

33529

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELAZIĞ KENTİ EVSEL ATIKSULARINDA BULUNAN
FOSFOR MİKTAR VE FORMLARININ MEVSİMSEL
DEĞİŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet Atab ALÇİÇEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ELAZIĞ
1994

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

T.C.
FIRAT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ELAZIĞ KENTİ EVSEL ATIKSULARINDA BULUNAN
FOSFOR MİKTAR VE FORMLARININ MEVSİMSSEL
DEĞİŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet Atab ALÇİÇEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu tez, Tarihinde, Aşağıda Belirtilen Jüri Tarafından
Oybirliği / Oyçokluğu ile Başarılı / Başarısız Olarak Değerlendirilmiştir.

(İmza)

(İmza)

(İmza)

Danışman

Doç. Dr. Bülent TOPKAYA

III

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**ELAZIĞ KENTİ EVSEL ATIKSULARINDA BULUNAN
FOSFOR MİKTAR VE FORMLARININ MEVSİMSEL
DEĞİŞİMİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mehmet Atab ALÇİÇEK

Fırat Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

1994 , Sayfa: 55

Bu çalışmada "Elazığ Kenti Evsel Atıksularında Bulunan Fosfor Miktar ve Formlarının Mevsimsel Değişimi" araştırılmıştır. Elazığ Kenti kanalizasyon sularının Haringet Çayı'na deşarj edildiği noktadan alınan su örnekleri üzerinde standart metodlar kullanılarak yapılan kimyasal analizlerden elde edilen sonuçlar fosfor miktar ve formlarının mevsimlere bağılı olarak değiştiğini göstermektedir. Evsel atıksuların içerdiği bu kirleticilerin Keban Baraj Gölü' nü bitki besin maddeleri bakımından olumsuz yönde etkilememesi için evsel atıksu tasfiye tesisinin işletilmesi esnasında fosfor bileşiklerine önem verilmesi zorunludur.

ANAHTAR KELİMELEER: Evsel atıksu, fosfor, toplam fosfor, inorganik fosfor, ortofosfat, göl kirliliği, tasfiye verimleri.

- IV

SUMMARY

Master Thesis

**THE STUDY OF SEASONAL CHANGES OF PHOSPHORUS
QUANTITY AND FORMS FOUND IN
DOMESTIC WASTEWATER OF ELAZIĞ CITY**

Mehmet Atab ALÇİÇEK

Firat University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

1994, Page: 55

In this study, seasonal changes of phosphorus quantity and forms found in domestic wastewater of Elazığ City have been investigated. Data obtained from the chemical analysis had using standart methods on water samples taken from the discharge point of the wastewater of Elazığ City in to Haringet Stream of Elazığ indicates that phosphorus quantity and forms varies depending upon seasons.

Phosphorus compounds should be attached importance to while domestic wastewater treatment plant is operating in order that these dirty things incharged domestic wastewater don't affect Keban Dam Lake in negative sence from the point of view plant nourishment.

Key Words: Domestic wastewater, phosphorus, total phosphorus, inorganic phosphorus, orthophosphorus, lake pollution, treatment efficiencies.

TEŞEKKÜR

Bu alıŐma sűresince bűyűk yardımlarını gűrdűğűm, bilgi ve tecrűbelerinden yararlandığım danıŐman hocam Doç. Dr. Sayın Bűlent TOPKAYA' ya, alıŐmalarımaya yakın ilgi gűsteren evre Műhendisliđi Bűlűmű BaŐkanı Prof. Dr. Sayın Sűcaattin KIRIMHAN'a teŐekkűrlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	III
SUMMARY.....	IV
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
KISALTMALAR.....	X
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	3
2.1 Fosfor.....	4
2.1.1. Fosforun doğada bulunuşu ve fosfor kaynakları.....	5
2.1.2. Fosfor formları.....	7
2.1.3. Suda fosfor.....	9
2.1.4. Fosfor tayin etme yöntemleri.....	13
2.1.4.1. Ortofosfat tayini.....	14
2.1.4.2. Polifosfatların tayini.....	15
2.1.4.3. Organik fosfor tayini.....	16
2.2. Ötrofikasyon.....	16
2.3. Tasfiye Verimleri.....	21
2.4. Alıcı Ortam Standartları.....	22
3. MATERYAL VE METOD.....	25
4. BULGULAR.....	29
4.1. Sıcaklık.....	29

4.2. pH.....	30
4.3. Elektriksel İletkenlik.....	31
4.4. Çözünmüş Oksijen.....	32
4.5. Alkalinite.....	33
4.6. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı.....	34
4.7. Kimyasal Oksijen İhtiyacı.....	35
4.8. Çökelebilen Katı Madde.....	36
4.9. Toplam Katı Madde.....	37
4.10. Toplam Fosfor.....	38
4.11. İnorganik Fosfor.....	39
4.12. Organik Fosfor.....	40
4.13. Ortofosfat.....	41
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	42
6. ÖNERİLER.....	47
KAYNAKLAR.....	48

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Fosfor Döngüsü.....	11
Şekil 2.2. Çeşitli Fosfor Formlarının Analizi için Akış Diyagramı	13
Şekil 3.1. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Haringet Çayı Örneklerinin Alındığı Nokta.....	27
Şekil 4.1. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Sıcaklığın Aylara Göre Değişimi.....	29
Şekil 4.2. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksu pH' sının Aylara Göre Değişimi.....	30
Şekil 4.3. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuyun Elektriksel İletkenliğinin Aylara Göre Değişimi.....	31
Şekil 4.4. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Çözünmüş Oksijen Miktarının Aylara Göre Değişimi.....	32
Şekil 4.5. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Alkalinitenin Aylara Göre Değişimi.....	33
Şekil 4.6. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Biyolojik Oksijen İhtiyacının Aylara Göre Değişimi.....	34
Şekil 4.7. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Kimyasal Oksijen İhtiyacının Aylara Göre Değişimi.....	35

IX

Şekil 4.8. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Çökelebilen Katı Madde Miktarının Aylara Göre Değişimi.....	36
Şekil 4.9. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Toplam Katı Madde Miktarının Aylara Göre Değişimi.....	37
Şekil 4.10. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Toplam Fosfor Miktarının Aylara Göre Değişimi.....	38
Şekil 4.11. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda İnorganik Fosfor Miktarının Aylara Göre Değişimi.....	39
Şekil 4.12. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Organik Fosfor Miktarının Aylara Göre Değişimi.....	40
Şekil 4.13. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Ortofosfat Miktarının Aylara Göre Değişimi.....	41
Şekil 5.1. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksularında Toplam Fosfor ile Ortofosfat Arasındaki İlişki.....	43
Şekil 5.2. Elazığ Kenti Evsel Atıksularında Kimyasal Oksijen İhtiyacı ile Biyolojik Oksijen İhtiyacı Arasındaki İlişki.....	44
Şekil 5.3. Elazığ Kenti Evsel Atıksuyunda Tespit Edilen Elektriksel İletkenlik Değeri ile Toplam Katı Madde Arasındaki İlişki.....	45

TABLOLAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1. Çeşitli Sulardaki Fosfor Derişimlerinin Tipik Değerleri.....	6
Tablo 2.2. Sucul Sistemlerde Önemli Fosfor Bileşikleri.....	8
Tablo 2.3. Suda Fosforun Bulunuşuna Göre Oluşturulan Kalite Sınıfları.....	12
Tablo 2.4. Nüfus Yoğunluğu 150 kişi/km ² Olan Temsili Alandan Göllere Gelen Fosfor Akısı.....	12
Tablo 2.5. Ötrofikasyon Kontrolü için Sınır Değerler.....	23
Tablo 3.1. Elazığ Kenti Evsel Atıksularında İnceleme Fiziksel ve Kimyasal Parametreler.....	26
Tablo 4.1. Elazığ Kenti Evsel Atıksularında Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları.....	28
Tablo 5.1. Mevsimlere Göre Orto-P ve TP Verilerinin Karşılaştırılması.....	46
Tablo 6.1. Keban Baraj Gölüne Çeşitli Kaynaklardan Deşarj olan Fosfor yükleri.....	50
Tablo 6.2. Mekanik ve Biyolojik Tasfiye Kademelerinden Oluşan Bir Tasfiye Tesisinde Ortalama Tasfiye Verimleri.....	51

KISALTMALAR

Orto-P	: Toplam Ortofosfat
TP	: Toplam Fosfor
OP	: Organik Fosfor
İP	: İnorganik Fosfor
EC	: Elektriksel İletkenlik
Alkal.	: Alkalinite
BOİ	: Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
Sıc.	: Sıcaklık
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
TKM	: Toplam Katı Madde
ÇKM	: Çökelebilen Katı Madde

1. GİRİŞ

Ülkemizdeki nüfus artışına ve hızlı kentleşme ile sanayileşmeye paralel olarak yüzey su kaynaklarının büyük bir kısmı kirlenmiş veya hızla kirlenmekte olup içme ve kullanma suyu olarak kullanılabilir özellikteki su kaynaklarının miktarı gün geçtikçe azalmaktadır.

Yüzey su kaynaklarından özellikle göller çeşitli atıksuların deşarjı ile bu alıcı ortamlara bitkisel mikroorganizmaların gelişmeleri için gerekli olandan daha fazla bitki besin maddesinin girmesi sulardaki bu organizmalar üzerinde gübre etkisi yapmakta ve biyolojik üreme artmaktadır. Ötrofikasyon adı verilen bu olgunun en önemli etkisi su kalitesinde neden olduğu bozulmalar olup su kaynağının çeşitli amaçlar için kullanılabilirliği önemli ölçüde kısıtlanmaktadır.

Bir gölün besi maddesi düzeyinin yükselmesinde özellikle incelenmesi gerekli maddeler, alg hücrelerinin de yapı taşları olan karbon (C), azot (N) ve fosfor (P) içeren bileşiklerdir. Bunlardan fosfor yüzeysel sularda, çözünür halde çok az miktarlarda bulunması ve atıksudan uzaklaştırılması azota oranla daha kolay olması nedeniyle incelemelerde özel bir yer tutar ve genelde ötrofikasyonu sınırlayıcı madde olarak görülür (Topkaya, 1987).

Günümüzde tasfiye görmüş atıksuların deşarj edildiği su ortamlarında da aşırı alg üremesinin görülmesi, alg üremesine neden olan maddelerin ve özellikle de fosfor bileşiklerinin atıksudan daha ileri düzeyde uzaklaştırılması gerekliliğini ortaya çıkarmıştır (Topkaya ve Şen, 1988).

Bu çalışmada, konu olan Elazığ Kenti merkezi evsel atıksuları, büyük ölçüde tamamlanmış olan kanalizasyon sistemi ile kent merkezinden yaklaşık 10 km. mesafedeki Haringet Çayı' na deşarj edilmekte ve bu çay vasıtası ile de Keban Baraj Gölü'nün Uluova Bölgesine karışmaktadır. Bu bölge gölün en yoğun bir şekilde kullanılan kısmını oluşturmaktadır. Sulama suyu olarak kullanılmasının yanısıra 2000'li yıllarda Elazığ Kent merkezinin içme suyu ihtiyacının da bu bölgeden karşılanması gündeme gelebilecektir. Bu iki olgu özellikle sözkonusu bölgenin kirlenmesinin önüne geçilmesi için yeterli nedenleri oluşturmaktadır. Bu amaçla inşaatına başlanmış olan evsel atıksu tasfiye tesisi 1994 yılı içerisinde hizmete alınacaktır. Mekanik ve biyolojik (aktif çamur) tasfiye kademelerinden oluşan tesisin fosfor uzaklaştırılması açısından alıcı ortam standartlarının yerine getirilmesi güç görülmekte olup tasfiye edilen atıksuyun fosfor konsantrasyonunun 4-5 mg/1 civarında olacağı tahmin edilmektedir (Topkaya ve Tümen, 1987). Ancak bu tesisin mevcut kademeleri ile de optimal işletilebilmesi için tesise giren atıksuyun içerdiği fosfor bileşiklerinin miktar ve formlarının zamanla değişiminin bilinmesi zorunludur. Bu çalışmada amaç fosfor formlarının (toplam fosfor, inorganik fosfor, organik fosfor ve ortofosfat) mevsimsel değişiminin incelenmesidir. Elde edilen veriler Elazığ Kenti evsel atıksu tasfiye tesisinin işletilmesi aşamasında gerekli bir bilgi olarak kullanılabilceği gibi Keban Baraj Gölü Uluova Bölgesinin fosfor bileşikleri ile yüklenmesi hakkında da bilgi vererek, gölün biyolojik verimliliği üzerinde yapılacak çalışmalara temel teşkil edebilecektir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ VE GENEL BİLGİLER

Elazığ Kenti ve çevresindeki çevre sorunlarını ele alan çalışmalar incelendiğinde bunların genellikle Keban Baraj Gölü ile Hazar Gölü'nü kapsadıkları görülmektedir. Bu çalışmalar Kırımhan (1989) tarafından özetlenmiştir. Elazığ Kent merkezi evsel atıksularının içerdiği bitki besin maddeleri ile ilgili çalışmalar çok daha az sayıda olup ilki Topkaya ve Tümen (1986) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada atıksuların, miktarı ve içerdiği maddeler açısından, günlük değişimleri incelenmiş ve özellikle mekanik tasfiye yöntemlerinin etkinliği laboratuvar düzeyinde incelenmiştir.

Topkaya (1992) tarafından yapılan bir çalışmada Keban Baraj Gölü'nü kirleten kaynaklardan Elazığ Kent merkezi evsel atıksuları ile Şeker Fabrikası atıksularının fosfor içerikleri partikül büyüklüğü baz alınarak incelenmiştir. Buna göre evsel atıksuyun içerdiği maksimum toplam fosfor konsantrasyonu $13,06 \text{ mg PO}_4^{-3} - \text{P/l}$ dir ve bunun % 75' i inorganik, % 25' i organik fosfordur. Ayrıca toplam fosforun % 32' si çözülmüş inorganik fosfor, % 15' i çözülmüş organik fosfordur, ve göle deşarj edilen toplam fosforun yaklaşık % 50' si çözülmüş haldedir.

1993 yılında Fırat Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde yapılan bir yüksek lisans tezi çalışmasında (Uslu, 1993) sözkonusu evsel atıksuların içerdiği azot bileşiklerinin mevsimsel değişimi üzerinde durulmuştur.

Yurtdışında yapılan araştırmaların büyük bir çoğunluğu evsel atıksuların içerdiği fosfor bileşiklerinin atıksudan uzaklaştırılma

verimleri ve fosfor bileşiklerinin yüzey su kaynaklarındaki biyolojik üretim üzerine sahip olduğu etkiler üzerinde yoğunlaşmıştır.

Atıksulardan fosfor uzaklaştırılması hakkında birçok araştırma bulunmasına rağmen fosfor formlarının mevsimsel şartlara bağlı olarak değişimi üzerinde çok az kaynak bulunmaktadır. Bu konuda 1984 yılında Kanada' da yapılan bir çalışmada, havalandırılmalı bir lagünün giriş ve çıkış sularından bir yıl boyunca alınan su örneklerinde toplam fosfor ve toplam ortofosfat konsantrasyonlarının mevsimsel değişimi incelemiştir (Norasiah ve Morasse, 1984). Bu çalışmaya göre fosfor, evsel atıksularda organik, orto ve polifosfat formlarında bulunmakta ve bunlardan ortofosfatlar organik ve polifosfatların mikroorganizmalar tarafından indirgenmesinin ürünü olmaktadır. Çalışmada incelenen iki parametre arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu, özellikle yaz aylarında çıkış suyunda bulunan toplam fosforun büyük kısmını ortofosfatın oluşturduğu tespit edilmiştir. Bu olgu atıksuda bulunan polifosfatların ortofosfata hidrolizinin yaz aylarında, kış aylarına oranla daha yoğun gerçekleşmesine bağlanmıştır.

