

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI'nda**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Başkan :.....  
(Prof. Dr. Rukiye TIPIRDAMAZ)

Üye (Danışman) :.....  
(Prof. Dr. A.Cemal SAYDAM)

Üye ( Eş Danışman) :.....  
(Yrd. Doç. Dr. Selim L. SANİN)

Üye :.....  
(Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ)

Üye :.....  
(Yrd. Doç. Dr. Ayşegül LATİFOĞLU)

ONAY

Bu tez ...../...../..... tarihinde Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen yukarıdaki jüri  
üyeleri tarafından tarihinde kabul edilmiştir.

...../...../.....

Prof.Dr. Ahmet R. ÖZDURAL  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

**SAHRA TOZU'NUN BİYOLOJİK ARITIM  
PROSESİNE OLAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**AN INVESTIGATION OF EFFECT OF SAHARAN DUST ON  
BIOLOGICAL TREATMENT PROCESS**

**SİBEL EREN**

Hacettepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetmeliğinin

ÇEVRE Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

olarak hazırlanmıştır.

2006

# **SAHRA TOZU'NUN BİYOLOJİK ARITIM PROSESİNE OLAN ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Sibel EREN**

## **ÖZ**

Sahra her sene 1,5 milyar ton tozu çeşitli yönlerde atmosferik taşınım yolu ile kaybetmekte ve bunun 20 ila 30 milyon tonu Anadolu üzerinde kuru veya yağmurla çökelmektedir. Tozların insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri hakkında geniş bir bilgi birikimi varken bu tozların diğer bazı altyapılar, örneğin yollar, veya bazı tabii sistemler, örneğin topraklar, nehirler ve göller üzerindeki etkileri hakkında bilgi birikimi yoktur. Bir başka değişle biyolojik arıtım sistemleri için yağmur sadece mevsimlere göre salınım gösteren hidrolik yük olarak kabullenilmiştir. Bu bilgilere dayanarak çöl kökenli tozların biyolojik arıtım sistemleri üzerindeki olası etkileri laboratuvar ölçeğinde incelenmiştir.

Çalışmada karbon kaynağı olarak glikoz ve melas kullanılmıştır. Mikroorganizmalar ile glikoz/melas derişimleri arasında doğrusal bir bağlantı bulunmuştur. Karışımlara Sahra tozu ilave edildiğinde ise mikroorganizma sayılarında artış izlenmiştir.

Sahra tozu içeren karışımlara doğal atmosferik koşullarda karışma imkanı olmayan Farah (Afganistan kökenli) tozu ilave edildiğinde mikroorganizmaların daha da fazla ürediği gösterilmiştir.

**ANAHTAR SÖZCÜKLER:** Sahra Tozu, MLVSS, SVI, Aktif Çamur.

Danışman: Prof. Dr. A. Cemal Saydam, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Eş Danışman: Yrd.Doç.Dr. Selim L. Sanin, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

# **AN INVESTIGATION OF EFFECT OF SAHARAN DUST ON BIOLOGICAL TREATMENT PROCESS**

**Sibel EREN**

## **ABSTRACT**

On an annual basis approximately 1,5 billion tonnes of Saharan origin desert dust is lost through atmospheric transport in all directions and 20-30 million tonnes of it settles over Anatolia as wet or dry deposition. The adverse effects of dust on health is widely known but its possible effects on some other infrastructure such as roads and other natural systems like soils, rivers and lakes are not known at all. In other words, for biological treatment plants, rain events accepted only as a simple hydraulic load that fluctuates on an seasonal basis. Based on these information the possible impact of desert dust on biological treatment plants is investigated in laboratory scales.

Glucose and molasse were used as carbon sources throughout the study. Positive correlation is found amongst microorganisms and glucose/molasse concentrations. It has been shown that, upon addition of Saharan dust, microbial concentration enhanced considerably.

It has also been shown that upon addition of Farah (Afghan origin) soil to batches containing Saharan origin soil samples, something that can not take place under natural atmospheric conditions, the microbial growth is further enhanced.

**KEY WORDS:** Saharan dust, MLVSS, SVI, Floc, Activated Sludge.

Supervisor: Professor A. Cemal Saydam, Hacettepe University, Environmental Engineering Department

Co-Supervisor: Yrd.Doç.Dr. Selim L. Sanin, Hacettepe University, Environmental Engineering Department

## TEŞEKKÜR

Tez konusu seçimim ve çalışmalarım sırasında bana yön veren, desteğini esirgemeyen ve güvenini sürekli hissettiğim çok değerli Danışman Hocam Sn. Prof.Dr. A.Cemal Saydam'a

Tez dönemim boyunca bilgi ve tecrübelerini bana aktaran, her türlü yapıcı ve yönlendirici yardımlarını benden esirgemeyen, çalışmalarım sırasında kendisini örnek aldığım ve alacağım, sabır ve anlayışı ile birlikte en sıkıntılı anlarda bile desteği ve güvenini daima hissettiğim çok değerli Danışman Hocam Sn. Yrd.Doç.Dr. Selim L. Sanin'e

Laboratuar çalışmalarım sırasında bilgi ve tecrübeleriyle yardımcı olan, manevi açıdan desteğini sürekli yanımda hissettiğim Sn. Uzman Deniz Y. Sarıca'ya,

Çalışmaya zaman ayırdıkları ve fikirleri ile şekillenmesine destek oldukları için Sn. Prof. Dr. Rukiye Tıpırdamaz, Sn. Prof.Dr. Gülen Güllü, Sn. Yrd.Doç.Dr. Ayşegül Latifoğlu'na, tez çalışması sırasında göstermiş oldukları yardımlarından dolayı Çevre Mühendisliği Bölümü hocalarıma,

Her türlü desteği, yardımları ve sabrından dolayı Çevre Yük. Müh. arkadaşım Selcan Batuk'a, çalışma süresi boyunca dostluğu ve yardımları için Araştırma görevlisi arkadaşım Gonca Yılmaz'a

Analizlerim sırasında yardımcı olan Uzman Zühal Varol'a, Araştırma görevlisi arkadaşlarım Beyhan Oktar, Devrim Bağla, Sibel Menteşe, Ahmet Kılıçarslan'a ve tüm Çevre Mühendisliği Bölümü ailesine,

Her zaman sevgi ve varlıkları ile bana güç veren, güven ve anlayışlarını daima yanımda hissettiğim, bütün öğrenim hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, mutlu ve huzurlu bir aile ortamını bana tattıran sevgili aileme,

Sonsuz minnet ve teşekkürlerimi sunarım...

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

Sayfa No

ÖZ.....	iii
ABSTRACT.....	iv
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER .....	4
2.1. Çöl Tozları .....	4
2.1.1. Çöl Tozlarının Atmosferik Taşınımı.....	4
2.1.2. Sahra tozunun yapısı ve tozun bulut içerisindeki reaksiyonları.....	5
2.1.3. Çöl tozlarının insan ve çevre sağlığı üzerinde etkileri .....	8
2.1.4. Çöl tozlarının okyanuslar üzerindeki etkileri.....	9
2.2. Biyolojik Arıtım: Aktif Çamur Süreci .....	9
2.2.1. Aktif çamur süreçleri .....	10
2.2.1.1. Klasik aktif çamur süreçleri .....	10
2.2.1.2. Kademeli besleme aktif çamur süreçleri .....	11
2.2.1.3. Kontakt stabilizasyon aktif çamur süreci .....	11
2.2.1.4. Tam karışımli aktif çamur süreci .....	11
2.2.1.5. Uzun havalandırmalı aktif çamur süreci .....	11
2.2.1.6. Saf oksijenle havalandırmalı aktif çamur süreci .....	12
2.2.1.7. Seçici aktif çamur süreci ( Selector Activated Sludge).....	12
2.2.1.8. Ardışık kesikli reaktör aktif çamur süreci.....	12
2.3. Aktif Çamur Sistemlerinde Performansı Etkileyen Parametreler.....	13
2.3.1. Flok oluşumu ve filamentli bakterilerin gelişimi .....	13
2.3.2. Çamur alıkonma süresi (SRT) .....	13
2.3.3. MLSS konsantrasyonu.....	13
2.3.4. Çözünmüş Oksijen.....	14
2.3.5. Oksijen transferi ve karışımı .....	14
2.3.6. Besin maddeleri .....	14
2.3.7. Sıcaklık .....	14
2.4. Aktif Çamur Sistemlerinde Karşılaşılan Problemler .....	15
2.4.1. Deflokülasyon .....	15
2.4.2. İğne uçlu yumaklar (Pin-Point Flok) .....	15
2.4.3. Köpürme .....	15
2.4.4. Şişkin çamur – çamur kabarması.....	16
2.4.5. Septik çamur.....	16
2.4.6. Denitrifikasyon .....	17
2.4.7. Mikroorganizma büyüme evreleri.....	17
2.4.7.1. Adaptasyon dönemi (lag faz) (1).....	18
2.4.7.2. Logaritmik (üstel) büyüme dönemi (2).....	18
2.4.7.3. Yavaşlama dönemi (3).....	18
2.4.7.4. Durgun büyüme dönemi (4) .....	19
2.4.7.5. Ölüm dönemi (5).....	19
2.4.8. Aktif çamur sisteminin biyokinetiği .....	19

3. TEZ HİPOTEZİ .....	25
4. MATERYAL VE METOT .....	26
4.1. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) .....	29
4.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Analizi .....	29
4.3. Organik Madde İçeriği .....	29
4.4. Toplam Organik Karbon .....	29
4.5. Nitrit ( $\text{NO}_2^-$ ) .....	30
4.6. Nitrat ( $\text{NO}_3^-$ ) .....	30
4.7. Sülfat ( $\text{SO}_4^{=}$ ) .....	30
4.8. Mikroorganizma Miktarlarının Belirlenmesi .....	31
4.9. Çamur Hacim İndeksi (ÇHI) .....	31
4.10. Glikoz Analizi .....	31
4.11. Toprak Numuneleri İçin pH Ölçümü .....	31
5. DENEYSEL SONUÇLAR .....	33
5.1 Sahra Tozunun Tanımlanması .....	33
5.1.1. Sahra Tozunun Çevresel Özelliklerinin İrdelenmesi .....	33
5.1.2. Sahra Tozu'nun pH'nın Ölçülmesi .....	33
5.2. Sahra Tozunun Mikrobiyal Aktivite Üzerindeki Etkilerinin İrdelenmesi .....	34
5.2.1. Sahra Tozunun Karbon Kaynağı Olarak Glikoz Kullanılan Mikrobiyal Popülasyonlar Üzerindeki Etkilerinin İrdelenmesi .....	34
5.2.1.1. Set 1-2 Değerlendirme (2.5 g/L Glikoz) .....	34
5.2.1.2. Set 4-5 Değerlendirme ( 2.5 g/L Glikoz ) .....	36
5.2.1.3. Set 6-7 Değerlendirme .....	39
5.2.1.4. Set 8 Değerlendirme .....	40
5.2.1.5. Set 9 Değerlendirme .....	43
5.2.2. Sahra Tozunun Karbon Kaynağı Olarak Melas Kullanılan Mikrobiyal Popülasyonlar Üzerindeki Etkilerinin İrdelenmesi .....	45
5.2.2.1. Karbon Kaynağı Olarak Düşük ve Yüksek Konsantrasyonda Melas Kullanılan Reaktörlerdeki Mikrobiyal Aktivite .....	45
5.2.2.2. Karbon Kaynağı Olarak Yüksek Konsantrasyonda Melas Kullanılan Reaktörlerdeki Mikrobiyal Aktivite .....	49
5.2.3. Farklı Çöl Kökenli Tozların (Sahra - Farah) Laboratuar Koşullarında Karıştırılarak Ortamdaki Mikrobiyal Aktivitenin İrdelenmesi .....	52
5.2.4 Karbon Kaynağı Olarak Farklı Konsantrasyonlarda Glikoz Kullanılan Reaktörlerde Mikroorganizma Popülasyonlarının Spesifik Üreme Hızları .....	55
6. GENEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA .....	56
7. ÖNERİLER .....	58
KAYNAKLAR .....	59
EKLER DİZİNİ .....	62
ÖZGEÇMİŞ .....	80

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa

Şekil 2.1. Sahra çöllerinden Akdeniz'e toz taşınımını gösteren MODIS uydu görüntüsü (24 Şubat 2006) <a href="http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/gallery/2006055224/Egypt.A2006055.1135.115x150.jpg">http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/gallery/2006055224/Egypt.A2006055.1135.115x150.jpg</a> .....	5
Şekil 5.1. 1 numaralı reaktöre (R1: 2.5 g/L Glikoz) ait mikroorganizma büyüme eğrisi.....	34
Şekil 5.2. 2 numaralı reaktöre (R2: 2.5 g/L Glikoz) ait mikroorganizma büyüme eğrisi.....	35
Şekil 5.3. Set 4, mikroorganizma miktarının zamana göre değişimi. ....	36
Şekil 5.4. Set 4, mikroorganizma üreme hızları. ....	36
Şekil 5.5. Set 4, absorbans- glikoz değişimi grafiği. ....	37
Şekil 5.6. Set 5, mikroorganizma miktarının zamana göre değişimi. ....	37
Şekil 5.7. Set 5, mikroorganizma büyüme hızı. ....	38
Şekil 5.8. Set 5, glikoz – mikroorganizma miktarı arasındaki ilişki.....	38
Şekil 5.9. R1-R2-R3-R4 Reaktörlerinde mikroorganizma miktarının zamana göre değişimi.....	39
Şekil 5.10. MLVSS konsantrasyonunun ortamdaki glikoz konsantrasyonuna göre değişimi.....	40
Şekil 5.11. Mikroorganizma Miktarlarındaki Değişim.....	41
Şekil 5.12. Reaktörlerdeki MLVSS miktarının zamana göre değişimi.....	42
Şekil 5.13. MLVSS konsantrasyonunun ortamdaki glikoz konsantrasyonuna bağlı olarak değişimi.....	43
Şekil 5.14. Kompozisyonlarında eşit miktarda sahra tozu ve farklı konsantrasyonlarda glikoz bulunduran reaktörlerde mikrobiyal dengeye ulaşıldığında ölçülen MLVSS konsantrasyonları.....	44
Şekil 5.15. Set 8 ve Set 9 MLVSS (mg/L) karşılaştırılması.....	45
Şekil 5.16. Reaktörlerde aklimasyon süresinde gözlenen mikrobiyal üreme.....	48
Şekil 5.17. Organik yükleme sonrası reaktörlerde görülen mikrobiyal aktivite.....	48
Şekil 5.18. Mikroorganizma miktarının zamana göre değişimi.....	49
Şekil 5.19. Mikroorganizma miktarlarının zamana göre değişimi (0-50 saat). ....	50
Şekil 5.20. Mikroorganizma miktarlarının zamana göre değişimi (0-2500 saat). ..	50
Şekil 5.21. Deney düzeneklerinde görülen mikroorganizma miktarlarındaki zamana bağlı değişimin doğrusal irdelenmesi.....	51
Şekil 5.22. Reaktörlerde ölçülen MLVSS konsantrasyonları. ....	52
Şekil 5.23. Çöl tozlarının mikroorganizma miktarlarının değişimine olan etkileri. .	53
Şekil 5.24. Mikroorganizma popülasyonlarına ait spesifik üreme hızı. ....	54
Şekil 5.25. Reaktörlere ait MLVSS konsantrasyonları. ....	54
Şekil 5.26. Spesifik üreme hızının glikoz konsantrasyonuna göre değişimi.....	55



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa

Çizelge 2.1. Aktif çamurun çamur hacim indeksine bağlı olarak çökme özellikleri .....	13
Çizelge 4.1. Besin Çözeltisi Kompozisyonu .....	26
Çizelge 4.2. Karbon kaynağı glikoz olan reaktör içerikleri (I) .....	26
Çizelge 4.3. Karbon kaynağı glikoz olan reaktör içerikleri (II) .....	27
Çizelge 4.4. Karbon kaynağı melas olan deney düzenekleri kompozisyonu. ....	28
Çizelge 4.5. Reaktörlerin tanımlanması.....	28
Çizelge 4.6. Toprak numunelerinin pH değerlerine göre sınıflandırılması .....	31
Çizelge 5.1. Sahra tozunun özellikleri .....	33
Çizelge 5.2. Sahra Tozu pH Ölçüm Sonuçları .....	34
Çizelge 5.3. Farklı glikoz konsantrasyonlarında reaktörlerin denge halindeki MLVSS (mg/L) konsantrasyonları .....	40
Çizelge 5.4. Mikrobiyal dengeye ulaşıldığında reaktörlerde ölçülen MLVSS (mg/L) değerleri .....	43
Çizelge 5.5. Mikrobiyal dengeye ulaşıldığında reaktörlerde ölçülen MLVSS (mg/L) değerleri .....	44
Çizelge 5.6. Set 8 ve Set 9 da farklı glikoz konsantrasyonlarındaki MLVSS ölçüm sonuçları.....	45
Çizelge 5.7. Reaktörlerde gözlenen mikroorganizma konsantrasyonları, arıtım oranları ve çökme özellikleri .....	47
Çizelge 5.8 Reaktörlerde gözlenen mikroorganizma konsantrasyonları, arıtım oranları ve çökme özellikleri .....	52
Çizelge 5.9 Reaktörlerdeki mikroorganizma popülasyonlarına ait üreme denklemleri.....	53

## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

TOK	Toplam Organik Karbon
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
SVI = ÇHI	Çamur Hacim İndeksi
MLSS	Mixed Liquor Suspended Solids (Askıdaki katı maddeler)
MLVSS	Mixed Liquor Volatile Suspended Solids (Askıdaki uçucu katı maddeler)
F/M	Besin/Mikroorganizma
SRT	Çamur Bekleme Süresi = Çamur Yaşı
$\mu$	Spesifik Mikroorganizma Üreme Hızı
R	Korelasyon Katsayısı
SAN	Sahra Aydınlik Nütrient (ışıklandırılmış sahra tozu ve besin içeren reaktör)
SKN	Sahra Karanlık Nütrient (ışıklandırılmamış sahra tozu ve besin içeren reaktör)
SA	Sahra Aydınlik (ışıklandırılmış sahra tozu içeren reaktör)
N	Nütrient (sadece besin içeren reaktör)
(-)	Musluk suyu içeren reaktör

## 1. GİRİŞ

Hızlı nüfus artışı ve endüstriyel gelişme sonucunda kişi başına kullanılan su miktarı da artmaktadır. Kullanılan suların büyük bir kısmının atıksu olarak geri döndüğü düşünüldüğünde bu atıksular doğal ortamın taşıma kapasitesini zorlayarak alıcı ortamlarda kirliliğe neden olmaktadır. Oluşan bu atıksuların arıtımında fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım yöntemleri kullanılmaktadır.

Bu yöntemlerden fiziksel arıtım ile atıksu bünyesindeki iri maddeler ayrılır. Fiziksel arıtma; ızgaralar, elekler, kum tutucular, yüzer madde tutucular, dengeleme, karıştırma, yumaklaştırma, çöktürme ve yüzdürme ünitelerinden oluşmaktadır. Kimyasal arıtım da; fiziksel arıtımda giderilemeyen askıda katı maddelerin kimyasal maddeler yardımı ile yumaklaştırılıp çöktürülmesi işlemidir. Bu yöntemde başlıca kullanılan çöktürücüler, şap (alüm), kireç,  $FeSO_4$ ,  $FeCl_3$  ve Fe (III) sülfattır. Biyolojik arıtma ise, fiziksel ve kimyasal yollarla atıksudan ayrılmayan organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından parçalanarak atıksudan uzaklaştırılması işlemidir. Biyolojik arıtma sistemleri, ortamdaki oksijen varlığına göre havasız (anaerobik) ve havalı (aerobik) olarak sınıflandırılmaktadır.

Bu çalışmada da, aerobik bir arıtma çeşidi olan aktif çamur sistemi laboratuvar şartlarında uygulanarak deneyler yapılmıştır. Arıtım esası, oksijen ihtiyacına sahip olan maddelerin mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri ile son ürünlere dönüştürülmesi ve yüksek kalitede çıkış suyu elde edilmesine dayanmaktadır (Toprak, 1999). Bu süreç esnasında, suyun içerisindeki mikroorganizmalar, kısmen çözülmüş, kısmen asılı haldeki organik maddeleri hücrelerini kurmak ve enerji elde etmek için kullanırlar ve hızla çoğalırlar. Bu sırada organik maddenin bir kısmı yanarak  $CO_2$ 'e dönüşür, diğer kısım ise hücre oluşturulmasında kullanılır. Çoğalan mikroorganizmalar birbirine ve suda asılı olan maddelere tutunarak yumakları oluştururlar. Yumakların çöktürülmesi esnasında tabana çöken katı maddelere **aktif çamur** adı verilir. Aktif çamur, canlı mikroorganizmalardan ve onlara yapışmış asılı ve ipliksi maddelerden meydana gelir (Muslu, 1996).

Atıksuların arıtımında en yaygın olarak kullanılan aktif çamur süreci ilk olarak 20. yüzyılın başlarında Arden ve Lockett'in yaptığı çalışmalar sonucunda keşfedilmiştir (Grady et al.,1999). Bu yöntem ilk defa İngiltere'nin Manchester kentinde kentsel atıksuların arıtımında kullanılmıştır (Toprak, 2000).

Atıksu arıtımında en çok tercih edilen aktif çamur sürecinin performansının genel olarak atıksuyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinden etkilenmesinin yanı sıra çevresel faktörlerden de etkilendiği bilinmektedir. Çevresel faktörlerin mevsimsel veya yağışa bağlı olarak değişen debi ve kirletici yükündeki farklılıklarla sınırlı olduğu düşünülmektedir. Bu görüşün arıtma tesislerindeki etkileşimleri tam olarak yansıtmadığını düşündürecek diğer bir faktör ise Afrika'dan taşınan tozlardır.

Atmosferik taşınım ile çöl kökenli tozların uzun mesafelere taşındığı uzun zamandır bilinmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar taşınan çöl kökenli toz miktarının ülkemiz için milyonlarca tonla ifade edilebilen rakamlara ulaştığını göstermektedir. Uzun dönemli çalışmalar yıllık ortalama toz yükünün 20 milyon ton seviyesine ulaşabileceği ancak bunun %80'e varan kısmının Mart-Nisan ayları içerisinde ve her biri birkaç günlük periyotlar halinde Anadolu'ya ulaştığını göstermektedir (Kubilay ve Saydam, 1995; Kubilay ve diğerleri, 2000).

Saydam ve Şenyuva (2002) çöl kökenli tozların kil mineralleri yanı sıra bakteri ve mantar içerdiklerini, uzun dönemli taşınım sürecinde bu karışımın bulut içerisinde su ile temas etmesi sonucunda bakteri ve mantar sporlarının kısa bir zaman içerisinde (15 dakika) faal hale geçerek, okzalat çıkardıklarını göstermişlerdir. Yakın zamana kadar atmosferde asetat ve formaldehitin yanı sıra bol olarak bulunan okzalat atmosferik kirleticiler içerisinde sınıflandırılmış ve kaynağı endüstriyel atıklara bağlanmıştır (Christina vd, 2003). Yapılan çalışma bu olasılığı ortadan kaldırmamakla beraber okzalatın bazı çöl kökenli toprakların içeriğinde bulunan bakteri ve mantarlar tarafından üretilebileceğini göstermiştir. Atmosferik taşınım sürecinde oluşan okzalatın, bakteri ve mantarların kil mineraline yapışmasını ve mineral yapıda bulunan demiri kullanarak demir okzalat oluşumuna neden olduğu düşünülmektedir. Yine atmosferik taşınımın gerçekleştiği enlem, boylam ve yükseklikte yeterli güneş enerjisi mevcut ise dekarboksilasyon reaksiyonu sonucunda ortama indirgenmiş demir, karbondioksit ve karbonil radikali çıkmaktadır. Bu yağışlar yerküreye indirgenmiş demir açısından zenginleşmiş suları indirmektedir. Bilindiği üzere demirin tabiattaki canlılar tarafından kullanılabilir hali indirgenmiş halidir, ancak bu haldeki demir kararsızdır ve hemen kullanılmadığı takdirde tekrar kararlı hale dönüşmektedir. Tabiatta bu demiri hemen

kullanacak mekanizma ise yine bu demirin oluşumuna aracılık etmiş olan bakteri ve mantarlardır. Dolayısı ile arıtım tesislerine gelen yağmur ve kanalizasyon suları belirli dönemlerde kullanılabilir demir açısından zenginleşmiş veya ortamdaki bakteriyolojik hayatı olumlu yönde desteklemiş sulardan oluşmaktadır. Bu yaklaşım ile arıtım tesislerine gelen suların debisindeki artış sadece hidrolik yükün artması olarak değil belirli dönemlerde bakteriyolojik zenginleşmiş sular olarak da değerlendirilmelidir.

Bu çalışmada sahra tozunun yeterli güneş enerjisi ile aktifleşmesinin aktif çamur sistemlerine olan etkileri laboratuvar koşullarında incelenmiştir. Deneyler sırasında, Sahra tozunun aktivasyonu halojen lambalar kullanılarak sağlanmıştır. Deney setlerinde karbon kaynağı olarak glikoz ve melas kullanılmıştır. Reaktörlerde biyolojik kararlılık optik yoğunluk ile ölçüldükten sonra analizlere geçilmiş ve deney süresince TOK, SVI, MLSS, MLVSS ve optik yoğunluk ölçümleri yapılmıştır. Deneyler sırasında kullanılan çöl tozların (Sahra-Farah) kimyasal ve mineralojik karakterizasyonlarının belirlenmesi için nitrit, nitrat, sülfat, organik madde ölçümleri yapılmıştır.

Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde Sahra Tozu'nun biyolojik arıtma tesislerinin çalışmalarına etkisinin olabileceği laboratuvar ortamında gözlemlenmiştir.

## 2. GENEL BİLGİLER

### 2.1. Çöl Tozları

#### 2.1.1. Çöl Tozlarının Atmosferik Taşınımı

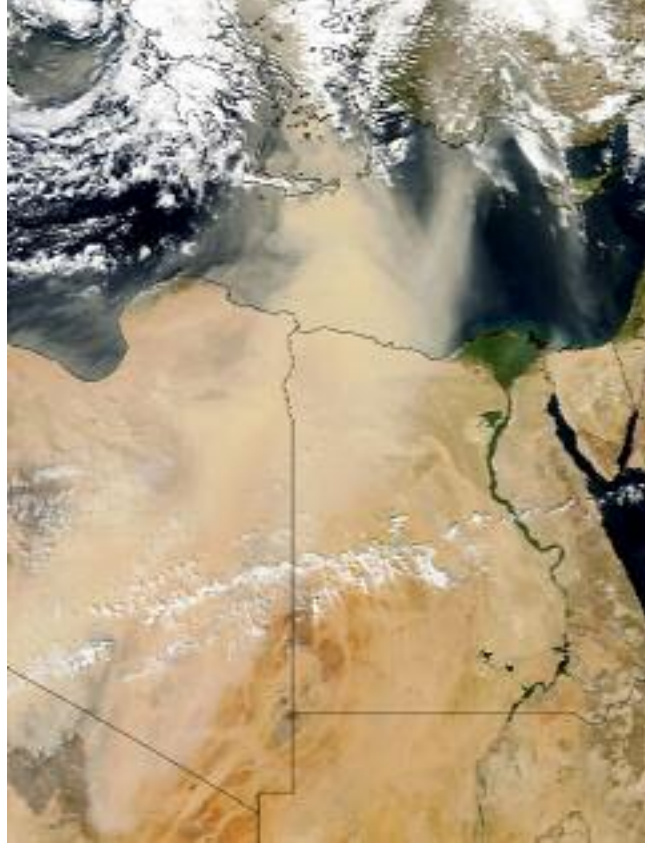
Yeryüzünün yaklaşık beşte biri çöllerle kaplıdır. Meteorolojik olaylar ile Kuzey Afrika'da Sahra ve Namibya Çöllerinden, Asya'da Gobi, Kuzey Amerika'da Meksika, Güney Amerika'da Arjantin Çölleri ve Avustralya'da bulunan çöllerden atmosfere büyük miktarlarda mineral toz taşınmaktadır (Pease et al., 1998).

