

**KONYA KULU ATIKSU ARITMA TESİSİNDE OLUŞAN
ÇAMURUN NİTELİKLERİ VE ÇAMURUN
BERTARAFINDA İZLENECEK YOLLARIN ARAŞTIRILMASI**

İSMAİL SAMİ BİLİCİ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
2014**

**CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**KONYA KULU ATIKSU ARITMA TESİSİNDE OLUŞAN
ÇAMURUN NİTELİKLERİ VE ÇAMURUN BERTARAFINDA
İZLENECEK YOLLARIN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İsmail Sami BİLİCİ

(2011FEY070)

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof.Dr. MELTEM SARIOĞLU CEBECİ

**SİVAS
2014**

Bu çalışma Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmış ve jürimiz tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Meltem SARIOĞLU CEBECİ**

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Ünsal AÇIKEL**

Prof. Dr. Meltem SARIOĞLU CEBECİ

Yrd. Doç. Dr. Ülker Ash GÜLER

ONAY

Bu tez çalışması 29.05.2014 tarihinde Enstitü Yönetim Kurulu tarafından belirlenen ve yukarıda imzaları bulunan jüri üyeleri tarafından kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ

Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Senatosu'nun 24.09.2008 tarihli ve 7 sayılı toplantısında kabul edilen Fen/Sağlık Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Tez Yazım Kılavuzu adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

Babam Cemal BİLİCİ'ye,

ÖZET

KONYA KULU ATIKSU ARITMA TESİSİNDE OLUŞAN ÇAMURUN NİTELİKLERİ VE ÇAMURUN BERTARAFINDA İZLENECEK YOLLARIN ARAŞTIRILMASI

İsmail Sami BİLİCİ

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Meltem SARIOĞLU CEBECİ

2014, 71sayfa

Bu çalışmada Konya'nın Kulu ilçesinde bulunan atıksu arıtma tesisinde oluşan arıtma çamuru incelenmiş ve nasıl değerlendirileceği araştırılmıştır.

Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi mekanik ve biyolojik arıtma aşamalarından meydana gelmektedir. Tesisin hidrolik kapasitesi, 15.000 m³/gün'dür. Tesiste üretilen çamurların katı madde değerleri %60-25 arasında değişmekte olup ortalama değeri %63,3'tür. Bu katı madde oranı'nın arttırılarak tarım da daha elverişli ve kolay kullanılması amacıyla değerlendirmeler yapılmıştır. Ayrıca çamurda mikrobiyal aktiviteler incelenmiş; *salmonella* ve koliform bakteri varlıkları yönetmeliğe göre belirlenmiştir. Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisinde oluşan çamurun özellikleri belirlenerek çamur susuzlaştırma performansının yanında çamurun nihai bertarafı ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. Bu bağlamda arıtma çamurlarının kullanım potansiyeli olarak; katı atık düzenli depolama sahasında günlük örtü tabakası ve üst örtü tabakası olarak kullanımı, tarımsal kullanımı ve terk edilmiş taş ve maden ocaklarında depolama olarak kullanımı gibi bertaraf yöntemleri araştırılmıştır. Bu çalışmada bu çamurların tarım alanlarına olası etkileri de dikkate alınarak kullanılabileceği alanlar araştırılmıştır ve en ideal yöntem belirlenmiştir. Ayrıca evsel nitelikli atık su arıtma tesislerinde ortaya çıkan arıtma çamurlarının arıtılması ile ilgili farklı yöntemler tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Arıtma çamuru, Çamur Bertarafı, Tarımda Kullanma.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF KONYA-KULU WASTEWATER TREATMENT PLANT'S SLUDGE AND INVESTIGATION OF SLUDGE DISPOSAL METHODS

İsmail Sami BİLİCİ

Master of Science Thesis, Department of Environmental Engineering

Supervisor Asist. Prof. Dr. Meltem SARIOGLU CEBECİ

2014, 71 pages

In this study, the content and consider how to recovery the sludge of Wastewater Treatment Plants at Konya Kulu District are studied.

Konya Kulu Wastewater Treatment Plants consists of mechanical and biological treatment processes..The hydraulic capacity of works is 15000m³/day. The sludge which is produced at the Plants has between % 60-25 solids with a medial %63,3 solids. It is studied to increase the solid rate of sludge and evaluated in order to make use of sludge in agricultural more suitable and easy. The microbial activity of sludge has been examined and the presence of salmonella and coliform bacteria determined suitable for the regulations. With determine the contents of the sludge of Konya Kulu Wastewater Treatment Plants, it is evaluated dewatering performances and disposal methods of sludge. In this context as potential use of the treatment sludge; using sludge as daily top soil or top soil at landfills, for agricultural use and storage with filling abandoned quarries and mines can be considered as sludge disposal methods. This study is performed in order to obtain a base of knowledge about different fields that sludge can be use with consideration of the potential effects of sludge on agricultural areas. As a result of this studies the ideal method is determined. Additionally, it is discussed the different treatment methods for the sludge of sewage wastewater treatment plants.

Kew Words: Treatment Sludge, Sludge Disposal, Agricultural Use.

TEŞEKKÜR

Tez projemin seçimi, yürütülmesi ve sonuçlandırılmasına kadar geçen süre içerisinde her zaman yakın ilgi ve desteğini veren, anlayış ve sabırla, değerli öneri ve eleştirileriyle beni yönlendiren, manevi katkılarını ve hoşgörüsünü esirgemeyen, Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Meltem SARIOGLU CEBECİ' ye ve çalışmam boyunca bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren ve yardımını esirgemeyen Yrd.Doç.Dr. Ülker Aslı GÜLER' e ve öğrenim hayatım boyunca bana hep destek olan aileme teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
KISALTMALAR DİZİNİ.....	x
1.GİRİŞ.....	1
2. ARITMA TESİSİNE GELEN KİRLİLİĞİN KAYNAKLARI.....	2
2.1 Arıtma Tesisine Gelen Atıksu Kaynakları.....	2
2.2 Atıksu Arıtma Çamurlarının Karakterizasyonu.....	3
2.3 Arıtma Çamurlarının Bertarafı.....	4
2.3.1. Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında Kullanımı.....	7
2.3.2. Tarımsal Amaçlı Kullanımı.....	7
2.3.3. Terk Edilmiş Taş ve Maden Ocaklarında Depolama.....	10
2.4. Avrupa Birliği (AB) ve ABD’de Arıtma Çamuru Uygulamaları.....	10
2.4.1. Patojen Mikroorganizma Limit Değerleri.....	14
2.5. Ülkemizde Arıtma Çamurları.....	17
2.6 Arıtma Çamurlarının Doğada Kullanımında; Arıtma Çamurunda Bulunan Parametreler ve Etkileri.....	20
2.6.1.Azot(N).....	20
2.6.2. Fosfor (P).....	21
2.6.4. Mikronütrientler.....	22
2.6.5. Ağırmetaller.....	23
2.7. Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanması.....	28
3. MATERYAL VE YÖNTEM	29
3.1.Numun Alma	29
3.2.Deneysel Çalışmalar.....	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	34
4.1 Fiziksel Analizler.....	34
4.1.1. Su Muhtevası	34
4.2 Kimyasal Analizler.....	37
4.2.1. Karbon /Azot Oranı.....	37
4.2.2. pH.....	38
4.2.3.Amonyum (NH ₄ -N),Nitrat (NO ₃ -N) ve Nitrit (NO ₂ -N) ve Toplam Azot Miktarının Belirlenmesi.....	39
4.2.4.Fosfor.....	40
4.2.5. Ağır Metaller (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Hg).....	41
4.3Mikrobiyolojik Analizler.....	42
4.4 Arıtma Çamurları Bertaraf Teknikleri	42
4.4.1. Tarım Alanlarında Kullanım Koşulları.....	43
4.4.2. Komposlaştırma.....	44
4.4.3. Yakma.....	53
4.4.4. Düzenli Depolama.....	59
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	68
KAYNAKLAR.....	70
ÖZGEÇMİŞ	

ŞEKİLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Kulu Atıksu Arıtma Tesisi Akım Şeması.....	3
Şekil 2.2 Çamur Bertarafında Tatbik Edilen Proses Alternatifleri	7
Şekil 2.3 AB Ülkelerinde Arıtma Çamurlarının Bertarafı	13
Şekil 2.4 AB Ülkelerinde Arıtma Çamurlarının Bertarafında 2005 Yılı Hedefleri.....	13
Şekil 2.5 Biyokatıların Araziye Uygulandığı Zaman Gerçeklesen Azot Döngüsü.....	22
Şekil 2.6 Biyokatılar Araziye Uygulandığı Zaman Fosfor Döngüsü.....	23
Şekil 2.7 Kanda Bulunan Kursun Miktarına Bağlı Olarak Ortaya Çıkan Semptomlar.....	27
Şekil 2.8 Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanmasında İzlenecek Aşamalar.....	29
Şekil 3.1 A Noktası Numunesinin Alındığı Yerler.....	31
Şekil 3.2 Mikrobiyolojik Analizde Kullanılan Filtre Ve Mekanizma.....	32
Şekil 3.3 Numunelerin Petri Kabına Yerleştirilmesi Ve İnkübe Edilmesi.....	32
Şekil.3.4 Salmonella Görseli.....	33
Şekil.3.5 E.coli Görseli.....	34
Şekil 4.1 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B ve C Noktaları SM Değerleri.....	35
Şekil 4.2 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi Belt Press Çıkışı KM Değişim.....	36
Şekil 4.3 Depo Alanının Farklı Nokta Ve Derinliklerinden Alınan Numunelerde KM Muhtevaları.....	37
Şekil 4.4 Katı Madde Muhtevasının Derinlik ve Zamanla Değişimi.....	37
Şekil 4.5 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B ve C Noktaları C/N Değerleri	38
Şekil.4.6 Depo Alanının Farklı Nokta Ve Derinliklerinden Alınan Numunelerde Ortalama OM Muhtevaları.....	39
Şekil 4.7 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B ve C Noktaları pH Değerleri.....	39
Şekil 4.8 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B ve C Noktaları NH ₄ -N Değerleri.....	40
Şekil.4.9 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B ve C Noktaları NO ₂ -N değerleri.....	41
Şekil 4.10 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B Ve C Noktaları NO ₃ -N Değerleri.....	41
Şekil 4.11 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B Ve C Noktaları P Değerleri.....	42
Şekil 4.12 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B ve C Noktaları Ağırmetal Değerleri....	42
Şekil 4.13 Mikrobiyolojik Analiz Sonucu 38 °C De 48 Saat İnkübe Edilmiş Örnek.....	43

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1	Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmenlik ve Analiz Yöntemleri.....	5
Çizelge 2.2	Avrupa Birliği Ülkelerinde Arıtma Çamurlarının Arazide Kullanılmasından Önce Uygulanan Stabilizasyon Yöntemleri.....	12
Çizelge 2.3	Avrupa Birliğine Üye Bazı Ülkelerin Çamurda Patojen Konsantrasyonları İçin Sınır Değerleri	16
Çizelge 2.4	Tarımda Kullanılacak Arıtma Çamurları İçin AB Patojen Mikroorganizma Standartları	17
Çizelge 2.5	Tarımda Kullanılacak Arıtma Çamurları İçin AB Patojen Mikroorganizma Standartları(US EPA),	17
Çizelge 2.6	Tarımda Kullanılacak Arıtma Çamurları İçin Tüm Standartlardaki Patojen Sınır Değerleri Karşılaştırılması.....	17
Çizelge 2.7	Atıksu Arıtma Tesislerinde Ağır Metal Değerlerinin Karşılaştırılması...	19
Çizelge 2.8	Toprakta Kullanılabilecek Stabilize Arıtma Çamurunda Müsaade Edilecek Maksimum Ağır Metal Sınır Değerleri (TKKY Ek I-B).....	20
Çizelge 2.9	Konya Kulu AAT' den Elde Edilen Ağır Metal Muhtevaları.....	20
Çizelge.4.1	A,B,ve C Numunelerin Ortalama Su Muhtevaları.....	35
Çizelge 4.2	Karbon Azot Oranları.....	38
Çizelge 4.3	pH Analiz Sonuçları.....	39
Çizelge 4.4	N analiz Sonuçları.....	40
Çizelge 4.5	Fosfor Analiz Sonuçları.....	42
Çizelge 4.6	Katı Atık Yakma Tesislerinden Kaynaklanan Cüruf İçin Kirleticiler Muhteva Limitleri.....	58
Çizelge 4.7	Önerilen Bertaraf Yöntemlerinin Avantajı ve Dezavantajları.....	69

KISALTMALAR DİZİNİ

AAT	:	Atıksu Arıtma Tesisi
AB	:	Avrupa Birliği
C/N	:	Karbon Azot Oranı
ÇED	:	Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği
EPA	:	Environmental Protection Agency (Çevre Koruma Ajansı)
KAKY	:	Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
KM	:	Kuru Katı Madde
OM	:	Organik Madde Muhtevası
SM	:	Su Muhtevası
TKKY	:	Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği
TKN	:	Toplam Kjeldahl Azot
TOK	:	Toplam Organik Karbon

1. GİRİŞ

Evsel nitelikli atık su arıtma tesislerinde ortaya çıkan arıtma çamurlarının arıtılması ile ilgili farklı yöntemler bulunmaktadır. Özellikle Türkiye'nin gelecekteki AB üyeliği dikkate alırsak günden güne giderek önem kazanan doğal çevrenin korunması; atıkların büyük ölçüde çevre ile uyumlu hale getirilerek bilinçli bir şekilde bertarafı veya arazide kullanımı ile mümkündür. Çünkü atıkların yeni kirliliklere yol açmadan değerlendirilebilmesi ekosistemin sürdürülebilirliğinin ön koşuludur. Ülkemizde atıksu arıtma tesislerinin sayılarının her geçen gün artması, arıtma çamurlarının nasıl değerlendirileceği konusunu yoğun olarak gündeme getirmektedir. Ancak arıtma çamurlarının kullanımı konusunda yeterli bilgi birikiminin ve araştırma bulgularının olduğu söylenemez (Bilgin vd., 2002).

Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisinde oluşan arıtma çamurları için mevcut uygulama, çamurların belt press ünitesinden geçirildikten sonra çamur depolama sahasında depolanmasıdır. Tesiste üretilen çamurların depolanarak katı madde oranı'nın iyice arttırılması ve daha sonra çiftçilere toprak iyileştirici olarak satılması hedeflenmektedir. Oluşan çamur azot ve fosfor bakımından zengindir ve yararlı bir şekilde kullanarak değerlendirmek mümkündür. Bu yüzden bu çamurların kullanım amacı belirlenerek uygun yöntemlerle tesisten uzaklaştırılması hedeflenmektedir (Kitiş vd., 2005).

Bu çalışmanın amacı, Konya Kulu Atıksu arıtma tesisinde oluşan çamurların bertarafı ile ilgili olarak sürdürülebilir bir atık yönetimi için AB direktifleri ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yönetmeliklerine uyumlu bertaraf stratejilerini araştırmak ve önerilen çözümün çevresel açıdan uygulanabilirliğini değerlendirmektir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, arıtma çamurlarının bertarafı ile ilgili olarak teknik ve ekonomik fizibilite çalışmalarına temel oluşturan parametreler ortaya konulmuştur. Bu tesiste oluşan çamurların miktarı ve karakterizasyonu (fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizlerle) belirlenmiş, bu çamurların tarım alanlarında kullanım potansiyeli araştırılmıştır. Bunun yanı sıra diğer bertaraf yöntemleri de değerlendirilerek çamurlar için bertaraf stratejisi çalışmaları yapılmıştır.

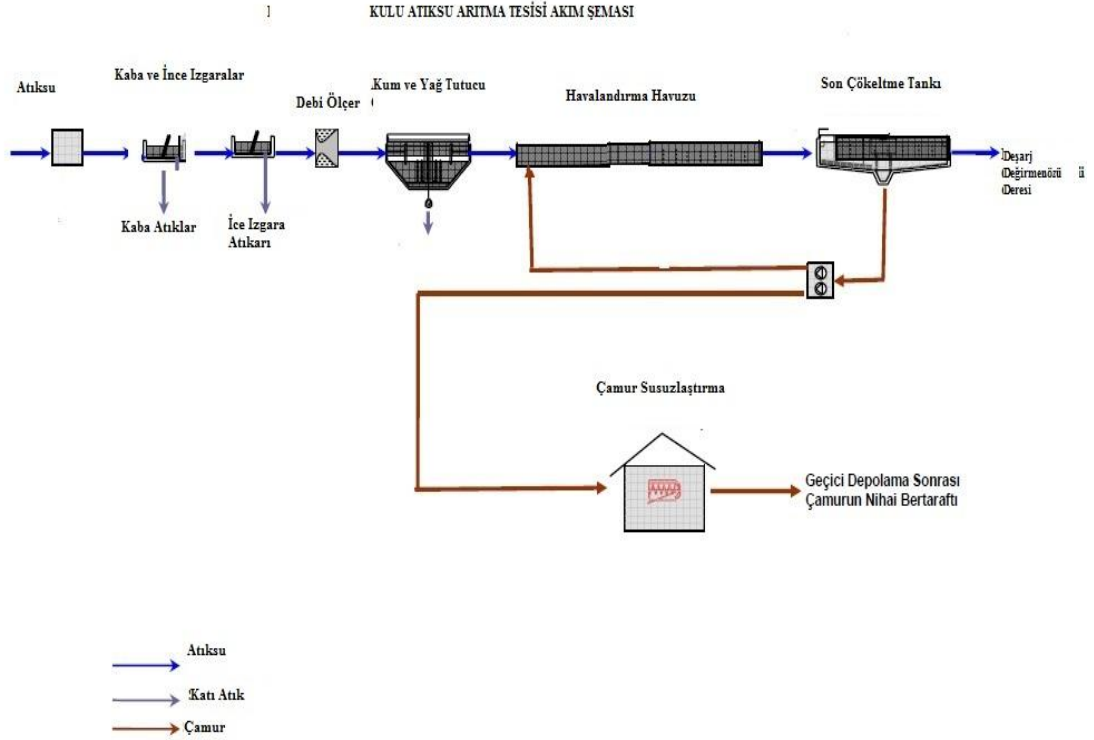
2.ATIKSU ARITMA TESİSİNE GELEN KİRLİLİĞİN KAYNAKLARI

2.1. Arıtma Tesisine Gelen Atıksu Kaynakları

Atıksu arıtma tesisleri, evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların alıcı ortamlara doğrudan deşarj edilmesi halinde doğal çevremizde oluşa bilecek olumsuz etkileri azaltmak için tasarlanır. Farklı atıksu karakteristiklerinden dolayı, her atıksuyun arıtımı için uygulanan arıtma işlemleri de farklı olmaktadır (Aksu, 2008).

Kulu’ da evsel atıksularından kaynaklanan kirlenmeyi önlemek amacıyla 2006 yılında Kulu Belediyesi ve İller Bankası tarafından yapım çalışmaları başlatılan Kulu Atıksu Arıtma Tesis, 2008 yılında tamamlanarak işletmeye alınmıştır. Tesis Kulu’nun tüm evsel atık suyunu arıtmak ve tuz gölü havzasını koruyup Düden gölünde oluşan ötrifikasyonu önlemek üzere inşa edilmiş olup, aktif çamur projesine göre yapılmıştır.

Tesisin akım şeması Şekil 2.1’ de görülmektedir. Son çökeltim havuzunda çökelen çamur, çamur 2 adet belt press ile susuzlaştırmaya tabi tutulur. İşlemler sonucu oluşan çamur depolama alanlarına konveyörle taşınarak burada biriktirilir ve yapacağımız araştırma ile toprak iyileştirme olarak arazide kullanılmak amacıyla kullanılması düşünülmektedir.



Şekil 2.1 Kulu Atıksu Arıtma Tesis Akım Şeması

2.2. Atıksu Arıtma Çamurlarının Karakterizasyonu

Arıtma çamuru kaynağına ve önceden geçtiği işlemlere bağlı olarak büyük değişiklikler gösterebilmektedir. Ancak bu çamurların geçmişine bakarak tanımlanması sadece kalitatif bilgi vermektedir. Bu nedenle, pek çok parametre geliştirilmiş ve arıtma çamurunun spesifik özelliklerini, bu çamurun meydana geldiği arıtma metoduna bağlı olarak, ölçmek gayesi ile testler geliştirilmiştir.

Bu metotlardan bazıları ulusal, bazıları ise uluslararası standart metotlar olarak kabul edilmiştir. Ancak uygulanan metotlar arasında önemli farklılıklar vardır. Bu nedenle günümüzde, Avrupa'da uygulanacak standart metotları ortaya koymak amacını hedeflemiş CEN/ TC308/WGI adlı bir çalışma sürdürülmektedir (gencbilim.com, 2007).

Arıtma çamurlarının sınıflandırılmasında kullanılan parametreler arasında fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametreler bulunmaktadır:

Fiziksel parametreler, arıtma çamuru hakkındaki işlenebilirlik ve ellenebilirlik bilgilerini vermektedir;

Kimyasal parametreler, çamurun içinde bulunan besinlerin (nütrient) ve toksik/tehlikeli maddelerin varlığını ve dolayısıyla tarım için kullanılıp kullanılamayacağını belirlemekte yardımcı olur;

Biyolojik parametreler, atık su çamuru içindeki mikrobik faaliyetleri ve organik madde/patojenlerin varlığı ve böylelikle çamurun emniyetli bir şekilde kullanılıp kullanılamayacağını belirler (Filibeli, 1996).

Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisinin çamur depolama alanından alınan numunelerin Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu(TÜBİTAK) Marmara Araştırma Merkezi Çevre Enstitüsü Laboratuvarında analizi yapılmış ve sonuçlar Çizelge 2.1’de verilmiştir. Elde edilen veriler yönetmelik değerleri ile (TKKY Ek I-B ve I-D) karşılaştırıldığında istenilen değerleri sağladığı görülmektedir.

Çizelge 2.1 Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına

Dair Yönetmenlik ve Analiz Yöntemleri.

Parametre/Örnek(mg/kg)	Arıtma Çamuru(Biyokatı)	Ek-I B ve I-D Limit Değerleri	Analiz Yöntemleri
Kurşun(Pb)	29,2	750	EPA 6020 A (ICP-MS)
Kadmiyum(Cd)	0,87	10	
Krom(Cr)	131	1000	
Bakır(Cu)	99,9	1000	
Nikel(Ni)	84,1	300	
Çinko(Zn)	499	2500	
Civa	0,723	10	TS 2537 EN 1483

2.3. Arıtma Çamurlarının Bertarafı

Atıksuların arıtılması sonucunda oluşan arıtma çamurlarının değerlendirme alternatifleri konusunda bir netlik söz konusu değildir. Arıtma çamurları; bünyelerinde dirençli organik bileşikler ve bitki gelişimi için gerekli makro ve mikro besin elementlerini bulundurmaktadırlar. Azot ve fosfor içerikleri arıtma çamurlarının gübre değerini ortaya koymakta, organik madde içerikleri de bu materyalin toprak ıslah etme özelliği açısından ayrı bir önem taşımaktadır. Bu yararlı özelliklerin yanı sıra arıtma çamurları, çevreye zararlı olabilecek potansiyel toksik elementleri, patojen mikroorganizmaları ve parazitik organizmaların yumurtalarını içerebilmektedir(Bilgin vd., 2002).

Sürdürülebilir bir atık yönetimi için, AB direktifleri ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığının yönetmeliklerine uyumlu atık bertaraf stratejileri geliştirilmelidir. Önerilen yöntem teknik, ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan uygulanabilir olmalıdır.

Arıtma tesislerinin ilk kurulduğu dönemlerde ortaya çıkan çamur tüm dünya ülkelerinde çöp depolama alanlarına ve denizlere dökülmüştür. Ancak çamurların denizlere dökümü 1 Ocak 1999 tarihinden itibaren yasaklanmıştır. Diğer taraftan çamurun içerdiği organik madde ve besi maddelerinin gübre değeri dikkate alınarak verimsiz arazinin ıslahı için evsel çamurların arazi üzerine serilmesi gündeme gelmiş,

bunun sonucu olarak ağır metal vb. kirleticilere üst limitler konulmuştur. Ortaya çıkan çamurlar ormanlık araziye serilmiş veya verimsiz arazinin iyileştirilmesin de kullanılmıştır.

Çamurları düzenli depolama alanlarına verilmesi en ucuz ve en basit yöntem olmakla birlikte bazı uygulama güçlükleri ve koku gibi işletme problemleri de mevcuttur. Bununla birlikte susuzlaştırılmış çamurun örtü toprağı olarak kullanılması, her geçen gün artan bir uygulamadır.

Özellikle biyolojik arıtma sonucu ortaya çıkan evsel arıtma çamurlarının yüksek organik madde içeriğı dolayısıyla evsel katı atıklarla birlikte kompostolaştırıla bilirlığı de bir diğer çamur uzaklaştırma yöntemi olarak değerlendirilmektedir.

Çamur uzaklaştırmada bir diğer yöntem de termal işleme/yakma prosesidir. Bu yöntem özellikle İstanbul gibi büyük yerleşimler için atık miktarını büyük ölçüde azaltması dolayısıyla sürekli gündeme gelmektedir. Ancak çamurun yakılması yüksek enerji maliyeti, sık görülen işletme problemleri ve ortaya çıkan hava kirletici emisyonları gibi olumsuzluklara da sahiptir.

