

58302

**ŞEHİR İÇME SUYU ARITMA TESİSLERİNDE
ÇAMUR ATIKLARININ DEĞERLENDİRME
YOLLARININ ARAŞTIRILMASI**

Gülşin UÇAR

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ANALİTİK KİMYA ANABİLİM DALI**

1997

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

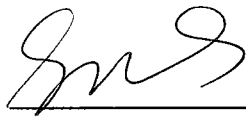
ŞEHİR İÇME SUYU ARITMA TESİSLERİNDE
ÇAMUR ATIKLARININ DEĞERLENDİRME
YOLLARININ ARAŞTIRILMASI

Gülşin UÇAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ANALİTİK KİMYA ANABİLİM DALI

Bu tez 30/9/1997 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından 90 (..Doksan....) not takdir edilerek Oybirliği / Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Esmâ KILIÇ



Prof. Dr. Fitnat KÖSEOĞLU



Doç. Dr. Orhan ATAKOL
(Danışman)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**ŞEHİR İÇME SUYU ARITMA TESİSLERİNDE
ÇAMUR ATIKLARININ DEĞERLENDİRME
YOLLARININ ARAŞTIRILMASI**

Gülşin UÇAR

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Analitik Kimya Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Orhan ATAKOL

1997, Sayfa: 49

Jüri: Prof. Dr. Esmâ KILIÇ
Prof. Dr. Fitnat KÖSEOĞLU
Doç. Dr. Orhan ATAKOL

Bu çalışmada, Ankara İvedik İçme Suyu Arıtma tesislerinde suyun arıtılma işlemi sonucunda atık olarak ele geçen jelimsi çamurun kimyasal yapısı araştırılmıştır. Kimyasal analizler hem klasik hemde Atomik Absorpsiyon yöntemleri kullanılarak yapılmıştır. Tarımsal açıdan mahsurunun olup olmadığı sera deneyleri yapılarak araştırılmıştır.

Araştırma sonucunda atık çamurun ana bileşeni $Al(OH)_3$ olup zaman içinde suyunu kaybederek okside dönüşmekte ve taşlaşmaktadır. Saksı deneylerine bakılırsa atık çamur içinde çimlenme olabilmekte ancak kontrol grupları ile karşılaştırıldığında çimlenme süresinin uzadığı kök ve yaprak boyunun kısaldığı görülmektedir. Bu atık çamurun çevreye kirletici etkisi olmadığı gibi pek bitki dostu da değildir. Ayrıca $Al(OH)_3$ jelinin çökmesini hızlandırmak amacıyla ilave edilen polielektrolitin çimlenmeye etkisi olmadığı gibi yararlı olacağı düşüncesi ortaya çıkmıştır. Su arıtma tesislerinde en yüklü masraf $Al_2(SO_4)_3$ için harcandığından dolayı, yüksek %'de Al bulunduran bu atık çamurdan yeniden $Al_2(SO_4)_3$ eldesi araştırılmalıdır.

ANAHTAR KELİMELELER: İçme suyu arıtma sistemleri, atık çamur, kimyasal yapı, biyolojik etki.

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

**INVESTIGATION ON THE SLUDGE
FROM MUNICIPAL WATER TREATMENT PLANTS
FOR POSSIBLE UTILIZATION**

Gülşin UÇAR

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Analytic Chemical

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Orhan ATAKOL
1997, Page: 49

Jury: Prof. Dr. Esmâ KILIÇ
Prof. Dr. Fitnat KÖSEOĞLU
Assoc. Prof. Dr. Orhan ATAKOL

In this study, the sludge chemical structure from Ankara İvedik municipal water treatment plants was investigated. Chemical analysis were done by both classical and Atomic Absorption methods. Greenhouse experiments were carried out to find out if there was any agricultural effect.

As a result of the study, it was found out that $Al(OH)_3$ was the main component of the sludge mud and it loses its water in time turning into Al_2O_3 and becoming stony. The results of the pot experiments proved that grass can grow in this mud however compared to the control groups it takes longer for the grass to grow and it has shorter roots and leaves. Although this sludge mud is not dangerous for the environment, it is not plant friendly either. Furthermore, the polyelectrolyte which was added to faster the sedimentation of the $Al(OH)_3$ jell, was founded not to have any effect on the growing grass but can be helpful. As the highest expense in water treatment plants go for $Al_2(SO_4)_3$, how $Al_2(SO_4)_3$ can be obtained from this sludge mud is highly concentrated with Al ; should also be investigated.

Key Words: Municipal water treatment plants, the sludge, chemical structure, biological effect.

TEŞEKKÜR

Bana bu konuda çalışma olanağı veren danışmanım Sayın Doç. Dr. Orhan ATAKOL'a (A.Ü.F.F.), yardımlarını gördüğüm Y. Doç. Dr. Mustafa TAŞTEKİN (A.Ü.F.F.), Doç. Dr. Adnan KENAR (A.Ü.F.F.), Nazlı DİNÇER (A.Ü.ARGİ), Doç. Dr. Cumhuri ÇÖKMÜŞ (A.Ü.F.F.), Kim. Müh. Erdal ÖZTÜRK'e (ASKİ İvedik Arıtma Tesisi) ve bana destek olan ve sabır gösteren babam Mehmet UÇAR'a teşekkürlerimi sunarım...



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
1. 1. Çalışmanın Kapsamı.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
2. 1. Şehir Suyunda Arıtma Yöntemi.....	3
2. 1. 1. Ankara'nın içme su arıtma tesisi.....	12
2. 2. İvedik Su Arıtma Tesisi.....	13
2. 2. 1. Giriş ve harmanlama tesisi.....	13
2. 2. 2. Durultucu ünitesi.....	14
2. 2. 3. Filtre ünitesi.....	15
2. 2. 4. Kimyasal madde ünitesi.....	15
2. 2. 5. Klorlama ünitesi.....	16
2. 2. 6. Çamur koyulaştırma.....	17
2. 2. 7. Laboratuvar.....	17
2. 3. Fosfor, Azot ve Karbonun Bitkiler Üzerindeki Önemi.....	19
2. 4. Atık Çamurun Bileşimi.....	20
3. DENEYSEL KISIM.....	21
3. 1. Kullanılan Kimyasal Maddeler.....	21
3. 2. Kullanılan Çözeltiler ve Ayarlanmaları.....	24
3. 2. 1. Klasik analizlerde kullanılan çözeltiler.....	24
3. 2. 2. Spektrometrik metotlarda kullanılan çözeltiler.....	25
3. 3. Numune Alma.....	27
3. 4. Kullanılan Cihazlar.....	27
3. 5. Klasik metotla yapılan Analizler.....	28
3. 5. 1. Numunenin çözünürleştirilmesi.....	28
3. 5. 2. Atık çamurun kalitatif analizi.....	28
3. 5. 3. Su tayini.....	28
3. 5. 4. Polielektrolit tayini.....	29
3. 5. 5. Silis tayini.....	29
3. 5. 6. Demir tayini.....	29

3. 5. 7. Alüminyum tayini.....	30
3. 5. 8. Kalsiyum ve mağnezyum tayini.....	30
3. 5. 9. Sülfat tayini.....	30
3. 5. 10. Organik azot tayini.....	31
3. 6. Spektrometrik Metotla Yapılan Analizler.....	31
3. 6. 1. Fosfor tayini.....	31
3. 6. 2. Sodyum tayini.....	32
3. 6. 3. Potasyum tayini.....	33
3. 6. 4. Alüminyum tayini.....	33
3. 6. 5. Demir tayini.....	34
3. 6. 6. Kalsiyum tayini.....	35
3. 6. 7. Magnezyum tayini.....	36
3. 6. 8. Mangan tayini.....	36
3. 6. 9. Kurşun tayini.....	37
3. 7. Nitrat Tayini.....	38
3. 8. Ankara - İvedik İçme Suyu Arıtma Sisteminden Açığa Çıkan Atık Çamurda Saksı Deneyleri.....	38
3. 8. 1. Çamur kum karışımları ile yapılan saksı deneyleri.....	38
3. 8. 2. Polielektrolitin çimlenme oranına etkisinin incelenmesi.....	40
3. 8. 2. 1. Petri kabında çimlenmenin inhibisyonu.....	40
3. 8. 2. 2. Saksıda çimlenmenin inhibisyonu.....	42
4. TARTIŞMA.....	43
KAYNAKLAR.....	46

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. 1. Lagünden (x) numune alınan noktalar.....	2
Şekil 2. 1. Şehir suyunun saflaştırılması ile ilgili genel bir akım diyagramı ve prosesin verimi (Rakamlar ortalama olarak verilmiştir, Fair et al 1968).....	11
Şekil 2. 2. Ankara içme suyu İvedik arıtma tesisinin akış diyagramı.....	18
Şekil 2. 3. Azot çevirimi.....	19
Şekil 3. 1. Fosfat tayini için spektrofotometrik çalışma eğrisi.....	32
Şekil 3. 2. Sodyum tayini için çalışma eğrisi.....	32
Şekil 3. 3. Potasyum tayini için çalışma eğrisi.....	33
Şekil 3. 4. Alüminyum tayini için çalışma eğrisi.....	34
Şekil 3. 5. Demir tayini için çalışma eğrisi.....	35
Şekil 3. 6. Kalsiyum tayini için çalışma eğrisi.....	35
Şekil 3. 7. Magnezyum tayini için çalışma eğrisi.....	36
Şekil 3. 8. Mangan tayini için çalışma eğrisi.....	37
Şekil 3. 9. Kurşun tayini için çalışma eğrisi.....	38

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2. 1. Tarih boyunca su kaynaklarına olan ihtiyaç (Rouse 1957).....	3
Çizelge 2. 2. ABD’de EPA (Enviromental Protection Agency) tarafından kabul edilen içme sularında bulunması müsaade edilen özellikler.....	5
Çizelge 2. 3. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri.....	5
Çizelge 2. 4. 100 m ³ sudan 100 ppm sertliğin uzaklaştırılması için gerekli reaktif miktarı (Müller 1981)	8
Çizelge 2. 5. Ankara içme suyu tesislerinde kullanılan kimyasal maddelerin özellikleri.....	16
Çizelge 2. 6. Ankara su tasfiye tesislerinde çıkan su ile Dünya Sağlık Teşkilatı ve Memba Sularının kalite parametreleri mukayesesi (Rismal 1990).....	17
Çizelge 3. 1. Kullanılan kimyasal maddeler.....	21
Çizelge 3. 2. AAS’de tayin edilen elementler için şartlar.....	27
Çizelge 3. 3. Atık çamurun buğday tohumlarına etkisi.....	39
Çizelge 3. 4. Atık çamurun turp tohumlarına etkisi.....	39
Çizelge 3. 5. Atık çamurun buğday tohumlarına etkisi.....	40
Çizelge 3. 6. Atık çamurun turp tohumlarına etkisi.....	40
Çizelge 3. 7. Polielektrolitin buğday tohumlarına etkisi.....	41
Çizelge 3. 8. Polielektrolitin turp tohumlarına etkisi.....	41
Çizelge 3. 9. Polielektrolitin buğday tohumlarına etkisi.....	42
Çizelge 3. 10. Polielektrolitin turp tohumlarına etkisi.....	42
Çizelge 4. 1. Atık çamurun bileşenleri.....	43

1. GİRİŞ

1. 1. Çalışmanın Kapsamı

Dünya çevre sorunlarının ağırlaştığı günümüzde gerek bilimsel araştırmalarda gerekse mühendislik araştırmalarında çevre sorunlarına daha çok yer verilmesi gerektiğini bugün artık bilmeyen kalmamıştır. Yaklaşık 30 yıl önce sorun olmaktan uzak görünen bir takım endüstriyel atıklar son 10 yıldır insanlığın başına çevre sorunu olup çıkmıştır. Örneğin 1970'li yılların başında Seydişehir Alüminyum fabrikası kurulurken atık kırmızı çamurların birikerek büyük bir çevre sorunu olacağını kimse tahmin etmemiştir. İzmit körfezinde, İstanbul Haliç'in çevresinde ve İzmir körfezinde 1950'li yıllardan itibaren başlayan sanayileşme sürecinde İzmit körfezinin, Haliç'in ve İzmir körfezinin bugünkü hale gelebileceğini kimse tahmin etmemiştir. Gerçi yüzyılın başında sanayileşmiş ülkeler bu tehlikeleri görüp bazı önlemleri almak zorunda kalmışlardır. Örneğin İngiltere Times nehrinde 1910'lu yıllarda önlemlerini almış. 1950'li yıllarda bu önlemlerin yararını görmüştür. Almanyadaki Rein nehri düşünülürse İsviçre ve Almanya gibi gelişmiş ülkelerin de bu konuda yetersizlikleri akla gelebilir. Hatta sanayileşmiş ülkeler bu konuda üçüncü Dünya ülkelerini kendi çıkarları doğrultusunda kullanılabilecek önlemlerinde almışlar Çimento, Seramik, Gübre, Döküm, Metalurji gibi endüstrileri kendi ülkelerinde terkedip geliştirmekte olan ülke topraklarında fason ürettirmeye başlamışlardır.

Sonuçta günümüzde artan Dünya nüfusu ve insanların gereksinimleri üretimin yıldan yıla fazla olmasını birlikte getirmektedir. Artan üretim atık maddelerinde artmasını ortaya çıkarmaktadır ve tüm atıklar için zamanında önlemler alınmalıdır. Sunulan çalışma bu düşünce ışığında ortaya çıkarılmıştır. Şehir Suyu Arıtma Tesislerinde şaplama adı verilen işleminde kullanılan suyunu duru hale getirmek, kolloidleri ve kum çakıl gibi partikülleri çöktürebilmek için yapılan işlem sonunda atık olarak ele geçen jelimsi çamurun kimyasal yapısı araştırılmış tarımsal açıdan mahsurunun olup olmadığının kısa bir araştırılması yapılmıştır.

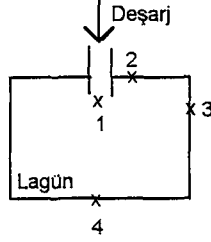
Ankara ASKİ (Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi) İvedik Arıtma tesislerinde günde ortalama 600 - 700 bin m³ su arıtılmaktadır ve bu arıtma sonunda ele geçirilen atık çamur tesis alanında depolanmaktadır, tesis işletmeye açıldığı 1984 yılında bu deşarjın yapıldığı lağünler¹ yavaş yavaş dolmaktadır. Şimdilik bir çevre sorunu yaratmamasına rağmen önümüzdeki yıllarda bunun sorun olmayacağını kimse garanti edemez. Kısa bir süre sonra lağünler dolacak ve yeni lağünler açma gereksinimi ortaya çıkaracaktır.

Bu çalışmanın amacı arıtma tesislerinde ortaya çıkan bu atık çamurun gerçek bir çevre kirlenici atık olup olmadığının araştırılmasıdır. Tezin içinde görüleceği gibi bu atık çamurun ana bileşeni Al(OH)₃ tir ve zamanla bu çamur içindeki Al(OH)₃ suyunu kaybederek okside dönüşmekte ve taşlaşmaktadır. Bu atık çamurun olduğu ve kurduğu bölgelerde büyüyen bitkiye rastlanmamaktadır. Yalnızca lağünlerin çevresinde söğüt ağaçları dikilmiş ve birkaç yıl boyunca söğütler henüz ölmemiş durumdadır.

¹ Lağün sözcüğü ASKİ arıtma tesislerinde atık çamur depolamanın yapıldığı açık çukurlar.

Ankara ASKİ İvedik Arıtma tesislerindeki yetkililerinde önerisiyle bu çalışmaya başlanmıştır ve bu lagünlerin çeşitli noktalarından örnekler alınarak önce kimyasal analizler yapılmış sonrada sera deneyleri yapılmıştır.

Lagün etrafında,



Şekil 1. 1. Lagünden (x) numune alınan noktalar

1. Deşarj noktası akışkanlığı yüksek olan örnekler tesisten lagüne boşaldığı uçtan.
2. Deşarj noktasının çevresinde bulunan jellerden.
3. Deşarj noktasına 150 m uzaklıkta kurumaya başlayan kısımdan.
4. Deşarj noktasının tam karşısından

örnek alınmıştır. Daha sonra ilk olarak bu çamurların kimyasal analizleri yapılmış, analizler hem klasik yöntemlerle hemde Atomik Absorbsiyon ile gerçekleştirilmiştir. Çamurun kimyasal analizi çamurun ne ölçüde çevre zararlısı olduğu hakkında bir fikir vermektedir. ancak daha sonra sera deneyleri yapılarak bu atık çamurdan ortaya çıkan toprağımsı kütlelerin üzerinde bitki büyümesinin mümkün olup olmadığı araştırılmıştır.

Daha ilerde tartışma kısmında belirtileceği gibi atık çamurun pek fazla doğa dostu olmadığı ancak atıldığı yeri tamamen kurutan, bir atık olmadığıda anlaşılmıştır. Bu konuda ASKİ'nin şimdilik acil önleme gereksinimi yoktur, fakat önümüzdeki yıllar için yavaş yavaş önlem alınması gerektiği inancındayız. En azından bu atık çamurun zararlı olabilen etkilerinin minimuma indirilebilmesi için çalışmalar yapılması gerektiğini savunuyoruz.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2. 1. Şehir Suyunda Arıtma Yöntemi

Su canlıların yaşamaları için gerekli olan maddelerin başında gelir. Bir insanın sadece biyolojik ihtiyaçları için günde yaklaşık 2 litre suya ihtiyacı vardır. Sağlıklı bir bünyenin hiçbir besin maddesi almadan 60 gün yaşayabildiğini, ancak susuzluğa sadece 10 gün dayanabildiğini araştırmalarla kanıtlanmıştır. Besler, üretir, yaratır, temizler, arıtır, dinçleştirir, güzelleştirir, iyileştirir kısacası su yaşatır. Gelişmiş ülkelerde temizlik, yemek gibi günlük ihtiyaçlar için 300 litre suya gereksinme vardır. İnsanın endüstriyel ihtiyaçları da düşünülürse (barınma, giyinme gibi) kişi başına 3000 litre suya gereksinim vardır. Yapısında bozulma olamadan kendisinden enerji elde edilen tek madde sudur. Su bu yönüyle eşsiz bir maddedir. Dünya yüzeyinin yaklaşık 3 km kalınlığında bir tabakayla kaplayacak kadar 2×10^{18} ton su bulunmaktadır. Ancak tabiatta kimyasal bakımdan saf bir suya rastlanmaz. Suların içerisinde daima çözülmüş veya süspansiyon halinde yabancı maddeler bulunur. Bunlar anorganik veya organik katılar, sıvı maddeler ve çözülmüş gazlar olabilir. Sulardaki anorganik maddeler: alkali klorürler, sülfatlar, kalsiyum ve magnezyum bileşikleri, silis, silikatlar, bazen demir, florür, iyot, fosfat, nitrit ve nitrat bileşikleridir. Organik maddeler süspansiyon ve çözelti halinde, organizmalardan yosunlar, mantarlar, mikroorganizmalar, bakteriler, birçok protozoalar bulunabilir (Gündüz 1994).