2. 1. Fosfor

Su ortamlarında fosfor, çeşitli fosfat türleri şeklinde bulunur ve gerek doğal su ortamlarında, gerekse de su ve atıksu arıtımında gerçekleşen birçok reaksiyona girer. Canlı protoplazmanın kuru ağırlık olarak yaklaşık %2' sini fosfor oluşturur. Bu nedenle fosfor, özellikle fotosentezle üretim yapan ototrof canlıların büyümelerini sınırlayıcı bir etkiye sahiptir. Heteretrof mikroorganizmaların büyümesinde de fosfor

önemli bir role sahiptir. Gerekli olan fosforun suda yeterli bir miktarda bulunmaması, bu canlılarında büyümesini sınırlayabilir. Fosforun gezegenimizde yaşayan her türlü canlının enerji metabolizması açısından önemi büyüktür. Kimyasal reaksiyonlar enerji bakımından ekzotermik (enerji veren) veya endotermik (enerji alan) türde olabilir. Canlılarda solunum reaksiyonları ekzotermik, sentez reaksiyonları ise endotermiktir. Bu reaksiyonlar sırasında ortaya çıkan enerji fosforlu bileşiklerde kimyasal olarak depolanır. Canlı hücrede enerjiyi ileten bileşiklerin en önemlisi önemli oranda fosfor içeren adenosin trifosfattır (ATP). Ayrıca guanozin trifosfat (GTP), uridin trifosfat (UTP), asetil koenzim A, fosfoenol pirüvik asit gibi maddelerde metabolizmanın çeşitli kademelerinde doğrudan veya dolaylı olarak ATP sentezi için enerjilerini aktarırlar (Uslu ve Türkman, 1987).

2.1.1. Fosforun doğada bulunuşu ve fosfor kaynakları

Fosfor, azot gibi canlılara gerekli temel maddelerdendir. Hücre zarı ile hücrelerde nükleik asitlerin, enerji aktarımlarını sağlayan ATP (Adenosin trifosfat) maddesinin yapısında; ayrıca diş ve kemiklerde bulunur. Fosforun doğadaki temel deposu yer kabuğundaki fosfatlı kayalar, ikinci büyük rezervi sulardır.

Yerkabuğundaki fosfatlı kayalardaki fosforun bir kısmı erozyon yoluyla sulara taşınır. Bu inorganik fosfat, bitkiler tarafından çoğunlukla suda çözülmüş ortofosfat ($H_2PO_4^-$) şeklinde alınır. Bitki dokularının üretimi işleminde organik fosfatlara dönüştürülür. Beslenme yoluyla otçul ve etçil hayvanlara aktarılır. Bitki artıkları, hayvan kadavra ve

salgılarındaki organik fosfatlar, ayrıştırıcı mikroorganizmalar tarafından inorganik şekle çevrilir. Böylece yeniden bitkiler tarafından alınacak hale gelir. Fosforun canlı rezervde bulunan kısmı kaya ve su rezervlerine kıyasla oldukça küçüktür.

Erozyon yoluyla kayalardan aşınarak suya karışan fosfatın büyük kısmı akarsularla denizlere taşınır. Bu fosfat bitkiler tarafından kullanılır. Besin zinciri yoluyla hayvanlara aktarılır. Bu organizmaların ölüp, kıyılara yakın sığ bölgelerde dibe çökmeleriyle tortularda birikir.

Fosfatlı kayalar yirminci yüzyılın başından beri gübre olarak kullanılmak amacı ile büyük ölçülerde işletilmektedir. Yer kabuğundaki fosfatlı yataklardan insan eliyle yılda ortalama olarak 2 milyon ton kadar fosfat çıkarıldığı hesaplanmıştır. Toprağa eklenen bu fosfatlı gübreler, toprakta uzun süre kalmaz. Önemli kısmı yeraltı ve yüzey sularıyla denizlere akıp gider. Çeşitli kaynakların içerdiği toplam fosfor konsantrasyonları ile ortofosfat oranı Tablo 2.1.' de görülmektedir.

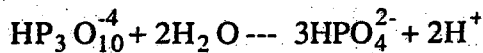
Tablo 2.1. Çeşitli Sulardaki Fosfor Derişimlerinin Tipik Değerleri (Uslu ve Türkman 1987).

	Toplam P (gP/m ³)	Mevcut çözünmüş ortofosfat (%)
1. Evsel atıksular	5-20	15-35
2. İkinci derece arıtma yapan tesislerin çıkış suları	3-10	50-90
3. Tarımsal drenaj	0,05-1,0	15-50
4. Kirlenmemiş göller	0,01-0,04	10-30
5. Otofik göller	0,03-1,5	5-20
6. Akarsular	0,01-1,0	-
7. Okyanuslardaki ortalama değer	0,07	-
8. Yağmur suyu	0,004-0,03	-

Bu arada insan eliyle (orman tahribi ve yol yapımı işlemleri vs.) erozyon olayları hızlandırılmaktadır. Evsel atıksular, fosfatlı sanayi artıkları ve çöpler de önemli fosfat kaynaklarıdır. Bunun bir sonucu göllerde ve su dolaşımının kısıtlı olduğu körfezlerde besleyici tuzların çok artmasıyla ortaya çıkan ötrofikasyon "fosfor kirlenmesi" olarak tanımlanabilir. Ancak fosfor, toksik maddeler tipinde bir kirletici olmayıp ötrofikasyon olayında ortaya çıkan bir kirletici durumundadır (Berkes ve Kışlalıoğlu, 1990).

2.1.2 Fosfor formları

Fosforun yaygın olarak karşılaşılan formları Tablo 2.2' de gösterilmiştir. Tüm organik bileşiklerinin temel yapıtaşını ortofosfat oluşturur. Bu anyonda fosfor atomu, bir tetrahedronun merkezinde, oksijen atomları ise köşelerde bulunurlar. Polifosfatlar ise birden fazla ortofosfat grubunun birleşmesiyle oluşurlar. Ve tipik P-O-P bağları içerirler. Polifosfatlar lineer moleküllerdir. Organik fosfor bileşiklerinin ise çok çeşitli tipleri vardır. Tasfiye edilmemiş evsel atıksuda fosfor bileşiklerinin ortalama dağılımı; Ortofosfat 5 g P/m³, Tripolifosfat 3 g P/m³, Pirofosfat 1 g P/m³, Organik fosfatlar 1 g P/m³ şeklindedir. Biyolojik arıtmadan geçmiş atıksularda bulunan fosfor hidrolize olur ve polifosfatlar ortofosfatlara dönüşür. Örneğin tripolifosfatların hidrolizi;



reaksiyonuyla gerçekleşir. Bu reaksiyonda açığa çıkan H⁺, aynı zamanda katalizör görevi yapar. Arıtılmamış atıksuların deşarj edildiği alıcı su ortamlarında bulunan fosforun % 30-60 kadarı organik fosfor şeklindedir.

Tablo 2. 2. Sucul sistemlerde önemli fosfor bileşikleri (Uslu ve Türkman, 1987).

	<u>YAPI</u>	<u>ÖNEMLİ BİRİMLER</u>
Ortofosfatlar	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ -\text{O}-\text{P}-\text{O}- \\ \\ \text{O}- \end{array}$	$\text{H}_3\text{PO}_4, \text{H}_2\text{PO}_4^-$ $\text{HPO}_4^{2-}, \text{PO}_4^{3-}$ HPO_4^{2-}
Polifosfatlar	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \\ -\text{O}-\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{O}- \\ \quad \\ \text{O}- \quad \text{O}- \end{array}$	$\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7, \text{H}_3\text{P}_2\text{O}_7^-$ $\text{H}_2\text{P}_2\text{O}_7^{2-}$ $\text{HP}_2\text{O}_7^{3-}, \text{P}_2\text{O}_7^{4-}$ $\text{HP}_2\text{O}_7^{3-}$
	Pirofosfat	
	$\begin{array}{c} \text{O} \quad \text{O} \quad \text{O} \\ \parallel \quad \parallel \quad \parallel \\ -\text{O}-\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{O}-\text{P}-\text{O}- \\ \quad \quad \\ \text{O}- \quad \text{O}- \quad \text{O}- \end{array}$	$\text{H}_3\text{P}_3\text{O}_{10}^{2-}$ $\text{H}_2\text{P}_3\text{O}_{10}^{3-}$ $\text{HP}_3\text{O}_{10}^{4-}, \text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$ $\text{HP}_3\text{O}_{10}^{4-}$
	Tripolifosfat	
Metafosfat	$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{P}-\text{O}^- \\ \\ \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{P}-\text{O}^- \\ \\ \text{O} \\ \parallel \\ \text{O}-\text{P}-\text{O}^- \\ \\ \text{O} \end{array}$	$\text{HP}_3\text{O}_9^{2-}, \text{P}_3\text{O}_9^{3-}$
	Trimetafosfat	
Organik fosfatlar	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{O}-\text{P}-\text{OH} \\ \parallel \\ \text{O} \\ \\ \text{O} \\ \\ \text{OH} \\ \\ \text{OH} \\ \\ \text{OH} \\ \\ \text{OH} \end{array}$	
	Glukoz 6-fosfat	

2.1.3. Suda fosfor

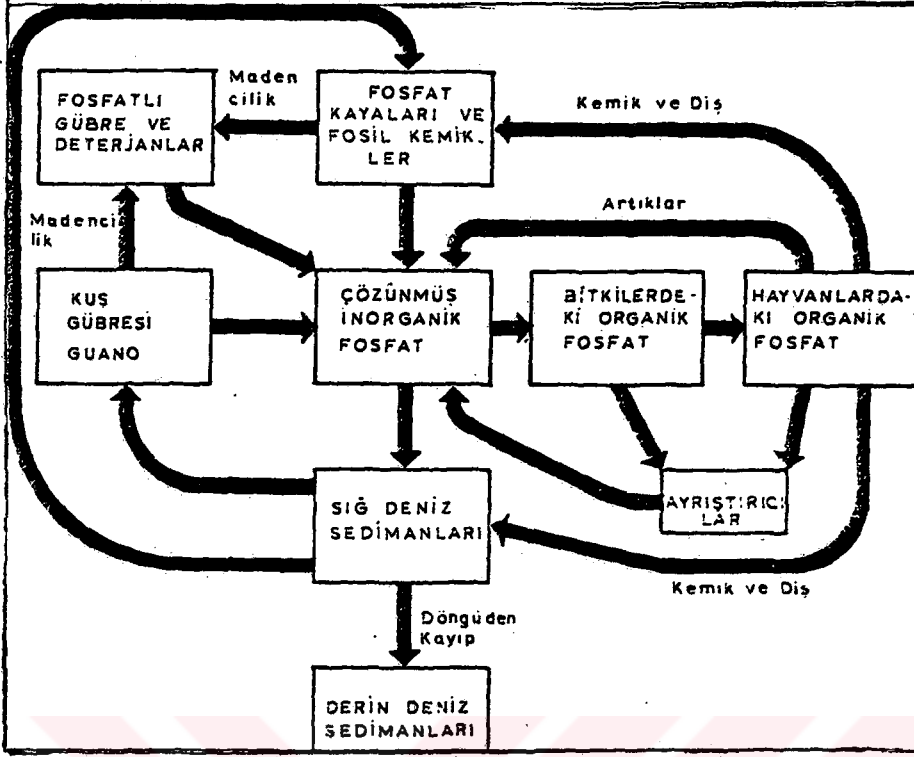
Fosforun doğadaki temel deposu yerkabuğundaki fosfatlı kayalar, ikinci büyük rezervi ise sulardır.

Çeşitli sucul ortamlarda yapılan araştırmalar sonucunda, suda çözülmüş halde bulunan fosfat, nitrat ve karbonat arasındaki mol oranları yaklaşık olarak C/N/P = 106/16/1 olarak bulunmuştur. Aynı oranlar alg protoplazmasında da görülmektedir. Işığın tesir edebildiği üst tabaka sularında fotosentez olayı sırasında fosfat, nitrat ve karbonat sudan elimine olurlar ve 106/16/1 oranında alg biyosentezinde kullanılırlar (Uslu ve Türkman, 1987).

Fosforun suda neden olduğu en önemli kirlenme çeşitlerinden biri aşırı üretim anlamına gelen ötrofikasyondur. Ötrofikasyon suyun yeşil, bulanık bir renge dönüşmesine, kıyılarda yosunların (alglerin) çok büyük miktarlarda yosun üretmesi ve bu yosunların dibe çöküp ayrışması sonucu dip sularında oksijen tükenmesine neden olur ve hidrojen sülfür gazı ortaya çıkar. Ayrıca ötrofikasyon su ürünleri, turizm, eğlence ve dinlence (rekreasyon) değerlerinin yitilmesiyle sonuçlanan önemli bir sorun şeklinde ortaya çıkar. Azot ve fosforun kullanılmış sularda önemli ölçülerde artması sonucu birincil üretimi hızlandırmakta ve böylece ötrofikasyon olayı meydana gelmektedir. Ortalama atıksu kompozisyonları incelendiğinde ötrofikasyon açısından yukarıda sözü geçen büyüme minimumu, azottan çok fosforun etkileyebileceği ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden akarsu ve göllerdeki primer metabolizmanın dinamiği açısından incelenmesi gerekmektedir.

Fosfor döngüsünün temelini ise fosforun karalardan denizlere, denizlerden de yeniden karalara taşınması oluşturur. Yerkabuğundaki fosfatlı kayalardaki fosforun bir kısmı erozyonla suda çözünür hale gelir. Bu inorganik fosfat, bitkiler tarafından çoğunlukla sudan çözünmüş ortofosfat şeklinde alınır. Bitki dokularının üretimi işleminde organik fosfatlara çevrilir. Beslenme yoluyla otçul ve etçil hayvanlara aktarılır. Bitki artıkları organizmalar tarafından inorganik şekle çevrilir. Böylece yeniden bitkiler tarafından alınacak hale gelir.

Erozyon yoluyla kayalardan aşınarak suya karışan fosfatın büyük bir kısmı akarsularla denizlere taşınır. Bu fosfat bitkiler tarafından kullanılır. Besin zinciri yoluyla hayvanlara aktarılır. Bu organizmaların ölüp kıyılara yakın sığ bölgelerde dibe çökmeleriyle tortularda birikir. Bu birikintiler milyonlarca yıllık bir süre içinde yerkabuğunun jeolojik hareketleri sonucu dağların oluşmasıyla yeniden karalara döner. Böylece fosfor yeniden çevrime katılmış olur. Ancak denizlere taşınan fosforun bir kısmı derin deniz diplerinde birikmektedir. Derin deniz sedimentlerindeki fosforu döngülerden kaybedilmiş saymak gerekir (Berkes ve Kışlalıoğlu, 1990).



Şekil 2.1. Fosfor Döngüsü (Berkes ve Kışlahoğlu, 1990).

Bir drenaj alanından yüzeysel suya verilen fosfor miktarının yöredeki nüfusun yoğunluğuna, tarımsal gübreleme yöntemi ve gübreleme sıklığına, hayvancılığa, bitki örtüsüne (Örneğin, ormanlar, otlaklar, meralar) toprağın pedolojik karakterlerine ve atıksu toplama ve arıtma sistemlerine bağlı olduğu bilinmektedir. Kişi başına dışkı ve idrarla günlük fosfor atımı ortalama 1,5 g dır. Temizlik işlerinde kullanılan ve atıksularla alıcı su ortamlarına ulaşan deterjanlarda fosfor derişimine etki ederler. A.B.D.' de tipik değer olarak kentsel atıklardan gelen fosfor miktarı 3 g P/kişi/gün olarak veya kişi/ km² cinsinden ifade edilen nüfus yoğunluğu şeklinde verilmiştir. Tablo 2. 4.' de km² de 150 kişi oturan bir alandan gelen tipik fosfor değerleri verilmiştir. Dolayısıyla, göllerdeki fosfor yüklemeleri, göl çevresindeki drenaj alanındaki arazi kullanımından ve antropojen etkinliklerden bulunabilir. Drenaj faktörü = Drenaj alanı/Göl yüzeyi şeklinde tanımlanan boyutsuz bir faktör ile

göllerdeki birinci başlangıç üretim arasında bir korelasyon olduğunu göstermek mümkündür (Uslu ve Türkman, 1987).

Suda fosforun bulunuş miktarına göre de sular dört kalite sınıfına ayrılmaktadır (Tablo 2. 3).

