



Mustafa YİPEL
İbrahim Ozan TEKELİ

Mustafa Kemal Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi,
Farmakoloji ve Toksikoloji
Anabilim Dalı,
Hatay, TÜRKİYE

Geliş Tarihi : 26.02.2016
Kabul Tarihi : 01.04.2016

**Yazışma Adresi
Correspondence**

Mustafa YİPEL
Mustafa Kemal Üniversitesi,
Veteriner Fakültesi,
Farmakoloji ve Toksikoloji
Anabilim Dalı,
Hatay - TÜRKİYE

musyip@hotmail.com

ARAŞTIRMA

F.Ü.Sağ.Bil.Vet.Derg.
2016; 30 (2): 107 - 112
http://www.fusabil.org

İskenderun-Samandağı Arası Denize Dökülen Yüzeysel Su Kaynaklarının Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması*

Koruma politikalarına rağmen çeşitli sebeplerle ekosistem hızlı bir şekilde kirlenmektedir. Dolayısıyla kirlilik düzeyinin ve canlı sistemler üzerine etkilerinin periyodik aralıklarla izlenmesi gerekmektedir. Ağır metaller; birçok alanda aşırı kullanımı, canlı sistemlerde birikme eğilimi ve besin zinciriyle üst basamaklardaki canlılara artarak taşınmaları nedeniyle sucul kirlenmeler arasında önemli bir sınırı oluşturmaktadır. Ekolojik önemi nedeniyle ağır metal kirliliği açısından Amanos Dağları yüzeysel suların sürekli izlenmesi ve ekosistem üzerindeki çevre kirliliğinin oluşturduğu stresin önceden belirlenmesi önemlidir. Ağır metallerden; canlılar açısından riskler oluşturan ve herhangi bir biyolojik değeri bilinmeyen Al, As, Cd, Hg ve Pb ile canlılar için esansiyel fakat belirli düzeylerin üzerinde birikim yoluyla meydana getirdikleri zararlı etkiler açısından önemli olan Cu, Cr, Fe, Ni ve Zn düzeyleri belirlenerek ekolojik risk açısından değerlendirilmiştir. Yapılan risk değerlendirmesi sonucunda bölgesel herhangi bir riskin olmadığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, Amanos Dağları, çevre kirliliği, ekosistem, İskenderun

Investigation of Heavy Metal Pollution of Surface Water Resources That Drains into the Sea Between Iskenderun and -Samandağ

Despite the protection policies, the ecosystem rapidly become contaminated by a various reasons. Therefore, the level of pollution and its effects on living systems should be monitored at periodic intervals. Heavy metals constitute an important class of aquatic pollutants because of excessive use in many areas, tend to accumulate in the living systems and increased transportation in upper level to the living creatures by food chain. Amanos Mountain's surface waters need to be constantly monitored in terms of pre-defined the stress of environmental pollution on the ecosystem. The heavy metal levels of Al, As, Cd, Hg and Pb which are creates risks for living creatures and unknown of any biological value, and for Cu, Cr, Fe, Ni and Zn which are essential for the living creatures but have harmful effects above a certain level by accumulation will be determined and assess in terms of ecological risks. In this respect, it is determined that there is no risk regionally.

Key Words: Heavy metal, Amanos Mountains, environmental pollution, ecosystem, Iskenderun

