

14. EL KİTABI HAZIRLANMASI (İP 14)

İş Paketinde (İP 14) arıtma çamurunun işlenmesi ve bertarafından sorumlu kurum ve kuruluşlardaki kişilere ve arıtma çamuru kullanıcılarına rehberlik edecek el kitaplarının hazırlanması amaçlanmaktadır. Çalışma kapsamında hazırlanan el kitapları, projenin ilgili iş paketlerinden elde edilen çıktılar kullanılarak düzenlenmiş olup; bu el kitaplarının özellikle ÇŞB merkez ve il temsilcilikleri, Belediye ve Büyükşehir Belediyelerinin Su ve Kanalizasyon İdareleri sorumluları ile arıtma çamuru üreticileri, kullanıcıları ve ilgili diğer paydaşların kullanımına yönelik esasları içermesine dikkat edilmiştir. Söz konusu el kitaplarının, arıtma çamurlarını tarımsal amaçlı olarak toprakta kullanacak çiftçilerin bilinçlendirilmesi açısından da önemli bir kaynak olarak kullanılacağı düşünülmektedir.

Proje kapsamında 3 adet El Kitabı hazırlanmıştır.

- El Kitabı 1: “AAT İşletmecileri için El Kitabı”. Beş bölümden oluşan bu el kitabı Bölüm 1: Arıtma Çamurlarının Yoğunlaştırılması, Bölüm 2: Arıtma Çamurlarının Minimizasyonu, Bölüm 3: Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonu, Bölüm 4: Arıtma Çamurlarının Susuzlaştırılması, Bölüm 5: Arıtma Çamurlarının Kurutulması ana başlıklarından oluşmaktadır. Bu kitapta atıksu arıtma tesisi işletmecileri için atıksu arıtımında kullanılan çamur işleme süreçlerinin tanımı verilmiş ve bu süreçlerin başarılı şekilde işletilmesi için gerekli işletim kriterleri tartışılmıştır.
- El Kitabı 2: Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanımı – AAT İşletmecilerinin El Kitabı. Bu el kitabı arıtma çamurunun toprakta kullanımının söz konusu olması durumunda atıksu arıtma tesisi işletmecileri için Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanımına Dair Yönetmelik kapsamında arıtma çamurlarının nasıl stabilize edileceği, hangi kalite parametrelerinin hedeflenmesi gerektiği ve tesis işletmecilerinin sorumlulukları detaylı şekilde verilmektedir.
- El Kitabı 3: Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanımı – Çiftçiler/Kullanıcılar için El Kitabı. Bu kitapta da atıksu arıtma tesisinde üretilen çamuru toprakta kullanacak olan kullanıcılar/çiftçiler için çamurun ne gibi süreçlerle üretildiği, hangi bileşenlerden oluştuğu, ne tür kirleticiler barındırabileceği, toprakta kullanımın avantaj ve dezavantajları değerlendirilmekte, doğru kullanım oranları konusunda kullanıcılar bilgilendirilmektedir.

ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İŞLETMECİLERİ İÇİN EL KİTABI

KISIM 1. ARITMA ÇAMURLARININ YOĞUNLAŞTIRILMASI

KISIM 2. ARITMA ÇAMURLARININ MİNİMİZASYONU

KISIM 3. ARITMA ÇAMURLARININ STABİLİZASYONU

KISIM 4. ARITMA ÇAMURLARININ SUSUZLAŞTIRILMASI

KISIM 5. ARITMA ÇAMURLARININ KURUTULMASI

ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İŞLETMECİLERİ İÇİN EL KİTABI
KISIM 1. ARITMA ÇAMURLARININ YOĞUNLAŞTIRILMASI

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1- GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

- 1.1. Arıtma Çamuru Neden Yoğunlaştırılır?
- 1.2. Bu El Kitabının Amacı Nedir?
- 1.3. El Kitabının Kullanılacağı Yerler
- 1.4. Atıksu Arıtma Tesislerinde Kullanılan Yoğunlaştırıcı Tipleri

BÖLÜM 2- GRAVİTELİ ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRICI

- 2.1. Graviteli Çamur Yoğunlaştırıcı Çalışma Prensibi
- 2.2. İşletim Koşulları
- 2.3. Prosese ait Kontrol Hesaplamaları
 - 2.3.1. Çamur Çekim Hızı
 - 2.3.2. Çamur Pompası İşletim Süresi
 - 2.3.3. Hidrolik Yükleme
 - 2.3.4. Katı Madde Yüğü
 - 2.3.5. Konsantrasyon Faktörü

BÖLÜM 3 – FLOTASYON ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRICI

- 3.1. Flotasyon Yoğunlaştırıcı Çalışma Prensibi
- 3.2. Prosese ait Kontrol Hesaplamaları
 - 3.2.1 Hidrolik Yükleme
 - 3.2.2 Katı Madde Yüğü
 - 3.2.3. Hava/Katı Madde Oranı

BÖLÜM 4 – SANTRİFÜJ ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRICI

- 4.1. Santrifüj Yoğunlaştırıcı Çalışma Prensibi

BÖLÜM 5 – DİĞER ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRMA ÜNİTELERİ

BÖLÜM 1– GİRİŞ, TANIMLAR ve GENEL BİLGİLER

1.1.Aritma Çamuru Neden Yoğunlaştırılır?

Atıksu arıtımının en pahalı ve en karmaşık yönü atıksu arıtma işlemleri sırasında oluşan arıtma çamurlarının taşınması, işlenmesi ve bertaraf edilmesidir. Arıtma çamurunun içeriğindeki katı madde miktarı düşüktür (%0,05-%2 KM) ve büyük hacimlerde su (%98-99) içermektedir. Arıtma çamurlarının işlenmesi ve bertaraf edilmesinde, maliyeti belirleyen unsurlar doğrudan işlenen arıtma çamurunun hacmi ile ilgilidir. Bu nedenle, çamur arıtımında öncelikli işlem, çamurdaki suyun katılardan mümkün olduğunca ayrılmasıdır.

Yoğunlaştırma çamurdan sıvı fazın ayrılarak katı madde içeriğinin arttırılması işlemidir. Katı madde içeriği arttırılarak daha ekonomik arıtma yöntemleri uygulanabilir. Arıtma çamurlarının işlenmesinde ilk adım olan yoğunlaştırma işlemleri, stabilizasyon ünitelerinden önce ön yoğunlaştırıcı, stabilizasyon ünitelerini takiben son yoğunlaştırıcı olarak atıksu arıtma tesislerinde kullanılmaktadır.

Basit olarak yoğunlaştırmanın amacı, kendisinden sonra gelen çamur işleme ünitelerinin hacmini azaltmaktır. Çamur yoğunlaştırmanın yararlarına örnek olarak, daha küçük tank kapasitesi, daha az şartlandırıcı kimyasal madde ihtiyacı, daha küçük pompa ve borulama, çamurun daha kolay işlenebilmesi verilebilir. Yoğunlaştırma ile çamur hacminde elde edilen azalma örneklenirse, eğer son çökeltim tankından gelen %0,8 KM içeriği olan atık aktif çamur %4 KM içeriğine kadar yoğunlaştırılabilirse, arıtma çamuru hacminde 5 kat azalma sağlanmaktadır (Metcalf&Eddy, 1991).

1.2.Bu El Kitabının Amacı Nedir?

Bu el kitabının amacı, arıtma çamurlarının yoğunlaştırılmasında kullanılan yoğunlaştırıcı tiplerinin tanıtılması, işletme koşullarının verilmesi, işletmeye yönelik basit hesap örneklemeleriyle işletmecilere yardımcı olabilecek bilgilerin ortaya konması ve çamur yoğunlaştırma ünitelerinin daha verimli bir şekilde işletilmesinin sağlanmasıdır.

1.3.El Kitabının Kullanılacağı Yerler

Bu el kitabı arıtma tesisi işletmecileri ve sorumluları tarafından çamurunun yoğunlaştırılmasına yönelik, uygulamacılara çamur yoğunlaştırma ünitelerinin verimli olarak işletilmesi için gerekli temel bilgileri içerecek şekilde hazırlanmıştır. Gerek ön yoğunlaştırma gerekse son yoğunlaştırma ünitelerine sahip atıksu arıtma tesisi işletmecileri tarafından kullanılması hedeflenmiştir.

1.4.Atıksu Arıtma Tesislerinde Kullanılan Yoğunlaştırıcı Tipleri

Atıksu arıtma tesislerinde kullanılan yoğunlaştırıcılar aşağıda verilmiştir:

- Graviteli yoğunlaştırıcı
- Flotasyon yoğunlaştırıcı
- Santrifüj yoğunlaştırıcı
- Bantlı tip yoğunlaştırıcı
- Döner tambur tipi yoğunlaştırıcı

BÖLÜM 2 – GRAVİTELİ ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRICI

2.1.Graviteli Çamur Yoğunlaştırıcı Çalışma Prensibi

Graviteli yoğunlaştırıcılar; ön çökeltim çamurları ve son çökeltim çamurlarına ön yoğunlaştırma, stabilize edilmiş arıtma çamurlarına ise son yoğunlaştırma amacıyla uygulanmaktadır. Graviteli yoğunlaştırıcılar, biyolojik arıtma uygulayan tesislerin son çökeltim havuzlarına benzer şekilde tasarlanır ve işletilir. Graviteli yoğunlaştırmanın verimini etkileyen faktörler;

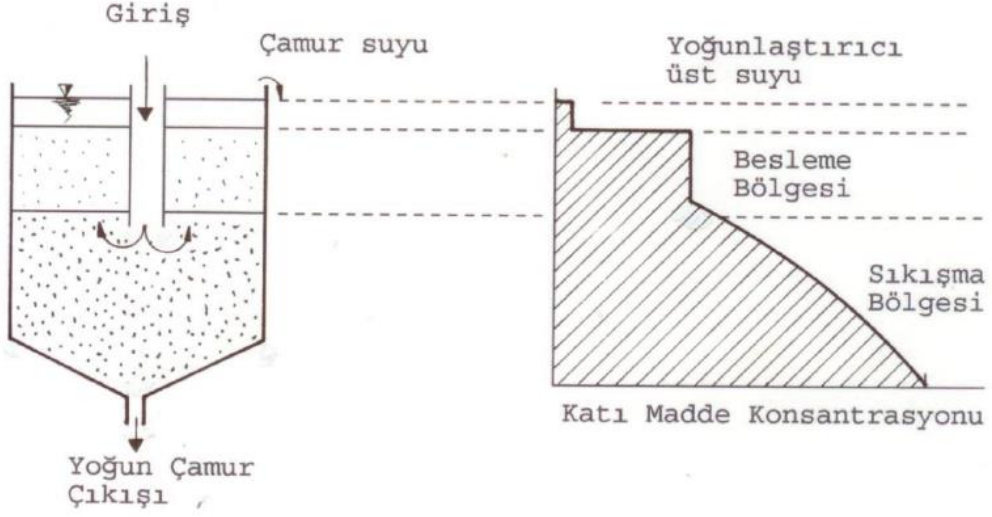
1. Çamur kaynağı (ön çökeltim çamuru, aktif çamur),
2. Sıcaklık ve çamur yaşı,
3. Katı yükleme miktarı ve çamur örtü tabakası yüksekliği,
4. Hidrolik yükleme ve
5. Hidrolik alıkonma zamanıdır.

İşletmede katılar, ön çökeltim veya son çökeltim havuzlarından çekilen çamur ile yoğunlaştırıcıya pompalanır. Yoğunlaştırıcıya gelen katılar 3 farklı bölgeye ayrılır. En üst tabaka nispeten berrak sıvı (süpernatant)'dır. Sonraki tabaka daha yoğun katıların bulunduğu çökeltme bölgesidir ve en altta bulunan yoğunlaştırma tabakasında ise katılar çamur örtü tabakasını oluşturmaktadır. Bu tabakanın ağırlığı alttaki katıları sıkıştırarak suyun daha yukarıya doğru hareketini sağlamaktadır. Örtü tabakasının kalınlığının ayarlanmasıyla alt kısımdaki sıvıda katı madde yüzdesi artar ya da azalır. Supernatant (üst sıvı faz) yüzeye çıkar ve arıtma tesisinin bu yan akımı arıtacağı ünitesine verilir. Tipik bir graviteli yoğunlaştırıcının çalışma sırasında oluşan bu üç farklı bölge ve katı madde konsantrasyonu Şekil 2.1'de verilmektedir. Graviteli yoğunlaştırıcıya ait plan ve kesit ise Şekil 2.2'de gösterilmektedir.

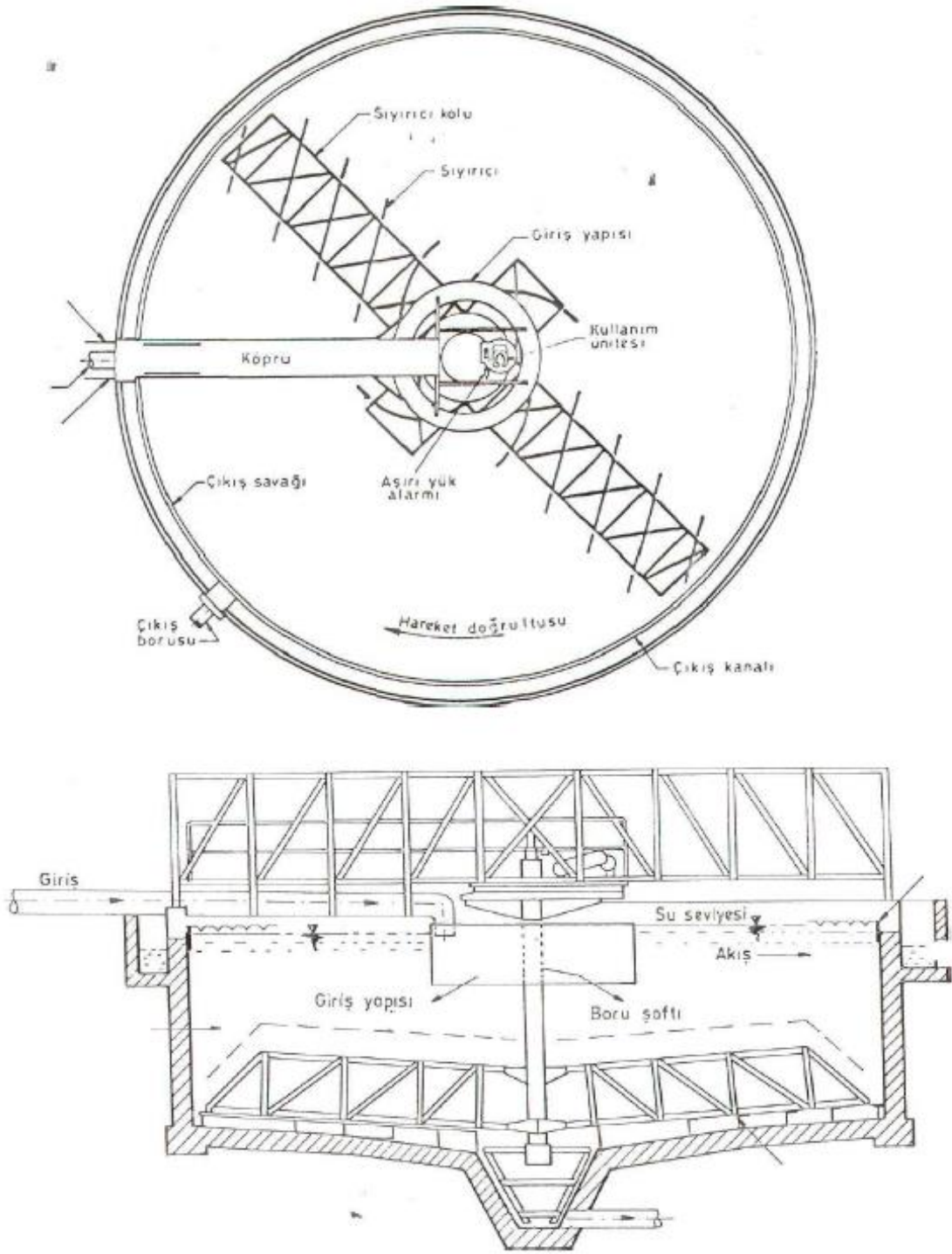
Yoğunlaştırma prosesi için günlük yapılan çalışmalar; çamurun yoğunlaştırıcıya pompalanması, yoğunlaştırıcının gözlemlenmesi, çamur ve üst sıvı örnekleme ve analizi, proses kontrol hesaplamaları, bakım ve temizliktir.