Günümüzden 7000 yıl önce insanoğlu yerleşik düzene geçtiğinde su ile ilgili iki sorunla yüz yüze gelmiştir. Bir yandan taşkın tehlikesine karşı korunmak zorundaydı, öte yandan sulama ve yaşamını sürdürebilmek için yeterli miktarda suya ihtiyacı vardı. Tarih boyunca su kaynaklarına olan ihtiyaç değişmemiş, aksine farklı amaçlarla bu gelişme sürmüştür (Çizelge 2. 1.).

Çizelge 2. 1. Tarih boyunca su kaynaklarına olan ihtiyaç (Rouse 1957)

Barınma İçme Suyu	
Barınma Genel Kullanım	
Balıkçılık	
Denizcilik	MÖ 6000 / 4000
Tarım Sulama	MÖ 5000
Tarım Hayvancılık	MÖ 3000
Toplum	MÖ 3000
Atık Su	MÖ 3000
Ticaret (Üretim)	MÖ 3000
Endüstri (Üretim)	MÖ 3000
Su Enerjisi	MÖ 200
Endüstri (Soğutma Suyu)	MS 1900

Su taşkınlarına karşı korumada ve yeterli miktarda suyun biriktirilmesi için yapılan teknik çalışmalar insanlığın ilk teknolojik başarılarıdır.

Sular orjinlerine göre dört kısma ayrılır:

1. Meteorolojik sular (yağmur ve kar suları) : Mevcut sular içinde en saf olanıdır. Havada bulunan bütün gazları ihtiva ettiği gibi, bazı anorganik ve organik maddeler de bulunabilir.
2. Yeraltı ve kaynak suları: Bulunduğu ve geçtiği toprak tabakalarını çözmesi sonucunda, tabakaların cinsine göre, çözülmüş maddeleri ihtiva eder.
3. Yeryüzü suları (nehir, göl, baraj ve deniz suları) : Yüzeyle açık olması nedeni ile, organik yapıda olan yabancı maddeleri almaya yatkındır. Buna karşılık, hava ile temas olduklarından karbonat sertliği azdır.
4. Maden (mineral) suları: Tabii sulara oranla çözülmüş madde miktarı belirli bir sınırı aşmış veya sıcaklığı ve radyoaktivitesi tabii sınırı geçmiş olan sulardır.

Yeryüzünde su çok çeşitlidir. Ancak içme suyu azdır. Mevcut içme suyu kaynakları artan nüfus, hızla gelişen endüstri ve yok olan ormanlar nedeniyle günden güne ihtiyacı karşılayamaz hale gelecektir. İçme suları yeraltı ve yerüstü kaynakları olmak üzere ikiye ayrılır. Yeraltı suları doğrudan içilebilen sulardır. Yerüstü suları ise nehir, dere, çay ve baraj sularındır. Genellikle kirlidir. Kirlilik derecesi geçtikleri ve buldukları topraklara, yakınlarında bulunan fabrika ve yerleşim birimlerine bağlıdır. Kullanılabilmesi ve içilebilmesi için arıtılması gerekir (Manahan 1975).

Bir sudaki canlı hayatın değişmesine o suyun kirlenmesi denir. Kirliliği su, kullanım amacına uygun olmayan sudur. İçilebilir su birçok iyon içerebilir. Ancak içilebilir sulardaki konsantrasyonları çok düşüktür. Başlıca Na^+ , Ca^{+2} , Mg^{+2} , Fe^{+2} , SO_4^{-2} , SiO_3^{-2} , CO_3^{-2} , HCO_3^- , Cl^- dir (Public Health Service Drinking Water Standards 1962). Suyun arıtılması suyun kullanım amacına ve bağlı olduğu kaynağa göre belirlenir:

1. Evde kullanılan suyun arıtılması.
2. Endüstride kullanılan suyun arıtılması.
3. Atık suyun tekrar kullanılabilmesi için arıtılması.

Su saflaştırma ve atık su problemi, şehirleşmenin önde gelen problemleri arasındadır. Çözüm için birkaç prensip ortaya atılabilir;

- Atık suların tekrar kullanılması,
- Kirlenmenin kontrolü,
- Giderleri azaltmak için kaynağından bazı yan ürünlerin kazanılması,
- Kirlenmeyi minimum düzeyde tutmak veya nütürleştirme giderlerinden kazanç sağlamak için, atıkların küçük yapay göllerde toplanması.

Su saflaştırma, suyun kullanılacağı amaca uygun bir duruma getirilmesi işlemidir. Evsel ve endüstri amaçlı kullanılan suyun tamamıyla yumuşatılması için (Sertlik çoğunlukla kalsiyum ve magnezyum bikarbonatları karbonat sertliğini yani suyu kaynatmakla azaltılabilen geçici sertliktir. Kalsiyum ve magnezyumun klorür ve sülfatlarından oluşan karbonat dışı sertlik kimyasal maddelerin kullanımını zorunlu kılan kalıcı sertliktir.) 1841 de İngiliz Thomas Clark'ın karbonat veya geçici sertliği uzaklaştırmak için Kireç Prosesi patenti almasını, Porter'in karbonat dışı veya kalıcı sertlik için geliştirdiği Soda Prosesi izlemiştir. Ayrıca suda sertliği oluşturan tuzlardan başka sodyum tuzları, silika

(silisyumdioksit), alumina (alüminyum oksit), demir veya mangan da bulunabilir. Bulunabilecek diğer yabancı maddeler, süspansiyon halindeki çözünmeyen maddeler (Çoğunlukla bulanıklık diye adlandırılır.), organik maddeler, renklendiriciler ve çözünmüş gazlardır. Bu gazlar karbon dioksit (Çoğunlukla bikarbonat olarak), oksijen, azot ve kükürtlü sularda hidrojen sülfür (Kükürtlü hidrojen) olabilir. Bir Alman kimyacı olan Robert Gans 1906 da, su yumuşatma amacı ile zeolitlerin kullanımını, ticari uygulamaya koymuştur. 1930'dan bu yana şehirleşen bölgelerde, suyun yumuşatılarak kullanılması yaygın hale gelmiştir. Suyun saflaştırılması ve yumuşatılması, suyun kullanılacağı amaca göre, çeşitli yöntemlerle gerçekleştirilir. Yumuşatma terimi, suyun sertliğini azaltan veya tamamen yok eden prosesler için kullanılır. Saflaştırma, yumuşatmadan farklı olup, sudan organik maddelerin ve mikroorganizmaların uzaklaştırılması anlamında kullanılır. Berraklaştırma çok önemli olabilir ve çöktürerek, soğuk su yumuşatılması ile birleştirilebilir.

İçme suyu fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik bakımdan temiz olan sudur (Çizelge 2. 2.). İçme suyu fiziksel olarak bulanık, renkli ve kokulu olmamalıdır. Kimyasal yönden toksik iyonlar içermemelidir. Bakteriyolojik yönden koli bileşikleri içermemelidir.

Çizelge 2. 2. ABD'de EPA (Enviromental Protection Agency) tarafından kabul edilen içme sularında bulunması müsaade edilen özellikler

Fiziksel özellikler	Değer	Kimyasal özellikler	Değer	Bakteriyolojik özellikler	Değer
Bulanıklık	5 birim	Arsenik	0.01mg/L	Koliformlar	1 koliform / 100mL
Renk	15 birim	Demir	0.3 mg / L		
Koku	3 defa	Çinko	5 mg / L		
		Bakır	1 mg / L		
		Klorür	250 mg / L		
		Sülfat	250 mg / L		
		Siyanür	1 mg / L		
		Fenoller	0.001 mg / L		

Çizelge 2. 3. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri

A) Fiziksel ve İnorganik Kimyasal Parametreler

Su Kalite Parametreleri	I. Kalite	II. Kalite	III. Kalite	IV. Kalite
Sıcaklık	25	25	30	> 30
pH	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	6,0 - 9,0	> 6,0 - 9,0
Çözünmüş oksijen (mg / L)	8	6	3	> 3
Oksijen doygunluğu	90	70	40	> 40
Klorür iyonu (mg / L)	25	200	400	> 400
Sülfat iyonu (mg / L)	200	200	400	> 400
Amonyum azotu (mg / L)	0,2	1	2	> 2
Nitrik azotu (mg / L)	0,002	0,01	0,05	> 0,05
Nitrat azotu (mg / L)	5	10	20	> 20
Toplam fosfor (mg / L)	0,02	0,16	0,65	> 0,65
Toplam çözünmüş madde (mg / L)	500	1500	5000	> 500
Renk (Pt - Co Birimi)	5	50	300	> 300
Sodyum (mg / L)	125	125	250	> 250

Çizelge 2. 3. (Devam) Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriterleri

B) Organik Parametreler

Su Kalite Parametreleri	I. Kalite	II. Kalite	III. Kalite	IV. Kalite
KOI (mg / L)	25	50	70	> 70
BOI (mg / L)	4	8	20	> 20
Organik karbon (mg / L)	5	8	12	> 12
Toplam Kjeldahl-Azotu (mg / L)	0,5	1,5	5	> 5
Emülsifiye yağ ve gres (mg / L)	0,02	0,3	0,5	> 0,5
Metilen mavisi aktif madde (mg / L)	0,05	0,2	1	> 1
Fenolik madde (uçucu) (mg / L)	0,002	0,01	0,1	> 0,5
Mineral yağ ve türevleri (mg / L)	0,02	0,1	0,5	> 0,5
Toplam pestisid (mg / L)	0,001	0,01	0,1	> 0,1

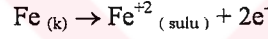
C) İnorganik Kirlenme Parametreleri

Su Kalite Parametreleri	I. Kalite	II. Kalite	III. Kalite	IV. Kalite
Cıva (mg / L)	0,1	0,5	2	> 2
Kadmiyum (mg / L)	3	5	10	> 10
Kurşun (mg / L)	10	20	50	> 50
Arsenik (mg / L)	20	50	100	> 100
Bakır (mg / L)	20	50	200	> 200
Krom (toplam) (mg / L)	20	50	200	> 200
Krom (mg / L)	Az	20	50	> 50
Kobalt (mg / L)	10	20	200	> 200
Nikel (mg / L)	20	50	200	> 200
Çinko (mg / L)	200	500	2000	> 2000
Cıva (mg / L)	0,1	0,5	2	> 2
Siyanür (mg / L)	10	50	100	> 100
Florür (mg / L)	1000	1500	5000	> 5000
Sülfür (mg / L)	2	2	10	> 10
Demir (mg / L)	300	1000	5000	> 5000
Mangan (mg / L)	100	500	3000	> 3000
Bor (mg / L)	1000	1000	1000	> 1000
Selenyum (mg / L)	10	10	20	> 20
Saryum (mg / L)	1000	2000	2000	> 2000
Alüminyum (mg / L)	0,3	0,3	1	> 1
Alfa aktivitesi	1	10	10	> 10
Beta aktivitesi	10	100	100	> 100

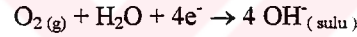
Şehir suyunun saflaştırılması, şehirlerin içme ve kullanma sularının sağlanmasında çok kere içilebilir ve güvenli su üretimi başta gelir (Çizelge 2. 3.). Öncelikle bulaşıcı hastalıklar özellikle tifo, kirlenmiş sular tarafından meydana getirilmekte ve yaygınlaştırılmaktadır. Güvenilir şehir suyu, süspansiyon halindeki katı maddelerden ve patojenik (hastalık yapan) mikroorganizmalardan kurtarılmış sudur. Ayrıca suyun yumuşak olması, hoş olmayan tad ve kokusunun bulunmaması da istenir. Fakat her zaman da gerekli olmaz. Şehir suyunun saflaştırılmasında ham su, önce demir, mangan, koku ve tadı uzaklaştırmak için (oksidasyon) havalandırılır, sonra kireç ile kısmen

yumuşatılır, çökelti koagüle edilir ve süzülür. Patojenik mikroorganizmaları öldürmek için, klor katılır. Halk sağlığını korumak için kloramin ve klordioksit, ozon da bu amaç için kullanılır. Hoş olmayan kokusunu gidermek ve lezzetini iyileştirmek için aktif kömür kullanılır. Fakat halk henüz bu prosesin ekonomik üstünlüğünün bilincinde değildir. Sadece sabun kullanımındaki kazanç yumuşatma giderlerini karşılamaya yeterlidir. Yıkama işleminde, sabunun yerini sentetik deterjanın alması, bu kazancı bir dereceye kadar azaltmaktadır.

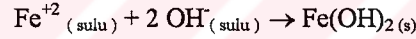
Su sertliğinin giderilmesinde sönmüş kireç - soda prosesinin kullanılması, uzun süredir önemini korumaktadır. Su arıtma tesisine nehir, dere, çay, göl ve barajlardan toplanan su kirlilik yapacak Fe ve Mn içerebilir. İlk olarak havalandırıcıdan geçirilen suyun içindeki uçucu eriyikler hava ile uçucu hale getirilir (kokulu bakteri metabolitleri H₂S, CH₄, CO₂ gibi). Suyun içerdiği aşırı sertlik ve yüksek düzeydeki demir partiküllerinin temizliğini kolaylaştırmak. O₂ ilavesiyle suda çözülmemiş Fe⁺², Fe⁺³'e oksitlenerek Mn⁺², MnO₂'e oksitlenerek yer değiştirmesine yardımcı olur. Şehir suyu için gerekli değilse de, endüstriyel amaçla kullanılacak sularda mutlak suretle suyun havası giderilmelidir. Çözülmemiş oksijen, korozyonu hızlandırır. Alkali veya nötral ortamda oksijen tarafından meydana gelen korozyonun su ile temasta bulunan demir, belirli bir çözelti basıncı verir ve anodik yarı reaksiyonu oluşturur.



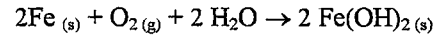
Belirli bir potansiyele erişilince anodik yarı reaksiyon durur. Fakat oksijen, katotta OH⁻ iyonları vermek üzere, su ile reaksiyon verebilir:



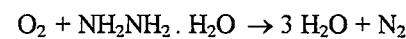
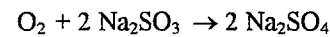
Fe⁺² ve OH⁻ iyonları reaksiyona girer ve elektrotlar, yakın anod ve katod arasında akan akım tarafından, nötralize edilirler.



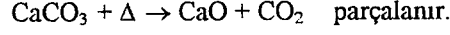
Elektrokimyasal korozyon özeti:



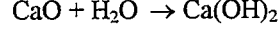
Hava ve su, doğal olarak demir (II) hidroksidi demir (III) hidrokside dönüştürür. Birbirini izleyen bu sırayı durduran herhangi birşey, korozyonu da durdurur. Bu elektrod polarizasyonu, organik inhibitörler veya koruyucu tuzların yardımı ile çözülmüş oksijeni uzaklaştırarak sağlanabilir. Koruyucu tuzlar, kromatlar, silikatlar, fosfatlar ve alkaliiler olup, anodik veya aktif alanlar üzerinde bir film oluşturarak, anodik inhibitörler (önleyici) gibi görev yaparak, elektrokimyasal sırayı bir noktada keserler. Suya çözülmüş oksijeni uzaklaştırarak veya havaya püskürtülerek, oksijen uzaklaştırılabilir. Su aşağıya doğru akarken, yukarıya doğru yükselen su buharı tarafından, yıkanıp oksijeninden kurtarılır. Püskürtme ile çözülmüş oksijen miktarı 0,3 mg / L'nin altına düşürülür veya az miktardaki oksijeni bile uzaklaştırılabilen sodyum sülfid veya hidrazin gibi oksijeni yok edici kullanarak kimyasal bir şekilde bağlanabilir. Genellikle modern yüksek sıcaklık - yüksek basınç buhar kazanları için uygulanan bir yöntemdir.



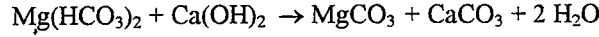
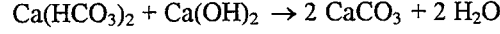
Kireç ilavesiyle (CaO veya Ca(OH)₂) CO₂ ve pH artması sonucunda Ca⁺² ve Mg⁺² suda sertliğe sebep olan iyonların çökmesine neden olur. İçme suyunun yumuşatılması için kullanılan Kireç - Soda yönteminde kullanılan kireç CaCO₃ çökeleğinden elde edilir. CaCO₃'tan sönmemiş kireç üretimi için ilk olarak en az 825 °C (CaO sıcaklığı) kadar ısıtılmalıdır.



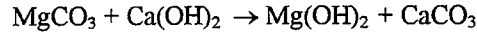
Sönmemiş kireç su ile söndürülür Ca(OH)₂ üretilir.



Karbonat sertliği için:

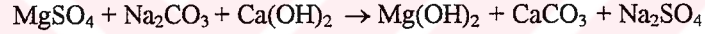
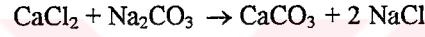
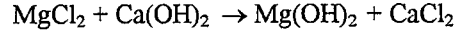


MgCO₃ çözünen bir madde olduğu için:



Sert sudaki kalsiyum iyonu CaCO₃ ve magnezyum iyonu Mg(OH)₂ halinde uzaklaştırılır.

Çözülebilir kalsiyum ve magnezyum tuzlarından kaynaklanan karbonat dışı sertlik:



Karbonat sertliği için her Ca(HCO₃)₂ 1 mol kireç, her Mg(HCO₃)₂ 2 mol kireç gerektirmekte.

Karbonat dışı sertlik için kalsiyum tuzları 1 mol soda, magnezyum tuzları 1 mol soda ve 1 mol kireç gerektirmektedir.

Kireç - Soda prosesin modern uygulaması, Soğuk - Kireç ve Sıcak - Kireç olmak üzere iki şekilde yapılır. Soğuk - Kireç prosesi şehir sularının kısmi yumuşatılmasında kullanılır. Genel bir akım diyagramı ve prosesin verimi (Şekil 2. 1.). Çökeltme için uygun ortam oluşturulursa kalsiyum sertliği 35 ppm'e kadar düşürülebilir. 100 m³ sudan 100 ppm sertliğin uzaklaştırılması için gerekli reaktif miktarı Çizelge 2. 4. de verilmiştir.

