

ARAŞTIRMA MAKALESİ/RESEARCH ARTICLE

HAVZA SÜREÇLERİ İLE İLİŞKİLİ OLARAK SEYDİ SUYU'NDA SU KALİTESİNİN İZLENMESİ

Erdem ALBEK^{1,2}, Mine ALBEK¹, Serdar GÖNCÜ¹, Sevgi GENÇE¹

ÖZ

Bu çalışmada, İç Batı Anadolu bölgesinde yer alan Seydi Suyu'nun su kalitesi incelenmiştir. Seydi Suyu önemli bir tarımsal havzada yer almaktadır ve sulamada kullanılmaktadır. Tarımsal etkinlikler ve madencilik akarsuyun su kalitesini etkilemektedir. Akarsu boyunca iki örnek alma noktasında üç yıl süreyle aylık su kalitesi gözlemleri gerçekleştirilmiştir. Havzadan dönen suların etkisiyle örnek alma noktaları arasında elektriksel iletkenlik, klorür ve nitrat gibi su kalitesi bileşenlerinde artmalar görülmüştür. Düşük bor içeren sularla seyrelme nedeniyle, bor derişimlerinde akarsu mansabına doğru bir azalma gözlenmiştir. Örnek alma noktaları arasında ve mevsimler arası farklılıkların belirlenmesi için parametresiz istatistiksel yöntemler kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Su kalitesi, Parametresiz yöntemler, Su havzası, İzleme.

WATER QUALITY MONITORING AT THE SEYDI SUYU STREAM IN RELATION TO WATERSHED PROCESSES

ABSTRACT

In this study, the water quality of the Seydi Suyu stream in Turkey has been monitored. The stream drains an important agricultural watershed and it is used for irrigation. Agricultural activities and mining affect the water quality of the stream. Monthly sampling for water quality has been conducted at two stations along the stream for three years. It has been found that some water quality constituents like electrical conductivity, chloride and nitrate increase between the stations due to contributions from the watershed and irrigation return flows. In the case of boron, it has been found out that the concentration decreases downstream because of dilution by low boron content waters. Nonparametric statistical techniques have been utilized to find out differences in concentrations between stations and seasonal variations within a station.

Keywords: Water quality, Nonparametric techniques, Watershed processes, Monitoring.

1. INTRODUCTION

Bir akarsuyun su kalitesi, havzasında ve kendi içinde gerçekleşen erozyon, birikim, taşınım ve adsorpsiyon gibi pek çok süreçle belirlenir. Günümüzde, su havzalarında gerçekleşen süreçler önemli ölçüde insan kaynaklı etkinlikler tarafından belirlenmektedir. Su havzalarında yapılaşma ve şehirleşme, tarım, ormansızlaşma ve madencilik yüzey sularının kalitesini, çoğu zaman kullanımını önemli ölçüde engelleyecek şekilde değiştirmektedir.

Nüfus yoğunluğunun giderek artması su kaynakları üzerinde daha fazla baskı oluşturmakta ve su kalitesinin korunmasına yönelik yasal sınırlamalar da artmaktadır. Yasaların koyduğu sınırları sağ layabilmek için kirleticilerin akarsulara doğrudan deşarjını önlemek veya sınırlandırmak yeterli olmamaktadır. Özellikle tarımsal havzalarda su kalitesini etkileyen birincil etken olan yaygın kaynak kirliliğinin de kontrol altına alınması önem taşımaktadır (Novotny, 1995).

¹ Anadolu Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İki Eylül Kampüsü, 26470 Eskişehir.

² E-posta: ealbek@anadolu.edu.tr

Bir akarsuyun su kalitesinin izlenmesi, akarsuyun yalnızca belli bir dönemdeki durumu hakkında bilgi vermenin yanı sıra, akarsuyun sularını boşalttığı havza da gerçekleşen süreçler hakkında da saptamalarda bulunulmasını sağ lamaktadır. Bu çalışmada, üç yıl boyunca, tarımsal etkinliklerden ve madencilikten etkilenen bir akarsu olan Seydi Suyu incelenmiştir. Seydi Suyu üzerinde bir regülatör mevcuttur ve akarsu regüle edilmektedir. Su kalitesi aynı zamanda üzerinde bulunan rezervuarlar tarafından da etkilenmektedir. Çalışmanın amacı, akarsuyun su kalitesinin belirlenmesinin yanı sıra, tarım ve madencilik gibi havza da gerçekleşen etkinliklerin ve su yönetimi uygulamalarının su kalitesine etkilerinin incelenmesidir.

2. ÇALIŞMA ALANI

Seydi Suyu Türkiye'nin İç Batı Anadolu Bölgesinde yer almaktadır ve Sakarya Nehri'nin önemli bir kaynağıdır. Akarsu en uzun kolu boyunca 118 km uzunluğundadır ve havzası 1749 km²'lik bir alanı kaplamaktadır (Şekil 1). Akarsu dağlık ve ormanlık Frig yaylasında doğmakta ve çok sayıda küçük dere ile birleştikten sonra Çatören barajı tarafından öni kesilmektedir. Akarsuyun önemli bir yan kolu olan Akın deresi üzerinde de Kunduzlar barajı bulunmaktadır. 1987 yılında işletmeye açılan bu iki baraj ile Seydi Suyu'nun akış rejimi önemli ölçüde değişmiştir. Barajlar yağışlı geçen kış ve ilkbahar mevsimlerinde su toplamaktadır. Yaz aylarında sulamada kullanılmak üzere barajlardan su bırakılmaktadır. Sulama kanallarına su dağıtımı Kesenler regülatörü tarafından sağlanmaktadır.

Seydi Suyu havzasında başlıca ekonomik etkinlik tarımdır. Özellikle şeker pancarı üretimi bölgedeki en önemli gelir kaynağıdır (DSİ, 1983, Göktaş, 1991). Hayvancılık ikinci planda yer almaktadır. Havza da önemli boyutlarda endüstri bulunmamaktadır. Önemli bir etkinlik Kırka yakınlarındaki bor madenciliğidir. Havza da nüfus yoğunluğu düşüktür (Km²'ye 17 kişi) ve büyük yerleşim merkezleri bulunmamaktadır.