Giriş

Yirminci yüzyılda organik kimya bilimi ve endüstrisindeki hızlı gelişmeler, çevre kirlenmelerinin en önemli grubunu oluşturan kimyasalların sayısını hızla arttırmıştır. Gelişmekte olan ülkeler arasında olan Türkiye'de, hızlı nüfus artışıyla birlikte artan ihtiyacı karşılamak amacıyla gerçekleştirilen endüstriyel, kentsel ve tarımsal faaliyetler sonucu su kaynakları kirlenmektedir. Kirlilikte temel sorun, birçok tehlikeli atığın kontrolsüz ve yasal olmayan şekilde akarsu, göl ve deniz gibi alıcı ortamlara verilmesidir. Su kirliliği, evsel ve endüstriyel sıvı atıklar ile tarımsal gübreler ve zirai mücadele amacıyla kullanılan ilaçların, su ortamlarına taşınmaları sonucu meydana gelmektedir. Su kaynaklarının kirliliği, kullanımını bozacak veya ciddi oranda kalitesini düşürecek biçimde içerisinde organik, inorganik, radyoaktif veya biyolojik bazı maddelerin bulunmasıdır. Sınırlı olan su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi sürdürülebilir kullanımı için önemlidir (1, 2). Ayrıca ekosisteme yansıyan bu kirlilik insanların yanı sıra bölgede yaşayan yaban hayatı ve diğer ekolojik unsurların da yaşamını tehdit eden boyutlara ulaşabilmektedir (3). Demir-çelik, gübre ve çimento sektörünün önemli bir merkezi olan Hatay 2010 yılında en fazla tehlikeli atık üretilen iller arasında ilk sıralardadır (4, 5). Bölgede hava kirliliğine neden olan sanayi kaynaklı ağır metaller, yağışlarla toprak kontaminasyonuna yol açmakta (5), bu durumun yüzeysel sulara da yansması olabilmektedir. Kimyasal su kirliliğinin en tehlikeli boyutunu ağır metaller oluşturmaktadır (6, 7). Bu amaçla su ortamlarındaki kimyasal kirlilik seviyesinin belirlenmesinde, su, sediment ve ortamda bulunan sucul organizmaların kimyasal madde miktarları çok önemlidir (2).

* Bu çalışma, Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Proje (BAP-11963) Koordinatörlüğü tarafından desteklenmiştir.

Çalışma alanını içine alan Amanos Dağları ve civarı, bazı endemik türleri barındıran ve göçmen kuşların rotası üzerinde bulunan, yaban hayat unsurları açısından zengin ve önemli bir bölgedir (8, 9). Günümüzde halen varlıklarını sürdüren bu türlerin Hatay ve civarında kullandıkları su kaynakları dolayısıyla ağır metaller başta olmak üzere çevre kirleticilerine hangi ölçüde maruz kaldıkları bilinmemektedir. Ortamdaki fiziki, kimyasal ve biyolojik yıkımlanmalara dayanıklı olan metaller, zararsız forma dönüştürülemez ve çevrelerinden direkt maruz kalma ya da kimyasalları içeren gıdaları tüketmeleriyle besin zincirini oluşturan organizmaların doku ve organlarında birikerek (biyobirikim, biyoakümülyasyon) zararlı miktarlara ulaşabilirler. Su ortamında bir değil, birden fazla metal bulunmaktadır. Bu sebeple bir organizma çok sayıda metalin çeşitli fiziki-kimyasal formlarına maruz kalmaktadır. Ekosistemdeki canlılar ağır metalleri besinler, içme suları ya da solunum, deri teması gibi çeşitli yollarla bünyelerine almaktadırlar. Metal toksisitesiyle ilgili iki mekanizma (enzim inhibisyonu ve esansiyel elementlerin yerini alma) mevcuttur (1, 2). Canlılar açısından herhangi bir biyolojik faydası bilinmeyen Al, As, Cd, Hg ve Pb ile canlılar için esansiyel fakat belirli düzeylerin üzerinde birikim yoluyla meydana getirdikleri zararlı etkiler açısından; Cu, Cr, Fe, Ni ve Zn ağır metalleri toksikolojik açıdan önemlidir (3, 10, 11). Su kaynaklarının Ekolojik Risk Değerlendirmesi'nde kullanılan kirlilik parametreleri için (su kalitesinin belirlenmesi amacıyla) 04.09.1988 tarihli "Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği" ve 30.11.2012 tarihli "Kıta İçi Yüzeysel Suların Kalitesine Göre Sınıflandırılması" çizelgesinden faydalanılmaktadır (12, 13).