Çizelge 2. 4. 100 m³ sudan 100 ppm sertliğin uzaklaştırılması için gerekli reaktif miktarı (Miller 1981)

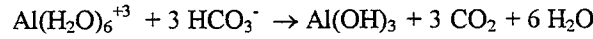
Kalsiyum bikarbonat sertliği için (CaCO ₃ olarak)	8,7 kg kireç
Mağnezyum bikarbonat sertliği için (MgCO ₃ olarak)	17,3 kg kireç
Kalsiyum karbonat dışı sertlik için (CaCO ₃ olarak)	15,0 kg soda
Mağnezyum karbonat dışı sertlik için (Mg(OH) ₂ olarak)	15,0 kg soda + 8,7 kg kireç

Ayrıca Soğuk - Kireç prosesini; kalsiyum bikarbonat sertliğinin kabuk oluşumuna sebep olduğu soğutma sularında ve kalsiyum bikarbonat sertliğinin problem olduğu kağıt fabrikalarında kullanılır. Magnezyum karbonat sertliği, istenilen ekonomik bir miktara kadar düşürülebilir, fakat tortu miktarının düşük olması isteniyorsa, magnezyum hidroksidin çözünürlüğünü azaltmak için, hidroksit iyonlarının fazlasına gerek duyulur. Prosese yardımcı olmak üzere, çoğunlukla alüminyum sülfat veya

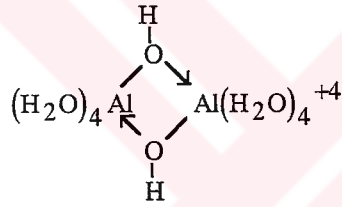
demir (III) sülfat gibi, bir koagulant katılır. Aynı zamanda süspansiyon halinde kalan katı materyaller, kolloidal partiküllerin taşınmalarını minimuma indirir yani dibe çöktürmek için koagulantlar ilave edilir. Böylece aşırı doyurulmuş sudan oluşacak çökelmeler azaltılır. Daha önce çökelmiş tortu ile suyun teması sağlanarak, bu tortu ham su ve kimyasal maddelerle temasa getirildiğinde, benzer yüzeyler veya tanecikler çökelmeyi hızlandırırlar. Sonuçta daha hızlı ve daha tam bir reaksiyon, daha büyük ve daha kolay çökelen tanecikler şeklinde karşımıza çıkar. Bu temas için akseleratörler (hızlandırıcılar) geliştirilmiş cihazlar kullanılır. Böylece çökme (sedimentasyon) süresini kısaltır, aynı zamanda kullanılacak kimyasal madde miktarını azaltır.

Sıcak - Kireç - Soda prosesi ise tamamıyla buhar kazanı besleme suyunun yumuşatılması için kullanılır. Suyun kaynama sıcaklığına yakın sıcaklıklarda çalışıldığı için reaksiyonlar daha hızlı meydana gelir, pıhtılaşma ve çökme kolaylaşır.

Koagulant olarak en çok $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ kullanılır. Bu tuz suya eklendiğinde Al^{+3} iyonu hidroliz olur. Böylece su içindeki bazlık yok edilir (Peters 1991).



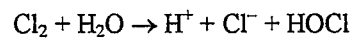
$Al(OH)_3$ jelatininin oluşması askıda olan metaryelleri dibe çöktürür. $Al(OH)_3$ 'ün muhtemel hidroksil köprü dimerleri oluşabilir.



Koagülasyonun neden olduğu bu özel etkileşmeler yüksek polimerler oluşturur. Demir sülfat anhidrit $Fe_2(SO_4)_3$ suya eklendiğinde $Fe(OH)_3$ oluşur. $Fe(OH)_3$ ve $Al(OH)_3$ 'ün çöktüğü pH'lar sırasıyla 2,93 ve 4,43'dür. $Fe_2(SO_4)_3$ 'ün avantajı daha geniş bir pH aralığında çalışılmasıdır (Yaklaşık 4 - 11). Fe^{+2} 'nin Fe^{+3} 'e oksidasyon hızı suyun pH'ına bağlıdır. Fe 'in fazlası insan vücudunda toksin değildir; Al ise toksindir. Dezavantajı ise çamaşır morarmasına sebep olur.

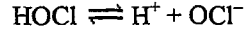
Koagülasyon veya flokülasyon hızlandırmak için silika veya sentetik polielektrolitler ilave edilebilir. Organik koagulantlar doğal ve sentetik olmak üzere ikiye ayrılır. Doğal ve sentetik polielektrolitlerde flokülasyon için kullanılır. Doğal koagulantlardan nişasta ve selüloz türevleri (jelatin, sakız gibi) bu amaç için kullanılıyor. Sentetik koagulantlar ise (organik polimerik koagulantlar) katyonik, anyonik ve noniyonik olmak üzere üç grupta toplanabilir; gene bu amaç için kullanılabilir.

Son olarak suyun pH'ını düşürmek için CO_2 ilavesi yapılır. Hastalık verici mikroorganizmaları öldürmek için su klorlanır. Bu amaçla Cl_2 gazı, NH_2Cl , $NaOCl$ kullanılır. Suyu klor eklendiğinde hızla hidroliz olur:



$$\text{Denge sabiti } K_n = \frac{[H^+][Cl^-][HOCl]}{[Cl_2]} = 4.5 \times 10^{-4}$$

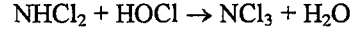
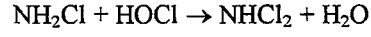
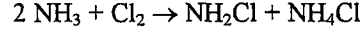
Hipokloröz asit HOCl zayıf bir asittir. Dissosiyeye olur.



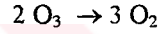
İyonizasyon sabiti 2.7×10^{-8} dir.

Suya Cl_2 eklendiğinde pH 3'den yukarısında Cl_2 elementinin konsantrasyonu 1 g / L altına düşerse Cl_2 konsantrasyonu dengede ihmal edilecektir. Buda dezenfeksiyonu tamamlamaz (Hileman 1982).

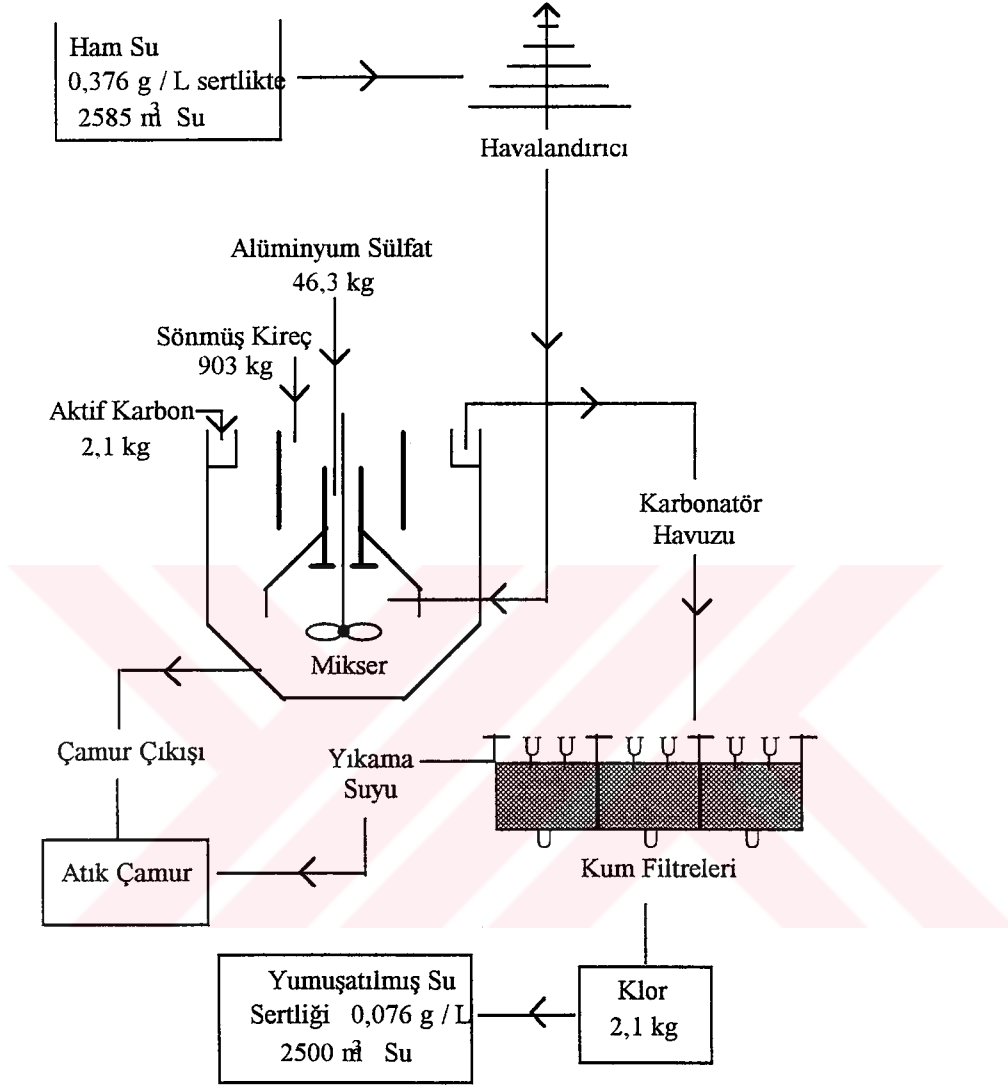
Kombine hazır klorür olarak da adlandırılan kloraminlerde dezenfeksiyon amaçlı kullanılabilir.



Dezenfektan olarak ozonda kullanılır. Ozon su ile kısa sürede temasa geçer. O_3 virüsler için Cl_2 'den daha çok yıkıcıdır. Ancak su içinde O_3 çözünürlüğü daha azdır. Dezenfeksiyon gücünün limit değeri vardır. Bu yüzden dezenfeksiyonu su dağıtım şebekelerinde sürdürmek için Cl_2 eklenmelidir. O_3 su içinde kendiliğinden bozunur.



En sonunda su filtre edilerek şehir su dağıtım şebekelerine dağıtılır.



* Proseste kullanılan elektrik 69,5 kw / saat

Şekil 2. 1. Şehir suyunun saflaştırılması ile ilgili genel bir akım diyagramı ve prosesin verimi (Rakamlar ortalama olarak verilmiştir, Fair et al 1968).

2. 1. 1. Ankara'nın içme su arıtma tesisi

Yaşamın kaynağı olan su insan sağlığı bakımından dünyanın en hassas maddelerindedir. Dış etkenlerden çok kolay etkilenir, hızla kirlenir. Kirlendiği ölçüde yaşamsal tehlikeler yaratır. Birçok salgın hastalığın kaynağında su kirliliği vardır. Bu yüzden içme suyu olarak kullanılan suyun sıkı bir denetimden "Sağlık Kontrolü"nden geçmesi gerekir. Su kaynaklarının, özellikle barajlara su taşıyan su yollarının her türlü kirlenmeden korunması için, barajların su toplama havzalarında sürekli kontroller yapılmaktadır. Barajlardan gelen sular ise üç ayrı arıtma tesisinde arıtılıp, "İçilecek Kalite"ye ulaştırıldıktan sonra Ankara'ya aktarılır. Dışkapı, İvedik ve Kayaş arıtma tesislerine gelen ham su havalandırılarak oksijen kazandıktan sonra durultma tanklarına alınır; yabancı maddelerden kurtulur. Berraklaşan su bir kez daha filtreden geçirilip klorlanır, temiz su tanklarına, buradan da musluklara ulaşmak üzere pompa istasyonlarına iletilir. Ankara'ya bu yaşam kaynağını sağlamakla yükümlü kurum; ASKİ bu yolculuğun her adımında, kullanıma sunduğu suyun temizliğini, içilebilirliğini, tek kelimeyle sağlığını en az 396 noktada düzenli olarak denetler.

74 yıl önce Ankara, Cumhuriyet'in başkenti olduğunda, sadece 30 bin nüfusa sahipti. Kullanılabilir durumdaki yüzey ve yeraltı su kaynakları, içme suyu gereksinimini karşılamaya yetiyordu. Gün geçtikçe Ankara için yeni su kaynakları gerekiyordu. Türkiye Cumhuriyeti'nin ilk barajı Çubuk I 1936'da bu amaçla kuruldu. Artan nüfusla birlikte suya olan gereksinim de arttı. Bunun üzerine Çubuk II, Kayaş - Bayındır, Kurtboğazi, Çamlıdere barajları birbirini izledi. Bu barajlar günümüzde Ankara için su ihtiyacını karşılamaktadır.

Başkent'in yaşam kaynaklarını güçlendirme amacıyla 1993 yılında Eğrekkaya barajının yapımı tamamlandı. Işıklı barajının temel çalışmaları ise devam etmektedir. Ankara'nın 2010 yılında 4.5 milyon nüfusu açacağı hesaplanan 21. yüzyıla gerekli su kaynaklarını hazırlıyor. Ankara'da her gün 730 bin m³ su kullanılıyor ve bu miktarlarda suyun % 85'inin kirlenmiş olarak kanalizasyon sistemine boşaltılıyor. 1940 - 1950 yıllarından beri süre gelen klasik kanalizasyon sistemi ile, atık suları en yakın akarsular aracılığıyla uzaklaştırarak, hiçbir arıtma işlemi yapılmaksızın doğaya iadesi su kaynaklarını ve tüm doğal çevrenin bozulmasına yol açmıştır. Aynı zamanda bir tür "açık kanalizasyon" a dönüştürür. Tehlike, yoğun yağışlarda taşkınlarla daha da büyür. Kanalizasyon hizmetleri 1988'de sorunları bir çözüme kavuşturmak amacıyla başta Ankara Çayı olmak üzere akarsulara kanalizasyon karışmasını ve çevre kirliliğini önleyecek olan BAKAY (Büyük Ankara Kanalizasyon Projesi) kapsamında bulunan ve 1992'de temeli atılan Ankara Merkezi Atık Su Arıtma Tesisi Türkiye'nin kentsel ölçekli en büyük arıtma tesisidir. Ankara'nın atık suları dev kollektörlerle kentin 40 km batısındaki tesise taşınacaktır. Tesiste toplanan atık sular önce katı atıklardan ardından, kimyasal karışımlardan arıtılacaktır. Böylece atık sular yeniden doğaya temiz olarak kazandırılacaktır.

2. 2. İvedik Su Arıtma Tesisi

İvedik Su Arıtma Tesisleri, “ Ankara Projesi ” olarak isimlendirilen proje kapsamında olup Ankara'nın içme, kullanma ve endüstri suyu ihtiyacını % 90 - 95'i karşılanmaktadır. % 5 - 10 oranındaki su ihtiyacını Kayaş filtre tesislerinden karşılanır. İvedik Su Arıtma Tesisleri Ankara'nın içme suyu problemini 2020 yılına kadar uzanan bir perspektif içinde çözmek üzere inşaa edilmiştir. Aynı proje kapsamında Kurtboğazi, Çamlıdere ve Eğrekkaya barajları tamamlanmıştır.

İvedik Su Arıtma Tesislerinin birinci kısım inşaaı 1984 yılında, ikinci kısım inşaaı ise 1992 yılında tamamlanarak, Ankara Büyükşehir Belediyesine bağı Ankara Su ve Kanalizasyon idaresine devredilmiştir (Bkz. Şekil 2. 2.). Tesis 4 ana ünite olarak proje kapsamına alınmıştır. İlk iki kısım su işleme kapasitesi $564000 \text{ m}^3 / \text{gün}$ 'dür. Bazı birimler bu kapasitenin % 20 fazlasını taşıyabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Yaz aylarında günde yaklaşık $800000 \text{ m}^3 / \text{gün}$ 'e kadar çıkar.

Arıtma Tesisi ana hatlarıyla aşağıdaki kısımlardan oluşmaktadır:

- Giriş ve harmanlama ünitesi;
- Durultucu ünite;
- Filtre ünitesi;
- Kimyasal madde ünitesi;
- Klorlama ünitesi;
- Filtre geri yıkama suyu tutma tankı;
- Çamur koyulaştırma;
- Temiz su tankı;
- Dengeleme odası.

2. 2. 1. Giriş ve harmanlama tesisi

Biri Kurtboğazi barajından diğeri Çamlıdere barajından olmak üzere tasfiye tesisine ham su iki ayrı ishale hattından gelmektedir. Bu bölümün dizayn kapasitesi $2256000 \text{ m}^3 / \text{gün}$ 'dür.

Kurtboğazi barajından gelen su barajın alt kısmından alınması nedeniyle suya kirlilik veren maddeler içerebilir. Kötü kalite koşullarını hafifletmek için 2m yükseklikte 4 adet kaskad savak inşaa edilmiştir, sudaki oksijen oranını arttırmak amacıyla su havalandırılarak sevğine imkan tanınmıştır.

Çamlıdere barajından gelen suda ise barajın orta seviyesinden alınması dolayısıyla çözünmüş oksijen miktarı yeterlidir, doğrudan harmanlama odasına alınarak Kurtboğazi'nden gelen su ile harmanlanmaktadır. Harmanlama odasında, su savaklardan akıtılarak su içindeki çözünmüş oksijen miktarı artırılır.

2. 2. 2. Durultucu ünite

Giriş yapısında harmanlanmış ham su durultucu bloğuna gelir. Her bir durultucu ünitesi iki adet düz taban tipinde durultucudan meydana gelmektedir. Her kısımda toplam 12 adet düz taban durultucu tankının her birinin yüzey alanı 648 m^2 olup maksimum akımda durultucu yüklemesi 3 m / saat'tir.

Durultucu ünitelerine ham su akım düzenleyici kapaklarla gelmektedir ve buradan su ile kimyevi maddelerin tamamıyla karışmasını sağlayacak şekilde dizayn edilmiş karıştırma odalarına geçmektedir. Her bir durultucu girişinde mikser 1 ve mikser 2 olarak adlandırılan iki adet mikser odası vardır. Mikser 1 odasına alüminyum sülfat, klor ve sülfürik asit çözeltileri ham suya dozlanır. Daha önceden ayrı tanklarda miktarı belirlenmiş çözeltilerde hazırlanan kimyevi maddelerin karıştırılması işlemine dozlama denir. Odanın üst kısmı ile alt kısmı arasında yer alan bir orifisten geçerek oluşan yüksek hızlı su jeti odaya giren suda türbülans meydana getirir, bu suretle suya dozlanan kimyevi maddelerin ham su ile randımanlı bir şekilde karışması sağlanır.

Mikser 2 odasında ham su yukarıdan aşağıya doğru akmaktadır. Şu anda kullanılmamakla beraber ileride kullanılmasına gerek duyulabileceği düşünülerek bu karıştırma odasına potasyum permanganat ve aktif karbon verilebilecek şekilde kimyasal madde sevk boruları bağlanmıştır. Mikser 2 odasının çıkışında yer alan savak girişinde suya polielektrolit çözeltisi dozlanmaktadır.

