



AKARÇAY AKARSUYU 2006-2011 DÖNEMİ SU KALİTE EĞİLİMİ WATER QUALITY TENDENCY OF AKARÇAY RIVER BETWEEN 2006-2011

Halil İbrahim BURGAN^{1*}, Yılmaz İÇAĞA¹, Yalçın BOSTANOĞLU², Murat KİLİT¹

¹İnşaat Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, 03200, Afyonkarahisar.
hiburgan@aku.edu.tr, yicaga@aku.edu.tr, mkilit@aku.edu.tr

²Tekstil Bölümü, Afyon Meslek Yüksekokulu, Afyon Kocatepe Üniversitesi, 03200, Afyonkarahisar.
ybostan@aku.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 30.05.2012, Kabul Tarihi/Accepted: 06.08.2012

doi: 10.5505/pajes.2013.46855

*Yazışılan yazar/Corresponding author

Özet

Çalışmada, Akarçay Akarsuyu 2006-2011 yılları arası su kalite eğilimleri incelenmiştir. Akarsuda Devlet Su İşleri tarafından 1991 yılından günümüze Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde bildirilen fiziksel ve inorganik kimyasal parametrelerin tümü için ölçüm yapılmaktadır. Akarsudaki Araplı Deresi, Afyon kanalizasyon çıkışı, şeker fabrikası çıkışı ve Bolvadin Köprüsü'nde ölçülen fiziksel ve inorganik kimyasal parametre değerleri gözlem verileri kullanılmıştır. Verilerin istatistik özellikleri hesaplanmış ve zamana göre değişimlerini anlamak amacıyla parametre-zaman korelasyon ve regresyon analizleri ile debi-parametre korelasyon analizi yapılmıştır. Bu analizlerin sonucuna göre Akarçay Akarsuyu'nun güncel su kirlilik durumu, beş yıllık kalite parametrelerinin değişimleri ve aralarındaki etkileşim ortaya konmuştur. Ayrıca analiz sonuçları ele alınarak kirletici kaynakların kalite değişimi üzerindeki etkileri yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Akarçay akarsuyu, Su kalitesi, Korelasyon, Regresyon.

Abstract

In this study, water quality trends from 2006-2011 of Akarçay River were analyzed. In river, physical and inorganic chemical parameters defined in Water Quality Control Regulation have been measured by State Hydraulic Works since 1991. Measured physical and inorganic chemical parameters in Araplı River, Afyon sewage output, sugar factory output and Bolvadin Bridge of river were used. Statistical properties of data and to understand the variation in time, parameters-time correlation and regression analysis and also parameter-discharge correlations were calculated. According to these analyses results, current pollution status for last five years, variation of quality parameters and interaction among them were determined. Moreover, analysis results were interpreted to define the effect of pollution sources on quality variation.

Keywords: Akarçay river, Water quality, Correlation, Regression.

1 Giriş

Su kaynaklarının niceliğindeki kısıt yanında endüstriyel, evsel, tarımsal vb. kirletici kaynaklar sebebiyle niteliğinin düşmesi suyun verimli kullanımını mecburiyet haline getirmiştir. Suyun verimli kullanımı için planlama yapılması gerekliliği kirletici kaynakların, su kalitesinin takip edilmesi ve değişiminin kontrol altında tutulması ile mümkün olmaktadır. Su kalitesindeki değişimin belirlenmesi, gelecekte alacağı değerle ilgili tahminde bulunulabilmesi için su kalitesi gözlem verilerinin matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle analiz edilmesi gereklidir.

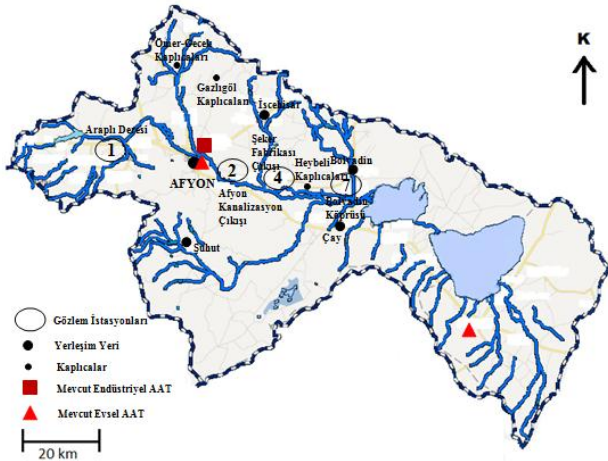
Su kaynakları planlaması kapsamında literatürde çok sayıda çalışma vardır. Bu çalışmalarda araştırmacılar çeşitli yöntemlerle su kalitesi verilerini analiz etmiş, modellemiş ve sonuçları yorumlayarak tahminde bulunmuşlardır [1]. Bu çalışmalarda; İçağa v.d., 2006, su kaynakları planlaması için mevcut yüzeysel suların miktarı ile birlikte kalitesinin de belirlenmesi ve kontrol edilmesi gerektiğini, su kirliliğine sebep olan maddelerin akarsuya katılımı dursa bile suların mevcut kirliliğinin hemen ortadan kalkmasının mümkün olmaması sebebiyle kirliliğin artışının önlenmesi ve mevcut kirlenmenin ortadan kaldırılabilmesi için öncelikle yapılması gereken şeyin kirletici maddelerin yüzeysel sulara atımını takip ve kontrol etmek olduğunu bunun ise yüzeysel suların kalite ölçüm verilerinin istatistik yöntemlerle analiz edilmesinin zorunlu olduğunu ifade etmişlerdir [2]. Durhasan ve Selek, 2007 ise yüzey su kaynaklarının kalitesinin öncelik olarak askıdaki katı maddeler, yüzücü maddeler, koloidal

