



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**AL-FELLUCE'DEKİ SU VE TOPRAK KİRLİLİĞİNİN IRAK
ANBAR BÖLGESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
OSAMAH HAMEED FAHAD**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Hatim Elhatip**

AKSARAY, 2022

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

İmza

**Osama FAHAD
AKSARAY, 2022**

TEŞEKKÜR

Kalemle yazmayı öğreten, insana bilmediğini öğreten ve bu çalışmayı tamamlamamı sağlayan Allah’a hamd olsun.

Bu tezimi tamamlamamda bana büyük katkılar sunan, faydalı bilgiler veren ve beni yönlendiren Prof. Dr. Hatim Elhatip’e en içten teşekkürlerimi sunarım. Bu çalışmanın başından tamamlanmasına kadar doğru yönlendirmelerini ve nasihatlerini benden esirgemediği için kendisine ne kadar teşekkür etsem azdır. Allah yapmış oldukları iyiliklerin karşılığını versin. Ayrıca küçüklüğümde beni ilme ve bilime yönlendiren, bana bilim sevgisini aşılayan anne ve babama da en derin teşekkür ve takdirlerimi sunarım. Yine bilimsel kariyerim boyunca bana tavsiyelerde bulunmaktan çekinmeyen, yoldaşım olan kardeşim Dr. Mazen El-Fahad’a en içten teşekkürlerimi sunarım. Kardeşim Mühendis Alaa el-Fahad’a da bana sunduğu destekten ötürü teşekkür ederim.

Bana yardım eden, iyilik yapan, tavsiyede bulunan, bu işin tamamlanmasında az ya da katkısı olan herkese en içten teşekkürlerimi ve takdirlerimi sunuyorum.

Osamah FAHAD
Aksaray, 2022

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SIMGELER VE KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışma Alanı	2
1.2 Çalışmanın Önemi	2
1.3 Çalışmanın Amacı	2
1.4 Önceki Çalışmalar	3
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1. Çevre, Terminolojisi ve İnsanlarla İlişkisi	6
2.2. Su Kirliliği Çesitleri	6
2.2.1. Fiziksel kirlilik	7
2.2.2. Biyolojik kirlilik	8
2.2.3. Kimyasal kirlilik	8
2.3. Nehirlere Deşarj Edilen Atık Sular	10
2.4. Atıksu (Kanalizasyon) Yönetimi	13
2.5. Su Kalitesi İndeksi (SKİ)	14
2.6. Su Bakterilerinin Genel Özellikleri	15
2.7. Su Kaynaklı Hastalıklar ve Salgınlar	16
2.8. Toprak Kirliliği	17
2.8.1. Toprak kirliliğinin nedenleri	18
2.8.2. Toprak kirliliğinin beşeri nedenleri	19
2.8.2.1. Sanayi sektörü	19
2.8.2.2. Madencilik sektörü	21
2.8.2.3. Toprak kirliliğinin doğal nedenleri	22
2.9. Fırat Nehri	22
3. MALZEMELER VE ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ	24
3.1. Çalışma Alanının Tanımı	24
3.2. Saha Çalışması	25
3.2.1. Örnek konumların belirlenmesi	25
3.2.2. Kullanılan ekipman	27
3.2.3. Toprak numunesi alımı	28
3.3. Laboratuvar Çalışması	29
3.4. Ağır Elementler	29
3.5. Çalışma Yöntemi	29
3.5.1. Suyun Fiziksel Testleri	29
3.5.1.1. Sıcaklık	29
3.5.1.2. Bulanıklık	29
3.5.1.3. Elektrik iletkenliği	29
3.6. Suyun Kimyasal Testleri	29
3.6.1. pH	29
3.6.2. Pozitif iyonların belirlenmesi	30
3.6.3. Amonyum iyonunun belirlenmesi	30
3.6.4. Sülfat iyonunun belirlenmesi	30

3.6.5. Nitratlar, Nitritler ve Fosfatlar.....	30
3.6.6. Klorür iyonu analizi.....	31
3.6.7. Bikarbonat iyonu HCO_3^-	31
3.7. Ağır Metallerin Belirlenmesi	31
4. BULGULAR.....	33
4.1. Fırat Nehri Suyunun Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri	33
4.1.1. Toprağın pH reaksiyonu.....	33
4.1.2. Elektriksel İletkenlik (EI) ve Toplam Çözünmüş Maddeler (TÇM).....	34
4.1.3. Bulanıklık	35
4.1.4. Sodyum.....	35
4.1.5. Kalsiyum	36
4.1.6. Magnezyum.....	37
4.1.7. Toplam Sertlik.....	38
4.1.8. Klorür	38
4.1.9. Bikarbonat	39
4.1.10. Sülfatlar	40
4.1.11. Bor.....	40
4.1.12. Kurşun (Pb)	44
4.1.13. Manganez (Mn)	46
4.1.14. Nikel (N)	47
4.1.15. Kadmiyum (Cd).....	48
4.1.16. Demir (Fe).....	49
4.1.17. Çinko (Zn).....	50
4.2. Toprak Örneklerinin Alınması	51
4.2.1. Malzemeler ve çalışma yöntemleri.....	52
4.2.1.1 Laboratuvar malzemeleri temizliği.....	52
4.2.1.2 Numune toplama	52
4.2.2 Çalışma yöntemi	52
4.2.3 Ağır elementler	53
5. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER	54
5.1 Laboratuvar Testlerin Sonuçları	54
5.1.1 Fiziksel ve Kimyasal Parametre Analizleri	54
5.1.2 Ağır Metal Analiz Sonuçları	56
5.2 Sonuçlar ve Öneriler	59
5.2.1. Sonuçlar.....	59
5.2.2. Öneriler.....	60
KAYNAKLAR	61
EKLER	67
ÖZGEÇMİŞ	70

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AL-FELLUCE'DEKİ SU VE TOPRAK KİRLİLİĞİNİN IRAK ANBAR BÖLGESİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

OSAMAH HAMEED FAHAD

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı**

DANIŞMAN: Prof. Dr. Hatim Elhatip

ÖZET

Araştırma, başkent Bağdat'ın 60 km kuzeybatısında, Fırat Nehri kıyısında, Anbar Vileyeti sınırları içinde yer alan Felluce kentinde Fırat Nehri üzerinde ağır metallerle su ve toprak kirliliğine ilişkin bir çalışmayı içermektedir. Çalışma iki bölüme ayrılmıştır. 6 istasyon ile modelleme alanlarının belirlendiği saha çalışması yapılmıştır. İlk istasyon Saklaviye tarım alanı olmuş ve mansap öncesi ve sonrasında 2 numune alınmıştır. İkinci istasyon Felluce Hastanesi olmuş ve mansaptan önce ve sonra 2 numune alınmıştır. Üçüncü istasyon ise sanayi olmuş ve mansaptan önce ve sonra 2 numune alınmıştır. Laboratuvar çalışmasına gelince, çözünmüş tuzların, çözünmüş iyonların, çözünmüş katıların ve ağır elementlerin su içeriğinin konsantrasyonlarını bulmak için numunelerin analizi yapılmıştır.

Sonuçlar nikel 0.014, 0.439, 0.220 için mansaptan önceki istasyonlar hakkında şunları göstermiştir; yüzdeler izin verilen aralıktadır. Mansaptan sonra hastane ve sanayi istasyonları için konsantrasyon 1.039, 0.717 mg artmıştır. Ayrıca Irak Standart Şartnamesi 2000 yılı 417'ye göre nehre atık atarak bununla ilgili parametre ve standartları aşmıştır. Kadmiyum için, mansap öncesi istasyonlardaki konsantrasyonun 0.004, 0.001, 0.010 olduğunu gözlemledik. Konsantrasyon hastane istasyonunda ve sanayi istasyonunda artarak sırasıyla 0.021 ve 0.030 konsantrasyonuna ulaşmıştır. Kadmiyum konsantrasyonunun WHO, 1999 tarafından önerilen sınırları ve 2000 yılı Irak Standart Şartnamesi'ni aştığını sonuçlarda gözlemledik. Saklaviye istasyonundaki Fırat Nehri su örneklerindeki konsantrasyonun 0.001 ve 0.004 mg l'den önce ve sonra olduğunu, hem hastane istasyonunda hem de sanayi istasyonunda konsantrasyonun 0.021 ve 0.017 mg l'ye ulaştığını gözlemledik.

Hastane atık ve kanalizasyon suyunun Fırat Nehri suyundaki demir konsantrasyonundaki ve çinko elementindeki artışa etkisini sonuçlar aracılığıyla gözlemledik. Hastane istasyonunda ve sanayi istasyonunda konsantrasyon artarak 0.013, 0.103 mg l konsantrasyona ulaşmıştır. Çinko konsantrasyonunun WHO, 1999 tarafından manganez için önerilen sınırları aşmadığını sonuçlardan gözlemledik. Mansaptan önce ve sonra Saklaviye istasyonundaki konsantrasyonunun 0.31, 0.081 mg olduğunu gözlemledik. Hastane istasyonunda ve sanayi istasyonunda konsantrasyon artarak 0.180 mg'a ulaşmıştır.

Sonuçlardan, kanalizasyon suyunun nehir suyu ve kurşundaki manganez konsantrasyonunu artırmada bir etkisi olduğunu gözlemledik. Saklaviye bölgesindeki konsantrasyonun mansaptan önce ve sonra 0.033 ve 0.007 mg l olduğunu gözlemledik. Felluce Hastanesi ve sanayi istasyonunda konsantrasyon artarak litre başına 0.21, 0.35 mg konsantrasyona ulaşmıştır. Sonuçlardan, Saklaviye bölgesindeki konsantrasyon değerlerinin WHO, 1999'a göre uluslararası olarak izin verilen sınırlar içinde olduğunu gözlemledik.

Anahtar Kelimeler: Felluce, Irak, Saklaviye, konsantrasyon, kirlilik, su kirliliği.

Ocak, 2022; 70 sayfa



MSc. THESIS

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF WATER AND SOIL POLLUTION IN AL-FALLUJAH ON IRAQ ANBAR AREA

OSAMAH HAMEED FAHAD

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Environmental Engineering Department**

Supervisor: Prof.Dr. Hatim Elhatip

ABSTRACT

The research is about water and soil pollution by heavy metals on the Euphrates in the city of Fallujah, located within the borders of Anbar Province, on the banks of the Euphrates River, 60 km northwest of the capital Baghdad. The research has been divided into two parts. A field study was conducted to determine the modeling areas with 6 stations. The first station was Saqlawiyah agricultural area and 2 samples were taken before and after the downstream. The second station was Fallujah Hospital and 2 samples were taken before and after downstream. The third station was the industrial zone and 2 samples were taken before and after the downstream. As part of the laboratory work, samples were analyzed to find the concentrations of dissolved salts, dissolved ions, dissolved solids and water content of heavy elements.

The results showed the following about downstream stations for nickel 0.014, 0.439, 0.220. Percentages are within the allowable range. For hospital and industrial stations downstream, the concentration increased by 1.039, 0.717 mg. In addition, according to the Iraqi Standard Specification 417 of the year 2000, the parameters and standards related to this were exceeded by throwing waste into the river. For cadmium, we observed that the concentration at the downstream stations was 0.004, 0.001, 0.010. The concentration increased at the hospital station and the industrial station, reaching a concentration of 0.021 and 0.030, respectively. It was observed in the results, that the cadmium concentration exceeded the limits recommended by WHO, 1999 and the Iraq Standard Specification of 2000. We observed that the concentration in the Euphrates River water samples at Saqlawiyah station was 0.001 and 0.004 mg, and the concentration reached 0.021 and 0.017 mg at both the hospital station and the industrial station.

Through the results, we observed the effect of hospital waste and sewage water on the increase in iron concentration and zinc element in the Euphrates River water. In the hospital station and the industrial station, the concentration increased and reached 0.013, 0.103 mg concentration. It was observed from the results that the zinc concentration did not exceed the limits recommended for manganese by WHO, 1999. We observed that its concentration at the Saqlawiyah station before and after the downstream was 0.31, 0.081 mg.

At the hospital station and the industrial station, the concentration increased to 0.180 mg. From the results, we observed that sewage water had an effect in increasing the

manganese concentration in river water and lead. It was observed that the concentration in the Saqlawiyah region was 0.033 and 0.007 mg before and after the downstream. In Fallujah Hospital and industrial station, the concentration increased to 0.21, 0.35 mg per liter. From the results, we observed that the concentration values in the Saqlawiyah region were within the internationally permissible limits according to WHO, 1999.

Keywords: Fallujah, Iraq, Saqlawiyah, concentration, pollution, water pollution.

January, 2022; 70 pages



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.	Fabrikalardan gelen soğutma suyunun su kütlelerine deşarj edilmesinden kaynaklanan fiziksel kirliliği	7
Şekil 2.2.	Suyun biyolojik kirliliğini gösterir.	8
Şekil 2.3.	Suyun kimyasal kirliliğini gösterir.	10
Şekil 2.4.	Dicle Nehri'nin sularına dökülen atık sular.	12
Şekil 2.5.	Toprak kirliliğinin bir yönünü gösterir.	18
Şekil 2.6.	Sanayi sektöründen kaynaklanan toprak kirliliğini gösterir.	21
Şekil 2.7.	Fırat Nehri'ni gösteren harita.....	23
Şekil 3.1.	Çalışma alanının haritadaki konumu	24
Şekil 3.2.	Saklaviye'nin güneyinden Felluce'ye uzanan saha çalışmasını gösterir.	25
Şekil 3.3.	Mansaptan önce ve sonra Saklaviye şehrinde alınan numune	26
Şekil 3.4.	Felluce şehrindeki Felluce Kamu Hastanesi yakınından alınan numune.	26
Şekil 3.5.	Fırat Nehri'nden alınan endüstriyel atık numunesi.....	27
Şekil 4.1.	Fırat nehri suyunun fiziksel özellikleri	34
Şekil 4.2.	Çalışma alanı klorür değerleri.....	36
Şekil 4.3.	Çalışma alanı klor konsantrasyonu değerleri	40
Şekil 4.4.	Irak standart özelliklerine göre nehre atık boşaltmak için belirlenen standartlar	42
Şekil 4.5.	Çalışma alanındaki Fırat Nehri suyunun mansap öncesi ve sonrası bazı Ağır metal içerikleri.	43
Şekil 4.6.	Doğal sulardaki mikro ve ağır elementlerin konsantrasyonları için izin verilen limitler.	44
Şekil 4.7.	Çalışma alanındaki Fırat Nehri örneklerinde kurşun konsantrasyonları..	45
Şekil 4.8.	Çalışma alanının manganez konsantrasyonları	46
Şekil 4.9.	Çalışma alanının nehir suyu örneklerinde nikel konsantrasyonu	47
Şekil 4.10.	Çalışma alanının Fırat nehri su örneklerinde kadmiyum konsantrasyon oranı.....	48
Şekil 4.11.	Çalışma alanındaki Fırat Nehri su örneklerinde Sallaviye istasyonunda mansap öncesi ve sonrası demir konsantrasyonu	49
Şekil 4.12.	Saklaviye istasyonunda çalışma alanı içerisinde bulunan Fırat Nehri su örneklerinde mansap öncesi ve sonrası çinko konsantrasyonu.	50
Şekil 5.1.	Mansaptan önce 10-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin	55
Şekil 5.2.	Mansaptan sonra 10-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin laboratuvar testlerinin sonuçları.	55
Şekil 5.3.	Mansaptan önce çalışma alanlarından 10-30 cm uzaklıkta alınan toprak örneklerinde ağır maden konsantrasyonları.	57
Şekil 5.4.	Mansaptan sonra çalışma alanlarından 10-30 cm uzaklıkta alınan toprak örneklerinde ağır maden konsantrasyonları.	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Laboratuvar Ölçüm ve Analizlerinde Kullanılan Cihazlar	27
Çizelge 3.2. Modelleme istasyonlarının bir özetinin sunumu.....	28
Çizelge 4.1. Fırat nehri suyunun fiziksel özellikleri	33
Çizelge 4.2. Çalışma alanı çözülmüş sodyum değerleri	36
Çizelge 4.3. Çalışma alanı klor konsantrasyonu değerleri	40
Çizelge 4.4. Irak standart özelliklerine göre nehre atık boşaltmak için belirlenen standartlar	41
Çizelge 4.5. Çalışma alanındaki Fırat Nehri suyunun mansap öncesi ve sonrası bazı Ağır metal içerikleri	42
Çizelge 4.6. Doğal sulardaki mikro ve ağır elementlerin konsantrasyonları için izin verilen limitler.....	44
Çizelge 4.7. Çalışma alanındaki Fırat Nehri örneklerinde kurşun konsantrasyonları.	45
Çizelge 4.8. Çalışma alanının manganez konsantrasyonları.....	46
Çizelge 4.9. Çalışma alanının nehir suyu örneklerinde nikel konsantrasyonu	47
Çizelge 4.10. Çalışma alanının Fırat nehri su örneklerinde kadmiyum konsantrasyon oranı	48
Çizelge 4.11. Çalışma alanındaki Fırat Nehri su örneklerinde Sallaviye istasyonunda mansap öncesi ve sonrası demir konsantrasyonu.....	49
Çizelge 4.12. Saklaviye istasyonunda çalışma alanı içerisinde bulunan Fırat Nehri su örneklerinde mansap öncesi ve sonrası Çinko konsantrasyonu.	50
Çizelge 5.1. Mansaptan önce 10-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin	55
Çizelge 5.2. Mansaptan sonra 10-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerininlaboratuvar testlerinin sonuçları.	55
Çizelge 5.3. Mansaptan önce çalışma alanlarından 10-30 cm uzaklıkta alınan toprak örneklerinde ağır maden konsantrasyonları.	57
Çizelge 5.4. Mansaptan sonra çalışma alanlarından 10-30 cm uzaklıkta alınan toprak örneklerinde ağır maden konsantrasyonları.	57

SIMGELER VE KISALTMALAR

BOG	Biyolojik Oksijen Gereksinimi
DS	Damla Sulama
GTÖ	Gıda Tarım Örgütü
HTS	Hidrolik Tutma Süresi
HOİ	Hayati Oksijen İhtiyacı
KOG	Kimyasal Oksijen Gereksinimi
MSG	Mahsul Su Gereksinimleri
SÇİB	Sınır Çevre İş Birliği
SG	Sulama Gereksinimleri
SKİ	Su Kalitesi İndeksi
SSDTK	Sulama Suyu Dağılım Tekdüzelik Katsayısı
SST	Saha Su Temini
UACBS	Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri

1. GİRİŞ

Tüm dünyada, nehir suları, insanların, hayvanların ve bitkilerin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla kullanılan en önemli tatlı suyun ana kaynağıdır. Bu hayati kaynağın irrasyonel kullanımı, nicelik ve nitelik açısından bozulmasına yol açmış ve birçok nehir sularının kalitesini düşürmüş, evsel, tarımsal ve endüstriyel katı atıkların gelişigüzel bir şekilde çevreye atılmasıyla, aşırı kirliliğine neden olmuştur. Bu kirleticiler, sularının kimyasal, fiziksel ve biyolojik olarak kalitesinde bir değişikliğe yol açmış ve ardından nehir sularının kirlenmesine neden olmuştur. Böylece, bu doğal tatlı su kaynakların kalitesi açısından çeşitli insan kullanımları için uygunluktan çıkmıştır.

Nüfusun günlük su tüketiminin artmasıyla birlikte, nehir sularına ulaşan evsel ve tarımsal kirleticilerin yanı sıra arıtılmamış atıksuların doğal su kaynaklarına deşarj edilmesi yoluyla, büyük problem yaratmıştır. Doğal su kaynaklarına ulaşan büyük miktarda insan kaynaklı kirleticiler arttıkça, dünyadaki nüfus oranının artmasıyla da, su kirliliği sorunu da artmıştır. Bu durumda, sudaki fekal kontaminasyonun kanıtı olan birçok fekal koliform bakteri kaynağı haline getirmiştir (WHO,1996).

Atık su, hidrolik tutma süresinin (HTS) yanı sıra, toprak yüzeyiyle ve içerdiği kirleticilerle temas yoluyla yüzey suyunun hacmini, miktarını ve kalitesini etkiler (Jimenez, 2006). Bazı topluluklarda nehirlerle deşarj edilen atıksular, evsel, tarımsal ve endüstriyel kaynaklı ayrı ayrı kanalizasyonu oluşturur, veya bu üç atıksuyun kaynağın birleşiminden oluşur (Caincross & Feachhem, 1997). Kanalizasyon atıksuların kimyasal bileşimi %99.9 su ve %0.1 katı maddeden oluşacak şekilde karmaşık ve değişkendir. Kanalizasyon atıksuyunun ana özellikleri, yüksek oranda katı madde içermesi, biyolojik oksijen gereksinimi (BOİ) duyması, kimyasal oksijen gereksinimi (KOG) duyması ve yüksek patojenik organizma ve toksik kimyasal içermesidir (Çekiç, 1996).

Genel olarak, evsel atık sular iki kategoriye ayrılır; %25 oranındaki siyah su ve tuvalet suyu, diğer tüm evsel atık suları, banyo suyu, yıkama suyu ve diğer kullanım suları

gibi kalan suları içeren %75 oranındaki kurşunlu sudur (Pradhan, 2006). Bu doğalsu kaynaklarının kirliliği, aynı şekilde, tazin çalışma alanında gerçekleşmektedir.

1.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı, Irak başkenti olan Bağdat'ın 60 km kuzeybatısında olup, Anbar Vilayetine bağlı Felluce şehrinde Fırat Nehri kıyısında yer almaktadır. Felluce, Anbar Vilayetinin yüzölçümü ve nüfus bakımından en büyük şehirlerinden biridir. Felluce şehrinin nüfusu 2011 nüfus sayımına göre yaklaşık 275 128 kişidir.

1.2. Çalışmanın Önemi

Suyun önemi ve gerekliliği, tüm biyolojik ve endüstriyel süreçlere dahil olmasından kaynaklanır. Şekli, türü veya boyutu ne olursa olsun, hiçbir organizma susuz yaşayamaz. Doğal tatlı su kaynakların kalitesinin önemi, uzman bilim adamlarının su kirliliği meselesini öncelikli ilgi alanlarına almasını sağlamıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nün raporları, suyla yayılan hastalık ve salgınların, bu hastalıklar nedeniyle yılda çoğu çocuk olmak üzere 3-4 milyon kişinin ölümüne neden olduğunu, bunun dışında 2.2 milyon kişinin de kolera da dahil olmak üzere bir çok hastalıklardan öldüğünü göstermektedir (WHO, 2000). İnsanın, sanayi, tarım ve kalkınma faaliyetlerini yürütmesi ve çoğu kez de, su kalitesi sınırlarını geçmesi, doğadaki su kaynaklarının kirliliğine yol açmaktadır. Bu faaliyetlerin artması sonucunda, suyun kirleticilerden korunma özelliğini kaybetmiştir. Çalışma alanındaki su kirliliğinin en önemli kaynaklarından biri, atıksularının (kanalizasyonların) doğadaki nehirlerle boşaltılmasından kaynaklanan ağır metaller kirliliğidir. Bu ağır metallerin nehirlerde yüksek konsantrasyonlarda bulunması, toksik hale gelir veya kurşun, kadmiyum, nikel, krom, cıva vb. gibi düşük konsantrasyonlarda bile sınırlı biyolojik değere ve toksik etkiye sahip olabilir.

1.3. Çalışmanın Amacı

Çalışmanın amacını şu şekilde sıralayabiliriz:

- 1- Saklaviye ve Felluce şehirleri arasındaki bölgede Fırat Nehri suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi.

- 2- Çalışma alanındaki kanalizasyon suyunun Fırat Nehri'nin su kalitesine etkisinin incelenmesi.
- 3- Nehir suyunun kirlilik düzeyinin ve insan tüketimine uygunluğunun belirlenmesi.
- 4- Çalışma alanındaki Fırat Nehri'nin su kalite indeksinin (SKİ) belirlenmesi.

1.4. Önceki Çalışmalar

Irak'taki su kaynaklarının tüm yönleriyle araştırılması yapılmıştır. Ancak, Fırat Nehri kalitesi üzerinde yaygın bir ilgi görmemiştir. Bununla birlikte son zamanlarda, nehir suyunun kalitesinin araştırılmasıyla ilgilenen birçok çalışma ve araştırma olduğu için araştırmacıların dikkatini çekmiştir. Fırat Nehri havzasında bulunan birçok rezervuar ve taşkın kontrolü çalışmalarının yanı sıra, Heet istasyonundaki en yüksek ve en düşük deşarj incelenmiştir (Al-Ansari vd., 1981).

Fırat ve Dicle nehirleri kolları üzerinde yapılan bir su kalitesi çalışmasında ise, yıl boyunca sıcaklık ve pH'değerlerindeki değişiklikleri takip edilmiştir. Aynı çalışmada, Irak Fırat nehri sularındaki fosfat konsantrasyonunun, yosun üretimi için sınırlayıcı bir faktör haline getirecek derecede azalmadığını tespit edilmiştir (El-Nami, 1982).

Öte yandan, Al-Obaidi, 1983'de, Fırat Nehri sularının doğal özelliklerinde kirlilik olmadığını ve sudaki pozitif ve negatif iyon konsantrasyonlarının izin verilen üst sınırların altında olduğunu göstermiştir. Al-Bassam, 1985'in çalışmasında ise, Fırat Nehri ve Razzaza Gölü sularında tuzluluk oranının yüksek olduğu, bunun nedeni; nehir kenarındaki pınar, kaynak ve kuyulardan nehir suyuna sızan tuzlu yeraltı suları olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca, Banat ve Al-Rawi, (1986), Fırat Nehri'nin su kalitesini incelemişlerdir. Bu çalışmada, nehir suyunun iyonik konsantrasyonlarına göre, Irak Fırat suların kalitesine göre iki kısma ayrılabilirliği belirtilmiştir. Irak'ın üst kısmındaki suların toplam iyon konsantrasyon oranı 449 mg/L olup, bu suyun kimyasal türü sülfat – bikarbonatlıdır. Nehrin alt kısmında ise, ortalama iyonik konsantrasyon 547 mg/L üstünde olup, kimyasal türü; major olarak sülfatlar - klorürlerdir. Nehrin hidrokimyasal davranışı ise, ana kayaçlar, iklim ve insan faaliyetleri ile açıklanabilir.