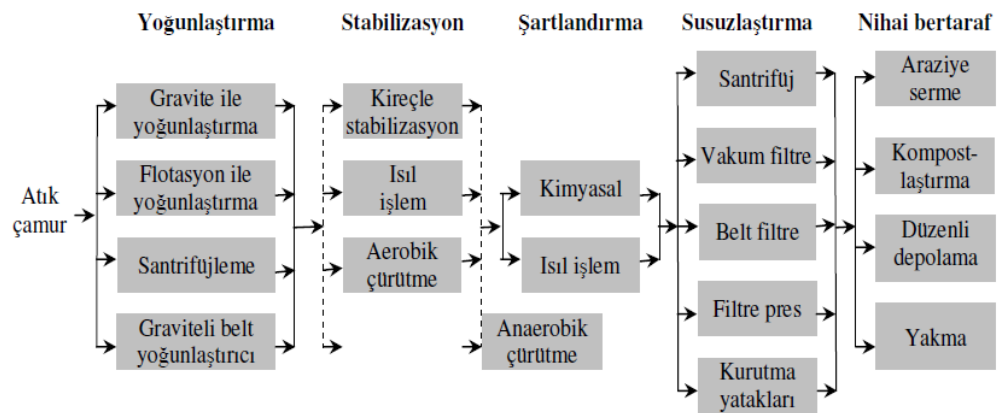
Çamur bertarafı için pek çok yöntem olmakla birlikte, tarım arazilerine uygulanması üzerinde önemle durulmaktadır. Organik gübre ve toprak düzenleyici olarak uygun özellikler taşıyan arıtma çamurlarının tarım alanlarında kullanılmaları ile hem çamur bertarafı gerçekleşebilmekte hem de tarımsal üretimde ekonomik kazanç sağlanabilmektedir. Çamur bertarafında uygulanan proses alternatifleri Şekil 2.2’de gösterilmiştir. Proses tanımları kısaca aşağıda açıklanmıştır:

Yoğunlaştırma; Sisteminizde oluşan çamuru daha konsantre hale getirmek, dolayısıyla daha küçük hacimdeki çamurla uğraşmak ve daha ekonomik çürütücü tankı elde etmek için çamur yoğunlaştırma sistemleri kullanılır. Yoğunlaştırma sonucunda katı madde konsantrasyonu 25 kat artabilir.

Stabilizasyon; çamurun stabilizasyonu özellikle hacim azaltılması ve yan ürün olarak gaz üretiminde etkilidir. Özellikle istenmeyen koşulların önlenmesi için çamurun kokuşmasının engellenmesi gerekmektedir

Şartlandırma; çamurun suyunun alınmasını kolaylaştırmak için geliştirilmiş bir prosestir. Kimyasal şartlandırma ve ısı arıtımı en yaygın yöntemlerdir.

Susuzlaştırma; arıtma tesisinden çıkan çamurun kolayca uzaklaştırılabilmesi için sıvı halinden çıkıp katı hale dönmesi gerekmektedir. Bu nedenle, çamurun içerdiği su miktarının azaltılması için değişik işlemlerin uygulanması gerekir. Arıtma çamurları genellikle yoğunlaştırma işlemi sonrasında susuzlaştırma işlemine tabi tutulurlar.



Şekil 2.2 Çamur Bertarafında Tatbik Edilen Proses Alternatifleri (Metcalf ve Eddy, 1991)

Çamurun kurutulması, çamur içerisindeki suyun katı kısımdan ayrılarak buharlaştırılması ile gerçekleştirilebilmektedir. Çamur içerisindeki su (1) katı taneciklere bağlı olmayan su, (2) katı taneciklere bağlı su olarak ele alınmalıdır.

Farklı su muhtevalarına sahip çamurların nihai bertarafı için doğal (solar) ve mekanik (termal) susuzlaştırma yöntemleri bulunmaktadır. Mekanik susuzlaştırma yönteminin ilk yatırım, işletme ve enerji maliyetleri yüksektir. Doğal susuzlaştırmanın işletimi, mekanik susuzlaştırma yöntemlerinkine göre daha kolaydır ve daha az enerji gerektirir.

Güneş, doğal susuzlaştırma ve kurutma yönteminin ana enerji kaynağıdır. Son yıllarda güneş enerjisiyle kapalı kurutma yataklarında çamur kurutma konusunda ilerlemeler görülmektedir (Salihoğlu, 2007).

Nihai bertaraf; kompostlaştırma, arazi uygulaması, düzenli depolama ve yakma metotları ile çamurun bertarafı sağlanmaktadır (Hararcı, 2005).

Kulu Atıksu Arıtma Tesisinde oluşan çamurların bertarafı için alternatif yöntemler değerlendirilerek Kulu şartlarına uygun çözümler Avrupa Birliği ülkelerinde gerçekleştirilen çamur uzaklaştırma teknikleri de dikkate alınarak, (1) tarımsal kullanım, (2) katı atık düzenli depolama sahasında kullanım, (3) çimento fabrikaların da fırın yakıtı olarak kullanımı (4) terk edilmiş taş ve maden ocaklarında depolama olarak sıralanabilir.

2.3.1. Katı Atık Düzenli Depolama Sahasında Kullanım

Düzenli depolama, katı artıkların ve arıtma çamurlarının halk sağlığı ve güvenliğine zarar vermeyecek şekilde depolanması ve üzerlerinin örtülmesi işlemidir. Çamur depolama işlemlerinin uygulanmasında ilk amaç, çamur hacminin azaltılarak deponi alanındaki mevcut depolama kapasitesini arttırmaktır. Bu nedenle düzenli depolamaya verilecek olan çamurların doğal veya mekanik yöntemler uygulanarak suyu alındıktan sonra depolanması gerekir (Filibeli, 1996).

Arıtma Çamurunun Evsel Katı Atıklarla Birlikte Depolanmasına ilişkin KAKY'nın 28. maddesinde "Arıtma çamurunun depolanabilmesi için içinde bulunan su oranının % 65 olması gerekir. Ancak, depo yeri işletmecileri, çamurun su oranının daha fazla olması halinde, deponun stabilitesini bozmayacağı, koku problemi ortaya çıkarmayacağı kanaatine varırlarsa, su oranı % 75'e kadar olan çamurları kabul edebilirler" denilmektedir.

2.3.2. Tarımsal Amaçlı Kullanım

AB direktiflerine göre organik atıkların depolanmasına ilişkin kısıtlamalar sebebiyle, çamur bertarafında nihai çözüm, çamurun kompostlaştırılarak tarımda kullanılmasıdır. Çamurun kompost olarak kullanılabilmesi için mevcut çamur bertaraf tekniğinin iyileştirilmesi gerekir. Organik içeriği fazla olan çamurları, sıvı fazdan ayırma,

yoğunlaştırma, stabilize etme susuzlaştırma ve nihai bertaraf gibi çamur arıtımında uygulanan prosesler, teknik ve işletme açısından kolay değildir. Organik atıkların ve arıtma çamurlarının birlikte kompostlaştırılması hem atıkların depolanması ile ilgili AB hedefleri ile örtüşmekte, hem de çamur bertarafına ilişkin nihai çözüm arayışını desteklemektedir.

Arıtma işlemi sonucunda oluşan çamur, bitkiler için gerekli olan tüm nütrientleri içerir. Çürütülmüş çamurdaki azot ve potasyumun yaklaşık yarısı sıvı fazdadır ve dolayısıyla susuzlaştırma işlemi bunların önemli ölçüde azalmasına neden olur.

Tarımsal üretimin arttırılması için kullanılan gübreler değişen miktarlarda azot, fosfor ve potasyum içermektedirler. En yaygın olarak kullanılan gübrelerde azot: fosfor: potasyum değeri 8:8:8 ve 5:10:10 seklindedir. Arıtma çamurlarında bulunan azot, fosfor ve potasyum değerleri ise ticarî gübrelere nazaran daha düşüktür. Çünkü arıtma çamurları, çeşitli arıtma prosesleri boyunca gübre değerlerinin bir bölümünü kaybederler. Tipik bir şehir atıksu arıtma tesisinden alınan çamurdaki azot, fosfor ve potasyum yüzdeleri arasındaki oran 3:2:0'dir (Spellman, 1997).

Uygun özellikler taşıyan atıksu arıtma çamurlarının tarımsal arazilerde değerlendirilmesi, çamur içeriğindeki azot, fosfor ve potasyum gibi bitki besin elementlerinin doğal döngülerine tekrar kazandırılması yönünden en akılcı ve en ekonomik yoldur. Arıtma çamurları araziye uygulanırken, yıllık yükleme bazında çamur ile verilen azot veya fosfor miktarı ile ürünlerdeki mevcut azot veya fosfor miktarının toplamının, ürünün ihtiyacı olan yıllık azot veya fosfor miktarından küçük olmasına dikkat edilmelidir. Aksi taktir de ortama verilen fazla miktardaki azot ve fosfor toprakta birikecek, toprak kirliliği ile birlikte yer altı suyu kaynakları ve yüzeysel kaynaklar için de bir kirlenme söz konusu olacaktır. Ayrıca tarım arazilerine verilmesi düşünülen çamurların, ağır metal içeriği ve tuzluluk yönünden toprağa yapacağı etkiler kesinlikle göz ardı edilmemeli ve gerekli değerlendirme, sınır değerler baz alınarak yapılmalıdır. Çamur uygulanacak topraktaki pH değişimleri izlenmeli, toksik organik bileşik muhtevaları incelenmeli ve çeşitli toprak tiplerinde bitkili deneme testleri yapılmalıdır. Arıtma çamurlarının gerek toprak düzenleyici gerekse gübre olarak değerlendirilmesinde kuskusuz en önemli husus, çamurun toprakların doğal yapıları ve bitkisel üretim üzerinde olumsuz etkilerde bulunmamasıdır.

Azot, çamurun uygulanma hızını belirleyen en önemli parametredir. Arıtma çamurlarındaki azot yüzdesi çamurun tipine bağlı olarak % 1,8 ila % 5,9 arasında değişmektedir. Arıtma çamurunun toprağa verilmesinden sonra mevcut NH_4 'un büyük bir kısmı nitrata (NO_3^-) dönüşmektedir. Özellikle rutubetli bölgelerde toprağa, ürünün ihtiyaç duyduğundan daha fazla miktarda verilen azot, topraktan sızabilmekte ve nitratin yeraltı sularına bulaşmasına neden olabilmektedir. Bu yüzden tarımsal uygulamalarda, toprağa uygulanacak çamurdaki yıllık azot miktarının hesabında, yetiştirilecek tarımsal ürünün ihtiyaç duyduğu azot miktarları baz alınmaktadır. Bitkiler genellikle ihtiyaç duydukları azot miktarının 1/10 ila 1/5'i kadar **fosfor**a ihtiyaç duyarlar.

Çoğu arıtma çamurunda **potasyum** düşük miktarlarda bulunmaktadır. Arıtma çamurunda bulunan potasyumun hemen hemen tümü inorganik formlarda bulunmaktadır. Bu nedenle çamur toprağa verildiğinde bitkiye yararlı hale geçmesi için mineralize olmasına gerek yoktur.

Çamurun metal içeriği oldukça değişkendir. Önemli metaller; çinko, bakır, nikel, kadmiyum ve kurundur. Çamur çok ince tabakalar halinde uygulandığında, çinko ve bakır mikro nütrientler olduklarından, bitki büyümesini olumlu etkilerler.

Arazide bertaraf yöntemleri ise aşağıdaki gibi sıralana bilir:

a) Tankerlerle Yayma: Kapasitesi 3.8-7.6 m³ olan tankerlerle doğrudan araziye yayma, sulu çamurun uygulanmasında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Tankerle yayma sisteminin başlıca avantajları düşük yatırım maliyeti ve işletme kolaylığıdır.

b) Püskürtme Yöntemi: Arıtma çamurlarının araziye verilmesi borularda tıkanma yaratmayan sabit veya taşınabilir püskürtme sistemleriyle yapılabilir. Püskürtme sisteminin avantajları az emek, az alan gerektirmesi ve birçok bitki türü için kullanılabilir olmasıdır.

c) Toprak Yüzeyi Altına Enjeksiyon Yöntemi: Bu yöntemin esası; karık açma, çamuru karık içine verme ve çamurun üzerinin toprak tabakasıyla kapatılması olarak özetlenebilir. Bu diğerlerinden farkı, çamurun toprak yüzeyine değil, yüzey altına

enjekte edilmesidir. Toprak yüzeyi altına enjeksiyon yöntemi ile çamurla toprak hemen karıştığından dolayı, çamurun yüzeye verilmesiyle oluşan çamur göletlerinde meydana gelen koku ve sinek problemi giderilmiş olur.

d)Karık Yöntemi: Çamurun karıklarla araziye uygulanması basit olarak ürün sulamasının karıklarla yapılmasıyla aynı işlemdir. Çamur, karıklar içinde dizili ürünler arasından toprağı sulayarak ve gübreleyerek akar.

2.3.3. Terk Edilmiş Taş ve Maden Ocaklarında Depolama

16.12.2003 tarih ve 25318 sayılı Resmi gazetede yayımlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliğı madencilikle ilgili projeleri de kapsamaktadır. Yapılan faaliyetler ekolojik dengeyi bozmamalı, insan ve çevre sağlığını etkileyecek düzeyde olmamalıdır. Islah amacıyla işlenmiş arıtma çamurlarının uygulanacağı alanlarda, uygulama başlatılmadan önce bu alanın ıslah edildikten sonra ne şekilde kullanılacağıının kararlaştırılması gerekmektedir. Islah edilecek alan tarımsal üretim veya hayvan otlatma amaçlı kullanılacaksa uygulanacak işlenmiş arıtma çamuru miktarının uygulama zamanının ve seklinin belirlenmesinde Yönetmeliklerin öngördüğü düzenlemelerin yerine getirilmesi gerekmektedir.

2.4. Avrupa Birliğı (AB) ve ABD’de Arıtma Çamuru Uygulamaları

Avrupa Birliğı arıtılmış çamurun arazide geri kullanımını önermektedir. Stabilizasyon performansı, parazitlerin (Askarit yumurtaları) ve bakterilerin (*Salmonella*) ihmal edilebilir seviyelerin altına düşmesi ile geçerli olmaktadır.

Avrupa Birliğı ülkelerinde arazide kullanılmasından önce uygulanan stabilizasyon yöntemleri Çizelge 2.2’ de verilmiştir (Akça, 2005).

Çizelge 2.2 Avrupa Birliği Ülkelerinde Arıtma Çamurlarının Arazide Kullanılmasından Önce Uygulanan Stabilizasyon Yöntemleri (Aksu, 2008).

	Anaerobik stabilizasyon	Aerobik stabilizasyon	Kireç stabilizasyonu	Kurutma	Kompost	Susuzlaştırma
Avusturya	X	X	X	X		
Belçika	X	X	X	X		
Danimarka		X	X		X	
Yunanistan						
Finlandiya	X		X		X	
Fransa	X	X	X	X	X	
Almanya	X	X	X			
İtalya	X	X	X	X		X
İrlanda	X					X
Lüksemburg						X
Hollanda	X	X	X	X		
Portekiz						X
İspanya	X				X	
İsveç	X	X	X	X	X	X
İngiltere	X		X	X	X	X

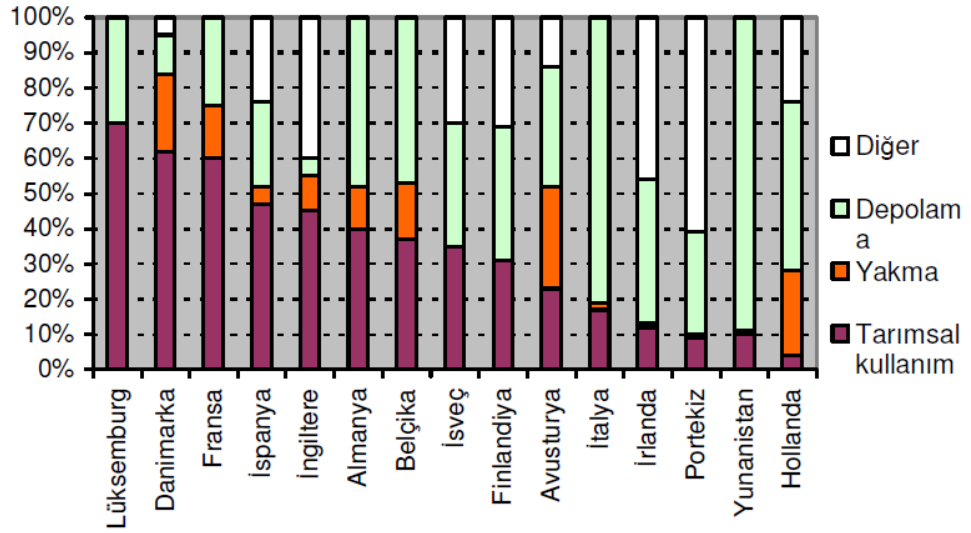
Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde katı atıkların, çevresel etkileri daha az olan yöntemlerle bertaraf edilmeleri zorunludur. Bu çerçevede, üye ülkeler tarafından benimsenen asgari organik atık bertaraf standardı düzenli depolamadır. Diğer taraftan, Avrupa Birliği 1999/31/EC nolu katı atık düzenli depolama direktifine (Directive on the landfill of waste) göre 2013 yılından sonra atıkların %50'den, 2020 yılından sonra da %35'ten fazlasını düzenli depolama şeklinde gömerek bertaraf etmeye ilişkin kısıtlamalar getirilmiştir. Bazı ülkelerin yönetmeliklerinde bu konuda verilen kısıtlama ve şartlar aşağıdaki gibidir:

- Avusturya'da 2004 yılından itibaren düzenli depolama alanlarına verilecek arıtma çamurlarının biyolojik aktivitesi azaltılmak üzere bir arıtma işleminden geçme şartı aranmaktadır.
- Hollanda'da, arıtma çamurlarına verilebilmekle birlikte şartları günden güne kısıtlanmaktadır. Hedef, düzenli depolamanın sadece çamur yakma tesisi külleri ve organik madde muhtevası %10'u geçmeyen çamurlar için uygulanmasıdır.
- Fransa'da 1997 yılında çıkan düzenli depolama yönetmeliği, arıtma çamurlarının düzenli depolamaya verilebilmesi için katı madde muhtevasının

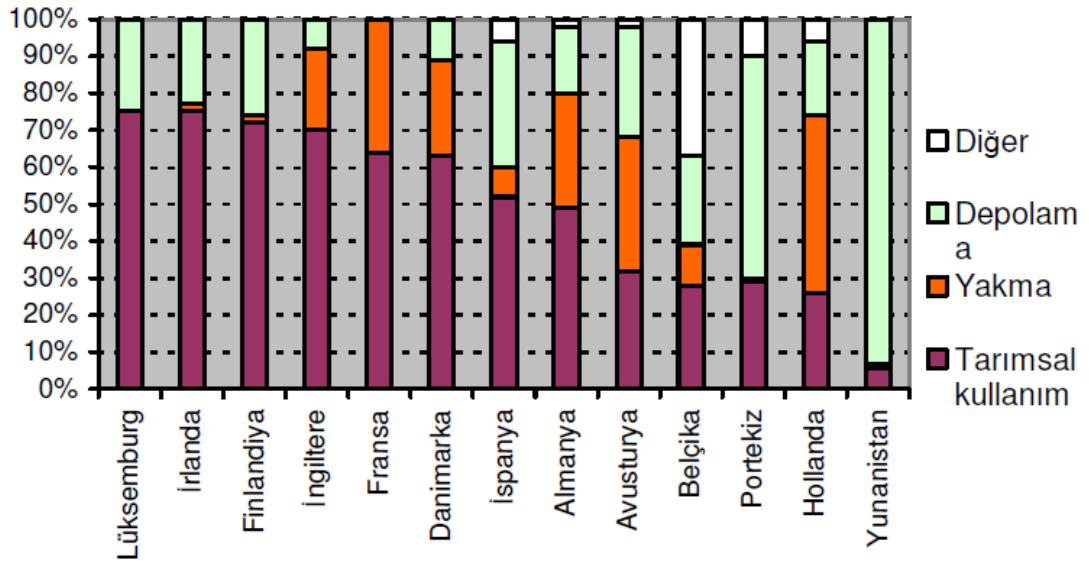
%30'nun üzerinde olmasını şart koşturmaktadır. Ancak 2002 yılından itibaren sadece "nihai atık"ların düzenli depolanmasına izin verildiğinden arıtma çamurlarının düzenli depolanması son derece kısıtlanmıştır.

- İsveç'te 2005'ten itibaren arıtma çamurları dahil bütün organik atıkların arazide depolanması yasaklanmıştır.

Aşağıda verilen iki grafik AB ülkelerinde çamur uzaklaştırma yöntemlerinde zaman içinde meydana gelen değişmeyi göstermektedir. 1996-1998 yıllarındaki verilerine göre AB ülkelerinde arıtma çamurları için uygulanan bertaraf yöntemleri Şekil 2.3'de, 2005 yılı için konan hedefler de Şekil 2.4'de gösterilmiştir. İki şekil kıyaslandığı zaman, arıtma çamurlarının düzenli depolama yoluyla bertarafında önemli bir azalma meydana geldiği veya azalma hedeflendiği görülmektedir.



Şekil 2.3 AB Ülkelerinde Arıtma Çamurlarının Bertarafı (Akça, 2005)



Şekil 2.4. AB Ülkelerinde Arıtma Çamurlarının Bertarafında 2005 Yılı Hedefleri (Akça,2005).

Avrupa Birliği'ne uyum sürecinde arıtma çamurlarının, çevresel etkileri daha az olan yöntemlerle bertaraf edilmeleri zorunludur. Bu çerçevede, üye ülkeler tarafından benimsenen Atıkların Düzenli Depolanması Direktifi (1999/31/EC) (Bresters vd, 1997) uygulanmaktadır. Bu taslak direktif, depolama sahalarına ilişkin tasarım, inşa, işletme ve kapatma kurallarını tanımlar. Direktif, düzenli depolama alanlarını üç kategoriye ayırır ve bu kategoriler örtücü tabaka ve denetim kurallarına göre farklılık gösterir:

- Tehlikeli Atıklar için Düzenli Depolama Tesisleri
- Tehlikeli olmayan Atıklar için Düzenli Depolama Tesisleri
- Tesirsiz (inert) atıklar için Düzenli Depolama Tesisleri

Atık su arıtma çamurunun düzenli depolama sahasında depolanması yasak değildir. Ancak biyolojik olarak parçalanabilen atık olduğu için kısıtlanmıştır. Kısıtlama hedefi, 1995'te çıkan biyolojik olarak parçalanabilen atık miktarının 2006' da %75, 2009'da %50, 2016'da ise %25 'inin depolama sahalarında depolanması öngörülmüştür. 1995 yılında, toplanan evsel atığının %80'inden fazlasını düzenli depolama sahalarına bertaraf etmiş üye ülkeler, hedeflerine ulaşmayı 4 yıllık bir süre için erteleyebilirler.

86/278/EEC nolu Çamur Arıtımı ve Bertarafı Direktifi (Sludge Treatment and Disposal), artıma çamurunun zirai alanda kullanılması halinde uyulması gereken kurallarla ilgilidir. Bu yönetmelikler aşağıdaki kuralları içermektedir:

- Ön arıtma
- Arıtma çamurunda ağır metal bulunmaması ile ilgili sınırlamalar
- Kuru katı atık miktarı ve birim alan ve zamana düşen ağır metaller ile ilgili sınırlamalar
- Artıma çamurunun yayıldığı toprakta ağır metal bulunmasına ilişkin sınırlamalar ve toprağın pH değeri ile ilgili kurallar
- Mikro kirleticilerin bulunması ile ilgili sınırlamalar
- Toprağa eklenen besleyici miktarı ile ilgili sınırlamalar (N ve P)
- Ekim tercihleri ile ilgili sınırlamalar
- Arıtma çamurunun yarıldığı zirai alana ulaşma şartlarına ilişkin sınırlamalar.

2.4.1. Patojen Mikroorganizma Limit Değerleri

Amerika'da Çevre Koruma Ajansı (US EPA) tarafından ortaya konan yönetmelik biyokatıları A sınıfı (doğrudan temas için güvenli) ve B sınıfı (arazide bitkisel üretimde kısıtlı kullanıma uygun) olmak üzere iki kategoriye ayırmıştır. EPA tarafından biyokatılar için öngörülen kural; fekal, koliform veya salmonella için konulan üst sınırlarla tanımlanmıştır. Buna göre:

1) **A sınıfı biyokatılarda;** <1000 EMS (en muhtemel sayı) fekal koliform / 4 gram (kuru ağırlık) veya <3 salmonella / 4 gram (kuru ağırlık) seviyelerinde bakteri varlığına izin verilmektedir.

2) **B sınıfı biyokatılarda** ise fekal koliform sayısının geometrik ortalamasının 2.000.000 EMS/gram (kuru ağırlık) dan daha az olması istenmektedir (Akyarlı vd, 2005).

Avrupa Birliği ülkeleri tarafından hazırlanmış olan taslak yönetmelikte de çamura uygulanan stabilizasyon yöntemlerine göre biyokatılar iki gruba ayrılmıştır. Dezenfeksiyonun sağlanabileceği stabilizasyon yöntemlerinin uygulandığı biyokatılar “yüksek standart”, diğer yöntemler ile stabilize edilen biyokatılar “geleneksel standart”

olarak değerlendirilmektedir (Akyarlı vd., 2005). Yüksek standart biyokatılarda *salmonella spp*' nin 50 gram (yas ağırlık) da bulunmaması ve E. koli değerinin < 500 KOB (koloni oluşum birimi/gram) olması koşulu aranmaktadır (Akyarlı vd., 2005).