Su mikserlerden sonra durultucu ünitelerine girer. Her bir durultucu ünite, durultucu besleme kanalı ve durulmuş su toplama kanalının her iki tarafında birer adet olmak üzere tertib edilmiş olan iki adet düz taban tipinde durultucudan ibarettir.

Durultuculara suyu dağıtan lateral kanalları durultucudaki su seviyesinin üstünde yer almakta ve durulmuş su kanallarına bu kanalların tabanındaki orifisler aracılığıyla geçmektedir.

Kimyasal maddelerle dozlanmış suyu sevkeden ara beslenme kanalı durultucuyu boydan boya katetmekte ve durultucuların üstünde bunları enine kateden dağıtım kanallarını çelik orifis boruları vasıtasıyla beslemektedir. Durulmuş su ham su dağıtım kanallarının bir bölümü şeklinde teşkil edilmiş bulunan ve durultucuları enine kateden kanallarla toplanmaktadır. Kimyasal maddeleri laboratuvar sonuçlarına göre sürekli değişir. Mesela yazın suyun pH'ı yüksektir bunun için optimum dozlama yaklaşık 7'dir. Yağış olmadığından madde dipte toplanır ve pH 8'e çıkar.

Ham su dağıtım kanallarının tabanına, hamsuyu durultucu tankının tabanına doğru sevkeden sekiz adet dağıtım borusu vardır. Her dağıtım borusunun alt ucundan aşağı doğru açılan üç kola ayrılmaktadır. Bu kollardan çıkan su tank tabanına çarpıp geri dönmekte ve yukarı doğru çamur blanketi ile karşılaşmaktadır. Bu sistem kimyevi maddelerle dozlanmış ham su tankının tüm alanına eşit şekilde dağılmasını sağladığı gibi, çamur blanketinde iyi bir floklaşmayı sağlayan ortamı oluşturmaktadır. Çamur blanketinden geçmek suretiyle durultucuları su doldurulmuş su kanalları vasıtasıyla toplanmakta ve buradan savakla ana toplama kanalına boşalmaktadır.

Çamur blanketi seviyesinin tespiti için her durultucu tank onbir adet çamur çekim konisi ile teçhiz edilmiştir. Her bir tanktaki merkezi koni tertibatı (gravielektrik) yük hücresiyle irtibatlanmıştır,

ağırlık sistemiyle çalışmaktadır. Diğer koniler, kendilerine ait tahliye vanaları gravielektrik ünite tarafından kumanda edilmek üzere tank içine asılmışlardır.

Her bir durultucu ünitesinin çıkışında Mikser 3 adında karıştırma odası tesis edilmiştir. Durulmuş su savaklarından dökülen su bu odada toplanmaktadır. Mikser 3 odası gerektiğinde durulmuş suya kimyasal maddelerin tatbikine imkan sağlamak üzere, bir hızlı karıştırıcı olarak görev yapacak şekilde dizayn edilmiştir. Durultucu mikser odalarından toplanan durulmuş su, ana kanal vasıtasıyla filtrelere gönderilmektedir.

2. 2. 3. Filtre ünitesi

Durultucu işlemine tabi tutulan durulmuş su, filtre bloğuna iki ayrı koldan gelmektedir. Filtre ortamı olarak çakıl tabakası ile desteklenmiş granülometrik kumun kullanıldığı cazibeli hızlı filtreler, durulmuş su içinde askı halindeki katıları tutmaktadır. Her ünite her biri 14 filtre ünitesinden oluşan iki blok halinde tertip edilmiş 28 adet filtre ünitesi bulunmaktadır.

Her bir filtre 140 m² alanda 8.4 m / saat'lik bir maksimum filtreleme hızına göre (her filtre için maksimum akım 28200 m³ / gün) dizayn edilmiştir.

Filtrelerdeki su Mikser 4 adı verilen bir karıştırma odasından geçirilirken içine ikinci defa klor verilir, ayrıca kireç eklenir. Daha sonra su 60000 m³ kapasiteli temiz su tankına alınır.

Filtre Temizlenmesi:

Filtrenin içinde çift vana vardır. İçteki vana açık olduğu sürece su girişi yapar filtre çalışır. Su yukarı doğru yükselir. Filtre belli bir süre sonra kirlenir. İçteki vana kapatılır. Filtreye alttan hava verilir, kum kabartılarak sonra arındırılmış su verilerek filtre temizlenir. Filtreden çıkan su son derece kirlidir. Çok asidiktir. Ca(OH)₂ ilave edilerek tesisin boru düzenine zarar vermesi önlenir. Borularda biriken Ca çok ince bir tabakadır.

2. 2. 4. Kimyasal madde ünitesi

Kimya binası adı verilen kısım, tesiste gerekli olan kimyasal maddelerin stoklanması, istenilen çözeltilerin hazırlanması ve durultuculara gönderilmesi için gerekli ekipmanlara donanmıştır (Bkz. Çizelge 2. 5.).

Suya koagulant madde olarak alüminyum sülfat dozlanmaktadır. Bu kimyasal sayesinde oluşturulan floklar durultucu tanklarına birikerek çamur perdesini oluşturmaktadır.

Alüminyum sülfat tarafından oluşturulan floklar kalitesinin iyileştirilmesi için ham suya yardımcı koagulant madde olarak polielektrolit dozlaması yapılmaktadır. Monopoliamin polielektrolit katalizör görevinde çamurun çökmesini hızlandırır. Böylece az miktardaki sudan bile çamur arındırılabilir. 280 g / L'lik alüminyum sülfat hazırlanır. Su arıtma tesisinde pH düzeltme amaçlarına yönelik olarak suya kireç dozlamaya imkanı vardır. Ayrıca yine pH ayarlaması yapmak amacıyla suya

sülfürik asit dozlama imkanları mevcuttur (Standard methods for the examination of water and wastewater 1980).

Filtre yatağının yıkanması sonucu atık geri yıkama suyunun toplanması için çift kompartmanlı bir havuz tesis edilmiştir. Atık filtre geri yıkama suyuna ilaveten çamur koyulaştırma tanklarının duru üst suyuda cazibe ile geri yıkama suyu toplama tankına sevkedilmektedir. Bu tankta toplanan su daha sonra tesis girişine tekrar arıtmak üzere geri pompalanmaktadır.

Çizelge 2. 5. Ankara içme suyu tesislerinde kullanılan kimyasal maddelerin özellikleri

Kimyasal Madde	Maksadı	Dozlama Yeri	Dozlama mg / L
Sülfürik Asit	Çökeltmeyi kolaylaştırmak, Ham suyun pH'ını ayarlamak.	Durultucular Girişi (M1)	15
Al ₂ (SO ₄) ₃	Ham su içinde askıda olan maddeleri birleştirerek bir çamur blaketi oluşmasını sağlamak.	Durultucular Girişi (M1) Durultucular Çıkışı (M3)	25
Polielektrolit	Ham suyun çok kirli olması halinde çamur blanketi oluşmasını kolaylaştırmak ve durultucudan atılan sulu çamuru kalınlaştırarak atılacak çamur miktarını azaltmak ve çamurun suyunu tekrar kazanmak.	Durultucular Girişi (M2) Çamur Kalınlaştırıcılar Girişi	0.2
Kireç	Sülfirik asitle pH'ı ayarlarken suyu içilebilir su seviyesine getirmek.	Filtre Çıkışı (FM4)	12
Klor	Su içindeki organik kirleri okside edip ortadan kaldırarak suyu sterilize etmek, yosun teşekkülünü önlemek.	Baraj Çıkışı Durultucular Girişi Filtre Temiz Su Tankı	6

2. 2. 5. Klorlama ünitesi

Sıvılaştırılmış klor elivatör (sıcak su sistemiyle) gaz haline getirilir. Gaz klorür, sıvı tutucudan geçer, içinde sıvı klor varsa tutulur. Klor 965 kg kapasiteli tanklar içinde sıvılaştırılmış halde temin edilmektedir. Tesise ilk klor dozajı olarak 5 mg / L ve son klor dozajı olarak 2 mg / L

mertebesinde verilmekte olup; günde yaklaşık 564000 m³'lük suyu klorlayabilecek tesis kapasitesindedir (D'Itri 1982).

Tanklardan sıvı olarak çekilen klor, evaporatör vasıtasıyla gaz haline dönüştürülmektedir. Daha sonra klorinatör vasıtasıyla ölçülendirilir. Klorinatör enjektörlerin işletmesi için gerekli yüksek basınçlı su her bir klorinatöre hizmet eden 12 adet booster pompayla sağlanmaktadır.

2. 2. 6. Çamur koyulaştırma

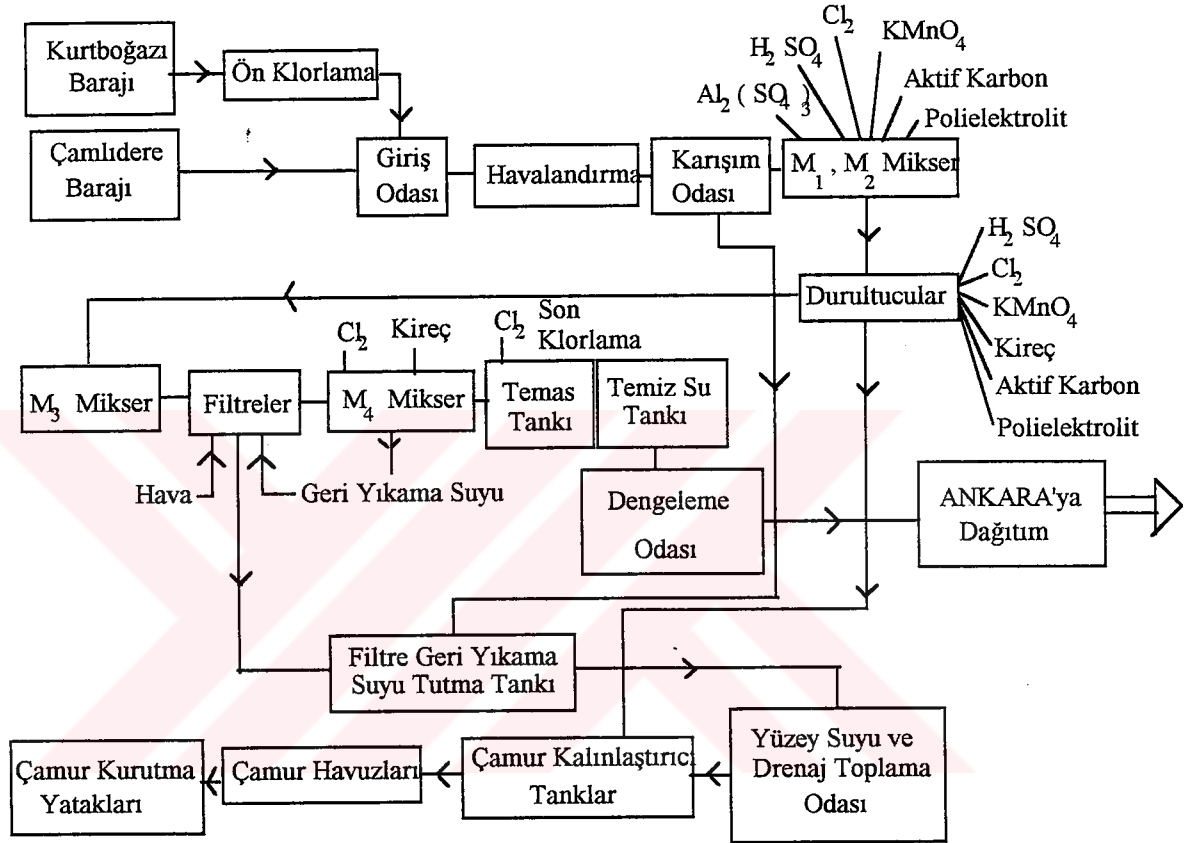
Her durultucu ünitesine çamuru toplamak için çamur çukuru inşaa edilmiş olup, burada toplanan çamur, çamur koyulaştırma ünitesine pompalanır. Çamur koyulaştırma tanklarına giden çamura polielektrolit katılarak çökmesi sağlanmaktadır. Burada çöktürülen çamur, çamur lagünlerine gönderilir.

2. 2. 7. Laboratuvar

Günlük olarak suyun kalite kontrolü yapılır. İl Sağlık Müdürlüğünün belirlediği yerlerden su numunesi alınarak suyun pH, Cl, Al, sertlik, iletkenlik tayini yapılır (Bkz. Çizelge 2. 6.). Al tayini, hergün spektrofotometrik yöntemle, haftada bir ise atomik absorpsiyon metoduyla yapılır. Sertlik, Cl tayini titrimetrik yapılır.

Çizelge 2. 6. Ankara su tasfiye tesislerinde çıkan su ile Dünya Sağlık Teşkilatı ve Memba Sularının kalite parametreleri mukayesesi (Rismal 1990)

Kalite Parametresi	Ankara Tasfiye Tesisleri	Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO)	Memba Su (Kavacık)
Renk (PtCa)	5	5	5
Tad	Lezzetli	Lezzetli	Lezzetli
pH	6.3 - 7.6	7 - 8.5	7.5
Koku	Kokusuz	Kokusuz	Kokusuz
Bulanıklık (NTU)	1.0	5.0	0.5
Demir (Fe)	0.1	0.1	Yok
Mangan (Mn)	0.05	0.05	Yok
Sertlik	8.3 - 12.5	10	2.5
Bakteri	Yok	Yok	Yok

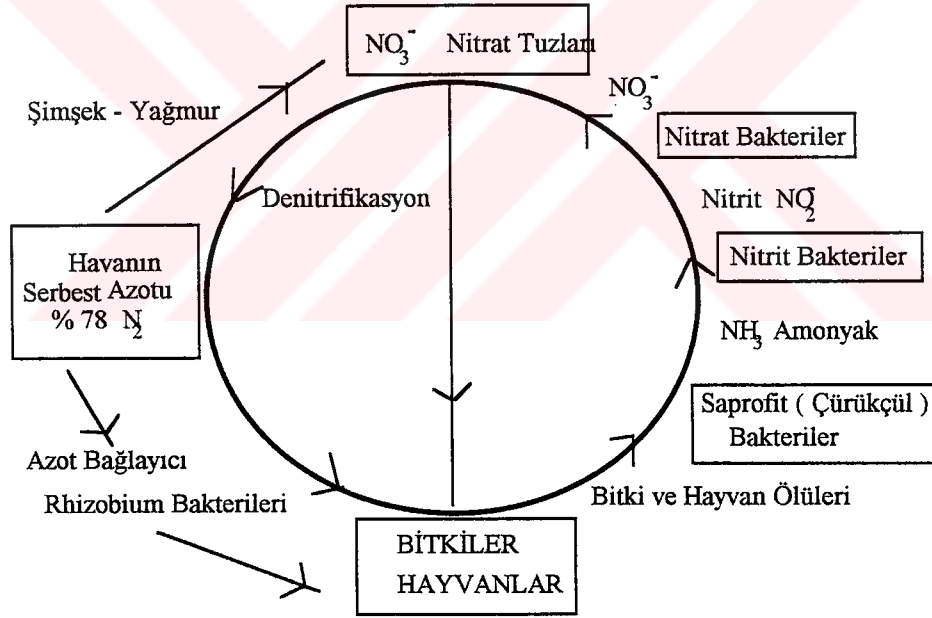


Şekil 2. 2. Ankara içme suyu İvedik arıtma tesisinin akış diyagramı

2. 3. Fosfor, Azot ve Karbonun Bitkiler Üzerindeki Önemi

Su bitkileri de dahil, bitkilerin gelişmeleri için çeşitli elementlere ihtiyaç vardır. Fosfor, azot, karbon, potasyum, kükürt ve bazı eser elementlerin belirli miktarlarda bulunduğu ortamda bitkiler çok iyi yetişir. Sonuçta bu gelişme belli bir yerden sonra zararlı olmaya başlar; bitkilerin anormal çoğalmasına ötrafikasyon denir. Örneğin doğal sularda görülen ötrafikasyon sonucu, sulardaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu azalır. Suda yaşayan hayvanların ölmesine sebep olur. Böyle sulardan etrafa pis kokular yayılır. Doğal dengenin bozulmaması için esas olan fosfor, azot ve karbonun herhangi birisinin konsantrasyonunu herhangi bir şekilde ayarlayarak bitkinin büyümesini kontrol altına alınması mümkün olamamıştır. Özellikle fosfor, doğal sularda ve toprakta bulunan bir elementtir. Endüstriyel ve evsel atıklar sonucunda sulardaki konsantrasyonu günden güne artmaktadır (Leeuw and De Jong 1993).

Azotlu atıkların miktarı çevre kirlenmesi açısından önemli ipuçları verir, örneğin NO_2^- ve NH_3 'ün varlığı sulara organik atıkların karıştığını gösterir. Bu yüzden akarsu ve göllerde NO_2^- , NH_3 tayini önemlidir. Öteyandan azotu da kontrol altına almak mümkün değildir. Çünkü yağmur ve kar sularıyla her yıl milyarlarca ton nitrat yeryüzüne inmektedir. Ancak azot, azot çevrimi dediğimiz bir dönüşümde yeryüzünde toprak - su - atmosferde devamlı bir denge halindedir (Vuoriranta et al 1993) (Bkz. Şekil 3. 7. 1.).

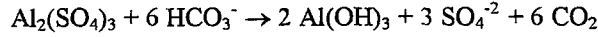


Şekil 2. 3. Azot çevrimi

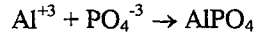
Azot ayrıca fosil yakıtlarından ve azotlu gübrelere de her yıl önemli miktarlarda yeryüzü sularına karışır. Bitkiler karbonu havadaki karbondioksitten alırlar. Havadaki karbondioksidi kontrol etmek hiç mümkün değildir. Sonuçta fosfor, azot ve karbonu kontrol etmek mümkün gibi gözükmesine de bu konudaki çalışmalar devam etmekte özellikle fosfor üzerinde durulmaktadır.

2. 4. Atık Çamurun Bileşimi

Toprakta çok bulunan inorganik maddeler, genellikle potasyum, kalsiyum, magnezyum, alüminyum, silisyum gibi metallerdir. Bunlar suyun kalitesini belirleyen etkenleri oluştururlar. İçme suyu arıtma tesisinde su kalitesinin istenen düzeyde olması için süspansiyonlar, çözülmüş organik maddeler, çözülmüş tuzlar, çözülmüş minerallerin uzaklaştırılması istenir. Su her ne kadar dinlendirme kabında çöktürme yapılsa da süspansiyon halindeki katı parçacıkların çöktürülmeleri gerekir. Bu amaçla en çok kullanılan alüminyum sülfat $Al_2(SO_4)_3 \cdot 12 H_2O$ (alum) dur. Kalevi ortamda,



Jelimsi $Al(OH)_3$ parçacıkları çökerken, süspansiyon halindeki katı maddeleri de birlikte sürükler ve çöktürür. Aynı zamanda ötrafikasyona sebep olan fosfat bileşiklerinin çöktürülerek ayrılmasında alum kullanılır.