Abdullah, (1996)'nın Babil vilayetindeki Fırat Nehri ve tortularının fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine yaptığı çalışmada, yüksek konsantrasyonlarda klorür, sülfat ve kalsiyum iyonlarının yanı sıra toplam bulanıklık ve sertliğinin değerleri, içme suyu için izin verilen sınırları aştığı tespit edilmiştir (Ek-1, Ek-2 ve Ek-3). Al-Zaydani, 2003, nehri sularında bulanıklık, elektriksel iletkenlik ve artan kalsiyum, sodyum ve klorür iyonları konsantrasyonları gibi, El-Kaim'den Heet'e kadar olan bölgedeki Fırat Nehri havzasının sularının fiziksel özelliklerin değerlerinde bir artıştan muzdarip olduğunu belirtmiştir.

Ancak izin verilen sınırları aşmamış ve bu değerlerin yüksek çıkmasının nedeni, Vadi Heclan'daki El-Ayun ve Hadise Barajı'nın Fırat Nehri'nin su kalitesi üzerindeki etkisine bağlamıştır. Fırat Nehri'nin durumu ile ilgili doğal akarsular için çevre kontrol programının değerlendirildiği çalışmada, fiziki işlem sonuçları ile tespit edilmiştir. Nehrin kuzey kesiminde (El-Kaim'den el-Hindiye'ye kadar) Toplam Çözünmüş Katı Madde "TDS", Askıdaki Katı Madde "TSS" ve Elektirksel İletkenliği "EC" değerleri izin verilen sınırlar içindeyken, güney kesiminde (El-Hindiye'den ElKırna'ya kadar) izin verilen sınırlardan daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ayrıca, Fırat Nehir suyunun kimyasal analiz sonuçları, kuzey kesimde Irak ve uluslararası standartlarda olduğunu göstermiştir. Nehrin güney kesiminde ise, Irak ve uluslararası şartnamelerden daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Kuzey kesiminde nehir suyunun türü kükürtlüdür (Ahmed, 2006).

Al-Hamdani ve Al-Janabi, 2008, El-Kaim'den El-Bağdadi'ye kadar Fırat Nehri'nin su kalitesini incelemişler ve burada nehir suyundaki ağır element konsantrasyonlarının izin verilen sınırlar içinde olduğunu tespit edilmiştir. İzin verilen sınırları aşan Hg, Al ve Pb elementleridir. Ayrıca, nehir suyunun fiziksel ve kimyasal özellikleri (amonyum ve nitratlar dışında) uluslararası ve ulusal olarak izin verilen sınırlar içindedir. Sodyum, klorür ve sülfat iyonları için yüksek elektriksel iletkenlik değerleri bulunmuştur. Kalsiyum, magnezyum ve potasyum iyonları ise, daha önceki çalışmalarda daha azdır ve nehir suyundaki fosfat, amonyum ve nitrat iyonlarının konsantrasyonları standart sınırlar içindedir.

Al-Janabi, 2008'nin Fırat Nehri'nin Ramadi'den Felluce'ye ve El-Sersar ve El-Habbaniye göllerine kadarki su kalitesine ilişkin yaptığı araştırmada, fiziksel

özelliklerin (enerji ve elektriksel iletkenlik) izin verilen sınırları aştığı sonucuna ulaşmıştır. Kimyasal özellik noktasında ise nehir ve iki gölün suları, zayıf alkaliliğe sahip olma eğiliminde olan nötr özelliklere sahiptir.

Son olarak, Tez çalışma alanında, toplam çözünür tuzların, toplam sertliğin ve sodyum, potasyum ve magnezyum iyonlarının konsantrasyonlarının izin verilen sınırları aştığı, Bikarbonat ve diğer negatif iyon konsantrasyonları ise, izin verilen sınırlar içinde olduğu tespit edilmiş. Ayrıca, Çözünmüş oksijen (DO) konsantrasyonunun arttığı ve Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ) konsantrasyonunun azaldığı da gözlenmiştir.

Biyolojik analiz sonuçlarına gelince, bunlar çözünmüş oksijen konsantrasyonuna göre değişmiştir. Enterobacter, Klebsiella pneumonia, Pseudomonas ssp, Citrobacter, E.coli, Proteus mirabilis, Salmonella ssp, Shigella ssp ve Flavimonas oryzihibitan tespit edilmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Çevre, Terminolojisi ve İnsanlarla İlişkisi

Çevre, canlıların (insan, hayvan, bitki) faaliyetleri ile alakalı yaygın olarak kullanılan bir terimdir. Ekoloji, Yunanca bilgelik anlamına gelen oikos ve bilim anlamına gelen logos kelimelerinden türetilmiş, ve canlı organizmaların içinde yaşadıkları çevre ile ilişkisini inceleyen bilim olarak tanımlanır. Ayrıca iklimin özellikleri (ısı, ışık, nem, gazlar) ve toprak, su ve havanın fiziksel ve kimyasal özellikleri gibi canlı olmayan faktörlerin incelenmesi de bu bilim dalının ilgi alanındadır (David, 1999). Bunlardan birinde bir değişiklik meydana gelirse, bunu Cenâb-ı Hakk'ın kâinata koyduğu kanun ve ilişkilere göre, bir etkileşim zinciri şeklinde diğer bazı sistemlerde de değişiklik takip etmektedir.

2.2. Su Kirliliği Çeşitleri

Su kirliliği sorunu, Çevre kirliliğinin en önemli sorunlarından biridir ve sorunun büyümesine ve boyutunun büyüklüğüne rağmen, ister gelişmekte olan, ister gelişmiş ülkelerde olsun, her geçen gün daha da kötüye gitmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki Çevre Koruma Ajansı (EPA, 2009) tarafından hazırlanan bir rapor, nehir sularının %45'inin, göl sularının %47'sinin ve körfez sularının %32'sinin kirli olduğunu göstermiştir. Su, insan tüketimine uygun olmayacak şekilde, onu bozan veya içinde yaşadığı balık ve diğer su organizmaları gibi canlıları etkileyen bileşenler içerdiğinde kirli su olarak kabul edilmektedir.

Oksijen tüketen organik atıklar, tüm patojenik organizmaları, gıdalardan gelen organik maddeleri, bitki artıklarını, mahsul artıklarını ve atık suları (evsel, endüstriyel ve tarımsal) içerir. Bu malzemeler suda oksitlenebildikleri için biyolojik olarak parçalanabilirler ve bu nedenle, oksijen tüketicileri olarak adlandırılırlar. Sudaki çözülmüş oksijenin tüketilmesi, bu oksijenin tükenmesine ve dolayısıyla balık ve aerobik mikroorganizmalar gibi suda yaşayan organizmaların (oksijensiz kalmasıyla) ölümüne yol açar. Aynı zamanda suda anaerobik mikroorganizmalar çoğalır ve organik maddeyi anaerobik olarak ayrıştırarak, CH₄, NH₃, H₂S'den kaynaklanan toksik gazların çıkmasıyla, hoş olmayan kokular üretirler. Bununla birlikte, çalışma alanında aşağıda ele alınacağı üzere, farklı su kirliliği türleri mevcuttur.

2.2.1. Fiziksel kirlilik

Suyun Fiziksel kirliliği, en önemlisi olan sıcaklık veya tuzluluktaki bir değişiklik ya da organik veya inorganik kökenli maddelerdeki bir artış yoluyla suyun standart spesifikasyonlarındaki bir değişiklikten kaynaklanır (Şekil 2.1). Kayaların ısı iletkenliği veya kabuğun kalınlığı ve oluşum süreçleri de dahil olmak üzere ve bu faktörlere bağlı olarak, ortalama sıcaklıktan sapması ile doğrudan ilgili birkaç faktör vardır. Yerkabuğunun sıcaklığı her 100°C’de 2,9°C artar (Todd, 1980). Ayrıca, Sınır Çevre İşbirliği (SÇİB) dahil olmak üzere, kirlilik kontrolü konusunda çeşitli anlaşmalar yapılmıştır (Ek-4 ve Ek-5). Nemro (1963), bakterilerin ve diğer organizmaların etkinliğini arttıran suyun sıcaklığı-ndaki artışın, sıcak atıkların dışarı edilmesinden kaynaklandığı, sudaki çözülmüş oksijen miktarının azalmasına neden olan, balıkların yaşamını etkileyen kabul edilemez bir durum olduğunu göstermiştir. Kothan (1970), yüzey suyunun kalitesini etkileyen en önemli faktörlerden biri sıcaklığın olduğunu ve derinlik farkı ile sıcaklığın değiştiğini belirtmiştir. Suyun en önemli fiziksel özelliklerinden biri olan sıcaklığın değişmesi durumunda, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde de değişiklik meydana gelir. Ayrıca, sıcaklığın yaklaşık 30-40°C’ye yükselmesi, sudan oksijen almaya çalışan bazı algların (yeşil ve mavi-yeşil) büyümesini tetikler. Böylece, atıkları oksitlemek için kullanılan oksijen yüzdesi azalır. Ayrıca, yüksek sıcaklıklar, suyun yoğunluğunu azaltır ve zararlı bakteri türlerinin yanı sıra balıkların da ölümüne yol açar (Hodges, 1973).



Şekil 2.1. Fabrikalardan gelen soğutma suyunun su kütlelerine deşarj edilmesinden kaynaklanan fiziksel kirliliği.

2.2.2. Biyolojik kirlilik

Biyolojik kirlilik, yüzey sularında bakteri varlığı doğal bir olay olmasına rağmen, sularda bakteri, virüs ve parazit gibi hastalık yapıcı mikroorganizmaların artmasından kaynaklanmaktadır (Wilton, 1980). Ancak biyolojik su kirliliği, kanalizasyon suyu gibi organik bir kaynağın varlığı sonucu patojenlerin sayı ve türlerinin ortaya çıkmasıyla sayıları arttığında ortaya çıkar (Hyner, 1974). Irak'ta günlük tüketilen yaklaşık 7.8 milyon m³ su, kanalizasyonlara, akarsulara, nehirlere, su kütlelerine ve Dicle ve Fırat nehirlerine deşarj edilen kirli su üzerinden 5.8 milyon m³ olarak geri dönüyor (Sabri vd., 1993).

Ayrıca kentsel kanalizasyon, özellikle kanalizasyon suyu ile karışan alanlarda bakteri sayısının artmasıyla belirgin bir etkiye sahiptir ve bu, biyolojik oksijen ihtiyacının (BOİ) yüksek değerleri ile gösterilmektedir (Sabri vd., 1993). Kuşkusuz atık su, başta bakteri olmak üzere birçok mikrop taşır ve bu mikroplar balıklar, kabuklular vd. dahil olmak üzere suda yaşayan organizmaları kirletir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Suyun biyolojik kirliliğini gösterir.

2.2.3. Kimyasal kirlilik

Kimyasal kirlilik, genellikle su kütlelerinin yakınında bulunan endüstriyel, tarımsal ve evsel atıkların artışından kaynaklanır ve bu da, çeşitli kimyasalların sızıntısına yol açar. Salman, (1987), Fırat Nehri'nin kimyasal bileşenlerinde ve suyunun kalitesinde mekansal ve zamansal değişiklikler olduğunu, ve bu değişikliklerin nehir boyunca Irak topraklarına girişinden Eş-Şuyuh pazarına kadar devam ettiğini belirtmiştir.

Al-Obaidi, (1983), Fırat Nehri üzerinde hidrojeokimyasal bir çalışma yapmış ve Fırat Nehri'nin potansiyel kirliliğine odaklanmıştır. Irak topraklarına girişinden Hille şehrine kadar nehir boyunca kimyasal ve fiziksel özelliklerinde değişiklikler olduğunu belirtmiştir. Fırat Havzası Ulusal Programı aracılığıyla Tarım Bakanlığı (Tarım Bakanlığı, 2000) tarafından da bir çalışma yapılmıştır. Çalışma, çeşitli eksenlerde (kimyasal, fiziksel, biyolojik ve tarımsal çalışmalar) yeraltı ve yüzey sularını kapsamış ve endüstriyel su ile kirlenme olasılığı üzerinde durmuştur.

Sabri vd., (2002), tarafından bir çalışma yapılmış ve Fırat Nehri kuzey, orta ve güney kısımlarında uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri (CBS) dahil olmak üzere çeşitli şekillerde araştırılmıştır. Akarsuyun çevre kentlerinin kimyasal ve biyolojik olarak etkilerinin boyutlarını göstermek için ülke içindeki suyun çevresel kontrolüne birçok eksen dahil edilmiştir.

Fırat Nehri araştırmacılarından özel ilgi görmüş ve Fırat Nehri'nin tortulları üzerinde, kirlenmediklerini ve kobalt, kurşun, nikel ve manganez konsantrasyonunun, konsantrasyonu birkaç kez olan kadmiyum hariç, bu elementlerin doğal arka planını temsil ettiğini gösteren Banat vd., 1981 gibi birçok çalışma yapılmıştır.

Bant ve Al-Rawi (1986) araştırmalarında, Fırat Nehri suyunun içindeki iyonik konsantrasyonlara göre iki kısma ayrılabilceğini belirtmişlerdir. Irak içindeki nehrin üst kısmında, toplam iyon konsantrasyon değeri 499 ppm'e kadar ulaşıyor ve suyun kimyasal türü kükürt ve karbonat şeklindedir. Nehrin alt kısmında ise, toplam iyon konsantrasyon değeri 1547 ppm, ve suyun kimyasal türü klorür sülfattır. Nehrin hidrokimyasal davranışı ana kayaçlar, iklim ve insan faaliyetleri ile açıklanabilir.

Al-Ansari vd., (1986), tarafından yürütülen çalışmada da Fırat Nehri'nin potansiyel kirliliğine odaklanılmıştır. Bu çalışmada, Fırat Nehri'nin hidrolojisinin ve üst kısımlardaki çözünmüş tortuların miktarının ve iyonik dengenin hesaplanması yapılmıştır.

2.3. Nehirlere Deşarj Edilen Atık Sular

Akarsulara boşaltılan kanalizasyon, özellikle dünyada beklenen su krizi ile birlikte üstesinden gelinmesi zorlaşan tehlikeli hastalıkların insanlara ve hayvanlara bulaşmasının başlıca nedenlerinden biridir (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Suyun kimyasal kirliliğini gösterir.

Bu nedenle imkanların çevreye zarar vermeden ilerleme ve ekonomik büyümenin yollarını sağlamaya odaklanması gerekliliği zorunlu bir hal almıştır. Sıvı ve katı atık ve yüzey sularının özellikleri üzerine birçok çalışma yapılmıştır. Birçok ülke, herhangi bir atık arıtma işlemi yapmadan sıvı atıkları nehir sularına atmakta ve bu da su kütlesinin kirlenmesine neden olmaktadır (El-Saadi, 2006). Şeker ve tabaklama fabrikalarının atıklarının ve nüfus atıklarının Dicle Nehri'nin su kalitesi üzerindeki etkisine ilişkin bir çalışmada (Al-Lala ve Hassan, 1978), biyolojik oksijen gereksinimi konsantrasyonlarında (BOGK5) bir artış bulunmuştur.

Bu atıklar, sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunda azalmaya neden olmuştur. Bu durumun, Dicle Nehri'nin suları üzerinde, özellikle de bu atıkların yakınındaki alanlar üzerinde etkisi olumsuz olmuştur. Dawood, (1980), Musul'daki modern tabaklama fabrikası çıkarımlarıyla Dicle Nehri'nin suyunun özelliklerinin değiştiğini bulmuştur.

Sonuç olarak, bu çıkarmaların, çözünmüş oksijen konsantrasyonundaki azalma nedeniyle, su zenginliği üzerinde olumsuz bir etkisi olduğunu göstermiş olup, Dicle Nehri'nin sularında bu sorunların hafife alındığını ve nehirден uzak mesafelerde konsantrasyonlarını azalttığını açıklamıştır.

Ahmed ve Mohamoud, (1982), Musul'daki şeker fabrikasından deşarj edilen suyun kalitesini incelediklerinde, dünyadaki diğer şeker fabrikalarına göre, salınan kirleticilerde azalma olduğunu ve bunun ortaya çıkış nedenini tespit etmişlerdir. Bu durum, sanayide kullanılan su miktarından kaynaklanmaktadır. Abbwi, (1983), Musul'daki süt ve alkollü içecek fabrikalarının sunumlarını incelemiş, çözünmüş ve askıda organik maddelerin değerlerinde bir artış, Dicle Nehri'ne akan endüstriyel akış alanında çözünmüş oksijen değerinde bir azalma tespit etmiştir. Musul kentinden boşaltılan su atığı ve bunun Dicle Nehri'nin su kalitesine etkisi üzerine yapılan araştırmaya (Tali, 1983) gelince, sonuçlar Dicle Nehri'nin sularındaki kirletici konsantrasyonunda bir artış olduğunu göstermiştir. Musul kentine girdikten sonra lağım sularının etkisiyle nehre atılmıştır.

El-Ravi (1993), Musul şehrinde Dicle Nehri'nin kirlilik sorunlarına neden olan endüstriyel atıkları incelemiş ve bu çalışmada BOİ5 ile temsil edilen organik yükün ve askıda madde formundaki tortul yükün özelliklerine odaklanmıştır. Sonuçlar, sanayi projelerinin Dicle Nehri'ne deşarj edildiği ve şehrin nüfusunun bir bütün olarak ortaya koyduğunun yarısından fazlasına denk gelen organik yükün büyüklüğünü göstermiştir. Ayrıca Tali vd., (1997), Havser Nehri'nin sulama amaçlı kullanılan suyunu değerlendirmek amacıyla bazı kimyasal özellikleri incelemiştir. Sonuçlar, Havsar nehrine deşarj edilen atık su miktarlarındaki artışın bir sonucu olarak çalışılan standartların çoğu için bir artış göstermiştir. Ancak, tuzluluk sorunları noktasında su, sulama için kabul edilebilir olarak değerlendirilmiştir.

Musul şehrinin kuzeyinde Dicle Nehri suyunun evsel atıklarla kirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada (Tali ve El-Bar Havi, 2000) bu atıkların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri belirlenmiştir. Sonuçlar, kanalizasyon suyu için çalışılan standartların çoğunun nehirlerden tahliye edilen atık sular için izin verilen sınırları aştığını göstermiştir. Dicle Nehri'n sularına dökülen atıksular Şekil 2.4'te verilmiştir.



Şekil 2.4. Dicle Nehri'nin sularına dökülen atık sular.

El-Dahri, (2002), el-Kaim bölgesindeki Fırat Nehri'nin Vadi El-Kaim'den önceki ve sonraki sularının sülfat tipinde olduğunu, yani sülfatların nehirdeki negatif iyonlara baskın olduğunu tespit etmiştir. Çalışmada Fırat Nehri suyunun temel doğasına, göreceli yüksek elektriksel iletkenlik derecesine ve toplam çözünmüş maddelere atıfta bulunulmuştur.

El-Jahsani (2003), Musul şehrinin kentsel ve endüstriyel atık sularının Dicle Nehri'nin su kalitesine etkisini açıklamış, atık sulara yakın olan nehir suyu sahalarının elektriksel iletkenlik değerlerinde bir artış olduğunu, atık suların etkisiyle nehir suyunun çözünmüş oksijeninin azaldığını ve hayati oksijen ihtiyacı değerlerinin arttığını tespit etmiştir. Ayrıca, kentin sivil, endüstriyel ve tarımsal atıklarının boşaltılması nedeniyle bakteri sayısının ve toplam koliform bakteri sayısının fazla olması nedeniyle nehir suyunun kalitesinin insan tüketimi için kullanılan su kaynakları için izin verilen sınırları aştığını belirtmiştir. Diğer taraftan, Shekha (2008), Erbil şehri atık suyunun yukarı Zab suyunun kalitesi üzerindeki etkisini ve sulama için kullanmanın risklerini tespit etmiştir.

Çalışmanın sonuçları, suyun tüm istasyonlarda bazik olma eğiliminde olduğunu göstermiştir. Bulanık durumu ise, nehirde kanala göre daha yüksek görülmüştür ve Erbil Kanalı'nın üst kısmında algılanamaz sınırlara ulaştığını ve yavaş yavaş kanalın

sonuna doğru yükseldiği için çözünmüş oksijen konsantrasyonunun düştüğünü tespit etmiştir. Bunun aksine, yukarı Zab Nehri'nde yüksek konsantrasyonlarda çözünmüş oksijen ortaya çıktığını tespit etmiştir.

Ohio'daki Sandrowsky Nehri'nin su kalitesinde kanalizasyon suyunun etkisi üzerine yapılan bir çalışmada, nehir suyuna boşaltılan kanalizasyonun, tüm ana elementlerin (sodyum, kalsiyum, magnezyum, potasyum ve stronsiyum) konsantrasyonlarını arttırdığı tespit edilmiştir (Fortner ve Faure, 2003). Ma, M. vd., 2006, Pekin şehrinde nehir suyunun östrojen kontaminasyonunu incelemiş, burada Pekin şehrinde yüzey sularında yüksek östrojen seviyelerinin olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun doğrudan yüzey sularına deşarj edilen kanalizasyondan ve arıtılmamış sanayi sulardan oluştuğu düşünülebilir.

Vietnam, Hanoi'deki nehir sularının kanalizasyon ve endüstriyel sularla kirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada, bu nehirlerin sularında yüksek konsantrasyonda kadmiyum, kurşun ve krom gibi bazı ağır elementler bulunmuştur. Çalışma, Hanoi nehirlerinin tortullarında toksik elementlerin tutulmasında tortulaşma ve absorpsiyon süreçlerinin önemli olduğunu göstermiştir (Marcussan vd., 2008).

2.4. Atıksu (Kanalizasyon) Yönetimi

Kanalizasyonun gelişigüzel bir şekilde akar sulara deşarj edilmesi, insan sağlığı, çevre ve ekonomik büyüme için ciddi sonuçlar doğurmaktadır. Bu atıksu, su kaynaklarını kirlenmekte, bulaşıcı hastalık riskini artırmakta ve yeraltısu kaynaklarına ve ekosistemlere zarar vermektedir.

Ancak, atıksu arıtmanın maliyeti çok yüksek olması ve hükümetler genellikle azaltıcı önlemler almak için yeterli kaynağa sağlayamaması, atıksu arıtma için mevcut seçenekleri azaltılmasıyla, su kaynakların kullanılabilirlik alanları sınırlandırılmasında, önemli faktörler olmuştur. Doğru sanitasyon teknolojisini seçme süreci, etkili alternatiflerin varlığında, özel durumlar için doğru seçimin yapılmasında yatmaktadır. Örneğin, bazı bölgelerde, yanlış projelendirmeden dolayı yapılan hatalardan dolayı, atık suların arıtma kapasitesi yeterli değil ise, atıksu tahliye borularının çapı da uygun değil ise, su sıkıntısı olan bu bölgelerde, önemli ölçüde geleneksel kanalizasyon sistemlerinin kullanılması da uygun değildir (EPA, 2009).

2.5. Su Kalitesi İndeksi (SKİ)

Bölgedeki Politikacılar, yöneticiler, idareciler ve su yetkilileri, sıradan vatandaşlara, su kalitesi verilerine geleneksel referanslara göre incelemek veya anlamak için maalesef, yeterli zamana ve eğitime sahip değildir. Ancak, Dünyadaki, Su Kalitesi verilerini net ve kolay anlaşılır bir formatta özetlemek için bir dizi standart parametreler geliştirilmiştir (Couillard ve Lefebver, 1985). Su Kalitesi İndeksi (SKİ), bu amaçla kullanılmış olup, bu indeks, yüzey sularının sınıflandırılmasında önemli bir kriter olarak kabul edilmiştir (Hernandez - Romero vd., 2004). 1970'lerin başında, ABD Çevre Koruma Ajansı ilk SKİ yöntemini geliştirmiştir (Brown vd., 1970). Söz konusu Tez Çalışma alanı için, Fırat Nehri'nin su kalitesini parametreleri ve katsayılarının hesaplanmasında bu yöntemi uygulanmış olup, SKİ'yi hesaplamak için, nehir suyunun aylık olarak izlenen bir dizi fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliği kullanılmıştır. Bu özellikler, sıcaklık, çözünmüş oksijen, pH, dışkı bakterileri, nitrat iyonu, fosfat iyonu, askıda katı maddeler ve bulanıklığı kapsamaktadır (Der, 2002).