Avrupa Birliği'nin arıtma çamurları konusunda kabul ettiği standartlar kullanılacak alan ve çamurun özelliklerine bağlı olarak ulusal, topluluk ve üye devlet düzeyinde olabilmektedir. Topluluk ülkelerinde atıkların karalara boşaltılmasında kullanılan 1999/31/EEC direktifinde olduğu gibi, atık yönetimine ilişkin etkili olan birkaç direktif bulunmaktadır. Fakat çamur üretimi, bertarafı ve geri döngüsü üzerine en güçlü etkiye sahip olanları atıksu arıtımıyla ilgili olan 91/271/EEC direktifi ve tarım alanlarında çamur kullanımıyla ilgili olan 86/278/EEC direktifleridir. Özellikle 86/278/EEC direktifi, üye ülkeler tarafından oluşturulan çamurların yönetimi için en önemlisidir. Birlik üyesi ülkeler arasında 86/278/EEC direktifinde ulusal düzenlemelerde bazı farklılıklar görülmektedir. Örneğin Belçika, Danimarka, Finlandiya, Hollanda ve İsveç'teki AAT' de oluşan çamurdaki ağır metal konsantrasyonları sınır değerlerinden düşüktür. Yunanistan, İrlanda, İtalya, Lüksemburg, Portekiz ve İspanya gibi üye ülkeler bu direktifteki değerleri aşmaktadır. Ayrıca, Fransa İtalya ve Lüksemburg patojenler için, Avusturya, Belçika, Danimarka, Fransa, Almanya ve İsveç organik bileşikler için çamurun tarımda kullanılmasıyla ilgili ulusal bazı düzenlemeler yapmaktadır. Ancak, 86/278/EEC direktifinde bu patojen ve organik bileşiklere ilişkin herhangi bir düzenleme bulunmamaktadır. Bu direktifte tarımda kullanılan çamurda, patojen içeriklerinin özellikleri bulunmadığından, patojenlerle ilgili olası sağlık risklerini azaltmak için çamur kalitesi standart gerekliliklere birkaç yasal düzenleme eklenmiştir. AB ülkelerinden Fransa, İtalya, Lüksemburg ve Avusturya'da arıtma çamuru sadece "otlaklar ve hayvan yemi yetiştirilen ekilebilir arazilerde" kullanımına izin verilmektedir. Bu ülkelerin arıtma çamurunda patojen düzeyleri için sınır değerleri Çizelge 2.3'de gösterilmiştir (İçemer vd., 2005).

Yürürlükteki yasayla (86/278/EEC direktifi) isimlendirilmiş en yaygın patojenler içinde *Salmonella sp.* başta gelmektedir. Patojenler için bu limit değerler ülkeler arasında farklılık göstermekte ve Çizelge 2.4' de sunulan limit değerler pek çok Avrupa ülkesinde uygulanmaktadır. Tarımda kullanılacak arıtma çamurları için US EPA patojen mikroorganizma standartları da Çizelge 2.5'de verilmiştir (İçemer vd., 2005).

Türkiye Standartları'nda patojen mikroorganizma sınırlarına ait bir değer olmaması dikkat çeken en önemli noktadır. Bunun yanında, AB ve US EPA Standartları'na baktığımızda ise iki standartta da belirtilen tek değer *Salmonella sp.* olduğu, diğer sınır değerlerinin de birbirinden tamamen farklı olduğu Çizelge 2.6'dan görülmektedir (İçemer vd., 2005).

Çizelge 2.3 Avrupa Birliğine Üye Bazı Ülkelerin Çamurda Patojen Konsantrasyonları İçin Sınır Değerleri (İçemer, 2005)

Ülke	Salmonella
Fransa	8EMS/10g
İtalya	1000EMS/10g
Lüksemburg	-
Polonya	<i>Salmonella sp.</i> içeriyorsa tarımda kullanılmamalı.

Çizelge 2.4 Tarımda Kullanılacak Arıtma Çamurları İçin AB Patojen Mikroorganizma Standartları (AB direktifi 86/278/EEC,1986; İçemer vd, 2005)

Patojen Mikroorganizmalar	Sınır Değerler
<i>Esherichia coli</i>	<1000g ⁻¹
<i>Salmonella</i>	<i>Salmonella</i> Bulunmamalı

Çizelge 2.5 Tarımda Kullanılacak Arıtma Çamurları İçin US EPA Patojen Mikroorganizma Standartları (US EPA, 1999; İçemer vd, 2005)

Patojen Mikroorganizmalar	Sınır Değerler(Kuru Ağırlık
<i>A SINIFI</i>	
<i>Salmonella sp.</i>	<3 EMS/4g
Fekal Koliform	<1000 EMS/g
<i>B SINIFI</i>	
Fekal Koliform Yoğunluğu	<200000000 EMS/g

Çizelge 2.6 Tarımda Kullanılacak Arıtma Çamurları İçin Tüm Standartlardaki Patojen Sınır Değerlerin Karşılaştırılması.

Patojen Mikroorganizmalar	AB Standartları	US EPA Standartları
<i>Salmonella sp.</i>	<i>Salmonella sp.</i> yok/50g	<3 EMS/4g
Fekal Koliform	-	<1000 EMS/g
Fekal Koliform Yoğunluğu	-	<200000000 EMS/g
<i>Esherichia Coli</i>	<1000g ⁻¹	-

AB Standartları'nda, Fekal Koliform ve Enterik Virüsler ile ilgili hiçbir değer verilmemiş, US EPA Standartları'nda ise E. koli ile ilgili hiçbir parametreye rastlanamamış olması dikkati çekmektedir (İçemer vd., 2005).

2.5. Ülkemizde Arıtma Çamurları

Ülkemizde, oluşan arıtma çamurlarının miktarı ve bertaraf yöntemi konusunda istatistiksel bir çalışma bulunmamaktadır. Yıllık evsel arıtma çamuru miktarının 1,38 milyon ton/yıl olduğu tahmin edilmektedir. Oluşan arıtma çamurlarının büyük bir kısmı katı atık depolama sahalarında ya da arazide depolanmak sureti ile bertaraf edilmektedir.

Ülkemizde 1980'li yılların ikinci yarısından itibaren İller Bankası tarafından yapımı gerçekleştirilen atıksu arıtma tesislerinden oluşan arıtma çamurları genellikle çamur kurutma yataklarında %80-90 oranında kuru madde içerecek şekilde kurutulduktan sonra yöre çiftçileri tarafından gübre olarak kullanılmaktadır. Ege bölgesindeki Manisa, Akhisar, ve Alaşehir atıksu arıtma tesisleri bu duruma örnek olarak gösterilebilmektedir.

Türkiye'de endüstriyel gelişmenin yetersizliği ve son yıllarda endüstriyel tesislerin Organize Sanayi Bölgelerinde kurulması, kentsel atıksu içerisindeki endüstriyel atıksu miktarlarının düşük kalmasına yol açmaktadır. Bunun bir sonucu olarak ülkemizdeki kentsel atıksu arıtma tesisi çamurlarındaki ağır metal konsantrasyonları düşük kalmaktadır.

Çizelge 2.7' de Tarsus, Çiğli, Kayseri ve Konya Atıksu Arıtma Tesislerindeki ağır metal konsantrasyonları karşılaştırılmıştır. Bu değerler ülkemizdeki atıksu arıtma tesislerinin büyük bir bölümünde oluşan arıtma çamurlarının uygun bir fiziksel yapıya ulaştırılmaları halinde belirli ürünlerin tarımda kullanılabileceğini göstermektedir.

Çizelge 2.7 Atıksu Arıtma Tesislerinde Ağır Metal Değerlerinin Karşılaştırılması
(Aksu, 2008)

Parameteler(mg/kg)	Isparta	Kayseri	Tarsus	Çiğli	Sınır Değerler (TKKY,2005)
Cd	-	14,60	1,30	1,70	40,00
Cu	116,35	304,80	144,00	210,00	1750,00
Cr	403,20	345,20	72,00	123,00	1200,00
Ni	26,90	272,00	93,00	59,00	400,00
Pb	29,10	272,00	56,00	88,00	12000,00
Zn	940,55	1076,00	329,00	850,00	4000,00
Hg	0,16	0,80	0,77	-	25,00

İç Anadolu bölgesindeki atıksu arıtma tesislerinin çoğunda çamur bertaraf sistemleri yetersiz olup, arıtma çamurları boş arazilere ya da kapatılan eski vahşi depolama sahasının yüzeyine serilerek bertaraf edilmektedir. Katı madde muhtevası %20 mertebesinde ve miktarı günde 100 ton civarında olan çamurların açık arazilere rastgele terk edilmesi sonucu haşere ve koku problemleri ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizde arıtma çamurları ile ilgili düzenlemeler Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (KAKY) ve Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde (TKKY) yer almaktadır. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği Madde 28'de, arıtma çamurlarının düzenli depo sahalarında depolanabilmesi ile ilgili olarak şartlar belirtilmiştir. Bunun için çamurların düzenli depo sahalarında bertaraf edilebilmesi için susuzlaştırılmış ve kurutulmuş çamurun katı madde muhtevası %25-%35'in üzerinde olmalıdır.

Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinin (TKKY) 9.maddesine göre Stabilize arıtma çamurunda ağır metallerin izin verilen maksimum miktarları Çizelge 2. 8'de (TKKY Ek I-B) verilmiştir. Bu çizelgede verilen sınır değerleri aşmayan işlenmiş arıtma çamurunun toprakta kullanılabilmesi için gerekli düzenlemeler Madde 10'da

açıklanmıştır. Aynı Yönetmeliğinin (TKKY) 13. maddesinde stabilize arıtma çamurunun kullanma sınırlamaları ve yasakları yer almaktadır.

Çizelge 2.8 Toprakta Kullanılabilecek Stabilize Arıtma Çamurunda Müsaade Edilecek Maksimum Ağır Metal Sınır Değerleri (TKKY Ek I-B)

Ağır Metal (Toplam)	Sınır Değerler (mg/Kg fırın kuru metaryal)
Kurşun.	750
Kadmiyum	10
Krom	1000
Bakır	1000
Nikel	300
Çinko	2500
Civa	10

Yapılan analizler sonucunda elde edilen arıtma tesisi verileri Çizelge 2. 9’ da verilmektedir. Sonuçlara göre AAT’ de elde edilen çamurun toprağa uygulanmasında sakınca yoktur.

Çizelge 2.9 Konya Kulu AAT’ den Elde Edilen Ağır Metal Muhtevaları

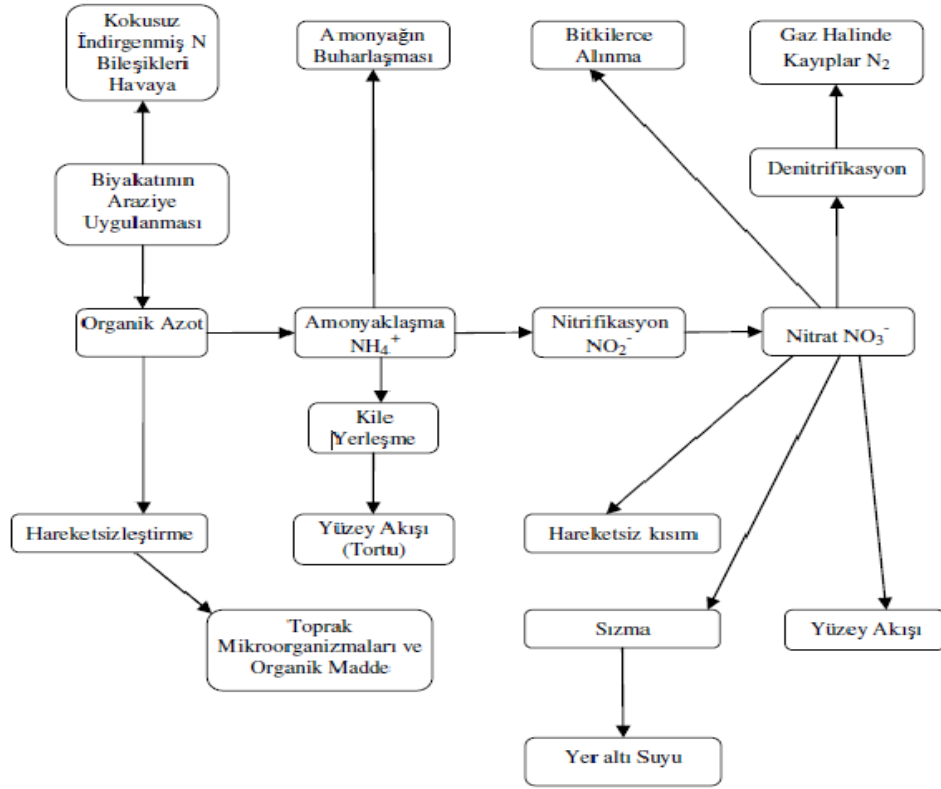
Ağır Metal (Toplam)	Sınır Değerler (mg/Kg fırın kuru metaryal)
Kurşun.	29,2
Kadmiyum	0,87
Krom	131
Bakır	99.9
Nikel	84,1
Çinko	499
Civa	0.723

Atıksu Arıtma Tesisi çamurunun toprakta kullanılabilmesi konusundaki bilgiler TKKY Madde 10'da belirlenmiştir. Ayrıca AAT çamurunun kullanılması hakkındaki sınırlama ve yasaklara TKKY Madde 13'de belirtilmiştir. AAT çamurunun toprak ortamındaki her türlü kullanımı ve toprak kirliliği denetimiyle ilgili konular yer almaktadır.

2.6. Arıtma Çamurlarının Doğada Kullanımında; Çamurda Bulunan Parametreler ve Etkileri

2.6.1. Azot (N)

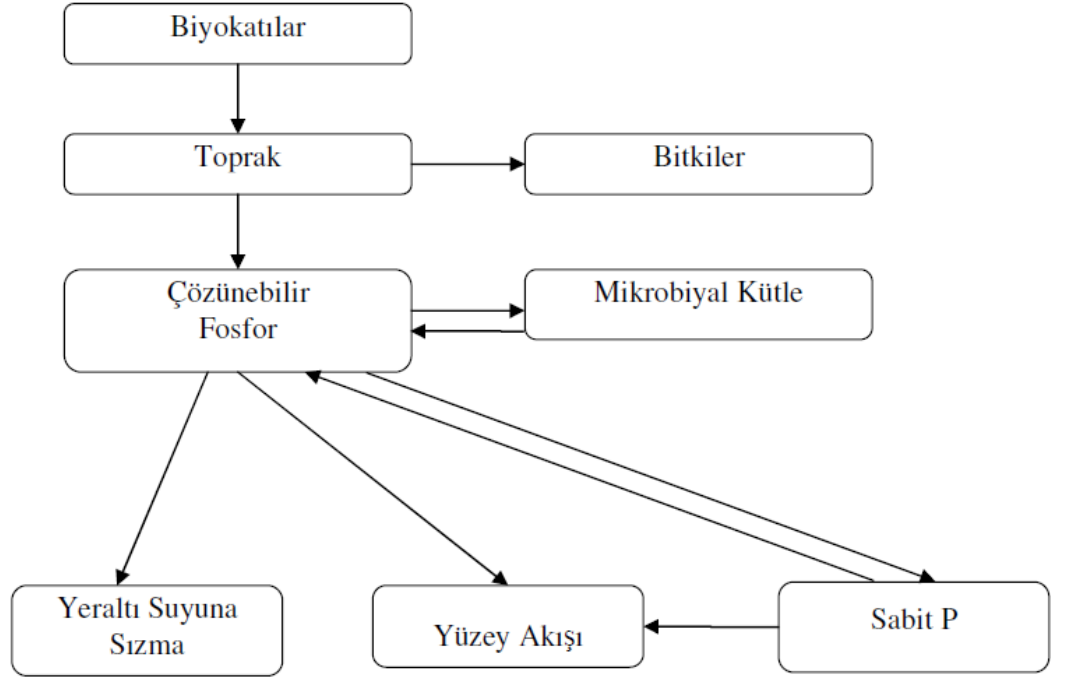
Biyokatılar arazide uygulandığı zaman, genellikle organik azot birkaç adet dönüşüme uğrar. Bu dönüşümler çok önemlidir çünkü bitkilerin büyümesine, mikrobiyal aktiviteye, topraktaki reaksiyonlara zemin hazırlarlar. Biyokatıların uygulanmasını takiben topraktaki azot dönüşümü etkileyen biyokatılarda ve toprakta birçok önemli durum vardır. Bunlar; toprağın nemi, ısısı, minerilizasyon durumu, oksidasyonu, havalanması, toprak porozitesi (geçirgenliği), biyokatıların özellikleri, mikrobiyal aktivite oranı olarak sıralanabilir. Biyokatılar araziye uygulandığı zaman gerçekleşen azot döngüsü Şekil 2.5'de gösterilmiştir. Biyokatının araziye uygulanmasından sonra azot bileşenlerinin bir kısmı atmosfere karışır. Organik azot ise aerobik şartlarda amonyaklaşmanın gerçekleşmesi ile önce nitrite, nitrifikasyon sonucu da ve nitratlara dönüşür. Buradan denitrifikasyon olayı sonucu nitratlar azot gazına indirgenir ve atmosfere verilir. Tabi gaz haline dönüşmeyen; bitkinin bünyesine alınan veya yüzey akısı ile alıkonan nitrat da mevcuttur.



Şekil 2.5 Biyokatıların Araziye Uygulandığı Zaman Gerçekleşen Azot Döngüsü (Epstein, 2003)

2.6.2.Fosfor

Fosfor bitkiler için temel besinmaddesidir. P eksikliği dünya çapında toprak gübresi problemi olarak ikinci sırada gösterilmektedir (Lindsey vd., 1989). Ancak, topraktaki fazla miktardaki P, bitki büyümesinde temel olan çinko (Zn) ve bakır (Cu) gibi diğer kimyasal elementleri hareketsizleştirme eğiliminde olur (Chang vd., 1983). Topraktaki fazla P yüzey sularının ve sığ yer altı sularının noktasal kaynaklı olmayan kirlenmesi ile sonuçlanabilir (Sims vd., 2000; Epstein' den, 2003). Biyokatılar araziye uygulandığı zaman meydana gelecek olan fosfor döngüsü şekil 2.6'da gösterilmiştir. Biyokatılardaki mevcut fosfor ayrıştırılarak toprağa karışır. Burada bitkilerce tutulur. Fakat bitkilerin bünyesine alınmayan çözünebilir fosfor mikrobiyal faaliyetlerle mikroorganizmaların bünyesine, yüzey akışı ile dere, göl gibi yüzey sularına ve yer altı sularına karışır.



Şekil 2.6 Biyokatılar Araziye Uygulandığı Zaman Fosfor Döngüsü
(Epstein, 2003).

2.6.3. Potasyum

Biyokatılarda genellikle az bulunur. K bileşenleri atıksuda çözünür olduğundan genelde biyokatırlarla çökelmemektedirler. K araziye uygulandığında K değiştirilebilir formu bitkiler için birincil kaynaktır. Bu element bitki büyümesinde temeldir ve toprağa az tedariki ürün verimliliğini sınırlar (Epstein, 2003).

2.6.4. Mikronütrientler

Mikronütrientler, bitki büyümesinde kullanılan ve toprakta iz miktarda bulunan elementlerdir. Ayrıca bu çoğu mikronütrientler insan, hayvan ve bitkiler için toksik olabilir. Mikronütrientlerin birkaçı da düzenlenmiş ağır metallerin arasındadır çünkü insan ve hayvanlar için toksik olabilirler. Biyokatıdaki yedi mikronütrient Boron (B), Bakır (Cu), Demir (Fe), Manganez (Mn), Molibdenyum (Mo), Nikel (Ni) ve Çinko (Zn)'dur (Epstein, 2003).

2.6.5.Ağır Metaller

Bitki ve hayvanlar tarafından iz elementlere az miktarlarda ihtiyaç duyulur. Bunların bazıları tanımlanmış iken diğerleri hala bilinmemektedir. Ağır metaller periyodik tabloda diğerlerine göre büyük moleküler ağırlığa (yoğunluğu $>5,0 \text{ mg/m}^3$) sahip olan bir grubun elementleridir. Vücuda alındıklarında vücut tarafından biriktirilirler. Ashworth (1991) 'a göre "ağır metal" terimi yanlış adlandırıldığını iddia etmektedir; çünkü en az iki elementin, arsenik ve selenyum, metal değildir.

İz elementler sık sık ağır metal olarak başvurulmuştur ve bunların düzenlemeleri: arsenik (As), kadmiyum (Cd), bakır (Cu), kurşun (Pb), civa (Hg), Molibdenyum (Mo), nikel (Ni), selenyum (Se), çinko (Zn)'dur. Krom (Cr) 1993 503 düzenlemeleri ilk taslağında çıkarılmıştır. 1995'de Cr silinmiştir (Epstein, 2003). Mikronütrientler bitki, hayvan veya insan büyümesinde az miktarda ihtiyaç duyulan temel iz elementlerdir. Bu sekiz mikro nütrient: Boron (B), Bakır (Cu), Demir (Fe), Manganez (Mn), Molibdenyum (Mo), Nikel (Ni), Selenyum (Se) ve Çinko (Zn)'dur (Mortvedt vd., 1991). Azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) gibi elementler makronütrient olarak belirtilir çünkü bitkiler tarafından büyük miktarlarda ihtiyaç duyulurlar. Kobalt (Co), İyot (I), Cu, Fe, Mn, Mo, Se ve Zn hayvan beslenmesi için temel iz elementlerdir (Miller vd., 1991: Epstein'den, 2003).

a) Kadmiyum (Cd)

Kadmiyum hayvan ve erkekte temel olarak dikkate alınmaz. Ayrıca sınırlı veri belirlemelerine karşın, bu element temel olabilir. Kadmiyum hayvan ve erkek için toksiktir (Epstein, 2003). Kirlenmemiş alandaki toprakta Cd genellikle 1 mg/kg kuru ağırlığın altındadır (Page vd., 1981). Ayrıca coğrafi ana kaynakların bir sonucu olarak bazı alanlarda yüksek seviyelerde Cd bulunabilir (Lund vd., 1981). Holmgren vd., (1993) tarafından US tarım topraklarının kapsamlı değerlendirilmesinde Cd seviyeleri $<0,0010$ dan $2,0 \text{ mg/kg}$ değerleri arasında bulunur .

Kadmiyum vücutta %20 lik gibi bir oranla çok iyi absorbe edilemiyor olsa bile, bu diğer birçok metale kıyasla oldukça yüksek bir orandır. Kadmiyum içeriği $0,01 \text{ mg/m}^3$ havanın 14 günden daha fazla solunması durumunda kronik akciğer rahatsızlıkları ve böbrek yetmezliği ortaya çıkar. Çünkü kadmiyum ve bileşikleri genellikle böbrekler ve karaciğerde birikirler ve ilerleyen yaşlarla böbreklerdeki birikim yüksek tansiyona da sebep olabilmektedir. Kısa süreli olarak $0,05 \text{ mg/kg}$ kadmiyum alınımları mide rahatsızlıklarına neden olurken, uzun süreli (>14 gün) $0,005 \text{ mg/kg/gün}$

dozu böbrek ve kemiklerde önemli problemlere neden olmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2004).

b) Krom (Cr)

Krom topraklarda düşük redoks formlarında bulunur, kromik (Cr^{3+}) ve kromat (Cr^{6+}) biçiminde. Kromat düzenli olarak topraklarda kromike indirgenir ve bu indirgenme daha çok asidik topraklarda gerçekleşir. Krom toprakça güçlü olarak absorblanır ve selatlanır. Kromik çözünmeyen ve güçlü bir çözücüdür. Bu reaksiyonları kromikin toprak çözeltisindeki varlığını ve bitkilerce alımını azaltır. Kromat kromike organik maddeler sonucu veya toprak içerisindeki diğer ajanlarla indirgenir. Ancak Bartlett ve James (1979) Cr^{3+} iyonunun Cr^{6+} Mn-oksitlerce oksitlenebildiğini göstermişlerdir (Epstein, 2003).

Kromun başta insan bünyesinde olmak üzere canlı organizmalardaki davranışı oksidasyon kademesine ve oksidasyon kademesindeki kimyasal özelliklerine ve bulunduğu ortamdaki fiziksel yapısına bağlıdır. Günde ortalama krom alımı (tüm değerliklerde) ortalama 30-200 μg 'dır bu oranda alınan kromun toksikolojik bir etkisi yoktur ve yetişkin bir insanda günlük krom ihtiyacını karşılar. Cr^{6+} hücre zarından kolaylıkla geçerek Cr^{3+} a indirgenir hezavalan kromun biyolojik etkisi bu indirgenmede reaksiyonundan kaynaklanır. Cr^{6+} hücre içindeki öğelere Cr^{3+} gibi bağlanarak bu öğelerin fonksiyonlarına zarar ve bu redüksiyonun toksik özellik taşıdığı varsayılmaktadır (Kahvecioğlu vd., 2004).

c) Bakır (Cu)

Bakır toprağın çok hareketsiz mikronütrientlerindendir. Bakırın topraktaki reaksiyonu diğer birçok metalle benzerdir. Toprağın düşük pH'sı Cu' nun çözünürlüğünü ve bitkilerdeki varlığını arttırır. Toprak organik maddeleri bakır ile birleşerek kopleks selatlar oluşturur (Logan vd, 1983). Bakırın kompleks oluşturmak için en uygun asiditesi humik asit için pH 2,5 – 3,5 ve fulvik asit için pH 6'dır (Epstein, 2003).

