

Araştırma Makalesi

Elazığ (Türkiye) İl'inin farklı bölgelerinde yeraltı suları ve yerüstü sularındaki nitrat düzeylerine dayalı sağlık risk değerlendirmesi

Murat Çeliker

Dr., Yük. Müh. DSİ 9. Bölge Müdürlüğü, Elazığ, Türkiye

Geliş tarihi: 28.09.2019, Kabul tarihi: 16.01.2020


Öz

Amaç: Bu çalışmada, Elazığ ilinin 65 farklı yerinden alınan yeraltı ve yerüstü su örneklerindeki nitrat konsantrasyonunun, bu bölgelerde yaşayan insanlar için olası sağlık tehlikelerinin araştırılması amaçlanmıştır. **Yöntem:** Kesitsel bir araştırma olan bu çalışmada, içme suyundaki nitrat düzeylerine spektrofotometrik olarak bakılmış olup içme suyu yoluyla yüksek nitrat alımının, yetişkinler, çocuklar ve bebekler üzerindeki olası sağlık risk değerlendirmesi, USEPA sağlık tehlike modeli (HQ) kullanılarak yapılmıştır. **Bulgular:** Su numunelerinin nitrat seviyeleri ortalaması 8.99 ± 16.77 mg/L olarak hesaplanmıştır. Örnekleme noktalarının %6'sında Türk standartlarında (50 mg/L) ve Dünya Sağlık Örgütü (50 mg/L) standartlarında önerilen sınır değerlerden daha yüksek konsantrasyonlara sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Nitratın, kronik günlük alımı (CDI), yetişkinler, çocuklar ve bebekler için sırasıyla 0.25 ± 0.47 , 0.67 ± 1.25 ve 0.71 ± 1.34 mg/kg/gün'dür. Tehlike katsayısı (HQ) değeri yetişkinler için 0.16 ± 0.29 , çocuklar için 0.42 ± 0.78 ve bebekler için 0.44 ± 0.83 olarak hesaplanmıştır. **Sonuç:** Tehlike katsayısı (HQ) değerleri, Elazığ ilinin %9.30'u yetişkin, %18.60'ı çocuk ve %20.93'ü bebek nüfusunun aşırı nitrat kullanımı nedeniyle kronik toksisite riski altında olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, nitrat değerinin yüksek olduğu yerlerde su kaynaklarını korumak için gerekli tüm çevresel güvenlik önlemleri alınmalıdır.

Anahtar kelimeler: İçme suyu, nitrat, tehlike katsayısı, sağlık risk değerlendirmesi, Elazığ

Sorumlu yazar: Murat Çeliker, Devlet Su İşleri 9. Bölge Müdürlüğü, Elazığ, Türkiye, E-posta: mceliker23@gmail.com

Copyright holder Turkish Journal of Public Health

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.  This is an open Access article which can be used if cited properly.

Health risk assessment based on nitrate levels in ground and surface waters in different sites of the Elazığ Province, Turkey

Abstract

Objective: The aim of this study was to investigate the nitrate concentration levels in groundwater and surface water samples collected from 65 distinct locations in the Elazığ Province of Turkey. In doing so, it was aimed to evaluate the possible health implications on the populations living in these areas. **Method:** In this cross-sectional study, the nitrate levels in drinking water were analyzed spectrophotometrically and the possible health risk assessment of adults, children and infants through drinking water was ascertained using the USEPA health hazard model (HQ). **Results:** The mean nitrate levels of the water samples were calculated as 8.99 ± 16.77 mg/L. It was found that 6% of the sampling points had higher concentrations than the recommended limit values by Turkish (50 mg / L) and World Health Organization (50 mg / L) standards. Chronic daily intake of nitrate (CDI) was 0.25 ± 0.47 , 0.67 ± 1.25 and 0.71 ± 1.34 mg/kg/day for adults, children and infants, respectively. The hazard quotient (HQ) was calculated as 0.16 ± 0.29 for adults, 0.42 ± 0.78 for children and 0.44 ± 0.83 for infants. **Conclusion:** The hazard quotient (HQ) values reveal that 9.30% of adults, 18.60% of children and 20.93% of the infant population of Elazığ are at a higher risk of chronic toxicity through excess nitrate intake. Therefore, where the nitrate value is measured as high, all necessary environmental safety precautions should be taken to protect water resources.

Key words: Drinking water, nitrate, hazard quotient, health risk assessment, Elazığ

Giriş

Uluslararası Kanser Araştırma Ajansı, insan sağlığı için risk durumlarını, kanserojen kaynaklı olmayan risk ve kanserojen kaynaklı risk olarak sınıflandırmaktadır.^{1,2} Sularında bulunan doğal ve antropojenik kirleticiler de bu kapsamda değerlendirilmektedir.³ Sudaki kirleticilere maruz kalma yolları arasında doğrudan alım, dermal temas ve soluma vardır.⁴⁻⁶ İçme suyu ile doğrudan alım, toksisite alımının ana yollarından biridir.⁷ İçme suyu yoluyla nitrate maruziyet ile kanser riski arasında direkt bir ilişki kurulamamıştır.⁸ Günümüzde, gelişmekte olan ve gelişmiş bir çok ülkede, yüzey ve yeraltı sularında nitrat kirliliği rapor edilmiştir. Çok sayıda kirletici arasında, nitrat, doğal süreçler veya septik sistemlerden boşaltılan hayvan ve insan atığı, çöp alanlarından sızıntı suları, atık su deşarjları, inorganik gübre uygulama ve endüstrileri gibi birçok antropojenik aktiviteler ile