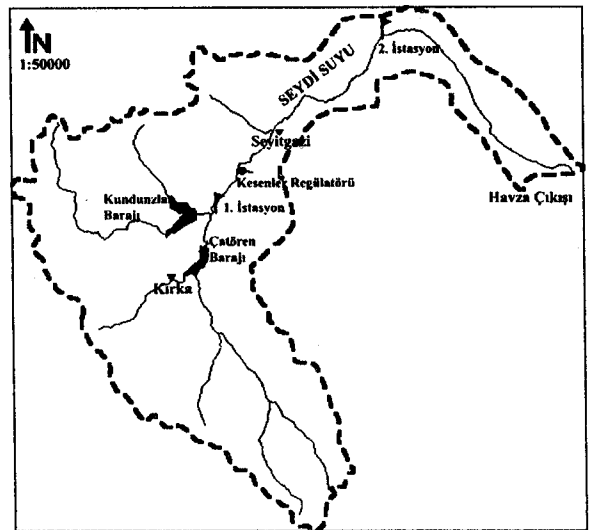
Havza da İç Anadolu'nun karasal iklimi ile Batı Anadolu'nun daha yumuşak Akdeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi hüküm sürmektedir. 1990 yılından sonra yapılan meteorolojik gözlemlere göre, yıllık ortalama yağış 308 mm'dir ve yıllık yağışın yaklaşık %34'ünü ilkbahar yağışları, %30'unu kış yağışları, %19'unu sonbahar ve %17'sini yaz yağışlarının oluşturduğu görülmektedir (Albek vd., 2001, DSİ 1983).

Havza da yoğun bir bitki örtüsü bulunmamaktadır. Ormanlar tarım yapılmayan tepelik arazilere çekilmiştir ve baskın ağaç türü meşe, çam ve ardıçtır (EOBM, 1993). Düzlükler hemen hemen tamamıyla tarıma ayrıl-

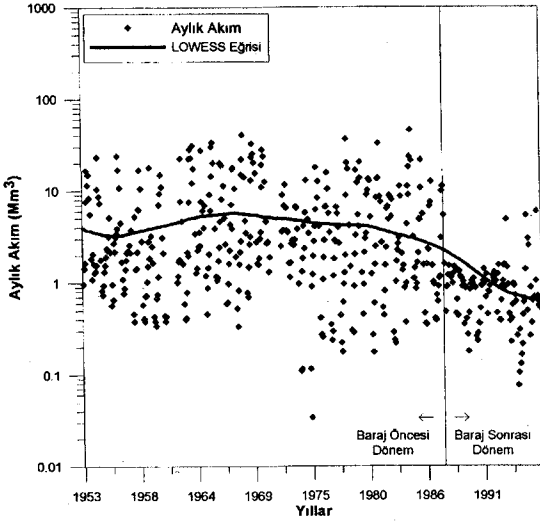
mıştır. Bu çalışmanın yoğun ulaştığı Seyitgazi ovası kalın bir alüvyon tabakası ile kaplı bir birikim ovasıdır (Göktaş, 1991, DSİ, 1983).

Seydi Suyu'nda akım 1952 yılından beri ölçülmüştür. Elektrik İşleri Etüt İdaresi akarsuyun Sakarya'ya karışma noktasından 20 km kadar geride, Hamidiye köyü yakınında bir akım gözlem istasyonuna sahiptir. Bu istasyonda 1997 yılına kadar günlük akım gözlemleri yapılmıştır. Devlet Su İşleri de Kesenler regülatörü yakınlarındaki Kozyaka mevkiinde 1963-1986 yılları arasında günlük akım gözlemleri yürütmüştür. Bugün akarsuda sürekli akım ölçümü yapılmamaktadır. Ancak barajları çalıştıran DSİ bırakılan günlük su miktarını ölçmektedir. Yaz aylarında sulamaya ayrılan su miktarları da aylık toplamalar şeklinde bulunmaktadır.

Şekil 2'de baraj yapımı öncesi ve sonrası Seydi Suyu'nun akım rejimi görülmektedir. Veriler havza çıkışındaki Hamidiye istasyonuna aittir. Yaz akışlarının tarımsal sulamaya ayrılmasıyla akımlar düşmüştür. 1953-1986 yılları arasındaki aylık toplam akımları ortanca değeri 2.6 Mm³ iken, barajların işletmeye alındığı 1987'den sonra bu değer 0.9 Mm³'e düşmüştür. Verilerin standart sapmasındaki değişiklik daha da çarpıcıdır. Standart sapmanın parametresiz karşılığı olan Kuartil Aralığı değeri baraj öncesi 6, baraj sonrası 0.7'dir. Barajların akımları dengeleme özelliği burada açıkça görülmektedir. Şekil 2'deki sürekli çizgi LOWESS eğrisidir (Cleveland, 1979). LOWESS eğrisi ağırlıklı yerel regresyon gerçekleştirerek bulunmaktadır. Bu eğri ile çok sayıda veri arasında, var olan eğilimler daha iyi belirginleşmektedir.



Şekil 1. Seydi Suyu Havzası



Şekil 2. Baraj Yapımı Öncesi ve Sonrası Seydi Suyu Akım Rejimi

Seydi Suyu çoğ u yerde menderesler oluşturarak kenarı çalılar ve ağ açlarla kaplı bir yataкта akmaktadır. Oldukça dar olan akarsu bazı yerlerde tamamen ağ açlar tarafından güneş ışığından korunmaktadır. Bu gölgelenme yüzünden buharlaşma yüksek değildir (Albek, 2001). Buharlaşma yüzünden gerçekleşebilecek derişim artışları ihmal edilebilecek düzeydedir. Akarsu yatağı geçişli olduğ undan su kaybı söz konusudur ancak bu, suyun içindeki kalite bileşenlerinin derişimlerini etkilememektedir.

Seydi Suyu'nda su kalitesi düzenli olarak ölçülmüştür. DSİ 1979-1983 yılları arasında bir çalışma yürütmüştür. Bu çalışmada Seydi Suyu ve kolları üzerinde, bor probleminin çözümüne yönelik veri toplamak amacıyla su kalitesi izlenmiştir (DSİ, 1983). Seydi Suyu'nun su kalitesini belirlemeye yönelik olan ve Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü tarafından 1998-2001 yılları arasında yürütülen bu çalışma, bu alandaki ikinci çalışmadır.

