

T.C.
BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ VE FIRAT ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YERALTI SULARINDA JEOLJİK SÜREÇLERDEN KAYNAKLANAN FLORÜR
KONTAMİNASYONU VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

MEVLÜT YILMAN

TEMMUZ 2022

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

YERALTI SULARINDA JEOLJİK SÜREÇLERDEN KAYNAKLANAN FLORÜR
KONTAMİNASYONU VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Hazırlayan
MEVLÜT YILMAN

Danışman
Doç. Dr. Ayşegül DEMİR YETİŞ

Jüri Üyeleri
Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR
Doç. Dr. Ayşegül DEMİR YETİŞ
Doç. Dr. Ayşe ÖZGÜVEN

TEMMUZ 2022

ONAY

Mevlüt YILMAN tarafından hazırlanan “Yeraltı Sularında Jeolojik Süreçlerden Kaynaklanan Florür Kontaminasyonu ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri” adlı tez çalışması .../.../2021 tarihinde yapılan sınavla aşağıdaki jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Mehmet İrfan YEŞİLNACAR

(Başkan)

Doç. Dr. Ayşegül DEMİR YETİŞ

(Danışman)

Doç. Dr. Ayşe ÖZGÜVEN

(Üye)

Bu tezin kabulü, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../...gün ve .../... sayılı kararı ile onaylanmıştır

Doç. Dr. Mehmet Bakır ŞENGÜL

Enstitü Müdürü

BİTLİS EREN ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZ ÇALIŞMASI ETİK BEYANI

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre hazırlamış olduğum “Yeraltı Sularında Jeolojik Süreçlerden Kaynaklanan Florür Kontaminasyonu ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri” adlı tezimin özgün bir çalışma olduğunu, tez hazırlanırken tüm aşamalarda bilimsel etik ilkelerine uygun davrandığımı, tez kapsamında sunulan tüm verileri bilimsel etik ilkelerine uygun elde ettiğimi, tezde faydalandığım tüm eserlere atıf yaptığımı ve kaynaklar kısmında bu eserleri gösterdiğimi beyan ederim. .../.../2022

Mevlüt YILMAN

İMZA

ÖZET

YERALTI SULARINDA JEOLJİK SÜREÇLERDEN KAYNAKLANAN FLORÜR KONTAMİNASYONU VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Mevlüt YILMAN

Yüksek Lisans Tezi

Bitlis Eren Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ayşegül DEMİR YETİŞ

Temmuz 2022, 40 Sayfa

İnsanlar yaşamlarını sağlıklı bir şekilde idame edebilmek için sağlıklı ve kaliteli bir içme suyuna ihtiyaç duyarlar. Bu çerçevede su kalitesinin içme suları bakımından uygunluğu önemlidir. Dolayısıyla suda kaliteyi etkileyen parametreler sağlık açısından risklere sebep olmaktadır. Bu kapsamda özellikle volkanik kayaların yoğun olarak bulunduğu Bitlis İli merkezi ve Güroymak, Tatvan, Ahlat ve Adilcevaz ilçelerine bağlı yerleşimlerde yeraltı sularında florür değerleri ve buna bağlı sağlık risklerinin araştırılması amaçlanmıştır. 2019 Haziran - 2019 Eylül aylarında 18-25 Haziran 2019 yağışlı dönem ve 17-18 Eylül kurak dönem dikkate alınarak 30 noktadan alınan su örneklerinde su sıcaklığı, pH, EC ve florür ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler florür kirlilik indeksi (FPI) değerlendirmesi, florür risk indeksi (FRI) ve kanserojen olmayan riski ifade eden toplam tehlike indeksi (THI) US EPA metoduna göre hesaplanmıştır. Sonuç olarak yapılan florür ölçümlerinde yağışlı dönemde en yüksek değer S19 (Toki 1) noktasında 2,02 mg/L olarak ölçülmüştür. Kurak dönemde ise en yüksek değer S15 (Örenlik1) noktasında 3,26 mg/L olarak ölçülmüştür. Ayrıca kurak dönemde florür değerleri yüksek çıkan S5 (Sarıkum1) noktasında 2,21 mg/L, S10 (Gölbaşı 1) noktasında 2,18 mg/L, S24 (Gölbaşı 4) noktasında 2,5 mg/L ve S28 (Kıyıldüzü1) noktasında 2,2 mg/L olarak ölçülmüştür. Bitlis ve ilçeleri için FPI ve FRI değerleri açısından durum yeraltı sularının kirlenmeye doğru gidildiği tespit edilmiştir. Sağlık riski bakımından florürün kanserojen etkisine rastlanmamıştır.

Anahtar kelimeler: Yeraltı suyu, yüksek florür, florür kirlilik indeksi (FPI), florür risk indeksi (FRI), Bitlis

ABSTRACT

FLUORIDE CONTAMINATION ARISING FROM GEOLOGICAL PROCESSES IN GROUNDWATER AND ITS EFFECTS ON HUMAN HEALTH

Mevlüt YILMAN

Master Thesis

Bitlis Eren University Graduate Education Institute

Environmental Engineering Department

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ayşegül DEMİR YETİŞ

July 2022, 40 Pages

People need healthy and high quality drinking water in order to maintain their healthily. In this context, the suitability of water quality in terms of drinking water is important. Therefore, the parameters affecting the quality of water cause risks in terms of health. In this context, it is aimed to investigate fluoride values in groundwater and health risks related to it, especially in the center of Bitlis, where volcanic rocks are intensive, and in settlements of Güroymak, Tatvan, Ahlat and Adilcevaz districts. Water temperature, pH, EC and fluoride measurements were made in water samples taken from 30 points, taking into account the 18-25 June 2019 rainy season and the 17-18 September dry period, between June 2019 and September 2019. The data obtained were calculated according to the US EPA method of fluoride pollution index (FPI) assessment, fluoride risk index (FRI) and total hazard index (THI), which expresses non-carcinogenic risk. As a result, in the fluoride measurements made, the highest value was measured as 2.02 mg/L at S19 (Toki 1) point in the rainy period. In the dry period, the highest value was measured as 3.26 mg/L at S15 (Örenlik1). Also, fluoride values were measured 2.21 mg/L at S5 (Sarıkum1), 2.18 mg/L at S10 (Gölbaşı 1), 2.5 mg/L at S24 (Gölbaşı 4), and 2.2 mg/L S28 (Kıyıldüzü1) as high in the dry season. It was measured at 2.2 mg/L. In terms of FPI and FRI values for Bitlis and its districts, it has been determined that the ground waters are becoming polluted. In terms of health risk, no carcinogenic effect of fluoride was found.

Keywords: Groundwater, high fluoride, fluoride pollution index (FPI), fluoride risk index (FRI), Bitlis

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam sürecinde yardımlarını, deneyimlerini esirgemeyen, gerekli bilgi ve belgeyi paylaşan danışmanım Sayın Doç. Dr. Ayşegül DEMİR YETİŞ'e, desteklerinden dolayı Şanlıurfa Su ve Kanalizasyon İdaresi (ŞUSKİ) Genel Müdürlüğü, İçme Suyu Arıtma Tesisi Su Kalite Kontrol ve Laboratuvar Şube Müdürü Kimyager Cumali TÜRKOĞLU'na, Daire Başkanım Sayın Mehmet Nazif ELKATMIŞ'a, mesai arkadaşlarıma ve Sevgili eşim Zeliha YILMAN'a, teşekkürlerimi sunarım.



ÖNSÖZ

Değişen iklim şartları suyun önemini günümüz dünyasında çok önemli kılmaktadır. Bitlis ili ve ilçelerinin jeolojik ve kayaçların yapısından kaynaklanan minerallerin yeraltı suların yapısına katılması ve bulunması gereken değerlerin üstünde bir oranda yer almaları sonucunda insanların yaşamlarında önemli ölçüde sağlık sorunlarına yol açmaktadır. Yeraltı sularında yer alan minerallerden biri olan Florür, nötr haldeki flor atomunun, bir elektron alarak iyon (anyon) haline geçtiğinde aldığı isimdir. F^- olarak gösterilir bir iyon olduğundan dolayı, kendi başına doğada yer almaz; ancak bir çözeltide karşı iyonu ile yer alabilir.

30 örnekleme noktasından alınan su numunelerinin laboratuvar sonuçlarına göre Tatvan İlçesine bağlı Gölbaşı Beldesi, Örenlik köyü ve Kızıldüz köyünde florür oranı oldukça yüksek oranda çıkmıştır. İlköğretim düzeyindeki çocukların dişlerinde meydana gelen bozukluklar (dental florozis) tespit edilmiştir. Bu sorunun nasıl çözülebileceği ile ilgili kayaçların yapısı incelenmeli mevcut su kuyularının yerine farklı bölgelerde yeni su kuyularının açılması önerilebilir.

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

ÖZET	i
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
1.1. Yeraltı Suyu ve Kaynakları	1
1.2. Florür	2
1.3. Yeraltı Sularında Florür	5
1.4. Florün İnsan Sağlığı Açısından Önemi	5
1.4.1. Dental Florozis (Dişlere Etkisi)	6
1.4.2. İskeletsel Fluorozis (İskelet Sistemine Etkisi)	7
1.4.3. Diğer etkiler	9
2. MATERYAL VE YÖNTEM	11
2.1. Çalışma Alanı	11
2.2. Topoğrafik Özellikler	11
2.3. İklim Şartları	12
2.4. Tarım ve Hayvancılık	12
2.5. Jeolojik Özellikler	13
2.6. Hidrojeolojik özellikler	14
2.7. Arazi ve Örnekleme Çalışmaları	16
2.8. Metodoloji	20
3. BULGULAR VE TARTIŞMA	24
3.1. Sonuçların Alansal ve Zamansal Açısından Değerlendirilmesi	24
3.1.1. Su Sıcaklığı	24
3.1.2. pH	25
3.1.3. İletkenlik	27
3.1.4. Florür	28
3.2. Florür Kirlilik ve Risk İndeksi	29
3.3. Sağlık Riski Değerlendirilmesi	33
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	35
4.1. Sonuç	35

4.2. Öneriler.....	35
5. KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ.....	40



ÇİZELGELER DİZİNİ

ÇİZELGE

Sayfa

1.1. Vücutta Bazı Doku ve Doku Sıvılarında Florür Derişimleri (Bilgin, 2008).	5
1.2. İçme suyunda florür konsantrasyonu için ulusal/uluslar arası standartlardaki sınır değerleri.	6
2.1. Tatvan akifer sahasında yer alan DSİ kuyuları pompaj verileri (DSİ, 2013).....	14
2.2. Ahlat akifer sahasında yer alan DSİ kuyuları pompaj verileri (DSİ, 2013).....	15
2.3. Adilcevaz akifer sahasında yer alan DSİ kuyuları pompaj verileri (DSİ, 2013).....	16
2.4. Örnek Alma Noktaları Ait Bilgi ve Koordinatlar.....	17
2.5. Parametrelerin Analizlerinde Kullanılan Cihazlar	20
2.6. Su numunelerine ağırlık verilmesinde benimsenen kriterler.....	21
2.7. FPI'ye dayalı su numunelerinin sınıflandırılması (Sajil Kumar, 2017).....	21
3.1. Suların sıcaklıklarına göre sınıflandırılması	25
3.2. pH'ın ulusal ve uluslar arası standartlardaki sınır değerleri.....	26
3.4. İletkenlik için ulusal mevzuattaki sınır değerler	28
3.5. Florür için ulusal mevzuattaki sınır değerler.....	29
3.6. Hidrokimyasal parametrelerin konsantrasyonu ve bunlara karşılık gelen ağırlık	30
3.7. Yeraltı Suyu Örneklerinin FPI'ye Göre Sınıflandırılması	31
3.8. Florür Kirlilik İndeksi (FPI)	32
3.8. Florür Risk İndeksi (FRI)	32
3.9 Florür Sağlık Risk İndeksi.....	34

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>ŞEKİL</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Akifer ve Türleri (Anonim).....	2
1.2. Florürün Doğadaki Döngüsü	3
1.3. Yeraltı sularında florürün kaynağı ve florürün kontaminasyonunun etkisi	4
1.5. Kıyı Düzü köyünden Dental Florozis görüntüleri	7
1.6. İskeletal Fluorosis Vakaları (Anonim, 2022)	9
2.1. Bitlis ili ve ilçeleri	11
2.2. Örnekleme noktaları ait lokasyon haritası	18
2.3. Yağışlı Dönem numune alma çalışmalarına ait görüntüler	19
2.4. kurak Dönem numune alma çalışmalarına ait görüntüler.....	20
3.1. Su sıcaklığının örnekleme noktalarına göre dönemsel değişim.....	25
3.2. pH' ın örnekleme noktalarına göre dönemsel değişimi	26
3.3. İletkenlik örnekleme noktalarına göre dönemsel değişimi	27
3.4. Florür örnekleme noktalarına göre dönemsel değişimi	28

1. GİRİŞ

Su, canlıların hayatlarını devam ettirebilmeleri bakımından oldukça önemli bir yere sahiptir. En küçük canlıdan tutun en gelişmiş canlı olan biz insanlar için su tüm biyolojik yaşam ve insan ihtiyaçlarını karşılamaktadır. Dünyanın %70 sularla kaplıdır, ancak bu suların % 0,3'ü kullanılabilir ve içilebilir özellikteki sulardan oluşmaktadır (Suski, 2022a).

Canlıların yaşamlarında önemli bir yer tutan su ve kaynakları coğrafi özelliklere bağlı olarak ülkelere farklı oranlarda dağılmıştır. Çevre kirliliği ve nüfustaki artış temiz su ve kaynaklarının azalmasında etkili olmaktadır. İnsanların yaşamlarında meydana gelen refah artışı ile beraber kişi başına ihtiyaç duyulan su talebi de artmaktadır. Özellikle son dönemlerde elde edilen verilerden de anlaşılabileceği üzerine su tüketiminin nüfus artışının iki katı olduğu belirlenmiştir. Birleşmiş Milletler 'in WorldPop 2300 (2004) sonuç raporuna göre 2025 yılında dünya nüfusu yaklaşık 8,5 milyar civarında olacağı tahmin edilmektedir. 2000 ile 2050 yılları arasında ise suya olan talebin % 400 artacağı öngörülmektedir (Aytemiz ve Diler, 2015).