Graviteli yoğunlaştırmada kullanılan tank, çökeltim havuzları için kullanılan çökeltim tankı tasarımına benzer bir şekilde yapılmaktadır. Graviteli yoğunlaştırıcılar genellikle daireseldir ve sürekli olarak katı materyalin toplanması için gerekli ekipman ile donatılmıştır. Toplanan katılar gelen çamura göre daha yoğun olduğu için toplama mekanizmasında çökeltim tankında olandan daha güçlü bir ekipman kullanılması gerekir. Graviteli yoğunlaştırıcıda yoğunlaştırılmış katıların çekilmesi için pompa ve debi ölçümü gibi pompalama tesisleri kullanılır.

Graviteli yoğunlaştırıcıda ulaşılan katı madde konsantrasyonu (KM) tipik olarak ön çökeltim çamurları için %8-10 katı madde içeriği, atık aktif çamur için %2-4 KM, damlatmalı filtre çamurları için %7-9 KM ve ön çökeltim+son çökeltim çamurlarının karıştırıldığı karışık çamur için ise %4-9 KM'dir.



Şekil 2.1. Tipik bir graviteli yoğunlaştırıcının çalışma prensibi (Filibeli, A., 2013)



Şekil 2.2. Graviteli yoğunlaştırıcıya ait plan ve kesit detayları (Filibeli, A., 2013)

2.2.İşletme Koşulları

Yoğunlaştırıcıya çamur yükleme ve çekim hızı izlenmelidir. İstenen katı madde konsantrasyonu için gereken çamur örtü tabakası yüksekliği ayarlanmalıdır. Ayrıca, atıksu arıtımına gönderilen bir yan akım olan üst sıvının (süpernatant) kalitesi, koku, renk dikkate alınarak alt akımın kalitesi de izlenmelidir.

Birim proses kontrol için örnekleme ve analizler yoğunlaştırıcıya gelen çamur ve yoğunlaştırıcıdan alınan yoğun çamurda yapılacak katı madde (%KM), uçucu organik madde (%OM) ve pH parametrelerini içermelidir. Yoğunlaştırıcıdaki çamur örtü tabakası derinliği ölçülmelidir. Yoğunlaştırıcıdan alınan üst sıvı için ise Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ₅), toplam askıda katı madde (AKM) ve pH analizleri periyodik olarak yapılmalıdır.

- ✓ Not: Graviteli yoğunlaştırıcıların tipik olarak potansiyel koku kaynaklarını ortadan kaldırmak için sık sık temizlenmesi gerekir.

2.3. Prosese ait Kontrol Hesaplamaları

Atıksu arıtımı ve arıtma çamurlarının işlenmesi sırasında çamurların pompalanmasına ilişkin uygulanan hesaplamalar, çamurların yoğunlaştırılması kısmını da içine alacak şekilde bu kısımda verilmiştir. Yoğunlaştırıcı performansı kontrol ve işletimine yardımcı olmak için ilave hesaplamalar da bu kısımda detaylandırılmıştır.

2.3.1 Çamur Çekim Hızı

Yoğunlaştırıcıdan çekilecek çamur miktarının tahmini olarak belirlenmesinde aşağıdaki bağıntı kullanılabilir,

$$\text{Tahmini çamur çekim hızı (m}^3\text{/h)} = \frac{(\text{TAKM}_{\text{giriş}} - \text{TAKM}_{\text{çıkış}})}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} * \text{Çamurdaki \%KM} * 24 \text{ h/gün}}$$

Örnek 1.

Ön çökeltim tankından alınan arıtma çamuru %1,5 katı maddeye sahiptir. Çökeltim havuzuna gelen giriş atıksu debisi 21000 m³/gün olup, giriş atıksuyu 297 mg/ L TAKM ve çıkış atıksuyu ise 143mg/L TAKM konsantrasyona sahiptir. Çamur çeken pompanın sürekli çalıştığı kabul edilirse, çökeltim ünitesinden dakikada uzaklaştırılacak çamur miktarı nedir?

Çözüm:

$$\text{Çamur pompaj hızı} = \frac{(297 \text{ mg/L} - 143 \text{ mg/L}) \times 21000 \text{ m}^3/\text{gün}}{1000 \text{ kg/m}^3 \times 0,015 \times 24 \text{ h/gün}} = 9 \text{ m}^3/\text{h}$$

2.3.2 Çamur Pompası İşletim Süresi

Çamur pompası işletim süresi, 24 saatlik bir sürede pompanın işletildiği toplam sürenin dakika cinsinden ifadesidir.

$$\text{Pompa işletim süresi} = \text{zaman} / \text{devir,dk} \times \text{devir/gün}$$

Örnek 2.

Çamur pompası saatte 15 dk işletilmektedir. Pompa 0,11 m³/dk çamur iletmektedir. Laboratuar testleri çamurun %5,3 katı madde içeriğinde ve %66 organik madde içerdiğini göstermektedir. Çökeltim tankından çürütücüye gönderilen organik madde miktarı nedir?

Çözüm:

$$\text{Pompa işletim süresi} = 15 \text{ dk/saat} \times 24 \text{ saat (devir)/ gün} = 360 \text{ dk/gün}$$

Günde pompalanan çamur (m³/gün)

$$\begin{aligned} \text{Çamur, m}^3/\text{dk} &= \text{işletme zamanı, dk/gün} \times \text{çamur çekim hızı, m}^3/\text{dk} \\ &= 360 \text{ dk/gün} \times 0,11 \text{ m}^3/\text{dk} = 40,9 \text{ m}^3/\text{gün} \end{aligned}$$

Günde pompalanan katı madde miktarı

$$\text{Pompalanan katı, kg/gün} = \text{pompalanan çamur, m}^3/\text{gün} \times \% \text{ katı madde}$$

$$= 40,9 \text{ m}^3/\text{gün} \times 0,053 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 2167 \text{ kg/gün}$$

Günde pompalanan organik madde miktarı

Organik madde miktarı, kg/gün = pompalanan katı, kg/gün x % organik madde

$$= 2167 \text{ kg/gün} \times 0,66 = 1430 \text{ kg/gün}$$

2.3.3 Hidrolik Yükleme

Yoğunlaştırıcılar için hidrolik yükleme, günde yoğunlaştırıcı birim yüzey alanına (metrekare) gelen çamur debisidir.

Hidrolik yükleme ($\text{m}^3/\text{m}^2/\text{gün}$) = yoğunlaştırıcıya gelen toplam çamur debisi ($\text{m}^3/\text{gün}$) / yoğunlaştırıcı alanı, m^2

Örnek 3.

Verilenlere göre hidrolik yüklemeyi bulunuz.

Yoğunlaştırıcıya gelen debi= 900 $\text{m}^3/\text{gün}$

Yoğunlaştırıcı çapı = 9 m

Çözüm:

Hidrolik yükleme, $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{gün} = 900 \text{ m}^3/\text{gün} / [(\pi \times 9^2) / 4]$

$$= 13,85 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{gün}$$

2.3.4 Katı Madde Yüklemesi

Katı madde yüklemesi, birim zamanda birim yoğunlaştırıcı yüzey alanı başına uygulanan katı madde miktarı olarak ifade edilir.

Katı madde yüklemesi, $\text{kg/gün}/\text{m}^2 = \text{uygulanan katı, kg/gün} / \text{Yoğunlaştırıcı alanı, m}^2$

Katı madde yüklemesi, $\text{kg/saat}/\text{m}^2 = \text{uygulanan katı, kg/saat} / \text{Yoğunlaştırıcı alanı, m}^2$

2.3.5 Konsantrasyon Faktörü

Konsantrasyon faktörü, yoğunlaştırıcının performansının günlük olarak kolayca karşılaştırılmasına izin verir. Konsantrasyon faktörü, alt sıvıdaki katı madde yüzdesinin yoğunlaştırıcıya gelen çamur katı yüzdesine bölünmesi ile bulunur.

Konsantrasyon faktöründe normal aralıklar:

Ön çökeltimdeki katılar için $\geq 2,0$

Son çökeltimdeki katılar için $\geq 3,0$

Konsantrasyon Faktörü =yoğun çamurdaki katı madde, %/yoğunlaştırıcıya gelen çamurdaki katı madde, %

Örnek 5.

Verilenlere göre konsantrasyon faktörünü bulunuz. Yoğunlaştırıcıya gelen çamurdaki katı madde, = % 3,0 KM

yoğun çamurdaki katı madde = % 9,2 KM

Konsantrasyon Faktörü= % 9,2/% 3,0 = 3,1

BÖLÜM 3 – FLOTASYON YOĞUNLAŞTIRICILAR

3.1. Flotasyon Yoğunlaştırıcı Çalışma Prensipleri

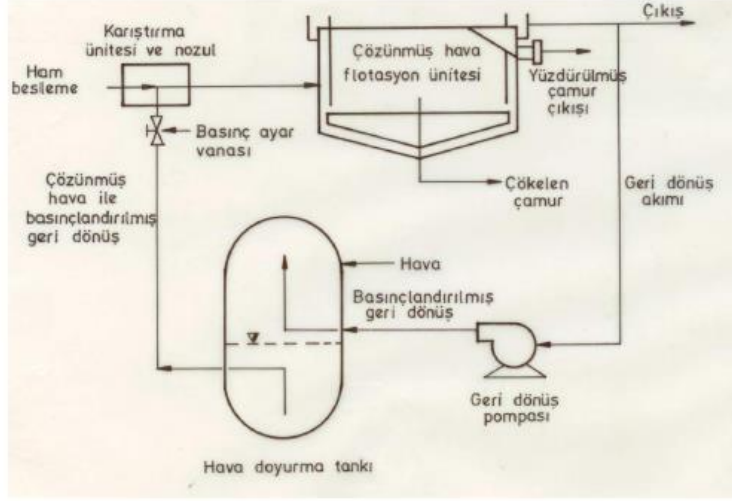
Flotasyon yoğunlaştırıcılar aktif çamur sistemi gibi biyolojik askıda çoğalma sistemlerinden gelen arıtma çamurları için daha verimli olarak kullanılırlar. İşletmede, flotasyon yoğunlaştırıcıdan az miktarda geri döndürülen su basınç altında havalandırılır. Aşırı doymuş sıvı, çamurun atmosferik basınçta geçtiği tank tabanının yakınından salınır. Bu zaman boyunca, su normal basınç altındakinden daha fazla havayı absorbe eder. Geri devir akımı kimyasal ilavelerle birlikte (eğer kullanılıyorsa) akımla beraber karıştırılır. Karışım, flotasyon yoğunlaştırıcıya girdiğinde, fazla hava ince kabarcık formunda serbest bırakılır. Bu kabarcıklar katılara bağlanır ve onları yüzeye doğru taşır. Katıların yüzeyde birikimi yüzen kek olarak adlandırılır. Yüzen kekin tabanına daha fazla katı ilave edildikçe, daha kalınlaşır ve su kekin üst tabakalarından boşaltılır. Daha sonra katılar eğimli yüzeylerle ya da sıyrıcılarla toplanır ve boşaltılır. Üst sıvı yüzen katıların yüzeyinin altından tanktan ayrılır ve arıtma tesisi içinde arıtma geri döndürülür. Tipik olarak, flotasyon yoğunlaştırıcıların performansı polimer ilavesi ile birlikte atık aktif çamur için %3–5 katı madde içeriği ve polimer ilavesi olmaksızın %2–4 katı madde içeriğidir.

- ✓ Not: Flotasyon yoğunlaştırıcı özellikle graviteli yoğunlaştırıcı ile yoğunlaştırılması zor olan aktif çamur için etkilidir.

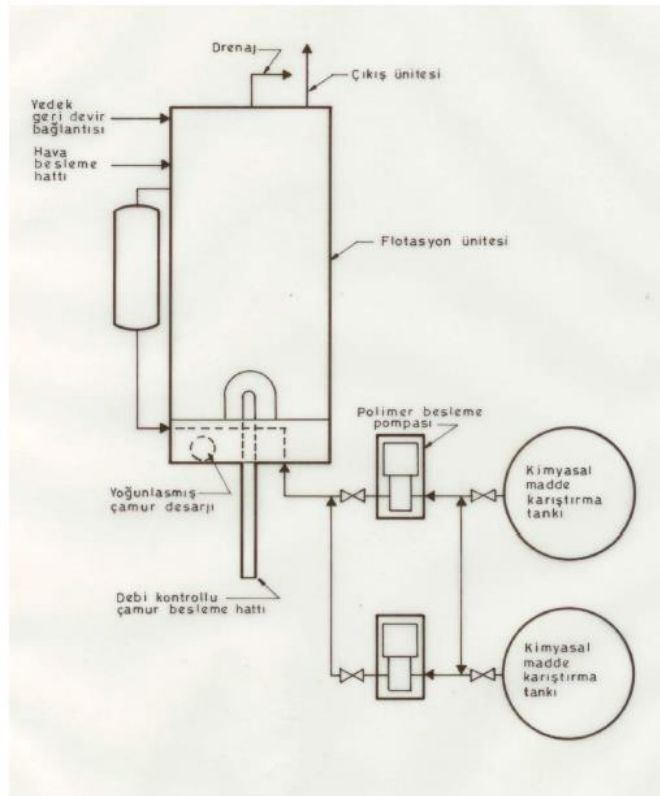
Ekipman gereksinimlerine ilişkin, flotasyon yoğunlaştırıcılar için basınçlandırılmış hava, basınçlandırılmış hava ile gelen çamur akımının tamamı veya bir kısmını karıştırmak için basınçlandırma tankı, flotasyon yoğunlaştırıcı tankı ve yüzen çamur kekini tankın yüzeyinden almak ve dibe çöken katıları tank tabanından toplamak üzere katı madde toplama mekanizmasına gereksinim vardır. Proseste normalde katı/sıvı ayırımı daha iyi gerçekleştirmek için kimyasal ilavesine gerek duyulmasından dolayı, kimyasal karıştırma ekipmanı, depolama tankı ve istenilen dozda kimyasal verilmesi için ölçüm ekipmanına gerek duyulur.

Normal işletmede havalandırma oranını (hava/katı oranı), geri devir oranını, kimyasal dozunu ve yüzen katı madde tabaka kalınlığının izlenmesi ve kontrolü için bir operatöre gerek vardır. Operatör, geri devir ve kimyasal ilavesine, katıların sistemden deşarjından en az 15 dakika önce başlamalıdır. Bu da flotasyon yoğunlaştırıcıya yeni katı madde girişi olduğunda flotasyon prosesinin düzgün çalışıyor olmasını sağlar. Operatör ayrıca flotasyon yoğunlaştırıcısının ve koku ve işletme problemlerini önleyen ekipmanların rutin olarak temizlenmesini sağlamalıdır.

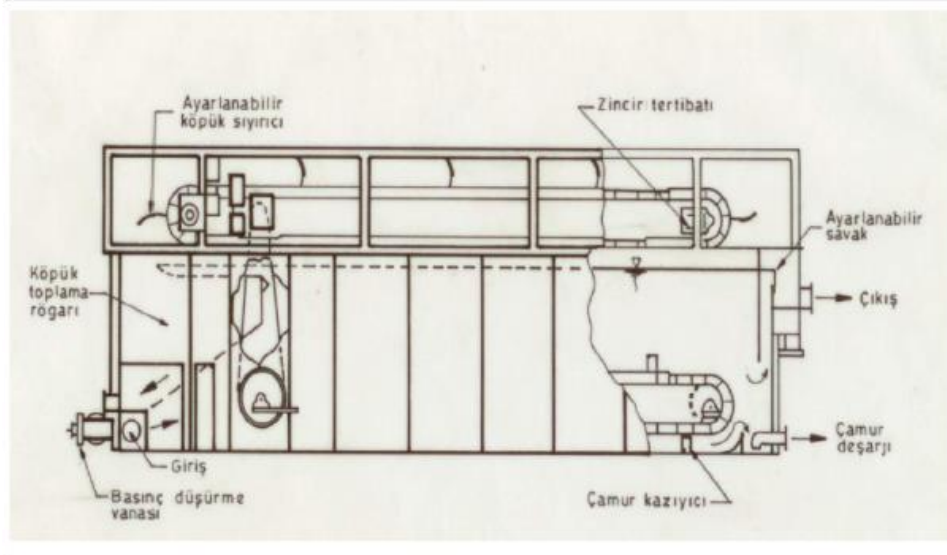
Flotasyon yoğunlaştırıcı sistemine ait akım şeması Şekil 3.1’de, tipik bir çözülmüş hava flotasyonu yoğunlaştırıcı sistemi Şekil 3.2’de ve flotasyon yoğunlaştırıcıya ait havuz kesiti Şekil 3.3’de verilmektedir.