Tablo 2. 3. Suda fosforun bulunuşuna göre oluşturulan kalite sınıfları
(Resmi Gazete, 1991)

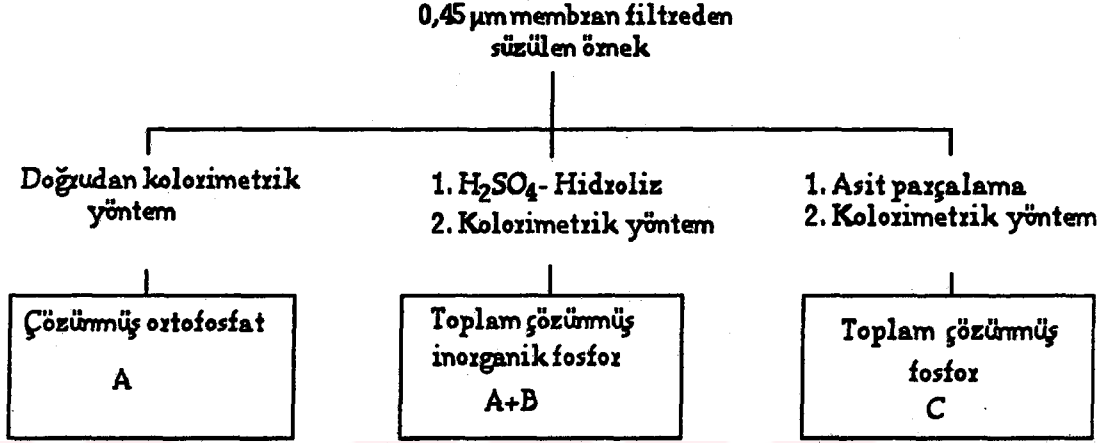
	mg PO ₄ ⁻³ P/l
1. Kalite	0,02
2. Kalite	0,16
3. Kalite	0,65
4. Kalite	> 0,65

Tablo 2. 4. Nüfus Yoğunluğu 150 kişi/km² Olan Temsili Alandan Göllere Gelen Fosfor Akısı (Uslu ve Türkman, 1987).

	Fosfor (g P/yıl/m ² drenaj alanı)	
	alt sınır	üst sınır
A. Noktasal kaynaklar		
1. Evsel atıksu insan atıkları	0,08	0,08
2. Deterjanlar	0,04	0,04
3. Cadde ve yollardan gelen	0,01	0,01
4. Endüstri atıkları	0,01	0,01
ARA TOPLAM	0,14	0,14
B. Dağınık kaynaklar		
1. Tarımsal arazi ve ormanlar	0,01	0,05
2. Meralar	0,01	0,05
3. Ormanlar	0,01	0,01
ARA TOPLAM	0,03	0,11

2. 1. 4. Fosfor tayin etme yöntemleri:

Evsel atıksuda bulunan fosfor formları ve tayin yöntemleri şekil 2.2' de görülmektedir.



Toplam fosfor = inorganik fosfor + organik fosfor

İnorganik fosfor = ortofosfat + polifosfat

Organik fosfor = toplam fosfor - inorganik fosfor

[(A+B)-A = polifosfat]

Şekil 2. 2: Çeşitli fosfor formlarının analizi için akış diyagramı.

(AWWA, APHA, WPCF, 1985)

2.1.4.1. Ortofosfat tayini

Ortofosfat şeklindeki fosfor (H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-}): kantitatif olarak gravimetrik, volumetrik veya kolorimetrik metodlar vasıtasıyla ölçülebilir. Fosfor büyük miktarlarda bulunduğu gravimetrik yöntemler uygulanır. Volumetrik yöntem; fosfat konsantrasyonunu 50 mg/l' yi aştığı zaman uygulanır. Fakat bu kadar yüksek seviyelere, çamur çürütücü üst sıvısı ve kazan suları haricinde pek sık rastlanmaz. Tayin yöntemi, çökeltme, filtrasyon, çökeleğin dikkatle yıkanması ve titrasyon adımlarını içermektedir. İşlem zaman alıcı olduğundan, çoğunlukla bunun yerine kolorimetrik yöntem tercih edilir.

Ortofosfatları ölçmek için 3 kolorimetrik yöntem kullanılabilir. Bunlar prensip olarak aynıdır. Fakat son renk gelişimi için ilave edilen madde farklıdır. Kolorimetrik tayin yönteminin kimyasal açıklaması aşağıdaki şekildedir:

Fosfat iyonu: amonyum molibdat ile asit şartlarda, amonyum fosfomolibdat olarak bilinen kompleksi teşkil eder.



Büyük miktarlarda fosfat mevcut olduğunda, fosfomolibdat, sarı çökelek teşkil edebilir, bu filtrelenir ve volumetrik tayin için kullanılabilir.

Düşük fosfat konsantrasyonlarında: sarı kolloidal fosfomolibdat solü oluşur ve ara konsantrasyonlar için kolorimetrik ölçüme esas alınır. 30 mg/l' nin altındaki konsantrasyonlar ise genellikle içme, kullanma suyu

analizlerinde rastlanan sınırlardır. Kolloidal solün sarı rengi kolayca farkedilmediğinden, diğer bir yolla renk değişimi gereklidir. Bir yöntem olarak, vanadyum ilave edilebilir ve "vanadomolibdofosforikasit kompleksi" oluşur. Bu kompleksin rengi çok daha yoğun bir sarı olduğundan kolorimetrik olarak tayin yapmak mümkün olur.

Amonyum fosfomolibdat kompleksinde, molibden numunede mevcut fosfor miktarı ile orantılı olarak bir mavi renkli sol teşkil etmek üzere kolaylıkla indirgenebilir. Askorbik asit veya kalay (2) klorür gibi indirgenler kullanılarak elde edilen mavi rengin şiddetini ölçmek suretiyle de fosfat tayinini çok daha duyarlı bir şekilde yapmak mümkündür. Burada oluşan kimyasal reaksiyon şu şekilde ifade edilir.



Bu yöntemin daha duyarlaştırılmış halinde, çeşitli girişimleri önlemek amacı ile fosfomolibdat kompleksini benzen-izobütanol karışımı bir organik faza çekilmekte daha sonra bu faza kalay (2) klorürün ilavesi yapılmaktadır (Samsunlu, Şengül ve Müezzinoğlu, 1982).

2. 1. 4. 2. Polifosfatların tayini

Polifosfatlar: Numunelerin derişik sülfirik asit ilavesiyle asitlendirilmelerinden sonra, en az 90 dak. kaynatılmak sureti ile ortofosfatlara dönüştürülür. Hidroliz reaksiyonu otoklavda ısıtma vasıtası ile hızlandırılabilir. İlave edilen aşırı asit, amonyum molibdat çözeltisi ilavesi ile işleme başlanmadan önce nötralize edilmelidir. Oluşan ortofosfat, herhangi bir ortofosfat tayin yöntemi yardımı ile

ölçülebilir. Numunede tayin edilmiş inorganik toplam fosfatların miktarından, ortofosfatların miktarı çıkartılarak, polifosfatların miktarı tayin edilebilir.

2. 1. 4. 3. Organik fosfor tayini

Çevre Mühendisliğinde endüstriyel atıklardaki ve çamurlardaki organik fosfor miktarının ölçümü de önem taşır. Bu analiz, organik maddenin parçalanarak fosfat iyonu şeklinde açığa çıkarılması yoluyla yapılabilir. Organik madde standart metodlardaki "parçalama" işlemlerine göre parçalanabilir. Kullanılan oksitleyici madde perklorik asit, sülfirik asit-nitrik asit karışımı veya persülfat olabilir. Perklorik asit şiddetli paçalayıcı olmakla beraber en tehlikeli olanıdır. Bu nedenle perklorik asitle parçalama sırasında çok dikkatli çalışmak gereklidir. Parçalama işlemi bittikten sonra, açığa çıkan fosforun ölçülmesi, ortofosfatlara uygulanan herhangi bir yöntem yardımı ile yapılabilir. Organik fosfor konsantrasyonu, toplam fosfor ve inorganik fosforun farkı alınarak bulunur (Şengül, Müezzinoğlu ve Samsunlu, 1986).

2. 2. Ötröfikasyon

Kullanılmış suların alıcı ortamlara verilmesi sonucunda ortaya çıkan en önemli sorunlardan biri ötrofikasyondur. Sulara bakterilerin dengeli bir biçimde yaşayıp gelişmeleri için gerekli olandan daha fazla miktarlarda bitki besin maddesi (azot ve fosfor) deşarj edildiğinde, sudaki biyolojik yaşam üzerinde gübreleme etkisi yapılmış olur. Bu durumda

özellikle alg üremesi hızlanır. İşte bu aşırı beslenme ve üretim artışı durumuna "ötrofikasyon" denir. Ötrofikasyon su ortamlarında aşırı oksijen harcanmasına neden olur ve belli bir süre sonra sudaki oksijen konsantrasyonu birçok canlı yaşamı için sınır değerin altına düşer. Bu da canlı yaşamının sona ermesi anlamına gelir. Sularda ötrofikasyona neden olan azot ve fosforun ana kaynağı evsel atıksular ve tarımsal arazilerden gelen drenaj sularıdır. Sentetik deterjanların giderek daha yaygın bir biçimde kullanımı, bunların içerdiği fosfor nedeniyle alıcı su ortamlarındaki ötrofikasyonu hızlandırmaktadır. Önemli kanalizasyon girdisi olan çoğu körfez ve göllerde ötrofikasyon; su ürünleri yanında turizm, eğlence ve dinlence (rekreasyon) değerlerinin yitilmesiyle sonuçlanan önemli bir sorun şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bir göldeki ötrofikasyon sorununun çözümü için ya giren sudaki fosfor konsantrasyonu azaltılmalı, ya da suyun gölde kalış süresi kısaltılmalıdır. Su girdi ve çıktılarını değiştirmek çok zor ve masraflı olacağı için mantıklı çözüm, göle giren fosfat konsantrasyonunu azaltmaktır. Günümüz uygulama yaklaşımları da bu yönde olmaktadır.

Bitkilerin metabolizmalarını yürütmek, gelişmelerini ve canlılıklarını devam ettirmek için ihtiyaç duydukları ve çevrelerinden aldıkları maddelere bitki besin maddeleri denir. Başlıca azot ve fosfor içeren bitki besi maddelerinin azlığında veya yokluğunda bitkilerin iyi gelişmesinden bahsetmek mümkün değildir ve evsel atıksular, tarım arazilerinden ve hayvan yetiştiriciliği yapılan çiftliklerden gelen atıksuların yüzeysel sularda meydana getirdiği durum doğal olarak ortaya çıkan bir değişim olmasına rağmen, antropojen etkiler ile ötrofikasyon olgusu artan bir ivme kazanır.

Durgun su kaynaklarının çevreden gelen bitki besin maddelerince zenginleşerek ötrofik hale geçmesi genellikle yazın ortaya çıkan mavi-yeşil alg (*Cyanophyta*) gelişmeleri ile karakterize edilir. Ayrıca ötrofik sularda fitoplanktonik organizmalar kantitatif olarak oldukça iyi durumdadır.

Aşırı alg çoğalmaları herşeyden önce, sulardaki bulanıklığa yol açarak fiziksel bir kirlenmeye neden olurlar. Güneş ışığının su içine tesirini büyük ölçüde engelleyen bulanıklılık yüzünden bentik ve planktonik alglerin fotosentez oranı da düşer. Bu ise sulardaki organik madde üretiminin ve çözünmüş oksijen miktarının azalmasına yol açacaktır. Ayrıca aşırı sayılarda çoğalan alglere ait ölü organik materyallerin dip kısımlarda toplanması ve sedimentler üzerindeki bakteriler tarafından oksijen kullanılarak parçalanması sudaki çözünmüş oksijenin hızla tükenmesine neden olacaktır. Bu durumda ise yaşamaları için oksijene bağımlı canlıların zarara uğraması kaçınılmazdır. Sudaki çözünürlüğün düşük olmasından dolayı, oksidasyon esnasında oksijenin hızla tüketilmesi ile su kaynağı anaerobik duruma geçebilir. Organik maddelerin oksijensiz ortamda parçalanması ise amonyak, metan ve hidrojen sülfür gibi kötü kokulu gazların ortaya çıkmasına neden olur. Bu gazların bir kısmı başta balıklar olmak üzere akuatik hayvanlar üzerinde toksik etkiye sahiptir. Ötrofikasyon sonucu ortaya çıkan söz konusu değişimler suların renginde, tadında ve kokusunda bazı önemli değişmelere neden olur. Dolayısıyla ötrofikasyon, suyun kalitesi ve kullanılabilirliği üzerinde son derece etkilidir.

Günümüzde tasfiye görmüş atıksuların deşarj edildiği su ortamlarında da aşırı alg üremesinin görülmesi, alg üremesine neden

olan maddelerin atıksudan öncelikle uzaklaştırılması gerekliliğini ortaya çıkartmıştır. Bunun için de ikinci tasfiye kademesinden sonra atıksuda geride kalan organik ve anorganik besin maddelerinin uzaklaştırılması için ileri tasfiye işlemlerinin uygulanması gereklidir.

Bir gölün besi maddesi düzeyinin yükselmesi olgusunda özellikle incelenmesi gerekli maddeler, alg hücrelerinin de yapıtaşları olan C, N ve P maddeleridir. Bunlardan fosfor yüzeysel sularda, çözünür halde, çok az miktarlarda bulunması nedeni ile incelemelerde özel bir yer tutar ve genelde ötrofikasyonu sınırlayıcı madde olarak görülür (Hutchinson 1969; Hammer 1977; Topkaya 1986).

Wetzel (1983) ise ötrofikasyon olgusunda sınırlayıcı etkenlerin mevsim boyunca devamlı değişebileceğini öne sürmüştür. Bu olgu çeşitli maddelerin mevsimsel olarak ortamdaki miktarlarına bağlıdır. Örneğin Erie Gölü' nde yapılan araştırmalarda Nisanda silisyum (Si), Mayıs-Eylül arasında fosfor (P), Ekimde ise eser elementlerin sınırlayıcı etken durumuna geldikleri saptanmıştır (Berkes ve Kışlalıoğlu,1990).

Fosfor atıksuda, organik madde ile hücre protoplazmasında bulunan organik fosfor, kompleks inorganik fosfor (polifosfat vs.) ve çözünmüş inorganik ortofosfatlar şeklinde bulunur. Sonuncusu fosforun biyolojik olarak en kolay kullanılabilen formu olup, fosfor döngüsünde son parçalanma ürünüdür. Organik bileşiklerin bakteriyolojik olarak parçalanması sonucu ortofosfatlar serbest kalırken, polifosfatlar sulu çözeltide ortofosfat şekline hidrolize olurlar (Hammer, 1977).

Bir göle su toplama havzasından gelen fosforun kaynağı evsel atıksuların yanı sıra, tarımsal arazilerden gelen drenaj suları ve yerleşim

yerlerinden gelen yüzeysel akışlardır. A.B.D.' de yapılan bir araştırmada bir göle gelen toplam fosfor konsantrasyonunun % 36' sının evsel atıksulardan, % 43' ünün tarımsal arazilerden gelen yüzeysel akıştan, % 17' sinin ise yerleşim yerleri yüzeysel akışından kaynaklandığı belirtilmektedir. Kalan % 4 ise yeraltı suyu ve çökeltme ile su kaynağına katılmaktadır. (Philp, 1985). Evsel atıksularda bulunan fosforun % 30-50' si insan artıklarından, kalan % 50-70' i ise deterjanlarda kullanılan fosfat yapı taşlarından kaynaklanmaktadır (Hammer 1977; Nesbitt 1969; Topkaya 1986).

Atıksuda bulunan fosfor bileşiklerinin büyük bir kısmı çözülmüş halde bulunduğundan, sadece çökeltme (mekanik tasfiye) ile uzaklaştırılabilmeleri mümkün değildir. Fosforun biyolojik olarak uzaklaştırıldığı biyolojik kademedede ise bu işlem genelde biyolojik sentez için gerekli olan azot ve karbon miktarına bağlıdır. Evsel atıksular genelde, azot ve fosfor bakımından zengin olup C:N:P ilişkisi gözönüne alındığında biyolojik tasfiyede sınırlayıcı madde karbon olmaktadır. Mekanik tasfiye fosfor uzaklaştırma oranının arttırılması ile, aynı zamanda organik madde de artan oranda uzaklaştırılmış olacağından bunun sonucunda, biyolojik tasfiye kademesinde biyolojik fosfor uzaklaştırma kapasitesi düşecek, nitrifikasyon prosesinin stabilitesi bozulacak ve oluşan aktif çamurun çökeltme özellikleri arzu edilen seviyede olmayacaktır (Topkaya ve Şen 1988).