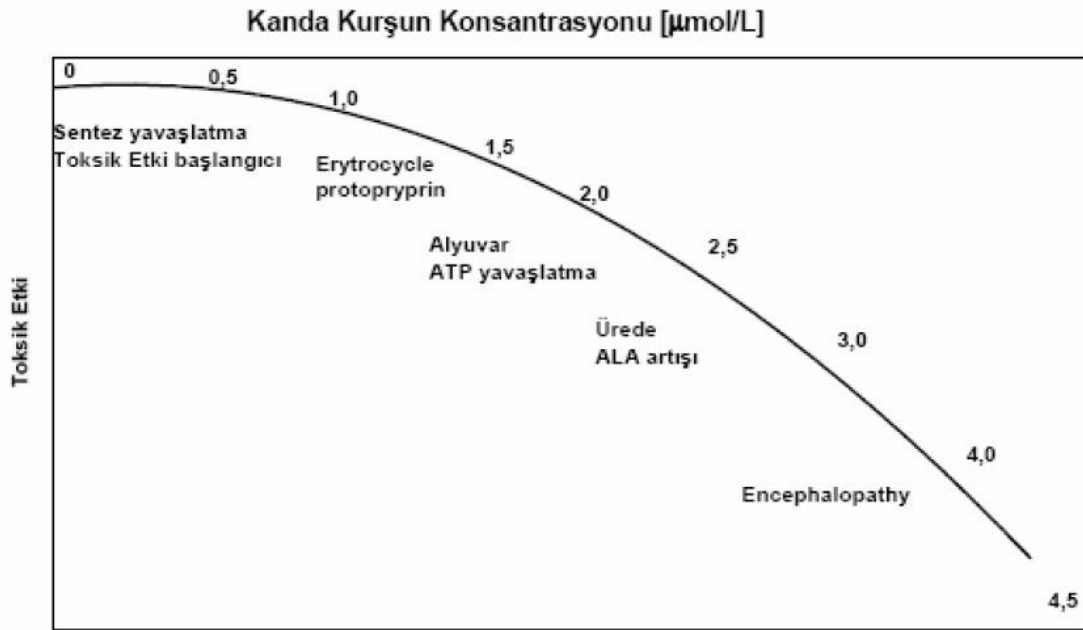
Bakırın bitkiler ve canlılar üzerindeki etkisi, kimyasal formuna ve canlının büyüklüğüne göre değişir. Küçük ve basit yapıli canlılar için zehir özelliğı gösterirken büyük canlılar için temel yapı bileşenidir. Bu nedenle bakır ve bileşikleri fungusit, biosit, anti bakteriyel madde ve böcek zehri olarak tarım zararlılarına ve yumuşakçalara karşı yaygın olarak kullanılır. Akut bakır zehirlenmesi seyrek olarak gözlenir. Akut bakır zehirlenmesinde gözlenen belirtiler tükürük salgılamının artması, mide ağrıları,

bulantı, ishal gibi sindirim sistemi mukozasının tahriş olmasından kaynaklanır. Ayrıca alınan doza bağlı koma durumuna ve ölümlere sebebiyet verebilir (Kartal, 2004).

d) Kurşun (Pb)

Bütün dünya toprakları kurşun (Pb) içerir. Topraklardaki kurşunun bir kısmı doğal jeolojik kaynaklı olmasına karşın diğer topraklar insanlarca kirletilerek ortaya çıkmıştır (kurşunlu benzin, boyalar ve emisyon kaynakları). Benzindeki organik kurşun katkı maddelerinin kullanımı yeryüzü topraklarının kirlenmesindeki en önemli kaynaklardır (Epstein, 2003).

Kurşunun vücutta absorpsiyonu çocuklarda daha yüksek olmakla beraber normalde % 5 gibi düşük bir oranda gerçekleşmektedir. Bu oran dahi kalsiyum ve demir gibi birçok mineralin vücut tarafından emilimini azaltmaktadır. Kana karışan kurşun buradan kemiklere ve diğer dokulara gitmekte ya da dışkı ve böbrekler yoluyla vücuttan atılmaktadır. Kemiklerde biriken kurşun zamana bağlı olarak (yarılanma ömrü yaklaşık 20 yıl) çözünerek böbreklerde tahribata neden olur. Kurşun bir nevi nörotoksindir ve anormal beyin ve sinir sistemi fonksiyonlarına sebep olmaktadır. Çocuklar üzerinde yapılan araştırmalarda kanda kurşun miktarı arttıkça IQ seviyesinin düştüğü tespit edilmiştir. Diğer taraftan kurşun nörotoksik özelliğinden dolayı sinir sisteminde iletimin azalmasına da yol açmaktadır. Şekil 2.7’de kanda bulunan kurşun miktarına bağlı olarak ortaya çıkan fonksiyon bozuklukları verilmiştir (Kahvecioğlu vd., 2004).



Şekil 2.7 Kanda Bulunan Kurşun Miktarına Bağlı Olarak Ortaya Çıkan Semptomlar
(Kahvecioğlu vd., 2004)

e) Civa (Hg)

Civa toprağa atmosfer tortusundan, fungusit veya insektisit kullanımı sonucunda ulaşır. Toprağa bir kere ulaştığında kil ve organik parçacıklarla reaksiyona girerek iyonik ve kovalent bağlantılar oluşturur. Civa çözünmeyen fosfat, karbonat ve sülfid olarak çökebilir. Civa organik maddelere şelatlanabilir. Civanın organik maddeler ve kil ile birleşmesi, onun yeraltı sularını kirletme olasılığını azaltır (Epstein, 2003). Civa ve bileşiklerinin insan sağlığına etkileri amaçla yapılan çalışmalarda civa ve bileşiklerinin soluma, oral yollarla ve deri teması ile vücuda alınması durumunda insanlar üzerinde meydana gelen tahribatlar tespit edilmiştir.

Solunum yoluyla vücuda alınan civanın ilk etkileri sinir sisteminde görülür. Metalik ve organik civa bileşiklerinin buharının 1-1.5 mg/kg miktarında 3-4 ay solunması durumunda etkinin ani kalp durması, kalp krizi ve kan basıncının ani yükselmesine bağlı ölümlerle sonuçlandığı tespit edilmiştir.

Oral yolla civa alınması durumunda (civa, civaklorür ve metilciva) 10-60 mg/kg oranlar insanlar için ölümcül olmaktadır. Civa kontaminasyonu yüksek yiyeceklerin aşırı tüketimi durumunda tansiyon problemleri, kalp krizi gibi kalp ile ilgili rahatsızlıklara rastlanmaktadır. Civa içeren ilaçların ya da insanlar üzerinde olumlu etkisi olduğu

düşünülen civa içeren kimyasalların deriye sürekli sürülmesi durumunda birkaç ay içerisinde ölümle sonuçlanacak etkiler ortaya çıkabilir. Deriden civa alınması durumunda ise ağır deri ve cilt hastalıkları meydana gelmektedir (Güven, 2004).

f)Nikel (Ni)

Nikel bütün topraklarda bulunur. Toprakların nikel içerikleri arasında 5-500 mg/kg kadar değişen büyük farklar vardır (Swaine, 1955). Nikel mineral serpantin içeren topraklarda 500 mg/kg' a ulaşabilir (Asher, 1991). Toprak süperfosfat, otomobil eksozu, endüstriyel bacalar, eritme ve biyoeritriciler nedeniyle nikelce kirletilebilir (Epstein, 2003).

Nikelin bilinen biyolojik fonksiyonu olmamakla birlikte orta seviyede zehirleyici özelliği vardır. Nikelin organik formu, inorganik formundan daha zehirleyicidir. Deriyi tahriş etmesinin yanında kalp-damar sistemine çok zararlı ve kanserojen bir metaldir. Zararlı etkilerine rağmen nikel ve tuzlarıyla zehirlenme nadir rastlanan bir vakadır (Kartal, 2004).

g) Çinko (Zn)

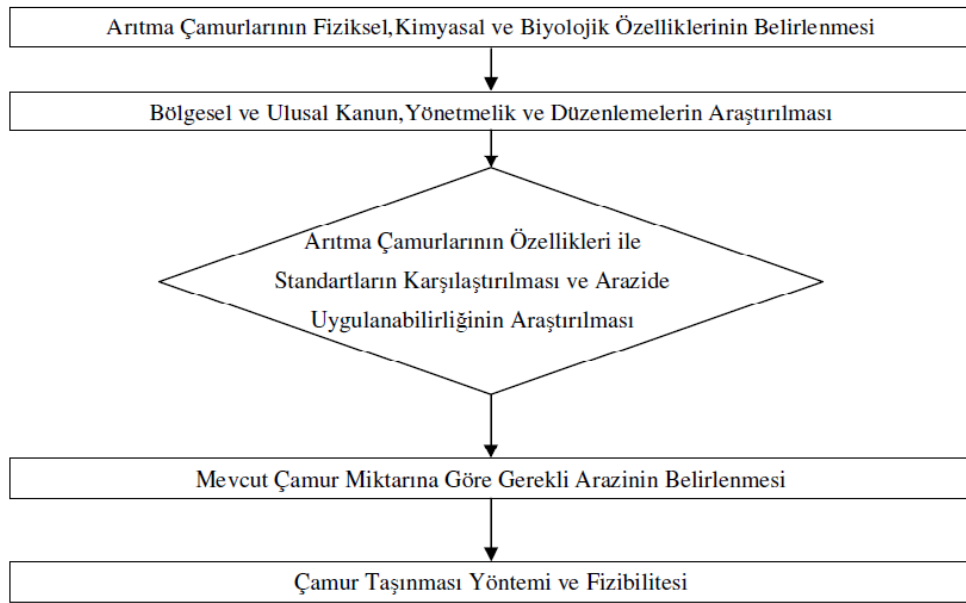
Topraktaki çinkonun baslıca doğal kaynağı ferromagnezian minerallerin ve sphaleritin havalandırılmasıdır. Çinko aynı zamanda atmosferik tortulardan tarım toprağına geçtiğı gibi fosfat gübreleriyle de kazandırılabilir. Toprak killer, organik maddeler hidrozoksitler çinkonun birikmesi ve adsorpsiyonunda başlıca rol oynar .

Çinko ve çinko tuzlarından zehirlenme nadir görölmektedir. Besin kaplarından çinkonun çözünmesiyle kirlenen besinin tüketilmesi veya mesleki koşullar altında çinko ya da çinko oksit tozunun solunumuyla zehirlenme ortaya çıkabilmektedir Uzun süre ZnO buharı soluyanlarda (MAK sınırı 5 mg/m³) “Çinko-Ateşi” olarak adlandırılan rahatsızlıklar ortaya çıkar ve semptomlar herhangi bir yan etki bırakmadan bir kaç gün içinde kendiliğinden kaybolur. Akut zehirlenme semptomları sindirimde sıkıntı, ishal, mide bulantısı ve karın ağrısı şeklinde ortaya çıkar. Aşırı dozda elementel çinko alındığında, uyuşukluk, kas fonksiyonlarında düzensizlik (zayıf) ve yazmada zorluk çekme gibi semptomlar gözlenir (Kartal, 2004).

2.7. Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanması

Arıtma Tesislerinin her geçen gün artan sayılarına karşılık miktarı sürekli artmakta olan çamurlarının çevresel sorunlar yaratmaması için uygun yöntemlerle bertarafı gerekmektedir. Çamur bertarafı konusunda uzun yıllardan beri çeşitli yöntemler denenmiş ve çok sayıda araştırma yürütülmüştür. Bu yöntemler arasında arıtma çamurlarının toprağa verilerek bertarafı ekonomiye katkısı bakımından üzerinde önemle durulan bertaraf tekniklerinden birisidir. Organik gübre ve toprak düzenleyici olarak uygun özellikler taşıyan arıtma çamurlarının tarımda kullanılmaları ile hem çamur bertarafı gerçekleşebilmekte hem de tarımsal üretimde ekonomik kazanç sağlanabilmektedir (Kocaer, 2001).

Arıtma çamurlarının uygulama aşamaları ayrıntılarıyla Şekil 2.8’de gösterilmiştir (Aral, 1990, Kavaklı, 2005).



Şekil 2.8 Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanmasında İzlenecek Aşamalar
(Aral, 1990, Kavaklı, 2005)

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Numune Alma

Arıtma çamurlarının özelliklerini belirlemek amacıyla alınan numuneler Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisinin 3 farklı noktasından temin edilmiştir. Bu noktalar, belt press çıkışı olan A noktası bu çamur yeni susuzlaştırılmış taze çamurdur. Diğer alınan numune yerleri ise B ve C noktasıdır. B noktasından alınan çamur 5 aylık çamurdur ve kuzey kesiminde yer almaktadır. C noktası ise yaklaşık 12 aylık bir çamurdur ve toprağa serili bulunmaktadır. Bu alınan iki nokta farklı yerden ve farklı yükseklikte alınmıştır. Numunelerde öncelikli olarak mikrobiyolojik analizler yapılmıştır. A, B ve C noktalarından alınan numuneler; yüzeyden, 200, 300, 400 ve 500 cm derinliklerden alınmıştır.



Şekil 3.1 A Noktası Numunesinin Alındığı Yerler.

3.2. Deneysel Çalışmalar

Çamur numuneleri kimyasal analizlere tabi tutulmadan önce MM ECOCEL tipi etüvde 24 saat süre ile 103 °C’ de kurutmaya tabi tutulmuştur. Kuru numuneler neme maruz kalmayacak şekilde desikatörde muhafaza edilmiştir.

Analizlerin yapılısında Standart Metot yöntemi (APHA, 1995) esas alınmıştır. Bazı parametrelere ait analiz metotları aşağıda özetlenmiştir:

pH: Kuru numunelere 1: 5 oranında su eklenerek 10 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırıldıktan sonra pH metrede (WTW Multi 340i) okuma yapılmıştır.

Ağır Metaller: Türkiye Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi Çevre Enstitüsü ICP cihazı ile (Perkin-Elmer 5300 DV ICPOES) tayin edilmiştir.

Toplam Amonyum($\text{NH}_4\text{-N}$), Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) ve Nitrat Azotu($\text{NO}_3\text{-N}$): Kuru numunelere 1: 5 oranında su eklenerek 10 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırıldıktan amonyak azotu kitlerle nova 60 ile belirlenmiştir yapılmıştır.

Toplam Fosfor (TP) : Kuru numunelere 1: 5 oranında su eklenerek 10 dakika manyetik karıştırıcıda karıştırıldıktan NOVA 60 kullanılarak belirlenmiştir.

Mikrobiyolojik Analizler:

Çamur örneklerinin mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, belirli sayıda çözelti hazırlanmış (10^{-9} 'a kadar seyreltilmiştir), membran filtre yöntemi kullanılarak toplam bakteri, *salmonella* ve koliform bakteri (*E.coli*) sayımları yapılmıştır.

Hazırlanan çözeltiler membran filtre yöntemi kullanılarak işlem den geçirilmiştir. Buna göre öncelikle 100 ml numune 4 μm nitro filtrede süzölmüştür daha sonra 3 ml distile su hazır petri kaplarına bulunan nutrientlere damlatılmış ve 38°C 'deki 48 saat inkübasyondan (MM Friocell) sonra koloni bulunduran petrilerde ki kolonilerin sayılmasıyla belirlenmiştir.



Şekil 3.2 Mikrobiyolojik Analizde Kullanılan Filtre Ve Mekanizma



Şekil 3.3 Numunelerin Petri Kabına Yerleştirilmesi Ve İnkübe Edilmesi.

Salmonella sp:

Salmonella gram-negatif bir bakteridir. Bağırsak enfeksiyonuna neden oldukları ve sağlıklı bağırsakta bulunan diğer bakteriler çok daha fazla sayıda olduğu için, ilk izolasyonunda seçici (selektif) bir ortam kullanılması gerekir.

Agarda 2-3 mm çaplı, nemli koloniler oluştururlar. Salmonellalar genelde laktoz fermentasyonu yapmazlar; çoğu hidrojen sülfür üretir, ferrik amonyum sitrat içeren ortamda bu gaz tepkiyerek kolonilerin ortasında siyah bir nokta oluşmasına neden olur. Salmonellalar doğada çok yaygın olarak bulunan *Enterobacteriaceae* familyasına bağlı

bakterilerdir. Adlarını Salmon adlı araştırmacıdan almışlardır. Hastalık etkenleri ve hayvanlarda yaptıkları başlıca hastalıklar aşağıdaki gibidir.

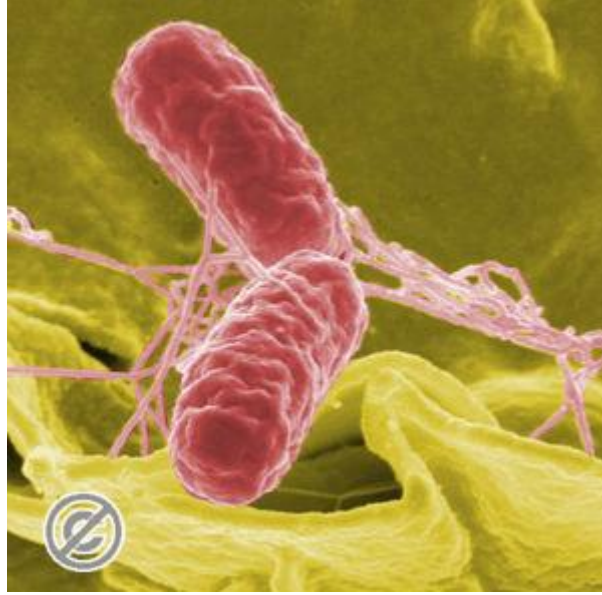
S. abortus equi : Atlarda abortus

S. abortus ovis : Koyun ve keçilerde abortus

S. cholera suis : Domuz paratifosu

S. pullorum, *S. gallinarum* : Kanatlılarda pullorum-tifo

S. typhimurium : Hayvanlarda gastroenteritisler



Şekil 3.4 Salmonella Görseli

E.coli:

Genelde *E.coli* kısaltması ile veya koli basili olarak bilinen *Escherichia coli* , memeli hayvanların kalın bağırsağında yaşayan faydalı bakteri türlerinden biridir. Normalde bağırsakta yaşadığı için, *E. coli* 'nin çevresel sularda varlığı dışkı kirlenmesinin bir belirtisidir.

E. coli, pediyatrist ve bakteriyolog olan Theodor Escherich tarafından bebek dışkılarında keşfedilmiştir ve adını ondan alır; coli, "kalın bağırsaktan" demektir. *E. coli*, genel olarak bakteri biyolojisinin anlaşılması amacıyla üzerinde sıkça çalışılmış bir model organizma olmuştur. Canlılar arasında hakkında en fazla şey bilinen organizma olduğu söylenebilir.

İnsanın bir günde dışkı yoluyla vücudundan geçen *E. coli* bakteri sayısı 100 milyar ila 10 trilyon arasındadır. Dışkıyı oluşturan bakteriler başlıca anaerobik

bakterilerdir, seçmeli anerobik E. coli hücrelerinin sayısı diğer bakteri türlerinin binde biri dolayındadır. Başka hayvanlarda etkisiz olan bazı E. coli tipleri insana bulaştıklarında hastalık yapabilirler. Bunların en ünlüsü sayılan O157:H7 adlı serotip kanlı ishale ve ölüme yol açabilir.

E. coli, normal bağırsak florasına aittir, biyolojik sınıflandırmada da bağırsaklarda yaşayan bakterilerden oluşan enterik bakteriler ailesinde yer alır. Bakteri çubuk şeklinde olup, boyutları 1-2 µm uzunluğunda ve 0.1-0.5 µm çapındadır.

E.coli Gram-negatif bir bakteri olduğundan endospor oluşturmaz, pastörizasyon veya kaynatma ile ölür. Memeli hayvanların bağırsaklarında büyümeye adapte olmuş olduğu için en iyi vücut sıcaklığında çoğalır.



Şekil 3.5 E.Coli Görseli

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisinde oluşan arıtma çamuruna yönelik sağlıklı ve sürekliliği olacak bir bertaraf yöntemi sunabilmek için öncelikle arıtma çamurunun karakterizasyonu belirlenmiştir. Bu çalışmalarda çamurun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri tayin edilerek bertaraf stratejileri hakkında bilgiler sunulmuştur.

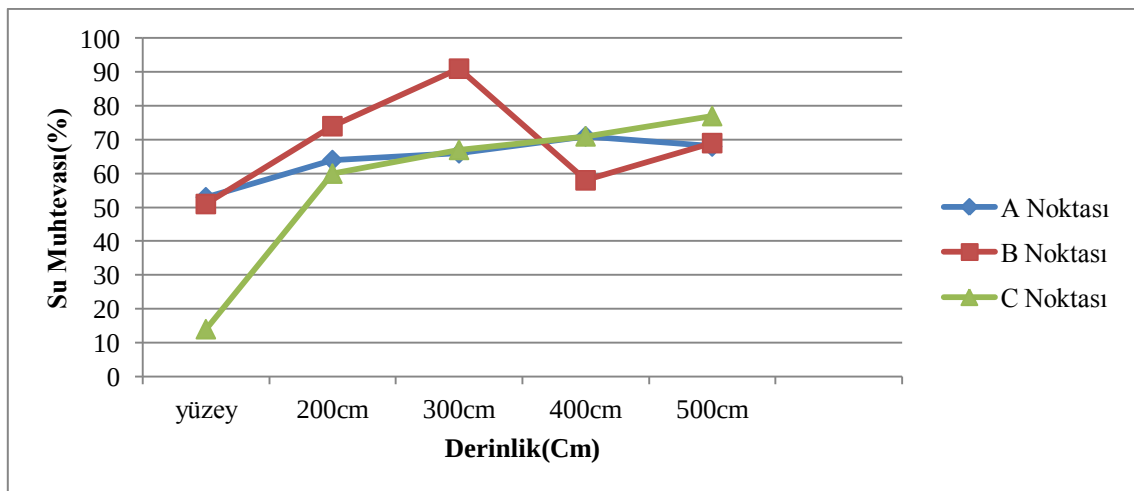
4.1. Fiziksel Analizler

4.1.1. Su Muhtevası

Arıtma tesisinden farklı derinliklerden alınan çamur numunelerinde yapılan su muhtevası analizlerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de verilmiştir. Farklı noktalardan ve farklı derinliklerden alınan numunelerin su muhtevasının derinlik arttıkça arttığı görülmüştür.

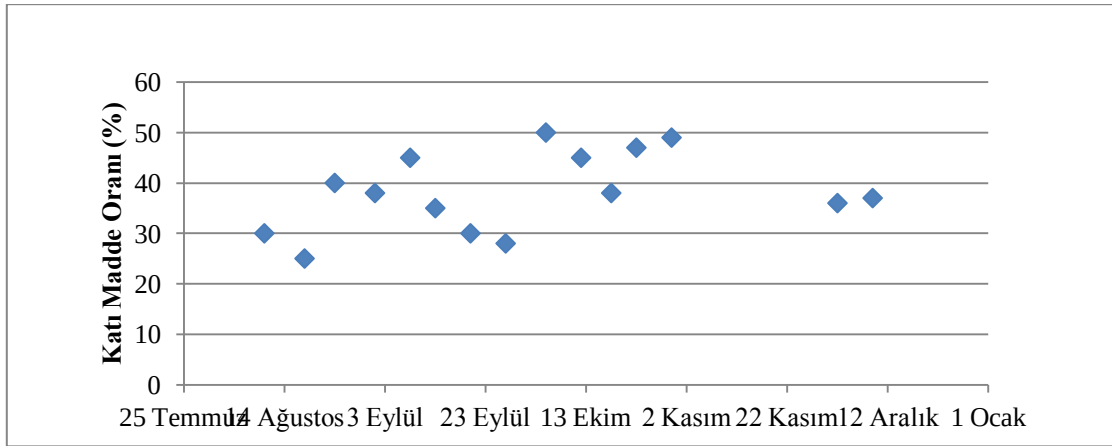
Çizelge 4.1 A, B,ve C Numunelerin Ortalama Su Muhtevaları(%)

Numune Alma Yeri	Ortalama Su Muhtevası(%)
A	64,00
B	68,00
C	58,00
Ortalama	63,33
Standart Sapma	1,90



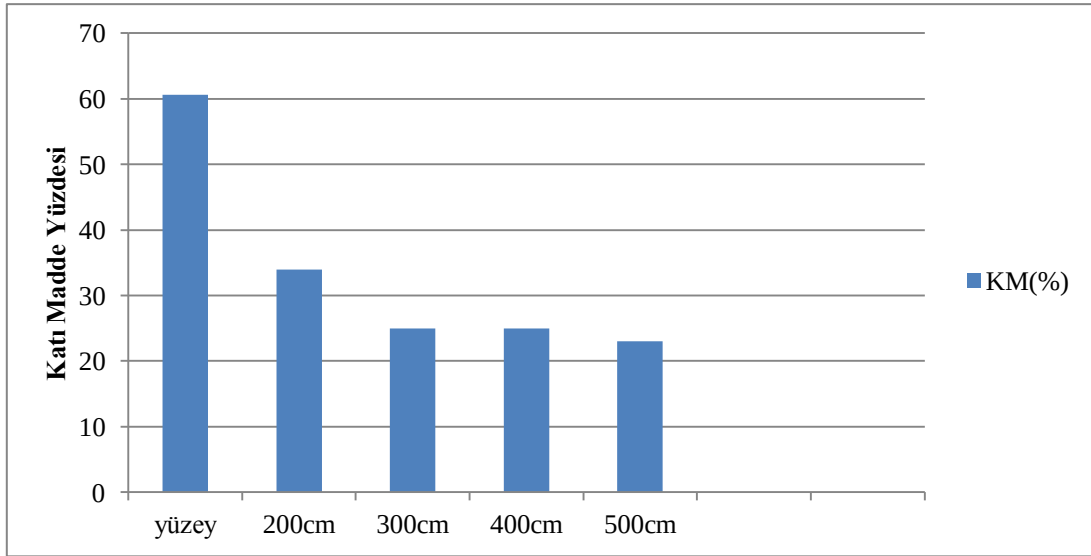
Şekil 4.1 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesis A,B Ve C Noktaları SM (%) Değerleri.