Sağlıklı su, hastalık yapan mikroorganizmaları ve zehirli maddeleri bulundurmayan, vücudumuz için gerekli olan eser mineralleri bulunduran sudur. Florür bu minerallerden biridir. Flor, yeşile çalan sarı renkli gazdır ve kimyasal olarak etkili bir ametaldir. Yerüstü sularında flor elementinin yoğun olma durumu genelde 0,01 ile 0,3 mg/L arasında değişiklik gösterir. Gıda yoluyla alınan florür iyonunun günlük oranı aşağı yukarı sabit olur ve yaklaşık olarak 0,4mg'dır. Bu nedenle sulardan elde edilen florür niceliği önemlidir (Polat vd., 2009).

Florürün yeraltı sularında bulunma miktarı, yeraltı sularının fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre değişiklikler gösterebilir. Yeraltı sularının fiziksel özellikleri sıcaklık, debi ve su seviyesidir. Kimyasal olarak suların içerisinde bulunan kayaçların çözünmeleri gösterilebilir (Tekiner, 2015).

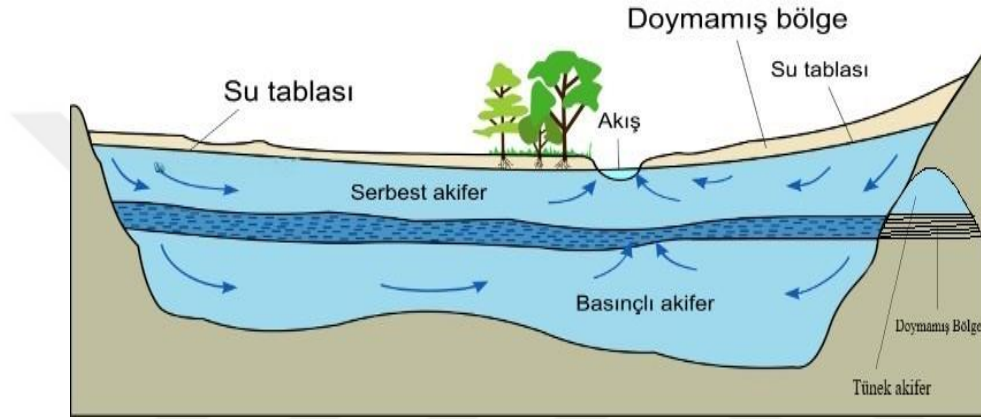
1.1. Yeraltı Suyu ve Kaynakları

Dünyamızın yerkabuğun alt kısmında yer alan sulara, yeraltı suları denilmektedir. Yeraltı suyu, yeryüzüne düşen yağışların bir kısmı bitkiler tarafından tutulmakta, toprak tarafından emilmekte, akarsulara ve göllere karışmaktadırlar, geriye kalanları yüzeyden alta doğru sızarak çeşitli derinliklerde bulunan akifelerde birikirler (Freeze ve Cherry, 2003).

Akifeler önemli miktarda suyu depolayabilen ve hızlı iletebilen geçirimli jeolojik yapılardır. Akifeler, yeraltı sularının tutulmasını ve çekilebilmesini sağlayabilmesi için yüksek gözenekliliğe ve geçirgenliğe sahip olan, kumlar, çakıllar, kum taşları, kireç taşları ve kayaçlardır (Freeze ve Cherry, 2003).

Akiferler; su bulundurma şekline kendi aralarında dörde ayrılır (Freeze ve Cherry, 2003). .

- 1) Serbest Yüzeyle Akiferler
- 2) Basıncılı Akiferler
- 3) Sızıntılı Akiferler
- 4) Tünek Akiferler



Şekil 1.1. Akifer ve Türleri (Jeogenç, 2022)

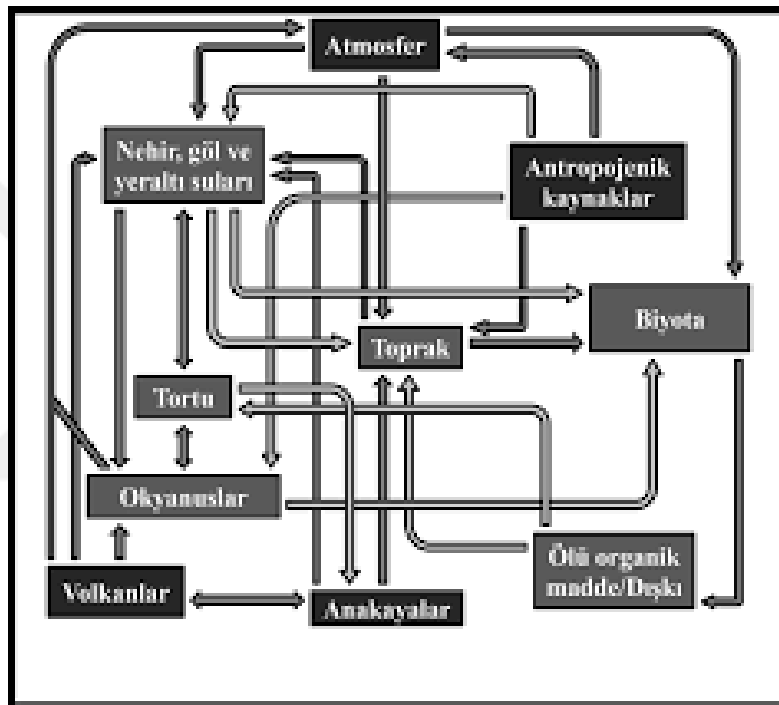
Yeraltı suyu dünyadaki tatlı su ihtiyacının bir kısmını sağlar. Yeraltı suyunun kaynakları yağışlar, buzullar, okyanuslar, denizler, nehirler, göller ve bataklıkları sayabiliriz. Yeraltı suyu hidrolojik döngünün bir parçasıdır (Freeze ve Cherry, 2003).

1.2. Florür

Florür doğada iyon şeklinde bulunan eser elementlerden birisidir. Eser elementler vücut ağırlığımızın sadece %1'i oranındadır. İnsan yaşamının sağlıklı olarak devam etmesi için doğada bulunan birçok organik madde ve inorganik maddeye ihtiyaç duyulduğu bilinmektedir. Fakat doğada bulunan bu organik ve inorganik maddelerin gerektiğinden daha az veya daha fazla oranlarda alınması bazı istenmeyen sonuçlara sebep olabilmektedir. Organizmalar açısından temel olan flor elementi; özellikle kemik gelişiminde, dişlerin yüzeylerinde gerçekleşen mineral kayıplarının engellenmesinde, bakteriyel enzim aktivasyonunun düşürülmesinde ve hücrel etkinliklerde önemli rol oynar (Yaari, 1982; Blood vd., 1983).

Florür en çok doğal su kaynaklarında bulunur. Ayrıca toprağın yapısı, volkanik oluşumlar, fosfat kayaları, florit rezervleri, tarımda kullanılan süperfosfatlı gübreler, veteriner sahasında insektisit olarak kullanılan preparatlar, flor içerikli antelmentik ilaçlar, alüminyum, cam, demirçelik, tuğla ve çimento fabrikaları gibi sanayi kuruluşları florür kaynakları olarak gösterilebilir (Ağaoğlu vd. 2007; Fidancı ve Sel, 2001; Kaya, 1995).

Çin, Hindistan, Japonya, Sri Lanka, İran, Pakistan, Türkiye, Güney Cezayir, Meksika, Kore, İtalya, Brezilya, Etiyopya, Kanada, Norveç, Gana, Kenya ve Kuzey Ürdün gibi bu ülkelerin yeraltı suları orta ve yüksek düzeyde florür ile kirlenmiştir (Ataş vd., 2021).



Şekil 1.2. Florürün Doğadaki Döngüsü (Tıraşoğlu, 2013)



Şekil 1.3.Yeraltı sularında florürün kaynağı ve florürün kontaminasyonunun etkisi (Dhingra ve Şah, 2021).

1.3.Yeraltı Sularında Florür

Vücutta bulunan florürün en büyük kaynağı sulara bulunan florürdür. Sulara florür farklı miktarda bulunur. Yeraltı sularında florür miktarı içinden geçtiği toprağın jeolojik yapısına ve temas ettikleri toprak ve kayalardaki florürün cins ve miktarına bağlı olarak değişiklik gösterir (Ataş vd., 2021).

1.4. Florün İnsan Sağlığı Açısından Önemi

Florürün içme suyu olarak kullanılan sulara 0,7 mg/L ile 1,2 mg/L oranlarında bulunması diş çürümelerini engelleyici etki sağlamaktadır. Yüksek miktarlarda flor alınması toksik etki göstererek flor zehirlenmelerine sebep olmaktadır. Bu zehirlenmeler akut ve kronik olarak iki formda şekillenmektedir. Akut flor zehirlenmelerine ender rastlanırken, kronik flor zehirlenmelerinde kemik ve eklemlerde biçimsizleşmeler, uzun olan kemiklerde gözlenen eğilmeler, dişlerde telafisi olmayan renk değişimi ve bozuklukları (siyah, kahverengi, yeşil, sarı, açık sarı renklerde yatay şeritler veya nokta şeklinde leke) ve biçimsizleşmeler, diş dökülmeleri, iştahsızlık görülmektedir (Sendil ve Baysu, 1973).

İnsanlarda flor zehirlenmesi ve yetersizliği nedenleri olarak yaş, beslenme şekli ve iklim şartlarını sayabiliriz.

Vücuda yiyecek ve içecek yoluyla alınan florür dişlerde, deride, kemiklerde, tiroid bezinde iz miktarda bulunur. Genellikle besinler, florür bakımından çokta zengin sayılmazlar. Ancak çay, deniz hayvanları ve bazı şaraplar türleri daha çok oranda florür bulundurlar (Aydın ve Coşkun, 1980).

Çizelge 1.1. Vücutta Bazı Doku ve Doku Sıvılarında Florür Derişimleri (Bilgin, 2008).

Doku	Doku flor derişimi
Kemik	100 – 9700 mg/kg
Diş	90 – 16000 mg/kg
Plazma	0,7 – 2,4 µmol/L
Tükürük	< 1 µmol/L
Anne sütü	0,4 µmol/L

Vücuda alınan fazla florürün insan sağlığında neden olduğu iki tane önemli hastalık Dental Florozis ve İskeletsel Florozis vakalarıdır.

1.4.1. Dental Florozis (Dişlere Etkisi)

Sularda aşırı miktarda florür bulunması ve o suyu kullanan insanlarda belirgin şekilde diş minesindeki lekeler ortaya çıkmaktadır. Diş lekeleri, diş yüzeyinde, ufak beyaz benekler, dağınık düzensiz sarı veya kahverengi noktalar şeklinde olabilirler. 1.5 mg/L'in üzerinde yüksek florür dental floroze neden olmaktadır. Diş minesinde çukurlar ve sarı-kahverengi lekeler meydana gelmektedir. Florür iyonun yetersiz olduğu durumlarda, 0.1 mg/L'den düşük durumlarda, özellikle yaş aralığı 6 ay ile 16 yaş olan çocuklar da diş çürümelerine neden olmaktadır. Ayrıca zayıf beslenme önemli bir faktördür (Meenanakshi ve ark., 2006).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) florür konsantrasyonu 1,5 mg/L den düşük olan suları önermektedir. İçme suyunda fazla florür bulunması insan ve hayvanlar için floroze olma riski, hatta daha fazla tüketilmesi durumunda iskelette bozulmaların oluşmasına neden olmaktadır. İçme suyunda florür konsantrasyonunun ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri ve sebep olduğu sağlık sorunları Şekil 1.4'te gösterilmiştir (Yeşilnacar vd., 2013; Yeşilnacar vd., 2016).

Çizelge 1.2. İçme suyunda florür konsantrasyonu için ulusal ve uluslararası standartlardaki sınır değerleri (Yeşilnacar vd 2013; Yeşilnacar vd., 2016).

Sınır değerler	F-(mg/L)	Sağlığa olası etkileri
Dünya Sağlık Örgütü (2006)		
Minimum değer	0,5	Düşük olduğunda dişlerde çürümeye neden olabilir.
Optimum değer	0,50 – 1,50	Sağlığa olumsuz bir etkisi yoktur. diş çürümelerini azaltır
Maximum değer	1,50 >	Dişlerde benek ve renk oluşumu, yüksek konsantrasyonlarda "dental fluorosis" diş hastalığı oluşturabilir; 3 mg/L' nin üstünde iskelet sisteminde "skeletal fluorosis" hastalığına neden olabilir.
TS 266 (Sular - İnsanî Tüketim Amaçlı Sular) (2005)		
Müsaade edilen değer	1	Sağlığa olumsuz etkisi yok
Maximum değer	1,5	Dişlerde benek oluşumu, yüksek konsantrasyonlarda "dental fluorosis" diş hastalığı oluşturabilir
Amerika İnsan Sağlığı Birimi US(HHS) ve US EPA		
Optimum Değer	0,7 – 1,2	Sağlığa olumsuz etkisi yok.



Şekil 1.5. Kıyı Düzü köyünden farklı yaş gruplarındaki bireylerdeki Dental Florozis görüntüleri

1.4.2. İskeletsel Fluorozis (İskelet Sistemine Etkisi)

Florürün iskelet sistemine olan etkisi öncelikle yüksek oranda florür içeren içme sularının tüketilmesiyle ilişkilidir. Dünyanın pek çok yerinde görülen İskeletsel florozis genellikle Çin, Hindistan ve Afrika Kıtasında görülmektedir.