3. YÖNTEM

İzleme çalışmasının amacı Seydi Suyu'nun su kalitesinin belirlenmesi ve insan kaynaklı etkilerin araştırılması olarak saptanmıştır. Bu amaçla akarsu üzerinde iki örnek alma noktası seçilmiştir. İlk örnek alma noktası Çatören Köprüsü mevkiindedir (Şekil 1). Bu nokta Seydi Suyu'nun iki önemli kolunun birleşme noktasının 4 km mansabındadır. Bu nokta aynı zamanda sözü edilen iki barajın da mansabındadır. Çatören Köprüsü Seydi Suyu'nun daha engebeli üst kısımları ile daha az eğimli alt ovaları birbirinden ayıran bir çoğ rafı ayırım çizgisinde bulunmaktadır. İkinci örnek alma noktası Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin Hamidiye istasyonuna 6 km kala, Buzluburun Tepesi mevkiindedir.

İlk örnek alma noktası akarsuyun barajlardan çıktıktan sonraki su kalitesini temsil etmektedir. Bu istasyona kadar akarsu, madencilik ve baraj işletimleri dışında önemli bir antropojen etkiye maruz kalmamaktadır. Barajlar dengeleme havuzları olarak görev yapmakta ve akım ve su kalitesindeki dalgalanmaları söndürmektedirler. Tarım etkinlikleri iki örnek alma noktası arasında akarsuyun iki yanında yoğunlaşmıştır. Sulanan tarım arazilerinden artan sular yer altı suyuna karışarak akarsuya geri dönmektedir. Bu suların içerdiği kirleticilerin etkileri ikinci örnek alma noktasında ortaya çıkmaktadır.

Su kalitesi izleme çalışmaları Ekim 1998'de başlamıştır ve üç su yılı boyunca Eylül 2001'e kadar devam etmiştir. Gözlem aralığı bir ay olarak saptanmıştır. Barajlar nedeniyle akarsu akımları doğ al bir akarsuya göre daha az değişken olduğ undan bu ölçüm sıklığı uygun görülmüştür (Chapman, 1992). Akımların çok düzenli olduğ u yaz aylarında örnek sayısı bir azaltılmıştır. Toplam olarak üç yıllık dönemde 32 örnek alınmıştır. Bazı parametrelerde ekipman arızası nedeniyle kısa süreli boşluklar mevcuttur. Akım ikinci örnek alma noktasında ölçülmüştür. Birinci örnek alma noktasında akarsuyun sığ oluşu nedeniyle akım ölçümü yapılamamıştır. İkinci noktada akım muline ile ölçülmüştür. Sıcaklık, pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen sahada ölçülmüştür. Geri kalan su kalitesi bileşenleri (askıda katı madde, kimyasal oksijen ihtiyacı, alkalinite, klorür, sertlik, bor, sülfat, çözünmüş ve askıda fosfor, organik azot, amonyak azotu, nitrit ve nitrat ve klorofil-a laboratuarda analiz edilmiştir. Örnek alma ve saklamada ve analizlerde standart yöntemler uygulanmıştır (APHA, 1992).

Çalışma üç yıl boyunca sürdürülmüştür ve böylece yıllar değ işen iklimsel salınımların etkisi yakalanmaya çalışılmıştır. İlk yıl sıcaklık ve yağ ışı açısından normal bir yıl olurken, ikinci yılın Şubat ayı çok sert, son yılın kışı ise oldukça yumuşak ve kuru geçmiştir.

Veriler parametresiz istatistiksel yöntemlerle incelenmiştir. Bu istatistiksel yöntemler iki örnek alma noktası arasındaki derişimlerdeki farkı ve bir örnek alma noktasındaki mevsimsel değ işimleri saptamaya yönelik olarak uygulanmıştır. Parametresiz yöntemler aykırı değ erlerin neden olabileceğ i yanlış yorumlamalardan kaçınmak için uygulanmıştır. Çoğ u zaman akım ve su kalitesi verileri normal olmayan dağılımlar göstermekte ve çarpıklık sergilemektedir. Parametrik testlerin önemli bir kıstası olan normalite parametresiz testlerde önem taşımamaktadır (Helsel ve Hirsch, 1992, Esterby, 1997). Sansürlenmiş verilerin (analiz yönteminin saptama sınırının altında kalan değ erler) varlığı da parametrik yöntemlerin kullanımını zorlaştırmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan başlıca iki yöntemden biri Wilcoxon Eşleştirilmiş İki Örnek testidir. Bu test Eşleştirilmiş t testinin parametresiz karşılığıdır (Helsel ve Hirsch, 1992) ve ölçüm noktaları arasındaki farklılıkların yakalamak için kullanılmıştır. Sıralı Toplam testi ise kış ve yaz aylarındaki ortanca değerlerin aralarındaki farkı belirlemek için kullanılmıştır. Bu çalışmada aynı zamanda ortalamalar yerine ortanca (medyan) değerler tercih edilmiş, yukarıda sözü edilen aykırı değerlerin etkilerinin en aza indirilmesine çalışılmıştır. İstatistiksel yöntemlerde güvenilirlik sınırı %95 olarak alınmıştır.

4. BULGULAR

İzleme çalışmasının sonuçları akım ve havza süreçleri tarafından etkilenme açısından önemli su kalitesi bileşenleri açısından aşağıda verilmiştir. Tablo 1 ve Tablo 2'de su kalitesi bileşenleri hakkında istatistiksel bilgiler bulunmaktadır.

4.1. Akım

Şekil 3'de ikinci örnek alma noktasında, akımın zamana göre değişimi verilmektedir. Şekil incelendi-

ğinde iki yüksek akım değeri göze çarpmaktadır. Bu yüksek akımlar nisan ayında ölçülmüştür ve ilkbahar yağışları ve bunun sonucu olan yüksek yüzey akışından kaynaklanmaktadır. Bu dönemde aynı zamanda barajlar da dolu olmakta ve fazla su depolanmayıp yatağa bırakılmaktadır. Yıl içinde akım değerlerine ve suyun kullanımına bağlı olarak iki dönem ayırt edilebilmektedir. Kış dönemi ekimden nisana kadar sürmektedir. Kış ve yaz dönemleri akım ortanca değerleri 0.267 ve 0.310 m³/s'dir. Kış döneminde yüzeysel akış ve yeraltı suyu karışımı akımları oluşturmaktadır. Aynı zamanda barajlardan savak altı suları da akarsuya az bir ekleme yapmaktadır. Daha kararlı yaz akımları barajlardan tarımsal sulama için bırakılan sulardan oluşmaktadır. Suların farklı kaynakları sapma katsayısında da kendini göstermektedir. Standart sapmanın ortalama ile normalize edilmiş hali olan sapma katsayısı değerleri kış için % 105 ve yaz için % 62'dir.