üretildiği için önemli bir yer tutar.⁹ Nitratın kaynağı olan azotun, çevresel döngüsü yaşamın sürekliliğini sağlayan doğal bir süreçtir. Bu süreç, azot bileşiklerinin topraktan canlılara ve canlılardan da tekrar toprağa geri dönmesi şeklinde gerçekleşir.⁸ İçme suyundaki nitrat seviyesi, su kalitesinin bir göstergesidir.^{10,11} İçme suyunda yüksek konsantrasyonlardaki nitrat alımı ciddi zehirlenmelere ve ölümlere sebebiyet verir. Uzun süreli maruziyet sonucu diürezis, dalakta sertleşme ve kanama odakları gözlemlenir.¹² İçme suyu yoluyla nitrat alımının, bebeklerde Mavi Bebek Sendromu olarak bilinen methemoglobinemi gelişimine neden olduğu bilinmektedir.¹³ İçme suyu yolu ile vücuda alınan nitrat miktarının yaklaşık %90-100 oranlarında ince bağırsakta emilir. Vücuttan atılımı ise dışkı ve tükürük yoluyla gerçekleşmektedir. Nitrat ağızda bakteriler tarafından kısmen nitrite

indirgenir. Sindirim sistemi yolu ile kana karışan nitratın bir kısmı tekrar tükürük bezleri aracılığı ağıza salgılanır ve nitrite indirgenme işlemi devam eder. Vücuda alınan nitrit iyonu 2 molekül hemoglobinle (Hb) reaksiyon gerçekleştirir ve metheboblobin oluşur. Oksijen taşıma kabiliyeti methemoglobininde oldukça düşüktür. Nitrat tüm damar düz kaslarında gevşetici etki gösterir. Damar düz kaslarının gevşemesi ve metheboblobinin oluşumu, hayati organ ve dokulara yeteri kadar kan gitmemesine neden olur.¹⁴ Zaldivar (1997) yaptığı araştırmada, mide pH'sı 4.9'un üstünde olan 0 - 6 ay arası bebeklerde, 20 mg/L'den fazla nitrat içeren sularla hazırlanan mamalarda nitratın nitrite dönüşmesi sebebiyle, nitritin hemoglobin'e bağlanarak okside olmasını engellemesi sonucu methemoglobin'e neden olduğunu saptamıştır.¹⁵ Almanya'da yapılan bir araştırmada, guatr hastalığının, yüksek seviyelerde nitrat içeren su tüketen insanlarda, düşük konsantrasyonlarda nitrat içeren su tüketen insanlara oranla daha fazla görüldüğü saptanmıştır.¹⁶ Parslow ve ark, (1997) yaptıkları bir çalışmada, içme suyundaki yüksek nitratın, çocukluk çağı diyabet hastalığına neden olduğunu ve pankreas için zehirli olabilen birçok kimyasalın ön maddesi olabileceğini söylemiştir.¹⁷ Avustralya'da yapılan başka bir çalışmada, 26 mg/L nitrat konsantrasyonu içeren içme sularını tüketen annelerin bebeklerinde malformasyon riskinin arttığı bildirilmiştir.¹⁸ Çevre Koruma Ajansı (EPA), yeni doğan bebeklerde methemoglobinemi gelişiminin korunmasını baz alarak içme suyunda maksimum nitrat konsantrasyonunu 45 mg/L olarak belirlemiştir.¹⁹ Dünya Sağlık Örgütü (WHO 2011) tarafından yayımlanan kılavuzda ve Ülkemizde yürürlükte olan İnsani Tüketim Amaçlı

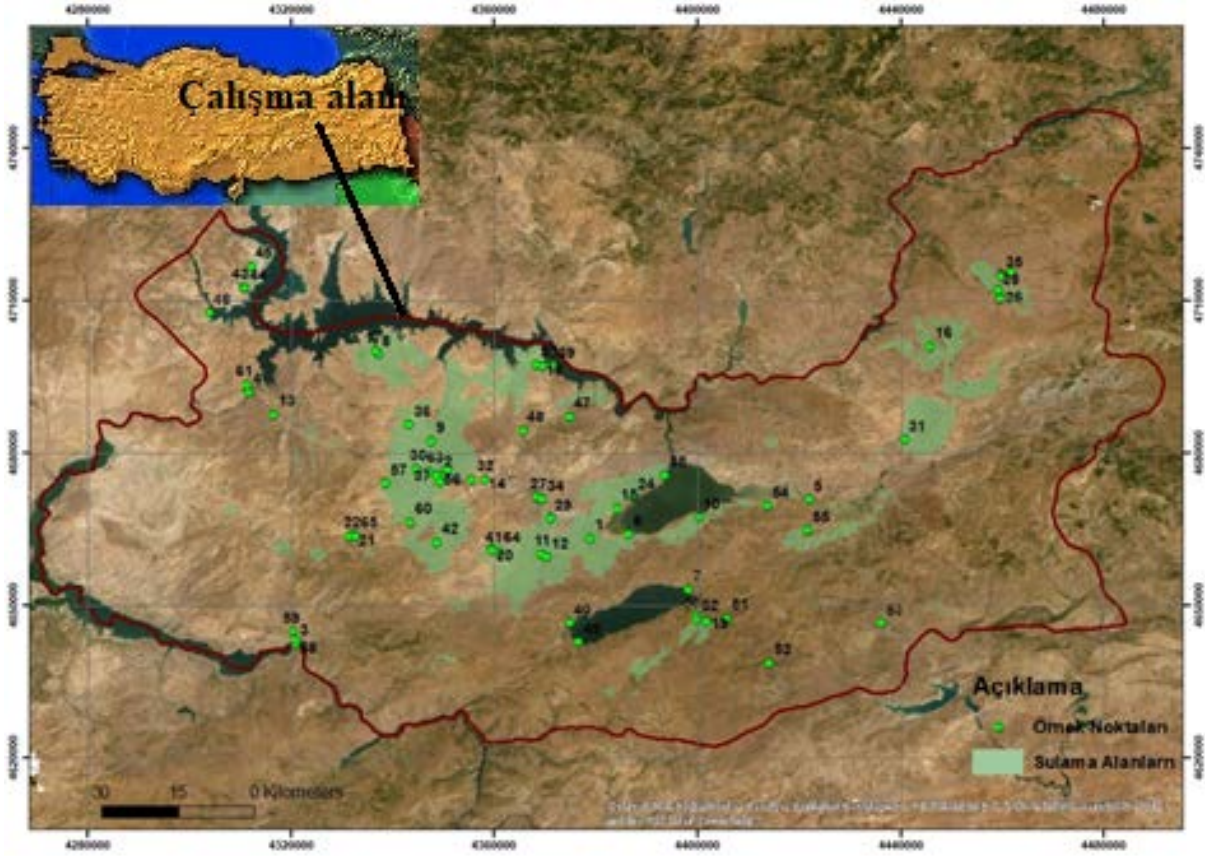
Suların Tüketimi yönetmeliğinde (TS, 2005) bu değer 50 mg/L olarak belirlenmiştir.^{20,21}