İçme suyu Fe ve Mn içerebilir. Su havalandırıcılardan geçirilerek suyun içindeki uçucu eriyikler H_2S , CO_2 ve CH_4 'ün uçması yanında suyun içerdiği Fe ve Mn ; O_2 ilavesiyle suda çözülmeyen Fe^{+2} Fe^{+3} 'e; Mn^{+2} MnO_2 'e oksitlenerek çökmesi sağlanır.

Suda sertliğe sebep olan Ca^{+2} ve Mg^{+2} kireç ilavesiyle CO_2 ve pH artması sonucu karbonatları halinde çökmesiyle sudan ayrılır.

Ankara içme suyu arıtımında kullanılan kimyasal madde miktarı (Yeşil Çevre 1994) şöyledir:

“ Ankara’da içme suyu, altı aşamalı bir arıtım işleminden geçtikten sonra kullanıma veriliyor. 1992 yılında kente verilen suyun arıtımında 8250 ton kimyasal madde kullanılarak 14 milyar lira harcanmıştır. Temiz içme suyu temini için ASKİ tarafından 1993 yılı içerisinde 9742 ton kimyasal madde kullanılmıştır. 1993 yılı içerisinde üretilen 252 milyon m^3 suyun 225 milyon m^3 'ü İvedik Arıtma tesisi'nde, 10 milyon m^3 'ü Dışkapı Su Süzgeç'inde, 9 milyon m^3 'ü Derin Kuyu ve Kaptajlardan arıtılmıştır. Ayrıca 7530 adet kimyasal, 2383 adet bakteriyolojik, 503 adet atık su analizi yapılmıştır. Suyu durultmak için 6808 ton alüminyum sülfat kullanılırken, bulaşıcı hastalıklara neden olan mikroorganizmaların yok edilmesi için de 715 ton klor, yardımcı çökeltici olarak 13,5 ton polielektrolit, 570 ton asit ve suyun sertlik derecesini ayarlamak amacıyla 1,146 ton kireç harcanmıştır.”

3. DENEYSEL KISIM

3.1. Kullanılan Kimyasal Maddeler

Bu çalışmada deneylerin yapılması sırasında kullanılan kimyasal maddeler, saflık dereceleri ve temin edildiği firmalar Çizelge 3. 1'de verilmiştir.

Çizelge 3. 1. Kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal Maddenin Adı ve Formülü	Saflık Derecesi	Temin Edildiği Firma
Sodyum karbonat, Na ₂ CO ₃	% 99,5 , Reinst	Merck
Hidroklorik asit, HCl	% 37 , d = 1,19 , Extra pure	Merck
Amonyum molibdat, (NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ .4 H ₂ O	Rein	Riedel - De Haen
Okzalik asit, H ₂ C ₂ O ₄ .2 H ₂ O	% 95	Merck
Hidroflorik asit, HF	% 70 - 75	Fluka
Nitrik asit, HNO ₃	% 65 , d = 1,40	Merck
Amonyak, NH ₃	% 25 , d = 0,90	Merck
Amonyum klorür, NH ₄ Cl	Reinst	Merck
Sodyum hidroksit, NaOH	% 85	Merck
Amonyum tiyosiyanat, NH ₄ SCN	% 99	Merck
Kalay (II) klorür, SnCl ₂ .2H ₂ O	Reinst	Merck
Mangan sülfat, MnSO ₄ .H ₂ O	% 99	Merck
Sülfürik asit, H ₂ SO ₄	% 98 , d = 1,84	Merck
Fosforik asit, H ₃ PO ₄	% 85	Atabay Kimya Sanayi

Çizelge 3. 1. (Devam) Kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal Maddenin Adı ve Formülü	Safılık Derecesi	Temin Edildiği Firma
Metil kırmızısı, (CH ₃) ₂ N.C ₆ H ₄ .N.N.C ₆ H ₄ COOH		Baker Analyzed Reagent
Civa (II) klorür, HgCl ₂	Stücke	Merck
Potasyum permanganat, KMnO ₄	Reinst	Merck
Sodyum okzalal, Na ₂ C ₂ O ₄	Reinst	Merck
Kobalt nitrat, Co(NO ₃) ₂	Rein	Riedel - De Haen
Etil alkol, C ₂ H ₅ OH	% 95 , d = 0,79 , Teknik	Yerli
Amonyum asetat, NH ₄ CH ₃ COO	% 98	Merck
Amonyum karbonat, (NH ₄) ₂ CO ₃	% 95	Merck
p - nitro benzen azo rezorsinol, C ₆ H ₅ O ₂ -N=N-C ₆ H ₄ -NO ₂	Indicator	Fisher Scientific
Amonyum okzalal, (NH ₄) ₂ C ₂ O ₄ .H ₂ O	% 99,5	Merck
Di amonyum hidrojen fosfat, (NH ₄) ₂ HPO ₄	Reinst	Merck
Baryum klorür, BaCl ₂ .2H ₂ O	Für Analyse	Riedel - De Haen
Potasyum sülfat, K ₂ SO ₄	Analar	The British Drug Houses
Borik asit, H ₃ BO ₃	Pure	Fisher Scientific
Hidrazin sülfat, N ₂ H ₆ SO ₄	Reinst	Merck
Potasyum dihidrojen fosfat, KH ₂ PO ₄	Puriss	Fluka
Uranil asetat, UO ₂ (CH ₃ COO) ₂ .2H ₂ O	% 99	Merck

Çizelge 3. 1. (Devam) Kullanılan kimyasal maddeler

Kimyasal Maddenin Adı ve Formülü	Safılık Derecesi	Temin Edildiği Firma
Sodyum klorür, NaCl	% 99	Yerli
Potasyum klorür, KCl	Reinst	Merck
Sodyum tetrafenilbor, Na[B(C ₆ H ₅) ₄]	% 99	Fluka
Alüminyum (granüle), Al	% 99	Merck
Demir tel, Fe	% 99,99	Aldrich
Kalsiyum karbonat, CaCO ₃	% 99	Merck
Mağnezyum sülfat, MgSO ₄ .7H ₂ O	% 99	Merck
Mangan (metalik), Mn	% 99	Riedel - De Haen
Kurşun nitrat, Pb(NO ₃) ₂	Saf kristalin	Damon - Guide
Lantanyum klorür, LaCl ₃ .7H ₂ O	% 99	Riedel - De Haen
Kalsiyum klorür, CaCl ₂	% 99	Fluka
Etilen diamin tetraasetik asit, EDTA	% 98	Merck
Sodyum nitrat, NaNO ₃	% 99	Merck
Asetik asit, CH ₃ COOH	% 99	Riedel - De Haen

3. 2. Kullanılan Çözeltiler ve Ayarlanmaları

3. 2. 1. Klasik analizlerde kullanılan çözeltiler

Amonyum molibdat çözeltisi: 2,5 g $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ 'ı 50 mL suda çözüp üzerine 17 mL derişik nitrik asit ilave ederek hazırlandı ve silis tayininde kullanıldı.

Sodyum hidroksit çözeltisi: 12 g NaOH 100 mL suda çözülerek 3 M'lık çözeltisi hazırlandı ve demirin gravimetrik tayininde kullanıldı.

Zimmermann - Reinhardt çözeltisi: 20 g $\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$ 100 mL deiyonize suda çözüldü. Bu çözeltiliye 40 mL derişik H_2SO_4 ve 40 mL derişik H_3PO_4 asidin 120 mL deiyonize suda çözülmesinden elde edilen çözelti katılarak hazırlandı ve permanganatla demir tayininde kullanıldı (Gündüz 1990).

Kalay(II) klorür çözeltisi: 10 g $\text{SnCl}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ 100 mL 3 M HCl içinde çözülerek hazırlanmış ve Zimmermann - Reinhardt metoduyla demir tayininde demirin indirgenmesinde kullanıldı.

Civa(II) klorür çözeltisi: 10 g HgCl_2 100 mL suda çözülerek hazırlanmış ve Zimmermann - Reinhardt metoduyla demir tayininde SnCl_2 'nin fazlasını yüksel p418 metoduyla demir tayininde SnCl_2 'nin fazlasını yükselt

Poyasyum permanganat çözeltisi: 3,2 g KMnO_4 1,0 L suda çözülerek kaynama sıcaklığının hemen altına kadar ısıtıldı ve bir gece bekletilip süzöldü. Primer standart sodyum okzalata karşı ayarlandı. Zimmermann - Reinhardt metoduyla demir tayininde titrant olarak kullanıldı.

Kobalt nitrat çözeltisi: 1,8 g $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ 100 mL suda çözülerek hazırlandı ve alüminyumun kalitatif tayininde kullanıldı.

Amonyum klorür çözeltisi: 2 g NH_4Cl 100 mL suda çözülerek hazırlandı ve alüminyum tayininde yıkama suyu olarak kullanıldı.

Amonyum asetat çözeltisi: 23 g $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$ 100 mL suda çözülerek hazırlandı ve mağnezyumun kalitatif tayininde kullanıldı.

Amonyum karbonat çözeltisi: 29 g $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ 100 mL suda çözülerek hazırlandı ve mağnezyum tayininde çöktürücü olarak kullanıldı.

p - Nitro benzen azo rezorsinol çözeltisi: 1 mg madde 100 mL 1 N NaOH içinde çözülmesiyle hazırlandı ve mağnezyumun kalitatif tayininde kullanıldı.

Metil kırmızısı çözeltisi: 1 mg indikatör 100 mL C₂H₅OH içinde çözülmesiyle hazırlandı ve demir, alüminyum, kalsiyum ve magnezyum tayinlerinde indikatör olarak kullanıldı.

Amonyum okzalat çözeltisi: 3 g (NH₄)₂C₂O₄.H₂O 50 mL sıcak suda çözülerek hazırlandı ve kalsiyum - magnezyum tayininde çöktürücü olarak kullanıldı.

Amonyum fosfat çözeltisi: 2,5 g (NH₄)₂HPO₄ 10 mL suda çözülerek hazırlandı ve magnezyumu MgNH₄PO₄.6H₂O olarak çöktürmek için kullanıldı.

Baryum klörür çözeltisi: 6 g BaCl₂.2H₂O 100 mL suda çözülerek hazırlandı ve sülfat tayininde çöktürücü olarak kullanıldı.

Borik asit çözeltisi: 4 g H₃BO₃ 100 mL suda çözülerek hazırlandı ve Kjeldahl metoduyla azot tayininde amonyağın tutulması amacıyla kullanıldı.

Bromofenol mavisi çözeltisi: 0,1 mg maddenin 100 mL C₂H₅OH içinde çözülmesiyle hazırlandı ve Kjeldahl metoduyla azot tayininde indikatör olarak kullanıldı.

Uranil - çinko asetat çözeltisi: 6 mL % 30'luk CH₃COOH içinde çözünen 10 g UO₂(CH₃COO)₂ 50 mL'ye su ile seyreltildi. Başka bir kaptaki 3 mL % 30'luk CH₃COOH ile 30 g Zn(CH₃COO)₂ karıştırılarak su ile 50 mL'ye seyreltildi. İki çözelti karıştırıldıktan sonra içine çok az NaCl kondu. Bir gün bekletildikten sonra süzüldü ve sodyumun kalitatif tayininde kullanıldı.

Sodyum tetra fenil bor çözeltisi: 3,42 g Na[B(C₆H₅)₄] 100 mL suda çözülerek hazırlandı ve potasyumun kalitatif tayininde çöktürücü olarak kullanıldı.

Hidroklorik asit çözeltisi: Yoğunluğu 1,19 g / mL olan % 37'lik HCl'den uygun hacimde alınarak 0,1 M'lık HCl çözeltisi hazırlanıp primer standart sodyum karbonata karşı ayarlandı.

3. 2. 2. Spektrometrik metotlarda kullanılan çözeltiler

Molibdat çözeltisi: 6,25 g (NH₄)₆Mo₇O₂₄.4H₂O 70 mL derişik H₂SO₄'le 250 mL'ye tamamlanarak hazırlandı ve fosfat tayininde kullanıldı.

Hidrazin sülfat çözeltisi: 0,15 g hidrazin sülfat 100 mL suda çözülerek hazırlandı ve fosfat tayininde kullanıldı.

Standart potasyum dihidrojen fosfat çözeltisi: 0,1432 g K_2HPO_4 deiyonize suda çözülerek hacmi 100,0 mL'ye tamamlandı. Böylece litresinde 1,0000 g fosfat içeren (1000 ppm) standart çözelti hazırlandı ve fosfat tayininde çalışma eğrilerinin çizilmesinde kullanıldı.

Standart sodyum klorür çözeltisi: Primer standart NaCl, 120 °C'da kurutulduktan sonra 0,2542 g NaCl 100,0 mL deiyonize suda çözülerek litresinde 1,0000 g sodyum içeren standart çözelti hazırlandı. Bu çözelti, alev fotometresiyle sodyum tayininde çalışma eğrilerinin çiziminde uygun şekilde seyreltilerek kullanıldı.

Standart potasyum klorür çözeltisi: 120 °C'da kurutulmuş KCl'den 0,1907 g alınarak 100,0 mL deiyonize suda çözüldü, litresinde 1,0000 g potasyum içeren standart çözelti hazırlandı ve alev fotometresiyle potasyum tayininde çalışma eğrilerinin çiziminde uygun şekilde seyreltilerek kullanıldı.

Standart alüminyum çözeltisi: Granüle alüminyum önce 0,1 M seyreltik NaOH ile yıkanarak mevcut oksit tabakasının $Al(OH)_3$ halinde ayrılması sağlandı. Sonra en az 8 - 10 defa saf su ile, 1 - 2 defa da alkolle yıkadıktan sonra kurutuldu. 0,1000 g granüle alüminyum derişik HCl çözüp hacmini 100,0 mL'ye tamamlandı ve atomik absorpsiyon spektroskopisiyle alüminyum tayininde uygun oranlarda seyreltilerek çalışma eğrilerinin çiziminde kullanıldı.

Standart demir çözeltisi: 0,1000 g saf demir tel derişik HCl ile çözüp hacmi 100,0 mL'ye tamamlanarak atomik absorpsiyon spektroskopisiyle demir tayininde uygun oranlarda seyreltilerek çalışma eğrilerinin çiziminde kullanıldı.

Standart kalsiyum çözeltisi: Susuz $CaCO_3$ etüvde kurutuldu. 0,2497 g $CaCO_3$ 100,0 mL hidroklorik asit çözeltisinde çözülerek hazırlandı ve atomik absorpsiyon spektroskopisiyle kalsiyum tayininde uygun oranlarda seyreltilerek çalışma eğrilerinin çiziminde kullanıldı.

Standart mağnezyum çözeltisi: 1,0131 g $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ derişik HCl çözüp 100,0 mL'ye tamamlanarak atomik absorpsiyon spektroskopisiyle mağnezyum tayininde uygun oranlarda seyreltilerek çalışma eğrilerinin çiziminde kullanıldı.

Standart mangan çözeltisi: 0,100 matalik mangan derişik HCl çözüldü, hacmi 100,0 mL'ye tamamlanarak atomik absorpsiyon spektroskopisiyle mangan tayininde uygun oranlarda seyreltilerek çalışma eğrilerinin çiziminde kullanıldı.

Standart kurşun çözeltisi: 0,1583 g $Pb(NO_3)_2$ 100,0 mL suda çözülerek hazırlandı ve atomik absorpsiyon spektroskopisiyle kurşun tayininde uygun oranlarda seyreltilerek çalışma eğrilerinin çiziminde kullanıldı.

Kalsiyum klorür çözeltisi: 0,1 g CaCl_2 100 mL suda çözülerek hazırlandı ve atomik absorpsiyonla mangan tayininde silis girişimini önleyici olarak kullanıldı.

Etilen diamin tetraasetik asit çözeltisi: 2,92 g EDTA 100 mL suda çözülerek hazırlandı ve atomik absorpsiyonla kurşun tayininde CO_3^{-2} , PO_4^{-3} , I ve F'in girişimini önleyici olarak kullanıldı.

Standart sodyum nitrat çözeltisi: 120 °C'da kurutulduktan sonra 0,8499 g saf NaNO_3 100,0 mL suda çözünmesiyle hazırlandı ve nitrat elektrodu ile standart ekleme metoduyla nitrat tayininde kullanıldı.

3. 3. Numune Alma

Ankara İvedik İçme Suyu Arıtma tesislerinde suyun arıtılma işlemi sonucunda atık olarak ele geçen jelimsi çamur, tesis alanındaki lagünlerde depolanmaktadır. Numuneler iki ayrı lagünden alınmıştır. Arıtma tesisinden lagüne boşalan akışkanlığı yüksek olan örnekler, deşarj noktasının çevresinde bulunan jellerden, deşarj noktasına 150 m uzaklıkta kurumaya başlayan kısımdan ve deşarj noktasının tam karşısından alınmıştır (Bkz. Şekil 1. 1).

3. 4. Kullanılan Cihazlar

Atomik Absorpsiyon Spektrometresi (AAS): Demir, alüminyum, magnezyum, kalsiyum, mangan ve kurşun analizleri Hitachi 8200 D marka atomik absorpsiyon spektrometresi ile yapılmıştır. Her bir element için şartlar aşağıda belirtilmiştir.

Çizelge 3. 2. AAS'de tayin edilen elementler için şartlar

Tayin Edilen Element	Dalga Boyu, nm	Slit Aralığı, nm	Alev Sıcaklığı, ° C	Kullanılan Gaz
Al	309,3	0,5	2600 - 2800	Asetilen - Diazotmonoksit
Fe	248,3	0,2	2100 - 2400	Asetilen - Hava
Ca	280,9	0,2	2100 - 2400	Asetilen - Hava
Mg	285,2	0,2	2600 - 2800	Asetilen - Diazotmonoksit
Mn	279,5	0,2	2100 - 2400	Asetilen - Hava
Pb	217,0	0,1	2600 - 2800	Asetilen - Diazotmonoksit

Alev Fotometresi: Sodyum ve potasyum tayinleri, Jenway PFP 7 marka alev fotometresinde yapılmıştır.

Spektrofotometre: Fosfor tayinleri, Jenway 6105 UV-VIS spektrometrede yapılmıştır.

Nitrat Elektrodu: Nitrat tayinleri ORION marka 92 - 07 - 00 nolu nitrat elektrodu kullanılarak yapılmıştır.