Bu çalışmaya da kaynak olarak kullanılan Sahra tozu dünya çöllerinden daha fazla rüzgarlarla taşınabilen toz üretmektedir (Goudie et al, 2001, Yaalon, 1995). Atmosferik taşınım ile 10 mikrondan küçük çöl kökenli tozların binlerce kilometre uzaklıklardaki yerlere taşınabildiği uzun zamandan beri bilinmektedir. Son yıllarda yapılan çalışmalar taşınan çöl kökenli toz miktarının ülkemiz için milyonlarca tonla ifade edilebilen rakamlara ulaştığını göstermektedir. Uzun dönemli çalışmalar senelik ortalama toz yükünün 20 milyon ton seviyesinde ulaşabileceğini ancak bunun %80'e varan kısmının Mart-Nisan ayları içerisinde ve her biri birkaç günlük periyotlar halinde Anadolu'ya ulaştığını göstermektedir (Kubilay ve Saydam, 1995; Kubilay vd, 2000). Sahra tozlarının iklimsel süreçlerle; besin döngüsünde, toprak oluşumu ve sediment devrinde önemli etkiye sahiptir (Goudie et al, 2001).

Sahra kökenli tozların küresel dağılımı, teknolojinin gelişmesi ile birlikte uydular aracılığıyla toplanan veriler ile izlenmektedir. Atmosferdeki toz taşınımı konusunda yayınlanan ilk makaleler, tozun ne kadar yayılım gösterdiği, belirli noktalara ne zaman daha yoğun olarak geldiği, gelen tozların mineral yapısı, elementel dağılımı, manyetik özelliklerinin incelenmesi şeklinde olmuştur. Uzun süreli atmosferik toz izleme programlarının gelişmesi sayesinde tozların zaman içerisindeki dağılımları ve toz taşınım olayının boyutları hakkında net bilgilere ulaşılmıştır.

Yakın zamana kadar meteoroloji uyduları (Meteosat ve GEOS vb) ve NOAA'nın TIROS-N (Television Infrared Observation Satellites) serisi uydularında bulunan AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) algılayıcıları kullanılmıştır. 1990'lı yılların ikinci yarısında detaylı renkli görüntülerine SeaWiFS uydusu aracılığı ile ulaşılabilirken ([http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgihrs/seawifs\\_browse.pl](http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgihrs/seawifs_browse.pl)) daha sonra ERS ve ENVISAT uyduları devreye girmiştir. Son yıllarda ise MODIS

ve TERRA uyduları ile çok kanallı ve 250 m çözünürlükteki uydu verilerine ulaşılabilir. Uydu geçişini takip eden birkaç saat içerisinde küresel toz taşınımına ait olan işlenmiş veriler internet ortamında yayımlanmaktadır (<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>).



Şekil 2.1. Sahra çöllerinden Akdeniz'e toz taşınımını gösteren MODIS uydu görüntüsü (24 Şubat 2006)  
<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/gallery/2006055224/Egypt.A2006055.1135.115x150.jpg>

### 2.1.2. Sahra tozunun yapısı ve tozun bulut içerisindeki reaksiyonları

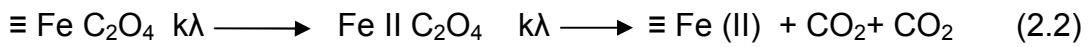
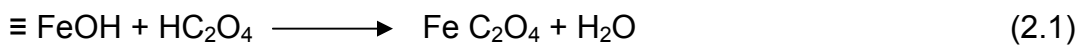
Sahra tozu; kil ve kuvars partiküllerinin demir oksitlerle birleşmesiyle oluşmaktadır (Holmes and Miller, 2004). Güneybatı Texas'ta Temmuz ve Ağustos aylarında Sahra tozu taşınımının gerçekleştiği dönemlerde kuru aerosol dağılımı 0.05-20  $\mu\text{m}$  arasında ölçülmüş olup bu dönemde ölçülen numunelerde yüksek konsantrasyonda sülfat tespit edilmiştir (Hand et al., 2002). Yapmış olduğumuz laboratuvar çalışmaları sırasında yüksek konsantrasyonda sülfat bulunmuştur. Avrupa üzerinden alınan Sahra tozu örnekleri içerisinde  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 'e baskın olarak rastlanmıştır (Goudie et al., 2001). Kanarya Adaları'nda toz taşınımının olduğu zamanlarda yapılan ölçümlerde  $\text{SiO}_2$  ve  $\text{Al}_2\text{O}_3$  için ölçülen değerler toz

taşınımın olmadığı zamanlara göre 46 kat daha fazla olup bu faktör K, Ti, Ca, Fe, Mn, Mg ve Ba için 14-25 kat daha fazla ölçülmüştür (Viana et al., 2002). Sahra tozunun atmosferik taşınım ile etkileri üzerine bu tip çalışmalar yapılmıştır ve bilim dünyasında halen daha konu ile ilgili olarak yeni çalışmalar yapılmaktadır.

Sahra tozunun Kuzey Afrika ve çevresinden kalkıp atmosferik taşınım ile hızla Atlantik Okyanusu, Akdeniz, Kızıl Deniz, Amerika, Avrupa ve Orta Doğu'ya ulaşması sonucunda nütrient dinamiği, okyanus ve karasal ortamlarda biyokimyasal ve jeokimyasal döngü üzerinde önemli etkilere sahiptir ( Goudie et al., 2001).

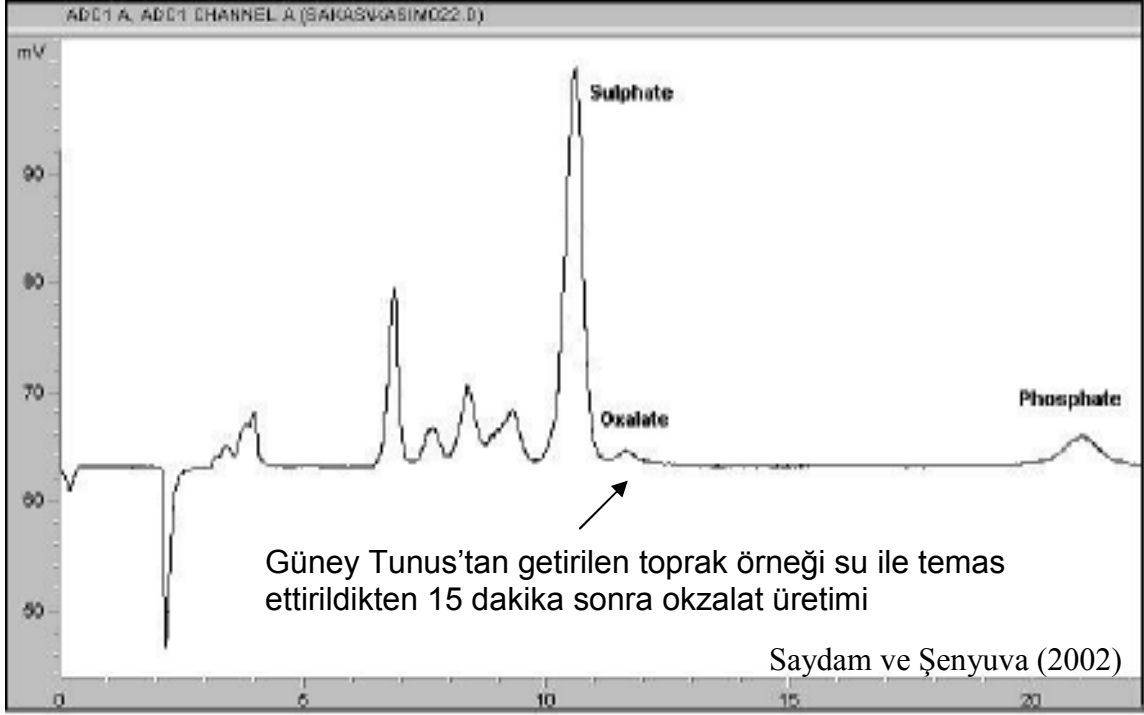
Çöl kökenli tozların kil minerallerinin yanı sıra bakteri ve mantar içerdiklerini, uzun mesafeli taşınım sürecinde bu karışımın bulut içerisinde su ile temas etmesi sonucunda bakteri ve mantar sporlarının 15 dakika gibi kısa bir zaman içerisinde aktif hale geçtiğini ve ortama okzalat çıkardıkları gösterilmiştir (Saydam ve Şenyuva, 2002). Çöl tozlarının taşınımı sürecinde atmosfere çok miktarda bakteri ve mantar çıkarmaktadır (Griffin et al., 2001). Sulzberger and Laubsherrer, (1995) tarafından gösterilen reaksiyon mekanizmasında demir oksitlerden Hematit, Geotit ve Lepidokrosit kullanılmış ve indirgeyici olarak da atmosferde bol bulunan okzalat seçilmiştir.

Reaksiyon mekanizması aşağıda verilmektedir.



Atmosferde ölçülen okzalatın endüstriyel kirlilikten kaynaklandığı bilinmektedir. Saydam ve Şenyuva (2002) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda çöl kökenli tozların içerisindeki bakteri ve mantarlar tarafından okzalat üretildiği gösterilmiştir. Virgin adalarında toplanan hava örnekleri ile yapılan çalışmalarda Afrika'dan toz geldiği dönemlerde hava ile taşınan mikroorganizma sayısının normal atmosfer koşullarındakinden 2-3 kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Griffin et al., 2001) Bugün dahi endüstriyel boyutlarda okzalik asit Aspergillus niger kullanılarak elde edilmektedir (Sushil et al., 2005).





Şekil 2.2. Sahra tozunun ıslatılmasından 15 dakika sonra okzalit üretimini gösteren IC kromatogramı

Saydam ve Şenyuva (2002)'nin laboratuvar koşullarında yaptıkları deneylerde çöl tozunun ıslatılmasından 15 dakika sonra bakteri ve mantarlar tarafından okzalit üretildiği gösterilmiştir (Şekil 2.2.). Bu reaksiyonun gerçekleşmesinden sonra bakteri ve mantarlar tozun yapısında bulunan kil minerallerinin yüzeyine yapışmakta ve kristal yapılarına girebilmektedirler. Kil minerallerinin yapı taşında bulunan demir ile reaksiyona girip demir okzalit oluşturmaktadırlar. Reaksiyonların oluşumu sırasında demir okzalit yeterli güneş enerjisi olduğunda ligandan metale yük transferi yapmakta ve dekarboksilasyon reaksiyonunu ile parçalanmaktadır. Bu reaksiyon sonucunda oluşan karbonil radikali bir başka geri kazanım mekanizmasını daha tetikleyebilmekte ve yeni bir yüzeyle veya oksijen ile veya yeni bir Fe (III)'ü çözebilmektedir (Zhuang et al., 1992).

Bulut içerisinde yeterli güneş enerjisi seviyesine ulaşıldığında (2.1) ve (2.2) reaksiyon mekanizmaları ile indirgenmiş demir üretilebilmektedir. Dekarboksilasyon reaksiyonunun gerçekleşmesi için gerekli olan ışık ortadan kaldırılınca indirgenmiş demirin (Fe II) zamanla azaldığı ve Fe (III)'e okside olduğu laboratuvar koşullarında gösterilmiştir. Doğada da bu olay güneş enerjisinin belirli

seviyenin altına düşmeye başlamasıyla daha uzun süre içerisinde gerçekleşmektedir.

### **2.1.3. Çöl tozlarının insan ve çevre sağlığı üzerinde etkileri**

Afrika Kıtası'ndaki ülkelerde meydana gelen çöl fırtınaları esnasında solunum sisteminde biriken toz partikülleri içerisindeki mikroorganizmaların menenjit hastalığına yol açabileceği ileri sürülmektedir (Afeti and Resh, 2000).

Griffin et al., (2001) Virgin Adalarında topladıkları hava örnekleri ile yaptıkları çalışmalarda; Afrika'dan toz geldiği dönemlerde hava ile taşınan mikroorganizma sayısının normal atmosfer koşullarındakinden 2-3 kat daha fazla olduğu sonucuna varmışlardır. Hava örneklerindeki mikroorganizma sayımı sırasında epifluorescent mikroskop kullanılmıştır. Afrika'dan toz geldiği dönemlerde bakteri ve virüs benzeri partiküller temiz atmosfer koşullarına göre yaklaşık bir log daha yükseklikte olup, fototrof özellikle olan autofluorescence bakteri sadece tozun geldiği dönemlerde görülmüştür.

Afrika'dan toz geldiği dönemlerde Karayip Adaları açığında deniz üzerinden toplanan atmosferik örneklerde salgın hastalıklara neden olan *Aspergillus sydowii* funguslarına rastlanmıştır. Çöl tozlarının dünya'da bazı salgın hastalıklara kaynak olduğu teşhis edilmiştir.

Bu hastalıklar;

- (1) çöl çekirgelerinde Aspergillosis,
- (2) insanlarda Coccidiomycosis,
- (3) İnsanlarda AI Eskin hastalığı
- (4) insanlarda akciğer sendromu (Griffin et al., 2001)

Sahra tozunun *Trametes versicolor* ve *Pleurotus sajor-caju* fungus türleri üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda Sahra tozunun fungusların gelişimde etkili olduğu ve Sahra tozunun mikroorganizmalar için besin sağladığı aynı zamanda tehlikeli organik maddelerin biyolojik olarak parçalanması için doğal bir ortam oluşturduğu gösterilmiştir (Sanin et al., 2005).

#### **2.1.4. Çöl tozlarının okyanuslar üzerindeki etkileri**

Uzun mesafeli taşınım sayesinde çöl tozları sadece kendilerine komşu denizlerde değil daha uzak denizlerde de etkilerini göstermektedir. Çöl kaynaklarından çok uzakta olan okyanuslarda alg patlamaları nedenin bu tozları ilk olarak Martin et al., (1994) tarafından ortaya atılmıştır. Bu tozlar taşıdığı bakteri ve mantarlar sayesinde kullanılabilir demir üretebilmektedir (Saydam and Şenyuva, 2002).

Günümüzde uydu teknolojileri ile çöl kökenli tozlar renk özellikleri ile alg patlamalarının olduğu dönemlerde SeaWifs uydu verileri ile gözlemlenebilmektedir. Okyanus yüzeyinin güneş ışığını yansıtma kapasitesi az olmasına karşın Emiliania Huxley patlamaları döneminde Emiliania Huxley'ı oluşturan kalsiyum karbonat kabuklarının güneş ışını yansıtma katsayısını %25 oranında artırması ile 15 günlük hayat evresine sahip olan Emiliania Huxley alginin kokolitlerini yaymaya başladığı 6. ve 7. günlerinde gözlenebilmektedir.

Gelişen teknoloji denizlerde nanogram seviyesinde çözünmüş demir ölçümüne olanak sağlamıştır (Martin et al., 1994). Yapılan deneylerde denizlerdeki alg patlamalarının denize yapay olarak eklenen demir ile tetiklenebildiği ve alg patlamalarının atmosferdeki karbondioksit miktarını azaltabileceği gösterilmiştir. Demirin kararlı hali olan +3 oksidasyon halidir ve biyolojik yaşam tarafından kullanılamaz. Yani, denize ilave edilen demirin biyolojik yaşam tarafından kullanılabilen Fe (II) formunda olması gerekmektedir. Saydam and Şenyuva (2002) da çöl kökenli tozların hangi şartlarda Fe (II) üretebildiklerini göstermişlerdir.

#### **2.2. Biyolojik Arıtım: Aktif Çamur Süreci**

Günümüzde atıksuların biyolojik arıtımında en yaygın olarak kullanılan aktif çamur süreci ilk olarak Arden ve Lockett'in 1913-1914 yıllarında yaptıkları çalışmalar sonucunda keşfedilmiştir (Grady et al, 1999). Aktif çamur sürecinin ilk uygulaması İngiltere'nin Manchester kentinin atıksularının arıtılması amacı ile uygulanmıştır (Toprak, 1999).

Aktif çamur süreci, arıtımı gerçekleştiren mikroorganizmaların askıda büyüme özelliklerine sahip olduğu bir aerobik biyolojik arıtma yöntemidir. Arıtım esası, oksijen ihtiyacına sahip olan maddelerin mikroorganizmaların metabolik faaliyetleri ile son ürünlere dönüştürülmesi ve yüksek kalitede çıkış suyu elde edilmesine

dayanmaktadır (Toprak, 1999). Bu süreç esnasında, suyun içerisindeki mikroorganizmalar, kısmen çözülmüş, kısmen asılı haldeki organik maddeleri hücrelerini kurmak ve enerji elde etmek için kullanırlar ve hızla çoğalırlar. Bu sırada organik maddenin bir kısmı yanarak CO<sub>2</sub> haline gelir (ıslak yanma). Diğer kısım ise hücre oluşturulmasında kullanılır. Çoğalan mikroorganizmalar birbirine ve suda asılı olan maddelere tutunarak yumakları (flokaları) oluştururlar. Yumakların çöktürülmesi esnasında tabana çöken katı maddelere **aktif çamur** adı verilir. Aktif çamur, canlı mikroorganizmalardan ve onlara yapışmış asılı ve iplikli maddelerden meydana gelir (Muslu, 1996).

Aktif çamur sisteminde kullanılan önemli kısaltmalar aşağıda verilmiştir.

F/M: Besin; mikroorganizma oranı ya da proses yükleme faktörü; (kg BOİ<sub>5</sub>/gün/kg MLVSS)

MLSS: Havalandırma havuzu karışımındaki askıdaki katıların oranı; ( mg/L)

MLVSS: Havalandırma havuzundaki askıdaki uçucu katıların oranı; (mg/L)

SRT: Çamur bekleme süresi ya da çamur yaşı, havalandırma havuzundaki toplam MLVSS/günde atılan kg VSS, net katı üretimi, mg/L

SVI: Çamur hacim indeksi; 1000 ml mezürde 30 dakika çöktürülmüş MLSS (SVI=ÇHI= (ml çökmüş çamur × 1000)/(mg/L SS))

## **2.2.1. Aktif çamur süreçleri**

### **2.2.1.1. Klasik aktif çamur süreçleri**

Klasik aktif çamur sistemleri 0.15-0.40 kg BOİ<sub>5</sub> / kg MLSS.gün arasında değişen F:M oranını sağlayacak şekilde çalışmaktadır. Başarılı bir son çökeltme sağlanması halinde %90-95 oranında BOİ<sub>5</sub> giderimi sağlanabilmektedir. MLSS konsantrasyonları 1500-4000 mg/L arasında değişmektedir (Toprak, 1999). Klasik aktif çamur sistemlerinin tasarımında çamur yaşı 3.5-7.0 gün arasında değişmektedir. Yaygın olarak kullanılan bu uygulamada çıkış suyunda yüksek arıtım elde edilmektedir ve sistem şok yüklere de dayanıklıdır (Topacı, 2000).

### **2.2.1.2. Kademeli besleme aktif çamur süreçleri**

Kademeli besleme aktif çamur süreçlerinde besleme konsantrasyonları, akış hızı v.s. sisteme ait karakteristik özellikler reaktör boyunca eşit dağılım göstermektedir (Grady et al,1999).

### **2.2.1.3. Kontakt stabilizasyon aktif çamur süreci**

Bu tür sistemler besin girişinin olduğu kısa alıkonma süreli bir temas tankı, son çökeltme havuzu ve alıkonma süresi temas tankınıninkinden altı kat daha fazla olan bir çamur stabilizasyon tankından oluşmaktadır. Bu tür süreçler düşük atıksu debisine ve yüksek çamur yaşına sahip sistemlerde yaygın olarak kullanılmaktadır (Toprak, 1999).

### **2.2.1.4. Tam karışimli aktif çamur süreci**

Tam karışimli aktif çamur sistemleri 1950'li yıllarda çok yoğun endüstriyel atıksuların arıtılması için geliştirilmiştir. Bu tür atıksuların klasik aktif çamur sistemlerine girdikleri bölgelerde biomasın fazla yoğun olması nedeni ile düşük performanslarla arıtım gerçekleştirilmektedir. Tam karışimli aktif çamur sistemlerinde ise reaktörün her noktasında düşük konsantrasyonda biyolojik olarak parçalanabilen madde bulunmaktadır. Her ne kadar yüksek konsantrasyonda atıksu sisteme verilse de tam karışimli aktif çamur sistemleri biyolojik olarak parçalanmayı gerçekleştirebilmektedir.

### **2.2.1.5. Uzun havalandırmalı aktif çamur süreci**

Tam karışimli ya da piston akımlı olarak tasarımlanan uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri 20-30 gün arasında değişen yüksek çamur yaşında işletilmektedir. Hidrolik alıkonma süresi 18-36 saat arasında değişen yüksek MLSS konsantrasyonlarına sahip sistemlerdir. Yüksek çamur yaşı, düşük F:M'de çalışan bu sistemlerde bütün mikroorganizmalar için yeterli besin maddesi olmadığı için mikroorganizmalar kendi aralarında rekabet ederler ve besin yokluğunda iç solunuma girerek kendi hücrelerini tüketirler. Bu da çıkış suyu kalitesin yükselmesine ve düşük çamur üretimine neden olur. Arıtım verimliliği %90'ın üzerinde olan bu sistemlerde yaşanan en büyük olumsuzluklar ise yüksek alıkonma süresi için büyük reaktörler kullanılması ve de gerekli oksijen miktarının yüksek oluşudur.

### **2.2.1.6. Saf oksijenle havalandırmalı aktif çamur süreci**

1960'lı yılların sonunda geliştirilen saf oksijenle havalandırmalı aktif çamur sistemleri 1970'li yıllar boyunca ve 1980'li yılların başlarında yaygın olarak kullanılmıştır. Bu sistemlerde reaktörler kademeli, üst kısımları kapalı ve biyolojik katılarla karışımı çok iyi sağlanan oksijen beslemesi kullanılmaktadır. Sistem verilen oksijen ya mekanik havalandırıcılarla ya da batık türbin tipi havalandırıcılarla sağlanmaktadır (Grady et al,1999). Reaktörlerin üzerinin kapalı olarak tasarlanmasının sebebi ise sıvı faz üzerinde sabit bir oksijen fazının sağlanabilmesidir (Toprak, 2000). Bu sistemlerde teorik olarak ölçülen oksijen transfer oranı havadaki atmosfer basıncına oranla 5 katı kadar daha yüksek olup, pratikte bu oran 2 - 3 kata kadar artabilmektedir. Yüksek oksijen transfer oranı daha küçük bioreaktörlerin kullanılmasına izin vermektedir. Bu tür sistemlerde genellikle hidrolik alıkonma süresi 2 - 4 saat arasında değişmekte olup çamur alıkonma süresi kentsel atıksu arıtımında 1-2 gün iken endüstriyel atık sularda daha uzun süre olacak şekilde kullanılmaktadır (Grady et al,1999). Bu tür sistemler yanabilir organik madde içeren endüstriyel atıksularda patlama riski nedeni ile kullanılamamaktadır (Toprak, 2000).

### **2.2.1.7. Seçici aktif çamur süreci ( Selector Activated Sludge)**

Seçici aktif çamur sistemleri son zamanlarda geliştirilen bir süreçtir. Reaktörlerde probleme neden olan filamentli bakterilerin aşırı büyümelerinin kontrolünde kullanılmaktadır. Aktif çamur sisteminin bir parçası olan seçici ana reaktörden önce yer alır. Atıksuyun sisteme ilk girdiği ve geri dönüş çamurunun geldiği kısımdır. Selektörler iki çeşit mekanizma kullanarak mikrobiyal seçimi gerçekleştirirler. Bunlar ise kinetik ve mekanik seçilimdir. Kinetik seçilimde, biomas üzerine çok yüksek besleme faktörü ile gerçekleştirilir ki bu da mikroorganizmaların kullanacağı biyolojik olarak parçalanabilen besin maddesi oranını arttırmaktadır. Metabolik seçilim ise, uygun terminal elektron vericiler kullanılarak kontrol edilmektedir (Grady et al.,1999).

### **2.2.1.8. Ardışık kesikli reaktör aktif çamur süreci**

Ardışık kesikli reaktörlerde işleyen döngüyü şu şekilde açıklayabiliriz; reaktöre belirlenen seviyeye kadar besleme yapılırken havlandırma ve karıştırma işlemleri de yapılmaktadır. Biyolojik reaksiyonun gerçekleşmesi için yeterli süre boyunca

sistem çalışır. Bunun sonunda havalandırma durdurulur ve çökeltme sağlanır ve belirlenen hacimde atıksu reaktörden atılır. Tekrar belsemeye için reaktör hazır duruma gelir ve döngü yeniden başlatılır.

### **2.3. Aktif Çamur Sistemlerinde Performansı Etkileyen Parametreler**

#### **2.3.1. Flok oluşumu ve filamentli bakterilerin gelişimi**

Aktif çamur sistemlerinde oluşan flokların yapısı ve filamentli bakteriler arıtım verimi açısından büyük önem taşımaktadır. En ideal aktif çamur floku kuvvetli ve sıkı bir yapıdadır. Bu sayede çökeltme hızla gerçekleşecek ve üstte kalan sıvı kısım (supernatant) daha berrak olacak, bu da iyi bir arıtım verimini gösterecektir. Çamurun çökebilirliği çamur hacim indeksinin ölçülmesi ile tespit edilir (Çizelge 2.1.).

Çizelge 2.1. Aktif çamurun çamur hacim indeksine bağlı olarak çökeltme özellikleri

<b>Çamur Hacim İndeksi (mg/L)</b>	<b>Çökeltme Özelliği</b>
30-50	Çok iyi
100	Orta
120	Uyarı seviyesi
150	Zayıf
> 200	Çok kötü çökme

#### **2.3.2. Çamur alıkonma süresi (SRT)**

Çamur alıkonma süresi (çamur yaşı) aktif çamur sistemlerini etkileyen birincil faktör olarak kabul edilmektedir. Buna göre prosesin tipi belirlenmektedir. İşletme esnasında kullanılan alıkonma süresi de mikroorganizmaların büyüme hızlarına göre belirlenmektedir.

#### **2.3.3. MLSS konsantrasyonu**

Aktif çamur sistemleri geniş MLSS aralıklarında işletilebilmektedir. MLSS konsantrasyonunun tek başına süreç üzerine etkisi yoktur. Aksine aktif çamur sistemlerinin performansları MLSS miktarına göre kontrol edilmektedir. MLSS konsantrasyonları sistemlerde 500 - 5000 mg/L arasında kullanılmaktadır. Eğer

sistemdeki aktif çamur konsantrasyonu alt değerden düşük olacak şekilde çalıştırılırsa floklar zayıf olacak ve iyi çökelebilen floklar gelişemeyecektir.

#### **2.3.4. Çözünmüş Oksijen**

Aktif çamur sistemlerinde çözünmüş oksijen konsantrasyonu filamentli bakterilerin gelişimini etkilemektedir. Düşük çözünmüş oksijen konsantrasyonları çamur kabarmasına neden olmaktadır. Bir çok yayında aktif çamur sistemlerinde gerekli olan minimum çözünmüş oksijen konsantrasyonu 2 mg/L olarak alınmıştır.

#### **2.3.5. Oksijen transferi ve karışımı**

Aktif çamur sistemlerinde oksijen transferi için çeşitli malzemeler kullanılmaktadır. Bunlar aynı zamanda çökeltmede katıların korunması için gerekli türbülansı da sağlamaktadırlar. Bunlar dizayn ve işletme aşaması için önemli parametrelerdir. Oksijen transferi ve karışım mekanik havalandırıcılarla veya difüzörler ile sağlanmaktadır.

#### **2.3.6. Besin maddeleri**

Biyolojik reaksiyonlar sırasında yeterli besin maddesinin verilmesi ile biyolojik kütlelerin dengeli gelişimi sağlanmaktadır. Düşük besin konsantrasyonları ideal flok oluşumunu olumsuz yönde etkilemekte ve bu da aktif çamur sistemlerinde zayıf bir çökeltme özelliğine neden olmaktadır. Aşırı miktarda besin eksikliklerinde tüm bakteriler üzerinde dengesiz bir gelişimle birlikte exocellular salgı oluşumu meydana gelecektir ki bu da aktif çamura jelimsi bir kıvam verecektir. Bu yapı da birleşmeyen ve iyi çökeltmeyen bir özellik göstermektedir.

#### **2.3.7. Sıcaklık**

Sıcaklık aktif çamur sistemlerinde biyolojik reaksiyon hızı üzerinde etkili olmaktadır. Tipik aktif çamur sistemlerinde kabul edilebilir sıcaklık 20-30 °C dir. 35-40°C aralıkta mezofilik bakteriler gelişmektedir. 45-50° C arasında termofilik bakteriler gelişmeye başlar. Mikroorganizmaların gelişmesi için 40-45 ° C sıcaklık aralığı ideal olmayıp sınırlı sayıda mikroorganizma bu aralıkta gelişebilmektedir (Grady et al, 1999).