2.3. Tasfiye Verimleri

Atıksu tasfiye tesislerinin birinci kademesini teşkil eden mekanik kısımda özellikle zor çözünen ve çökebilene fosfor bileşikleri sudan ayrılır. Mekanik ve biyolojik tasfiye kademelerinden oluşan bir atıksu tasfiye tesisinde ön çökelme havuzundan çekilen çamur ile beraber yaklaşık % 15, biyolojik kademe çamuru ile beraber de % 20-30 oranında toplam fosfor uzaklaştırılması mümkün olmaktadır (Topkaya, 1986).

Hammer (1977)'e göre mekanik kademe çıkışında ulaşılacak en düşük konsantrasyondan 10 mg/l süspanse madde ile 10 mg/l BOİ₅ değerleri olurken, toplam fosforun max. % 20-30' u uzaklaştırılabilmektedir.

Nesbitt (1969) ise, Jenkins ve Menar tarafından yapılan araştırmaların sonuçlarına göre, atıksulardan uzaklaştırılan fosfor ile süspanse madde miktarlarının birbirleri ile doğrudan ilişkili olmakta ve bu oran ön çökeltmede % 4-14 arasında değişmektedir.

Philp (1975) tarafından Avustralya'da Mologlo Su Kalitesi Kontrol Merkezi'nde yapılan laboratuvar ve tesis düzeyindeki araştırmalarda mekanik ve biyolojik kademelerden oluşan bir tasfiye tesisi çıkış suyunda BOİ₅ ve süspanse madde konsantrasyonları < 5 mg/l, toplam fosfor konsantrasyonu ise ortalama 0,15 mg/l olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara ulaşabilmek için, ön tasfiye sırasında mekanik ve biyolojik tasfiye kademeleri birleştirilmiştir. Böylelikle 7 mg P/l değerindeki giriş konsantrasyonu, çıkışta 0,15-0,38 mg/l'ye düşürülmüştür. Bu değer içerisinde ortalama 0,17 mg/l süspanse fosfor: 0,03 mg/l çözünmüş

ortofosfat ve 0,06 mg/l diğ er çözünmüş fosfor bileşikleri bulunduğ u belirtmektedir.

Norasiah (1984)'e göre evsel atıksuyun iç erdiği toplam fosforun % 5-20' si fiziksel tasfiye kademesinde: % 10-30' u biyolojik tasfiye kademesinde uzaklaştırılabilmektedir.

Boller (1985)' e göre de mekanik-biyolojik tasfiye kademelerinden oluş an bir atıksu tasfiye tesisinde orto ve polifosfatlar % 100' e yakın bir oranda uzaklaştırılabilirken organik fosforun uzaklaştırma oranı çok daha düşük kalmakta ve alıcı ortamlar deş arj sınır değ erlerinin üstüne çıkılmaktadır. Evsel atıksular ile standart çözeltilerin kullanıldığı bir laboratuvar çalışmasında (Topkaya ve Tümen, 1987) bir dizi koagülant maddenin fosfor ve organik madde uzaklaştırılması açısından optimal dozajı tespit edilmiştir. Buna göre, demir tuzları ve kireç kullanıldığında çıkış suyundaki toplam fosfor konsantrasyonu 1,5 mg/l' nin altına düşmektedir. Aynı çalışmada süspanse ve organik madde ile toplam fosfor için uzaklaştırma oranları % 85-90 civarında tespit edilmiştir (Topkaya ve Tümen, 1987).

2. 4. Alıcı Ortam Standartları

Nehirlere yapılan 2-3 mg/l düzeyindeki deş arj konsantrasyonları önemli tehlikelere neden olmazken, göllere yapılacak deş arjlarda, örneğ in İsviçre' de uyulması gereken üst sınır 0,5 mg P/l' dir. Bunun yanısıra göllerde ilkbahar karışımı sırasında 0,01 mg P/l daha fazla inorganik fosfor bulunması halinde alg patlaması mümkün görülmektedir. Vollenweider' e göre ortalama 50 m. derinliğindeki bir

göl için ötrofikasyon açısından tehlikeli sınır 0,5 g /m², yıl değeridir. Almanya'da uygulanan mevzuat uyarınca 100.000 EN.' dan daha büyük tasfiye tesisleri için çıkış sınır konsantrasyonu < 1 mg P/l' dir. Tasfiye görmüş bu atıksuların göllere deşarjı durumunda ise sınır değer < 0,5 mg P/l olmaktadır. 1872 sayılı Çevre Kanunu çerçevesinde çıkartılmış olan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği uyarınca uyulması gerekli sınır değer ise 0,1 mg Toplam P/l olarak verilmekte olup göller, göletler, bataklıklar ve baraj haznelerinin ötrofikasyon kontrolü sınır değerleri Tablo 2. 5' de görölmektedir.

Tablo 2. 4. Ötrofikasyon Kontrolü İçin Sınır Değerler (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 1988).

İstenilen özellikler	Kullanım alanı	
	Doğal koruma alanı ve rekreasyon	Çeşitli kullanımlar için (Doğal olarak tuzlu, acı ve sodalı göller dahil)
pH	6,5-8,5	6-10,5
KOİ (mg/l)	3	8
Ç.O (mg/l)	7,5	5
Toplam azot (mg/l)	0,1	1
Toplam fosfor (mg/l)	0,005	0,1

İlgili literatür ışığında Elazığ il merkezi için inşa edilmekte olan tasfiye tesisinden çıkacak atıksuyun fosfor içeriğinin < 0,1 - 0,5 mg Toplam P/l olması gerekmektedir. Bu değerlere ulaşabilmek için tesise

kimyasal tasfiye kademesinin eklenmesi gerekmektedir. Ancak bu şekilde atıksuyun içerdiği diğer fosfor formları açısından ancak yaklaşık bir fikir elde edilmektedir. Ve bunun içinde ileri tasfiye işlemlerinin uygulanması zorunludur. Örneğin Sawyer (1975)' e göre kimyasal tasfiye ile ortofosfat konsantrasyonu % 97 oranında azaltılabilirken, organik fosfor ancak % 47 oranında uzaklaştırılabilmekte ve geri kalan bu miktarda alıcı ortamlarda biyolojik üremenin devamında yeterli olabilmektedir.

Bu bilgiler de atıksuyun içerdiği fosfor formlarının ve bunların zamana bağlı olarak değişiminin bilinmesi ve sürekli izlenmesinin önemini ortaya koymaktadır.

3. MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada Elazığ Kenti evsel atıksularının deşarj edildiği noktadan alınan atıksu numuneleri kullanılmıştır. Elazığ Kenti evsel atıksuları Haringet Çayı' na boşaltılmaktadır. Haringet Çayı Elazığ' ın Hankendi Kasabası' nın güneyinden doğmakta ve kuzeydoğu yönünde ilerleyerek Elazığ' ın güneydoğusunda bulunan Mürü Köyü yakınlarından Keban Baraj Gölü' nün ova kısmına ulaşmaktadır. Çayın uzunluğu yaklaşık 10 km' dir. Haringet Çayı örneklerinin alındığı nokta Şekil 3.1.' de gösterilmektedir.

Örnekleme noktasından alınan su numuneleri üzerinde yapılan analizler ve bu analizlerde kullanılan yöntemler Tablo 3.1.' de gösterildiği gibidir.

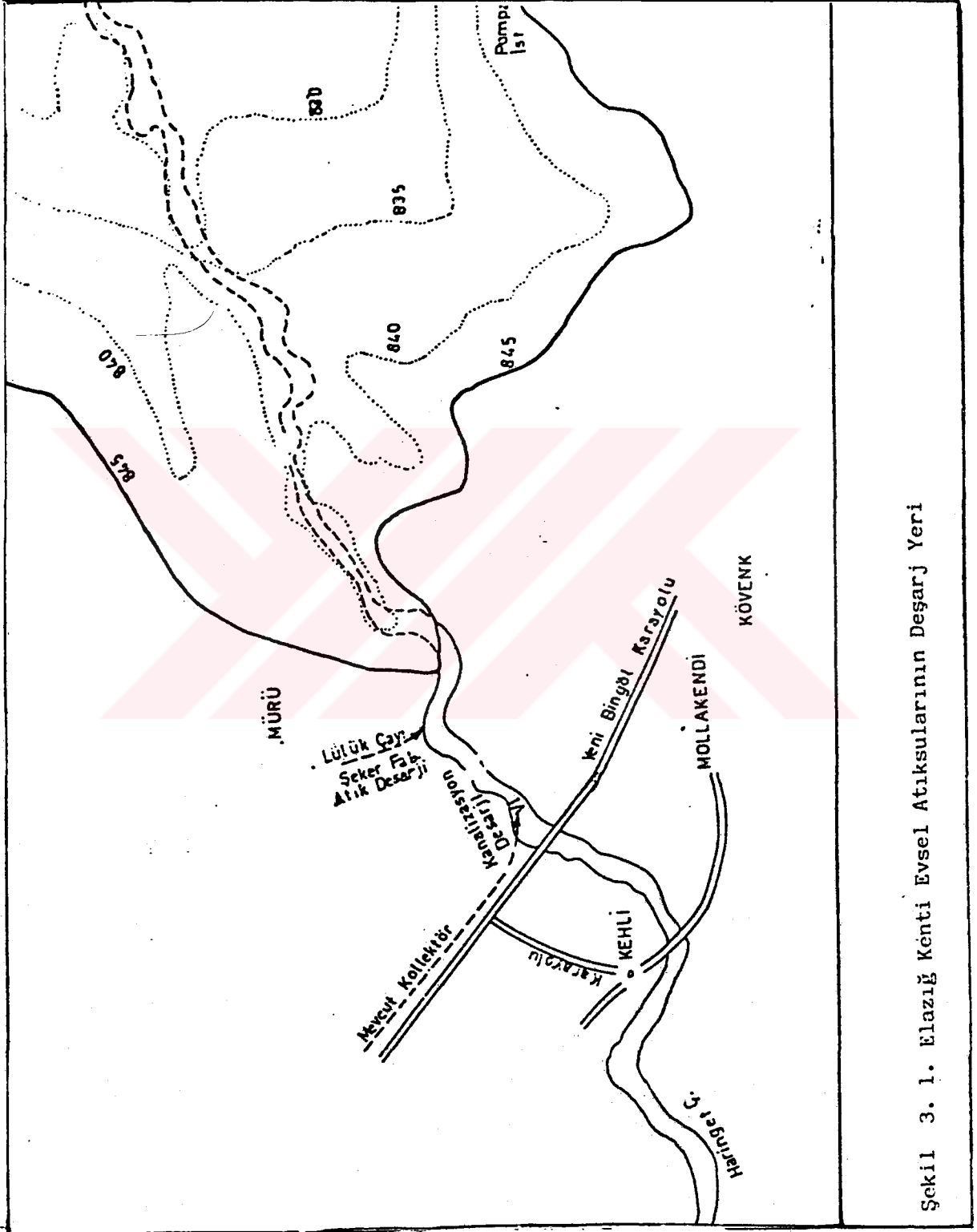
Elazığ Kenti evsel atıksularından alınan su numuneleri her ayın 15. gününde ve sabah 9:00 - 10:30 saatleri arasında 1 litrelik şeffaf cam kavanozlar ile numune alma şartlarına uygun olarak alınmıştır. Atıksu numunesi alınmadan önce, kavanoz bir kaç kez atıksu ile çalkalanmış ve şişede hava kabarcığı kalmayacak şekilde tam olarak doldurulup ağız kapatılmıştır. Daha sonra su numuneleri aynı gün laboratuvara taşınmıştır. Özellikle pH, çözünmüş oksijen, toplam fosfor, ortofosfat, alkanite, kimyasal oksijen ihtiyacı 24 saat içinde yapılmıştır. Numune alımı esnasında suyun sıcaklığı 1 °C taksimatlı termometre ile ölçülmüştür. 1992 yılına ait kasım ve aralık aylarında hava muhalefeti dolayısıyla örnek alınamadığından bu noktalara ait veri yerleri boş bırakılmıştır

Çözünmüş oksijen konsantrasyonları Winkler metodu uyarınca Mangan sülfat, alkali iyodür asit ve derişik sülfürik asit çözeltileri numune alma yerinde ilave edilerek, laboratuvara getirilmeden önce çöktürme işlemi gerçekleştirilmiş çözünmüş oksijen konsantrasyonu titrasyon ile laboratuvarda gerçekleştirilmiştir.

Laboratuvara getirilen su numunelerinde pH değeri 0,01 hassasiyetli pH metre ile ölçülmüştür.

Tablo 3. 1. Elazığ Kenti Evsel Atıksularında İncelenen Fiziksel ve Kimyasal Parametreler (AWWA, APHA, WPCF, 1985).

Parametreler	Birimi	İnceleme Yöntemi
Sıcaklık	°C	Termometre
Elektriksel İletkenlik	µmho/cm	Kombine elektrotlu iletk. ölçer
Çözünmüş Oksijen	mg/l	Winkler metodu
pH	-	pH Metre
BOİ	mg/l	Seyreltme metodu
KOİ	mg/l	Titrimetrik metod
Alkalinite	mg/l	Titrimetrik metod
Toplam katı madde	mg/l	Gravimetrik metod
Çökelebilen katı madde	ml/l	Volümetrik metod
Toplam fosfor	mg/l	Persülfat parçalaması metodu
İnorganik fosfor	mg/l	Asit hidroliz metodu
Ortofosfat	mg/l	Vanadomolibdofosforik asit met.



Şekil 3. 1. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Yeri

Tablo 4.1 Elazığ Kenti Evsel Atıksularında Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

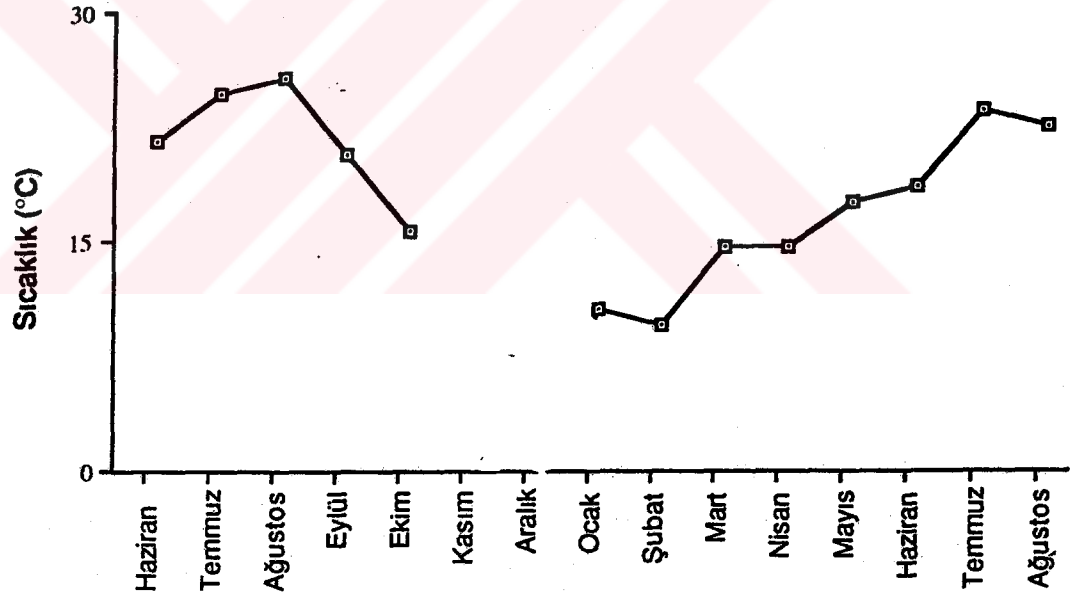
YIL	AYLAR	Sic °C	pH	E.C µmho/cm	Alkal. mg/l	Ç.O mg/l	KOI mg/l	BOI mg/l	Ç.K.M ml/l	T.K.M mg/l	TP mg/l	OP mg/l	Orto-P mg/l	İP mg/l
1992	1 Haziran	21	7,7	1200	116	6,3	220	168	7	700	6,1	2,7	3,3	3,4
	2 Temmuz	24	7,49	1950	280	6,4	228	170	7,3	1200	4,3	1,3	2	3
	3 Ağustos	25	7,32	1100	263	6,48	230	170	7,5	800	6	0,7	3	5,3
	4 Eylül	20	8,1	850	380	7,02	200	153	7,4	400	7,6	2,4	4	5,2
	5 Ekim	15	8,5	780	350	7,5	230	175	7,4	350	7,8	1,8	3,5	6
	6 Ocak	10	7,02	1060	360	8,0	160	130	6	520	6,3	1,5	2,8	4,8
1993	7 Şubat	9	7,04	770	480	8,8	180	137	6,5	450	6,7	2,7	3,3	4,0
	8 Mart	14	8,18	971	450	7,44	154	120	6,4	500	6,2	2,9	3,2	3,3
	9 Nisan	14	8,22	1079	440	7,48	230	170	6,8	500	6,2	3	3,1	3,2
	10 Mayıs	17	7,6	1300	466	5,1	140	115	7	800	5,8	2,9	2,8	2,9
	11 Haziran	18	7,97	1000	400	5,4	200	162	7	580	6,4	3	3,2	3,4
	12 Temmuz	23	7,07	980	440	6,1	240	175	7,2	550	6,5	3,1	3,2	3,4
	13 Ağustos	22	7,6	850	420	5,8	250	175	7	500	6,9	3,1	3,3	3,8

4. BULGULAR

Elazığ Kenti evsel atıksularından Haziran 1992 -Ağustos 1993 tarihleri arasında alınan atıksu numuneleri üzerinde yapılan analiz sonuçları Tablo 4.1' de gösterilmiştir.