Arıtma tesisinin belt press ünitesinin çıkışında belirlenen katı madde ölçüm sonuçları Şekil 4.2’ de gösterilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi KM değerleri %22-50 arasında seyretmekte olup ortalaması %33’tir. Çamur depolama alanlarının farklı noktalarında yapılan araştırmada katı madde muhtevalarının değişken olduğu tespit edilmiştir. Bu değişkenlik hem numunelerin bekleme süreleri hem de derinlikler ile yakından ilgilidir. Çamurun bekleme süresi arttığında ve yüzeye yaklaştıkça KM değerleri artmaktadır. KM değerleri eski numunelerin (5 aydan fazla) üst kısımlarında %55-75, orta ve taban kısımlarında %23 civarındadır. Bekleme süresi 5 aydan daha az olan numunelerde ise üst kısımlarda %25, taban ve orta kısımlarda %20-25 arasında olduğu belirlenmiştir. Numunelerin ortalama değerleri alındığında depodaki çamurun KM değeri %33 civarındadır. Bu değer depolama için gerekli kriteri işletmeci yorumuna bağlı olarak sağlamaktadır. Ancak bu çamurlar, organik madde ve nütrient kaynağı olduğu için tarımda kullanılması uygun olacaktır.



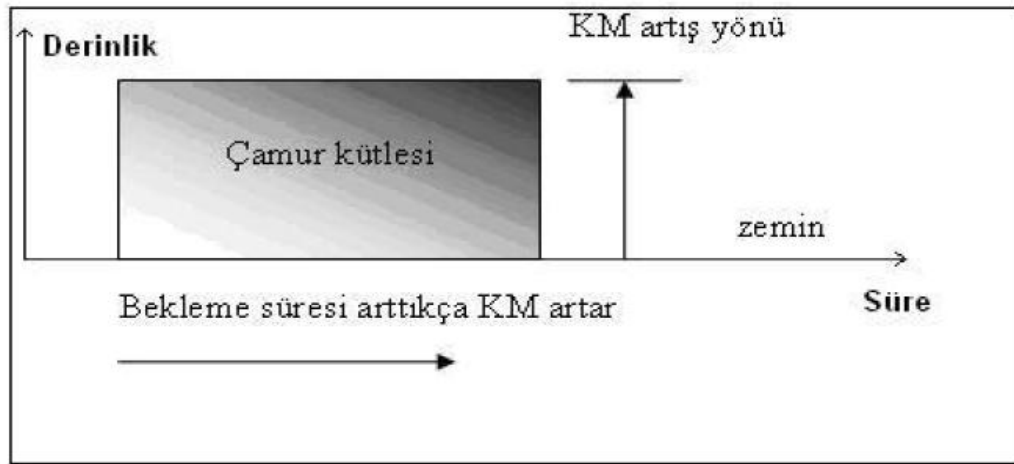
Şekil 4.2 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisii Belt Press Çıkışı KM(%) Değişim.

Depo alanının farklı nokta ve derinliklerinden alınan numunelerde KM muhtevaları şekil 4.3’de ve katı madde muhtevasının derinlik ve zamanla değişimi şekil 4.4’de gösterilmiştir.



Şekil 4.3 Depo Alanının Farklı Nokta Ve Derinliklerinden Alınan Numunelerde KM Muhtevaları .

Farklı noktalardan alınan numunelere baktığımızda derinlik arttıkça katı madde muhtevasının azaldığını görmekteyiz. Yüzeyde en yüksek katı madde muhtevası vardır bunun sebebi yüzeyin atmosferle etkileşimde olduğu ve zamanla yerçekiminin de etkisiyle suyun aşağı doğru süzülmesi olarak söyleye biliriz. Ayrıca çamurun depo alanında bekleme süresinde arttıkça katı madde muhtevası artmaktadır.Şekil4.4. bu durum şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.4 Katı Madde Muhtevasının Derinlik ve Zamanla Değişimi (Aksu, 2008)

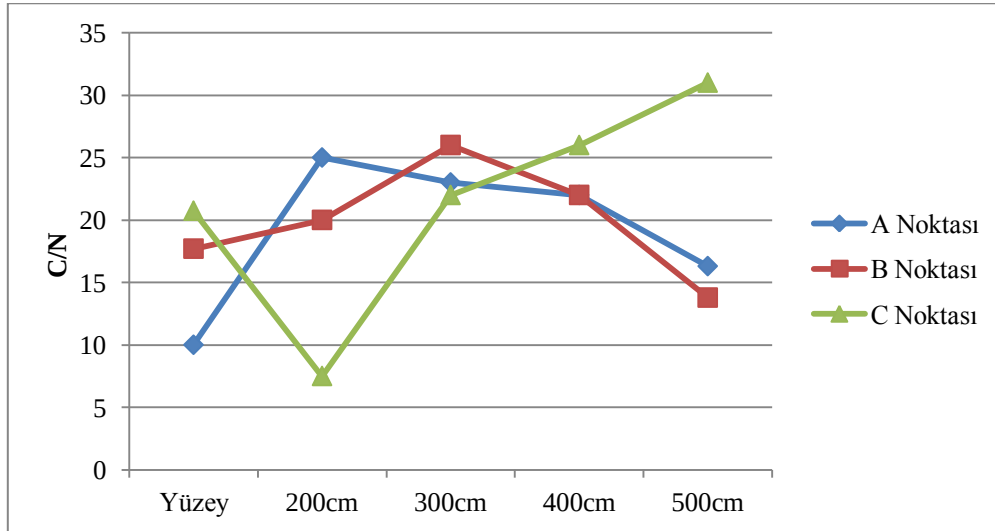
4.2. Kimyasal Analizler

4.2.1. Karbon Azot Oranı (C / N)

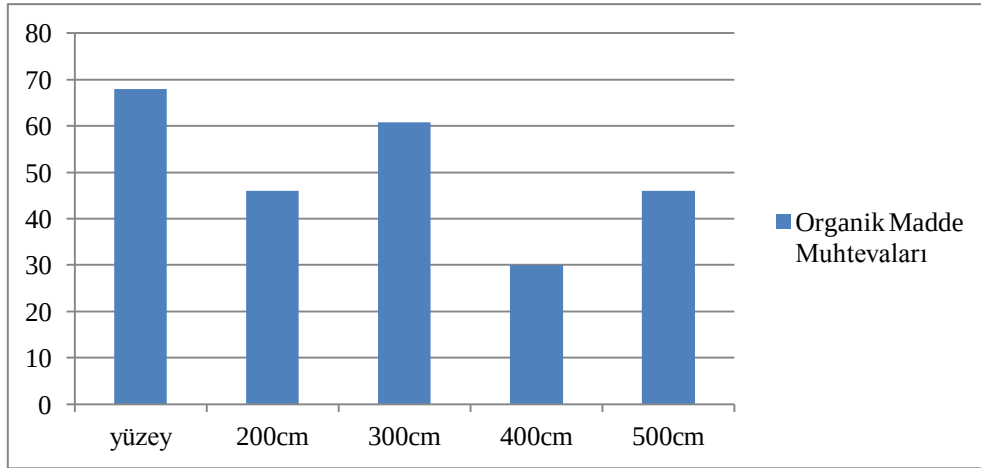
Arıtma tesisinden farklı noktalar ve yüksekliklerden alınan çamur numunelerine yapılan karbon azot oranı analizlerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2 ve şekil 4.5’de verilmiştir. Bu çizelge ve şekilden de görüleceği gibi çamurun derinliği arttıkça analiz ortalamalarının sonucunda elde edilen C/N (%) en büyük değeri 31, en küçük değeri ise 7,84 ’tür. Tesisin üç farklı noktasından alınan çamurun genel ortalama C/N (%) değeri ise 19,1’dir.

Çizelge 4.2 Karbon /Azot Oranları

Numune Alma Yeri	Ortalama C/N(%)
A	17,4
B	19,89
C	20,00
Genel	19,1
Standart Sapma	1,28



Şekil 4.5 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B ve C noktaları C/N değerleri



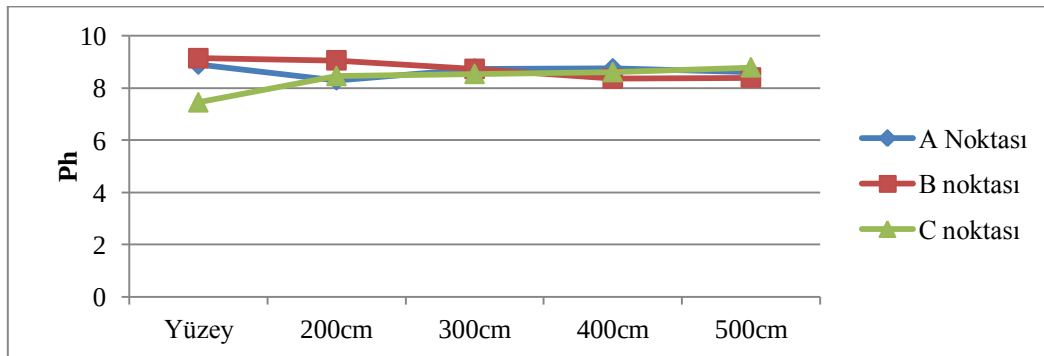
Şekil 4.6 Depo Alanının Farklı Nokta Ve Derinliklerinden Alınan Numunelerde Ortalama OM(%) Muhtevaları

4.2.3. pH

Aritma tesisinden farklı yüksekliklerden ve bekleme süresi farklı olan çamur numunelerine yapılan pH analizlerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3 ve Sekil 4.8’da verilmiştir. Bu çizelge ve şekilden de görüleceği gibi çamurun yapılan analizler sonucunda elde edilen pH (%) en büyük değeri 9,14, en küçük değeri ise 7,45 tir. Tesisin üç farklı noktasından alınan çamurun genel ortalama pH (%) değeri ise 8,40’tır.

Çizelge 4.3 pH Analiz Sonuçları

Numune Alma Yeri	Ortalama pH
A noktası(ort)	8,66
B noktası	8,8
C noktası	7,76
Genel	8,40
Standart Sapma	0,30



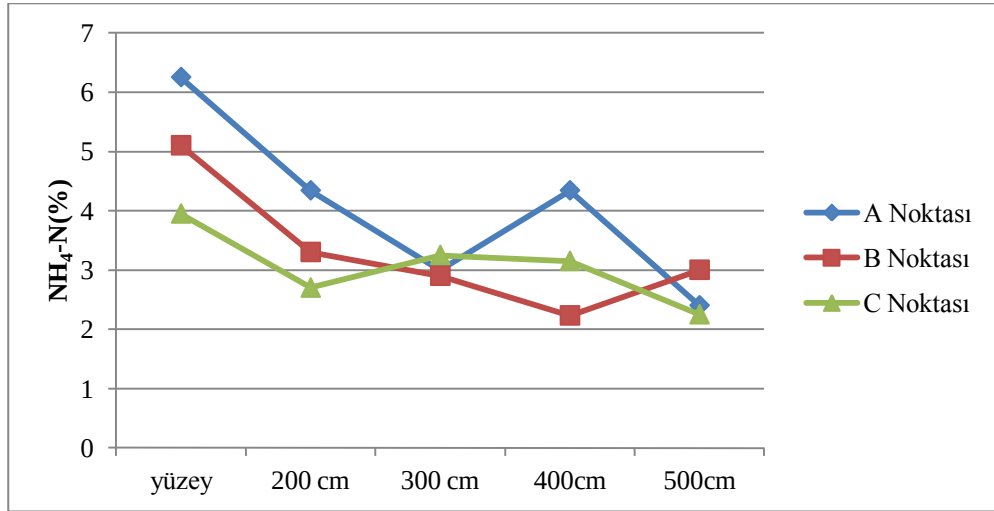
Şekil 4.7 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesis A,B ve C noktaları pH değerleri.

4.2.4. Amonyum ($\text{NH}_4\text{-N}$), Nitrat ($\text{NO}_3\text{-N}$) ve Nitrit ($\text{NO}_2\text{-N}$) Azotlarının ve Toplam Azot Miktarının Belirlenmesi

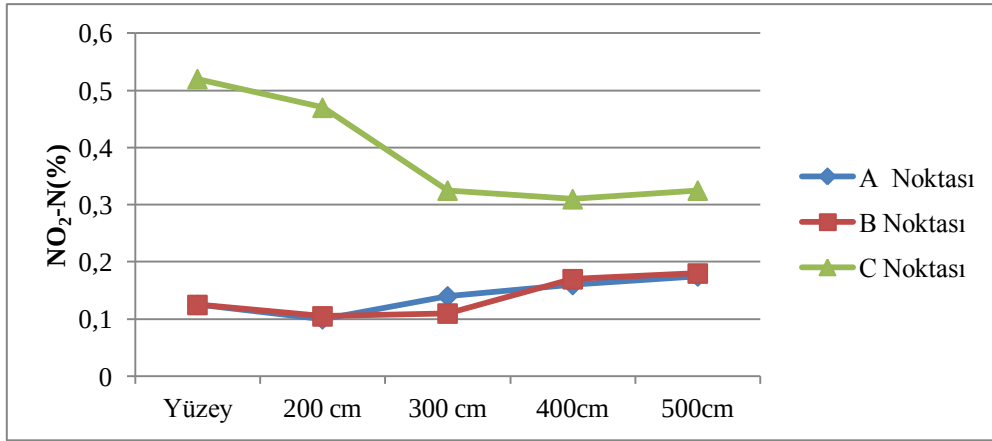
Arıtma tesisinden farklı yüksekliklerinden alınan çamur numunelerine yapılan N analizlerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.4 ve Şekil 4.9’da verilmiştir. Bu çizelge ve şekilden de görüleceği gibi çamurun deponi alanında farklı yükseklikleri sonucunda edilen $\text{NH}_4\text{-N}$ (%) en büyük değeri 6,25, en küçük değeri ise 2,4’tür. Tesisin üç farklı noktasından alınan çamurun genel ortalama $\text{NH}_4\text{-N}$ (%) değeri ise 2,43’tür. Ayrıca $\text{NO}_3\text{-N}$ ve $\text{NO}_2\text{-N}$ (%) de belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 N Analiz Sonuçları

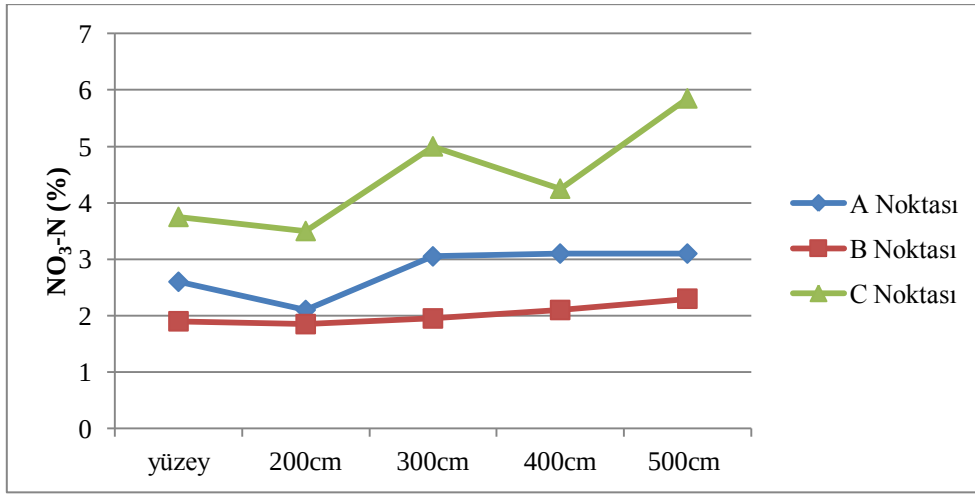
Numune Alma Yeri	$\text{NH}_4\text{-N}$ (%)	$\text{NO}_2\text{-N}$ (%)	$\text{NO}_3\text{-N}$
A noktası(ort)	2,434	0,141	2,7
B noktası	3,2	0,242	2,4
C noktası	3,06	0,305	3,8
Genel	2,89	0,23	2,96
Standart Sapma	0,44		



Şekil 4.8 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B ve C noktaları $\text{NH}_4\text{-N}$ (%) Değerleri.



Şekil 4.9 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B ve C noktaları $\text{NO}_2\text{-N}(\%)$ Değerleri



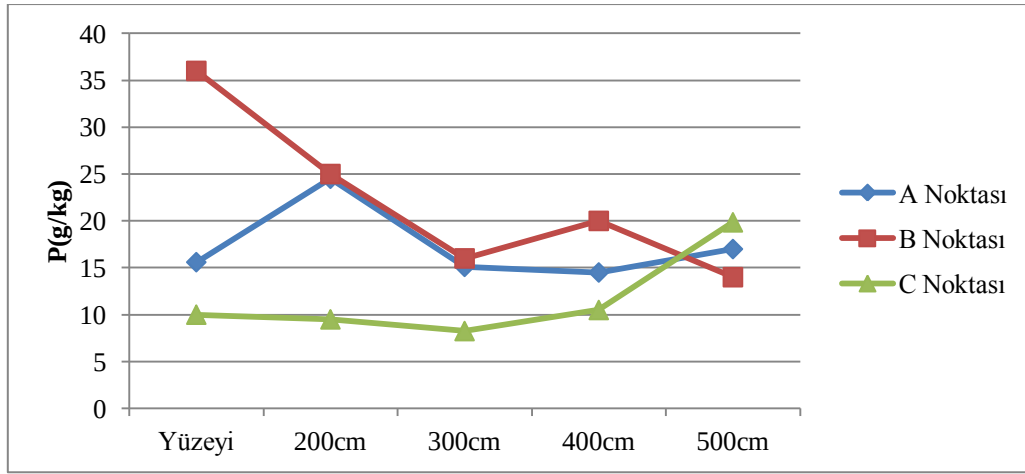
Şekil 4.10 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B Ve C Noktaları $\text{NO}_3\text{-N}(\%)$ Değerleri.

4.2.5. Fosfor

Arıtma tesisinden alınan çamur numunelerine yapılan fosfor analizlerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 4.5 ve Şekil 4.11’de verilmiştir. Bu çizelge ve şekilden de görüleceği gibi çamurun yüksekliğine ve bekleme süresine bağlı olarak analiz ortalamalarının sonucunda elde edilen P (mg/g) en büyük değeri 36,9, en küçük değeri ise 8,25’tir. Tesisin üç farklı noktasından alınan çamurun genel ortalama P (mg/g) değeri ise 14,19’dur.

Çizelge 4.5 Fosfor Analiz Sonuçları

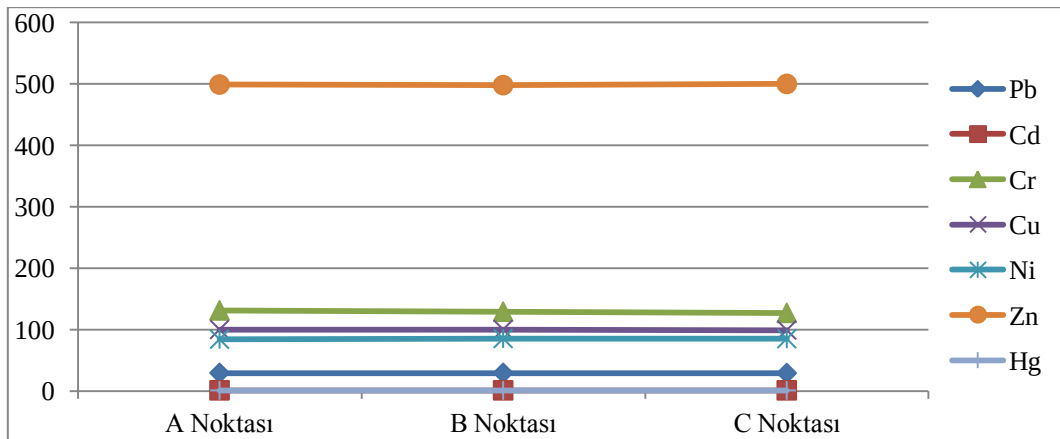
Numune Alma Yeri	Ortalam P (g/kg)
A noktası(ort)	17,4
B noktası	22,2
C noktası	11,6
Genel	17
Standart Sapma	3,87



Şekil 4.11 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B ve C noktaları P Değerleri

4.2.6. Ağır Metaller (Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Zn, Hg)

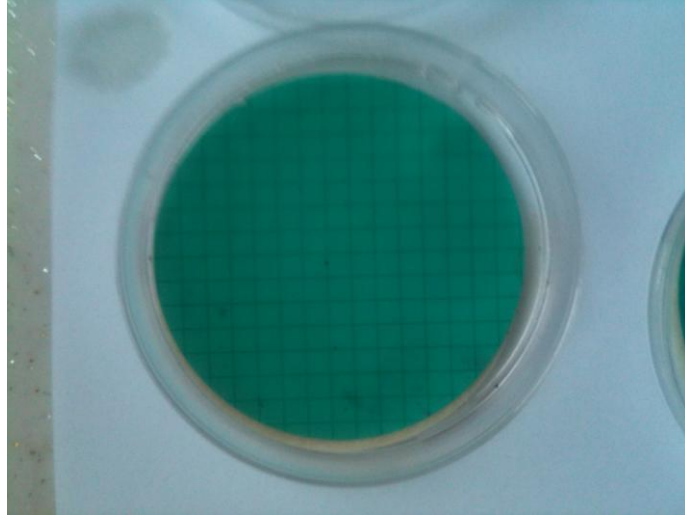
Arıtma tesisinden çamur numune analizlerinin yapılması için Türkiye Bilimsel Ve Teknolojik Araştırma Kurumu Marmara Araştırma Merkezi Çevre Enstitüsüne gönderilmiş ve yapılan analizler sonunda elde edilen sonuçları Çizelge 4.8 ve Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.12 Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi A,B Ve C Noktaları Ağırmetal Değerleri .

4.3. Mikrobiyolojik Analizler

Patojen mikroorganizmaların belirlenmesi amacıyla; Salmonella ve E.Coli (Escherichia Coli)miktarlarını belirlemek için membran filtre yöntemi ile biyolojik analizi yapılmıştır. Arıtma çamurunun AB patojen mikroorganizma standartlarını (Çizelge 2.4) sağladığı ve tarımda kullanılabileceğini görmekteyiz.



Şekil 4.13 Yapılan Mikrobiyolojik Analiz Sonucu 38 °C de 48 Saat İnkübe Edilmiş Örnek.

4.4. Arıtma Çamurlarının Bertaraf Teknikleri

Arıtma çamurlarının nihai bertarafı arıtma çamurlarının özellikleri ile teknik imkanlara, ekonomik olup olmadığına, sosyal ve çevresel açıdan uygulanabilirliğine göre farklılıklar gösterir. Arıtma çamurlarının nihai bertarafı için kullanılan yöntemler;

- Çamur lagünlerinde depolama
- Düzenli depolama
- Arazi iyileştirme (remediasyon)
- Arazide bertaraf
- Kimyasal sabitleme (stabilizasyon/solidifikasyon)
- Kompostlaştırma
- Termik yöntemler
- Dağıtma ve pazarlama

Olarak sıralanabilir (Filibeli, 1996). Bunlardan yaygın olarak kullanılanları düzenli depolama, arazide bertaraf, kompostlaştırma ve arazi iyileştirme. Yalnız düzenli depolama AB’de artık tercih edilmeyen bir yöntem haline gelmektedir.

Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi çamurunda yapılan analiz ve elde edilen fiziksel, kimyasal ve biyolojik analiz sonuçlarına göre arıtma çamurunun bertarafında üç yöntem üzerinde durulmuştur:

- Katı atık düzenli depolama sahasında günlük örtü tabakası ve üst örtü tabakası olarak kullanımı,
- Tarımsal kullanım,
- Terk edilmiş taş ve maden ocaklarında depolama

Arıtma çamurlarının bertarafı ile ilgili olarak önerilen alternatiflerin avantajları ve dezavantajları Çizelge 4.6’daki gibi sıralanabilir.

Bu yöntemleri; geri dönüşüm açısından ele alırsak, tarımsal amaçlı kullanım çevreye en duyarlı yöntemdir. Dolayısı ile arıtma tesisinde oluşan çamur için kullanılması öngörülen yöntemin başında yer almaktadır.