Bu çalışmayla Samandağ-İskenderun arasındaki Akdeniz'e dökülen Amanos Dağları yüzeysel su kaynaklarının ağır metal düzeyleri belirlenerek ekoloji açısından risk değerlendirmesinin yapılması amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem

Çalışmanın materyalini Amanos Dağları üzerindeki Samandağ-İskenderun arasından Akdeniz'e dökülen ve kordinatları belirtilen (N:36.440218 E:36.050064, N:36.359290 E:35.922785, N:36.17812 E:35.87821, N:36.24760 E:35.82327, N:36.365153 E:35.831201, N:36.35569 E:35.83324, N:36.429484 E:36.027967, N:36.418852 E:35.898324, N:36.19442 E:35.86464, N:36.25872 E:35.81605, N:36.236394 E:35.835593, N:36.36576 E:35.84334, N:36.450211 E:35.926208, N:36.494270 E:35.999609, N:36.20342 E:35.85787, N:36.26761 E:35.80980, N:36.33348 E:35.82032, N:36.540002 E:36.121236, N:36.427325 E:35.901095, N:36.534084 E:36.037901, N:36.22002 E:35.84890, N:36.28999 E:35.78598, N:36.34841 E:35.82061, N:36.12207 E:35.92409) 24 noktadan alınan su örnekleri, 14 noktadan alınan sediment örnekleri ve 11 noktadan alınan toprak örnekleri oluşturmaktadır. Alınan örnekler soğuk zincir altında MKÜ Veteriner Fakültesi Farmakoloji ve Toksikoloji Anabilim Dalı laboratuvarına

getirilerek kayıt altına alındı. Daha sonra enstrümantal analiz öncesi işlemler gerçekleştirilerek cam tüplere koyuldu ve +4 °C'de analizleri yapılabilecek kadar saklandı. Su numunelerinin alındıkları andaki sıcaklık ve pH değerleri kaydedildi. Örneklere, bakteri oluşumunu önlemek ve kararlı halde kalmalarını sağlamak amacıyla hacimce %1 olacak şekilde 0.1 mol/L nitrik asit eklendi. Belirlenen su kaynaklarının bentik bölgelerinden sondaj borusu yardımıyla 30 cm derinliğinden sediment örnekleri etiketlenmiş numune kaplarına alındı. Etüvde 110 °C'de 24 saat kurutularak sabit kuru kütleleri elde edildi. Daha sonra porselen havanda dövülerek 100 meşlik elekten geçirilerek polietilen kaplara alındı ve etüvde tekrar kurutuldu. İşlem esnasında kullanılacak tüm malzemeler (beher, saat camı, baget, balon joje, pipet, erlen, havan, polietilen kaplar ve krozeler) kromik asitte bekletildikten sonra saf sudan geçirilerek 100-105 °C'de kurutuldu. Sediment örneklerinden 3 g alınarak 50 mL'lik beherlerde 1/3 oranındaki derişik HNO₃ ve HCl ile çözündürme işlemi gerçekleştirildi. Asitten tamamen uzaklaştırılmış ve çözündürülmüş örnekler %1'lik 0.1 mol/L HNO₃ içeren çözeltiyle yıkanarak 45 µm'lik Whatman süzgeç kağıdından süzülüp 50 mL'lik balon jöjelere aktarıldı. Su kaynakları çevresinden alınan toprak örnekleri elendikten sonra 24 saat süreyle etüvde kurutuldu. Kuru kütleleri belirlendikten sonra örnekler 0.1 mol/L HNO₃ ile asitlendirilip, süzgeç kağıdından süzülerek suyla 100 mL'ye tamamlanarak analize kadar +4 °C'de muhafaza edildi. Analizi yapılacak örneklere organik maddelerin yıkımlanması ve düzeyleri belirlenecek metallerin serbest hale getirilmesi amacıyla EPA'nın 3051 ve 3015 nolu metodlarına göre mikrodalgada yakma işlemi uygulandı (14, 15). Ağır metal (Al, As, Cd, Cu, Cr, Fe, Hg, Ni, Pb ve Zn) düzeylerinin enstrümantal analizleri kantitatif olarak ICP-OES cihazı kullanılarak spektrofotometrik yöntemle EPA'nın 200.7 nolu metoduna göre ölçülerek belirlendi (16). Validasyon için her örnek 3'er kez okutuldu. Metod validasyonu Avrupa Birliği'nin 2002/657 sayılı direktifi (17) doğrultusunda gerçekleştirildi. Enstrümantal analiz sonucu elde edilen veriler istatistiksel olarak, en alt ve en üst değerler ile aritmetik ortalamalar ve standart sapma hesaplamaları "SPSS 23.0.0" istatistik paket programı kullanılarak hesaplandı.