Aylık örneklemede bazı yüksek akımların yakalanamaması olasılığı bulunmaktadır. Bir akarsudaki su kalitesi akıma ve bu akıma yol açan koşullara bağlı olduğundan, yüksek akımların kaçırılması değerli bilgilerin eksik kalmasına yol açabilir. Normal izlemenin yanı sıra bu yüksek akımların da örneklenmesi önerilmektedir (Bartram ve Ballance, 1996). Bu çalışmada iki

Tablo 1. İlk Örnek Alma Noktasında Su Kalitesi Bileşenleri İle İlgili İstatistiksel Değerler

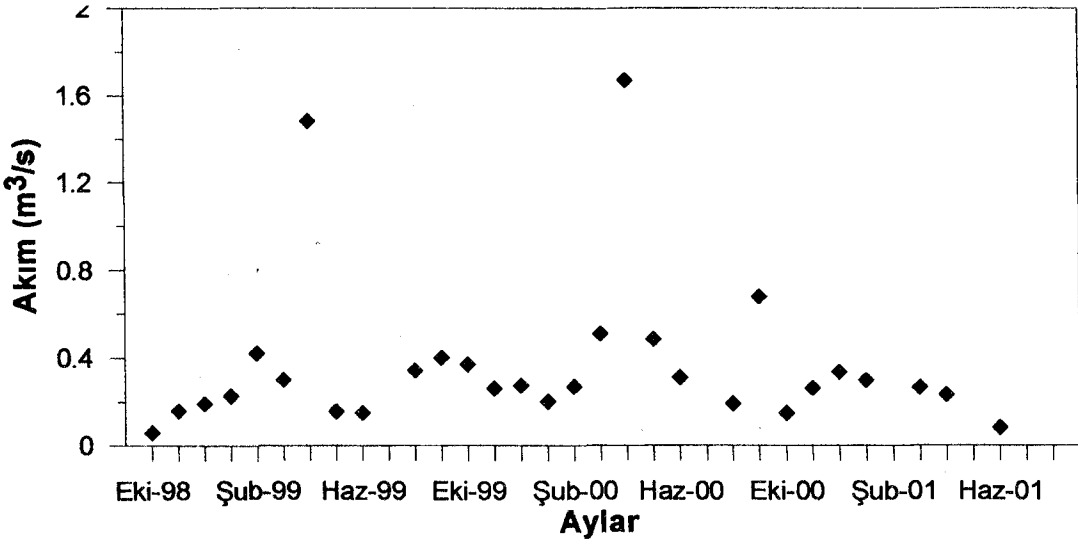
	pH	Elektriksel İletkenlik	Çözünmüş Oksijen Doğruluğu	Çözünmüş Oksijen	Akıda Katı Madde	Klorür	Bor	Çözünmüş Fosfor	Partikül Fosfor	Organik Azot	Amonyak	Nitrat	Klorofil-a
		µS/cm	%	mg/L	mg/L	mg/L	mg B/L	µg P/L	µg P/L	mg N/L	mg N/L	mg N/L	µg/L
Sayı	32	31	25	25	32	32	32	32	32	29	31	29	14
Ortanca	8.14	404	92	9.1	5	6.3	1.2	17	9	0.15	0.07	0.7	2.60
Ortalama	8.09	397	86	9.3	6	6.3	1.34	35	21	0.14	0.07	0.7	9.0
Standart sapma	0.38	89	22	2.8	3.9	1.7	0.5	53	35	0.07	0.05	0.26	21.6
Minimum	7.44	243	41	4.7	1	3.1	0.70	7	7	0	0.01	0	0.3
Maksimum	8.81	536	146	15.8	15	11.3	2.4	260	202	0.25	0.26	1.10	83.4
Sapma Kat sayısı	5	22	26	30	65	27	34	149	166	52	64	38	239

Sapma Katsayısı = Standart Sapma x 100 / ortalama

Tablo 2. İkinci Örnek Alma Noktasında Su Kalitesi Bileşenleri İle İlgili İstatistiksel Değerler

	pH	Elektriksel İletkenlik	Çözünmüş Oksijen Doğruluğu	Çözünmüş Oksijen	Akıda Katı Madde	Klorür	Bor	Çözünmüş Fosfor	Partikül Fosfor	Organik Azot	Amonyak	Nitrat	Klorofil-a
		µS/cm	%	mg/L	mg/L	mg/L	mg B/L	µg P/L	µg P/L	mg N/L	mg N/L	mg N/L	µg/L
Sayı	32	31	24	24	32	32	31	32	32	28	31	29	13
Ortanca	8.29	662	87	9.5	7	13.7	1.1	24	12	0.11	0.08	1.5	2.7
Ortalama	8.11	621	87	9.6	12	12.2	1.1	44.5	21	0.12	0.09	1.48	4.3
Standart sapma	0.45	109	16	2.8	12.2	5.5	0.3	54.8	22	0.09	0.06	0.75	3.8
Minimum	7.17	317	35	5.1	1.7	3.1	0.3	7	7	0	0.01	0	0
Maksimum	8.75	792	110	14.1	40.3	21.3	1.8	267	98	0.33	0.27	2.7	11.5
Sapma Kat sayısı	6	18	19	30	101	45	30	123	105	71	66	51	89