Şekil 3.1. Flotasyon yoğunlaştırıcı sistemine ait akım şeması (Filibeli, A., 2013)



Şekil 3.2. Tipik bir çözülmüş hava flotasyonu yoğunlaştırıcı sistemi (Filibeli, A., 2013)



Şekil 3.3. Flotasyon yoğunlaştırıcıya ait havuz kesiti (Filibeli, A., 2013)

3.2. Proses Kontrol Hesaplamaları

Flotasyon yoğunlaştırıcısının işletiminde proses kontrolünde kullanılan tipik hesaplamalar hidrolik yükleme, katı yüklemesi ve hava/katı oranının belirlenmesidir.

3.2.1 Hidrolik Yükleme ($m^3/sa/m^2$)

Hidrolik yükleme, $m^3/sa / m^2 = \text{yoğunlaştırıcıya gelen debi, } m^3/sa / \text{yoğunlaştırıcı alanı, } m^2$

- ✓ Not: Flotasyon yoğunlaştırıcılar için tipik hidrolik yükleme değerleri; $0,02 - 0,08 m^3/sa/m^2$ (polimer ile) ve $0,02 - 0,06 m^3/sa/m^2$ (polimer ilavesiz).

3.2.2 Katı madde yüklemesi ($kg/sa/m^2$)

Katı yüklemesi, $kg/saat/m^2 = \text{uygulanan katı, } kg/saat/\text{yoğunlaştırıcı alanı, } m^2$

- ✓ Not: Flotasyon yoğunlaştırıcılar için tipik katı yüklemeleri; $4,89 - 9,77 kg/saat/m^2$ (polimer ile) ve $1,96 - 4,89 kg/saat/m^2$ (polimer ilavesiz)

3.2.3 Hava/Katı oranı

Hava/katı oranı sıklıkla flotasyon yoğunlaştırıcısının işletiminin değerlendirilmesinde kullanılır.

Hava/Katı= uygulanan hava, (kg/dk)/yoğunlaştırıcıya gelen katı, (kg/dk)

✓ Not: hava/katı oranı sıcaklık, yükseklik ve barometrik basınçla değişebilir.

Çözünmüş hava flotasyonunda katı madde yükleme aralıkları, çeşitli yoğunlaştırma yöntemleri ve çeşitli çamur tipleri için tipik polimer ilaveleri sırasıyla Tablo 3.1 ve Tablo 3.2’de verilmektedir.

Tablo 3.1. Çözünmüş hava flotasyonunda katı madde yükleme aralıkları

Çamur tipi	Katı madde yükü, kg/m ² .gün
Havalı aktif çamur	25-75
Havalı aktif çamur (çökeltilmiş)	50-100
Saf oksijenli aktif çamur(çökeltilmiş)	60-150
%50 ön çökeltim + % 50 aktif çamur (çökeltilmiş)	100-200
Sadece ön çökeltim çamuru	<260

Tablo 3.2. Çeşitli yoğunlaştırma yöntemleri ve çeşitli çamur tipleri için tipik polimer ilaveleri

Çamur Tipi	Polimer ilavesi, kg polimer/ton KM			
	Çözünmüş Hava Flotasyonu	Katı Madde Dekantör Tipi Santrifüj	Sepet Santrifüj	Bant Filtre
Atık aktif çamur	2-5	0-4	1-3	3-7
Aerobik çürük çamur		4-8		
Anaerobik çürük çamur		4-8		

BÖLÜM.4 – SANTRİFÜJ ÇAMUR YOĞUNLAŞTIRICI

4.1. Santrifüj Yoğunlaştırıcı Çalışma Prensibi

Atıksu arıtma tesislerinde santrifüjler, arıtma çamurlarını hem yoğunlaştırmak, hem de suyunu almak için kullanılırlar. Çeşitli arıtma tesisleri, yeni uygulamada santrifüj tasarımını hem yoğunlaştırma hem de katıların susuzlaştırılmasında kullanmak üzere değerlendirme yapmaktadır. Bu el kitabının “Çamur Susuzlaştırma” kısmında santrifüjler detaylı olarak açıklanmıştır. Bu nedenle detaylı bilgi için lütfen “Çamur Susuzlaştırma” kısmına bakınız.

BÖLÜM 5 – DİĞER YOĞUNLAŞTIRICI ÜNİTELERİ

Bu el kitabında yer alan yoğunlaştırıcı tiplerinin dışında uygulamada, bantlı tip yoğunlaştırıcı ve döner tambur tipi yoğunlaştırıcılara da rastlanmaktadır. Ancak, bu yoğunlaştırıcılar günümüzde yaygın olarak kullanılmadığından bu el kitabı kapsamında detaylı olarak verilmemiştir. Bantlı tip yoğunlaştırıcılar, çamur susuzlaştırmada kullanılan bantlı tipte pres susuzlaştırma üniteleri ile benzer tasarım ve işletim esaslarına sahiptir. Bu konuda detaylı bilgi “Çamur Susuzlaştırma” kısmında verilmektedir.

ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İŞLETMECİLERİ İÇİN EL KİTABI

KISIM 2. ARITMA ÇAMURLARININ MİNİMİZASYONU

BÖLÜM 1 – GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

1.1.Aritma Çamuru Neden Azaltılmalıdır?

1.2.Bu El Kitabının Amacı Nedir?

1.3.El Kitabının Kullanılacağı Yerler

BÖLÜM 2 – ÇAMUR MİNİMİZASYONU

2.1.Mekanik Ön Arıtma

2.1.1.Mikrosludge™ (Mikroçamur)

2.1.2.Ultrasonikasyon

2.1.3.Vurgulu Elektrik Alanı

2.2.Termal Ön Arıtma

2.2.1.Cambi™ Prosesi

2.2.2.Mikrodalga ile Ön Arıtma

2.2.3.Dezavantajlar

2.3.Kimyasal Ön Arıtma

2.3.1.Alkali Ön Arıtımı

2.3.2.Ozon Ön Arıtımı (İleri Oksidasyon Yöntemi)

2.3.3.Fenton Ön Arıtımı (İleri Oksidasyon Yöntemi)

2.4.Biyolojik Ön Arıtma (Enzim Uygulaması)

BÖLÜM 1 – GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

1.1.Aritma Çamuru Neden Azaltılmalıdır?

Tüm dünyada depolama sahalarının kısıtlı olması, çamurun faydalı kullanımı konusunda yeterli uygulamaların bulunmaması ve toplam atıksu arıtma maliyetin yaklaşık olarak yarısını oluşturan yüksek çamur arıtma maliyetleri vb. nedenlerle, arıtma çamuru yönetimi konusunda yeni yaklaşımlar gündeme gelmektedir. Bu yaklaşımlar içerisinde çamur miktarının azaltılmasına (çamur minimizasyonu) yönelik çalışmalar son dönemde oldukça hız kazanmıştır. Kullanılan minimizasyon teknikleri, atıksu arıtımı sonrasında oluşan çamur miktarının azaltılması amacıyla uygulanan ön işlemler (dezentegrasyon) ve çamur oluşumunu baştan engelleyerek toplam kütle ve hacimde belli oranda azalmayı sağlayan teknikler (kaynakta azaltma yöntemleri) olarak değerlendirilmektedir.

Bunun yanısıra, çürüme verimini arttırmak ve çamur miktarını azaltmak amacıyla kullanılan klasik çürüme işlemlerinin modifikasyonlarının gerçek ölçekli uygulamaları da mevcuttur Dolayısı ile, çamur minimizasyonu ile hem arıtıma giren çamur miktarında azalma sağlanarak arıtım hacimleri ve maliyetlerinin düşürülmesi, hem de arıtım sonunda elden çıkarılması gereken çamur hacimlerinin azaltılması hedeflenmektedir. Çürüme işlemlerinde organik madde miktarının en aza indirilmesi amacıyla uygulanan modifikasyonlar da çamur miktarının azaltılmasına yönelik olan uygulama olarak karşımıza çıkmaktadır.

1.2.Bu El Kitabının Amacı Nedir?

Bu el kitabının amacı, arıtma çamurlarının minimizasyonunda kullanılan yöntemlerin tanıtılması ve işletmecilere yardımcı olabilecek bilgilerin ortaya konularak arıtma çamuru minimizasyonu uygulamalarının verimli bir şekilde gerçekleştirilmesine yardımcı olmaktır.

1.3.El Kitabının Kullanılacağı Yerler

Bu el kitabı arıtma tesisi işletmecileri ve sorumluları tarafından arıtma çamurlarının minimizasyonu aşamasında, uygulamacılar için gerekli temel bilgileri içerecek şekilde hazırlanmıştır.

BÖLÜM 2 – ÇAMUR MİNİMİZASYONU

Çamur minimizasyonu, son yıllarda oldukça yaygınlaşan ve genellikle stabilizasyon öncesinde uygulanan işlemlerdir. Çamur minimizasyonu uygulamalarının temel amacı;

- Çamurun organik madde çözünebilirliğini arttırarak, stabilizasyon süresini hızlandırmak ve böylelikle daha kısa işletme sürelerinde, daha küçük reaktör hacimleriyle arıtım sağlamak,
- Bertaraf edilecek çamurun miktarını azaltmak ve böylelikle çamur arıtımının sonraki adımları için maliyeti düşürmek,
- Havasız çürütme uygulanan çamurlarda yüksek biyogaz verimleri elde etmek, olarak sıralanabilir.

Bertaraf edilecek çamurun miktarı iki şekilde azaltılabilir; birincisi, çamurun kaynağında azaltım yapmak, yani atıksu arıtımı sırasında uygulanacak teknolojiler sayesinde daha az çamur üretmektir. Uygulanan klasik ön-arıtma yöntemlerine ek olarak, çamur oluşumunu daha da azaltabilecek yeni yöntem arayışları devam etmektedir. Tablo 2.1’de, halen geliştirilmekte olan yöntemler avantajlar ve dezavantajları ile birlikte verilmiştir.

İkinci yöntem ise atıksu arıtma proseslerinden sonra, çamur arıtımı sırasında çeşitli yöntemler sayesinde bertaraf edilecek nihai çamur miktarını azaltmaktır. Bu el kitabında ikinci yöntem olan, çamurun oluşumundan sonra uygulanacak çamur minimizasyonu işlemleri üzerinde durulacaktır. Bu işlemler, atıksu arıtımı sonrasında oluşan ve bertaraf edilmeden önce mutlaka arıtılması gereken çamura uygulanan, genellikle ‘ön-arıtım’ ya da ‘dezentegrasyon’ olarak adlandırılan uygulamalardır.

Çamur minimizasyonunda uygulanabilecek ön-arıtma yöntemleri, mekanik, termal, kimyasal ve biyolojik yöntemler olmak üzere dört temel grup altında sınıflandırılabilir.

Tablo 2.1: Gelişmekte Olan Kaynakta Çamur Azaltım Uygulamaları

Yöntem	Uygulanma Şekli	Avantajları	Dezavantajları
Magneto-Ferrit Metodu	Ferrit parçacıkları ve çamur bir arada tutularak manyetik bir akışa maruz bırakılır ve bu sayede sterilizasyon ve hücre parçalanması gerçekleşir. İşlem görmüş çamur, havalandırma tankına geri gönderilir ve aktif çamur ile parçalanır.	<ul style="list-style-type: none">• Çamur oluşumunda %42 oranında azalma• Ferrit parçalarının çamurdan kolay ayrıştırılması• Büyük ölçekli tesislere kolay uygulanabilmesi• Ucuz ve kolay kurulum	<ul style="list-style-type: none">• Geliştirilmekte olan bir proses
Cannibal®	Cannibal prosesi, ikincil arıtma sisteminden gelen aktif çamur oluşumunu azaltmak için döngüsel ortamları kullanır. Oksik ve fakültatif bu ortamlarda değişken mikrobiyal komüniteler gelişir. Ortama uyum sağlayamayan bakteriler ise uyum sağlayanlar için karbon kaynağı olurlar. Bu sayede çamur oluşumu azalır.	<ul style="list-style-type: none">• Yüksek çözünmüş KOİ salınımı• Küçük ve orta ölçekli tesisler için avantajlı• Çamur oluşumunda %50 oranında azalma	<ul style="list-style-type: none">• İlave havalandırma gerektirmesi maliyeti arttırır.• Biyolojik fosfor giderimi gerçekleştirilemez.• Reaktörde koku oluşumu
Mantar ile Çamur Oluşumu Azaltılması	Çamur, yüksek miktarda özel mantar ve bakteri içeren reaktörlere gönderilir.	<ul style="list-style-type: none">• Çamur oluşumunda %30 oranında azalma• Kolay ve basit kurulum• %100 biyolojik proses	<ul style="list-style-type: none">• Koku oluşma potansiyeli
IDI Biyoliz	Hücrel materyali biyoparçalanabilir hale getirmek, bakteriyel büyümeyi azaltmak ve bakteri metabolizması için gerekli enerjiyi arttırmak için kimyasal ve enzimatik stres yöntemi kullanılır. Biyoliz Ozon: Aktif çamur sisteminden gelen çamur özel dizayn edilmiş kontak kulesine gönderilir, ozonlanarak strese maruz bırakılır ve sonrasında aktif çamur sistemine geri gönderilir.	<ul style="list-style-type: none">• İkinci çöktürme tanklarında performans ve kapasite artışı• Cannibal'e kıyasla, düşük karbon ihtiyacı• %80 çamur oluşumu azaltımı	<ul style="list-style-type: none">• Kurulum için gerekli yüksek maliyet• Ozonlama için gerekli yüksek oksijen miktarı

Yöntem	Uygulanma Şekli	Avantajları	Dezavantajları
Elektrokogülasyon (EK)	Kimyasal kullanımına alternatif olan bu methodla, elektrolitik oksidasyon ile koagülasyon gerçekleştirilir. Bir anot ve bir katottan oluşan elektrolitik hücreli bir reaktör oluşturulur. Güç kaynağına bağlandığı zaman, anot elektrokimyasal olarak aşınır ve katot da pasifleşir. EK uygulanan atıksu, çöktürme tanklarına gönderilir.	<ul style="list-style-type: none"> • Basit bir ekipmanla, idaresi ve kurulumu kolaydır. • EK ile oluşmuş çamurun çökebilirliği ve susuzlaştırılabilirliği artar. • Daha az çamur üretilir. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elektrotların atıksuda çözünmesi sebebi ile düzenli olarak değiştirilmeleri gerekir. • Elektrik kullanımı maliyeti arttırır. • Atıksuyun yüksek iletkenlikli olması gerekmektedir.
Membran Biyoreaktör	Selüloz ya da başka bir polimerik materyalden oluşan membran filtreler atık sudaki 1 mikrondan daha büyük yapıdaki parçacıkları arıtır ve çapraz akım sayesinde bu parçacıkların filtre üzerinde birikmesi önlenir. Çözünmüş olan 1 mikrondan küçük parçacıklar için ilave arıtım gerekebilmektedir.	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek kirlilik giderimi • Klasik aktif çamur sistemine kıyasla çok daha küçük hacimli tesisler için uygundur. 	<ul style="list-style-type: none"> • Yüksek kurulum ve operasyon maliyetleri (temizleme ve yenileme gerektirir) • Havalandırma için yüksek enerji ihtiyacı • Oluşan arıtma çamurunun çökebilirliği azdır (kimyasal ihtiyacı)

2.1.Mekanik Ön Arıtma

Mekanik ön arıtma işlemlerinde amaç; çamurun yapısında bulunan hücrelerin fiziksel yöntemlerle parçalanmasını ve böylelikle hücre içindeki yapıların mikroorganizmalar tarafından çözünmesine olanak sağlamaktır.

Mekanik ön-arıtmalarda iki farklı mekanizmadan faydalanılır; bunlardan ilki mekanik kesme uygulanarak hücreleri parçalamaktır. Karıştırmalı bilyeler, yüksek basınçlı homojenleştiriciler (Microsludge™) ve blender tarzı parçalayıcı metotlardır.