Belirlenen noktalardan alınan su örneklerinin kaliteleri, 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı "Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği" (13) parametreleriyle karşılaştırılarak değerlendirildi.

Bulgular

Çalışma kapsamında kordinatları belirtilen 24 noktadan su örnekleri, 14 noktadan sediment örnekleri ve 11 noktadan toprak örnekleri alınarak Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn ağır metalleri yönünden ICP-OES cihazı ile analizleri yapılarak miktarları belirlenmiştir. Belirlenen ortalama metal düzeyleriyle standart sapma, minimum ve maksimum değerleri Tablo 1'de verilmiştir.

Analizlerden önce ICP-OES cihazı her bir element için 0.1, 0.25, 0.5, 1 ve 2 mg/L standart solüsyonlar

kullanılarak kalibre edilmiştir. Cihaz şartları Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca 0.1 mg/L'lik çözelti kalite kontrol çözeltisi olarak kullanılmıştır. Yöntem duyarlılığını göstermesi açısından her bir parametre için tespit

edilebilir sınırları (LOD) ve kantitatif derişim sınırı (LOQ) çalışması yapılmış ve çalışmalar sonucunda elde edilen değerler Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 1. Su, sediment ve toprak örneklerinin ağır metal düzeyleri (ortalama, minimum ve maksimum değerler) (mg/kg)

Metal	Su (n:24)	Sediment (n:14)	Toprak (n:11)
Al	0.03±0.02 (0.02-0.09)	5850.86±5147.52 (772-17700)	7521.91±6204.34 (799-21000)
As	< 0.012	0.91±1.00 (0.01-3.30)	1.50±1.03 (0.01-3.47)
Cd	< 0.001	1.03±0.32 (0.38-1.61)	1.29±0.44 (0.38-2.00)
Cr	0.01±0.00 (0.00-0.02)	130.47±98.60 (32-401)	127.06±92.60 (21-314)
Cu	0.01±0.01 (0.00-0.03)	12.63±9.70 (2.48-34.70)	15.49±13.16 (0.88-43.50)
Fe	0.06±0.05 (0.02-0.26)	6463.57±1133.57 (3290-7860)	7375.45±1648.34 (3290-9230)
Hg	< 0.009	0.10±0.06 (0.01-0.22)	0.04±0.04 (0.01-0.10)
Ni	0.01±0.00 (0.00-0.02)	341.37±217.95 (33-665)	353.14±284.96 (32-921)
Pb	< 0.007	1.10±0.64 (0.43-2.48)	2.73±1.97 (1.04-8.03)
Zn	0.02±0.01 (0.01-0.05)	15.91±4.39 (9.02-24.90)	24.67±9.26 (12.70-46.80)

Tablo 2. Cihaz çalışma şartları

Şart	Sonuç
Radyo frekans üretim gücü	1.25 kW
Nebulizer akış hızı	0.70 L/dk
Plazma gaz akış hızı	15 L/dk
Taşıyıcı gaz akış hızı	1.5 L/dk
Pompa hızı	15 rpm
Görüş yüksekliği	10 mm
Bütünleşme zamanı	30 s