## 2.4. Aktif Çamur Sistemlerinde Karşılaşılan Problemler

### 2.4.1. Deflokülasyon

Çok küçük yapıların sebep olduğu deflokülasyon veya bakterilerin dağınık bulunması olarak nitelendirilen bu durum sonucunda aktif çamur sistemlerinde istenilen çökeltme gerçekleşmemektedir. Düşük oksijen konsantrasyonu, düşük pH veya şok yüklemeler (yaklaşık  $0.4 \text{ kg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ) deflokülasyona neden olmaktadır. Aktif çamur sistemlerinde meydana gelebilecek olan bu problem çamur kabarması problemi ile de birleşebilir ki eğer bu durum kontrol edilmezse havalandırma tanklarında MLSS konsantrasyonunu sağlamak güçleşecektir. Çünkü mikrobiyolojik kütle reaktörden dışarı atılmış olacaktır (Gray, N.F., 2004).

### 2.4.2. İğne uçlu yumaklar (Pin-Point Flok)

Pin point flok problemi görülen aktif çamur sistemlerinde floklar filamentli mikroorganizmalar yerine zayıf yapılara sahip olan küçük parçacıklardan oluşurlar. Bu floklar küçük, sıkışmış, aşağı yukarı zayıf spiral yapılardan oluştuğu için havalandırma tankı içerisinde rahatlıkla parçalanıp küçük flokları oluştururlar. Problemin yaşandığı sistemlerde çökeltme iyi sağlanamadığı için SVI düşük olur ve çıkış suyu bulanıktır. Çamur yaşının uzun (5-6 gün) ve organik beslemenin düşük ( $0,2 \text{ kg m}^{-3} \text{ d}^{-1}$  'den düşük ) olduğu aktif çamur sistemlerinde görülebilmektedir (Gray, N.F., 2004).

### 2.4.3. Köpürme

Aktif çamur sistemlerinde parçalanmayan yüzey aktif maddeleri (surfactants) ve ortamda bulunan bir çeşit ipliksi bakteri olan *Nocardia* köpürmeye sebep olmaktadır. Hidrofobik yapıda hücre duvarına sahip olan *Nocardia* aktif çamur sisteminde yeterli sayıda bulunması halinde çamur yumaklarını da hidrofobik hale getirmektedir. Bunun neticesinde yumaklar ıslanabilme özelliklerini kaybedip hava kabarcıklarını bünyelerinde tutarak köpük oluşturmaktadırlar. Çamur yaşı, sıcaklık ve askıdaki katı madde konsantrasyonunun yüksek oluşu, ortamda bulunan aşırı yağ ve gres ve de düşük F/M oranları aktif çamur sistemlerinde *Nocardia* oluşumunu tetiklemektedir. Köpük probleminde en yaygın olarak kullanılan yöntem köpük üzerine düşük debide basınçlı suyun spreyleneşidir. Bu yöntem çok kararlı olan köpük probleminin çözümünde etkili değildir. Köpürmenin sebebi yağ ve gres ise

kaynakta yağ kapanları ile tutulması sağlanmalıdır. Bunların dışında köpük kontrolünde yaygın olarak kullanılan diğer bir yöntem ise çamur atma hızını artırıp çamur yaşını düşürmektir. Bu esnada sistemde F/M oranının da artırılması gerekmektedir (Gray, N.F., 2004).

#### **2.4.4. Şişkin çamur – çamur kabarması**

Aktif çamur sistemlerinde ipliksi mikroorganizmaların aşırı derecede çoğalması sonucunda çamur kabarması olarak adlandırılan problem ortaya çıkmaktadır. Bu esnada iğne uçlu mikroorganizmalar flok içerisinde fazla olmadığı için floklar hafif ve yumuşak yapıda olmaktadır (Toprak, 2000).

SVI değeri 150 mL/g 'dan daha yüksektir. İdeal floklarda SVI değeri 80-120mL/g arasındadır (Gray, N.F., 2004). Düşük pH ( $pH < 6$ ), düşük çözülmüş oksijen (0.2-0.3 mg/L'nin altında (Toprak, 1999) ) ve düşük azot konsantrasyonları çamur kabarmasına neden olmaktadır. Mikroorganizmaların yüksek besleme hızları (düşük çamur yaşları), tekrarlanan kabarmanın en büyük sebebidir. Hızlı büyüyen organizmalar örtü şeklinde yayılırlar ancak büyüme hızları düşmedikçe bu mikroorganizmaların flok oluşturması mümkün değildir. Çöktürme hızının çok düşük ve sıkışmanın da sınırlı olarak gerçekleştiği çamur kabarması esnasında; sıvı kısım katılardan genellikle berrak ve temiz şekilde ayrılır ancak ikinci çöktürmede katıların tamamen giderilmesi için yeterli zaman yoktur. Çöktürmedeki çamur tabakası daha diptedir ve yüzeye yükselir, savaklara gelir ve çıkıştan deşarj edilir (Topacık, 2000). Aktif çamur sistemlerinde meydana gelebilecek bu problemin çözümü için SVI değerinin 80-120 mL/g arasına getirilmesi gerekmektedir. Bunun için çok kademeli havalandırma havuzları kullanılabilir veya geri çevirim hattı klorlanabilir (Toprak, 1999) fakat klorlama atıkları arıtmada ihtiyaç duyulan organizmaları inaktif hale getirdiği için etkili bir uygulama değildir (Topacık, 2000). Bunun yanı sıra havalandırma havuzuna flok oluşumunu sağlayan kimyasal maddeler ilave edilebilmektedir (Toprak, 1999).

#### **2.4.5. Septik çamur**

Septik çamur aktif çamur sistemlerinde kanallar ve depolar gibi yerlerde çok uzun süre kalan çamur tipinin bir ürünü olabilir. Kötü kokuya sebep olan bu çamurlar yavaş yavaş ya da yumak şeklinde yükselip sistemin yapısını bozabilmektedirler.

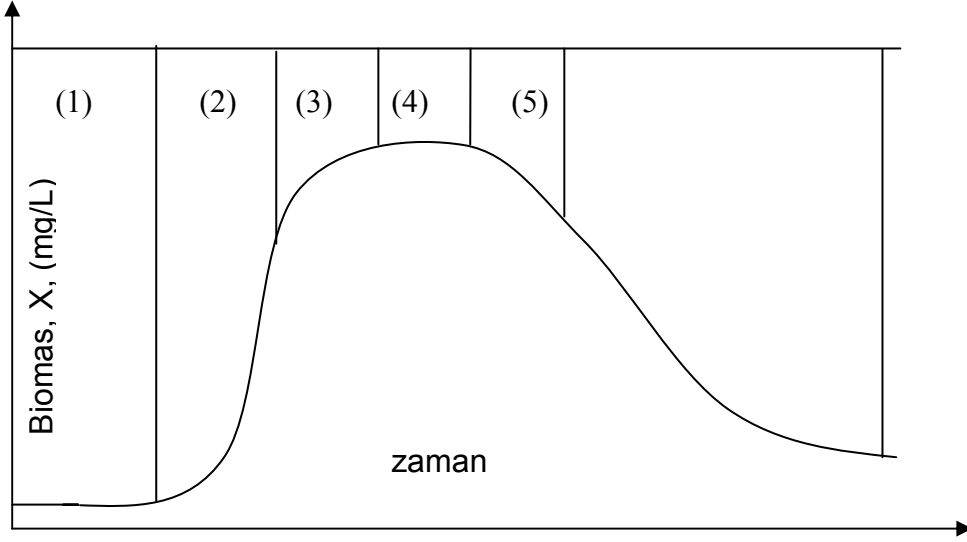
Havalandırma havuzunda yetersiz karışım veya aşırı katı yüklemesi de bu probleme sebep olmaktadır. Bu problemin kontrolü için havalandırma havuzları tam olarak çalıştırılmalı ve çamur pompalanması sık sık yapılmalıdır (Topacık, 2000).

#### **2.4.6. Denitrifikasyon**

Çökeltme tanklarında çözülmüş oksijenin aktif çamur flokları tarafından hızlıca kullanılması durumunda tank oksijensiz kalabilmektedir. Bu probleme çamur bekleme süresinin uzun olduğu çökeltme tanklarında rastlanmaktadır. Bakteriler de bu esnada oksijen kaynağı olarak çözülmüş oksijen yerine nitratı kullanıp nitratın indirgenmesi sonucunda azot gazı oluşturmaktadırlar. Oluşan azot gazı çamuru da birlikte su yüzeyine çıkarmaktadır. Bu problem de çökeltme tanklarında zayıf çökeltme problemine neden olmaktadır. Denitrifikasyon, çamur geri çevirim hızının artırılması ve de karışık sıvıyı çökeltme tankına vermeden önce çok iyi havalandırılması ile kontrol edilebilir.

#### **2.4.7. Mikroorganizma büyüme evreleri**

Mikroorganizmaların gelişim evreleri, ölçüm sonuçlarının zamana karşı değerlendirildiği grafiklerle gözlemlenebilmektedir. Bu grafikler mikroorganizma popülasyonundaki artış ve düşüşleri göstermektedir. Gelişim evreleri mikroorganizma popülasyonunun çeşidi ve çevresel faktörlerden etkilenmektedir. En önemli çevresel faktörler; pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen konsantrasyonu, karbon kaynağının miktarı ve tipi, azot, fosfor ve diğer besin maddeleri, ortamda bulunan inhibitör (kimyasal) maddeler ve bütün bunlardaki değişimler popülasyonun gelişimi üzerinde etkilidir. Mikroorganizmaların Büyüme evreleri Şekil 2.3.'de gösterilmektedir (Gaudy and Gaudy, 1980).



Şekil 2.3. Mikroorganizma gelişim evreleri

X= birim hacimdeki kuru ağırlık (mg/L)

Mikroorganizmaların gelişimi sırasında gözlenen evreler şu şekildedir;

#### **2.4.7.1. Adaptasyon dönemi (lag faz) (1)**

Mikroorganizmaların yeni ortama uyum için geçirdikleri bekleme dönemi olarak tanımlanabilir. Besi ortamının bileşimine ve çevresel şartlara göre mikroorganizmaların iç yapılarında bazı değişiklikler olmaktadır. Bu dönemde enzim üretimi hızlanırken mikroorganizma sayısında artış yoktur.

Arıtma tesislerinde bu dönemin çabuk aşılabilmesi için optimum pH, sıcaklık, çözülmüş oksijen koşullarında aktif hücreler ortama eklenmektedir.

#### **2.4.7.2. Logaritmik (üstel) büyüme dönemi (2)**

Besi maddesinin çok olduğu bu dönemde ortama adapte olan mikroorganizmalar maximum hızda büyürler. Büyüme hızı substrat konsantrasyonundan bağımsızdır. Mikroorganizma miktarının zamanla değişimi Monod eşitliği kullanılarak belirlenmektedir.

#### **2.4.7.3. Yavaşlama dönemi (3)**

Ortamdaki besi maddesinin azalması ve zehirli maddelerin birikimi nedeniyle, bu dönemde mikroorganizma büyüme hızında yavaşlama görülmektedir.

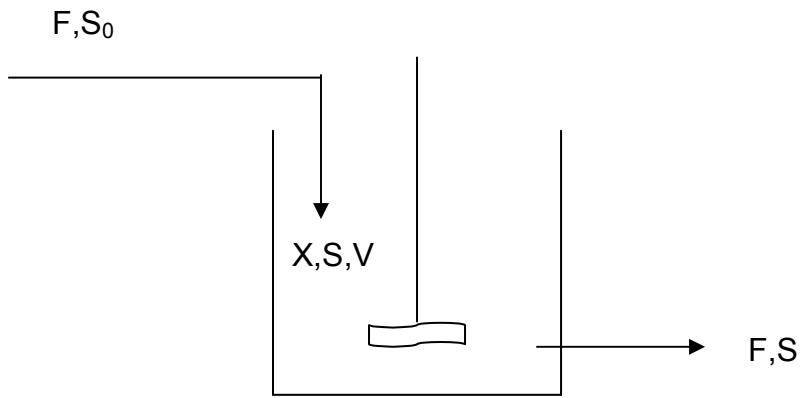
#### 2.4.7.4. Durgun büyüme dönemi (4)

Hücre konsantrasyonunun sabit kaldığı bu dönemde net büyüme hızı sıfır olup, büyüme hızı ölüm hızına eşittir. Hücre aktivitelerinin azalmasıyla birlikte bazı hücreler parçalanmaktadır. Yaşayan hücrelerin parçalanan hücrelerin üzerinde yaşamaya başlamasıyla “endojen safha” ortaya çıkmaktadır.

#### 2.4.7.5. Ölüm dönemi (5)

Bu dönemde mikroorganizmaların ölüm hızı yeni hücre üremesinin üzerindedir ve hücre konsantrasyonu zamanla azalmaktadır. Mikroorganizmalar başka bir besi ortamına aktarırlarsa yaşamaya devam ederler ve büyüme süreleri uzar.

#### 2.4.8. Aktif çamur sisteminin biyokinetiği



F: atıksu debisi (Q)

S<sub>0</sub>: giriş substrat konsantrasyonu

X: Reaktördeki mikroorganizma konsantrasyonu

V: reaktör hacmi

S: çıkış substrat konsantrasyonu

1. **Varsayım:** Ürün oluşturma ya da substrat tüketiminde substrat sınırlaması söz konusudur (Klasik Monod eşliği).

$$V_x = \frac{dx}{dt} = \mu \times X \quad (2.3)$$

$V_x$  : Mikroorganizma üreme hızı

$\mu$  : spesifik mikroorganizma üreme hızı

$X$  : mikroorganizma miktarı

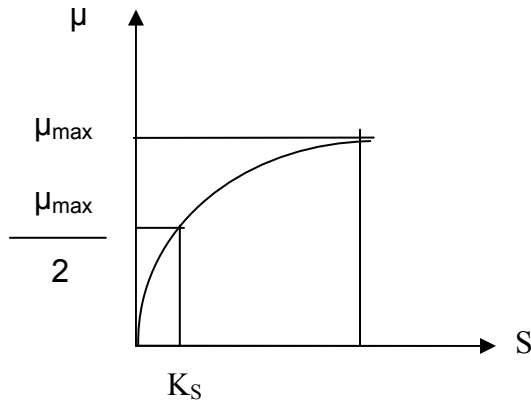
$\mu$  değeri iki şekilde tanımlanabilir.

$$\mu = \frac{\mu_{\max} \times S}{K_s + S} \quad (2.4)$$

$S$  : substrat miktarı

$K_s$  : substrat tüketim sabiti

$$\mu = \frac{1}{X} \times \frac{dx}{dt} \quad (2.5)$$



(2) denklemini (1)'de yerine yazarsak;

$$V_x = \frac{\mu_{\max} \times S \times X}{K_s + S} \quad (2.6)$$

$V_s$ , substrat tüketim hızı olmak üzere;

$$V_s = \frac{ds}{dt} = \frac{d(BOI)}{dt} \quad (2.7)$$

**Verim;** birim substrat değişimi başına mikroorganizma değişimi olarak tanımlanır. “ y “ ile gösterilir.

$$\frac{dx}{ds} = -y \quad (2.8)$$

$$\frac{dx}{dt} = -y \times \frac{ds}{dt}$$

$$Vx = -y \times Vs \quad (2.9)$$

“ – “ harcanan substratı ifade etmektedir.

**2. Varsayım :** reaktör belirli bir süre için sürekli hal oluşturmaktadır.

**3. Varsayım:** Reaktörde karışım idealdir.

Bu üç varsayıma göre mikroorganizmalar için kütle denklilikleri;

Reaktörde Birikim = Reaktöre Giren – Reaktörden Çıkan + Reaktörde Değişim

$$V \times \frac{dx}{dt} = Q \times X_0 - Q \times X + V \left( \frac{dx}{dt} \right)_{üreme} \quad (2.10)$$

Reaktöre giren atıksuda hiç mikroorganizma olmadığı kabul edilirse;

$X_0 = 0$  olur.

$$V \times \frac{dx}{dt} = 0 - Q \times X + V \times \mu \times X \quad (2.11)$$

Denklemi V'ye bölersek;

$$\frac{dx}{dt} = \mu \times X - \frac{Q}{V} \times X \quad (2.12)$$

Seyreltme oranı, D,  $\left( D = \frac{1}{\tau} \right)$

$$\frac{dx}{dt} = X \times (\mu - D) \quad (2.13)$$

Reaktör sürekli hale geldiğinde birikme sıfır olur. Bu durumda;

$$\mu = D \quad (2.14)$$

Substrata göre;

$$V_S = \frac{\mu_{\max} \times S \times X}{K_s + S} \times \frac{1}{y} \quad (2.15)$$

$\frac{\mu_{\max}}{y} = q_m$  olarak tanımlanırsa;

$$V_S = \frac{q_m \times S \times X}{K_S + S} \quad (2.16)$$

$q_m$  :Birim mikroorganizma kütlesi için gıda maddesi tüketimin max hızı  
( zaman  $^{-1}$  )

Substrat için kütle denkleği yazarsak;

Birikim = Giren – Çıkan – Değişim

$$V \times \frac{ds}{dt} = Q \times S_0 - Q \times S - V \left( \frac{ds}{dt} \right)_{\text{tüketim}} \quad (2.17)$$

Yatışkın durumda  $\frac{dt}{ds} = 0$  olur.

$$0 = \frac{Q}{V} \times (S_0 - S) - \left( \frac{ds}{dt} \right)_{\text{tüketim}} \quad (2.18)$$

$$D(S_0 - S) = \frac{q_m \times S \times X}{K_S + S} \quad (2.19)$$

$$\frac{1}{\tau} \times \frac{(S - S_0)}{X} = \frac{q_m \times S}{K_S + S} \quad (2.20)$$

$$\frac{\tau \times X}{(S_0 - S)} = \frac{K_S}{q_m} \times \frac{1}{S} + \frac{1}{q_m} \quad (2.21) \longrightarrow y = mX + n$$



Endojen evrenin de dikkate alındığı durumda mikroorganizmalar için kütle denklikleri şu şekilde olur.

$$V \times \left( \frac{dx}{dt} \right)_{\text{birikim}} = Q \times X_0 - Q \times X + V \times \left( \frac{dx}{dt} \right)_{\text{net üreme}} \quad (2.22)$$

$K_d$ , ölüm hızı sabit ise;

$$V_d = -K_d \times X \text{ olur.}$$

Net üreme hızı;

$$V_x' = \frac{dx}{dt} = V_x - V_d$$

$$V_x' = \frac{\mu_{\max} \times X \times S}{K_s + S} - K_d \times X \quad \Longrightarrow \quad V_x' = -y \times V_s - K_d \times X \quad (2.23)$$

Yatışkın durumda birikim = 0 olur. Buna göre;

$$0 = \frac{Q}{V} \times X_0 - \frac{Q}{V} \times X + V_x' \quad (2.24)$$

$$\frac{1}{\tau} = \frac{Q}{V_1} \text{ ve } X_0 = 0 \text{ için;}$$

$$0 = \frac{1}{\tau} (0 - X) + \left( \frac{\mu_{\max} \times X \times S}{K_s + S} - K_d \times X \right) \quad (2.25)$$

Denklemleri X'e bölersek;

$$\frac{1}{\tau} = \frac{\mu_{\max} \times S}{K_s + S} - K_d \text{ ya da } \frac{S}{K_s + S} = \left( \frac{1}{\tau} + K_d \right) \times \frac{1}{\mu_{\max}} \quad (2.26)$$

( 2.20 ) eşitliğini aşağıdaki şekilde düzenleyip (2.26)'e eşitlersek;

$$\frac{S}{K_s + S} = \frac{(S_0 - S)}{X \times \tau \times q_m} \quad (2.20')$$

$$\frac{S_0 - S}{X \times \tau \times q_m} = \left( \frac{1}{\tau} + K_d \right) \times \frac{1}{\mu_{\max}}$$

$$X = \underbrace{\frac{\mu_{\max}}{q_m}}_y \times \frac{(S_0 - S)}{(1 + K_d \times \tau)} \quad (2.27)$$

Çeşitli ara işlemlerden sonra denklemi şu şekilde doğrusallaştırmak mümkündür.

$$\frac{1}{\tau} = \frac{y}{\tau \times X} \times (S_0 - S) - K_d \quad (2.28) \quad (y = mX \pm n)$$

Atıksuların biyolojik oksidasyonla arıtılmasında önemli olan kinetik parametrelerden biri de aktif çamurun substrattan yararlanmasına ilişkin spesifik hız ya da spesifik substrat kullanma hızıdır. “u” ile gösterilir.

$$u = -\frac{V_s}{X} \quad (2.29)$$

$V_s$ ,  $\tau$  hidrolik kalış süresinde substrat azalması olarak alınır;

$$V_s = -\frac{S_0 - S}{\tau} = -\frac{Q}{V} \times (S_0 - S) = -D \times (S_0 - S) \text{ olur.}$$

Bu durumda (2.28) denklemi;

$$\frac{1}{\tau} = \frac{y}{\tau} \times \left( \frac{S_0 - S}{X} \right) - K_d \iff \frac{1}{\tau} = u \times y - K_d \text{ olur.}$$

### 3. TEZ HİPOTEZİ

Atmosferik taşınım ile çöl kökenli tozlar uzun mesafelere taşınabilir.

Ülkemize yıllık ortalama 20 milyon ton Sahra Çölü'nden kalkan, partikül boyutu 10 µm ve daha küçük olan çöl tozu ulaşmaktadır. Bu taşınımın %80'e varan kısmı Mart ve Nisan aylarında gerçekleşmektedir.

Çöl kökenli tozların yapısında kil minerallerinin yanı sıra bakteri ve mantar sporları içerdikleri ve uzun mesafeli taşınım sürecinde bulut içerisinde su ile temas etmesi sonucunda sporların 15 dakika kadar kısa bir sürede aktif hale geçip okzalat oluşturdukları gösterilmiştir (Saydam ve Şenyuva, 2002). Atmosferik taşınım sırasında yeterli güneş enerjisi bulunduğu zamanlarda dekarboksilasyon reaksiyonu sonucunda ortamda indirgenmiş demir, karbondioksit ve karbonil radikali oluşmaktadır. Tabiatta canlılar tarafından demirin indirgenmiş hali kullanılmaktadır ancak indirgenmiş haldeki demir çok kararsız bir yapıya sahip olup hemen kullanılmaz ise kararlı hale dönüşmektedir. Tabiatta indirgenmiş demiri hemen kullanabilecek yapı ise yine bakteri ve mantarlardır. Bu koşulların sağlandığı dönemlerde yeryüzüne inen yağmurlar indirgenmiş demir açısından zenginleşmiş haldedir. Sahra tozunun taşındığı dönemlerde gece yağın yağmurlar sırasında yeterli güneş enerjisi olmadığı için indirgenme reaksiyonu meydana gelmemekte ve yağmur içerisinde yeryüzüne inen demir +3 ( Fe III ) formunda olmakta ve tabiattaki canlılar tarafından kullanılamamaktadır.

Bütün bunlar dikkate alındığında uzun mesafeli taşınım ile gelen Sahra tozları aktif çamur sistemlerini etkilemektedir. Taşınım sırasında yeterli güneş enerjisi olması durumunda gerek arıtma tesislerine ulaşan kanalizasyon suları gerekse birleşik sistemlerden gelen yağmur suları kullanılabilir demir açısından oldukça zengin durumdadır.

Bu çalışmada sahra tozunun yeterli güneş enerjisi ile aktifleşmesinin aktif çamur sistemlerine olan etkileri laboratuvar koşullarında incelenmiştir. Sahra tozunun aktivasyonu halojen lambalar kullanılarak sağlanmıştır. Deneyler sırasında karbon kaynağı olarak glikoz ve melas kullanılmıştır.

#### 4. MATERYAL VE METOT

Deneyler sırasında reaktörlerde üretilen aktif çamur  $\text{CH}_2$ , MLSS, MLVSS, pH analizleri yapılarak gözlemlenmiştir. Çalışmalarda glikoz ve melas olmak üzere iki farklı karbon kaynağı kullanılmıştır. Kullanılan karbon kaynaklarının konsantrasyonlarının belirlenmesinde glikoz ölçümü (Dubois Metodu) ve TOC ölçümleri yapılmıştır. Bazı deney setlerinde kullanılan çöl tozlarına ait BOİ, KOİ, nitrit, nitrat, sülfat, organik madde analizleri yapılarak kullanılan çöl tozu tanımlanmıştır. 110 g Sahra tozu 1100 ml saf su içerisine konularak çalkalayıcıda 24 saat süresince çalkalanmıştır. Karışımın üst sıvısından alınan örneklerde analizler yapılmıştır. Bu bölümde kullanılan besin çözeltisi kompozisyonları, deney setlerinin içerikleri ve yapılan analizlere ait metotlar yer almaktadır. Besin çözeltisi kompozisyonu Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Besin Çözeltisi Kompozisyonu

Kimyasallar	Miktarı (g/L)
$\text{KH}_2\text{PO}_4$	8.5
$\text{K}_2\text{HPO}_4$	21.75
$\text{NaHPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	33.4
$\text{NH}_4\text{Cl}$	1.7
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	22.5
$\text{CaCl}_2$	27.5
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.25
$\text{KNO}_3$	0.25

Çizelge 4.2. Karbon kaynağı glikoz olan reaktör içerikleri (I)

SET 1	SET 2	SET 4-5	SET 6-7			
			R1	R2	R3	R4
Reaktör hacmi = 2 L 2,5 g/L glikoz 0,5 g $\text{KNO}_3$	Reaktör hacmi = 2 L 2,5 g/L glikoz 0,5 g $\text{KNO}_3$ 1'er ml besin çözeltisi	Reaktör hacmi = 2 L 2,5 g/L glikoz 0,5 g $\text{KNO}_3$ 1'er ml besin çözeltisi	5 g/L glikoz	7,5 g/L glikoz	25 g/L glikoz	37,5 g/L glikoz
0,5 g $\text{KNO}_3$ 1'er ml besin çözeltisi Reaktör hacmi = 2 L						

Çizelge 4.3. Karbon kaynağı glikoz olan reaktör içerikleri (II)

SET 8				SET 9			
R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
5 g/L glikoz	12,5 g/L glikoz	25 g/L glikoz	37,5 g/L glikoz	25 g/L sahra tozu	25 g/L sahra tozu 12,5 g/L glikoz	25 g/L sahra tozu 25 g/L glikoz	25 g/L sahra tozu 37,5 g/L glikoz
0,5 g KNO <sub>3</sub> 1'er ml besin çözeltisi Reaktör hacmi = 2 L				0,5 g KNO <sub>3</sub> 1'er ml besin çözeltisi Reaktör hacmi = 2 L			

Karbon kaynağı glikoz olan deney setlerinde 2 L hacminde tam karışimli ve havalandırmalı amber reaktörler kullanılmıştır. Karbon kaynağı olarak glikoz kullanılan reaktörlerin içerikleri Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'te verilmiştir. Reaktörlerin oksijen ihtiyacı 6 W'lık çift akışlı hava pompaları kullanılarak sağlanmıştır. Deneyler esnasında 600 nm dalga boyunda spektrofotometre de optik yoğunluk ölçümleri yapılarak mikroorganizma büyüme eğrileri çizilmiş, MLVSS ve glikoz ölçümleri yapılmıştır.

Karbon kaynağı melas olan deneyler sırasında 2 litre hacminde tam karışimli ve havalandırmalı reaktörler kullanılmıştır. Reaktörlerin oksijen ihtiyacı 6 W'lık çift akışlı hava pompaları kullanılarak sağlanmıştır. Deney düzeneklerini Çizelge 4.4 te verilmiştir. Reaktörler mevcut atıksu arıtma tesislerine benzetilmek amacı ile etrafları alüminyum folyo ile sarılmıştır. Sistemde meydana gelen sıçramalardan dolayı reaktörlerin üzeri kapaklarla kapatılmıştır. Deney setinde kullanılan aktif çamur aşısı Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisinden getirilmiştir. Aktif çamur üç kere saf su ile yıkanıp santrifüjlendikten sonra reaktörlere 5'er ml olarak aşılmalıdır. Reaktörlerde kullanılan su 24 saat öncesinden havalandırılarak içerisindeki klorün uzaklaştırılması sağlanmıştır.