4.4.1. Tarım Alanlarında Kullanımı İçin

a) Tarım Alanlarında Kullanım Koşulları

Arıtma çamurlarının zirai sektörde kullanılmalarının amacı, (çamur içinde bulunan maddelerden) kısmen fosfor ve azot gibi besleyiciler ile kısmen de organik maddelerin toprağa geçmesini sağlayarak toprağın iyileşmesine katkıda bulunmaktır.

b) Çamur Tipleri ve Çamur Kalitesi

Prensip olarak, ilgili ülkenin yasalarında öngörülen kalite tanımına (ağır metaller, patojenler, ön-işleme) uygun olduğu sürece her türlü arıtma çamuru zirai tarım alanları üzerine konulabilir. Çok sık olarak, tarım alanlarında kullanılacak arıtma çamuru miktarı buralarda yetiştirilecek bitkiler için gerekli olan besin maddesi miktarı ve çamur içindeki kuru madde miktarına bağlıdır.

c) Yasal Düzenlemeler

Tüm Batı Avrupa ülkeleri ve ABD tarım alanları için kullanılacak arıtma çamurları ile ilgili yasalara sahiptir. Ancak bunlar birbirinden oldukça farklılık gösterirler. Toprağa verilecek besin maddesi miktarı, Danimarka, İsveç, Hollanda, İsviçre ve ABD’de yasal

olarak sınırlandırılmıştır. Norveç, Finlandiya, Almanya, İrlanda, İtalya ve İspanya çamur içindeki kuru madde miktarına sınırlama getirmiştir. Fransa ve İngiltere ise çamur içindeki ağır metal muhtevasını sınırlandırmıştır. Bazı ülkelerde yasalar /yönetmelikler öylesine sıkıdır ki, bu ülkelerde ancak çok düşük miktarlardaki atık çamurları istenilen özellikleri taşımaktadır. Bu yönetmeliklerde aşağıdaki özellikler ortaktır:

- Ön-işlem (çamurdaki suyun azaltılması, organik maddelerin azaltılması, patojenlerin azaltılması)
- Çamurun muhtevastaki ağır metallerin miktarlarının sınırlandırılması
- Birim alana ve birim zamanda serilen kuru madde miktarı ve ağır metal miktarının sınırlandırılması
- Arıtma çamurunun serileceği topraktaki ağır metal muhtevası ile ilgili sınırlama ve toprağın pH gereksinimi
- Toprağa verilecek besleyici madde miktarı ile ilgili sınırlama (azot ve fosfor)
- Yetiştirilecek tahılların seçimine yönelik sınırlama
- Arıtma çamurunun serileceği tarım arazisi ulaşım (access) koşulları ile ilgili sınırlama
- Yasal uygunluklarla ilgili kontrol

d) Tarımsal Kullanımın Tanımı

Arıtma çamuru genel olarak arıtma tesisinde depolanır veya çiftçinin kullanımı için çiftlikteki depoya götürülür. Ortaya çıkan artma çamurlarının yüksek miktarlarda oluşu ve depolama kapasitelerinin sınırlı oluşu, çamurun hacminin azaltılması için susuzlaştırılmasını gerektirir.

Normal olarak arıtma çamuru tarım arazisine, sabanlama ve tohumlamaya bağlı olarak yılda bir ya da iki defa serilir. Böylelikle, çamurun içindeki besleyici maddeler tarım ürünleri tarafından maksimum oranda alınır ve yüzey ve yer altı sularına giden besleyici madde miktarı azalmış olur.

Genel olarak, arıtma çamurunun tarım arazisine serilmesi için çiftçinin sıvı ve tezek sermek gayesi ile kullandığı (kendi) ekipmanları kullanılır. Bu ekipmanlar ideal olmadıkları için, araziye verilen kuru madde ve besleyici madde miktarlarının kontrollü bir şekilde verilerek yasalarda öngörülen (izin verilen) değerlerde olmalarını sağlamak oldukça güçtür.

Sonuçta, arıtma çamurunda olması gereken kuru madde miktarının mevcut ekipmana uygun olması önemlidir. Aksi takdirde serpme işleri için özel ekipmanlara yatırım yapılması gerekir. Serpme işleminden sonra, arıtma çamuru toprağın içine (saban ile) verilir. Yasalar kokudan olayı ortaya çıkan rahatsızlığı önlemek için bu sürenin (serilme /toprak içine verilme süresi) çok kısa olmasını öngörür. Sıvı çamur toprağa doğrudan verilebilir (enjekte edilebilir).

Tarımsal Kullanımın Avantaj ve Dezavantajları

Arıtma çamurunun tarım arazileri üzerine serilmesinin aşağıdaki avantajları vardır:

- Atık çamur içindeki besleyici maddelerin kullanılması, fosfor, azot
- Toprağın humus tabakasını iyileştirmek maksadı ile arıtma çamurunun içindeki organik maddelerin kullanılması (yani toprağın iyileştirilmesi)
- Uygulama şamasında uyulacak yasak düzenlemeler biliniyor
- Genel olarak çamur bertarafının en ucuz yöntemidir

Arıtma çamurunun tarım arazilerine serilmesinin aşağıdaki dezavantajları mevcuttur:

- Bir yıl içinde arıtma çamuru tarım arazisi üzerine ancak belirli sayıda serilebildiği için çamur depolama tesisleri için önemli yatırımların yapılması gerekir
- Çiftçiler olan bağımlılık ve oldukça çok sayıda idari anlaşmanın yapılmasının gerekliliği
- Arıtma çamuru içinde bulunan organik mikro kirletici muhtevası ve bunların yiyecek zincirine yapacakları etkiler konusunda bilgi düzeyinin yetersiz oluşu
- Tam olarak yasal uyum kontrolü (yapılmasının güçlüğü)

Maliyeti incelendiğinde;

Tarım alanlarına arıtma çamurlarını serilmesiyle ilgili maliyet tahmini yapılırken aşağıdaki maliyetler dikkate alınmalıdır:

- Arıtma tesisinden depolama tesisine kadar yapılacak taşımanın maliyeti
- Depolama tesisinin yatırım ve işletme maliyeti
- Depolama tesisinden çiftçiye kadar yapılacak taşıma maliyeti
- Toprağa sermek için gerekli ekipmanın yatırım maliyeti (çiftçi kendi mevcut ekipmanlarını kullandığı için sık olarak ihmal edilebilir)
- Çamurun araziye serilmesi ve saban ile sürülerek toprağa verilmesi maliyeti (çiftçi kendi mevcut ekipmanlarını kullandığı için sık olarak ihmal edilebilir)
- Çamurun kalitesi için yapılması zorunlu analizlerin maliyeti

- Toprağın kalitesi için yapılması zorunlu analizlerin maliyeti. İdari giderler, örneğin, arıtma çamuru ile ilgili deklarasyon, çiftçilerle yapılan anlaşmaların sonuçları, uygulamanın kontrolü

İçinde %20 mertebesinde kuru madde bulunan arıtma çamurunun zirai amaçlarla kullanımından kaynaklanan maliyet 80 - 200 ABD Doları mertebesinde dir. Bununla birlikte bu rakamın, yerel koşullara bağlı olarak çok daha farklı değerlerde de olabileceğinin altı çizilmelidir.

4.4.2. Kompostlaştırma

Arıtma çamurlarının kompostlaştırılması, bu çamurların biyolojik olarak stabilize edilerek kirletici risklerinin kontrol altına alınmasını ve böylelikle ziraat veya sahip oldukları besleyici maddeler ve organik değer nedeni ile son ürün olarak değerlendirilmelerini amaçlar. Kompostlaştırma, İtalya ve Fransa örneklerinde olduğu gibi sindirilmemiş (non-digestive) arıtma çamurlarına uygulandığı gibi Hollanda'da örneğinde görüldüğü üzere, sindirilmiş (digestive) arıtma çamurları için de geçerlidir. Kompostlaştırma, organik maddenin oksijenli ortamda (aerobik) parçalanması demektir. Bu uygulamada, çamurun su miktarında potansiyel bir azalma da gerçekleşir. Bunun verimi uygulanan kompostlaştırma prosesine bağlıdır.

Organik maddeler ile fosfor ve azot gibi besleyici maddeler çiftçiler tarafından talep gördüklerinden zengin organik besleyiciye sahip kompost değerli bir toprak iyileştiricisi olarak işlev görür. Zirai amaçlı nihai kullanım gayesi ile kompostlaştırılan arıtma çamurları ikincil pazarlar için önemli bir değer teşkil eder. Arıtma çamurlarının yakılmaları halinde, kompostlaştırma prosesi, çamurun içindeki suyu azaltan ve böylelikle de yanma verimini arttıran bir ön-işlem olmaktadır.

Bununla birlikte, arıtma çamurunun önce kompost yapılması ve daha sonra da yakılması çok pahalı bir yöntem olabilir. Ayrıca, bu durumda organik madde bozulmuş olacağından, çamurun kurutulması için gerekli olan kalorifik değer de sınırlanmış olmaktadır.

a) Kompostlaştırma Prosesinin Tanımında Değişken Koşulların Etkisi

Arıtma çamurları, yeterli organik madde ve yeterli su muhtevasına sahip olduklarında kompost haline getirilebilirler. Etkin bir kompostlaştırma için, azot ve fosfor da dahil olmak üzere belirli besleyici maddelerin bulunması, uygun nem ve havalandırmanın

koşullarının sağlanması, bir yan ürünle karıştırılarak mikro-organizmaların devamlılığı gereklidir.

Sıvı haldeki arıtma çamurlarının su muhtevası yüksek olduğundan, bunlar, mikro-organizmaların büyümeleri için uygun ortamları oluşturmazlar. Bununla birlikte, bu tür arıtma çamurları, içinde az ya da sınırlı miktarda su bulunan ve kolaylıkla fermente olabilen uygun miktarlarda organik atıklarla karıştırılırsa kompost haline getirilebilirler.

İçinde %15'ten daha fazla su bulunan arıtma çamurları, ağaç kabuğu veya kompostlaştırma karışımını gözenekli (porous) hale getiren diğer inşaat malzemelerle karıştırılmaları durumunda kolaylıkla kompostlaştırılabilirler. Kompostlaştırma sürecinde, etkin biyo-degradasyonu (biyolojik parçalanmayı) hızlandırmak için, genel bir referans noktası, organik atıklardan oluşan karışımın su muhtevasının % 55 ve organik madde miktarının %70'den daha fazla olması gerekli olduğudur. %60'dan daha fazla su muhtevası, sıcaklığı, (gözenekliliği) poroziteyi ve böylelikle oksijen konsantrasyonunu azaltmaktadır. % 50'den daha aza su seviyesi ise, kompostlaştırma hızını sınırlandırmaktadır. Su seviyesinin % 10 – 15 mertebesine düştüğü durumlarda da bakteriyel metabolizma fonksiyonunu yitirmektedir. Bakteri faaliyeti pH ile de etkilenmektedir. Optimum pH seviyesi 5.5 ve 8 arasında olmalıdır.

Mikro-organizmaların uygun şekilde büyümeleri için azot ve karbon oranında bir dengenin olması önemlidir. Bu nedenle, karışımların karbon / azot (C/N) oranı optimum kompostlaştırma koşullarını tanımlamakta kullanılan bir ölçüdür. Her ne kadar bu oranın 25 ile 30 arasında değişmesi tavsiye edilirse de, ideal oranın tespitinde karışımdaki moleküllerin tiplerinin bilinmeleri gerekir.

Kompostlaştırma koşulları ve başlangıçtaki karışım oranları, doğal olarak, işlenecek atıkların tiplerine ve elde edilecek kompostun özelliklerine (spesifikasyon) bağlıdır. Örneğin, nihai ürünün yakılması amacı ile arıtma çamurundan kompost üretimi yapılması ile toprak iyileştiricisi gibi bir zirai amaçla kullanılmak amacı ile arıtma çamurundan kompost üretimi birbirinden farklı kriterlere bağlıdır. Yakmada önemli olan arıtma çamurunun su muhtevasını azaltmaktır. Zirai kullanımda ise, nihai ürünün spesifik besleyici madde miktarı ve gerekli yapısal (strüktürel) özelliğe sahip olması önemlidir.

Kompostlaştırma işlemlerinde her programın sınırlamalarına göre olarak atıkların oranları ve değişik prosesler uygulanmak zorundadır. Bu nedenle, işlem görececek arıtma çamurları, kantitatif/ kalitatif sınırlamalar her projede tanımlanan nihai

ürün spesifikasyonları göz önüne alınarak ve biyolojik parçalanma prosesi ve verimliliği dikkate alınarak tanımlanır. Örneğin, kompostlaştırmanın nihai ürünü zirai kullanım için amaçlanmış ise, çok sayıda pazar ve yasal sınırlamalar göz önünde bulundurulmalıdır. Pestisitler, PCB,HAP, PCDD, PCDF gibi organik kirleticilerin Avrupa’da yasal sınırlama değerleri yoktur, çünkü bu maddelerin konsantrasyonlarının düşük seviyelerde olduğu kanıtlanmıştır. Ancak ağır metaller için durum bunun tersidir.

Nihai ürünlerdeki ağır metal muhtevası kritik bir önem taşır. Nihai ürün standartları, yerel ve ulusal yasalarla belirlenen spesifikasyonları sağlamak zorundadır. Kompostlaştırmadaki sıcaklıklar, patojenlerin öldüğü sıcaklık seviyesinde olduğundan, patojen problemleri ile ilgili riskler minimum seviyesindedir. Bu da organik maddelerin diğer yöntemler yerine kompostlaştırarak bertaraf edilmesi için avantaj sağlayan bir destektir. Buna ek olarak, kompostlaştırma sırasında meydana gelen mikrobiyolojik rekabet de patojenlerin azalmasını sağlar. Pazar koşulları da kompost sistemi ile ilgili prosesin tasarımıda önemli etkinliğe sahiptir. Ulusal yasal sınırlamalar, kompost içinde bulunan ve estetik olarak arzu edilmeyen plastik, cam, metal, veya taş gibi malzemeler de nihai ürünün pazarlama potansiyelini sınırlarlar.

Kompostun nihai ürün olarak zirai amaçla kullanılması durumunda, bunun nebatatın büyümesini desteklemesi yanında yerel pazarın kalitatif ve kantitatif beklentilerine de cevap vermesi gerekir. Nihai kompost, yerel toprağın talep ettiği besin maddesine sahip olmalı ve beklenen potansiyel miktarları karşılayacak seviyede olmalıdır. Örneğin, kompostun toprak içinde substrat olarak kullanılması¹ durumunda, besleyici madde ve tuz muhtevası düşük olmalı, öte yandan su tutma kabiliyeti yüksek olmalıdır. Böylelikle kompost, spesifik ürünlerin gereksinimi olan su/havalandırma oranlarına cevap verebilmelidir.

Substratın pH değeri de yetiştirilecek nebatat için kullanılacak kompostun nihai kullanım amacının belirlenmesi açısından önemlidir. Kompostun ister toprak iyileştirmek amacı ile isterse de substrat olarak kullanılması halinde içinde bulunan organik madde miktarının yüksek olması gerekmektedir. Buna ek olarak, kompostun istenilen bitkilerin büyümesine olanak vermesi ve kompost kullanımı sonunda istenmeyen yabancı bitkilerin tohumlarının oluşmaması ve bunların ürememesi gerekir.

¹ Kompostun substrat olarak kullanılması ortamın iyileştirilmesi amacıyla üst toprak tabakasının üzerine bir tabaka kompost eklenmesidir.

Arıtma çamurlarının kompostlaştırılma ön-işleminden geçirilmesi yakma tesisleri için teknik yönden arzu edilen bir yöntemdir, çünkü bu uygulamada kütleli küçülme meydana gelmekte su muhtevası azalmaktadır. Böylelikle yakma tesisleri için etkin bir atık çeşidi meydana gelmektedir. Ancak, bu seçeneğin uygulanabilirliğini ortaya koymak için bir mali ve pazar analizi yapılmak zorundadır. Kompostlaştırma tek başına uygulanabilir mi? Yakma için arıtma çamurlarının biyolojik bir parçalanmadan geçirilmesi gerekli midir?² gibi soruların cevaplandırılması gerekir.

b)Kompostlaştırma Prosesi ve Tesisi ile İlgili Faktörlerin Genel Tanımları

Kompostlaştırma prosesi, yukarıda anlatıldığı gibi, organik maddelerin aerobik ortamda ve değişik koşullarda parçalanmasıdır. Bu proseste, mikro-organizmalar sıcaklığı arttırarak patojenleri yok ederken ve enerji, CO₂, H₂O, NH₃ ve diğer gazları açığa çıkartırken, oksijeni tüketirler.

Biyolojik-parçalanma proses hızı, havalandırma, atıkların nem muhtevası ve atıkların mekanik olarak işlenmesi ile kontrol edilebilir. Örneğin, kompostlaştırma prosesi, aşağıdaki parametrelerle kontrol edilebilir ve ivme kazandırılabilir:

- Oksijen talebin karşılayan zorlamalı havalandırma,. Bu aynı zamanda koku kontrol mekanizmasını da sağlar
- Kompost malzeme mekanik olarak döndürülür (bir yerden başka bir yere döndürülerek taşınır). Bu aynı zamanda malzemenin artan miktarda havalanmasını sağlar.

Kompostlaştırma süresi seçilen teknoloji, iklim koşulları ve havalandırma derecesi gibi özelliklere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu süre 2-4 ay arası bir süreyi kapsayabilir.Pazar talepleri, kompostun belirli bir partikül büyüklüğünde olmasını sağlamak üzere mekanik bir elemenden geçirilmesini de gerekli kılabilir.

Organik atıkların ve atık çamurların kompostlaştırılması için gerekli bir tesisin meydana getirilmesinde, aşağıdaki sistemin geliştirilmesi ve maliyetlerinin dikkate alınması gerekmektedir:

- Atık kabulü ve depolama sahaları
- Uygulanacak mekanik sistemin tanımlanması

² Temelde biyo-çürütme ve yakma sistemlerinin her ikisi de arıtma çamuru işleme teknolojileridir ve bunun için kurutma yeterli olabilir. Danışman grup olarak tecrübemiz, genel olarak yakmaya hazırlanan arıtma çamurlarında kuru madde miktarının % 40-50 arasında arttırıldığı yönündedir.

- Havalandırma öncesinde kompost yapılacak karışımın depolanması için bir sahanın belirlenmesi. Not: Bu aşama her zaman gerekli olmayabilir, ancak sistemin esnekliği açısından ilginç olabilir
- Fermantasyon / biyolojik reaktör sahası. Not: reaktörler, konteynırlar, tüneller, kanallar ve buralardaki kalış süreleri, 10 günden 5 haftaya kadar değişebilir. Bu uygulanan programa göredir.
- Kompostun olgunlaşması ve ürünün nihai stabilizasyonu için gerekli depolama sahası
- Mekanik eleme sistemleri: Eleğin delik büyüklüğü kompostun nihai kullanımına bağlıdır. Küçük boyutlu fraksiyon depolanabilir, pazarlanabilir veya bertaraf edilebilir. Ham kalan fraksiyon ise kompostlaştırma prosesine yapı maddesi görevi görmesi için geri gönderilebilir.
- Yerel tesise ait taleplerin kontrolü. Örneğin, kanalizasyon suyu, kokular, toz kontrolü, ve gürültü, böcek ve diğer hayvanların kontrolü gibi işler.

Dünyada çok değişik kompostlaştırma sistemleri mevcuttur. Bununla birlikte, bunlar belirli kategorilerde sınıflandırılırlar:

- Açık kompostlaştırma sistemleri
 - statik yığın:
 - doğal havalandırma (ventilasyon)
 - zorlamalı havalandırma, emme veya silo gibi ortamlara hava basma ile
 - dönen yığınlar
 - doğal havalandırma (ventilasyon)
 - zorlamalı havalandırma, emme veya silo gibi ortamlara hava basma ile
- Kapalı kompostlaştırma sistemleri, kontinü veya periyodik olarak zorlamalı havalandırma
 - dönen yatay reaktörler (tüp)
 - sabit dikey reaktörler (kule)
 - araçlar halinde (kutular)

Değişik sistemler arasındaki seçim teknik ve ekonomik parametrelere göre yapılır. Genel olarak, artıma çamurlarının kompostlaştırılmasında, proses kontrolü, iş gücünün azaltılması ve hava koşullarının hassasiyeti zorlamalı hava kullanılan teknolojilerin kullanılmasını gerekli kılar.

c) Arıtma Çamurunu Kompostlaştırmanın Avantajları ve Dezavantajları

Avantajlar

Kompostlaştırma diğer arıtma çamuru işleme metotlarına göre aşağıda sıralanan avantajları sunar. Örneğin, ziraat amacı ile kompostlaştırılmadan kullanılan arıtma çamurlarına göre kompostlaştırmanın sunduğu avantajlar:

- Tarım arazilerine serilmek üzere taşınacak malzemelerin hacimlerinde azalma olur
- Üretimden uzak olan yerlerde daha kolay depolama olanakları elde edilir
- Ürünün daha az su ihtiva etmesi nedeni ile araziye serilmesi daha kolay olur
- Kompostun özellikleri (spesifikasyonu) kontrol edilir, toprağın humus ve besleyici madde seviyesi yönünden iyileştirilmesini sağlayan nihai ürün kompozisyonu böylelikle iyice tanımlanmış olur
- Nebatat standardında belirlenen ve uygulamada tanımlanan besin maddesi kontrolü yapılır
- Zirai uygulamadan önce ürünün hijyenliği sağlanır.

Dezavantajlar

- İşleme maliyeti arıtma çamurunun ham olarak serilmesine göre daha fazladır
- Havalandırma enerji sarfiyatına neden olur
- Kompostun nihai ürün olarak kullanılması için bir ihtiyacın olması gerekir. Halen bununla (kompost ile) rekabet edecek ürünler mevcuttur

Optimum C/N oranını temin etmek için arıtma çamurunun, diğer atıklarla (işlem görmesi gereken diğer atıkların mevcut olması halinde) karıştırılması avantaj olabildiği gibi, bu atıkların satın alınmasının zorunlu olması halinde bir dezavantaja dönüşebilir.

Sonuç Olarak atık çamurlarının kompostlaştırılması seçeneği, örneğin, zirai amaçlı olarak doğrudan kullanılmasına göre maliyeti yüksek bir uygulama olmasına rağmen, sağlık açısından bakıldığında, patojen risklerinin, kokunu azalması ve nebatatın talep ettiği besin maddesinin kontrollü olarak verilmesi yönleri ile çevresel açıdan kabul edilebilir bir seçenektir.

Maliyeti incelendiğinde;

Arıtma çamurlarının değişik yöntemlerle işlenme seçenekleri ile ilgili maliyetler hesaplanmak zorundadır. Bir atık su arıtma tesisi arıtma çamurunu kompostlaştırmak için aşağıdaki maliyetleri göz önüne almak zorundadır.

- Arıtma çamurunun kompostlaştırma tesisine nakliye maliyeti
- Kompostlaştırma sistemi ve tesisi alt yapısı için yatırım ve mühendislik maliyetleri (binalar, havalandırma, koku ve hava temizleme ekipmanları, kompostu döndürecek ve karıştıracak makineler, elekler, gerekli olması durumunda hareketli bantlar - konveyörler, yükleyiciler, vb)
- Tesisin işletme giderleri: Personel, enerji (elektrik, yakıt), karıştırmada kullanılan malzemeler (eğer gerekli ise, bunların kompostlaştırma tesisine nakliye masrafları dahil), bakım, idari giderler, vergiler,
- Kalite kontrol masrafları: Atıkların ve nihai ürün olarak elde edilen kompostun karakterizasyonları, prosesin değerlendirilmesi
- Pazarlama maliyetleri, pazar araştırmaları ve pazarlama malzemelerinin maliyetleri dahil olmak üzere
- Kompostun, kompostlaştırma tesisinden (son noktaya) nakliyesi ile ilgili maliyetler (gerekli olması durumunda)

Kompostlaştırma maliyetlerine bir örnek olarak Fransa'daki maliyetlere bakıldığında, bu ülkede arıtma çamurlarından elde edilen kompost maliyeti ton başına 140 – 270 ABD Doları mertebesinde olmaktadır.

Sonuç olarak, Kompostlaştırma için (günümüzde) çok sayıda patent bulunmasına rağmen, nihai ürün talebi ve pazar talebi ile ilgili kısıtlamalar göz önüne alındığında, pek çok sistemin uygun olmadığı anlaşılmaktadır. Bunlar, genellikle, ya çok basit olup ne atık özelliklerine ne de pazar taleplerine cevap vermemekte, ya da yüksek yatırım maliyeti ve/veya işçilik gerektirmektedirler. Bu nedenle de bu tür yatırımlar uygun bulunmamaktadır. Arıtma çamurlarının kompost yapılarak işlenmesi ile ilgili yaklaşımlar oluşturulurken (kararlar verilirken) kompost yapılacak atıkların, elde edilecek nihai ürünün özellikleri ve elde edilen nihai ürünün pazarlanması ile ilgili sınırlamaların mutlaka dikkate alınması gerekmektedir. Bunlar yapılmadan (arıtma çamurlarının kullanıldığı) herhangi bir tesis kurulmamalıdır.

Sonuç olarak, yukarıda sözü edilen ve sistem ile pazar planı analizi ile ilgili öneriler (reçeteler) ve diğer planlama faktörleri, kaliteli bir kompost üretiminin başarılı olarak gerçekleştirilmesi için gerekli koşulları ortaya koymaktadır. Ancak bu kalitenin gelişmesi için gerekli işlemlerin maliyetleri de göz önünde tutulmalıdır.

4.4.3.Yakma

Günümüzde, arıtma çamurlarının en son işleme (bertaraf) yöntemi olarak uygulanan yakma yöntemi Avrupa'da arıtma çamurlarının toplam kütlesinin yaklaşık % 15 kadarına uygulanmaktadır. Bu uygulamada arıtma çamurları ya tek başlarına, ya da diğer atıklarla birlikte yakılmaktadır.

Arıtma çamurlarının doğrudan zirai amaçlı olarak kullanılması veya düzenli depolama sahalarına gönderilerek bertaraf edilmesi giderek artan yasal kontrollere tabi olmaktadır. Bu nedenle, yakma sistemlerindeki yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına, yakma kriterlerinin sıkılığına, emisyon gazlarının işlenmesi ile ilgili maliyetlerin artmasına ve uçucu küllerle yanma ürünü olarak ortaya çıkan küllerin bertarafı işlemlerinin zorlaşmasına rağmen, arıtma çamurlarının yakılarak bertaraf yönteminin giderek daha fazla kullanılacağı beklenmektedir.