SKİ, 0-100 arasında bir birimi olmayan bir sayıyı temsil eder ve daha yüksek sayı, daha iyi su kalitesi demektir (Hallock, 2002). Örneğin, Hindistan'daki Ganj Nehri'nin su kalitesi indeksi, beş değişken (DO, BOİ, pH, FC, Tem) kullanılarak tahmin edilmiştir (Pandey ve Sundaram, 2002). Raczynska vd., 2000, Polonya'daki Tywa ve Rurzyca nehirlerinin su kalitesi indeksini değerlendirmişler ve çalışmada her iki nehrin su kalitesi indeksinin iyi olduğunu tespit etmişlerdir. Ayrıca, Sanchez vd., 2007, İspanya'daki Guadarrama ve Manzanas nehirlerinin su kalitesini incelemiş olup, her iki nehir için su kalite indeksinin sırasıyla 65 ve 70 olduğunu tespit etmişlerdir. Bu da her iki nehrin su kalitesinin iyi olduğunu göstermektedir. Sari ve Omar, (2008), Airltam Nehri ve baraj yakınındaki iki küçük derenin su kalitesini değerlendirmişler, barajdan alınan numune sahalarında su kalite katsayısı değerinin 92-93 civarında olduğunu tespit etmişlerdir. Bu rakamlar ise, mükemmel bir su kalitesini gösterir. İndeks iki küçük dereye yaklaşık 88-91'e düşmüştür. Bu da, buradaki atıksu arıtımı iyi olduğu ve su kalitesi iyi olduğunu gösterir. Bu uygulamalar, barajın ve atıksularının çok düşük düzeyde kirliliğe sahip olduğunu göstermektedir. Hindistan'daki Paradip bölgesindeki bazı nehirlerin su kalitesi indeksi, nehirlerin çoğu kirli olduğu için bozulma göstermiştir (Samantray vd., 2009).

2.6. Su Bakterilerinin Genel Özellikleri

Bakteriler göller, nehirler, göletler, kaynaklar ve kuyular gibi farklı su ortamlarında yayılır. Derin kuyuların ve kaynak suları incelendiğinde, yeraltı suyunun nispeten soğuk olması ve yeterli organik madde içermemesinin de etkisiyle toprak filtrasyonu ve suyun kum ve derin kaya katmanlarından geçmesi nedeniyle neredeyse bakteri içermemekte, yeraltı suların doğal sedimanter kayaçların filtrelerin içerisinde geçmesi, içerdiği bakteri türlerinin sayısını da azalttığı göstermiştir (Bakır ve grubu, 1989).

Tatlı su kaynaklarından geri kalanı ise, yüzey suyunda oluşur ve bu suyun çoğu, bakteri üremesi için gereken ana besin olarak kullanılan yüksek orandaki organik madde içerdiğinden bakteri üremesi için ideal bir ortamdır. Su, Otokton Sucul Bakteriler olarak bilinen yerli bir bakteri içerir. Orijinal habitatın, dış etkenlerden etkilenmeden büyüüp çoğaldığı yer, sudur. Nitrobacteria, Azotobacter vd. gibi yağmur suyu ve nehir suyunun hızlı akıntısı ile yıkanan toprak bakterilerini içeren Allochthonous Aquatic Bacteria olarak bilinen başka bir grup vardır (Rheinheimer, 1980).

Ayrıca, hayvan ve bitki dokularından veya atıksudan meydana gelen kanalizasyon suyuna deşarj edilen insan ve hayvan atıklarından kaynaklanan atıksuya bulaşan dışkı, koliform bakterileri ve dışkı streptokokları gibi başka bakteri türleri mevcuttur. Klebsiella, Proteus, Clostridium ve sülfat indirgeyen Desulfovibrio bakterilerinin yanı sıra, su kaynaklı birçok hastalığa neden olan pekçok patojenik bakteri de bulunmaktadır (Wilson ve Miles, 1975).

Birçok çalışma ve araştırma, su bakterilerinin çoğunlukla hareketli olduğunu, bazılarının sert yüzeylerde süründüğünü göstermiştir. Diğerleri ise, yıldız şeklinde olduğu gibi farklı şekillerden de oluşan agregalar şeklindedir (El-Musleh, 1988). Su bakterileri, bakterilerden saplanan bant şeklindeki bakterilerin ve tomurcuklanan bakterilerin varlığının yanı sıra, küresel, basil, duktal ve spiral dahil olmak üzere birçok farklı formda bulunur (Rheinheimer, 1980). Su bakterilerinin çoğu gramnegatif, sporojenik olmayan ve basiller veya sarmalların yanı sıra, filamentli bakteriler Actinomycetes, Cyanobacteria ve Polycystis cinsidir. Birçok tatlı su nehri ve gölünde

Aeromonas, Cyllindrogloea, Nocardia Pseudomonas, Micrococcus, Vibrio ve Spirilla bakterileri bulunur (Halef, 1987).

Ototrofik olmayan su bakterilerinin çoğunun suda bulunan organik bileşiklerin analizinde önemli bir rol oynamasının yanı sıra, su bakterilerinin özellikleri nehir, göl, akarsu veya yeraltı suyu gibi su kütlesinin doğasına göre değişir, ve su ortamındaki elementlerin döngüsüne etkili bir şekilde katkıda bulunur (Wilson ve Miles, 1970).

2.7. Su Kaynaklı Hastalıklar ve Salgınlar

Çağlar boyunca, binlerce belki de milyonlarca insanın ölümüne neden olan bağırsak, solunum, cilt hastalıkları vb. başta olmak üzere, birçok hastalık ve salgının nedeni olmakta, özellikle yaz mevsiminde kirli suyun kullanımı kullanım sularına bulaşması, önemli bir nedendir (El-Musleh, 1988). Yüksek nüfus artışı ve endüstriyel gelişme, su tüketiminin artmasına neden olmuş ve çoğu su kaynağını, özellikle tarım ve sanayi topraklarında mikroorganizma kontaminasyonuna karşı savunmasız hale getirmiştir.

Ayrıca, nehirlere akıtılan kanalizasyon, tehlikeli hastalıkların insanlara ve hayvanlara bulaşmasının ana nedenlerinden biridir. Kolera ve tifo gibi salgın hastalıklar, kirli suların tüketilmesi yoluyla farklı ülkelere bulaşmıştır (Al-Musleh ve Maarouf, 1981). Ayrıca, Biyokontaminasyon göstergesi olan bu organizmaların en önemlileri arasında, Sterptococcus, Proteus Psedomonas, Vibrio cholerae, Shigella ve Salmonella gibi diğer patojen bakterilerin yanı sıra insan bağırsağında doğal olarak bulunan koliform bakteriler yer almaktadır (Baquer vd., 1989).

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre, gelişmekte olan ülkelerde 170 milyon kent sakini ve 770 milyon kırsal bölge sakini, içme ve evsel tüketim için güvenli suya erişim eksikliğinden muzdariptir (WHO, 1992). Dünya Sağlık Örgütü'nün raporları, suyla yayılan hastalık ve salgınların ve hastalıklar nedeniyle, yılda çoğu çocuk olmak üzere 3-4 milyon kişinin ölümüne neden olduğunu, bunun dışında 2.2 milyon kişinin kolera da dahil olmak üzere ishal hastalıklarından öldüğünü göstermiştir.

Suyla yayılan patojenler, bazıları atık suda bulunduklarında yüksek riskler gösterdiğinden, halk sağlığı açısından riskleri bakımından eşit veya benzer değildir.

Dışkı kaynaklı patojenlerin kaynağına, E. coli o157: H7 gibi enterik patojenler denir (WHO, 1996). Patojenlerin suda hayatta kalma özelliği, patojenlerin çoğu ev sahibi dışında uzun süre hayatta kaldığından ve insanlara bulaşma olasılığı daha yüksek olduğundan, insanlara bulaşmalarını etkiler. Patojenik E.coli bakterilerinin su ortamında hayatta kalma süresi 13 saattir (Grimes & Colwell, 1986). Ham sudaki Shigella flexuen bakterisinde olduğu gibi, Salmonella bakterilerinin hayatta kalma süresi türlerin geri kalanına kıyasla kısadır. Bunların suda kalma süresi 28°C sıcaklıkta bir aydır. (Mohadjer & Mehabian, 1975).

Enfeksiyöz doz, patojenlerin ve enfeksiyon riskinin belirlenmesinde önemli bir etkiye sahip ve insanlarda enfeksiyonun oluşması için gerekli mikroorganizma sayısının patolojik belirleyicileri olarak tanımlanmaktadır. (Munasinghe, 1990) Kirlenmiş yüzey ve yeraltı sularının arıtılmadan tüketilmesi gibi su kaynaklı hastalıkların yayılmasının birkaç nedeni vardır. Bu nedenle su kalitesindeki iyileştirmeler, sıhhi tesislerin sağlanması ve genel hijyen talimatları, suyla taşınan bakterilerin azalmasına yol açmaktadır (Munasinghe, 1990).

2.8. Toprak Kirliliği

Toprak, bitkilerin büyümesinde ve yaşamında önemli bir rol oynar ve tarımsal üretimin ve hayvan yaşamının temelidir. Toprak ayrıca birçok mikroorganizma, solucan ve böcek içerir. Toprağın önemi, köklerin büyüdüğü ve bitkilerin ihtiyaç duydukları suyu ve çözünmüş tuzları emdiği bitkiler için destekleyici bir ortam olmasında yatmaktadır.

Toprağın kuraklık, nem, havalandırma, ısı, tuzluluk vb. gibi farklı çevresel koşulları vardır. Aynı zamanda doğal temel döngülerin ana bileşenlerinden biridir, çünkü toprağın bileşenleri hava ve su bileşenlerine bağlıdır ve havanın bileşimi toprağa ve suya bağlıdır. Böylece toprak, çok fazlı ve heterojen özel bir sistem oluşturduğu için en karmaşık doğal sistemlerden biri olduğu gibi, katı faz, sıvı faz ve gaz fazından oluşur. Toprak, dünyanın yüzey tabakası olarak tanımlanır ve milyonlarca yıl boyunca bir dizi karmaşık süreçle oluşmuştur. Toprak kirliliği, toprağa yabancı maddelerin girmesi veya toprağın doğal bileşenlerinden birinin konsantrasyonunun artması sonucu toprağın kimyasal ve fiziksel bileşiminde değişikliğe yol açması anlamına gelir

ve bu maddelere toprak kirleticileri denir. Pestisit, kimyasal gübre, asit yağmuru veya atık (endüstriyel, evsel, radyoaktif vb.) vd., olabilir.

Toprak, aşırı veya azalan olağandışı miktarlarda veya konsantrasyonlarda, tarım arazisi veya yüzey ve yeraltı suları pahasına insan sağlığına, hayvanlara, bitkilere veya mühendislik tesislerine tehlike oluşturan bir madde içermesi nedeniyle kirlenmiş olarak kabul edilir.

Toprak kirliliği, tarımsal ürünlerin kirlenmesine ve ayrıca sulama suyu dağılımının tekdüzelik indeksine yol açar. Bu da doğrudan onunla beslenen insanın sağlığına zarar vermesine ve kirleticilerin süt, yumurta, et gibi hayvansal ürünlere bulaşmasına yol açar. Toprak kirliliğinin kaynakları, özellikle, insanlar ve onların faaliyetlerinden meydana gelen katı atık ve diğer sanayi ağır metal atıklarıdır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5. Toprak kirliliğinin bir yönünü gösterir.

2.8.1. Toprak kirliliğinin nedenleri

Toprak genellikle doğal bileşiminde, kirlenmiş olsun ya da olmasın, kirletici olarak kabul edilebilecek bir grup bileşik içerir. Örneğin; mineraller, inorganik iyonlar, tuzlar (fosfatlar, karbonatlar, sülfatlar ve nitratlar gibi) ve organik bileşikler (örneğin; lipitler, proteinler, asitler, yağ asitleri, hidrokarbonlar ve alkoller vb.). Bu kirleticilerin oranı doğal ve bilinen oranı aştığında toprak kirliliği terimi kullanılabilir. Bu bileşikler, topraktaki mikrobiyal aktivite, hayvanlar ve bitkiler gibi canlı organizmaların ayrışması şeklinde topraktaki çeşitli faktörler tarafından oluşturulur.

Atmosferden yağmur olarak inen, rüzgarla toprağa taşınan, yüzey sularından gelen veya topraktan akan sığ yeraltı sularından gelen bazı bileşikler vardır. Genel olarak, toprak kirliliği kaynakları iki türdür; insan kaynağı ve doğal kaynak.

2.8.2. Toprak kirliliğinin beşeri nedenleri

İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan doğrudan sanayide kullanılabilen kimyasallar, toprak kirliliğinin ana kaynağıdır. Birçok sektörden yan ürün bu faktörlerin içindedir; endüstriyel faaliyetler, evsel atıklar, tarım kimyasalları, petrol türevi ürünler.

Bu kimyasallar, genellikle ya petrol sızıntısı yoluyla ya da çöplüklerdeki bazı malzemeleri filtreleyerek toprağa ulaşırlar ya da gübre ve böcek ilacı kullanarak veya arıtılmamış kanalizasyon kullanarak sulama yaparken ya da kanalizasyon atıkları için hazırlanmış araziler gibi bilinen yollarla toprağa girebilirler.

Aşağıda, toprak kirliliğine önemli ölçüde katkıda bulunan ve halen de katkıda bulunmaya devam eden en önemli insan faktörlerinin açıklaması yapılacaktır (McLaughlin, 2020).

2.8.2.1. Sanayi sektörü

Sanayi sektörü, her biri doğasına göre çevre üzerinde farklı etkileri olan çeşitli kirleticileri içeren en büyük sektördür. Atmosfere, suya veya toprağa birçok yoldan ulaşabilir. Gaz halindeki kirleticiler ve radyonüklidler doğrudan atmosfere ulaşır ve daha sonra asit yağmuru veya düzenli yağmur yoluyla toprağa aktarılır. Tarım arazilerinde yanlış kimyasal depolama ve atıklarının doğrudan bu arazilere atılması gibi sanayi sektöründeki bazı yanlış davranışlardan dolayı kirleticiler toprağa aktarılabilmektedir (McLaughlin, 2020).

Geçmişte, fabrikalar atık atmak için belirli alanlar tahsis ederdi, o zamanlar bu işlem güvenli kabul edilirken, bugün ise, en büyük kirlilik kaynaklarından biri olarak görülmektedir. Buradaki toprak kirliliği sorunu endüstriyel sektörlere tahsis edilen arazi gibi geniş bir alanda yatmaktadır.

Bu da, onu güvenli kılmayı ve büyük maliyetli işlemler, ekonomik zorluklara neden olmaktadır. Bazı fabrikalar, termik santrallerdeki makineleri soğutmak için kullanılan su ve diğer sıvıları denizlere, nehirlere ve diğer su kaynaklarına deşarj edildiğinden, suyun sıcaklığı, sudaki ağır metal ve klor konsantrasyonundan kaynaklanan termal kirliliğin yanı sıra, yeni bir kirlilik türü olan termal kirliliğe de yol açmaktadır. Bu durum sonunda, suda yaşayan organizmaların yaşamının yok olmasına yol açabilecek bir tehlikeyi içinde barındırmaktadır.

Toz, atık, hammadde sızıntısı, yangınlar ve yakıt külü gibi diğer bazı insan kaynaklı etkenler, bazı sanayi sitelerinde topraktaki ağır metal oranının artmasına katkıda bulunabilmektedir (McLaughlin, 2020). Kirliliğin önlenmesi ve kontrolüne ilişkin Avrupa direktiflerine göre, sanayi sektöründe toprak kirliliğine neden olan insan faaliyetleri 5 ana kategoride sınıflandırılmıştır (McLaughlin, 2020):

- Enerji sanayileri.
- Metallerin üretimi ve işlenmesi. □ Metal sanayisi.
- Kimya sanayileri ve tesisleri.
- Atık yönetimi sektörü.
- Kağıt yapımı, tekstil, deri tabaklama, yoğun kümes hayvancılığı tesisleri, karbon ve grafit üretimi vb. dahil olmak üzere diğer sektörler (Muhammed, vd.,, 2013)

Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklanan toprak kirliliğinin aşağıdakiler de dahil olmak üzere bir dizi zararlı etkisi vardır:

- Tehlikeli kimyasalların yeraltı suyuna erişimi.
- Ekolojik dengenin bozulması.
- Bir dizi kirletici gazın salınması.
- Sağlığa zararlı radyasyonların bırakılması.
- Tarım arazilerindeki bitkisel üretimde düşüş.
- Toprağın artan tuzluluğu veya İngilizce olarak Salinization şeklinde ifade edilen şey.

Özellikle, klor-alkali üretimi, tekstil üretimi, cam, kauçuk, deri tabaklama, metal üretimi, ilaç, petrol ve gaz sondajı, seramik, sabun ve deterjan üretimi ve boya

retiminin sanayi tesislerinin yakınındaki arazileri etkilediği kaydedilmiştir (şekil 2.6) (McLaughlin, 2020).



şekil 2.6. Sanayi sektöründen kaynaklanan toprak kirliliğini gösterir.

2.8.2.2. Madencilik sektörü

Antik çağlardan beri madenciliğin toprak, su ve bitkiler üzerinde önemli bir etkisi olmuştur. Madencilik faaliyetlerinin toprağa verdiği büyük zararı gösteren birçok belge bulunmaktadır. Metalleri birbirinden ayırmak için eritmek, büyük miktarlarda ağır metallerin ve toksik elementlerin üretilmesine yol amıştır. Bunun sorunu, üretim faaliyetlerinin sona ermesinden sonra bile etkisinin çevrede uzun süre kalmasıdır. Belirli konsantrasyonlarda ağır metaller içeren ince parçacıklardan oluşan zehirli maddeler, rüzgar ve su erozyonu sonucu tarım toprağına ulaşabilir.

Örneğin, terk edilmiş bir kromit ve asbest madenciliği madeninin yakınındaki tarım arazilerinde yüksek ve toksik konsantrasyonlarda krom ve nikel bulunmuştur ve bu da şu anda o bölgedeki insan hayatı ve hayvancılık için büyük bir tehdit oluşurmaktadır. (Muhammed, vd., 2013) te yandan, bu sanayiler birçok radyoaktif maddenin yayılmasına neden olmakta ve bu da onları çevreleyen ekosistemler için gerçek bir tehdit kaynağı haline getirmektedir. Örneğin, gübre üretimi esas olarak Phosphogypsum adı verilen bir yan ürün üreten radyoaktif malzemeler açısından zengin fosfat kayalarının madenciliğine bağlıdır. Bu da radon gibi bazı radyoaktif elementlerin bozunması sonucunda orijinal radyoaktivitesinin yaklaşık %80'ini koruyan bir maddedir.

Bir başka örnek olarak, kirliliğin en ünlü kaynaklarından biri olan petrol ve gazın sabit bir kaynakla çıkarılması işlemi sırasında, petrol tabakalarının ve tuzlu su çözeltilerinin sızmasına neden olabilir. Bu çözeltiler yüksek konsantrasyonlarda tuz, küçük yüzdelerde bazı toksik elementler ve bazı doğal olarak radyoaktif maddeler içerir.

2.8.2.3. Toprak kirliliğinin doğal nedenleri

Doğal olaylar, dioksin benzeri bileşikler ve polisiklik aromatik hidrokarbonlar gibi bir dizi toksik elementi atmosfere salan volkanik patlamalar ve orman yangınları toprak kirliliğinin kaynaklarından sayılır. Ayrıca, herhangi bir volkanik aktivite ile ilişkili toprak, ağır metaller açısından zengin bir toprak olarak kabul edilir. Kaya ayrışması nedeniyle bakır, krom vb. birçok kirli ağır metal üretilir. Bu doğal kirlleticiler, bitkilerin büyüme, yenilenme ve uyum sağlama yetenekleri nedeniyle önemli çevre sorunlarına neden olmayabilir. Ancak ekosistemler, dayanıklılıklarını etkileyen dış stres faktörlerine maruz kaldığında sorunlar ortaya çıkar. Toprakta bulunan ağır metaller ve radyonüklidler, topraktaki doğal seviyelerini aşarsa insanlık ve çevre için tehdit oluşturabilir. Örneğin arsenik (ağır metallerden biri) topraktaki tehlikeli kirleticilerden biridir ve volkanik faaliyetler ve bazı minerallerin ayrışması sonucu meydana gelir. Bu metal mineral cevherlerinde bulunur.

Aynı zamanda, mineral arsenopirit veya arsenik piritte doğal olarak bulunur. Radyoaktif radon gazı ise kayalarda ve toprakta doğal olarak bulunur ve toprak yapısı ve gözenekliliği onun derin katmanlardan yüzey katmanlarına yayılmasını kolaylaştırır. Doğal radyo-aktivitenin asidik magmatik kayalarda meydana geldiğini belirtmekte fayda vardır. Ancak bilim adamlarının gözlemlerine göre, karbonat veya tortul kayaç bakımından zengin topraklar, herhangi bir toprak veya kaya türünden daha fazla radon emisyonu yaymaktadır.

2.9. Fırat Nehri

Fırat Nehri, 444.000 km² uzunluğundadır (El-Ensari, 1985). Türkiye, Suriye ve Irak topraklarından geçer. Fırat nehri, Türkiye'nin doğusundaki engebeli dağlık bir bölgeden doğar ve Fırat Su ve Murad Su adındaki iki nehrin birleşiminden oluşur. Uzunluğu 2.940 km'dir ve 1.159 km'si Irak topraklarındadır (El-Hadithi, 1994). Fırat

nehri, El-Kaim şehrinden Irak sınırına girer ve ardından doğuya doğru Anah şehrine kadar ilerler. Ardından güneydoğu yönünde Hadise şehrine doğru yönünü değiştirir ve sonra Felluce şehrine ve oradan da doğuya doğru devam eder. Ardından güneydoğuya doğru devam ederek, Dicle Nehri ile Kurna şehrinde birleşerek Şattu'l-Arap'ı oluşturur. Fırat Nehri'nin içinden geçtiği jeolojik doğası ve kaya oluşumları, nehrin doğasının belirlenmesinde önemli bir etkiye sahiptir (El-Bassam, 1984). Fırat Nehri besleyen kaynaklar arasında eriyen kar, yağmur ve yeraltı suyu bulunur. Kar, özellikle yukarı Fırat'ın yukarı kesimlerinde Fırat suyunun ana kaynağıdır.

Yağmur ise genellikle kış ve ilkbaharda düşerek nehir yatağına inen su yollarını oluşturarak yıllık su geliriye küçük bir katkı sağlar. Fırat Nehri'ndeki en önemli kirlilik kaynaklarından biri, nehrin önemli biyolojik ve kimyasal kirlilik kaynaklarından biri olan doğrudan Fırat Nehri'ne deşarj edilen atık (ağır metal içeren) sulardır. Bu sular, yüksek konsantrasyonlarda oldukça toksik ağır elementler (Cr, Pb, Ni, Cu, Zn, Cd) içerir. Ancak, Fırat Nehri'ne boşaltılan ağır suların içeriğine ilişkin herhangi bir bilgi yoktur. Bu sular, nehir suyunun kalitesini bozmakta ve nehir boyunca değişen oranlarda kirlletmektedir (Ulusal Program, 2002). Fırat Nehri'ni gösteren harita, Şekil 2.7'de verilmiştir.



Şekil 2.7. Fırat Nehri'ni gösteren harita

3. MALZEMELER VE ÇALIŞMA YÖNTEMLERİ

3.1. Çalışma Alanının Tanımı

Çalışma alanı, Irak başkenti Bağdat'ın 60 km kuzeybatısında, Anbar vilayeti sınırları içinde, Felluce şehrinde Fırat Nehri kıyısında yer almaktadır. Felluce, yüzölçümü ve nüfus bakımından, Anbar vilayetinin en büyük ilçelerinden biridir. Felluce şehrinin nüfusu 2011 nüfus sayımına göre yaklaşık 275 128 bin kişidir (Şekil 3.1).

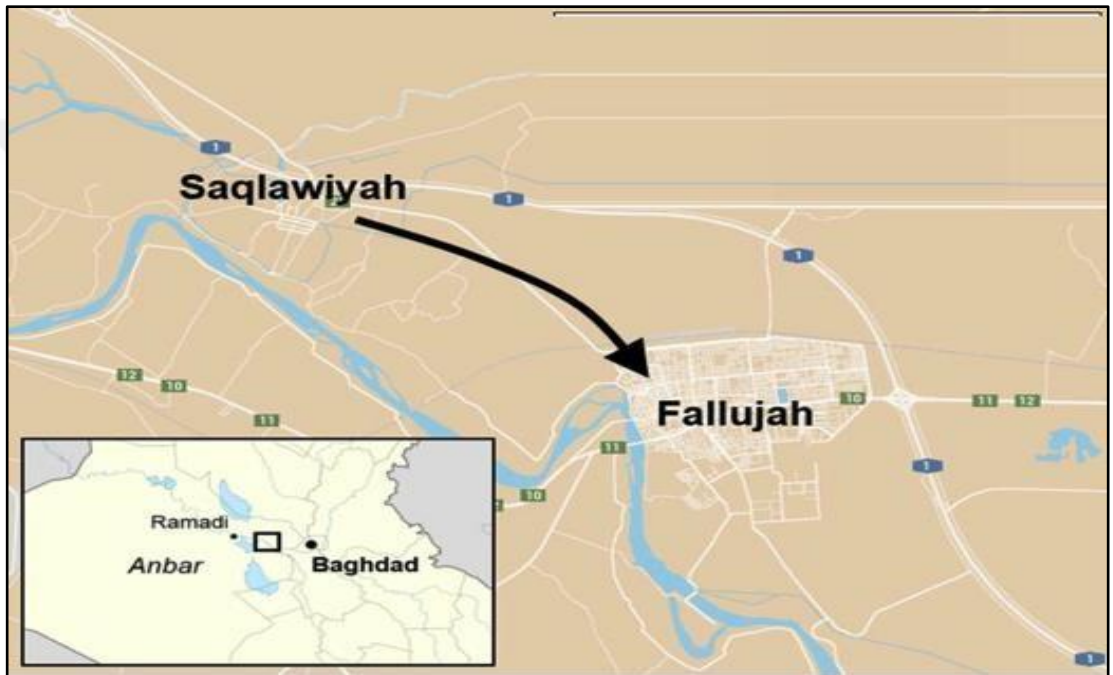


Şekil 3.1. Çalışma alanının haritadaki konumu

3.2. Saha Çalışması

3.2.1. Örnek konumların belirlenmesi

Kanalizasyon deşarjlarından önce ve sonra su ve toprak örneklerinin alınması için altı istasyon seçilmiştir. İlk model nehir, Felluce şehrine girmeden 4 km uzaklıktaki Saklaviye bölgesinde bulunuyor. Mansaptan önce ve sonra 250'şer metre mesafelerden su örnekleri alınmıştır. Numunelerin alındığı yerler, nehir kenarından 5 metre uzaklıkta ve 30 cm derinliktedir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Saklaviye'nin güneyinden Felluce'ye uzanan saha çalışmasını gösterir

Tarım istasyonu için Saklaviye şehri model alınmıştır. Saklaviye şehri, geleneksel tarım sistemine göre sebze ve tarla bitkilerinin yetiştirildiği, büyük miktarlarda gübre ve su kaybına yol açan, dolayısıyla toprak ve su kirliliği kaynağı olan tarımsal faaliyetin olduğu bir bölgedir. Aynı örnekleme yöntemi, sağlık tesislerinden kaynaklanan kirlilik için bir model olarak kabul edilen Felluce Hastanesi'nin 250 metre mansaptan öncesi ve sonrasında ve kentsel atıklardan kaynaklanan kirlilik için bir model olarak Felluce'nin doğusundaki Fav kanalizasyon istasyonunda, örnekleme derinliği ve nehir kenarından diğer örnekleme alanlarına olan mesafe açısından uygulanmıştır (Şekil 3.3, Şekil 3.4 ve Şekil 3.5). Numuneler 2 litre hacimli polietilen bidonlarda muhafaza edilerek gerekli analizler için laboratuvara gönderilmiştir.