2.1.1.Mikrosludge™ (Mikroçamur)

Mikro çamur prosesi, son yıllarda kullanılmaya başlanan lisanslı bir proses olup iki aşamadan oluşmaktadır. İlk adımda çamura uygulanan kimyasal/fiziksel işlemler sonucu hücrelerin tahribatı sağlanır. Kimyasal işlem olarak çamur pH'ını 9-10 değerlerine çekmek, fiziksel işlem olarak ise kesme gerilimi uygulanabilmektedir. İkinci aşamada çamura yaklaşık 12.000 psi yüksek basınç uygulanarak hücrenin tamamen parçalanması sağlanır.

2.1.2. Ultrasonikasyon

Diğer bir mekanik arıtma yöntemi ise ultrasonikasyondur. Bu yöntemde 20 kHz ile 10 MHz arasındaki frekanslı ses enerjisi kullanılarak çamurun dezentegrasyonu sağlanmaktadır. Ultrasonikasyon prosesi için kullanılan terminoloji Tablo 2.2’de verilmektedir.

Tablo 2.2. Yaygın Olarak Kullanılan Ultrasonikasyon Terimleri

<u>Terminoloji</u>	<u>Tanım</u>	<u>Birim</u>
Ultrasonik Şiddet	Transdüktör alanı başına uygulanan güç	W/cm ²
Ultrasonik Yoğunluk	Numune hacmi başına uygulanan güç	W/mL
Ultrasonik Doz	Numune hacmi başına uygulanan enerji	W-s/mL
Spesifik Ultrasonik Doz (SUD)	Numune hacmi/kütlesi başına maruz kalma süresince uygulanan enerji	W-s/kg-katı madde
Spesifik Enerji ($E_{spec} = \frac{P*t}{V*KM}$)* <i>* P:Ultrasonik güç (kW)</i> <i>t:Uygulama süresi (sn)</i> <i>V:Uygulanan çamur hacmi (L)</i> <i>KM:Çamurdaki toplam katı madde konsantrasyonu (kg/L)</i>	Yapılan çalışmalar sonucu ortaya konan optimum ultrasonikasyon verilerinin anlamlandırılabilmesi için kullanılan terim	kJ/kg-katı madde

Ultrasonikasyon için literatürden taranan pilot ve laboratuvar ölçekli çalışmalar sonucunda çeşitli kaynaklardan elde edilen optimum uygulama koşulları Tablo 2.3’te verilmektedir.

Yapılan çalışmalar sonucu ortaya konan optimum ultrasonikasyon verileri, 10000-15000 kJ/kg-katı madde spesifik enerjinin çamur dezentegrasyonunda etkili olduğunu göstermektedir. Daha yüksek spesifik enerjilerin uygulanması maliyeti oldukça arttırmaktadır.

Tablo 2.3. Literatürden Derlenen Sonikasyon Değerleri

<u>Siddet (W/cm²)</u>	<u>Yoğunluk (W/mL)</u>	<u>Doz (W-s/mL)</u>	<u>SUD (W-s/kg-katı madde)</u>	<u>Uygulama Alanı</u>
0-92	0-0,52	-	-	Ön arıtma
-	0,25-0,50	-	-	Geri devir
125	0,80	1440	9,3x10 ⁷	Ön arıtma
13,70	-	-	-	Ön arıtma
15,03	0,59-0,94	107-170	-	Ön arıtma ve geri devir
15,03	0,3	90	1,4-1,5x10 ⁶	Kesikli reaktör öncesi ön arıtma

2.1.3.Vurgulu Elektrik Alanı

Bu ön arıtmada çamurda bulunan hücreler yüksek voltaj ve frekanslı elektrik vurgularıyla parçalanır. Bu proses, iki elektrot arasına yerleştirilmiş işlem haznesi içindeki likit maddeye bir seri kısa süreli (10 ns – 20 µs), yüksek voltaj (10–50 kV/ cm) vurgularının uygulanması işleminden ibarettir. Arıtılacak likit iki elektrot arasından akar ve yüksek voltaja maruz kalır. Elektrotlar karbon, titanyum, altın ve platin gibi inert maddelerden yapılmışlardır.

Dünyada çeşitli AAT’lerde kullanılmakta olan bu yöntemle organik madde ingirgemesinde %10’dan fazla artış olduğu ve havasız olarak çürütülen çamurlardan elde edilen metan gazının %55-60 oranlarında artış gösterdiği görülmüştür.

2.1.4.Dezavantajlar

Çamur miktarı azaltımında ve yüksek biyogaz verimi eldesinde oldukça başarılı olduğu kanıtlanmış, Amerika ile pek çok Avrupa ülkesindeki AAT’lerde uygulanmakta olan bu sistemlerin bazı dezavantajları da mevcuttur. Bunlar:

- yüksek enerji maliyetleri (ön arıtım için gerekli enerji, stabilizasyon sırasında elde edilen yüksek biyogaz ile karşılanabilmektedir),
- ön arıtım için kullanılan aletlerin sıklıkla bakım ve onarım gerektirmesi,
- çamurun çökme hızını düşürmesi ve susuzlaştırılabilirliği üzerinde olumsuz etki yapmasıdır.

2.2. Termal Ön Arıtma

Termal ön arıtma ya da termal hidroliz işlemi son yıllarda pek çok araştırmannın konusu olmuş, günümüzde oldukça yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntemin temel amacı, çamurun yüksek ısı (100-190°C) ve uygun basınç (5-8 bar) değerlerine maruz bırakılarak çamurda bulunun çözünebilir madde oranını artırmaktır.

En çok bilinen termal hidroliz yöntemlerinden biri, aynı zamanda lisanslı bir sistem de olan Cambi™ prosesidir.

2.2.1.Cambi™ Prosesi

Gerçek ölçekli tesislerde yaygın olarak kullanılan Cambi™ prosesinin adımları şu şekildedir:

1. %15-20 katı maddeye yoğunlaştırılmış olan çamurun ısısı ana reaktör geri devir hattındaki buhar ile 80-100°C ye çıkarılarak öğütücü ile homojenleştirilir.
2. Homojen hale gelmiş olan çamur, buhar ile 160-180°C'ye kadar ısıtılır ve bu sırada yüksek basınç sağlanır. Bu ısıda yaklaşık 30 dakika bekletilen çamur tarımda kullanmaya müsait yüksek kalite ürün haline gelir. Bu koşullar altında çamurun çözünebilirliğinin yaklaşık %30 oranında arttığı bilinmektedir.
3. İşlem görmüş olan çamur başka bir tanka alınır ve bu sırada gerçekleşen basınçtaki ani düşüş çamur yapısında bulunan hücrelerin parçalanmasına neden olur. Daha sonra çamur çürütücünün ısisına gelene kadar soğutulur.

2.2.2.Mikrodalga ile Ön Arıtma

Mikrodalga yöntemi uygulanan bir başka termal ön-arıtım metodudur. Gerçekleştirilmiş olan pek çok termal hidroliz çalışması 175°C sıcaklığın termal hidroliz için optimum ısı olduğunu ortaya koymuştur. Bu sıcaklıklarda uygulama süreleri 30-60 dakika arasında değişmektedir. Ancak uygulama süresinin dezentegrasyon derecesinde birincil önemde olmadığı görülmüştür.

Mikrodalga uygulaması, laboratuvar ölçekli çalışmalarda iyi sonuçlar göstermiş olmasına karşın yüksek maliyeti ve operasyon zorluğu sebebiyle tam ölçekli sistemlerde henüz yaygın olarak uygulanmamaktadır.

2.2.3.Dezavantajlar

Çamur dezentegrasyonunda oldukça başarılı olan termal hidroliz ön arıtımının dezavantajları ise şu şekildedir:

- Arıtılmış çamurun atıksu arıtımına dönecek olan üst suyundaki nütrientlerin artışı,
- Susuzlaştırılabilirlik özelliğinin kötüleşmesi,
- Yüksek enerji maliyetleri (ön arıtım için gerekli enerji, stabilizasyon sırasında elde edilen yüksek biyogaz ile karşılanabilmektedir).

2.3. Kimyasal Ön Arıtma

Kimyasal arıtma ile ozon, fenton, klor, asit ve alkali özellikte malzemeler kullanılarak güçlükle parçalanabilen bileşiklerin kolayca parçalanabilir hale dönüşmesi hedeflenmektedir (Tanaka ve diğ., 1997; Sakai ve diğ., 1997).

2.3.1.Alkali Ön Arıtımı

Alkali özellikteki kimyasal madde ilavesi ile çamur dezentegrasyonu gerçekleştirilebilmektedir. Bu kimyasallar; lipit, hidrokarbon ve protein gibi büyük moleküllerin alifatik asit, polisakkarit, aminoasit gibi çözünebilir maddelere dönüşmesini sağlar.

Bu yöntemde alkali ilavesi ile çamur pH'ı 12'ye çıkarılır ve 2 saat bu değerinde kalması sağlanır. Daha sonraki 22 saat boyunca da pH'ın 11,5 değerinin altına düşmediğinden emin olunarak dezentegrasyon tamamlanmış olur.

2.3.2.Ozon Ön Arıtımı (İleri Oksidasyon Yöntemi)

Ozon yüksek reaktiviteye sahip güçlü bir oksidandır ve genellikle havadan ya da saf oksijenden, yüksek voltajlı elektrik kullanılarak elde edilir. Yüksek oksidan olması nedeniyle çözünmesi zor pek çok maddenin çözünmesini kolaylaştırır ve stabilizasyon öncesi koku problemini giderir. Ozon uygulama dozunun 0,05-0,1 g O₃/g-katı madde aralığında iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Bunun yanında, çamur susuzlaştırılabilirliğini oldukça olumsuz şekilde etkilemekte ve çamurun pH değerini oldukça düşürerek alkalinite ihtiyacını artırmaktadır. Ozon elde etmek için gereken yüksek

enerji de yüksek maliyet olarak tesise yansımaktadır. Ozon ön arıtımı gerçek ölçekli tesislerde kullanılabilen bir minimizasyon yöntemidir.

2.3.3.Fenton Ön Arıtımı (İleri Oksidasyon Yöntemi)

Fenton prosesi, hidrojen peroksitin oksitleyici etkisi ve demir (II) tuzunun katalizörlüğünde gerçekleşen bir ileri oksidasyon prosesidir. Atıksu arıtımında kullanımı oldukça yaygın olan bu prosesin son yıllarda çamur arıtımı amacıyla kullanımı da gündeme gelmiştir. Bu prosesin kullanımı ile arıtma çamurlarının su verme özelliklerinin geliştirildiği bilinmektedir. Eklenmesi gerekli demir miktarı H_2O_2 miktarına ve atıksuyun özelliklerine bağlı olarak değişmekle birlikte en genel olarak H_2O_2/Fe^{+2} oranı 5 ile 25 arasındadır. Uygulama süresi 90 dakika civarındadır. Çamurun karakterine göre uygun dozun belirlenmesi gerekmektedir.

2.4. Biyolojik Ön Arıtma (Enzim Uygulaması)

Biyolojik ön arıtımda amaç hücre duvarının yıkımını sağlayarak çamurun çözünebilirliğini artırmaktır. Mikroorganizmalar protein ve karbonhidratları doğrudan kullanamaz, bunları şeker, amino asit gibi küçük moleküllere dönüştürmeye ihtiyaç duyarlar. Bu işlemin gerçekleşmesi için de selüloz, protez, lipaz, alfa amilaz gibi enzimler gereklidir. Enzim ön arıtımında, mikroorganizmalar tarafından üretilen bu enzimler doğrudan sisteme eklenerek çözünebilirliğin artması sağlanmaktadır.

Enzim ön arıtımında, kullanılan enzim karışımı ve eklenecek enzim miktarı en önemli parametrelerdir. Yapılan laboratuvar ölçekli çalışmalar hacimce %0,5 eklenen enzim karışımlarının çamur dezentegrasyonunda etkili olduğunu göstermiştir. Yukarıda tanımlanmış olan ön arıtım yöntemleri özet şekli ile Tablo 2.4'te de verilmektedir.

Çamur minimizasyon yöntemlerinin bazıları, kullanılması gereken aşırı kimyasal miktarı veya gerekli enerji ihtiyacının fazla olması nedenleriyle ekonomik olmayıp, gerçek ölçekli sistemlere uygulanmaları yaygın değildir. **Çamur minimizasyon yöntemleri arasında ultrasonikasyon, termal hidroliz ve ozon ön arıtmaları gerçek ölçekli atıksu arıtma tesislerinde kullanılması önerilen en yaygın yöntemlerdir.** Yukarıda detaylı olarak açıklanan dezentegrasyon yöntemlerinin tamamının, her biri için optimum işletme koşullarının tespit edilmesi ve uygulanması durumunda çamurun çözünebilirliğini artırmada başarılı olduğu bilinmektedir. Bu sebeple **en uygun çamur minimizasyon yönteminin seçiminde daha çok maliyet, hedeflenen patojen giderimi ve işletim/kurulum kolaylığı özellikle göz önünde bulundurulmalıdır.**

Atıksu arıtma tesisleri için arıtma çamuru oluşumunu kaynağında en aza indirgeyecek Cannibal®, Membran Filtre gibi proseslerin seçilmesi ve oluşan çamurların yukarıda belirtilen ultrasonikasyon, termal, ozonlama ve enzim proseslerinden biri uygulanarak en aza indirilmesi, arıtma tesislerinde enerji verimliliği sağlanması için önerilmektedir. Böylece çamurların işlenmesi için daha az yer ve zaman gerekecek, stabilizasyon ve biyogaz üretim verimleri artırılmış olacaktır.

Tablo 2.4. Çamur Ön Arıtımı Özet Tablosu

Mekanik Ön Arıtma	Mikroçamur	Çamur kimyasal/fiziksel ön işlem görür, ardından yüksek basınç (12000 psi) uygulanır.
	Ultrasonikasyon	Çamura spesifik enerjisi 10000-15000 kJ/kg katı madde aralığında olan sonikasyon uygulanır.
	Vurgulu Elektrik Alanı	İki elektrot arasına yerleştirilmiş işlem haznesi içindeki çamura bir seri kısa süreli (10 ns – 20 µs), yüksek voltaj (10–50 kV/ cm) vurguları uygulanır.
Termal Ön Arıtım	Cambi	Çamur 160-180°C'lere kadar ısıtılır ve yüksek basınca maruz bırakılır. Daha sonra basıncı birden düşürülen çamurda böylelikle hücrelerin parçalanması sağlanır.
	Mikrodalga	Çamur 30-60 dakika aralığında sürelerle 175°C ısı ve yüksek basınca maruz bırakılır.
Kimyasal Ön Arıtım	Ozon Oksidasyonu	Çamura yaklaşık 0,05-0,1 g O ₃ /g katı madde oranında %99 saflıkta ozon uygulanır.
	Fenton Oksidasyonu	H ₂ O ₂ oksidanı ve katalizör etkisi olan Fe ⁺² / Fe ⁺³ iyonu eklenerek çamurun oksidasyonu sağlanır
	Alkali İlavesi	Sönmüş/sönmemiş kireç gibi alkali özellikteki madde ilavesiyle çamur pH'ı 12'ye çıkarılır. Bu değerde 2 saat bekletilen çamur 22 saat süreyle de e az 11,5 pH değerini korumalıdır.
Biyolojik Ön Arıtım	Enzim İlavesi	Mikroorganizmalar tarafından büyük molekülleri parçalamak için kullanılan uygun bir enzim karışımı çamura hacimce yaklaşık %0,5 oranında uygulanır.

ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İŞLETMELERİ İÇİN EL KİTABI
KISIM 3. ARITMA ÇAMURLARININ STABİLİZASYONU

BÖLÜM 1 – GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

1.1. Arıtma Çamuru Neden Stabilize Edilmelidir?

1.2. Bu El Kitabının Amacı Nedir?

1.3. El Kitabının Kullanılacağı Yerler

BÖLÜM 2 – ÇAMUR STABİLİZASYONU

2.1. Anaerobik Çürütme Sistemleri

2.2. Aerobik Çürütme Sistemleri

2.3. Alkali Stabilizasyon

2.4. Kompostlama

2.5. Pastörizasyon

2.6. Termal Kurutma

2.7. Çamur Stabilizasyonu Özet Tablosu

2.8. Stabilizasyon Prosesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

BÖLÜM 1 – GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

1.1.Aritma Çamuru Stabilize Edilmelidir?

Stabilizasyon işlemi, başarılı bir çamur yönetimi programındaki en önemli adımlardan biridir. Stabilizasyon işleminin amacı arıtma çamurunda:

- patojen gideriminin sağlanması,
- koku oluşumunun engellenmesi,
- organik madde miktarının azaltılması,
- homojen özellikte bir ürün elde edilmesinin sağlanmasıdır.

