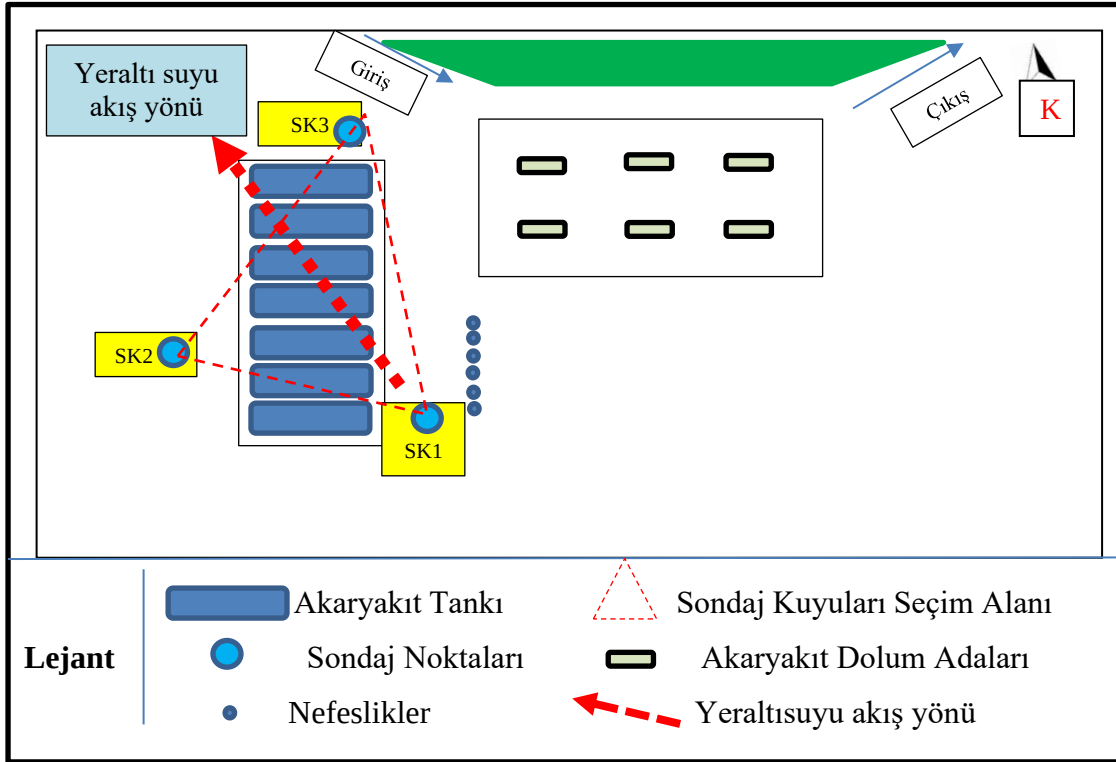
Kuyu Numarası	Ölçüm Tarihi Ay/Yıl	Kuyu Çapı (mm)	Kuyu Derinliği (m)	Yeraltı Su Seviyesi (m)	Kuyubaşı FID ölçümü (ppm)
SK1	02/19	100	12	7,6	6
SK2	02/19	100	12	8,2	13
SK3	02/19	100	12	8,7	21

Tablo3.9.'a göre inceleme alanında teşkil edilen SK1, SK2 ve SK3 kuyularının derinlikleri 12 metre olup çapları ise, gelecekte gözlem ve temizleme amaçlı da kullanılması için 100 mm seçilmiştir. Yeraltı su seviyeleri olası mevsimsel değişiklikler de göz önüne alınarak değerlendirilmiştir ve yeraltı suyunun yüzeye en derin su kuyunun SK3 kuyusu olduğu, yeraltı suyunun yüzeye en yakın olan kuyunun ise SK1 kuyusunun olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo3.9.'da ayrıca SK1, SK2 ve SK3 kuyularının kuyubaşı UOB mevcudiyetini gözlemlmek amaçlı mobil FID cihazı ile saha okuma sonuçları belirtilmiştir. FID kuyubaşı Şubat 2019 ayı sonuçlarına göre, en yüksek SK3 kuyusunda 21 ppm olarak

gözlemlenirken en düşük ise SK1 kuyusunda 6 ppm olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar kuyularda ve çevresinde UOB'lerin mevcudiyetine işaret etmektedir.

İnceleme alanında yeraltı suyu akış yönü, üçgen olarak konumlanmış olan, kuyu derinlikleri de birbirleri ile aynı seviyedeki üç (3) gözlem kuyusundan elde edilen bilgiler ışığında belirlenmiştir ve akaryakıt istasyonunun güneydoğusundan kuzey batısına doğru olduğu anlaşılmıştır ve temsili yeraltı suyu akış yönü Şekil 3.8.'de gösterilmiştir.



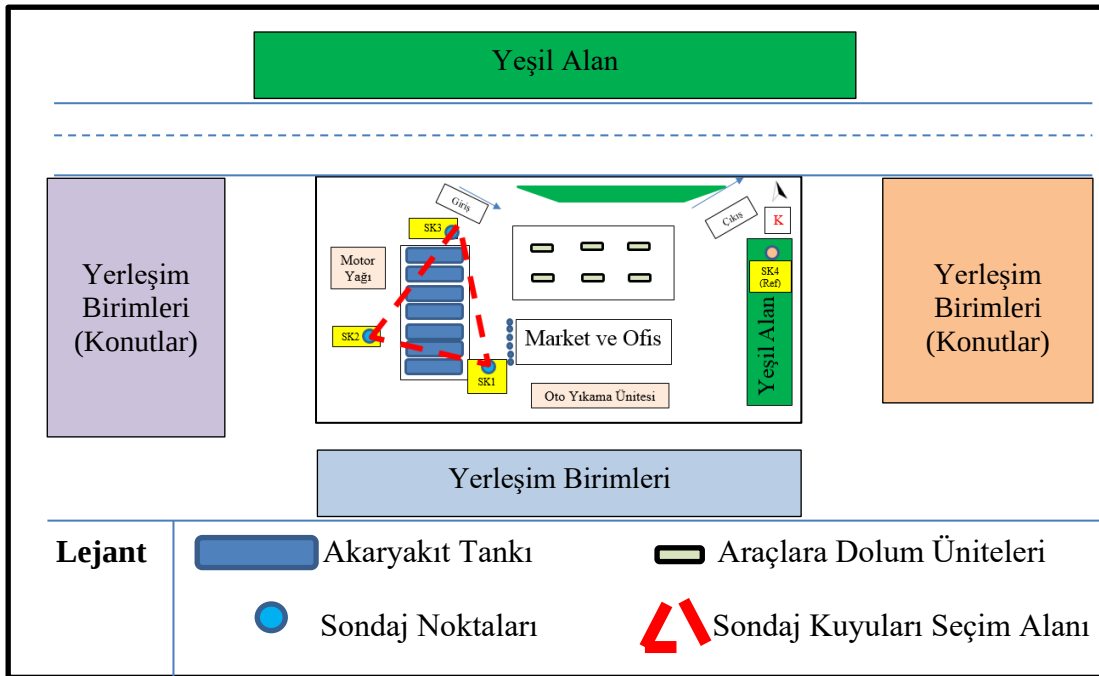
Şekil 3.8. İnceleme alanı yeraltı suyu akış yönü

Tablo 3.9.'da inceleme alanında teşkil edilen SK1, SK2 ve SK3 kuyularının yeraltı suyu seviyeleri ve istasyon tank alanı, dolum adaları, tank nefesliklerine göre lokasyonları dabelirtilmiştir.

3.7. GWSDAT Programı Vasıtasıyla Çevresel Kirlilik Yayılımının Modellenmesi

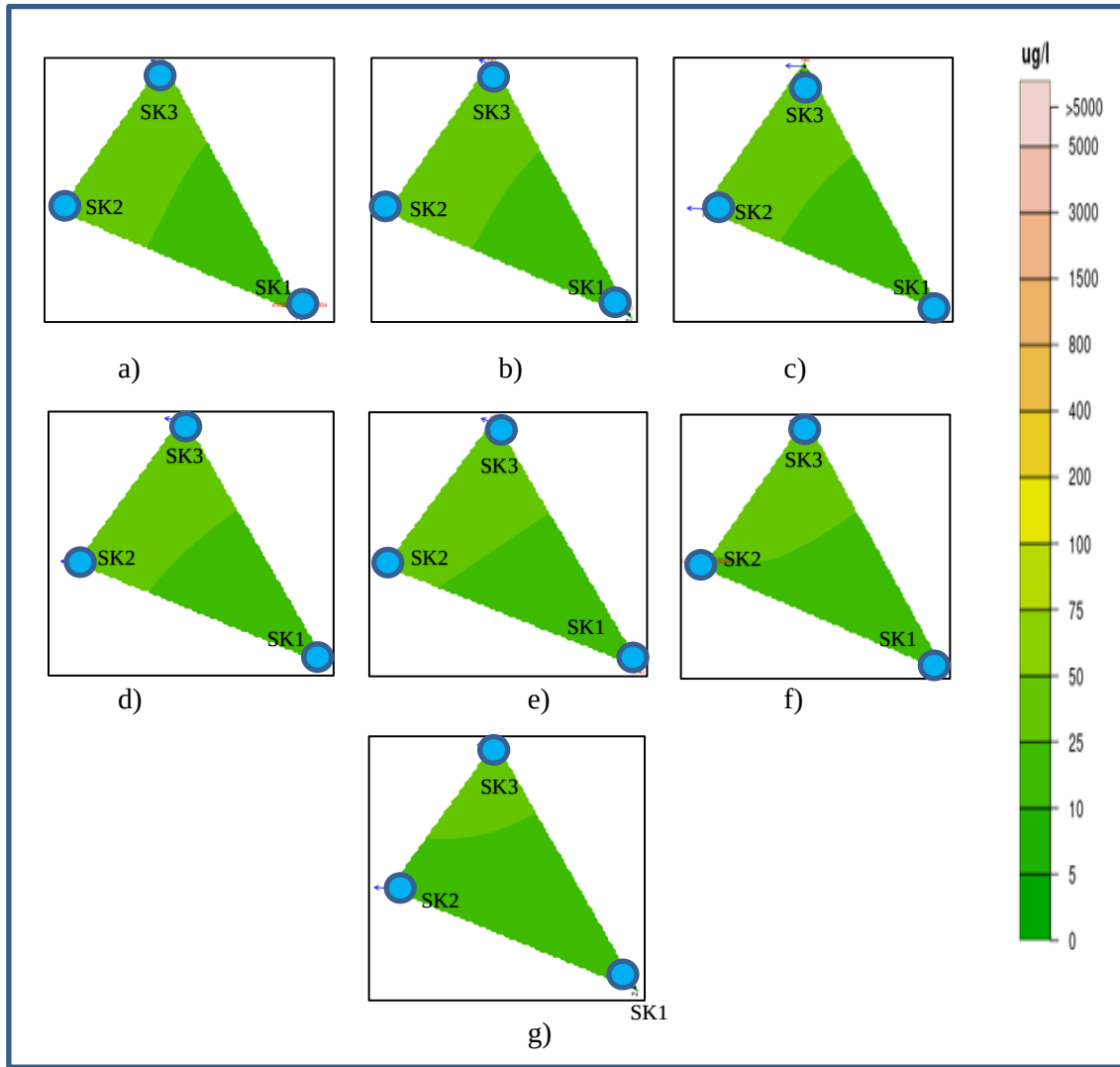
GWSDAT, yeraltı suyu izleme verilerinin görselleştirilmesi ve yorumlanması için açık kaynaklı, kullanıcı dostu bir yazılım uygulamasıdır. Aynı zamanda, zaman ve mekan içinde toplanan diğer türdeki izleme verileriyle (ör. yeraltı suyu konsantrasyonları) çalışmayı da sağlar. Wayne ve ark. (2013), makale çalışmalarında GWSDAT programı vasıtasıyla petrol türevi kirletici maddelerin yeraltı suyunda periyodik eğilimlerinin modellenenebildiğini belirtmişlerdir [69].

GWSDAT programı vasıtasıyla yeraltı suyu izleme verilerinin görselleştirilmesi ve değerlendirilmesi yapılırken inceleme alanı ve çevresindeki yapılar, hassas alanlar, korunan alanlar, bodrum katları, rekreasyon alanları gibi alanlar son derece önem arz etmektedir. Şekil 3.9.'da SK1, SK2 ve SK3 kuyularının istasyon özelinde konumu gösterilmişken aynı zamanda inceleme alanının yakın çevresinde bulunan alanlar da belirtilmiştir. Örneğin tesisin kuzeyinde yeşil alanlar ve otoyol mevcut iken, güney, batı ve doğusu ise yerleşim alanları ile çevrelenmiştir. Bu bilgiler de civarda su kuyusu bulunma ihtimalini de düşündürmektedir ancak bu konu tez çalışmasının dışında kaldığından bu ihtimal göz ardı edilmiştir.



Şekil 3.9. İnceleme alanı sondaj noktaları ve çevresi

İnceleme alanında çevresel saha çalışmaları kapsamında gözlem amaçlı teşkil edilen sondaj kuyularından alınan su numuneleri laboratuvar sonuçlarına göre değerlendirilerek GWSDAT programı vasıtasıyla kirlotici parametreleri olan BTEX, TPH ve MTBE parametrelerinin Haziran 2018-Ekim 2021 tarihleri arasında zamana bağılı yayılım eğilimleri modellenmiştir. Haziran-Eylül 2018 arasında SK1, SK2 ve SK3 kuyularındaki BTEX konsantrasyonun zamansal dağılımı grafiğı mikrogram/litre (ug/L= $\mu\text{g/L}$) Şekil 3.10.'da belirtilmiştir.

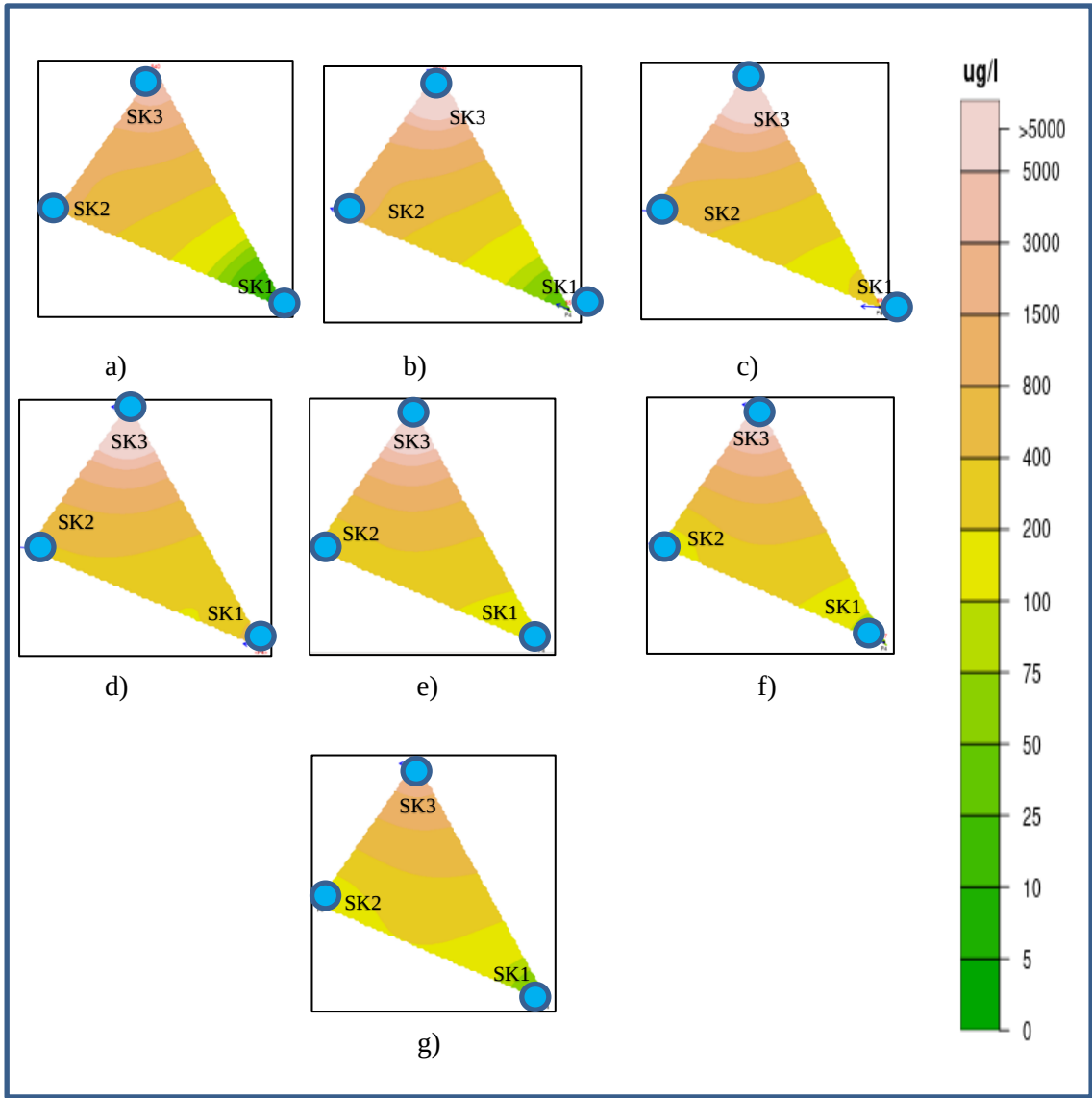


Şekil 3.10. Haziran 2018-Eylül 2021 arasında SK1, SK2 ve SK3 kuyularındaki BTEX konsantrasyonun zamansal dağılımı grafiğı (ug/l).

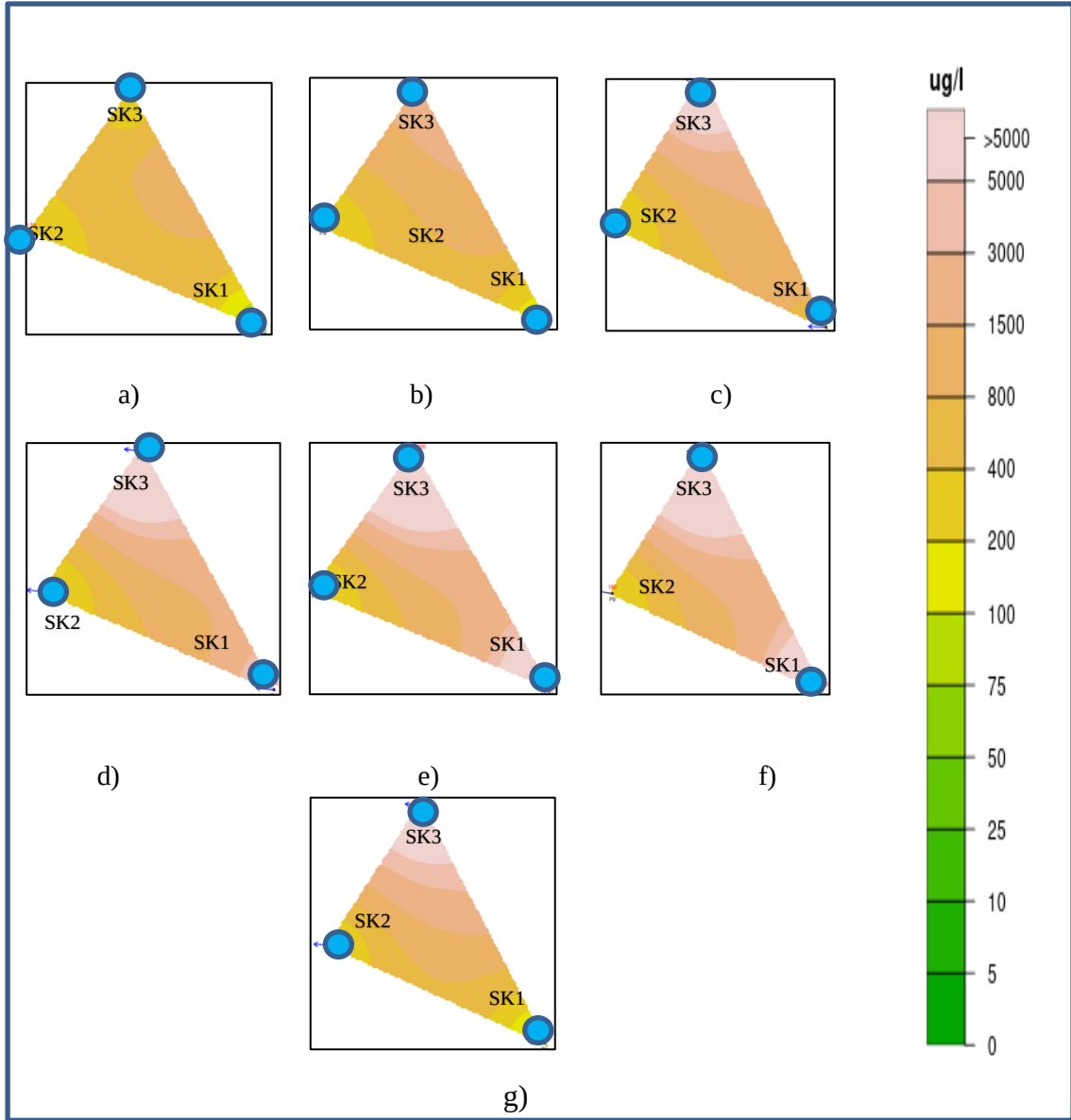
Şekil 3.10.'da SK1, SK2 ve SK3 numaralı su kuyularının Haziran 2018 ve Eylül 2021 tarihleri arasında BTEX konsantrasyonlarının GWSDAT yazılımına göre zamansal

dağılımları gösterilmektedir. Şekil 3.10.a grafiği 2018 yılı Haziran-Eylül arasındaki BTEX konsantrasyonu değişikliklerini, Şekil 3.10.b grafiği 2018 yılı Eylül-Aralık ayları arasındaki BTEX konsantrasyonu değişikliklerini, Şekil 3.10.c grafiği 2018 yılı Aralık-2019 Mart ayları arasındaki BTEX konsantrasyonu değişikliklerini, Şekil 3.10.d grafiği 2019 yılı Mart-Haziran ayları arasındaki BTEX konsantrasyonu değişikliklerini, Şekil 3.10.e grafiği 2019 yılı Haziran-Eylül ayları arasındaki BTEX konsantrasyonu değişikliklerini, 3.10.f grafiği 2019 yılı Eylül-Aralık ayları arasındaki BTEX konsantrasyonu değişikliklerini, 3.10.g grafiği ise 2021 yılı Haziran-Eylül ayları arasındaki BTEX konsantrasyonu değişikliklerini göstermektedir. Şekil 3.9'a göre BTEX parametresi diğer iki kuyuya göre en çok SK2 kuyusunda azalma gösterirken SK3 kuyusu bu parametrenin ölçüm zaman aralıkları olan 2018-2021 yılları arasında en yüksek sonuç elde edildiği kuyu olmuştur.

Şekil 3.11.'de ise SK1, SK2 ve SK3 numaralı su kuyularının Haziran 2018 ve Eylül 2021 tarihleri arasında MTBE konsantrasyonlarının GWSDAT yazılımına göre zamansal dağılımları gösterilmektedir. Şekil 3.11.a grafiği 2018 yılı Haziran-Eylül arasındaki MTBE konsantrasyonu değişikliklerini, Şekil 3.11.b grafiği 2018 yılı Eylül-Aralık ayları arasındaki MTBE konsantrasyonu değişikliklerini, Şekil 3.11.c grafiği 2018 yılı Aralık-2019 Mart ayları arasındaki MTBE konsantrasyonu değişikliklerini, Şekil 3.11.d grafiği 2019 yılı Mart-Haziran ayları arasındaki MTBE konsantrasyonu değişikliklerini, Şekil 3.10.e grafiği 2019 yılı Haziran-Eylül ayları arasındaki MTBE konsantrasyonu değişikliklerini, 3.11.f grafiği 2019 yılı Eylül-Aralık ayları arasındaki MTBE konsantrasyonu değişikliklerini, 3.11.g grafiği ise 2021 yılı Haziran-Eylül ayları arasındaki MTBE konsantrasyonu değişikliklerini göstermektedir. Şekil 3.11.'e göre MTBE parametresi, en yüksek SK3 numaralı kuyuda gözlemlenmiştir. SK1 kuyusu ise MTBE parametresinin ölçüm zaman aralıkları olan 2018-2021 yılları arasında en yüksek sonuç elde edildiği kuyu olmuştur.



Şekil 3.11. Haziran 2018-Eylül 2021 arasında SK1,SK2 ve SK3 kuyularındaki MTBE konsantrasyonunun zamansal dağılımı Grafiği (ug/L)



Şekil 3.12. Haziran 2018-Eylül 2021 arasında SK1,SK2 ve SK3 kuyularındaki TPH konsantrasyonunun zamansal dağılımı grafiği (ug/l)

Şekil 3.12.'de SK1, SK2 ve SK3 numaralı su kuyularının Haziran 2018 ve Eylül 2021 tarihleri arasında TPH konsantrasyonlarının GWSDAT yazılımına göre zamansal dağılımları gösterilmektedir. Şekil 3.12.a grafiği 2018 yılı Haziran-Eylül arasındaki TPH konsantrasyonu değişikliklerini, Şekil 3.12.b grafiği 2018 yılı Eylül-Aralık ayları arasındaki TPH konsantrasyonu değişikliklerini, Şekil 3.12.c grafiği 2018 yılı Aralık-2019 Mart ayları arasındaki TPH konsantrasyonu değişikliklerini, Şekil 3.12.d grafiği 2019 yılı Mart-Haziran ayları arasındaki TPH konsantrasyonu değişikliklerini, Şekil

3.12.e grafiği 2019 yılı Haziran-Eylöl ayları arasındaki TPH konsantrasyonu değişikliklerini, 3.12.f grafiği 2019 yılı Eylöl-Aralık ayları arasındaki TPH konsantrasyonu değişikliklerini, 3.12.g grafiği ise 2021 yılı Haziran-Eylöl ayları arasındaki TPH konsantrasyonu değişikliklerini göstermektedir. şekil 3.12.'e göre TPH parametresinin en yüksek göröldüğu kuyu SK3 numaralı kuyudur. SK1 kuyusu ise TPH parametresinin ölçüm zaman aralıkları olan 2018-2021 yılları arasında en düşük sonuç elde edildiği kuyu olmuştur.

3.8. RISC Bilgisayar Programı Vasıtasıyla Sahaya Özgü Risk Değerlendirmesi

3.8.1. İnceleme alanı kirletici konsantrasyonlarının değerlendirilmesi

İnceleme alanında toprak ve yeraltı suyu açısından kirlilik şüphesi ile risk sahaya özgü risk değerlendirmesi (SÖRD) yapabilmek için öncelikle olası tehlikeli kirleticilerin belirlenmesi gereklidir. Tesis sahasındaki kirliliğin türünün, kirlettiği ortamın, yeraltında veya yerüstünde muhtemel kirlilik davranışlarının, yayılımlarının belirlenebilmesi için ise sahada toprak, yeraltı suyu örnekleme çalışmaları yapılır. Saha örnekleme yordamıyla tesis sahasındaki eğer varsa yüzey toprağından, sondaj vasıtasıyla yeraltı altı toprağından ve kuyu teşkili ile de yeraltı suyundan veriler toplanır. Tesisten elde edilen veriler kavramsal saha modelinde (KSM) belirlenen hedef kirleticiler için analize tabi tutulur. Bu sayede ilgili kirletici konsantrasyonları belirlenir. Kavramsal saha modeli oluşturulmak suretiyle tespit edilen ve saha örnekleme ile belirlenen tüm eksik bilgiler bu safhada elde edilmeye çalışılır. Elde edilen veriler ışığında eksiksiz taşıyım yolları belirlenir. İnceleme alanı için saha örnekleme sonrasında belirlenen eksiksiz taşıyım yolları Tablo 3.10.'da gösterilmiştir.

Tablo 3.10. İnceleme alanı için tespit edilen eksiksiz hareket yolları listesi

Kaynağın Kirlettiği Çevresel Ortam	Maruz Kalınan Çevresel Ortam	Maruziyet Noktası	Hedef Kirleticiler	Alıcı
Yüzey Altı Toprağı	Yeraltı Suyu	1)Topraktan Yeraltı Suyuna Taşınma ve Yeraltı Suyu ile Deri Teması 2)Topraktan Yeraltı Suyuna Taşınma ve Yeraltı Suyu Yutma	BTEX, TPH ve MTBE	Saha Çalışanları ve ziyaretçiler, Civardaki insanlar

TKKNKKSDY’de belirtildiği üzere hedef kirleticiler, kanser ve kanser dışı sağlık riskleri olarak alıcılarda sağlık etkisi oluşturabilirler: KSM’nin güncellenerek mevcut veriler ışığında kirliliğin tüm hareket yolları teşhis edilmesi sonrasında eksiksiz taşınım yolları belirlenir. Böylece; kirliliğin ve kirleticilerin alıcı ortamlara ve maruz bırakacakları ortamlara olan etkileri araştırılarak maruziyet yolları teşhis edilir (örneğin kirleticilerin yutulması, kirliliğin solunması veya deri teması gibi maruziyet yolları bulunmaktadır). Kirleticilerin alıcılar üzerinde oluşturacağı kanser ve kanser dışı sağlık risklerinin hesaplanmasında RISC gibi bilgisayar programları kullanılabilir [7].