Şekil 3.3. Mansaptan önce ve sonra Saklaviye şehrinde alınan numune



Şekil 3.4. Felluce şehrindeki Felluce Kamu Hastanesi yakınından alınan numune



Şekil 3.5. Fırat Nehri’nden alınan endüstriyel atık numunesi

3.2.2. Kullanılan ekipman

Anbar Üniversitesi Çöl Araştırmaları Merkezi laboratuvarlarında, Fırat Nehri ve toprak modellerinin saha ölçümleri ve laboratuvar analizlerinin yapılması için Çizelge 3.1’de listelenen cihazlar kullanılmıştır.

Çizelge 3.1. Laboratuvar Ölçüm ve Analizlerinde Kullanılan Cihazlar

Madde	Cihaz Adı ve Üretim Şirketi	Menşei
1	Damıtma Cihazı	Almanya
2	PH Ölçer	İspanya
3	Bulanıklık Ölçer	İspanya
4	Elektriksel İletkenlik Ölçer	Belçika
5	Hassas Denge Ölçer	Çin
6	Spektrofometre	Almanya
7	Alev Fotometre	İngiltere
8	Atomik Absorpsiyon Spektrofometresi (Perkin – Elmer AA-200)	ABD
9	Elektrikli Fırın	Ürdün

3.2.3. Toprak numunesi alımı

Bu çalışma, endüstriyel, tarımsal ve evsel faaliyetler sonucu ağır metallerle toprak kirliliğini sistematik olarak sunar. Tarla örnekleri, su örneklerinin alındığı nehir kenarına yakın yerlerden alınmıştır. Toprak örnekleme alanları nehir kenarından 5 m uzaktadır, çünkü nehre bitişik bu şerit tarım alanı olarak en çok yararlanılan bölgedir. Toprak örnekleri, bölgede yetiştirilen çoğu ürün için kök sisteminin etkin derinliğini temsil eden ve aynı zamanda sürme derinliği olan 30 cm derinlikten alınmıştır. Her numune istasyonu için nehir kenarında 100*100 metre boyutlarında bir kare belirlenmiş ve bu karenin içinden grid sistemine göre ve rastgele bir şekilde çalışılan her istasyon için temsili bir örnek olarak beş numune karıştırılarak elde edilmiştir. Toplanan numuneler naylon torbalara konulmuş ve laboratuvara taşınmak üzere mühürlenmiştir. İlk olarak bitki artıkları, tahta çubuklar ve taşlardan tüm saf olmayan durumlar giderilmiştir. 100 g'lık bir numune 85 °C'de 48 saat ağırlık stabilize olana kadar kurutulmuştur (Ünlü vd., 2008). Daha sonra toprak öğütülmüş ve mineraller genellikle küçük parçacıklara bağlı olduğu için çapı 63 µm olan bir atomizerden geçirilmiştir (Ni et al., 2018). Toprak örnekleri bir hidroklorik asit (HCl) ve nitrik asit (HNO₃) karışımı ile 1:3 hacim oranında oda sıcaklığında 16 saat sindirilmiştir. Toprak numuneleri süzölmüş ve 0,5 M nitrik asit eklenip süzöntü Alevsiz Atomik Absorpsiyon Cihazı kullanılarak ağır metallerin belirlenmesine kadar 4°C'de tutularak 100 ml'ye seyreltilmiştir (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Modelleme istasyonlarının bir özeti sunumu

İstasyon	Lokasyon	+3 m UTM	Örneklerin Alındığı Bölgeler
	38 S		
1	0371935	3693093	Saklaviye tarım alanı (mansaptan önce)
2	0371879	3693065	Saklaviye tarım alanı (mansaptan sonra)
3	0384196	3690968	Hastane alanı (mansaptan önce)
4	0384224	3690994	Hastane alanı (mansaptan sonra)
5	0384829	3689460	Sanayi alanı (mansaptan önce)
6	0384863	3690006	Sanayi alanı (mansaptan sonra)

3.3. Laboratuvar Çalışması

Laboratuvar çalışmalarında, ağır metallerin kirletici içeriği ve konsantrasyonları belirlemek için su ve toprak modellerinin analizini gerçekleştirilmiştir.

3.4. Ağır Elementler

Fırat Nehri su numunelerinin küçük ve ağır elementlerinin konsantrasyonu, konsantrasyonlarını artırmak için 10:1 oranında düşürüldüğü için Atomik Absorpsiyon cihazı kullanılarak ölçülmüştür.

3.5. Çalışma Yöntemi

3.5.1. Suyun fiziksel testleri

3.5.1.1. Sıcaklık

Sıcaklığı ölçmek için, aynı anda sıcaklığı ölçen bir elektriksel iletkenlik cihazına ek olarak dereceli bir cıva termometresi kullanılmış ve sıcaklık sahada ayarlanmıştır.

3.5.1.2. Bulanıklık

Bulanıklığı belirlemek için bulanıklık ölçer kullanılmıştır. Cihaz bulanıklığı NTU birimi ile ölçmüştür. Bu cihaz, cihazın aksesuarlarında bulunan formazin maddesi ile kalibre edilmiş ve nehirde alınan numunelerdeki bulanıklık laboratuvarında belirlenmiştir.

3.5.1.3. Elektrik iletkenliği

Elektrik iletkenliğini mikrosiemens/cm cinsinden ölçen İletkenlik/TDS metre kullanılmıştır. Numuneler laboratuvara aktarıldıktan sonra elektriksel iletkenlik belirlenmiştir.

3.6. Suyun Kimyasal Testleri

3.6.1. pH

Suyun pH değerini hesaplamak için bir pH metre kullanılmış ve tüm numunelerde sahada ayarlama yapılmıştır.

3.6.2. Pozitif iyonların belirlenmesi

İyonları (kalsiyum, magnezyum, sodyum ve potasyum) belirlemek için alevli atomik absorpsiyon tekniği ve içi boş katot lambaları kullanılmıştır. Her bir element için hazırlanan stok çözeltiden her element için bir dizi standart çözelti hazırlanmıştır. Yukarıda gösterildiği gibi, her bir element için belirtilen dalga boyları aşağıdaki gibi ölçülmüştür:

1. Kalsiyum: 422.7 nm dalga boyunda ölçülmüştür.
2. Magnezyum: 285.2 nm dalga boyunda ölçülmüştür.
3. Elemental Sodyum: 525 nm dalga boyunda ölçülmüştür.
4. Potasyum: 766.5 nm dalga boyunda ölçülmüştür.

3.6.3. Amonyum iyonunun belirlenmesi

Amonyum, Nesler yöntemine dayanıp bir U.V-görünür spektrofotometre kullanılarak belirlenmiştir.

Çalışma yöntemi:

- 1- Resimli rehber olarak 25 ml distile su alınır.
- 2- 25 ml numune su alınarak üzerine 3 damla mineral stabilizatör ve 3 damla polivinil alkol dispersiyon ajanı ve 1 ml Nesler reaktifi ilave edilir. Artan amonyak konsantrasyonu ile açık sarı bir rengin ortaya çıktığı ve rengin derinliğinin arttığı fark edilir ve 5 dakika sonra 425 nm dalga boyunda okuma yapılır.

3.6.4. Sülfat iyonunun belirlenmesi

Amonyumu belirlemek için kullanılan UV-görünür spektrofotometre kullanılmıştır. Her biri 25 ml numune su içeren 25 ml hacimli iki hücre hazırlanmış, bunlardan biri Blank olup diğeri reaktife (cihaz üreticisi tarafından sağlanan dedektöre) eklenmiştir. Numunenin rengi beyaza dönmüş ve renk yoğunluğu artmıştır. Sülfat konsantrasyonu arttırılarak reaktif ilave edildikten üç dakika sonra 250 nm dalga boyunda ölçüm yapılmıştır.

3.6.5. Nitratlar, Nitritler ve Fosfatlar

Ölçüm UV-görünür spektrofotometre kullanılarak 10 ml numune bir hücreye alınıp ve buna özel detektör eklenip gerçekleştirilmiştir. Boş görüntü kılavuzu olarak 10 ml daha alınmıştır. Her bir algılamanın dalga boyu ve süresi sabittir. Ölçüm 500 nanometre ve nitratlar için 2 dakika; 507 nanometre, nitrit için 20 dakika; 890 nanometre ve fosfat için 2 dakikadır. Zaman, reaktifin numune ile reaksiyona girmesi için gereken süredir.

3.6.6. Klorür iyonu analizi

%0.5 potasyum kromat çözeltileri ve 0.1N gümüş nitrat standart çözeltisi hazırlandıktan sonra klorür iyonunun belirlenmesi için Moore yöntemi olan hacimsel yöntem kullanılmıştır. 1 ml potasyum kromat kılavuzu eklenmiş konik bir erlene 25 ml numune su alınır. Daha sonra çözelti, kromatların sarı rengi kaybolana ve görünümü kaybolana kadar sürekli çalkalanarak gümüş nitrat ve sarı renk ile yavaş yavaş ovulur. Zamanla artan küçük bir kırmızı çökelti görünümüne dikkat çeken açık pembe bir renk görülür. Eklenen gümüş nitrat hacmi kaydedilir ve aşağıdaki formül 3.1'deki yöntemle klorür konsantrasyonu hesaplanır:

$$C^{-}\text{mg/L} = [V_l * N_{(\text{AgNO}_3)} * \text{eq.wt Cl}^{-} * 1000] / \text{vol of sample} \quad (3.1)$$

3.6.7. Bikarbonat iyonu (HCO_3)

Metil oranj ve 0.1 N konsantrasyonlu sülfürik asit hazırlandıktan sonra belirleme için hacimsel yöntem kullanılır. Numuneden 50 ml hacim alınır, üzerine turuncu metil indeks damlacıkları eklenir, numuneye sarı renk verilir, çözelti pembe bir renk alana kadar sülfürik asit ile karıştırılır ve konsantrasyonun artmasıyla yoğunluğu artar. Asit hacmi kaydedilir. Bikarbonat konsantrasyonu aşağıdaki yöntemle hesaplanmıştır:

$$\text{HO}_3^{-}\text{mg/L} = C [V * N_{(\text{H}_2\text{SO}_4)} * \text{eq.wt HCO}_3^{-} * 1000] / \text{vol of sample} \quad (3.2)$$

3.7. Ağır Metallerin Belirlenmesi

Bu elementler, bir grafit fırın içeren alevsiz bir atomik absorpsiyon cihazı kullanılarak belirlenmiştir. Bu cihaz, Pb, Hg, Cu, Cd, Cr, Mn, Zn, Al, As, Co, Ni elementlerini mg/L (ppm) olarak tespit edilir. 1000 ppb standart depolama solüsyonunun her bir

elementi için bir dizi standart solüsyon hazırlanmıştır. Bu solüsyonlar uluslararası firmalardan nitrik asitte çözünen saf metalden hazırlanmıştır.

Ayrıca, cihazın çalışması için optimum koşullar yakıt regülasyonundan (air/arcon) seçilmiş ve her element için, içi boş katot lambasının optimum akımı seçilmiştir. Her element için kalibrasyon eğrisi bulunduğundan, cihaz yazılım programı aracılığıyla kalibrasyon eğrisini saklar ve ekranda görüntüler. Cihaz ayrıca sonuçları ekran üzerinden görüntüler ve bilgisayar hafızasında saklar.

Boş sahte çözelti, nitrik asitli damıtılmış sudur (Çünkü numune nitrik asit ile korunmuştur). Cıva ve arsenik için, yukarıdaki cihaza bağlı bir hidrit jeneratörü adı verilen bir cihaz kullanılmıştır. Bu cihaz, biri sodyum borohidrit (NaBH_4) çözeltisi yerleştirilmiş, diğeri ise, bir çözelti (%1 potasyum kromat + %3 nitrik asit) karıştırılarak, cıva buharı ve arsenik elde edilmiş iki kap içerir. İşlem, diğer ağır elementlerde olduğu gibi devam eder. Cıva ve arsenik için indirgeyici madde olarak bir sodyum borohidrit çözeltisi kullanılır.

4. BULGULAR

4.1. Fırat Nehri Suyunun Kimyasal ve Fiziksel Özellikleri

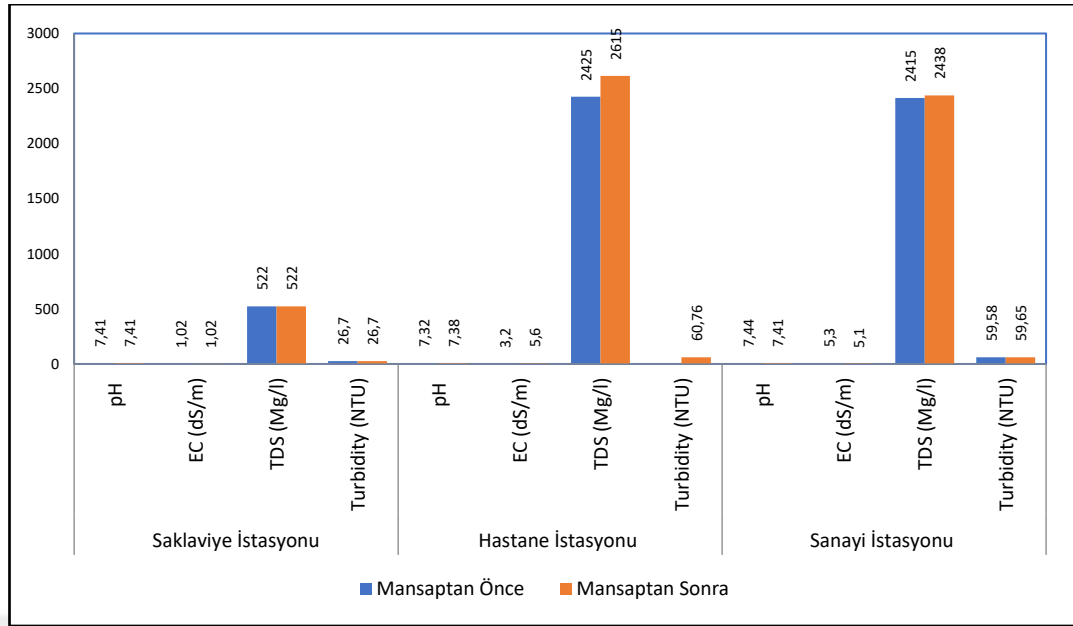
4.1.1. Toprağın pH reaksiyonu

Sonuçlar, suyun Irak suyunun bir özelliği olarak temel eğilim içinde olduğunu gösterdiğinden, tüm çalışma istasyonlarının suyunun etkileşim derecesi nötrden hafif bazlığa ile karakterize edilir. Bu, ulaşılan bulgularla tutarlıdır (Mohammed, 1988 ve Abdel Amir, 2006). Nehir suyu örnekleri için değerler, mansap öncesi ve sonrası Saklaviye istasyonu için sırasıyla 7.41-7.94 arasında değişmektedir. Bu da, Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Dünya Sağlık Örgütü (WHO) sınıflandırmasına ve Irak standartlarına göre sulama ve içme için izin verilen pH 6.5-8.5 arasındaki sınırlar içindedir. Bu sonuçlar bahsedilenlerle tutarlıdır (Al-Nimma, 1982).

Alkalinitedeki artışın nedeni, sudaki bikarbonat ve kalsiyum varlığından kaynaklanmaktadır (Hem, 1985). Ayrıca bazik iyonların baskınlığı ve suyun bazlığı, karbondioksit konsantrasyonu ve mikroorganizmaların aktivitesi dahil olmak üzere çeşitli faktörlerden etkilenir (Reid, 1961). Diğer kirleticilerdeki azalmanın nedeni ise, canlı organizmalar tarafından serbest karbondioksitin tükenmesi ve buna eşlik eden bikarbonatın bozunmasıdır (Hüseyin ve grubu, 2006). Felluce barajı nedeniyle akış hızı düşüktür (Çizelge 4.1). Fırat nehri suyunun fiziksel özelliklerinin grafiksel değerlendirmeleri Şekil 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Fırat nehri suyunun fiziksel özellikleri

Saklaviye İstasyonu	Mansaptan Önce	Mansaptan Sonra	Birimler
pH	7.41	7.94	
EC	1020	1700	δS/cm
TDS	522	589	Mg/L
Turbidity	26.7	29.5	NTU
Hastane İstasyonu			
pH	7.32	7.38	
EC	3.2	5.6	δS/cm
TDS	2425	2615	Mg/L
Turbidity	47.5	60.76	NTU
Sanayi İstasyonu			
pH	7.44	7.41	
EC	5.3	5.1	δS/cm
TDS	2415	2438	Mg/L
Turbidity	59.58	59.65	NTU



Şekil 4.1. Fırat nehri suyunun fiziksel özellikleri

4.1.2. Elektriksel İletkenlik (Eİ) ve Toplam Çözünmüş Maddeler (TÇM)

Çalışma istasyonlarının suyunun elektriksel iletkenlik değerleri 1020-5600 δ S/cm arasında değişmekte olup, en düşük değer ise, mansaptan önce Saklaviye istasyonunda kaydedilmiştir. Bu istasyonun elektriksel iletkenliğinin azalmasının nedeni, nehre az miktarda deşarj edilen kirleticidir. Hastane istasyonunda ise, mansaptan sonra en yüksek değeri 5600 δ S/cm'dir (Çizelge 4.1). Fırat nehri suyunun fiziksel özelliklerinin grafiksel değerlendirmeleri Şekil 4.1'de verilmiştir. El-İsaliye'deki bu artış, tarımsal atıkların oluklarının varlığına ve kanalizasyon ve hastane atık suyunun Fırat Nehri'ne deşarjına bağlıdır. Sanayi istasyonunda ise, mansaptan önce ve sonra elektriksel iletkenlik değerleri sırasıyla 5100 ve 5300 δ S/cm arasında değişmektedir. Bu değerler, Felluce hastane istasyonunun elektriksel iletkenlik değerlerinden farklı değildir. Bunun ana nedeni, özellikle kurak mevsimlerde, nehrin akışını sınırlayan Felluce barajının varlığıdır.

Toplam çözünmüş tuzlara gelince, değerleri 522-2615 mg/L arasında değişmekte olup, elde edilen en düşük değer, mansaptan önce 522'ye ulaşarak Saklaviye istasyonunda olmuştur. Felluce hastane istasyonunda, mansaptan sonra elde edilen en yüksek değer ise, 2615 mg/L olmuştur. Bu artışın nedeni, Felluce kentinden gelen kanalizasyonun Fırat Nehri'ne deşarjı yanı sıra, Felluce hastanesi istasyonunda nehre deşarj edilen kanalizasyonların bulunmasıdır.

4.1.3. Bulanıklık

Suda kil parçacıkları, silt, ince organik ve inorganik maddeler, plankton ve diğer mikroorganizmalar gibi asılı maddelerin varlığı nedeniyle bulanıklık oluşur (AlLami, 1998). Çalışma alanındaki örnekleme ve ölçüm istasyonlardaki bulanıklık değerleri, 26.7 – 60.76 NTU arasında değişmektedir (Bkz. Çizelge 4.1).

Fırat nehri suyunun Bulanıklık değerleri grafiksel değerlendirmeleri, Şekil 4.1'de verilmiştir. Akış hızının artması, su akıntıları, suda asılı kalan madde hacminin artması, şiddetli yağışların sonucu, suların akışı olarak deşarjın artması nedeniyle, bulanıklık değerleri artmaktadır (Al-Hamdani ve Al-Janabi, 2008).

En yüksek bulanıklık değeri, mansaptan sonra Felluce hastanesi istasyonunda elde edilirken, mansaptan sonra Sanayi bölgesi istasyonunda sırasıyla 60.76 ve 59.65 NTU olarak elde edilmiştir. Özellikle bu istasyonlarda bulanıklığın artmasının nedeni, sanayi mahallelerinin kanalizasyonunun Fırat Nehri'ne boşaltılmasının yanı sıra, bu bölgede etrafında sürekli olarak dökülen kanalizasyon sularının bulunmasından kaynaklanmaktadır. Bu durum da, bulanıklık değerleri diğer istasyonlarda, toprak partikülleri ve toz gibi diğer kirleticilerin de etkisiyle, Saklaviye istasyonundan daha fazladır.

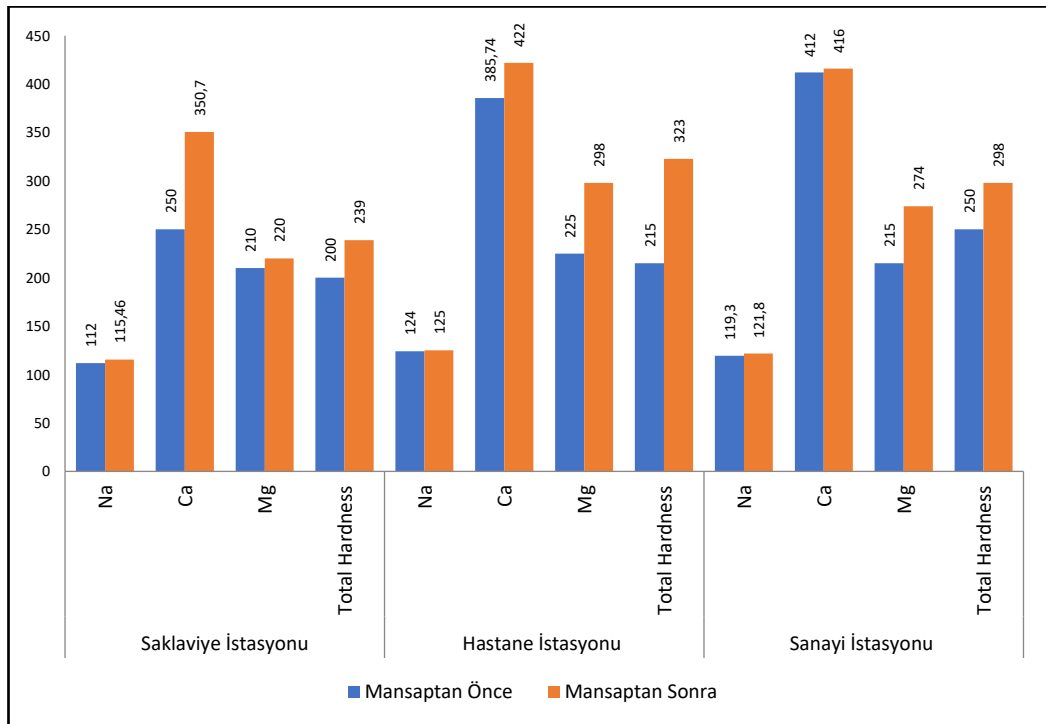
4.1.4. Sodyum

Elektriksel iletkenlik değerinde en etkili iyon, diğer iyonlara kıyasla iyonik eşleşmeye katılımının düşük olması nedeniyle sodyum iyonudur (Abdül Kazım, 2012). Çalışma istasyonlarındaki ortalama çözünmüş sodyum konsantrasyonu 115.46, 125 ve 121.8 mg/L arasında değişmektedir. En düşük Na konsantrasyonu Saklaviye istasyonunda, en yüksek Na konsantrasyon ise, Felluce hastanesi istasyonunda elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Sodyum konsantrasyonundaki artış, nehre akan tarımsal kanalizasyon suyunun etkisine bağlanmaktadır. Çünkü bu su EC ve TDS değerlerinde artışa ve nehir suyundaki sodyum konsantrasyonuna yol açmaktadır. (El-Sarawi, 2008). Dereye dökülen kolların sodyum konsantrasyon değerleri 115.46 - 125 mg/l arasında değişmektedir (Şekil 4.2).

Kanalizasyon suyundaki yüksek sodyum konsantrasyonu, aşırı kimyasal gübre kullanımı, toprak yıkama işlemi ve jeolojik işlemlerden kaynaklanmaktadır (WHO, 1996).