Bu çalışmada, Elazığ il sınırları içerisinde farklı noktalardan alınan su örneklerinde ölçülen nitrat seviyesinin, yetişkinler, çocuklar ve bebekler olmak üzere üç farklı yaş grubu için içme suyu yolu ile nitrat alımından kaynaklanan kanserojen olmayan sağlık risk faktörünün belirlenmesi amaçlanmıştır.

Elazığ ili 9.313 km²'lik yüzölçümüne ve 64/km² nüfus yoğunluğuna sahiptir (Şekil 1). Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından Elazığ ili için, 1938 - 2018 yılları arası uzun dönem yağış ortalaması, 408.2 mm ve sıcaklık ortalaması, 13.1 °C olarak bildirilmiştir.²² Toplam yüzölçümünün %30'u tarımsal amaçlı kullanılmaktadır ve tarım alanlarının %55.4'ünde tarımsal faaliyet gerçekleştirilmektedir.²³ Elazığ'da 2017 yılı sonu itibarıyla 603377 küçükbaş hayvan, 370.944 büyükbaş hayvan bulunduğu raporlanmıştır.²⁴ Tavukçuluğun yoğun bir şekilde yapıldığı ilde kümes çiftliği sayısı 197'dir.²⁵

Gereç ve Yöntem

Bu çalışmada, Elazığ il düzeyinde, yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarında analiz edilen nitrat konsantrasyonlarının yetişkinler, çocuklar ve bebeklerde, içme suyu yoluyla nitrat alımından kaynaklanabilecek kanserojen olmayan sağlık riski değerlendirmesi yapılmıştır. Bunun için, Gıda, Tarımcılık ve Hayvancılık İl Müdürlüğü tarafından yüzey ve yeraltı suyu kaynaklarında rutin olarak yapılan su kalitesi izleme programları kapsamında yer alan 65 örnekleme noktasında (Şekil 1) 2017 yılında yapılan analiz sonuçlarından yararlanılmıştır.²⁶



Şekil 1. Örneklem noktaları

Örneklem noktalarının belirlenmesinde, tarımsal ve hayvancılık faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı bölgeler dikkate alınmıştır. Kesitsel deskriptif bir araştırma olan bu çalışmada, içme suyundaki nitrat düzeylerinin belirlenmesinde, spektrofotometrik yöntem uygulanmıştır.

Sağlık riski tahmini için, günlük olarak kronik kirletici alımı (CDI), tek bir kirletici için tehlike katsayısı (HQ) modeli uygulanmıştır.

Sudaki nitratın CDI (mg/kg/gün) değeri Eşitlik (1)'e göre hesaplanmıştır.^{27, 28}

$$CDI = (C_w \times DI \times EF \times EP) / BW \times AT \quad (1)$$

Burada CDI, birim zamanda vücut ağırlığına göre temas eden bir kirletici madde miktarı olarak tanımlanan maruz kalma miktarıdır (mg/kg/gün), C_w , sudaki kirleticinin konsantrasyonu

(mg/L), DI insanın günlük su alımını (l/gün), EF maruz kalma sıklığını (gün/yıl), EP ortalama maruz kalma süresini (yıl), BW ortalama vücut ağırlığını (kg) ve AT ortalama süresini (gün) ifade etmektedir. Tehlike katsayısı (HQ), zararlı bir etkinin beklenmediği seviyede muhtemel bir kirleticiye maruz kalma oranıdır. HQ değeri, Eşitlik (2)'de verilen şekilde belirtilen dozun referans doza oranı olarak hesaplanır.²⁹

$$HQ = CDI / RfD \quad (2)$$

Burada RfD, nitratın mg/kg/gün cinsinden referans dozu alımını belirtir. Nitrat için referans doz (RfD) 1.6 mg/kg/değeri önerilmiştir. HQ değeri arttıkça, sağlık riskleri de artar. HQ < 1 değeri, olası zararlı sağlık etkisi göstermezken, HQ > 1 değeri olası kanserojen olmayan etkilerin ortaya çıkma olasılığının mevcut olduğu anlamına gelir.¹⁹

İstatistiksel Analiz

Analiz sonuçları ve hesaplamalar ortalama \pm standart sapma olarak verilmiştir. İstatistiksel analizler için SPSS version 22 programı kullanılmıştır. İkili gruplar arası değerlendirmede Student t testi yapılırken çoklu değerlendirmede One-way ANOVA ve posthoc tukey testi uygulanmış ve $p < 0.05$ değerler istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular

Analiz edilen su numunelerinde nitrat konsantrasyonlarına ilişkin sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir.²⁶ Yüzey ve yeraltı suyu örneklerin nitrat düzeylerinin ortalaması 8.99 ± 16.77 mg/L'dir. Yüzey sularındaki nitrat düzeyi 1.17 ± 1.83 mg/L iken yeraltı sularındaki nitrat düzeyi 17.56 ± 21.24 mg/L olarak hesaplanmıştır. Yüzey sularındaki nitrat düzeyleri ile karşılaştırıldığında yeraltı sularındaki nitrat düzeyleri, istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artış göstermiştir ($p < 0.001$) (Tablo 2).