RISC modeli, 1990’lı yıllardan beri kirleticilerden kaynaklanan ve kanser, kanser dışı risklerin alıcılar üzerindeki etkililerini hesaplamak amaçlı kullanılan bir bilgisayar modelidir. 1990’lı yılların ortalarında uluslararası bir akaryakıt firması olan BP firması, ABD’de ve İngiltere’de özellikle operasyonlarını yürüttüğü akaryakıt depolama terminalleri ve akaryakıt istasyonlarının toprak ve yeraltı suyu için risk değerlendirmesi yapılması için bilgisayar modellerini de kullanarak standart geliştirme metodunu tercih etmiştir ve bu sayede RISC programı/modeli BP tarafından geliştirilmiştir ve halen günümüzde kullanılmaktadır [70]. RISC modelinin 2011 yılından itibaren 5. versiyonu olan RISC5 modeli kullanılmaktadır.

RISC5 modeli, hedef kirleticisi saha konsantrasyonlarının analiz sonucu elde edilen değerlerinin kanser ve kanser dışı risklerinin hesaplamalarının yapılmasına olanak sağlanmaktadır [71].

Tuğrul (2019), yapmış olduğu yüksek lisans çalışmasında üç adet kirlenmiş sahada hem organik hem de inorganik kirliliklerin maruziyet yollarını belirleyerek çeşitli alıcılar üzerinde bazı kirlilik gösterge parametrelerini de içerir şekilde (örneğin MTBE parametresi) RISC modelini kullanmıştır, bu sayede kanser ve kanser dışı sağlık risklerini hesaplamıştır [70]. Çiftçi (2020) çalışmasında inorganik kirlilik gösterge parametrelerinin Cd, Pb, Zn ile kontamine olmuş toprakların sağlık riski hesaplamalarını RISC modeli vasıtasıyla yapmıştır [53].

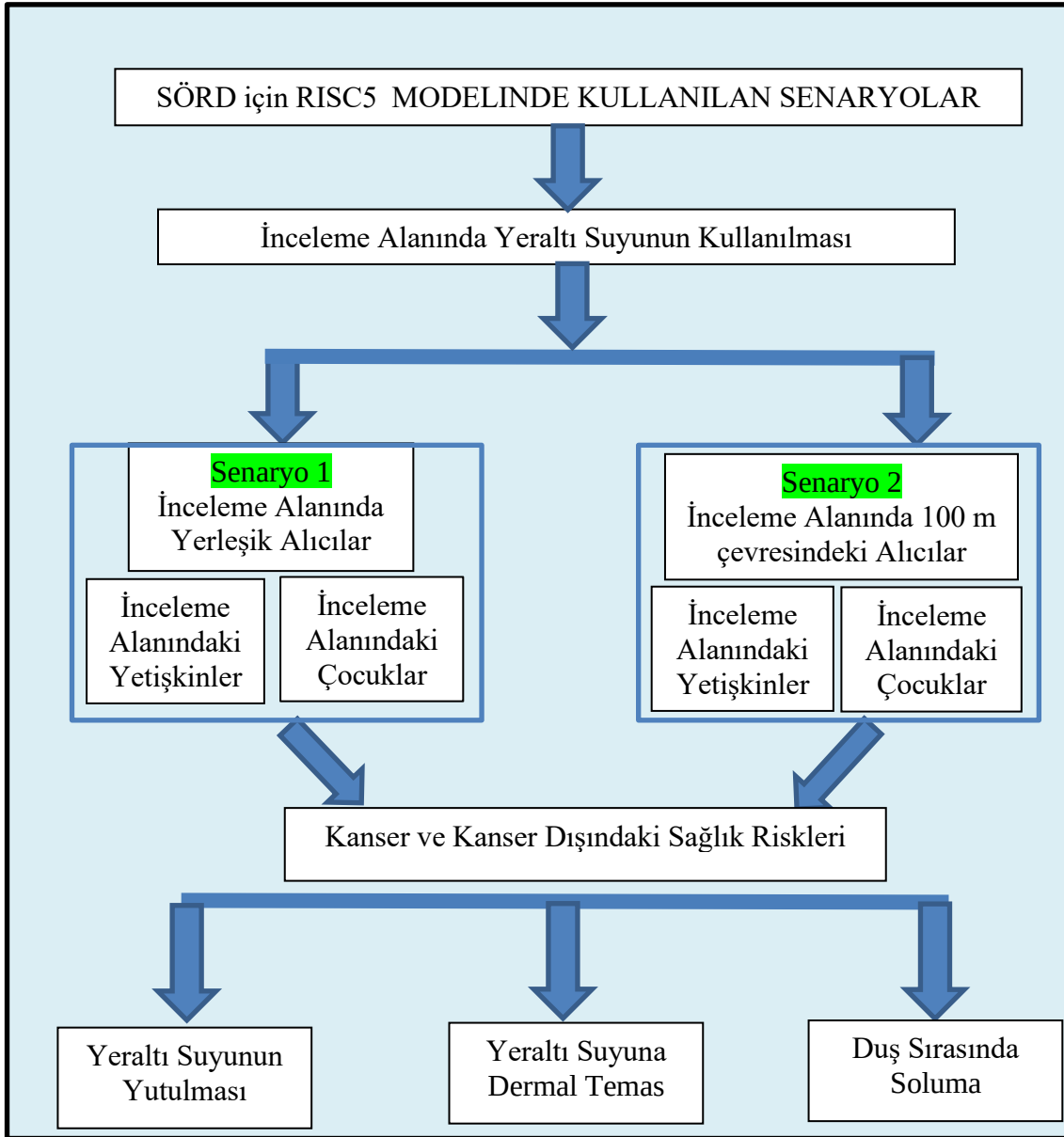
Kirlenmiş bir sahada taşınım yolları için belirlenen JKSD'lerin kanser ve kanser dışı risklerinin mevcudiyetini görmek için sahaya özgü risk değerlendirme çalışmaları yapılmalıdır [7].

İnceleme alanında kanser ve kanser dışı sağlık risklerinin mevcut durumunu görmek amaçlı 1, 2 ve 3 numaralı su kuyulardaki yeraltı suyu numunelerinin veri setlerindeki en yüksek ölçüm değerleri (ÖDmax) insan ve çevre sağlığı açısından en kirlетici değer olarak kabul edilmiş ve sahaya özgü sağlık risk değerlendirmesi RISC5 modeli vasıtasıyla yapılmıştır. Veri setlerindeki en yüksek ölçüm konsantrasyonları olan ÖDmax değerleri Tablo 3.11.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.11. İnceleme alanı ÖDmax parametreleri ve değerleri

Parametre	ÖD Max Değeri (mg/l)	Ölçüm Noktası ve Tarihi
MTBE	110	3 Numaralı Kuyu (Aralık 2018)
Benzen	0,180	2 Numaralı Kuyu (Temmuz 2018)
Toluen	0,280	3 Numaralı Kuyu (Şubat 2019)
Etilbenzen	0,019	3 Numaralı Kuyu (Ağustos 2019)
m-Ksilen	0,015	3 Numaralı Kuyu (Şubat 2019)
o-Ksilen	0,170	3 Numaralı Kuyu (Ağustos 2019)

İnceleme alanı için taşınım yolları değerlendirildiğinde topraktan yeraltı suyuna sızma ve yeraltı suyunun da deri yolu ile teması olduğu görülmektedir. Akaryakıt istasyonunda kuyu suyu bulunmamaktadır ancak personel için duş alma üniteleri mevcuttur. SÖRD varsayımı olarak 1, 2 ve 3 numaralardaki ÖDmax değerleri dikkate alınarak kanser ve kanser dışı sağlık risklerini RISC5 modeli vasıtasıyla hesaplamak için yerleşik çalışan personelin vardiya değişimi esnasında yeraltı suyunu kullandığı ve “yeraltı suyunun yutulması”, “yeraltı suyuna dermal temas” ve “duşta soluma” ile ilgili kanser ve kanser dışı riskler hesaplanmıştır ve şematik gösterimi de Şekil 3.13.'de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. İnceleme alanında yeraltı suyu kullanımına ilişkin kanser ve kanser dışı sağlık riskleri senaryosu

İnceleme alanında kanser ve kanser dışı sağlık risklerinin mevcut durumunu görmek amaçlı 1, 2 ve 3 numaralı su kuyulardaki yeraltı suyu numunelerinin veri setlerindeki en yüksek ölçüm değerleri (ÖDmax) insan ve çevre sağlığı açısından en kirletici değer olarak kabul edilmiş ve sahaya özgü sağlık risk değerlendirmesi RISC5 modeli vasıtasıyla yapılmıştır.

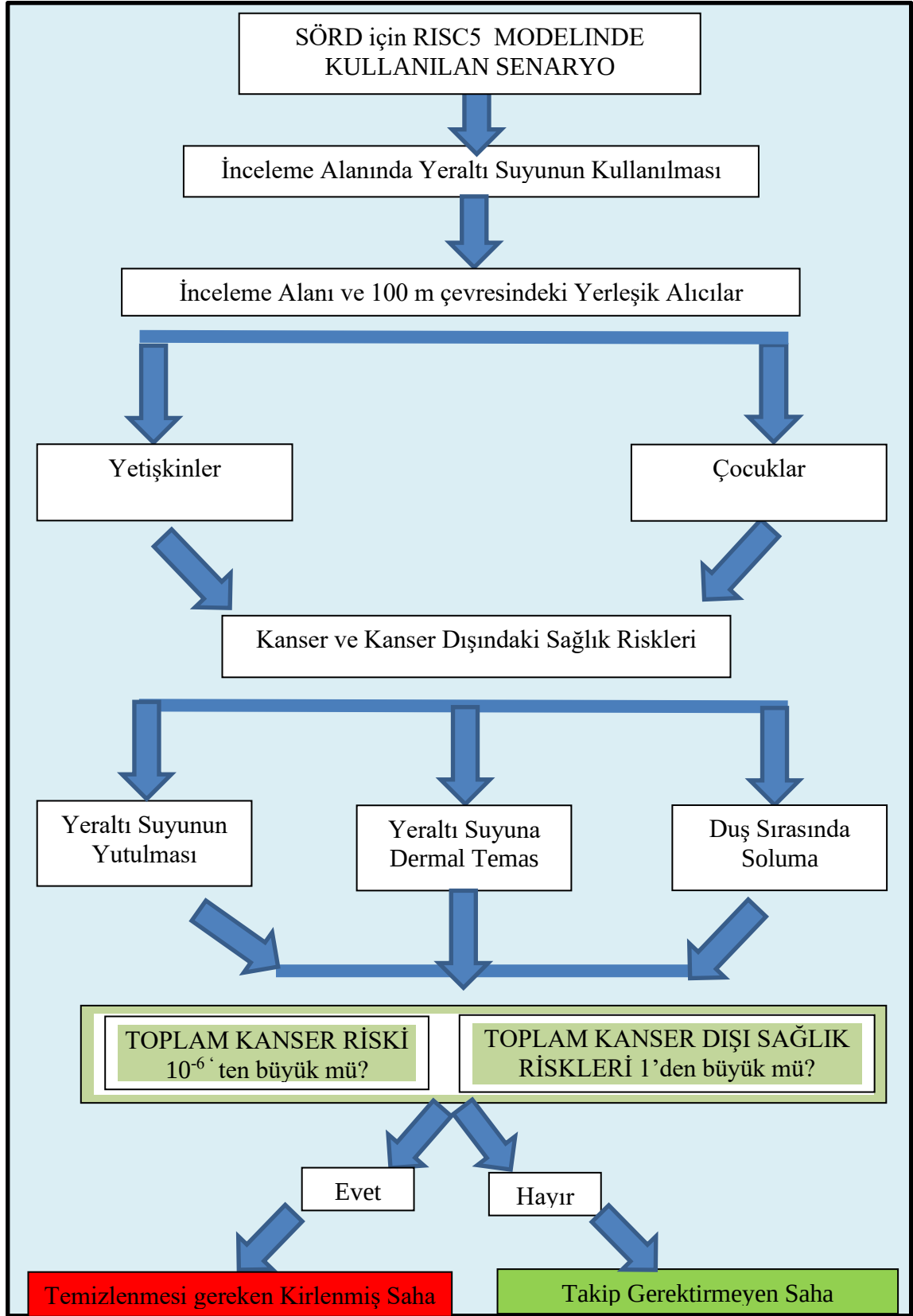
TKKNKKSDY gereğince SÖRD için arazinin mevcut ve gelecekteki kullanımları da göz önüne alınarak kanser risklerinin ve tehlike indeksinin hesaplanması için varsayımlar

dahilinde iki farklı senaryo oluşturulmuştur. İnceleme alanında bulunan kirleticiler senaryo gereği yeraltı suyunun hem yetişkin personel hem de ziyaretçi personellerin çocukları tarafından akaryakıt istasyonundaki duş ünitelerinde kullanımı olması halinde yetişkin ve çocuklara tüm hedef tespit edilen kontaminasyon kaynağı kirleticiler için kanser ve kanser dışı sağlık riskleri hedef kirletici bazında belirlenmiştir.

Kirlenmiş saha yönetim sistemi teknik dökümanı (KSYSTD)’e göre, inceleme alanlarında yerleşik bulunan alıcıların (yetişkin ve çocuklar) tüm kirleticilerin sağlık etkilerinin hesaplanıp toplanması suretiyle kanser ve kanser dışı risklerinin hesaplanması yapılmalıdır [7].

TKKNKKSDY gereğince Toplam Kanser Dışı Sağlık Riskleri, bütün hedef kirleticiler ve tüm maruziyet yolları için hesaplanarak Kirlenmiş Saha Risk Değerlendirme Rehberi(KSRDR)’ne gereği de özetlenmelidir. İnceleme alanının TKKNKKSDY açısından değerlendirilmesi, kirleticilerden kaynaklı kanser riskinin 10^{-5} ‘den yüksek olması veya toplam kanser dışı risklerin, yani tehlike indeksinin de bir (1)’den yüksek olup olmamasına göre değerlendirilecektir. Bütün maruziyet yolları ve hedef kirleticiler için hesaplanan Toplam Kanser riski 10^{-5} ‘den küçük olması halinde, toplam kanser dışı riskler de bir (1)’den küçük olursa, bu durumda inceleme sahası “Takip Gerektirmeyen Saha” olarak sınıflandırılacaktır. Toplam Kanser riski 10^{-5} ‘den büyük olursa ve toplam kanser dışı riskleri de bir (1)’den daha yüksek olursa bu durumda da, “Temizleme Gereklidir” kararı verilecektir [7].

İyileştirilme yapılması zorunlu alanlar için temizlenmesi gereken çevresel ortamlar teşhis edilmeli, ilgili hedef kirleticiler özelinde temizleme hedefleri tespit edilmelidir. Hedef kirleticiye özel temizleme hedefi; iyileştirme yapılacak çevre ortamında ulaşılmak istenen kirletici konsantrasyonudur. Hedef kirletici özelinde iyileştirme hedefinin tespit edilmesi için Sahaya Özgü Jenerik Risk Değerlendirmesi esnasında yapılan hesapların yapılması gereklidir. Özetle; bir kimyasalın temizlenmesi için gerekli konsantrasyon, ilgili çevresel ortamdan kaynaklı tüm hareket yolların oluşturacağı kanser riskinin TKKNKKSDY gereğince 10^{-6} dan aşağı bir konsantrasyona veya kanser dışı risklerin de 1’in altında olması gereken konsantrasyona düşürülmesi için yapılması gerekenler tespit edilmelidir [7].



Şekil 3.14. Sahaya Özgü Risk Değerlendirmesi Akım Şeması [27].

İnceleme alanındaki her bir kimyasal için RISC5 modeli aracılığı ile hedeflenen kanser riski seviyesi ve toplam tehlike indeksi hesaplamaları yapılmalıdır. Hedef kanser riski seviyesi ve toplam kanser dışı sağlık riskleri de sırası ile 10^{-6} ve 1 değerleri ile karşılaştırılır. Böylece mevcut ve gelecekteki inceleme alanının kullanım amaçları doğrultusunda kontamine olma potansiyeli olan saha teşhis edildikten sonra reseptörlerin kontaminasyon kaynaklarına temas ettiği veya edeceği çevresel ortamların teşhis edilmesi, saha ve çevresinin bugünkü ve gelecekteki olası kullanım hedefleri, alıcıların arazi ve çevresindeki lokasyonları değerlendirilerek belirlenir.

Şekil 3.13. ve Şekil 3.14.'de görüldüğü üzere inceleme alanında duyarlı alıcı sınıfları olarak yetişkin ve çocuklar belirlenmiştir. Maruziyetin gerçekleşeceği çevresel ortam olarak yeraltı suyu belirlenmiş ve kirleticilerin maruziyet yolları ise kirleticilerin yutulması, kontaminasyon kaynağı olan kirleticilerin solunması, yada kirleticilerin deri teması ile reseptörün vücuduna taşınacağı varsayılmıştır [7].

HKSK'lar kullanılarak SÖRD yapılmalıdır. İnceleme alanında sahaya özgü yapılacak risk değerlendirmesi için çok sayıda varsayım ve veri girdisi gereklidir. Bunlardan bazıları maruziyet sıklığı, vücutta solunma oranı, vücut ağırlığı, maruziyet zamanı, vücut yüzey alanı olarak sayılabilir. İlgili kontaminasyon konsantrasyonlarının, reseptörle ilgili bilgilerin elde edilmesi hususunda, özellikle saha karakterizasyonu ve iyileştirme maliyetleri gibi parametrelerinde modellenmesi varsayımları için EPA'dan da faydalanılabilir [7].

SÖRD aşamasında, SÖRD yapılırken bilgisayar modeli kullanılabilir veya el yordamıyla TKKNKSDY teknik rehberlerindeki formüller kullanılabilir. Analitik denklemlerin tüm değişkenleri ile yapılan hesaplamalar ters yönde çözülmek suretiyle hesaplar gerçekleştirilir. Bilgisayar programları ile hesaplama yapılırken bazı veriler, varsayımlar, kabuller önceden programa yüklenmiştir ve kullanılan denklemlere ulaşım söz konusu değildir, ancak HKSK'lar ve programların talep ettiği veriler programa işlenmek suretiyle program karşılaştırılır ve hesaplamalar yapılır [7]. RISC5 modelinde de denklemlere kullanıcıların ulaşması mümkün olmadığından modelin, yetişkin ve çocuklar için vücut ağırlığı, maruziyet süresi, yutma oranı, toplam cilt alanı, yeraltı suyuna maruz kalma süresi gibi kabuller otomatik olarak belirlenmiştir, aşağıda tablolarda gösterilmektedir.

Özetlenecek olursa; tespit edilerek belirlenen risk senaryosu (yeraltı suyunun kullanımı) dahilinde kanser ve kanser dışındaki sağlık riskleri hesaplanırken aşağıdaki varsayımlar RISC5 Modelinde kullanılmıştır.

SÖRD aşamasında kanser riskleri ve tehlike indeksi değerlerinin hesaplanması için kabul edilen gerekli Parametreler RISC5 modelinden alınmış olup Tablo 3.12., Tablo3.13. Tablo 3.14.'de detaylıca gösterilmiştir.

Tablo 3.12. Yeraltı suyu maruziyet yolu yetişkin ve çocuk alıcılar için parametreler

Maruziyet Yolu	Birim	Yetişkin	Çocuk
Vücut Ağırlığı	Kg	71,8	19
Kanserojen Ortalanma Zamanı	Yıl	70	70
Maruziyet Süresi	Yıl	9	6

Tablo 3.13. Yeraltı suyu yutulması yetişkin ve çocuk alıcılar için parametreler

Yeraltı Suyu Yutulması	Birim	Yetişkin	Çocuk
Yeraltı Suyuna Maruziyet Sıklığı	Olay/yıl	350	350
Yutma Oranı	l/gün	1,4	0,87

Tablo 3.14. Yeraltı suyu ile deri teması yetişkin ve çocuk alıcılar için parametreler

Yeraltı Suyu ile Deri Teması	Birim	Yetişkin	Çocuk
Yeraltı Suyuna Maruz Kalma Sıklığı	Olay/yıl	350	350
Toplam Cilt Yüzey Alanı	Cm ²	1.9E+4	7.00E+3
Yeraltı Suyuna Maruz Kalma Süresi	Saat/gün	0.25	0.33

SÖRD aşamasında kanser riskleri ve tehlike indeksi RISC5 modeli sonuçları ise Tablo 3.15., Tablo3.16., Tablo 3.17., Tablo 3.28.'de detaylıca gösterilmiştir. Tablo 3.19.'da ise RISC5 modeli sonuçları özet olarak TKKNKKSDY gereğince açıklanmıştır. Ayrıca RISC5 modeli çıktıları da EK5'te sunulmuştur.

Tablo 3.15. İnceleme Alanı yerleşik alıcı yetişkin direk temas senaryosu için RISC5 Modeli sonuçları

Kaynağın Kirlettiği Çevresel Ortam	Maruz Kalınan Çevresel Ortam	Maruzi yet Noktası	Hedef Kirleticiler	Kanser Riski				Kanser Dışı Sağlık Riski			
				Yeraltı Suyunun Yutulması	Yeraltı Suyuna Dermal Temas	Duş Sırasında Soluma	Maruziyet Yolları Toplamı	Yeraltı Suyunun Yutulması	Yeraltı Suyuna Dermal Temas	Duş Sırasında Soluma	Maruziyet Yolları Toplamı
Yüzey Altı Toprağı	Yeraltı Suyu	Yeraltı Suyu	Benzen	6,0E-06	4,3E-07	3,6E-06	1,0E-05	2,1E-01	1,5E-02	1,2E-01	3,5E-01
			Toluen	ND	ND	ND	ND	8,2E-01	1,3E-01	5,3E-02	1,0E+00
			Etilbenzen	4,7E-06	1,2E-06	4,1E-06	1,0E-05	3,3E-02	8,5E-03	1,3E-02	5,4E-02
			m-Ksilen	ND	ND	ND	ND	1,1E-01	3,1E-02	8,6E-01	1,0E+00
			o-Ksilen	ND	ND	ND	ND	1,1E-01	3,1E-02	8,6E-01	1,0E+00
			MTBE	6,8E-06	7,2E-08	3,2E-06	1,0E-05	ND	ND	3,1E-02	3,1E-02
Herbir kirleticiden kaynaklanan Toplam Kanser Riskleri							3,0E-05				
Herbir kirleticiden kaynaklanan Toplam Kanser Dışı Sağlık Riskleri (Toplam Tehlike İndeksi)											1,5E+01

ND: tespit edilemedi

Tablo 3.15. incelendiğinde İnceleme alanı için toplam kanser riski 3,0E-05 iken kanser dışı risk 1,5E+01 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.16. İnceleme Alanı yerleşik alıcı çocuk Direkt Temas senaryosu için RISC5 Modeli sonuçları

Kaynağın Kirlettiği Çevresel Ortam	Maruz Kalınan Çevresel Ortam	Maruzi yet Noktası	Hedef Kirleticiler	Kanser Riski				Kanser Dışı Sağlık Riski			
				Yeraltı Suyunun Yutulması	Yeraltı Suyuna Dermal Teması	Duş Sırasında Soluma	Maruziyet Yolları Toplamı	Yeraltı Suyunun Yutulması	Yeraltı Suyuna Dermal Teması	Duş Sırasında Soluma	Maruziyet Yolları Toplamı
Yüzey Altı Toprağı	Yeraltı Suyu	Yeraltı Suyu	Benzen	9,3E-06	5,2E-07	8,9E-06	1,9E-05	4,9E-01	2,8E-02	4,4E-01	9,7E-01
			Toluen	ND	ND	ND	ND	1,9E+00	2,3E-01	2,0E-01	2,4E+00
			Etilbenzen	7,3E-06	1,4E-06	1,0E-05	1,9E-05	7,8E-02	1,5E-02	4,7E-02	1,4E-01
			m-Ksilen	ND	ND	ND	ND	2,6E-01	5,6E-02	3,2E+00	3,5E+00
			o-Ksilen	ND	ND	ND	ND	2,6E-01	5,6E-02	3,2E+00	3,5E+00
			MTBE	1,1E-05	8,6E-08	7,8E-06	1,8E-05	ND	ND	1,2E-01	1,2E-01
Herbir kirleticiden kaynaklanan Toplam Kanser Riskleri							5,6E-05				
Herbir kirleticiden kaynaklanan Toplam Kanser Dışı Sağlık Riskleri (Toplam Tehlike İndeksi)											3,9E+01

ND: tespit edilemedi

Tablo 3.16. incelendiğinde İnceleme alanı için toplam kanser riski 5,0E-05 iken kanser dışı risk 3,9E+01 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.17. İnceleme Alanı yerleşik Alıcı yetişkin 100 m Taşınım Senaryosu için RISC5 Modeli sonuçları

Kaynağın Kirlettiği Çevresel Ortam	Maruz Kalınan Çevresel Ortam	Maruzi yet Noktası	Hedef Kirletic iler	Kanser Riski				Kanser Dışı Sağlık Riski			
				Yeraltı Suyunun Yutulma sı	Yeraltı Suyuna Dermal Temas	Duş Sırasında Soluma	Maruziyet Yolları Toplamı	Yeraltı Suyunun Yutulması	Yeraltı Suyuna Dermal Temas	Duş Sırasında Soluma	Maruziyet Yolları Toplamı
Yüzey Altı Toprağı	Yeraltı Suyu	Yeraltı Suyu	Benzen	6,0E-06	4,3E-07	3,6E-06	1,0E-05	2,1E-01	1,5E-02	1,2E-01	3,5E-01
			Toluen	ND	ND	ND	ND	8,2E-01	1,3E-01	5,3E-02	1,0E+00
			Etilbenzen	4,7E-06	1,2E-06	4,1E-06	1,0E-05	3,3E-02	8,5E-03	1,3E-02	5,4E-02
			m-Ksilen	ND	ND	ND	ND	1,1E-01	3,1E-02	8,6E-01	1,0E+00
			o-Ksilen	ND	ND	ND	ND	1,1E-01	3,1E-02	8,6E-01	1,0E+00
			MTBE	6,8E-06	7,2E-08	3,2E-06	1,0E-05	ND	ND	3,1E-02	3,1E-02
Herbir kirleticiden kaynaklanan Toplam Kanser Riskleri				3,2E-06							
Herbir kirleticiden kaynaklanan Toplam Kanser Dışı Sağlık Riskleri (Toplam Tehlike İndeksi)				9,7E-02							
ND: tespit edilemedi											

Tablo 3.17. incelendiğinde İnceleme alanı için toplam kanser riski 3,2E-06 iken kanser dışı risk 9,7E-02 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3.18. İnceleme Alanı yerleşik alıcı çocuk 100m taşınım senaryosu için RISC5 Modeli sonuçları

Kaynağın Kirlettiği Çevresel Ortam	Maruz Kalınan Çevresel Ortam	Maruzi yet Noktası	Hedef Kirletic iler	Kanser Riski				Kanser Dışı Sağlık Riski			
				Yeraltı Suyunun Yutulması	Yeraltı Suyuna Dermal Temas	Duş Sırasında Soluma	Maruziyet Yolları Toplamı	Yeraltı Suyunun Yutulması	Yeraltı Suyuna Dermal Temas	Duş Sırasında Soluma	Maruziyet Yolları Toplamı
Yüzey Altı Toprağı	Yeraltı Suyu	Yeraltı Suyu	Benzen	6,0E-06	4,3E-07	3,6E-06	1,0E-05	2,1E-01	1,5E-02	1,2E-01	3,5E-01
			Toluen	ND	ND	ND	ND	8,2E-01	1,3E-01	5,3E-02	1,0E+00
			Etilbenzen	4,7E-06	1,2E-06	4,1E-06	1,0E-05	3,3E-02	8,5E-03	1,3E-02	5,4E-02
			m-Ksilen	ND	ND	ND	ND	1,1E-01	3,1E-02	8,6E-01	1,0E+00
			o-Ksilen	ND	ND	ND	ND	1,1E-01	3,1E-02	8,6E-01	1,0E+00
			MTBE	6,8E-06	7,2E-08	3,2E-06	1,0E-05	ND	ND	3,1E-02	3,1E-02
Herbir kirleticiden kaynaklanan Toplam Kanser Riskleri							6,9E-06				
Herbir kirleticiden kaynaklanan Toplam Kanser Dışı Sağlık Riskleri (Toplam Tehlike İndeksi)											2,9E-01

ND: tespit edilemedi

Tablo 3.18. incelendiğinde İnceleme alanı için toplam kanser riski 6,0E-06 iken kanser dışı risk 2,9E-01 olarak belirlenmiştir.