1.2.Bu El Kitabının Amacı Nedir?

Bu el kitabının amacı, arıtma çamurlarının stabilizasyonunda kullanılan yöntemlerin tanıtılması ve işletmecilere yardımcı olabilecek bilgilerin ortaya konularak arıtma çamuru stabilizasyonu uygulamalarının verimli bir şekilde gerçekleştirilmesine yardımcı olmaktır.

1.3.El Kitabının Kullanılacağı Yerler

Bu el kitabı arıtma tesisi işletmecileri ve sorumluları tarafından arıtma çamurlarının stabilizasyonu aşamasında, uygulamacılar için gerekli temel bilgileri içerecek şekilde hazırlanmıştır.

BÖLÜM 2 – ÇAMUR STABİLİZASYONU

Çamur stabilizasyonu, çamurların fermente edilebilirliğini ve kullanımından kaynaklanan sağlık tehlikelerini önemli ölçüde azaltmak üzere, biyolojik, kimyasal ya da ısıl işlemlerden, uzun süreli depolama ya da diğer uygun proseslerden geçirmektir. Stabilizasyon bir diğer ifade ile çamurdaki organik madde içeriğinin indirgenmesi (daha kararlı ya da inert organik ve inorganik hale dönüştürülmesi), patojen organizmaların ve toksisitenin giderilmesi, koku potansiyelinin azaltılması ve gaz üretme potansiyelinin iyileştirilmesi amacıyla çamura uygulanan bir dizi biyolojik veya kimyasal işlem den oluşmaktadır.

En yaygın kullanılan biyolojik stabilizasyon yöntemleri; aerobik çürütme, anaerobik çürütme, alkali stabilizasyon ve kompostlaştırmadır. Kimyasal çamur stabilizasyonu için uygulanmakta olan en yaygın yöntem ise kireç ile stabilizasyondur.

Bu el kitabında günümüz teknolojileriyle uyumlu aşağıda belirtilen stabilizasyon proseslerine yer verilmiştir:

- Anaerobik (Havasız) Çürütme
- Aerobik (Havalı) Çürütme
- Alkali Arıtma
- Kompostlama
- Pastörizasyon
- Termal İşlemler

2.1. Anaerobik Çürütme Sistemleri

Havasız çürütme işlemi, çamur hacmini azaltmak, belli bir oranda dezenfeksiyon sağlayarak çamuru stabilize hale getirmek ve yan ürün olarak biyogaz üretmek amacıyla uygulanmaktadır ve uygulamada çoğunlukla yoğunlaştırılmış çamur kullanılmaktadır. Biyogaz üretimi atıksu arıtma tesislerinin enerji verimliliği açısından önem taşımaktadır.

Anaerobik çürütme işleminin performansını artırarak daha az miktarlarda çamur ve daha yüksek biyogaz verimleri elde etmek için uygulanmakta olan bazı metotlar aşağıda verilmektedir:

Çamurların Ön-Aritımı: Günümüzde, çürütme işlemi öncesinde aktif çamurdaki hücre yapısını deforme ederek parçalamak ve çözünürlüğünü artırmak amacıyla uygulanan pek çok ön-arıtma teknolojileri kullanılmaya başlanmıştır. Bu teknolojiler “minimizasyon” başlığı altında daha detaylı açıklanmaktadır.

İki Aşamalı Prosesler: Anaerobik çürütme, geçmiş yıllarda genellikle 35-37 °C’lerde tek bir reaktör içinde işletilen ancak pek çok adımdan oluşan bir prosesdir. İki aşamalı prosesler, asit ve metan üretimi adımlarının ayrı reaktörlerde gerçekleşmesini sağlayarak daha yüksek ölçüde organik madde giderimine ve biyogaz elde edilmesine olanak sağlamaktadır. Birkaç farklı modifikasyonu olan iki aşamalı proseslerin çoğunda asit üretimi aşaması termofilik (≥ 55 °C) olarak işletilmekte ve böylelikle patojen giderimi de sağlanmaktadır.

Termofilik Çürütme: Termofilik çürütme prosesinin yararları şu şekilde sıralanabilir:

- yüksek oranda uçucu madde giderimi
- yüksek biyogaz verimleri
- daha kısa işletme süreleri ve dolayısıyla daha küçük hacimli reaktörler
- elde edilen patojen giderimiyle yüksek kalitede ürün

Diğer yandan,

- yüksek sıcaklıkta işletilen reaktörler için gerekli ısı ihtiyacı
- çamurun susuzlaştırılabilirlik özelliğindeki kötüleşme ve bundan dolayı artan polimer ihtiyacı ve
- işletim zorluğu bu prosesin dezavantajlarıdır.

İşletme Kriterleri: Tüm çürütme sistemlerinde göz önünde bulundurulması gereken temel parametreler aşağıdaki gibidir:

- katı madde yükleme hızı
- işletim hacmi
- işletme süresi
- sıcaklık
- karıştırma
- pH
- uçucu asitler/ alkalinite
- nütrientler
- gaz üretimi
- köpük oluşumu

Katı Madde Yükleme Hızı

Uluslararası kuruluşlarca belirlenmiş olan katı madde yükleme hızı, yüksek hızlı havasız çürütücüler için “%8 uçucu katı madde”dir (WEF Manual of Practice,16,1987). Buna ek olarak toplam katı

yüzdesinin de %5'ten fazla olmaması önerilmektedir. Hacimsel yükleme hızları ise yine yüksek hızlı çürütücüler için 1.6-3.2 kg/m³ olarak önerilmiştir (WEF Manual of Practice, FD9, 1995).

İşletim Hacmi

Çürütücülerin işletim hacmi, toplam reaktör hacminin %75-95'i oranında olmalıdır. İşletim hacmini artırmanın en etkili yolu karıştırma işleminin geliştirilmesi olacaktır.

İşletim Süresi

İşletim süresi, havasız çürütme işlemindeki en önemli parametrelerden biridir. Bu parametreyle ilgili bazı önemli noktalar şu şekildedir:

- ✓ Sıcaklığın 35-37 °C olduğu yüksek hızlı mezofilik çürütücülerde işletim süreleri 15-20 gün arasında değişmektedir. İşletimdeki bazı aksaklıklar göz önünde bulundurularak bu süre en az 18 gün olarak belirlenmelidir. Ancak 20 gün işletim süreleriyle daha yüksek bir stabilizasyon verimi elde edilebilir.
- ✓ Geri devir hattının olmadığı havasız çürütücülerde katı madde alıkoyma süresi hidrolik işletim süresine eşittir.
- ✓ Stabilizasyonun verimliliği açısından, sıcaklığın 55°C'lere çıktığı termofilik çürütücülerde, 1-3 gün arası çürütülen çamur yaklaşık 10 gün boyunca mezofilik ısılarda stabilize olmaya devam etmeli ve toplam işletim süresi en az 15 gün olarak belirlenmelidir.

Uçucu Asitler/Alkalinite

İyi işletilen bir anaerobik çürütücüde uçucu asit konsantrasyonu 50 mg/L ile 300 mg/L arasında değişebilir. 500 mg/L uçucu asit konsantrasyonu genellikle iyi bir çürütme işlemi işaret eder.

Toplam alkalinite konsantrasyonu 2000 mg/L - 2500 mg/L değerleri arasında olan ve bikarbonat alkalinitesi 2000 mg/L'nin altında olan reaktörlerden iyi stabilize edilmiş bir ürün elde etme olasılığı artar.

Amonyak

Havasız çürütme sistemlerinde amonyak amonyum iyonu (NH⁴⁺) ya da amonyak gazı (NH₃) olmak üzere iki farklı formda bulunabilir. Bu iki form birbiriyle denge halinde bulunmakta ve konsantrasyonları sistemin pH'ına bağlı olarak değişmektedir. Amonyak azotu konsantrasyonu 1500-3000 mg/L olan sistemlerde pH değeri 7,4'ün üstünde ise inhibitör etki yapmaktadır. Gelen atık çamuru seyreltmek ya da hidroklorik asit ekleyerek sistem pH'ını 7,0-7,2 değerlerine çekmek inhibisyonu azaltmada etkili olacaktır.

Amonyak azotu değeri 3000 mg/L'nin üstüne çıktığında ise toksik etkide bulunmaktadır. Yüksek konsantrasyonlardaki amonyak azotunun bu etkisi, gelen atık çamurun seyreltilmesi ya da 3000 mg/L'nin ne kadar üstünde bir değer olduğuna bağlı olarak sodyum katyonu eklenmesiyle engellenebilir.

Gaz Oluşumu

Gaz oluşumu iyi bir anaerobik çürütmenin en önemli göstergesidir. Tipik gaz üretim verimi harcanan 1 kg uçucu katı madde başına 0,75-0,15 m³ biyogaz şeklindedir. Gazdaki metan oranı ise % 55-75 olarak değişim gösterebilmektedir. Daha az metan yüzdeleri, stabilizasyon işleminin gözden geçirilmesini gerektirir.

2.2. Aerobik Çürütme Sistemleri

Havalı çürütme işleminin amacı biyolojik yollardan çamurdaki organik madde ve patojen gideriminin sağlanmasıdır. Uzun havalandırılmalı aktif çamur prosesiyle aynı prensipte işletilmektedir.

Aerobik Çürütme: Havalı çürütme sistemlerinde çamur genel olarak 20-40 °C arası ısılarda işletilmektedir. Ancak sıcaklığın 20°C'nin altına indiği durumlarda çürüme işlemi önemli seviyede yavaşlamaktadır.

Aerobik Termofilik Çürütme: Çamur, havalı stabilizasyon sırasında genellikle 5-6 gün süreyle 50-65°C ısıya maruz bırakılır. % 40-45 oranında organik madde giderimi 10-12 gün işletim süresinde sağlanmış olur ancak patojen giderimi için daha yüksek işletim süreleri gerekebilmektedir.

Aerobik çürütme işleminin kontrolü ve işletimi anaerobik proselere göre daha kolaydır ancak stabilizasyon için gereken oksijen miktarı, sistemin enerji kullanımının havasız çürütücülere 5 ila 10 kat yüksek olmasına sebep olmaktadır. Bunun yanında, soğuk havalarda düşen stabilizasyon verimi ve çamurun susuzlaştırılabilirliğindeki düşüş, havalı çürütme işleminin diğer olumsuz özellikleridir.

İşletme Kriterleri: Mezofilik olarak işletilen aerobik çürütme sistemlerinde ilk 10-12 gün içinde uçucu madde miktarında %45'lere varan indirgemeler sağlanmaktadır ancak patojen gideriminin sağlanabilmesi için sistemin 35-50 gün süreyle işletilmesi gerekmektedir.

Sıcaklığın 55°C'nin kadar çıkabildiği termofilik havalı çürütücülerde ise stabilizasyon işlemi, patojen giderimi de sağlanarak 15-20 günde tamamlanmaktadır.

2.3. Alkali Stabilizasyon

Alkali kimyasalların eklenmesiyle gerçekleştirilen alkali stabilizasyon uzun yıllardır kullanılmaktadır. Sönmemiş (CaO) ya da sönmüş (Ca(OH)₂) kireç, bu metotta genel olarak kullanılan alkali maddelerdir.

Alkali arıtma, işletimi oldukça kolay bir prosesdir. Kireç eklenerek pH'ı yükseltilen ve belli bir süre bu yüksek pH'da tutulan; böylelikle sıcaklığı artan çamurdaki patojenler inaktive ya da yok edilmiş olur. Toprakta kullanılmak üzere arıtılan çamurlarda, yüksek kalite bir ürün elde etmek için alkali stabilizasyona ek olarak ısı işlem de uygulanmalıdır.

İşletme Kriterleri: Alkali stabilizasyona ilişkin temel işletme parametreleri aşağıda belirtilmiştir.

Temas Süresi

Temas süresi ve pH doğrudan ilişkilidir. Yüksek pH'ın patojen giderimine yetecek süre boyunca korunması bu prosesin en önemli noktasıdır. pH seviyesindeki düşüş mikrobiyolojik aktivitenin başlamasına ve bu da pH'ın daha çok düşmesine sebep olacaktır.

Patojen gideriminin sağlanmasıyla stabil bir çamur elde etmek için pH seviyesinin en az 2 saat süreyle 12'de tutulması ve 22 saat süreyle de 11,5'in altına düşmemesi gerekmektedir.

Tarımda kullanım amaçlı yüksek kalite bir ürün elde etmek için ise çamurun sıcaklığının en az 30 dakikalık süre boyunca 70°C'de tutulması ve 72 saat süreyle pH değerinin 12'yi koruması gerekmektedir.

Alkali Kimyasallar ve Dozları

Eklenecek olan kimyasal (kireç, Portland çimento, çimento fırın tozu) elde edilecek ürünün karakterini etkilemesi açısından önemlidir. Eklenecek olan alkali kimyasal dozajı ise USEPA'nın raporunda Tablo 3.1'deki gibi belirtilmiştir:

Tablo 3.1: pH değerini 30 dakika süreyle 12'de tutmak için gerekli kireç dozları

Çamur Tipi	Ortalama Katı Madde Yüzdeleri (%)	Ortalama Kireç Dozu, (g Ca(OH) ₂ /g katı madde)	Ortalama pH	
			İlk	Son
Birincil ve KAÇ	4,3	0,12	6,7	12,7
KAÇ	1,3	0,30	7,1	12,6
Anaerobik Çürütülmüş Çamurla Karışmış	5,5	0,19	7,2	12,4

Bunun yanında, ortalama bir değer belirtmek gerekirse, çamurdaki katı madde miktarının %30'u kadar kireç eklenmesi, alkali stabilizasyonu sağlamak için yeterli olacaktır. Alkali arıtım sonrasında, eklenen kimyasal nedeniyle çamurun katı madde miktarında artış olmaktadır.

2.4. Kompostlama

Kompostlama, arıtma çamurunun toprak iyileştirici olarak kullanıma hazırlanması işlemidir. Kompost edilen arıtma çamuru, patojenlerinden arınmış, humuslu toprağa benzer özellikte bir ürün olacaktır. İyi stabilize olmuş bir kompost, uzun sreler boyunca sorunsuz şekilde depolanabilmektedir. Kompostlama prosesleri:

- ✓ Açık
- ✓ Kapalı
- ✓ Dinamik (karıştırmalı)
- ✓ Statik (karıştırmasız)

olmak üzere çeşitli şekillerde işletilmektedir.

Açık Yığınlar şeklinde Kompostlama: Çamur, hacmi artıran bir malzeme (rneğin talaş parçaları) ile karıştırılır ve yığınlar haline getirilir. Yığınlar haline getirilmiş malzeme havalandırmayı sağlamak ve yüksek ısıyı azaltmak amacıyla belirli aralıklarla karıştırılır.

Havalandırmalı Statik Yığınlar: Çamur, hacmi artıran bir malzeme ile birlikte havalandırma sisteminin kurulu olduğu bir ortama bırakılır. Karışma olmaksızın, borular vasıtasıyla yüklenen havayla çamurun havalanması sağlanır.

Reaktör İçinde Kompostlama: Bu yöntemle, çamurun kapalı bir yapı içinde kompostlaşması sağlanmaktadır. Genellikle yapıya döşenmiş olan havalandırma sistemiyle sistem havalandırılmakta ve böylelikle koku oluşumu da büyük lde engellenmektedir.

İşletme Kriterleri: Kompostlama prosesinde, iyi stabil olmuş bir ürün için en az 60 günlük işletme süreleri önerilmektedir. Bu sürenin yaklaşık 20 günü aktif kompostlama ve yaklaşık 40 günü kuring (dinlenme, bekleme) süresi olarak işletilmelidir. Kompostlama işlemi süresince sıcaklığın 55-60 C'lerde tutulması gerekmektedir.

2.5. Pastörizasyon

Pastörizasyon prosesi, arıtma çamurunun 70-80 C'lik ısılarda yaklaşık 30 dakika süreyle tutulması işleminden ibarettir. Bu işlem patojen madde giderimini sağlamakta ancak tek başına çamurun

stabilizasyonunu gerçekleştirmemektedir. Patojen giderimi açısından yüksek kalite çamur elde etmede, diğer stabilizasyon metotlarıyla birleşik olarak kullanılabilir.

2.6. Termal Kurutma

Arıtma çamurunun kurutulması çamur yapısında bulunan suyun elimine edilerek çamur hacminin azalmasını sağlar. Katı madde oranı %90'ın üstünde ise termal kurutma çamuru stabilize etmek amacıyla kullanılabilir.