Çizelge 4.2. Çalışma alanı çözülmüş sodyum değerleri

Saklaviye İstasyonu	Mansaptan Önce	Mansaptan Sonra	Birimler
Na	112	115.46	mg/L
Ca	250	350.7	mg/L
Mg	210	220	mg/L
Total Hardness	200	239	mg/L
Hastane İstasyonu			
Na	124	125	mg/L
Ca	385.74	422	mg/L
Mg	225	298	mg/L
Total Hardness	215	323	mg/L
Sanayi İstasyonu			
Na	119.3	121.8	mg/L
Ca	412	416	mg/L
Mg	215	274	mg/L
Total Hardness	250	298	mg/L



Şekil 4.2. Çalışma alanı klorür değerleri

4.1.5. Kalsiyum

Çalışma alanında, örnekleme istasyonlarındaki kalsiyum konsantrasyonu, Çizelge 2’de gösterildiği gibi, sırasıyla Saklaviye, Felluce hastanesi ve sanayi istasyonları için 350.7, 422 ve 416 mg/L arasında değişmektedir. Çalışma istasyonlarındaki kirleticiler nedeniyle, kalsiyum konsantrasyonu sürekli olarak değişmektedir (Şekil 4.2). Bu istasyonlarda, atıksulardan nehre akan kanalizasyon suyundaki kalsiyum konsantrasyonun değerleri 315-480 mg/L arasında değişmektedir. Ayrıca, çalışma alanındaki kalsiyum değerleri 560-2270 mg/L arasında değişmektedir. Sahadaki yeraltı sularının kalsiyum değerleri 285-512 mg/L arasında değişen kanalizasyonu, sürekli yeraltı sularının beslenmesine de etkisi vardır (Al-Sarawi, 2008). Kalsiyum konsantrasyonları, 1985 yılında Saklaviye istasyonunda Uluslararası Gıda ve Tarım Örgütü’nün sınıflandırmasına göre, 400 mg/L olarak sulama suyu için izin verilen sınırlar içindedir. Ancak, kalsiyum konsantrasyonu, Felluce hastanesi ve sanayi istasyonlarında izin verilen sınırı aşmıştır. Bu değerler, tarım arazilerinde atıksu kaynakları ve kanalizasyonlardan kaynaklanabilecek kirliliğin varlığını gösterir.

4.1.6. Magnezyum

Magnezyum, kalsiyumun kimyasal aktivitelerine benzer, ancak kalsiyumdan daha fazla su ile birleşmesi üzerinde çalışan, büyük miktarlarda çökeltme eğilimi nedeniyle, çözünmüş halde kalsiyumdan daha küçük miktarlarda bulunurken, iki pay ise su sertliğinin nedenlerinden biri olarak kalsiyumdan daha fazladır (1989, Hem). Çalışma istasyonlarındaki magnezyum konsantrasyonları çalışma istasyonları olan sırasıyla Saklaviye, Felluce hastanesi ve sanayi istasyonları için 220, 298 ve 274 mg litre arasında değişmektedir (Bkz. Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2).

Nehir suyundaki magnezyum değerlerinin 308.14 mg/L'e kadar çıkmış olması, yüksek magnezyumun değerleri sahip olan kanalizasyon suyunun deşarjına bağlıdır. Ayrıca, Magnezyum değerlerinin yüksek olması, Fırat Nehri’nin içinden geçtiği jeolojik bileşiklerce magnezyum açısından zengin kayalardan, dolometik kireçtaşı ve alçı içeren kaya bileşimlerinin yanı sıra düşük deşarja bağlanmaktadır (El-Kilabi, 2013).

4.1.7. Toplam sertlik

Mansaptan sonra Saklaviye, Felluce hastanesi ve sanayi istasyonları için toplam sertlik değerleri (CaCO_3 sertliği) sırasıyla 239, 323 ve 298 mg/L arasında değişmektedir. Saklaviye istasyonu için en düşük sertlik değeri, mansaptan önce, Felluce hastanesi istasyonu için ise, en yüksek değer mansaptan sonra tespit edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.2). Toplam sertlik değerlerinin grafiksel değerlendirmesi, Şekil 4.3'te verilmiştir.

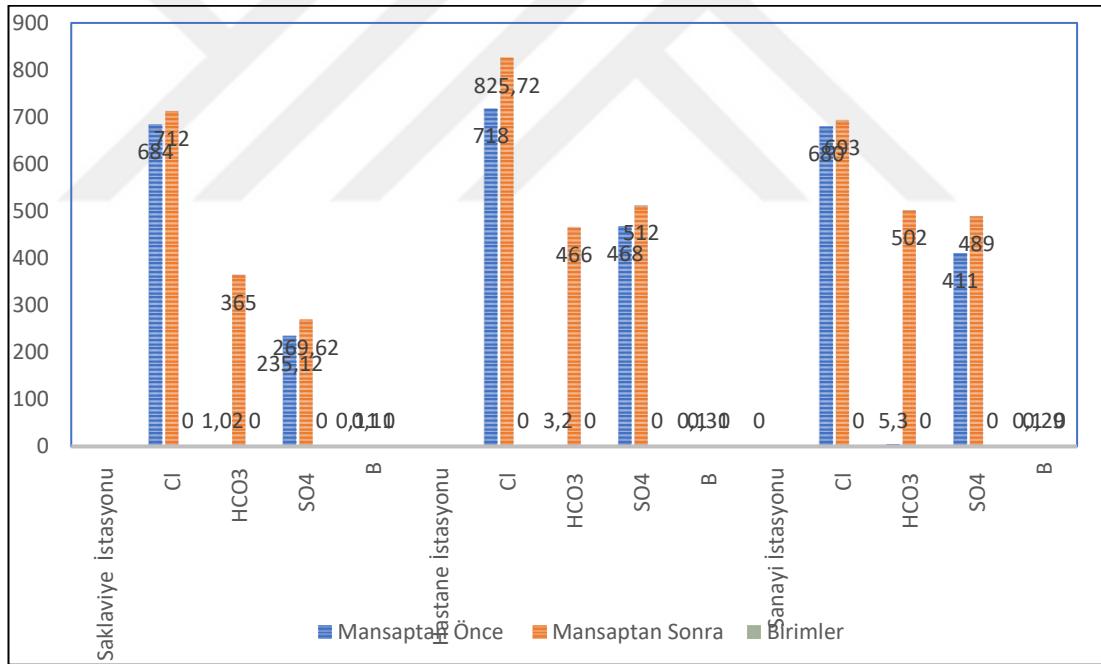
Kalsiyum ve magnezyum tuzları toplam sertliğinin artışının en önemli sebepleri arasındadır. Bununla birlikte, bölgedeki suyun toplam sertliğinin artış nedeni, deşarjlar sırasında suya bırakılan kimyasallardan kaynaklanmaktadır (AlSingri, 2006). Ayrıca, Irak'taki toprakları ve kayaçların çoğu, kireçtaşı olması ve toprağın yağmur suyuyla yıkanmasına da, suların sertliği artmasında ana neden temsil etmektedir (Saad Allah vd., 2000). Toprak yıkanması ve bu iyonların nehre taşınması sonucunda, çalışma alanındaki sularının sertlik değerlerinin artışına neden olmuştur. Suyun, sulamaya uygunluğuna gelince, bu kullanım için suyun uygunluğunu sınıflandıran sistemler, sınıflandırmada toplam sertlik kriterini dikkate almaz (Fahdavi, 2012). Bu sonuçlar, Al-Fatlawi, 2005 ve Hussein, 2010'un bulgularıyla tutarlıdır.

4.1.8. Klorür

Analiz Sonuçlarına göre, Felluce hastanesi istasyonu için klorür değerlerinin 825,72 mg/L'dir (Çizelge 4.3). Yüksek klorür konsantrasyonlarının nedeni, nehre akan lağım suyunun etkisinin yanı sıra, nehir yakınında yüksek konsantrasyonlarda klorür ile karakterize edilen geniş alanlara yayılan ve yüksek sıcaklıklar ve düşük nehir seviyeleri nedeniyle oluşan tuz birikintilerinin etkisine bağlıdır (Al Kalabi, 2013). Ayrıca, Nehrin içinden geçtiği tortul kayaçlar (Siltli ve killi topraklar), yüksek klorür iyonunun değerlerinin kaynaklandığını tespit edilmiştir (Billing ve William 1967). Analiz sonuçları, Saklaviye ve sanayi istasyonlarındaki klorür iyon oranlarının sırasıyla 712.14 ve 693.89 mg/L olduğunu göstermektedir. Bu sonuçlar, Felluce hastanesi istasyonundan çok farklı değildir. Bunun nedeni, topraktaki klorür iyonunun kaynağı olan nehrin içinden geçtiği tortul kayaçlardan kaynaklanıyor olmasıdır. Klorür içeriğinin grafiksel değerlendirmesi, Şekil 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3. Çalışma alanı klor konsantrasyonu değerleri

Saklaviye İstasyonu	Mansaptan Önce	Mansaptan Sonra	Birimler
Cl	684	712	mg/L
HCO ₃	1.02	365	mg/L
SO ₄	235.12	269.62	mg/L
B	0.9	0.11	mg/L
Hastane İstasyonu			
Cl	718	825.72	mg/L
HCO ₃	3.2	466	mg/L
SO ₄	468	512	mg/L
B	0.10	0.31	mg/L
Sanayi İstasyonu			
Cl	680	693	mg/L
HCO ₃	5.3	502	mg/L
SO ₄	411	489	mg/L
B	0.10	0.29	mg/L



Şekil 4.3. Çalışma alanı klor konsantrasyonu değerleri

4.1.9. Bikarbonat

Üç çalışma istasyonundaki, Saklaviye, Felluce hastanesi ve sanayi istasyonları için bikarbonat konsantrasyonları, sırasıyla 365, 466 ve 502 mg/L olarak tespit edilmiştir (Bkz. Çizelge 4.3). Bikarbonat içeriği, grafiksel değerlendirmesi Şekil 4.3'te verilmiştir.

Bu sonuçlar, daha önce yapılan Al-Rubaie, 2013'nin çalışma bulgularıyla uyumludur. Nehir suyundaki bikarbonatın ana kaynağı yağmur suyu, CO₂ etkisiyle çözünen kireçli toprak ve kireçtaşı kayaçlarındandır (Davis ve Dewist, 1966). Nehir kenarındaki topraklarda bikarbonatın yükseldiğini sebebi; karbonik asidin etkisiyle, silikat ve karbonat minerallerinin ayrışma süreçlerinden ve sularındaki CO₂ ve sıcaklık yardımıyla yağmur suyu ile etkileşiminden bikarbonat meydana gelir.

Ayrıca, hızla ayrışan ve bikarbonata dönüşen bir asit olan seyreltik karbonik asiti oluşturur. Bölgedeki suların Bikarbonat konsantrasyonlarının artışı, toprakta ve nehir suyunda karbonat kayalarının ve kirecin çözünmesine bağlıdır (Isa, 1995). Bununla birlikte, Nehir suyuna deşarj edilen lağım suyunun etkisiyle, nehir suyundaki bikarbonat değerleri yükseltmiştir (El-Kelebi, 2013).

4.1.10. Sülfatlar

Çalışma istasyonlarının sülfat konsantrasyonları sırasıyla Saklaviye, Felluce hastanesi ve sanayi istasyonları için 269.62, 512 ve 489 mg/L arasında değişmiştir (Bkz. Çizelge 4.3). Sülfat içeriği, grafiksel değerlendirmesi, Şekil 4.3'te verilmiştir. Doğadaki sülfatların kaynağı, doğal sularda çözünmüş doğrudan bir sülfat kaynağı olan tortul toprakların alçı yapısından kaynaklanıyor olabilir (Ali vd.,). Kanalizasyon sularından oluşan ve nehre deşarj edilen kirleticilerin yanı sıra, çalışma alanlarının yakınında yeraltısuyu sızıntısının etkisi ve kanalizasyonun etkisi de vardır. Felluce istasyonu için sülfat konsantrasyonları, 500 mg litre olan Dünya Sağlık Örgütü'ne göre içme suyu için izin verilen sınırı aşmıştır. Bu değerler Salman, 2006 tarafından kaydedilenlere yakındır.

4.1.11. Bor

Analiz sonuçları, çalışma istasyonlarındaki çözünmüş bor iyon konsantrasyonu, Saklaviye, Felluce hastanesi ve Sanayi istasyonları için sırasıyla 0.11, 0.31 ve 0.29 mg/L olduğunu göstermiştir (Çizelge 4.3). Bor içeriği, grafiksel değerlendirmesi, Şekil 4.3'te verilmiştir. Bor konsantrasyonundaki artışın nedeni tarımsal kanalizasyon

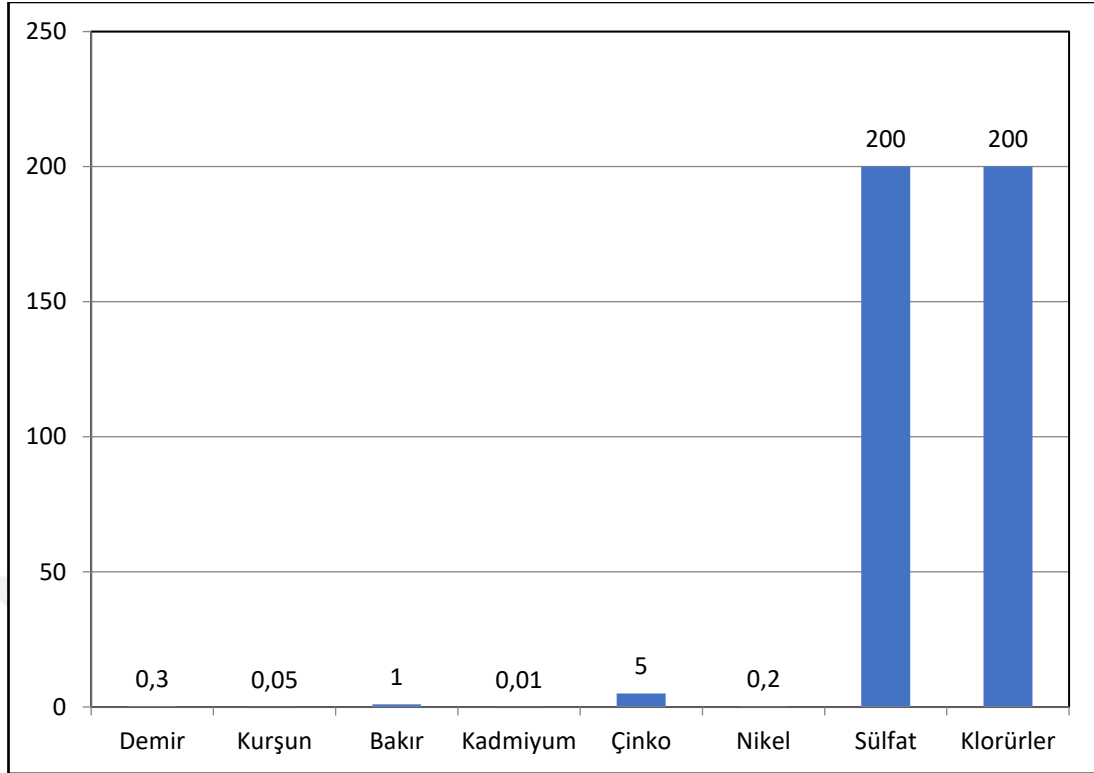
suyunun etkisidir. Bor konsantrasyonundaki artışın nedeni, dereye akan tarımsal atık suyunun yüksek bor konsantrasyonları içermesinden kaynaklanmaktadır.

Atık sularındaki bor değerlerinin yüksek olması ise, bor içeren kimyasal gübrelerin etkisinden de kaynaklanmaktadır. Bu, Ross, 1994'ün atıfta bulunduğu şeyle tutarlıdır. 0.89 mg/L'ye ulaşan yüksek konsantrasyonda bor içeren atık suların yanı sıra, akarsuya yakın topraklarda bor değerleri yüksek olduğu için bor değerleri 0.42 mg/L olmuştur (El-Kelebi, 2013). Ayrıca yeraltı sularındaki bor konsantrasyonu yüzey suların-dakinden daha fazladır (Katea vd., 2006). Bor bileşikleri, kanalizasyon suyunda bulunan cam, boya, kozmetik ve pestisitler gibi bazı sanayilerde kullanılmaktadır (Al-Sarawi, 2008).

Bor sonuçları, Irak ve uluslararası şartnamelerde içme suyu için izin verilen litre başına 5mg limitleri içindedir ve gayet iyi bir kategoridedir. Ayrıca sulama suyu için de izin verilmiştir (Hem, 1989). Irak standart özelliklerine göre, Fırat nehrine atıksu boşaltmak için belirlenen ağır metal standartları (Demir, Kurşun, Bakır, Kadmiyum, Çinko, ve Nikel içeriği Çizelge 4.4'te, grafiksel değerlendirmesi ise, Şekil 4.4'te verilmiştir (Al-Hashimi, 2005). Ayrıca, Çalışma alanındaki Fırat Nehri suyunun mansap öncesi ve sonrası için belirlenen Ağır metal içerikleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Bu metallerin değerleri, grafiksel olarak değerlendirilmiştir (Şekil 4.5).

Çizelge 4.4. Irak standart özelliklerine göre, Fırat nehrine atıksu boşaltmak için belirlenen standartlar (Al-Hashimi, 2005).

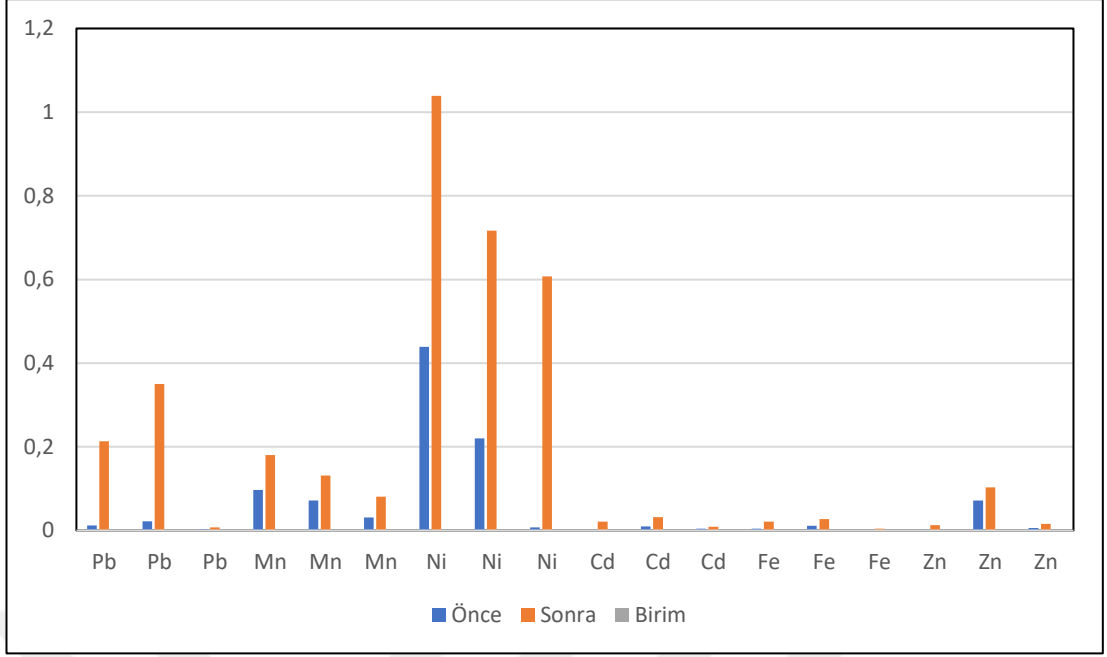
İyon	Birim	Maksimum
Demir	mg/L	0.3
Kurşun	mg/L	0.05
Bakır	mg/L	1.0
Kadmiyum	mg/L	0.01
Çinko	mg/L	5.0
Nikel	mg/L	0.2
Sülfat	mg/L	200
Klorürler	mg/L	200



Şekil 4.4. Irak standart özelliklerine göre nehre atık boşaltmak için belirlenen standartlar Al-Hashimi (2005).

Çizelge 4.5. Çalışma alanındaki Fırat Nehri suyunun mansap öncesi ve sonrası bazı kimyasal özellikleri.

Model İstasyon	İyon	Önce	Sonra	Birim
Felluce Hastanesi	Pb	0.012	0.213	mg/L
Sanayi İstasyonu	Pb	0.022	0.35	mg/L
Saklaviye İstasyonu	Pb	0.003	0.007	mg/L
Felluce Hastanesi	Mn	0.097	0.180	mg/L
Sanayi İstasyonu	Mn	0.072	0.131	mg/L
Saklaviye İstasyonu	Mn	0.031	0.081	mg/L
Felluce Hastanesi	Ni	0.439	1.039	mg/L
Sanayi İstasyonu	Ni	0.220	0.717	mg/L
Saklaviye İstasyonu	Ni	0.007	0.607	mg/L
Felluce Hastanesi	Cd	0.001	0.021	mg/L
Sanayi İstasyonu	Cd	0.010	0.032	mg/L
Saklaviye İstasyonu	Cd	0.004	0.009	mg/L
Felluce Hastanesi	Fe	0.004	0.021	mg/L
Sanayi İstasyonu	Fe	0.011	0.027	mg/L
Saklaviye İstasyonu	Fe	0.001	0.004	mg/L
Felluce Hastanesi	Zn	0.002	0.013	mg/L
Sanayi İstasyonu	Zn	0.072	0.103	mg/L
Saklaviye İstasyonu	Zn	0.006	0.016	mg/L



Şekil 4.5. Çalışma alanındaki Fırat Nehri suyunun mansap öncesi ve sonrası bazı Ağır metal içerikleri

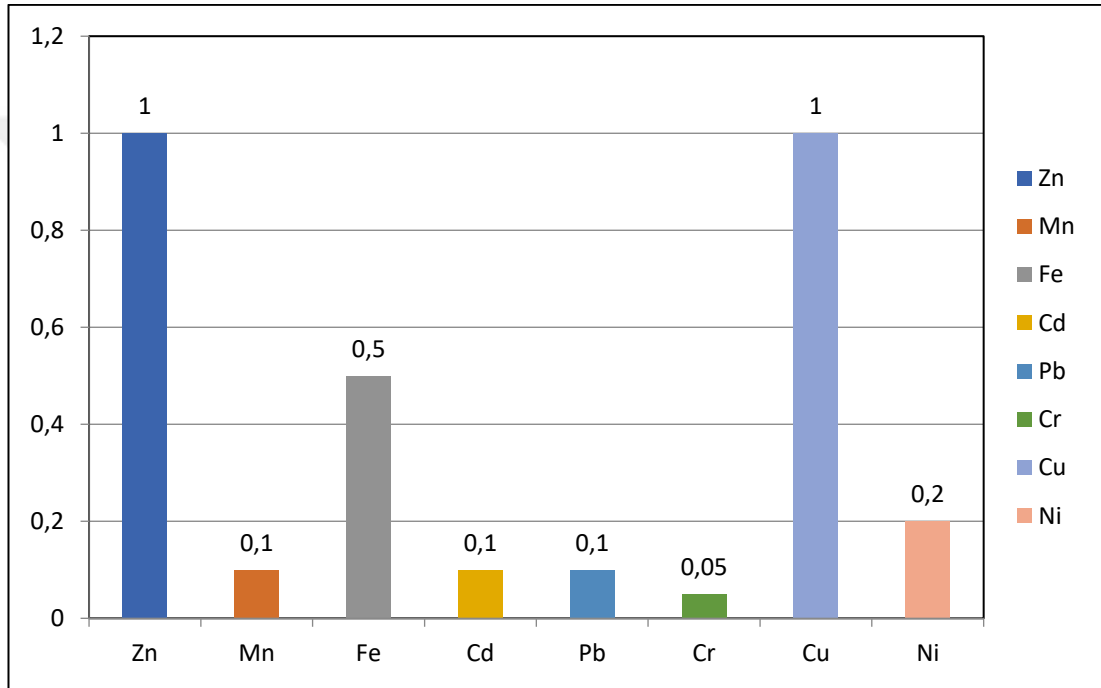
Çizelge 4.5’de, kurşun element konsantrasyonlarının sırasıyla 0.213, 0.35 mg/L olduğu mansabından sonra modelleme istasyonları Felluce hastanesi ve sanayi istasyonundaki kurşun elementi, ağır elementler arasında olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 4.5). Ayrıca, Felluce hastanesi ve sanayi istasyonunun modelleme istasyonlarında da kadmiyum konsantrasyonunda bir artış gözleniyor ve konsantrasyonların değeri 0.21, 0.35 mg/L’ye ulaştığı gözlenmiştir.

Ayrıca, model istasyonlar olarak belirlenen, Felluce hastanesi ve sanayi istasyonundaki nikel konsantrasyonunda sırasıyla 0.39, 0.717 mg/L artış olduğu belirtilmektedir. Ağır metal anaizlerinin sonuçlarından, belirtildiği gibi, kurşun, nikel ve kadmiyum konsantrasyonlarının nehirdeki atık bertarafı için izin verilen sınırları aştığını tespit edilmiştir.

Bu değerleri, Irak Standartları Şartnamesi 2000 yılı 417 no’ya göre, sırasıyla 0.05, 0.01, 0.2’ye ulaşmıştır. Demir ve çinko konsantrasyonuna gelince, Irak Standartları Şartnamesi 2000 yılına göre, izin verilen sınırı aşmamıştır (Çizelge 4.6). Doğal sulardaki mikro ve ağır elementlerin konsantrasyonları için izin verilen limitler, Şekil 4.6’da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Doğal sulardaki mikro ve ağır elementlerin konsantrasyonları için izin verilen limitler.