Reaktörlerin beslemeleri, deney seti için belirlenen koşullara uygun olarak havalandırılmış musluk suyu veya Sahra solüsyonu ile yapılmıştır. Sahra solüsyonu, içinde 10 g Sahra tozu bulunan, gerekli durumlarda sisteme yüksek enerji sağlamak için 500 W halojen lamba ile en az 2 saat aydınlatılmış, 2 litrelik

sürekli karışımli mezürlerde hazırlanıp, en az yarım saat dinlendirildikten sonra ve gerekli besin maddeleri ile birlikte reaktörlere beslenmiştir. Reaktörler çamur yaşı dört gün olacak şekilde tasarlanmış, buna göre her gün 500 ml reaktör suyu sistemden uzaklaştırılmıştır ve yerine 500 ml uygun solüsyon eklenmiştir. Reaktörlerde düşük (10mg/L TOK) ve yüksek karbon (550 mg/L TOK) rejimleri için çalıştırılmıştır. Reaktörlerde biyolojik kararlılık optik yoğunluk kullanılarak gözlemlendikten sonra analizlere geçilmiş ve deney süresince TOK, SVI, MLVSS ve optik yoğunluk ölçümleri yapılmıştır.

Çizelge 4.4. Karbon kaynağı melas olan deney düzenekleri kompozisyonu.

Reaktör	Kullanılan kompozisyon
1 numaralı reaktör	Işıklendirilmemiş Sahra tozu, Besin çözeltisi, Melas
2 numaralı reaktör	Işıklendirilmiş Sahra tozu, Besin çözeltisi, Melas
3 numaralı reaktör	Musluk suyu, Besin çözeltisi, Melas
4 numaralı reaktör	Musluk suyu, Melas
5 numaralı reaktör	Işıklendirilmiş Sahra tozu, Melas

Farklı çöl kökenli tozların mikrobiyal aktivitelerinin incelendiği reaktörler 1 L hacminde erlenler olup üç farklı deney düzeneği kullanılmıştır. Karıştırma işlemi çalkalayıcı yardımı ile yapılmıştır. Deney düzenekleri Çizelge 4.5'te verilmiştir. Deneyler sırasında kullanılan reaktörlerin üst kısımları dış ortamdan etkileşimi azaltmak için gazlı bezle sarılı pamuklardan hazırlanan tamponlarla kapatılmıştır.

Deneylerin başlangıç aşamasında her bir reaktöre 5'er ml. mikroorganizma aşılanmıştır. Deneyler sırasında 600 nm dalga boyunda spektrofotometrede optik yoğunluk ölçümleri yapılmıştır.

Çizelge 4.5. Reaktörlerin tanımlanması

Reaktör	Kullanılan Kompozisyon g / 850 ml saf su
1 numaralı reaktör	2 g Sahra Tozu
2 numaralı reaktör	1 g Farah Tozu
3 numaralı reaktör	2 g Sahra Tozu + 1 g Farah Tozu

#### **4.1. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)**

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ) standart laboratuvar işlemlerinin kullanıldığı ampirik bir deneydir. Bu deney; atık suların, kullanılmış suların ve kirletilmiş suların içerdiği organik atıkların oksidasyonu için gereken oksijen ihtiyacını belirlemek üzere kullanılır. BOİ organik maddenin biyokimyasal oksidasyonu için gereken oksijen miktarını ölçmeye yarar. Buna karbonlu maddelerin oksijen ihtiyacı denir. Aynı zamanda inhibitör ile oksidasyonu engellenmezse azotlu maddelerin oksidasyonu için gerekli oksijeni ölçmeye yarar. Deney metodunun esası, numunenin ağzı sıkıca kapalı BOİ şişelerine doldurulup, belli koşullarda ve sürelerde inkübe edilmesi, inkübasyon başlangıcında ve inkübasyondan sonra çözülmüş oksijenin ölçülmesidir. Biyolojik oksijen ihtiyacı, başlangıç ve belli bekleme süresi sonundaki numunenin çözülmüş oksijen değerlerinden yararlanarak hesaplanır.

#### **4.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Analizi**

Kimyasal oksijen (KOİ) ölçümü için standart metotlar kullanılmıştır (APHA, 1989). KOİ, numunedeki organik maddenin kuvvetli kimyasal oksidasyon maddeleri yardımı ile oksidasyonu sırasında harcanan oksijen miktarını ifade eder. Belirli kaynaklardan üretilen atıklar için KOİ, ampirik olarak BOİ, organik karbon veya organik madde içeriği ile orantılıdır.

#### **4.3. Organik Madde İçeriği**

Sahra tozunun organik madde içeriği, 550 °C'de yakma fırınında yakılması sonucu belirlenen ağırlık kaybı dikkate alınarak belirlenmiştir.

#### **4.4. Toplam Organik Karbon**

Toplam organik karbon ihtiyacını belirlerken organik karbon bir katalizör yardımı ile CO<sub>2</sub>'ye dönüşür. Yanma-infrared metodu, geniş çeşitlilikteki örnekler için kullanılmaktadır fakat ölçümün doğruluğu partikül büyüklüğünün azaltılmasına bağlıdır.

Numuneler homojenize edilip gerekli seyreltmeler yapıldıktan sonra oksitleyici bir kataliz ile (kobalt oksit gibi) yanma kabine enjekte edilir, su buharlaştırılır ve organik karbon CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya okside edilir. Organik ve inorganik karbonun oksitlenmesinden oluşan CO<sub>2</sub> taşıyıcı gaz akışı içerisinde taşınır ve infrared

analizleyicide ölçülür. Analizler APOLLO 9000TOC Combustion ANALYZER ile yapılmıştır.

Çalışmalar esnasında reaktörlerden alınan numuneler 0,45 µm gözenek çaplı membran filtre kağıdından vakum pompası yardımı ile süzüldükten sonra gerekli seyreltmeler yapıp cihaza enjekte edilmiştir. Ölçümler üç tekrarlı olarak yapılmıştır.

#### **4.5. Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)**

Sudaki nitrit, amonyağın yükseltgenmesi veya nitratın indirgenmesinden meydana gelir. Bunların dışında proteinli bazı organik maddelerin biyolojik bozunmasından da nitrit meydana gelir. Ancak nitrit oksijen bulunan ortamlarda kararlı olmayıp, yükseltgenerek nitrat haline dönüşür. Bu nedenle aerobik ortamda tabii sularda kısa bir zaman için bulunur. Evsel atık sularda bulunan amonyaklı bileşiklerin nitrifikasyonu sonucu ara bileşik olarak nitrit oluşur.

#### **4.6. Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

Sudaki nitratın kaynağı jeolojik olarak volkanik kayalardır. Ayrıca havadaki azot şimşek çakması sonucunda azot oksitlerini verir. Yağmur suyunda çözünen bu oksitler hava oksijeni ile yükseltgenerek nitrit ve nitrat asiti meydana getirir. Bu da nitratın kaynağı olabilir. Bazı bitkiler ( özellikle baklagiller) havadaki azotu alarak kökleri ile toprağa nitrat verirler. Ayrıca nitratlı gübreler, hayvan ve bitki artıklarının parçalanması, pis sular ve endüstriyel atıklardan alıcı ortamlara nitrat karışır.

Nitrat, azot devrindeki azotun en yüksek yükseltgenme basamağındandır. Normal olarak biyolojik yükseltgenmesinin sonunda önemli konsantrasyonlara erişebilir. Bu çalışmada nitrat iyonunun tayininde Brucine metodu kullanılmıştır.

#### **4.7. Sülfat (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>)**

Sülfat doğada yaygın bir şekilde bulunur. Tabiatta bulunan ağır metal sülfürleri atmosferik olayların etkisiyle kısmen oksitlenerek suda çözülebilen sülfatları oluşturur. Maden drenaj atıkları pirit oksidasyonu nedeniyle çevreye yüksek miktarda sülfat verebilmektedir. Bu çalışmada kolorimetrik metot kullanılarak sülfat tayini yapılmıştır.



#### 4.8. Mikroorganizma Miktarlarının Belirlenmesi

Deney setlerinde mikroorganizma miktarlarını belirlerken, askıdaki katı madde (MLSS) ve askıdaki uçucu katı madde (MLVSS) yöntemleri kullanılmıştır (APHA, 1995).

#### 4.9. Çamur Hacim İndeksi (ÇHI)

Çamur hacim indeksi, 30 dakikalık çökme zamanı sonunda 1 g kuru aktif çamurun ml cinsinden sahip olduğu hacimdir. İyi floklaşan bir aktif çamurda bu indeks 50-100 ml/g civarındadır. Eğer indeks 200 ml/g üzerinde çıkarsa şişkin çamur durumu oluşmaktadır. Bu durumdaki şişkin çamur son çökeltme havuzunda tutulamaz, çünkü bakteri flokları birbirinden ayrılır ve aralarında iplikli bakteriler ve mantarlar meydana gelir.

#### 4.10. Glikoz Analizi

Glikoz analizi Dubois metodu kullanılarak yapılmıştır (Dubois et al.,1956). Metot kolorimetrik esaslara dayanmaktadır. Deney mekanizması glikoz içerisinde bulunan metil eter gruplarının, %80'lik fenol ve konsantre sülfürik asit ile reaksiyona girmesi sonucu sarı-turuncu renk oluşumu şeklindedir. Reaksiyon sonucunda oluşan rengin spektrofotometrede ölçülmesi ile numunedeki glikoz miktarı belirlenmektedir.

#### 4.11. Toprak Numuneleri İçin pH Ölçümü

Sahra tozunun pH'ı belirlenirken, (1:1), (1:2,5), (1:5) toprak-su karışımı ve (1:2,5) toprak-1N KCl çözeltisi kullanılarak dört farklı tipte ölçüm yapılmıştır (Kacar, 1993).

Çizelge 4.6. Toprak numunelerinin pH değerlerine göre sınıflandırılması

pH	Sınıfı
4.5 – 5.5	Kuvvetli asit
5.6 – 6.0	Asit
6.1 – 6.8	Hafif Asit
6.9 – 7.6	Nötr
7.7 – 8.3	Alkalın

Toprak pH'sının temel nitelikleri Thomas (1967) tarafından 3 çeşit olarak değerlendirilmiştir.

pH<4 genelde sülfidlerin yükseltgenmesinden oluşan serbest asitlerin toprakta bulunduğuna, pH<5,5 değişebilir. Al'un yüksek miktarda olduğuna ve pH 7.8 – 8.2 aralığında ise ortamda CaCO<sub>3</sub>'ün fazla bulunduğunu göstermektedir.

## 5. DENEYSEL SONUÇLAR

### 5.1 Sahra Tozunun Tanımlanması

#### 5.1.1. Sahra Tozunun Çevresel Özelliklerinin İrdelenmesi

Sahra tozu; kil ve kuvars partiküllerinin demir oksitlerle birleşmesiyle oluşmaktadır (Holmes, et al., 2004). Sahra tozuna ait ölçüm değerleri Çizelge 5.1'de verilmiştir. Çizelge 5.1'de verilen sınır değerler artırılmamış atık sulara aittir (Burks, B.D. and M.M Minnis, 1994).

Çizelge 5.1. Sahra tozunun özellikleri

	1. Ölçüm	2. Ölçüm	Ortalama	Sınır Değer (mg/L)
Organik Madde İçeriği (%)	10,04			5-40
BOİ (mg/L)	13,3	23,5	18,4±5,1	100-400
KOİ (mg/L)	60	120	90±30	200-1000
TOK (mg/L)	5,75			100-400
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	226,09			20-60
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (µg/L)	ND			0
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (µg/L)	10,08			0

#### 5.1.2. Sahra Tozu'nun pH'ının Ölçülmesi

Sahra Tozunun pH'sı 4 ayrı yöntem kullanılarak ölçülmüştür. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre pH aralığı 7.57 - 8,24 olarak bulunmuştur. Elde edilen değerler Çizelge 5.2'de verilmektedir. Ölçülen pH değeri Sahra tozunun alkalın yapıya sahip olduğu ve içeriğinde CaCO<sub>3</sub>'ün yüksek oranda bulunduğunu göstermektedir.

Çizelge 5.2. Sahra Tozu pH Ölçüm Sonuçları

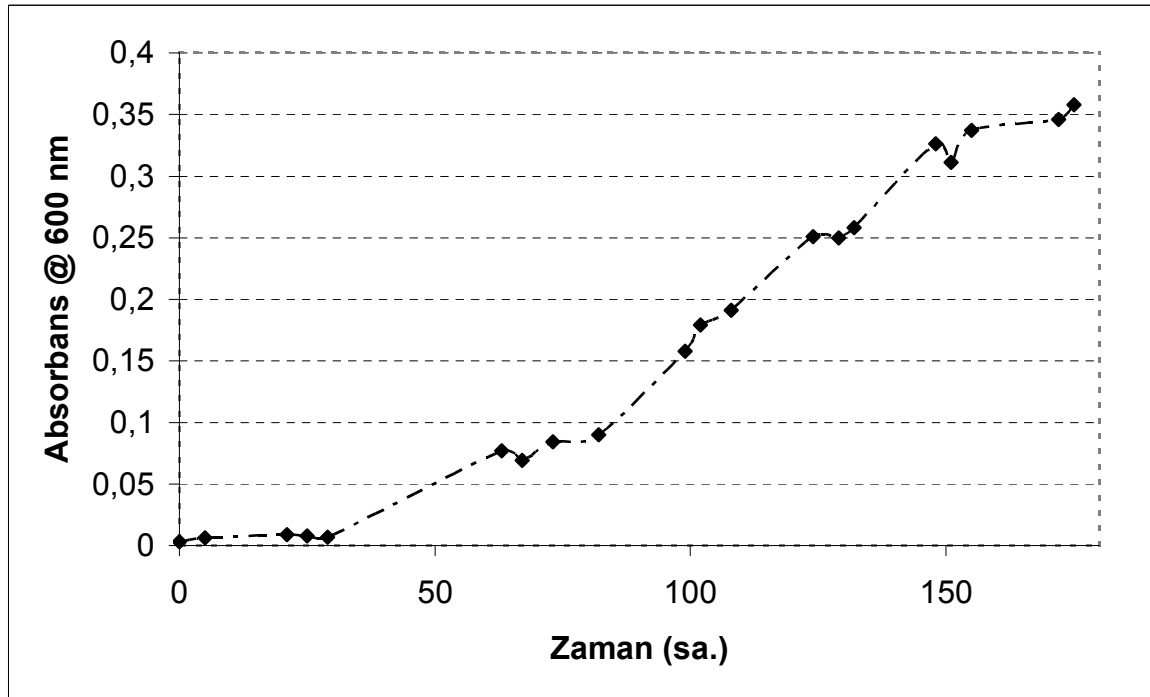
Metot	1. Ölçüm	2. Ölçüm	Ortalama
Toprak+Su (1:1)	8,24	7,57	7,9±0,34
Toprak+Su (1:2,5)	8,01	7,86	7,93±0,07
Toprak+Su (1:5)	8,13	7,80	7,96±0,16
Toprak+1N KCl	-	7,71	7,71
Saf Su	8,34	8,39	8,36±0,03

## 5.2. Sahra Tozunun Mikrobiyal Aktivite Üzerindeki Etkilerinin İrdelenmesi

### 5.2.1. Sahra Tozunun Karbon Kaynağı Olarak Glikoz Kullanılan Mikrobiyal Popülasyonlar Üzerindeki Etkilerinin İrdelenmesi

#### 5.2.1.1. Set 1-2 Değerlendirme (2.5 g/L Glikoz)

Tam karışimli kesikli reaktörlerde besin maddelerinin biyolojik arıtıma olan etkileri incelemek amacı ile yapılan bu setlerden Set 1 'de kullanılan reaktöre Set 2'den farklı olarak besin maddesi eklenmemiştir. Deneyler sonucunda oluşturulan mikroorganizma büyüme eğrileri Şekil 5.1 ve Şekil 5.2'de verilmiştir.



Şekil 5.1. 1 numaralı reaktöre (R1: 2.5 g/L Glikoz) ait mikroorganizma büyüme eğrisi.



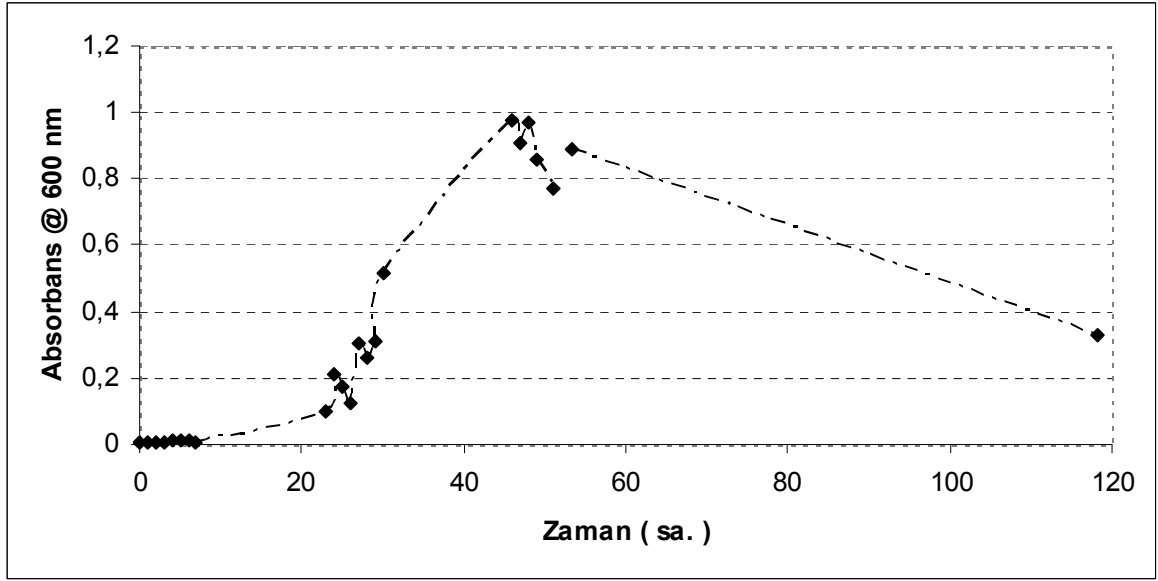
Şekil 5.2. 2 numaralı reaktöre (R2: 2.5 g/L Glikoz) ait mikroorganizma büyüme eğrisi.

Setlerdeki çalışma koşulları aynı olmasına rağmen Set 1’de besin maddeleri kullanılmaması nedeni ile sınırlı bir üreme gözlemlenmiştir. Ortamda eşit miktarlarda karbon kaynağı olması besin maddelerinin bulunmadığı zamanlarda mikroorganizma popülasyonundaki üremenin azaldığını ve sınırlayıcı etkenin de besin maddeleri olduğunu göstermektedir. Her iki reaktörde de spesifik mikroorganizma üreme hızı  $0,3 \text{ sa}^{-1}$  olarak hesaplanmış olmasına rağmen besin maddesi bulunmayan reaktörde 150. saatte dengeye ulaşılırken besin maddesi ilave edilen reaktörde ise dengeye 60. saat öncesinde ulaşılmaktadır. Bu da besin maddelerinin mikrobiyal üremenin daha kısa sürede gerçekleşmesini ve daha yoğun bir popülasyon oluşumunu desteklediğini göstermektedir.

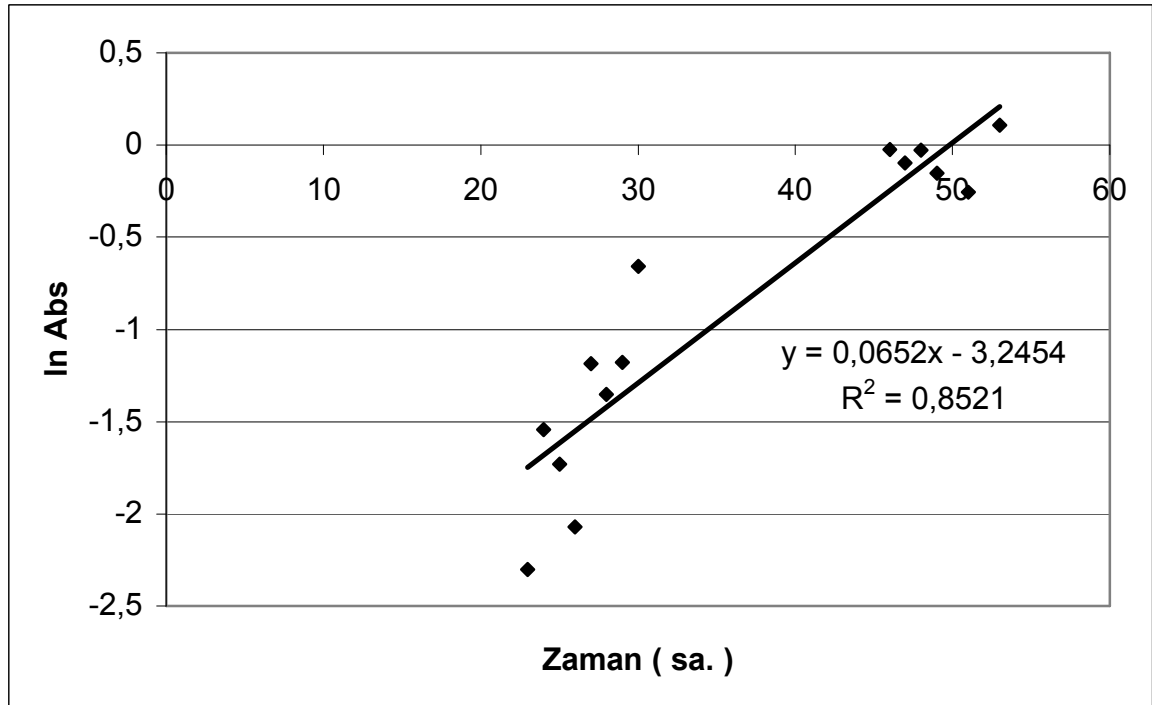
Grafiklerden de görüldüğü gibi SET 2’de kullanılan reaktöre ilave edilen besin maddeleri optik yoğunluk ölçümlerinde 3 kat daha fazla artışı getirmiştir. Bu da besin maddelerinin mikrobiyal üreme üzerindeki etkisini göstermektedir.

### 5.2.1.2. Set 4-5 Değerlendirme ( 2.5 g/L Glikoz )

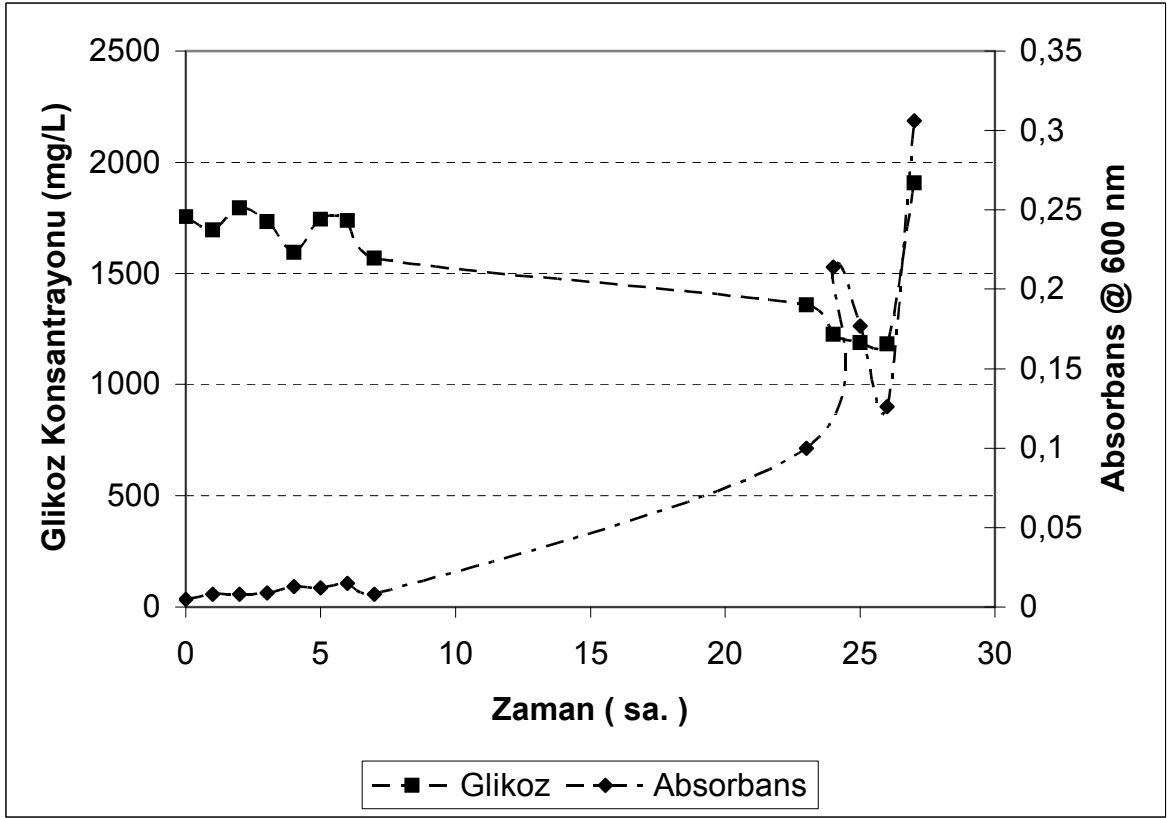
SET 4-5'te yapılan ölçüm sonuçları Şekil 5.3'de verilmiştir.



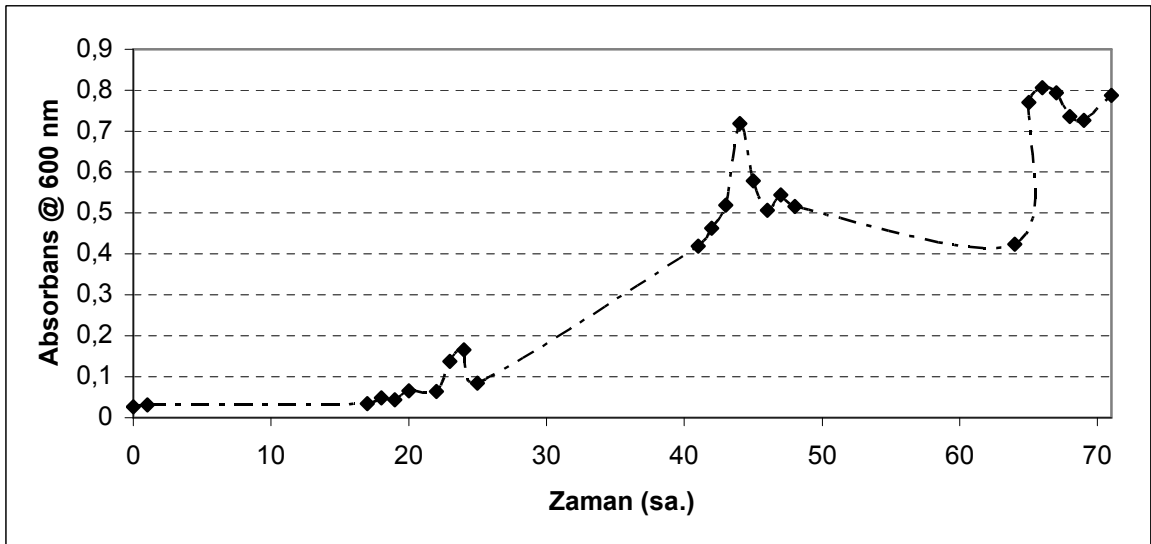
Şekil 5.3. Set 4, mikroorganizma miktarının zamana göre değişimi.



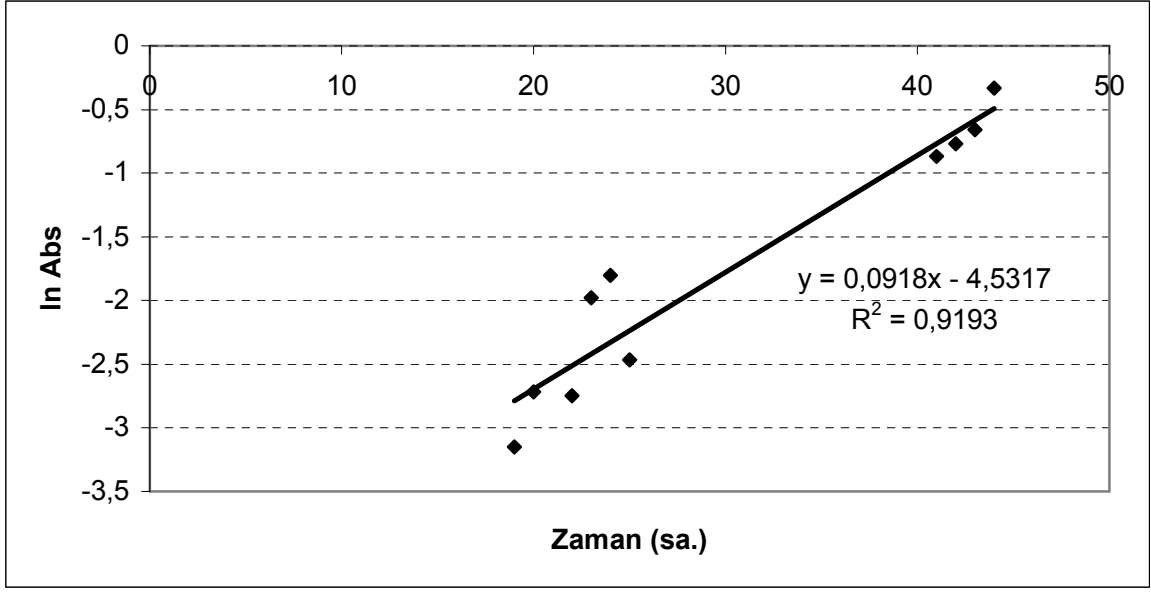
Şekil 5.4. Set 4, mikroorganizma üreme hızları.