maddeler, bulanıklık, renk, tat, sıcaklık ve elektriksel iletkenlik olmak üzere fiziksel ve kimyasal parametreler esas alınarak değerlendirileceğini belirtmişlerdir [3]. Aynı çalışmada askı halindeki organik maddenin çok küçük bir kısmının zemin erozyonundan kaynaklandığı, önemli bir bölümünün ise bitki artıkları, humus, doğal gübreler ile evsel ve endüstriyel atık suların oluştuğu ifade edilmiştir [2]-[3].

Ege, Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerinin birleştiği bir noktada, kapalı bir havza niteliğinde olan Şekil 1'de gösterilen Akarçay havzasının toplam drenaj alanı 7605 km²'dir. Önemli bir kesimi Afyon il sınırları içerisinde ve doğudan Konya sınırlarına girmekte olan Akarçay havzasının KB-GD doğrultusunda uzunluğu takriben 160 km olup eni 70 km'dir. Havzaya adını veren ve Türkiye'nin önemli sulak alanlarından olan Eber gölüne dökülen Akarçay'ın başlıca kolları, Araplı deresi, Gali (Kali) çayı, Çay deresi, Yeniköy deresi, Engilli deresi ve Adıyan suyudur. Havzada, Nacak çayı üzerinde içme suyu amaçlı Akdeğirmen barajı, Seyitler deresi üzerinde sulama amaçlı Seyitler barajı, Gali çayı üzerinde sulama amaçlı Selevir barajı bulunmaktadır. Havzada, ayrıca, sulama ve taşkın koruma amaçlı 16 adet gölet ile 6 regülatör bulunmaktadır [4]-[5]-[6].

Afyon, et işleme ve diğer gıda sanayii, mezbaha, termal tesis sayısı bakımından Türkiye'nin önde gelen illerindedir. Bu tesislerde hem Afyon'un hem komşu il ve ilçelerin hayvanlarının kesimi yapılmaktadır. Havzada 4 adet sıcak su kaynağı olup termal turizm hızla gelişmektedir. Kaplıca suları N, K, Ca, Mg, Cl, HCO₃ ve SO₄ içerirler. Havzada bulunan Ömer-Gecek kaplıcalarının debisi 340 lt/sn,

Heybeli kaplıcasının 67 lt/sn, Gazlıgöl kaplıcasının 4,5 lt/sn'lik debisi vardır. Bu debiler ve kaplıcalarda konumlanmış devre mülk tesislerin debileri arıtılmadan Akarçay'a verilmektedir. Kaplıcalara ek olarak hızla gelişmeye başlayan termal otellerde kullanılmış suları doğrudan Akarçay'a deşarj etmektedirler. Kaplıca suları ile 4.500 adet evin ısıtılması (Afjet) sağlanmaktadır. Akarçay üzerinde 264 ton/yıl üretim kapasiteli, günlük 2,5 ton atık suyun ortaya çıktığı Şeker fabrikası ve 87,5 ton/yıl üretim kapasiteli olup yıllık 5000 m³ atık suyun ortaya çıktığı Alkol fabrikası bulunmaktadır. Günlük 780 m³ endüstriyel nitelikli atık suyun ortaya çıktığı Afyon OSB'de (organize sanayi bölgesinde) arıtma tesisi vardır ve işletilmektedir. Akarçay havzasında bulunan diğer 9 OSB'de arıtma yapılmamaktadır. İl kapsamında 2 belediyede arıtma tesisi olup bunlardan sadece Afyon şehri atık suyunu arıtmak için kurulmuş tesis çalışmaktadır. Bununla beraber bu tesise kadar olan atık su isale hattından su çekilerek sulama yapıldığından Afyon şehri atıkları da dolaylı olarak, kısmen akarsu kirlilik kaynaklarından olmakta, 387.004 kişilik nüfus dolayısı ile ortaya çıkan evsel atıklarla Akarçay Akarsuyu kirlenmektedir. Akarçay membaında olup kirliliğine sebep olabilecek tarım alanı miktarı takriben 634.000 ha'dır. Tarım alanlarında kullanılan azotlu gübreler, zirai ilaçlar yüzeysel kaynaklı kirlilik kategorisinde yer almaktadır [9].



Şekil 1: Akarçay havzası kalite gözlem yerleri [7]-[9].