Sapma Katsayısı = Standart Sapma x 100 / ortalama



Şekil 3. İstasyon Zaman-Akım Grafiği

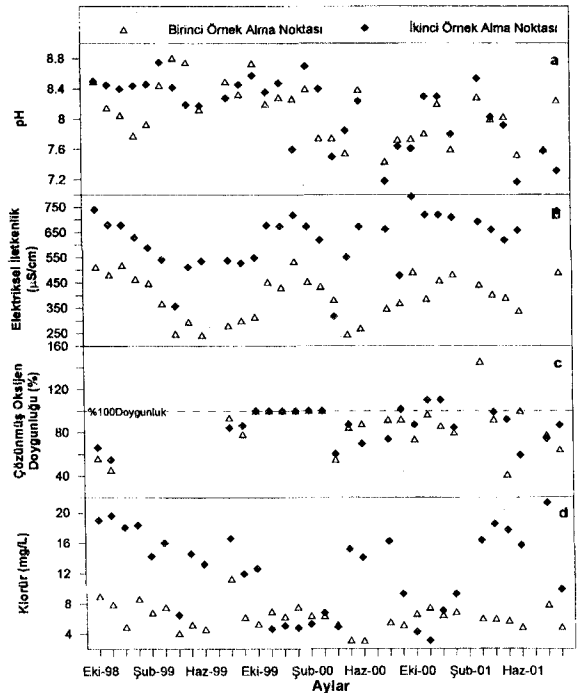
yüksek akım yakalanmıştır. Üç yıl boyunca ölçülen akım serisi ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi tarafından 1990-1996 yılları arasında Hamidiye istasyonunda ölçülen günlük değerler kullanılarak Ki-kare testi uygulanmıştır. Bu test ile, üç yıl boyunca alınan aylık örneklerin akarsudaki akımları temsil etmediğine dair anlamlı bir kanıt bulunmamıştır (Test sonucu p-değeri 0.001'dir). Elektrik İşleri Etüt İdaresi'nin 6 yıllık günlük ölçümlerinde $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$ 'den daha yüksek akımlar % 1.2'lik bir orandadır. Yürütülen çalışmada üç yıllık süreçte bu büyüklükteki akımlar iki kere yakalanmıştır ve bu % 6.3'lük bir oranı temsil etmektedir. Normal aylık bir izleme programı ile Seydi Suyu'nda akımların yeterli şekilde temsil edildiği kabul edilmiştir.

4.2. pH ve Elektriksel İletkenlik

İki örnek alma noktasında tüm veriler için pH ortanca değerleri 8.14 ve 8.29'dur (Şekil 4a). Mevsimsel farklılıklar (yaz ve kış dönemleri şeklinde) istatistiksel olarak anlamlı değildir. Akarsuyun pH değeri bazik taraftadır. Bu değerlerin suya bor maden yataklarının bulunduğu arazilerden karışan boratlar tarafından yükseltildiği tahmin edilmektedir (DSİ, 1983).

Elektriksel iletkenlik değerleri (ortancalar) iki örnek alma istasyonu için 404 ve $662 \mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. Şekil 4b'de elektriksel iletkenlik değerlerinin iki noktada zamanla değişimini görülmektedir. İki örnek alma noktası arasında elektriksel iletkenlik anlamlı derecede artmaktadır. Hodges-Lehman Eğim Tahmini'ne göre (Helsel ve Hirsch, 1992) bu artış $227 \mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir ve % 44'lük bir sıçramaya karşı gelmektedir. 40 km gibi kısa bir mesafede bu artışa en önemli katkı tarımdan geri dönen suların getirdikleri tuzlardır. Ayrıca havzadaki ayırma süreçleri de katkıda bulunmaktadır. Elektriksel

iletkenlikteki mevsimsel farklılıklar incelendiğinde, her iki ölçüm noktası için yaz değerlerinin daha yüksek oldukları görülmektedir. Sıralı Toplam testine göre değerleri örnek alma noktaları için sırasıyla 0.0013 ve 0.0429'dur. Farklılıklar birinci ve ikinci nokta için $124 \mu\text{S}/\text{cm}$ ve $61 \mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. Yaz aylarında sulamadan dönen suların etkisi bu değerler ile ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4. 1. ve 2. İstasyonda Ölçülen Parametrelerin Zaman ile Olan İlişkileri (a. pH, b. Elektriksel İletkenlik, c. Çözünmüş Oksijen Doymunluğu, d. Klorür)

4.3. Çözünmüş Oksijen

Veriler incelendiğinde (Şekil 4c) çözünmüş oksijen değerlerinin çoğu zaman doygunluk derişiminin altında olduğu görülmektedir. Mevsimsel farklılıklar ortaya çıkmamakta ve aynı zamanda iki örnek alma noktası arasında da anlamlı fark bulunmamaktadır. Barajlarda biyolojik etkinlik (mevsimsel yosun patlamaları gibi) yoğun değerli ve böylece de çözünmüş oksijen dalgalanmaları gözlenmemektedir. Aynı zamanda kimyasal oksijen ihtiyacı analizlerine göre akarsudaki oksijeni tüketecek önemli indirgenmiş kimyasal madde kaynakları da bulunmamaktadır.

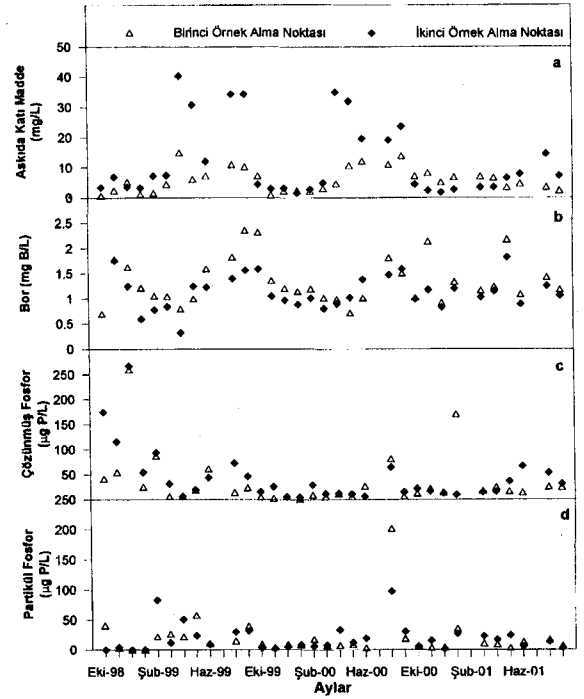
4.4. Klorür

Normal seviyelerin üzerinde klorür derişimlerine genel olarak evsel veya endüstriyel atıksu kaynakları neden olmaktadır (Sawyer, Mc Carthy, 1978). Ancak bazı akarsularda doğal evaporit kaynakları da ön plana çıkabilmektedir (Albek, 1999). Seydi Suyu'nda klorür, elektriksel iletkenliklerde olduğu gibi, ikinci ölçüm noktasında daha yüksek derişimlerde bulunmaktadır. Bunlar akarsuya havzadan, özellikle yer altı suyuyla karışmaktadır. Ölçüm noktaları arasındaki farklılıklar yaz aylarında daha baskındır (Wilcoxon testi sonucu p-değeri 0.0011). Bu aylarda tarımdan geri dönen sular daha fazla klorür getirmektedirler.