İskeletsel florozis hatalığında, florür süngerimsi kemik dokusunda birikir. Yüksek düzeyde alınan florür, boyun omurları, pelvis, diz ve omuz eklemlerinde görülür. Ayrıca el ve ayaklardaki küçük eklemler de etkilenir. İskeletsel florozis hastalığı yetişkinler ile birlikte gençlerde de görülür. Hastaların genel şikâyetleri boyun, sırt ve eklemlerde ağrı ve flor elementinin yoğun olarak biriktiği süngersi kemiklerin yoğun olduğu bölgelerde sertlik şeklindedir (Susheela 2005).

İskeletsel florozisin oluşumunda temel etkenler, su tüketimi, yetersiz beslenme, iklim, sürekli ve uzun süreli florürün etkisinde kalınan işlerde çalışmak ve vücuttaki flor emilimini değiştiren diğer maddelere maruz kalınması gibi bir dizi etkenin bir araya gelmesidir. Ayrıca atmosferdeki yüksek floride maruz kalınması da iskeletsel florozisin nedeni olabilir (WHO, 2006).

Florür genellikle diz, omuz, pelvik ve boyun kemiklerinin bağlantı yerlerinde depolanır. Hareket etmeyi ve yürümeyi zorlaştırır. İskelet florozis'in semptomları omurga veya eklem kireçlenmesine benzerdir.

İlk belirtileri,

- ☐ Belirsiz acı
- ☐ Sırt sertleşmesi ve yanma hissi
- ☐ Uzunlarda batma ve karıncalanma hissi
- ☐ Kas zayıflaması
- ☐ Kronik yorgunluk
- ☐ Kemiklerde ve liflerde normal olmayan kalsiyum depolanması şeklinde görülür (Dissanayake vd., 2009).



Şekil 1.6. İskeletal Fluorosis Vakaları (Poisonpaste, 2022)

1.4.3. Diğer etkiler

Florürün sadece kemikler ve dişler üzerinde etkili olduğu bilinmekle birlikte diğer etkilerin de gözlenmesi muhtemeldir. Uzun süre yüksek florür etkisinde kalınması sonucu karaciğer, solunum, böbreklerde bozukluk ve kanser gibi farklı rahatsızlıklar görülmektedir (Dissanayake ve Chandrafith, 2009). Kas lifi çökmesine, düşük hemoglobin seviyelerine ve kırmızı kan hücrelerinde anormalliklere, aşırı susuzluğa, baş ağrısına, deri döküntülerine, sinirliliğe, nörolojik belirtilere, depresyona, gastrointestinal problemlere, idrar yollarında işlev bozukluğuna, mide bulantısına, karın ağrısına neden olabilir. Ayrıca tüm vücutta ağrıya neden olabilmektedir. Etkilenen bölgelerde karıncalanma, bağışıklığın azalması, gebelikte düşükler

ve ölü doğumlar, erkeklerde kısırlık vb. sindirim sistemi, boşaltım sistemi, merkezi sinir sistemi, üreme sistemi ve solunum sisteminin fonksiyonel mekanizmalarındaki değişikliklere neden olabilmektedir (Maheshwari, 2006).

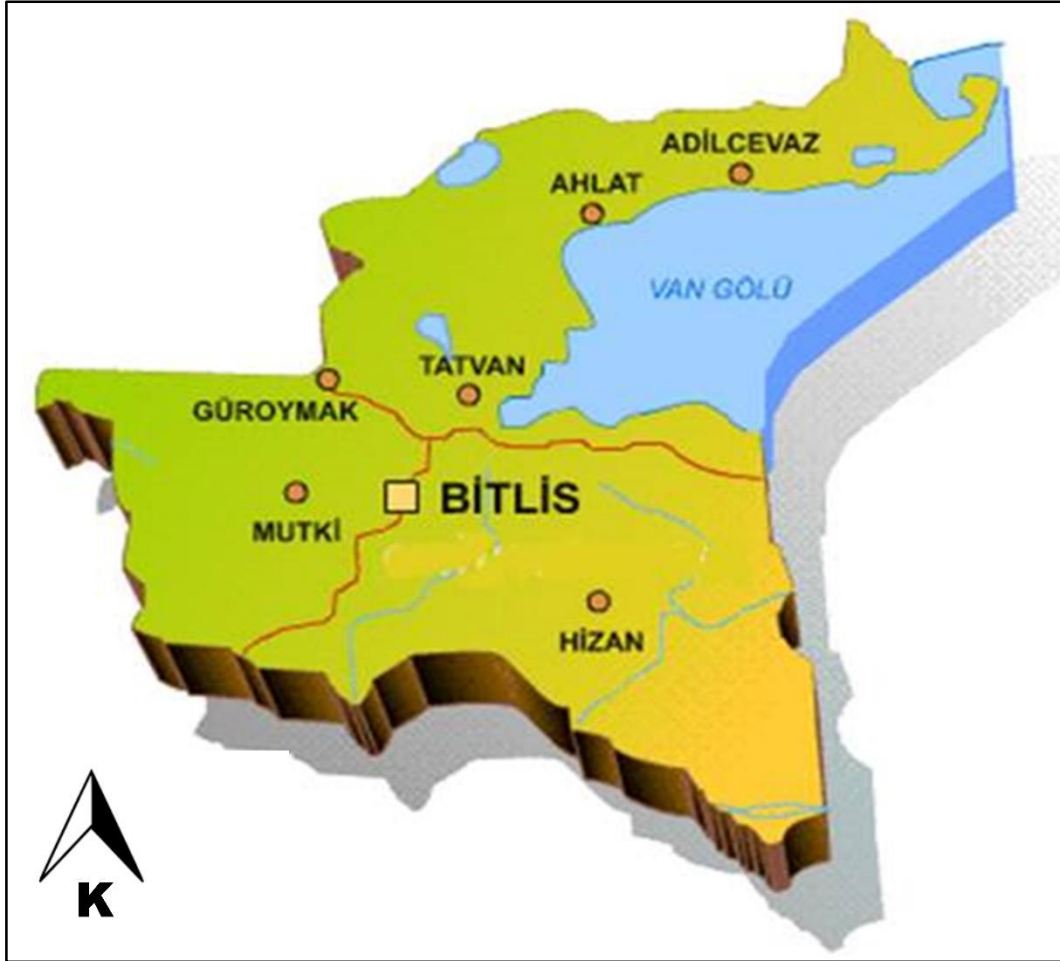
Florürün hayvanlar ve bitkiler üzerindeki etkileri de mevcut olup; hayvanlar üzerindeki etkileri, insanlar üzerindeki etkilerine benzer. Bitkiler üzerindeki etkisi ise florür oranı yüksek suların sürekli kullanımı durumunda ürün büyümesi ve verimi olumsuz etkilenmektedir (Maheshwari, 2006).



2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Bitlis İlinin genel olarak yüzölçümü 6.706 km²'dir. Bu rakama Bitlis İli sınırları içerisinde kalan Van Gölü'nün 1.876 km²'lik kısmı da dahil edildiği takdirde toplam olarak İlin yüzölçümü 8.582 km² olmaktadır (Bitlis TSO) Bitlis'in Merkez ilçe, Ahlat, Adilcevaz, Tatvan, Güroymak, Mutki ve Hizan, olmak üzere toplam 7 ilçesi vardır (İÇDR, 2012).



Şekil.2.1. Bitlis ili ve ilçeleri

2.2. Topoğrafik Özellikler

Bitlis İli 410 33' - 430 11' Doğu Boyamları 370 54'- 380 58' Kuzey Enlemleri arasında yer almaktadır. Bitlis, Doğu Anadolu Bölgesinin Yukarı Fırat ve Yukarı Murat bölümlerinin sınırı üzerinde bulunan bir ilimizdir (İÇDR, 2012).

Yeryüzü şekilleri açısından il topraklarının %71'ini dağlar, %16'sını platolar, %3'ünü yaylalar ve %10'unu da ovalar oluşturmaktadır (İÇDR, 2012).

2.3. İklim Şartları

Bitlis'in ortalama yüksekliği 1605 metre olup, ili doğudan Van gölü, güneyden Siirt ve Batman, batıdan Muş, kuzeyden de Ağrı illeri çevreler. Kaba çizgileriyle karasal özellikler gösteren Bitlis iklimi, gerçekte doğunun sert ve karasal iklimiyle Akdeniz iklimi arasında bir geçiş niteliği göstermektedir. İlde kışlar soğuk, yazlar ise sıcak ve kurak geçer. (İÇDR, 2012)

Deniz seviyesinden 1545 metre yükseklikte bulunan İlimize kış erken gelir, geç gider. Kışın çok kar yağar kışları soğuk ve kar yağışlı, yazları ise kısa sürer sıcak ve kurak geçer. Karasal iklim özelliğini gösterir. Yıllık sıcaklık ortalaması 9,7 C dir. En sıcak ay Temmuz en soğuk ay ise Ocak'tır. Meteorolojik verilere göre İldeki yıllık sıcaklık farkı 15,5 C civarındadır. Van Gölü çevresinde bulunan Adilcevaz, Ahlat ve Tatvan ilçelerinde kış daha yumuşak geçer. Bitlis ili yurdumuzun en çok kar yağışı alan bölgesidir (TTSO, 2019).

2.4. Tarım ve Hayvancılık

Bitlis ili 135.000 hektar tarım arazisi, 298.000 hektar çayır ve mera arazisi ve 165.000 hektar orman ve fundalık araziden meydana gelmektedir (TTSO, 2019).

İlimizdeki bitkisel üretim; 1.111.011 da. Alanda tarla ürünleri, 14.222 da. Alanda sebze ürünleri, 42.698 da. Alanda meyve ürünlerinden (181.987 dekar tarıma elverişli olup kullanılmayan alan vb.) meydana gelmektedir. Özellikle son yıllarda Bakanlığımız tarafından verilen tarımsal desteklemeler, faiz indirimli kredilerle ilimizde geniş alanlarda sulu tarıma geçilerek sebze (domates), patates ve şeker pancarı, ayçiçeği üretiminde önemli bir yere gelmiştir. Buğday 71.364 ton üretim, yem bitkileri 443.000 ton üretim, Patates 165.665 ton üretim, Şekerpancarı 154.900 ton üretim, Ceviz 4.132 ton üretim, bulunmaktadır (TTSO, 2019).

İlimizde yaklaşık 843.443 adet küçükbaş hayvan, 95.112 adet büyük baş hayvan varlığı mevcut olup, çok geniş mera alanlarıyla ciddi potansiyele sahiptir. İlimizin Van gölüne kıyısı bulunması nedeniyle su ürünlerinde özellikle inci kefali (ilimizde 1.000 ton) istihali yapılmaktadır. İlimizdeki zengin bitki örtüsüne bağlı olarak 100.000 civarında arılı kovan varlığıyla kaliteli bal üretimi, ilimiz ekonomisine önemli katkı sunmaktadır (TTSO, 2019).

2.5. Jeolojik Özellikler

Dicle Havzasının kuzey bölümünde geniş yer kaplayan Bitlis ili ve güroymak ilçesi orta dicle alt havzasında, Van kapalı havzasının kuzeyinde yer alan Tatvan ve Ahlat ilçeleri ise hidrojeolojik etüt raporunda Van kapalı havzası içersinde incelenmektedir.

Dicle alt Havzasının kuzey kısmında büyük bir alanı kapsayan ve yine Dicle alt Havzasının en yaşlı birimini (Prekambriyen – Devoniyen) olan Bitlis Metamorfitleri, Anadolu Platformu içerisindeki Bitlis Masifini ve naplarını ifade eder. İlkel zamanda oluşmuş olan Bitlis Metamorfiklerinin içeriği metagabro, metalav (metavolkanitler), serpantinit, amfibolit, gnays, şist, fillat, rekristalize kireçtaşı, mermer, kuvarsit, pelajik kireçtaşı, radyolarit birçok metamorfik temel kayalar oluşmaktadır (DSİ, 2015).

Bitlis Metamorfitleri bazı araştırmacılar tarafından, alt birlik kayalar ve üst birlik kayalar olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Alt birlik kayaların içeriği; yeşil renkli magnetit ve anfibolca zengin olan gnayslar, gri renkli, biyotitli, granatlı feldspat-kuvarslı yapılardan ve Granitler olarak adlandırılan yapılar ise açık renkli, mafik mineralce fakir, ince ve orta kristalli ve eş taneli kuvarsit, albit ve az oranda amfibol, mukovit, biyotit, klorit, magnetit ve hematitten oluşmaktadır Prekambriyen yaşlı olduğu belirlenen Alt birlik kayalar birbirleri içinde uyumsuz olarak yer almaktadır (DSİ, 2015).

Devoniyen yaşlı olduğu belirlenen üst birlik kayalar ise alt birlik kayaların üzerinde tektonik hareketlerden etkilenerak meydana gelen şist – mermerlerden oluşmuştur. Şistlerin farklı renklerde olduğu gözlemlenirken; yapı içinde yer yer kuvarsit ve fillat yapılarına rastlanmıştır. Genel olarak masif bir özellik gösteren mermerler ise 2 çeşit şekilde görülmektedir. Gri renkli mermerler kalın, orta katmanlı yer yer masif olan birimlerdir. Beyaz renkli mermerler ise, orta – kalın tabakalı, bol kıvrımlıdır (DSİ, 2015).