Çok sayıda kirlilik kaynağının olması, Afyon şehri hariç yerleşim yerlerinin arıtma tesislerinin bulunmaması veya çalışmaması, endüstriyel atık su arıtma tesislerinin olmaması, tarım alanlarında kullanılan gübre ve zirai ilaçtan kaynaklanan kirlilik etkenleri gözönüne alındığında Akarçay'da kirliliği yerinde önlemek henüz yeterli seviyede değildir. Tüm kirletici kaynakların arıtma tesislerine sahip olması halinde de işletme maliyeti dolayısıyla verimli çalışıp çalışmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. Kontrol için belediyelerde uzman personel eksikliği kirlilik takibini zorlaştırmaktadır. Bu sebeplerden akarsu kirliliğini takip edebilmek için su kalitesi gözlemi yaparak verileri matematik ve istatistik yöntemlerle ele almak gerekliliği bu çalışmanın yapılması zorunluluğunu ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada Akarçay'daki 4 gözlem yerinden 2006-2011 yılları arası DSİ tarafından alınan numunelerde bulunan fiziksel ve inorganik- kimyasal parametrelere ile aynı gözlem yerlerindeki akım değerleri kullanılarak istatistik analizler yapılmıştır. İstatistik analizler Microsoft Excel 2010 programı kullanılarak yapılmıştır. Bu analizlerin sonucuna göre de 2006 yılı sonrası Akarçay havzasının güncel su kirlilik durumu, 5 yıllık kalite parametrelerinin değişimleri ve aralarındaki etkileşim ortaya

konmuştur. Ayrıca analiz sonuçları incelenerek kirletici kaynakların kalite değişimi üzerindeki etkileri yorumlanmıştır.

2 Önceki Çalışmalar

Su kalitesi konusunda Akarçay havzasında değişik araştırmacılar tarafından çalışmalar yapılmıştır. Bunlardan, İçağa v.d., 2006, Akarçay havzasının yüzeysel sularının fiziksel ve inorganik kimyasal parametrelerinin istatistik değerlerini hesaplanmış, kıta içi su kaynaklarının sınıflarının kalite kriterlerine göre su kalitesi sınıflarını belirlemiştir. Bu amaçla verilerin tanımlayıcı istatistikleri, ortalama değerlerin karşılaştırılabilmesi için her bir parametrenin bu toplam içindeki oranı hesaplanmıştır. Korelasyon katsayıları hesaplanıp verilerdeki değişimin genel veya lokal olup olmadığı ve zamana bağlı olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır [2]. Doğdu, (2006) tarafından gerçekleştirilen "Akarçay (Afyon) Nehri Yatak Sedimanlarında Jeotermal Kökenli Kirlilik" isimli çalışmada, jeotermal deşarj sularının nehir sediman yataklarına olan etkileri araştırılmıştır. Jeotermal atık suların Akarçay havzasında yatak sedimanlarında kalite bozunmalarına ve hatta kirliliğine yol açmadığı, Afyon jeotermal ısıtma sisteminden ve termal su ile tedavi amaçlı kullanılan tesislerden (termal hamam, otel, pansiyon vb.) doğrudan veya dolaylı yollarla Akarçay'a verilen termal atık sular havzada başlıca termal kökenli kirletici kaynağı olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, termal su etkisinin ortaya konması amacıyla Akarçay havzasındaki jeotermal sular ve deşarjlarından, dere suyu ve yatak sedimanlarından örneklemeler yapılmış ve bu örneklerde majör iyon ve iz element analizleri gerçekleştirilmiştir. Suların pH, EC ve ÇO gibi zamanla değişebilecek parametreleri arazide ölçülmüştür. Sonuçlar, jeotermal suyla kirlenmiş nehir suyu ile yatak sedimanları arasında iyon takas dengesinin oluştuğunu göstermiştir [10].

DSİ tarafından 2008'de hazırlanmış olan "Akarçay Havzası Koruma Eylem Planı Raporu"nda Akarçay'ın sodyum ve klorür iyonu bakımından 3. sınıf kalitede, toplam çözünmüş madde bakımından 2. sınıf kalitede, amonyak azotu bakımından 4. sınıf kalitede, fosfat ve nitrit azotu bakımından 4. sınıf kalitede olduğu, yüksek düzeyde azot bileşikleri ve fosfat akarsu ve göllerde ötrifikasyona neden olduğu belirtilmektedir [9].

Doğdu ve Bayarı'nın 2002'de yaptığı çalışmada çeşitli elementleri yüksek derişimlerde içeren jeotermal kökenli suların doğal, ya da yapay yollarla çevreye salınmasının önemli çevre ve sağlık sorunlarına neden olabileceği belirtilmektedir. Doğdu ve Bayarı'ya göre Akarçay havzasında bulunan birkaç jeotermal alandan doğal ya da yapay olarak elde edilen sular tedavi ve konut ısıtması amacıyla kullanılmaktadır. Bu sular, daha sonra çeşitli yollarla Akarçay nehrine ulaşmaktadır. Nehir boyunca çeşitli noktalarda gerçekleştirilen gözlemler, özellikle 125 lt/sn debili Afjet ısıtma sistemi deşarjının akarsuya boşaltılmaya başlanması ile birlikte önemli kalite değişikliklerinin olduğunu göstermiştir. Doğal koşullarda Ca-HCO₃ tipinde olan akarsu, Afjet deşarjı katkısından sonra Na-Cl tipine dönüşmektedir. Akarsu yatak sedimanları da kirlenmiş su ile iyon takas dengesine erişmiş durumdadırlar [10].