İnceleme alanından edinilen sahaya özgü jenerik veriler ışığında, KSRDTR'deki JKSD'ler değerlendirilerek RISC modeli “yeraltı suyunun direk teması” ve “yeraltı suyunun 100m taşınımı” olmak üzere iki farklı senaryo varsayılarak çalıştırılmış ve program çıktıları özet niteliğinde Tablo 3.21.'de gösterilmiştir. Alıcılar olarak ise yetişkin ve çocuklar seçilmiştir. Buna göre RISC5 modeli sonuçları aşağıdaki gibidir;

Tablo 3.19. RISC modeli sonuçları özet tablo

Kirletici	Birim (mg/L)	Alıcılar	Direk Temas		100 m Taşınım	
			Toplam Kanser Riski	Toplam Tehlike İndeksi	Toplam Kanser Riski	Toplam Tehlike İndeksi
Benzen	0,180	Yetişkin	3,0E-05	1,5E+01	3,2E-06	9,7E-02
Toluen	0,280					
Etil benzen	0,019	Çocuk	5,6E-05	3,9E+01	6,9E-06	2,9E-01
M Ksilern	0,015					
O Ksilen	0,170					
MTBE	110					

Tablo 3.21.'de toplam kanser riski sonuçlarına göre yeraltı suyunun alıcılarla hem direk teması, hem de kirleticilerin 100 m taşınımı halinde TKKNKKSDY toplam kanser riski sınır değerinin (10^{-6}) üstünde olduğu saptanmıştır. Burada alıcılar, yetişkin ve çocuklar olarak varsayılmıştır. İnceleme alanındaki yetişkinler alıcılar için yeraltı suyunun direk teması toplam kanser riski $3,0E-05$ iken çocuklar için de $5,6E-05$ değerine ulaşılmıştır. İnceleme alanındaki yetişkinler alıcılar için yeraltı suyunun 100m taşınımı senaryosunda ise toplam kanser riski $3,2E-06$ iken çocuklar için de $6,9E-06$ değerine ulaşılmıştır.

Tablo 3.21.'e göre RISC5 modeli toplam kanser dışı sağlık riski sonuçlarına göre yeraltı suyunun alıcılarla direk teması halinde TKKNKKSDY toplam kanser dışı sağlık riski sınır değerinin (1)'in üstünde olduğu görülürken, yeraltı suyunun 100 m taşınımı halindeki toplam kanser dışı sağlık riski ise TKKNKKSDY toplam kanser dışı sağlık riski sınır değerinin (1)'in altında olduğu anlaşılmıştır. Yetişkinler alıcılar için yeraltı suyunun direk teması halinde toplam kanser dışı sağlık riski $1,5E+01$ iken, çocuklar için de $3,9E+01$ değerine ulaşılmıştır. İnceleme alanındaki yetişkinler alıcılar için yeraltı suyunun 100m taşınımı senaryosunda ise toplam kanser dışı sağlık riski $9,7E-02$ iken çocuklar için de $2,9E-01$ değerine ulaşılmıştır.

3.9. İnceleme Alanı Toprak ve Yeraltı Suyu Islahı İçin İyileştirme, Rehabilitasyon Önerileri

Bakanlık; toprak ve yeraltı suyu ile kirlenmiş sahaların değerlendirilmesi, temizlenmesi için 2017 yılında “Kirlenmiş Saha Temizleme ve İzleme Teknolojileri Kılavuzu (KSTİTK)” yayımlamıştır [27].

2017 yılında yayımlanan bu KSTİTK kılavuzunda kontamine olmuş alanların iyileştirilmesinde kullanılabilecek teknolojiler açıklanmıştır. KSTİTK’da kontamine olmuş ortamlar toprak veya yeraltı suyu ortamları olarak tanımlanmıştır. Kontamine türleri ise yedi (7) grupta ifade edilmiştir. Bunlar; bazı uçucu organik bileşikler (halojenli ve halojensiz), bazı yarı uçucu organik bileşikler (halojenli ve halojensiz), halojensiz yakıtlar, patlayıcı kirleticiler ve inorganik kirleticiler için teknolojiler sayılabilir.

KSTİTK’de, kontamine alanlarda yerinden ayırma da yerinde arıtma yöntemleri için de; toprakta ve yeraltı suyunda uygulanabilen iyileştirme teknolojileri üç (3) sınıfta özetlenmiş olup, bunlar a)Biyolojik, b)Fiziksel-Kimyasal, c)Termal iyileştirme metotları olarak ifade edilmiştir.

a)Biyolojik İyileştirme: Toprak veya yeraltı suyuna ulaşmış, sızmış olan kirleticiler bazı biyolojik arıtma yöntemleri vasıtasıyla karbondioksit, yağ asitleri gibi zararvere potansiyeli kısıtlı olan bileşenlere dönüştürülebilir. Metabolik mikrobiyal aktiviteler ile de kirleticiler, havasız veya havalı ortamlarda kısmi bozunmaya yani kirleticilerden daha küçük bileşenlere dönüşebilirler. Maliyet açısından incelendiğinde biyolojik işlemler genel olarak düşük maliyetlidir, bu metotla kirleticilerin yok edilmesi hedeflenir, büyük olasılıkla da biyolojik proses sonrasında çok az miktarda kalıntı oluşur,yada neredeyse hiç kalıntı meydana gelmez. Fakat, kontaminasyonun tamamen yok olduğunun tespiti, saha koşullarına göre değişiklik gösterebilir, mikroorganizmalar, yüksek kirletici seviyelerine yada zehirli kimyasallara karşı hassasiyet gösterebilir.

b)Fiziksel-Kimyasal İyileştirme: Kirlenmiş alanlardaki kirleticilerin, kirlilik özelliklerini ve kontaminasyon seviyelerini düşürebilmek, kimyasalları ortamda hapsedmek için fiziksel ve kimyasal iyileştirme yöntemleri kullanılabilir. Fiziksel arıtma işlemleri, kontamine olmuş alanların ve kirleticilerin fiziksel özellikleri ni kullanmak suretiyle örneğin kirleticilerin bir fazdan diğerine değiştirilmesi fiziksel arıtma ile sağlanırken,

kimyasal yapılarında herhangi bir değişiklik oluşmamaktadır.

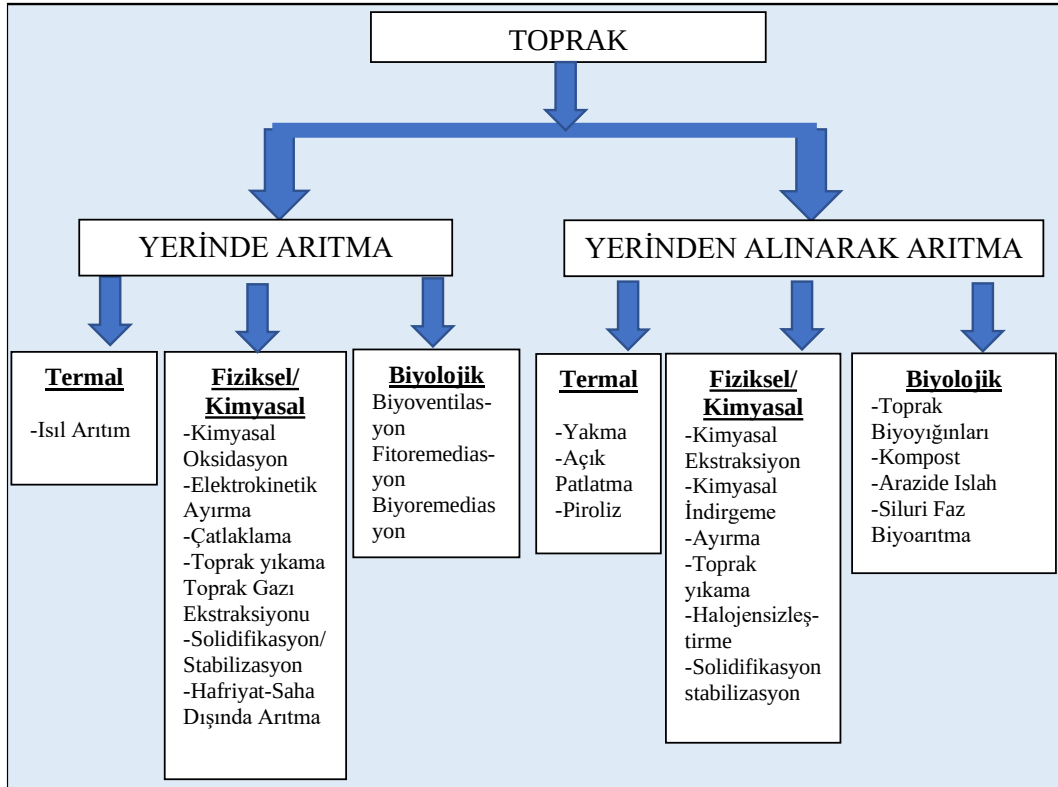
Kirlenmiş alanların iyileştirmesi için kirlilikleri kontrol altında tutmak için hapsetme yöntemi uygulanabilir. Hapsederek temizleme yöntemi aktif ve pasif hapsetme olarak iki (2) sınıfa ayrılabilir. Aktif hapsetme yönteminde süreklilik arz edecek şekilde enerji ve iş gücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Örneğin gözlem kuyularından yeraltı suyu pompalama işlemi için enerji ve iş gücü gereklidir. Pasif olarak uygulanan temizleme sistemlerinde ise sadece bakım masfarı oluşmaktadır. Mesela pasif temizleme yönteminde yüzey örtme veya yüzeyleri kapatma işlemleri gereklidir.

Kimyasal işlemler, kirleticinin doğadaki yani kirlettiğı toprak ve yeraltı suyu katmanındaki davranışına göre kirleticinin yapısını küçültmek amacıyla ortamdan (daha kolay ayrıştırmak ve iyileştirme sağlamak için) uygulanmaktadır. Kimyasal prosesler, biyolojik ve fiziksel iyileştirme yöntemlerine göre daha kısa sürede uygulanabilirler ancak saha toprak ve hidrojeolojik koşullar gözönünde bulundurularak, sahaya özgü uygulanmalıdır.

c)Termal iyileştirme yöntemleri:, kontaminasyona sebep olan kirleticileri parçalamak, yakmak, yok etmek veya kimyasal türüne göre eritmek hedefiyle ısı işlemler kullanılmaktadır. Termal işlemler hızlı iyileştirme seçeneğı sunar ancak, fiziksel ve kimyasal iyileştirme yöntemlerine oranla maliyetli temizleme teknolojileri grubudur. İyileştirme maliyetleri, sahaya özgü değerlendirilmesi gerekli olan maliyetlerdir. Örnek vermek gerekirse maliyetler; ekipman maliyeti, enerji maliyeti, bakım ve işletme maliyeti gibi maliyetler oluşacağından, toprağın ısı yöntemlerle iyileştirilerek temizlenmesi aylar veya yıllar alabilen süreler arasında değişiklik gösterebilir. Tarif edilen bütün temizleme metotları için, kirlenmiş bir alanın iyileştirme proseslerinin tamamlanma zamanı, sahadan sahaya değişiklik arz edebilir, hatta mevcut kirleticilerin türleri ve miktarları, kirlenmiş sahanın büyüklüğü ve derinliğı, jeolojik yapısına bağılı olarak da süreçlerde değişiklik olabilir [7].

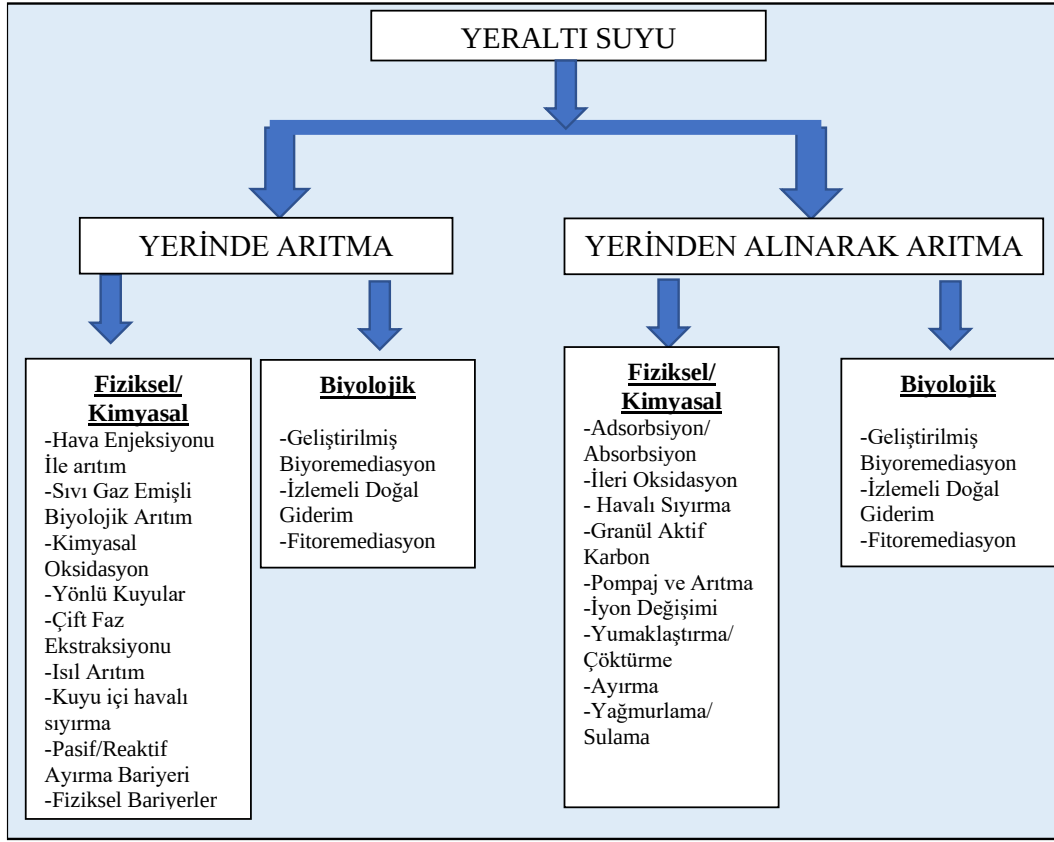
İyileştirme işlemi, kirletici kaynağına “yerinde” işlem yapmak veya kontaminasyona sebep olan kirliliğı “yerinden alınarak” temizlemek suretiyle uygulanabilir. Yerinden alınma işlemi, işletme içerisinde uygun bir alan olabileceğı gibi tesis dışında da bir alan seçilip temizleme gerçekleştirilebilir. Temizleme işlemi yapılırken, bariyer kurulumu, kazı, hafriyat yada pompalama gibi işlemler proseslerin doğası gereğı olabilir.

Kirlenmiş alanların temizlenmesinde kullanılan teknolojilerin önemli olduğu kadar, kirlenmiş ortamın da doğru belirlenmesi önem arz etmektedir. Örneğin toprak, yer altı suyu kirliliğinde yerinde, yerinden kontaminasyonu giderimi, alınması sağlanarak arıtma yöntemlerinde fiziksel-kimyasal, biyolojik, termal teknolojiler mevcut iken, saha ve büro çalışmalarının başlangıçtan itibaren titizlikle yapılması, seçilecek teknolojinin veriminde faydalı olacaktır.



Şekil 3.15. Toprak İyileştirmesinde yaygın olarak kullanılan teknolojiler

Şekil 3.15.'te toprak iyileştirmesinde yaygın olarak kullanılan teknolojiler, Şekil 3.16.'da ise yeraltı suyunun iyileştirmesinde yaygın olarak kullanılan teknolojiler detaylıca gösterilmiştir.



Şekil 3.16. Yeraltı suyu İyileştirmesinde yaygın olarak kullanılan teknolojiler [54]

Sanayileşme sonucunda her yıl yüksek seviyede organik ve inorganik bileşik toprağa ve yeraltı suyuna karışmakta olduğu için toprak ve yeraltı suyu kirliliği de endüstriyel aktivitenin sonucudur [16].

UOB'ler ve özellikle BTEX hem toprak hem de yeraltı suyunda oldukça sıklıkla yer alan kirleticiler arasındadır [17].

Bu kirleticilere ilave olarak petrol endüstrisi ve pazarının da her yıl artması nedeniyle petrol türevi atıkları torağa ve yeraltı suyuna karışması muhtemeldir [18].

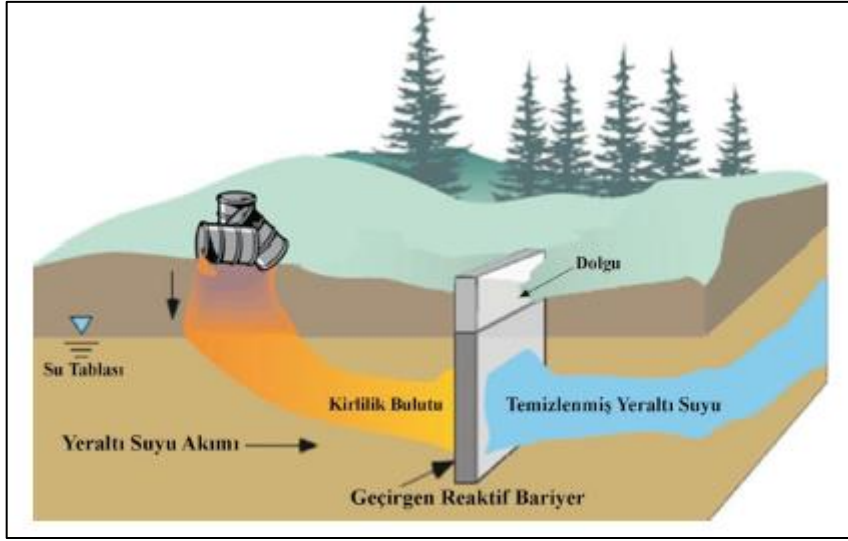
3.9.1.İnceleme alanı için yerinde iyileştirme önerisi: sıyrıcı dalgıç pompalar kullanımı ve reaktif bariyerler ile iyileştirme

Kirlenmiş alanlarda kirletici maddelerin belirlenmesi, sondajlar yapılarak kuyuların teşkil edilmesi ve yeraltı suyunun akış yönünün belirlenmesi gibi işlemler sonrasında inceleme alanı için iyileştirme önerileri belirlenerek sahanın temizlenmesi süreçleri başlatılabilir. İnceleme alanı yerinde iyileştirme önerilerinden bir tanesi sıyrıcı dalgıç pompaların kullanımı ve reaktif bariyerler ile iyileştirme yapılmasıdır. Kontaminasyon kaynağı olan kirleticilerin inceleme alanına yerleştirilecek bir reaksiyon duvarı vasıtasıyla yeraltı suyunu pasif bir şekilde duvarın içinden geçmesini ve böylece inceleme alanındaki kirliliği giderimini sağlayan bir yöntemdir. Bir nevi filtre görevi de gören bu bariyerler, metallerin, mikroorganizmaların, katı cisimlerin ve benzeri maddelerin geçişine izin vermezken, su geçişine izin verirler.

İyileştirilmesi gereken alanda, temizlenecek, arıtılacak suyun pasif pasif reaktif bariyer (PRB) içerisinden akarak geçmesi sağlanmalıdır. PRB, kontamine olmuş yeraltı suyu akışının yönünde nispeten uzun, dar hendek kazılmak suretiyle gerçekleştirilir. Yeraltı suyunun iyileştirmesinde yaygın olarak kullanılan geçirgen reaktif bariyer uygulaması örneği Şekil 3.17.'de gösterilmiştir. Hendek, kazılması sonrasında, talep edilen iyileştirme hedefine yönelik reaktif malzeme (örneğin kireç taşı, karbon vb.) ile doldurulur. Hendek içerisinde kullanılan bu malzemenin geçirgenliğinin artırılması için kumla karıştırılabilir. Böylece, iyileştirilme yapılacak olan su, bariyerin etrafını dolaşmak yerine doğrudan içerisinden bariyerin diğer tarafına geçiş sağlar. [72].

Prince ve ark (2010) çalışmalarında benzin istasyonu sızıntılarından yeraltındaki benzin ve dizelin rehabilitasyonunu araştırmışlar ve petrol türevi sızıntıyı nispeten önledikten sonra, petrol türevi kirliliğinin giderilmesi için, yeraltı su tablası üzerinde yüzen sıvı ürünün, doymuş yeraltı su bölgesindeki uçucu ve emilmiş kirletici malzemelerin (örneğin toplam petrol hidrokarbonları) ve genellikle esas olarak BTEX artı herhangi bir oksijenat, yeraltı suyunda çözülmüş hidrokarbonların rehabilitasyonunun sağlanması gerektiğini ortaya koymuşlardır [73].

Şekil 3.17.'de kirlilik bulutunun yeraltı suyunun iyileştirmesinde yaygın olarak kullanılan geçirgen reaktif bariyer uygulaması ile temizlendiği gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Yeraltı suyunun iyileştirmesinde yaygın olarak kullanılan geçirgen reaktif bariyer uygulaması örneği [54].

Place ve ark. (2010) ise çalışmalarında, geleneksel iyileştirme teknolojileri genellikle serbest fazlı yüzen sıvıyı dalgıç sıyrıcı pompalar vasıtasıyla emme çok ince NAPL katmanları için yeraltı suyunun hava ile dağıtılmasının veya sıyrma yoluyla geri kazanmanın mümkün olduğunu belirtmişlerdir [74].

İnceleme alanında makaralı su-yağ seviye ölçüm cihazı vasıtasıyla her veri seti alımı öncesinde periyodik kuyu su seviyeleri kontrolleri yapılmıştır. Temmuz 2018’de SK1, SK2 ve SK3 kuyularının içerisine sıyrıcı dalgıç pompaların indirilmesi vasıtasıyla SK1 kuyusunda birikmiş olan kirlilik şüphesi bulunan kontamine yeraltı suyundan 1 l, SK2 kuyusundan 3 l, SK3 kuyusundan 4 l olmak üzere toplamda 8 l kontamine yeraltı suyun mevzuata uygun olarak istasyon içerisindeki geçici depolama alanına taşınımı ve bertaraf tesisine bertarafı sağlanmıştır.

İnceleme alanında Mayıs 2019’de SK1, SK2 ve SK3 kuyularının içerisine indirilmesi vasıtasıyla SK1 kuyusunda birikmiş olan kirlilik şüphesi bulunan kontamine yeraltı suyundan 1 l, SK2 kuyusundan 4 l, SK3 kuyusundan 6 l olmak üzere toplamda 11 l kontamine yeraltı suyun mevzuata uygun olarak istasyon içerisindeki geçici depolama alanına taşınımı ve bertaraf tesisine bertarafı sağlanmıştır.

3.9.2. İnceleme alanı için yerinde iyileştirme önerisi 2: Biyoremediasyon ile ve Kimyasal peroksit enjeksiyonu ile iyileştirme

Biyoremediasyon ile iyileştirme yöntemi kirlenmiş alanlarda hızlı ve verimli sonuç alınabilen bir yöntemdir. Kirlenici kimyasal maddeleri, mümkün olan daha küçük ve zararsız maddelere parçalama yöntemidir. Mikroorganizmalar kullanılmak suretiyle uygulanan bu yöntemin süreci kirlenicilerin miktarı, yayılımı ile değişiklik gösterebilir [75].

Biyolojik yöntemlerle iyileştirme olarak da bilinen bu yöntem, yeraltı suyu ve toprak kirliliği iyileştirme, temizleme faaliyetlerinde mikroorganizmaların kullanılması ile kontaminasyona uğramış çevresel ortamdaki kirliliği yayılımını öncelikle sabit seviyede tutabilmek, sonra da bir dizi mikroorganizmaların yardımıyla kirlenicilerin yapısal olarak daha basit ve daha zararsız maddeler haline safhalarıdır. Kirlenmiş ortamların iyileştirmesinin sağlanması, yani temizleme çalışmalarının verimli olabilmesi için, BTEX, MTBE ve TPH gibi kirlenicilerin mikroorganizmalar vasıtasıyla parçalanması sayesinde mümkündür. Sistemin verimi ise kirlenicilerin mikroorganizmalarla doğru koşullarda karşılaşarak en uygun şartları sağlamasıyla gerçekleşecektir.

Biyoremediasyon yöntemi kullanımı için, kirlenmiş ortamların sıcaklık, besin maddesi, elektron alıcılar ve pH gibi bazı koşulların mikroorganizmalara ve sahayı uygun olarak düzenlenmesi, hazırlanması gereklidir [76].

Russel ve ark. (1992) araştırmalarında biyoremediasyon tekniklerinin yakma gibi diğer geleneksel metotlardan oldukça ekonomik olduğunu göstermişlerdir. ABD’de tehlikeli kimyasalların biyoyiyileştirme yöntemi ile kirlenmiş sahaların ıslahı, geleneksel yöntemler ile kıyaslandığında on (10) kat daha ucuza mal olduğu gözlemlenmiştir ve EPA saha koşulları da uygun olması durumunda bu yöntemi desteklemektedir [77].

Kirlenicilerin yeraltında olduğu tespit edilen alanlara besin, yani mikroorganizma aktarımı yapmak suretiyle, toprağın bakteri durumuna bağlı olarak topraktaki bakterilerin aktif hale gelmesi sağlanır.

Ülkemizde kirlenmiş sahaların hangi kirlenici türü ile kirlendikleri oldukça sınırlı olmakla birlikte Kahraman (2019), çalışmasında Avrupa’da kirlenmiş toprakların %10 BTEX, yeraltı suyunda ise %15 BTEX kirliliği ihtiva ettiğini belirtmiştir [67].

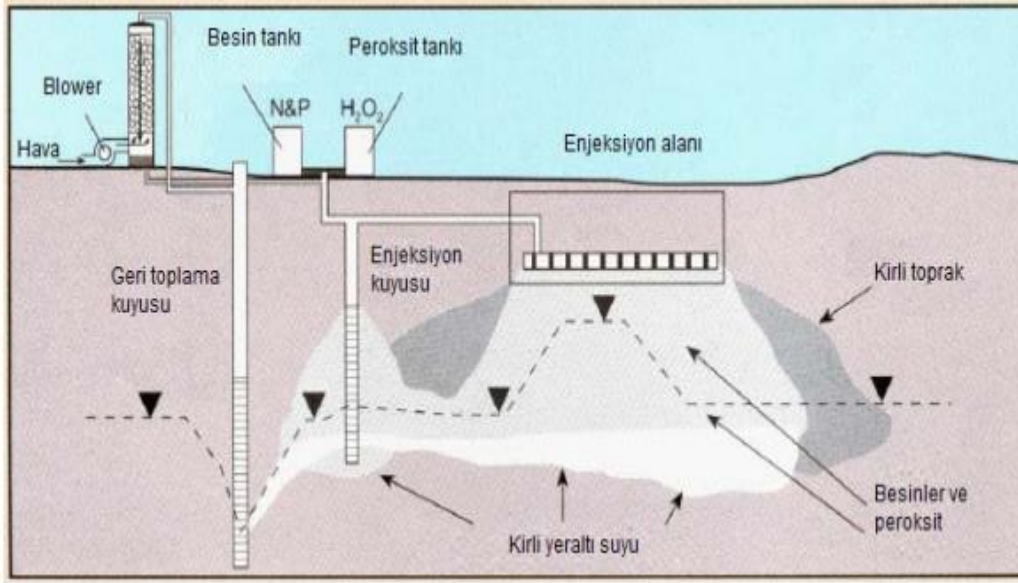
Akaryakıt ürünlerinin içeriğinde olan ve toprağa karıştığında tehlike arz edern BTEX gibi kirleticileri parçalayabilen mikroorganizmaların olduğu bilinmektedir. Wolicka ve ark.(2009) çalışmalarında bazı bakterilerin etkinliğini saha şartlarında deneyimlemişlerdir. İzole edilmiş bir şekilde hazırlanmış olan dört (4) mikroorganizma kümesi, kontamine olmuş sahada uygulanmıştır. Yerinde gerçekleştirilen biyoiyileştirme saha uygulaması sonunda yedi (7) ay sonunda BTEX %80 oranında giderim olduğunu gözlemlemişlerdir **[78]**.

Kontamine olmuş alanların temizlenmesinde öncelikli hedef, kirliliğe kaynağında müdahale etmek ve daha az giderim maliyetiyle iyileştirme yapmak olduğundan, biyoiyileştirme yöntemleri kullanılarak yapılan biyoremediasyon iyileştirmeleri, yani mikroorganizmalar kullanılarak ve yerinde yapılan metot olduğu için genellikle kirliliğin kazılmadan temizlenmesini sağladıklarından tercih edilen bir teknolojidir **[79]**.