Van kapalı havzasının kuzeyinde yer alan Tatvan alt havzası metamorfik, mağmatik ve sedimanter birimlerden oluşmakta olup; Nemrut Dağ'ında oluşan volkanizma sonucu havzanın kuzeybatısında (Tatvan Bitlis yolu mevki) volkanik birimlerden oluşurken, havzanın doğusu ise Sedimanter birimlerden oluşmaktadır. Yine aynı havza içerisinde bulunan Ahlat alt havzasında da mağmatik ve sedimanter birimler yer almaktadır. Nemrut Dağ'ında meydana gelen volkanizmadan kaynaklı olarak havzanın batısı kuzeyi ve güneyi volkanik birimlerden oluşurken, doğusunda ise Sedimanter birimler yayılım göstermektedir. Adilcevaz alt havzasında mağmatik ve sedimanter birimler yer alır. havzanın kuzeydoğu sınırı yakınlarında bulunan Süphan Dağ'ında meydana gelen volkanizma sonucunda havzanın doğu-kuzeydoğusu

volkanik birimlerden meydana gelmektedir. Sedimanter birimler ise havzanın güneyinde ve batısında yayılım göstermektedir (DSİ, 2013).

2.6. Hidrojeolojik özellikler

Bitlis Metamorfitleri Metagabro, metalav, serpantin, amfibolit, gnays, şist birimleri teşkil etmektedir. Bu birimlerin kaynak debi ölçümleri 0,1 – 1,1 L/sn arasında olup, birimlerin akife özelliği düşüktür. Bölgedeki yağış suları ise topoğrafik kotlara bağlı olarak vadi tabanındaki dere, nehir veya düşük debili kaynakların çıkış noktalarına boşalım yaparlar (DSİ, 2015).

Van kapalı havzasının Tatvan alt havzası; Nemrut Dağında meydana gelen volkanizma sonucu oluşmuş tuf ve andezit birimlerinden oluştuğu için Tatvan andezit-tuf akife sahası olarak tanımlanmaktadır. Akife sahasında yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı alüvyon birimi, Kuvaterner yaşlı volkanik birimlerin üzerinde ince bir tabaka halinde yer aldığı için ve az bir bölgede yayılım gösterdiği için alüvyon birimi akifer olarak görülmemiştir. Tatvan volkanik birimler akiferinde Çizelge 2.1’ de gösterildiği gibi, DSİ tarafından açılmış sadece 1 adet kuyu yer almaktadır (DSİ, 2013).

Çizelge 2.1. Tatvan akifer sahasında yer alan DSİ kuyuları pompaj verileri (DSİ, 2013)

DSİ NO	Yeri	Der. (m)	St. Sev. (m)	Din. Sev. (m)	Debi (l/s)	Özgül verim (l/s/m)	akifer kalın. (m)	Akifer cinsi	Litoloji
6236	Tatvan	90,80	26,30	30,00	3,00	0,81	68,00	Serbest	0-22m Alüvyon 22-29m tuf 29-33m bazalt 33-90m tuf 90-90,80m kireçtaşı

Tatvan alt havzasında ki kuyuların çoğunluğu andezit-tuf birimi içinde kaldığı için andezit-tuf kalınlığını ortaya koyacak derinlikte kuyuya rastlanılmamıştır.

Van kapalı havzasının Ahlat volkanik birimler akiferi; alt havzasında yüzeyleyen Alt Pliyosen Kuvaterner yaşlı volkanik birimler ile havza içerisinde yüzeyleymiş bulunan alüvyon biriminin altında yer alan yine aynı yaşlı volkanik birimlerden oluşmaktadır. Ahlat Akifer

sahası batıda Güzelsu Köyü, kuzeyde Ovakışla Beldesi doğuda Ahlat ilçesi, güneyde Yumurta Tepe ile sınırlı kalmaktadır. Ahlat akifer sahasında yüzeyleyen Kuvaterner yaşlı alüvyon birimleri Alt Pliyosen- Kuvaterner yaşlı volkanik birimleri üzerinde çok ince bir tabaka halinde yer almasından dolayı alüvyon birimi akifer olarak görülmemiştir. Alüvyon birimi üzerinde açılmış DSİ kuyusu bulunmadığından yapılan gözlemler sonucunda alüvyon kalınlığının çok ince bir tabakadan oluştuğu kabul edilmiştir (DSİ, 2013).

Akifer üzerinde açılmış ve mevcut olan kuyulardan elde edilen verilere göre akifer toplam kalınlığının en az 150-200 m arasında değişmekte olduğu görülmüştür. Kuyular incelendiğinde akifer özelliğindeki kuyu sonuna kadar volkanik birimlerin olduğu ve geçirimsiz taban kayacına girilmediği görülmüştür. Ancak havzanın jeolojik yapısına bakıldığında akifer sahasını oluşturan volkanik birimlerin altında Neojen (20 milyon sene önce) yaşlı marn birimlerinin olduğu tahmin edilmektedir. Ahlat volkanik birim akiferin de açılmış 2 adet DSİ kuyusu ve özellikleri Çizelge 2.2.'te gösterilmiştir (DSİ, 2013).

Çizelge 2.2. Ahlat akifer sahasında yer alan DSİ kuyuları pompaj verileri (DSİ, 2013)

DSİ NO	Yeri	Der. (m)	St. Sev. (m)	Din. Sev. (m)	Debi (l/s)	Özgül verim (l/s/m)	akifer kaln. (m)	Akifer cinsi	Litoloji
50404	Taşharman Köyü	123,0	60,45	68,16	20,20	2,61	63	Serbest	0-26 m bazalt cürufu 26-50 m bazalt 50-123 m tüf
39440	Ahlat Merkez	62,0	42,20	51,90	24,97	2,57	20	Serbest	0-52 m tüfit 52-62 m bazalt

Ahlat alt havzasında yapılan çalışmalarda DSİ kuyuları haricinde YAS kullanma belgeli 78 adet şahıs kuyusu olup, bunun dışında 13 adet de YAS kullanma belgesi tespit edilemeyen arazi kuyusuna rastlanmıştır. Fakat sadece DSİ tarafından açılmış olan 2 adet sondaj kuyusu statik seviyeleri dikkate alınmış ve tavanı, yüzeyden itibaren yaklaşık 42-60 m arasında değişmektedir. Ayrıca akifer de serbest akifer özelliği görülmüştür (DSİ, 2013)

Adilcevaz alt havzası, Kuvaterner yaşlı alüvyon, Pliyosen-Kuvaterner yaşlı volkanik birim ve alt katmanların Neojen yaşlı kireçtaşı birimlerinden oluşturmuş akifer sahasıdır. Akiferin düzlük alanları oluşturan alüvyon birimi, genel olarak kil, silt, kum ve çakıl malzemesinden oluşur ve kalınlığı 142 metredir. Daha yüksek kesimlere gidildikçe alüvyon birimin alt kısmında volkanik birimler yer almaktadır. Çizelge 2.3' de gösterildiği gibi

Adilcevaz akiferinde DSİ tarafından 9 adet sondaj kuyusu açılmış ve statik seviyeler dikkate alındığı zaman tavanı ve yüzeyi arasında yaklaşık toplam kalınlık 80-100 m arasında değişmektedir. Akifer sahasında açılmış olan kuyular incelendiğinde; akiferin geçirimsiz taban kayacını Neojen yaşlı geçirimsiz killi marnlı birimlerin oluşturduğu görülmektedir (DSİ, 2013).

Çizelge 2.3. Adilcevaz akifer sahasında yer alan DSİ kuyuları pompaj verileri (DSİ, 2013)

DSİ NO	Yeri	Der. (m)	Debi (l/s)	Özgül verim (l/s/m)	akifer kalın. (m)	Akifer cinsi	İletkenlik(T) (m³/gün/m)
57983	Yolçatı	142	18,4	0,85	117	Serbest	76,5
57984	Aşağı Süphan	92	29,33	7,65	52	Serbest	652,70
35241	Süphan Köyü	101	25,3	9,03	47	Serbest	399,74
35242	Süphan Köyü	150	0	0	-	Serbest	-
38657	Yukarı Süphan	120	30	6,6	85	Serbest	-
38658	Süphan Köyü	122	30,02	8,26	114	Serbest	474,32
38655	Y.AşağıSüphan	120	30,27	2,93	87	Serbest	159,53
20872	Süt fab.	50	10,5	5,53	40	Serbest	-
41036	-	71	23,46	14,22	29	Serbest	699,37

2.7. Arazi ve Örnekleme Çalışmaları

Bitlis ili ve ilçe sınırları içerisinde doğal kökenli (jeojenik) kirlenme ve insan faaliyetlerinden kaynaklı (antropojenik) florür bakımından risk teşkil edebilecek kaynak ve sondaj sularından yeraltı suyu örnekleri alınmıştır. Bitlis ve İlçelerindeki kaynak ve yeraltı sularında florür değerlerinin tespiti amacıyla örnekleme noktalarının yerleri muhtemel yüksek değerler elde edilebilecek ve kullanımın yoğun olduğu noktalardan olmak üzere seçilmeye çalışılmıştır. Bitlis ve İlçeleri olmak üzere kaynak ve yeraltı sularında florür değerlerinin tespit edilmesi amacıyla 18-25 Haziran 2019 tarihi yağışlı dönem ve 17-18 Eylül 2019 tarihi ise kurak dönem örnekleme yapılmıştır.

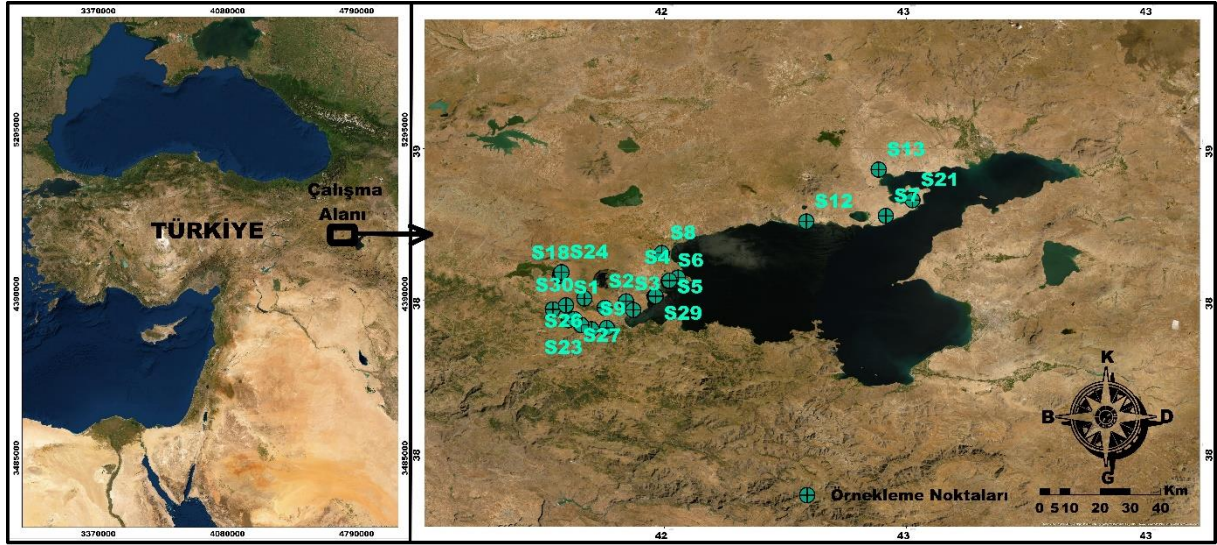
Alınan yeraltı su numunelerinde; pH, sıcaklık, iletkenlik gibi parametrelerin ölçümleri sahada yapılmıştır. Çalışma sahasından alınan örnekler 1.5 litrelik plastik numune kaplarına, “TS ISO 5667-11 Su Kalitesi – Numune Alma – Bölüm 11- Yeraltı Sularından Numune Alma

Kılavuzu” ve “ TS 9359 Su Kalitesi – Yeraltı Suyu Kontrol Kuyularından Numune Alma Rehberinde yer alan koşullara uygun olarak alınmıştır. Çalışma sahasında su örnekleri alınan noktalarının koordinatları ve lokasyonları Çizelge 2. 4’ de ve Şekil 2. 2’ de görülmektedir. Ayrıca örnekleme çalışmalarını yansıtmaları açısından arazide yapılan numune alma çalışmalara ait görüntüler Şekil 2. 3 ve Şekil 2. 4’ de yer almaktadır. Florür parametresinin ölçümü iyon kromatografi cihazı ile SM 4110 B metoduna göre ölçülmüştür.