Su örneklerinin analizinden elde edilen veriler incelendiğinde en yüksek değerler; Al 0.091 mg/kg, As tüm istasyonlarda <0.012 mg/kg, Cd tüm istasyonlarda <0.001 mg/kg, Cr 0.024 mg/kg, Cu 0.028 mg/kg, Fe 0.264 mg/kg, Hg tüm istasyonlarda <0.009 mg/kg, Ni 0.021, Pb tüm istasyonlarda <0.007 mg/kg ve Zn 0.046 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Sediment örneklerinin analizinden elde edilen veriler incelendiğinde en yüksek değerler; Al 17700 mg/kg, As 3.32 mg/kg, Cd 1.61 mg/kg, Cr 401 mg/kg, Cu 34.7 mg/kg, Fe 7860 mg/kg, Hg 0.224 mg/kg,

Ni 665 mg/kg, Pb 2.48 mg/kg ve Zn 32.2 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Tablo 3. Validasyon çalışmaları

Metal	Dalga boyu (nm)	LOQ (µg/L)	% Geri Kazanım 0.1 mg/L için
Al	308.215	0.010	110
As	193.696	0.012	85
Cd	226.502	0.001	97
Cr	267.716	0.002	104
Cu	324754	0.002	112
Fe	238.204	0.001	101
Hg	184.887	0.009	90
Ni	231.604	0.003	98
Pb	220.353	0.007	96
Zn	213.857	0.001	99

Toprak örneklerinin analizinden elde edilen veriler incelendiğinde en yüksek değerler; Al 21000 mg/kg, As 3.54 mg/kg, Cd 2.13 mg/kg, Cr 314 mg/kg, Cu 30.6 mg/kg, Fe 9230 mg/kg, Hg 0.102 mg/kg, Ni 921 mg/kg, Pb 8.3 mg/kg ve Zn 58.9 mg/kg olarak belirlenmiştir.

Su, sediment ve toprak örneklerinde en düşük ortalamaların su, en yüksek ortalamaların ise Cr ve Hg hariç toprak örneklerinde olduğu (Tablo 1) tespit edilmiştir. Yapılan Tukey testi sonucu su ve toprak örneklerinde Hg dışındaki tüm metaller için istatistiksel fark önemli bulunmuşken, sediment ve toprak örneklerinde sadece Cd, Pb ve Zn ortalamaları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur (P<0.05).

Su Kaynaklarının Kalite ve Risk Değerlendirmesi: Tablo 4 incelendiğinde su örneklerinin ağır metal düzeyleri kalite sınıflandırmasında 11 nolu istasyon Cu, 12 nolu istasyon Ni, 17 nolu istasyon Cu yönünden 2. sınıf kalite sınıfında olması dışında diğer tüm istasyonların yüzeysel sular ağır metal kalite sınıflandırması yönünden 1. sınıfta olduğu tespit

edilmiştir. Cd, Hg ve Pb düzeyleri tüm istasyonlarda gözlenebilirlik sınırlarının (LOQ) altında bulunmuştur. Fakat LOQ sınırlarında bile olsa kalite açısından 1. sınıf olarak gruplandırılabilirler. Bu durum suların yerleşim yerlerine ulaşmadan önce düzeyleri sınıflandırılan metaller açısından ekolojik bir risk oluşturmadığını göstermektedir.

Tablo 4. Su örneklerinin yüzeysel sular kalite sınıfları

No	Kordinat	Cd	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn
1	N: 36.440218 E: 36.050064	1	1	1	1	1	1
2	N: 36.429484 E: 36.027967	1	1	1	1	1	1
3	N: 36.450211 E: 35.926208	1	1	1	1	1	1
4	N: 36.427325 E: 35.901095	1	1	1	1	1	1
5	N: 36.359290 E: 35.922785	1	1	1	1	1	1
6	N: 36.418852 E: 35.898324	1	1	1	1	1	1
7	N: 36.494270 E: 35.999609	1	1	1	1	1	1
8	N: 36.534084 E: 36.037901	1	1	1	1	1	1
9	N: 36.17812 E: 35.87821	1	1	1	1	1	1
10	N: 36.19442 E: 35.86464	1	2	1	1	1	1
11	N: 36.20342 E: 35.85787	1	1	1	2	1	1
12	N: 36.22002 E: 35.84890	1	1	1	1	1	1
13	N: 36.24760 E: 35.82327	1	1	1	1	1	1
14	N: 36.25872 E: 35.81605	1	1	1	1	1	1
15	N: 36.26761 E: 35.80980	1	1	1	1	1	1
16	N: 36.28999 E: 35.78598	1	2	1	1	1	1
17	N: 36.365153 E: 35.831201	1	1	1	1	1	1
18	N: 36.236394 E: 35.835593	1	1	1	1	1	1
19	N: 36.33348 E: 35.82032	1	1	1	1	1	1
20	N: 36.34841 E: 35.82061	1	1	1	1	1	1
21	N: 36.35569 E: 35.83324	1	1	1	1	1	1
22	N: 36.36576 E: 35.84334	1	1	1	1	1	1
23	N: 36.540002 E: 36.121236	1	1	1	1	1	1
24	N: 36.12207 E: 35.92409	1	1	1	1	1	1