4.5. Askıda Katı Madde

Bir su kütlesinin kalitesinde askıda katı maddeler (AKM) önemli bir rol oynamaktadırlar. Yüksek derişimlerde AKM önemli bir kirletici bileşen olmasının yanı sıra, fosfor, pestisitler ve metaller gibi kendisine adsorbe olan maddelerin taşınmasında da rol oynamaktadır. Bütün veriler ele alındığında, iki örnek alma noktası arasında AKM derişimleri artmaktadır (p-değeri 0.0018) (Şekil 5a). Bu artış 3.5 mg/L'ye, yani ilk örnek alma noktasına göre % 33'lük bir artışa karşı gelmektedir. Yaz ve kış ayları arasında önemli farklılıklar bulunmaktadır. İki örnek alma noktasında da yaz değerleri kış değerlerinden önemli ölçüde daha yüksektir. Bu durum yaz akımlarının daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Yazın barajlardan bırakılan su akarsu yatağında birleşmiş olan sedimenti kaldırmakta aynı zamanda kıyı erozyonuna da neden olmaktadır. AKM Seydi Suyu'nda yaz aylarında sorun oluşturmaktadır. Su bu aylarda genel olarak bulanıktır. Kış aylarında yüksek AKM değerlerine ancak yüksek yüzeyel akış sonrasında rastlanmaktadır. Havzada topraklar oldukça geçirgendir (Göktay, 1991), yüzeyel akış önemli boyutlara ulaşmamaktadır ve ancak önemli yağış olaylarından sonra ortaya çıkmaktadır.

4.6. Bor



Şekil 5. 1. ve 2. İstasyonda Ölçülen Parametrelerin Zaman ile Olan İlişkileri (a. Askıdaki Katı Madde, b. Bor, c. Çözünmüş Fosfor, d. Partikül Fosfor)

Bor bitkiler için gerekli bir besin maddesidir. Ancak gereken miktarın biraz üzerinde bor bitkiler için zehirli etki yapmaktadır (Hem, 1992). Kırka yakınlarında geniş çapta bor madenciliği yapılmaya başlanmasından beri, Seydi Suyu'nda bor, önemli bir su kalitesi sorunu oluşturmıştır. 1970'lerin sonunda Devlet Su İşleri problemin çözümü için geniş çaplı bir araştırma başlatmıştır (DSİ, 1983). Bu çalışma sırasında Seydi Suyu ve yan dereleri üzerindeki ölçüm noktalarında çok yüksek bor derişimlerine rastlanmıştır. Maden şirketinin çökeltme havuzları inşa etmesi sayesinde bu derişimler aşağıya çekilmiştir. Çatören barajına karışan derelerde bor derişimi Kunduzlar barajına karışan derelere göre daha yüksektir. Devlet Su İşleri sulama sularında bor derişimlerini düşük tutmak için baraj sularını birbiriyle karıştırmaktadır.

1998-2001 örnekleme döneminde, bor derişimleri ilk ölçüm noktasında 0.70 ile 2.36 mg/L arasında, ikinci noktada da 0.33 ile 1.82 mg/L arasında değişmektedir. Ortanca değerler her iki nokta için 1.21 ve 1.06 mg/L'dir (Şekil 5b). Kış aylarında anlamlı olmak üzere bor, akarsu boyunca mansaba doğru azalmaktadır. Borun başlıca kaynağı birinci örnek alma noktasının menbaıdır. Örnek alma noktaları arasında akarsu önemli ölçüde bor içermeyen sularla seyrelmektedir. Sulama sularındaki bor bitkiler tarafından alınmakta veya toprak parçacıklarına adsorbe olmaktadır (Hatcher vd., 1967). Havza böylece bor tutmakta ve sulamadan geri

dönen sularda daha az bor derişimi bulunmaktadır. İlk örnek alma noktasında yaz ve kış ayları arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemektedir. Akarsuyun bor yüküne hem madenlerden gelen yüzeysel su kaynakları, hem de yer altı suları katkıda bulunmaktadır. Yazarlar tarafından yayınlanmamış verilere göre bor derişimleri çöktürme havuzlarından meydana gelen kaçaklarla da artabilmektedir. Bu anlık yüksek derişimler barajlarda dengelenmektedir. İkinci istasyondaki mevsimsel farklılıklar seyrelmenin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Seydi Suyu'ndan çekilen su ile sulanan başlıca ürün şeker pancarıdır. US Salinity Laboratory tarafından yapılan çalışmalarda şeker pancarının bora dayanıklı bir ürün olduğu bulunmuştur (Hem, 1992). Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Teknik Usuller Tebliği'ne (TÇV, 1999) göre ilk örnek alma noktasında rastlanan yaz aylarına ait ortanca bor derişimine göre (1.5 mg/L), sulama suyu şeker pancarı için iyi kalitededir (II. Sınıf). Ancak bu çıkarsama ortanca değerlere dayanarak yapılmıştır. Derişimlerin daha yüksek oldukları dönemler vardır ve bu dönemlerde şeker pancarı için sulama suyu bor açısından uygun olmayan bir kaliteye ulaşabilmektedir. Elma, fasulye, tüzüm gibi duyarlı bitkiler için ise sulama suyu uygun değildir.