İnsan sağlığı için risk değerlendirmesi

2017 yılında Elazığ ilinde analiz edilen su örneklerinde ortalama nitrat konsantrasyonunun kanserojen olmayan sağlık risk değerlendirmesi için hesaplamalar yapılmıştır. Analiz edilen yeraltı suları ve yüzey sularının CDI verileri ve hesaplanan HQ değerleri Tablo 3 ve Şekil 2' verilmiştir. Su örnekleri için CDI değerleri, yetişkinler için 0.25 ± 0.47 , çocuklar için 0.67 ± 1.25 ve bebekler için 0.71 ± 1.34 mg/kg/gün olarak hesaplanmıştır. Yetişkin CDI değerleri ile karşılaştırıldığında çocuklardaki CDI değerlerinde belirgin bir artış gözlenmiş olmasına rağmen bu

artış istatistiksel olarak anlamlı tanımlanmamıştır ($p = 0.078$). Bununla birlikte yetişkin CDI değerlerinin, bebek CDI değerlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artmış gösterdiği izlenmiştir ($p = 0.045$). Ayrıca çocuklardaki CDI değerleri ile bebek CDI değerleri arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p = 0.971$) (Tablo 4).

Çalışma bölgesinden alınan sulara nitrat kaynaklı, kanserojen olmayan sağlık risk seviyesinin belirlenmesi ABD Çevre Koruma Ajansı tarafından önerilen tehlike katsayısı (HQ) modeli kullanılarak 3 farklı yaş grubu için hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 2'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre Elazığ ilinin değişik bölgelerinden alınan sulara tespit edilen nitratın, içme suyu yolu alımından kaynaklı sağlık riski tehlike katsayısı (HQ) değerleri yetişkinlerde 0.16 ± 0.29 çocuklarda 0.42 ± 0.78 ve bebeklerde 0.44 ± 0.83 olarak bulunmuştur.

Yetişkin HQ değerleri ile karşılaştırıldığında, çocuklardaki HQ değerlerinde belirgin bir artış gözlenmiş olmasına rağmen bu artış istatistiksel olarak anlamlı değildir ($p = 0.079$). Bununla birlikte yetişkin HQ değerleri, bebek HQ değerlerinden istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde artış göstermiştir ($p = 0.045$). Ayrıca çocuklardaki HQ değerleri ile bebek HQ değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark gözlenmemiştir ($p = 0.970$) (Tablo 5). Buna göre su kaynaklarında tespit edilen nitratın, yetişkinlerin % 9.30'da, çocukların % 18.60'ında, bebeklerin % 20.93'ünde HQ değerleri güvenlik seviyesinin üzerinde olduğu ($HQ > 1$), bu durumun da nitratın bu yaş grupları üzerinde önemli sağlık etkilerinin olacağını göstermektedir.

Tablo 1. Nitrat analiz sonuçları²⁶

Örnek No	Su kaynağı	NO ₃ mg/L	Örnek No	Su kaynağı	NO ₃ mg/L
G-1	Yeraltı suyu	11.89	G-34	Yeraltı suyu	15.86
S-2	Yüzey Suyu	0.89	S-35	Yüzey Suyu	0.58
S-3	Yüzey Suyu	1.97	G-36	Yeraltı suyu	33.27
S-4	Yüzey Suyu	0.83	S-37	Yüzey Suyu	0.9
S-5	Yüzey Suyu	1.99	S-38	Yüzey Suyu	2.21
S-6	Yüzey Suyu	2.92	S-39	Yüzey Suyu	1.14
S-7	Yüzey Suyu	0.14	S-40	Yüzey Suyu	0.76
G-8	Yeraltı suyu	18.96	S-41	Yüzey Suyu	1.49
G-9	Yeraltı suyu	22.85	G-42	Yeraltı suyu	18.34
G-10	Yeraltı suyu	8.93	S-43	Yüzey Suyu	0
G-11	Yeraltı suyu	9.71	G-44	Yeraltı suyu	0
G-12	Yeraltı suyu	9.05	S-45	Yüzey Suyu	0
G-13	Yeraltı suyu	1.7	G-46	Yeraltı suyu	0
G-14	Yeraltı suyu	56.09	S-47	Yüzey Suyu	0
S-15	Yüzey Suyu	2.39	G-48	Yeraltı suyu	0
S-16	Yüzey Suyu	2.1	S-49	Yüzey Suyu	0
S-17	Yüzey Suyu	1.12	S-50	Yüzey Suyu	0
S-18	Yüzey Suyu	0.46	G-51	Yeraltı suyu	0.56
S-19	Yüzey Suyu	0.87	S-52	Yüzey Suyu	0
S-20	Yüzey Suyu	9.46	S-53	Yüzey Suyu	0
S-21	Yüzey Suyu	4.47	G-54	Yeraltı suyu	0
G-22	Yeraltı suyu	4.7	S-55	Yüzey Suyu	0
G-23	Yeraltı suyu	0.05	G-56	Yeraltı suyu	0
G-24	Yeraltı suyu	58.41	S-57	Yüzey Suyu	0
S-25	Yüzey Suyu	0.40	S-58	Yüzey Suyu	0

Tablo 1 (Devam)

S-26	Yüzey Suyu	2.93	S-59	Yüzey Suyu	0
G-27	Yeraltı suyu	23.44	G-60	Yeraltı suyu	0
G-28	Yeraltı suyu	19.43	S-61	Yüzey Suyu	0
G-29	Yeraltı suyu	17.86	G-62	Yeraltı suyu	0
G-30	Yeraltı suyu	77.15	G-63	Yeraltı suyu	0
G-31	Yeraltı suyu	18.76	G-64	Yeraltı suyu	20.39
G-32	Yeraltı suyu	69.41	S-65	Yüzey Suyu	0
G-33	Yeraltı suyu	27.67			

Tablo 2. Yüzey ve yeraltı sularındaki nitrat düzeyleri

Örnekleme türü	Nitrat düzeyi (mg/L)
Yüzey suları	1.17±1.83
Yeraltı suları	17.56±21.24 ^a

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

^a Yüzey suları ile karşılaştırıldığında (p<0.05).