Kurutma ısı bir arıtma işlemidir. Isı çamura doğrudan ya da dolaylı olarak iletilebilir. Doğrudan kurutma işleminde çamurun yüksek sıcaklıktaki gazla teması sağlanır. Bu işlemde en çok kullanılan kurutucular dönen tamburlu ve akışkan yataklı kurutuculardır. Çamurun dolaylı kurutulmasında ise çamurun ısıtılmış bir maddeye teması sağlanarak iletim yoluyla kurutulması sağlanır.

İşletme Kriterleri: Kurutma işlemi farklı ısılarda gerçekleştirilebilir ancak 300°C'yi geçen ısılarda dioksin/furan oluşumunun engellenmesi ve proses kontrolünün iyi yapılması gerekmektedir.

2.7. Çamur Stabilizasyonu Özet Tablosu

Aşağıdaki Tablo 3.2'de, iyi stabilize olmuş bir ürün elde etmek için gerekli koşullar özetlenmiştir.

Tablo 3.2. Çamur Stabilizasyonu için Gerekli Koşullar

Proses	Gerekli Koşullar
Mezofilik Anaerobik Çürütme	Ortalama 18 gün süreyle 35°C ± 3°C'de ya da tarımda kullanılmak üzere yüksek kalite ürün elde etmek için en az 20 gün süreyle 25°C ± 3°C'de birincil anaerobik çürütme uygulanmalı ve en az 14 günlük ikincil çürütme uygulanmalıdır.
Termofilik Anaerobik Çürütme	Çamur en az 3 gün süreyle 55°C ve üstünde ısıda işlem gördükten sonra 15±3 gün süreyle 35°C ± 3°C'de çürütülmelidir.
Klasik Aerobik Çürütme (20°C)	Çamur 38-50 gün süreyle havalı ortamda çürütülmeli ve sıcaklığın 20°C'den az olmadığından emin olunmalıdır.
Termofilik Aerobik Çürütme	En az 7 gün süreyle havalı çürütme uygulanmalı ve çürütme sonrası çamurlar en az 4 saat süreyle 55°C'de bekletilmelidir.
Kompostlama (Kümeleme, Yığılma ya da Reaktör içinde Kompostlaştırma)	20 gün boyunca düzenli olarak karıştırılarak sıcaklığın en az 40°C olması sağlanarak aktif kompost işlemi gerçekleştirilmelidir. Patojen gideriminin sağlanması için kompostun en az 15 gün süreyle 55°C'de bekletilmesi gerekmekte ve sonrasında çamur tamamen mature olana kadar, yaklaşık 40 gün, bekletilmelidir.

Proses	Gerekli Koşullar
Sıvı Çamurun Kireçle Stabilizasyonu	<p>Çamur pH'ı, alkali ilavesi ile 12'ye çekilerek uygun karıştırma ile en az 2 saat süreyle tutulmalı ve devam eden süreçte en az 22 saat boyunca pH'ın 11,5'in altına düşmemesi sağlanmalıdır.</p> <p>Toprakta kullanılmak üzere yüksek kalite ürün elde etmek için ise; alkali ilavesi yapılan çamurun pH değeri 12'de 72 saat korunur ve sıcaklığının en az 12 saat süreyle 50°C'den yüksek (en az 30 dakikasında 70°C'den yüksek) olması için gerektiğinde alkali ilavesi yapılır. Bu işlem sonrasında çamur \geq % 50 katı madde içeriğine kurutulmalıdır.</p>
Çamur Pastörizasyonu	70°C'de en az 30 dakika ya da 55°C'de en az 4 saat süreyle bekletilmeli ancak her durumda birincil mezofilik anaerobik çürütme uygulanmalıdır.
Susuzlaştırma ve Saklama	Arıtılmamış çamurun kireç ya da başka bir koagülant (genellikle katyonik polimerler) ile şartlandırılmasının ardından susuzlaştırılması ve oluşan çamur kekinin 3 ay süreyle saklanmasıdır. Eğer çamur mezofilik anaerobik çürütmeye tabi tutulduysa 14 gün süreyle saklamak yeterli olacaktır.
Termal kurutma	Nem içeriği %10'dan düşük olan çamurlara direkt ya da dolaylı ısı verilerek stabilize olması sağlanır. Isının çamura homojen olarak dağıldığından emin olunmalıdır.

2.8. Stabilizasyon Prosesinde Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Stabilizasyon prosesinde dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda belirtilmektedir:

- Stabilizasyon proseslerinin tasarımı aşamasında en yüksek kalitede çamur üretimi göz önünde bulundurulmalıdır.
- Stabilizasyon prosesleri, Evsel/Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'te verilen "stabilize çamur" kriterlerine uygun nihai ürün sağlayacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Stabilizasyon proseslerinin bir arada kullanılması çıkan ürünün kalitesini artırmada etkili olabilir. Örneğin kompostlama öncesi stabilize edilen bir çamurun kullanım değeri daha yüksek olacaktır.

ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İŞLETMELERİ İÇİN EL KİTABI

KISIM 4. ARITMA ÇAMURLARININ SUSUZLAŞTIRILMASI

BÖLÜM 1 – GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

- 1.1. Arıtma Çamuru Neden Susuzlaştırılır?
- 1.2. Bu El Kitabının Amacı Nedir?
- 1.3. El Kitabının Kullanılacağı Yerler
- 1.4. Atıksu Arıtma Tesislerinde Kullanılan Çamur Su Alma Ünitelerinin Tipleri

BÖLÜM 2 – ÇAMUR KURUTMA YATAKLARI

- 2.1. Çamur Kurutma Yataklarının Çalışma Prensibi
- 2.2. Çamur Kurutma Yataklarının Verimini Etkileyen Faktörler

BÖLÜM 3 – BANTLI PRES FİLTRELER

- 3.1. Bantlı Pres Filtrelerin Çalışma Prensibi
- 3.2. Bantlı Pres Filtrelerin Verimini Etkileyen Faktörler
- 3.3. Çamur Yüğü
- 3.4. Hidrolik Yükleme

BÖLÜM 4 – PLAKALI PRES FİLTRELER

BÖLÜM 5 – VAKUM FİLTRELER

BÖLÜM 6 – SANTRİFÜJLER

BÖLÜM 1 – GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

1.1.Arıtma Çamuru Neden Susuzlaştırılır?

Su alma işlemi, çamurun su içeriğinin azaltılması için kullanılan fiziksel (mekanik) bir temel işlemdir. Çamur kurutma, toprakta kullanım, yakma, kompostlaştırma ve depolama işlemleri öncesinde çamurun suyunun alınması gereklidir. Su alma ile çamur hacmi azaltıldığından, çamurun nihai bertaraf sahasına taşınması maliyeti önemli ölçüde azalır. Suyu alınmış çamur, yoğun veya sulu çamura göre daha kolay işlenir. Birçok durumda suyu alınmış çamur traktörlerle taşınabilir, bantlı konveyörlerle iletilebilir. Yakma işleminden önce çamurun su içeriğini azaltmak suretiyle enerji muhtevası artar. Kompostlama öncesi gözenek verecek malzeme gereksinimini azaltmak için çamurun suyunun alınması gerekir. Bazı durumlarda çamurun kokusunun önlenmesi için aşırı nemin giderilmesi gerekir. Benzer şekilde, depolama alanında sızıntı suyu oluşumunu azaltmak için de depolama öncesi çamurun suyunu almak gereklidir.

1.2.Bu El Kitabının Amacı Nedir?

Bu el kitabının amacı, arıtma çamurlarının susuzlaştırılmasında kullanılan çamur su alma yöntemlerinin tanıtılması, işletme faktörlerinin verilmesi, işletmeye yönelik basit hesap örneklemeleriyle işletmecilere yardımcı olabilecek bilgilerin ortaya konması ve çamur susuzlaştırma ünitelerinin daha verimli bir şekilde işletilmesinin sağlanmasıdır.

1.3.El Kitabının Kullanılacağı Yerler

Bu el kitabı arıtma tesisi işletmecileri ve sorumluları tarafından çamurunun suyunun alınması aşamasında, uygulamacılara çamur susuzlaştırma ünitelerinin verimli olarak işletilmesi için gerekli temel bilgileri içerecek şekilde hazırlanmıştır.

1.4.Atıksu Arıtma Tesislerinde Kullanılan Su Alma Üniteleri

Çamurdaki suyun giderilmesi için kullanılan düzeneklerin çalıştırılabilmesi için çeşitli teknikler kullanılmaktadır. Bazı durumlarda, katı maddeyi susuzlaştırmak için doğal buharlaşma ve sızma yöntemleri kullanılır. Mekanik su alma düzeneklerinde ise, çamurun suyunu almak üzere çeşitli fiziksel yöntemler uygulanır. Bu fiziksel işlemler; filtrasyon, donma, kapiler emme, vakum uygulama, santrifüjle ayırma ve sıkıştırmadır.

Su alma düzeneğinin seçimi, suyu alınacak olan çamurun tipi, suyu alınmış ürünün özellikleri ve uygun yer teminine bağlıdır. Küçük tesislerde uygun bir arazinin bulunması problem değildir. Bu amaçla genellikle kurutma yatakları ve çamur lagünleri kullanılır. Bunun tersine kısıtlı yer imkânı olan bölgelerde, mekanik su alma üniteleri tercih edilmektedir.

Çamur suyunu almak için kullanılan yöntemleri iki grup altında sınıflandırmak mümkündür;

I. Doğal su alma yöntemleri

1. Çamur kurutma yatakları
2. Çamur lagünleri

II. Mekanik su alma yöntemleri

1. Bantlı pres filtreler
2. Plakalı pres filtreler
3. Vakum filtreler
4. Santrifüjler

BÖLÜM 2 – ÇAMUR KURUTMA YATAKLARI

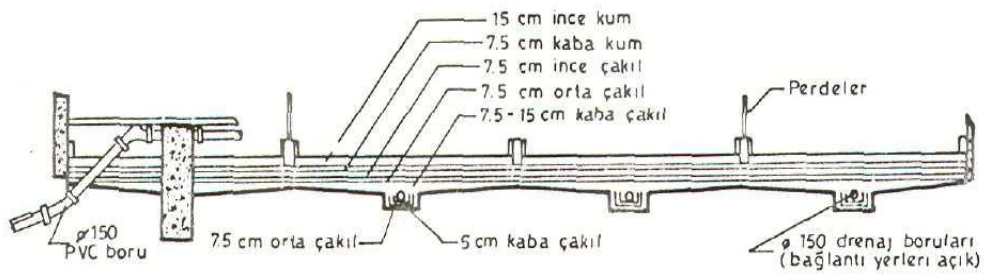
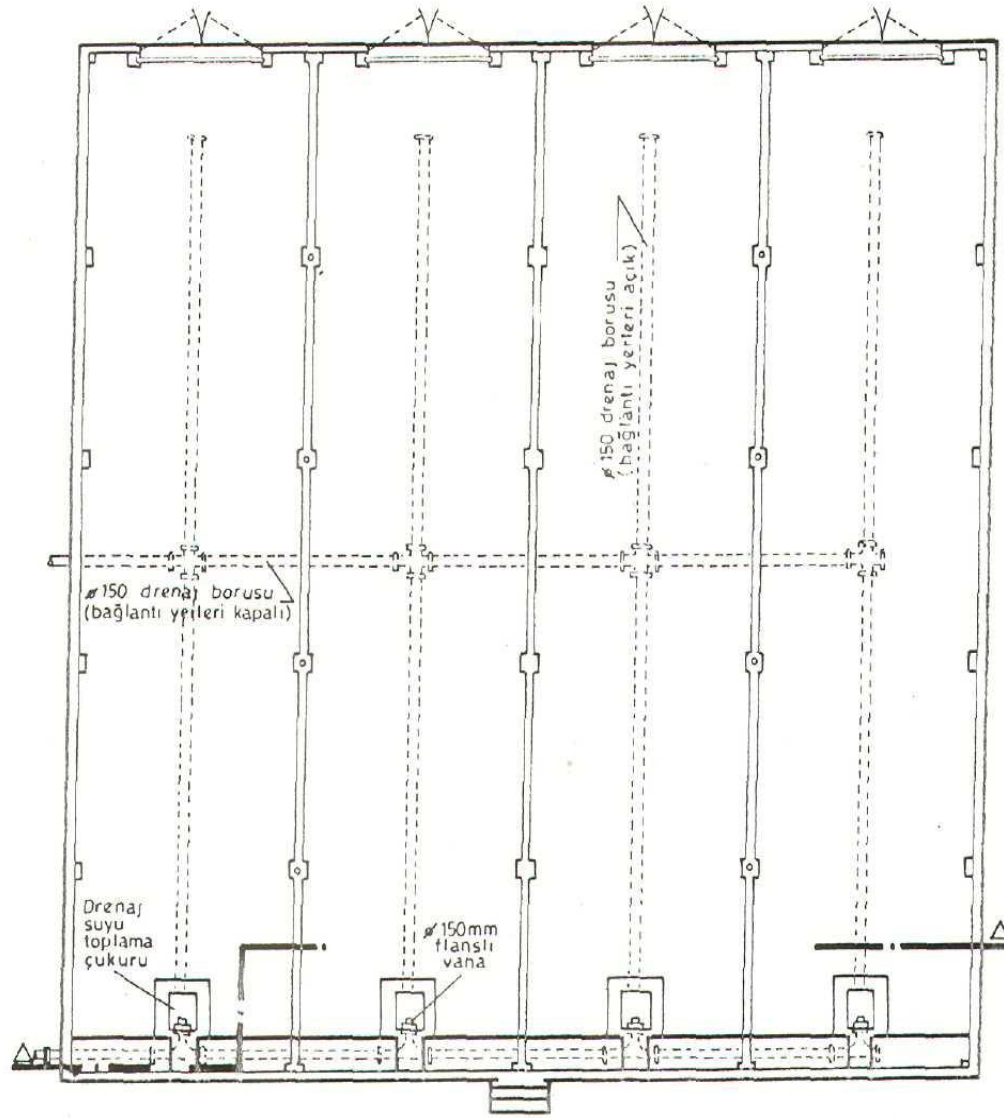
2.1.Çamur Kurutma Yataklarının Çalışma Prensibi

Çamurun suyunu almak için kullanılan en eski yöntemlerden birisidir. Stabilizasyon işlemlerinden sonra elde edilen çamurlar, çamur kurutma yataklarında kurutulurlar. Kurutma işleminden sonra da, nihai bertaraf amacıyla düzenli depolama sahalarına gönderilirler veya tarımsal amaçlı gübre olarak toprakta kullanılırlar.

Çamur kurutma yataklarının en önemli avantajları maliyetinin düşük olması, işletilmeleri için özel bir itina gerektirmemesi ve elde edilen çamur kekinin katı madde içeriğinin yüksek oluşudur. Dört farklı tipte kurutma yatağı kullanılmaktadır: 1) klasik kurutma yatakları, 2) kaplamalı (paved) tip, 3) sentetik malzemeli, 4) vakumlu kurutma. Klasik tipteki kum yataklı kurutma yatakları en yaygın kullanılan doğal su alma yöntemidir.

Klasik tipteki kurutma yatakları, taban drenajının sağlandığı, kum filtre malzemedan oluşan sığ havuzlardır (Şekil 4.1). Bu yataklar üzerine çamur 15 - 30 cm kalınlıkta tabakalar halinde serilir ve kurumaya bırakılır. Çamurun suyunu vermesi için geçen süre iklim ve diğer koşullara bağlı olarak birkaç haftadan birkaç aya kadar değişebilir. Yağışın bol olduğu kuzey iklimlerinde çamur kurutma yataklarının üzeri örtülür. Böylece hem yağış suları ile çamura ilave suyun eklenmesi önlenmiş olur, hem de örtü malzemesinin şeffaflığından dolayı oluşan sera etkisi ile buharlaşma hızlandırılır. Şekil 4.2'de üstü kapalı çamur kurutma yatağına ait bir örnek verilmektedir.

Kurutma yatakları tabanında 2.5 ile 6 metre aralıklı olarak, minimum %1 eğim sağlanacak şekilde yerleştirilmiş yatay drenaj boruları bulunur. Yaygın olarak kullanılan beton drenaj boruları ve delikli plastik borular bu amaçla kullanılabilirler. Şekil 4.1'de görüldüğü gibi bu drenaj borularının üzeri kırma taş veya kaba çakıl ile örtülür. Kum tabakanın kalınlığı ise temizleme işlemine izin verecek şekilde 23 cm ile 30 cm arasında değişir. Daha derin kum tabakası genellikle drenajı güçleştirir. Kumun üniformluk katsayısı 4,0 üzerinde olmamalı; efektif tane çapı ise 0,3-0,75 mm olmalıdır.