Biyoremediasyon sonrasında daha küçük hale peroksit metodu ile oksijen toprağa hidrojen peroksit enjeksiyonu yoluyla teşkil edilen kuyular vasıtasıyla Şekil 3.14'teki gibi verilir.

Biyoremediasyon iyileştirme yöntemi yapılan kirlenmiş BTEX ve MTBE kirliliği mevcut olan bir alanda Kimyasal oksidasyon enjeksiyonu yöntemi kullanılırsa, topraktaki hidrokarbon türevi maddelerin karbondioksit ve suya dönüştürülmesi gerçekleşir **[80]**.

Kirlenmiş bir alanda biyoremediasyon ile temizleme yapılan bölgede hidrojen peroksit kullanmak, oksitleyici madde kapasitesini arttıracığından iyileştirmenin de verimini artırır **[80]**. Kimyasal peroksit eklenmesiyle uygulanan oksidasyon enjeksiyonu yöntemi, kirlilik sınırı belirli olan, bilinen alanlarda daha verimli bir metottur **[81]**.

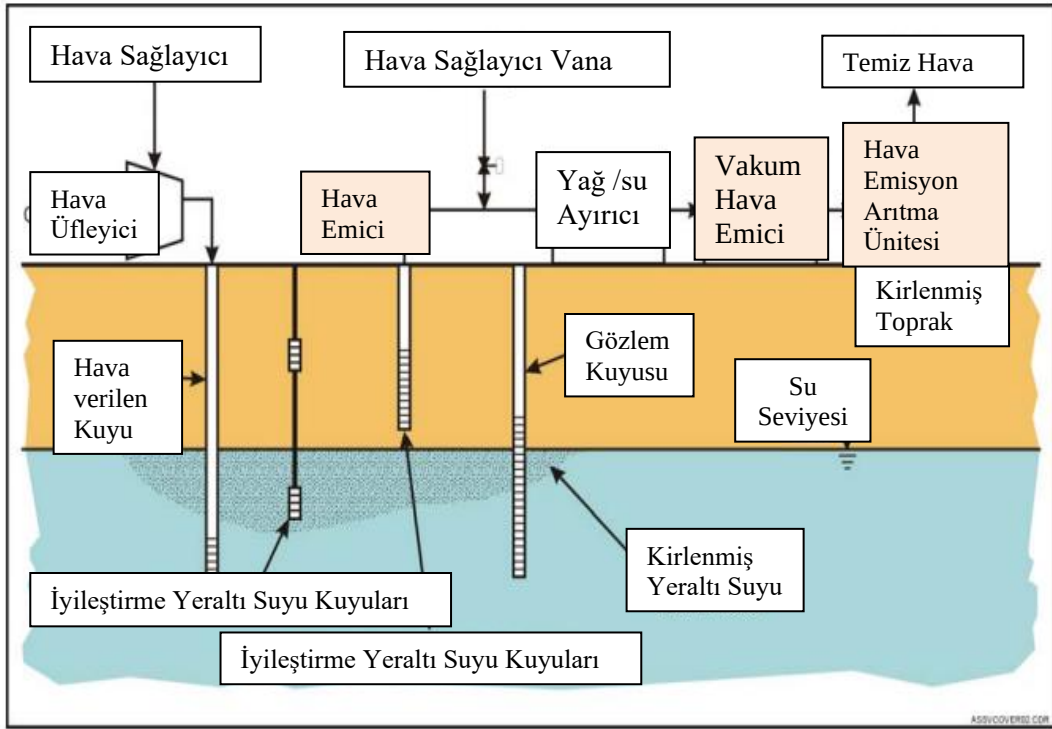


Şekil 3.18. Yeraltı suyunun yerinde arıtma ile iyileştirmesinde peroksit enjeksiyonu [82]

Ritmann (1993) çalışmasında BTEX gibi hidrokarbonların in-situ, yani yerinde arıtım metodolojisi ile ıslahının peroksit enjeksiyonu ile mümkün olduğunu ve entegre bileşenlerini tanımlamıştır. Bunlar besin tankı, peroksit tankı, hava üfleme cihazı (blower), enjeksiyon ünitesi olarak sıralanabilir ve in-situ biyoremediasyon peroksit enjeksiyonu uygulaması örneği şekil 3.18.'de gösterilmiştir [82].

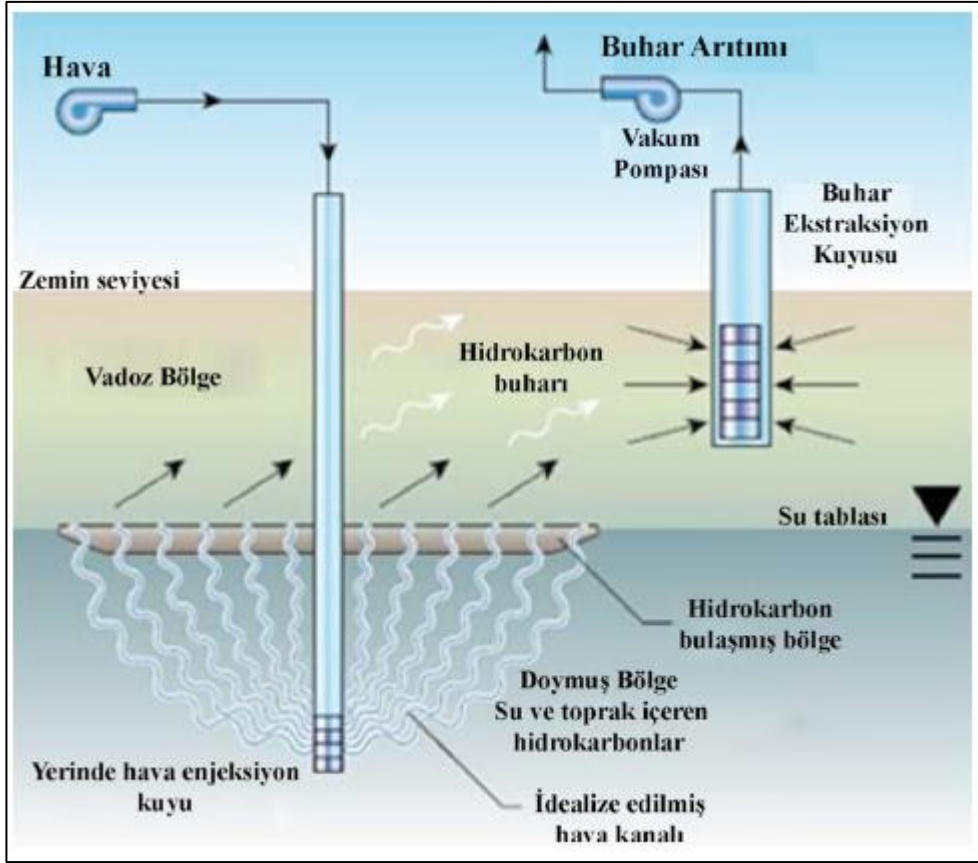
3.9.3.İnceleme alanı için yerinde iyileştirme önerisi 3: hava enjeksiyonu ile iyileştirme

Kirlenmiş sahaların iyileştirmesinde yerinde yapılan temizleme yöntemlerinde özellikle yeraltı suyu kirliliklerinde hava kabarcıklı arıtım yöntemi kullanılır. Hava kabarcıklı arıtım uygulamasında; toprağın doğal ortamdan kazılması gerekli değildir. Hava kabarcıklı arıtım metodu sayesinde toprak ve yeraltı suyu katmanlarındaki kirlenmeler daha hızlı hareket edeceğinden topraktan yeraltı suyuna kirliliğin sıyrılması daha kolay olmakta ve böylece kirliliğin toprak, yeraltı suyu katmanlarından hava emisyon ünitesine alınarak giderim verimi artmaktadır. Hava kabarcıklı arıtım yöntemi ile su tablasının alt yada üzerindeki kirlenici maddelerin biyolojik ayrışması da kontamine olmuş yer altı suyuna oksijen eklenmek suretiyle uygulanabilir. Hava kabarcıklı arıtım sisteminin çıkış gazının kontrolü ise genel olarak hava emisyon arıtım ünitesi olarak adlandırılan hava-su sıyrıcısı ve aktif karbon kullanarak gerçekleştirilmektedir. Yeraltı suyunun yerinde arıtma ile iyileştirmesinde hava kabarcıklı arıtım uygulaması Şekil 3.19.'da verilmiştir.



Şekil 3.19. Yeraltı suyunun yerinde sırtma ile iyileştirmesinde hava kabarcıklı arıtım uygulaması [83]

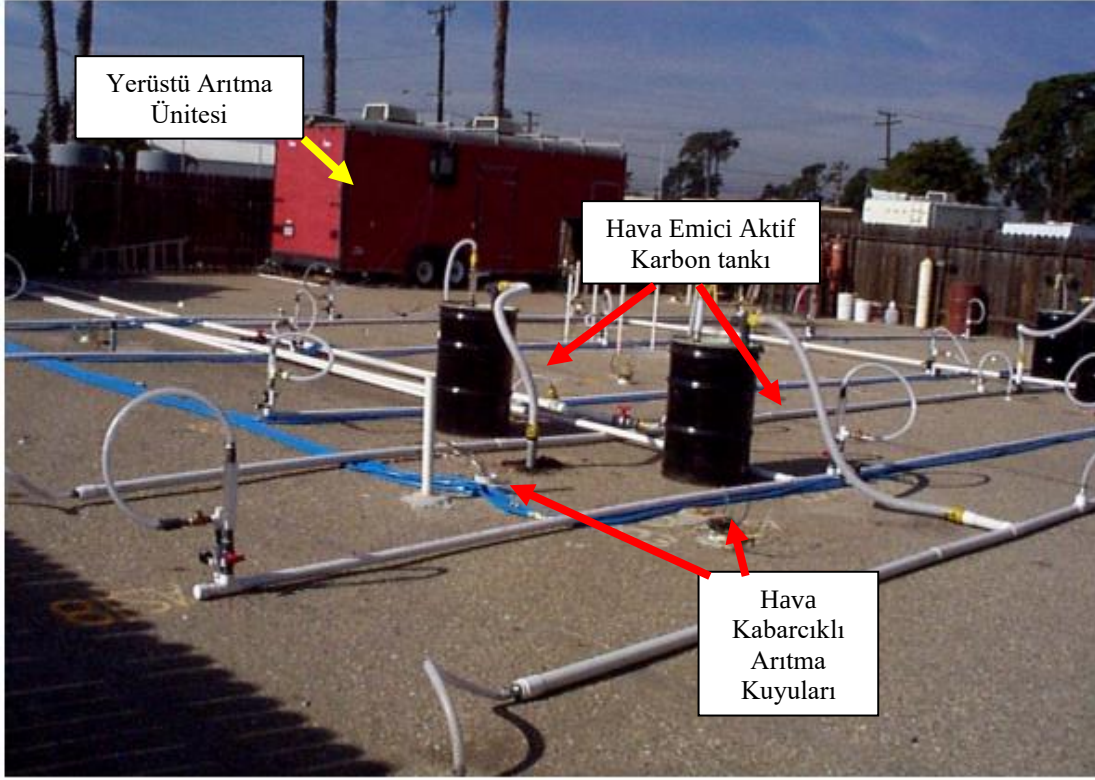
Biyolojik olarak parçalanabilen herhangi bir kimyasalın örneğin metil tersiyer bütül eter, toplam petrol hidrokarbonları ve BTEX giderimi için hava kabarcıklı arıtım metodu düşünülebilir. Örneğin Bruce ve ark.(2003) araştırmalarında hava kabarcıklı arıtım metodu ile metil tersiyer bütül eterin %85 oranında giderimini sağladılar [83].



Şekil 3.20. Yeraltı suyunun yerinde arıtma ile iyileştirmesinde hava kabarcıklı arıtım örneği [54]

Yerinde iyileştirme uygulamalarından hava kabarcıklı arıtım uygulaması, temelde birkaç aenjeksiyon amaçlı arıtma kuyusu kullanılarak toprak ve yeraltı suyu katmanlarına havanın kompresörler vasıta pompalanması metodudur. Kompresörler vasıtasıyla dikey veya yatay teşkil edilen kuyulara pompalanan hava sayesinde toprak ve yeraltı suyu katmanları havalanır. Kompresörler ile yeraltı katmanına iletilen hava sayesinde kirletici maddeler topraktan sıyrılmak suretiyle gaz safhasına geçerler, kirletici buharını da su katmanının üzerindeki toprak katmanına iletirler [84]. Hava kabarcıklı arıtım metodu ile kirletici maddeler, doymun bölgelerden, doymun olmayan bölgeye geçiş yaparlar. Kirletici maddeler, bu safhada kontaminasyon kaynağı buharı karışımını toprak gazı sistemi yardımı ile topraktan emilir, çekilir. Bu sebeple; hava kabarcıklı arıtım metodunda, toprak gazının emilerek toprak katmanından kirleticilerin uzaklaştırılması gerektiğinden toprak buhar ekstraksiyonu birlikte kullanımı yaygın olan teknolojilerdir.

Şekil 3.21.'de kontamine olmuş bir tesiste hava kabarcıklı arıtımı ve toprak buhar ekstraksiyonu (TBE) entegre sistemi ile temizlenmesi uygulaması gösterilmiştir. Hava kabarcıklı arıtma kuyuları ve hava emici aktif karbon tankları sayesinde ve kirlenmiş toprak buharı yerüstünde arıtma yapılmaktadır.



Şekil 3.21. Yeraltı suyunun yerinde arıtma ile iyileştirmesinde hava kabarcıklı arıtım örneği (Leeson ve ark. uyarlanmıştır)

Leeson ve ark. (2002) çalışmalarında ABD'de hava kabarcıklı arıtım ile yapılan bir çalışmada 6 ay süren araştırma yapmış ve metil tersiyer bütül eter ve benzen, tolüen, etil benzen ve ksilenin yaklaşık %80 oranında giderimini sağlamışlardır [85].

Kirlenmiş bir alanın toprak ve yeraltı suyu iyileştirme safhaları, kirleticilerin kirletici alanlara yayılma miktarlarına, türlerine, yeraltındaki katmanların jeolojik ve hidrojeolojik koşullarına göre ve seçilen temizleme teknolojilerine göre değişiklik gösterebilir [86].

Kirlenmiş toprakların doğru ve sürdürülebilir rehabilitasyonu için risk değerlendirmesi yapılması gereklidir [87].

4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

“Akaryakıt sızıntısıyla kirlenmiş bir akaryakıt istasyonunun TKKNKKSDY kapsamında incelenmesi ve rehabilitasyonu için uygun metodoloji araştırılması” başlıklı başlıklı Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü yüksek lisans tez çalışmasında aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Bir akaryakıt istasyonunun TKKNKKSDY açısından toprak ve yeraltı suyu kalitesi hakkında bilgi sahibi olmak ve çevresel açıdan değerlendirmek için uzun dönemli ve yüksek maliyetli izleme çalışmaları gereklidir. Bu çalışmalar hem saha hem büro çalışmalarını içermektedir. Akaryakıt istasyonunda seçilen ölçüm noktalarında birçok defa fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin incelenmesi ve değerlendirilmesi gereklidir. Sahadan elde edilen her türlü bilgi, bulgu ve belgelerin elde edilmesi neticesinde de bilimsel yorumlanması zor ve oldukça fazla sayıda veri grupları oluşmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada elde edilen karmaşık verilerin değerlendirilmesi ve yorumlanması için kanser ve kanser dışı hesaplamalarının yapılması ve kirlilik yayılımının belirlenmesi değerlendirmelerinde bilgisayar yazılımları yapılmış ve inceleme alanının kirlilettiği yayılımları modellenmiş, kanser ve kanser dışı sağlık riskleri hesaplanmıştır, inceleme alanı TKKNKKSDY açısından incelenmiştir.

Çalışmada, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından inceleme üzerindeki ölçüm istasyonlarından 2018-2019 yıllarının ortalama aylık yağış miktarları talep ve temin edilmiş olup, ölçüm sonuçları kullanılmıştır. Bu istasyonlar toplam iki adet olup biri inceleme alanına yakın konumda olan ve Avrupa Yakası’nda bulunan istasyondur, diğeri ise Anadolu Yakası’nda bulunmaktadır.

Bu tez çalışmasında üç (3) adet gözlem amaçlı kuyu teşkili yapılmak ve on(10) adet veri seti incelemek suretiyle inceleme alanı TKKNKKSDY açısından değerlendirilmiştir. Çalışma başlangıcında dört (4) adet toprak numunesi alınmıştır. Ayrıca birbirine benzer uzaklıkta ve kirlilik kaynaklarını da kapsayacak şekilde üçgen konumda teşkil edilen üç (3) gözlem kuyusundan ise toplam on(10) set su numunesi alınarak GWSDAT programı vasıtasıyla kirlilik parametrelerinin zamana bağlı yayılımları araştırılmıştır. İnceleme alanından elde edilen toprak ve su numunelerine göre sahadaki yerleşik bulunanların ve çevresinin sağlığı açısından RISC5 modeli yardımıyla kanser ve kanser dışı sağlık riskleri hesaplanmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular değerlendirildiğinde ise akaryakıt

istasyonunda teşkil edilen kuyulardaki sulara herhangi bir yerleşik personelin, işçinin ya da günlük ziyaretçinin teması ve maruz kalması halinde Kanser ve Kanser dışı risklerinin TKKNKKSDY'nin kabul ettiği değerlerden yüksek çıktığı görülmüştür. Dolayısıyla tesiste eğer su kullanımı, teşkil edilen bu kuyulardan olurs TKKNKKSDY gereğince bakanlıkça temizlenmesi gereken saha statüsünde olma potansiyeli vardır.

Çalışmadan elde edilen diğer bulgu ise akaryakıt istasyonunda teşkil edilen kuyulardaki suların komşu alanlara (örneğin 100 m) taşınımı ve herhangi bir yerleşik personelin, işçinin ya da günlük ziyaretçinin teması ve maruz kalması halinde Kanser ve Kanser dışı risklerinin TKKNKKSDY'nin kabul ettiği değerlerden düşük çıktığı görülmüştür.

Yapılan çalışmada elde edilen veriler göz önüne bulundurulduğunda gelecekteki çalışmalar için aşağıdaki önerileri yapılabilir:

Ülkemizde yürürlükte olan Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik kapsamında Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü denetmenleri nüfusu yoğun ve sanayisi gelişmiş Marmara Bölgesi'nde son yıllarda akaryakıt istasyonlarına ilişkin denetimlerini yükselttiği rakamsal datalarla görülmektedir. Fakat, 2020 yılında, Bakanlık tarafınca uygulanan yaptırım sayısı, yüzdelik (%) dağılımı incelendiğinde “Toprak” konusunun (%) 2.03 ile en düşük yüzdeliğe sahip olduğu bu yüzdeliğin yeterli olmadığı görülmektedir.

TKKNKKSDY gereğince akaryakıt istasyonları belirtilen NACE koduna göre incelendiğinde akaryakıt istasyonlarında bazı kirleticiler belirlemiştir fakat civar tesislerden kaynaklanabilecek kontaminasyonun teşhisine ilişkin tüm kirleticileri içermediği belirlenmiştir. Örneğin MTBE parametresinin 1980'li yıllarda benzine kurşunsuz benzine alternatif olarak katkı maddesi şeklinde kullanıldığı bilinmektedir ancak MTBE'nin akaryakıt istasyonlarındaki depo tanklarından sızması halinde ne derece toprağı ve yeraltı suyu kaynaklarını ne derece kirlenmiş olduğu yeterli denetleme, araştırma ve rapor olmadığı için henüz bilinmemektedir, bu sebeple akartakıt istasyonlarında toprak ve yeraltı suyu etütlerinin sayıları arttırılmalı ve veri elde edilmelidir.

Akaryakıt istasyonlarının faaliyetlerinden v çevresel koşullardan kaynaklı potansiyel kirlilik oluşturacağı her zaman öngörölmeli; istasyonlar satışa açılırken, faaliyetini sonlandırırken, herhangi bir kaza olması durumunda, yada çevre tesislerden koku, bulantı, gibi şikayetler alındığında mutlaka yeraltındaki kirlilikler veya kirlilik şüpheleri tespit edilerek giderim sağlanmalıdır.

Akaryakıt istasyonları özelinde belirtildiğı üzere Faaliyete Özel Kirletici Gösterge Parametreleri KGP (TKKNKKSDY Ek 2, Tablo 2) toplam organik halojenler, toplam petrol hidrokarbonları, uçucu organik bileşikler, baryum, bakır, kadmiyum, kurşun, nikel, çinko olarak tanımlanmıştır ancak TKKNKKSDY’de metil tersiyer bütül eter parametresinin ayrı bir parametre olarak eklenmesi çevresel bakımdan ve insan sağlığı gereğı kontaminasyonun teşhisi, giderimi bakımından uygun olacaktır.

Yetkililerce oluşturulacak İl Müdürlüğü komisyonlarına, üniversitelerdeki akademiyenlerin daha fazla katılımının sağlanması, Bakanlık web tabanlı uygulaması olan Entegre Çevre Bilgi Sisteminin “Kirlenmiş Sahalar Bilgi Sistemi” Uygulaması daha verimli kullanımı önem arz edecektir.

Kirlenmiş toprakların doğru ve sürdürülebilir rehabilitasyonu için risk değerlendirmesi yapılması gereklidir, çevre bilimleri, bilgisayar bilimlerinden özellikle TKKNKKSDY açısından daha etkin ve uyumlu olarak yararlanmalıdır.

Kirlenmiş sahaların rehabilitasyonu yapılarak toprakların uygulanabilir teknolojiler kullanılarak iyileştirilmesi ve ekosistem için önem arz etmektedir. Toprağın yeniden kullanımının sağlanması; doğal ve sürdürülebilir ekolojik dengeyi elde etmenin yanında, ekonomide ciddi kazanımlar sağlamaktadır. Temel olarak toprağı başta kirletmemek, kirlenmesi halinde öncelikli olarak yerinde arıtımı sağlayarak, kaynağında arıtmak mümkün değilse de yerinden alınarak temizleme gerçekleştirilmelidir. Akaryakıt istasyonları kurulum aşamasında, dağıtım firması/bayi değişikliğinde, TKKNKKSDY gereğince toprak ve yeraltı suyu etüdü çalışmasının ilgili çevre ve diğer mevzuatlar uyarınca zorunlu hale getirilmesi ve EÇBS sisteminde Kirlenmiş Sahalar Bilgi Sistemi üzerinde de güncel olarak takibi gerekmektedir. Ayrıca temizleme/iyileştirme yapılan akaryakıt istasyonlarında da temizleme sonrasında da süreç takibi ilgili yetkilendirilmiş kamu ve özel kurumlarca yapılmalıdır.

Entegre Çevre Bilgi Sistemi Uygulaması olan Kirlenmiş Sahalar Bilgi Sistemi daha Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından “Türkiye’de Kalıcı Organik Kirleticiler (KOK) Stockholm Sözleşmesi Ulusal Uygulama Planının Gözden Geçirilmesi ve Güncellenmesi” amaçlı Kalıcı Organik Kirleticiler Tüzüğü’nün Uygulanması Projesi 2013 yılından itibaren başlandığı bilinmektedir. Toprak ve yeraltı suyu Kirlilik ve envanter çalışmalarında, “KOK” Projesini de kapsayacak şekilde kalıcı organik kirleticilerin de mevcudiyetinin araştırılması ve değerlendirilmesi bütünleşik ve entegre bir yaklaşım olacaktır.

Türkiye Cumhuriyeti Cumhurbaşkanlığı tarafından yayınlanan ve dört (4) yıllık 2019-2023 yıllarını kapsayan 11. Kalkınma Planında da ifade edildiği gibi, iklim değişikliği, nüfus artışı nedeniyle, önemi giderek artan toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanım çevre ve biyolojik çeşitliliğin korunması hassaslaşmaktadır. Türkiye’de sayıları on iki bini (12.000) geçen aktif akaryakıt istasyonu mevcut olduğu bilindiğinden, toprak kirliliği açısından petrol sektörü, kimyasal tesisler, organize sanayi bölgelerinde denetimler sıklaştırılmalı, TKKNKKSİY’deki iki yüz otuz yedi (237) sektördeki paydaşların da katılımıyla toprak kirliliği çalışmaları uygulanarak, bölgesel, şehrsel bazlı kontaminasyon haritalarının oluşturularak, uygun ıslah yöntemlerini de içerecek şekilde ulusal düzeyde eylem planları belirlenmelidir. Ülkemiz toprak ve yeraltı suyu kirlenmeye karşı korunmaya muhtaçtır. Bu koruma da ilköğretimden başlar ve tüm paydaşların etkin katılımıyla (üniversiteler, ilgili tüm bakanlıklar) gerçekleşebilir. Toprak ve yeraltı suyu bilimsel çalışmalar arttırılmalı ve ülkemize özgü kirlenmiş sahalarda yazılım modeli programları geliştirilmeli, böylece olası toprak ve yeraltı suyu kirlenmelerinin teşhisi önceden yapılarak kanser vakalarının önüne geçilmeli, çevre sağlığı sürdürülebilir yaklaşımlar ve döngüsel ekonomi, sıfır atık yaklaşımıyla sağlanmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Çoban, O., Kılınç N.Ş., Kılınç E.C. Sanayi Sektöründe Petrol Talebinin Fiyat ve Gelir Esneklikleri: OECD Ülkeleri Örneği. Bilig Güz 2017 Sayı 83 Sayfa Aralığı 259-279
- [2] Hız, Ö., (2015), Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Kapsamında Petrol Kirliliğinin Tespiti ve Giderimi İçin Uygun Yöntem Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye
- [3] GÜLER, C., & ALPASLAN, M. (2006). Petrol türevleri tarafından kirlenmiş akiferlerde uygulanan yerinde iyileştirme teknolojileri. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 30(2), 33-50.
- [4] Daifullah, A. A. M., & Girgis, B. S. (2003). Impact of surface characteristics of activated carbon on adsorption of BTEX. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 214(1-3), 181-193.
- [5] Özdemir, K., (1999). Kirlenmiş zeminlerin ıslahı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- [6] TMMOB Çevre Mühendisleri Odası İstanbul Şubesi, https://www.cmo.org.tr/resimler/ekler/533511f3b63da8a_ek.pdf?tipi=78&turu=H&sube=2, (Erişim Tarihi (22.4.2022)).
- [7] Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirlenmiş Sahalara Dair Yönetmelik, 27605 sayılı Resmi Gazete, Haziran 8, 2010
- [8] Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, Çevre Denetimi İstatistikleri: 2021 Haber Bülteni 19 / 04 / 2022 Saat: 15:00 Sayı: 7
<https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/cevre-denetimi--8230-59463-20220419150246.pdf> (Erişim Tarihi (24.4.2022)).
- [9] Dağhan, H., Öztürk, M., Hakeem, K. R., Sabir, M., & Mermut, A. R. (2015). Soil pollution in Turkey and remediation methods. Soil remediation and plants: prospects and challenges, 287-312.
- [10] Flathman, P. E., & Lanza, G. R. (1998). Phytoremediation: current views on an emerging green technology. Journal of soil contamination, 7(4), 415-432.

- [11] Glass, D., 1999a. <http://www.dglassassociates.com/INFO/phy99exc.htm>
- [12] Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK), Petrol Piyasası Sektör Raporu, http://www.epdk.gov.tr/documents/petrol/rapor_yayin/2013_Petrol_Piyasasi_Sektor_Raporu.pdf , 4 Mayıs 2014.
- [13] Olgun P (2014), Benzin İstasyonlarında Çalışanların Maruz Kaldıkları Kimyasallar ve Bunların Sağlık Üzerine Etkileri, Hacettepe Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- [14] TS 12820 Akaryakıt İstasyonları-Emniyet Kuralları Standardı (2003). T.C. Resmi Gazete, 25244, 29 Eylül 2003.
- [15] TS 12663 Akaryakıt Satış ve/veya Akaryakıt Satış ve Servis Yerleri - Genel Kuralları Standardı. (2004). T.C. Resmi Gazete, 29 Nisan 2004.
- [16] Sabaté, J., Vinas, M., & Solanas, A. M. (2004). Laboratory-scale bioremediation experiments on hydrocarbon-contaminated soils. International biodeterioration & biodegradation, 54(1), 19-25.
- [17] Reible, D., & Demnerova, K. (Eds.). (2012). Innovative approaches to the on-site assessment and remediation of contaminated sites (Vol. 15). Springer Science & Business Media.
- [18] Adeniyi, A. A., & Afolabi, J. A. (2002). Determination of total petroleum hydrocarbons and heavy metals in soils within the vicinity of facilities handling refined petroleum products in Lagos metropolis. Environment international, 28(1-2), 79-82.
- [19] Yıldırım S., (2015), Akaryakıt İstasyonlarında İş Güvenliği Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, İnsan Kaynakları Yönetimi Bilim Dalı, İstanbul.
- [20] Çavdar M, (2019), Akaryakıt İstasyonlarında Çevre Kirliliğinin Önlenmesi ve Sebep Olabileceği Sonuçlara İlişkin Sağlık, Emniyet, Çevre Tedbirleri, Yüksek Lisans Tezi, Üsküdar Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- [21] Franklin Fueling Systems, <https://www.franklinfueling.com/en/products/fuel->

[management-systems/](#) (Erişim Tarihi (20.5.2022)).