Serteser, v.d., 2008 ise Akarçay nehri bölgesindeki su kalitesi, toprak özellikleri ve bitki örtüsü arasındaki ilişki incelemiştir. Çalışmada, Akarçay nehrinden alınan su ve Akarçay havzasından alınan dört bitki topluluklarının her birinden alınan toprak numuneleri arasında korelasyon analizleri uygulanmıştır. İncelenen 4 bitki topluluğu: Limonium

lilacinum, Alhagi pseudalhagi, Desv. Peganum harmala ve Hordeum marinum Huds'dur. Toprak ve su örneklerinden alınan B, Cl, EC, K, Mg, Na, pH ve SO₄ verileri, istatistiksel analize tabi tutulmuş ve anlamlı ilişki elde edilmiştir. Bu korelasyonların toprağın kimyasal özellikleri ile su kalitesi üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğu ifade edilmektedir. Limonium lilacinum için B, Cl, EC, K, Mg, Na, pH, ve SO₄ parametreleri önemli; Peganum harmala için Ca, K, ve pV parametreleri önemli; Alhagi pseudalhagi için ise B, Cl, Mg, pH, ve pV parametreleri önemli çıkmıştır. Sonuç olarak, bu bitki toplulukları ile toprağın kimyası ve su kalitesi arasındaki ilişki için örnek olarak kullanılabilceği gösterilmiştir [11].

Atilla, 2003 ise "Afyon ovası soğuk su akifer sisteminde kirlenme modeli" isimli çalışmasında akım ve taşınım ile ilgili tüm parametreler, sınır ve başlangıç koşullarını belirlemiş, model parametrelerini akım modelinde evrik, taşınım modelinde ise deneme-yanılma yöntemiyle kalibre etmiştir. Çalışmada model sonuçlarının parametrelere olan bağımlılığının belirlenmesi amacıyla parametre hassasiyet analizi gerçekleştirilmiştir. Taşınım modeli sonuçlarının doğrulanması amacı ile gözlem kuyularında gözlenmiş Cl iyonu konsantrasyonları ile model kalibre edilmiş, Br iyonu konsantrasyonları kullanılarak sonuçların sağlanması

yapılmıştır. Sonuç olarak, belirlenen kavramsal yapı çerçevesinde termal akiferden soğuk su akiferine doğru olan kirlenmenin zaman ve konum içerisindeki gelişimi ortaya konmuştur [12].

Serteser, v.d., 2012, çalışmalarında Akarçay nehrindeki su kalitesi makrofitler ve epipellic diatomlar arasındaki ilişki incelenmiştir. Nehirdeki makrofit ve diatomların topluluk yapıları üzerindeki BO₅, KO₅, TÇM, NH₄-N, NO₂-N, ve PO₄-P parametrelerinin Kanonik Uygunluk Analizi yapılmıştır [13].

3 Materyal ve Metot

3.1 Veriler

Havzada Devlet Su İşleri tarafından 1991 yılından günümüze Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde [14] bildirilen Fiziksel ve inorganik kimyasal parametrelerin tümü için ölçüm yapılmaktadır. Akarçay havzasındaki Araplı Deresi (1), Afyon kanalizasyon çıkışı (2), şeker fabrikası çıkışı (4) ve Bolvadin Köprüsü (7) şeklinde belirlenen dört gözlem yerinde ölçülen fiziksel ve inorganik kimyasal parametrelerin (Q, T, pH, TÇM, renk, Cl, NH₃-N, NO₂-N, NO₃-N, ÇO, SO₄, Na, Top. P) 2006-2011 yılları arası 3 aylık gözlem verileri kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Akarçay 2006-2011 dönemi fiziksel ve inorganik kimyasal parametrelerin gözlem adetleri.

Gözlem Yerleri	Parametreler												
	Q	T	pH	TÇM	Renk	Cl	NH ₃ -N	NO ₂ -N	NO ₃ -N	ÇO	SO ₄	Na	Top. P
1 (Araplı Deresi)	17	18	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	14
2 (Afyon kanalizasyon çıkışı)	18	18	19	19	19	19	19	19	19	19	17	19	14
4 (Şeker fabrikası çıkışı)	19	17	19	19	19	19	19	19	19	19	17	19	14
7 (Bolvadin Köprüsü)	18	16	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	13

3.2 Metot

Verilerin istatistik özellikleri ve zamana göre değişimlerini anlamak amacıyla debi-parametre arası korelasyon ve regresyon analizleri yapılmıştır. İstatistik analizler Microsoft Excel 2010 programı kullanılarak yapılmıştır.

$$y=a+bx \quad (1)$$

denklemlerle araştırılan regresyon analizinde;

y: Kalite parametresi konsantrasyonu,

a, b: Denklem sabitleri ve

x: Zamandır. Ayrıca akarsu debisinin kalite parametresi ile etkileşimini belirleyebilmek için debi-parametre arası korelasyon analizi yapılmıştır.

Farklı boyut ve büyüklükte olan parametrelerin birbirlerine göre karşılaştırılabilmesi için veriler ayrıca üniform hale dönüştürülmüş ve elde edilen veriler için ortalamalar tekrar hesaplanmıştır.

Verileri üniform hale dönüştürmek için her bir parametre verisine;

$$X_{\bar{u}} = (X_g - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (2)$$

dönüşümü uygulanmıştır. Burada;

X_u: Üniform hale dönüştürülmüş veri,

X_g: Gözlem verisi,

X_{min}: Gözlem verisinin minimumu ve

X_{max}: Gözlem verisinin maksimumudur.