Unsur	Birim	İzin Verilen Maksimum Sınır
Zn	mg/L	1.0
Mn	mg/L	0.1
Fe	mg/L	0.5
Cd	mg/L	0.1
Pb	mg/L	0.1
Cr	mg/L	0.05
Cu	mg/L	1.0
Ni	mg/L	0.2



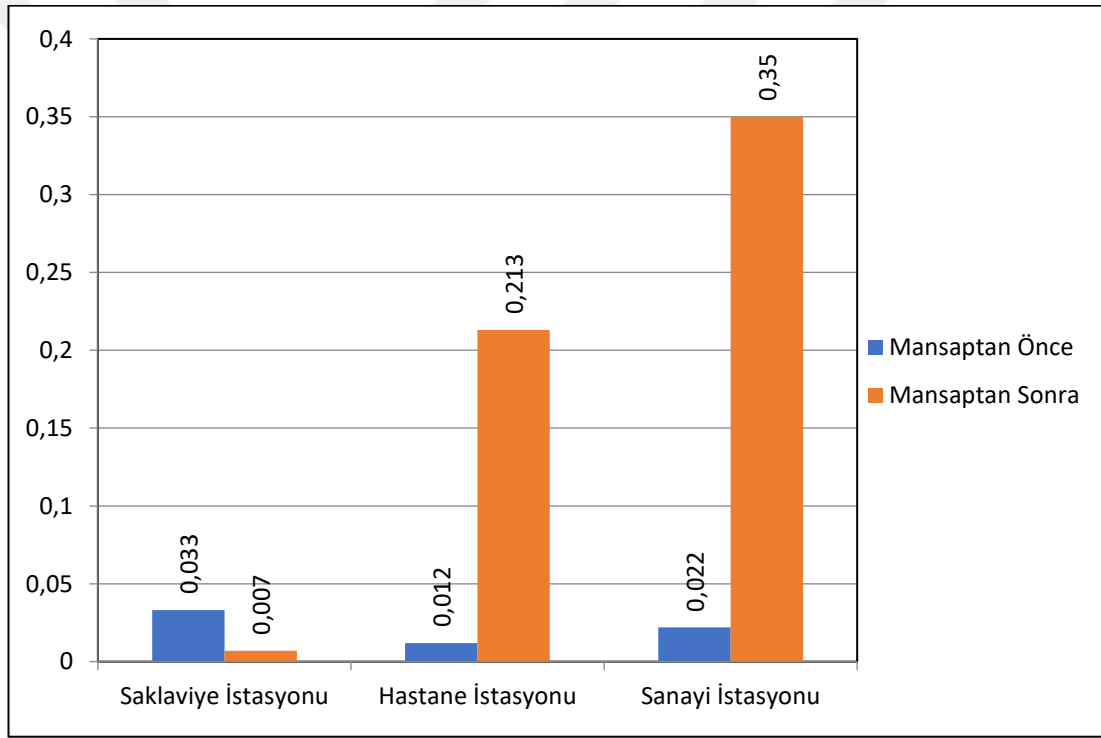
Şekil 4.6. Doğal sulardaki mikro ve ağır elementlerin konsantrasyonları için izin verilen limitler.

4.1.12. Kurşun (Pb)

Çalışma alanındaki Fırat Nehri su örneklerindeki kurşun değerleri göstermektedir (Çizelge 4.7). Çizelgeden, Saklaviye bölgesindeki kurşun konsantrasyonunun mansaptan önce ve mansaptan sonra sırasıyla 0.033 ve 0.007 mg/L olduğunu, Felluce hastanesi istasyonu ve sanayi istasyonunda ise kurşun konsantrasyonunun arttığını gözlenmiştir. Kurşun konsantrasyonu bu istasyonlarda sırasıyla 0.21 ve 0.35 m/l'dir. Çalışma alanındaki Fırat Nehri örneklerinde kurşun konsantrasyonları, Şekil 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Çalışma alanındaki Fırat Nehri örneklerinde kurşun konsantrasyonları.

Model İstasyon	Değer	Birim
Mansaptan Önce Hastane	0.012	mg/L
Mansaptan Sonra Hastane	0.213	mg/L
Mansaptan Önce Sanayi İstasyonu	0.022	mg/L
Mansaptan Sonra Sanayi İstasyonu	0.35	mg/L
Mansaptan Önce Saklaviye İstasyonu	0.033	mg/L
Mansaptan Sonra Saklaviye İstasyonu	0.007	mg/L



Şekil 4.7. Çalışma alanındaki Fırat Nehri örneklerinde kurşun konsantrasyonları.

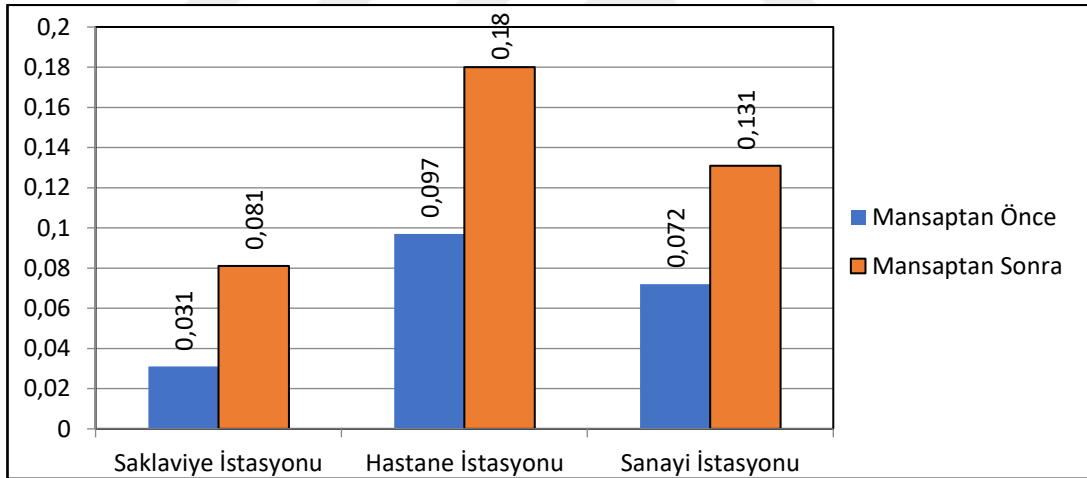
Ayrıca, Saklaviye bölgesindeki mansap öncesi ve sonrası konsantrasyon değerlerinin, WHO, 1999'da belirtilenlere ve Irak Standartları Şartnamesi 2000 yılına göre, uluslararası izin verilen sınırlar içinde olduğunu gözlemliyoruz. Bu çalışma, önceki çalışmalar olan (Alami vd.), (Kassim, 1998), (Ali vd., 2004)'de belirtilenlerle uyumludur. Konsantrasyonların Irak Standartları Şartnamesi 2000 yılına göre izin verilen sınırlar içinde olduğunu görüyoruz.

4.1.13. Manganez (Mn)

Çalışma alanındaki Fırat sularının manganez konsantrasyonları, Çizelge 4.8'de gösterilmiştir. Saklaviye istasyonundaki manganez konsantrasyonunun mansaptan önce ve sonra sırasıyla 0.31, 0.081 mg/L olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.8). Hastane istasyonunda konsantrasyon artarken, sanayi istasyonunda 0.180 mg/L'ye ulaşmaktadır.

Çizelge 4.8. Çalışma alanının manganez konsantrasyonları

Model İstasyon	Değer	Birim
Mansaptan Önce Hastane	0.097	mg/L
Mansaptan Sonra Hastane	0.180	mg/L
Mansaptan Önce Sanayi İstasyonu	0.072	mg/L
Mansaptan Sonra Sanayi İstasyonu	0.131	mg/L
Mansaptan Önce Saklaviye İstasyonu	0.031	mg/L
Mansaptan Sonra Saklaviye İstasyonu	0.081	mg/L



Şekil 4.8. Çalışma alanının manganez konsantrasyonları

Analiz sonuçlarından, nehir suyundaki manganez konsantrasyonunun artırmasında, kanalizasyon suyunun etkisi olduğunu gözlenmiştir. Bu çalışma, Al-Hashemi, 2005'in hastanelerden deşarj edilen kanalizasyonun ağır metaller üzerinden kirliliğin en önemli kaynaklarından biri olduğunu gösteren çalışmasıyla uyumludur. manganez konsantrasyonlarındaki artış, Fırat Nehri sularındaki manganez konsantrasyonundaki artış, doğrudan nehre deşarj edilen atıklardan kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, manganez konsantrasyonu, WHO, 1999'a göre içme suyu için uluslararası olarak izin verilen 50 mg/L sınırları içinde kalmaktadır.

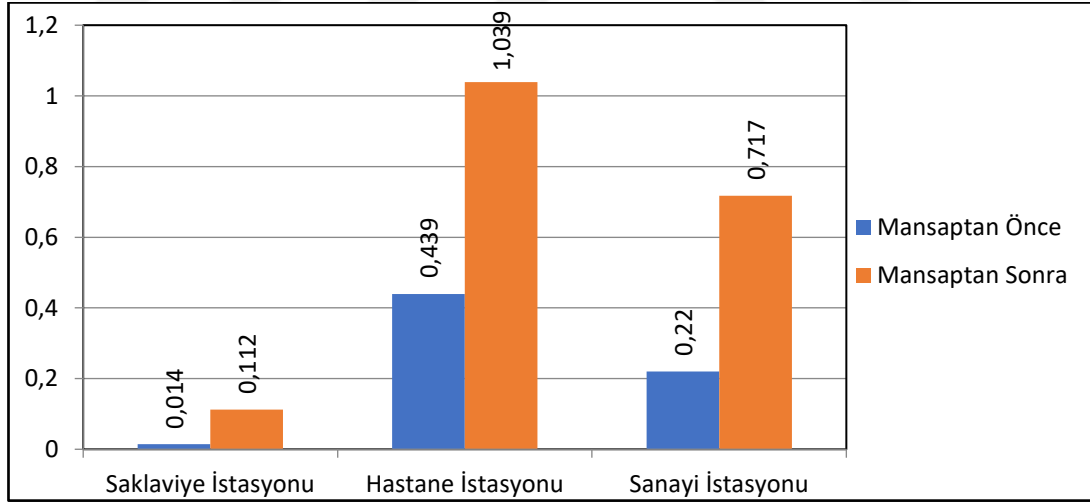
Bu çalışma aynı zamanda, Fırat Nehri'nin kuzey kesimindeki elementlerin konsantrasyonuna ilişkin raporların olmadığı noktasında Kasım vd., 1997 ile aynı uyum göstermektedir.

4.1.14 Nikel (N)

Çizelge 4.9, çalışma alanı için belirlenen nehir suyundaki nikel konsantrasyonunu göstermektedir. Nikel konsantrasyonunun sırasıyla 0.0140, 0.112 mg/L, olarak Saklaviye bölgesinde mansap öncesi ve sonrası için, izin verilen sınırlar içinde olduğunu görmüştür (Şekil 4.9).

Çizelge 4.9. Çalışma alanının nehir suyu örneklerinde nikel konsantrasyonu

Model İstasyon	Değer	Birim
Mansaptan Önce Hastane	0.439	mg/L
Mansaptan Sonra Hastane	1.039	mg/L
Mansaptan Önce Sanayi İstasyonu	0.220	mg/L
Mansaptan Sonra Sanayi İstasyonu	0.717	mg/L
Mansaptan Önce Saklaviye İstasyonu	0.014	mg/L
Mansaptan Sonra Saklaviye İstasyonu	0.112	mg/L



Şekil 4.9. Çalışma alanının nehir suyu örneklerinde nikel konsantrasyonu

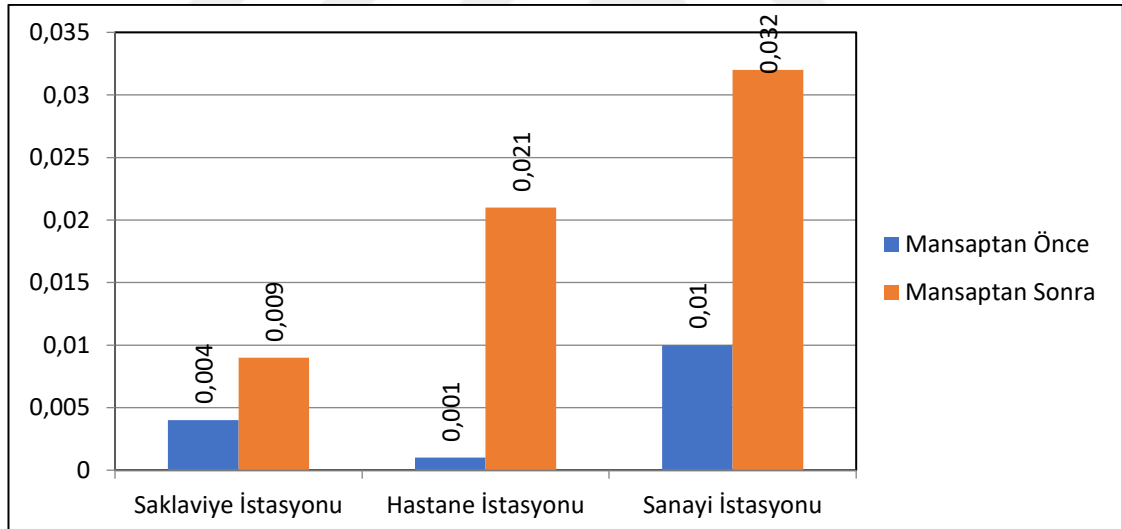
Mansaptan sonra, hastane istasyonunda ve sanayi istasyonundaki Ni konsantrasyonu sırasıyla 1.039, 0.717 mg/L'ye kadar artarken, WHO, 1999 tarafından Nikel konsantrasyonlarının insan kullanımına izin verilen değerleri ve limitleri aştığı tespit edilmiştir. Ayrıca nehre atık atmak suretiyle Irak Standart Şartnamesi 2000 yılı 417 noya göre bununla ilgili limitleri ve standartları aşmıştır (El-Haşimi, 2005).

4.1.15. Kadmiyum (Cd)

Aşağıda verilen Çizelge 4.10'a göre, çalışma alanı için Fırat Nehri su örneklerindeki ortalama kadmiyum konsantrasyonunu göstermektedir. Saklaviye istasyonundaki mansaptan önce ve sonrası, kadmiyum konsantrasyonunun sırasıyla 0.004, 0.00 mg/L olduğunu görülmüştür (Şekil 4.10). Mansaptan sonra hastane ve sanayi istasyonlarında kadmiyum konsantrasyonu artarken, değerleri sırasıyla 0.021 ve 0.030'a ulaşmaktadır.

Çizelge 4.10. Çalışma alanının Fırat nehri su örneklerinde kadmiyum konsantrasyon oranı

Model İstasyon	Değer	Birim
Mansaptan Önce Hastane	0.001	mg/L
Mansaptan Sonra Hastane	0.021	mg/L
Mansaptan Önce Sanayi İstasyonu	0.010	mg/L
Mansaptan Sonra Sanayi İstasyonu	0.032	mg/L
Mansaptan Önce Saklaviye İstasyonu	0.004	mg/L
Mansaptan Sonra Saklaviye İstasyonu	0.009	mg/L



Şekil 4.10. Çalışma alanının Fırat nehri su örneklerinde kadmiyum konsantrasyon oranı

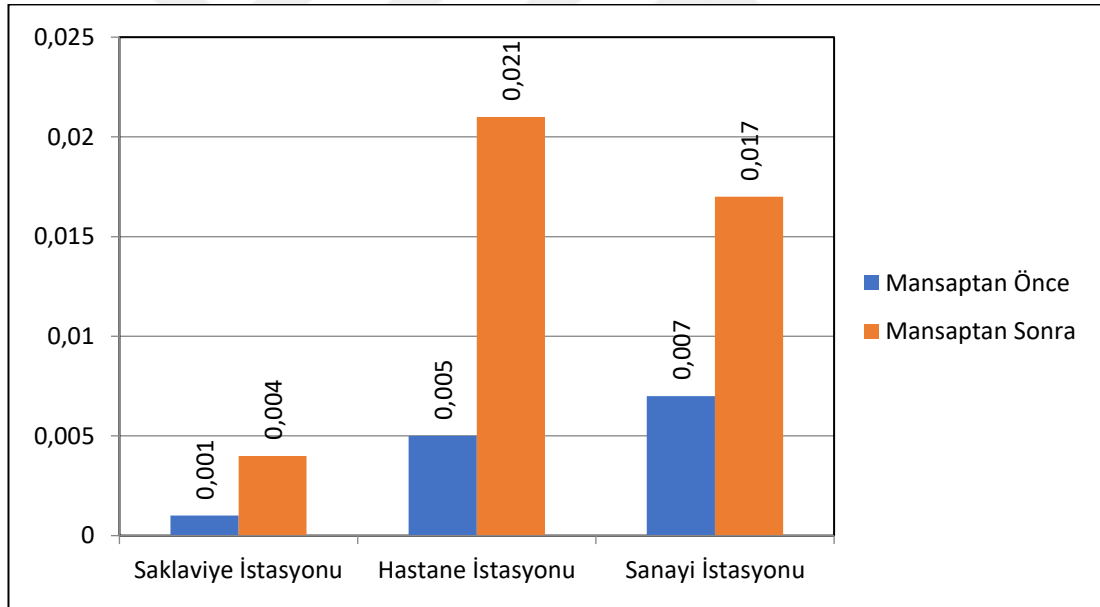
Kadmiyum konsantrasyonunun WHO, 1999'a ve Irak şartnamesi 2000 yılı tarafından önerilen sınırları aştığını görülmüştür. Suyun, içme suyuna uygunluğu ile ilgili olarak, kadmiyum elementi jeokimyasal özelliklerinde çinko'ya benzemekte, ancak çinko'dan daha az miktarda bulunmakta ve asidik oksitleyici bir ortamda çözülmemektedir (Hem, 1985). Vücutta çinko ile bakır arasında paralel bir halka şeklinde olması ve değerleri artmasıyla, dokuların yırtılmasını neden olmaktadır (APHA, 1992).

4.1.16. Demir (Fe)

Çizelge 4.11'de, Saklaviye istasyonundaki çalışma alanındaki Fırat Nehri su örneklerindeki mansap öncesi ve sonrası demir konsantrasyonunun sırasıyla 0.001, 0.004 mg/L olduğunu gösterilmiştir. Hem Felluce hastanesi istasyonunda hem de sanayi istasyonunda konsantrasyon artarak sırasıyla 0.021, 0.017 mg/L'ye ulaşmıştır.

Çizelge 4.11. Çalışma alanındaki Fırat Nehri su örneklerinde Sallaviye istasyonunda mansap öncesi ve sonrası demir konsantrasyonu

Model İstasyon	Değer	Birim
Mansaptan Önce Hastane	0.005	mg/L
Mansaptan Sonra Hastane	0.021	mg/L
Mansaptan Önce Sanayi İstasyonu	0.007	mg/L
Mansaptan Sonra Sanayi İstasyonu	0.017	mg/L
Mansaptan Önce Saklaviye İstasyonu	0.001	mg/L
Mansaptan Sonra Saklaviye İstasyonu	0.004	mg/L



Şekil 4.11. Çalışma alanındaki Fırat Nehri su örneklerinde Sallaviye istasyonunda mansap öncesi ve sonrası demir konsantrasyonu

Sonuçlardan da görüldüğü gibi, burada hastane kanalizasyonu ve lağım sularının etkisi olduğu göstermiştir (Şekil 4.11). Fırat Nehri sularında demir konsantrasyonunda artış vardır, ancak Irak şartnamesi 2000 yılı 417 noda belirtilen izin verilen sınırlar içinde kalmakta ve 0.3 mg/L'i geçmemektedir (El-Haşimi, 2005). Demir, yer kabuğunda en bol bulunan metalik element iken, asidik sularda ve kaplıcalarda konsantrasyonu artmaktadır (Brown, 1970).

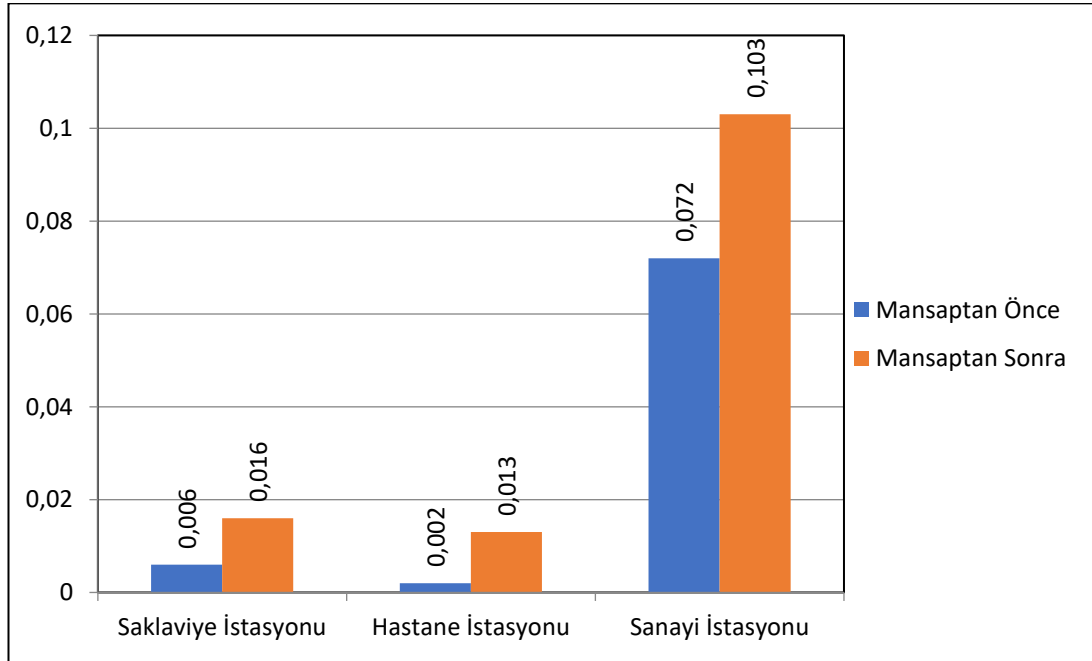
4.1.17. Çinko (Zn)

Saklaviye istasyonunda çalışma alanı içinde Fırat Nehri'nin mansap öncesi ve sonrası su örneklerindeki nikel konsantrasyonunun sırasıyla 0.006, 0.016 mg/L olduğunu göstermektedir (Çizelge 4.12). Hastane istasyonunda konsantrasyon artarken, sanayi istasyonunda sırasıyla 0.013, 0.103 mg/L konsantrasyona ulaşmaktadır.

Çizelge 4.12. Saklaviye istasyonunda çalışma alanı içerisinde bulunan Fırat Nehri su örneklerinde mansap öncesi ve sonrası Çinko konsantrasyonu.

Model İstasyon	Değer	Birim
Mansaptan Önce Hastane	0.002	mg/L
Mansaptan Sonra Hastane	0.013	mg/L
Mansaptan Önce Sanayi İstasyonu	0.072	mg/L
Mansaptan Sonra Sanayi İstasyonu	0.103	mg/L
Mansaptan Önce Saklaviye İstasyonu	0.006	mg/L
Mansaptan Sonra Saklaviye İstasyonu	0.016	mg/L

Sonuçlardan, şeklin konsantrasyonunun suyun insan kullanımı için WHO, 1996 tarafından önerilen sınırları aştığını, aynı şekilde Irak şartnamesi 2000 yılı kapsamında izin verilen sınırları aştığını görülmüştür (Şekil 4.12).



Şekil 4.12. Saklaviye istasyonunda çalışma alanı içerisinde bulunan Fırat Nehri su örneklerinde mansap öncesi ve sonrası çinko konsantrasyonu.

4.2. Toprak Örneklerinin Alınması

Felluce şehrinde toprak örnekleme için bu alanlarda 10-30 cm derinlikte üç alan seçilmiştir ve bu derinlik bilimsel referanslara dayalı olarak belirlenmiştir. Bu süre zarfında topraktaki pH, tuzluluk ve toplam organik karbon (TOK) değerleri olmak üzere bazı laboratuvar testleri yapılmıştır. Ayrıca, Alev Atomik Absorpsiyon Spektrofotometresi kullanılarak, Cd, Zn, Ni, Hg, Cu ve Cu içeren ağır elementlerin konsantrasyonları ölçülmüştür.

Sonuçta, çalışma dönemindeki Toprak örneklerinin pH değerleri, en yüksek aklaviye topraklarında 8.9, ve en düşük değerin ise hastane topraklarında 7.05 olmasıyla normal aralıklarda olduğunu göstermiştir. Sonuçlar ayrıca, en yüksek değer Fırat Nehri bitişiğindeki toprakta 567, en düşük değer ise sanayi toprağında (sanayi bölgesi) 131'e ulaştığından tuzluluk değerlerinin farklı olduğunu göstermiştir.

En yüksek bakır konsantrasyonu 12.03 mcg/g ve en düşük konsantrasyon 8.7 mcg/g idi. Cıvaya gelince, çalışma süresi boyunca toplam değer 1.175 mcg/gm olduğu için en düşük seviyeleri toprakta kaydedilmiştir.

Kadmiyum için toplam değerler 0.72 mcg/g, en yüksek konsantrasyon 2.8 mcg/g ve en düşük konsantrasyon 0.05 mcg/g idi. Çinkoya gelince, toplam değeri 17.28 mcg/g'dır.

Çalışmanın laboratuvar testlerinin sonuçları, bu çalışma kapsamında alınan ağır metallerin değerlerinin, onaylanmış parametrelerle karşılaştırıldığında izin verilen sınırlar içinde olduğunu göstermiştir. Bu, toprakta bu yüzdelerin sabit olduğu anlamına gelmez.

Bu elementlerle hava kirliliği, sanayi faaliyetleri kapsamında sıvı atıkların atılması veya aşırı kimyasal gübre ve zirai ilaç kullanımı bu elementlerin yüzdelerinin artmasına neden olabilmektedir. Bu da arazinin izlenmesini ve düzenli aralıklarla periyodik ve sürekli denetimlerin yapılmasını gerekli kılar.

4.2.1. Malzemeler ve Çalışma Yöntemleri

4.2.1.1 Laboratuvar Malzemeleri Temizliği

Çalışmaya başlamadan ve numune toplamadan önce, bu amaçla kullanılan cam eşya ve polietilen içeren tüm aletler açıklanan yöntemle göre temizlenmiştir (Boehuke ve Delumye, 2000). Aletler musluk suyu ve deterjan tozu ile yıkanmış ve birkaç kez su ile durulanmıştır. Daha sonra seyreltilmiş Hcl %10 konsantrasyonunda 24 saat bekletilmiştir. Ardından distile su ile yıkanmıştır (Nollet, 2007).