4.1. Sıcaklık

Alınan su numunelerinde ölçülen sıcaklık 25 °C ile Ağustos 1992'de en yüksek değerine ulaşırken, en düşük sıcaklık ise 9 °C ile Şubat ayında ölçülmüştür. Sıcaklığın aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4. 1' de gösterilmiştir.

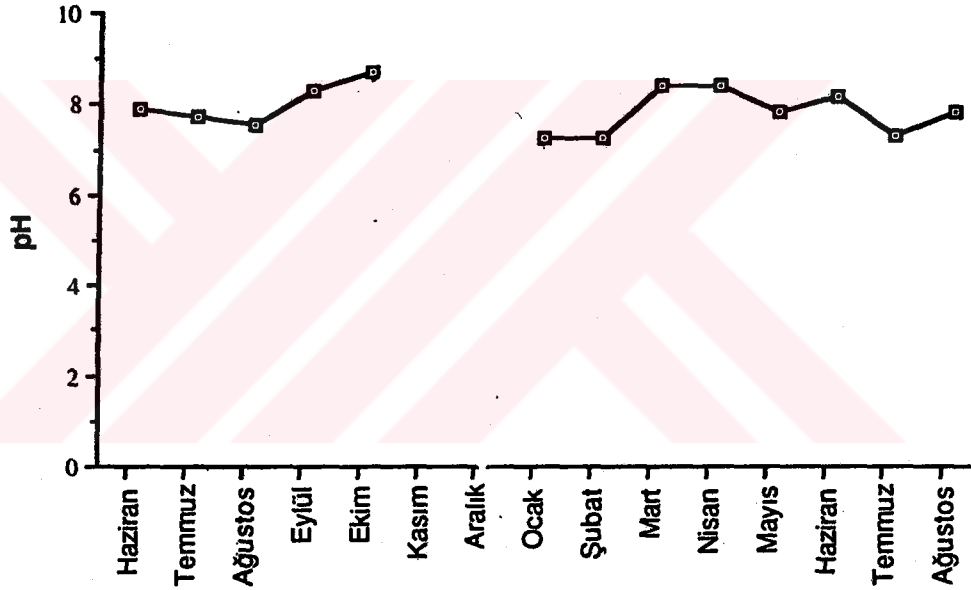


Şekil 4.1. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Nöktadaki Atıksuda Sıcaklığın Aylara Göre Değişimi.

4.2. pH

Suların pH değeri asitlik ve alkalilik derecesinin bir ölçüsüdür. Aynı zamanda suyun temas halinde bulunduğu malzemelere olan etkisi hakkında bir fikir vermektedir.

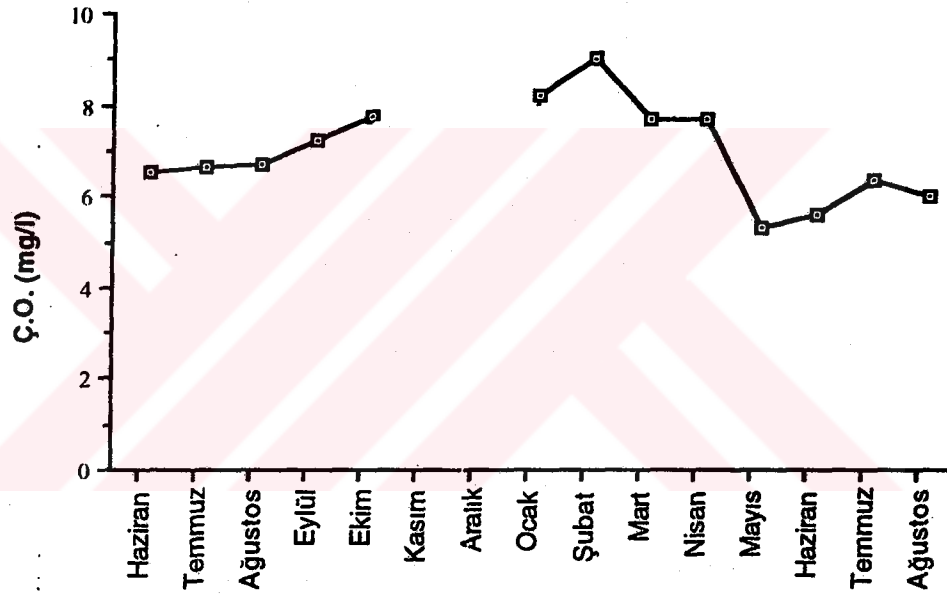
Çalışmanın yapıldığı aylarda ölçülen pH değerleri 7 - 8,5 arasında değişiklik göstermiş ve ortalama olarak 7,67 bulunmuştur. pH'ın aylık olarak değişimi Şekil 4. 2' de verilmiştir.



Şekil 4. 2. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksu pH'sının Aylara Göre Değişimi.

4.4. Çözünmüş Oksijen

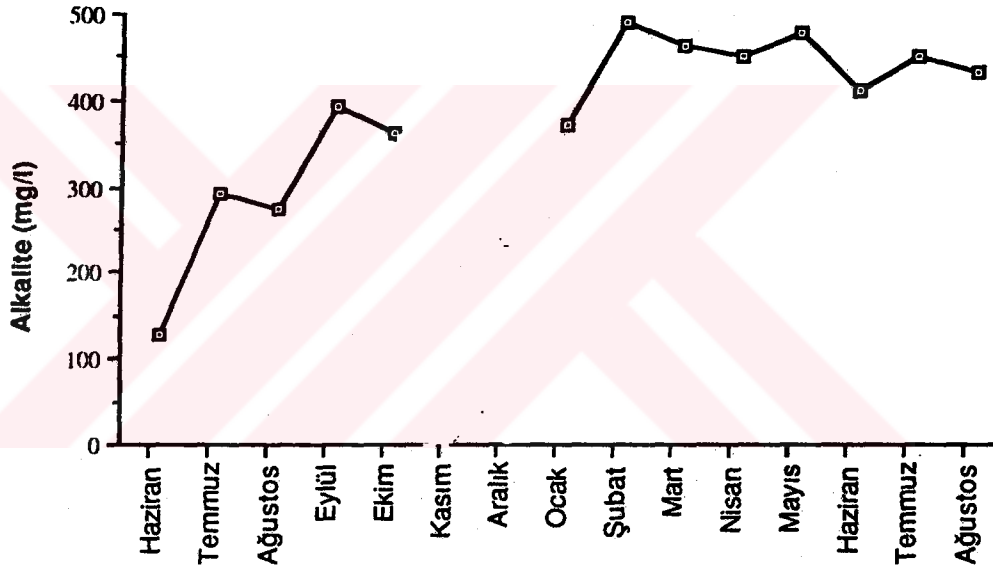
Yapılan çalışmada elde edilen verilere göre çözünmüş oksijen miktarı (mg/l) sıcaklık arttıkça azalma göstermektedir. Çalışma süresince elde edilen en yüksek çözünmüş oksijen miktarı Şubat ayında 8,8 mg/l'dir. En düşük miktar ise 5,1 mg/l ile Mayıs ayında görülmektedir. Çözünmüş oksijen miktarının aylara göre değişimi Şekil 4. 4' de verilmiştir.



Şekil 4. 4. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Çözünmüş Oksijen Miktarının Aylara Göre Değişimi

4. 5. Alkalinite

Aylara bağlı olarak değişim gösteren Alkalinite değerleri Şubat ayında en fazla değere sahipken Haziran ayında en yüksek değerine ulaştığı görülmektedir. Alkalinitesi yüksek sular asiditesi yüksek sular gibi canlı organizmalara ve suyun doğal özelliklerine zarar verir. Alkalinitenin aylara bağlı olarak değişimi Şekil 4. 5' de verilmiştir.

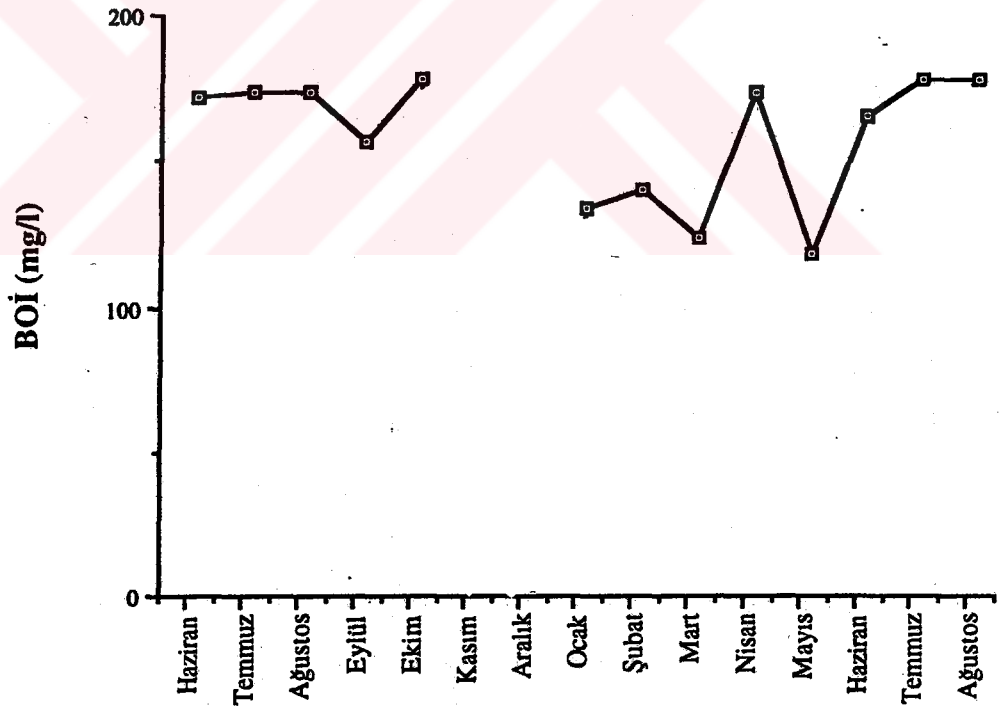


Şekil 4. 5. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Alkalinitenin Aylara Göre Değişimi.

4. 6. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı

Hem kullanılmış suların hemde yüzeysel suların organik madde içeriğinin tayini için en çok kullanılan parametre 5 günlük biyokimyasal oksijen ihtiyacıdır. BOI_5 suda yaşayan mikroorganizmaların sudaki organik maddeyi parçalamaları için ihtiyaç duydukları oksijen miktarını (mg/l) ifade eder. Atıksuların kirliliğinin ölçüsünü belirtmek için BOI_5 ölçümleri yapılmaktadır. Bunun için organik maddenin oksitlenmesi sırasında kullanılan çözünmüş oksijenin ölçülmesi gerekir.

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen verilere göre BOI_5 en yüksek değerine 175 mg/l, en düşük değerine ise 115 mg/l olarak ulaşmıştır. BOI_5 ' in aylara göre değişimi Şekil 4.6' da verilmiştir.

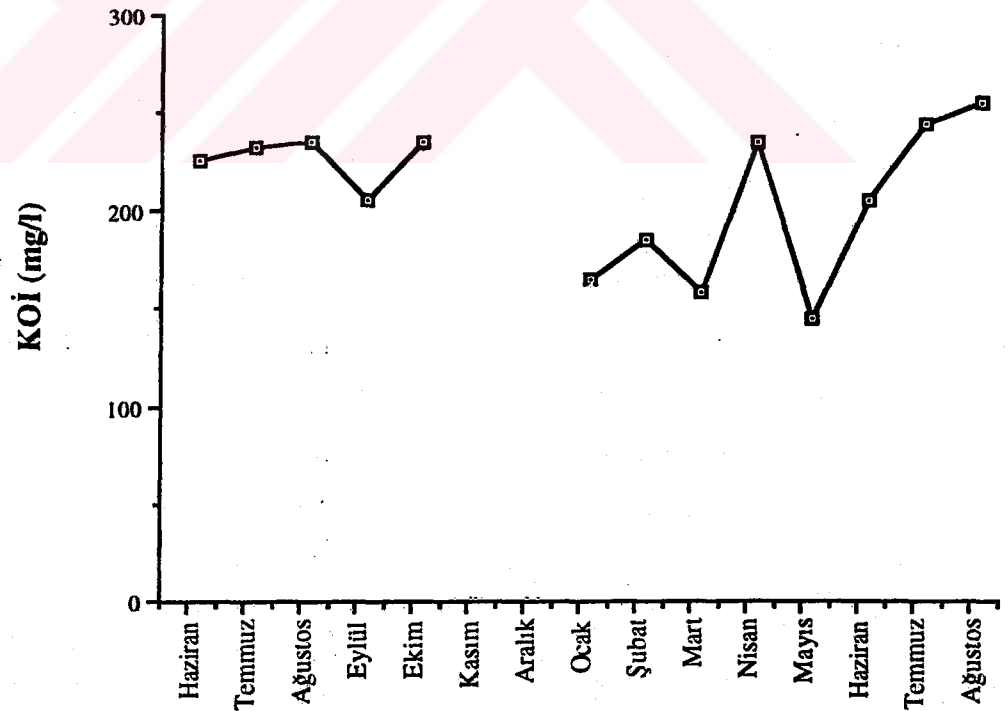


Şekil 4. 6. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Biyolojik Oksijen İhtiyacının Aylara Göre Değişimi.

4.7. Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Kimyasal olarak oksitlenebilecek maddeler biyolojik olarak oksitlenebileceklerden daha fazla olduğundan bir atıksuyun KOİ değeri, BOİ₅'den genel olarak daha büyüktür. Bir çok atıksu numunelerinde BOİ₅ ve KOİ arasında korelasyon kurmak mümkündür. Bu bir çok hallerde çok faydalı olabilir. Çünkü BOİ 5 günde ölçülebildiği halde KOİ nin yaklaşık 3 saatte bulunması mümkündür (Muslu, 1985).