Tartışma

Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de giderek artan çevre kirliliği; birincil olarak yaşam dengesini baskı altına alması yanında besin zincirine giren unsurlarıyla da canlılar üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir.

Amanos Dağları sahip olduğu yaban hayvanları ve bitki çeşitliliği gibi unsurlar açısından ekolojik önemi ön plana çıkan bir bölgedir. Bu nedenle Amanos Dağları yüzeysel su kaynakları yaban hayatı ve bölgedeki insan aktiviteleri açısından oldukça önemlidir. Dolayısıyla bu çalışmada Amanos Dağları su kaynaklarının kirliliği araştırılmış ve ekolojik risk değerlendirme yapılmıştır.

Ülkemizdeki yüzeysel suların kimyasal kalitelerinin belirlenmesi ve kaliteli su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirler kapsamında 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği'nde ağır metallerin kalite sınıflandırması açısından limitleri belirlenmiştir (13).

Su, sediment ve toprak örnekleri metal düzeyleri ortalamalarına (Tablo 1) bakıldığında toksikolojik açıdan son derece önemli olan Cd (<0.001), Hg (0.009) ve Pb (<0.007) gibi canlılar için esansiyel olmayan toksik metal düzeylerinin su örneklerinde düşük olması ve yüzeysel

sular kalite sınıfları açısından 1. sınıf olması bölgede yaşayan insan ve yaban hayat unsurları açısından risk oluşturmadığını işaret etmektedir. Bu durum yüzeysel sularda doğal kaynaklı (maden yataklarından geçen yer altı suları yoluyla) ya da atmosfer (katı veya fosil yakıt kullanımına bağlı) kaynaklı antropojenik (insan kaynaklı) esansiyel olmayan olası toksik metal girişinin tolere edilebilir düzeylerde olduğu anlamına gelmektedir.

Yapılan bu çalışma Amanos Dağ silsilesinin güney kısmında Samandağ-Arsuz arasından denize dökülen yüzeysel su kaynaklarında yapılan ilk çalışma olma özelliği taşımaktadır. Bundan dolayı bölgede karşılaştırma yapılabilecek çalışma sayısı yetersizdir.

Çalışma bölgesine yakın bir bölgede Yılmaz ve Doğan (18) tarafından Asi Nehri suyunda ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn değerlerinin çalışmamıza göre yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca Cd, Cu, Ni ve Pb düzeyleri için kalite sınıflandırması yönünden 2. sınıf ve üzeri olarak değerlendirilmiştir. Bu farklılığın uluslararası bir nehir olan Asi'nin çalışmamızdaki yüzeysel su kaynaklarına göre daha yoğun kentsel ve tarımsal faaliyetlere (tarımsal ilaç kullanım ve tarımsal aletlerde fosil yakıt kullanımı) maruz kalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Ağca ve ark. (19) tarafından Amik Ovası yüzeysel sularının ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada Pb ve Zn miktarlarının benzer düzeyde; Cd, Cr, Cu, Fe ve Ni düzeylerinin çalışmamıza göre yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun muhtemelen ovadaki tarımsal faaliyetlerden ya da toprağın yapısal farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Mineralli su kaynaklarının As ve Fe miktarlarının belirlendiği Korkmaz ve Karataş (20) tarafından yapılan çalışmanın verileriyle kıyaslandığında çalışmamızın verilerinin daha düşük olduğu görülmüş ve sebebinin yeraltı sularının geçişleri ve ısılarının yüksek olmasından kaynaklı olabileceği kanısına varılmıştır.