Tablo 3. Yetişkin, çocuk ve bebek grubu için günlük kronik alım miktarının (CDI, mg/kg/gün) tahmini

Örnek No	Yetişkin CDI	Çocuk CDI	Bebek CDI	Örnek No	Yetişkin CDI	Çocuk CDI	Bebek CDI
G-1	0.34	0.89	0.95	G-34	0.45	1.19	1.27
S-2	0.03	0.07	0.07	S-35	0.02	0.04	0.05
S-3	0.06	0.15	0.16	G-36	0.95	2.50	2.66
S-4	0.02	0.06	0.07	S-37	0.03	0.07	0.07
S-5	0.06	0.15	0.16	S-38	0.06	0.17	0.18
S-6	0.08	0.22	0.23	S-39	0.03	0.09	0.09
S-7	0.00	0.01	0.01	S-40	0.02	0.06	0.06
G-8	0.54	1.42	1.52	S-41	0.04	0.11	0.12
G-9	0.65	1.71	1.83	G-42	0.52	1.38	1.47
G-10	0.26	0.67	0.71	S-43	0.00	0.00	0.00
G-11	0.28	0.73	0.78	G-44	0.00	0.00	0.00
G-12	0.26	0.68	0.72	S-45	0.00	0.00	0.00
G-13	0.05	0.13	0.14	G-46	0.00	0.00	0.00
G-14	1.60	4.21	4.49	S-47	0.00	0.00	0.00
S-15	0.07	0.18	0.19	G-48	0.00	0.00	0.00
S-16	0.06	0.16	0.17	S-49	0.00	0.00	0.00
S-17	0.03	0.08	0.09	S-50	0.00	0.00	0.00
S-18	0.01	0.03	0.04	G-51	0.02	0.04	0.04
S-19	0.02	0.07	0.07	S-52	0.00	0.00	0.00
S-20	0.27	0.71	0.76	S-53	0.00	0.00	0.00
S-21	0.13	0.34	0.36	G-54	0.00	0.00	0.00
G-22	0.13	0.35	0.38	S-55	0.00	0.00	0.00
G-23	0.00	0.00	0.00	G-56	0.00	0.00	0.00
G-24	1.67	4.38	4.67	S-57	0.00	0.00	0.00
S-25	0.01	0.03	0.03	S-58	0.00	0.00	0.00

Tablo 3 (Devam)

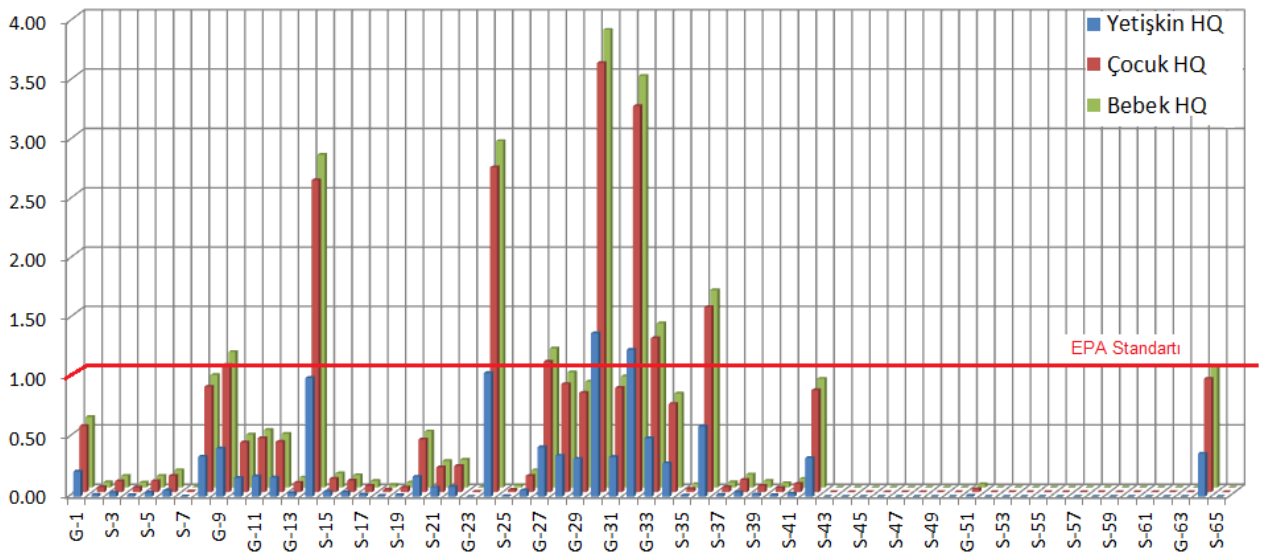
S-26	0.08	0.22	0.23	S-59	0.00	0.00	0.00
G-27	0.67	1.76	1.88	G-60	0.00	0.00	0.00
G-28	0.56	1.46	1.55	S-61	0.00	0.00	0.00
G-29	0.51	1.34	1.43	G-62	0.00	0.00	0.00
G-30	2.20	5.79	6.17	G-63	0.00	0.00	0.00
G-31	0.54	1.41	1.50	G-64	0.58	1.53	1.63
G-32	1.98	5.21	5.55	S-65	0.00	0.00	0.00
G-33	0.79	2.08	2.21				

Tablo 4. Yetişkin, Çocuk ve Bebek CDI değerleri

Yaş Grupları	CDI değerleri
Yetişkin	0.25±0.47
Çocuk	0.67±1.25
Bebek	0.71±1.34 ^a

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

^a Yetişkinler ile karşılaştırıldığında (p<0.05).