Şekil 4.1. Tipik bir çamur kurutma yatağının plan görünüşü ve kesiti



Şekil 4.2. Üstü kapalı çamur kurutma yatakları (<http://www.ist-anlagenbau.de>)

Çamurun kurutma yatağına dökülmesi sırasında kum yatağın erozyonunu önlemek için, çamur çıkış ağızlarının hemen önüne beton plakalar yerleştirilir. Çamur yeterince drene olup, kuruduktan sonra kurutma yataklarından sıyrılarak uzaklaştırılır. Kurumuş çamur; kaba, kırılğan yüzeyli ve rengi koyu kahve veya siyahtır. Kuru havada ve uygun koşullarda kurduğunda 10-15 gün içinde su içeriği yaklaşık %60 civarına inebilir. Kurumuş çamur elle veya sıyrıcılarla sıyrılarak konteynerlere yüklenir ve bertaraf sahalarına gönderilir.

Açık yataklar, yeterli arazinin bulunduğu yerlerde ve koku problemlerini azaltmak için gerekli koşulların sağlandığı bölgelerde kullanılmaktadır. Rahatsız edici koku problemini önlemek için yerleşim yerlerine en az 100 m mesafede yapılmalıdır.

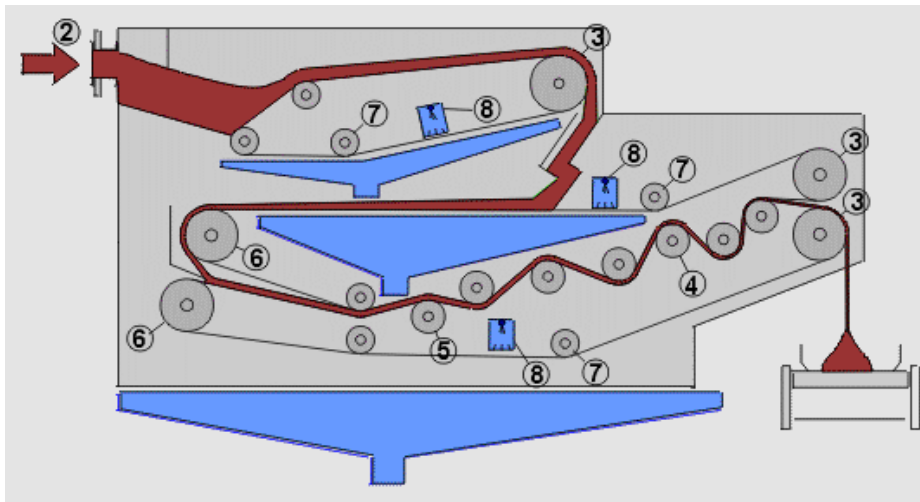
2.2.Çamur Kurutma Yataklarının Verimini Etkileyen Faktörler

Çeşitli faktörler kurutma yataklarının performansını etkileyebilir. İstenen katı madde konsantrasyonlarını elde etmek için gerekli zaman iklim tarafından belirlenir. Kurutma yatağına serilen çamurun derinliği, özelliği ve yatak örtüsü etkilidir. Soğuk veya nemli iklimlerde kurutma yataklarında istenilen katı madde konsantrasyonunu elde etmek için daha uzun kuruma süresine ihtiyaç vardır. Kapalı kurutma yatakları yağışlı kış koşullarında arıtma çamurlarının yeniden ıslanmasını önlemektedir. Bu yataklar, istenilen katı madde seviyelerine ulaşmak için ihtiyaç duyulan ortalama kuruma süresini azaltır.

BÖLÜM 3 – BANTLI PRES FİLTRELER

3.1. Bantlı Pres Filtrelerin Çalışma Prensibi

Bantlı pres filtreler çalışma prensibi oldukça basit, sürekli beslemeli mekanik su alma düzenekleridir. Kimyasal şartlandırma, graviteli drenaj ve çamurun suyunu almak için mekanik olarak basınç uygulanması kademelerinden oluşmaktadır. Bantlı pres filtreler kentsel nitelikli her türlü arıtma çamurunun suyunu almak için etkin olarak kullanılmaktadırlar. Bantlı pres filtrenin bölümleri Şekil 4.3'de verilmiştir. Bantlı pres filtrelerde, şartlandırılmış çamur önce graviteli drenaj kısmına gelir ve burada yoğunlaşmaya bırakılır. Bu kısımda, çamurdaki serbest su yerçekimi etkisiyle ayrılır. Bazı bantlı preslerde bu kısım, drenajı hızlandırmak ve koku problemini azaltmak için vakum sistemi ile takviye edilmiştir. Graviteli drenaj kısmını takiben düşük basınçlı kısımda basınç uygulanır. Burada ters yönde hareket eden gözenekli bantlar arasında çamur sıkışır. Bazı bant preslerde bu bölümden sonra yüksek basınç uygulanan ve bantlar çok sayıda merdaneler arasından geçerken çamurun kesme kuvvetlerinin etkisinde kaldığı bir kademe daha bulunabilir. Suyu alınmış çamur keki sıyrıcı bıçaklar yardımıyla bantlardan sıyrılarak uzaklaştırılır. Bu ünitelerde çamur, çeşitli çaplarda merdaneler arasından geçen, iki veya daha fazla birbirine paralel olarak hareket eden gözenekli bantlar arasında sıkıştırılır. Bantlı preslerin en büyük avantajı çok kuru çamur keki oluşturması ve düşük güç gereksinimleridir. Tipik bir bantlı pres filtrede; çamur besleme pompaları, polimer besleme ekipmanı, bir çamur şartlandırma tankı (flokülatör), bir bantlı pres filtre, bir çamur keki konveyörü ve destek sistemleri (çamur besleme pompaları, yıkama suyu pompaları ve basınçlı hava) bulunmaktadır. Bazı pres filtrelerde çamur şartlandırma tankı kullanılmaz.



Şekil 4.3. Bantlı pres filtrenin kısımları (<http://www.dintrade.fi/ekosep/>)

3.2 Bantlı Pres Filtrelerin Verimini Etkileyen Faktörler

Bantlı pres filtrelerin verimini etkileyen faktörler ise; çamur özellikleri, kimyasal şartlandırma yöntemi, basınçlandırma sistemi, bantın gözenekliliği, bant hızı ve bant genişliğidir.

Bantlı pres filtrelerde kullanılan bantların genişlikleri 0,5 ile 3,5 m arasında değişir. Kentsel nitelikli arıtma çamurları için en çok kullanılan bant genişlikleri 2,0 metredir.

3.3. Çamur Yüğü

Bantlı pres filtrelerde çamur yükleme hızları, çamurun tipine ve besleme konsantrasyonlarına bağı olarak 90-680 kg/m.h arasında değişir.

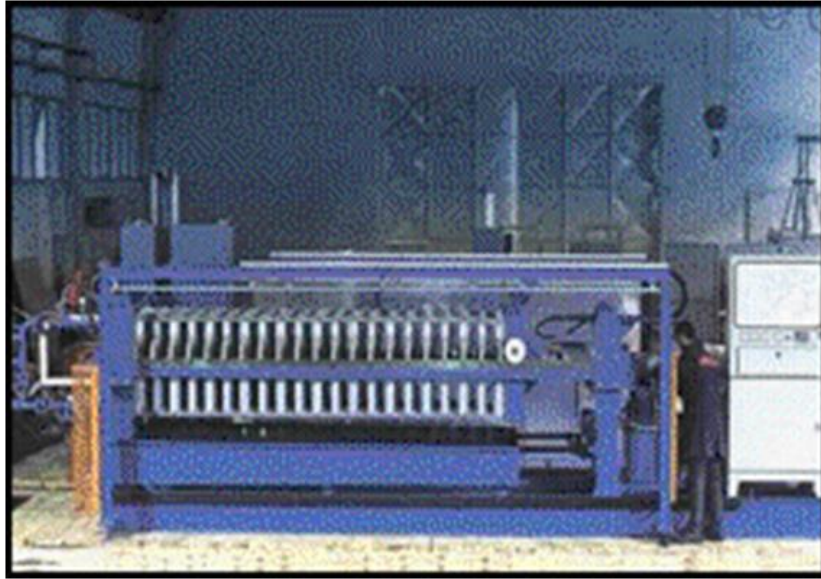
3.4 Hidrolik Yükleme

Bantlı pres filtrelerde hidrolik yükleme değerleri bant genişliklerine bağı olarak 1,6-6,3 L/m.s aralığında değişir.

BÖLÜM 4 – PLAKALI PRES FİLTRELER

Plakalı pres filtrede, su alma işlemi, yüksek basınç uygulamak suretiyle çamurdan suyun ayrılması ile gerçekleştirilir. Plakalı pres filtreler ile çamur kekinde yüksek katı madde konsantrasyonları sağlanır. Buna karşılık kompleks bir yapıya sahiptir ve işletme maliyetleri yüksektir. Çamurun suyunu almak üzere kullanılan çeşitli tiplerde pres filtreler mevcuttur. En yaygın kullanılan tipleri sabit hacimli ve değişken hacimli pres filtrelerdir.

Sabit hacimli hücreli plakalı pres filtreler; sabit ve hareket edebilen bir çerçeve üzerine düşey olarak, yüz yüze gelecek şekilde yerleştirilmiş dikdörtgen şekilli plakalardan oluşmuştur. Filtre bezi plakaların üzerine sarılıdır. Filtratın akışını sağlamak üzere plakların yüzeyinde çizikler bulunur. Plakalar arasındaki sızdırmazlık hidrolik presle sağlanır. Sıvı çamur ortadaki boşluktan basınçlı olarak gönderilir. İşletmede, kimyasal olarak şartlandırılmış çamur plakaların arasındaki boşluğa pompalanır. Sıvı kısım filtre bezi içinden geçerek çıkış ağızlarına gelir. Tutulan katı maddeler plakaların boşlukları arasında çamur kekini oluşturur. Su alma işlemi bitince plakalar birbirinden tek tek ayrılarak kek alınır. Filtrat ise arıtma tesisi girişine gönderilir. Çamur keki kalınlıkları 25-38 mm arasında, su muhtevası ise %48-70 arasında değişir. Filtrasyon süresi; 1) presin doldurulması, 2) presin basınç altında tutulması, 3) presin açılması, 4) yıkama ve çamur kekinin temizlenmesi ve 5) presin sona ermesi işlemlerinin tamamlanması için 2 ile 5 saat arasında değişir. Plakalı pres filtreye ait bir örnek Şekil 4.4'de verilmektedir.



Şekil 4.4. Plakalı pres filtreye ait bir örnek

BÖLÜM 5 – VAKUM FİLTRELER

Bir vakum filtre sisteminde; çamur besleme pompaları, kimyasal madde besleme ekipmanı, çamur şartlandırma tankı, filtre tambur, çamur keki konveyörü veya sıyırıcısı, vakum sistemi ve filtrat giderme sistemi bulunur.

Tipik bir vakum filtre, daha önceden şartlandırılmış filtrelenecek yaş çamurun bulunduğu hazne içinde kısmen batık durumda bulunan, yatay konumdaki döner bir tamburdan ibarettir. Tamburun üst yüzeyi gözenekli filtre malzemesi ile kaplıdır, bu malzeme suyu alınacak çamurun özelliklerine göre seçilir. Yaygın olarak kullanılan filtre malzemesi bez bantlar ve kıvrık çelik yaylardan oluşan çelik hasır örtülerdir. Tambur birkaç bölgeden oluşmaktadır. Her bölge otomatik olarak vakum altına girer. Çamur haznesi içinden geçerken vakum uygulanır, filtre malzemesi üzerinde çamur tabakası oluşur. Bu bölge çamur haznesi içine tekrar girinceye kadar vakum korunur. Bu noktada çamur keki otomatik olarak sıyırılır. Ayrı vakum-dren hatları, her bölgeyi tambur ekseninde bulunan ve tamburla birlikte dönen vanaya bağlar. Bu vana, filtre devrinin çeşitli fazlarını kontrol eder ve filtratın tamburdan atılmasını sağlar.

Vakum filtre sisteminden elde edilecek sonuç, filtrelenecek çamurun özelliklerine göre değişir. Diğer parametreler arasında en önemli olan ise çamurun katı madde muhtevasıdır. Filtrasyon öncesi çamurun katı madde muhtevasını artırmak, filtrattaki katı madde miktarını azaltmak ve su verme özelliklerini geliştirmek için çamura kimyasal şartlandırma uygulanır.

BÖLÜM 6 – SANTRİFÜJLER

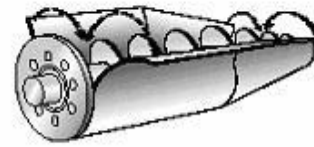
Atıksu arıtma tesislerinde santrifüjler, çamuru hem yoğunlaştırmak, hem de suyunu almak için kullanılırlar. Santrifüjleme işleminde, merkezkaç kuvveti etkisi altında çamur katı maddeleri çamur suyundan ayrılır. Santrifüjlerde merkezkaç kuvveti, sulu çamurun içinde bulunduğu rotor tarafından oluşturulmaktadır. Çamur suyu savaklanarak sistemden uzaklaştırılır. Tamburları konik veya kısmen konik olan santrifüjlere "dekantör" denilmektedir.

En gelişmiş santrifüjler, helezon küreyicili katı madde dekantör tipi santrifüjlerdir. Katı madde dekantör tipi santrifüjlerin işletilmeleri de sürekli dir. Normalde yatay olarak monte edilmiş, uzun bir silindirik tambur ile bu tamburun içinde dönen bir helezondan oluşur. Ünite içine çamur girişi sürekli dir, katı maddeler yatay silindirin çevresinde toplanırlar. Çökelen çamur keki helezonla kürenerek sürekli olarak dışarı atılır. Çamurun suyu da bir savak yardımıyla uzaklaştırılır. Böylece tam ve sürekli bir işletme sağlanır. Tambur ve helezon ayrı ayrı tahrik edilir, devir sayıları farklıdır. Helezonun çamur kekini küremesi sırasında koyulaşmış çamurun içindeki suyun bir kısmı daha uzaklaşarak daha fazla su alınabilmektedir.

Santrifüjler için temel işletme parametreleri;

- giriş çamurunun özellikleri,
- santrifüj dönme hızı,
- hidrolik yükleme,
- santrifüjdeki sıvı derinliği,
- verimi artırmak için kullanılan polimer miktarı.

Santrifüjlerin verimini artırmak amacıyla suyu alınacak çamura polielektrolitler ilave edilir. Dekantörlerin kapasiteleri 2 ile 50 m³/h arasında değişmektedir. Çamur cinsine göre ihtiyaca uygun dekantör seçildikten sonra, kullanılacak polimer cinsi ve dozları işletme sırasında belirlenmelidir. Santrifüj (Dekantör) susuzlaştırma sistemine ait görüntüler Şekil 4.5’de verilmektedir.



Santrifüj Dekantör

Şekil 4.5. Santrifüj (Dekantör) susuzlaştırma sistemi

ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İŞLETMECİLERİ İÇİN EL KİTABI
KISIM 5. ARITMA ÇAMURLARININ KURUTULMASI

BÖLÜM 1 – GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

1.1. Arıtma Çamuru Neden Kurutulur?

1.2. Bu El Kitabının Amacı Nedir?

1.3. El Kitabının Kullanılacağı Yerler

1.4. Atıksu Arıtma Tesislerinde Kullanılan Çamur Kurutma Ünitelerinin Tipleri

BÖLÜM 2 – ÇAMUR KURUTMA ÜNİTELERİ

2.1. Çamur Kurutma Ünitesinin Çalışma Prensibi

2.2 Çamur Kurutma Etkileyen Faktörler

BÖLÜM 1 – GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

1.1.Aritma Çamuru Neden Kurutulur?