Özbay ve ark. (21) tarafından Amanos Dağları'nın da içerisinde olduğu Toros Dağları sisteminde yer alan Bolkar Dağları'ndan doğarak Akdeniz'e dökülen Berdan Çayı'nın ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada su örneklerinde Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn düzeylerinin çalışmamıza göre yüksek olduğu, sedimet örneklerinde ise Al, Cd, Cu, Fe, Pb ve Zn düzeyleri yüksekken, Cr ve Ni düzeyleri düşük olduğu görülmüştür. Aydın ve Çoşkun (22) tarafından Toros Dağları üzerinden Göksu Nehri ile birleşerek Akdeniz'e dökülen Zamanti Irmağı'nın ağır metal düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada su örneklerinde Cd, sedimet örneklerinde Cd ve Cr düzeylerinin çalışmamıza göre düşük olduğu, su örnekleri Cr düzeyinin ise çalışmamızdan yüksek olduğu tespit edilmiştir. Davutluoğlu ve ark. (23) tarafından Orta Toroslardan Akdeniz'e dökülen Seyhan Nehri'nin

sediment metal düzeylerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada Ni düzeyinin çalışmamıza göre düşük olduğu, Cd, Cr, Cu, Pb ve Zn düzeylerinin ise yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu farklılıklar akarsuların geçtiği bölgelerdeki kirlilik kaynaklarının ve örnekleme noktalarının bir yansımasıdır.

Sonuç olarak 24 noktadan alınan su örneklerinin ağır metal düzeyleri incelendiğinde Samandağı-İskenderun arasından denize dökülen Amanos Dağları yüzeysel sularının kalite düzeyleri, sınırlandırılan metaller açısından doğal kirlilik düzeylerinde kaldığı ve ekolojik bir risk oluşturmadığı belirlenmiştir. Fakat bölgedeki diğer ekolojik ve yaban hayat unsurları üzerinde oluşturdukları ağır metal stres düzeylerinin planlanacak yeni çalışmalarla ortaya konulması gerekmektedir.

Diğer yandan yüzeysel su kaynaklarının tespiti ve örnek toplama aşamasında bölgede meyvecilik ve diğer tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü gözlemlenmiştir. Bu nedenle yüzeysel suların ağır metaller gibi pestisit kirliliğinin de araştırılması önerilmektedir. Ayrıca bu kirlilik izleme çalışmalarının kurulacak bir merkez tarafından mevsimsel ve periyodik olarak yapılması insan ve yaban hayatın devamlılığı açısından son derece önemlidir.

Bölgede içme suyu ya da gıda maddesi hazırlanması ve yapımında bu kaynaklardan yararlanılması durumlarında tüketim senaryoları üzerinden çalışılan metalleri günlük ve haftalık alım miktarları belirlenerek insan sağlığı risk değerlendirilmesinin de yapılması halk sağlığı açısından kaynakların daha güvenli kullanımı için önemlidir.