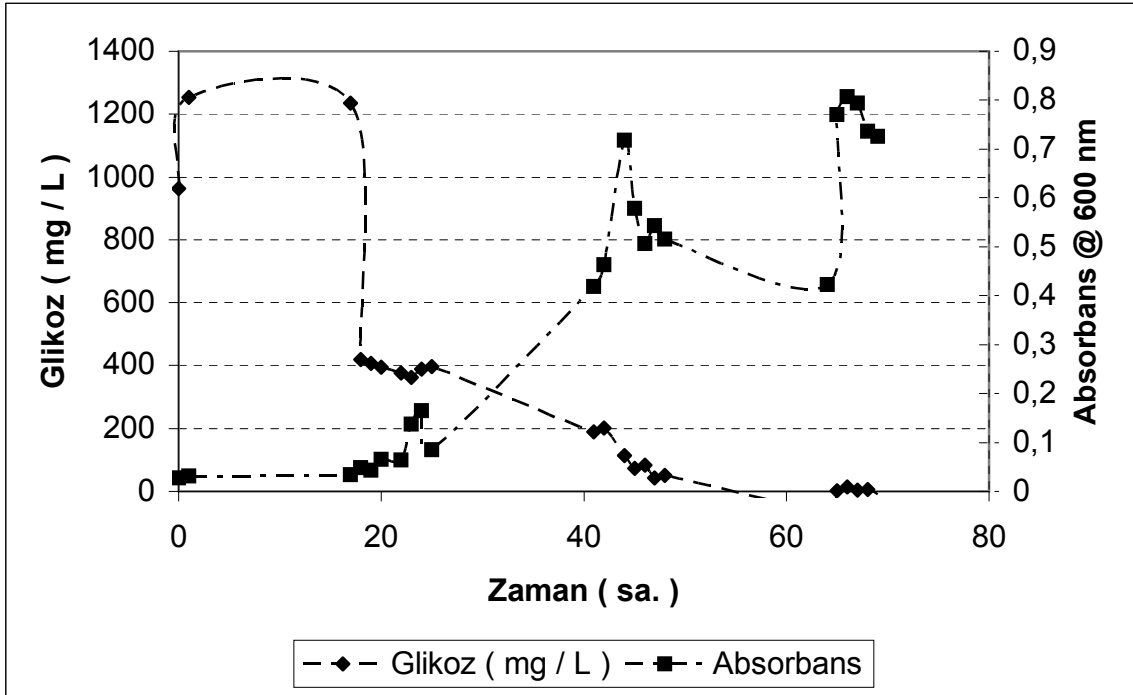
Şekil 5.5. Set 4, absorbans- glikoz değişimi grafiği.



Şekil 5.6. Set 5, mikroorganizma miktarının zamana göre değişimi.



Şekil 5.7. Set 5, mikroorganizma büyüme hızı.



Şekil 5.8. Set 5, glikoz – mikroorganizma miktarı arasındaki ilişki.

Her iki reaktörde de optik yoğunluk  $\sim 1$  abs birimi olarak gözlemlenmiştir. Set 4 için  $0,065$  set 5 için  $0,091 \text{ sa}^{-1}$  değerleri hesaplanmıştır. Denge anı bu reaktörler için 45-60 . saatler arasında salınım göstermektedir.

Yapılan glikoz analizleri sonucunda ortamda glikoz konsantrasyonu azaldıkça optik yoğunluk artmakta olduğu Şekil 5.5 ve Şekil 5.8 görülmektedir. Bu da

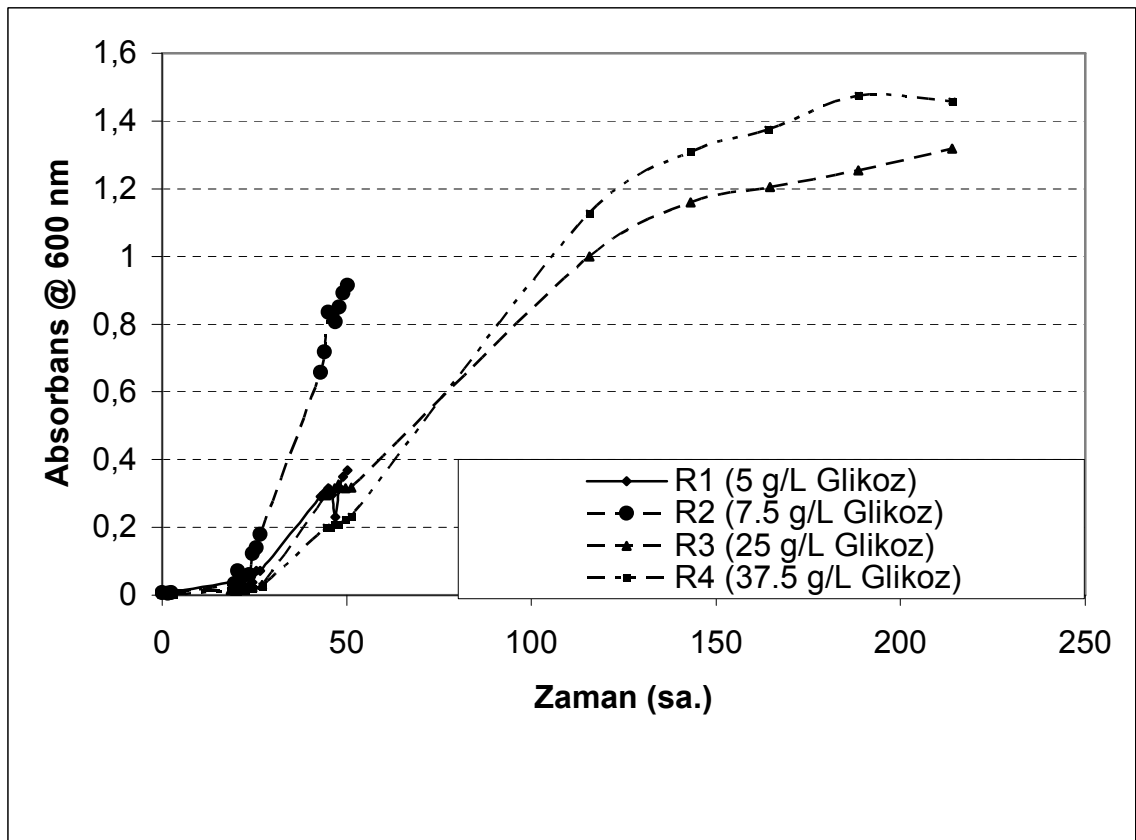


ortamdaki glikozu mikroorganizmaların üremeleri esnasında kullandıklarını göstermektedir.

### 5.2.1.3. Set 6-7 Değerlendirme

Glikoz konsantrasyonlarındaki değişimin tam karışimli kesikli reaktörlerde sürdürülen biyolojik arıtıma etkilerinin incelendiği bu çalışmada dört farklı deney düzeneği kullanılmıştır.

R1 (5 g/L glikoz), R2 (7,5 g/L glikoz) reaktörleri 3 gün 50 saat; R3 (25 g/L glikoz) ve R4 (37,5 g/L glikoz) reaktörleri ise 24 gün 538 saat boyunca çalıştırılmıştır.

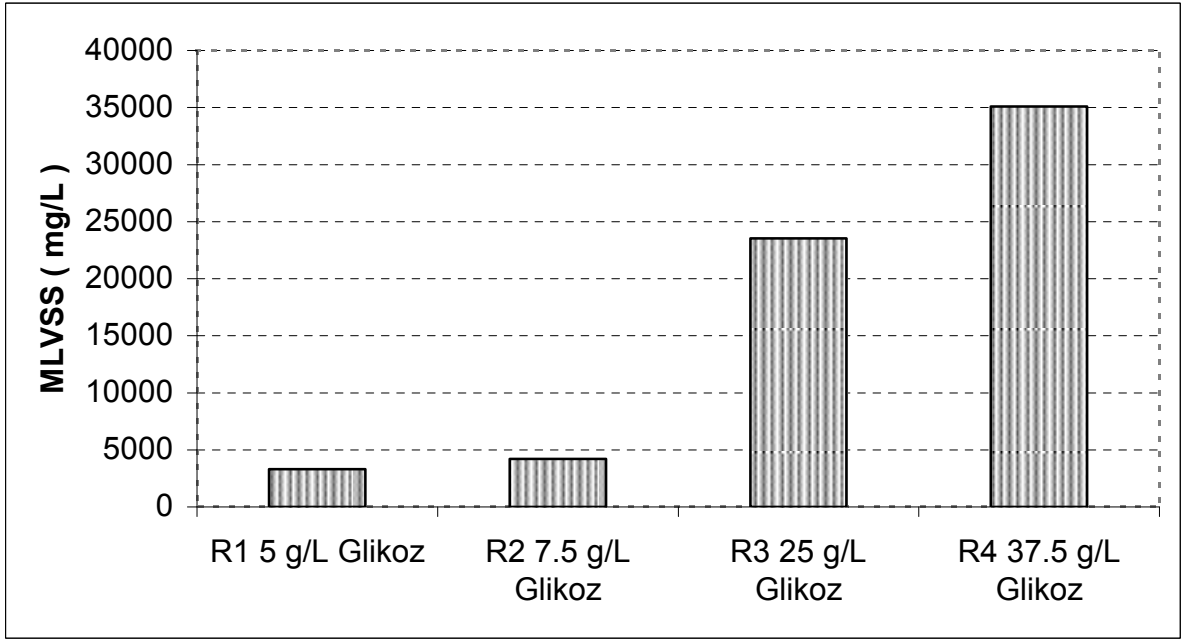


Şekil 5.9. R1-R2-R3-R4 Reaktörlerinde mikroorganizma miktarının zamana göre değişimi

Beklendiği gibi reaktörlerin çalıştırılmaya başlandığı andan dengeye ulaştıkları ana kadar optik yoğunluk ölçümlerinin zamana karşı grafiğe geçirildiğinde reaktörlerdeki glikoz konsantrasyonu arttıkça üreyen mikroorganizma miktarının da (optik yoğunluk olarak ölçülmüştür) arttığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.9).

Çizelge 5.3. Farklı glikoz konsantrasyonlarında reaktörlerin denge halindeki MLVSS (mg/L) konsantrasyonları

Glikoz Konsantrasyonu (g/L)	MLVSS (mg/L)
R1 5 g	3300
R2 7.5 g	4200
R3 25 g	23530
R4 37.5 g	35080



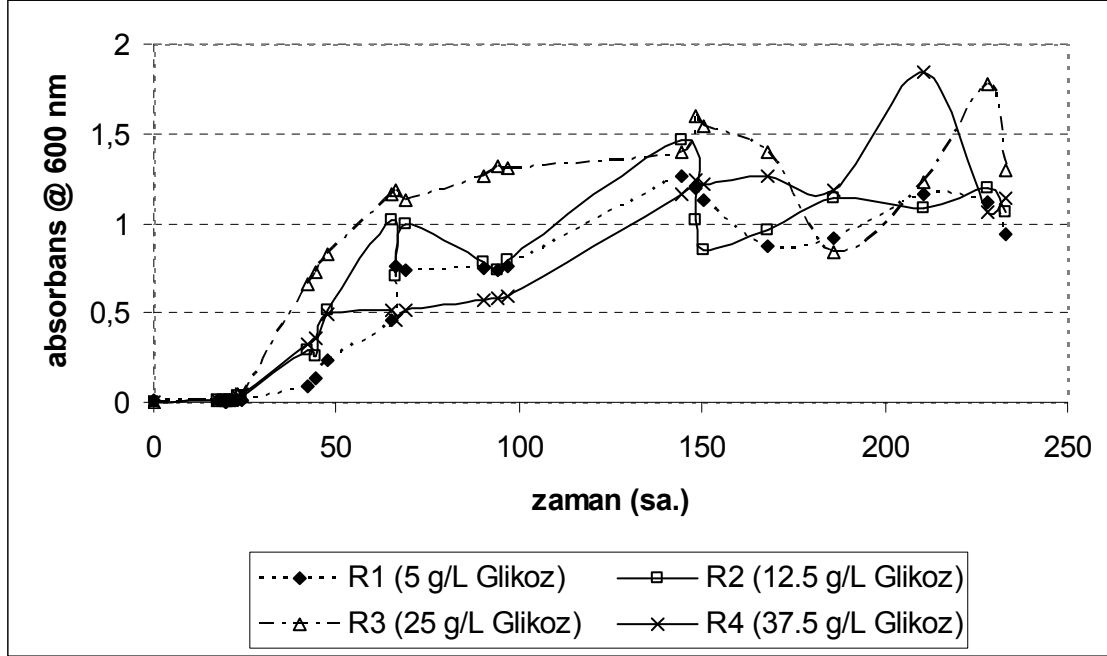
Şekil 5.10. MLVSS konsantrasyonunun ortamdaki glikoz konsantrasyonuna göre değişimi

Reaktörler denge haline ulaştığında yapılan MLVSS ölçümleri sonucunda ortamdaki mikroorganizma miktarının glikoz konsantrasyonu ile doğru ilişkide olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.10).

#### 5.2.1.4. Set 8 Değerlendirme

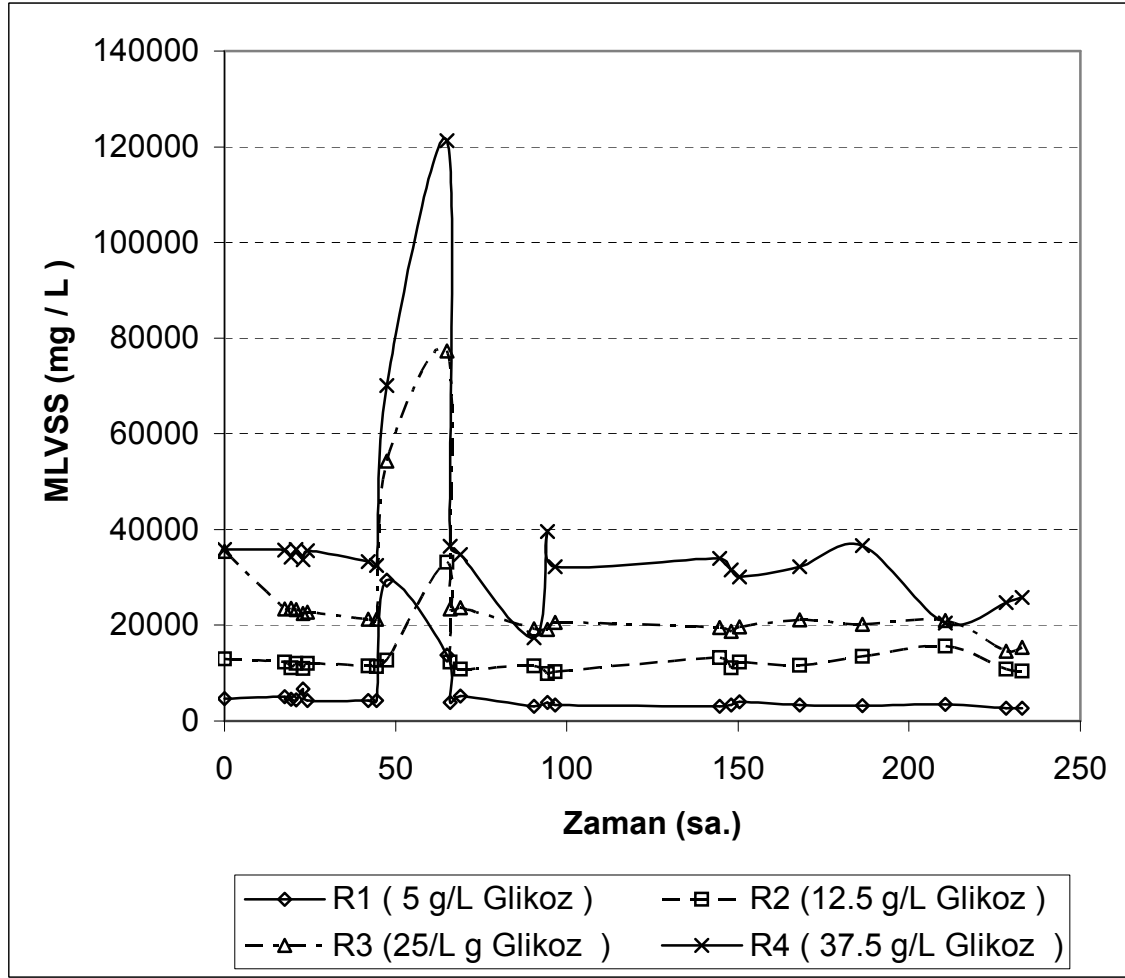
Glikoz konsantrasyonlarındaki değişimin tam karışimli kesikli reaktörlerde sürdürülen biyolojik arıtıma etkilerinin incelendiği bu çalışmada dört farklı deney düzeneği kullanıldığı bu sette 26.01.2004 ve 30.01.2004 tarihlerinde reaktörlerde pH ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Bu değerler tarih, pH ve sıcaklık sırasıyla; R1

için; 4.66, 16.5 °C; 4.17, 19.3 °C ; R2 için; 4.22, 15.5 °C, 4.2, 18.2 °C; R3 için; 3.82, 16 °C, 3.33, 18.1 °C; R4 için; 3.1, 16 °C, 3.55, 18.5°C olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.11. Mikroorganizma Miktarlarındaki Değişim

R3 ve R4 reaktörlerine 145,66. dakikada 2'şer g öğütülmüş sahra tozu ilave edildi. Sahra tozu ilavesinden sonra R3 ve R4 reaktörlerinde gözlenen optik yoğunluk artışı sırasıyla; 0,2, 0,07 birim olarak ölçülmüştür. Deneyler sırasında yapılan MLVSS ölçüm sonuçlarının zamana karşı grafiğe geçirildiğinde glüköz miktarındaki artış mikroorganizma miktarındaki artışla paralellik gösterdiği gözlenmiştir. Ölçümlerle ilgili grafik Şekil 5.11'de görülmektedir.

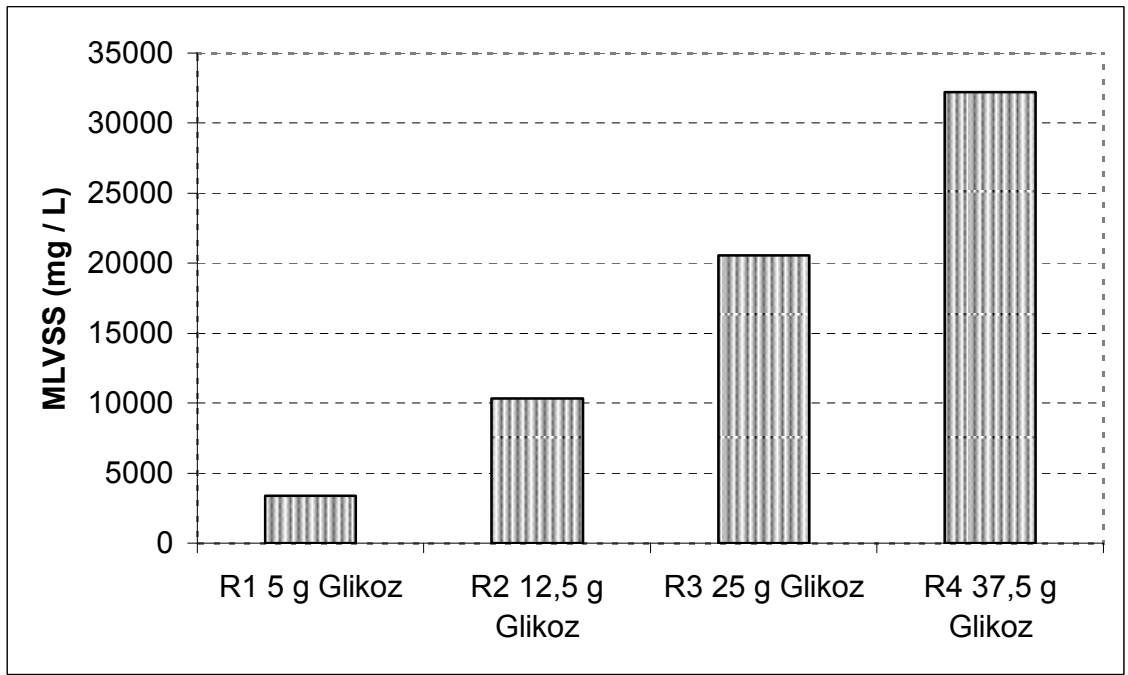


Şekil 5.12. Reaktörlerdeki MLVSS miktarının zamana göre değişimi

Reaktörlerde kullanılan glikoz konsantrasyonu arttıkça MLVSS konsantrasyonu da zamana bağlı olarak artmaktadır. Bu çalışmada kullanılan glikoz konsantrasyonları 5 g/L, 12.5 g/L, 25 g/L, 37.5 g/L olup reaktörlerde 94. saatte denge haline ulaşılmıştır (Şekil 5.12). 65. saatte maksimum üreme gözlemlenmiştir. Denge haline ulaşıldıktan sonraki ölçümler 233. saate kadar devam ettirilmiştir. Bu süreç içerisinde küçük salınımlar görülse de ölçülen değerler ortamda bulunan glikoz konsantrasyonu arttıkça mikroorganizma popülasyonunda artışı göstermektedir. Denge haline ulaşıldığındaki mikroorganizma miktarının reaktörlerdeki glikoz miktarına göre değişimi grafiğe geçirildiğinde elde edilen sonuç ortamda artan glikoz konsantrasyonun mikroorganizma popülasyonunda da artışa sebep olduğu Şekil 5.13'te görülmektedir.

Çizelge 5.4. Mikrobiyal dengeye ulaşıldığında reaktörlerde ölçülen MLVSS (mg/L) değerleri

Reaktör	MLVSS (mg/L)
R1 5 g Glikoz	3400
R2 12.5 g Glikoz	10340
R3 25 g Glikoz	20540
R4 37.5 g Glikoz	32200



Şekil 5.13. MLVSS konsantrasyonunun ortamdaki glikoz konsantrasyonuna bağlı olarak değişimi

Reaktörlerde mikrobiyal dengeye ulaşıldığı anda yapılan MLVSS ölçüm sonuçları; glikoz konsantrasyonu arttıkça ortamdaki mikroorganizma konsantrasyonun da arttığını göstermektedir (Şekil 5.13).

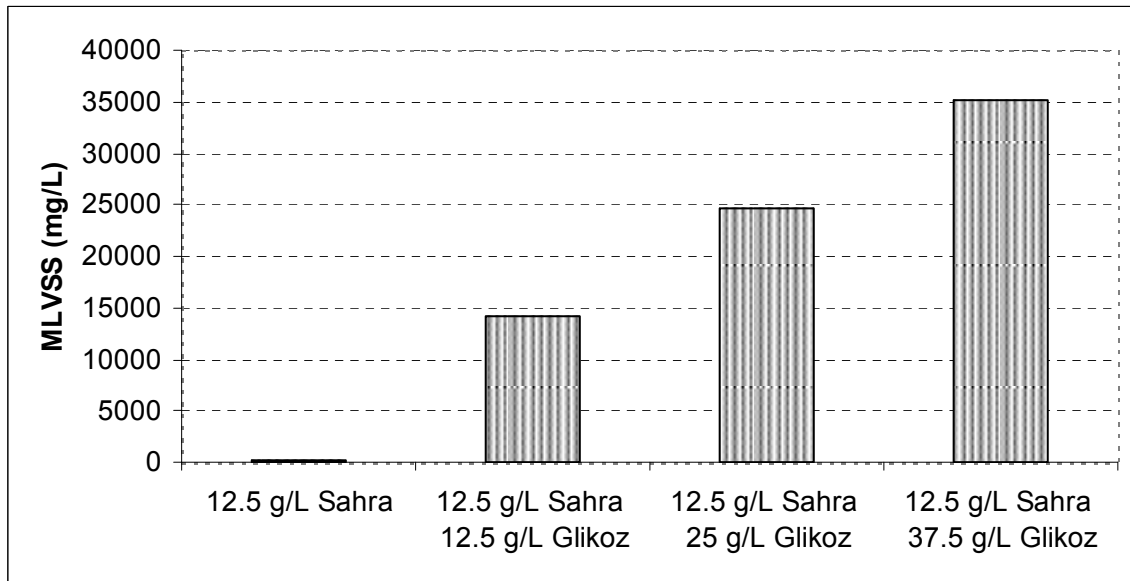
#### 5.2.1.5. Set 9 Değerlendirme

Bu çalışmada sahra tozunun ortamda bulunması halinde glikoz konsantrasyonundaki değişimin tam karışimli kesikli reaktörlerde sürdürülen biyolojik arıtıma etkileri incelendi. Bu çalışmada diğerlerinden farklı olarak besin maddeleri kullanılmayıp, aynı zamanda sahra tozunun besin maddesi değeri

taşıyıp taşımadığının incelenmesi de amaçlanmıştır. Reaktörler mikrobiyal dengeye ulaştığı anda ölçülen MLVSS konsantrasyonları Çizelge 5.5’ da verilmiştir. Ortamdaki glikoz konsantrasyonu arttıkça mikroorganizma miktarının da arttığı gözlemlenmiştir. Şekil 5.14’te bu artış ve Sahra tozunun tek başına da mikrobiyal üreme için ortam oluşturduğu görülmektedir.

Çizelge 5.5. Mikrobiyal dengeye ulaşıldığında reaktörlerde ölçülen MLVSS (mg/L) değerleri

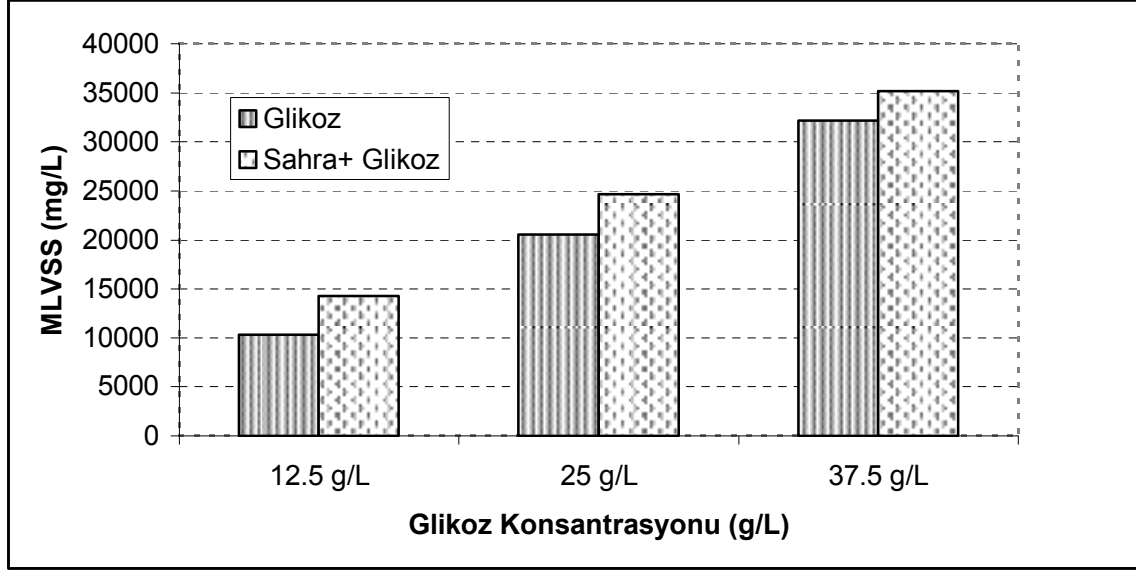
Reaktör	MLVSS (mg/L)
12.5 g/L Sahra Tozu	260
12.5 g/L Sahra Tozu + 12.5 g/L Glikoz	14260
12.5 g/L Sahra + 25 g/L Glikoz	24680
12.5 g/L Sahra + 37.5 g/L Glikoz	35180



Şekil 5.14. Kompozisyonlarında eşit miktarda sahra tozu ve farklı konsantrasyonlarda glikoz bulunduran reaktörlerde mikrobiyal dengeye ulaşıldığında ölçülen MLVSS konsantrasyonları

Çizelge 5.6. Set 8 ve Set 9 da farklı glikoz konsantrasyonlarındaki MLVSS ölçüm sonuçları

Glikoz Konsantrasyonu (mg/L)	Reaktör Tipleri	
	Glikoz	Sahra Tozu + Glikoz
12.5 g/L	10340	14260
25 g/L	20540	24680
37.5 g/L	32200	35180



Şekil 5.15. Set 8 ve Set 9 MLVSS (mg/L) karşılaştırılması

Reaktörlere eklenen glikoz konsantrasyonları arttıkça ortamdaki mikroorganizma miktarının da artmakta olduğu Set 8 ve Set 9'da yapılan ölçümler sonucunda gösterilmiştir. Aynı miktarda glikoz konsantrasyonu bulunan reaktörlerde içerisine sahra tozunun ilave edilenlerde mikroorganizma miktarının daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.15).