Çizelge 2.4. Örnek Alma Noktaları Ait Bilgi ve Koordinatlar

Örnek No	Lokasyonlar	Kotlar (m)	Koordinat	
			N	E
S1	Benekli 1	1859	38°32’20’’	42°13’53’’
S2	Yumurtatepe 1	1881	38°33’32’’	42°17’35’’
S3	Yumurtatepe 2	1879	38°33’32’’	42°17’37’’
S4	Adabağ 1	1675	38°37’40’’	42°26’23’’
S5	Sarıkum 1	1659	38°37’03’’	42°25’24’’
S6	Sarıkum 2	1679	38°37’14’’	42°25’19’’
S7	Kavuştuk 1	1666	38°48’45’’	43°03’54’’
S8	Saka 1	1689	38°42’03’’	42°23’57’’
S9	Küllüce 1	1819	38°28’36’’	42°11’26’’
S10	Gölbaşı 1	1332	38°38’20’’	42°05’54’’
S11	Gölbaşı 2	1331	38°38’34’’	42°05’56’’
S12	Yolçatı 1	1735	38°47’45’’	42°49’44’’
S13	Heybeli 1	1710	38°56’58’’	43°02’36’’
S14	Kekliktepe 1	1607	38°32’09’’	42°04’35’’
S15	Örenlik 1	1871	38°28’49’’	42°14’12’’
S16	Yazıkonak 1	1837	38°30’13’’	42°07’21’’
S17	Yazıkonak 2	1831	38°30’12’’	42°07’21’’
S18	Gölbaşı 3	1330	38°38’40’’	42°06’03’’
S19	Toki1	1683	38°31’59’’	42°18’54’’
S20	Toki 2	1686	38°32’00’’	42°18’53’’
S21	Yarımada 1	1654	38°51’36’’	43°08’42’’
S22	Koruk 1	1808	38°29’20’’	42°09’35’’
S23	Koruk 2	1808	38°29’22’’	42°09’36’’

S24	Gölbaşı 4	1336	38°38'38''	42°06'16''
S25	Oduncular 1	1882	38°34'05''	42°10'12''
S26	Oduncular 2	1883	38°34'05''	42°10'12''
S27	Tahtalı Köyü	1806	38°30'26''	42°08'25''
S28	Kıyıldüzü 1	1677	38°34'25''	42°22'40''
S29	Kıyıldüzü 2	1662	38°34'28''	42°22'50''
S30	Aşağı kolbaşı	1639	38°32'52''	42°06'53''



Şekil 2. 2. Örnekleme noktalarına ait lokasyon haritası



Şekil 2. 3. Yağışlı dönem numune alma çalışmalarına ait görüntüler



Şekil 2.4. kurak Dönem numune alma çalışmalarına ait görüntüler

Çizelge 2.5. Parametrelerin Analizlerinde Kullanılan Cihazlar

Parametreler	Birim	Metotlar	Cihazlar
pH		Elektrometrik Metod (4500B)	WTW Marka pH metre
Sıcaklık	°C	Laboratuar ve Alan Metodu (2550B)	WTW Marka pH metre
İletkenlik	$\mu\text{S}/\text{cm}$	İletkenlik Metodu (2510A)	WTW Marka iletkenlik ölçer

2.8. Metodoloji

Yeraltı suyu numunelerinin elektriksel iletkenlik ve pH değerleri taşınabilir WTW marka, iletkenlik ve pH metre ölçer yardımıyla sahada ölçülmüştür. Yeraltı suyu numunelerinin florür analizleri US EPA 340,2 metodu, APHA 4500-F metodu ve ASTM D1179-99 metodunda yer alan prosedürlere göre yapılmıştır. Elde edilen ölçüm sonuçları Türk Standartlar Enstitüsü TS-266, Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Çevre Koruma Ajansı (US EPA) gibi standartlarıdır.

Çalışma alanından alınan florür verilerinin kirlilik indeksi ve sağlık riski değerleri de hesaplanmıştır. FPI (florür kirlilik indeksi), aşağıda yer alan denklem kullanılarak bikarbonat (Kul, 2021), sodyum/kalsiyum oranı (Kul, 2021), florür ve pH verileri ve bunların yeraltı suyundaki konsantrasyonlarının ağırlıklandırılmasıyla belirlenmiştir (Çizelge 2.6). Elde edilen sonuçlar Çizelge 2.7'ye göre kirlilik sınıflarına ayrılmıştır. FPI değerlerinin hesaplanması aşağıdaki denkleme göre yapılmıştır. (Sajil Kumar 2017; Hacı et al. 2021).

$$FPI = (W_f + W_{HCO_3} + W_{\frac{Na}{Ca}} + W_{pH}) / N \quad (2.1)$$

Burada W_f , florüre atanan ağırlık, W_{HCO_3} bikarbonata atanan ağırlık, $W_{Na/Ca}$, Na^+ ve Ca^+ arasındaki orana atanan ağırlık ve son olarak W_{pH} , pH'a atanan ağırlığı temsil etmektedir (Çizelge 2.6). N değeri ise yeraltı suyu parametrelerinin toplam sayısıdır (Sajil Kumar 2017; Hacı et al. 2021).

Çizelge 2.6. Su numunelerine ağırlık verilmesinde benimsenen kriterler

	Konsantrasyon(mg/L)	Ağırlık
F	<0,6	1
	0,6-1,2	2
	1,2-1,5	3
	>1,5	4
HCO ₃	<100	1
	100-200	2
	200-300	3
	>300	4
Na/Ca	<1	1
	1-2	2
	2-3	3
	>3	4
pH	<7	1
	7-8	2
	8-9	3
	>9	4

Çizelge 2.7. FPI'ye dayalı su numunelerinin sınıflandırılması (Sajil Kumar, 2017)

FPI aralığı (mg/L)	Su Sınıflandırılması
1-2	Düşük
2-3	Orta
3-4	Yüksek

Bu çalışmada, doğrudan alım yoluyla yeraltı suyu florür maruziyeti ile ilişkili potansiyel kanserojen olmayan sağlık riskini değerlendirmek için US EPA yöntemi kullanılmıştır (US EPA, 2001). Sağlık riski değerlendirmesinde içme suyuna maruz kalma yoluyla kronik günlük alım (CDI) ve dermal temas yoluyla dermal olarak absorbe edilen doz (DAD) mg/kg/gün biriminde hesaplanmıştır.

Çalışma alanındaki popülasyonlar için florür maruziyetini belirlemek amacıyla çocuklar, kadınlar ve erkekler olmak üzere üç grup belirlenmiştir. İçme suyunun içilmesi yoluyla kanserojen olmayan risk CDI için hesaplama aşağıda yer alan denklem 2.2 yoluyla US EPA (2001)'e göre yapılmıştır.

$$CDI = \frac{C \times IR \times ED \times EF}{BW \times AT}$$

C florür konsantrasyonunu, IR florür alım oranı, ED florüre maruz kalma süresini, EF maruziyet sıklığı, BW bireylerin ortalama vücut ağırlığı, AT ortalama süreyi ifade etmektedir.

Dermal temas yolu DAD için hesaplama aşağıda yer alan denklem 2.3 kullanılarak yapılmıştır.

$$DAD = \frac{TC \times Ki \times EV \times ED \times EF \times SSA \times CF}{BW \times AT}$$

TC kontak süresini, Ki dermal adsorbsiyon parametresini, EV 1 gündeki banyo yapma sıklığını, SSA bireylerin deri yüzey alanını, CF dönüşüm faktörünü ifade etmektedir.

Florür sağlık riskleri için yukarıda yer alan denklemler kullanılarak hesaplanan HQoral ve HQdermal tehlike katsayıları kullanılarak tahmin edilmiş olup aşağıdaki denklem 2.4 ve 2.5'e göre hesaplanmıştır.

$$HQ_{oral} = \frac{CDI}{RfD}$$

$$HQ_{dermal} = \frac{CDI}{RfD}$$

Kanserojen olmayan riski ifade eden toplam tehlike indeksi (THI) tehlike bölümleri ($HQ_{oral}+HQ_{dermal}$) ile değerlendirilir ve aşağıda yer alan denklem 2.6'ya göre hesaplanmıştır.

$$THI = HQ_{oral} + HQ_{dermal}$$

Hesaplanan THI değerlerine göre değerler < 1 ise kanserojen olmayan etkilerden dolayı insan sağlığı için önemli bir risk olmadığını gösterir. Ancak > 1 'i aşan THI değerleri, popülasyon için sağlık risklerinin varlığını gösterir (Li vd., 2016; US EPA 1989, 2001; He ve Li 2020; He vd., 2020).



3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR

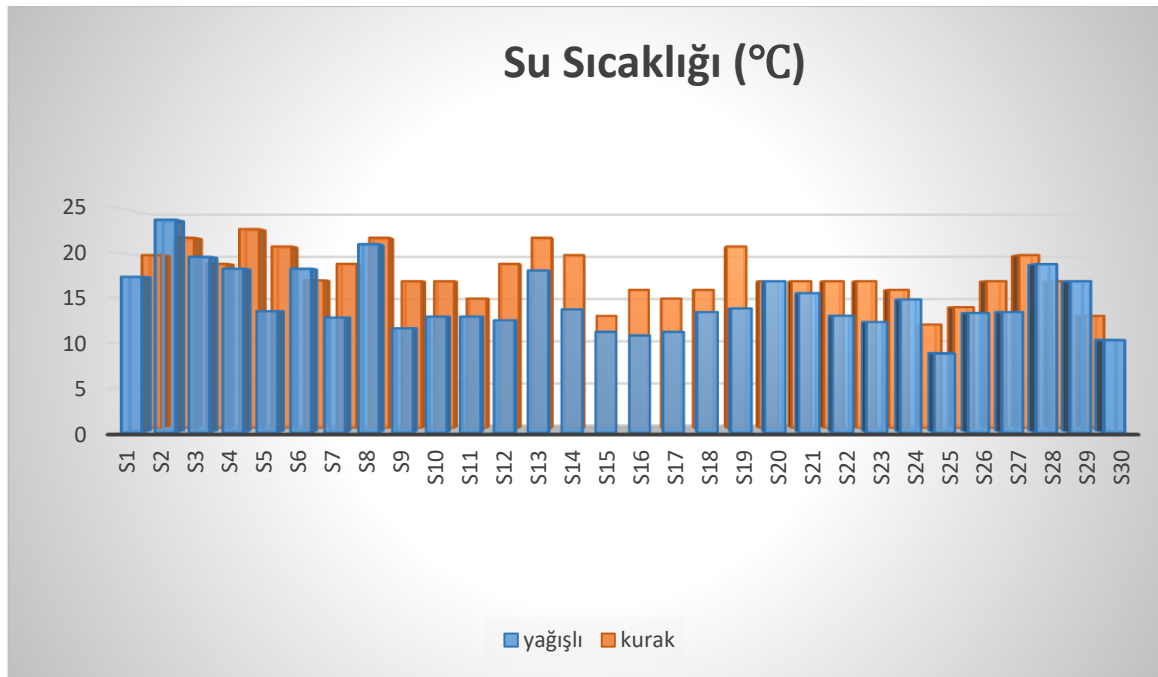
Bitlis ili ve ilçelerinde yeraltı sularının kalitelerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada, 30 örnekleme noktasında; sıcaklık, pH, iletkenlik, F^- gibi parametreler bakılmıştır. Bitlis ili ve ilçelerinde yeraltı su kaynaklarında yüksek florür değerlerinin tespitine yönelik çalışma, yağışlı ve kurak mevsimleri temsilen Haziran 2019 – Eylül 2019 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen Sıcaklık, pH, iletkenlik ve özellikle florür verilerinin alansal ve zamansal açıdan değişimleri ile birlikte florüre ait değerlerden yola çıkılarak florür kirlilik indeksi ve sağlık riski değerlendirmesi yapılmıştır.

3.1. Sonuçların Alansal ve Zamansal Açıdan Değerlendirilmesi

3.1.1. Su Sıcaklığı

İçme ve kullanma sularında su sıcaklığı; mikroorganizma gelişimi, tat, koku, renk ve korozyon problemlerinde önemli rol oynar (Yetiş, 2015). Suda sıcaklık parametresi, su kütlesinin derinliğine, enleme, yüksekliğe, etkin volkanizma gibi etkenlere bağlı olup, suların kökeni ve geliş yeri hakkında bizlere bilgi verir.(Demir Yetiş, 2013)

Bitlis ili ve ilçelerinde yapılan örnekleme çalışmalarında noktalara ait sıcaklık değeri Şekil 3.1' de gösterilmiştir. Şekil 3.1'e göre en düşük sıcaklık değeri yağışlı dönemde Oduncular Çeşme 1 isimli S25 nolu noktada 8,8 °C, en yüksek sıcaklık değeri ise yine yağışlı dönemde Yumurtatepe1 isimli S2 nolu noktada 23,6 °C olarak ölçülmüştür. Dönemsel ortalama baz alındığında elde edilen sıcaklık verilerine göre Bitlis ili ve ilçelerinde yeraltı suyu sıcaklık değerlerinde büyük bir değişim söz konusu değildir.



Şekil 3.1. Su sıcaklığının örnekleme noktalarına göre dönemsel değişimi

Çalışma alanındaki sular sıcaklıklarına göre de sınıflandırılmıştır. Buna göre çalışma alanında seçilmiş noktalardan 8 tanesi “Az ılık sular” sınıfına girerken, geriye kalan tüm noktalar “Çok az ılık sular” sınıfına girmektedir (Çizelge 3.1). Daha önce bu bölgede yapılan çalışmalara baktığımızda su sıcaklığının 9,3°C ile 15,3°C arasında değiştiği gözlenmiştir. Mevsimsel sıcaklık ve suyun toprakla temas süresi su sıcaklığının artmasına neden olan etmenlerdir.