[22] Epik ř., (2006), Akaryakıt İstasyonunda İş Sağlığı, Emniet ve Çevre Yönetim Sisteminin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.

[23] Tüzmen S, (2010), Türkiye’de Akaryakıt İstasyonu Yer Seçimine Çok Amaçlı Bir Yaklaşım, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Sayısal Yöntemler Bilim Dalı, İstanbul.

[24] Gülçin K, (2015), Türkiye’de Petrol Endüstrisi ve Finansal Yatırım Kararları, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Muhasebe ve Finansman Bilim Dalı, Niğde.

[25] Potter, T.L., and Simmons, K.E. (1998). Composition of Petroleum Mixtures. Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group Series. Vol 2. Amehearst Scientific Publishers.

[26] Avcı, Ö. (2006). Türkiye-Avrupa Birliği Enerji Üretim ve Tüketiminin Karşılaştırılmalı olarak Değerlendirilmesi Çukurova Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul

[27] İsmail, M., M. Namık Y., ve Torhan M. AL-MUFTİ. "Khabaz Sahasında (Kuzey Irak) Farklı Rezervuarlardaki Petrollerin Jeostatistiksel Değerlendirilmesi." Türkiye Jeoloji Bülteni 60.3 (2017): 347-362.

[28] şire, Y. (2006). Akaryakıt İstasyonlarının Çok Kriterli Verimlilik Analizi, Boğaziçi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

[29] Kara, M., (2008)., Türkiye Petrol Sektörünün Rekabet Boyutundan Yapısal Analizi. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana.

[30] Baysal S., Boduroğlu T., 1997, Akaryakıt ve SPG Satış-Servis İstasyonlarında Teknik Emniet ve Güvenlik, Ankara, Türkiye

[31] (Baus, C., Hung, H.W., Sacher, F., Fleig, M., Brauch, H.J., (2005), MTBE in drinking water production – occurrence and efficiency of treatment Technologies, Acta Hydrochimica et Hydrobiologica ,33(2):118-132

[32] Sezer, İ.ve Bilgin, A.,(2002), Benzine MTBE Katılmasının Motor Performansına

Etkisi, 7. Uluslararası Yanma Sempozyumu, Ankara, 205-216

[33] Öztürk, M., (2004), Kurşunlu Benzin Tüketimi ve Kurşunun Etkileri, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara

[34] Davidson, J. M. and Creek D. N. 2000. Using the Gasoline additive MTBE in Forensic Enviromental Investigations. Enviromental Forensics, V. 1, 31-36.

[35] (Oil in the Sea: Inputs, Fates and Effects, 1985). National Research Council 1985. Oil in the Sea: Inputs, Fates, and Effects. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/314>.

[36] Awobajo AO (1981). An Analysis of Oil Spill Incidents in Nigeria: 1976- 1980. Proceedings of an International Seminar, Warri, Nigeria, pp. 57-63.

[37] Peterson, C. H., Rice, S. D., Short, J. W., Esler, D., Bodkin, J. L., Ballachey, B. E., & Irons, D. B. (2003). Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez oil spill. Science, 302(5653), 2082-2086.

[38] Kerr ve Diğerleri 13 AUGUST 2010 VOL 329 SCIENCE www.sciencemag.org (English) By: Kerr RA, Science (New York, N.Y.) [Science], ISSN: 1095-9203, 2010 Aug 13; Vol. 329 (5993), pp. 734-5; Publisher: American Association for the Advancement of Science; PMID: 20705818, Veritabanı: MEDLINE PubMed

[39] Ünlü, S., & Alpar, B. (2006). Distribution and sources of hydrocarbons in surface sediments of Gemlik Bay (Marmara Sea, Turkey). Chemosphere, 64(5), 764-777.

[40] Temeltaş, S., (2006)., Ham Petrol Bulaşmasının Toprağın Mikrobiyal Biyokütlesi Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

[41]<https://www.botas.gov.tr/uploads/dosyaYoneticisi/305323-botas-19.01.2022-tarihli-2.basin-ac%CC%A7iklamasi.pdf> (Erişim Tarihi (22.4.2022)).

[42] Kara H., (2015)., Diyarbakır İli Petrol Üretim Sahalarının Çevre Sularına Olası Etkisi ve Elektrokoagülasyon Yöntemi Kullanılarak Arıtılabilirliğinin Araştırılması

[43] Tuncan, M., Tuncan, A., Koyuncu, H., (1996). Petrollü Sondaj Atıkların Toprakta Meydana Getirdiği Kirliliğin Fiziksel Ve Kimyasal Etkilerinin Uygulamalı Araştırılması, Tübitak, Yer Deniz Atmosfer Bilimleri ve Çevre Araştırma Grubu, Proje No:KTÇAG-

- [44] Fingas, Merv. 2001. "The Basics Of Oil Spill Clean Up" , CRC Pres LLC
- [45] Zogorski, J.S., Morduchowitz, A., Baehr. A.L., Bauman, B.J., Drew, R.T., Korte, N.E., Lephram, W.W., Pankow, J.F., & Washington E.R., (1996), Fuel oxygenates and water quality: Current understanding of sources, occurrence in natural waters, environmental behavior, fate, and significance, Washington, DC, Office of Science and Technology Policy, 91 pp (Final report prepared for the Interagency Oxygenated Fuel Assessment)
- [46] Barcelo, D. and Petrovic M. 2005. Seeking solution to problems caused by MTBE contamination. Analytical Chemistry, Vol. 24, No. 4, 275-277
- [47] Özdemir ve Diğ, Daniels D. J., Gunton D. J . ve Scott H. F., Introduction to subsurface radar, IEE PROC., Vol 135, pp 278-320, 1988.)
- [48] Temlioğlu E., (2015), " Yere Nüfuz Eden Radar Görüntülerinde Morfolojik Bileşen Analizi Yöntemi ile Kargaşa Giderme ," İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [49] <https://www.ekoton.com.tr/tr/Ekoton/3/Karot-Ornekler-icin-Folyo-Yerlestirme-Aparati>
- [50] Yalçın, A., 1996. Sondaj yöntemleri ve uygulamaları. TMMOB Maden Müh. Odası yayını. 427s.
- [51] Devine, Catalina Espino, et al. "Development and testing of a field screening method based on bubbling extraction and photoionization detection for measurement of benzene and total VOCs." Groundwater Monitoring & Remediation 34.3 (2014): 95-104.
- [52] <http://gwsdat.net/home/> (Erişim Tarihi 26.10.2022).
- [53] Çiftçi A., (2020), Çoklu Metal ile Kirlenmiş Toprakların Fitoremediasyon ve İmmobilizasyonla Arıtımında Zeolit, Nanozeolit ve EDDS Uygulamasının Etkisi ve Sağlık Risk Analizi, Mersin Üniversitesi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Mersin.
- [54] İmamoglu İ., Erdogdu S, (2017). Kirlenmiş Saha Temizleme/İyileştirme Teknolojileri Kılavuzu

- [55] Sancak F. T.C., (2014), Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Yeraltısularından Numune Alma Kuyularının Özellikleri ve Numune alma Esaslarının Belirlenmesi, Uzmanlık Tezi, Ankara.
- [56] Batur, E.,(2019), Uzaktan Algılama Verilerinden Su Kalitesi Parametrelerinin Tespit Edilmesi, Doktora Tezi, İstanbul.
- [57] Yazıcıoğlu, H. (1997). Yeraltısuyu gözlem kuyularının sondajı ve taşanını, Jeoloji Mühendisliği, Sayı 50, Sayfa 23-32.
- [58]Alver, Erol, Ayla Demirci, and Mustafa Özcimder. "Polisiklik aromatik hidrokarbonlar ve sağlığa etkileri." Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 3.1 (2012): 45-52.
- [59] Kimyasal Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, 28733 sayılı Resmi Gazete, Ağustos 12, 2013
- [60] <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0264.html>
- [61] <https://iaqm.co.uk/>
- [62] NORBACK D, BJORNSSON E, JANSON C, WIDSTROM J, BOMAN G. Asthma and the indoor environment:the significance of emission of formaldehyde and volatile organic compounds from newly painted indoor surfaces. Occupational and Environmental Medicine. 52(69): 388-395, 1995.
- [63] BURTON BT. Volatile organic compounds. Indoor Air Pollution and Health. Marcel Dekker, New York, 1997
- [64] SANDMEYER EE. Aromatic hydrocarbons. S 3253-3431, 1982. [Editörler: GD CLAYTON; FE CLAYTON: Patty's Industrial Hygiene and Toxicology, 3 rd Edition, Wiley, New York].
- [65] Odermatt, JR. —Natural chromatographic separation of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes (BTEX compounds) in a gasoline contaminated ground water aquifer, Organic Geochemistry, 21: 1141–1150, (1994).
- [66] Akbulut, Can. K., (2009), akiferinin yeraltı suyu modellemesi ve petrol kirliliğinin temizlenmesine yönelik geçirgen reaktif bariyer yeri seçimi, Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mersin.

- [67] Bekir Fatih K., (2019), Ağır metal katkılı petrol hidrokarbonları kirliliği olan toprakların nano/bio yöntemiyle arıtımı, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- [68] Solmaz, S. K., Üstün, G. E., & Morsünbül, T. (2009). MTBE'nin çevresel etkileri ve giderimine yönelik arıtma teknikleri. Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, 14(2).
- [69] Jones, W., and Michael Spence. "GroundWater Spatio-Temporal Data Analysis Tool (GWSDAT Version 2.0) User Manual." Shell Global Solution (2013): 45.
- [70] Tuğrul G., (2019), RISC Modeli ile Kirlenmiş Sahalarda Risk Değerlendirmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Samsun.
- [71] Spence, L. "Risk-Integrated Software for Clean-ups Version 5–Chemical Properties Database." (2011).
- [72] US Federal Remediation Technologies Roundtable, Rem. Technologies Screening Matrix and Reference Guide, web site (https://frtr.gov/matrix2/top_page.html) Erişim Tarihi: Eylül, 2022
- [73] Prince, R. C., and G. S. Douglas. "Remediation of petrol and diesel in subsurface from petrol station leaks." Handbook of hydrocarbon and lipid microbiology. 2010.
- [74] Place, Matthew C. "Principles and practices of bioslurping." (2001).
- [75] Scragg, A. (1999). Environmental Biotechnology. Longman. England.
- [76] Baker, K.H, Herson, D.S. (1994). Bioremediation. McGraw – Hill, New York
- [77] Hugh, Russell, H.; Matthews, John, E.; Sewell, Guy, W. EPA Ground Water Issue: TCE Removal from Contaminated Soil and Ground Water. EPA/540/S-92/002. 1992.
- [78] Wolicka, D., Suszek, A., Borkowski A., Bielecka, A. (2009) Application of aerobic microorganisms in bioremediation in situ of soil contaminated by petroleum products Bioresource Technology 100, 3221–3227
- [79] Boopathy, R. (2000) Factors limiting bioremediation technologies. Biores. Technol., 74, 63–67.
- [80] Petigara, B.R., Blough N.V., Mignerey, A.C. (2002) Mechanisms of hydrogen

peroxide decomposition in soils, *Environ. Sci. Technol.* 36, 39–645.

[81] EPA, (1995) Contaminants and Remedial Options at Select Metals-Contaminated Sites, EPA/540/R-95/512.

[82] Macdonald, Jacqueline A., and Bruce E. Rittmann. "Performance standards for in situ bioremediation." *Environmental science & technology* 27.10 (1993): 1974-1979.

[83] Johnson, Paul, Cristin Bruce, and Karen Miller. In Situ Bioremediation of MTBE in Groundwater. NAVAL FACILITIES ENGINEERING SERVICE CENTER PORT HUENEME CA, 2003.

[84] USEPA. (2012). A Citizen's Guide to SVE and Air Sparging, EPA 542-F-12-018

[85] Leeson, Andrea, et al. Air sparging design paradigm. BATTELLE COLUMBUS OH, 2002.

[86] Keller, A.A., Sirivithayapakorn, S., Kram, M. (1999) Remediation of MTBE contaminated water and soil. *Remed J* 10:55–68

[87] UNIDO. (2014) . Survey of Soil Remediation Technology

EKLER

EK 1 Jenerik Kirletici Sınır Değerleri Listesi

EK 2 Kirletici Gösterge Parametreleri Listesi

EK 3 Jenerik Kirleticilerin Kirletici Gruplarına Göre Sınıflandırılması

EK 4 Temizleme Teknolojileri Matrisi

EK 5 Kanser ve Kanser Dışı Sağlık Riski Hesaplamaları (RISC5 Modeli Çıktı Özetleri)

EK-1: Jenerik Kirleticiler Sınır Değerler Listesi

JENERİK KİRLETİCİ SINIR DEĞERLERİ LİSTESİ *

Kirleticici	CAS No	Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim	Uçucu maddelerin dış ortamda solunması	Kaçak tozların dış ortamda solunması	Kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi ¹		
		(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)		
					SF = 10	SF = 1	
ORGANİKLER							
Akrilamid	79-06-1	0,1 ^c	- ⁱ	-	0,00003 ^{c,g}	0,000003 ^{c,g}	
Akrlonitril	107-13-1	1 ^{c,c}	0,3 ^c	-	0,0003 ^{c,g}	0,00003 ^{c,g}	
Akrolein	107-02-8	39 ^{b,c}	0,2 ^b	-	0,04 ^{b,g}	0,004 ^{b,g}	
Aldrin	309-00-2	0,03 ^e	- ⁱ	-	0,008 ^{c,g}	0,0008 ^{c,g}	
Antrasen	120-12-7	17203 ^b	- ^f	-	4490 ^{b,g}	449 ^{b,g}	
Asenaften	83-32-9	3441 ^b	- ^f	-	272 ^{b,g}	27 ^{b,g}	
Aseton (2-Propanon)	67-64-1	70393 ^{b,c}	- ^f	-	67 ^{b,g}	7 ^{b,g}	
Atrazin	1912-24-9	2 ^e	- ^f	-	0,01 ^h	0,001 ^h	
Benz(a)antrasen	56-55-3	0,6 ^c	- ^f	-	0,4 ^{c,g}	0,04 ^{c,g}	
Benzen	71-43-2	12 ^{c,c}	1 ^c	-	0,006 ⁱ	0,0006 ⁱ	
Benzidin	92-87-5	0,002 ^c	- ⁱ	-	0,00002 ^{c,g}	0,000002 ^{c,g}	
Benzo(a)piren	50-32-8	0,06 ^e	- ^f	-	0,1 ^{c,g}	0,01 ^{c,g}	
Benzo(b)floranten	205-99-2	0,6 ^e	- ^f	-	1 ^{c,g}	0,1 ^{c,g}	
Benzo(k)floranten	207-08-9	6 ^e	- ^f	-	14 ^{c,g}	1 ^{c,g}	
Benzoik asit	65-85-0	244420 ^b	- ^f	-	334 ^{b,g}	33 ^{b,g}	
Bis(2-etilhekzil)fitalat	117-81-7	35 ^c	- ^f	-	16 ^{c,g}	2 ^{c,g}	
Bis(2-kloroetil)eter	111-44-4	0,6 ^{c,c}	0,3 ^c	-	0,0001 ^{c,g}	0,00001 ^{c,g}	
Bis(2-kloroetoksi)metan	111-91-1	183 ^b	- ^f	-	0,2 ^{b,g}	0,02 ^{b,g}	
Bis(klorometil)eter	542-88-1	0,003 ^{c,e}	0,0003 ^e	-	0,0000006 ^{c,g}	0,00000006 ^{c,g}	
Bromodiklorometan	75-27-4	10 ^{c,e}	- ^f	-	0,003 ^{c,g}	0,0003 ^{c,g}	
Bromoform	75-25-2	61 ^e	- ⁱ	-	0,3 ^h	0,03 ^h	
Butanol	71-36-3	6110 ^b	- ^f	-	7 ^{b,g}	0,7 ^{b,g}	
Butil benzil fitalat	85-68-7	256 ^c	- ^f	-	7 ^{c,g}	0,7 ^{c,g}	
DDD	72-54-8	2 ^c	- ^f	-	0,9 ^{c,g}	0,09 ^{c,g}	
DDE	72-55-9	1 ^c	- ^f	-	0,6 ^{c,g}	0,06 ^{c,g}	
DDT	50-29-3	2 ^c	- ⁱ	-	0,9 ^{c,g}	0,09 ^{c,g}	
Dibenz(a,h)antrasen	53-70-3	0,06 ^e	- ^f	-	0,5 ^{c,g}	0,05 ^{c,g}	
1,2-Diklorobenzen	95-50-1	7039 ^{b,c}	222 ^d	-	11 ^h	1 ^h	
1,4-Diklorobenzen	106-46-7	118 ^{c,e}	9762 ^b	-	3 ^h	0,3 ^h	
3,3'-Diklorobenzidin	91-94-1	1 ^c	- ^f	-	0,02 ^{c,g}	0,002 ^{c,g}	

Kirletici	CAS No	Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim	Uçucu maddelerin dış ortamda solunması	Kaçak tozların dış ortamda solunması	Kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi ¹	
		(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)	
					SF = 10	SF = 1
1,1-Dikloroetan	75-34-3	15643 ^{b,c}	1167 ^b	-	21 ^{b,g}	2 ^{b,g}
1,2-Dikloroetan	107-06-2	7 ^{c,e}	0,5 ^c	-	0,002 ^{c,g}	0,0002 ^{c,g}
1,1-Dikloroetilen	75-35-4	1 ^{c,e}	0,06 ^e	-	0,0004 ^{c,g}	0,00004 ^{c,g}
1,2-cis-Dikloroetilen	156-59-2	782 ^{b,c}	- ^f	-	0,2 ^h	0,02 ^h
1,2-trans-Dikloroetilen	156-60-5	1564 ^{b,c}	118 ^b	-	2 ^{b,g}	0,2 ^{b,g}
2,4-Diklorofenol	120-83-2	183 ^b	- ^f	-	2 ^{b,g}	0,2 ^{b,g}
2,4-Diklorofenoksi asetik asit	94-75-7	686 ^b	- ^f	-	0,08 ^h	0,008 ^h
1,2-Dikloropropan	78-87-5	18 ^{c,e}	16 ^b	-	0,1 ^h	0,01 ^h
1,3-Dikloropropen	542-75-6	6 ^{c,e}	2 ^e	-	0,003 ^{c,g}	0,0003 ^{c,g}
Dieldrin	60-57-1	0,03 ^e	- ⁱ	-	0,0009 ^{c,g}	0,00009 ^{c,g}
Dietilfitalat	84-66-2	48884 ^b	- ^f	-	132 ^{b,g}	13 ^{b,g}
1,2-Difenilhidrazin	122-66-7	0,6 ^e	- ⁱ	-	0,006 ^{c,g}	0,0006 ^{c,g}
2,4-Dimetilfenol	105-67-9	1222 ^b	- ^f	-	12 ^{b,g}	1 ^{b,g}
Dimetilfitalat	131-11-3	611049 ^b	- ^f	-	1001 ^{b,g}	100 ^{b,g}
Di-n-butil fitalat	84-74-2	6110 ^b	- ^f	-	99 ^d	11 ^{b,g}
4,6-Dinitro-o-kresol	534-52-1	6 ^b	- ^f	-	0,05 ^{b,g}	0,005 ^{b,g}
2,4-Dinitrofenol	51-28-5	122 ^b	- ^f	-	0,7 ^{b,g}	0,07 ^{b,g}
2,4-Dinitrotoluen	121-14-2	122 ^b	- ^f	-	0,7 ^{b,g}	0,07 ^{b,g}
2,6-Dinitrotoluen	606-20-2	61 ^b	- ^f	-	0,3 ^{b,g}	0,03 ^{b,g}
Di-n-oktil fitalat	117-84-0	2444 ^b	- ^f	-	24 ^d	24 ^d
Endosülfan	115-29-7	367 ^b	- ^f	-	97 ^{b,g}	10 ^{b,g}
Endrin	72-20-8	18 ^b	- ^f	-	0,1 ^h	0,01 ^h
Etilbenzen	100-41-4	7821 ^{b,c}	14 ^e	-	4 ^h	0,4 ^h
Fenol	108-95-2	18331 ^b	- ^f	-	81 ^{b,g}	8 ^{b,g}
Floranten	206-44-0	2294 ^b	- ^f	-	2073 ^{b,g}	207 ^{b,g}
Fluoren	86-73-7	2294 ^b	- ^f	-	333 ^{b,g}	33 ^{b,g}
Furan	110-00-9	78 ^{b,c}	- ^f	-	0,1 ^{b,g}	0,01 ^{b,g}
α-HCH (α-BHC)	319-84-6	0,08 ^c	- ⁱ	-	0,0007 ^{c,g}	0,00007 ^{c,g}
β-HCH (β-BHC)	319-85-7	0,3 ^c	- ⁱ	-	0,003 ^{c,g}	0,0003 ^{c,g}
γ-HCH (Lindan)	58-89-9	0,5 ^c	- ^f	-	0,1 ^h	0,01 ^h
Hekzakloro-1,3-bütadien	87-68-3	6 ^e	- ⁱ	-	0,01 ^h	0,001 ^h
Hekzaklorobenzen	118-74-1	0,3 ^e	- ⁱ	-	0,003 ^{c,g}	0,0003 ^{c,g}
Hekzakloroetan	67-72-1	35 ^e	- ⁱ	-	0,03 ^{c,g}	0,003 ^{c,g}
Hekzaklorosiklopentadien	77-47-4	367 ^b	- ⁱ	-	8 ^{b,g}	0,8 ^{b,g}
Heptaklor	76-44-8	0,1 ^c	- ⁱ	-	0,02 ^{c,g}	0,002 ^{c,g}

Kirletici	CAS No	Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim	Uçucu maddelerin dış ortamda solunması	Kaçak tozların dış ortamda solunması	Kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi ¹ (mg/kg fırın kuru toprak)	
		(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)	SF = 10	SF = 1
Heptaklorepoksit	1024-57-3	0,05 ^c	- ⁱ	-	0,0008 ^{c,g}	0,00008 ^{c,g}
Hidrokinon	123-31-9	9 ^c	- ^f	-	0,01 ^{c,g}	0,001 ^{c,g}
Indeno(1,2,3-cd)piren	193-39-5	0,6 ^e	- ^f	-	5 ^{c,g}	0,5 ^{e,g}
İzoforon	78-59-1	511 ^e	- ^f	-	0,2 ^{c,g}	0,02 ^{e,g}
Karbaril	63-25-2	6110 ^b	- ^f	-	25 ^{b,g}	2 ^{b,g}
Karbazol	86-74-8	24 ^c	- ^f	-	0,8 ^{e,g}	0,08 ^{c,g}
Karbofuran	1563-66-2	306 ^b	- ^f	-	0,6 ^{b,g}	0,06 ^{b,g}
Karbon disülfid	75-15-0	7821 ^{b,c}	257 ^d	-	9 ^{b,g}	0,9 ^{b,g}
Karbon tetraklorit	56-23-5	5 ^{c,e}	0,3 ^e	-	0,02 ^h	0,002 ^h
Klordan	57-74-9	2 ^e	- ⁱ	-	0,3 ^{c,g}	0,03 ^{e,g}
p-Kloroanilin	106-47-8	9 ^e	- ^f	-	0,004 ^{e,g}	0,0004 ^{e,g}
Klorobenzen	108-90-7	1564 ^{b,c}	374 ^b	-	5 ^{b,g}	0,5 ^{b,g}
Klorodibromometan	124-48-1	6 ^e	- ^f	-	0,3 ^h	0,03 ^h
2-Klorofenol	95-57-8	391 ^{b,c}	- ^f	-	2 ^{b,g}	0,2 ^{b,g}
Kloroform	67-66-3	105 ^{c,c}	0,3 ^c	-	0,8 ^h	0,08 ^h
Klorometan	74-87-3	49 ^{c,c}	2 ^c	-	0,01 ^{c,g}	0,001 ^{c,g}
beta-Kloronaftalin	91-58-7	6257 ^{b,c}	- ^f	-	180 ^{b,g}	18 ^{b,g}
m-Kresol	108-39-4	3055 ^b	- ^f	-	19 ^{b,g}	2 ^{b,g}
o-Kresol	95-48-7	3055 ^b	- ^f	-	20 ^{b,g}	2 ^{b,g}
p-Kresol	106-44-5	306 ^b	- ^f	-	2 ^{b,g}	0,2 ^{b,g}
Krizen	218-01-9	62 ^c	- ^f	-	43 ^{e,g}	4 ^{c,g}
Ksilen, karışım	1330-20-7	15643 ^{b,c}	298 ^d	-	81 ^{b,g}	8 ^{b,g}
m-Ksilen	108-38-3	156429 ^{b,c}	- ^f	-	444 ^d	80 ^{b,g}
o-Ksilen	95-47-6	156429 ^{b,c}	- ^f	-	297 ^d	81 ^{b,g}
Maneb	12427-38-2	306 ^b	- ^f	-	0,4 ^{b,g}	0,04 ^{b,g}
MCPA	94-74-6	31 ^b	- ^f	-	0,005 ^h	0,0005 ^h
Metil bromür	74-83-9	110 ^{b,c}	8 ^b	-	0,1 ^{b,g}	0,01 ^{b,g}
Metil tersiyer-bütil eter (MTBE)	1634-04-4	355 ^{c,e}	6941 ^d	-	0,08 ^{c,g}	0,008 ^{e,g}
Metilen klorür	75-09-2	85 ^{c,c}	12 ^c	-	0,05 ^h	0,005 ^h
Metoksiklor	72-43-5	306 ^b	- ^f	-	156 ^{b,g}	16 ^{b,g}
Naftalin	91-20-3	1147 ^b	165 ^b	-	28 ^{b,g}	3 ^{b,g}
Nitrobenzen	98-95-3	39 ^{b,c}	147 ^b	-	0,1 ^{b,g}	0,01 ^{b,g}
2-Nitrofenol	88-75-5	- ^f	- ^f	-	- ^f	- ^f
4-Nitrofenol	100-02-7	489 ^b	- ^f	-	2 ^{b,g}	0,2 ^{b,g}
N-Nitrozodimetilamin	62-75-9	0,01 ^c	0,02 ^c	-	0,3 ^h	0,03 ^h

Kirletici	CAS No	Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim	Uçucu maddelerin dış ortamda solunması	Kaçak tozların dış ortamda solunması	Kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi ¹ (mg/kg fırın kuru toprak)	
		(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)	SF = 10	SF = 1
N-Nitrozo-di-N-propilamin	621-64-7	0,07 ^e	- ^f	-	0,0001 ^{e,g}	0,00001 ^{e,g}
N-Nitrozodifenilamin	86-30-6	99 ^e	- ^f	-	2 ^{e,g}	0,2 ^{e,g}
PCB ²	1336-36-3	0,2 ^e	- ⁱ	-	0,03 ^{e,g}	0,003 ^{e,g}
PCB ³	1336-36-3	6 ^e	- ^f	-	0,9 ^{e,g}	0,09 ^{e,g}
Pentaklorobenzen	608-93-5	49 ^b	- ^f	-	1 ^{b,g}	0,1 ^{b,g}
Pentaklorofenol	87-86-5	3 ^e	- ^f	-	0,04 ^{e,g}	0,004 ^{e,g}
Piren	129-00-0	1720 ^b	- ^f	-	1522 ^{b,g}	152 ^{b,g}
Piridin	110-86-1	78 ^{b,c}	- ^f	-	0,1 ^{b,g}	0,01 ^{b,g}
Sikloheksanon	108-94-1	305525 ^b	- ^f	-	421 ^{b,g}	42 ^{b,g}
Stiren	100-42-5	15643 ^{b,c}	1001 ^d	-	0,2 ^h	0,02 ^h
1,2,4,5-Tetraklorobenzen	95-94-3	18 ^b	- ^f	-	0,3 ^{b,g}	0,03 ^{b,g}
2,3,7,8-Tetraklorodibenzo- p-Dioksin	1746-01-6	0,000004 ^e	- ^f	-	0,000002 ^{e,g}	0,0000002 ^{e,g}
1,1,2,2-Tetrakloroetan	79-34-5	3 ^{c,e}	0,7 ^e	-	0,001 ^{e,g}	0,0001 ^{e,g}
Tetrakloroetilen	127-18-4	1 ^{c,e}	1 ^e	-	0,2 ^h	0,02 ^h
Tetraetil kurşun	78-00-2	0,006 ^b	- ^f	-	0,0001 ^{b,g}	0,00001 ^{b,g}
Toksafen	8001-35-2	0,4 ^e	- ⁱ	-	0,1 ^{e,g}	0,01 ^{e,g}
Toluen	108-88-3	6257 ^{b,c}	925 ^d	-	5 ^h	0,5 ^h
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Alifatik) (EC5 - EC8) ⁴	0-01-0	4693 ^{b,c}	- ⁱ	-	4 ^{b,g}	0,4 ^{b,g}
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Alifatik) (EC8> - EC16) ⁴	0-01-1	7821 ^{b,c}	- ⁱ	-	7 ^{b,g}	0,7 ^{b,g}
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Alifatik) (EC16> - EC35) ⁴	0-00-9	156429 ^{b,c}	- ^f	-	146 ^{b,g}	15 ^{b,g}
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Aromatik) (EC5 - EC9) ⁴	0-01-3	15643 ^{b,c}	- ⁱ	-	15 ^{b,g}	1 ^{b,g}
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Aromatik) (EC9> - EC16) ⁴	0-01-4	1564 ^{b,c}	- ⁱ	-	1 ^{b,g}	0,1 ^{b,g}
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Aromatik) (EC16> - EC35) ⁴	0-01-2	2346 ^{b,c}	- ^f	-	2 ^{b,g}	0,2 ^{b,g}
Tributiltin oksit	56-35-9	18 ^b	- ^f	-	8249 ^{b,g}	825 ^{b,g}
Triklorobenzen	120-82-1	782 ^{b,c}	95 ^b	-	6 ^{b,g}	0,6 ^{b,g}
1,1,1-Trikloroetan	71-55-6	156429 ^{b,c}	677 ^d	-	261 ^{b,g}	26 ^{b,g}
1,1,2-Trikloroetan	79-00-5	11 ^{c,e}	1 ^e	-	0,004 ^{e,g}	0,0004 ^{e,g}