## 5.2.2. Sahra Tozunun Karbon Kaynağı Olarak Melas Kullanılan Mikrobiyal Popülasyonlar Üzerindeki Etkilerinin İrdelenmesi

### 5.2.2.1. Karbon Kaynağı Olarak Düşük ve Yüksek Konsantrasyonda Melas Kullanılan Reaktörlerdeki Mikrobiyal Aktivite

Bu çalışmada laboratuarda oluşturulan kesikli evsel atık su arıtma tesisi sistemine atmosferde taşınan Sahra tozları beş farklı senaryo kullanılarak beslenmiştir.

İlk reaktörde düzenek Sahra tozunun güneş enerjisi yok iken (uygulamada gece veya kış dönemine karşılık kullanılabilir) arıtma tesisine gelmesi durumunda sistemin nasıl davranacağını anlamak için kurulmuştur. İkinci reaktör, Sahra tozunun güneş enerjisine maruz kalması durumunda, fotokimyasal reaksiyonlar sonrası, arıtma tesisine etkileri olup olmadığını gözlemlemek için tasarlanmıştır. Üçüncü reaktörde klorü giderilmiş musluk suyu ile hazırlanmış besin çözeltisi kullanılarak yaygın aktif çamur sistemi simüle edilmiştir. Dördüncü reaktörde besin yeri hazırlarken sadece havalandırılmış musluk suyu ve melas kullanılarak musluk suyunun mikroorganizmaların yaşamak için ihtiyaç duydukları elementleri sağlayıp sağlayamadığı araştırılmıştır. Beşinci reaktörde ise Sahra tozunun besleyici özelliklerini araştırmak için melas solüsyonu ışık enerjisine maruz bırakılmış Sahra suyu ile hazırlanmıştır.

Aklımasyon sırasında 5 mg/L olan organik madde miktarı (melas), düşük karbon miktarının simüle edildiği ilk deney setinde 10 mg/L olarak çalışılmış ve düşük organik madde konsantrasyonu ile gözlemler yapılmıştır. Mikroorganizma konsantrasyonundaki zamana bağlı değişim Şekil 5.16'da verilmiştir. Kontrol reaktörü olan 4 numaralı reaktör dışındaki reaktörlerde gözlenen mikrobiyal üremeler arasında ayırım yapmak zordur.

Reaktörlerde dinamik denge 600 saat sonunda gözlemlendikten sonra sisteme giren karbon miktarı artırılmıştır. Yüksek organik yük için sisteme  $550 \pm 180$  mg/L TOK değerinde organik yük verilmiş ve sonuçlar Çizelge 5.7'de sunulmuştur. Yüksek organik yük sonrası reaktörlerde gözlenen mikroorganizma konsantrasyonları Şekil 5.17'de gösterilmektedir. Başlangıçta reaktörde gözlenen 0.15 birimlik optik yoğunluk, bu süreçte 1.5 absorsiyon birimine kadar yükselmiştir. En yüksek optik yoğunluk, güneş enerjisine maruz kalmış Sahra solüsyonu ile beslenen reaktörde gözlenmiştir. Bu yükseklik MLVSS değerleri ile de doğrulanmıştır. Biyolojik arıtım reaktörü ve güneş enerjisinin etkilemediği Sahra solüsyonlu reaktör mikrobiyal üreme açısından ikinci sırada yer almaktadır. Sistemde gözlenen arıtım oranları değerlendirildiğinde kontrol olarak kullanılan 4 numaralı reaktörde organik madde giderimi %10'un altında olmuştur. Diğer bütün reaktörlerde değişen oranlarda arıtım gözlenmiştir. Kullanılan reaktörlerde dış etkenlerin olmadığı düzenekte gözlenen arıtım %75 seviyesindedir. Sahra solüsyonunun güneş enerjisi olmadan



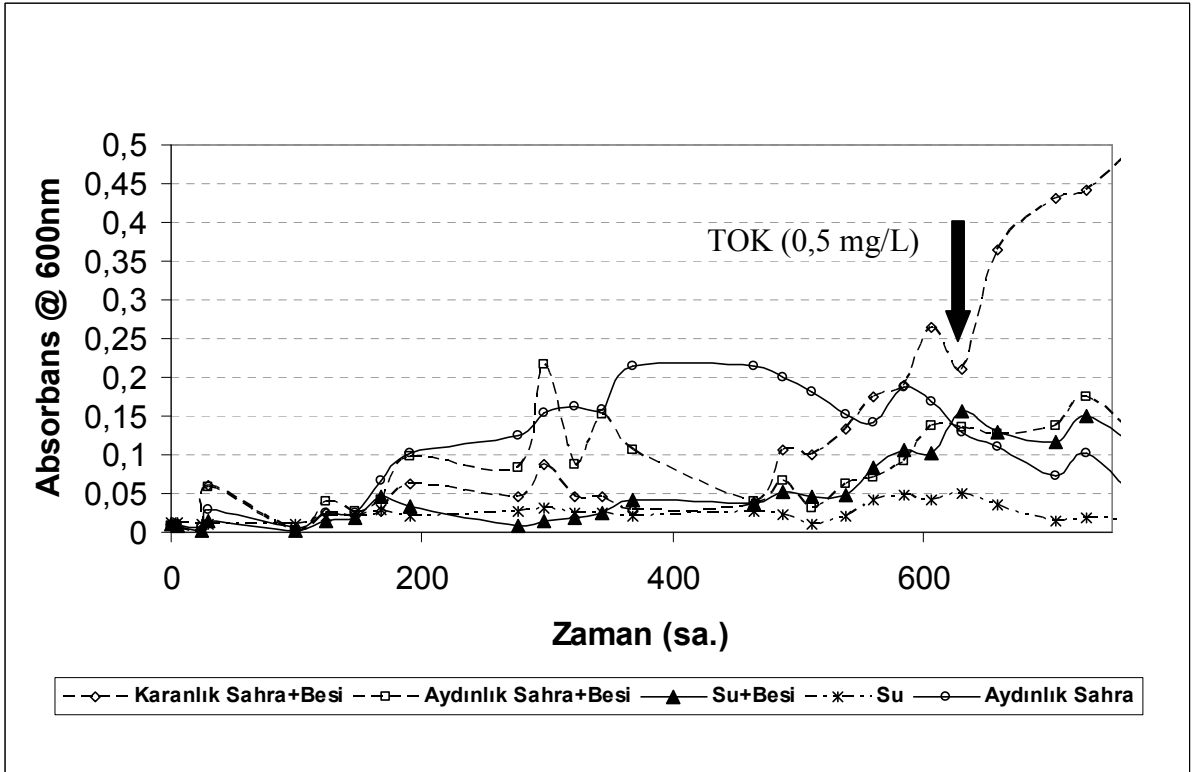
sisteme girmesi sırasında gözlenen organik madde giderimi %45 seviyelerindedir. Güneş enerjisi, reaktördeki giderim oranını %66'ya yükseltmektedir. Sadece sahra solüsyonu olan reaktörde %40 civarında bir arıtım gözlenmektedir.

Aktif çamur sisteminin çökeltme özellikleri SVI değerleri kullanılarak karşılaştırılmıştır. En etkin çökeltme biyolojik arıtım reaktöründe gözlenmiştir. SVI değerlerine bakıldığında Sahra tozunun çökeltme özelliklerini olumsuz yönde etkilediği düşünülmektedir. Sadece melas ve güneş enerjisine maruz kalmış Sahra solüsyonu bulunan reaktörde mikrobiyal üreme görülmesine rağmen bu popülasyonun çökeltme özellikleri mühendislik uygulamaları açısından yetersiz görünmektedir.

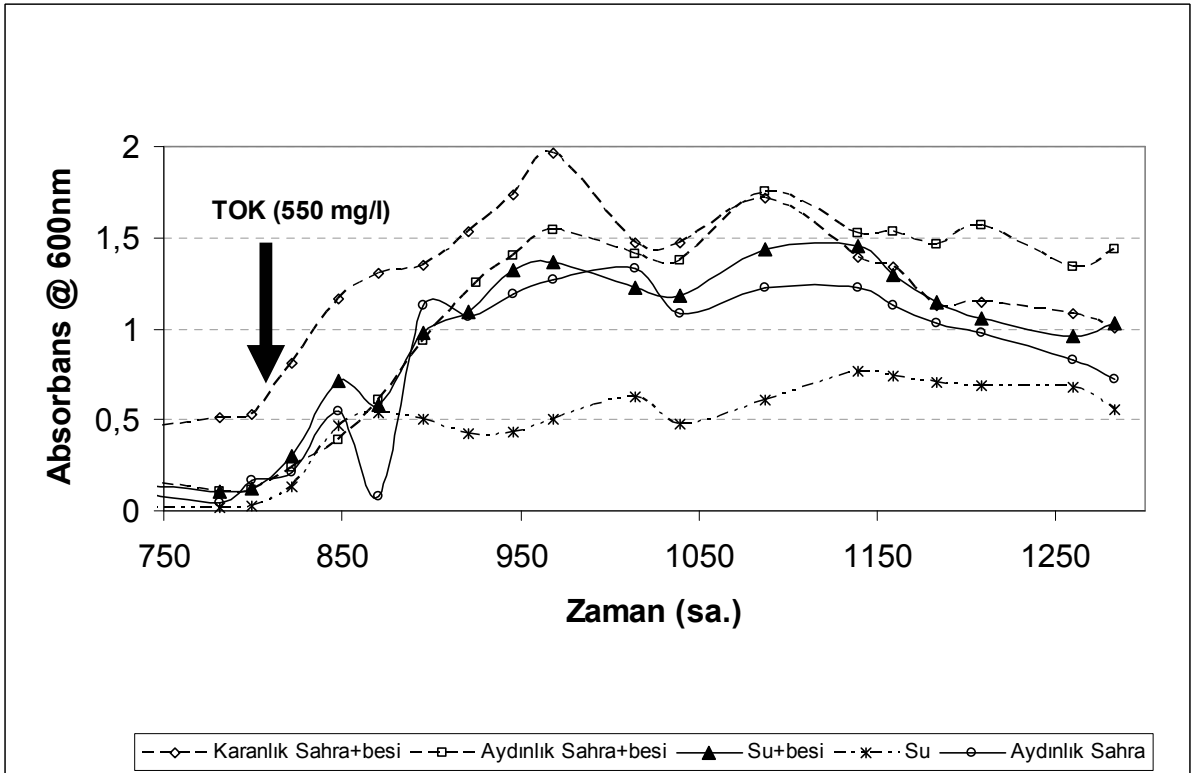
Çizelge 5.7. Reaktörlerde gözlenen mikroorganizma konsantrasyonları, arıtım oranları ve çökeltme özellikleri

REAKTÖR	TOK (giriş)	TOK (çıkış)	Giderim (%)	SVI	MLVSS
1	712	390	45	50	1400
2	447	151	66	119	2020
3	367	98	73	57	1860
4	940	870	7	9	210
5	390	232	40	45	154

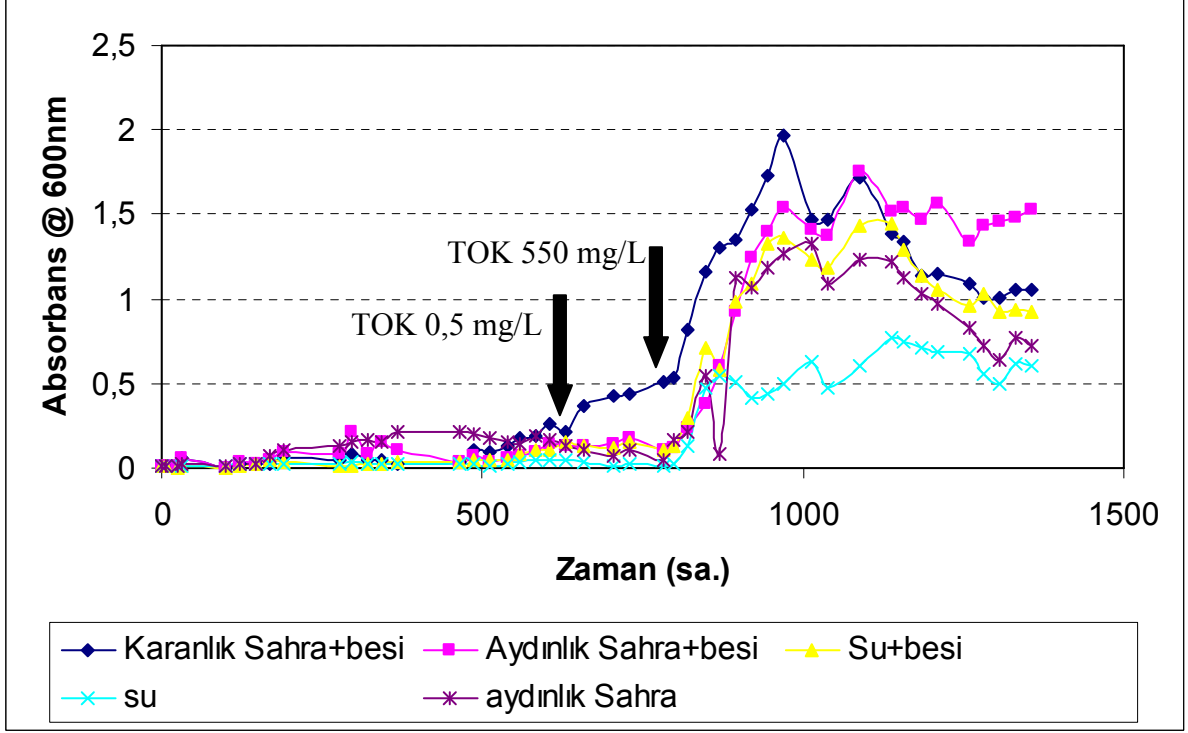
Bu deneylerin sonunda Sahra tozunun biyolojik arıtım tesislerinin çalışmalarına etkisinin olabileceği laboratuvar ortamında gözlenmiştir. Sahra tozunda bulunan mineraller mikrobiyal üremeyi sağlayacak niteliktedir. Yapılan çalışmada Sahra tozu ile birlikte arıtım verimi düşmektedir. Güneş enerjisinin neden olduğu fotokimyasal reaksiyonlar biyolojik arıtım sistemi üzerinde etkili olmaktadır. Gözlemlerimiz aktif çamur sistemlerinin arıtım sonrası çökeltme özelliklerinin Sahra tozundan olumsuz yönde etkilendiği yönündedir.



Şekil 5.16. Reaktörlerde aklımasyon süresinde gözlenen mikrobiyal üreme



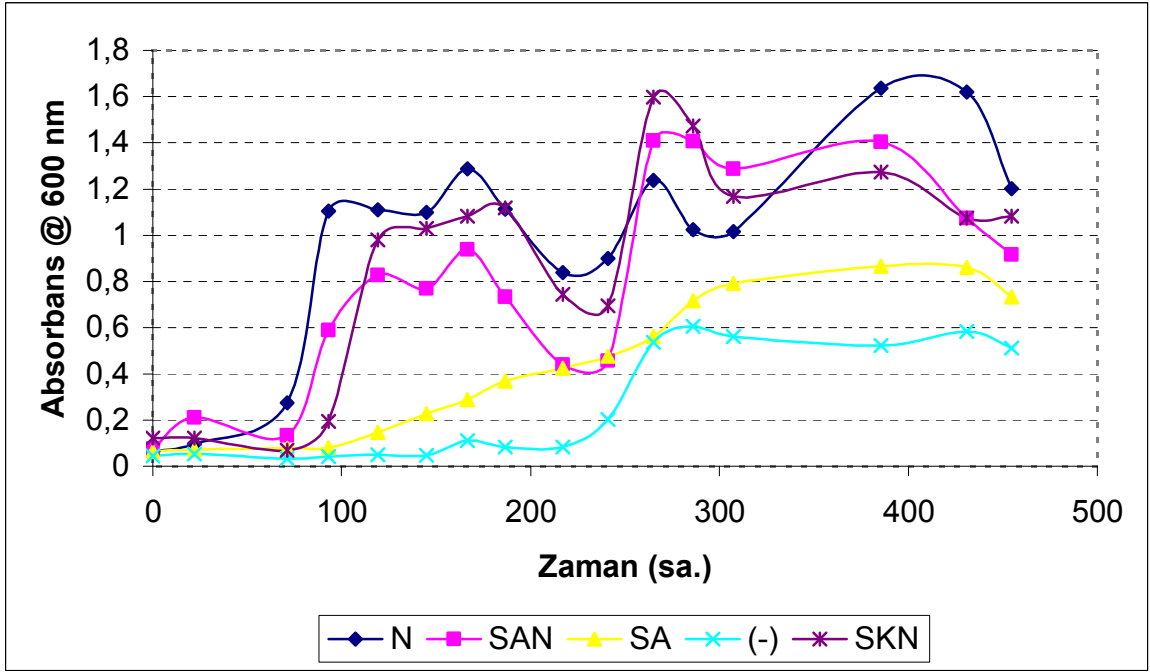
Şekil 5.17. Organik yükleme sonrası reaktörlerde görülen mikrobiyal aktivite



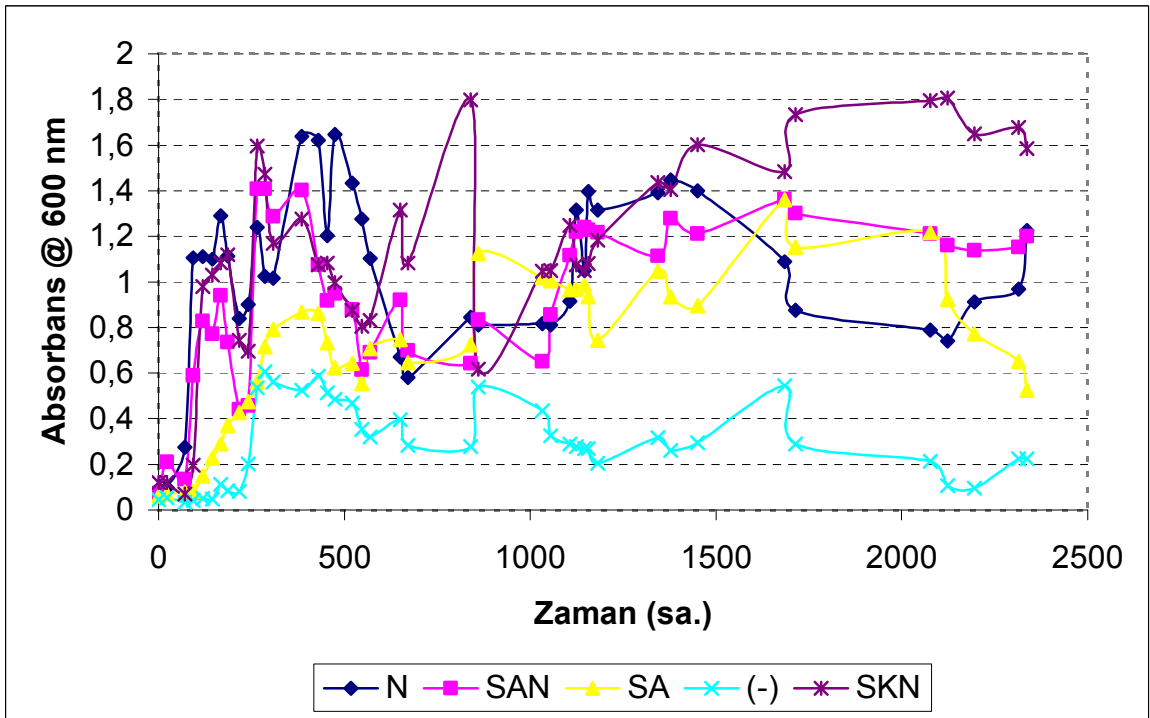
Şekil 5.18. Mikroorganizma miktarının zamana göre değişimi.

#### 5.2.2.2. Karbon Kaynağı Olarak Yüksek Konsantrasyonda Melas Kullanılan Reaktörlerdeki Mikrobiyal Aktivite

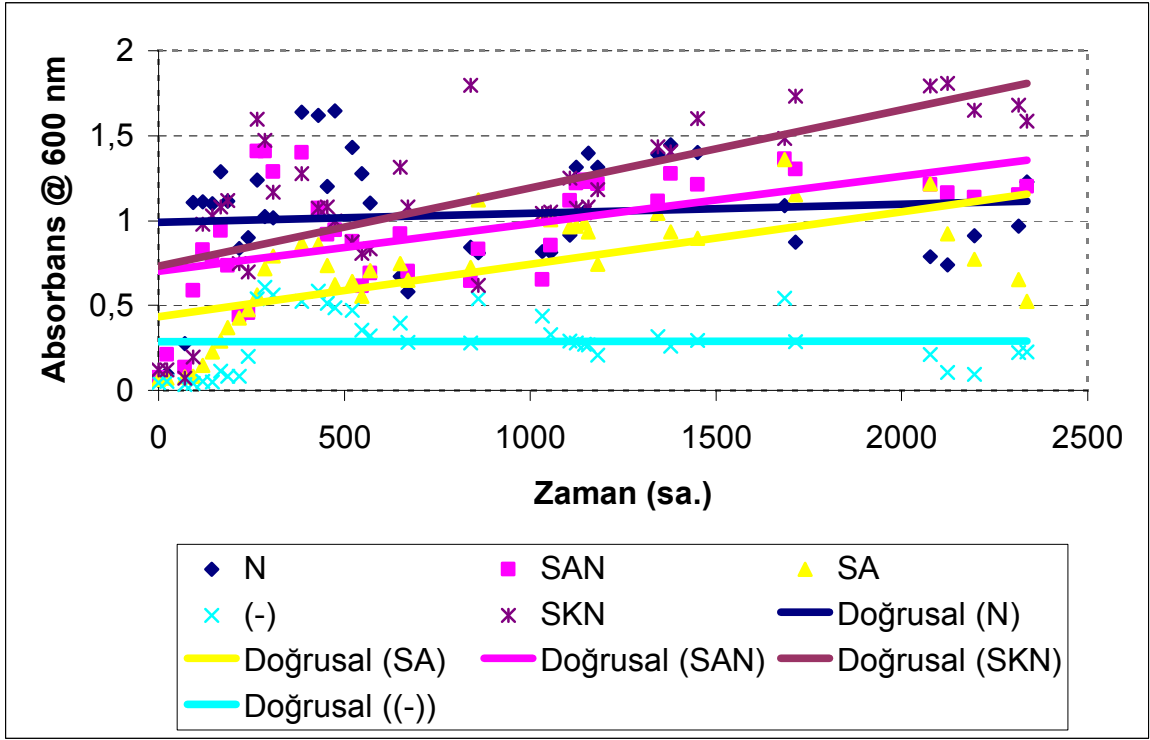
Karbon kaynağı olarak yüksek konsantrasyonda melas kullanılan beş farklı kompozisyondaki reaktörde gözlenen optik yoğunluğun zaman göre değişimi Şekil 5.19 ve Şekil 5.20’de verilmiştir.



Şekil 5.19. Mikroorganizma miktarlarının zamana göre değişimi (0-50 saat).



Şekil 5.20. Mikroorganizma miktarlarının zamana göre değişimi (0-2500 saat).

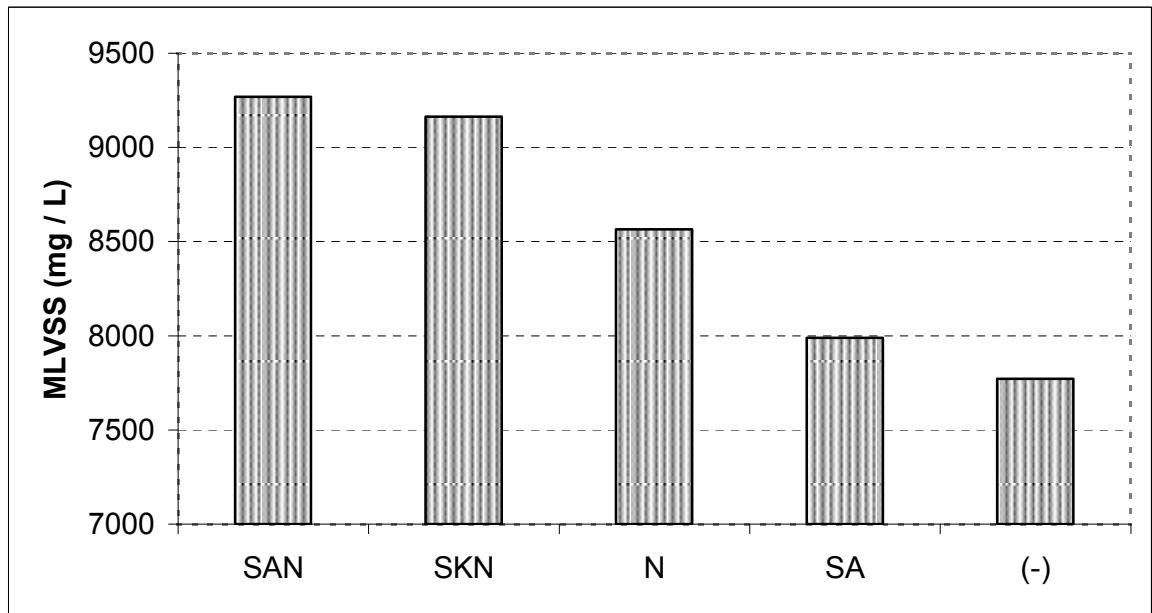


Şekil 5.21. Deney düzeneklerinde görülen mikroorganizma miktarlarındaki zamana bağlı değişimin doğrusal irdelenmesi

Doldur boşalt prensibi ile 2500 saat çalıştırılan ve karbon kaynağı olarak melas kullanılan reaktörlerden sahra eklenenlerde mikrobiyal konsantrasyonda sürekli artış görülürken besin maddesi içermeyen musluk suyu ile hazırlanmış reaktör ve klasik aktif çamur reaktöründe dengeli ve artmayan mikrobiyal popülasyon gözlenmiştir (Şekil 5.21.). En düşük mikroorganizma miktarı beklenildiği gibi besin içermeyen musluk suyu ile hazırlanmış reaktörde, en yüksek optik yoğunluk ise Sahra tozunun ışıklandırılmamış olarak eklendiği reaktörde gözlenmiştir. Reaktörlerdeki mikrobiyal popülasyonun, ilave edilen sahra tozundan gelen etkinin en aza indirilmesi açısından denge durumlarında MLVSS konsantrasyonlarına bakılmıştır. Işıklılandırılmış Sahra tozunun eklendiği reaktörde, ışıklandırılmamış Sahra tozunun bulunduğu reaktöre oranla farkı az olmakla birlikte en yüksek mikrobiyal üreme gözlemlenmiştir. Sahra tozunun ilave edilmesi mikrobiyal üremeyi arttırmakta olduğunu Şekil 5.22'de görülmektedir.