Döner Buharlaştırıcı: Polielektrolit tayinlerinde BUCHI R 110 marka döner buharlaştırıcı kullanılarak yapılmıştır.

Kjeldahl Cihazı: Azot tayinleri, Gündüz (1990)'ün kitabında verilen Kjeldahl düzeneğine benzer bir sistemde yapıldı.

3. 5. Klasik Metotla Yapılan Analizler

3. 5. 1. Numunenin çözünürleştirilmesi

İki hafta süre ile açıkta bırakılarak kurutulan atık çamurdan yaklaşık 1,0 g numune, 8 - 10 katı kadar Na_2CO_3 ile porselen krozede karıştırıldı ve $900\text{ }^\circ\text{C}$ 'da eritiş yapıldı. Homojen bir görünüm elde edildikten sonra eriyik sulu HCl çözeltisinde çözüldü. Çözeltide bulunan silis çökeleği süzülüp ayrıldıktan sonra, hacmi bir ölçülü balonda 100,0 mL'ye tamamlandı. Bu çözelti numunede bulunan bazı katyon ve bazı anyonların kantitatif tayinleri için kullanıldı.

3. 5. 2. Atık çamurun kalitatif analizi

Bölüm 3. 5. 1'deki stok çözeltiden alınan uygun bir miktarın, atık çamurda bulunabilecek katyonların belirlenmesi için kalitatif analizi yapıldı (Gündüz 1993). Analiz sonucunda çamurda demir, alüminyum, kalsiyum, magnezyumun bulunduğu tespit edildi.

Ayrıca bu çözeltide mevcut anyonların neler olduğu da araştırıldı (Gündüz 1993) ve fosfat, sülfat, nitrit, nitrat olduğu bulundu.

3. 5. 3. Su tayini

Atık çamurdaki numunenin içinde bulunan su; numunenin parça büyüklüğüne, içinde bulunduğu ortamın nemlilik derecesine, sıcaklığına ve numunenin ortamda kalma süresine bağlıdır. Numune içindeki su fiziksel ya da kimyasal mekanizmalarla tutulur. Hapsedilmiş, çözülmüş, adsorbe

edilmiş, sorbe edilmiş, kimyasal yapı suyu veya kristal suyu şeklinde olabilir (Gündüz 1990). Numunedeki su yüzdesi şu şekilde tayin edildi.

Atık çamurun lagüne boşaldığı noktadan (Bkz. Şekil 1.1’de 1. nokta) alınan belirli miktardaki numune, vakum altında süzüldü. 95 - 105 °C etüvde sabit tartıma gelinceye kadar kurutuldu. Kütle kaybından yararlanarak su miktarı tayin edildi ve numunedeki su yüzdesi % 98,11 olarak bulundu.

3. 5. 4. Polielektrolit tayini

Polielektrolit; monopoliyaminklorür olup sıcak suda çözünür (Benitez et al 1994). Polielektrolit tayini için Şekil 1.1’de gösterilen 1. numaralı numune alma yerinden alınan belirli miktardaki numune sıcak su ile muamele edilerek polielektrolitlerin çözeltiyeye geçmesi sağlandı. Sıcak su ile ekstraksiyon işlemi en az beş defa tekrarlandı ve çözeltiler birleştirildi. Döner buharlaştırıcı yardımı ile su uzaklaştırıldı. Kalıntının sadece polielektrolit olduğu tespit edildi. Tartılan kalıntıdan atık çamurdaki polielektrolit yüzdesi hesaplandı.

I. lagünden alınan atık çamurdaki polielektrolit: % 0,01

II. lagünden alınan atık çamurdaki polielektrolit: % 0,02

3. 5. 5. Silis tayini

Atık çamurda silis olup olmadığı kalitatif olarak belirlendi. Bu amaçla silisyumun amonyum molibdat ile sarı renkli silikomolibdrik asit $H_4SiMo_{12}O_{40}.2H_2O$ veya $H_4[Si(Mo_2O_7)]_6H_4$ verilmesinden yararlanıldı (Gündüz 1990). Fosfatın bozucu etkisini gidermek için ortama oksalik asit ilave edildi. Atık çamurda silis olduğu tespit edildi ve şu şekilde tayin edildi.

Numuneden alınan belirli bir kısım, teflon bir kroze konuldu. Üzerine hidroflorik asit ilave edildi ve bir çeker ocakta kum banyosunda ısıtıldı. HF ilavesine ve ısıtma işlemine kroze sabit tartıma gelinceye kadar devam edildi. Kütle kaybından atık çamurdaki SiO_2 yüzdesi hesaplandı (Taştekin 1994).

I. lagünden alınan atık çamurdaki SiO_2 : % 32,96

II. lagünden alınan atık çamurdaki SiO_2 : % 10,04

3. 5. 6. Demir tayini

Bölüm 3. 5. 1’deki gibi hazırlanan stok çözeltiden uygun bir miktar alındı. Atık çamurda bulunan demir ve alüminyum, kalsiyum ve magnezyumdan ayırmak için $NH_3 - NH_4Cl$ tamponunda demir ve alüminyum hidroksitleri halinde çöktürüldü ve sonra süzüldü. Bu çözelti kalsiyum ve magnezyum tayini için saklandı. Çökelek hidroklorik asit ile çözülüp, demir % 10’luk NaOH çözeltisi

ile çöktürüldü ve alüminyum alüminat haline dönüştürüldü. Demir(III) hidroksit süzülerek ayrıldı ve HCl'de çözülerek Zimmermann - Reinhardt metoduyla demir tayini yapıldı (Gündüz 1993). Süzüntü alüminyum tayini için saklandı. Bulunan sonuçlar şöyledir;

I. lagünden alınan atık çamurdaki Fe: $\% 2,36 \pm 0,33.10^{-2}$

II. lagünden alınan atık çamurdaki Fe: $\% 3,04 \pm 0,01.10^{-2}$

3. 5. 7. Alüminyum tayini

Bölüm 3. 5. 6'daki alüminyum tayini için saklanan çözelti hidroklorik asitle asidik yapıldıktan sonra, alüminyum NH_3 - NH_4Cl tamponunda alüminyum hidroksit $\text{Al}(\text{OH})_3$ halinde çöktürüldü. Çökelek $1200\text{ }^\circ\text{C}$ 'da Al_2O_3 olarak sabit sabit tartıma getirildi ve alüminyum yüzdesi hesaplandı. Bulunan sonuçlar şöyledir;

I. lagünden alınan atık çamurdaki Al: $\% 17,34 \pm 0,02.10^{-2}$

II. lagünden alınan atık çamurdaki Al: $\% 28,34 \pm 0,02.10^{-2}$

3. 5. 8. Kalsiyum ve magnezyum tayini

Bölüm 3. 5. 6'daki kalsiyum ve magnezyum tayini için saklanan çözülden $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4$ ilavesi ile kalsiyum ve magnezyum birlikte CaC_2O_4 ve MgC_2O_4 halinde çöktürüldü. $900\text{ }^\circ\text{C}$ 'da sabit tartıma getirildi. Atık çamurdaki toplam CaO ve MgO yüzdesi hesaplandı. Bulunan sonuçlar şöyledir;

I. lagünden alınan atık çamurdaki CaO + MgO: $\% 0,05 \pm 0,01.10^{-3}$

II. lagünden alınan atık çamurdaki CaO + MgO: $\% 0,11 \pm 0,02.10^{-3}$

3. 5. 9. Sülfat tayini

Bölüm 3. 5. 1'deki stok çözülden alınan uygun bir miktar asitlendirildikten sonra sülfat BaCl_2 ile BaSO_4 halinde çöktürüldü. $900\text{ }^\circ\text{C}$ 'da sabit tartıma getirildi ve atık çamurdaki sülfat yüzdesi hesaplandı. Bulunan sonuçlar şöyledir;

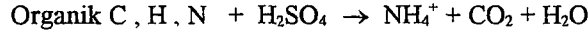
I. lagünden alınan atık çamurdaki sülfat: $\% 0,86 \pm 0,12.10^{-3}$

II. lagünden alınan atık çamurdaki sülfat: $\% 0,89 \pm 0,15.10^{-3}$

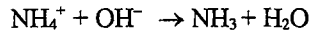
3. 5. 10. Organik azot tayini

Atık çamurda bitkilerin büyümesi için gerekli olan, organik azotun bulunup bulunmadığının tespit edilmesi önemlidir. Bu yüzden atık çamurdaki organik azot yüzdesini bulmak için Kjeldahl yöntemiyle azot tayini yapıldı.

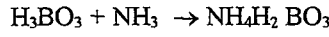
Kurutulmuş atık çamurdan alınan yaklaşık 5 g'lık numune Kjeldahl balonuna konularak üzerine 10 mL H₂SO₄ , 2 g K₂SO₄ ilave edilerek çözeltinin koyu rengi açılana kadar ısıtıldı. Böylece organik yapıdaki azot, amonyum azotuna dönüştürüldü (Gündüz 1990).



Numune soğutulduktan sonra üzerine su ilave edildi. Kjeldahl cihazında amonyum iyonu, NaOH ilave edilerek amonyağa dönüştürüldü.



NH₃ su buharı ile doymuş borik asit çözeltisine gönderildi.



Bu çözeltiye 1 - 2 damla bromofenol mavisi ilave edildi ve 0,1000 M HCl ile titre edildi. Dönüm noktasındaki asit sarfiyatından azot yüzdesi hesaplandı. Bulunan sonuçlar şöyledir;

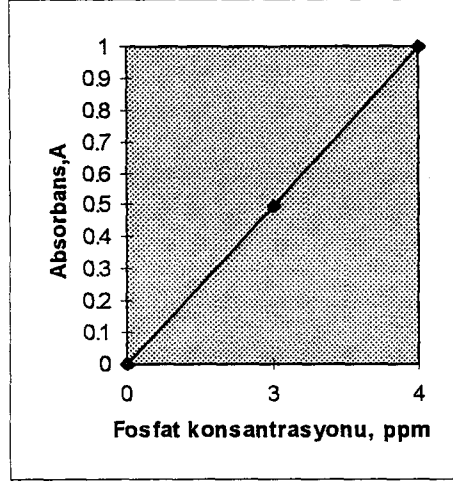
I. lagünden alınan atık çamurdaki organik azot: % $0,17 \pm 0,05 \cdot 10^{-4}$

II. lagünden alınan atık çamurdaki organik azot: % $0,17 \pm 0,05 \cdot 10^{-4}$

3. 6. Spektrometrik Metotla Yapılan Analizler

3. 6. 1. Fosfor tayini

Atık çamur numunesinden alınan 100 mg'lık 2 mL derişik H₂SO₄ , 0,2 g K₂SO₄ ilave edilerek eritiş yapıldı. Eritiş sonunda elde edilen karışım su ile seyreltildi, süzülerek hacmi 100 mL'ye tamamlandı. Numune çözeltisinden alınan belli bir miktar fosfat tayini için kullanıldı. Fosfor, asitli ortamda molibdat iyonuyla kompleks bir asit olan fosfomolibdik asidi (H₃PO₄.12 MoO₃ .2 HNO₃ .x H₂O) oluşturur. Bu asit yaklaşık 1 M H₂SO₄'lü ortamda hidrazinle indirgenirse, oluşan mavi renkli çözelti 830 nm ve 630 nm de iki absorpsiyon piki verir. 830 nm deki pik, fosfomolibdik asidin indirgenmesinden meydana gelen maddenin, 630 nm deki pik ise serbest halde kalan molibdatın indirgenmesiyle meydana gelen molibden mavisinin absorpsiyon pikidir. fosfor tayininde 830 nm deki pikten yararlanıldı. Maddenin bu dalga boyundaki molar absorplama katsayısı (ε) yaklaşık 27000 dir. 25 mL'lik uzun tüplere 8,8 mL numune, 1 mL molibdat çözeltisi ve 0,2 mL Hidrazin sülfat çözeltisi ilave edildi. Çözelti iyice çalkalandıktan sonra 15 dakika kaynamakta olan su banyosunda bekletildi. Rengi maviye dönen çözelti oda sıcaklığına kadar soğutulup, numunenin absorpsiyonu 830 nm de saf su ve önceden konsantrasyonu bilinen fosfat standardına karşı ölçüldü. Standart fosfat çözeltileri ile elde edilen çalışma eğrisi Şekil 3. 1'de verilmiştir.



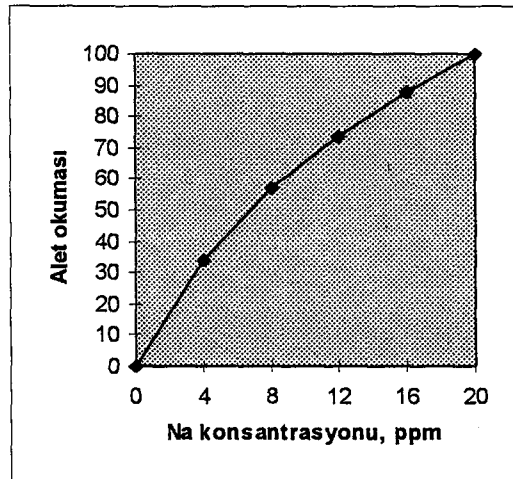
Şekil 3. 1. Fosfat tayini için spektrofotometrik çalışma eğrisi

Yukarıdaki çalışma eğrisinden yararlanılarak P_2O_5 yüzdesi hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar şöyledir;

- I. lagünden alınan atık çamurdaki P_2O_5 : % $0,03 \pm 0,01 \cdot 10^{-4}$
- II. lagünden alınan atık çamurdaki P_2O_5 : % $0,04 \pm 0,01 \cdot 10^{-4}$

3. 6. 2. Sodyum tayini

Atık çamurdaki sodyum tayini, çamur H_2SO_4 ile çözünürleştirildikten sonra alev fotometresiyle yapıldı. Bu amaçla önce çalışma eğrileri çizildi (Bkz. Şekil 3. 2). Sonra numune için alet okuması yapıldı ve çalışma eğrisinden yararlanarak atık çamurdaki sodyum yüzdesi hesaplandı.



Şekil 3. 2. Sodyum tayini için çalışma eğrisi

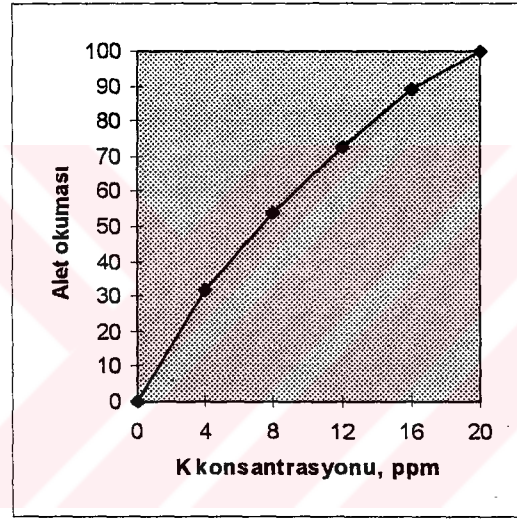
Bulunan sonuçlar şöyledir;

I. lagünden alınan atık çamurdaki Na: % $0,09 \pm 0,01 \cdot 10^{-4}$

II. lagünden alınan atık çamurdaki Na: % $0,05 \pm 0,01 \cdot 10^{-4}$

3. 6. 3. Potasyum tayini

Bölüm 3. 6. 2'deki sodyum tayininde kullanılan çözeltinin bir kısmı da alev fotometresi ile potasyum tayini için kullanıldı. Önce standart potasyum çözeltileri ile bir çalışma eğrisi çizildi (Bkz. Şekil 3. 3). Numunenin alet okuması yapıldıktan sonra çalışma eğrilerinden potasyum konsantrasyonu bulundu ve atık çamurdaki potasyum yüzdesi hesaplandı.



Şekil 3. 3. Potasyum tayini için çalışma eğrisi

Bulunan sonuçlar şöyledir;

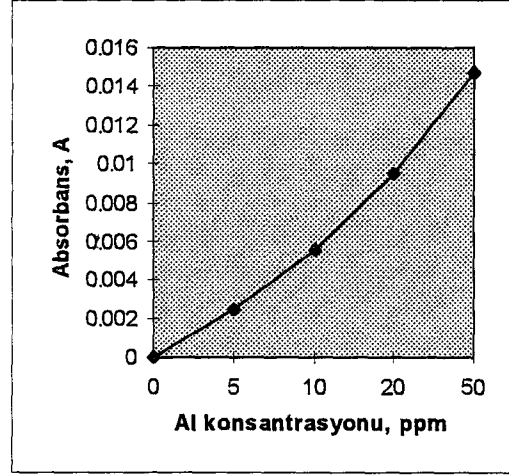
I. lagünden alınan atık çamurdaki K: % $0,04 \pm 0,01 \cdot 10^{-4}$

II. lagünden alınan atık çamurdaki K: % $0,05 \pm 0,01 \cdot 10^{-4}$

3. 6. 4. Alüminyum tayini

Çizelge 3. 2'de verilen şartlarda yapıldı. Bu şartlarda 0, 5, 10, 20 ve 50 ppm'lik çözeltilerle bir çalışma eğrisi çizildi (Bkz. Şekil 3. 4). Bölüm 3. 3. 1'de hazırlanan çözeltiden alınan belirli bir miktar uygun konsantrasyon aralığına seyreltilerek aynı şartlarda absorbanansı okundu ve çalışma

eğrisinden alüminyum konsantrasyonu bulundu. Bu değerlerden yararlanarak atık çamurdaki alüminyum yüzdesi hesaplandı.



Şekil 3. 4. Alüminyum tayini için çalışma eğrisi

Bulunan sonuçlar şöyledir;

I. lagünden alınan atık çamurdaki Al: $\% 18,75 \pm 0,01.10^{-3}$

II. lagünden alınan atık çamurdaki Al: $\% 29,75 \pm 0,01.10^{-3}$

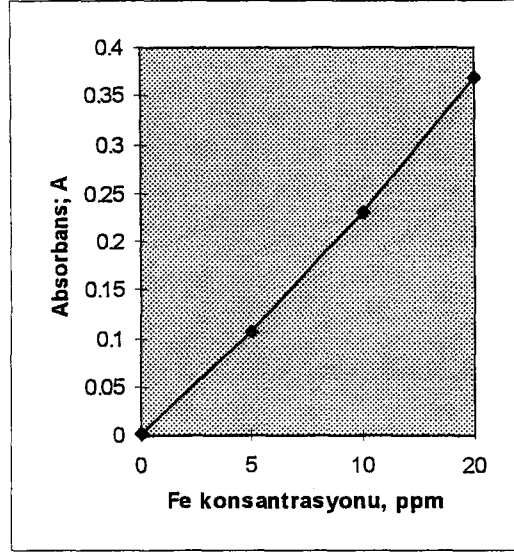
3. 6. 5. Demir tayini

Çizelge 3. 2'de verilen şartlarda yapıldı. Bu şartlarda 0, 5, 10, 20 ppm'lik çözeltilerle bir çalışma eğrisi çizildi (Bkz. Şekil 3. 5). Bölüm 3. 3. 1'de hazırlanan çözeltiden alınan belirli bir miktar uygun konsantrasyon aralığına seyreltilerek aynı şartlarda absorbansı okundu ve çalışma eğrisinden demir konsantrasyonu bulundu. Bu değerlerden yararlanarak atık çamurdaki demir yüzdesi hesaplandı.