Kirleticici	CAS No	Toprağın yutulması ve deri teması yoluyla emilim	Uçucu maddelerin dış ortamda solunması	Kaçak tozların dış ortamda solunması	Kirleticilerin yeraltı suyuna taşınması ve yeraltı suyunun içilmesi ¹	
		(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)	(mg/kg fırın kuru toprak)	
					SF = 10	SF = 1
Trikloroetilen	79-01-6	2 ^{c,e}	0,05 ^e	-	0,07 ^h	0,007 ^h
2,4,5-Triklorofenol	95-95-4	6110 ^b	- ^f	-	94 ^{b,g}	9 ^{b,g}
2,4,6-Triklorofenol	88-06-2	44 ^e	532 ^e	-	0,2 ^{c,g}	0,02 ^{e,g}
Vinil asetat	108-05-4	78214 ^{b,e}	969 ^b	-	78 ^{b,g}	8 ^{b,g}
Vinil klorür (kloroetilen)	75-01-4	0,4 ^{c,e,k}	0,6 ^{e,l}	-	0,0002 ^{e,g,k}	0,00002 ^{e,g,k}
İNORGANİKLER						
Antimon	7440-36-0	31 ^{b,e}	-	- ^f	2 ⁱ	0,2 ⁱ
Arsenik	7440-38-2	0,4 ^e	-	471 ^e	3 ⁱ	0,3 ⁱ
Bakır	7440-50-8	3129 ^{b,e}	-	- ^f	514 ^{b,g}	51 ^{b,g}
Baryum	7440-39-3	15643 ^{b,e}	-	433702 ^b	288 ^h	29 ^h
Berilyum	7440-41-7	0,1 ^{c,e}	-	843 ^e	0,1 ^{c,g}	0,01 ^{e,g}
Civa	7439-97-6	23 ^{b,e}	3 ^d	-	3 ^d	0,6 ^{b,g}
Çinko	7440-66-6	23464 ^{b,e}	-	- ^f	6811 ^{b,g}	681 ^{b,g}
Gümüş	7440-22-4	391 ^{b,e}	-	- ^f	16 ^{b,g}	2 ^{b,g}
Kadmiyum	7440-43-9	70 ^{b,m}	-	1124 ^e	27 ^{b,g}	3 ^{b,g}
Kalay	7440-31-5	46929 ^{b,e}	-	- ^f	54794 ^{b,g}	5479 ^{b,g}
Kobalt	7440-48-4	23 ^{b,e}	-	225 ^e	5 ^{b,g}	0,5 ^{b,g}
Krom (III)	16065-83-1	117321 ^{b,e}	-	- ^f	- ^j	- ^j
Krom (VI)	18540-29-9	235 ^{b,e}	-	24 ^e	10 ⁱ	1 ⁱ
Krom (toplam) ⁵	7440-47-3	235 ^{b,e}	-	24 ^e	900000 ⁱ	1 ⁱ
Kurşun	7439-92-1	400 ⁿ	-	- ^f	135 ^{b,g}	14 ^{b,g}
Molibden	7439-98-7	391 ^{b,e}	-	- ^f	14 ^h	1 ^h
Nikel	7440-02-0	1564 ^{b,e}	-	- ^f	13 ⁱ	1 ⁱ
Selenyum	7782-49-2	391 ^{b,e}	-	- ^f	0,5 ⁱ	0,05 ⁱ
Talyum	7440-28-0	5 ^{b,e}	-	- ^f	2 ^{b,g}	0,2 ^{b,g}
Titanyum	7440-32-6	312857 ^{b,e}	-	- ^f	- ^j	146029 ^{b,g}
Vanadyum	7440-62-2	548 ^{b,e}	-	- ^f	2556 ^{b,g}	256 ^{b,g}
Siyanür	57-12-5	1564 ^{b,e}	-	- ^f	5 ⁱ	0,5 ⁱ
Tiyosiyanat	463-56-9	16 ^{b,e}	-	- ^f	0,02 ^{b,g}	0,002 ^{b,g}

¹

Akifere olan mesafenin 3m'den az olması, akiferin çatlaklı veya karstik olması ya da kirlilik kaynağı alanının 10 hektar veya daha büyük olması koşullarından herhangi birinin geçerli olması halinde seyrelme faktörü SF "1" ; diğer durumlarda SF "10" olarak kabul edilmelidir.

² Aroklor 1016 dışında kalan tüm karışımlar için dikkate alınmalıdır.

³ Sadece Aroklor 1016 karışımları için dikkate alınmalıdır.

- EC: Edeğer karbon sayısı. Detaylı bilgi için bakınız ABD EPA, 2002. (Provisional Peer Reviewed Toxicity Values for Total Petroleum Hydrocarbons. Superfund Health Risk Technical Support Center National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Development, Cincinnati, OH 45268).
- ⁵ Krom (VI) için hesaplanan sınır değerler kullanılmıştır.
- ^a Jenerik Kirleticiler Sınır Değerlerinin hesaplanmasında insan sağlığı üzerine riskler dikkate alınmıştır.
- ^b Bu değerlerin hesaplanmasında tehlike endeksi “1” olarak kabul edilmiştir.
- ^c Bu kirleticiler için deri emilim faktörü bulunmadığından sadece toprağın yutulması maruziyet yolu dikkate alınmıştır.
- ^d Toprak doygunluk konsantrasyonu (C_{sat}).
- ^e Bu değerlerin hesaplanmasında kanser riski “10⁻⁶” olarak kabul edilmiştir.
- ^f Bu maruziyet yolu için toksikolojik değer bulunmamaktadır.
- ^g Bu değerlerin hesaplanmasında HSL değeri kullanılmıştır.
- ^h Bu değerlerin hesaplanmasında Dünya Sağlık Örgütü’nün belirlediği içme suyu standardı kullanılmıştır.
- ⁱ Bu değerlerin hesaplanmasında TS-266 İnsani Tüketim Amaçlı Sular standardında içme ve kullanma suları için verilmiş olan sınır değer kullanılmıştır.
- ^j Bu kirleticilere ait D_i ve D_w değerleri bulunmadığı için bu maruziyet yolu için sınır değer hesaplanamamıştır.
- ^k Topraktaki kirleticiler konsantrasyonu ne olursa olsun, kimyasala özgü özellikler nedeniyle, bu maruziyet yolunun dikkate alınmasına gerek bulunmamaktadır.
- ^l Bu sınır değer vinil klorür’e ömür boyunca sürekli olarak maruz kalındığı varsayılarak hesaplanmıştır.
- ^m Bu sınır değerlerin hesaplanmasında Kadmium’un besin yoluyla vücuda alınması için belirlenen RfD_e değeri kullanılmıştır.
- ⁿ Bu değer ABD EPA, 1994’den alınmıştır (ABD EPA, 1994. Revised Interim Soil Lead Guidance for CERCLA Sites and RCRA Corrective Action Facilities, EPA/540/F-94/043, Office of Solid Waste and Emergency Response, Washington, D.C. Directive 9355.4-12.).
- ^o Bu değer civa klorür (CAS No. 7847-94-7) için belirlenen RfD_e değeri kullanılarak hesaplanmıştır.
- ^p Bu değer talyum sülfat (CAS No. 7446-18-6) için belirlenen RfD_e değeri kullanılarak hesaplanmıştır.

EK-2: Kirlilik Gösterge Parametreleri Listesi,

Tablo 1. Kirlilik Gösterge Parametreleri Listesi

Parametre	Sembol
Benzen, Toluen, Etilbenzen, Ksilen	BTEX
Asbest	Asbest
pH	pH
Toplam Organik Halojen	TOX*
Toplam Petrol Hidrokarbonları	TPH
Yağ-Gres	Yağ-Gres
Toplam Uçucu Organik Bileşikler	TVOCs**
Kadmiyum	Cd
Cıva	Hg
Çinko	Zn
Bakır	Cu
Nikel	Ni
Krom	Cr
Kurşun	Pb
Selenyum	Se
Arsenik	As
Antimon	Sb
Molibden	Mo
Titanyum	Ti
Kalay	Sn
Baryum	Ba
Berilyum	Be
Bor	B
Uranyum	U
Vanadyum	V
Kobalt	Co
Talyum	Tl
Gümüş	Ag

* Su örneklerinde TOX yerine AOX (adsorblanabilen organik halojenler) ölçümü yapılacaktır.

** Sadece gaz örneklerinde, gaz numunelerinde ölçümün söz konusu olması halinde saha tipi cihazlarla ölçülerek belirlenecektir.

EK-3 :JENERİK KİRLETİCİLERİN KİRLETİCİ GRUPLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMASI

Jenerik Kirleticiler	CAS No	VOC	HVOC	SVOC	HSVOC	Yakıt	İnorganik	Patlayıcı
Organikler								
Akrilamid	79-06-1			●				
Akrilonitril	107-13-1	●						
Akrolein	107-02-8	●						
Aldrin	309-00-2				●			
Antrasen	120-12-7			●		●		
Asenaften	83-32-9			●		●		
Aseton (2-Propanon)	67-64-1	●						
Atrazin	1912-24-9				●			
Benz(a)antrasen	56-55-3			●		●		
Benzen	71-43-2					●		
Benzidin	92-87-5			●				
Benzo(a)piren	50-32-8			●		●		
Benzo(b)floranten	205-99-2			●		●		
Benzo(k)floranten	207-08-9			●		●		
Benzoik asit	65-85-0			●				
Bis(2-etilhekzil)ftalat	117-81-7			●				
Bis(2-kloroetil)eter	111-44-4				●			
Bis(2-kloroetoksi)metan	111-91-1				●			
Bis(klorometil)eter	542-88-1				●			
Bromodiklorometan	75-27-4		●					
Bromoform	75-25-2		●					
Butanol	71-36-3	●						
Butil benzil ftalat	85-68-7			●				
DDD	72-54-8				●			
DDE	72-55-9				●			
DDT	50-29-3				●			
Dibenz(a,h)antrasen	53-70-3					●		
1,2-Diklorobenzen	95-50-1				●			
1,4-Diklorobenzen	106-46-7				●			
3,3'-Diklorobenzidin	91-94-1				●			
1,1-Dikloroetan	75-34-3		●					
1,2-Dikloroetan	107-06-2		●					
1,1-Dikloroetilen	75-35-4		●					
1,2-cis-Dikloroetilen	156-59-2		●					
1,2-trans-Dikloroetilen	156-60-5		●					
2,4-Diklorofenol	120-83-2				●			
2,4-Diklorofenoksi asetik asit	94-75-7		●		●			
1,2-Dikloropropan	78-87-5		●					
1,3-Dikloropropen	542-75-6		●					



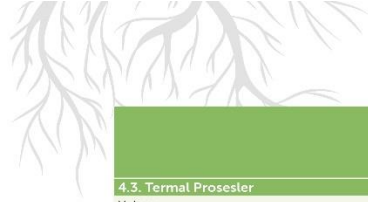
Jenerik Kirleticiler	CAS No	VOC	HVOC	SVOC	HSVOC	Yakıt	İnorganik	Patlayıcı
Dieldrin	60-57-1				●			
Dietilfitalat	84-66-2			●				
1,2-Difenilhidrazin	122-66-7			●				
2,4-Dimetilfenol	105-67-9					●		
Dimetilfitalat	131-11-3			●				
Di-n-butil fitalat	84-74-2			●				
4,6-Dinitro-o-kresol	534-52-1	●		●				
2,4-Dinitrofenol	51-28-5			●				
2,4-Dinitrotoluen	121-14-2							●
2,6-Dinitrotoluen	606-20-2							●
Di-n-oktil fitalat	117-84-0			●				
Endosülfan	115-29-7				●			
Endrin	72-20-8				●			
Etilbenzen	100-41-4					●		
Fenol	108-95-2					●		
Floranten	206-44-0					●		
Fluoren	86-73-7			●		●		
Furan	110-00-9	●		●				
α-HCH (α-BHC)	319-84-6				●			
β-HCH (β-BHC)	319-85-7				●			
γ-HCH (Lindan)	58-89-9				●			
Hekzakloro-1,3-bütadien	87-68-3		●		●			
Hekzaklorobenzen	118-74-1				●			
Hekzakloroetan	67-72-1		●					
Hekzaklorosiklopentadien	77-47-4		●		●			
Heptaklor	76-44-8				●			
Heptaklorepoksit	1024-57-3				●			
Hidrokinon	123-31-9			●				
Indeno(1,2,3-cd)piren	193-39-5			●		●		
İzoforon	78-59-1			●				
Karbaril	63-25-2			●				
Karbazol	86-74-8			●				
Karbofuran	1563-66-2			●				
Karbon disülfid	75-15-0	●						
Karbon tetraklorit	56-23-5		●					
Klordan	57-74-9				●			
p-Kloroanilin	106-47-8				●			
Klorobenzen	108-90-7				●			
Klorodibromometan	124-48-1		●					
2-Klorofenol	95-57-8				●			
Kloroform	67-66-3		●					
Klorometan	74-87-3		●					



Jenerik Kirleticiler	CAS No	VOC	HVOC	SVOC	HSVOC	Yakıt	inorganik	Patlayıcı
beta-Kloronaftalin	91-58-7				●			
m-Kresol	108-39-4					●		
o-Kresol	95-48-7					●		
p-Kresol	106-44-5					●		
Krizen	218-01-9			●		●		
Ksilen, karışım	1330-20-7	●				●		
m-Ksilen	108-38-3					●		
o-Ksilen	95-47-6					●		
Maneb	12427-38-2			●				
MCPA	94-74-6				●			
Metil bromür	74-83-9		●					
Metil tersiyer-bütil eter (MTBE)	1634-04-4	●				●		
Metilen klorür	75-09-2		●					
Metoksiklor	72-43-5				●			
Naftalin	91-20-3			●		●		
Nitrobenzen	98-95-3	●						
2-Nitrofenol	88-75-5			●				
4-Nitrofenol	100-02-7			●				
N-Nitrozodimetilamin	62-75-9			●				
N-Nitrozo-di-N-propilamin	621-64-7			●				
N-Nitrozodifenilamin	86-30-6			●				
PCB	1336-36-3				●			
Pentaklorobenzen	608-93-5				●			
Pentaklorofenol	87-86-5				●			
Piren	129-00-0			●		●		
Piridin	110-86-1					●		
Sikloheksanon	108-94-1	●						
Stiren	100-42-5	●						
1,2,4,5-Tetraklorobenzen	95-94-3				●			
2,3,7,8-Tetraklorodibenzo-p-Dioksin	1746-01-6				●			
1,1,2,2-Tetrakloroetan	79-34-5		●					
Tetrakloroetilen	127-18-4		●					
Tetraetil kurşun	78-00-2	●				●		
Toksafen	8001-35-2				●			
Toluen	108-88-3					●		
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Alifatik) (EC5 - EC8)	0-01-0					●		
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Alifatik) (EC8> - EC16)	0-01-1					●		
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Alifatik) (EC16> - EC35)	0-00-9					●		



Jenerik Kirleticiler	CAS No	VOC	HVOC	SVOC	HSVOC	Yakıt	İnorganik	Patlayıcı
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Aromatik) (EC5 - EC9)	0-01-3					●		
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Aromatik) (EC9> - EC16)	0-01-4					●		
Toplam Petrol Hidrokarbonları (Aromatik) (EC16> - EC35)	0-01-2					●		
Tribütilin oksit	56-35-9			●				
Triklorobenzen	120-82-1				●			
1,1,1-Trikloroetan	71-55-6		●					
1,1,2-Trikloroetan	79-00-5		●					
Trikloroetilen	79-01-6		●					
2,4,5-Triklorofenol	95-95-4				●			
2,4,6-Triklorofenol	88-06-2				●			
Vinil asetat	108-05-4	●						
Vinil klorür (kloroetilen)	75-01-4		●					
İnorganikler								
Antimon	7440-36-0						●	
Arsenik	7440-38-2						●	
Bakır	7440-50-8						●	
Baryum	7440-39-3						●	
Berilyum	7440-41-7						●	
Civa	7439-97-6						●	
Çinko	7440-66-6						●	
Gümüş	7440-22-4						●	
Kadmiyum	7440-43-9						●	
Kalay	7440-31-5						●	
Kobalt	7440-48-4						●	
Krom (III)	16065-83-1						●	
Krom (VI)	18540-29-9						●	
Krom (toplam)	7440-47-3						●	
Kurşun	7439-92-1						●	
Molibden	7439-98-7						●	
Nikel	7440-02-0						●	
Selenyum	7782-49-2						●	
Talyum	7440-28-0						●	
Titanyum	7440-32-6						●	
Vanadyum	7440-62-2						●	
Siyanür	57-12-5						●	
Tiyosiyanat	463-56-9						●	



	Yerinde (İ) / Yerinden Alınarak (E)	Ortam (T-toprak Y-yeraltı suyu)	Kirleneticiler Sınıfları							Kriterler					
			VOC	HVOC	SVOC	HSVOC	Yakıt	İnorganik	Patlayıcı	Tek Başına Uygulanabilirlik	Bakım Sıklığı	Güvenilirlik ve Takip	Yatırım Maliyeti	Genel Maliyet	Zaman
4.3. Termal Prosesler															
Yakma	E	T	●	●	●	●	●		●	●	○	●	○	○	●
Isıl Arıtım	İ	T	●	●	●	●	●			○	○	●	○	○	●
Isıl Desorpsiyon	E	T	●	●	●	●	●		●	●	○	●	○	○	●
Piroliz	E	T	●	●	●	●	●			●	○	○	○	○	●
Açık Yakma/Açık Patlatma	E	T		●		●	●		●	●	○	○	○	○	●

Açıklamalar	
Yerinde/Yerinden Alınarak	Teknolojinin yerinde mi yerinden alınarak mı uygulandığını gösterir. E: Yerinden Alınarak I: Yerinde uygulanan
Ortam	Teknolojinin uygulandığı gösteren parametredir. T: Toprakta uygulanan teknoloji Y: Yeraltı suyunda uygulanan teknoloji
Tek Başına Uygulanabilirlik	Teknolojinin tek başına mı uygulandığı yoksa bir arıtma sisteminin parçası olarak diğer sistemlerle birlikte mi kullanılması gerektiği
Bakım Sıklığı	Teknolojinin işletilmesinde ne kadar sıklıkla bakıma ihtiyaç duyduğuna ilişkin gösterge
Güvenilirlik ve Takip Etme	Teknolojinin güvenilirliği kanıtlanmış midir ve işletme için sürekli olarak bir personelin kontrolüne ihtiyaç duyulur mu?
Yatırım Maliyeti	Teknolojinin ilk yatırım maliyetini belirler
Genel Maliyet	Listelenen teknolojilerin tasarım, kurulum, işletme ve bakım ihtiyaçlarının maliyetlerinin birbirlerine göre kıyaslanması
Zaman	Teknoloji ile "standart" bir sahanın temizlenmesinin alacağı yaklaşık süre
Kirlenici Sınıfları	VOC; HVOC; HSVOC; SVOC; İnorganikler, Yakıtlar ve Patlayıcılar altında sınıflandırılan kirlenicileri ifade etmektedir

		Ortalama Üstü ●	Ortalama ●	Ortalama Altı ○	Diğer ◆
Tek Başına Uygulanabilirlik		Kendi başına uygulanabilir veya tek bir tek teknolojiyle uygulanır, karmaşık olmayan teknoloji	İki-üç aşamalı arıtma sistemleri ile basitçe uygulanabilir, yaygın teknoloji	Karmaşık şekilde, farklı temizleme teknolojileriyle birlikte kullanılabilir	Bu konudaki etkinlik, kirlenici türüne, kirliliğin dağılımına ve tasarıma bağlı olarak değişim gösterir
Bakım Sıklığı		Nadir bakım ihtiyacı	Ortalama bakım ihtiyacı	Sık bakım ihtiyacı	
Güvenilirlik ve Takip Etme		Kanıtlanmış güvenilirliği olan ve düşük takip etme gerektiren sistem	Orta derecede güvenilirliği olan ve orta derecede takip etme gerektiren sistem	Güvenilirliği düşük olan ve sürekli takip edilmesi gerekli olan sistem	
Yatırım Maliyeti		Düşük ana yatırım maliyeti	Ortalama ana yatırım maliyeti	Yüksek ana yatırım maliyeti	
Genel Maliyet		Diğer alternatiflere kıyasla düşük genel maliyet	Diğer alternatiflere kıyasla ortalama genel maliyet	Diğer alternatiflere kıyasla yüksek genel maliyet	
Zaman	Yerinde Toprak Temizleme	1 Yıdan az	1 - 3 Yıl	3 Yıdan fazla	
	Yerinden Alınarak Toprak Temizleme	6 Aydan az	6 Ay - 1 Yıl	1 Yıdan fazla	
	Yeraltı Suyu Temizleme	3 Yıdan az	3 - 10 Yıl	10 Yıdan fazla	
Kirlenici Sınıfları		Tam veya pilot ölçekte başarıyla yapılabilir, kanıtlanmış Tam veya pilot ölçekte başarıyla yapılabilir, kanıtlanmış	Pilot veya tam ölçekte başarı sınırlı olarak kanıtlanmış	-	

(*) Bu tablonun oluşturulmasında kaynak [2] temel alınmıştır

EK-5 :KANSER VE KANSER DIŞI SAĞLIK HESAPLARI RİSC5 MODELİ SONUÇLARI

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:

Adult Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Groundwater	Dermal Contact During Shower	Inhalation During Shower	TOTAL
Benzene	6,0E-06	4,3E-07	3,6E-06	1,0E-05
Ethylbenzene	4,7E-06	1,2E-06	4,1E-06	1,0E-05
MTBE	6,8E-06	7,2E-08	3,2E-06	1,0E-05
Toluene	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C5-6	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C7-8	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND	ND
Xylenes (m-)	ND	ND	ND	ND
Xylenes (o-)	ND	ND	ND	ND
TOTAL	1,7E-05	1,7E-06	1,1E-05	3,0E-05

Receptor 2:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Groundwater	Dermal Contact During Shower	Inhalation During Shower	TOTAL
Benzene	9,3E-06	5,2E-07	8,9E-06	1,9E-05
Ethylbenzene	7,3E-06	1,4E-06	1,0E-05	1,9E-05
MTBE	1,1E-05	8,6E-08	7,8E-06	1,8E-05
Toluene	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C5-6	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C7-8	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND	ND
Xylenes (m-)	ND	ND	ND	ND
Xylenes (o-)	ND	ND	ND	ND
TOTAL	2,7E-05	2,1E-06	2,7E-05	5,6E-05

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date:

10-06-2022
14:42:21

Receptors:

Adult Resident - Mean
Child Resident - Mean
Risk results ARE NOT added for carcinogens

Routes:

Ingestion of Groundwater
Dermal Contact During Shower
Inhalation During Shower

Chemicals:

Benzene
Ethylbenzene
MTBE
Toluene
TPH Aliphatic C5-6
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aliphatic C16-35
TPH Aromatic C7-8
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
TPH Aromatic C16-21
TPH Aromatic C21-35
Xylenes (m-)
Xylenes (o-)

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Body weight	kg	71,8	19
Averaging time for carcinogens	yr	70	70
Exposure duration	yr	9	6

Ingestion of Groundwater	Units	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Exposure frequency for groundwater	events/yr	350	350
Ingestion rate for groundwater	l/day	1,4	0,87

Dermal Contact During Shower	Units	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Exposure frequency for groundwater	events/yr	350	350
Total skin surface area (for groundwater)	cm ²	1,94E+04	7,00E+03
Time of exposure while washing (or in shower)	hr/d	0,25	0,33

Inhalation During Shower	Units	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Exposure frequency for groundwater	events/yr	350	350
Time of exposure while washing (or in shower)	hr/d	0,25	0,33
Volume of bathroom (or shower stall)	m ³	5,2	5,2
Temperature of shower	C	45	45
Flowrate of shower	l/min	8	8
Diameter of shower droplet	cm	0,1	0,1
Droplet drop time for shower water	sec	2	2
Inhalation rate in the shower	m ³ /hr	0,625	0,35

Chemical Parameters	Units	Benzene	Ethylbenzene	MTBE	Toluene	TPH Aliphatic C5-6	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aliphatic C16-35	TPH Aromatic C7-8	TPH Aromatic C8-10	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	TPH Aromatic C16-21	TPH Aromatic C21-35	Xylenes (m-)	Xylenes (o-)
Henry's Law Constant	-	0.228	0.323	2.41E-02	0.272	34	51	82	130	540	6.40E+03	0.27	0.49	0.14	5.40E-02	1.30E-02	6.80E-04	0.301	0.213
Molecular Weight	g/mole	78	106	88.2	92.1	81	100	130	160	200	270	92	120	130	150	190	240	106	106

Absorption Adjustment Factors	Dermal Permeability Coefficient cm/hour
Benzene	2.10E-02
Ethylbenzene	7.40E-02
MTBE	3.08E-03
Toluene	4.50E-02
TPH Aliphatic C5-6	0.142
TPH Aliphatic C6-8	0.299
TPH Aliphatic C8-10	0.754
TPH Aliphatic C10-12	1.91
TPH Aliphatic C12-16	8.24
TPH Aliphatic C16-35	91.7
TPH Aromatic C7-8	2.93E-02
TPH Aromatic C8-10	5.99E-02
TPH Aromatic C10-12	8.66E-02
TPH Aromatic C12-16	0.142
TPH Aromatic C16-21	0.296
TPH Aromatic C21-35	1.49
Xylenes (m-)	8.00E-02
Xylenes (o-)	8.00E-02

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Benzene	Ethylbenzene	MTBE	Toluene	TPH Aliphatic C5-6	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aliphatic C16-35	TPH Aromatic C7-8	TPH Aromatic C8-10	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	TPH Aromatic C16-21	TPH Aromatic C21-35	Xylenes (m-)	Xylenes (o-)
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	5.50E-02	1.10E-02	1.80E-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	4.00E-03	0.1	ND	8.00E-02	5	5	0.1	0.1	0.1	2	0.2	4.00E-02	4.00E-02	4.00E-02	3.00E-02	3.00E-02	0.2	0.2
Inhalation Slope Factor	1/(mg/kg-day)	2.73E-02	8.75E-03	9.10E-04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inhalation Reference Dose	mg/kg-day	8.57E-03	0.286	0.857	1.43	5.26	5.26	0.29	0.29	0.29	ND	0.11	5.70E-02	5.70E-02	5.70E-02	ND	ND	2.86E-02	2.86E-02

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Groundwater (mg/L)	
Benzene	4,50E-02
Ethylbenzene	0,177
MTBE	1,56
Toluene	3,5
TPH Aliphatic C5-6	99,8
TPH Aliphatic C6-8	85,3
TPH Aliphatic C8-10	1,35
TPH Aliphatic C10-12	0,673
TPH Aliphatic C12-16	0,179
TPH Aliphatic C16-35	0,336
TPH Aromatic C7-8	3,33
TPH Aromatic C8-10	1,09
TPH Aromatic C10-12	1,07
TPH Aromatic C12-16	1,02
TPH Aromatic C16-21	0,792
TPH Aromatic C21-35	0,261
Xylenes (m-)	1,19
Xylenes (o-)	1,2

Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean mg/m3	Child Resident - Mean mg/m3
Concentration in Bathroom Air (mg/m3)		
Benzene	0,495	0,653
Ethylbenzene	1,75	2,32
MTBE	12,9	17
Toluene	36,4	48,1
TPH Aliphatic C5-6	1,12E+03	1,47E+03
TPH Aliphatic C6-8	885	1,17E+03
TPH Aliphatic C8-10	12,7	16,8
TPH Aliphatic C10-12	5,85	7,72
TPH Aliphatic C12-16	1,42	1,88
TPH Aliphatic C16-35	2,36	3,12
TPH Aromatic C7-8	34,7	45,7
TPH Aromatic C8-10	10,4	13,7
TPH Aromatic C10-12	9,53	12,6
TPH Aromatic C12-16	7,9	10,4
TPH Aromatic C16-21	3,91	5,16
TPH Aromatic C21-35	0,141	0,186
Xylenes (m-)	11,8	15,5
Xylenes (o-)	11,8	15,5

Fraction Volatilized from Shower Water	(-)	(-)
Benzene	0,476	0,476
Ethylbenzene	0,43	0,43
MTBE	0,359	0,359
Toluene	0,451	0,451
TPH Aliphatic C5-6	0,485	0,485
TPH Aliphatic C6-8	0,45	0,45
TPH Aliphatic C8-10	0,408	0,408
TPH Aliphatic C10-12	0,376	0,376
TPH Aliphatic C12-16	0,345	0,345
TPH Aliphatic C16-35	0,305	0,305
TPH Aromatic C7-8	0,451	0,451
TPH Aromatic C8-10	0,414	0,414
TPH Aromatic C10-12	0,386	0,386
TPH Aromatic C12-16	0,336	0,336
TPH Aromatic C16-21	0,214	0,214
TPH Aromatic C21-35	2,33E-02	2,33E-02
Xylenes (m-)	0,429	0,429
Xylenes (o-)	0,425	0,425

Total Mass Volatilized per Shower	mg	mg
Benzene	2,57	3,39
Ethylbenzene	9,13	12
MTBE	67,1	88,6
Toluene	189	250
TPH Aliphatic C5-6	5,81E+03	7,67E+03
TPH Aliphatic C6-8	4,60E+03	6,08E+03
TPH Aliphatic C8-10	66,1	87,2
TPH Aliphatic C10-12	30,4	40,1
TPH Aliphatic C12-16	7,4	9,77
TPH Aliphatic C16-35	12,3	16,2
TPH Aromatic C7-8	180	238
TPH Aromatic C8-10	54,1	71,4
TPH Aromatic C10-12	49,5	65,4
TPH Aromatic C12-16	41,1	54,2
TPH Aromatic C16-21	20,3	26,8
TPH Aromatic C21-35	0,731	0,965
Xylenes (m-)	61,3	80,9
Xylenes (o-)	61,1	80,7

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:

Adult Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Groundwater	Dermal Contact During Shower	Inhalation During Shower	TOTAL
Benzene	2,1E-01	1,5E-02	1,2E-01	3,5E-01
Ethylbenzene	3,3E-02	8,5E-03	1,3E-02	5,4E-02
MTBE	ND	ND	3,1E-02	3,1E-02
Toluene	8,2E-01	1,3E-01	5,3E-02	1,0E+00
TPH Aliphatic C5-6	3,7E-01	1,8E-01	4,4E-01	1,0E+00
TPH Aliphatic C6-8	3,2E-01	3,3E-01	3,5E-01	1,0E+00
TPH Aliphatic C8-10	2,5E-01	6,6E-01	9,1E-02	1,0E+00
TPH Aliphatic C10-12	1,3E-01	8,3E-01	4,2E-02	1,0E+00
TPH Aliphatic C12-16	3,4E-02	9,6E-01	1,0E-02	1,0E+00
TPH Aliphatic C16-35	3,1E-03	1,0E+00	ND	1,0E+00
TPH Aromatic C7-8	3,1E-01	3,2E-02	6,6E-01	1,0E+00
TPH Aromatic C8-10	5,1E-01	1,1E-01	3,8E-01	1,0E+00
TPH Aromatic C10-12	5,0E-01	1,5E-01	3,5E-01	1,0E+00
TPH Aromatic C12-16	4,8E-01	2,4E-01	2,9E-01	1,0E+00
TPH Aromatic C16-21	4,9E-01	5,1E-01	ND	1,0E+00
TPH Aromatic C21-35	1,6E-01	8,4E-01	ND	1,0E+00
Xylenes (m-)	1,1E-01	3,1E-02	8,6E-01	1,0E+00
Xylenes (o-)	1,1E-01	3,1E-02	8,6E-01	1,0E+00
TOTAL	4,9E+00	6,0E+00	4,6E+00	1,5E+01

Receptor 2:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Groundwater	Dermal Contact During Shower	Inhalation During Shower	TOTAL
Benzene	4,9E-01	2,8E-02	4,4E-01	9,7E-01
Ethylbenzene	7,8E-02	1,5E-02	4,7E-02	1,4E-01
MTBE	ND	ND	1,2E-01	1,2E-01
Toluene	1,9E+00	2,3E-01	2,0E-01	2,4E+00
TPH Aliphatic C5-6	8,8E-01	3,3E-01	1,6E+00	2,8E+00
TPH Aliphatic C6-8	7,5E-01	5,9E-01	1,3E+00	2,6E+00
TPH Aliphatic C8-10	5,9E-01	1,2E+00	3,4E-01	2,1E+00
TPH Aliphatic C10-12	3,0E-01	1,5E+00	1,6E-01	2,0E+00
TPH Aliphatic C12-16	7,9E-02	1,7E+00	3,8E-02	1,8E+00
TPH Aliphatic C16-35	7,4E-03	1,8E+00	ND	1,8E+00
TPH Aromatic C7-8	7,3E-01	5,7E-02	2,4E+00	3,2E+00
TPH Aromatic C8-10	1,2E+00	1,9E-01	1,4E+00	2,8E+00
TPH Aromatic C10-12	1,2E+00	2,7E-01	1,3E+00	2,7E+00
TPH Aromatic C12-16	1,1E+00	4,2E-01	1,1E+00	2,6E+00
TPH Aromatic C16-21	1,2E+00	9,1E-01	ND	2,1E+00
TPH Aromatic C21-35	3,8E-01	1,5E+00	ND	1,9E+00
Xylenes (m-)	2,6E-01	5,6E-02	3,2E+00	3,5E+00
Xylenes (o-)	2,6E-01	5,6E-02	3,2E+00	3,5E+00
TOTAL	1,1E+01	1,1E+01	1,7E+01	3,9E+01

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date:

10-06-2022

14:42:21

Daily Dose and Risk for: Benzene		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	8,4E-04	2,0E-03
LADD (mg/kd-d)	1,1E-04	1,7E-04
Cancer Risk (-)	6,0E-06	9,3E-06
Hazard Index (-)	2,1E-01	4,9E-01

Daily Dose and Risk for: Benzene		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,1E-05	1,1E-04
LADD (mg/kd-d)	7,9E-06	9,4E-06
Cancer Risk (-)	4,3E-07	5,2E-07
Hazard Index (-)	1,5E-02	2,8E-02

Daily Dose and Risk for: Benzene		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,0E-03	3,8E-03
LADD (mg/kd-d)	1,3E-04	3,3E-04
Cancer Risk (-)	3,6E-06	8,9E-06
Hazard Index (-)	1,2E-01	4,4E-01

Daily Dose and Risk for: Ethylbenzene		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,3E-03	7,8E-03
LADD (mg/kd-d)	4,3E-04	6,7E-04
Cancer Risk (-)	4,7E-06	7,3E-06
Hazard Index (-)	3,3E-02	7,8E-02

Daily Dose and Risk for: Ethylbenzene		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	8,5E-04	1,5E-03
LADD (mg/kd-d)	1,1E-04	1,3E-04
Cancer Risk (-)	1,2E-06	1,4E-06
Hazard Index (-)	8,5E-03	1,5E-02

Daily Dose and Risk for: Ethylbenzene		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,7E-03	1,4E-02
LADD (mg/kd-d)	4,7E-04	1,2E-03
Cancer Risk (-)	4,1E-06	1,0E-05
Hazard Index (-)	1,3E-02	4,7E-02

Daily Dose and Risk for: MTBE		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,9E-02	6,9E-02
LADD (mg/kd-d)	3,8E-03	5,9E-03
Cancer Risk (-)	6,8E-06	1,1E-05
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: MTBE		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,1E-04	5,6E-04
LADD (mg/kd-d)	4,0E-05	4,8E-05
Cancer Risk (-)	7,2E-08	8,6E-08
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: MTBE		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,7E-02	9,9E-02
LADD (mg/kd-d)	3,5E-03	8,5E-03
Cancer Risk (-)	3,2E-06	7,8E-06
Hazard Index (-)	3,1E-02	1,2E-01

Daily Dose and Risk for: Toluene		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,5E-02	1,5E-01
LADD (mg/kd-d)	8,4E-03	1,3E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	8,2E-01	1,9E+00

Daily Dose and Risk for: Toluene		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,0E-02	1,8E-02
LADD (mg/kd-d)	1,3E-03	1,6E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,3E-01	2,3E-01

Daily Dose and Risk for: Toluene		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	7,6E-02	2,8E-01
LADD (mg/kd-d)	9,8E-03	2,4E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	5,3E-02	2,0E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C5-6		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,9E+00	4,4E+00
LADD (mg/kd-d)	2,4E-01	3,8E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,7E-01	8,8E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C5-6		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	9,2E-01	1,7E+00
LADD (mg/kd-d)	1,2E-01	1,4E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,8E-01	3,3E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C5-6		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,3E+00	8,6E+00
LADD (mg/kd-d)	3,0E-01	7,4E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	4,4E-01	1,6E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C6-8		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,6E+00	3,8E+00
LADD (mg/kd-d)	2,1E-01	3,2E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,2E-01	7,5E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C6-8		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,7E+00	3,0E+00
LADD (mg/kd-d)	2,1E-01	2,5E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,3E-01	5,9E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C6-8		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,9E+00	6,8E+00
LADD (mg/kd-d)	2,4E-01	5,8E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,5E-01	1,3E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C8-10		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,5E-02	5,9E-02
LADD (mg/kd-d)	3,3E-03	5,1E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	2,5E-01	5,9E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C8-10		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,6E-02	1,2E-01
LADD (mg/kd-d)	8,5E-03	1,0E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	6,6E-01	1,2E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C8-10		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,7E-02	9,8E-02
LADD (mg/kd-d)	3,4E-03	8,4E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	9,1E-02	3,4E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C10-12		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,3E-02	3,0E-02
LADD (mg/kd-d)	1,6E-03	2,5E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,3E-01	3,0E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C10-12		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	8,3E-02	1,5E-01
LADD (mg/kd-d)	1,1E-02	1,3E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	8,3E-01	1,5E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C10-12		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,2E-02	4,5E-02
LADD (mg/kd-d)	1,6E-03	3,9E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	4,2E-02	1,6E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C12-16		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,4E-03	7,9E-03
LADD (mg/kd-d)	4,3E-04	6,7E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,4E-02	7,9E-02

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C12-16		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	9,6E-02	1,7E-01
LADD (mg/kd-d)	1,2E-02	1,5E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	9,6E-01	1,7E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C12-16		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,0E-03	1,1E-02
LADD (mg/kd-d)	3,8E-04	9,4E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,0E-02	3,8E-02

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C16-35		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,3E-03	1,5E-02
LADD (mg/kd-d)	8,1E-04	1,3E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,1E-03	7,4E-03

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C16-35		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,0E+00	3,6E+00
LADD (mg/kd-d)	2,6E-01	3,1E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,0E+00	1,8E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C16-35		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	4,9E-03	1,8E-02
LADD (mg/kd-d)	6,3E-04	1,6E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C7-8		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,2E-02	1,5E-01
LADD (mg/kd-d)	8,0E-03	1,3E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,1E-01	7,3E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C7-8		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,3E-03	1,1E-02
LADD (mg/kd-d)	8,1E-04	9,8E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,2E-02	5,7E-02

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C7-8		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	7,2E-02	2,7E-01
LADD (mg/kd-d)	9,3E-03	2,3E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	6,6E-01	2,4E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C8-10		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,0E-02	4,8E-02
LADD (mg/kd-d)	2,6E-03	4,1E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	5,1E-01	1,2E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C8-10		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	4,2E-03	7,6E-03
LADD (mg/kd-d)	5,4E-04	6,5E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,1E-01	1,9E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C8-10		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,2E-02	8,0E-02
LADD (mg/kd-d)	2,8E-03	6,9E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,8E-01	1,4E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C10-12		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,0E-02	4,7E-02
LADD (mg/kd-d)	2,6E-03	4,0E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	5,0E-01	1,2E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C10-12		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,0E-03	1,1E-02
LADD (mg/kd-d)	7,7E-04	9,3E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,5E-01	2,7E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C10-12		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,0E-02	7,3E-02
LADD (mg/kd-d)	2,6E-03	6,3E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,5E-01	1,3E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C12-16		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,9E-02	4,5E-02
LADD (mg/kd-d)	2,5E-03	3,8E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	4,8E-01	1,1E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C12-16		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	9,4E-03	1,7E-02
LADD (mg/kd-d)	1,2E-03	1,5E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	2,4E-01	4,2E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C12-16		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,7E-02	6,1E-02
LADD (mg/kd-d)	2,1E-03	5,2E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	2,9E-01	1,1E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C16-21		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,5E-02	3,5E-02
LADD (mg/kd-d)	1,9E-03	3,0E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	4,9E-01	1,2E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C16-21		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,5E-02	2,7E-02
LADD (mg/kd-d)	2,0E-03	2,3E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	5,1E-01	9,1E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C16-21		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	8,2E-03	3,0E-02
LADD (mg/kd-d)	1,1E-03	2,6E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C21-35		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	4,9E-03	1,2E-02
LADD (mg/kd-d)	6,3E-04	9,8E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,6E-01	3,8E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C21-35		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,5E-02	4,5E-02
LADD (mg/kd-d)	3,2E-03	3,9E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	8,4E-01	1,5E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C21-35		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,9E-04	1,1E-03
LADD (mg/kd-d)	3,8E-05	9,3E-05
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: Xylenes (m-)		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,2E-02	5,2E-02
LADD (mg/kd-d)	2,9E-03	4,5E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,1E-01	2,6E-01

Daily Dose and Risk for: Xylenes (m-)		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,2E-03	1,1E-02
LADD (mg/kd-d)	7,9E-04	9,5E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,1E-02	5,6E-02

Daily Dose and Risk for: Xylenes (m-)		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,5E-02	9,1E-02
LADD (mg/kd-d)	3,2E-03	7,8E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	8,6E-01	3,2E+00

Daily Dose and Risk for: Xylenes (o-)		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,2E-02	5,3E-02
LADD (mg/kd-d)	2,9E-03	4,5E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,1E-01	2,6E-01

Daily Dose and Risk for: Xylenes (o-)		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,2E-03	1,1E-02
LADD (mg/kd-d)	8,0E-04	9,6E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,1E-02	5,6E-02

Daily Dose and Risk for: Xylenes (o-)		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,5E-02	9,1E-02
LADD (mg/kd-d)	3,2E-03	7,8E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	8,6E-01	3,2E+00

Summary of Clean-up Levels

Analysis based on Individual Constituent Levels

Clean-up Levels in Groundwater	Clean-up Levels	Solubility	
Receptor used when carcinogenic risk is limiting: Adult Resident - Mean	mg/L		
Receptor used when non-carcinogenic risk is limiting: Adult Resident - Mean	mg/L	mg/L	
Benzene	4,5E-02	Carc. Risk	1,8E+03
Ethylbenzene	1,8E-01	Carc. Risk	1,7E+02
MTBE	1,6E+00	Carc. Risk	5,1E+04
Toluene	3,5E+00	Hazard Index	5,3E+02
TPH Aliphatic C5-6	1,0E+02	Hazard Index	3,6E+01
TPH Aliphatic C6-8	8,5E+01	Hazard Index	5,4E+00
TPH Aliphatic C8-10	1,3E+00	Hazard Index	4,3E-01
TPH Aliphatic C10-12	6,7E-01	Hazard Index	3,4E-02
TPH Aliphatic C12-16	1,8E-01	Hazard Index	7,6E-04
TPH Aliphatic C16-35	3,4E-01	Hazard Index	1,3E-06
TPH Aromatic C7-8	3,3E+00	Hazard Index	5,2E+02
TPH Aromatic C8-10	1,1E+00	Hazard Index	6,5E+01
TPH Aromatic C10-12	1,1E+00	Hazard Index	2,5E+01
TPH Aromatic C12-16	1,0E+00	Hazard Index	5,8E+00
TPH Aromatic C16-21	7,9E-01	Hazard Index	5,1E-01
TPH Aromatic C21-35	2,6E-01	Hazard Index	6,6E-03
Xylenes (m-)	1,2E+00	Hazard Index	1,6E+02
Xylenes (o-)	1,2E+00	Hazard Index	1,8E+02

** Clean-up level exceeds the chemical's solubility.

The exposure routes that depend on this source are:

Ingestion of Groundwater
Dermal Contact During Shower
Inhalation During Shower

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:

Adult Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Groundwater	Dermal Contact During Shower	Inhalation During Shower	TOTAL
Benzene	1,4E-06	1,0E-07	8,7E-07	2,4E-06
Ethylbenzene	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
MTBE	5,4E-07	5,7E-09	2,5E-07	7,9E-07
Toluene	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C5-6	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C7-8	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND	ND
Xylenes (m-)	ND	ND	ND	ND
Xylenes (o-)	ND	ND	ND	ND
TOTAL	2,0E-06	1,1E-07	1,1E-06	3,2E-06

Receptor 2:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Groundwater	Dermal Contact During Shower	Inhalation During Shower	TOTAL
Benzene	2,7E-06	1,5E-07	2,6E-06	5,4E-06
Ethylbenzene	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
MTBE	8,4E-07	6,8E-09	6,1E-07	1,5E-06
Toluene	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C5-6	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C7-8	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND	ND
Xylenes (m-)	ND	ND	ND	ND
Xylenes (o-)	ND	ND	ND	ND
TOTAL	3,5E-06	1,6E-07	3,2E-06	6,9E-06

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date:

10-06-2022

14:50:00

Receptors:

Adult Resident - Mean
Child Resident - Mean
Risk results ARE NOT added for carcinogens

Routes:

Ingestion of Groundwater
Dermal Contact During Shower
Inhalation During Shower

Chemicals:

Benzene
Ethylbenzene
MTBE
Toluene
TPH Aliphatic C5-6
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aliphatic C16-35
TPH Aromatic C7-8
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
TPH Aromatic C16-21
TPH Aromatic C21-35
Xylenes (m-)
Xylenes (o-)

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Body weight	kg	71,8	19
Averaging time for carcinogens	yr	70	70
Exposure duration	yr	9	6

Ingestion of Groundwater	Units	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Exposure frequency for groundwater	events/yr	350	350
Ingestion rate for groundwater	l/day	1,4	0,87

Dermal Contact During Shower	Units	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Exposure frequency for groundwater	events/yr	350	350
Total skin surface area (for groundwater)	cm2	1,94E+04	7,00E+03
Time of exposure while washing (or in shower)	hr/d	0,25	0,33

Inhalation During Shower	Units	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Exposure frequency for groundwater	events/yr	350	350
Time of exposure while washing (or in shower)	hr/d	0,25	0,33
Volume of bathroom (or shower stall)	m3	5,2	5,2
Temperature of shower	C	45	45
Flowrate of shower	l/min	8	8
Diameter of shower droplet	cm	0,1	0,1
Droplet drop time for shower water	sec	2	2
Inhalation rate in the shower	m3/hr	0,625	0,35

Total Mass Volatilized per Shower	mg	mg
Benzene	0,617	0,983
Ethylbenzene	0,617	0,983
MTBE	5,33	7
Toluene	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aliphatic C5-6	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aliphatic C6-8	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aliphatic C8-10	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aliphatic C10-12	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aliphatic C12-16	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aliphatic C16-35	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aromatic C7-8	2,10E-10	4,13E-10
TPH Aromatic C8-10	2,10E-10	4,13E-10
TPH Aromatic C10-12	2,10E-10	4,13E-10
TPH Aromatic C12-16	2,10E-10	4,13E-10
TPH Aromatic C16-21	2,10E-10	4,13E-10
TPH Aromatic C21-35	2,10E-10	4,13E-10
Xylenes (m-)	2,10E-10	4,13E-10
Xylenes (o-)	2,10E-10	4,13E-10

Exposure Point Concentrations

--- Used to calculate risk and hazard index.

Concentrations in Groundwater (mg/L)	
Benzene	4,50E-02
Ethylbenzene	0,177
MTBE	1,56
Toluene	3,5
TPH Aliphatic C5-6	99,8
TPH Aliphatic C6-8	85,3
TPH Aliphatic C8-10	1,35
TPH Aliphatic C10-12	0,673
TPH Aliphatic C12-16	0,179
TPH Aliphatic C16-35	0,336
TPH Aromatic C7-8	3,33
TPH Aromatic C8-10	1,09
TPH Aromatic C10-12	1,07
TPH Aromatic C12-16	1,02
TPH Aromatic C16-21	0,792
TPH Aromatic C21-35	0,261
Xylenes (m-)	1,19
Xylenes (o-)	1,2

Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Concentration in Bathroom Air (mg/m3)	mg/m3	mg/m3
Benzene	0,495	0,653
Ethylbenzene	1,75	2,32
MTBE	12,9	17
Toluene	36,4	48,1
TPH Aliphatic C5-6	1,12E+03	1,47E+03
TPH Aliphatic C6-8	885	1,17E+03
TPH Aliphatic C8-10	12,7	16,8
TPH Aliphatic C10-12	5,85	7,72
TPH Aliphatic C12-16	1,42	1,88
TPH Aliphatic C16-35	2,36	3,12
TPH Aromatic C7-8	34,7	45,7
TPH Aromatic C8-10	10,4	13,7
TPH Aromatic C10-12	9,53	12,6
TPH Aromatic C12-16	7,9	10,4
TPH Aromatic C16-21	3,91	5,16
TPH Aromatic C21-35	0,141	0,186
Xylenes (m-)	11,8	15,5
Xylenes (o-)	11,8	15,5

Fraction Volatilized from Shower Water	(-)	(-)
Benzene	0,476	0,476
Ethylbenzene	0,43	0,43
MTBE	0,359	0,359
Toluene	0,451	0,451
TPH Aliphatic C5-6	0,485	0,485
TPH Aliphatic C6-8	0,45	0,45
TPH Aliphatic C8-10	0,408	0,408
TPH Aliphatic C10-12	0,376	0,376
TPH Aliphatic C12-16	0,345	0,345
TPH Aliphatic C16-35	0,305	0,305
TPH Aromatic C7-8	0,451	0,451
TPH Aromatic C8-10	0,414	0,414
TPH Aromatic C10-12	0,386	0,386
TPH Aromatic C12-16	0,336	0,336
TPH Aromatic C16-21	0,214	0,214
TPH Aromatic C21-35	2,33E-02	2,33E-02
Xylenes (m-)	0,429	0,429
Xylenes (o-)	0,425	0,425

Total Mass Volatilized per Shower	mg	mg
Benzene	2,57	3,39
Ethylbenzene	9,13	12
MTBE	67,1	88,6
Toluene	189	250
TPH Aliphatic C5-6	5,81E+03	7,67E+03
TPH Aliphatic C6-8	4,60E+03	6,08E+03
TPH Aliphatic C8-10	66,1	87,2
TPH Aliphatic C10-12	30,4	40,1
TPH Aliphatic C12-16	7,4	9,77
TPH Aliphatic C16-35	12,3	16,2
TPH Aromatic C7-8	180	238
TPH Aromatic C8-10	54,1	71,4
TPH Aromatic C10-12	49,5	65,4
TPH Aromatic C12-16	41,1	54,2
TPH Aromatic C16-21	20,3	26,8
TPH Aromatic C21-35	0,731	0,965
Xylenes (m-)	61,3	80,9
Xylenes (o-)	61,1	80,7

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:

Adult Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Groundwater	Dermal Contact During Shower	Inhalation During Shower	TOTAL
Benzene	2,1E-01	1,5E-02	1,2E-01	3,5E-01
Ethylbenzene	3,3E-02	8,5E-03	1,3E-02	5,4E-02
MTBE	ND	ND	3,1E-02	3,1E-02
Toluene	8,2E-01	1,3E-01	5,3E-02	1,0E+00
TPH Aliphatic C5-6	3,7E-01	1,8E-01	4,4E-01	1,0E+00
TPH Aliphatic C6-8	3,2E-01	3,3E-01	3,5E-01	1,0E+00
TPH Aliphatic C8-10	2,5E-01	6,6E-01	9,1E-02	1,0E+00
TPH Aliphatic C10-12	1,3E-01	8,3E-01	4,2E-02	1,0E+00
TPH Aliphatic C12-16	3,4E-02	9,6E-01	1,0E-02	1,0E+00
TPH Aliphatic C16-35	3,1E-03	1,0E+00	ND	1,0E+00
TPH Aromatic C7-8	3,1E-01	3,2E-02	6,6E-01	1,0E+00
TPH Aromatic C8-10	5,1E-01	1,1E-01	3,8E-01	1,0E+00
TPH Aromatic C10-12	5,0E-01	1,5E-01	3,5E-01	1,0E+00
TPH Aromatic C12-16	4,8E-01	2,4E-01	2,9E-01	1,0E+00
TPH Aromatic C16-21	4,9E-01	5,1E-01	ND	1,0E+00
TPH Aromatic C21-35	1,6E-01	8,4E-01	ND	1,0E+00
Xylenes (m-)	1,1E-01	3,1E-02	8,6E-01	1,0E+00
Xylenes (o-)	1,1E-01	3,1E-02	8,6E-01	1,0E+00
TOTAL	4,9E+00	6,0E+00	4,6E+00	1,5E+01

Receptor 2:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Groundwater	Dermal Contact During Shower	Inhalation During Shower	TOTAL
Benzene	4,9E-01	2,8E-02	4,4E-01	9,7E-01
Ethylbenzene	7,8E-02	1,5E-02	4,7E-02	1,4E-01
MTBE	ND	ND	1,2E-01	1,2E-01
Toluene	1,9E+00	2,3E-01	2,0E-01	2,4E+00
TPH Aliphatic C5-6	8,8E-01	3,3E-01	1,6E+00	2,8E+00
TPH Aliphatic C6-8	7,5E-01	5,9E-01	1,3E+00	2,6E+00
TPH Aliphatic C8-10	5,9E-01	1,2E+00	3,4E-01	2,1E+00
TPH Aliphatic C10-12	3,0E-01	1,5E+00	1,6E-01	2,0E+00
TPH Aliphatic C12-16	7,9E-02	1,7E+00	3,8E-02	1,8E+00
TPH Aliphatic C16-35	7,4E-03	1,8E+00	ND	1,8E+00
TPH Aromatic C7-8	7,3E-01	5,7E-02	2,4E+00	3,2E+00
TPH Aromatic C8-10	1,2E+00	1,9E-01	1,4E+00	2,8E+00
TPH Aromatic C10-12	1,2E+00	2,7E-01	1,3E+00	2,7E+00
TPH Aromatic C12-16	1,1E+00	4,2E-01	1,1E+00	2,6E+00
TPH Aromatic C16-21	1,2E+00	9,1E-01	ND	2,1E+00
TPH Aromatic C21-35	3,8E-01	1,5E+00	ND	1,9E+00
Xylenes (m-)	2,6E-01	5,6E-02	3,2E+00	3,5E+00
Xylenes (o-)	2,6E-01	5,6E-02	3,2E+00	3,5E+00
TOTAL	1,1E+01	1,1E+01	1,7E+01	3,9E+01

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date: 10-06-2022
14:42:21

Daily Dose and Risk for: Benzene		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	8,4E-04	2,0E-03
LADD (mg/kd-d)	1,1E-04	1,7E-04
Cancer Risk (-)	6,0E-06	9,3E-06
Hazard Index (-)	2,1E-01	4,9E-01

Daily Dose and Risk for: Benzene		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,1E-05	1,1E-04
LADD (mg/kd-d)	7,9E-06	9,4E-06
Cancer Risk (-)	4,3E-07	5,2E-07
Hazard Index (-)	1,5E-02	2,8E-02

Daily Dose and Risk for: Benzene		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,0E-03	3,8E-03
LADD (mg/kd-d)	1,3E-04	3,3E-04
Cancer Risk (-)	3,6E-06	8,9E-06
Hazard Index (-)	1,2E-01	4,4E-01