**Şekil 2.** İçme suyu yoluyla Elazığ ilinden alınan sularda nitrat için tehlike katsayı (HQ) değerleri

Tablo 5. Yetişkin, Çocuk ve Bebek HQ değerleri

Yaş Grupları	CDI değerleri
Yetişkin	0.16±0.29
Çocuk	0.42±0.78
Bebek	0.44±0.83 ^a

Değerler ortalama ± standart sapma olarak verilmiştir.

^a Yetişkinler ile karşılaştırıldığında (p<0.05).

Tartışma

Son dönemlerde yapılan su kimyası çalışmalarında, içme sularında yüksek seviyelerde nitrat konsantrasyonunun tespit edilmiş olması, birçok gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de önemli bir halk sağlığı sorunu olmaya başlamıştır.

Elazığ ilinde gerçekleştirilen bu çalışmada nitrat, su örneklerinin %32'inde tespit edilememişken, nitratın analiz edildiği su örneklerinde ise nitrat geniş bir değer aralığında değişmiştir. Özellikle yeraltı sularında (kaynak, kuyu) yüzey sularına oranla istatistiksel olarak daha yüksek nitrat değerleri analiz edilmiştir. Bu çalışmada, yeraltı sularında ölçülen yüksek nitrat değerleri, benzer şekilde yapılan birçok çalışmada ölçülen nitrat değerleri ile paralellik göstermiştir. Shukla ve Saxena (2018) Hindistan'ın, Janjevic (2017) Almanya'nın, Beutel ve ark., (2017) Amerika'nın, Cerdeira ve ark., (2008) Brezilya'nın, Tagma ve ark., (2009) Fas'ın, Thorburn ve ark., (2003) Avustralya'nın ve Ardıç (2013) Türkiye'nin bazı bölgelerinde yapmış oldukları çalışmalarda, çalışmamıza benzer sonuçlar elde etmiş ve yüksek nitrat seviyelerini, özellikle bu bölgelerde yapılan yoğun tarım ve hayvancılık faaliyetlerine bağlı olabileceğini söylemişlerdir.^{8,30-35} Bununla birlikte, bazı bölgelerde yeraltı

sularında tespit edilen yüksek nitrat konsantrasyonlarına, jeojenik faktörlerde de dahil olmak üzere, toprakta bulunan organik maddelerin aerobik ve anaerobik bakteriler tarafından parçalanması sonucu oluşan amonyak iyonunun oksidasyonu ile nitrate dönüşmesinin ve bu mekanizma sonucu toprakta oluşan nitratın yağmur veya sulama suyu ile yıkanarak yeraltı suyuna karışmasının da etkisi olduğu bildirilmiştir.³⁶⁻³⁹

Bu çalışmada, örnekleme yapılan bölgelerde analiz edilen yeraltı sularındaki yüksek nitrat konsantrasyonlarının, büyük oranda tarım ve hayvancılık faaliyetlerinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Yüzey sularında nitrat konsantrasyonlarının, yeraltı sularına oranla daha düşük seviyelerde analiz edilmesinin nedenin de hidrolojik su döngüsü kapsamında yağışların ve bu yağışlara bağlı olarak oluşan yüzeysel su akışlarının nitrat konsantrasyonunu zamanla seyrelterek azaltması şeklinde açıklanabilir.⁴⁰

Çalışmamızdaki yetişkinler, çocuklar ve bebekler olmak üzere üç farklı yaş grubu için hesaplanan nitrat kaynaklı tehlike seviyeleri (HQ) ile HQ hesaplanmasında kullanılan CDI değerlerinin yetişkinlere kıyasla bebeklerde daha belirgin olmak üzere, bebek ve çocuklarda daha yüksek olduğu görülmüştür. Bununla birlikte

çalışmamızda en dikkat çekici bulgunun; bazı lokasyonlarda WHO (2011) ve TSE (2005) tarafından izin verilen maksimum değerin (50 mg/L) altında nitrat konsantrasyonlarının ölçülmesine rağmen, özellikle bebeklerin kirletici konsantrasyonlara karşı daha hassas olduğu ve bunun sonucu olarak da bu yaş grubunda sağlık riskinin arttığı söylenebilir. Bebeklerde artan HQ değerinin sebebi olarak da HQ değerinin hesaplamasında kullanılan ve birim zamanda vücut ağırlığına göre temas eden bir kirletici madde miktarı olarak tanımlanan CDI değerlerindeki artış gösterilebilir.

Ardıç (2013), Eskişehir, Antalya, Bursa, Edirne, Erzurum, İzmir, Samsun, Trabzon illerinde içme suyu kaynaklarında nitrat yüküne bağlı hesaplanan tehlike seviyesinin belirlenmesine yönelik yaptığı çalışmada, hesaplanan tehlike seviyesinin ortalama değerde kabul edilebilir seviyede olduğunu (HQ<1) söylemiştir. Bununla birlikte çalışmamıza benzer şekilde bazı illerde çocuk grupların risk seviyesinin yetişkinlere göre daha yüksek olduğunu ve kirletici konsantrasyona karşı daha hassas olduklarını belirtmiştir. Aynı zamanda bazı illerde de erişkin ve çocuklarda herhangi bir risk teşkil etmediğini de söylemiştir.⁸

Qasemi ve ark., (2018) Azadshahr (İran) bölgesinde yapmış oldukları çalışmalarda, içme suyu amaçlı kullanılan yeraltı sularındaki nitrat seviyelerinin 1 ile 51mg/L arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, çocukların ve bebeklerin % 41'i için HQ değerlerinin, güvenlik seviyesinin üzerinde (HQ> 1) olduğu raporlanmıştır.²⁸