4.7. Fosfor

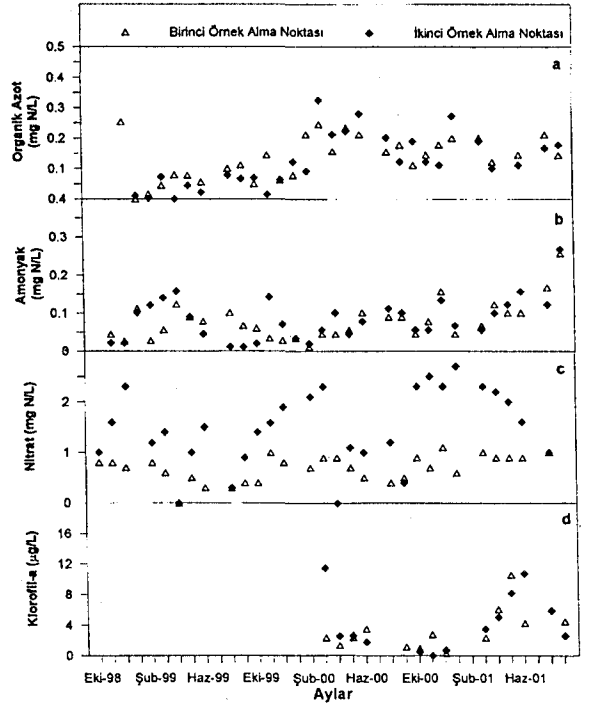
Çözünmüş fosfor anlamlı mevsimsel farklılıklar göstermemektedir. Şekil 5c'de görüldüğü gibi, sonraki yıllarda tekrarlanmayan, çalışmanın ilk üç ayında oldukça yüksek değerler gözlenmiştir. İki örnek alma noktası arasında anlamlı farklılıklar gözlenmiştir ve ikinci örnek alma noktasındaki değerler daha yüksektir. Fazla fosfor gübrelemenin gerçekleştirildiği tarım alanlarından akarsuya katılmaktadır. Yaz aylarında ikinci örnek alma noktasında fosfor derişimleri birinci örnek alma noktasının iki katına ulaşmaktadır.

Partikül fosforda mevsimler arası veya örnek alma noktaları arası farklılıklar görülmemektedir (Şekil 5d). Partikül fosfor akarsuya yüzeysel akış ile karışacaktır ve yüzeysel akış Seydi Suyu havzasında önemli boyutlarda değildir. Yaz değerleri istatistiksel açıdan anlamlı olmasa da, her iki örnek alma noktasında da daha yüksektir. Bu daha yüksek değerlerin, havzanın bir etkisinin değil, akarsu yatağından daha yüksek yaz akımları nedeniyle yeniden askıda hale gelen fosforun etkisi olduğu düşünülmektedir.

4.8. Azot Türleri

Organik azot Seydi Suyu'na havzadaki canlı yaşamın artıklarının bozunmasından ve akarsu içi kaynaklardan karışmaktadır. Organik azot verilerinde ne mevsimsel ne de ölçüm noktaları arasında bir farklılık görülmektedir. İkinci örnek alma noktasındaki ortancalar (yaz, kış ve toplam) birinci örnek alma noktasına göre daha düşüktür ama bu fark istatistiksel olarak anlamlı değildir (Şekil 6a).

Amonyak da benzer bir davranış göstermektedir (Şekil 6b). Örnek alma noktaları arasında anlamlı derişim farklılıkları bulunmamaktadır ve bu, havzada önemli bir amonyak kaynağı bulunmadığına işaret etmektedir. Ancak burada amonyakın uçuculaşma ve nitrifikasyon ile kaybolacağı gözönünde bulundurulmalıdır. İlk örnek alma noktasında yaz ve kış ortancaları arasında bir farklılık bulunmaktadır. Yaz ortanca değerleri kışa göre iki kat fazladır. Yazın ilk örnek alma noktasına su barajlardan gelmektedir. Yüksek amonyak değerlerine, alt tabakalardan gelen ve düşük oksijen nedeniyle nitrifikasyon hızlı ilerlemediği için amonyak derişimi yüksek sular neden olmaktadır.



Şekil 6. 1. ve 2. İstasyonda Ölçülen Parametrelerin Zaman ile Olan İlişkileri (a. Organik Azot, b. Amonyak, c. Nitrat, d. Klorofil-a)

derişimler örnek alma noktaları için 0.70 ve 1.5 mg/L'dir (Şekil 6c). Örnek alma noktaları arasında derişim 0.8 mg/L (yaklaşık %100) artmaktadır. Şekilden de görüleceği gibi bu artış kış aylarında daha fazla ortaya çıkmaktadır. İkinci örnek alma noktasında, özellikle son iki su yılında mevsimsel bir farklılık ortaya çıkmaktadır. Kış döneminin başlamasıyla nitrat değerleri 1 mg/L'nin altından 2 mg/L'nin üzerine çıkmaktadır. Bu artış azot içeren organik maddenin kış boyunca hem havzada hem de akarsuda bozunması ile ortaya çıkmaktadır. Aynı davranış ilk örnek alma noktasında da daha ufak boyutlu olarak gözlenmektedir. Ocak ve Şubat aylarında en yüksek değerlere ulaşılmakta, daha sonra nitrat derişimleri düşmektedir. Bunun nedeni bozunmadaki yavaşlama ve akarsuda ve havzada nitratin bitkiler tarafından kullanılmaya başlamasıdır. Yaz aylarında besin maddesi olarak kullanım nedeniyle nitrat değerleri düşüktür. Örnek alma noktaları arasındaki farklar öncelikle kışın havzadan gelen yükler ve yazın azotlu gübrelerin kullanıldığı tarım alanlarından gelen sulama sularındır.

4.9. Klorofil-a

Klorofil-a Seydi Suyu'nda üç yıllık dönemin ikinci kısmında ölçülmeye başlanmıştır. Örnek alma noktaları arasında ihmal edilebilecek farklar mevcuttur. Ancak mevsimsel farklılıklar gözlenmektedir. Şekil 6b'de görüldüğü gibi klorofil-a derişimleri ilkbahar aylarında artmaya başlamaktadır. Klorofil-a ile nitrat arasında, bu çalışmada da görüldüğü gibi, fotosentetik aktivitenin bir sonucu olarak ters bir ilişki söz konusudur (Chapman, 1992). Yaz başı ve ortasında en yüksek değerlere ulaşmakta, daha sonra derişimler düşmekte ve kışın başlaması ve fotosentetik aktivitelerin düşmesiyle derişimler azalmaktadır.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Seydi Suyu'nda yürütülen üç yıllık su kalitesi izleme çalışmaları sonucunda, akarsuyun su kalitesi ve bu kalitenin havza süreçleri ve akarsu menbaındaki derişimler ile bağlantısı incelenmiştir. Sulamadan geri dönen suların akarsuya etkisi iki örnek alma noktasındaki farklılıklarda ortaya çıkmaktadır. Havzada gerçekleşen süreçlerin akarsuyu en çok klorür, çözülmüş katılar ve nitrat açısından etkilediği görülmüştür.