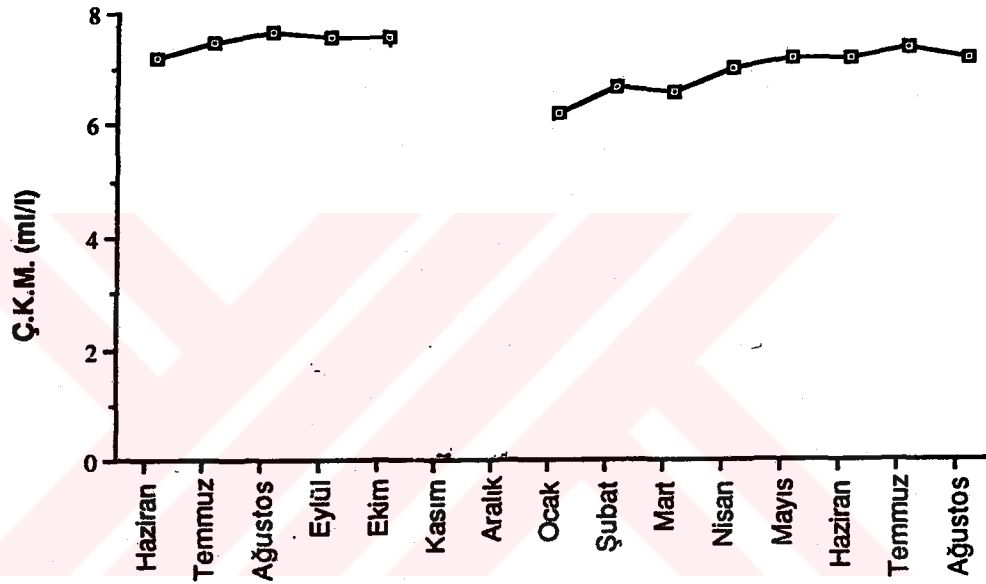
Yapılan çalışmada ise en yüksek KOİ değeri Ağustos 1993 ayında 250 mg/l, en düşük değeri ise Mayıs 1993 ayında 140 mg/l bulunmuştur. Topkaya ve Tümen' in 1987 yılında yaptığı çalışmada ise KOİ değerleri sabah saat 8 -9 arasında 900 mg/l'ye kadar çıkarken, minimum değerine ise saat 16.00' da 100 mg/l' ye ulaşmaktadır. KOİ değerlerinin aylara göre değişimi Şekil 4. 7' de verilmiştir.



Şekil 4. 7. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Kimyasal Oksijen İhtiyacının Aylara Göre Değişimi.

4. 8. Çökelebilen Katı Madde

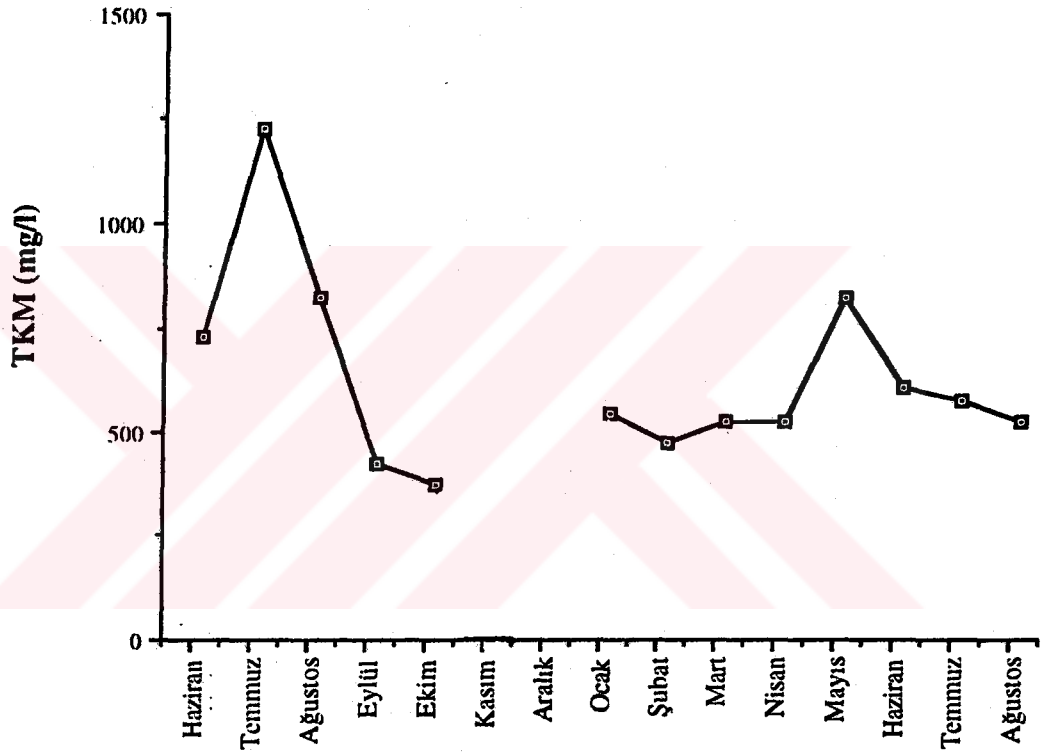
Aylara göre çökelebilen katı madde miktarı Şekil 4. 8' de verilmiştir. Buna göre en yüksek değer Ağustos 1992 ayında 7,5 mg/l iken en düşük değer 6,0 mg/l ile Ocak 1993 ayında görülmektedir. Çökelebilen katı madde miktarı mevsime ve sıcaklığa göre değişmektedir.



Şekil 4. 8. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Çökelebilen Katı Madde Miktarının Aylara Göre Değişimi

4.9. Toplam Katı Madde

Yapılan çalışmada elde edilen en fazla toplam katı madde miktarı 1200 mg/l dir. En az elde edilen toplam katı madde miktarı ise 400 mg/l dir. Toplam katı madde miktarının aylara göre değişimi Şekil 4. 9' da verilmiştir.

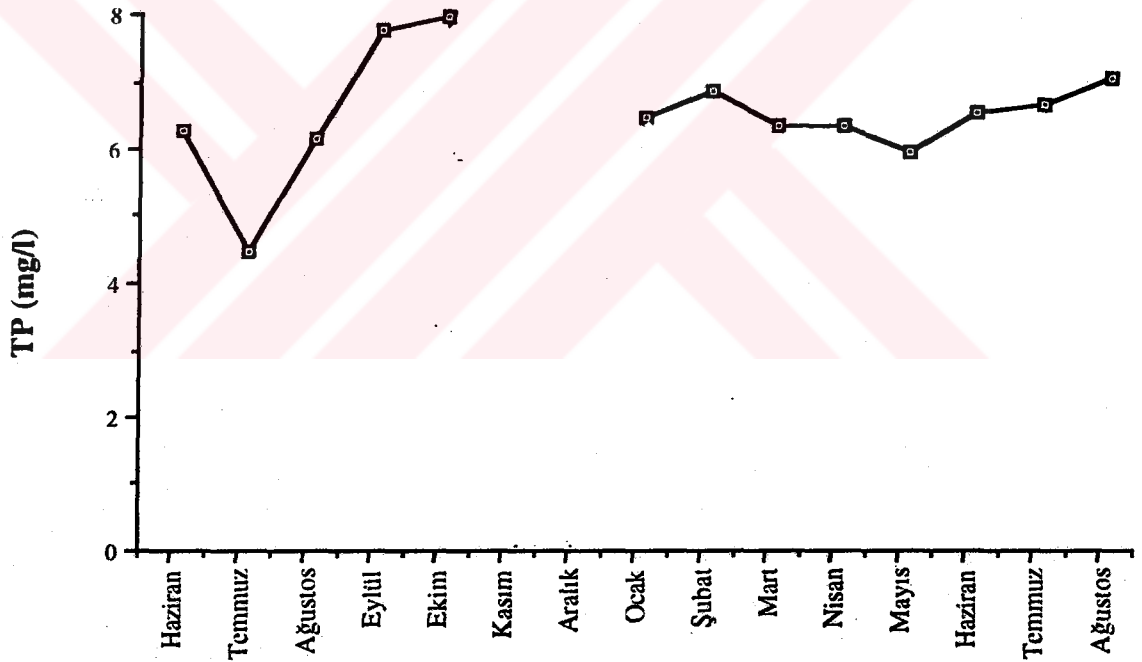


Şekil 4. 9. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Toplam Katı Madde Miktarının Aylara Göre Değişimi

İncelenen atıksuyun içeriğinde bulunan toplam katı madde ile elektriksel iletkenlik arasında ilişki olduğu görülmektedir. Buna göre toplam katı madde oranı arttıkça iletkenliğin de arttığı görülmektedir. Kış aylarında özellikle oluşan yağışlar nedeniyle toplam katı maddenin arttığı gözlenmiştir.

4. 10. Toplam Fosfor

Elazığ Kenti evsel atıksularından alınan numuneler üzerinde yapılan toplam fosfor miktarının aylara göre değişimi Şekil 4. 10' de verilmiştir. Topkaya ve Tümen' in (1987) yaptığı toplam fosfor analizlerinde maksimum toplam fosfor konsantrasyonunun 8 - 10 mg/l olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada ise en yüksek toplam fosfor değeri 7,8 mg/l ile Ekim 1992 ayında görülürken, Temmuz 1992 de bu oran en düşük değerine 4,3 mg/l ye ulaşmaktadır.

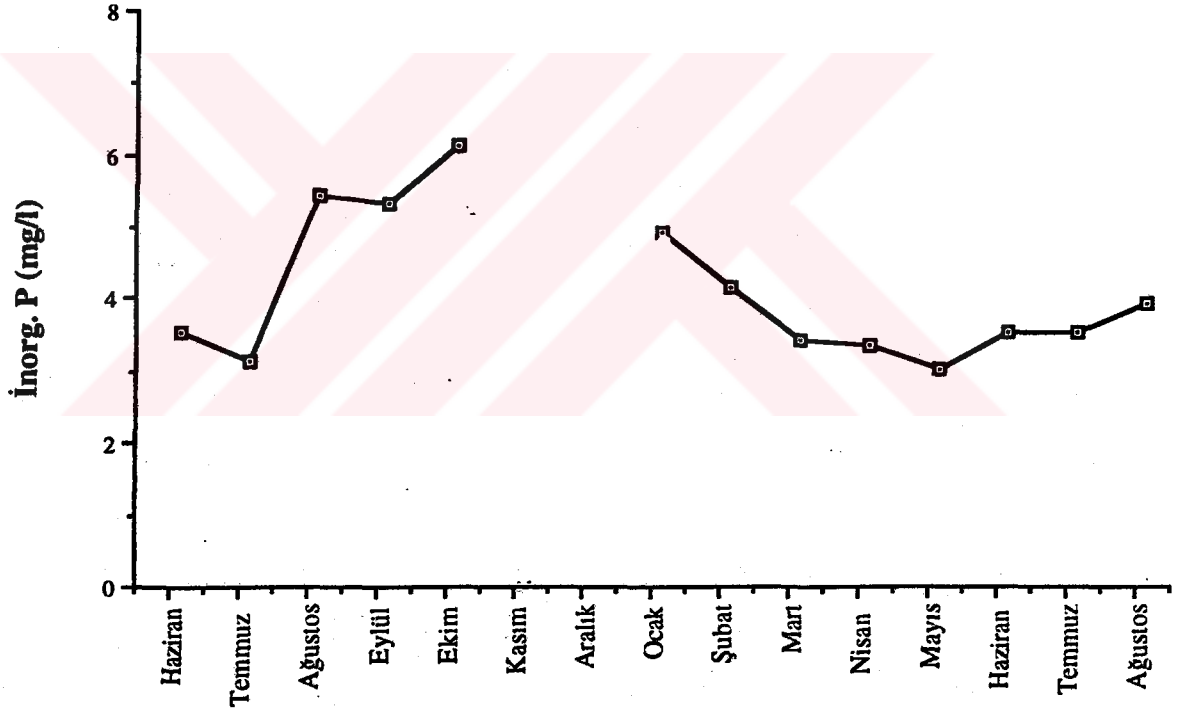


Şekil 4. 10. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Toplam Fosfor Miktarının Aylara Göre Değişimi.

4. 11. İnorganik Fosfor

Elazığ Kenti evsel atıksularında aylık olarak ölçülen inorganik fosfor miktarı aylık olarak değişim göstermektedir. İnorganik fosfor miktarı Ekim 1992 ayında 6 mg/l ile en yüksek değerine ulaşmıştır. En düşük değerine ise Mayıs 1993 ayında 2,9 mg/l. olarak ulaşmıştır.

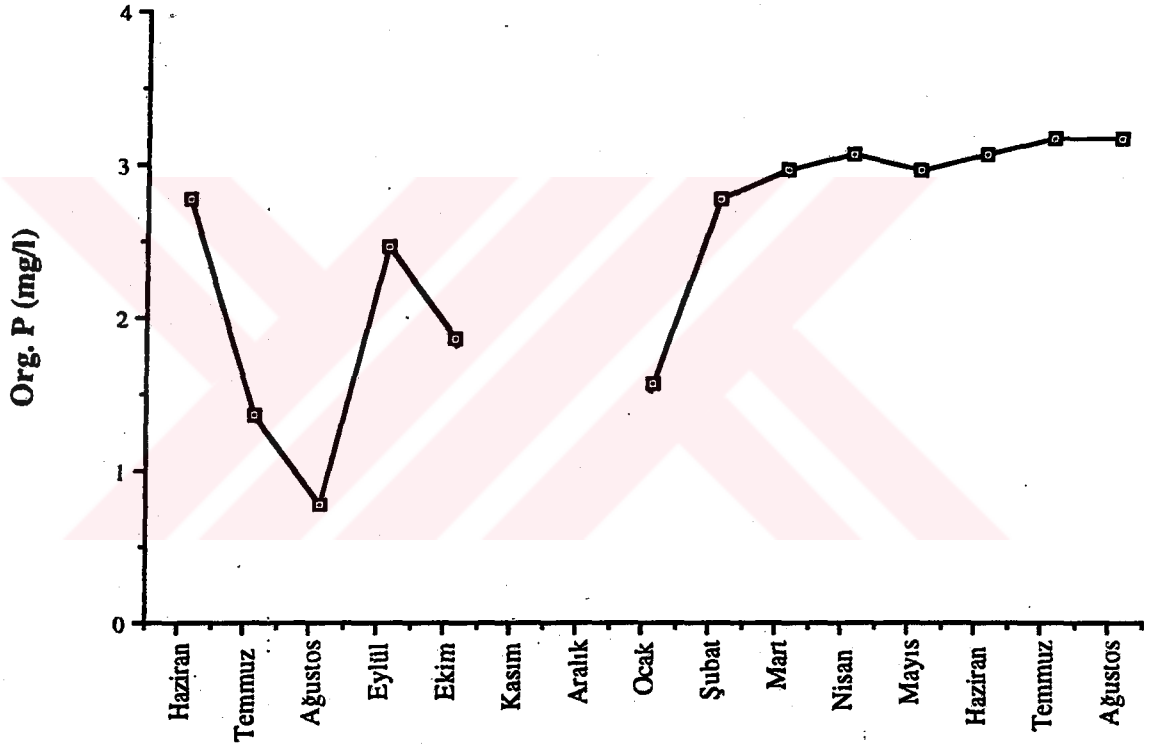
Elazığ Kenti evsel atıksularında bulunan inorganik fosfor miktarının aylık değişimi Şekil 4. 11' de gösterilmiştir.



Şekil 4. 11. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda İnorganik Fosfor Miktarının Aylara Göre Değişimi.

4.12. Organik Fosfor

Organik fosfor değerleri toplam fosfor değerlerinin, inorganik fosfor değerlerinden çıkarılması ile elde edilmiştir. Bu verilere göre Elazığ Kenti evsel atıksularının deşarj edildiği noktadaki organik fosfor miktarının aylara göre değişimi Şekil 4. 12' de görüldüğü gibidir.