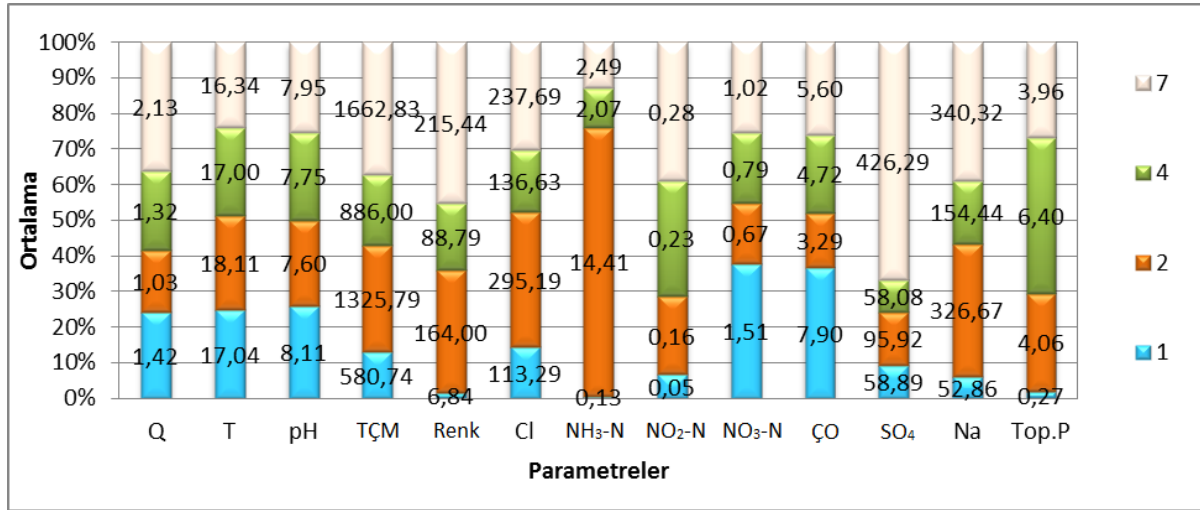
4 Bulgular

Verilerin beş yıllık ortalamaları ve ortalamaların gözlem yerlerine göre karşılaştırması Şekil 2'de verilmiştir. Tablo 2'de

kalite parametrelerinin istatistik özellikleri, Tablo 3'te, ise zamana göre regresyon ve korelasyon analiz sonuçları verilmiştir. Kalite parametresi ile debi arasındaki etkileşimi ortaya koyabilmek için debi-parametre korelasyon sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.

5 Sonuçların Değerlendirilmesi

- Şekil 2 ve Tablo 2 incelendiğinde Q, NO₃-N ve ÇO'nun 1 nolu gözlem yerinde T, pH, NO₂-N, SO₄ ve Top. P'nin 2'nolu, TÇM, renk, Cl, NH₃-N ve NO₂-N, ve Na'nın 4'nolu gözlem yerinde büyük ortalamaya sahip olduğu görülmektedir.
- Değişkenlik değerleri açısından 1'nolu gözlem yerinde T, pH, TÇM, renk, Cl, Na ve Top.P; 2'nolu gözlem yerinde Q, NH₃-N; 4 nolu gözlem yerinde: NO₃-N; 7'nolu gözlem yerinde NO₂-N, ÇO ve SO₄ büyük değişkenlik değerlerine sahiptir. Kirlenme kaynağının aynı olması halinde değişkenlik değerlerinin de aynı olması varsayımından hareketle parametrelerin farklı kaynaktan etkilendiği ortaya çıkmaktadır. NO₃-N'in NO₂-N'e dönüşmesi sebebiyle 7'nolu gözlem yerindeki NO₂-N değişkenliğinin de 4'nolu gözlem yerinden kaynaklandığı söylenebilir.
- 6 parametre 1 ve 2'nolu gözlem yerlerinde artış eğiliminde, 4 ve 7'de azalış eğilimindedir. pH 1 ve 7'de artış eğilimindedir. Afyon kanalizasyon çıkışı ve şeker fabrikası çıkışında azalış eğilimindedir. Bu iki gözlem yerinde suyun bazik özelliğini arttıracak madde katıldığı düşünülmektedir. Ortalamalar da bu durumu desteklemektedir (Tablo 2 ve 3). TÇM, renk, Cl ve Na için sadece Afyon kanalizasyon çıkışında artış eğilimi vardır.



Şekil 2. Kalite parametrelerinin ortalama değerleri ve gözlem yerlerine göre yüzde dağılımı (Şekil üzerindeki değerler parametrelerin son beş yıllık değerleridir).

Tablo 2. Kalite parametrelerinin istatistik özellikleri (Maksimum değerler altı çizili olarak gösterilmiştir).