Daily Dose and Risk for: Ethylbenzene		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,3E-03	7,8E-03
LADD (mg/kd-d)	4,3E-04	6,7E-04
Cancer Risk (-)	4,7E-06	7,3E-06
Hazard Index (-)	3,3E-02	7,8E-02

Daily Dose and Risk for: Ethylbenzene		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	8,5E-04	1,5E-03
LADD (mg/kd-d)	1,1E-04	1,3E-04
Cancer Risk (-)	1,2E-06	1,4E-06
Hazard Index (-)	8,5E-03	1,5E-02

Daily Dose and Risk for: Ethylbenzene		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,7E-03	1,4E-02
LADD (mg/kd-d)	4,7E-04	1,2E-03
Cancer Risk (-)	4,1E-06	1,0E-05
Hazard Index (-)	1,3E-02	4,7E-02

Daily Dose and Risk for: MTBE		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,9E-02	6,9E-02
LADD (mg/kd-d)	3,8E-03	5,9E-03
Cancer Risk (-)	6,8E-06	1,1E-05
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: MTBE		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,1E-04	5,6E-04
LADD (mg/kd-d)	4,0E-05	4,8E-05
Cancer Risk (-)	7,2E-08	8,6E-08
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: MTBE		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,7E-02	9,9E-02
LADD (mg/kd-d)	3,5E-03	8,5E-03
Cancer Risk (-)	3,2E-06	7,8E-06
Hazard Index (-)	3,1E-02	1,2E-01

Daily Dose and Risk for: Toluene		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,5E-02	1,5E-01
LADD (mg/kd-d)	8,4E-03	1,3E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	8,2E-01	1,9E+00

Daily Dose and Risk for: Toluene		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,0E-02	1,8E-02
LADD (mg/kd-d)	1,3E-03	1,6E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,3E-01	2,3E-01

Daily Dose and Risk for: Toluene		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	7,6E-02	2,8E-01
LADD (mg/kd-d)	9,8E-03	2,4E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	5,3E-02	2,0E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C5-6		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,9E+00	4,4E+00
LADD (mg/kd-d)	2,4E-01	3,8E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,7E-01	8,8E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C5-6		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	9,2E-01	1,7E+00
LADD (mg/kd-d)	1,2E-01	1,4E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,8E-01	3,3E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C5-6		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,3E+00	8,6E+00
LADD (mg/kd-d)	3,0E-01	7,4E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	4,4E-01	1,6E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C6-8		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,6E+00	3,8E+00
LADD (mg/kd-d)	2,1E-01	3,2E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,2E-01	7,5E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C6-8		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,7E+00	3,0E+00
LADD (mg/kd-d)	2,1E-01	2,5E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,3E-01	5,9E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C6-8		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,9E+00	6,8E+00
LADD (mg/kd-d)	2,4E-01	5,8E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,5E-01	1,3E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C8-10		
--	--	--

Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,5E-02	5,9E-02
LADD (mg/kd-d)	3,3E-03	5,1E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	2,5E-01	5,9E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C8-10		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,6E-02	1,2E-01
LADD (mg/kd-d)	8,5E-03	1,0E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	6,6E-01	1,2E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C8-10		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,7E-02	9,8E-02
LADD (mg/kd-d)	3,4E-03	8,4E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	9,1E-02	3,4E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C10-12		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,3E-02	3,0E-02
LADD (mg/kd-d)	1,6E-03	2,5E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,3E-01	3,0E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C10-12		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	8,3E-02	1,5E-01
LADD (mg/kd-d)	1,1E-02	1,3E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	8,3E-01	1,5E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C10-12		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,2E-02	4,5E-02
LADD (mg/kd-d)	1,6E-03	3,9E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	4,2E-02	1,6E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C12-16		
--	--	--

Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,4E-03	7,9E-03
LADD (mg/kd-d)	4,3E-04	6,7E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,4E-02	7,9E-02

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C12-16		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	9,6E-02	1,7E-01
LADD (mg/kd-d)	1,2E-02	1,5E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	9,6E-01	1,7E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C12-16		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,0E-03	1,1E-02
LADD (mg/kd-d)	3,8E-04	9,4E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,0E-02	3,8E-02

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C16-35		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,3E-03	1,5E-02
LADD (mg/kd-d)	8,1E-04	1,3E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,1E-03	7,4E-03

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C16-35		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,0E+00	3,6E+00
LADD (mg/kd-d)	2,6E-01	3,1E-01
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,0E+00	1,8E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C16-35		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	4,9E-03	1,8E-02
LADD (mg/kd-d)	6,3E-04	1,6E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C7-8		
--	--	--

Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,2E-02	1,5E-01
LADD (mg/kd-d)	8,0E-03	1,3E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,1E-01	7,3E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C7-8		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,3E-03	1,1E-02
LADD (mg/kd-d)	8,1E-04	9,8E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,2E-02	5,7E-02

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C7-8		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	7,2E-02	2,7E-01
LADD (mg/kd-d)	9,3E-03	2,3E-02
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	6,6E-01	2,4E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C8-10		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,0E-02	4,8E-02
LADD (mg/kd-d)	2,6E-03	4,1E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	5,1E-01	1,2E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C8-10		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	4,2E-03	7,6E-03
LADD (mg/kd-d)	5,4E-04	6,5E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,1E-01	1,9E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C8-10		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,2E-02	8,0E-02
LADD (mg/kd-d)	2,8E-03	6,9E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,8E-01	1,4E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C10-12		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,0E-02	4,7E-02
LADD (mg/kd-d)	2,6E-03	4,0E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	5,0E-01	1,2E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C10-12		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,0E-03	1,1E-02
LADD (mg/kd-d)	7,7E-04	9,3E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,5E-01	2,7E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C10-12		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,0E-02	7,3E-02
LADD (mg/kd-d)	2,6E-03	6,3E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,5E-01	1,3E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C12-16		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,9E-02	4,5E-02
LADD (mg/kd-d)	2,5E-03	3,8E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	4,8E-01	1,1E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C12-16		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	9,4E-03	1,7E-02
LADD (mg/kd-d)	1,2E-03	1,5E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	2,4E-01	4,2E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C12-16		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,7E-02	6,1E-02
LADD (mg/kd-d)	2,1E-03	5,2E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	2,9E-01	1,1E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C16-21		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,5E-02	3,5E-02
LADD (mg/kd-d)	1,9E-03	3,0E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	4,9E-01	1,2E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C16-21		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,5E-02	2,7E-02
LADD (mg/kd-d)	2,0E-03	2,3E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	5,1E-01	9,1E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C16-21		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	8,2E-03	3,0E-02
LADD (mg/kd-d)	1,1E-03	2,6E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C21-35		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	4,9E-03	1,2E-02
LADD (mg/kd-d)	6,3E-04	9,8E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,6E-01	3,8E-01

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C21-35		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,5E-02	4,5E-02
LADD (mg/kd-d)	3,2E-03	3,9E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	8,4E-01	1,5E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C21-35		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,9E-04	1,1E-03
LADD (mg/kd-d)	3,8E-05	9,3E-05
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: Xylenes (m-)		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,2E-02	5,2E-02
LADD (mg/kd-d)	2,9E-03	4,5E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,1E-01	2,6E-01

Daily Dose and Risk for: Xylenes (m-)		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,2E-03	1,1E-02
LADD (mg/kd-d)	7,9E-04	9,5E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,1E-02	5,6E-02

Daily Dose and Risk for: Xylenes (m-)		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,5E-02	9,1E-02
LADD (mg/kd-d)	3,2E-03	7,8E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	8,6E-01	3,2E+00

Daily Dose and Risk for: Xylenes (o-)		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,2E-02	5,3E-02
LADD (mg/kd-d)	2,9E-03	4,5E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	1,1E-01	2,6E-01

Daily Dose and Risk for: Xylenes (o-)		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	6,2E-03	1,1E-02
LADD (mg/kd-d)	8,0E-04	9,6E-04
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,1E-02	5,6E-02

Daily Dose and Risk for: Xylenes (o-)		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,5E-02	9,1E-02
LADD (mg/kd-d)	3,2E-03	7,8E-03
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	8,6E-01	3,2E+00

Summary of Clean-up Levels

Analysis based on Individual Constituent Levels

Clean-up Levels in Groundwater	Clean-up Levels	Solubility	
Receptor used when carcinogenic risk is limiting: Adult Resident - Mean	mg/L		
Receptor used when non-carcinogenic risk is limiting: Adult Resident - Mean	mg/L	mg/L	
Benzene	4,5E-02	Carc. Risk	1,8E+03
Ethylbenzene	1,8E-01	Carc. Risk	1,7E+02
MTBE	1,6E+00	Carc. Risk	5,1E+04
Toluene	3,5E+00	Hazard Index	5,3E+02
TPH Aliphatic C5-6	1,0E+02	Hazard Index	3,6E+01
TPH Aliphatic C6-8	8,5E+01	Hazard Index	5,4E+00
TPH Aliphatic C8-10	1,3E+00	Hazard Index	4,3E-01
TPH Aliphatic C10-12	6,7E-01	Hazard Index	3,4E-02
TPH Aliphatic C12-16	1,8E-01	Hazard Index	7,6E-04
TPH Aliphatic C16-35	3,4E-01	Hazard Index	1,3E-06
TPH Aromatic C7-8	3,3E+00	Hazard Index	5,2E+02
TPH Aromatic C8-10	1,1E+00	Hazard Index	6,5E+01
TPH Aromatic C10-12	1,1E+00	Hazard Index	2,5E+01
TPH Aromatic C12-16	1,0E+00	Hazard Index	5,8E+00
TPH Aromatic C16-21	7,9E-01	Hazard Index	5,1E-01
TPH Aromatic C21-35	2,6E-01	Hazard Index	6,6E-03
Xylenes (m-)	1,2E+00	Hazard Index	1,6E+02
Xylenes (o-)	1,2E+00	Hazard Index	1,8E+02

**

**

**

**

**

**

**

**

** Clean-up level exceeds the chemical's solubility.

The exposure routes that depend on this source are:
Ingestion of Groundwater
Dermal Contact During Shower
Inhalation During Shower

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK

Receptor 1:

Adult Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Groundwater	Dermal Contact During Shower	Inhalation During Shower	TOTAL
Benzene	1,4E-06	1,0E-07	8,7E-07	2,4E-06
Ethylbenzene	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
MTBE	5,4E-07	5,7E-09	2,5E-07	7,9E-07
Toluene	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C5-6	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C7-8	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND	ND
Xylenes (m-)	ND	ND	ND	ND
Xylenes (o-)	ND	ND	ND	ND
TOTAL	2,0E-06	1,1E-07	1,1E-06	3,2E-06

Receptor 2:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Groundwater	Dermal Contact During Shower	Inhalation During Shower	TOTAL
Benzene	2,7E-06	1,5E-07	2,6E-06	5,4E-06
Ethylbenzene	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
MTBE	8,4E-07	6,8E-09	6,1E-07	1,5E-06
Toluene	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C5-6	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C7-8	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND	ND	ND
Xylenes (m-)	ND	ND	ND	ND
Xylenes (o-)	ND	ND	ND	ND
TOTAL	3,5E-06	1,6E-07	3,2E-06	6,9E-06

Summary of Input Data for Risk Calculation

Description:

Date:

10-06-2022
14:50:00

Receptors:

Adult Resident - Mean
Child Resident - Mean
Risk results ARE NOT added for carcinogens

Routes:

Ingestion of Groundwater
Dermal Contact During Shower
Inhalation During Shower

Chemicals:

Benzene
Ethylbenzene
MTBE
Toluene
TPH Aliphatic C5-6
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aliphatic C16-35
TPH Aromatic C7-8
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
TPH Aromatic C16-21
TPH Aromatic C21-35
Xylenes (m-)
Xylenes (o-)

Exposure Parameters

Exposure Pathway	Units	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Body weight	kg	71,8	19
Averaging time for carcinogens	yr	70	70
Exposure duration	yr	9	6

Ingestion of Groundwater	Units	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Exposure frequency for groundwater	events/yr	350	350
Ingestion rate for groundwater	l/day	1,4	0,87

Dermal Contact During Shower	Units	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Exposure frequency for groundwater	events/yr	350	350
Total skin surface area (for groundwater)	cm2	1,94E+04	7,00E+03
Time of exposure while washing (or in shower)	hr/d	0,25	0,33

Inhalation During Shower	Units	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
Exposure frequency for groundwater	events/yr	350	350
Time of exposure while washing (or in shower)	hr/d	0,25	0,33
Volume of bathroom (or shower stall)	m3	5,2	5,2
Temperature of shower	C	45	45
Flowrate of shower	l/min	8	8
Diameter of shower droplet	cm	0,1	0,1
Droplet drop time for shower water	sec	2	2
Inhalation rate in the shower	m3/hr	0,625	0,35

Total Mass Volatilized per Shower	mg	mg
Benzene	0,617	0,983
Ethylbenzene	0,617	0,983
MTBE	5,33	7
Toluene	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aliphatic C5-6	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aliphatic C6-8	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aliphatic C8-10	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aliphatic C10-12	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aliphatic C12-16	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aliphatic C16-35	6,44E-18	9,54E-18
TPH Aromatic C7-8	2,10E-10	4,13E-10
TPH Aromatic C8-10	2,10E-10	4,13E-10
TPH Aromatic C10-12	2,10E-10	4,13E-10
TPH Aromatic C12-16	2,10E-10	4,13E-10
TPH Aromatic C16-21	2,10E-10	4,13E-10
TPH Aromatic C21-35	2,10E-10	4,13E-10
Xylenes (m-)	2,10E-10	4,13E-10
Xylenes (o-)	2,10E-10	4,13E-10

Chemical Parameters	Units	Benzene	Ethylbenzene	MTBE	Toluene	TPH Aromatic C5-6	TPH Aromatic C6-8	TPH Aromatic C8-10	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	TPH Aromatic C16-35	TPH Aromatic C7-8	TPH Aromatic C8-10	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	TPH Aromatic C16-21	TPH Aromatic C21-35	Xylenes (m-)	Xylenes (o-)
Heny's Law Constant		0.228	0.323	2.41E-02	0.272	34	51	82	130	540	6.40E+03	0.27	0.49	0.14	5.40E-02	1.30E-02	8.60E-04	0.301	0.213
Molecular Weight	g/mole	78	106	88.2	92.1	81	100	130	160	200	270	92	120	130	150	190	240	106	106

Absorption Adjustment Factors	Dermal Permeability Coefficient cm/hour
Benzene	2.10E-02
Ethylbenzene	7.40E-02
MTBE	3.08E-03
Toluene	4.50E-02
TPH Aromatic C6-6	0.142
TPH Aromatic C6-8	0.299
TPH Aromatic C8-10	0.754
TPH Aromatic C10-12	1.91
TPH Aromatic C12-16	8.24
TPH Aromatic C16-35	91.7
TPH Aromatic C7-8	2.93E-02
TPH Aromatic C8-10	5.99E-02
TPH Aromatic C10-12	8.66E-02
TPH Aromatic C12-16	0.142
TPH Aromatic C16-21	0.298
TPH Aromatic C21-35	1.49
Xylenes (m-)	8.00E-02
Xylenes (o-)	8.00E-02

Slope Factors and Reference Doses

Chemical	Units	Benzene	Ethylbenzene	MTBE	Toluene	TPH Aliphatic C5-6	TPH Aliphatic C6-8	TPH Aliphatic C8-10	TPH Aliphatic C10-12	TPH Aliphatic C12-16	TPH Aromatic C16-35	TPH Aromatic C7-8	TPH Aromatic C8-10	TPH Aromatic C10-12	TPH Aromatic C12-16	TPH Aromatic C16-21	TPH Aromatic C21-35	Xylenes (m-)	Xylenes (o-)
Ingestion Slope Factor	1/(mg/kg-day)	5.50E-02	1.10E-02	1.89E-03	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Ingestion Reference Dose	mg/kg-day	4.00E-03	0.1	ND	8.00E-02	5	5	0.1	0.1	0.1	2	0.2	4.00E-02	4.00E-02	4.00E-02	3.00E-02	3.00E-02	0.2	0.2
Inhalation Slope Factor	1/(mg/kg-day)	2.75E-02	8.75E-03	9.19E-04	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Inhalation Reference Dose	mg/kg-day	8.57E-03	0.286	0.857	1.43	5.26	5.26	0.29	0.29	0.29	0.11	5.70E-02	5.70E-02	5.70E-02	5.70E-02	ND	ND	2.85E-02	2.85E-02

Exposure Point Concentrations for Modeled Media

Obtained from Fate and Transport Output.

For carcinogenic risk, concentrations are averaged over the exposure duration (ED).

For non-carcinogenic risk, concentrations are averaged over the minimum of 7 years or the ED

[illegible][illegible]

Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean mg/m3	Child Resident - Mean mg/m3
Concentration in Bathroom Air (mg/m3)		
Benzene	0,135	0,189
Ethylbenzene	0	0
MTBE	1,02	1,35
Toluene	1,34E-18	1,84E-18
TPH Aliphatic C5-6	0	0
TPH Aliphatic C6-8	0	0
TPH Aliphatic C8-10	0	0
TPH Aliphatic C10-12	0	0
TPH Aliphatic C12-16	0	0
TPH Aliphatic C16-35	0	0
TPH Aromatic C7-8	5,17E-11	7,94E-11
TPH Aromatic C8-10	0	0
TPH Aromatic C10-12	0	0
TPH Aromatic C12-16	0	0
TPH Aromatic C16-21	0	0
TPH Aromatic C21-35	0	0
Xylenes (m-)	0	0
Xylenes (o-)	0	0

Fraction Volatilized from Shower Water	(-)	(-)
Benzene	0,476	0,476
Ethylbenzene	0,476	0,476
MTBE	0,359	0,359
Toluene	0,451	0,451
TPH Aliphatic C5-6	0,451	0,451
TPH Aliphatic C6-8	0,451	0,451
TPH Aliphatic C8-10	0,451	0,451
TPH Aliphatic C10-12	0,451	0,451
TPH Aliphatic C12-16	0,451	0,451
TPH Aliphatic C16-35	0,451	0,451
TPH Aromatic C7-8	0,451	0,451
TPH Aromatic C8-10	0,451	0,451
TPH Aromatic C10-12	0,451	0,451
TPH Aromatic C12-16	0,451	0,451
TPH Aromatic C16-21	0,451	0,451
TPH Aromatic C21-35	0,451	0,451
Xylenes (m-)	0,451	0,451
Xylenes (o-)	0,451	0,451

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS

Receptor 1:

Adult Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Groundwater	Dermal Contact During Shower	Inhalation During Shower	TOTAL
Benzene	5,7E-02	4,2E-03	3,3E-02	9,4E-02
Ethylbenzene	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
MTBE	ND	ND	2,5E-03	2,5E-03
Toluene	3,0E-20	4,7E-21	2,0E-21	3,7E-20
TPH Aliphatic C5-6	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C6-8	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C8-10	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C10-12	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C12-16	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C16-35	0,0E+00	0,0E+00	ND	ND
TPH Aromatic C7-8	4,6E-13	4,7E-14	9,8E-13	1,5E-12
TPH Aromatic C8-10	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C10-12	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C12-16	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C16-21	0,0E+00	0,0E+00	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	0,0E+00	0,0E+00	ND	ND
Xylenes (m-)	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
Xylenes (o-)	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TOTAL	5,7E-02	4,2E-03	3,5E-02	9,7E-02

Receptor 2:

Child Resident - Mean

Chemical	Ingestion of Groundwater	Dermal Contact During Shower	Inhalation During Shower	TOTAL
Benzene	1,4E-01	8,0E-03	1,3E-01	2,8E-01
Ethylbenzene	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
MTBE	ND	ND	9,2E-03	9,2E-03
Toluene	7,3E-20	8,8E-21	7,5E-21	9,0E-20
TPH Aliphatic C5-6	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C6-8	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C8-10	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C10-12	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C12-16	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aliphatic C16-35	0,0E+00	0,0E+00	ND	ND
TPH Aromatic C7-8	1,3E-12	9,9E-14	4,2E-12	5,6E-12
TPH Aromatic C8-10	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C10-12	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C12-16	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TPH Aromatic C16-21	0,0E+00	0,0E+00	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	0,0E+00	0,0E+00	ND	ND
Xylenes (m-)	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
Xylenes (o-)	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	ND
TOTAL	1,4E-01	8,0E-03	1,4E-01	2,9E-01

Summary of Daily Doses (Intake) for Risk Calculation

Description:

Date: 10-06-2022
14:50:00

Daily Dose and Risk for: Benzene		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,3E-04	5,7E-04
LADD (mg/kd-d)	2,6E-05	4,9E-05
Cancer Risk (-)	1,4E-06	2,7E-06
Hazard Index (-)	5,7E-02	1,4E-01

Daily Dose and Risk for: Benzene		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,7E-05	3,2E-05
LADD (mg/kd-d)	1,9E-06	2,7E-06
Cancer Risk (-)	1,0E-07	1,5E-07
Hazard Index (-)	4,2E-03	8,0E-03

Daily Dose and Risk for: Benzene		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,8E-04	1,1E-03
LADD (mg/kd-d)	3,2E-05	9,5E-05
Cancer Risk (-)	8,7E-07	2,6E-06
Hazard Index (-)	3,3E-02	1,3E-01

Daily Dose and Risk for: Ethylbenzene		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	0,0E+00	0,0E+00
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: Ethylbenzene		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	0,0E+00	0,0E+00
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: Ethylbenzene		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	0,0E+00	0,0E+00
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: MTBE		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,3E-03	5,4E-03
LADD (mg/kd-d)	3,0E-04	4,6E-04
Cancer Risk (-)	5,4E-07	8,4E-07
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: MTBE		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,5E-05	4,4E-05
LADD (mg/kd-d)	3,2E-06	3,8E-06
Cancer Risk (-)	5,7E-09	6,8E-09
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: MTBE		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,1E-03	7,9E-03
LADD (mg/kd-d)	2,8E-04	6,7E-04
Cancer Risk (-)	2,5E-07	6,1E-07
Hazard Index (-)	2,5E-03	9,2E-03

Daily Dose and Risk for: Toluene		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,4E-21	5,9E-21
LADD (mg/kd-d)	2,9E-22	5,0E-22
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	3,0E-20	7,3E-20

Daily Dose and Risk for: Toluene		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	3,8E-22	7,0E-22
LADD (mg/kd-d)	4,5E-23	6,0E-23
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	4,7E-21	8,8E-21

Daily Dose and Risk for: Toluene		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	2,8E-21	1,1E-20
LADD (mg/kd-d)	3,3E-22	9,2E-22
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	2,0E-21	7,5E-21

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C5-6		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C5-6		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C5-6		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C6-8		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C6-8		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C6-8		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C8-10		
--	--	--

Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C8-10		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C8-10		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C10-12		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C10-12		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C10-12		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C12-16		
---	--	--

Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C12-16		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C12-16		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C16-35		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C16-35		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aliphatic C16-35		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C7-8		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	9,3E-14	2,5E-13
LADD (mg/kd-d)	9,3E-15	2,2E-14
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	4,6E-13	1,3E-12

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C7-8		
--	--	--

Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	9,4E-15	2,0E-14
LADD (mg/kd-d)	9,5E-16	1,7E-15
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	4,7E-14	9,9E-14

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C7-8		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	1,1E-13	4,6E-13
LADD (mg/kd-d)	1,1E-14	4,0E-14
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	9,8E-13	4,2E-12

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C8-10		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C8-10		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C8-10		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C10-12		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C10-12		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C10-12		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C12-16		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C12-16		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C12-16		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C16-21		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C16-21		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C16-21		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C21-35		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C21-35		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: TPH Aromatic C21-35		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	ND	ND

Daily Dose and Risk for: Xylenes (m-)		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: Xylenes (m-)		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: Xylenes (m-)		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: Xylenes (o-)		
Ingestion of Groundwater	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: Xylenes (o-)		
Dermal Contact During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Daily Dose and Risk for: Xylenes (o-)		
Inhalation During Shower	Adult Resident - Mean	Child Resident - Mean
CADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
LADD (mg/kd-d)	0,0E+00	0,0E+00
Cancer Risk (-)	ND	ND
Hazard Index (-)	0,0E+00	0,0E+00

Summary of Clean-up Levels

Dissolved Phase Groundwater Source

The receptor considered is: Adult Resident - Mean

Exposure pathways depending on this source:

Ingestion of Groundwater

Dermal Contact During Shower

Inhalation During Shower

Site-Specific Target Levels (SSTLs) for Dissolved Phase Groundwater Source

	SSTL	Original Source Concentration	Chemical Solubility
	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
Benzene	1,8E+03	1,8E-01	1.750E+03**
Ethylbenzene	1,7E+02	2,8E-01	1.690E+02**
MTBE	5,1E+04	1,1E+02	5.100E+04**
Toluene	5,3E+02	1,9E-02	5.260E+02**
TPH Aliphatic C5-6	3,6E+01	1,8E+01	3.600E+01**
TPH Aliphatic C6-8	5,4E+00	1,8E+01	5.400E+00**
TPH Aliphatic C8-10	4,3E-01	1,8E+01	4.300E-01**
TPH Aliphatic C10-12	3,4E-02	1,8E+01	3.400E-02**
TPH Aliphatic C12-16	7,6E-04	1,8E+01	7.600E-04**
TPH Aliphatic C16-35	1,3E-06	1,8E+01	1.300E-06**
TPH Aromatic C7-8	5,2E+02	5,5E+00	5.200E+02**
TPH Aromatic C8-10	6,5E+01	5,5E+00	6.500E+01**
TPH Aromatic C10-12	2,5E+01	5,5E+00	2.500E+01**
TPH Aromatic C12-16	5,8E+00	5,5E+00	5.800E+00**
TPH Aromatic C16-21	5,1E-01	5,5E+00	5.100E-01**
TPH Aromatic C21-35	6,6E-03	5,5E+00	6.600E-03**
Xylenes (m-)	1,6E+02	1,5E-02	1.610E+02**
Xylenes (o-)	1,8E+02	1,7E-01	1.780E+02**

** SSTL was set equal to chemical solubility.

Risk target/concentration could not be exceeded.

ÖZGEÇMİŞ

2003-2007 Sakarya Üniversitesi Çevre Mühendisliği

Gökberk Kara, Birleşik Krallık, Avrupa ve Orta Doğu'daki ofisleriyle, RSK Avrupa'nın önde gelen multi disiplinler bağımsız çevre danışmanlık şirketlerinden olan ve doğalgaz sektörü, atık ve atıksu yönetimi, karbon yönetimi, inşaat, taşımacılık ve gayrimenkul gibi alanlarda faaliyet gösteren firmalara hizmet veren RSK Çevre Hizmetleri A.Ş.' de Kıdemli Çevre Mühendisi olarak görev almaktadır. 2007-2022 yılları arasında Şantiye Mühendisi, Çevre Mühendisi ve Çevre Danışmanı olarak görev yapmıştır. **Toprak Kirliliği'nin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği(TKKNKKSDY)** gereğince 350'den fazla saha saha ve raporlama çalışmaları gerçekleştirmiştir. Gökberk, Petrol ve Gaz sektöründe, toprak ve yeraltı suyu etütleri için gerekli raporların hazırlanması, toprak ve yeraltı sularının kirli alanlarının temizlenmesi için çeşitli düzeltici projelerde görev almıştır

Kıdemli Çevre Danışmanı olarak uzmanlık alanları aşağıdadır;

- TKKNKKSDY gereğince Faz 1 / 2 / 3 saha incelemeleri Remediation
- Çevresel Saha Etütleri ve Mevzuata Uygunluk
- Çevresel ve Sosyal Etki Değerlendirmesi
- Çevresel Uyum ve Durum Tespiti (Due Diligence)
- LEED Danışmanlığı ve Yeşil Bina Sertifika Uzmanı
- Çevre İzin ve Denetimi,
- Asbest Tespit ve Söküm Uzmanı,
- İş Geliştirme ve Proje Yönetimi,
- Atıksu Arıtma Tesis Tasarımı,
- C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanlığı,
- Tehlikeli Madde Güvenlik Danışmanı,

Yayınlar & Eserler; İki (2) adet yayımlanmış makalesi bulunmaktadır.

1)KOPUZ, Esin BOZKURT, and K. A. R. A. Gökberk. "Water Quality in Marmara Sea." Journal of the Institute of Science and Technology 10.4 (2020): 2431-2437.

2)GÖKYAY, Orhan, and K. A. R. A. Gökberk. "Akaryakıt İstasyonları Özelinde Toprak Kirliliğinin Kontrolü ve Noktasal Kaynaklı Kirilenmiş Sahalara Dair Yönetmelik'in Aşamaları ve Uygulamaları." International Journal of Advances in Engineering and Pure Sciences 34.3 (2022): 444-459.