Çizelge 3.1. Suların sıcaklıklarına göre sınıflandırılması

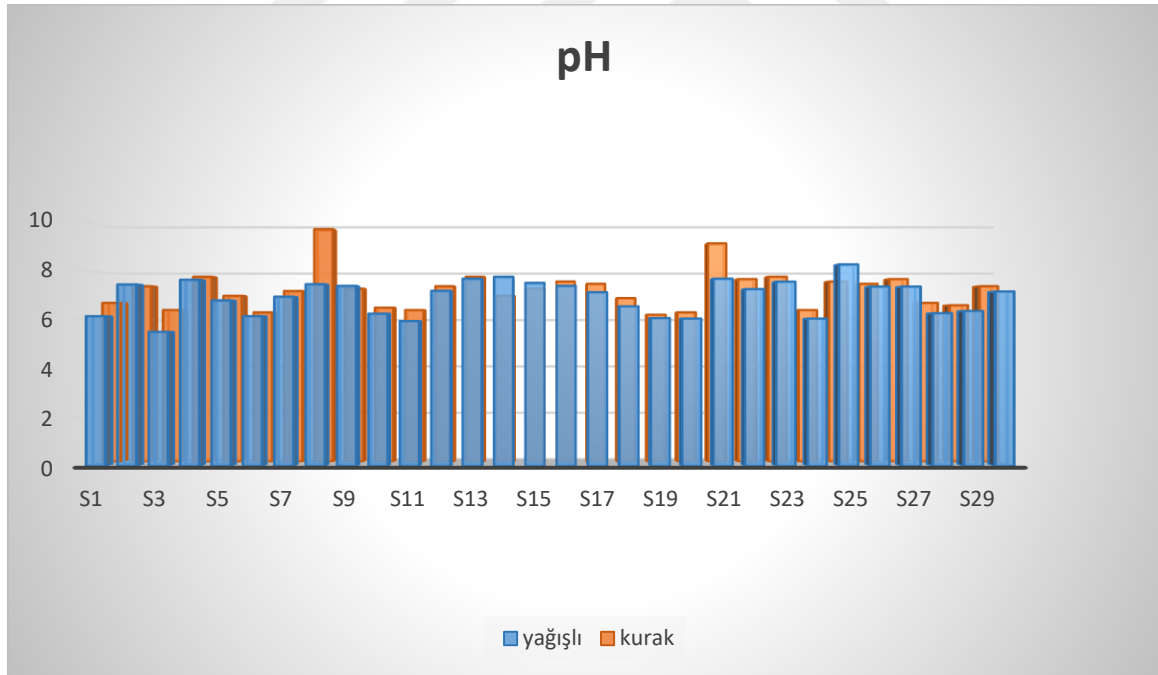
Sıcaklık	Çok soğuk sular	Soğuk sular	Çok az ılık sular	Az ılık sular	Ilık sular	Sıcak sular
Su Sıcaklığı	<5 °C	6-10 °C	11-18 °C	19-25 °C	26-37 °C	>40 °C

3.1.2. pH

pH; sudaki asitlik veya bazlık durumunu gösteren bir ölçü olarak ifade edilmektedir (Hanipha ve Hussain, 2013). Düşük pH özelliğine sahip sular korozyona sebep olurken, yüksek pH özelliklerine sahip sular ise tortulara sebep olmaktadır. Aynı zamanda düşük pH’lı suların tadı acı iken yüksek pH’ lı suların tadı sodalı olmaktadır. Bu yüzden içme ve kullanma suyu olarak kullanılacak sularda pH değerinin 6,5 ile 8,4 arasında olması beklenir (US EPA, 2018).

pH parametresi sularda meydana gelen birçok biyolojik ve kimyasal olayları etkiler. (Yetiş, 2015).

Çalışma alanındaki tüm örnekleme noktalarında dönemsel pH değerleri Şekil 3.2’ de gösterilmiştir. Örnekleme noktalarının pH değerleri incelendiği zaman en düşük değerin yağışlı dönemde yumurtatepe2 isimli S3 nolu noktada 5,46 en yüksek değerinin ise kurak dönemde Saka 1 isimli S8 nolu noktada 9,8 olduğu görülmüştür. pH değeri Çizelge 3.2’de gösterilen sınır değerlerle karşılaştırıldığında WHO sınır değerlerine göre yağışlı dönemde 9 nokta sınır değerlere uygun çıkmamıştır. S3 ve S13 noktaları sınır değerlerin çok altında çıkarken, geriye kalan 7 nokta ise $pH > 6$ değeri ve üzeri çıkmıştır. Kurak dönemde ise; S8 ve S21 noktalarında su kalitesi III. Sınıf çıkarken, 6 noktada $pH > 6$ değeri gözlemlenmiştir. 22 noktada pH değerleri TS266 sınır değerlerinde ölçülmüştür. S8 ve S21 noktaların pH değerinin yüksek olmasının nedeni öncelikle jeojenik (doğal) nedenlere bağlanmakla birlikte bu bölgede yapılan tarım faaliyetlerinin etkili olduğu da söylenebilir. Urgan (2020) tarafından çalışma alanı içerisinde yapılan sonuçlar incelendiğinde pH değerlerinin 7,3-7,8 aralığında ölçüldüğü ve bu çalışmada elde edilen sonuçlarla benzerlik gösterdiği ifade edilebilir.



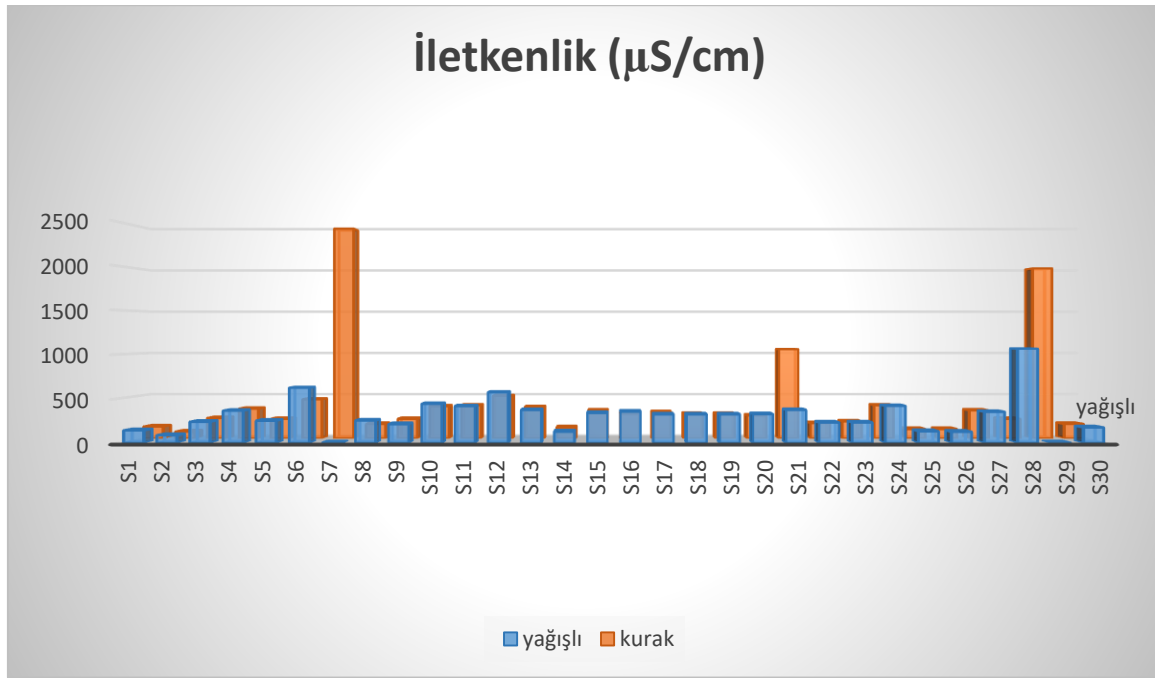
Şekil 3. 2. pH’ ın örnekleme noktalarına göre dönemsel değişimi

Çizelge 3.2. pH’ın ulusal ve uluslar arası standartlardaki sınır değerleri

Mevzuat	pH
TS266 (2005)	6,5- 9,5
WHO (2017)	6,5- 8,5
US EPA (2018)	6,5-8,4

3.1.3. İletkenlik

İletkenlik, sudaki çözünmüş tuz ve çözünebilir tuz miktarlarıdır. İletkenliği ile iyon dengesi birbiriyle bağlantılıdır. Suların iletkenliği negatif yüklü anyonlar ve pozitif yüklü katyonlar gibi inorganik çözünmüş maddelerden etkilenir. Ayrıca bazı iyonların aşırı birikimi bitkilerde bitki gelişimini olumsuz etkilemektedirler. Bu nedenle bitki köklerinde su emilimi güçleşir ve kuraklığa sebep olmaktadır. Çalışma alanındaki tüm örnekleme noktalarında dönemsel İletkenlik değerleri Şekil 3.3.' de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. İletkenlik örnekleme noktalarına göre dönemsel değişimi

Örnekleme noktalarında elde edilen iletkenlik değerleri dönemsel olarak değerlendirilecek olursa Şekil 3.3'e göre; yeraltı suyunda en düşük iletkenlik değerine yağışlı dönemde Kıyıldüzü 2 isimli S29 noktasında 2,09 µS/cm ve kurak dönemde yumurtatepe1 isimli S2 noktasında 80 µS/cm olarak ölçülmüştür. En yüksek İletkenlik değerleri ise yağışlı dönemde Kıyıldüzü 1 isimli S28 noktasında 1064 µS/cm ve kurak dönemde kavuştuk 1 isimli S7 noktasında 2470 µS/cm olarak ölçülmüştür. Çizelge 3.4'de gösterilen Ulusal ve uluslararası standartlara göre değerlendirme yapıldığında, US EPA(2021) iletkenlik değeri uygun çıkmıştır. WHO(2017)'ye göre S7 ve S29 noktaları uygun çıkmamıştır. TS266(2005)'e göre ise S7,S21,S28 ve S29 noktaları insani tüketim amaçlı kullanılmaya uygun, diğer tüm noktalar insani tüketim amaçlı kullanılmaya uygun çıkmamıştır. Yeraltının farklı derinliklerinde bulunan sular, buralardaki

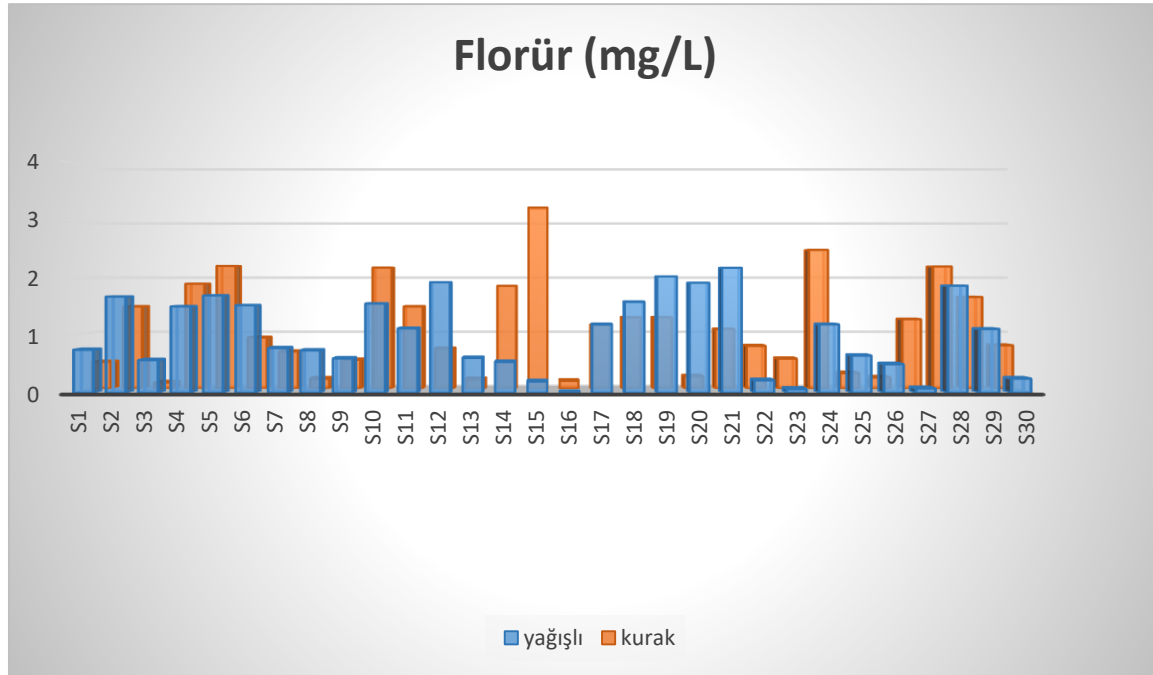
farklı bileşimli kayaçlarla sürekli etkileşim halindedir. Bu kayaçların suda eriyebilme oranlarına göre veya çok oranda erimiş maddenin de yeraltı sularına karışması muhtemeldir.

Çizelge 3.4. İletkenlik için ulusal mevzuattaki sınır değerler

Ulusal mevzuat	İletkenlik ($\mu\text{S}/\text{cm}$)
TS266(2005)	650- 2500 (Sınıf 1 ve 2 Tip 1ve Tip2)
WHO(2017)	1500
US EPA(2018)	3000

3.1.4. Florür

F minerallerinin mevcudiyeti ve çözünürlüğü, pH, sıcaklık, akife malzemelerinin anyon değişim kapasitesi, jeolojik malzemelerin türü, kalma süresi, gözeneklilik, yapı, derinlik, yeraltı suyu yaşı, sudaki karbonat ve bikarbonat konsantrasyonu yeraltı suyu florür kirliliğini etkileyen faktörlerdir (Sajil Kumar, 2017). Florür, kayaçların yapısı, volkanik faaliyetler, sanayi kuruluşların varlığı özellikle demir-çelik, alüminyum işletmeleri ve florca zengin kömürlerin yakılmasından dolayı yeraltı suları florla etkileşim içinde bulunurlar. Bu nedenlerden ötürü yeraltı suları florür oranları değişmektedir. Yeraltı sularında bulunan aşırı florür miktarı insan sağlığı üzerinde Dental Florozis ve İskelet Florozis gibi çeşitli olumsuz etkilere neden olabilmektedir.



Şekil 3.4. Florür örnekleme noktalarına göre dönemsel değişimi

Örnekleme noktalarında elde edilen florür değerleri dönemsel olarak değerlendirilecek olursa Şekil 3.4'e göre; yeraltı suyunda en düşük florür değerine yağışlı dönemde Yazıkonak1 isimli S16 noktasında 0,01 mg/L ve kurak dönemde Yumurtatepe 2 isimli S3 noktasında 0,11 mg/L olarak ölçülmüştür. En yüksek florür değerleri ise yağışlı dönemde Yarımada 1 isimli S21 2,17 mg/L ve kurak dönemde Örenlik 1 isimli S15 noktalarında 3,26mg/L olarak ölçülmüştür. Çizelge 3.5'de belirtilen Ulusal ve uluslararası standartlara göre değerlendirme yapıldığında, TS266, WHO ve US EPA'ya göre S5, S10, S15, S24 ve S28 noktaları insani tüketim amaçlı kullanılmaya uygun değilken, diğer tüm noktalar insani tüketim amaçlı kullanıma uygun çıkmıştır. Yeraltının farklı derinliklerinde bulunan sular, buralardaki farklı bileşimli kayaçlarla sürekli etkileşim halindedir. Bu kayaçların suda eriyebilme oranlarına göre veya çok oranda erimiş maddenin de yeraltı sularına karışması muhtemeldir. Özellikle Bitlis ili ve ilçelerinin jeolojik yapılarındaki volkanik kayaçların varlığı yeraltı sularında florür oranının artmasındaki en büyük etkidir.