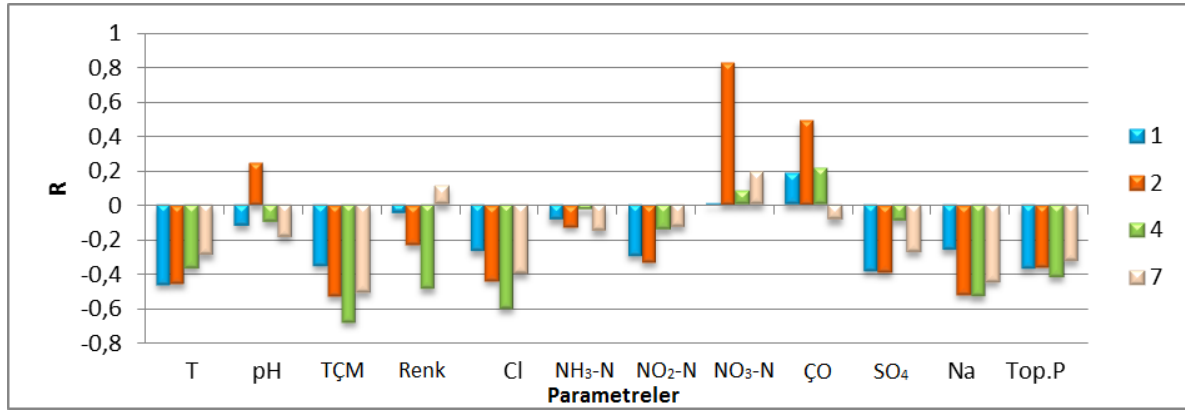
Parametreler	Ortalama				Üniform Değerlerin Ortalamaları				Varyasyon			
	1	2	4	7	1	2	4	7	1	2	4	7
Q	1,42	1,03	1,32	<u>2,13</u>	0,21	0,14	0,16	0,14	1,40	<u>2,08</u>	1,78	1,98
T	17,04	<u>18,11</u>	17,00	16,34	0,40	<u>0,52</u>	0,52	0,44	<u>0,61</u>	0,48	0,53	0,58
pH	<u>8,11</u>	7,60	7,75	7,95	0,38	<u>0,63</u>	0,56	0,44	0,04	<u>0,08</u>	0,06	0,07
TÇM	580,74	1325,79	886,00	<u>1662,83</u>	0,15	0,33	<u>0,45</u>	0,34	<u>1,17</u>	0,65	0,36	0,70
Renk	6,84	164,00	88,79	<u>215,44</u>	0,12	0,13	<u>0,54</u>	0,30	0,70	<u>1,83</u>	0,55	0,93
Cl	113,29	<u>295,19</u>	136,63	237,69	0,14	0,31	<u>0,42</u>	0,20	<u>2,06</u>	0,92	0,47	0,98
NH ₃ -N	0,13	<u>14,41</u>	2,07	2,49	0,16	0,06	<u>0,37</u>	0,18	1,46	<u>3,94</u>	0,76	1,31
NO ₂ -N	0,05	0,16	0,23	<u>0,28</u>	0,21	<u>0,37</u>	0,18	0,16	1,05	0,89	1,43	<u>1,51</u>
NO ₃ -N	<u>1,51</u>	0,67	0,79	1,02	<u>0,43</u>	0,25	0,22	0,38	0,59	1,04	<u>1,08</u>	0,75
ÇO	<u>7,90</u>	3,29	4,72	5,60	<u>0,50</u>	0,25	0,47	0,27	0,45	1,10	0,69	<u>1,14</u>
SO ₄	58,89	95,92	58,09	<u>426,29</u>	0,17	<u>0,35</u>	0,18	0,16	1,12	0,76	1,13	<u>1,61</u>
Na	52,86	326,67	154,44	<u>340,32</u>	0,09	0,36	<u>0,55</u>	0,29	<u>2,46</u>	0,76	0,53	0,88
Top.P	0,27	4,06	<u>6,40</u>	3,96	0,16	<u>0,36</u>	0,29	0,19	<u>1,40</u>	0,83	0,83	1,27

Parametreler	Çarpıklık				Sivrilik				Kalite Sınıfları*			
	1	2	4	7	1	2	4	7	1	2	4	7
Q	1,77	<u>2,48</u>	2,18	2,43	2,09	5,29	3,64	<u>5,29</u>	1	1	1	1
T	<u>0,26</u>	-0,13	0,01	0,18	-1,65	-1,70	<u>-1,76</u>	-1,73	1	1	1	1
pH	0,67	<u>-1,23</u>	-0,63	0,40	-0,82	<u>3,04</u>	-0,82	-1,06	1	1	1	1
TÇM	<u>2,63</u>	0,91	-0,24	1,03	<u>5,88</u>	0,32	-0,21	0,04	2	2	2	3
Renk	2,56	<u>2,99</u>	-0,33	1,23	5,41	<u>8,74</u>	-1,14	0,71	2	3	3	3
Cl	<u>2,70</u>	1,04	0,24	2,54	<u>6,13</u>	0,40	-0,16	7,78	2	3	2	3
NH ₃ -N	2,91	<u>4,36</u>	0,73	2,26	9,65	<u>18,99</u>	-0,54	5,36	1	4	4	4
NO ₂ -N	2,32	0,68	2,38	<u>3,07</u>	6,47	-0,89	5,28	<u>10,35</u>	4	4	4	4
NO ₃ -N	0,20	1,43	<u>2,21</u>	0,41	0,13	2,04	<u>5,73</u>	-0,36	1	1	1	1
ÇO	-0,15	1,28	0,10	<u>1,32</u>	0,53	1,29	<u>-1,35</u>	0,74	2	3	3	3
SO ₄	3,05	0,88	2,69	2,58	<u>11,09</u>	0,00	8,53	6,23	1	1	1	1
Na	4,02	0,81	-0,24	1,47	<u>16,67</u>	-0,17	-0,87	1,51	1	4	2	4
Top.P	2,87	0,87	1,74	<u>2,98</u>	8,99	-0,33	3,54	<u>9,67</u>	2	4	4	4

*(Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, 2004).