Bulunan sonuçlar şöyledir;

I. lagünden alınan atık çamurdaki Fe: $\% 2,02 \pm 0,01.10^{-3}$

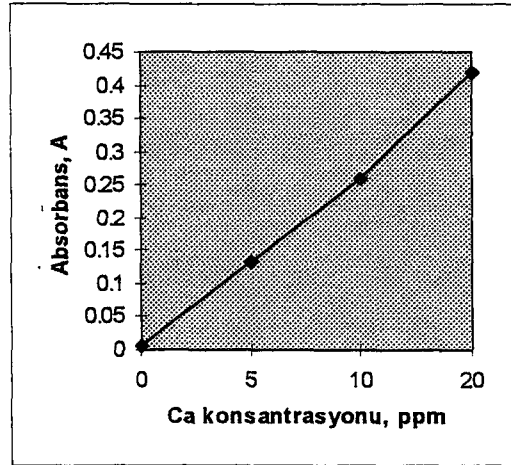
II. lagünden alınan atık çamurdaki Fe: $\% 2,69 \pm 0,01.10^{-3}$



Şekil 3. 5. Demir tayini için çalışma eğrisi

3. 6. 6. Kalsiyum tayini

Çizelge 3. 2'de verilen şartlarda yapıldı. Bu şartlarda 0, 5, 10, 20 ppm'lik çözeltilerle bir çalışma eğrisi çizildi (Bkz. Şekil 3. 6). Bölüm 3. 3. 1'de hazırlanan çözeltiden alınan belirli bir miktar uygun konsantrasyon aralığına seyreltilerek aynı şartlarda absorbansı okundu ve çalışma eğrisinden kalsiyumun konsantrasyonu bulundu. Bu değerlerden yararlanarak atık çamurdaki kalsiyum yüzdesi hesaplandı.



Şekil 3. 6. Kalsiyum tayini için çalışma eğrisi

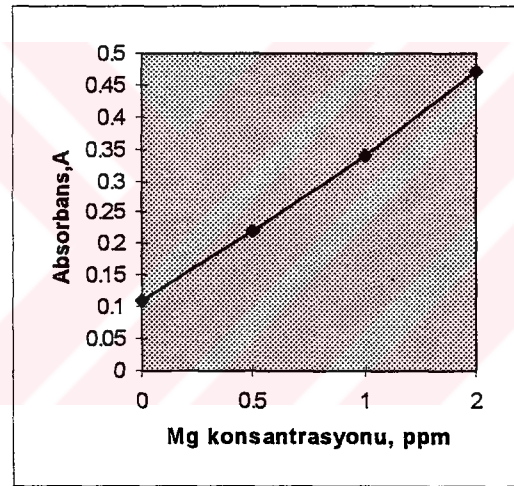
Bulunan sonuçlar şöyledir;

I. lagünden alınan atık çamurdaki Ca: % $0,06 \pm 0,01 \cdot 10^{-4}$

II. lagünden alınan atık çamurdaki Ca: % $0,11 \pm 0,01 \cdot 10^{-4}$

3. 6. 7. Mağnezyum tayini

Çizelge 3. 2'de verilen şartlarda yapıldı. Bu şartlarda 0, 0.5, 1, 2 ppm'lik çözeltilerle bir çalışma eğrisi çizildi (Bkz. Şekil 3. 7). Bölüm 3. 3. 1'de hazırlanan çözeltiden alınan belirli bir miktar uygun konsantrasyon aralığına seyreltilerek aynı şartlarda absorbansı okundu ve çalışma eğrisinden mağnezyumun konsantrasyonu bulundu. Bu değerlerden yararlanarak atık çamurdaki mağnezyum yüzdesi hesaplandı.



Şekil 3. 7. Mağnezyum tayini için çalışma eğrisi

Bulunan sonuçlar şöyledir;

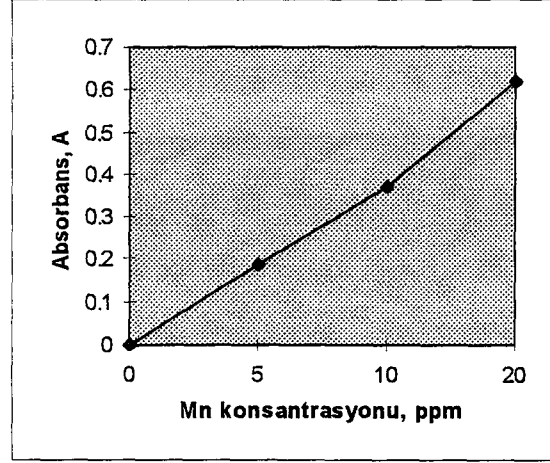
I. lagünden alınan atık çamurdaki Mg: % $1,07 \cdot 10^{-3} \pm 0,01 \cdot 10^{-5}$

II. lagünden alınan atık çamurdaki Mg: % $1,48 \cdot 10^{-3} \pm 0,01 \cdot 10^{-5}$

3. 6. 8. Mangan tayini

Çizelge 3. 2'de verilen şartlarda yapıldı. Bu şartlarda 0, 5, 10, 20 ppm'lik çözeltilerle bir çalışma eğrisi çizildi (Bkz. Şekil 3. 8). Bölüm 3. 3. 1'de hazırlanan çözeltiden alınan belirli bir miktar

uygun konsantrasyon aralığına seyreltilerek aynı şartlarda absorbansı okundu ve çalışma eğrisinden mangan konsantrasyonu bulundu. Bu değerlerden yararlanarak atık çamurdaki mangan yüzdesi hesaplandı.



Şekil 3. 8. Mangan tayini için çalışma eğrisi

Bulunan sonuçlar şöyledir;

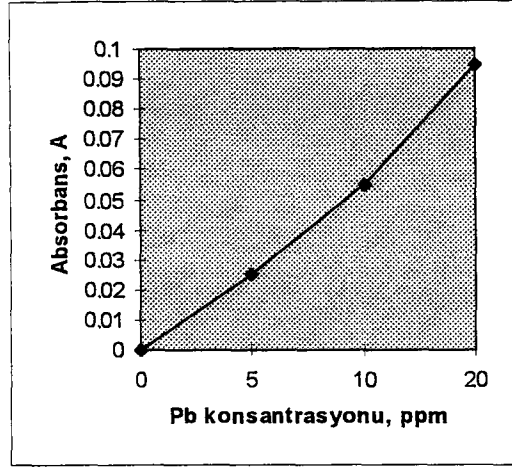
- I. lagünden alınan atık çamurdaki Mn: $\% 0,01 \pm 0,01 \cdot 10^{-4}$
- II. lagünden alınan atık çamurdaki Mg: $\% 0,03 \pm 0,01 \cdot 10^{-4}$

3. 6. 9. Kurşun tayini

Çizelge 3. 2'de verilen şartlarda yapıldı. Bu şartlarda 0, 5, 10, 20 ppm'lik çözeltilerle bir çalışma eğrisi çizildi (Bkz. Şekil 3. 9). Bölüm 3. 3. 1'de hazırlanan çözeltiden alınan belirli bir miktar uygun konsantrasyon aralığına seyreltilerek aynı şartlarda absorbansı okundu ve çalışma eğrisinden kurşun konsantrasyonu bulundu. Bu değerlerden yararlanarak atık çamurdaki kurşun yüzdesi hesaplandı.

Bulunan sonuçlar şöyledir;

- I. lagünden alınan atık çamurdaki Pb: $\% 3,37 \cdot 10^{-4} \pm 0,01 \cdot 10^{-6}$
- II. lagünden alınan atık çamurdaki Pb: $\% 2,01 \cdot 10^{-4} \pm 0,01 \cdot 10^{-6}$



Şekil 3. 9. Kurşun tayini için çalışma eğrisi

3. 7. Nitrat Tayini

Atık çamurda bulunan nitrat tayini, nitrat elektrodu ile standart ekleme metoduna göre yapıldı. Bu amaçla sodyum ve potasyum tayini için hazırlanan çözelti kullanıldı. Çözeltinin nitrat elektrodu ile potansiyeli okundu. Üzerine 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5 ppm'lik standart nitrat çözeltileri ilave edilerek her birinin potansiyeli okundu. Potansiyel değişimlerinden yararlanılarak NO_3^- konsantrasyonunu buradan da atık çamur içindeki NO_3^- yüzdesi hesaplandı.

Bulunan sonuçlar şöyledir;

I. lagünden alınan atık çamurdaki NO_3^- : $\% 9,51 \cdot 10^{-3} \pm 0,01 \cdot 10^{-5}$

II. lagünden alınan atık çamurdaki NO_3^- : $\% 9,51 \cdot 10^{-3} \pm 0,01 \cdot 10^{-5}$

3. 8. Ankara - İvedik İçme Suyu Arıtma Sisteminden Açığa Çıkan Atık Çamurda Saksı Deneyleri

3. 8. 1. Çamur kum karışımları ile yapılan saksı deneyleri

İçme suyu arıtma tesislerinde lagünlerde toplanan atık çamurun toprağa ve bitkilere verdiği zararın bilinmesi çevre açısından önemlidir. Özellikle atık çamurun değerlendirilmesi ve ıslahı için toprağa verdiği zararın tespit edilmesi gereklidir. Eğer atık çamurda bitkilerin çimlenmesine ve büyümesine engel olabilecek fiziksel veya kimyasal bir etken varsa saksı deneyleri yapılarak verdiği

zarar tespit edilebilir. Bu amaçla çimlenme olasılığı yüksek buğday ve turp tohumları ile çimlenme deneyleri yapılmıştır.

Bu amaçla, lagünlerden alınan çamur örnekleri öncelikle kurutulmuştur. Atık çamur içerisinde bulunan $Al(OH)_3$ 'in etkisiyle kümeler oluşturan çamur zaman içinde kurudukça taşlaşmış, ancak bilyalı değirmende öğütülerek belli bir büyüklük ve homojenlik sağlanmıştır. Saksı deneyleri 12 cm çapında 5 cm yüksekliğinde plastik kaplar içerisinde farklı kompozisyonlarda toprak hazırlanarak her saksıya 20 adet tohum ekilerek gerçekleştirilmiştir. Kontrol amaçlı saksı deneylerinde toprak + kum kompozisyonları % 100, % 50, % 25, % 12.5'u ve saf kum olmak üzere 25 saksıyla çalışılmıştır.

Çizelge 3. 3. Atık çamurun buğday tohumlarına etkisi

% Toprak Karışımı	I.		II.		III.		IV.		V.		Ortalama	
	Saksı		Saksı		Saksı		Saksı		Saksı		Ortalama	
	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)
100	4.28	4.15	2.74	2.75	1.99	2.48	1.26	1.66	0.12	0.32	2.08	2.27
50	0.56	0.48	0.35	0.5	0.47	0.97	0.74	0.74	2.28	2.71	0.88	1.08
25	1.92	2.57	3.84	4.98	0.07	0.16	0.42	0.41	0.34	0.48	1.32	1.72
12.5	3.69	4.12	1.98	2.32	2.27	2.88	5.15	5.52	1.35	1.47	2.89	3.26
0.0	9.52	10.43	11.27	11.50	6.32	6.43	4.21	4.28	8.65	8.64	7.99	8.25

* Buğday tohumları ekildikten 10 gün sonra ölçüm yapıldı.

Çizelge 3. 4. Atık çamurun turp tohumlarına etkisi

% Toprak Karışımı	I.		II.		III.		IV.		V.		Ortalama	
	Saksı		Saksı		Saksı		Saksı		Saksı		Ortalama	
	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)
100	3.52	3.78	1.91	2.12	2.10	2.09	1.08	0.92	0.51	0.67	1.82	1.914
50	2.05	2.17	1.12	1.22	0.92	0.69	0.18	0.21	0.13	0.03	0.88	0.862
25	1.30	1.11	0.46	0.35	0.78	0.74	0.31	0.30	0.48	0.28	0.66	0.595
12.5	6.06	4.85	5.66	4.06	3.91	3.04	1.88	1.39	0.53	0.16	3.61	2.698
0.0	5.35	2.81	12.34	4.96	7.81	4.04	5.71	2.64	2.70	1.60	6.78	3.208

* Turp tohumları ekildikten 10 gün sonra ölçüm yapıldı.

3 saksıda tekrar yapıldı.

Çizelge 3. 5. Atık çamurun buğday tohumlarına etkisi

% Toprak Karışımı	I.		II.		III.		Ortalama	
	Saksı Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Saksı Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Saksı Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Saksı Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)
100	1.10	1.61	1.02	1.92	2.14	3.92	1.42	2.48
50	2.22	2.06	2.40	4.50	2.81	5.35	2.47	3.97
25	2.90	4.94	2.59	3.08	3.69	5.75	3.06	4.59
12.5	1.88	2.40	2.00	3.52	4.59	7.02	2.82	4.31
0.0	2.42	3.59	1.51	2.54	3.56	7.01	2.49	4.38

* Buğday tohumları ekildikten 10 gün sonra ölçüm yapıldı.

Çizelge 3. 6. Atık çamurun turp tohumlarına etkisi

% Toprak Karışımı	I.		II.		III.		Ortalama	
	Saksı Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Saksı Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Saksı Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Saksı Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)
100	0.13	0.25	0.21	0.29	0.12	0.19	0.15	0.24
50	0.78	1.19	0.94	1.79	0.56	1.03	0.76	1.33
25	0.75	0.96	1.27	1.58	1.81	2.32	1.26	1.62
12.5	0.18	0.20	1.07	1.65	0.46	0.83	0.57	0.89
0.0	0.07	0.09	0.21	0.23	0.29	0.19	0.19	0.25

* Turp tohumları ekildikten 10 gün sonra ölçüm yapıldı.

3. 8. 2. Polielektrolitin çimlenme oranına etkisinin incelenmesi

3. 8. 2. 1. Petri kabında çimlenmenin inhibisyonu

137 °C'da steril edilmiş petri kutularının içine iki kat siyah bant süzgeç kağıdı kesilip yerleştirildi. Yirmi tane buğday tohumları birbirine değmeyecek şekilde konuldu. % 2 , % 1 , % 0.5 , % 0.25'lik farklı konsantrasyonlarda hazırlanan polielektrolit ilave edilerek kontrol kapları hazırlandı ve petri kutularının kapakları kapatılarak oda sıcaklığında bekletildi. İkinci gün şişen tohumlar gün

biterken çimlenmeye başladıkları gözlemlendi. Hergün kontrol edilen ve kuruduğu gözlenen petri kaplarına, kendi %'sine ait polielektrolit çözeltisinden ilave edildi. Kontrol kabını da referans olarak karşılaştırdığımızda yedinci günde çimlenmenin yeterli olduğu gözlenmiş ve polielektrolit ilavesine son verilerek çimlenme oranının hesabı için her bir petri kutusundaki her bir tohumun kök ve çimlenen kısmı ölçülmüştür. Her birinin ortalaması alınarak çalışılan konsantrasyonda yetişen tohumun ortalama kök boyu ve çimlenme boyu bulunmuştur.

Çizelge 3. 7. Polielektrolitin buğday tohumlarına etkisi

%	I.		II.		III.		IV.		V.		Ortalama		
	Petri Kutusu		Petri Kutusu		Petri Kutusu		Petri Kutusu		Petri Kutusu		Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	
	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)			
P. E.	2.0	7.52	11.92	8.79	12.69	7.89	11.74	8.01	12.87	7.51	10.68	7.94	11.98
	1.0	7.49	12.47	8.27	13.65	8.89	12.53	7.37	11.57	7.32	11.46	7.86	12.33
	0.5	11.56	13.71	7.28	11.52	9.27	11.59	8.20	12.10	8.61	12.38	8.98	12.26
	0.25	9.21	12.83	11.72	13.12	8.93	11.60	9.65	12.60	9.32	11.03	9.76	12.24
	0.0	9.88	11.66	10.19	12.11	8.40	11.61	7.99	7.62	12.03	10.35	9.70	10.67

* Buğday tohumları ekildikten 7 gün sonra ölçüm yapıldı.

Kök boyu kısalarırken çimlenen kısım artmaktadır.

Çizelge 3. 8. Polielektrolitin turp tohumlarına etkisi

%	I.		II.		III.		IV.		V.		Ortalama		
	Petri Kutusu		Petri Kutusu		Petri Kutusu		Petri Kutusu		Petri Kutusu		Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	
	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)	Kök boyu (cm)	Çim boyu (cm)			
P. E.	2.0	6.48	4.31	4.86	3.54	5.63	4.12	6.65	3.94	5.59	4.32	5.84	4.05
	1.0	5.92	4.65	6.39	5.18	6.53	4.99	7.23	5.11	7.19	5.63	6.76	5.11
	0.5	6.39	4.95	6.47	5.52	6.55	4.98	7.10	4.91	6.58	5.43	6.61	5.16
	0.25	6.11	5.10	6.76	5.11	7.40	4.96	7.43	5.06	6.21	4.91	6.78	5.03
	0.0	8.90	4.62	7.08	4.06	6.97	5.04	6.61	4.71	6.08	4.50	7.13	4.59

* Turp tohumları ekildikten 7 gün sonra ölçüm yapıldı.

Kök boyu kısalarırken çimlenen kısım artmaktadır.

3. 8. 2. 2. Saksıda çimlenmenin inhibisyonu

% 2 , % 1 , % 0.5 , % 0.25'lik konsantrasyonda hazırlanan polielektrolit ve kontrol kabına 20 adet tohumlar birbirine değmeyecek şekilde hazırlanır. 3. gün kontrol kabında çimlenme gözlenmiş ve 10. günde çalışmaya son verilerek her bir kaptaki herbir tohumun kök ve çimlenen kısmı ölçülmüştür. Her birinin ortalaması alınarak çalışılan konsantrasyonda yetişen tohumun ortalama kök boyu ve çimlenme boyu bulunur. Aynı şekilde turp tohumları içinde yapılmıştır.