Bor Seydi Suyu'nda uzun süredir önemli bir sorun oluşturmuştur. Bor akarsuya ilk örnek alma noktasının menbaında karışmaktadır ve daha sonra seyrelmektedir. Günümüzde bor problemi çeşitli önlemlerin alınmasıyla eskiye oranla daha azdır ancak gene de belli dönemlerde bitkilere zararlı olabilecek derişimlere rastlanmaktadır.

Organik azot dışındaki zaman serilerinde havzada önemli boyutta bir derişime işaret eden eğilimlere rastlanmamıştır. Salınımlar mevsimseldir ve mevsimsel bazda derişen havza süreçlerine ve menba su kalitesine (barajlardaki derişimler) bağlıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Anadolu Üniversitesi Araştırma Fonu tarafından desteklenmiştir (Proje No: 980203). Yazarlar Devlet Su İşleri ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi'ne, veri ve bilgi sağladıkları için teşekkürü borç bilirlir.

KAYNAKÇA

- Albek, E. (1999). Identification of the Different Sources of Chlorides in Streams by Regression Analysis Using Chloride-Discharge Relationships. *Water Environment Research*. 71: 1310-1319.
- Albek, E., Albek, M., Göncü, S. ve Gence, S. (2000). Seydi Suyu'nda Su Kalitesinin İzlenmesi ve Modellemesi. I. Ulusal Çevre Kirliliği Kontrolü Sempozyumu, Türkiye.
- Albek, E., Albek, M., Göncü, S. ve Gence, S. (2001). Seydi Suyu Havzasında Su Kalitesinin Gözlenmesi, Hidrolojik Çevrimin ve Havza Su kalitesinin Modellemesi, Proje Raporu, Rap. No. 980203, Anadolu Üniversitesi Araştırma Fonu, Eskişehir, Türkiye.
- Albek, M. (2001). Seydi Suyu Havzasında Yaygın Kaynak Kirliliğinin Sediment Bazında Modellemesi. Doktora Tezi. Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye.
- APHA (American Public Health Association), (1992). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater/ prepared and published jointly by American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation; 18th ed., Washington, D.C.
- Bartram, J. and Ballance, R. (Ed.) (1996). *Water Quality Monitoring: a practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programs — 1st ed.* Published on behalf of United Nations Environment Programme, World Health Organization, London.
- Chapman, D. (1992). *Water Quality Assessments*. Chapman & Hall: UK.

Cleveland, W.S. (1979). Robust Locally Weighted Regression and Smoothing Scatterplots, J. Am. Stat. Assoc. 74: 829-836.

DSİ (Devlet Su İşleri). (1983). Kırka Yöresi Bor Kirliliği Araştırması Raporu, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı İçme Suyu ve Kanalizasyon Dairesi Başkanlığı, Ankara-Türkiye.

EİEİ (Elektrik İşleri Etüt İdaresi). (1995-1998). 1991, 1992, 1993 ve 1994 Su Yılı Akım Değerleri. Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.

EOBM (Eskişehir Orman Bölge Müdürlüğü). (1993). Eskişehir Orman İşletme Müdürlüğü Seyitgazi Orman İşletme Şefliği. Amenajman Planı. Eskişehir-Türkiye.

Esterby, S.R. (1997). Review of Methods for the Detection and Estimation of Trends with Emphasis on Water Quality Applications in N.E. Peters, O.P. Bricker and M.M. Kennedy (Eds). Water Quality Trends and Geochemical Mass Balance. pp. 245- 259. Wiley-England.

Göktay, B. (1991). Sakarya Seydi Suyu Su Toplama Havzası. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Eskişehir-Türkiye.

Hatcher, J.T., Bower, C.A. and Clark, M. (1967). Adsorption of Boron by Soils as Influenced by Hydroxy Aluminum and Surface Area. Soil Science.104:6: 422-426.

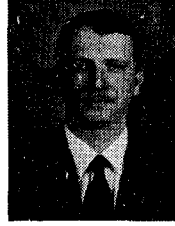
Hem, J.D. (1992). Study and Interpretation of the Chemical Characteristics of Natural Water. Third Edition. U.S. Geological Survey Water-Supply Paper 2254, U.S. Government Printing Office: Washington D.C.

Helsel, D.R. and Hirsch, R.M. (1992). Statistical Methods in Water Resources. Elsevier: The Netherlands.

Novotny, V. (Ed.). (1992). Nonpoint Pollution and Urban Stormwater Management. Technomic Pub. Co.: Lancaster.

Sawyer, C.N. and McCarty P.L. (1978). Chemistry for Environmental Engineering. McGraw-Hill: USA.

TÇV. (1999). Türk Çevre Mevzuatı. Cilt I-II. Türkiye Çevre Vakfı. Ankara-Türkiye.



Erdem Albek, 1961 yılında İstanbul'da doğdu. Boğaziçi Üniversitesinden 1984 yılında mezun oldu. Yüksek Lisans ve Doktora programlarını Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsünde tamamladı. Halen Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır.



Mine Albek, 1970 yılında Eskişehir'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Eskişehir'de tamamladı. 1992 yılında Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünden mezun oldu ve aynı bölümden yüksek lisans derecesi aldı. Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde Doktorasını tamamladı. Halen Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk annesidir.



Serdar Göncü, 1978 yılında Eskişehir'de doğdu. Lisans eğitimini 1998 yılında Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde tamamladıktan sonra, yine aynı bölümde Yüksek Lisans'ını 2001'de tamamladı. 2001 tarihinde aynı bölümde Doktora'sına başladı ve halen devam etmektedir. 1998'den bu yana Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.



Sevgi Gence, 1965 yılında Eskişehir'de doğdu. İlk ve orta öğrenimini Eskişehir'de tamamladı. 1988 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Yüksek Lisansını Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Anabilim Dalı Hidrolik Bilim Dalı'nda tamamladı. Evli ve bir çocuk annesidir.