Ahada ve Suthar (2018) tarafından benzer bir çalışma Hindistan'ın Punjab bölgesinin güney kesiminde 76 farklı yerden alınan yeraltı

su örneği için gerçekleştirilmiştir. NO₃⁻ konsantrasyonları 38.45 – 198.05 mg/L aralığında ölçmüş ve ölçüm yapılan yerlere ait su örneklerinin %92'de izin verilen standartların üzerinde değerler görülmüştür. Yüksek NO₃⁻ alımının olası sağlık tehlikeleri, hem yetişkin hem de çocuklar için ABD EPA insan sağlığı risk değerlendirme (HQ) modeli kullanılarak tahmin edilmiştir. Tehlike katsayısı (HQ) değeri, yetişkinler için 1.09 - 5.65 ve çocuklar için 2.56 - 13.20 arasında hesaplanmıştır. Yapılan bu çalışma ile yetişkin nüfusun % 93.42'si ve çocuk nüfusun % 100'ünün nitrat alımının fazla olması nedeniyle daha yüksek toksisite riski altında olduğunu göstermektedir.⁴¹

Çalışmamızda nitrat kaynaklı HQ değerleri oransal olarak bebeklerde daha yüksek seviyede hesaplandığı, içme suyu ile alınan nitratın bebek sağlığı açısından dikkatli olunması gerektiğini ortaya koymuştur.

Sonuç olarak, Elazığ ilindeki su kaynaklarının büyük oranda içilebilir olduğu, yüzeysel sulara nitrat değerlerinin yeraltı sularından daha az olduğu, HQ değerlerinin bebeklerde daha yüksek olduğu, halk sağlığı konusunda karar vericilerin, özellikle bebek ve çocuk sağlığı açısından içme sularındaki nitratın neden olabileceği olumsuzluklar ile ilgili kontrolsüz tarım ve hayvancılık faaliyetleri yapılan yerlerde farkındalık oluşturmaları gerektiği, nitrat kirliliği saptanmış su kaynakları için kontrol önlemleri ve iyileştirme programlarının geliştirilmesi gerektiği kanaatine varılmıştır.

Çıkar Çatışması: Bu araştırmanın yürütüldüğü süreçte ve makale yazım sürecinde herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

Finansal Destek: Çalışma için parasal ve aynı herhangi bir katkı alınmamıştır.

Kaynaklar

1. IARC. Ingested nitrate and nitrite, and cyanobacterial peptide toxins, vol 94. IARC Press, International Agency for Research on Cancer, Lyon.
2. Keramati H, Ghorbani R, Fakhri Y, Khaneghah AM, Conti GO, Ferrante M, Ghaderpoori M, Taghavi M, Baninameh Z, Bay A. Radon 222 in drinking water resources of Iran: a systematic review, metaanalysis and probabilistic risk assessment (Monte Carlo simulation). *Food Chem Toxicol* 2018; 115: 460–469
3. Eziz M, Mohammad A, Mamut A, Hini G. A human health risk assessment of heavy metals in agricultural soils of Yanqi Basin, Silk Road Economic Belt, China. *Hum Ecol Risk Assess* 2018; 24: 1–15.
4. Baghani AN, Rostami R, Arfaeina H, Hazrati S, Fazlzadeh M, Delikhoon M. BTEX in indoor air of beauty salons: risk assessment, levels and factors influencing their concentrations. *Ecotoxicol Environ Safe* 2018; 159: 102–108.
5. Liang CP, Wang SW, Kao YH, Chen JS. Health risk assessment of groundwater arsenic pollution in southern Taiwan. *Environ Geochem Health* 2016; 38: 1271–1281.
6. Wang Z, Chai L, Wang Y, Yang Z, Wang H, Wu X. Potential health risk of arsenic and cadmium in groundwater near Xiangjiang River, China: a case study for risk assessment and management of toxic substances. *Environ Monit Assess* 2011; 175: 167–173.
7. Ni TH, Diao WP, Xu JG, Liu N. Non-carcinogenic risk assessment of eight metals in the source groundwater of Shaying River Basin. *Ecotoxicol* 2011; 20(5):1117–1123
8. Ardıç C. İçme Suyundaki Nitrat Konsantrasyonunun İnsan Sağlığı Üzerine Oluşturduğu Risklerin Belirlenmesi. Hacettepe Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi 2013; 120 Sayfa (Yayımlanmamış).
9. Wang Z, Jiang Y, Awasthi MK, Wang J, Yang X, Amjad A, Wang Q, Lahori AH, Zhang Z. Nitrate removal by combined heterotrophic and autotrophic denitrification processes: impact of coexistent ions. *Bioresour Technol* 2018; 250: 838–845.
10. Keeney DR. Nitrogen management for maximum efficiency and minimum pollution. *Nitrogen in Agricultural Soils*. ASA, Madison WI 1982; 605–650.
11. Khosravi R, Eslami H, Zarei A, Heidari M, Norouzian A, Baghani NS, Mokammel A, Fazlzadeh M, Adhami S. Comparative evaluation of nitrate adsorption from aqueous solutions using green and red local montmorillonite adsorbents. *Desalin Water Treat* 2018; 116: 119–128.
12. USEPA. Consumer factsheet on: Nitrates nitrites. Environmental Protection Agency 2006.
13. Weyer PJ, Municipal Drinking Water Nitrate Level and Cancer Risk in Older Women's Health Study. *Epidemiology* 2001; 12: 327-38.
14. Kaya S, Akar F. Metaller, diğer organik maddeler ve radyoaktif maddeler. Veteriner Hekimliğinde Toksikoloji . Medisan Yayınevi, Ankara 2002; 2: 240-243.
15. Zaldivar R. Nitrate fertilizers as environmental pollutants: positive correlation between nitrates (NaNO₃ and KNO₃) used per unit area and stomach cancer mortality rates. *Experientia* 1997; 33: 264 5.
16. Seffner W. Natural water contents and endemic goiter: a review. *Zentralbl Hyg Umweltmed* 1995; 196: 381-98.
17. Parslow RC, McKinney PA, Law GR, Staines A, Williams R, Bodansky HJ. Incidence of childhood diabetes mellitus in Yorkshire, northern England, is associated with nitrate in drinking water:

An ecological analysis, *Diabetologia* 1997; 40: 550-556.