Çizelge 5.8 Reaktörlerde gözlenen mikroorganizma konsantrasyonları, arıtım oranları ve çökelme özellikleri

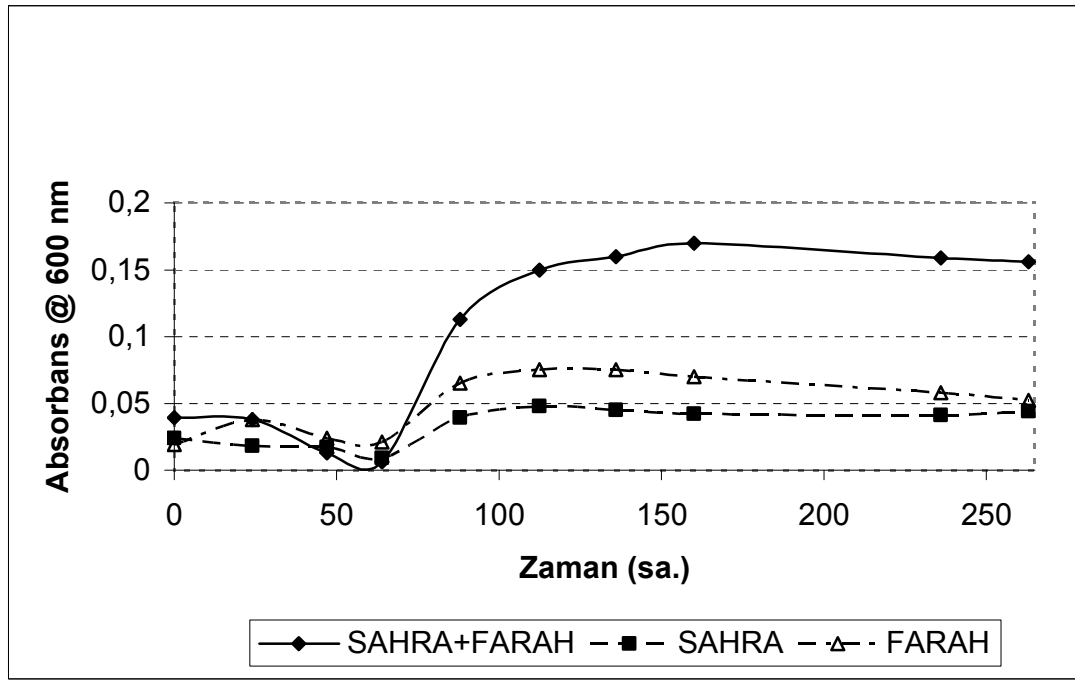
REAKTÖR	TOK (giriş)	TOK (çıkış)	Giderim (%)	SVI	MLVSS
SAN	553	149	73	12	9270
SKN	521	225	58	74	9165
N	546	130	77	Bulking	8565
SA	1822	1421	41	10	7990
(-)	2697	1756	2	25	7770



Şekil 5.22. Reaktörlerde ölçülen MLVSS konsantrasyonları.

### 5.2.3. Farklı Çöl Kökenli Tozların (Sahra - Farah) Laboratuar Koşullarında Karıştırılarak Ortamdaki Mikrobiyal Aktivitenin İrdelenmesi

Farklı çöl tozlarının biyolojik arıtma sistemlerine olan etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada yapılan ölçümler sonucunda elde edilen grafik Şekil 5.23'de verilmiştir.

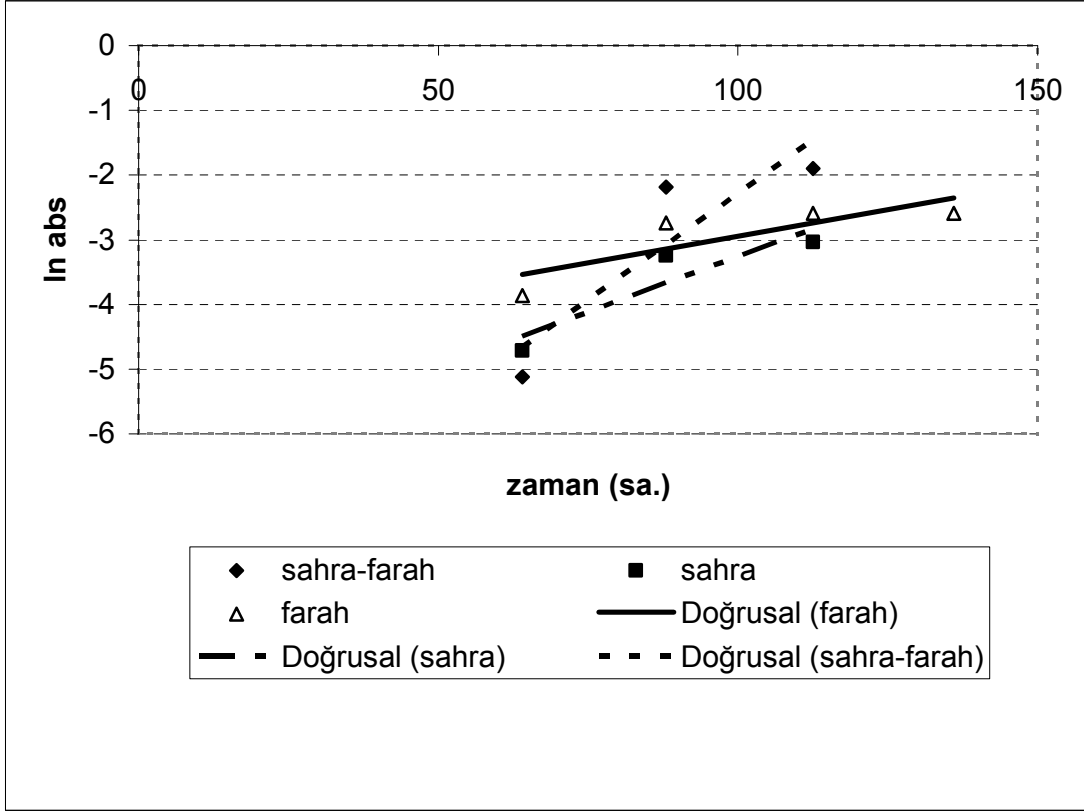


Şekil 5.23. Çöl tozlarının mikroorganizma miktarlarının değişimine olan etkileri.

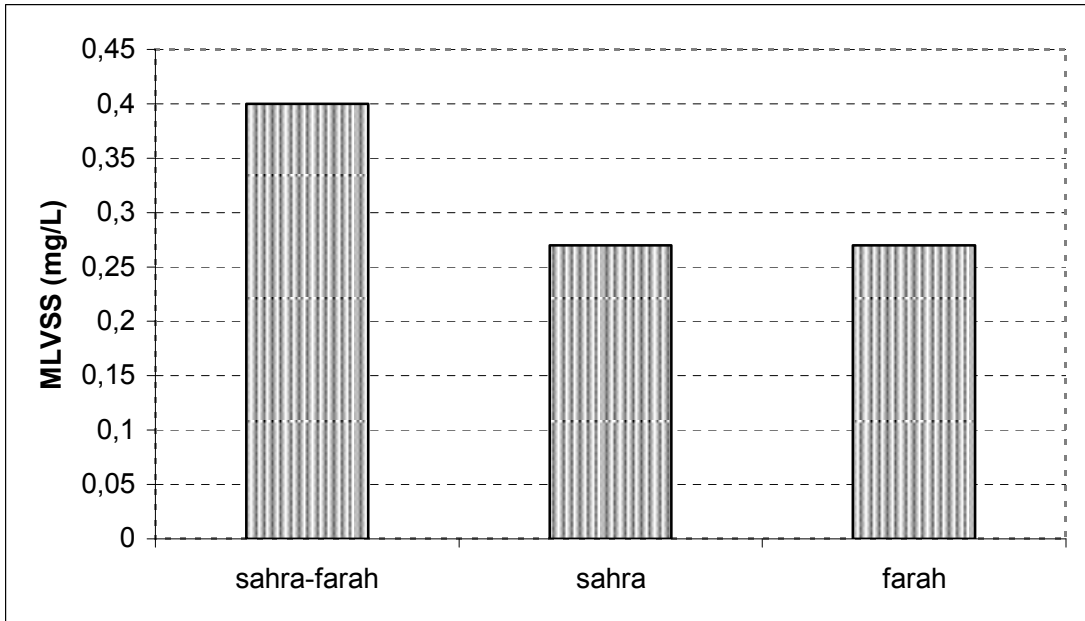
Sahra, Farah ve her iki çöl tozunun da beraber kullanıldığı reaktörlerde yapılan deneyler sonucunda; iki çöl tozunun da aynı anda kullanıldığı reaktörde mikroorganizma popülasyonundaki artışın tek başlarına kullanıldıkları reaktörlere oranla iki kat daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Mikroorganizma popülasyonlarının spesifik üreme hızlarının grafiğe geçirildiğinde  $\mu$  değerleri farah, sahra, sahra-farah için sırasıyla;  $0,016 \text{ sa}^{-1}$ ,  $0,034 \text{ sa}^{-1}$ ,  $0,066 \text{ sa}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.24.). Bu da normal koşullarda birbiriyle karışması mümkün olmayan farklı iki çöl tozunun laboratuvar ortamında karıştırılması sonucunda daha yüksek besin değeri taşıdığını ve mikroorganizma popülasyonlarının gelişiminde pozitif yönde bir katkı sağladığı gözlemlenmiştir.

Çizelge 5.9 Reaktörlerdeki mikroorganizma popülasyonlarına ait üreme denklemleri

Üreme Ortamı	$\mu \text{ (sa}^{-1}\text{)}$	Üreme Denklemi	$R^2$
Sahra	0,0344	$y=0,0344X-6,6989$	0,84
Farah	0,0165	$y= 0,0165X-4,5963$	0,69
Sahra+Farah	0,0662	$y= 0,0662X-8,8992$	0,81



Şekil 5.24. Mikroorganizma popülasyonlarına ait spesifik üreme hızı.

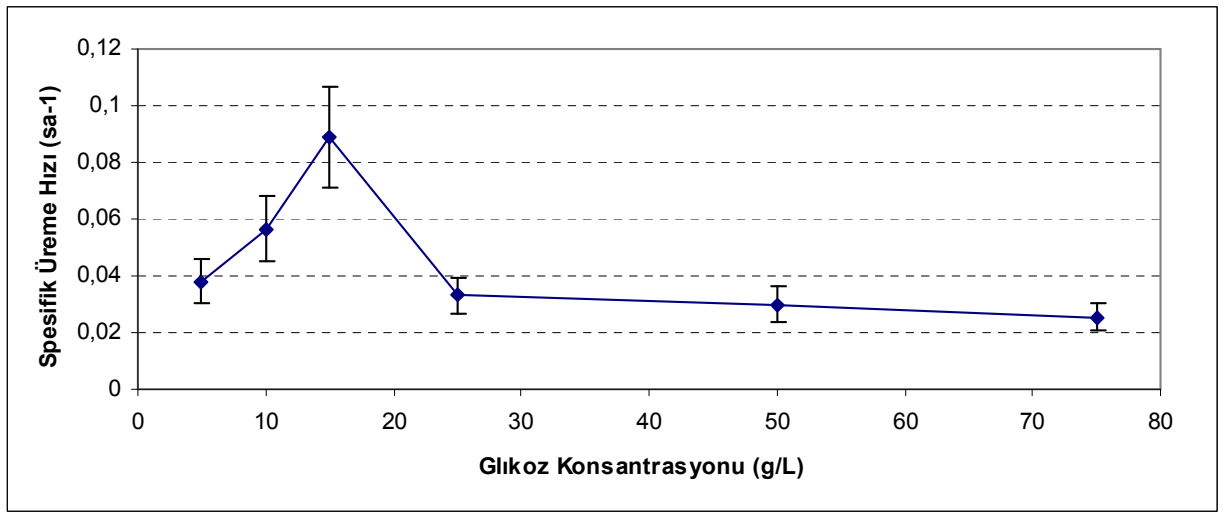


Şekil 5.25. Reaktörlere ait MLVSS konsantrasyonları.



Sahra ve Farah tozunun karıştırıldığı reaktörlerde optik yoğunluk iki kat daha fazla gözlemlenmiştir. Bu artışın sebebinin mikroorganizma popülasyonundaki artıştan mı yoksa kullanmış olduğumuz çöl tozlarından mı kaynaklı olduğunun belirlenmesi için reaktörlerin denge konumundaki MLVSS oranları ölçülüp grafiğe alınmıştır. Şekil 5.25 de görüldüğü gibi Sahra ve Farah tozlarının karıştırıldığı reaktörlerde mikrobiyal üremenin daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

#### 5.2.4 Karbon Kaynağı Olarak Farklı Konsantrasyonlarda Glikoz Kullanılan Reaktörlerde Mikroorganizma Popülasyonlarının Spesifik Üreme Hızları



Şekil 5.26. Spesifik üreme hızının glikoz konsantrasyonuna göre değişimi.

Mikroorganizmalar ortamda bulunan karbon kaynaklarını kullanarak ürerler. Ortamdaki karbon kaynağının konsantrasyonu mikroorganizmaların spesifik üreme hızlarını etkilemektedir. Glikoz konsantrasyonu arttıkça mikroorganizma popülasyonuna ait spesifik üreme hızı da artmaktadır. Bu çalışmada mikroorganizma popülasyonuna ait  $\mu_{max} \sim 0,1 \text{ sa}^{-1}$  olduğu hesaplanmıştır. Karbon kaynağı olarak farklı konsantrasyonlarda glikoz kullanılan bu çalışmada mikroorganizma popülasyonlarına ait spesifik üreme hızı Şekil 5.26'da verilmiştir. Reaktörlerdeki glikoz konsantrasyonu 15 g/L üzerine çıktığında mikroorganizma popülasyonlarına ait spesifik üreme hızlarında belirgin bir azalma görülmektedir. Buna ortamda bulunan glikoz konsantrasyonun belli değeri aşması sonucunda mikroorganizma popülasyonu üzerinde toksik etki göstermesinin neden olabileceği düşünülmektedir.

## 6.GENEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

- Sahra tozunun organik madde içeriğini belirlemek için yapılan analiz sonucunda %10 değerinde organik madde içerdiği belirlenmiştir. Analiz sonucuna göre sahra tozunun organik madde açısından zengin olmadığı görülmüştür.
- Arıtımı yapılmamış bir atık su kompozisyonunda BOİ 100-400 mg/L KOİ 200-1000 mg/L arasında değişirken Sahra tozunda BOİ 18,40±5,10 mg/L ve KOİ 90±30 mg/L olarak hesaplanmıştır. Bu da bize sahra tozunun önemli bir karbon kaynağı olmadığını göstermektedir.
- Yapılan analizler sonucunda Sahra tozu içerisinde nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) olmadığı ve nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) seviyesinin de 10,08 µg/L gibi çok düşük bir seviyede olduğu bulunmuştur.
- Sahra tozunun yüksek miktarda sülfat içerdiği bilinmektedir. Yaptığımız sülfat analizleri sonucunda sahra tozundaki sülfat miktarı 226,09 mg/L olarak tespit edilmiştir. Sülfat miktarının arıtılmamış bir atıksu içerisindeki değerinin 20-60 mg/L olduğu esas alınırsa Sahra tozundaki sülfat miktarının çok yüksek değerde olduğu daha net olarak görülmektedir.
- Sahra tozunda pH tespit etmek için dört farklı yöntem kullanılmıştır. Yapılan ölçüm sonuçlarına göre Sahra tozunun pH aralığı 7,57-8,24 olarak bulunmuştur. Bu da Sahra tozunun alkaline olduğu ve CaCO<sub>3</sub>'ün yapısında yüksek miktarda bulunduğunu göstermektedir.
- Karbon kaynağı olarak glikoz kullanılan reaktörlerde ortamda besin maddelerinin olamaması durumunda mikrobiyal üremenin sınırlandırıldığı ve denge haline daha uzun sürede gözlemlenmiştir. Besin maddesi ilave edilen reaktörde 60. saate dengeye ulaşılırken besin maddesi ilave edilmeyen reaktörde ise mikrobiyal dengeye 150. saate ulaşılmıştır (Set 1-2).
- Karbon kaynağı olarak glikozun kullanıldığı reaktörlerde yapılan deneyler sonucunda ortamda glikoz miktarı azalırken mikroorganizma miktarında artış olmakta olup aralarında ters orantı olduğu görülmektedir (Set 4-5).

- Karbon kaynağı olarak glikoz kullanılan reaktörlerde dinamik dengeye ulaşıldığında yapılan MLVSS ölçümleri glikoz konsantrasyonu artıka ortamda bulunan mikroorganizma konsantrasyonu da artmaktadır (Set 6-7, 8).
- Aynı kompozisyonda çalışan reaktörlerden sahra tozunun ilave edildiği reaktörlerde mikrobiyal üremenin daha fazla olduğu gözlemlenmiştir (Set 8-Set 9 ).
- Doğal şartlarda birbiri ile karışması mümkün olmayan Sahra ve Farah çöl tozlarının laboratuvar koşullarında karıştırılması durumunda mikrobiyal üremenin tek başlarına kullanıldıkları duruma göre daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Reaktörlerdeki spesifik üreme hızları sırasıyla Farah, Sahra, Sahra-Farah için;  $0,016 \text{ sa}^{-1}$ ,  $0,034\text{sa}^{-1}$ ,  $0,066 \text{ sa}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır.
- Sahra tozunun arıtma sistemlerine ilavesi halinde mikrobiyal üremede artış gözlenmektedir.
- Aktif çamur reaktörüne besin maddelerinin eklenmeden sadece sahra tozunun eklenmesi halinde de mikrobiyal üreme gözlenmektedir. Bu da Sahra tozunun tek başına da mikrobiyal üremeye olanak verdiğini göstermektedir.

## 7. ÖNERİLER

Yapılan deneyler sonucunda Sahra tozunun biyolojik arıtma tesislerinin çalışmalarına etkisinin olabileceği laboratuvar ortamında gözlenmiştir. Bu etkiler gerçek biyolojik arıtım sistemlerinde de etkin olabilir. Bundan sonraki araştırmalar sırasında gerçek arıtım sistemlerinden elde edilecek veriler atmosferik toz taşınım bilgileri ile birlikte değerlendirilmelidir. Tozun geldiği dönemler ve normal atmosfer koşullarındaki değerler karşılaştırılarak incelenmelidir.

Yapılan çalışmalar sırasında Sahra tozu mikroorganizma miktarında artış sağlarken sağlıklı flokların oluştuğu gözlemlenmiştir. ÇHI analizleri çökeltme özelliğinin sınır değerler üzerinde olduğunu göstermiştir. Bu sonuçtan yola çıkarak çamurun çökebilirliği üzerinde detaylı çalışmalar yapıp iyileştirme yollarına gidilebilir.

Sahra tozunun kullanılabilir demir üretmesi açısından arıtma sistemlerine olan etkilerinin değerlendirilmesi için çalıştırılan biyolojik sistemlere eklenen besin çözeltilerinden demir ilavesi yapılmadan kontrol rektörleri oluşturularak yeni çalışmalar yapılabilir.

## KAYNAKLAR

- Afeti, G.M. and Rech, F.J., 2000, Physical characteristics of Saharan Dust near the Gulf of Guinea, *Atmospheric Environment*, 34, pp 1273-1279.
- Atıksu Arıtma Tesisleri Proses İşletme Bakım El Kitabı, İller Bankası UNDP WHO, 1989, Ankara.
- Cristina, S., Nadia, G. and Alessandra, B., 2003, Organizational damage layers on monuments and buildings, *Atmospheric Environment*, 37(9-10), 1261-1269.
- Dubois, M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A. and Smith F., 1956, colorimetric method for determination of sugars and related substances, *analytical chemistry*, 28(3), pp 350-356.
- Fikar M., Chachuat B. and Latifi M.A., 2004, Optimal operation of alternating activated sludge processes, *Control Engineering Practice*.
- Gaudy, A.F. and Gaudy E.T., 1980, *Micro-biology for Environmental Scientistst and Engineers*, McGraw-Hill, New York, 703p.
- Gernaey V.K., Loosdrecht M.C.M., Henze M., Lind M. and Jergensen S.B., 2003, Activated sludge wastewater treatment plant modelling and simulation: state of the art, *Environmental Modelling*.
- Goudie, A.S. and Middleton, N.J., 2001, Saharan dust storms: nature and consequences, 56, pp 179-204.
- Grady L. C. P., Daigger G. T. and Lim H. C., 1999, *Biological Wastewater Treatment*, Second Edition, Markel Dekker, Newyork, 1076p.
- Gray, N. F., 2004, *Biology of WasteWater Treatment*, Imperial College Press, Second Edition, Londra, 1219p.
- Griffin, D.W., Garrison, V.H., Herman, J.R. and Shinn, E.A., 2001, African desert dust in the Caribbean atmosphere: Microbiology and public health, *Aerobiologia*, 17, pp 203-213.
- Hand, J.L., Kreidenweis, S.M., Eli Sherman, D., Collett, J.L., Hering, S.V., Day, D.E., Malm, W.C., 2002, Aerosol size distributions and visibility estimates during the Big Bend regional aerosol and visibility observational (BRAVO) study, *Atmospheric Environment*, 36, pp 5043-5055.
- Holmes, C.W. and Miller, R., 2004, Atmospherically transported elements and deposition in the Southeastern United States: local or transoceanic?, *Applied Geochemistry*, 19, pp 1189-1200.
- Kacar, B., 1993, bitki ve toprağın kimyasal analizleri III, Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay., Ank. Üniversitesi Basımevi, 703s.

- Kubilay N. and Saydam A.C., 1995, Trace elements in atmospheric particulates over the eastern mediterranean; concentrations, sources, and temporal variability, 29, pp 2289-2300.
- Kubilay N., Nickovic S., Moulin C. and Dulac F., 2000, An illustration of the transport and deposition of mineral dust onto the eastern Mediterranean, Atmospheric Environment, 34, pp 1293-1303.
- Martin, J.H., Coale, K.H. and Johnson K.S., 1994, Testing the iron hypothesis in ecosystems of the equatorial Pasific Ocean., Nature, 371, pp 123-127.
- Martins A.M.P., Pagillac K., Heijnen J.J., Loosdrecht M.C.M., 2004, Filamentous bulking sludge a critical review, Water Research, 38, pp 793–817.
- Muslu, Y., 1996, Atıksuların Arıtılması Cilt-1, İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 429s.
- Pease, P.P., Tchakerion, V.P. and Tindale, N.W., 1998, Aerosols over the Arabian Sea: Geochemistry and Source Ares for aeolian Desert Dust, Journal of Arid Environments, 39, pp. 477-496.
- Sabbioni, C., Ghedii, N. and Bonazza, A., 2003, Organic anions in damage layers on monuments and buildings, Atmospheric Environment, 37, pp 1261-1269.
- Sanin S, Arisoy M, Tipirdamaz R, Saydam,C 2005. Effect of Saharan dust on biodegradation of phenol by white rot fungi. Bull.of. Env. Cont and Tox. 75 (3):466-473.
- Saydam, A.C. and Senyuva, H.Z., 2002, Deserts: Can they be potential suppliers of bioavailable iron? Geophysical Research Letters, 29 (11), 10.1029/2001GL013562.
- Sulzberg, B. and Laubscher, H., 1995, Reactivity of various types of iron (III) (hydr)oxides towards light-induced dissolution, Marine Chemistry, 50, pp 103-115.
- Sushil, K., Mandal and Pataki, C., Banarjee, 2005, Submerged production of oxalic acid from glucose by immobilized *Aspergillus niger*, Process Biochemistry, 40, pp 1605-1610.
- Topacık, D., 2000, Atıksu Arıtma Tesisleri İşletme El Kitabı, İSKİ Genel Müdürlüğü, İstanbul, 664s.
- Toprak, H., 1999, atıksu arıtma sistemlerinin tasarım esasları Cilt-1, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir.
- Toprak, H., 2000, Aktif Çamur Sürecinin İşletilmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi, İzmir, 579s.

Viana, M., Querol, X., Alastuey, A., Cuevas, E., Rodriguez, S., 2002, Influence of African dust on the levels of atmospheric particulates in the Canary Islands air quality network, Atmospheric Environment, 36, pp 5861-5875.

Yaalon D.H., 1997, Soils in the Mediterranean region: what makes them different? Catena, 28, pp 157-169.

Zhuang, G., Yi, Z., Duce, R.A, and Brown, P.R., 1992, Link between iron and sulphur cycles suggested by detection of Fe(II) in remote marine aerosols, Nature, 355, pp 537-539.

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Çevre Kimyası Laboratuvar Deney Föyü, 1999.

İnternet Kaynakları:

<http://rapidfire.gsfc.nasa.gov>

[http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/brs/seawifs\\_browse.pl](http://seawifs.gsfc.nasa.gov/cgi/brs/seawifs_browse.pl)

## **EKLER DİZİNİ**

EK1. Deneylerin açıklanışı



## **EK 1. DENEYLERİN AÇIKLANIŞI**

### **1.1. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı (BOİ)**

Atık suların çoğunda oksijen gereksinimi fazla olan maddeler bulunabildiğinden, seyreltme suyunda mevcut çözünmüş oksijen yeterli olmayabilir. Bu nedenle numuneyi inkübasyondan önce yeterli seviyede seyreltmek gereklidir. Ayrıca bakteriyel büyüme için gerekli azot, fosfor ve iz elementleri gibi maddeleri de seyreltme suyuna katmak suretiyle atık suda mikroorganizmaların gelişmesini kolaylaştırılır. Numunenin tamamen stabilizasyonu için gereken süre, pratik uygulamalar açısından çok uzundur. Bu nedenle, 5 gün standart inkübasyon süresi kabul edilerek, 5 günde ölçülen BOİ değeri, BOİ<sub>5</sub>, olarak tanımlanmıştır.

#### **Numune alma ve saklama tekniği**

BOİ tayini için alınan numunelerin toplanması ve analizi sırasında organik maddenin bir kısmı ayrışabilir ve sonuçta düşük BOİ değerleri verebilir. BOİ' deki kayıpları minimuma indirmek üzere numunelerin hemen analiz edilmesi veya donma sıcaklığına yakın bir sıcaklıkta soğukta saklanması gerekir. Soğukta saklama esnasında bile bekleme süresini minimumda tutmak gerekir. Analizden önce soğutulmuş numunelerin sıcaklığı 20 °C' ye getirmelidir.

#### **Kullanılan malzemeler**

İnkübasyon şişeleri: 250-300 ml kapasitede ağzı yuvarlak kapaklı cam şişelerdir. Şişelerin deterjanla temizlenmemesi gerekir. Seyreltme şişelerine inkübasyon sırasında hava girmesini engellemek üzere kapak, suyu taşıracak şekilde kapatılır ve kapağın etrafında bir miktar su kalır. Kağıt veya plastik kapak veya folyo geçirilerek şişenin ağzı kapatılır ve inkübasyon yapılır.

Hava inkübatörü veya su banyosu: İnkübasyonda termostatik kontrollü, 20±1 °C'ye ayarlanmış inkübatör kullanılır. Çözünmüş oksijenin fotosentetik olarak oluşumunu engellemek için ışığın girmesi önlenmelidir.

## Kullanılan reaktifler

**Fosfat Tampon Çözeltisi:** 8,5 g  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 21,75 g  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 33,4 g  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  ve 1,7 g  $\text{NH}_4\text{Cl}$  yaklaşık 500 ml saf suda çözülür, 1litreye seyreltilir. pH'ın 7,2 olması gerekir. Reaktif şişesinde herhangi bir biyolojik büyüme varsa, reaktif atılmalıdır.

**Magnezyum Sülfat Çözeltisi:** 22,5 g  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  saf suda çözülerek 1 L' ye seyreltilir.

**Kalsiyum Klorür Çözeltisi:** 27,5 g  $\text{CaCl}_2$  saf suda çözülür ve 1 L' ye seyreltilir.

**Ferri Klorür Çözeltisi:** 0,25 g  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  saf suda çözülür ve 1 L' ye seyreltilir.

**Sodyum Tiyosülfat Çözeltisi:** 1,575 g  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , 1000 ml saf suda çözülür. Bu çözelti dayanıklı olmadığı için günlük olarak hazırlanmalıdır.

## Deney prosedürü

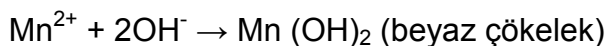
**Seyreltme Suyunun Hazırlanması:** Uygun bir şişe içerisine ölçülmüş saf suyun litresine 1'er ml fosfat tamponu,  $\text{MgSO}_4$ ,  $\text{CaCl}_2$  ve  $\text{FeCl}_3$  çözeltilerinden katılır. Eğer gerekirse seyreltme suyuna aşı (mikroorganizma) ilave edilir.