4.2.1.2 Numune Toplama

Felluce şehrinde Saklaviye tarım alanı, hastane alanı ve sanayi mahallesi bölgesi olmak üzere üç noktadan örnekler toplanmıştır.

4.2.2 Çalışma Yöntemi

4.2.3 Ağır Elementler

Cd, Hg, Zn, Cu ve Ni iyonları (Yi et al, 2007)'nin yöntemine göre, aşağıdaki gibi ekstrakte edilmiştir: Toprakta alınan numuneler 70°C sıcaklıkta üç gün kurutulduktan sonra iyice karıştırılıp askıdaki madde uzaklaştırıldıktan sonra, seramik harcıyla öğütülerek 63 mikronluk elekten geçirilerek polietilen kaplarda muhafaza edilmiştir. Daha sonra her kuru numuneden 10gr tartılmış ve 50ml'lik bir teflon behere yerleştirilerek 70 ml konsantre HCl ve HNO₃ ilave edilmiş, ve ardından bir cam plaka üzerinde 85°C'de ısıtılmıştır. 4 ml konsantre hidroflorik ve perklorik eklenmiş ve hemen hemen kuruyana kadar buharlaştırılmıştır. Daha sonra, 3000 rpm'de 30 dakika santrifüj edilerek ayrılmıştır. Ardından alevli atomik absorpsiyon spektrofotometre ile ölçülmüştür. Bunun kontrolü APHA, 2003'ün aşağıdaki denklemine göre yapılmıştır:

$$ECON = (A*B*df) / D \quad (4.1)$$

ECON : Her numunedeki elementin konsantrasyonu

A : Kalibrasyon eğrisinden çıkarılan elementin konsantrasyonu

B : Son hacim, ml.

df : Seyreltme faktörü, -2 Laboratuvar testleri

Toprakta Toplam Organik Karbon (TOK) Ölçümü:

Toprak organik karbon içeriğini belirlemek için Gandette vd., 1974'nin yöntemi benimsenmiştir. Bu amaçla, daha önce elektrikli etüvde 75 °C'de kurutulan ve 250 ml'lik erlene yerleştirilen her numuneden 1 gr ağırlık alınmıştır.

10 ml potasyum dikromat K₂Cr₂O₇ eklenmiş ve iyice karıştırılmıştır. Daha sonra numune şişesine dikkatli ve hassas bir şekilde 25 ml sülfürik asit ilave edilmiş ve numune distile su ile 150 ml'ye seyreltilmiştir. Daha sonra 10 ml H₃PO₄, 0.1 sodyum florür ve 10 damla difenilamin, amonyak demir sülfat solüsyonlu şişelere ilave edilmiştir.

Ardından hem numune hem de tahta, amonyak demir sülfat çözeltisi ile toz haline getirilmiş, böylece kahverengi renk yeşile, ardından mavimsi siyah griye, ardından reaksiyonun sonu olan parlak yeşile dönmüştür.

Organik karbon aşağıdaki denkleme göre hesaplanmıştır:

$$(W/100) = (0.003) (1.0N) (1-T/S) (TOC\%) \quad (4.2)$$

$$(PPT) \% = EC \times 0.064 \quad (4.3)$$

Buna göre:

T : Numuneyi dekontamine etmek için gereken amonyak demir sülfat çözeltisinin hacmi

S : Sahte düzelticiyi düzleştirmek için gereken amonyak demirli çözelti hacmi

T\S : Standartlaştırılmış bir amonyum demir sülfat çözeltisinin etkisini silen katsayı

0.003: Milimetre eşdeğer karbon ağırlığı

0.1N : Potasyum dikromat çözeltisi

10 : Potasyum dikromat hacmi

W : Tortu örneğinin ağırlığı

pH : pH, profesyonel bir masaüstü BP 3001 PH metre kullanılarak ölçülmüştür.

Tuzluluk: Tuzluluk elektriksel iletkenlik ile ölçülmüştür (Mackereth, v.diğer, 1978)

5. SONUÇLAR, TARTIŞMA VE ÖNERİLER

5.1 Laboratuvar Testlerin Sonuçları

5.1.1. Fiziksel ve Kimyasal Parametre Analizleri

Toprak örnekleri analiz edilmiş ve pH, tuzluluk ve TOK'ı içeren laboratuvar testleri yapılmıştır. Sonuçlar, toplam değerlere ulaşarak çalışma dönemindeki pH değerlerinin 7.71 olduğunu ve en yüksek değerin 7.85 ve en düşük değerin 7.05 olduğunu göstermiştir. pH ile ağır metal toksisitesi arasında ters bir ilişki vardır (Çizelge 5.1 ve Çizelge 5.2). pH değeri ne kadar düşük olursa, o kadar çözünür ve dolayısıyla daha toksik ağır metaller meydana gelir (Addy vd., 2004).

Şekil 5.1'deki Sonuçlara bakıldığında, çalışma dönemindeki pH değerlerinin birbirine çok yakın olması, bu dönemdeki atık ve gübre eksikliğinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir (Zübeydi, 2012). Ayrıca, Tuzluluk oranları, çalışma süresi boyunca toplam değeri binde 165,8 olmuştur. En yüksek değer binde 309.12 sanayi toprağında, en düşük değer binde 131.2 ise, Saklaviye mahalle toprağında olmuştur. Artan tuzluluk ile eser elementleri de artar (WHO, 2006).

İklimin etkileri ve organik materyallerin ve pestisitlerin kullanımı tuzluluk oranlarındaki değişikliklere ve dolayısıyla mineral birikiminin hızına katkıda bulunmuştur (Friedl vd., 2004). Çalışma sırasında toplam organik karbon değerleri 6.873 olarak gerçekleşirken, sanayi mahallesi topraklarda en yüksek karbon değeri sırasıyla 2.546, 3.546 ve 3.600'e ulaşmıştır.

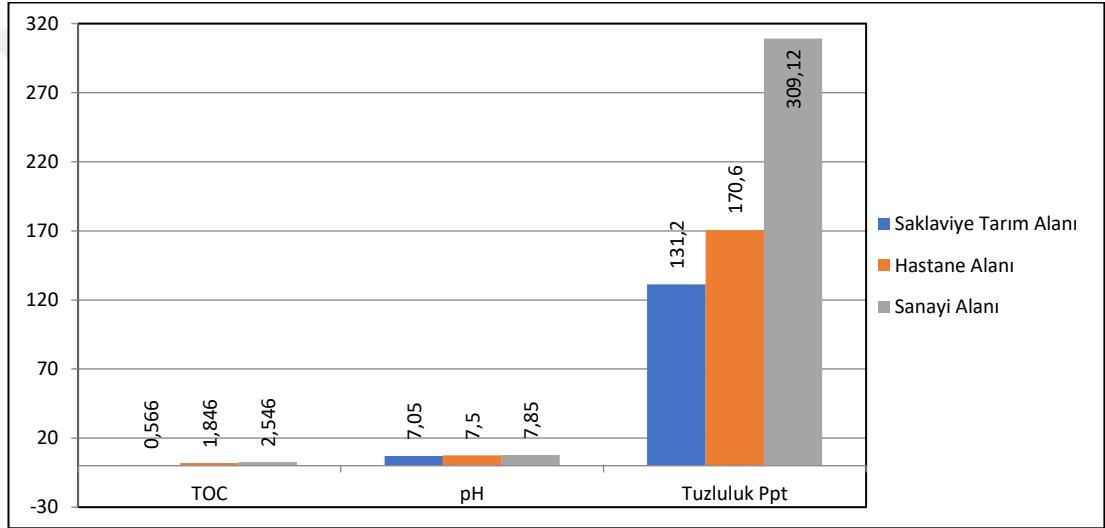
Mansaptan önce ve sonra 10-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin laboratuvar testlerinin sonuçları, Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de verilmiştir. Bunun nedeni, sanayi mahallesi toprağına getirilen, ölü organizmaların ve askıda organik maddelerin birikmesi üzerine çalışan, organik karbon değerlerini artıran veya sıcaklığın artması nedeniyle artan sanayi faaliyetlerinden (Kazzar, 2009), veya ayrışan organizmaların kümülatif aktivitesi ve dolayısıyla organik maddeyi arttırmasından kaynaklanmaktadır (Fetlavi, 2011).

Çizelge 5.1. Mansaptan önce 10-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin Laboratuvar testlerinin sonuçları.

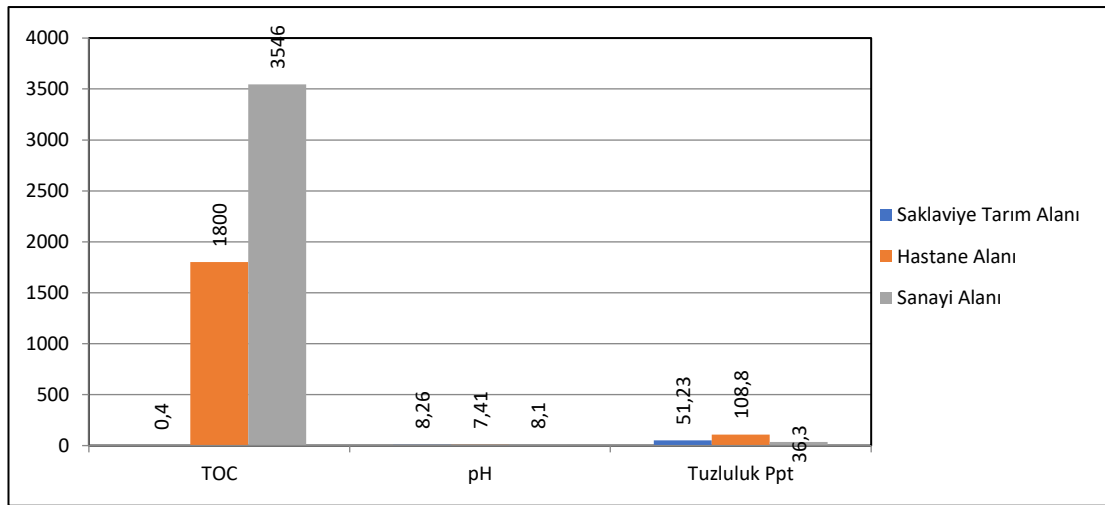
Yer	TOC	PH	Tuzluluk Ppt
Saklaviye tarım alanı	0.566	7.05	131.2
Hastane alanı	1.846	7.5	170.6
Sanayi alanı	2.546	7.85	309.12

Çizelge 5.2. Mansaptan sonra 10-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin laboratuvar testlerinin sonuçları.

Yer	TOC	PH	Tuzluluk Ppt
Saklaviye tarım alanı	0.400	8.26	51.23
Hastane alanı	1800	7.41	108.8
Sanayi alanı	3546	8.1	36.3



Şekil 5.1. Mansaptan önce 10-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin laboratuvar testlerinin sonuçları.



Şekil 5.2. Mansaptan sonra 10-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinin laboratuvar testlerinin sonuçları.

5.1.2. Ağır Metal Analiz Sonuçları

Sonuçlar şunları göstermektedir:

- Kadmiyum değerleri 1.4 µg/gm ile en yüksek değerleri kaydetmiştir. En düşük değeri ise Saklaviye toprağında 0.05 µg/gm olarak kaydedilmiştir. Zn'nin en yüksek değeri endüstriyel bölge toprağında 34 mcg/gm, en düşük değeri ise Saklaviye bölgesinde 6.1 mcg/gm olmuştur.
- Cıva Hg elementi, elementler arasında en düşük değeri kaydetmiştir, Saklaviye topraklarında değeri 0.23 mcg/gm'dir. Sanayi alanında ise en yüksek değeri 1.8 mkg/gm'dir.

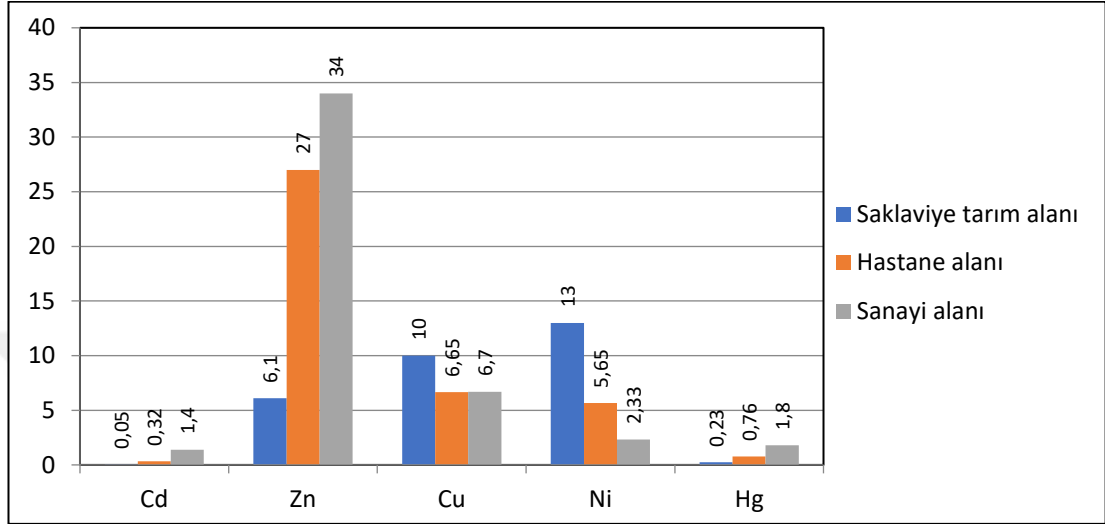
Mansaptan önce ve sonra, çalışma alanlarından 10-30 cm uzaklıkta alınan toprak örneklerinde (Cd, Zn, Cu, Ni, Hg) ağır maden konsantrasyonları, Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'te verilmiştir. Bu çalışmada kaydedilen en yüksek değerler, bakır ve nikel elementlerine aittir. Bu, toksisiteyi azaltarak önemli bir rol oynayan tuzluluk faktörleri de dahil olmak üzere, bu ağır metal elementlerin konsantrasyonlarını arttıracak bazı insan faaliyetleri ve çevresel faktörlerden kaynaklanmaktadır. Ağır elementler, burada elementi kullanılamaz hale getiren klorür iyonları ile kompleksler oluşturmuştur (Lee vd., 2003).

- En yüksek bakır değeri Saklaviye bölgesinde 10 mg/gm, hastane bölgesinde ise en düşük değeri 6.65 mg/gm olarak kaydedilmiştir.
- Nikelin en yüksek değeri 13 mcg/gm ile Saklaviye bölgesinde, en düşük değeri ise 2.33 mcg/gm ile sanayi bölgesinde kaydedilmiştir.

Çalışmada laboratuvar testlerinin sonuçları göre, bu çalışma kapsamına alınan ağır metal değerlerinin, onaylanmış parametrelerle karşılaştırıldığında izin verilen sınırlar içinde olduğunu göstermiştir. Bu durum ise toprakta bu yüzdelerin kalite açısından sabit olduğu anlamına gelmez. Bu elementlerle hava kirliliği, sanayi faaliyetleri için sıvı atıkların atılması veya aşırı kimyasal gübre ve zirai ilaç kullanımı bu elementlerin yüzdelerinin artmasına neden olabilmektedir. Bu ise, arazide düzenli aralıklarla ve sürekli incelemeler yapmak suretiyle bu süreci gözetim altında tutmayı gerektirir. Mansaptan önce ve sonra, çalışma alanlarından 10-30 cm uzaklıkta alınan toprak örneklerindeki ağır metaller grafiksel değerlendirmesi Şekil 5.3 ve 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Mansaptan önce çalışma alanlarından 10-30 cm uzaklıkta alınan Toprak örneklerinde ağır maden konsantrasyonları.

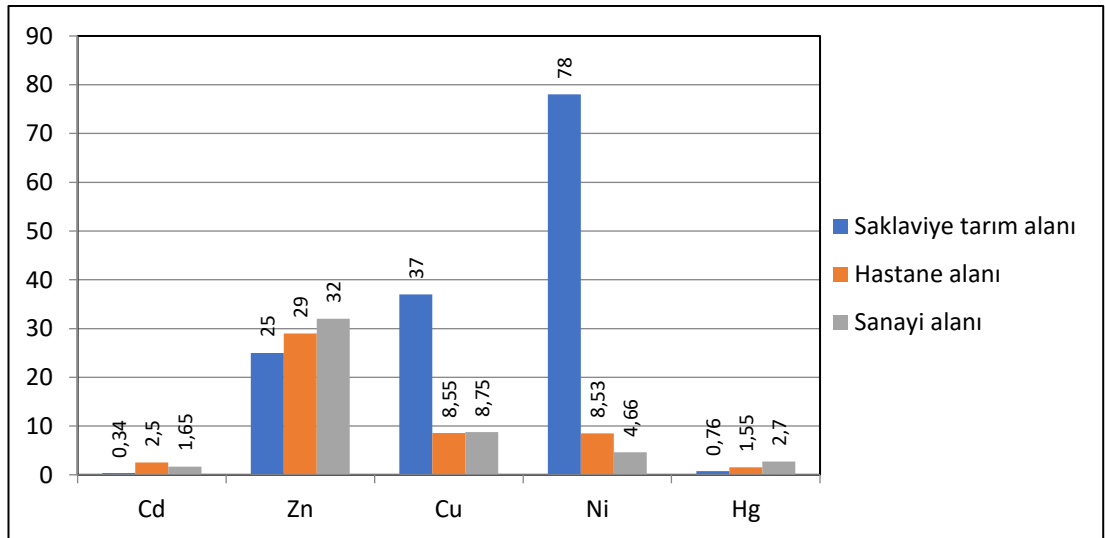
Yer	Cd	Zn	Cu	Ni	Hg
Saklaviye tarım alanı	0.05	6.1	10	13	0.23
Hastane alanı	0.32	27	6.65	5.65	0.76
Sanayi alanı	1.4	34	6.7	2.33	1.8



Şekil 5.3. Mansaptan önce çalışma alanlarından 10-30 cm uzaklıkta alınan toprak örneklerinde ağır metallerin değerlendirmeleri.

Çizelge 5.4. Mansaptan sonra çalışma alanlarından 10-30 cm uzaklıkta alınan toprak örneklerindeki ağır metaller konsantrasyonları.

Yer	Cd	Zn	Cu	Ni	Hg
Saklaviye tarım alanı	0.34	25	37	78	0.76
Hastane alanı	2.5	29	8.55	8.53	1.55
Sanayi alanı	1.65	32	8.75	4.66	2.7



Şekil 5.4. Mansaptan sonra çalışma alanlarından 10-30 cm uzaklıkta alınan toprak örneklerinde ağır maden konsantrasyonları.

Felluce'deki sanayi bölgesi bitişindeki toprakta yüksek oranda çinko, kadmiyum, manganez ve demir kirliliği tespit edilmiştir. Çizelge 5.3 ve izelge 5.4'te gösterilen çalışmanın sonuçları, sanayi bölgesine yakın bölgenin çinko ile daha fazla kontamine olduğunu, ancak yine de Kanada standartlarına göre izin verilen sınırlar içinde olduğunu göstermektedir. Ancak, kadmiyum ve AAPFCO sınıflandırmasının, Felluce hastane istasyonundaki CDFA'nın Japon ve Kanadalılara göre izin verilen sınırların dışında olduğu tespit edilmiştir. Sırasıyla 4, 10, 8 ve 4 değerlerini veren bu sınıflandırmalar, toprakta bulunmasına izin verilen değerlerdir (Mesdaghinia ve Zehra, 2008).

Kadmiyum (Cd) konsantrasyonunun yüksek olmasının nedeni, toprakta uzun süre sabitlenen fosforlu gübrenin aşırı kullanımından kaynaklanmaktadır. Bu, kirliliğe yol açmaktadır. Kanada sınıflandırmasında üçüncü çalışma istasyonlarında izin verilen sınır 12'dir. Bu artışın nedeni, pestisit kullanımının yanı sıra çinko sülfat gübresinin plansız kullanımından kaynaklanmaktadır. Çalışmanın sonuçları, mineral gübrelerin yıl boyunca tekrarlanan kullanımının toprakta büyük miktarlarda ağır metal birikmesine yol atığını göstermektedir.

Çalışmanın sonuçları ayrıca, toprakta izin verilen sınırı belirleyen Kanada sınıflandırmasına göre, iki istasyon Felluce hastanesi ve sanayinin inko (Zn) konsantrasyonunun KG/MG 200 olarak izin verilen sınırı aştığını göstermektedir. Çinko, bitkinin ihtiyaç duyduğu besinlerden biri olduğu için aşırı gübrelemeden de kaynaklanabilir.

Çalışmanın sonuçları, Nikel'in (Ni) Kanada sınıflandırmasına göre, izin verilen sınırlar içinde kalabileceğini tespit etmiştir. Nedeni ise, nikelin bitkinin metabolik süreçlerinde önemli bir rol oynamasından dolayı, sürekli olarak tükenmesi olabilir. Ayrıca, Kanada sınıflandırmasına göre Bakır (Cu),  çalışma istasyonu için izin verilen sınırlar içindedir.

Irak toprağının Demir (Fe) açısından çok zengin olması nedeniyle, demir  istasyon için de izin verilen sınırlar içinde kalmaktadır. Demirin bitkilerin yapraklarına sprey olarak ilave edilmesinden dolayı toprağı kirlletmeden doğrudan emilmesi yapılır.

5.2. Sonuçlar ve Öneriler

5.2.1 Sonuçlar

- 1- Sonuçlar, Fırat Nehri suyundaki çözünmüş katı madde (ÇKM) miktarına ve tuz konsantrasyonuna bağlı olarak, buluşma öncesi orta tuzluluk olduğunu ve buluşma sırasında ağırlaştığını, sınıflandırmasının ise orta tuzluluk olarak son noktada olduğunu göstermiştir (Björnense, 2002).
- 2- Birleşim bölgesinde ve nehir rotasında son modele kadar yüksek konsantrasyonda kalsiyum Ca ve magnezyum Mg iyonları vardır. Potasyum (K) iyonuna gelince, sonuçlar kanalizasyon suyunun nehir suyundan daha yüksek bir içeriğe sahip olduğunu göstermiştir.
- 3- Sodyum (Na) konsantrasyonun, kanalizasyon suyundaki artmakta ve bu da nehir suyunda belirgin bir sodyum artışına neden olmaktadır.
- 4- Çalışma, Sülfat'ın (SO_4) çalışma alanındaki en konsantre negatif iyonlardan biri olduğunu göstermiştir. Nehir suyundaki klorür konsantrasyonu, izin verilen sınırları aşarak artmaktadır.
- 5- Çalışma, çalışma alanı içinde Bikarbonat (HCO_3) konsantrasyonunda bir artış olduğunu göstermiştir. Kanalizasyon suyu, uluslararası olarak ve Irak şartnamesi 2000 yılına göre izin verilen sınırları aşan istenmeyen seviyelerde tuz ve iyonlar içermektedir. Bu nedenle, kanalizasyon suyundaki doğal tuz seviyesini korumak zorlaşmaktadır.
- 6- Irak şartnamesi 2000 yılı 417 noya göre, kadmiyum elementi hariç, nehre deşarj limitlerini ve kriterlerini aştıkları için su ve topraktaki major katyon ve anyon elematları yanı sıra, ağır elementlerin konsantrasyonu artmaktadır.
- 7- Topraktaki konsantrasyonlarına gelince, izin verilen sınırları aşan, insan sağlığını etkileyen ve bitkilerdeki konsantrasyonunu artıran kadmiyum dışında, izin verilen sınırları aşmamıştır. Çıkarılan topraktaki (DTPA) mikro elementlerin hazırlanan içeriğine gelince, çalışma konsantrasyonlarında bir artış göstermiş, ancak izin verilen sınırları aşmamıştır.
- 8- Toprakta DTPA ile ekstrakte edilen ağır metallerin konsantrasyonlarına gelince, Cd ve Pb konsantrasyonu toprakta 14.3, 6.6 mg kg'dır. Bu ise, bu su ile sulanan toprağın ağır metallerle kirlendiği anlamına gelmektedir.

9- Ağır elementlerin bitkisel içeriğine gelince, çalışmaya göre, demir ve manganez konsantrasyonunda bir artış gösterirken, bakır ve çinko konsantrasyonları normal sınırlar içinde kalmıştır.

10- Ağır elementlerin, yani kadmiyum ve nikelin konsantrasyonu, normalin üzerine çıkmıştır. Buna mukabil kurşun konsantrasyonu artmamış ve izin verilen sınırlar içinde kalmıştır.

5.2.2. Öneriler

- 1- Fırat Nehri'nin suyuna lağım suyunun karıştırılmasına devam edilirse sağlık açısından büyük riskleri nedeniyle içilmemesi tavsiye edilir.
- 2- Evsel ve endüstriyel atıkların ve kanalizasyon atıklarının doğrudan nehre deşarj edilmesine izin verilmemelidir.
- 3- Fırat Nehri'nin tarım ve sulama amaçlı kullanılabilmesi için bazı sınırlamalara ihtiyaç vardır.
- 4- Küçük ve ağır elementlerin yüksek içeriği nedeniyle, kanalizasyon istasyonlarının yakınında nehrin her iki tarafında yetişen sebze mahsullerini yemekten kaçınmak gerekir.
- 5- Kanalizasyonun nehre akıtılmasından önce arıtılması gerekir.
- 6- Dünyanın büyük bir bölümünün gelişiminin, ilerlemesinin ve refahının önemli ve ana bir su kaynağı olarak nehirlerle bağlı olmasından dolayı nehirlerle gerekli önem gösterilmelidir.
- 7- İçmek için ve hayvan ve bitkileri sulamak için kullanılan nehir sularının periyodik incelemelerinin yapılması gerekmektedir.
- 8- Bu suları kullananlara, tehlikelerinden kaçınmaları için kirlilik unsurlarının tehlikelerinin anlatıldığı yönlendirici kılavuzluk hizmetleri sunulması gerekir.