Çizelge 3. 9. Polielektrolitin buğday tohumlarına etkisi

%	I.		II.		III.		IV.		V.		Ortalama	
	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı
P. E.	Kök	Çim	Kök	Çim	Kök	Çim	Kök	Çim	Kök	Çim	Kök	Çim
	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
2.0	3.69	6.14	0.04	0.12	0.12	0.26	1.23	1.87	2.62	4.09	1.54	2.49
1.0	2.39	3.43	0.21	0.33	6.58	8.69	3.55	5.27	6.08	6.28	3.76	4.80
0.5	-	-	0.10	0.18	0.71	1.42	0.60	1.01	1.55	2.17	0.59	0.96
0.25	-	-	-	-	0.08	0.15	0.30	0.73	0.82	1.37	0.24	0.45
0.0	6.99	11.25	7.99	12.00	8.96	14.38	6.63	11.89	7.32	12.57	7.58	12.42

- Mantar kapmış.

* Buğday tohumları ekildikten 10 gün sonra ölçüm yapıldı.

Çizelge 3. 10. Polielektrolitin turp tohumlarına etkisi

%	I.		II.		III.		IV.		V.		Ortalama	
	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı	Saksı
P. E.	Kök	Çim	Kök	Çim	Kök	Çim	Kök	Çim	Kök	Çim	Kök	Çim
	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu	boyu
	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
2.0	1.00	1.51	0.58	0.89	0.72	1.03	0.42	0.61	0.52	0.68	0.65	0.95
1.0	1.19	1.75	1.57	2.15	0.42	0.74	1.58	3.21	0.49	1.16	1.05	1.80
0.5	-	-	0.17	0.25	0.15	0.25	0.69	0.47	0.48	0.63	0.29	0.32
0.25	0.04	0.00	0.08	0.03	0.20	0.35	0.44	0.46	0.69	0.75	0.29	0.32
0.0	4.26	4.08	2.53	2.95	3.11	3.32	4.31	3.50	3.79	4.44	3.60	3.66

- Mantar kapmış.

* Turp tohumları ekildikten 10 gün sonra ölçüm yapıldı.

4. TARTIŞMA

Bu çalışma Giriş bölümünde belirtildiği gibi şehir içme ve kullanma suyu tesislerinde atık olarak ortaya çıkan jelimsi çamurun tehlikeli bir atık olup olmadığının araştırılması amacıyla yapılmıştır. Çalışmada örnek alınan çamur önce kurutulmuş daha sonra kalitatif ve kantitatif analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları bölüm 3'de deneylerin anlatılmasından sonra verilmiştir. Çamurun yapısında kalitatif analiz sonucunda Al, Mg, Ca, Fe, K, Si, Cl⁻, PO₄⁻³, NO₃⁻, SO₄⁻² ve az miktarda organik azot bulunmuştur. Çamurda ayrıca az miktarda polielektrolit bulunmuştur. Kantitatif açıdan bakılacak olursa sonuçlardan çamurun ana bileşeninin Al, daha doğrusu Al(OH)₃ olduğu görülmektedir. Ana bileşenin dışında ihmal edilemeyecek miktarda Fe ve Si bulunduğu, diğer maddelerin % 1'in altında olduğu analiz sonuçlarından görülmektedir. Atık çamurun bileşiminin günden güne değişebildiği rezervuardaki yağış durumu, rüzgar gibi faktörlerden etkilendiği muhakkaktır. Örneğin ani sağnaklardan sonra rezervuardaki suda koloidal haldeki maddelerin konsantrasyonu artmakta, arıtma tesisine kadar bu durum devam etmekte ve doğal olarak atık çamurdaki silis miktarı artmaktadır. Herşeye rağmen genel bileşimin az önce söylendiği gibi Al(OH)₃, Fe(OH)₃ ve (SiO₂)_n olduğu söylenebilir. Atomik absorpsiyon ve klasik analizlerden elde edilen analiz sonuçlarından ortalama olarak aşağıdaki çizelge verilebilir.

Çizelge 4. 1. Atık çamurun bileşenleri

Bileşen	Ortalama % Sonuçlar
Al(OH) ₃	81,871
Fe(OH) ₃	5,815
CaO + MgO	0,112
P ₂ O ₅	0,035
Cl ⁻	-
SO ₄ ⁻²	0,888
NO ₃ ⁻	0,009
Organik Azot	0,172
Mn	-
Pb	-
Polielektrolit	0,019
Na	0,048
K	0,059
(SiO ₂) _n	10,040
Toplam	99,068

Bu çizelgede yer almayan ancak atomik absorpsiyon'la yapılan tayinlerle ilgili bölümde bahsedildiği gibi bu maddelerin yanısıra atık çamurda çevre kirletici ağır metallere Pb, Hg, Ba, Cd ve ayrıca Mn, Cu ile Zn aranmış benzer şekilde hem klasik hemde Atomik Absorpsiyon spektroskopisi ile Bor aranmış ancak bu elementlere Hitachi 8200 D. Atomik Absorpsiyon cihazının dedeksiyon limitleri içinde tayin edilememiştir (çamurun içme suyu tesisinden çıktığı göz önüne alınarak As aranmasına gerek görülmemiştir).

Analiz sonuçlarına bakılırsa, atık çamur içinde çevre kirletici diyebileceğimiz bir madde yoktur. Hayvan ve bitki yaşamını etkileyebilecek toksik bir madde görülmemektedir, bazı bitkilerin yaşamında son derece toksik olan bor bileşiklerine rastlanmamıştır. Atık su tesislerindeki prosesler düşünülürse çamur içindeki alüminyumun, $Al(OH)_3$ halinde olduğu kolaylıkla anlaşılmaktadır. muhtemelen Fe, Ca, Mg'da hidroksitleri halinde, Si ise SiO_2 halinde bulunmaktadır. SiO_2 'in çamurda bulunmasının nedeni büyük bir olasılıkla rezervuardan sürüklenerek gelen kum tanecikleri ve koloidal kum partikülleridir. $Al(OH)_3$ ile bu maddelerin çökmesi sonucu oluşan jelimsi çamurda SiO_2 miktarı yüksektir. Fe'in ise çamurda belirtilen düzeyde bulunması normaldir, tüm akarsu ve göllerde çözülmüş bir miktar bulunur. Bunun yanısıra koloidal dağılmış kum partiküllerinin, toprak partiküllerinin yapısında da demir bulunduğundan, rezervuardan gelen suda sürüklenerek gelen kum ve koloidal parçacıklar şaplama işleminde $Al(OH)_3$ ile tıpkı SiO_2 gibi çökmektedir. Ca ve Mg ise zaten suya sertlik veren maddeler olduklarından atık çamurda bulunmaları beklenen bir olaydır. Öte yandan $Al(OH)_3$ jelinin çöktürmeyi hızlandıran polielektrolitin atık çamurda bulunmasında gerekmektedir ve gerektiği kadarda hemen hemen bulunmuştur.

Atık çamur görüldüğü gibi toksik bir madde içermemektedir, ancak örneklerin alındığı lagüne bakılınca lagünlerin çevresinde otsu bitkiler sıkça görülmekte ancak lagünlerin içinde herhangi bir su bitkisi oluşumu gözlenmemiştir. Atık çamurun kuruyarak sertleştiği bölgelerde otsu bitkiler ve hatta karayosununa rastlanmamıştır. Çalışmamızda bu atık çamur içinde çimlenme olup olamayacağını araştırarak devam etmiştik, saksı deneyleri bu amaçla yapılmıştır. Saksı deneylerine bakılırsa atık çamur içinde çimlenme olabilmektedir, ancak kontrol grupları ile karşılaştırıldığında atık çamur miktarı arttıkça çimlenme süresinin uzadığı kök ve yaprak boyunun kısaldığı görülmektedir, yani bu atık çamur pek bitki dostu değildir, ancak canlanma meylinde bir tohumu tamamen öldüren kurutan bir yok edici de değildir.

Çalışma ilk tasarlandığında ASKİ yetkililerinin önerdiği bu olay için ilk akla gelen polielektrolit olmuştu, ancak polielektrolit kullanılarak yapılan saksı deneyleri ve polielektrolitli ortamda petri kabında yapılan çimlendirme deneyleri polielektrolitin çimlenme ve bitkinin büyümesine hiç etki etmediğini göstermektedir. Polielektrolit, katı partiküllerin etrafını film gibi sardığından kökte su ve mineral girişine mani olacağı düşüncesi mevcuttu, ancak deneyler bunun böyle olmadığını göstermektedir, hatta hümik asitlerin yapısı ile polielektrolitin yapısı karşılaştırıldıktan sonra az miktarda polielektrolitin, Cu^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} , Zn^{+2} gibi bitki için esansiyel metal iyonlarıyla kompleks

verme meyli olduğundan fizyolojik bakımdan bitki büyümesine yararlı olacağı düşüncesi ortaya çıkmıştır.

Toprakla karıştırıldığında bitkinin çimlenip gelişmesini bir parça inhibe eden nedir? Jelimsi çamurda toksik bir madde bulunmadığına göre bu inhibisyonu ne sağlamaktadır? Bu inhibisyonu sağlayan herhangi bir kimyasal madde mevcut değildir. Ancak araştırabildiğimiz kadarıyla $Al(OH)_3$ jeli yapısındaki suyu kaybettikçe şiddetle taşlaşmaktadır yani çok sert bir kütle haline gelmektedir (saksı deneyleri için toprak hazırlama işleminde kurutulmuş çamur ancak bilyalı değirmenlerde öğütülebilmiş olduğundan bu sonuca varılmıştır). Benzer şekilde lagünlerin kenarında bu şekilde sertleşmiş partiküller bulunmaktadır. Kurutulmuş atık çamurun herhangi bir standart yöntemle sertlik derecesi ölçülmemiş olmasına rağmen bu kolaylıkla görülebilmektedir. Atık çamur içindeki tohum, bu kuruma esnasında ya sıkışıp parçalanmakta ya da çimlenme olanağı bulsa bile sertleşebilen kütle içinde kök kolaylıkla uzama olanağı bulamamaktadır. Ancak Bölüm 3. 8'de belirtilen saksı deneylerinde görüldüğü gibi % 2.5 ve % 25 oranında kum ile karıştırılmış olan örneklerde kök ve çim boyunda fazla eksiklik yoktur. Bu sonuçlara istinaden pratikçe bu atık çevre açısından tehlikeli bir atık sayılmaz, neredeyse kil benzeri bir kütle diyebiliriz. Bu çamurun değerlendirilmesi ayrı bir çalışma konusudur. Atığın yüksek miktarda Fe içermesi onun toprak endüstrisinde kullanımını olanaksız yapmaktadır, ancak ASKİ yetkililerinde önerdiği, su arıtma tesislerinde en yüklü masraf $Al_2(SO_4)_3$ için harcandığından dolayı, yüksek % de Al bulunduran bu jelden rantabl bir şekilde yeniden $Al_2(SO_4)_3$ eldesi yani atık çamurun rejenerasyonu araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- American Public Health Association. 1980.** Standard Methods for the examination of water and wastewater.
- ASKİ İçme Suyumuz ve Ankara. 1993.** Broşürü.
- BAILEY, P.L. 1976.** Analysis with Ion-Selective Electrodes. p. 127 - 130; and Orion Research Analytical Methods Guide. 1975. Orion Research Inc, Cambridge.
- BARRETT, B.R. 1978.** Controlling the entrance of toxic pollutants into u. s. waters. Environmental Science and Technology. p. 154 - 162.
- BAYKAL, B. 1993.** Small activated sludge performance and viability characteristics under intermittent and reduced flows. Water Science and Technology, p. 309 - 316, Norway.
- BENITEZ, J., RODRIGUEZ, A. and SUAREZ, A. 1994.** Optimization technique for sewage sludge conditioning with polymer and skeleton builders. Water Research, p. 2067 - 2073, Puerto Rico.
- BISHOP, M.M., CURNWELL, D.A., ROLAN, A.T. and BAILEY, T. 1991.** Mechanical dewatering of alum solids and acidified solids. An evaluation. Journal of the American Water Works Association, p. 50 - 55, USA.
- BONGARDS, M., HENGSTERMANN, T. and KOHNE, M. 1993.** Principles of operation and experimental results for a small wastewater treatment plant of 300 population equivalents. Water Science and Technology, p. 387 - 392, Norway.
- BRADGE, C.E. and SHAHID, K. 1993.** Advances in the design of fine bubble aeration plants. Water Science and Technology, p. 343 - 350, Norway.
- CHAMBERS, B. 1993.** Bath operated activated sludge plant for production of high effluent quality at small works. Water Science and Technology, p. 251 - 258, Norway.
- Çevre Araştırma Grubu. Proje no: ÇAĞ 47.**
- Çevre Teknolojisi. Haziran 1993. Sayı 6.**
- 2. Çevre Şurası Komisyon Konuları Raporu. 1994.**
- COOKE, K. and GOULD, M.H. 1991.** The health effects of aluminium. p.111.
- DEENY, K., HAHN, H., LEONHARD, D. and HEIDMEN, J. 1991.** Autoheated thermophilic aerobic digestion. Water Environment and Technology, p. 65 - 72.
- DEFRAIN, M. and SCHMİDT, F. 1992.** Solids concentrations in a treatment plant effluent. Water Science and Technology, p. 2543 - 2546, Washington.
- D'TTRI, F.M. 1982.** Land treatment of municipal wastewater. Ann Arbor Science Publishes, Inc.
- DRAKATOS, P.A., LYON, R.H., CHYSSOLOURIS, G. and KALLISTRATES, G. 1992.** Reliability and exploitation of waste-water tretment plants using diagnostic methods. International Journal of Environmental Studies, p. 267 - 280, Cambridge.
- DURUSU, A. ve TABUMAN, F.C. 1985.** İsparta ve Yöresindeki Göllerde Su Kalitesi Evsel ve Endüstriyel Atıklarla İlgili Parametreler. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu

- EXLEY, C. and BIRCHALL, J.D. 1992.** The Cellular toxicity of aluminium. Norway.
- FAIR, G.M., GEYER, J.C. and OKUN, D.A. 1968.** Water and wastewater engineering. Vol. II. Chapter 29. New York.
- GÜNDÜZ, T. 1990.** Kantitatif Analiz Laboratuvar Kitabı. Ankara.
- GÜNDÜZ, T. 1993.** Yarı - Mikro Kalitatif Analiz Kitabı. Ankara.
- GÜNDÜZ, T. 1994.** Çevre Sorunları. Ankara.
- HILEMAN, B. 1982.** The chloration question. Environmental Science and Tecnology. p. 15 - 18.
- HJORTH, B. 1993.** Extended nutrient removal in small one-tank activated sludge plants. Water Science and Technology, p. 315 - 324, Norway.
- LEEuw, E.J. and DE JONG, P. 1993.** Pilot plant research on biological phosphate and nitrogen removal at seven waste water treatment plants. Water Science and Technology, p. 329 - 341, Amsterdam.
- LEFEVRE, F., AUDIC, J.M. and BUJON, B. 1993.** Automatic regulation of activated sludge aeration. Single tank nitrification-denitrification. Water Science and Technology, p. 289 - 298, Norway.
- MANAHAN, S.E. 1975.** Water Treatment. Enviromental Chemistry, p. 187 - 221, Missouri.
- MANZ, W., MICHAEL, A. and SCHLEIFER, K. 1994.** In sute characterization of the microbial consortia active in two wastewater treatment plants. Water Research, p. 1715 - 1723, Munich.
- MATSCHKE, N. and MOSER, D. 1993.** Operation of a two-stage activated sludge package plant for high efficiency treatment. Water Science and Technology, p. 299 - 307, Norway.
- MILLER, S. 1981.** Water reuse. Environmental Science and Tecnology. p. 499 - 501.
- PETERS, P.G. 1991.** How to limit the aluminium concentration in water? 18 th. International Water Supply Congress. p. 7 - 8 / 8 - 11.
- PONS, M.N., POITER, O., ROCHE, N., COLIN, F. and PROST, C. 1993.** Smulation of municipal wastewater treatment plants by activated sludge. Chemical Engineering, p. 227 - 232, France.
- Public Health Service Drinking Water Standarts, U.S. Public Health Service. 1962.**
- RAVISHANKAR, B.R., BLAIS, J.F., BENMOUSSA, H. and TYAGI, R.D. 1994.** Bioleaching of metals from sewage sludge; elemental sulfur recovery. Journal of Environmental Engineering, p. 462 - 470, Canada.
- RAWLS, R. 1980.** Nitrogen fixation research advances. Chemical and Engineering News. p. 14 - 16.
- RISMAL, M. 1990.** Experience and the results of operating small wastewater treatment plants. Water Science and Technology, p. 267 - 273, Yugoslavia.
- ROUSE, H. and INCE, S. 1957.** History of hydraulics. Research Iowa.
- SALVADO, H. 1994.** Effect of mean cellular retention time on ciliated protozoan populations in urban wastewater treatment plants based on a proposed model. Water Research, p. 1315 - 1321, Spain.

- SAUVERGRAIN, P., TAZI-PAIN, A., ROGALLA, F. and VALTER, F. 1992.** Anaerobic biofiltration versus aerobic membrane filtration; Comparison on a difficult substrate. *Water Science and Technology*, p. 211 - 218, France.
- SEYFRIED, C.F. and HARTWING, P. 1992.** Design, operating results and experiences of two large-scale treatment plants with biological nitrogen and phosphate elimination. *Water Science and Technology*, p. 225 - 232, Prague.
- SHEKER, R. E., ARIS, R. M. and SHIEH, W. K. 1993.** Effects of fill strategies on SBR performance under nitrogen deficiency and rich conditions. *Water Science and Technology*, p. 259 - 266, Norway.
- SKOOG, D.A. and WEST, D.M. 1976.** *Fundamentals of Analytical Chemistry*. Rinehart and Winston, New York.
- Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmenliđi 4. 9. 1988.**
- TAŞTEKİN, M. 1994.** Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s. 38, Ankara.
- TSE 266 Drinking Waters.**
- Türkiye’de Çevre Politikaları. OECD 1992.**
- VUORIRANTA, P., MARIAM, H. and KAUTIA, E. 1993.** Organic carbon and nitrogen removal from wastewaters of single houses and small separate establishments using a simple sequencing batch reactor. *Water Science and Technology*, p. 243 - 249, Norway.
- Yeşil Çevre 2 Şubat 1994.**

ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Ankara'da doğdu. İlk, orta, lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 1989 yılında girdiği Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü'nden 1993 yılında Kimyager olarak mezun oldu. Ağustos 1996 - Eylül 1997 tarihleri arasında Kolej Ayşeabla Okullar Grubunda Uzman olarak görev yaptı. Temmuz 1997'de Selçuk Üniversitesi Fen-Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünün açmış olduğu Araştırma Görevlisi sınavını kazandı. Ekim 1993 - Eylül 1997 yılları arasında, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Analitik Kimya Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimini sürdürmektedir.