**İnkübasyon:** İstenen seyreltme oranında hazırlanmış su numunesi, aşı ve seyreltme suyunu içeren numuneler  $20 \pm 1$  °C'de 5 gün inkübe edilir. Sahra tozu'nun BOİ'sine bakılması için 0,5 g ve 2 g Sahra tozu BOİ şişelerine konulup, seyrelme suyu ile 330 ml 'ye tamamlanmıştır.

## Winkler Yöntemi

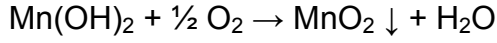
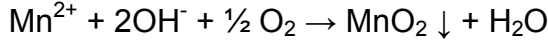
Orijinal winkler yöntemi birçok madde ile girişim meydana getirir. Bazı oksitleyici maddeler (nitrit ve  $\text{Fe}^{3+}$  gibi ),  $\text{I}^-$ u  $\text{I}_2^0$ 'a oksitleme özelliğine sahiptirler ve yüksek sonuçlar elde edilmesine neden olurlar.  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{S}^{2-}$  gibi maddeler  $\text{I}_2^0$ 'u,  $\text{I}^-$ e indirgerler ve daha düşük neticelere yol açarlar.

Winkler işleminde oluşan reaksiyonlar şöyledir:



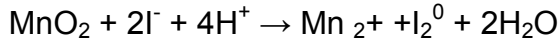
Eğer numunede oksijen mevcut değilse, saf beyaz Mn(OH)<sub>2</sub> çökeleği, MnSO<sub>4</sub> ve alkali iyodür reaktifi (NaOH + KI ) ilave edildiğinde oluşur. Eğer numunede oksijen varsa Mn<sup>2+</sup>' nin bir kısmı, Mn<sup>4+</sup>' e okside edilir ve kahverengi mangan oksit hidrat halinde çökelir.

Reaksiyon aşağıdaki gibi tanımlanır:



Mn<sup>2+</sup>'nin, MnO<sub>2</sub>'ye oksidasyonu, bazen oksijenin tespiti olarak ifade edilir. Yavaşça ve düşük sıcaklıklarda olur. Floklaşmış materyali, tüm oksijenin reaksiyona girebilmesi amacı ile sallayarak hareket ettirmek gerekir. Numunelerin en az 20 sn. şiddetle sallanması gereklidir.

Tüm oksijenin reaksiyona girebilmesi için yeterli süre numuneleri salladıktan sonra, flok çökelmeye bırakılır. Üstte berrak sıvı ve altta çökelek ayrılır. Daha sonra kapak açılır ve sülfürik asit ilave edilir. Düşük pH şartlarında MnO<sub>2</sub>, I<sup>-</sup>u okside ederek, serbest I<sub>2</sub><sup>0</sup> oluşturulur;



Numune şişesinin ağzı kapatıldıktan sonra en az 10 sn. reaksiyonun tamamlanması ve tüm iyodun numunede düzgün şekilde dağılımı için sallanmalıdır. Sonrasında numune sodyum tiyosülfat çözeltisi ile 200 ml numune titre titre edilir. Winkler metodunda kullanılan reaktiflerin ilavesi nedeni ile bir miktar seyrelme olduğu için 200 ml den biraz fazla numune alınması gereklidir. 300 ml'lik BOİ şişeleri kullanıldığında, 2 ml MnSO<sub>4</sub> ve 2 ml alkali KI çözeltileri ilave edilir. Bu iki reaktifin ilavesi nedeni ile, 203 ml işlem görmüş numune alınarak titrasyon yapılır.

Numuneye ait titrasyon çözeltisi sarfiyatı ml olarak büretten okunur. Bu da doğrudan doğruya mg/L cinsinden çözünmüş oksijen konsantrasyonu şeklinde ifade edilir.

## Hesaplama

Seyreltme suyu aşısız olduğunda aşağıdaki formül kullanılır:

$$BOİ, mg / L = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

Seyreltme suyu aşılandığında aşağıdaki formül kullanılır:

$$BOİ, mg / L = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2) \times f}{P}$$

D<sub>1</sub>: Seyreltilmiş numunenin hemen hazırlandıktan sonraki çözülmüş oksijen konsantrasyonu, mg/L

D<sub>2</sub>: Seyreltilmiş numunenin 5 günlük inkübasyondan sonraki çözülmüş oksijen konsantrasyonu, mg/L

P: Kullanılan numunenin desimal hacim kesri

B<sub>1</sub>: Aşılı kontrol numunesinin başlangıçtaki çözülmüş oksijen konsantrasyonu, mg/L

B<sub>2</sub>: İnkübasyondan sonra, aşılı kontrol numunesinin çözülmüş oksijen konsantrasyonu, mg/L

f : Numunedeki aşının, kontrol numunesindeki aşıya oranı

f=D<sub>1</sub>'deki aşı yüzdesi/B<sub>1</sub>'deki aşı yüzdesi

### 1.2. Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Analizi

Dikromat reflux metodu çeşitli oksidasyon maddelerini kullanan diğer metotlara kıyasla tercih edilir. Çünkü çeşitli tipteki numunelere uygulanabilme kolaylığı vardır, oksitleme gücü yüksektir ve deney süresi kısadır. KOİ testinin kontrol ve sürekli kaydetme amacı ile kullanımda BOİ ve organik karbon gibi diğer parametrelerle korelasyonunun önceden belirlenmesi gereklidir. KOİ tayininde, çoğu organik bileşiklerin teorik oksijen ihtiyacı değerinin %95-100'ü oranında kimyasal oksidasyon gerçekleştirilebilmektedir. KOİ tayininde pridin okside

edilemez. Benzen ve diğerk uçucu maddeler, eğer oksidasyon maddesi ile yeterli temas süresi sağlanırsa okside edilebilirler. Organik maddelerin karbonlu kısmı okside olurken, amonyak kısmı, ister atıkta bulunsun, isterse azotlu maddeler olsun, okside edilmez.

### **Kullanılan reaktifler**

**Standart Potasyum Dikromat Çözeltisi, (0,25N):** 103 °C'de 2 saat kurutulmuş 12,259 g  $K_2Cr_2O_7$  saf suda çözülür ve 1000 ml'ye seyreltilir.

**Sülfürik Asit Çözeltisi:** 4 kg derişik  $H_2SO_4$ 'e 22 g  $AgSO_4$  katılır. Bu oran dikkate alınarak 10,12 g  $AgSO_4$  alınıp  $H_2SO_4$  ile 1L'ye tamamlandı.

**Ferroun İndikatör Çözeltisi:**1,485 g 1.10-fenantrolin monohidrat ve 695 mg  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  saf suda çözülür ve 100 ml'ye seyreltilir.

**Standart Demir Amonyum Sülfat Çözeltisi, (0.25N):** 98g  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$  saf suda çözülür, 20 ml derişik  $H_2SO_4$  ilave edilir, sođutular, 1000 ml'ye seyreltilir.

### **Deney prosedürü**

100 ml hacminde KOİ şişelerinden ikisine 10 ml saf su olmak üzere diğerklerine de 10'ar ml numunelerden konulur.

Her birine 0,20 g civa sülfat , 1 ml  $H_2SO_4$  çözeltisi ilave edilir, civa sülfat çözülene kadar karıştırılır, soğutular.

5 ml standart potasyum di kromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) çözeltisi ilave edilip karıştırılır.

14 ml  $H_2SO_4$  çözeltisi ilave edilir.

Kaynama taşları koyulup ısıtma bloğuna yerleştirilip geri soğutucular takılarak ısıtma bloğu uygun programda çalıştırılır.

Parçalama işlemi örnekler 155 °C'de 2 saat bekletilerek yapılır.

### **Soğutma işlemi**

Parçalama işlemi bittikten sonra cihaz kapatılır

Örnekler geri soğutucularla birlikte önceden su bağlantıları yapıp su ile doldurulmuş soğutma banyosuna alınır ve soğuması beklenir.

### *Titrasyon işlemi*

Soğuyan örnekler su banyosundan alınır ve geri soğutucular örnek içerisine yıkanarak hacimleri iki katına seyreltilir

2-3 damla ferroin indikatörü eklenir

FAS çözeltisi ile mavi-yeşilden kırmızı-kahveye dönünceye kadar titre edilir.

### **Hesaplama**

FAS çözeltisinin molaritesi 0.25 M

$$\frac{(\text{Blank için harcanan FAS miktarı}) - (\text{Numune için harcanan FAS miktarı}) \times M \times 8000}{\text{ml. örnek}}$$

ml. örnek

Sonuç = mg O<sub>2</sub> / L

### **1.3. Organik Madde İçeriği**

20-30 g Sahra tozu örneği ve deney esnasında kullanılacak porselen kroze 105 °C'ye ayarlanmış etüve konulup 1 gece bekletildi. Etüvden çıkarılan kroze ve sahra tozu örneği soğuması için desikatöre alındı. 30 dk sonra kroze ağırlığı (T), kroze ve örnek ağırlığı (A+T) olarak kaydedildi. 700 °C'ye ayarlanmış fırında 1 saat yakılıp, desikatörde soğutulduktan sonra ölçüm sonucu (B+T) olarak kaydedildi. Bulunan değerler eşitlikte kullanılarak organik madde içeriği belirlenmiştir.

$$\text{Organik Madde (g)} = \frac{(A + T) - (B + T)}{A} \times 100$$

A: Yakma işleminden önceki numune ağırlığı, g,

B: Yakma işleminden sonraki numune ağırlığı, g,

T: Kroze ağırlığı, g.

#### 1.4. Nitrit (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)

Nitrit anyonu 2-2,5 pH arasında alfa naftilamin ile diazonlandırılmış sülfanilik asit çifti tarafından verdiği kırmızımsı-mor-pembe renkli sülfanil asit-azo-alfa-naftilamin boyar maddesini meydana getirirler. Nitrit konsantrasyonuna göre meydana gelen rengin şiddeti farklıdır.

#### Kullanılan reaktifler

**Sülfanilik Asit Reaktifi:** 0,6 g sülfanilik asit, 70 ml sıcak saf suda çözülür, soğutulduktan sonra 20 ml konsantre HCl ilave edilir. Saf su ile 1000 ml'ye tamamlanır, iyice karıştırılır.

**α-Naftilamin Hidroklorür Reaktifi:** 0,6 g α-naftilamin hidroklorür, içerisinde 1 ml derişik HCl bulunan saf suda çözülür. Çözelti saf su ile 1000 ml'ye seyreltilir, iyice karıştırılır.

**Sodyum Asetat Tampon Çözeltisi (2M):** 16,4 g CH<sub>3</sub>COONa veya 27,2 g CH<sub>3</sub>COONa.3H<sub>2</sub>O saf suda çözülerek 100 ml'ye tamamlanır.

**EDTA çözeltisi:** 0,25 g EDTA 50 ml saf suda çözülür.

#### Deney prosedürü

Hazırlanan standart sodyum nitrit çözeltileri ve 50 ml saf suya geçirilmiş sahra tozu numunesi (10 g sahra tozu/100 ml saf su) beherlere konulur.

Her birine önce 1 ml EDTA, 1 ml sülfanilik asit çözeltisi konulur.

10 dk. bekletildikten sonra 1ml α-naftilamin hidroklorür ve 1 ml tampon sodyum asetat çözeltisi (2 M) konulur.

Örnekler iyice karıştırılır.

Standartların ve numunenin absorbanları spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda ölçülür.

## Kalibrasyon

**Stok Sodyum Nitrit Çözeltisi:** 1,232 g NaNO<sub>2</sub> saf suda çözülerek, 1 L'ye tamamlanır. Bu çözeltinin 1 ml'si 0,25 mg Nitrit-N kapsar. Çözelti 1ml kloroform ilavesi ile korunur. (250 mg/L Nitrit-N)

Hazırlanan Standart Çözeltiler:

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

$$250 \text{ mg/L} \cdot V = 0,025 \text{ mg/L} \cdot 100$$

$$V = 0,01 \text{ ml} = 10 \text{ } \mu\text{L}$$

Stok çözeltiden 10  $\mu\text{L}$  çekilip 100ml'ye tamamlanarak hazırlanan standart çözeltinin konsantrasyonu 0,025 mg/L=25  $\mu\text{g/L}$  dir. Kalibrasyon için hazırlanan diğer standartlarda 25  $\mu\text{g/L}$  konsantrasyonundaki standart kullanılarak hazırlanmıştır.

0,1  $\mu\text{g/L}$ 'lik standart çözelti

$$25 \text{ } \mu\text{g/L} \cdot V_1 = 0,1 \text{ } \mu\text{g/L} \cdot 50 \text{ ml}$$

$$V_1 = 0,2 \text{ ml}$$

25  $\mu\text{g/L}$  Nitrit-N içeren standart sodyum nitrit çözeltisinden 0,2 ml alınarak saf su 50 ml'ye tamamlanmıştır.

0,2  $\mu\text{g/L}$ 'lik standart çözelti

$$25 \text{ } \mu\text{g/L} \cdot V_2 = 0,2 \text{ } \mu\text{g/L} \cdot 50 \text{ ml}$$

$$V_2 = 0,4 \text{ ml}$$

25  $\mu\text{g/L}$  Nitrit-N içeren standart sodyum nitrit çözeltisinden 0,4 ml alınarak saf su ile 50ml'ye tamamlanmıştır.

0,5  $\mu\text{g/L}$ 'lik standart çözelti

$$25 \text{ } \mu\text{g/L} \cdot V_3 = 0,5 \text{ } \mu\text{g/L} \cdot 50 \text{ ml}$$



$$V_3=1 \text{ ml}$$

25 µg/L Nitrit-N içeren standart sodyum nitrit çözeltisinden 1 ml alınarak saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

1 µg/L'lik standart çözelti

$$25 \text{ µg/L} * V_4 = 1 \text{ µg/L} * 50 \text{ ml}$$

$$V_4=2 \text{ ml}$$

25 µg/L Nitrit-N içeren standart sodyum nitrit çözeltisinden 2 ml alınarak saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

Ek Çizelge 1.1 Nitrit kalibrasyon değerleri

<b>NO<sub>2</sub><sup>-</sup>Konsantrasyon (µg/L)</b>	<b>Absorbans</b>
0,1	0,736
0,2	0,783
0,5	1,100
1	1,910

$$R^2=98,9464$$

$$\text{Abs}=0,696028+0,64387 * C$$

### **Hesaplamalar**

$$\text{mg/L NO}_2^- = \text{mg/L NO}_2^- \text{-N} * 3,29$$

### 1.6. Nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Brucine metodunda, brucine ile nitrat arasındaki reaksiyonda meydana gelen, sarı renk, nitrat kolorimetrik tayini için kullanılabilir. Metot 0,1-2,0 mg/L NO<sub>3</sub>-N konsantrasyonu için uygundur.

## **Kullanılan reaktifler**

**Brucine-Sülfanilik Asit Reaktifi:** 1 g brucine sülfat ve 0,1 g sülfanilik asit, 70 ml sıcak damıtık suda çözülür. Buna 3 ml konsantre HCl ilave edilir, soğutulur. Saf su ile 1000 ml'ye tamamlanır. Yavaş olarak meydana gelen pembe renk sonucu etkilemez (zehir). Çözelti kararlıdır, aylarca saklanabilir.

**Sülfürik Asit Çözeltisi:** 500 ml konsantre H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dikkate 125 ml saf su içerisine ilave edilir. Oda sıcaklığına getirilir, atmosferik nemden sakınmak için şişenin ağzı sıkıca kapatılır.

**Sodyum Klorür Çözeltisi:** 300 g NaCl saf su ile 1000 ml'ye tamamlanır.

## **Deney prosedürü**

Hazırlanan standart sodyum nitrit çözeltilerinden ve saf suya geçirilmiş sahra tozu numunesinden (10 g sahra tozu/100 ml saf su) 2'şer ml alınıp beherlere konulur.

1'er ml Brucine-sülfanilik asit ilave edilir.

Beherlere 10'ar ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konur.

Brucine sülfanilik asit çözeltisi, içinde asit bulunan beherlere dikkatlice boşaltılır ve iki kap birbiriyle karıştırılır.

Karanlıkta 10 dk bekletilir, 10 ml saf su ilave edilip karıştırılır

20-30 dk karanlıkta soğutulur

Absorbans değerleri 410 nm dalga boyunda spektrofotometrede ölçülür.

Hazırlanan kalibrasyon eğrisinde absorbans değerleri nitrat azotu cinsinden kullanılarak konsantrasyon değerleri (mg/L) belirlenir.

## **Kalibrasyon**

**Stok Nitrat Çözeltisi:** 0,7218 g susuz potasyum nitrat (KNO<sub>3</sub>) saf suda çözülür ve 1000 ml'ye tamamlanır. Bu çözelti 100 µg/L NO<sub>3</sub>-N kapsar.

Hazırlanan Standart Çözeltiler:

$$C_1 \cdot V_1 = C_2 \cdot V_2$$

0,5 µg/L'lik standart çözelti

$$100 \mu\text{g/L} \cdot V_1 = 0,5 \mu\text{g/L} \cdot 50\text{ml}$$

$$V_1 = 0,25 \text{ ml}$$

100 µg/L NO<sub>3</sub>-N içeren stok nitrat çözeltisinden 0,25 ml alınarak saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

1 µg/L'lik standart çözelti

$$100 \mu\text{g/L} \cdot V_2 = 1 \mu\text{g/L} \cdot 50 \text{ ml}$$

$$V_2 = 0,5 \text{ ml}$$

100 µg/L NO<sub>3</sub>-N içeren stok nitrat çözeltisinden 1 ml alınarak saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

2,5 µg/L'lik standart çözelti

$$100 \mu\text{g/L} \cdot V_3 = 2,5 \mu\text{g/L} \cdot 50\text{ml}$$

$$V_3 = 1,25 \text{ ml}$$

100 µg/L NO<sub>3</sub>-N içeren stok nitrat çözeltisinden 1,25 ml alınarak saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

5 µg/L'lik standart çözelti

$$100 \mu\text{g/L} \cdot V_4 = 5 \mu\text{g/L} \cdot 50 \text{ ml}$$

$$V_4 = 2,5 \text{ ml}$$

100 µg/L NO<sub>3</sub>-N içeren stok nitrat çözeltisinden 2,5 ml alınarak saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

10 µg/L'lik standart çözelti

$$100 \mu\text{g/L} \cdot V_5 = 10 \mu\text{g/L} \cdot 50 \text{ ml}$$

V5= 5 ml

100 µg/L NO<sub>3</sub>-N içeren stok nitrat çözeltisinden 5 ml alınarak saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır.

Ek Çizelge 1.2. Nitrat kalibrasyon değerleri

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N Konsantrasyon (µg/L)	Absorbans
0,15	0,026
1	0,034
2,5	0,100
5	0,141
10	0,174

R<sup>2</sup>=0,8634

C=55,62Abs-1,4784

### Hesaplamalar

mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>=mg/L NO<sub>3</sub><sup>-</sup>N × 4,43

### 1.7. Sülfat (SO<sub>4</sub><sup>-</sup>)

Kolorimetrik metot baryum sülfatın koloidal formda çökme yönündeki hareketine dayalıdır. Bu bağımlılık gliserol içeren NaCl-HCl solüsyonunun ve diğer organik bileşiklerin bulunduğu ortamda oluşur. Bu metot hem çok hızlı hem de geniş uygulanabilirliği vardır

### Kullanılan reaktifler

**Ortam Reaktifi:** 50 ml gliserin, 30 ml derişik hidroklorik asit, 300 ml saf su ,100 ml %95'lik etil alkol, 75 g NaCl karıştırılarak hazırlanır.

## BaCl<sub>2</sub> Kristalleri

**Stok Sülfat Çözeltisi:** 1,470 g sodyum sülfat 1 L saf suda çözülür. Bu çözeltinin 1 ml'si 1 mg sülfata eşdeğerdir.

**Standart Sülfat Çözeltisi:** Stok sülfat çözeltisinden 10 ml alınıp 1 L saf suda çözülür. Bu çözeltinin 1 ml'si 0,1 mg sülfata eşdeğerdir.

$$\text{SO}_4^{2-} \text{ konsantrasyonu} = \frac{0.1 \text{ mg SO}_4^{2-}}{1 \text{ mg}} \times \frac{1000 \text{ mL}}{1 \text{ L}} = 100 \text{ mg/L}$$

## Kalibrasyon

EK Çizelge 1.3. Sülfat kalibrasyon değerleri

SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> Konsantrasyon (mg/L)	Standart SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> Çözeltisi Hacmi (ml)
1	0,5
3	1,5
5	2,5
7,5	3,5

Standart sülfat çözeltisinden 0,5-1,5-2,5-3,5 ml alınıp saf su ile 50 ml'ye tamamlanır. Buna göre sırasıyla 1-3-5-7 mg/L konsantrasyonlarında standart çözeltiler hazırlanır.

## Deney prosedürü

Kalibrasyon için hazırlanan standartlar ve numuneler (50ml) 50ml hacmindeki deney tüplerine konur.

2,5 ml ortam reaktifi eklenerek 1 dk karıştırılır.

1g BaCl<sub>2</sub> kristalleri eklenir ve sabit hızda 1 dk karıştırılır.

Karıştırma süresi tamamlandıktan sonra 4 dk içerisinde spektrofotometrede 420 nm dalga boyunda absorbanları ölçülür.

### Hesaplamalar

Hazırlanan standartların konsantrasyonları ve absorban değerleri kullanılarak kalibrasyon eğrisi çizilir. Buradan sülfat derişimi bilinmeyen numunelerin konsantrasyonu elde edilen denklemde yerine konularak bulunur.

$$\text{mg SO}_4^{-2} = \frac{\text{mg/L SO}_4^{-2} \times \text{mL numune}}{1000}$$

### 1.8. Mikroorganizma Miktarlarının Belirlenmesi

105 °C'de 24 saat bekletilerek sabit tartıma getirilmiş 0,45 µm çapında membran filtre kağıdından vakum pompası yardımı ile 10'ar ml numune geçirilerek filtre kağıdı üzerinde kalan kısım etüvde 105 °C'de 24 saat kurutulduktan sonra desikatörde soğutulup tartılmış ve tartım değeri "Eş 1.1"de yerine konularak askıda katı madde (MLSS) değeri mg/L cinsinden hesaplanmıştır. MLSS ölçümünden sonra filtre kağıtları sabit tartıma getirilmiş porselen krozelere konularak yakma fırınında 550±50 °C'de 20 dakika yakılmıştır. Krozeler desikatörde soğutulduktan sonra tartımları alınmış ve tartım değerleri "Eş 1.2"de yerine konularak uçucu katı madde miktarları mg/L cinsinden hesaplanmıştır. Deneyler sırasında kullanılan filtre kağıdı külsüzdür. Filtre kağıtlarının külsüz olup olmadığını kontrol etmek amacı ile, 4 adet sabit tartıma getirilmiş filtre kağıdı tartılıp saf sudan geçirilerek 105 °C etüvde 1 saat bekletildikten sonra tekrar tartılarak yapılan MLSS sonuçları her bir filtre kağıdı için 0 mg/L bulundu. Filtre kağıtlarına ait uçucu olmayan katı madde miktarlarının tespiti için filtre kağıtları sabit tartıma getirilen krozeler içerisine konularak 550 °C yakma fırınında 15 dakika yakılıp tartımları yapılmış ve uçucu olmayan katı madde miktarı (UOKM) "Eş 1.3" kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{UOKM (mg/L)} = \frac{((\text{kroze ağırlığı} + \text{filtre kağıdı ağırlığı}) - (\text{kroze ağırlığı})) * 1000}{\text{numune hacmi (ml)}} \quad (1.1)$$

Kullanılan filtre kağıdına ait sonuçlar sırasıyla; 0 mg/L 0,024 mg/L, 0,014 mg/L, 0,008 mg/L olarak hesaplandı.

$$1) \text{ Askda Katı Madde (mg/L)} = \frac{\text{Numune hacmi, ml}}{(A - B) \times 1000 \times 1000} \quad (1.2)$$

A: Etüv sonrası filtre kağıdı ağırlığı, g

B: Filtre kağıdı ağırlığı, g

$$2) \text{ Uçucu Katı Madde (mg/L)} = \frac{((A - D) - (B - D)) \times 1000 \times 1000}{\text{Numune hacmi, ml}} \quad (1.3)$$

A: Etüv sonrası filtre kağıdı+kroze ağırlığı, g

B: Fırın sonrası kroze+filtre kağıdı ağırlığı, g

D: Kroze+filtre kağıdı ağırlığı, g

### 1.9. Çamur Hacim İndeksi (ÇHİ)

1 L aktif çamur numunesi 1 L'lik mezüre konur ve 30 dakika süreyle çökmesi beklenir. Çökme sonucu elde edilen çamur hacmi değeri ve kuru çamur ağırlığı (askıdaki katı madde) aşağıda verilen formülde yerine konularak çamur hacim indeksi hesaplanmıştır.

$$\text{ÇHİ} = \frac{\text{Çöken çamur hacmi (ml/L)} \times 1000}{\text{Kuru çamur ağırlığı (mg/L)}}$$

### 1.10. Glikoz Analizi

%80'lik fenol çözeltisi hazırlanır (80 g fenol, 20 ml saf su)

Deney tüplerine numunelerden 2'şer ml konur, üzerlerine %80'lik fenol çözeltisinden 0,05 ml ilave edilir.

Hemen ardından 5'er ml konsantre H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ilave edildikten sonra vorteks ile karıştırılır.

Numuneler 10 dakika oda sıcaklığında bekletildikten sonra 30 °C'ye ayarlanmış su banyosunda 15 dakika bekletilir.

Spektrofotometrede 490 nm dalga boyunda numunelerin absorbans değerleri ölçülür.

Kalibrasyon eğrisi de bu prosüdüre göre oluşturulmuştur. Numunelere ait glikoz konsantrasyonları kalibrasyon eğrisi kullanılarak bulunmuştur. Numunelerdeki glikoz konsantrasyonunun fazla olması nedeni ile 1/40 oranında seyreltme yapılmıştır.

## **1.11. Toprak Numuneleri İçin pH Ölçümü**

### **1.11.1. Toprak-Su (1:1'lik) Karışımda pH Belirlenmesi**

50 ml hacmindeki beher içerisine 20 g toprak örneği ve üzerine 20 ml saf su konularak çalkalayıcıda 10 dakika çalkalandıktan sonra pH metrede ölçüm yapılmıştır.

### **1.11.2. Toprak-Su (1:2,5'luk) Karışımda pH Belirlenmesi**

50 ml hacmindeki beher içerisine 10 g toprak örneği ve üzerine 25 ml saf su konularak çalkalayıcı ile 5 dakika çalkalandıktan sonra pH metre ile ölçüm yapılmıştır.

### **1.11.3. Toprak-Su (1:5'lik) Karışımda pH Belirlenmesi**

50 ml hacmindeki beher içerisine 10 g toprak örneği ve 50 ml havalandırılmış saf su konularak çalkalayıcı ile 10 dakika çalkalanmıştır. pH metre elektrotu numuneye daldırıldıktan 60 saniye sonra ölçüm yapılmıştır.

### **1.11.4. Toprak-1N KCl Çözeltisi (1:2,5) Karışımında pH Belirlenmesi**

50 ml hacmindeki beher içerisine 10 g toprak örneği ve üzerine 25 ml 1N Potasyum Klorür (KCl) çözeltisi konularak çalkalayıcıda 10 dakika çalkalandıktan sonra pH metre ile ölçüm yapılır.



pH toprak için en önemli kimyasal özelliklerden biridir. Topraktaki çeşitli bileşiklerin çözünürlükleri, değişim yerlerine iyonların bağlanma güçleri ve çeşitli mikroorganizmaların aktivitesi pH ile yakında ilgilidir.

## **ÖZGEÇMİŞ**

### **Kişisel Bilgiler:**

Adı Soyadı : Sibel EREN

Doğum Yeri : Pazar

Doğum Yılı : 30.07.1979

Medeni Hali : Bekar

### **Eğitim ve Akademik Durumu:**

Lise 1993-1997 Ankara Çankaya Yabancı Dil Ağırlıklı Lise

Lisans 1998-2002 Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü

### **Yabancı Dil:**

İngilizce

### **İş Tecrübesi:**

2005- Bölge Satış Sorumlusu , AVON Kozmetik Ürünleri Sanayi ve Ticaret A.Ş

2001 Ankara Merkezi Atıksu Arıtma Tesisleri, İvedik Su Arıtma Tesisleri

İvedik İçme Su Arıtma Tesisleri

ASKİ Merkez laboratuvarları, staj