Arıtma çamurlarının yakılması işlemi ya doğrudan bu atıkları yakmak üzere kurulmuş olan yakma tesislerinde ya da diğer evsel atıkların da yakıldığı yakma tesislerinde gerçekleştirilebilir. Arıtma çamurlarını diğer atıklarla birlikte yakan tesislerde, arıtma çamurlarındaki organik maddenin yakılmasından kaynaklanan sınırlamalara uyum gösterilir.

Ön kurutma işlemi yapıldıktan sonra, arıtma çamurları, yüksek kalorifik değere sahip oldukları için, çimento fırınları içinde de yakılabilir. Bu durumda çamur içindeki kirleticiler de klinker içinde stabilize edilmiş olur. Bu da kirli çamurların işlenmesi için ilginç bir yöntemdir. Ekonomik açıdan durum değerlendirilmesi yapıldığında, bu uygulamaların zirai amaçlı olarak kullanılamayan veya diğer evsel atıklarla birlikte yakılamayan çamurlar için düşünülmesi gerektiği anlaşılr.

a) Arıtma Çamuru Yakmak İçin Kurulan Özel Yakma

Arıtma çamuru yakmak için kurulmuş özel yakma tesisleri uzun yıllardır işletilmektedir. Döner fırınlar ve klasik veya pirolitik tipli fırınlar günümüzde giderek

yerlerinin akışkan yataklı sistemlere terk etmektedirler. Bunun nedeni akışkan yataklı sistemlerin işletilmelerinin daha kolay olmasıdır.

Akışkan yataklı sistem, içi ısı tuğlası (refractory material) ile kaplanmış dikey bir yakma odasına sahiptir. Yatağın altında yüksek sıcaklığa getirilen bir kum tabakası vardır. Bu kum içinden yüksek sıcaklıkta hava geçirilerek akışkan halinde tutulur. Bertaraf edilecek arıtma çamurları bu kum yatağının ya içine ya da üzerine bırakılır.

Akışkan yatak içindeki gaz, oluşan yanma ürünlerinin tam olarak parçalanması için 850 C dereceye kadar ısıtılmalıdır. Mekanik olarak kurutulan arıtma çamurlarının yakma enerjisi verilmeden tam olarak yakılmaları mümkün değildir.

Yanma odasından çıkan sıcak gazlardan ısı enerjisini geri kazanan bir ısı geri kazanım ünitesi kullanılır. Bu ısıyı geri kazanmak ve yeniden kullanmak için şu üç teknik kullanılır: Birinci teknikte, yakma gazı duman (yanmış gazlar) / hava ısı değiştirgecinden geçirilerek ısıtılır. İkinci teknikte, geri kazanım kazanında oluşan buhar yardımı ile arıtma çamurunun kurutulması sağlanır. Üçüncü teknikte ise, fırının arkasında bulunan buhar kazanındaki ısı yardımı ile döner diskli bir kurutucuda arıtma çamurunun ön kurutma işlemi yapılır.

İkinci proses (teknik) ısıl yönden birincisine göre daha verimlidir, çünkü bu teknikte, ön kurutmadan önce % 20 - 25 kuru madde miktarı ve % 60 - 70 arasında uçucu madde /kuru madde oranına sahip arıtma çamurlarının otomatik (kendiliğinden) yanması temin edilebilmektedir. Kurutucudan çıkan su buharının geri kazanılması ve tekrar kazan tankına geri gönderilmesi de sonuçları (ısı kazanma verimliliğini) olumlu yönde etkilemektedir.

Bu tür ağır malzeme gereksinimi duyan ve yatırım maliyetleri gerektiren yatırımların büyük yatırımlar (kapasitelerinin saatte 2.5 ton suyu buharlaştırmaktan daha fazla) olmaları gerekmektedir. İkinci proses (teknik) Almanya, Hollanda ve İngiltere'de uygulanmaktadır. Bu proseste içinde yaklaşık % 23 kuru madde muhtevası olan arıtma çamurları kendiliğinden yakılabilmektedir.

b) Birlikte Yakma :

Atık çamurlarının yakılması için evsel atık yakan yakma tesislerinin kullanılması oldukça çekici bir seçenektir. Bu durum yakma tesisinin arıtma çamurunun olduğu su arıtma tesisine yakın olması ve özellikle evsel atık yakan tesisin kapasitesi doyum noktasına ulaşmamış ise daha da ilginç bir alternatif oluşturmaktadır.

Evsel katı atıklarla arıtma çamurlarının karışımı karışımın enerji muhtevasının azalması nedeni ile dikkatli bir şekilde tasarlanmalıdır (yapılmalıdır). Ayrıca ön-kurutmadan geçmiş veya hiç bir işlemde geçmemiş arıtma çamurlarının yakma tesislerine nasıl verilecekleri hususunda bir yöntemin geliştirilmesi de gerekmektedir.

Bu yöntemlerden biri arıtma çamurlarının kuru madde miktarını % 65 seviyesine çıkartacak şekilde kurutulmasıdır. Bu durumda arıtma çamurunun kalorifik değeri evsel atık kalorifik değerine yakın olur ($2000 \text{ th/t} = 2000 \text{ kcal/ kg}$) ve bu çamur doğrudan fırına verilebilir. Fırına verilecek evsel katı atık madde miktarı verilen arıtma çamuru ağırlığı kadar azaltılmak zorundadır.

Yakma tesisinin kapasitesi doyma noktasına yakın ise bu işlem bir dezavantaj olabilir. Ancak, genel olarak, yılın belirli zamanlarında ,atık girdisine ihtiyaç duyan orta boyutlu yakma tesislerinde bu bir avantajdır. Granül haline getirilmiş arıtma çamurları önemli bir enerji kaynağını temsil eder ve herhangi bir koku problemi olmadan kolaylıkla depolanabilir.

Diğer bir çözüm akışkan (pasty) halde bulunan arıtma çamurlarının yüksek basınçlı pompalar vasıtası ile doğrudan fırına verilen (enjekte eden) bir prosesin uygulanmasıdır. Burada çamur yakma tepsisinin (grate) üzerine düzgün bir şekilde yayılır.

Arıtma çamuru fırının girişine refraktör tabaka arasından geçirilen bir boru sistemi ile enjekte edilir. Çamur yer çekimi ile yakma tepsi üzerine düşer. Çamurunu yanma süresi ve diğer atıklara karışma hızı diğer evsel atıklar kadardır.

Bu proseslerdeki en önemli hususlardan biri sistemlerin kalibre edilmesidir. Arıtma çamurunun büyük miktarlarda enjekte edilmesi durumunda, bunun tamamen yanmaması gibi bir risk vardır. Yüzeydeki elementler yandığı halde, merkez yanmamış olabilir. Arıtma çamurunun pompa ile verilmesi halinde çamur içindeki kuru madde miktarı % 18 -ile 30 mertebesinde olmalıdır. Değişik yakma sistemleri ile evsel atığın % 20 kadar arıtma çamuru olan karışımların yakılması mümkündür. Çamurların çok ıslak olması halinde, enjeksiyon sonrasında buharlaşma meydana gelir ve yakılan toplam tonaj fazlaca değişmez.

Diğer bir yöntem de arıtma çamurlarının evsel atıklarla birlikte fırına verilmeden önce (hauler içinde) karıştırılmasıdır. Ancak bu durumda bazı hacimsel ve koku problemleri meydana gelebilir.

c) Avantajlar ve Dezavantajlar

Avantajlar:

- Yanmadan sonra arıtma çamuru hacminde önemli azalma meydana gelir (*yakmadan sonra elde edilen hacim azalması yakılan arıtma çamurunun organik madde içeriği ile bağlantılıdır. Yakma, arıtma çamurunun hacmini %25-50 arasında azaltır.*)
- Arıtma çamurlarından enerji olarak yararlanılmış olur
- Arıtma çamurunun yakılmasından sonra ortaya çıkan yan ürünlerin geri dönüşüm gayesi ile kullanılması mümkündür (asfalt yollarda dolgu maddesi, beton üretimi ve tuğla yapımı)
- Bu proses çamur kompozisyonuna fazla hassas değildir
- Güvenilir (bilinen / uygulanan) sistemlerdir
- Sitemin kapalı olması ve yüksek sıcaklıklar nedeni ile kokular minimize edilir.

Dezavantajlar:

- Yakma tesisleri yatırım maliyetleri yüksek işletmelerdir. Bunlar ancak büyük hacimlerin bertarafı için uygundur. 2000 ile 2500 TDS (bu Fransa'da 200,000 ile 800,000 bin kişi eşdeğerinde ortaya çıkan çamur miktarı demektir, ancak elde edilen çamur miktarı atık su arıtma tesisine göre değişmektedir) işleyecek tesisler söz konusudur. Hollanda'da daha yüksek kapasiteler gerekmektedir. 10,000 ile 40,000 TDS veya daha fazla. Bu ülkede tesisin bir atık su arıtma tesisi ile birleştirilmiş olması (veya diğer bir atık işleme fabrikası ile entegre edilmiş olması) veya olmaması önemli değildir. Bu yüksek kapasiteler emisyon gazlarının temizlenmesindeki kompleks yapıdan ve işletme veriminden dolayı önemlidir.

Birlikte yakılma (co-incineration) durumunda, tesisin işleme kapasitesi ve işleme verimi, diğer katı atıklara ve/veya çamurun kütlelerinin toplam katı atık kütlelerine oranına göre tesisin doyma noktasına gelip gelmemesine bağlıdır. (Hollanda'da ve Almanya'nın pek çok bölgesinde yakılan arıtma çamurlarından oluşan cüruf düzenli depolama sahalarında gömülerek bertaraf edilmektedir. Ancak cürufun bir yıkama prosesinden geçirildikten sonra yollarda dolgu malzemesi olarak kullanılması mümkündür. Cürufun yollarda dolgu malzemesi, beton üretimi ve tuğla yapımında kullanımı konusunda henüz bir AB direktifi yoktur. Konunun Türkiye'deki önemi nedeni ile burada Almanya'nın Hessen eyaletinde kullanılan kriterler aşağıdaki çizelgede takdim edilmiştir.)

Çizelge 4.6 Katı Atık Yakma Tesislerinden Kaynaklanan Cüruf İçin Kirletici Muhteva Limitleri³.

<i>Parametre</i>	<i>Limit (g/kg)</i>	<i>Parametre</i>	<i>Limit (g/kg)</i>
<i>Yanma kaybı (3 h/ 600 °C)</i>	55	<i>Co</i>	0.02
<i>TSS'deki C</i>	19	<i>Ba</i>	1.3
<i>Fe</i>	42	<i>Na</i>	9.3
<i>Cr</i>	0.31	<i>K</i>	3.8
<i>Ni</i>	0.14	<i>Karbonat</i>	9.3
<i>Zn</i>	5.2	<i>Si</i>	410
<i>Cu</i>	2.6	<i>S</i>	2.8
<i>Pb</i>	1.5	<i>Cl</i>	3.4
<i>Cd</i>	0.02	<i>P</i>	5.8
<i>Mn</i>	1.2	<i>Nitrat</i>	0.02

Maliyeti incelendiğinde;

Arıtma çamurlarının yakma tesislerinde bertarafına yönelik bir karar verilirken aşağıdaki maliyetler göz önüne alınmalıdır:

- Gerekli depolama sisteminin maliyeti
- Fırın maliyeti
- Emisyon gazları ve yakma sonrası oluşan diğer atıkların (uçucu kül, klinker, yakmadan oluşan kül) işlenmesi ile ilgili maliyetler
- Diğer ek maliyetler- hem mevcut tesisler hem de yeni tesisler için geçerlidir
- Sabit ve oransal işletme giderleri: Personel, tüketilen maddeler (elektrik ve emisyon gazlarının temizlenmesinde kullanılan kimyasallar), bakım, vergiler, vb.
- Arıtma çamurunun işleme sahasına taşınmasının maliyeti
- Kalite kontrol ile ilgili giderler (ham arıtma çamuru ve yan ürünler)
- Geri dönüştürülecek bazı yan ürünlerin pazarlanması ile ilgili maliyetler.

Bir maliyet tahmini yapmak için, sadece arıtma çamuru yakmak üzere kurulan tesislerdeki maliyetlerin, yakılan ton kuru madde bazında vergiler haricinde 220 ile 375

³ Almanya'nın Hessen eyaletinin cüruf ile ilgili yönergesinden alınmıştır /Referans : Rapor 1-d, s. 56-57/.

ABD Doları mertebesinde olduğunu akılda tutmak gerekir. Bu değer, yatırım maliyetini, mevcut sistemlerin iyileştirilme maliyetlerini, işletme maliyetini ve 1. Sınıf bir düzenli depolama sahasına yapılacak atık bertaraf ücretlerini kapsar. Bu ücretler, yılda 2,000 ile 5,000 ton kuru madde yakabilen tesisler için geçerlidir. Burada belirtilen kuru madde miktarı 200,000 ile 800,000 kişi eşdeğerinde arıtma yapan tesislerde ortaya çıkan miktarlardır. Yatırım maliyet ön-kurutma yapan yakma tesisleri için daha yüksektir. Ancak bunlarda işletme masraflarından dolayı bir yarar (tasarruf) elde edilebilir. Hollanda'da faaliyet gösteren yakma tesisleri yüksek kapasiteli olup (örneğin Dordrecht tesisinde saatte 5 ton su buharlaşması gerçekleştirilir) ön kurutma işlemi ve kompleks emisyon gazı temizleme işlemleri yapılması nedeni ile ton başına maliyetler 275 - 375 ABD Dolarındaki aralığın yüksek kısmına (375 Dolar) doğrudur. Bu aralığın düşük olan bölümü (275 Dolar) ise emisyon gazlarının temizlenmesinde daha az sıkı standartları olan ülkeler için geçerlidir.

Adapte edilmiş enjektörlerle ortak yakma (co-incineration) tesislerinde (örneğin, Monaco'daki tesis), toplam maliyet, çamurun tesise getirilmesi (taşınması) hariç fakat yıpranma maliyeti, yanma ürünlerinin işlenmesi vb maliyetler dahil vergiler haricinde ton başına yaklaşık olarak 40 ABD Dolar mertebesinde. Bu ton başına kuru madde cinsinden 150 - 210 ABD Dolarına denk gelmektedir. Tabii bu durumda, tesisin büyüklüğü, saha koşulları gibi nedenler de göz önüne alındığında bu proses etkin ve çekici bir hale gelmektedir.

Burada verilen fiyatlar, evsel katı atık yakma kapasitesinde herhangi bir azalmaya sebep olmayacak şekilde yapılan ekstra çamur enjeksiyonunu kapsamaktadır. Enjekte edilen arıtma çamurunun % 20 kadar evsel atık yerine verilmesi nedeni ile evsel katı atık yakma kapasitesi azaldığından dolayı, yakmanın toplam maliyeti, çamurun yakılması ile diğer evsel atıkların yakılması arasında eşit olarak paylaştırılmalıdır. Bu durumda fiyatlar daha önce verilen fiyatlardan daha yüksek olacaktır (kuru atık madde tonu başına 260 - 375 ABD Doları)

Sonuç olarak; Yatırım maliyetleri diğer arıtma çamuru işleme proseslerindeki maliyetlere göre daha fazla olmakla birlikte, önümüzdeki yıllarda atık çamurlarının yakma ile bertarafının giderek önemli oranlarda artması beklenmektedir. Tesislerin (ünitelerin) büyük boyutlarda gerçekleştirilmeleri, bunların teknik ve ekonomik olmalarını sağlar ve yatırım maliyetlerini dengeler.

Evsel katı atıkların ve atık çamurlarının değişik oranlarda birleştirilmesi (karıştırılması) ile yakma tesislerinin işletmeleri optimize edilebilir. Buna en iyi örnek, ısıtılarak kurutulan çamur granüllerinin yakılmasıdır. Bu malzemenin depolanması çok kolaydır ve bu malzeme, başka herhangi bir yerel işleme metodu yoksa, yakma tesisinde girdi maddesi olarak kullanılabilir.

Fazla kapasiteye veya normal dışı beslemeye maruz kalan (deniz kenarında veya dağlık bölgede kurulmuş olan) tesisler atık çamurlarının kurutulması ve yakılması için özellikle önem taşırlar, çünkü bunlar yüksek kalorifik değere sahip hijyenik atıkları depolayabilirler.

Yakma sonucunda çok büyük hacimsel azalmalar meydana gelir. Küllerin tekrar kullanım imkanları ile düzenli depolamaya gönderilecek yanmış madde miktarların da az olması önemli hususlar arasındadır.

4.4.4. Düzenli Depolama

1993 yılında Avrupa Birliğinde 230 milyon ton (yaş) atık çamur üretildiği hesaplanmıştır. (Korrespondenz Abwasser, 1993, 40, Jahrgang, Linder: Anforderungen an die Klarschlamm-entsorgung in Europe). Almanya'da üretilen arıtma çamurun % 25 kadarı zirai amaçlarla, % 65 kadarı düzenli olarak depolanmakta ve % 10 kadarı da yakılarak bertaraf edilmiştir. İsviçre'de bu değerler % 50, 30 ve 20 ve Fransa'da ise % 55, 25 ve 20 şeklinde tecelli etmiştir. Böylelikle her ülkeye göre değişiklikler ortaya çıkmıştır. Ancak, gelecekte atık çamurlarının düzenli depolama alanlarında bertarafı, başka hiçbir işleme yöntemi olmadığı durumlar için geçerli olacak ve bu şekilde bertaraf en düşük öncelikte kalacaktır. Günümüzdeki arıtma çamuru bertarafı zirai kullanım ve yakmaya yöneliktir.

Düzenli depolama alanları ile ilgili tercihler yapılırken en iyi tercihlerde (yerleşim koşullarında) ve en iyi işletme koşullarında bile bir miktar toprak altı kirliliğinin olması muhtemeldir. Bu nedenle depolama sahası seçimi yapılırken jeolojik olarak sakıncası olan sahalardan sakınılması gerekliliği ortaya konulmuştur. Jeolojik olarak sakıncalı olan durumlar: açık karstik alanlar ve çakıl (gravel) teraslardan içinde yer altı akifer tabakaları gibi yapılanmalardır ve bunlar kesin olarak (depolama sahaslarının yapılamayacağı) korunan bölgelerdir.

Düzenli bir depolama sahası için yapılan seçimlerde, halen kullanılan ve gelecekte kullanılacak akiferler dışında diğer bir faktör de bu sahanın "kuru" bir bölgede yer almasının zorunluluğudur. Diğer bir deyişle, depolama sahası yer altı su tabakasından yukarıda olmalıdır. Çevresel kirlilik, doğru saha seçiminin yapılması, katı atıkların organize bir şekilde bertaraf edilmesi, depolama sahasının yüzeyinin profesyonelce korunması, ve bertaraf tesisinin devamlı olarak düzenli tutulması ile minimize edilebilir. Böylelikle kirleticilerin ve sızıntı suyunun yer altı suyuna ve yüzeye gelen yağışların akifer tabakalarına ulaşması minimum seviyede tutulabilir.

Depolama sahasının tabanı ile (sahanın altında bulunan) doymamış bölge arasındaki mesafenin mümkün olduğunca büyük (uzun) olması da depolama sahası yer seçimi için önemli bir faktördür.

a) Çamurun Düzenli Depolama Yapılmadan Önceki Karakteri ve İşlenmesi

Atık su arıtma tesislerinde oluşan arıtma çamurlarının oluşumları (orijinleri) birbirinden farklıdır. değişiktir. Çamur, birincil dengeleme havuzlarında (ham çamur) oluşabildiği gibi, biyolojik arıtma (aktif çamur ile arıtma) yapan tesislerinde de atık çamur meydana gelmektedir. Bazı durumlarda bunların karışımı da olabilir. Atık su çamuru, atık su içinde bulunan tüm kirleticileri içinde barındırıyor olabilir. Bu çamurdaki organik madde miktarı işlenen atık su miktarına bağlı olmakla birlikte yaklaşık olarak % 60 - 70 mertebesindedir.

Organik maddeler (yağ, proteinler, karbon-hidratlar) biyolojik olarak kolaylıkla parçalanabilirler. Bu parçalanma sırasında ve depolama aşamasında koku problemleri ortaya çıkar. Çamur aynı zamanda bulaşıcı (hastalık yayabilen) da olabilir.

Arıtma çamurları, aerobik veya anaerobik bir prosesten geçtikten sonra veya bir kimyasal yöntemle işlendikten sonra stabilize karışımlar olarak da sınıflandırılırlar. Bu proseslerde daima bir "zaman" aralığı vardır. Arıtma çamurun üzerine stabilizasyon sağlamak amacı ile kireç eklenmesi işlemi teorik olarak anaerobik prosese göre dezenfeksiyon verimliliğini daha fazla arttırır (patojenlerin yok edilmesi hızı açısından) Aerobik stabilizasyona ait dezenfeksiyon etkinliği (toplam oksidasyon prosesi) henüz yeterince bilinmemektedir. Günümüzde, patojenlerin yok edilmesi için ısı aerobik işlemler de gerçekleştirilmektedir. Bu sistemin daha önce kullanılan sistemlere göre çok daha verimli olduğu düşünülmektedir.

Küçük tesislerde, çamur kurutma yatakları halen kullanılan bir yöntemdir. Ancak çamuru mekanik olarak susuzlaştırma işlemleri giderek daha fazla yaygınlaşmaktadır. Mekanik susuzlaştırma sonucunda, orijinal olarak, içinde % 2 - 3 mertebesinde kuru madde bulunan çamurlardaki kuru madde miktarı % 20 - 30 mertebesine kadar çıkmaktadır. Bu noktada çamur artık küreklenebilir (kürek ile taşınabilir) duruma gelmiş demektir. Susuzlaştırma araçları çamurun kimyasal olarak ön-şartlandırılmasını/işlenmesini gerekli kılar. Stabilize edilmiş, susuzlaştırılmış çamur daime dikkate alınması gereken patojenik mikro-organizmaları da ihtiva eder. Bunun kireç ile işleme sokulması pH değerini 12'ye kadar arttırır, fakat bu durumda patojenlerin aktifliklerini kaybetmesinin sadece geçici olduğu akılda tutulmalıdır.

b) Atık Çamur Bertaraf Sahalarının İnşaatı ile İlgili Yönetmelikler

Yakın geçmişte atık çamurlarının düzenli depolama sahalarında bertarafı arzu edilen (sık olarak kullanılan) bir yöntemdi. Ancak mevcut koşullarda, arıtma çamurun göreceli olarak düşük maliyetlerle (düzenli depolama sahalarında) bertarafı konusu giderek daha fazla sorgulanmaya başlanmıştır.

Atık çamurlarının depolanması ile ilgili iki alternatif vardır: Bunlardan biri, arıtma çamurunun tek başına (mono) olarak gömülmesi, diğeri ise evsel atık su tesislerinden çıkan çamurun evsel katı atıklarla birlikte gömülmesidir. İkinci durumda, depolama tesisinde oluşan gazların (metan ve CO₂) kullanılması söz konusudur.

Arıtma çamurunun düzenli, depolama alanlarına gömülerek bertaraf edilmesi her ülkede "Teknik Direktifler" adı altındaki yönetmeliklerle gerçekleşir. Mevcut sıkı (Düzenli Depolama Direktifi) yönetmelik ve depolama sahaları için sınırlı sayıda potansiyel olarak uygun depolama sahasının var olduğu dikkate alınır, sadece bölgesel olarak bertarafın mümkün olabileceği anlaşılmaktadır. Depolama sahasının altına, sızıntı sularının yer altı suyuna karışmasını engellemek gayesi ile bir su sızdırmaz (örneğin, kil) tabakanın yerleştirilmesi de arzu edilmekte/gerekli görülmektedir. Depolama sahasının seçimi diğer kriterleri de karşılamak zorundadır. Bunlardan özellikle, sahanın yerleşim birimlerine, yollara, nehirlere vb birimlere emniyetli bir mesafede olması önemli kriterlerdendir. Seçilen sahanın geçici dahi olsa, sularla kaplanan bir yörede olmaması veya su haznelerinin (akiferlerin) üzerinde bulunmaması fevkalade önemlidir. Diğer (önemli) bir husus, sahanın zirai açıdan yüksek değere sahip bir yerde olmaması hususudur. Böylelikle arıtma çamurun depolanması yüzünden bölgede gelecek gelişmelere engel olunmamalıdır.

Son olarak, ekonomik noktalar da dikkate alınmalıdır. Bunlar arasında, nakliye mesafesi minimize edilmeli ve doğal düşük zeminler veya boşluklar (pits) ve eski maden ocakları dikkate alınmalıdır. Trafik de, büyük taşıma araçlarının yerleşim alanlarına vereceği rahatsızlık nedeni ile, planlanmalıdır.

Atık çamurların depolanacağı sahanın seçimi yapıldıktan sonra teknik tasarım işleri başlar. Tasarımda, su izolasyonu ve drenaj en önemli elemanlardır. Yer altı sularına ve yüzey sularına karışma her ne maliyetle olursa olsun önlenmelidir. Bu nedenle, depolama sahaları su sızdırmaz tabakalardan veya kenarlarında (yatay veya eğimli) bölümlerden oluşturulmalıdır.