KAYNAKLAR

- Abbawi , S. A., 1983. Survey of Dairy & Brewery Wastes in Mosul their Treatability and Effects on Tigris River. M. Sc. Thesis, Coll. Of Scien. Univ. of Mosul, Mosul.
- Abdullah, M. S., 1996. Tahdid el-Hasaisu'l-Fizyayye ve'l-Kimyayye li'l-Meyah El-Ham ve Meyah eş-Şurb fi Muhafazati Babil, er-Rafidin Muhendislik Dergisi, 4, 3, 29 – 43.
- Ahmead, S., ve Mohamed , T.A., 1982. Waste Water from Sugar Refining Industry. Water Resources. 16, 345.
- Ahmed, L. M. R., 2006. Takyim Bernamec el-Vekaiyye'l-Beyiyye li'l-Enharu't-Tabiiyye, Haletü Nehru'l-Fırat, Bağdat Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Doktora Tezi. Bağdat, IRAK.
- Al-Ansari, N. A., Al-Jabbari, M. H., ve Al-Sinawi, G., 1986. Suspended sediment in the upper parts of river Euphrates. Journal. Of water resources, 5, 1.
- AL- Ansari, N.A., Essaid, H.I. ve Salim, Y.N., 1981. Water Resuoureces in Iraq, Jour. Of Geological Society of Iraq. 14: 1, 35- 42.
- AL-Layla, M.A., ve Hassan, M.S., 1978. Effect of Tanning Sugar Rerining and Domestic Waste Water on the Tigris River at Mosul city. AL- Rafidain Engineering, 3, 2 : 97 – 117.
- AL-Nami , B. A., 1982. A Study on the Limnology of the Tigris & Euphrates River, MSc Thesis, Unvi. Of Salahuddin, Collage of Science. 250.
- APHA. American Public Health Association, 1985. 1992, 1996, 1990. Standerts method for the examination at water and waste water.
- Bakır, A. V., 1989. El-Bekeriyye, Mosul Üniversitesi, el-Kütüb Basım Yayınvevi. Mosul.
- Banat, K. M., Al-Rawi, Y. T, ve Al-Rawi, I., 1981, Heavy metals distribution in the sediments of Euphrates river, Iraq, Iraqi Journal. Sci., 22, 4, 554-569.
- Banat, K.M., ve AL- Rawi, Y.T., 1986. Hydrochemistry Clay Minerals and carbonates of the Euphrates River, Iraqi Journal. Science..27: 347 – 361.
- Bhataia, R., Lchhpujani, R., 2004. Essentionals of Medical Microbiology. Jaypee Brothers medical publishers LTD, New Delhi.
- Brown, E., Skongstad, M.W., ve Fishman, M. J., 1970 (a). Method for Collection & Analysis of Water Samples for Dissolved Mineral and Gases, U.S. G.S. Techniques water Resources, Inc . IW 15 – A I, 160.

- Canicross, S., ve Feachhem, R., 1997. Environmental Health Engineering in the Tropics: An introductory Text . 2nd Edition, John Wiely and Sons. UK. 306.
- Couillard, D. ve Lefebvre, Y., 1985. Analysis of Water Quality Indices. Journal of Environmental Management. 21, 161 – 179.
- David T., 1999. The Ecological consequences of changes in Biodiversity A search for general principles , by The Ecological society of America 1455-1474.
- Dawood, B.S., 1980. Application of Analytic Technique to Water Pollution by AL – Asria Tannery Effluents. USA Journal.
- DER., 2002. A water Quality Index for Ecology's Stream Monitoring Program. Pub., 2-3, 57.
- Ed-Dahiri, A. A. C. Y., 2002. Salahiyetü'l-Meyah El-Ademe El-Mualice El-Metruha mine's-Şerike el-Amme li'l-Fosfat li Eğrad Er-Ray, Enbar Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Doktora Tezi. Irak.
- Eethar M., 2010. Effect of Waste water in water Quality of Euphrates river between Ramadan & Heet cities, A thesis presented to The Council of College of Science University of Anbar. Irak.
- El-Bessam, H., 1985. Televvüs Miyah Nehru'l-Fırat ve Buhayratü'r-Rezzaze bi'l-Miyahi'l-Cofiyye, İç Rapor, Etüt, Jeoloji ve Madencilik Genel Müdürlüğü, Irak.
- El-Cehsani, N. H. H. İ., 2003. El-İnikesat Es-Selbiyye li Meyah El-Metruhat El-Medeniyye ve's-Sınaiyye li Medineti'l-Musul ala Neviyyeti Meyah Nehri Dicle, Mosul Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Mosul.
- El-Cennabi, V. S. M., 2008. Et-Teharri an Badı'l-Mülevvisat El-Kimyaiyye ve'l-Bakteriy-ye fi Miyah Nehri'l-Fırat mine'r-Ramadi ila'l-Felluce ve Buhayratey Es-Sersar ve'l-Habaniyye, Enbar Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi. Enbar, Irak.
- El-Cüyuri, M. M., 1990. İlmü'l-Bakteriyye't-Tıbbiyye, Mosul Üniversitesi Matbaası.
- El-Hadisi, H. İ., 1994. Hidrolociyye ve Hidrocoyokimyaiyye Hazzan Seddü'l-Kadisiyye Hadise, Bağdat Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Doktora Tezi. Bağdat, Irak.
- El-Hamdani, M. A. ve El-Cennabi, M. A., 2008. Takvim Meyah Nehru'l-Fırat ve İmkaniyyetü İstiğlal el-Eradı el-Mücevera fi Havdıhi mine'l-Kaim ile'l Bağdadi bi't-Tahlil el-Muhtebiri ve'-İstişar an bud, el-İrakıyye Çöl Çalışmaları Dergisi, 1, 2, 46 – 63.

- El-Haşımi, Z. F., 2005. Takyim Kifaetü Muhattat Mualice Meyah El-Fazlat fi İzaleti El-Meadin Es-Sekile li Badı Müsteşfiyat Medineti'l-Mosul, eş-Şarika Araştırma ve Uygulama Bilimleri Dergisi. 6, 1, 15 – 38.
- El-Meslah, R. M. and Maruf, B. H., 1981. İlmü'l-İhya El-Mecheriyye fi'l-Eğziyyeti ve'l-Elban, Yüksek Öğretim ve Bilimsel Araştırma Bakanlığı, Bağdat Üniversitesi. Bağdat.
- El-Meslah, R. M., 1988. İlmü'l-İhya el-Mecheriyye li'l-Meyah, Beytü'lHikme Yayınevi, Bağdat, Irak.
- El-Ubeydi, M. Ş., 1983. Hidrocoyo-kimyaiyye Nehru'l-Fırat ve'Televvüsü'l-Beyi'l-Muhtemel mine'l-Kaim Hatta'l-Hille, Bağdat Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi. Bağdat, Irak.
- Environmental Protection Agency (EPA). USA, 2009.
- Er-Ravi, S. M., 1993. "El-Matruhatü's-Sınaiyye ve Badu Meşakil Televvüs Nehru Dicle fi Medineti'l-Mosul", Mosul Su Kaynakları Bilim Dergisi, 12, 79 – 95.
- Es-Sadi, H., 2006, Esasiyyetü İlmi'l-Beyeti ve't-Televvüs, el-Yazuri Yayınevi, Amman.
- Eş-Şib, E. Ş., 1989. El-Bekteriye el-Mevdiyye el-Maviyye, Yüksek Öğretim Matbaası, Bağdat, Irak.
- Ez-Zeydani, F. F. A., 2003. Tesir el-Faaliyat ez-Ziraiyye ve's-Sınaiyyefi Neviyyeti Meyah Nehru Fırat mine'l-Hududi's-Suriyye ila Medineti'r-Ramadi, Enbar Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi. Enbar, Irak.
- Fortiner III, E. ve Faure, G., 2003. Possible Contamination of the Sandusky River by Wastewater Discharge by Bucyrus Ohio , OHIO Journal of Science. 103, 4: 84-88.
- Grabow, W.O., Prozesku, O.W. ve Simth, L.S., 1974. Drug resistant coliform call for review of water quality standards. Water Resources. 8: 1-9.
- Grimes, D.J. ve Colwell, R.R., 1986. Viability & Virulence of E. coli suspended membrane chamber in semicropical ocean water. F. EMS Micr. Letters. 34: 161- 165.
- Halef, S. H., 1987. İlmü'l-İhya el-Mecheriyye el-Mai, Mosul Üniversitesi. Mosul.
- Hallock, D., 2002. Water Quality Assessment of the Nooksack River between Brennan & North Cedarville – Washington Department of Ecology Environmental Assessment program Olympia WA – publication.. 02, 03 – 037, 22 appendices. Washington.
- Hammer, M.J., 1996. Water and Wastewater Technology. 3rd. Edition Prentice Hall International Inc. U.S.A , 519.

- Hem, K. D., 1985. Study and interpretation at the chemical analysis of natural water 3rd addition U.S.G.S. water sup Hem, K. D. 1985 study and interpretation at the chemical analysis of natural water 3rd addition U.S.G.S. water supply paper, 225, 263 Paper..
- Hernandez R., A. H., Tovilla H., C., Malo, E. A., ve Bello, M., R., 2004. Water Quality and Presence of Pesticides in Tropical Coastal Wetlandia Southern Mexico. Mar. Pollution. Bull. Mexico City, 48, 1130 – 1141..
- Hodges, L., 1973. Environmental pollution, Hollrin chart and Winston. Inc. 370.
- Hyner, H. B., 1974. Biology of polluted water. Liverpool Univ. Press. 367. Liverpool.
- Jimenez, B., 2006. Irrigation in Developing Countries Using Waste Water. Inter. Review For Environment. Strategies 6, 2, 229-250.
- Kothan, D. V. ve Evans R., 1970. Annual temperature variation in an impoundment. 62 Clodi., India.
- Ma, M., Rao, K. ve wang, Z., 2006. Occurrence of estrogenic Effects in Sewage and Industrial Wastewater in Beiging, China, Environmental pollution 147, 331-336.
- Marcussen, H., Dalsgaard, A. ve Holm, P., 2008. Content Distribution and Fate of 33 elements in Sediments of Rivers Receiving Wastewater In Hanoi, Vietnam, Environmental pollution 155, 1, 41-51.
- McLaughlin, D. P., 2020. Soil Pollution A Hidden Reality‘ www.fao.org, Retrieved 5,4, 6,7, 9,10,12,13,14,16. Edited.
- Mohadjer, S. ve Mehrabian., 1975. Studies on the survival of shigella flexneri in raw & tap water Arch. Roum Patho. Microbiol 1. 31, 307-312.
- Muhammad A. A., Mohd. J. M., ve Ismail Y., 2013, Soil Contamination, Risk Assessment and Remediation. www.api.intechopen.com, Retrieved 5-4-2020. 12-13. Edited. 2010-2013. USA.
- Munasinghe, M., 1990. Water supply policies & issues in developing countries. National Resources Forum. Feb. 1990, 33-48.
- Nemro, L., 1963. The orises and practices of industrial waste treatment..
- Pandey, M. ve Sundaram, S. M., 2002. Trend of Water Quality of River Ghana at Varanasi Using WQI approach, International Journal Ecol & Environmetal Sciences. New Delhi, 28. 139 – 142.
- Perk, M. V., 2006. Soil and water molecular to catchment scale. Taylor and Francis Group in London.

- Pradhan, S., 2006. Reuse of Domestic Wastewater for Irrigation. In: advanced Studies Environmental Microbiology and Technology for Freshwater Saving. <http://www.who.int/> Water Sanitation Health in London.
- Raczynska, M., Zurawaka, J. & Chojnacki, J. C., 2000. The problem of Quality Assessment of Surface Water Lotic waters: As exemplified by river Tywa & Rurzyca, Poland Electronic Journal. Polish Agricultural Universities. 3,1. <http://www.Ejpau-media>.
- Rheinheimer, G., 1980. Aquatic Microbiology. second edition, Jhon Willey & Sons. New York.
- Sabri, E. V., Halid A. R., El-Vezzan A. A., El-Hadisi, K. B., Hüda C. M., ve Nadiye A.S., 2002. Es-Saffatü'l-Kimyaviyye ve l-Fizyaviyye ve'l-Biyolociyye li Nehri'i Fırat, Çevre Araştırmaları Dairesi, Atom Enerjisi Örgütü. Irak.
- Sabri, E. V., Samir A. R.; Adnan H. A., ve Halid A. R., 1993. Dirasetü'l-Esaru'l-Beyiyye li Tasrifi'l-Meyah es-Sekile, Atom Enerjisi Örgütü. Irak.
- Sağlık ve Nüfus Bakanlığı., 2001, 2002, 2003, 2004, 2005. Et-Takriru's-Senevi Netaicü's-Şebeke el-Kavmiyye li Rasad Mülevvisat Meyah Nehri'n-Nil ve Fırıhi.
- Samantary, P.; Mishra, B.K.; Panda, Ch. R. ve Rout, S. P., 2009. Assessment of Water Quality Index in Mahanaai & Atharabanki & Taldanda Canal in Paradip Area, Indian Journal Hum. Ecology. 26. 3, 153 – 161.
- Sanchez, E., Colmenarejon, M. F., Vicente, J., Rubio, A., Garcaia, M. G., Travieso, L., ve Borja, R., 2007. Use of the Water Quality Index & Dissolved Oxygen deficit as simple indicators of water sheds pollution. Ecology Indic. 7 : 315 – 328.
- Sari, I. ve Omar, W. M. W., 2008. Assessing of Water Quality Index in Air Ham Dam, Penang, Malaysia International Conference on Environment Research and Technology (ICERT): 601 – 603.
- Shekha, Y., 2008. The Effect of Erbil City Wastewater Discharge on Water Quality of Greater Zab River and the Risks of Irrigation, Ph.D. Dissertation/College of Science University of Baghdad. SOIL CONTAMINANTS, www.soils.org, Retrieved 5-4-2020. Edited in Bağdat.
- Süleyman, H. H., 1987. Cuyukimyaiyye ve Hidrolociyye Nehri'l-Fırat, Bağdat Üniversitesi, Fen Bilimleri Fakültesi, Doktora Tezi. Bağdat, Irak.
- Tali A. A. Y., ve El-Berhavi, N. İ., 2000. Televvüs Meyah Nehru Dicle li'l-Fadlat es-Sekeniyye Şimal Medineti'l-Mosul, et-Terbiyye ve'l- Mosul. İlm Dergisi, 21.

- Tali A. A. Y., ve El-Kazzaz H.L., 1997. Dirasetü li Badı'lHasaisi'l-Kimyaiyye li Takyim Meyah Nehri'l-Husir li İğrad er-Ray. Üniversitesi, Saddam Araştırma Merkezi Dördüncü Bilimsel Konferansı 10 – 8 Nisan Dönemi Bildirileri, 8 – 48. Mosul.
- Tali, A. A. Y., 1983. Dirastü et-Tesiratü'l-Mevsimiyye li'l-Fadlat elMaiyye el-Matruha min Medineti'l-Musul ala Neviyyeti Meyah Nehri Dicle ve Meda Salahiyyatüha li'r-Ray ve's-Şerb ve's-Sınaah, Mosul Üniversitesi, Ziraat ve Orman Fakültesi, Yüksek Lisans Tezi. Mosul. Irak
- Todd, D. K., 1980. Groundwater Hydrology, New York. 2ed addition, John Wiley. 535.
- Waite, W. A. 1985. Critical Appraisal of the Coli form test, Journal of the Institution of Water Engineers & Science. 39 , 341 – 357.
- WHO, 1992. Our planet, our health WHO commission on health & environment. Geneva.
- WHO, 1996. Guide Lines for Drinking Water Quality 2nd Ed Vol.1-2 Health Criteria and other Supporting Information Geneva.
- WHO, 1999. International standards for drinking water, world health organization 4th addition Switzerland. 36.
- Wilson, W., ve Miles. A., 1975. The Bacteriology of Water Shell Fish and Sewage. Inc., Topley and Wilsons, principles of Bacteriology and Immunity, 6th London. Edition vol. Edward Arnold, 264.
- Witten, B. A., 1980, River ecology. Oxford, Black Well Sci. Publications.
- Ziraat Bakanlığı. 1998, 2000, 2001. El-Bernamec li Vatan li Havdı'l-Fırat..
- URL-1: <<https://almerja.com/azaat/indexv.php?id=443>> 2018
- URL-2: <<https://almadapaper.net/view.php?cat=111854>> 2014
- URL-3: <<https://www.haberler.com/fotogaleri/operasyona-adini-veren-nehir-firat>> 2015
- URL-4: <https://en.wikipedia.org/wiki/Felluce_during_the_Iraq_War#/media/File:Iraq_map.Felluce.png> 2003
- URL-5: <<https://en.abna24.com/service/middle-east-westasia/archive/2015/08/03/703802/story.html>> 2015
- URL-6: <https://mawdoo3.com/%D8%A3%D8%B3%D8%A8%D8%A7%D8%A8%D8%AA%D9%84%D9%88%D8%AB_%D8%A7%D9%84%D8%AA%D8%B1%D8%A8%D8%A9> 2015
- URL-7: >http://www.moqatel.com/openshare/Behoth/MElmiah12/Water/pic17.JPG_cvt.htm https://bental3z.wixsite.com/environment/why_choose_us> 2015

EKLER

Ek 1. Çalışma alanındaki Fırat nehri suyunun bazı kimyasal özellikleri.

Değişkenler	Kontrol	Kanalizasyonda Karıştırma	Son Nokta	Boyut	Oran	Birim
EC	1200	3200	1400	1900-1400	1965	mg/L
TDS	844	2060.8	857	1870-587	1037	mg/L
pH	7.8	7.3	8.1	8.1-7.5	7.8	mg/L
SAR	1.2	1.9	1.4	1.7-1.4	1.5	mg/L
Na	28.7	177.5	32.5	172.3-32.2	102.25	mg/L
K	4.3	11.3	4.5	4.5-9.6	5.8	mg/L
Ca	140.2	310.4	42.1	308.3-142.1	225.2	mg/L
Mg	55.2	175.2	68.4	122.4-68.4	95.3	mg/L
Cl	145.5	372.7	152.6	337.2-152.6	189.3	mg/L
SO ₄	432.1	1104.2	508.2	1008.1-508.3	748.3	mg/L
HCO ₃	166.5	378.4	189.1	328.5-189.1	231.2	mg/L

Ek 2. Çalışma alanı için Fırat Nehri su örneklerinde bazı ağır eser elementlerin içeriği (mg/L).

Madenler	Kontrol	Kanalizasyonda	Son Nokta	Boyut	Birim Mg/L
Fe	0.001	0.017	0.002	0.016-0.002	0.014
Mn	0.081	0.131	0.082	0.128-0.082	0.095
Zn	0.002	0.103	0.003	0.097-0.003	0.049
Cu	0.006	1.070	0.007	0.068-0.007	0.034
Cd	0.009	0.022	0.010	0.018-0.010	0.013
Ni	0.006	0.095	0.010	0.085-0.010	0.045
Pb	0.007	0.023	0.008	0.021-0.008	0.010
Co	0.007	0.022	0.008	0.020-0.008	0.014

Ek 3. Çalışma alanındaki Fırat Nehri tortullarındaki bazı ağır elementlerin toplam içeriği (mg/L)

Madenler	Kontrol	Kanalizasyonda	Son Nokta	Boyut	Birim
Fe	3210.2	9040.1	3650.4	8575.3-3650.4	6248.8
Mn	120.4	155.7	125.1	150.8-125.1	137.8
Zn	71.5	90.7	73.6	84.2-73.6	78.2
Cu	30.2	54.7	32.5	51.2-32.5	41.8
Cd	4.1	8.2	5.1	7.7-5.1	6.5
Ni	2.05	6.88	3.17	6.53-3.17	4.9
Co	3.6	7.4	4.5	6.4-4.5	4.45
Pb	4.2	29.5	5.3	28.4-5.3	14.6

Ek 4. Fırat Nehri'nin Ramadi kenti sahası için kimyasal özelliklerinin kapsamı ve oranı ve Irak standartlarıyla karşılaştırılması

Bölge Özellikleri	R1	R2	R3	R3B	R3A	R4	R4B	R4A	Range	Average	S-S
pH	7.4	7.9	7.8	6.9	7.4	8.7	8.1	8.3	6.9-8.7	7.81	6.5-8.5
HCO ₃ mg/l	127	138	188	123	142	145	108	153	108-188	140	200
TDS mg/l	564	488	715	474	484	813	491	502	474-813	566	500
Bölge Özellikleri	R1	R2	R3	R3B	R3A	R4	R4B	R4A	Range	Average	S-S
TH mg/l	421	349	610	494	461	549	419	422	394-610	465.6	500
Ca mg/l	182	120	421	215	195	380	180	185	120-421	243.7	200
Mg mg/l	56	52	82	75	72	68	57	60	52-82	65	50
Cl mg/l	26	44	8	190	4	60	50	110	4-190	61.5	250
F mg/l	0.05>	0.05>	0.05>	0.05>	0.05>	0.05>	0.05>	0.05>	—	—	1.5
SO ₄ mg/l	732	257	1682	250	554	700	275	277	1682-273	591	250
S mg/l	0.04>	0.04>	0.04>	0.04>	0.04>	0.04>	0.04>	0.04>	—	—	—
Na mg/l	59	117	175	125	110	200	160	120	59-200	133	200
K mg/l	4.4	4.8	9	4.5	4.9	7	4.8	6	4.4-9	5.7	10
Fe mg/l	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	0.01>	—	—	0.3
Oils and Greases mg/l	16	20	60	25	40	40	20	30	16-60	31.4	0.01
DO mg/l	11	8.6	4.5	9	7	6	8	7	4.5-11	7.64	5-8
BOD mg/l	1.5	4	3.21	2.2	5	11	3.2	2.4	1.5-11	4	2

Ek 5. Çalışma Alanındaki Minimum ve Maksimum Sıcaklık

station: kerbela												
MEAN MAX. TEMP.(C)												
YEARS	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
1992	13.3	15.7	19.9	29.0	34.5	40.4	41.9	43.4	39.6	33.7	22.4	14.6
1993	14.2	17.4	23.6	29.2	35.0	41.2	44.4	43.9	40.7	34.0	22.3	19.4
1994	18.2	20.2	25.5	33.3	37.7	41.1	42.9	43.0	40.3	33.7	22.5	14.0
1995	17.0	19.2	24.7	29.8	38.3	41.9	42.7	43.8	39.2	32.8	23.8	17.1
1996	16.3	19.8	22.3	29.4	39.4	41.7	46.5	45.0	39.8	32.7	23.7	20.8
1997	16.6	16.8	20.8	29.3	39.2	42.4	42.9	40.9	39.5	33.2	23.0	17.1
1998	14.0	17.7	22.0	32.0	37.7	44.1	45.6	46.8	40.6	34.5	27.6	21.2
1999	18.1	21.6	25.6	32.1	38.4	42.7	44.4	44.5	40.1	35.1	24.7	18.2
2000	16.2	18.9	24.4	33.2	38.1	42.2	47.2	46.1	32.0	23.4	23.7	17.7
2001	12.1	20.1	27.2	31.4	36.7	41.8	45.0	46.2	41.1	34.1	23.6	19.7
AVG.	15.6	18.7	23.6	30.9	37.5	42.0	44.4	44.4	39.3	32.7	23.7	18.0
MEAN MIN. TEMP.(C)												
YEARS	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
1992	2.2	5.3	8.1	15.7	21.0	26.2	27.5	27.8	23.8	17.7	11.6	6.2
1993	4.4	6.1	10.7	16.4	22.3	26.0	29.1	28.1	24.4	19.8	11.1	7.9
1994	8.4	7.8	12.1	19.5	23.0	26.9	28.2	27.3	25.3	21.1	12.8	5.3
1995	6.9	9.0	12.3	16.9	23.8	27.3	28.9	28.4	24.3	17.8	10.6	6.1
1996	7.9	9.4	11.5	16.1	24.9	26.7	30.4	29.0	25.2	18.3	12.7	10.0
1997	6.3	3.8	8.6	15.5	23.3	27.1	28.9	27.0	23.6	19.9	13.7	9.0
1998	5.3	7.6	11.1	17.8	23.0	28.7	30.5	30.8	25.7	19.0	14.1	9.1
1999	7.8	9.4	11.7	17.6	23.8	27.3	29.7	30.2	24.2	21.1	11.9	7.7
2000	5.3	6.0	10.3	20.5	22.9	26.8	31.8	30.0	24.4	17.9	11.2	7.9
2001	6.3	8.0	14.0	18.1	22.2	26.7	28.9	30.2	25.4	19.5	10.8	8.6
AVG	6.1	7.2	11.0	17.4	23.0	27.0	29.4	28.9	24.6	19.2	12.1	7.7

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : OSAMAH HAMEED FAHAD

EĞİTİM BİLGİLERİ (KURUM VE YIL)

Lisans : AL-ANBAR Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak ve Su Kaynakları Bölümü / 2010-2011

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği ABD.

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

Yok

TEZDEN ÜRETİLEN YAYIN, SUNUMLAR VE PATENTLER

Uluslararası Bildiri:

Osamah, F., 2021. Felluce'deki su ve toprak kirliliğinin ırak anbar bölgesi üzerindeki etkilerinin araştırılması. VI. International Scientific and Vocational Studies Congress- Engineering (BILMES EN. 2021) CONGRESS.23-26 Dec., 2021. Online Sunum.