Tablo 3. Gözlem değerlerinin korelasyon ve regresyon katsayıları ($y=a+bx$).

Parametreler	a				b				R ²			
	1	2	4	7	1	2	4	7	1	2	4	7
Q	1,50	1,92	1,52	1,65	-0,008	-0,092	-0,020	0,049	0,001	0,058	0,002	0,004
T	18,17	15,55	14,82	14,40	-0,119	0,269	0,238	0,215	0,004	0,028	0,020	0,016
pH	7,97	8,10	7,99	7,91	0,014	-0,050	-0,024	0,005	0,075	0,226	0,079	0,003
TÇM	966,91	1127,20	1002,40	2456,00	-38,618	19,856	-11,639	-79,762	0,103	0,017	0,042	0,156
Renk	7,19	60,88	116,12	270,53	-0,035	10,312	-2,733	-5,539	0,002	0,038	0,101	0,026
Cl	258,87	219,94	139,45	392,11	-14,557	7,525	-0,282	-15,529	0,123	0,025	0,001	0,148
NH ₃ -N	0,19	14,53	1,10	3,20	-0,007	-0,011	0,098	-0,071	0,038	0,000	0,122	0,016
NO ₂ -N	0,04	0,05	0,20	0,32	0,001	0,011	0,004	-0,005	0,022	0,202	0,004	0,004
NO ₃ -N	1,16	1,05	0,95	1,38	0,035	-0,037	-0,017	-0,036	0,048	0,090	0,012	0,077
ÇO	7,90	5,65	5,78	6,35	0,000	-0,235	-0,106	-0,076	0,000	0,133	0,034	0,005
SO ₄	54,79	60,17	73,96	575,00	0,410	3,775	-1,597	-14,953	0,001	0,088	0,021	0,016
Na	84,08	246,66	166,71	421,63	-3,122	8,001	-1,227	-8,177	0,018	0,033	0,007	0,025
Top. P	0,62	5,00	12,05	9,08	0,041	-0,113	-0,713	-0,605	0,227	0,022	0,386	0,302



Şekil 3. Debi-kalite parametresi korelasyon katsayıları.

- Gözlem yerlerindeki kalite parametrelerinin debi değişiminden etkilenip etkilenmediklerini anlamak için kalite parametreleri ile debi arasında korelasyon analizi yapılmıştır. Genel olarak parametreler debi ile negatif korelasyon göstermektedir (Şekil 3). 2'nolu gözlem yerinde pH, 4'nolu gözlem yerinde renk, 2, 4 ve 7'nolu gözlem yerinde NO₃-N ve 1, 2 ve 4'nolu gözlem yerinde ÇO debi ile pozitif korelasyonludur. Bu sonuçlar NO₃-N kirliliği yüksek olup diğer parametrelerce nispeten temiz debili suyun Akarçay'a katıldığı şeklinde yorumlanabilir.
- Çarpıklık parametreleri açısından genel olarak pozitif çarpık oldukları, küçük verilerin çoğunlukta olduğu, daha az sıklıkta ortaya çıkan büyük değerlerin ortalamayı arttırdığı anlaşılmaktadır. t ve pH'ın 2'nolu gözlem yerinde, TÇM, renk ve Na'nın 4'nolu gözlem yerinde, ÇO'nun ise 1'nolu gözlem yerinde büyük değerlerinin sıklıkla ortaya çıktığı görülmektedir. Bu parametre-gözlem yeri dağılımında büyük değerler Akarçay'a karışmaktadır.
- Sivrilik parametresi açısından genel olarak 1'nolu gözlem yerinde parametreler daha az değişken, diğer ifade ile daha dar aralıktadır. Buna göre Akarçay'a bu gözlem yerinde sabit (tutarlı) miktarda kirlenici

madde katıldığı söylenebilir. 4'nolu gözlem yerinde ise normal dağılıma göre daha basık bir dağılım söz konusudur. Bu durum, gözlem yerinin özelliğinden kaynaklanmaktadır. 4'nolu gözlem yeri Afyon Kanalizasyon çıkışında olduğundan değişkenlikte yerleşim yeri atıklarının etkin olduğu düşünülmektedir.