Su sızdırmaz tabakanın yapılması işlemi, koruyucu ince (kum) bir tabakanın plastik bir folyo tabakasının altına yerleştirilmesi ile başlar. Folyolar (jeo- membranlar) sahada (ısı bir kaynak ile) birbirine kaynaklanır. Bu tabakanın üzerine drenaj borularından oluşan bir drenaj tabakası yerleştirilir. Bu borulara yeterli eğimin olması gerekir (suyun yer çekimi yani gravite ile akışını sağlamak için). Bunun üzerine, koruma amacı ile bir kum tabakası daha yerleştirilir. Bunun amacı drenaj-folyo sisteminin mekanik olarak hasar görmesini engellemek ve olması muhtemel sızıntıları önlemektir.

Depolama sahasının gerçekte yerleşimi değişik şekillerde gerçekleştirilebilir. Sahanın karakteristiklerine bağlı olarak, vadiler veya doğal çöküntü olan yerler veya tepeleme dolum yapılacak şekilde düz araziler bu amaçla kullanılabilir. Bunların bir karışımı da bu amaç doğrultusunda kullanılabilir. Örneğin, bir çöküntü sahası doldurulduktan sonra tepeleme dolum yapmak gibi.

Susuzlaştırılmış arıtma çamurunun içinde arta kalan su miktarı mikro-biyolojik faaliyet nedeni ile genellikle depolamanın altına kadar ulaşmaz. Sızıntı suları yağmur ile meydana gelen sulardır ve bunlar da drenaj sisteminin yardımı ile uzaklaştırılırlar. Sızıntı suları ciddi oranda kirlenmiştir. Bu nedenle de bu suların mutlaka arıtılmaları gerekir. Bu arıtma bilinen arıtma metotları ile yapılabilir. Ancak bazı durumlarda sızıntı suları ormanların sulanması için kullanılabilir. Depolama sahaları hem bir tel ile çevrilmeli hem de etraflarına koruyucu bir orman sahası yapılmalıdır.

Depolama ile ilgili işletme hususları daha sonra tartışılacaktır. Ancak burada kirleticilerin potansiyel sızmasını belirleyebilmek için sahanın etrafına izleme kuyularının yerleştirilmesinin önemi vurgulanmak zorundadır. Kuyulardan alınan yer altı suyu örnekleri laboratuvarlarda analiz edilmelidir.

Son olarak, böyle bir depolama tesisi tasarlanırken sahanın bakımı /peyzajı (recultivation) da dikkate alınmak zorundadır. Genellikle, böyle bir sahanın işletmesi tamamlandıktan sonra üzerine bitkiler ve ağaçlar dikilmelidir. Yukarıda tanımlanan koşullardan anlaşılacağı üzere, bir depolama sahasının inşa edilmesi ve işletilmesi oldukça yüksek maliyetlerle gerçekleşir. Bu da, maliyetin etkinliği açısından değerlendirildiğinde, seçilen sahanın (dolma kapasitelerinin) en azından 10 yıllık bir ömre sahip olmasını gerekli kılmaktadır.

Pratik Çözümler;

Atık çamurlarının depolanması ile ilgili iki alternatif vardır: Bunlardan biri, arıtma çamurunun tek başına bertaraf edilmesi, diğeri ise evsel atık su tesislerinden çıkan çamurun evsel katı atıklarla birlikte bertaraf edilmesidir.

Tek- Başına (Mono) Depolama

Tek-başına (mono) depolama işleminin yapılacağı sahalardaki en önemli sınırlama arıtma çamurunun muhtevastaki su miktarıdır. Genelde bu % 65'den daha fazla olmamalıdır, çünkü daha fazla su miktarları taşıma ve işleme sırasında kullanılan mekanik araçlara zarar verir. Arıtma çamurunun duraylılık kontrolü (consistency) çamurun yırtma-kuvvetini (shear -force) ölçen özel cihazlarla yapılır. Susuzlaştırılmış atık çamurları -henüz şimdiye kadar- düzenli depolama tesislerinde bertaraf edilmemiştir. Buradaki en önemli sorun susuzlaştırma sürecidir. Bölüm 8'de detaylı olarak anlatılan susuzlaştırma (kurutma) prosesi, çamurun kireç, demir tuzları ile şartlandırıldıktan sonra, kapalı pres (chamber press machine) ve yeni jenerasyon santrifüjlerin yardımı ile teorik olarak (susuzlaştırmadan beklenen) istenilen kriterleri karşılayabilmekte veya aşabilmektedir.

Kuzey Budapeşte'deki atık su arıtma tesisinde çalıştırılan ve kireç ve demir tuzları şartlandırıldıktan sonra preslenen arıtma çamurundaki kuru madde muhtevası % 40 - 50 mertebesinde-dir. Burada oluşan arıtma çamuru keki bu gaye için tasarlanmış olan ve başkent yakınındaki (20 km mesafede) Fotosomad belediyesi yakınlarındaki bir

depolama sahasına gönderilerek bertaraf edilmektedir. Bu depolama sahası Orta Avrupa'daki en gelişmiş depolama sahası olarak bilinmektedir.

Bu tür tek başına (mono) arıtma çamuru bertaraf eden tesislerin işletilmelerinde son derece katı kurallar uygulanmaktadır. Teorik olarak bu kurallar,, arıtma çamurunun tankerlere yüklendiği atık su arıtma tesislerinde uygulanmaya başlar. En önemli görev, çamurun atık depolama sahasında depolanması, taşıma araçlarının hareketi ve malzemenin depo sahası içindeki hareketidir. Bu proseslerin tamamı birbiri ile harmoni içinde olmalıdır. Depolanan çamur tabakasının genişliği (çamurun duraylılığına bağlıdır), kokular ve bulaşıcı organizmalar ile roden türü (fare, sıçan) haşerelerin kontrolü için kullanılan üst örtü tabakasının (toprağının) depolanması ve dağılımı gibi konularda son derece sıkı yönetmelikler (standartlar) uygulanır. Sızıntı suyunun ve yüzeyden gelen yağış sularının toplanması, toplama metodu, arıtılmaları ve bertarafları devamlı olarak kontrol edilmelidir. İzleme kuyularından alınan su örneklerinde kirlilik (kontaminasyon) görülmesi halinde, uygulanan teknoloji yeniden gözden geçirilmeli ve gereken düzeltmeler yapılmalıdır. Bu kuralların dışında, iş sağlığı, hijyenik ve iş emniyeti ile ilgili pek çok kaide de takip edilmek zorundadır.

Her ne kadar tek başına arıtma çamurunun bertaraf edildiği depolama sahaları gaz oluşumu için, karışık depolamanın yapıldığı sahalara göre, fazla ehven değillerse de buralarda yine de bir miktar gaz meydana gelir. Oluşan bu gaz % 50 - 60 oranında metan ve % 40 - 50 oranında karbondioksit (ve diğer gazlardan da iz miktarlarda) ihtiva eder. Metan tehlikeli bir gaz olarak tanımlanır. Bu nedenle, depolama sahasının yüzeyinde gazın bulunup bulunmadığı devamlı olarak kontrol edilmelidir. Buradaki en önemli görev, gazın kapalı (örtülü) boşluklarda (örneğin, yağmur suyu toplanan boşluklar) birikmesine engel olmaktır.

Karışık Depolama

Karışık depolama yapılması durumunda, daha fazla olan malzeme evsel katı atıktır. Bu durumda arıtma çamuru ikinci bir ilave maddedir ve toplamın sadece % 20 - 25 kadarını oluşturur. Evsel katı atıkları toplanması ve bertarafından sorumlu olan firmalar ile arıtma çamurlarının toplanması ve bertarafından sorumlu olan firmalar aynı olmadığından, uğraşılması gereken ilk önemli sorun (protesto), evsel atık toplama ve bertaraf sorumluluğu olan firmaların arıtma çamuru toplamak ve bunların bertarafından sorumlu

olmak istememeleridir. Bunun nedeni, atık çamurların bertarafının atık bertarafını daha komplike bir hale getirmesidir. Bu durum özellikle çamurun muhtevastaki su miktarının yüksek olması durumunda özellikle daha da önem kazanmaktadır. Buna karşılık (rağmen), karışık depolama işlemleri daha ekonomiktir ve karışık olarak depolanan çamurun içindeki su muhtevastının fazlalığı tek-başına (mono) sisteme göre daha az önem arz eder. Katı atıkların su tutma kapasitesi (higroskopik özelliğı) göreceli olarak yüksektir. Depolama sahasında uygun bir mikrobiyolojik faaliyetin başlaması için, atıkların % 60 - 65 civarında su ihtiva etmesi gerekir. Atılar zamanla olgunlaşır (atıklarda mevcut olan organik madde mikro-organizmalar sayesinde biyolojik ve stabilizasyon meydana gelir) ve yukarıda da belirtildiğı gibi depolama gazı oluşumu güçlenir. Bu depolama alanlarında oluşan depolama gazının toplanması ve kullanılması arzu edilen (bazen zorunlu olan) bir husustur (aşağıya bakınız).

Karışık depolama sahaları ile ilgili yönetmelik prensipleri Alman mevzuatından derlenmiştir (LAGA-Deponie Merkblatt 4690, ATV-VKS, Regelwerk, Abwasser-Abfall, Arbeitsblatt A 301):

1. Karışık depolama yapılan sahalardaki en önemli kural duraylılığın (consistency) sağlanmasıdır. Bunun için, depolama sahaslarında, katı atıkları ve arıtma çamuru optimum şekilde ezen gerekli mekanik araçlar mevcut olmalıdır.
2. Bu sahalara atık çamur depolanması en az 3 metre kalınlığında katı atık depolaması yapıldıktan sonra gerçekleştirilmelidir. Sahalara devamlı olarak (sadece) çamur tabakalarının serilmesi engellenmelidir.
3. Atık çamurların katı atıklarla karıştırılmasında (yerleşmiş) üç metot uygulanmaktadır. A) yığın depolama - yığın (nokta) depolama durumunda katı atıklara karıştırılacak atık çamur oranı ağırlık bazında % 20 25 arasında olmalıdır.
 - Karışık depolama
 - Seviyeler halinde depolama. İki veya üç seviye halinde depolama. Bu alternatifin kullanılması halinde karışım içindeki çamur oranı % 10 mertebesinde olmaktadır. Bu durumda depolama sahasındaki depolama yöntemi serbest olarak seçilebilir.
4. Ayrı (örneğin, nokta şeklinde) çamur bertarafı zaman içinde yakından takip edilmeli ve çamur yığını katı atık ile örtülmelidir.

5. Depolama sürecinde meydana gelen depolama gazı gerçek bir tehlike oluşturmaz, çünkü alt tabakalarda oluşan gazlar büyük bir yüzey alan olması nedeni ile kolaylıkla havalandırılır ile edilir. Depolama süreci tamamlandıktan sonra, Üst tabaka yüzeyinin toprak ile örtülerek depolama süreci tamamlandıktan sonra önemli miktarda depolama gazı oluşumu beklenmelidir. Bu gazlar toplanmalı ve kullanılmalıdır. Eğer gazların kullanımı gerçekleşmiyorsa, bu gazların toplanarak başka bir yöntemle (şekilde) havalandırılmaları sağlanmalıdır. (örneğin, havalandırma bacaları ve buran çıkan gazların yakılması)
6. Depolanan katı atık ve artık çamur tabakaları arasından sızan su çok ciddi şekilde kirlenmiş bir su olarak kabul edilmelidir. Bu suyun kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) 50 - 60,000 mg/l seviyesinde olabilmekte ve amonyak muhtevası da litrede birkaç bin miligram seviyesine ulaşabilmektedir.

Bu yüksek kirlilik seviyesini iki şekilde düşürmek mümkündür. Birincisi, iyi bilinen su arıtma işlemini uygulamak, ikincisi de, sızıntı suyunun depolamanın üzerine geri püskürtmektir (bu uygulamaya bazı ülkelerde izin verilmemektedir). İkinci yöntem iki yarar birden sağlar: Bir taraftan gaz oluşumu için (depolanan atık içinde) gerekli olan optimum su miktarını sağlar, diğer taraftan da içerdeki doğal biyolojik parçalanma proseslerine (mikrobiyolojik parçalanma) katkıda bulunarak organik madde miktarını büyük ölçüde azaltır.

Almanya'da (örnek teşkil etmesi bakımından) çok sayıda karışık depolama yapılan saha mevcuttur. Bu konuda daha fazla bilgi "MuA 62. Lfg. IX/81, Rettenberger and Tabasaran: Gemeinsame Ablagerung von Hausmüll und Klärschamm." Adlı referanstan elde edilebilir.

Maliyeti incelendiğinde;

Artık çamur depolamak için spesifik maliyet yaklaşık olarak metre kare başına 50 ABD Doları mertebesindedir (1996 fiyatları ile). Bu fiyata sahanın jeolojik ve hidrojeolojik araştırma masrafları, izolasyon malzemesi (plastik veya kil) fiyatı, sızıntı suyu ve gaz toplama sistemi ile ilgili masraflar, izleme kuyularının maliyetleri, sızıntı sularının kontrol ve analizi ile ilgili harcamalar, kantar, binalar, makineler, pompalar vs gibi sabit giderler dahildir. Ancak sahanın maliyeti hariçtir. Bir ton atığın bertarafı için Almanya ve Avusturya'da uygulanan ücretler arasında çok büyük farklar vardır. Avusturya'da ton başına maliyet (Styria'da) 65 - 300 ABD doları arasında seyrederken, bu değer Almanya'da 150 - 300 ABD Doları mertebesinde olmaktadır. Almanya'da ayrıca bu rakamlar sabit bir artış içinde görünmektedir.

Çizelge 4.7 Proje İçin Önerilen Bertaraf Yöntemlerinin Avantajı ve Dezavantajları

Önerilen Bertaraf Yöntemleri	Avantaj	Dezavantaj
Düzenli Depolama	-Uygun arazi bulunduğu takdirde ekonomik bir yöntemdir, - Ön yatırımı nispeten az olan bir yöntemdir, - Nihai imha metodudur. Her türlü biyokatı için uygulanabilir, - Esnek bir metottur. Biyokatı miktarına göre kapasite kolaylıkla arttırılabilir, - Kullanılan araziden bazı diğer maksatlar için istifade edilebilir.	-Ekonomik tasıma mesafesi için uygun yer bulmak, - Yerleşim yerlerine yakın depo alanları için, halkın muhalefeti ile karşılaşılabilir, - Deponide olabilecek hasarlara karşı devamlı bakım ve kontrol gerektirir, - Sızıntı suyu ve gaz oluşumları kontrol edilmezse, sakıncalı durumlar ortaya çıkabilir, - Biokatının cıvık olması halinde araziye yayma, ve kompaktör ile biokatının sıkıştırılmasında problem ile karşılaşılabilir.
Tarım Alanlarında	- Biokatılar bünyelerinde dirençli organik bileşikler ve bitki gelişimi için gerekli makro ve mikro besin elementlerini bulundurmaktadırlar, - Azot ve fosfor içerikleri biyokatıların gübre değerini ortaya koymakta, organik madde değeri de bu maddenin toprak ıslah etme açısından ayrı bir önem taşıdığını göstermektedir, - Toprağın su tutma kapasitesi artar, - Gözenekli ve geçirgen toprak yüzeyi oluşur ve bu da filtrasyonu arttırarak yüzey akışını azaltır. - Kurak alanlarda sulama sıklığı azaltılarak, toprağın daha fazla su tutması sağlanır, - Toprak erozyonu azalır, - Katyon değişim kapasitesi artar.	- Çamurların, ağır metal içeriği ve tuzluluk yönünden toprağa yapacağı etkiler, - Halk sağlığı açısından olası risklerin görülmesi, - Koku ve haşere sorunu.
Taş ve Maden Ocaklarında	- Üretim potansiyellerini kaybetmiş toprakların yeniden üretken hale getirilmeleri.	- Yer altı suyuna karışma riski

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisinde oluşan arıtma çamurundan alınan numuneler incelenmiş ve yapılan analizler neticesinde elde edilen değerlerin,”Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına dair Yönetmenlik ”Ek-I B:Toprakta kullanıla bilecek stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal limit değerlerine uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Çalışmada Konya’nın Kulu ilçesinde bulunan atıksu arıtma tesisinde oluşan arıtma çamurun nasıl değerlendirilebileceği üzerinde çalışılmış ve çamurun karakterizasyonunu belirlemek için çeşitli analizler yapılmıştır. Bertaraf yöntemlerinin neler olabileceği araştırılmış, genel bir değerlendirme yapıp ve yorumlanmıştır.

Arıtma çamurları, %25-35 KM içerecek şekilde susuzlaştırılabilirdiği takdirde katı atık depo sahasında günlük örtü malzemesi olarak kullanılabilir. Ancak, bu kuruluğa ulaştırılmış ve stabil hale getirilmiş çamurların bertaraf problemi ortadan kalkacağı için tarımsal alanlarda kullanımı öncelikle tercih edilmelidir. Hele ki Konya Ovası gibi verimli toprakları ve geniş düzlükleri bulunan tarımın hem ülke ekonomisi hem de bölgenin kalkınması açısından çok büyük bir öneme sahip olduğunu da düşünürsek bu kapsamda değerlendirmek oluşan kirlilik yükünü en aza indirip en az maliyetle yüksek fayda sağlamak mümkündür.

Sonuç olarak Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisinde oluşan çamurun bertarafı için:

- 1- Tarımsal kullanım,
- 2- Katı atık düzenli depolama sahasında günlük örtü malzemesi olarak kullanımı,
- 4-Çimento fabrikalarında fırın yakıtı olarak kullanımı,
- 3- Terk edilmiş taş ve maden ocaklarında depolama yöntemleri tavsiye edilmektedir.

Oluşan arıtma çamurunun (biokattının) KM değeri %25’in üstünde olduğu da düşünülürse birçok bölgede ciddi sorunlar teşkil eden ve çamurun yararlı bir şekilde kullanılması için yapılması gereken önemli ve maliyetli bir işlem olan KM oranının artırılması, oluşan çamur için gerekmemektedir. Ayrıca yapılan analizler neticesinde deponi alanından alınan arıtma çamurunda en yüksek KM oranı C noktasından aldığımız numunede görülmüştür. C noktasından aldığımız numune toprağa serli bulunmaktadır buda bize çamurun KM oranını özellikle yaz aylarında daha da arttırabileceğimizi göstermektedir.

Sonuç olarak Konya Kulu İlçesinde oluşan arıtma amurlarının katı madde oranları yüksektir daha da yükseltmek için geniş bir alanda yaz aylarında toprağa yayılarak Katı Madde oranı arttırılıp verimli toprakları bulunan tuz gölü havzasında toprak iyileştirme ve gübre olarak kullanılması uygundur. Ayrıca ağır metallerin düşük seviyede olması ve tarımın yaygın olduğu da düşünülürse oluşan arıtma çamurun tarımda kullanılması hem toprak için hem de arıtma çamurunda bulunan ve bitkiler için faydalı olan minerallerinde doğaya geri kazanımı sağlanmış olacaktır. Oluşan bu biokati belli bir ücretle de satılarak ile ekonomisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Anonymous, 2002.** Samsun İklim Verileri (1974-2001). Devlet Meteoroloji İstasyonu (DMI) Yayınlanmamış, Ankara, Türkiye.
- Akça, L. (2005).** Arıtma Çamurlarının Düzenli Depolama Tesislerinde Bertarafı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Katı Atık Düzenli Depolama Sistemleri Eğitimi Notları, İstanbul
- Alexander, M. (1995).** How Toxic Are Toxic Chemicals İn Soild Environmental Sci. Technology 29, 2713-2717.
- Akyarlı, ve A.Şahin, H. (2005).** Arıtma Çamurlarının Bertarafında Kireç Kullanımı. I.Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu-AÇS2005.Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir, 594s,
- Aksu, (2008)** Isparta Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisinde Oluşan Çamurun Bertaraf Stratejilerinin Araştırılması, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta, 37s.
- APHA, (1995).** Standart Methods For The Examination Of Water And Wastewater, 19th Ed. American Public Health Association. Washington, D.C.
- Arslandoğlu veN.Dere T. (2005).** Elazığ Atıksu Tasfiye Tesisi Arıtma Çamurlarındaki Azot Bileşiklerinin Araştırılması, I.Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu-AÇS2005. Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, , İzmir, 594s.
- Asher, C.J. (1991).** Beneficial elements and functional nutrients, pp. 703–723, J.J. Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch (Eds.), Micronutrients in Agriculture, Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Ashworth, W. (1991).** The Encyclopedia of Environmental Studies, Facts on File, New York.
- Başkaya HS (1987)** Topraktaki Organik Azot Bileşikleri, Belirlenmeleri ve Bitkilere Yararlılıkları. *Doğa TU Kim. D.*, 11, 1, 8-21.
- Bilgin, N. ve Eyüpoğlu, H. (2002).** Biyokatıların Arazide Kullanımı. Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Bremner JM (1965)** Organic Forms of Nitrogen. In: Black CA et al. (Eds), *Methods of Soil Analysis*, American Soc. of Agronomy, Inc., Wisconsin, 1238-1255.
- Cohen DB, Webber MD, Bryant DN (1979)** Land Application of Chemical Sewage Sludge-Lysimeter Studies. In: Alexandre D, Ott H (Eds), *First European Symposium Treatment and Use of Sewage Sludge Proceedings*, 13-15 February 1979, Cadarache, 108-138.
- Holmgren, G.G.S, Meyer, M.W, Chaney, R.L., Daniels, R.B., (1993).** Cadmium, Lead, Zinc, Copper And Nickel İn Agricultural Soils Of The United States Of America, J. Environ. Qual, 22, 335–348.
- İçemer, G.T. Yılmaz, Keles, Ç. Uslu, B. (2005).** Arıtma Çamurlarının Toksik Madde Ve Patojen Kontrolünde Uygulanan Standartlar. I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, İzmir, 529-536s.
- İşgenç, M. F, Kınay, E. (2005).** Türkiye’de Arıtma Çamurları. I. Ulusal Arıtma Çamurları Sempozyumu, İzmir, 519-528s.
- Kaçar B (1994)** Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri : III Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitimi Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No:3, Ankara.
- Kahvecioğlu, Ö. Kartal, G. Güven, A. Timur, S. (2004).** Metallerin Çevresel Etkileri- I. Metalurji Dergisi, 136s, 47-53s.

- Kartal, G. Kahvecioğlu, Ö. Güven, A. Timur, S. (2004).** Metallerin Çevresel Etkileri-II. Metalurji Dergisi, 137s, 46-51s.
- Kitiş, M. Beyhan, M.Tosun, Erdal, (2005).** Isparta atıksu arıtma tesisi işletimi ile ilgili değerlendirmeler ve öneriler. Isparta Belediyesi.
- Kocaer, F. O. Başkaya H. (2001).** Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanması. ÇEVKOR , 12-15s.
- Kocaer, F. Başkaya, H. (2001).** Arıtma Çamurlarının Araziye Uygulanabilirliği Kapsamında Bitkiye Yarayışlı Azot, Fosfor ve Potasyum Seviyeleri. UKAK 2001- Ulusal Katı Atık Kongresi, Arıtma Çamurları, 18-21 Nisan 2001.
- Lindsey, J. S. Wagner, R. (1989).** The Journal of Organic Chemistry, Department of Chemistry, Carnegie Mellon University, Pittsburgh/Pennsylvania, U.S.A, 828p.
- Lund, L.J. E.E. Betty, A.L. (1981),** Occurrence Of Naturally High Cadmium Levels In Soils And Its Accumulation By Vegetation, J. Environ. Qual. 10: 551–556p.
- Metcalf and Eddy, (1991),** Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse, McGraw-Hill, Inc., 779-796. Page, A.L., F.T. Bingham, and A.C. Shang, 1981, Cadmium, pp. 77–109, N.W. Lepp
- Sabey BR (1980).** The Use of Sewage Sludge as a Fertilizer. In: Bewick MWM (Ed.) Handbook of Organic Waste Conversion, Van Nostrand Reinhold Company, New York, 72-104.
- Salihoğlu, N. K. Pınarlı, V. (2007).** Atıksu Arıtma Çamurlarının Kapalı Yataklarda Güneş Enerjisiyle Kurutulması. İTÜ Dergisi/E, 17/1, 3-14.
- Spellman, F. R. (1997).** Wastewater Biosolids To Compost. Techonomic Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania, U. S. A., 243p.
- Swaine, D.J. ,(1955).** The Trace Element Content Of Soils, Bur. Soil Sci. 48: 1–157.
- Tosun, (2005).** Arıtma Çamurlarının Tarımda Değerlendirilmesi. İl Tarım Müdürlüğü, Hizmet İçi Eğitim Semineri.
- Arıtma Tesislerinden Kaynaklanan Arıtma Çamurlarının Karakterizasyonu, Bertaraf Teknolojileri Ve Bertaraf Teknolojilerinin Maliyet Analizi, İSTAÇ A.Ş. Proje Etüt Müdürlüğü, 2006



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel bilgiler

Adı Soyadı	İsmail Sami BİLİCİ
Doğum Yeri ve Tarihi	Antakta, 12/05/1986
Medeni Hali	Bekar
Yabancı Dil	İngilizce
İletişim Adresi	Konya Kulu Atıksu Arıtma Tesisi
E-posta Adresi	ismailsamibilici@gmail.com

Eğitim ve Akademik Durumu

Lise	Kulu Anadolu Lisesi, 2004
Lisans	Cumhuriyet Üniversitesi, Çevre Mühendisliği, 2011
	Cumhuriyet Üniversitesi, Kimya Mühendisliği, 2012 (Çift Anadal)
	Anadolu Üniversitesi ,İşletme Fakültesi , 2012

İş Tecrübesi

KOSKİ	Çevre Mühendisi, 2013-
-------	------------------------