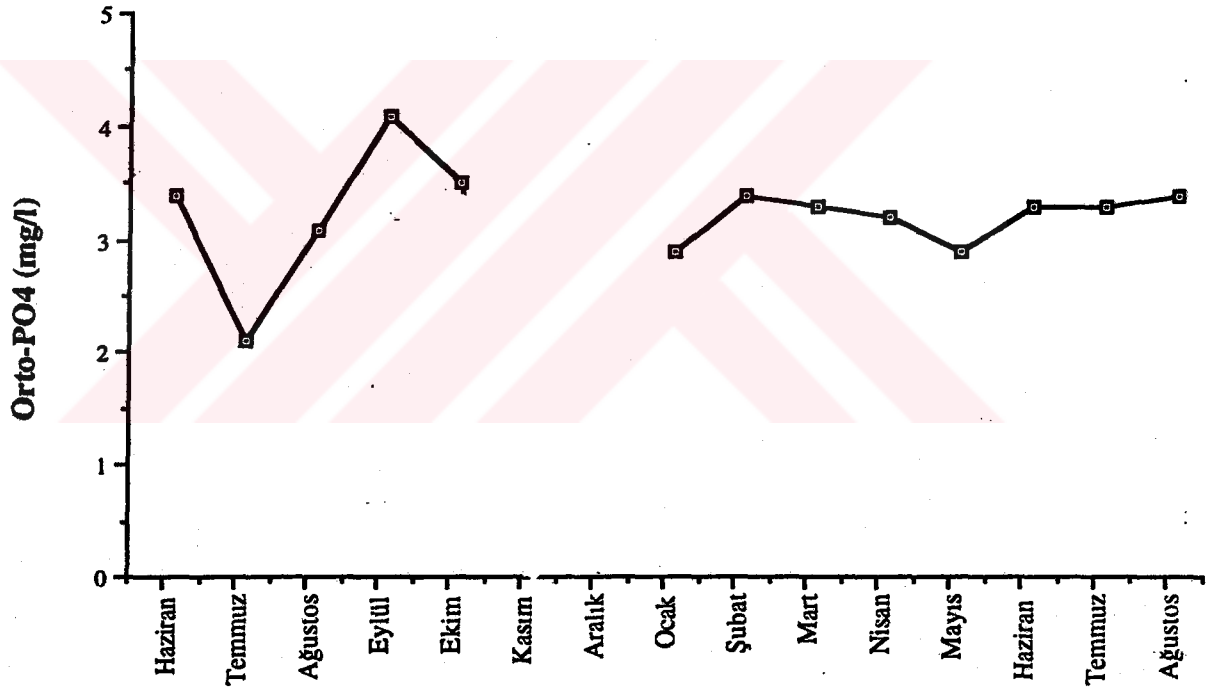


Şekil 4. 12. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Organik Fosfor Miktarının Aylara Göre Değişimi.

4. 13. Ortofosfat

Elazığ Kenti evsel atıksularında ölçülen ortofosfat miktarları aylara göre değişim göstermektedir. Ölçülen en yüksek toplam ortofosfat miktarı Eylül 1992 de 4 mg/l dir. En düşük ortofosfat miktarı ise Temmuz 1992 ayında 2,0 mg/l olarak ölçülmüştür.

Elazığ Kenti evsel atıksularında bulunan ortofosfat miktarının aylara göre değişimi Şekil 4. 13' de gösterilmiştir.



Şekil 4. 13. Elazığ Kenti Evsel Atıksularının Deşarj Edildiği Noktadaki Atıksuda Ortofosfat Miktarının Aylara Göre Değişimi.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Elazığ Kent Merkezi evsel atıksularının içerdiği fosfor formlarının mevsimsel değişiminin incelendiği bu çalışmada, fosfor formlarının aylara bağlı olarak değişim gösterdiği bulunmuştur.

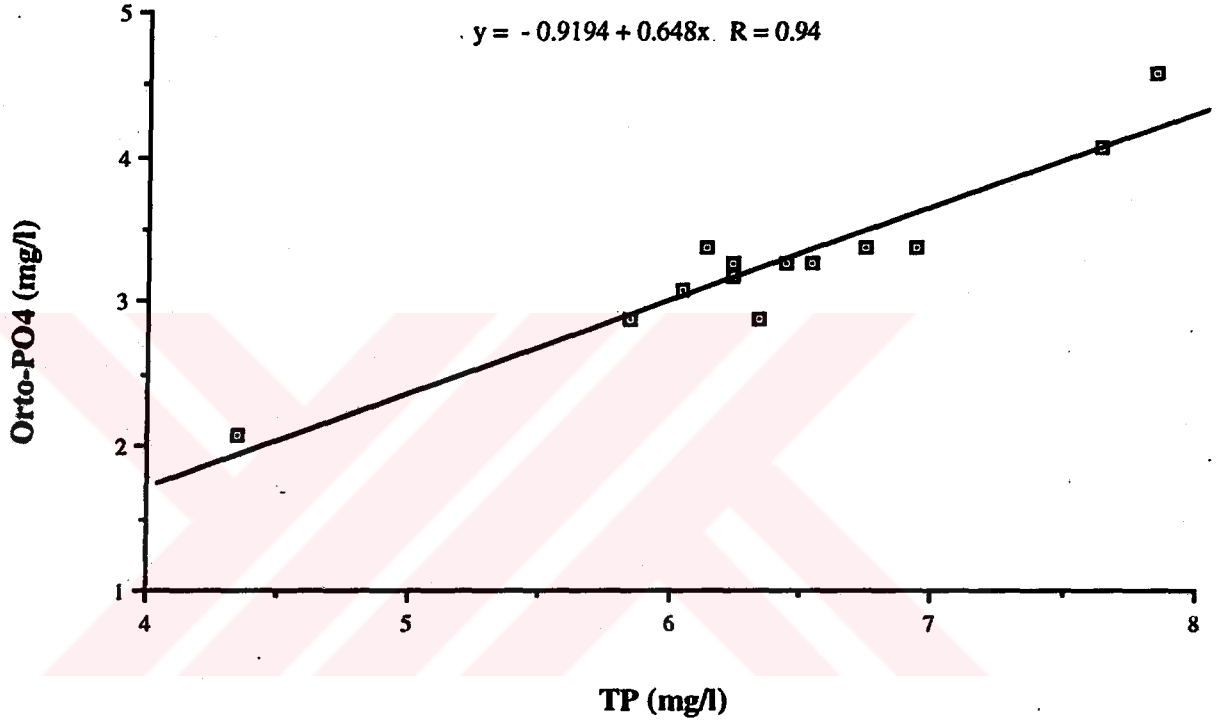
Mevsimlere göre Orto-PO₄ ve TP verilerinin karşılaştırılması Tablo 5.1' de verilmiştir. Yaz ve kış ayları toplam ortofosfat konsantrasyonları incelendiğinde aralarındaki farklılığın % 1 düzeyinde bulunduğu görülmektedir. Norasiah (1984) tarafından yapılan çalışmada yine bu farklılığın % 1 düzeyinde bulunduğu belirtilmektedir.

Buna karşılık toplam fosfor konsantrasyonları incelendiğinde (TP yaz: TP kış) 1992/1993 dönemi % 1 ; 1993 yılı değerleri gözönüne alındığında yaz-kış farklılığının ise yine % 1 düzeyinde bulunduğu görülmektedir. Bu olgu yaz ve kış aylarında Elazığ Kenti evsel atıksularında toplam fosfor miktarının önemli oranda değişmediğini göstermektedir.

(Orto-PO₄:TP) oranı kış aylarında 0,48 iken yaz aylarında 0,49 oranına yükselerek, % 1 düzeyinde farklılık göstermektedir. Norasiah (1984) tarafından yapılan çalışmada yaz-kış farklılığı % 4 düzeyinde bulunmuş ve bu olgunun polifosfatların yaz aylarında kışa oranla daha fazla miktarda hidrolize oldukları anlamı çıkarılmıştır.

Toplam fosforun % 55 - % 59' unu oluşturan ortofosfatların, ölçümünün toplam fosfora oranla daha kolay olması nedeniyle, bu iki parametre arasındaki ilişkinin düzeyi araştırılmıştır. Yüksek düzeyde bir ilişkinin özellikle çok sayıda numunenin analizi söz konusu olduğunda önemli kolaylıklar sağlayacağı açıktır. Analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi sonucunda TP ve Orto PO₄ arasında % 1 hata düzeyinde önem gösteren istatistiksel sonuç elde edilmiştir (Şekil 5.1).

Elazığ Kenti Evsel Atıksularında Toplam Fosfor ile Orto Fosfat arasındaki istatistiksel ilişki Şekil 5.1' de görüldüğü gibi istatistiksel olarak % 1 hata düzeyinde önemli görülmektedir. Regrasyon eğrisinin uygunluk katsayısı 0.94 olarak bulunmuştur.

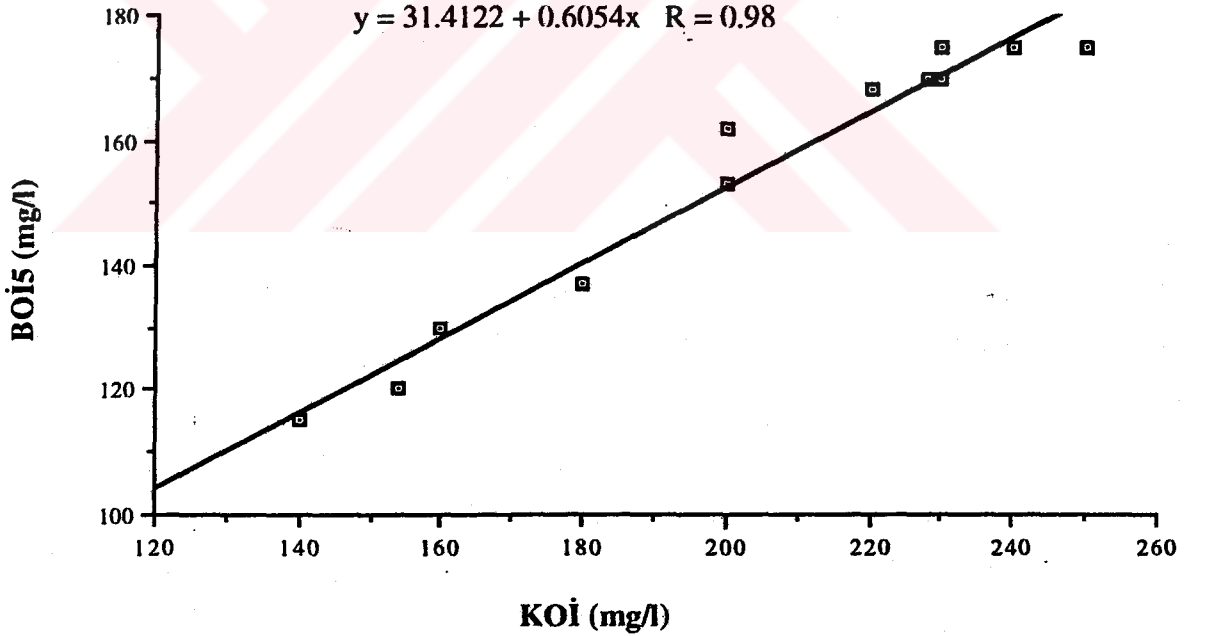


Şekil 5.1. Elazığ Kenti Evsel Atıksularında Tespit Edilen Toplam Fosfor ile Toplam Orto Fosfat Arasındaki İlişki

Atıksuyun içerdiği toplam fosfor konsantrasyonunun bir kısmı organik bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenin atıksuyun içerdiği organik maddenin ölçüsü olan BOİ₅ ve KOİ değerleri ile ilişkili olduğu görülmektedir.

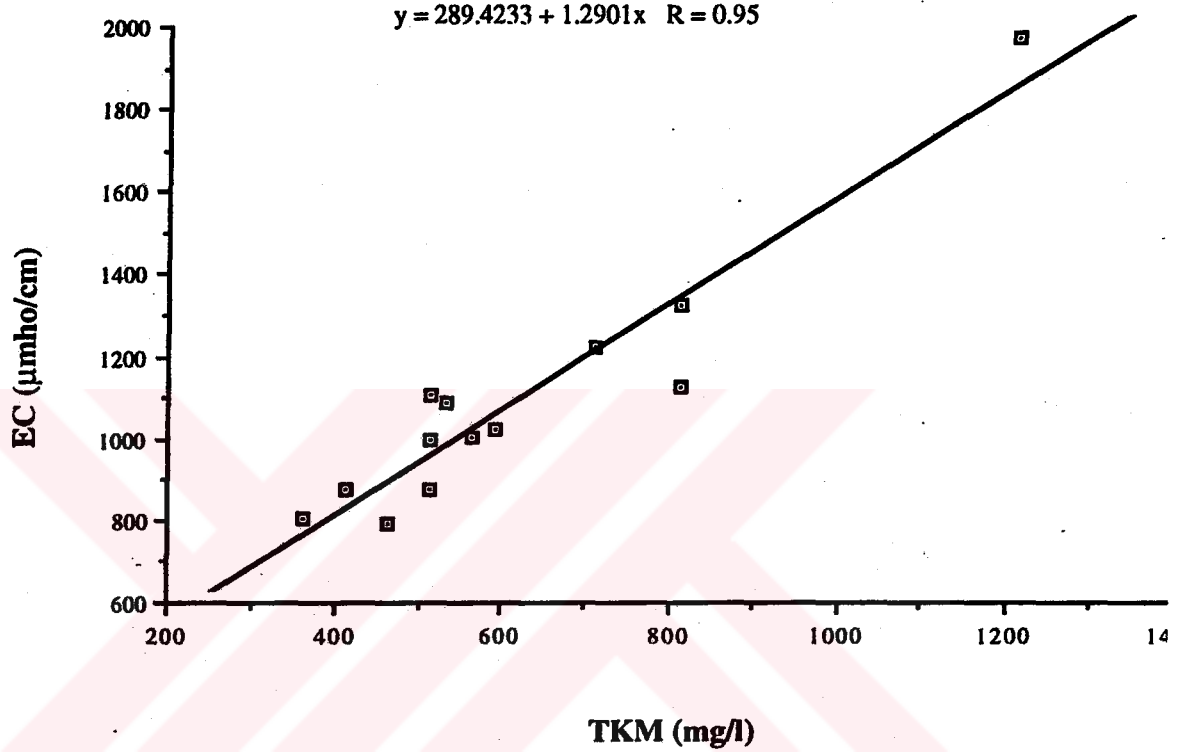
Şekil 5.2'de görüldüğü gibi Elazığ kenti evsel atıksuyu içinde tespit edilen organik madde tayinleri sırasında elde edilen BOİ₅ ve KOİ değerleri gösterilmektedir. Evsel atıksular için BOİ₅/KOİ oranı %1 hata sınırıyla 0,87 olarak bulunmuştur. Regrasyon eğrisinin uygunluk katsayısı 0,98 olmaktadır

İyi indirgenebilen bir atıksuyun bu özelliği yüksek BOİ₅-KOİ oranı ile karakterize edilir. Atıksuda bulunan indirgenmeye dirençli madde miktarı arttıkça BOİ₅/KOİ oranı küçülür. Bunun sonucu, biyolojik tasfiye esnasında zorluklar çıkması, yani KOİ miktarındaki azalmanın düşük oranda kalması söz konusudur. Biyolojik tasfiyenin ileri safhalarında BOİ₅/KOİ oranı azalır. Bunun nedeni, BOİ₅'in KOİ'ye oranla daha hızlı azalmasıdır. BOİ₅/KOİ oranı ile aynı zamanda 5 gün içerisinde geri kalan organik maddenin hangi oranda parçalandığının tespiti de mümkündür. Bu nedenlerden dolayı biyolojik indirgenebilirlik kriteri olarak genelde kullanılan KOİ/BOİ₅ oranı yerine tersinin, yani BOİ₅/KOİ oranının kullanılması daha uygun olacaktır (Topkaya, 1987).



Şekil 5.2. Elazığ Kenti Evsel Atıksularında Tespit Edilen Kimyasal Oksijen ihtiyacı ile Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı Arasındaki İlişki

Toplam katı madde oranı arttıkça beklenildiği gibi iletkenliğinde arttığı görülmektedir. İletkenlik ile toplam katı madde arasındaki ilişki istatistiksel olarak % 1 hata düzeyinde önemli olduğu görülmektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Elazığ Kenti Eysel Atıksularında Tespit Edilen Elektriksel İletkenlik ile Toplam Katı Madde Arasındaki İlişki

Tablo 5.1. Mevsimlere Göre Orto-P ve TP verilerinin karşılaştırılması

MEVSİM	AYLAR	Orto-P	TP	Orto-P/TP
1992 YAZ	HAZİRAN	3,3	6,1	0,54
	TEMMUZ	2	4,3	0,46
	AĞUSTOS	3	6	0,50
	EYLÜL	4	7,6	0,52
	EKİM	3,5	7,8	0,43
ORTALAMA		3,12	6,36	0,49
1993 KIŞ	OCAK	2,8	6,3	0,44
	ŞUBAT	3,3	6,7	0,49
	MART	3,2	6,2	0,51
	NİSAN	3,1	6,2	0,50
ORTALAMA		3,1	6,35	0,48
1993 YAZ	MAYIS	2,8	5,8	0,48
	HAZİRAN	3,2	6,4	0,50
	TEMMUZ	3,2	6,5	0,49
	AĞUSTOS	3,3	6,9	0,47
ORTALAMA		3,12	6,4	0,49

6. ÖNERİLER

Çıkış suyunun özellikle bu çalışmada olduğu gibi bir göle boşaltılması söz konusu olan evsel atıksu tasfiye tesislerinin işletilmesi esnasında aşağıdaki noktalara dikkat edilmesi gereklidir:

Evsel atıksuyun içerdiği tüm fosfor formlarının sucul ortamdaki üretim üzerinde geliştirici rol oynadığı düşünüldüğünde bu formların detaylı olarak tespiti gereklidir.