Çizelge 3.5. Florür için ulusal mevzuattaki sınır değerler

Ulusal Mevzuat	Florür (mg/L)
TS266 (2005)	1,5
WHO (2017)	1,5
US EPA (2018)	1,5

3.2. Florür Kirlilik ve Risk İndeksi

Na bakımından zengin, Ca bakımından fakir suyun katyon değişimi yoluyla yeraltı suyu içerisindeki florürü zenginleştirebileceği ifade edilmektedir. Ayrıca yüksek pH değerleri ve HCO_3 'ın varlığı da yeraltı suyundaki F konsantrasyonunu artıran etkenler arasında sayılabilir (Sajil Kumar, 2017). Literatürde florürün su kaynaklarındaki tehlikesini değerlendirmeye yönelik Saji Kumar (2017) ve Haji vd. (2021) tarafından yapılan çalışmalar dışında hesaplanmış herhangi bir florür kirlilik indeksi (FPI) ve buna dair değerlendirmeyi içeren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çerçevede bu tehlikeyi eleştirel olarak değerlendirmek ve sınıflandırmak için pH, HCO_3 , Na/Ca oranı ve florür gibi florür kontaminasyonunu kontrol eden faktörleri göz önünde bulundurarak geliştirilen yeni bir indeks olan Florür Kirlilik İndeksi (FPI) bu çalışmada yapılmıştır. Florür Kirlilik İndeksi (FPI) hesaplaması için gerekli olan dört parametre de (F, pH, Na/Ca ve HCO_3) Kul (2021) tarafından yapılmış çalışmadan alınarak hesaplamada kullanılmıştır.

FPI'nin hesaplanmasında kullanılan su kalitesi parametrelerinin sonuçları ve bunlara karşılık gelen ağırlıklar Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Hidrokimyasal parametrelerin konsantrasyonu ve bunlara karşılık gelen ağırlık

Örnekleme Noktaları	pH	W _{pH}	Na/Ca	W _{Na/Ca}	HCO ₃	W _{HCO3}	F	W _F
S1	6,40	1	0,39	1	102	2	0,62	2
S2	7,40	2	0,84	1	76	1	1,58	4
S3	5,93	1	3,63	4	123	2	0,34	1
S4	7,69	2	0,67	1	264	3	1,70	4
S5	6,87	1	2,65	3	113	2	1,95	4
S6	6,20	1	2,40	3	263	3	1,22	3
S7	7,05	2	1,10	2	251	3	0,73	2
S8	8,60	3	1,24	2	134	2	0,46	1
S9	7,32	2	0,02	1	236	3	0,56	1
S10	6,35	1	0,90	1	317	4	1,87	4
S11	6,15	1	0,40	1	166	2	1,30	3
S12	7,27	2	0,19	1	281	3	1,32	3
S13	7,71	2	0,40	1	125	2	0,39	1
S14	7,35	2	0,12	1	90	1	1,20	3
S15	7,38	2	0,01	1	177	2	1,73	4
S16	7,47	2	0,01	1	101	2	0,08	1
S17	7,29	2	0,01	1	141	2	1,17	2
S18	6,70	1	1,40	2	84	1	1,43	3
S19	6,11	1	1,45	2	92	1	1,65	4
S20	6,15	1	1,54	2	107	2	1,07	2
S21	8,41	3	1,77	2	301	4	1,62	4
S22	7,45	2	0,06	1	123	2	0,50	1
S23	7,65	2	0,07	1	132	2	0,31	1
S24	6,20	1	0,67	1	177	2	1,85	4
S25	7,90	2	0,32	1	57	1	0,47	1
S26	7,40	2	5,28	4	115	2	0,35	1
S27	7,50	2	0,00	1	155	2	0,67	2
S28	6,46	1	2,78	3	211	3	2,03	4
S29	6,46	1	2,66	3	230	3	1,38	3
S30	7,25	2	0,47	1	103	2	0,52	1

Bikarbonatın ana kaynağı atmosferik çökelmedir ve ayrıca feldspatın kile dönüşmesi sırasında bir yan üründür. Çalışma alanında yağışlı ve kurak dönem florür ölçümlerinin tamamı

dikkate alındığı zaman izin verilen 1 mg/L sınırının üzerinde olan F değerleri, toplanan numunelerin %35'ine denk gelmektedir. En büyük etken olan doğal jeolojik oluşumların yanı sıra antropojenik faaliyetlerin de az da olsa çalışma bölgesindeki florür kontaminasyonunun başlıca nedeni olduğu söylenebilir (Sajil Kumar, 2017).

Çizelge 3.7. Yeraltı Suyu Örneklerinin FPI'ye Göre Sınıflandırılması

Örnek Noktalar	FPI	Su Tipi
S1	1,5	Düşük
S2	2,0	Orta
S3	2,0	Orta
S4	2,5	Orta
S5	2,5	Orta
S6	2,5	Orta
S7	2,3	Orta
S8	2,0	Orta
S9	1,8	Düşük
S10	2,5	Orta
S11	1,8	Düşük
S12	2,3	Orta
S13	1,5	Düşük
S14	1,8	Düşük
S15	2,3	Orta
S16	1,5	Düşük
S17	1,8	Düşük
S18	1,8	Düşük
S19	2,0	Orta
S20	1,8	Düşük
S21	3,3	Yüksek
S22	1,5	Düşük
S23	1,5	Düşük
S24	2,0	Orta
S25	1,3	Düşük
S26	2,3	Orta
S27	1,8	Düşük
S28	2,8	Orta

S29	2,5	Orta
S30	1,5	Düşük

Yeraltı suyunun FPI'si, düşük, orta ve yüksek florür kirlilik seviyeleri olarak üç ana türü gösterir. Tek tek yeraltı suyu numuneleri için hesaplanan FPI değerleri Çizelge 3.7'de gösterilmiştir. Çalışma alanında, FPI 0,01 ile 3,26 arasında değişmektedir (ortalama 1,06). Elde edilen verilerin yağışlı ve kurak dönem ortalama değerlerine göre %46,7'si “düşük” derecede kirlenmiş, %50'si “orta” derecede kirlenmiş ve kalan %3,3'ü ise “yüksek” derecede kirlenmiş olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.8). Ayrıca florür risk indeksine (FRI) göre örnekleme noktalarının risk sınıfı Çizelge 3.9'da görülmektedir. Buna göre 7 noktada %23,33 oranında “çok düşük”, 6 noktada %20 oranında “düşük”, 8 noktada %26,66 oranında “orta”, 8 noktada %26,66 oranında “yüksek”, 1 noktada %3 oranında “çok yüksek” florür riski hesaplanmıştır (Çizelge 3.9).

Sonuçlar Bitlis ili ve ilçeleri için yeraltı suyu kaynaklarının florür bakımından kirlenmeye doğru gittiğini göstermektedir. Kurak dönemde 3,26 mg/L değeri dönemde S15 Örenlik1 numaralı numunedeki yüksek florür değeri çalışma alanındaki sert kayalarda bulunan florür minerallerinin çözünmesini katalize ediyor olabilir. (Sajil Kumar, 2017) Ayrıca kayaların dekompozisyonu veya ayrışması ve buna bağlı çözünme ile birlikte uzun bekleme süresi ve yüksek kaya - su etkileşimi gibi kaya jeokimyasının çalışma alanındaki florür sızıntısından sorumlu olduğunu gösterir (Shankar ve Kawo 2019; Shukla ve Saxena 2020a) . Öte yandan, yeraltı suyu kuyularındaki yüksek florür, üst pomza ve florür yeraltı suyuna sızdıran tuf akifeleriyle ilişkilendirilebilir (Haji vd. 2021)

Çizelge 3.8. Florür Kirlilik İndeksi (FPI)

FPI değeri	Risk Sınıfı	Örnekleme noktası	Durum (%)
1-2	Düşük	S1,S9,S11,S13,S14,S16,S17,S18,S20,S22,S23,S27,S30	46,7
2-3	Orta	S2,S3,S4,S5,S6,S7,S8,S10,S12,S15,S19,S24,S26,S28,S29	50
3-4	Yüksek	S21	3,3

Çizelge 3.9 Florür Risk İndeksi (FRI)

F değeri	Risk sınıfı	Örnekleme noktası	Durum (%)
0-0,49	Çok düşük	S3,S8,S13,S16,S23,S25,S26	23,33
0,50-0,99	Düşük	S1,S7,S9,S22,S27,S30	20
1,00-1,49	Orta	S6,S11,S12,S14,S17,S18,S20,S29	26,66

1,5-1,99	Yüksek	S2,S4,S5,S10,S15,S19,S21,S24	26,66
2,00-2,49	Çok yüksek	S28	3,33
>2,49	Son derece yüksek	-	-

3.3. Sağlık Riski Değerlendirilmesi

Sağlık endeksi verileri, erkeklere göre daha düşük vücut ağırlıkları nedeniyle çocukların ve kadınların erkeklerden daha fazla risk altında olduğunu göstermektedir. Bireylerin vücut ağırlığı, sağlık etkilerinin önemli bir belirleyicisidir, çünkü daha yüksek vücut ağırlığı, mg/kg bazında toplam dozu azaltır. Yeraltı suyunda yüksek bir florür konsantrasyonu, bebeklerde diş ve iskelet florozu gibi sağlık sorunları yaratır (Balamurugan ve ark. 2020b). Florürle kirlenmiş suyun sürekli olarak alınması, florozis, kemik ve diş hastalıkları ve omurga bozukluklarına neden olma eğilimindedir.

Bu çalışma kapsamında kaserogen olmayan sağlık riski değerlendirmesi Çizelge 3.10'da hesaplanmıştır. Buna göre içme suyu alımı ve deri teması yoluyla maruz kalma risklerini gösteren çocuklar ve yetişkin kadın ve erkekler için Çizelge 3.10'da hesaplanan HQoral ve HQdermal değerleri, sırasıyla çocuklar, kadınlar ve erkekler için yağışlı ve kurak dönemlerde 1'in altında hesaplanmıştır. Aynı şekilde THI değerleri de çocuklar, kadınlar ve erkekler için 1'in altında hesaplanmıştır. Elde edilen veriler ve hesaplama sonuçlarına göre şuan için sağlık açısından kanserojen olmayan bir risk veya bir tehlikenin olduğu söylenemez.

Çizelge 3.10. Florür Tehlike İndeksi (THI) Sonuçları

WEL LS	HQoral			HQoral			HQdermal			THI			THI		
	Yağışlı			Kurak						Yağışlı			Kurak		
	Çocuk	Kadın	Erkek	Çocuk	Kadın	Erkek	Çocuk	Kadın	Erkek	Çocuk	Kadın	Erkek	Çocuk	Kadın	Erkek
S-1	0,1125	0,047	0,0401	0,072	0,0327	0,0257	0,008	0,0030	0,0023	0,1925	0,05	0,0424	0,08	0,0357	0,028
S-2	0,2505	0,1138	0,0894	0,222	0,1009	0,0792	0,008	0,0030	0,0023	0,2585	0,1168	0,0917	0,23	0,1039	0,0815
S-3	0,0855	0,388	0,0305	0,0165	0,0075	0,0058	0,008	0,0030	0,0023	0,0935	0,391	0,0328	0,0245	0,0105	0,0081
S-4	0,225	0,1022	0,0803	0,2835	0,1288	0,1012	0,008	0,0030	0,0023	0,233	0,1052	0,0826	0,2915	0,1318	0,1035
S-5	0,2535	0,1152	0,0905	0,3315	0,1586	0,1183	0,008	0,0030	0,0023	0,2615	0,1182	0,0928	0,3395	0,1616	0,1206
S-6	0,228	0,1036	0,0814	0,138	0,0627	0,0492	0,008	0,0030	0,0023	0,236	0,1066	0,0837	0,146	0,0657	0,0515
S-7	0,117	0,0531	0,0417	0,1005	0,0456	0,0358	0,008	0,0030	0,0023	0,125	0,0561	0,044	0,1085	0,0486	0,0381
S-8	0,11	0,4625	0,0396	0,027	0,0122	0,0096	0,008	0,0030	0,0023	0,118	0,0465 5	0,0419	0,035	0,0152	0,0119
S-9	0,09	0,0409	0,0321	0,078	0,0354	0,0278	0,008	0,0030	0,0023	0,098	0,0489	0,0344	0,086	0,0384	0,0301
S-10	0,2325	0,1056	0,0830	0,327	0,1486	0,1167	0,008	0,0030	0,0023	0,2405	0,1086	0,0853	0,335	0,1516	0,119
S-11	0,028	0,7	0,06	0,222	0,1009	0,0792	0,008	0,0030	0,0023	0,037	0,703	0,0623	0,23	0,1039	0,0815
S-12	0,288	0,1309	0,1028	0,108	0,0491	0,0385	0,008	0,0030	0,0023	0,296	0,1339	0,1051	0,116	0,0521	0,0408
S-13	0,0915	0,0415	0,0326	0,0255	0,0115	0,0091	0,008	0,0030	0,0023	0,0995	0,0445	0,0349	0,0335	0,0145	0,0114
S-14	0,081	0,0368	0,0289	0,2775	0,1261	0,0991	0,008	0,0030	0,0023	0,089	0,0398	0,0312	0,2855	0,1291	0,1014
S-15	0,03	0,0136	0,0107	0,489	0,2222	0,1746	0,008	0,0030	0,0023	0,038	0,0166	0,013	0,497	0,2252	0,1769
S-16	0,0015	0,068	0,0035	0,021	0,0095	0,0075	0,008	0,0030	0,0023	0,0095	0,071	0,0058	0,029	0,0125	0,0098
S-17	0,1785	0,0811	0,0637	0,171	0,0777	0,0610	0,008	0,0030	0,0023	0,1865	0,0841	0,066	0,179	0,0807	0,0633
S-18	0,237	0,9875	0,0846	0,192	0,0872	0,0685	0,008	0,0030	0,0023	0,245	0,9905	0,0869	0,2	0,0902	0,0708
S-19	0,303	0,1377	0,1082	0,192	0,0872	0,0685	0,008	0,0030	0,0023	0,311	0,1407	0,1105	0,2	0,0902	0,0708
S-20	0,2865	0,1302	0,1023	0,033	0,015	0,0117	0,008	0,0030	0,0023	0,2945	0,1332	0,1046	0,041	0,018	0,014
S-21	0,3255	0,1479	0,1162	0,1605	0,0729	0,0573	0,008	0,0030	0,0023	0,3335	0,1509	0,1185	0,1685	0,0759	0,0596
S-22	0,033	0,015	0,0117	0,1155	0,0525	0,0412	0,008	0,0030	0,0023	0,041	0,018	0,014	0,1235	0,0555	0,0435
S-23	0,0105	0,0047	0,0037	0,081	0,0368	0,0289	0,008	0,0030	0,0023	0,0185	0,0077	0,006	0,089	0,0398	0,0312
S-24	0,1785	0,0811	0,0637	0,375	0,1704	0,1339	0,008	0,0030	0,0023	0,1865	0,0841	0,066	0,383	0,1734	0,1362
S-25	0,0975	0,0443	0,0348	0,042	0,0190	0,015	0,008	0,0030	0,0023	0,1055	0,0523	0,0768	0,05	0,022	0,0173
S-26	0,075	0,0340	0,0267	0,03	0,0136	0,0107	0,008	0,0030	0,0023	0,083	0,037	0,029	0,038	0,0166	0,013
S-27	0,012	0,0054	0,0042	0,1875	0,0852	0,0669	0,008	0,0030	0,0023	0,02	0,0084	0,0065	0,1955	0,0882	0,0749
S-28	0,279	0,1268	0,0996	0,33	0,15	0,1178	0,008	0,0030	0,0023	0,287	0,1298	0,1019	0,338	0,153	0,1201
S-29	0,1665	0,0756	0,0594	0,2475	0,1125	0,0883	0,008	0,0030	0,0023	0,1745	0,0786	0,0617	0,2555	0,1155	0,0906
S-30	0,0375	0,0170	0,1339	0,117	0,0531	0,0417	0,008	0,0030	0,0023	0,0455	0,02	0,1362	0,125	0,0561	0,044