Kaynaklar

1. Yarsan E, Yipel M. The important terms of marine pollution "biomarkers and biomonitoring, bioaccumulation, bioconcentration, biomagnification". *J Mol Biomark Diagn* 2013; 1: 1-4.
2. Yipel M, Yarsan E. A risk assessment of heavy metal concentrations in fish and an invertebrate from the gulf of Antalya. *Bull Environ Contam Toxicol* 2014; 93: 542-548.
3. Ribeiro CAO, Vollaieb Y, Sanchez-Chardic A, Roche H. Bioaccumulation and the effects of organ chlorine pesticides, PAH and heavy metals in the Eel (*Anguilla anguilla*) at the Camargue Nature Reserve, France. *Aqua Toxicol* 2005; 74: 53-69.
4. Taşkan Ş. Türkiye'de Tehlikeli Atık Oluşumu ve Bertarafı. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul: Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2013.
5. Ergün N, Yolcu H, Karanlık S, Dikkaya E. Amanoslar'da (Hatay) yetişen bazı bitki türlerinde ağır metal birikimi ve mineral içerik üzerine bir çalışma. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi* 2010; 3: 121-127.
6. Sönmez AY. Karasu Irmağında Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi ve Bulanık Mantıkla Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erzurum: Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.
7. Guner U. Heavy metal effects on P, Ca, Mg, and total protein contents in embryonic pleopodal eggs and stage-1 juveniles of freshwater crayfish *Astacus leptodactylus* (Eschscholtz, 1823). *Turk J Biol* 2008; 34: 405-412.
8. Korkmaz H, Gürbüz M. Amik Gölü'nün kültürel ekolojisi. *Marmara Coğrafya Dergisi* 2008; 17: 1-26.
9. Tok V. Hatay bölgesinde yaşayan iki yaşamlılar (Amphibia) ve sürüngenler (Reptilia). In: Ergün Y, Özdelek Ş, Pamir H. (Editörler). *Ekolojik Okur Yazarlık*. Hatay: Mustafa Kemal Üniversitesi Yayınları, 2008: 134-148.
10. Salihoğlu G, Karaer F. Uluabat gölü için ekolojik risk değerlendirmesi. *İTÜ Dergisi* 2005; 15: 17-28.
11. Abdel-Gawad FK, Ibrahim HS, Ammar NS, Ibrahim M. Spectroscopic analyses of pollutants in water, sediment and fish. *Spectrochim Acta Part A Mol Biomol Spectrosc* 2012; 97: 771-777.
12. Küçükali UF. Bursa / Nilüfer Çayı'nın Başköy – Kestel Bölümü ve Alt Havzalarının Kirlilik Ve Risk Analizi. Doktora Tezi, İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2012.
13. Anonim. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği. Resmi Gazete, 30 Kasım 2012, sayı: 28483, Ankara 2012.
14. EPA. Method 3051A. Microwave assisted acid digestion of sediments, sludges, soils, and oils. U.S. Environmental Protection Agency 2007.

15. EPA. Method 3015A Microwave assisted acid digestion of aqueous samples and extracts. U.S. Environmental Protection Agency 2007.
16. EPA. Method 200.7, Revision 5.0. Trace elements in water, solids, and biosolids by inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry, EPA 821-R-01-010, 2001.
17. EC/2002/657. Commission Decision of 12 August 2002 implementing Council Directive 96/23/EC concerning the performance of analytical methods and the interpretation of results, Off. J. Eur. Commun. 2002, L221, 8-36.
18. Yılmaz AB, Dogan M. Heavy metals in water and in tissues of himri (*Carasobarbus luteus*) from Orontes (Asi) River, Turkey. *Environ Monit Assess* 2008; 144: 437-444.
19. Agca N, Karanlık S, Odemis B. Assessment of ammonium, nitrate, phosphate, and heavy metal pollution in groundwater from Amik Plain, Southern Turkey. *Environ Monit Assess* 2014; 186: 5921-5934.
20. Korkmaz H, Karataş A. Hatay ili mineralli su kaynakları. *Türk Coğrafya Kurumu Yayınları* 2011; 5: 393-410.
21. Özbay Ö, Göksu MZL, Alp MT, Sungur MA. Berdan çayı (Tarsus - Mersin) sedimentinde ağır metal düzeylerinin araştırılması. *Ekoloji* 2013; 22: 68-74.
22. Aydın D, Coskun OF. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and some living organisms from the Zamanti River in Turkey. *International Journal of Natural and Engineering Sciences* 2013; 7: 56-62.
23. Davutluoglu OI, Seckin G, Ersu CB, Yılmaz T, Sarı B. Heavy metal content and distribution in surface sediments of the Seyhan River, Turkey. *Journal of Environmental Management* 2011; 92: 2250-2259.