Analizler, tesise giren ve çıkan atıksuda aynı anda yapıldığı takdirde tesisin fosfor uzaklaştırma oranı bağlamında çalışma randımanı hakkında önemli bilgiler edinilmesi mümkündür.

Bu tür deneysel çalışmalarda anlamlı sonuçlar elde edilebilmesi için örnekleme zamanı, şekli ve örneklerin taşınmasından başlanarak deney sonuçlarının hesaplanmasına kadar gerçekleşen adımların, büyük bir hassasiyetle uygulanması, söz konusu olan yöntem uygun olarak gerçekleştirilmesine özellikle dikkat edilmesi gereklidir.

Ayrıca Keban Baraj Gölü' nün kirlilik oranının artmaması için Kent kanalizasyonunun tasfiyesi yanında Elazığ Organize Sanayi Bölgesi ve Şeker Fabrikası atıksularının tasfiye edilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde bu suların içerdiği besi maddeleri (fosfor, azot, silisyum vb.) gölde, ötrofikasyon dahil, canlı yaşamını ve rekreatif amaçları kısıtlayan ve literatür araştırmasında belirtilen tehlikeli oluşumlara yol açabilecektir.

Elde edilen ilgili literatür bilgilerine dayanarak Elazığ İl Merkezi için inşa edilmekte olan tasfiye tesisinden Keban Baraj Gölü'ne deşarjı öngörülen atıksuyun fosfor içeriğinin $< 0,1 - 0,5$ mg toplam P/l düzeyinde tutulması gerekmektedir. Buna karşılık Tablo 6.2 ' den de görüldüğü gibi Elazığ Kenti evsel atıksu tasfiye tesisi özellikle toplam fosfor açısından yönetmelik

şartlarına uymamaktadır. Literatürde göllere yapılacak deşajlarda uyulması gerekli sınır değerlerin verildiği tablolarda sadece toplam fosfora yer verilmekle birlikte, inorganik fosfor, ortofosfat ve organik fosforun da incelenmesi gerekliliği hakkında uyarılar bulunmaktadır (Sawyer, 1987).

Bu uyarıların ışığında Elazığ Kent Merkezi için gelecekte içme suyu kaynağıda olabilecek Keban Baraj Gölü' nün Uluova bölgesinin bitki besin maddeleri ile daha fazla kirlenmesinin önüne geçilmesi zorunlu olmaktadır. Önlemlerin etkili olabilmesi için de kritik bir besin maddesi olan fosforun çeşitli formlarının zamana bağlı değişimin izlenmesi bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır.

Ayrıca Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nce (1986) ötröfikasyon sınır değerleri için öngörülen azot miktarı 0,1 - 0,005 mg toplam N/l olarak verilmektedir. Uslu (1993) tarafından yapılan araştırmada Elazığ kenti evsel atıksularında bulunan amonyum azotunun miktarı ortalama 0,75 ve Nitrat azotu ortalaması 20,85 olarak bulunmuştur. Buna göre amonyak azotu için Arceivala (1981) e göre balıkçılık yapılan sularda amonyak için tolerans sınırı 0,1 g NH₃ - N/m³ değerine düşebilir.

Muslu (1985)' e göre içilecek suyun amonyak konsantrasyonu sıfır olmalıdır. Nitrit azotu ise içilecek sularda 0,1 mg/l'nin üzerinde bulunmamalıdır (Şengül ve Türkman, 1991).

Yine Muslu (1985) e göre Nitrat azotu normal atıksularda 15 - 20 mg/l'ye kadar olabilir. Bu literatür bilgilerine göre su kirliliğinin önlenmesi için fosfor miktar ve formlarının kontrolü yanında azot miktar ve formlarının da kontrol edilmesi gerekmektedir.

Elazığ Kenti evsel atıksuyu tasfiye tesisi hakkında proje kriterlerine göre nüfus artışına paralel olarak artan su tüketimi (l/EN, G) ve artan atıksu debisi (l/s) aşağıda verilmiştir.

Yıl	Eşdeğer Nüfus (EN)	Su Tüketimi (l/EN, G)	Atıksu Debisi (l/s)
2000	300.011	225	820
2020	549.956	250	1671

Buna göre nüfus artışına paralel olarak Keban Baraj Gölü'ne boşaltılacak atıksuyun içerdiği kirleticiler de artacaktır. Özellikle ötrofikasyona yol açacak olan başta fosfor, azot ve karbon oranı artışı göl kirliliğini tehlikeli boyutlara getirecektir. Bu nedenle gölde kirliliğe yol açmayacak sınır değerlerinin tespiti ile bu bağlamda oluşacak sorunların çözümüne tasfiye tesisinin kuruluş aşamasından itibaren başlanmalıdır.

2872 sayılı çevre kanunu çerçevesinde yayınlanan su kirliliği kontrolü yönetmeliği uyarınca ötrofikasyon kontrolü için gerekli sınır değeri 0,1 mg/l olması gerekmektedir. Gölün en yoğun kullanılan ova kısmına evsel atıksuların yanısıra dağınık kaynaklardan da bitki besin maddesi içeren kirleticiler karışmaktadır. Bu kaynaklar arasında kontrolü en kolay olanı evsel atıksulardır. Keban Baraj Gölü ova kısmının kritik fosfor yükünün saptanmasında Vollenweider yöntemi kullanılarak yapılan bir yüksek lisans tezi çalışmasında, Keban Baraj Gölü Uluova kısmında biriken toplam fosfor miktarı hesaplanmıştır (Saatçi, 1992).

Bu yöntemde esas alınan eşitlik:

$L_c = 10 q_s [1+(z/q_s)^{1/2}]$ denklemdir.

L_c = Kritik spesifik yük (mg P m², yıl)

q_s = Hidrolik yük (m/yıl)

z = Ortalama derinlik

$q_s = Q/A = \text{Gölden çıkan su miktarı (m}^3/\text{yıl)}/\text{gölün ortalama yüzey alanı (m}^2/\text{yıl)}$

Fosfor yükü hesaplamalarında kullanılan çeşitli deşarj kaynakları Tablo 6.1.'de görüldüğü gibidir.

Tablo 6.1. Keban Baraj Gölü'ne Çeşitli Kaynaklardan Deşarj Olan Fosfor yükleri (Saatçi, 1992).

Fosfor yükleri	kg/yıl	%
Yağışla gelen	7827,5	1,49
Ormanlık arailer	1854,3	0,35
Tarımsal alanlar	7038	1,34
Hayvansal kaynaklar	181,738	34,48
Evsel atıklar	173,375	32,89
<u>Murat Nehriyle</u>	<u>115,238</u>	<u>29,45</u>
TOPLAM	527071,8	100

Buna göre Keban Baraj Gölü Uluova kısmında biriken toplam fosfor miktarı 527071,8 kg/yıl olmaktadır. Buda 2,942 g P/m², yıl değerine eşittir.

Yine aynı kaynaktan Vollenweider yöntemi kullanılarak kritik fosfor yükü hesaplanmıştır. Kritik fosfor yükü $L_c=628,28 \text{ mg P/m}^2, \text{ yıl}$ hesaplanmış ve buna göre Tablo 6.1' de hesaplanan fosfor değeri bu kritik yükün 4.68 katı olduğu belirtilmektedir.

Aynı bölgede 2020 yılında karşılaşılabilecek fosfor yükünün ise $5,418 \text{ g m}^2/\text{yıl}$ değerine ulaşacağı hesaplanmış ve hesaplanan kritik fosfor yükünden ($L_c = 628,28 \text{ mg P/m}^2, \text{ yıl}$) 8,6 kat daha fazladır.

Aynı şekilde azot için yapılan ölçümlerde $63,73 \text{ g N/m}^2, \text{ yıl}$ bulunmuştur. 2020 yılında bu değer $97,40 \text{ g N/m}^2, \text{ yıl}$ değerine ulaşacağı belirtilmiştir.

Bu verilere dayanarak Keban Baraj Gölü Uluova kısmındaki hesaplanan fosfor yükü, kritik fosfor yükünün üstünde olduğundan Keban Baraj Gölü Uluova kısmının aşırı bir kirlenmeyle karşı karşıya olduğu söylenebilir.

Mevcut tesis ise mekanik ve biyolojik tasfiye kademelerinden oluşmaktadır. Bu kademelerden elde edilebilecek tasfiye verimleri Tablo 6.2'de görülmektedir.

Tablo 6.2. Mekanik ve biyolojik tasfiye kademelerinden oluşan bir tasfiye tesisinde ortalama tasfiye verimleri (Gündüz, 1992).

Tasfiye kademesi	BOİ ₅	KOI	Toplam Fosfor
Mekanik	%35	%30	%10
Biyolojik	%90	%80	%30
Uzaklaştırılması öngörülen %	%95	%95	%95

Tablodan da görüldüğü gibi tasfiye tesisi organik madde açısından su kirliliği kontrolü yönetmeliğince belirtilen sınırlara uymaktadır. Ancak

tasfiye tesisinin iyi bir şekilde çalıştığı kabul edilse bile göle önemli oranda fosfor (Toplam fosfor) deşarj edileceği açıktır. Tasfiye edilerek göle deşarj edilecek suyun toplam fosfor konsantrasyonu (evsel atıksu ile göle giren toplam fosfor miktarının ortalama 7-10 mg/l olduğu düşünülürse) 2-4 mg/l'nin altına düşmeyecektir. Bu ise kabul edilebilir bir oran değildir. Bu nedenle tesise kimyasal tasfiye kademesinin eklenerek fosfor uzaklaştırma oranının % 90-95 düzeyine çıkartılması zorunludur. Kimyasal tasfiye kademesi ile yapılan çalışmalarda, atıksular içindeki fosfor miktarın yüksek oranda uzaklaştırılabileceği sonucu ortaya çıkmıştır.

Sawyer (1965, Kramer 1972'den)'e göre kimyasal tasfiye ile ulaşılan yüksek fosfor uzaklaştırma verimleri ortofosfat ile ilgilidir. Örneğin kireç kullanılan bir kimyasal tasfiye kademesinde ortofosfatlar % 97 oranında uzaklaştırılabilirken aynı yöntem ile organik fosforun en çok % 47' si uzaklaştırılabilmektedir. Bu tür bir tasfiye tesisi çıkış suyunun bir göle verilmesi durumunda organik fosfor üzerinden beslenen organizmaların avantajlı duruma geçmesi tabiidir. Bu olgu da artık örneğin fosfor uzaklaştırma verimi söz konusu olduğunda sadece toplam fosfor veya ortofosfat konsantrasyonlarının bilinmesinin yeterli olmayacağını, tüm fosfor formlarının incelenmesinin gerekliliğini göstermektedir.

KAYNAKLAR

ARCEIVALA, S., J., (1975) Wastewater Treatment and Disposal Marcel Dekker INC., N.Y., USA. S. 112-116.

AWWA, APHA, WPCF, (1985). Standart Methods For The Examination of Water and Wastewater. 16. Ed. USA.

BERKES, F. ve KIŞLALIOĞLU, M., (1990). Ekoloji ve Çevre Bilimleri. Remzi Kitabevi Çağaloğlu, İstanbul.

BOLLER, M., (1985). " Full Scale Experience With Tertiary Contact Filters " In Chemical Water and Wastewater Treatment. Ed. Grohman, Mahn, Klute, Gustav Fischer Verlag.

HAMMER, M.J., (1977). Water and Wastewater Technology. John Wiley. New York.

HUTCHINSON, G., (1969). Eutrophication Past and Present In Eutrophication Causes, Cansequences Correctives. National Academy of Sciences, Wash D. C. 17-26.

KIRIMHAN, S., (1989). " Elazığ İlinin Genel Çevre Sorunları ve Çözüm Önerileri" 5. Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi. Adana. S. 1-22.

KRAMER, A., HERBES, S., ALLEN, M., (1992). Analysis of Water Biomass and Sediment Nutrient in Natural Waters, Ed. Allen, Kramer, John Wiley. S .51-101.

MUSLU, Y., (1985). Su Temini ve Çevre Sağlığı. İTÜ Yayınları. Cilt 3, İstanbul.

- NESBITT, J. (1969). Phosporus Removal. The State of Art. Journal WPCF. Vol. 41 No: 5. 701-713.
- NORASIAH, S., MORASSE, C., (1984). "Seasonal Variations of Phosphate Species in Wastewater. " Journal of Env. Eng. Vol. 110, No.5 S.1005-1008
- PHILP, D., (1985). "Phosphorus Removal at the Lower Molonglo Water Quality Control Centre" Journal WPCF, Vol. 57, No: 8. 841-846.
- SAATÇI, Y., (1992). Keban Baraj Gölü Uluova Kısımının Bitki Besin Maddeleriyle Yüklenmesinin İncelenmesi. Fırat Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Elazığ.
- SAMSUNLU, A., MÜEZZİNOĞLU A. ve ŞENGÜL, F. (1982). Çevre Mühendisliği Kimyası. Ege Üniv. İnşaat Fak. Ders Notları No: 39, İzmir.
- SAWYER, C., MC CARTY, A. (1987). Chemistry for Enviromental Engineering. Mc Graw Hill. Inc. New York.
- SU KİRLİLİĞİ KONTROLU YÖNETMELİĞİ (1988). Başbakanlık Çevre Genel Müd. Ankara.
- ŞENGÜL, F., MÜEZZİNOĞLU, A. (1986). "Stabilizasyon Havuzlarında Azot ve Fosfor Giderimi." Çevre ' 86 Semp. Ege Üniv. Atatürk Kültür Merkezi 2-5 Haziran, İzmir.
- TOPKAYA, B., (1987). "Evsel Atıksularda Biyolojik İndirgenebilen Organik Maddelerin Tayini" Çevre ' 87 Semp. Boğaziçi Üniv. İstanbul, 621-691

- TOPKAYA, B. (1992). Keban Baraj Gölü' nü Kirleten Bazı Kaynaklarda Fosfor Dağılımının İncelenmesi. **Fırat Ün. Ulusal Biyoloji Kongresi. 24-27 Haziran 1992. Elazığ. S. 227-238.**
- TOPKAYA, B., TÜMEN, F. (1986). Eysel Atıksu Tasfiye Tesis Tasarımında Laboratuvar Doneleri Kullanımı. **Akdeniz Ün. Müh. Fak. Dergisi. S. 3.**
- TOPKAYA B., ŞEN, B. (1988). Keban Baraj Gölü Kirliliği Deşarj Sınır Konsantrasyonlarının Tespiti. " **Fırat Ün. Araştırma Fonu Tarafından Desteklenen 16 Nolu Araştırma Projesi.**
- TOPKAYA B., TÜMEN, F. (1987). "The Determination of Suitable Coagulants and Coagulant Aid Materials For Sewage Treatment". **The Journal of Fırat Ün. Science and Tec. 2. 53-65.**
- TÜRK ÇEVRE MEVZUATI (1968). TÇSV yayınları. Ankara. S. 753
- USLU, G. (1993). **Elazığ Kenti Eysel Atıksularında Bulunan Azot Bileşiklerinin Mevsimsel Değişiminin Araştırılması. Fırat Ün. Fen Bil. Enstitüsü. S. 52.**
- USLU, O. ve TÜRKMAN, A., (1987). **Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müd. Yayınları No: 1. Ankara.**
- WOLLENWEIDER, A. (1976). **Advances In Defining Critical Loading Levels For Phosporus In Lake Eutrophication. OECD Co-operative programme for Eutrophication. Canada.**