18. Arbuckle TE, Sherman GJ, Corey PN, Walters D, Lo B. Water nitrates and CNS birth defects: a population-based case-control study. *Arch Environ Health* 1988; 43: 162-167.

19. USEPA. Integrated risk information system (IRIS). United States Environmental Protection Agency, Washington, DC, 2013.

20. WHO. Guidelines for drinking-water quality: recommendations. World Health Organization, Geneva, 2011.

21. Türk Standartlar Enstitüsü. Water intended for human consumption. Turkish Standards Institution 2005; s. 20.

22. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Elazığ ili meteoroloji verileri. <https://www.turkiye.gov.tr/meteoroloji-genel-mudurlugu>. Erişim Tarihi: 1 Eylül 2019.

23. Demirtaş MN. Elazığ İlinin Tarımsal Üretim Potansiyeli Ve Sorunları. *Ziraat Mühendisliği* 2016; 363: 38-43.

24. Türkiye İstatistik Kurumu. Hayvancılık İstatistikleri. 2018; http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1002. Erişim Tarihi: 12 Temmuz 2019.

25. Yum-Bir. Yumurta Tavukçuluğu Birliği Verileri. 2017; <https://www.yum-bir.org/UserFiles/File/yumurta-veriler2019web.pdf>. Erişim Tarihi: 10 Haziran 2019.

26. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Elazığ ili Çevre Durum Raporu 2017; <https://ced.csb.gov.tr/2017-yili-il-cevre-durum-raporlari-i-85928>. Erişim Tarihi: 12 Mayıs 2019.

27. Miri M, Bhatnagar A, Mahdavi Y, Basiri L, Nakhaei A, Khosravi R, Eslami H, Ghasemi SM, Balarak D, Alizadeh A. Probabilistic risk assessment of exposure

to fluoride in most consumed brands of tea in the Middle East. *Food Chem Toxicol* 2018; 115: 267-272.

28. Qasemi M, Farhang M, Biglari H, Afsharnia M, Ojrati A, Khani F, Samiee M, Zarei A. Health risk assessments due to nitrate levels in drinking water in villages of Azadshahr, northeastern Iran. *Environmental Earth Sciences* 2018; 77: 782.

29. Radfard M, Yunesian M, Nabizadeh R, Biglari H, Nazmara S, Hadi M, Yousefi N, Yousefi M, Abbasnia A, Mahvi AH. Drinking water quality and arsenic health risk assessment in Sistan and Baluchestan, Southeastern Province, Iran. *Hum Ecol Risk Assess* 2018; 24: 1-17.

30. Shukla S, Saxena A. Global Status of Nitrate Contamination in Groundwater: Its Occurrence, Health Impacts, and Mitigation Measures, *Handbook of Environmental Materials Management* 2018; pp 1-21.

31. Janjevic D. Nitrate threatens groundwater in Germany. 2017; <http://p.dw.com/p/2VBY0>. Erişim Tarihi: 20 Aralık 2019.

32. Beutel MW, Duvil R, Cubas FJ, Grizzard TJ. Effects of nitrate addition on water column methylmercury in Occoquan Reservoir, Virginia, USA. *Water Res* 2017; 110:288-296.

33. Cerdeira AL, Paraiba LC, Katagiri K, Bolonhezi D, Gomes MAF, Spadotto CA, Neto CF, Matallo MB, Momm H. Nitrate in groundwater in Ribeirão Preto City area in Brazil. *Pesticidas: Rev ecotoxicol e meio ambiente* 2008; 18:1-8.

34. Tagma T, Hsissou Y, Bouchaou L, Bouragba L, Boutaleb S. Groundwater nitrate pollution in Souss-Massa basin (south-west Morocco). *Afr J Environ Sci Technol*. 2009; 3(10):301-309.

35. Thorburn PJ, Biggs JS, Weier KL, Keating BA. Nitrate in groundwaters of

intensive agricultural areas in coastal Northeastern Australia. *Agric Ecosyst Environ* 2003; 3(94):49–58.

36. Self R, Waskom RM. Nitrates in drinking water, fact sheet no. 0.517 crop series soil. 2014; <http://extension.colostate.edu/docs/pubs/crops/00517.pdf>. Erişim tarihi: 20 Aralık 2019.

37. Holloway JM, Dahlgren RA. Nitrogen in rock: occurrences and biogeochemical implications. *Glob Biogeochem Cycles* 2002; 16(4):65-1–6517. 1118

38. Holloway JM, Smith RL. Nitrogen and carbon flow from rock to water: regulation through soil biogeochemical processes, Mokelumne River watershed, California, and Grand Valley, Colorado. *J Geophys Res* 2005; 110:F01010

39. Gupta A, Ronghang M, Kumar P, Mehrotra I, Kumar S, Grischek T, Sandhu C, Knoeller K. Nitrate contamination of riverbank filtrate at Srinagar, Uttarakhand, India: a case of geogenic mineralization. *J Hydrol* 2015; 531:626–637.

40. Wang H, Gao J, Li X, Zhang S, Wang H. Nitrate Accumulation and Leaching in Surface and Ground Water Based on Simulated Rainfall Experiments, *PLoS ONE* 2015; 10(8): e0136274.

41. Ahada CPS, Suthar S. Groundwater nitrate contamination and associated human health risk assessment in southern districts of Punjab, India. *Environmental Science and Pollution Research* 2018; 25: 25336–25347.