4.SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç

Bitlis ili Merkez, Güroymak, Tatvan, Ahlat ve Adilcevaz ilçeleri için yapılan çalışma kapsamında Haziran 2019 – Eylül 2019 dönemlerinde yapılan yağışlı ve kurak dönem sonuçlarına göre elde edilen en yüksek florür değeri 3,26 mg/L olarak tespit edilmiştir. Bu değer bölgede yaşayan halkın florür insidansından etkileniyor olduğu anlamına gelmektedir. Çalışmada florür değerlerinin değerlendirilmesi amacıyla florür kirlilik indeksi (FPI) ve florür risk indeksi (FRI) hesaplamaları yapılmış ve değerlerin insan sağlığı açısından kanserojen olmayan sağlık riskleri değerlendirilmiştir. Buna göre çalışma alanındaki örnekleme noktalarından elde edilen ortalama değerler baz alınarak yapılan FPI hesabına göre florürün örnekleme noktaları bakımından %3,3'ünün S21 noktası için “yüksek” FPI değerleri gösterdiği, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S10, S12, S15, S19, S24, S26, S28 ve S29 noktaları için %50'sinin “orta” FPI değerleri ve S1, S9, S11, S13, S14, S16, S17, S18, S20, S22, S23, S25, S27, S30 noktaları için %46,7'sinin de “düşük” FPI gösterdiği tespit edilmiştir. Yağışlı ve kurak dönemde çocuk, kadın ve erkek gibi 3 farklı grup için yapılan kanserojen olmayan sağlık riski hesaplamasına göre dermal ve oral alımlarda florürün etkisinin kümülatif değerlendirme sonuçlarının, kanserojen olmayan riski ifade eden toplam tehlike indeksi sonucunun 1'den küçük olması (THI) sağlık riski olmadığını göstermektedir. Bu da insan sağlığı açısından şuan için bir risk olmadığı ancak düzenli kontroller ve önlemler alınmadığı takdirde ileride sağlık açısından bir etkinin varlığının da söz konusu olacağı anlamına gelmektedir.

Florür açısından TS266, WHO ve US EPA kriterlerine göre ise S5, S10, S15, S24, S21 ve S28 noktaları insani tüketim amaçlı kullanıma uygun değilken, diğer tüm noktalar insani tüketim amaçlı kullanıma uygun çıkmıştır.

4.2. Öneriler

Bu çalışma, yeni tipik endemik bir florozis bölgesi olan Bitlis ve ilçeleri için içme suyundaki florürün yağışlı ve kurak dönem çalışma alanı bazlı değişimini, kirlilik indeksi ve sağlık riski değerlendirmesi sonuçlarıyla ele almıştır. Dolayısıyla jeojenik nedenlerin yanında insan faaliyetinin de neden olduğu arazi kullanımı değişikliği ile florür seviyesi arasındaki ilişkiye odaklanılacak daha detaylı ve daha sık periyotları kapsayan çalışmaların yapılması

önerilmektedir Ayrıca sahada kapsamlı diş muayenelerinin de bu çalışmayla birlikte yürütülmesi sağlık açısından yapılacak değerlendirmeyi daha güçlü kılacağı varsayılmaktadır.



5. KAYNAKLAR

- Ağaoğlu S, Alisharlı M, Alemdar S, 2007. Van Bölgesi Su Kaynaklarında Flor Düzeylerinin Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 18 (1):59-65
- Suski, 2022. https://www.suski.gov.tr/icerik/41/75/suyun-hayatimizda_önemi#.Yrqub_XZBz4Y (Erişim tarihi 24.06.2021)
- Jeogenç, 2022. <https://jeogenc.net/zemindeki-sularin-turleri-siniflandirilmesi.html> (Erişim tarihi 20.06.2021)
- Poisonpaste 2022. <http://poisonpaste.com/skeletal-fluorosis.php> (Erişim tarihi: 14 Mart 2021)
- Ataş M, Yeşilnacar Mİ, Demir Yetiş A, 2021. Novel machine learning techniques based hybrid models (LR-KNN-ANN and SVM) in prediction of dental fluorosis in groundwater. Environ Geochem Health 2021: 1-15.
- Aydın A, Çoşkun, AN, 1980. İstanbul içme suyu kaynaklarında periyodik fluor tayini. Doğa Bilim Dergisi, 4: 5-10.
- Aytemiz L, Diler Ö, 2015. Sanal Su Ekonomisi. İnsan Ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 4 (2): 376-389.
- Balamurugan P, Kumar P.S, Shankar K, Nagavinothini R, Vijayasurya K, 2020. Non-Carcinogenic Risk Assessment Of Groundwater In Southern Part Of Salem District In Tamilnadu, India. 65(1): 4697-4707.
- Bilgin ZY, 2008. Dental Florozisli Bireylerde Maksilla ve Mandibulada Kemik Yoğunluklarının Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. Isparta.
- BTSO, 2022. <http://www.bitlistso.org.tr/Bitlis/tabid/12498/menuad/cografi/Default.aspx> (Erişim tarihi 20.06.2021)
- Demir Yetiş A, 2013. Ceylanpınar Ovası Yeraltı Suyu Kalitesinin ve Kirlenme Potansiyelinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Dhingra, RS, Şah M, 2021. A holistic study on fluoride-contaminated groundwater models and its widespread effects in healthcare and irrigation. Environmental Science and Pollution Research, 28 (43), 60329-60345.
- Dissanayake CB, Chandrafith R, 2009. Introduction to Medical Geology. Erlangen Earth Conference Series, Springer-Verlag Berlin Heidelberg,
- DSİ, 2015. Dicle Alt Havzası Hidrojeoloji Nihai Raporu, Orman Ve Su İşleri Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara.

- DSİ, 2013. Van Kapalı Havzası Master Plan Raporu Van Kapalı Havzası Hidrojeoloji Raporu, Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Fidancı UR, Sel T, 2001. The industrial fluorosis caused by a coal-burning power station and its effects on sheep. *Turkish Journal of Veterinary Animal Sciences* 25: 735-741.
- Freeze A.R. and Cherry J.A , 2003. Groundwater. Prentice-Hall, Inc., New Jersey, 604 p, U.S.A
- İÇDR, 2012, Bitlis İli Çevre Durum Raporu, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, s: 12.
- Haji M, Karuppannan S, Qin D, 2021. Potential Human Health Risks Due to Groundwater Fluoride Contamination: A Case Study Using multi-techniques Approaches (GWQI, FPI, GIS, HHRA) in Bilate River Basin of Southern Main Ethiopian Rift, Ethiopia. *Arch Environ Contam Toxicol* 80: 277–293.
- Hanipha, MM, Hussain, ZA, 2013. Study of groundwater quality at Dindigul town, Tamil Nadu, India. *International Research Journal of Environment Sciences*, 2: 68–73.
- He X, Li P, 2020. Surface water pollution in the middle Chinese Loess Plateau with special focus on hexavalent chromium (Cr⁶⁺): occurrence, sources and health risks. *Expo Health* 12 (3):385–401.
- He X, Li P, Wu J, Wei M, Ren X, Wang D 2020. Poor groundwater quality and high potential health risks in the Datong Basin, northern China: research from published data. *Environ Geochem Health*. 43 (2) 791-812.
- Kaya S, 1995. Veteriner Klinik Toksikoloji. Medisan Yayınları. Ankara.
- Kul RB, 2021. Bitlis İli Ve İlçelerinde Yeraltı Suyu Kaynaklarının Su Kalite Parametreleri Bakımından Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Bitlis.
- Li P, Li X, Meng X, Li M, Zhang Y, 2016. Appraising groundwater quality and health risks from contamination in a semiarid region of northwest China. *Expo Health* 8 (3):361–379.
- Maheshwari RC, 2006. Fluoride in drinking water and its removal. *Journal of Hazardous Materials Journal*, 137: 456-463
- Polat A, 2009. Bir Damla Su. A4 Ofset Matbaacılık. İstanbul.
- Sajil Kumar PJ, 2017. A Proposed Method for the Quantification of Fluoride Contamination: Fluoride Pollution. *Geochemistry Journal*, (2): 1 -4.
- Sendil Ç, Baysu N, 1973. İnsan ve hayvanlarda Ağrı ili Doğubeyazıt ilçesi köylerinde görülen flor zehirlenmesi ve bunu Van ili Muradiye ilçesi köylerinde de saptamamızla ilgili ilk tebliğ. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 10: 474-489.

- Shankar K, Kawo NS 2019. Groundwater quality assessment using geospatial techniques and WQI in North East of Adama Town, Oromia Region. Ethiopia Hydrosatial Anal 3(1):22–36.
- Shukla S, Saxena A, 2020. Groundwater quality and associated human health risk assessment in parts of Raebareli district, Uttar Pradesh, India. Groundwater for Sustainable Development. 10: 1-12.
- Susheela A.K 2005. Fluorosis: An easily preventable disease through practice of interventions. Doctor's Handbook. New Delhi.
- Tekiner Sİ, 2015. Yeraltı sularında florür kirlenmesi / Fluoride contamination in groundwater. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- TTSO 2019. https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/Bakanl%C4%B1k_Faaliyet_Raporlar_%C4%B1/TOB%202021%20YILI%20%C4%B0DAR_E%20FAAL%C4%B0Y_ET_%20RAPORU.pdf (Erişim Tarihi :15/03/2022)
- Tıraşoğlu T, 2013. Farede (Mus Musculus) Kronik Flor Toksikasyonuna Karşı C Vitamininin İyileştirici Etkilerinin Histopatolojik Ve Elektroforetik Yöntemlerle Araştırılması. Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 8 (2):: 23-33.
- Urgan E, 2020. Bitlis İlindeki Bazı Doğal Kaynak Sularının Mikrobiyolojik Ve Fizikokimyasal Özellikleri. Ejons International Journal 4 (14): 370-386.
- USEPA 1989. Superfund public health evaluation manual. Washington.
- USEPA 2001. <http://www.epa.gov/region8/superfund/sites/> (Erişim Tarihi :15/03/2022)
- WHO, 2006. Fluoride in drinking-water. WHO Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 19th edition. Washington.
- Yaari AM, 1982. Effect of fluoride on phosphatidylserine- mediated calcium transport. Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Biomembranes. 686: 1-6.
- Yeşilnacar Mİ, Demir Yetiş A, Dülgergil, ÇT, 2016. Geomedical assessment of an area having high-fluoride groundwater in southeastern Turkey. Environ Earth Sci 75: 162-176.
- Yeşilnacar Mİ, Atasoy AD, Aydoğdu M, Kumral M, Dülgergil ÇT 2013. Yeraltı sularında yüksek florün oluşumu, dağılımı, insan sağlığına etkileri ve florür gideriminin araştırılması. Şanlıurfa. TÜBİTAK Proje Final Raporu, Ankara.
- Yetiş R, 2015. Şanlıurfa Balıklıgöl Havzası Karstik Su Kaynaklarının Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.

ÖZGEÇMİŞ

[REDACTED] ilçesine bağılı olan [REDACTED] doğdum. İlkokulu [REDACTED] Orta ve lise öğrenimini [REDACTED] tamamladım. 2008 [REDACTED] Bilgisayar Teknolojileri ve Programlama Programını bitirdim. [REDACTED] Fakültesi İşletme Bölümünü 2012 yılında tamamladım. [REDACTED] Mühendisliği bölümünden 2019 yılında mezun oldum. [REDACTED] Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans öğrenimine başladım.

Mevlüt YILMAN