- Kirlilik parametrelerinin zaman ile ilişkisi ele alındığında istatistik açıdan kuvvetli bir bağımlılık görünmemektedir. Bununla beraber genel olarak 2'nolu gözlem yerinde diğerlerine göre yüksek korelasyon vardır. Kalite parametreleri ile zaman arasında kurulan regresyon modellerinde de genel olarak 2'nolu gözlem yerinde parametre konsantrasyonları artış eğilimindedir. Buna göre; TÇM, renk, Cl, NO₂-N, SO₄ ve Na parametreleri zamana göre artış göstermektedir. Gerek determinasyon katsayısı gerek regresyon denklemi birlikte ele alındığında Afyon şehir yerleşiminin ve sanayisinin Akarçay kirliliğine olumsuz katkısının zaman içinde artarak devam ettiği anlaşılmaktadır.
- Genel olarak, havzadaki kirlenici maddeler de göz önünde bulundurularak değerlendirmelere göre yerleşim yeri mansabında kalan 2, 4 ve 7'nolu gözlem

yerlerinde amonyak, nitrit ve nitrat azotu kirliliği önemli miktardadır. Bu tür kirlilik ise genellikle kanalizasyon ve tarım kökenli olmaktadır. Ortalamalarının büyüklüğü açısından SO₄ 2 ve 7'nolu gözlem yerlerinde öne çıkmaktadır. Her iki gözlem yeri de termal tesis mansabındadır. SO₄ kaynağı olarak termal tesisler dikkate alınmalıdır.

6 Simgeler Dizini

Q	: Debi (m ³ /s),
T	: Sıcaklık (°C),
pH	: Bir çözeltinin asitlik veya bazlık derecesini tarif eden ölçü birimi,
TÇM	: Toplam çözünmüş madde (mg/l),
Cl	: Klorür iyonu (mg/l),
NH ₃ -N	: Amonyak azotu (mg/l),
NO ₂ -N	: Nitrit azotu (mg/l),
NO ₃ -N	: Nitrat azotu (mg/l),
ÇO	: Çözünmüş oksijen (mg/l),
SO ₄	: Sülfat iyonu (mg/l),
Na	: Sodyum (mg/l),
Top. P	: Toplam fosfor (mg/l),
N	: Nitrojen,
K	: Potasyum,
Ca	: Kalsiyum,
Mg	: Magnezyum,
HCO ₃	: Bikarbonat,
EC	: Elektriksel iletkenlik,
B	: Bor,
pV	: Fotovoltaaj,
BOİ ₅	: Atık suyun ayrışma sırasında 5 günlük bir süre içinde meydana gelen biyokimyasal oksijen ihtiyacı,
KOİ	: Kimyasal oksijen ihtiyacı,
NH ₄ -N	: Amonyum azotu,
PO ₄ -P	: Fosfat fosforu,

7 Kaynaklar

- [1] Brohi, A. ve Karaman, M. R., "Azotlu Gazların (N₂, N₂O, NO₂, NO, NH₃) Atmosferik Dönüşüm Olayları ve Çevrede Yol Açtığı Olumsuz Etkiler", *Ekoloji Çevre Dergisi*, Sayı 16, Sayfa 28-30, 1995.
- [2] İcağa, Y., Bostanoğlu, Y. ve Kahraman, E., "Akarçay Havzası Su Kalitesi İstatistikleri", *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt No. 2, Sayı 1, Sayfa 43-50, 2006.
- [3] Durhasan, D. ve Selek, Z., "Baraj Göllerinden Su Temininde Derinliğin Su Kalitesine Etkileri", *Ç. Ü. Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt No. 22, Sayı 1, Sayfa 353-361, 2007.
- [4] DSİ, "Eber-Akşehir Projesi Hidroloji Revize Raporu", Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, XVIII. Bölge Müdürlüğü, Isparta, 1998.
- [5] http://tr.wikipedia.org/wiki/Akar%C3%A7ay_Havzas%C4%B1 (14.03.2012).
- [6] Tezcan, L., "Akarçay Havzası Hidrojeolojisi ve Yeraltısu Akım Modeli", Hacettepe Üniversitesi Uluslararası Karst Su Kaynakları Uygulama ve Araştırma Merkezi, Proje Final Raporu, Sayfa 13, Ankara, 2002.
- [7] <http://geodata.cob.gov.tr/geodata/index.aspx>.
- [8] Doğdu, M. Ş., "Akarçay (Afyon) Nehri Yatak Sedimanlarında Jeotermal Kökenli Kirlilik", 59. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildirileri, Sözlü Bildiri, Ankara, 2006.
- [9] Tunçok, İ. K. ve Özyürek, E., "Akarçay Havza Koruma Eylem Planı", T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Kasım 2008.
- [10] Doğdu, M. Ş. ve Bayarı, C. S., 2002, "Akarçay Havzası'nda (Afyon) Jeotermal Kökenli Kirlenme: 1. Akarçay Nehri'nde Su ve Sediman Kirliliği", Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, Cilt No. 25, Sayfa 21-33, 2002.
- [11] Serteser, A., Kargiöglu, M., Konuk, M. ve İcağa, Y., "Vegetation as an Indicator of Soil Properties and Water Quality in the Akarçay Stream (Turkey)", *Environmental Management*, Cilt No. 42, Sayfa 764-770, 2008.
- [12] Atilla, Ö., "Afyon Ovası Soğuk Su Akifer Sisteminde Kirlenme Modeli", Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri Uygulama ve Araştırma Merkezi Bülteni, 28, 49-63, 2003.
- [13] Serteser, A., Kargiöglu, M., Konuk, M., İcağa, Y. ve Kivrak E., "Relationships between Epipellic Diatoms, Aquatic Macrophytes, and Water Quality in Akarçay Stream", *Oceanological and Hydrobiological Studies*, Cilt No. 41, Sayı 1, Sayfa 74-84, 2012.
- [14] Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, Sayfa 23, No: 25687, 2004.