Aritma çamurları yüksek oranda su içermektedir. Tipik olarak atık aktif çamur %1 oranında kuru madde konsantrasyonuna sahipken, yoğunlaştırıcı sonrası bu miktar %5-6 oranında kuru maddeye, susuzlaştırma sonrası da %20-25 oranında kuru maddeye çıkabilmektedir. Aritma çamurlarında daha yüksek oranda kuruluk (%10'dan az nem) istendiği takdirde arıtma çamurlarının kurutulması gerekir. Aritma çamuru içindeki suyun kademeli olarak giderilebilmesinin sebebi çamurda farklı şekillerde “bağlı su” bulunmasıdır. Mekanik susuzlaştırma ile yaklaşık %25-35 oranında kuru madde elde edilir. Termal kurutma, susuzlaştırılmış çamurun uygun sıcaklıkta neminin alınması ve hacminin azaltılması işlemidir. Termal kurutucular ile çamurdaki katı madde konsantrasyonu %90'ın üzerine çıkarılabilmektedir (Flaga, 2007). Elde edilen son ürün %70-90 kuru madde oranına sahip, toprak besin maddesi içeren ancak patojen mikroorganizma içermeyen bir özelliğe sahiptir.

Kurutulan arıtma çamurları, sahip olduğu ısı değer nedeniyle çeşitli yöntemlerle (çimento fabrikalarında ek yakıt, kömürlü termik santrallerde ek yakıt, yakma vb.) ısı ve elektrik enerjisi eldesinde kullanılabilirdiği gibi, eğer uygun koşullara sahipse toprakta kullanım gibi farklı yararlı kullanım alternatifleri için değerlendirilebilmektedir.

Özellikle arıtma çamuru miktarının fazla olduğu büyük kapasitedeki atıksu arıtma tesisleri için uygulanan bir yöntemdir. Kurutma işlemi ile çamurda etkili bir dezenfeksiyon sağlanır ve patojen mikroorganizmalar tamamen yok edilir.

1.2.Bu El Kitabının Amacı Nedir?

Bu el kitabının amacı, arıtma çamurlarının kurutulmasında kullanılan yöntemlerinin tanıtılması, işletme faktörlerinin verilmesi, işletmecilere yardımcı olabilecek bilgilerin ortaya konması ve çamur kurutma ünitelerinin daha verimli bir şekilde işletilmesinin sağlanmasıdır.

1.3. El Kitabının Kullanılacağı Yerler

Bu el kitabı arıtma tesisi işletmecileri ve sorumluları tarafından arıtma çamurlarının kurutulması aşamasında, uygulamacılara çamur kurutma ünitelerinin verimli olarak işletilmesi için gerekli temel bilgileri içerecek şekilde hazırlanmıştır.

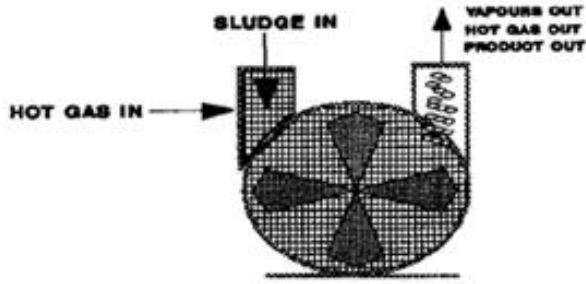
BÖLÜM 2 – ÇAMUR KURUTMA ÜNİTELERİ

2.1.Çamur Kurutma Ünitelerinin Çalışma Prensibi

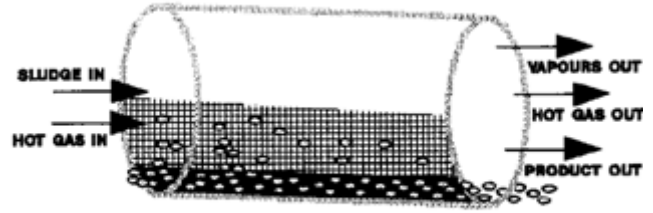
Çamur kurutma yöntemleri üç gruba ayrılmaktadır (Peregrina ve diğ., 2008):

- konveksiyonla (doğrudan) kurutma,
- kondüksiyonla (dolaylı) kurutma
- kombine kurutma

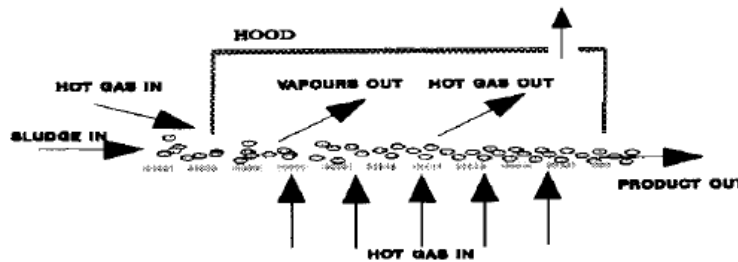
Doğrudan kurutma yapan sistemlerde ek yakıttan ya da kurutulan çamurun kendisinden çıkan sıcak gaz ile susuzlaştırılmış çamurun teması sağlanarak kurutma gerçekleştirilmektedir. Bu tip kurutucu örnekleri arasında flaş kurutucular, döner tamburlu kurutucular ve bant kurutucular en yaygın olarak bilinenlerdir. Bununla birlikte sprey kurutucular da direk kurutucular sınıfına girmektedir. Flaş kurutucu, dönen tamburlu kurutucu ve bant kurutucuya ait kesitler Şekil 5.1’de verilmektedir.



Flaş Kurutucu



Döner Tamburlu Kurutucu

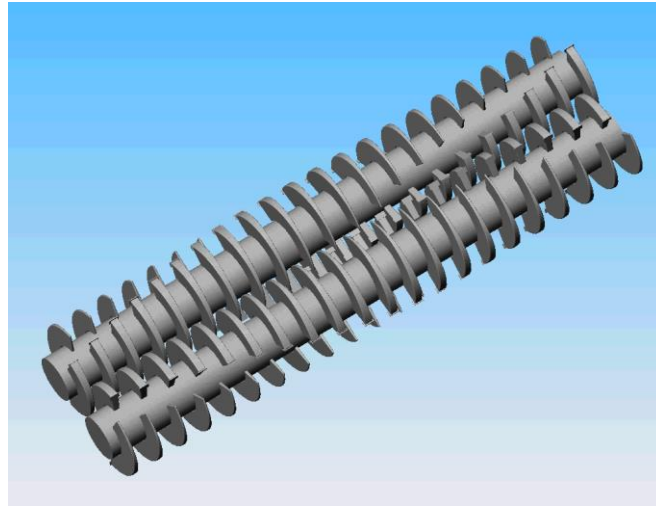


Bant Kurutucu

Şekil 5.1. Doğrudan kurutma sistemlerine örnekler (Lowe, 1995)

Dolaylı çalışan kurutucularda ise çamurun gaz ile teması yoktur. Genellikle yakıt, termal yağ ya da sıcak gazın bulunduğu tank ile çamurun bulunduğu tank arasındaki duvardan ısı transferiyle kurutma

gerçekleşmektedir. Bu tip kurutucu örnekleri; ince-film, disk ve pedal kurutucular ve akışkan yataklı kurutuculardır. Dolaylı çalışan kurutucular doğrudan çalışanlardan daha gelişmiş aparatlar gerektirmektedir. Dolaylı bir kurutucu olan pedal tipi kurutucuya ait resimler Şekil 5.2’de verilmektedir. Kombine kurutucular ise iki sistemin bir arada olduğu sistemlerdir.



Şekil 5.2. Pedallı tipte kurutucu (GMF sunumu, 2010)

Dolaylı kurutma yapan kurutucuların doğrudan kurutma yapan kurutuculardan daha az enerji tüketmekte oldukları çünkü dolaylı kurutma yapan sistemlerde çamurun buhar ile temas etmemekte olduğu belirtilmektedir. Bu sayede çıkan çamur daha kuru ve sistemin enerji kazanımının daha fazla olduğu vurgulanmaktadır. Ayrıca dolaylı kurutma yapan kurutucuların daha az bekleme süresine sahip ve bu sebeple de kapasitelerinin diğerlerinden daha yüksek olduğu bilinmektedir (Ferrasse ve diğ., 2002).

2.2.Çamur Kurutma Ünitelerinin Verimini Etkileyen Faktörler

Dolaylı kurutma sistemlerinde kurutmayı etkileyen parametreler aşağıda verilmektedir (Arlabosse ve Chitu, 2007):

- toplam ısı tutunumu,
- ısı iletkenliği,
- kuru çamurun hacimsel ısı kapasitesi
- karışım sayısı,
- kurutucu duvar sıcaklığı,
- karıştırıcı hızı

Doğrudan kurutma sistemlerinde kurutmayı etkileyen iki ana parametre vardır (Vaxelaire ve diğ., 1999):

- çamurun havalandırma koşulları (kuru termometre sıcaklığı, bağıl nem ve havanın hızı)
- çamurun yapısı ve niteliğidir.

KAYNAKLAR

1. Arlabosse, P. ve Chitu, T. (2007) Identification of the limiting mechanism in contact drying of agitated sewage sludge. *Drying Technology*, 25, 557–567.
2. Besze'des S., Kerte'sz S., La'szlo' Z., Szabo' G., Hodu'r C. (2009) Biogas production of ozone and/or microwave-pretreated canned maize production sludge, *Ozone: Science & Engineering*, 31 (3), pp. 257 – 261.
3. Bougrier C., Carrere H., Delgenes J.P. (2005) Solubilisation of waste-activated sludge by ultrasonic treatment, *Chemical Engineering Journal*, 106 (2), 163-169.
4. Englande, A.J. ve Reimers, R.S. (2001) Biosolids management – sustainable development status and future direction, *Water Sci and Technol*, v.44, n. 10, 41-46
5. Ferrasse, J. H., Arlabosse, P. ve Lecomte, D. (2002) Heat, momentum, and mass transfer measurements in indirect agitated sludge dryer, *Drying Technology*, 20: 4, 749–769.
6. Filibeli, A., Arıtma Çamurlarının İşlenmesi, Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları (No. 255), 7. Baskı, 2013.
7. Flaga A. (2007) Sludge Drying, *Proceedings of Polish-Swedish seminars, Cracow March 17-18, (2005) Integration and optimisation of urban sanitation systems*. E. Plaza, E. Levlin, (Editors) TRITA-LWR.REPORT 3018, ISSN 1650-8610, ISRN KTH/LWR/REPORT 3018-SE, ISBN 978-91-7178-826-9.
8. GMF sunumu, 2010, Dokuz Eylül Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Arıtma Çamurlarının Kurutulması Üzerine Seminer, GMF.
9. Kim, J.S., Park, C.H. ve Kim, T.H.(2003) Effects of various pretreatment for enhanced anaerobic digestion with waste activated sludge. *J. Biosci. Bioeng.* 95, 271–275.
10. Lowe, P. (1995) Developments in the Thermal Drying of Sewage Sludge. *Water and Environment Journal* Vol. 9, Issue 3, pp 306–316, Retrieved November 04,2010.
11. Metcalf& Eddy, *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse*,3rd ed. New York: McGraw Hill, 1991.
12. National Biosolids Partnership (2005) *National Manual of Good Practice for Biosolids*. Alexandria, VA. Available online from: www.biosolids.org, select “NBP EMS Program,” then “Manual of Good Practice”.
13. Novak J.T. (2001) Dewatering. In: *Sludge into Biosolids: Processing, Disposal and Utilization*, IWA Publishing,18, 339-363.
14. Peregrina, C., Rudolph, V., Lecomte, D. ve Arlabosse, P. (2008) Immersion frying for the thermal drying of sewage sludge: An economic assessment. *Environ. Management*, 86, 246–261.
15. Song, L. J., Zhu, N. W., Yuan, H. P., Hong, Y. ve Ding, J. (2010) Enhancement of waste activated sludge aerobic digestion by electrochemical pre-treatment, *Water Research*, 44, 4371-4378.
16. Spellman, F.R., *Spellman's Standard Handbook for Wastewater Operators, Vol 2 (Intermediate Level)*, Technomic Publishing, 1999.

17. Tanaka, S., Kobayashi, T., Kamiyama, K, ve Bildan, M.L. (1997) Effects of thermochemical pre-treatment on anaerobic digestion of waste activated sludge, *Water Sci. Technol.*, 8, 209-215.
18. USEPA (1979) *Process Design Manual for Sludge Treatment and Disposal*, September.
19. Vaxelaire, J., Bongiovanni, J. M., Mousques, P. ve Puiggali, J. R. (1999) Thermal drying of residual sludge, *Water Resources* 34:17, 4318-4323.
20. Yasui H., Shibata M. (1994) An innovative approach to reduce excess sludge production in the activated sludge process, *Water Science and Technology*, 30, 9, 11-20.
21. Weemaes, M., & Verstraete, W. (2001) In L. Spinosa, & A. Vesilind (Eds.), *Sludge into biosolids: Processing, disposal, utilization* (pp. 365–383) London: IWA Publishing.

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1 – GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

- 1.1 Stabilize arıtma çamuru nedir?
- 1.2 Bu el kitabının amacı nedir?
- 1.3 El kitabının kullanılacağı yerler
- 1.4 Arıtma çamurları neden tarımda kullanılmalıdır?
 - 1.4.1 Avantajları
 - 1.4.2 Dezavantajları
- 1.5 Arıtma çamuru üreticileri kimdir?
- 1.6 Arıtma çamuru üreticilerinin sorumlulukları nelerdir?
- 1.7 Arıtma çamuru kullanıcılarının sorumlulukları nelerdir?

BÖLÜM 2 – ARITMA ÇAMURUNDA YÜKSEK KALİTE NASIL ELDE EDİLİR?

- 2.2 Çamur arıtım süreçleri ve alternatifler
- 2.2 Kalite kriterleri
 - 2.2.1 Ağır metaller
 - 2.2.2 İz organikler
 - 2.2.3 İndikatör mikroorganizmalar
- 2.3 Kalitenin Sertifikalandırılması

BÖLÜM 3 –ARITIM SONRASI VE UYGULAMA ÖNCESİ İŞLEMLER

- 3.1 Çamurun depolanması
- 3.2 Çamurun taşınması
 - 3.2.1 Ekipman
 - 3.2.2 Ulaşım Güzergahı

BÖLÜM 4 – ARITMA ÇAMURU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

- 4.1 İzleme ve raporlama
 - 4.1.1 Arıtım sistemi izleme
 - 4.1.2 Mikrobiyolojik izleme
 - 4.1.3 Çamur kalite parametrelerinin izlenmesi
 - 4.1.4 Toprak kalitesinin izlenmesi
 - 4.1.5 Raporlama
- 4.2 Endüstriyel Deşarjların Kontrolü

EKLER

BÖLÜM 1 – GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

1.1 Stabilize arıtma çamuru nedir?

Stabilize arıtma çamuru, evsel atıksuların arıtımı sonucunda elde edilen; Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanımına Dair Yönetmelik ve Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği kapsamında verilen esaslara göre arıtılmış, gübre ya da toprak iyileştirici olarak tarımda yararlı kullanımı olan organik yan üründür. En yaygın kullanılan stabilizasyon yöntemleri biyolojik ya da kimyasal yöntemlerdir. Biyolojik yöntemler aerobik ya da anaerobik çürütme ve kompostlamadan oluşur. Stabilizasyonda hedef çamurun organik madde, koku, patojen mikroorganizmalar gibi istenmeyen yönlerini iyileştirerek çamurun çevresel ortamlarda daha az reaktif olmasını sağlamaktır.

1.2 Bu el kitabının amacı nedir?

Bu el kitabının amacı, arıtma çamurunun toprakta kullanımına yönelik arıtımı ve hazırlanması ile ilgili prensiplerin ortaya konmasıdır. Arıtma çamurunun tarımda yeniden kullanımı sürdürülebilir bir yaklaşım olarak Dünya’da pek çok ülkede kabul görmektedir. Bu el kitabı da mevcut en iyi bilimsel veriler kullanılarak, arıtma çamurunun tarımda kullanımının

- ❖ iyi tarım uygulamaları ile uyumlu olması,
- ❖ insan, hayvan ve bitki sağlığına risk teşkil etmemesi,
- ❖ toprak ekosisteminin bütünlüğünü koruması,
- ❖ su, hava ve toprak kirliliğine yol açmaması,
- ❖ bu uygulamaların toplumda herhangi bir rahatsızlık oluşturmaması

amacıyla hazırlanmıştır.

1.3 El kitabının kullanılacağı yerler

Bu el kitabı arıtma tesisi işletmecileri ve sorumluları tarafından, arıtma çamurunun işlenmesinden başlayarak nihai olarak toprağa uygulayacak kişi/kişilere teslim edilmesine kadar kullanılabilir.

1.4 Arıtma çamurları neden tarımda kullanılmalıdır?

Besin zinciri bitkilerin besin maddelerini alması ve bunları dokuya dönüştürmesi ile toprakta başlar. İnsanlar da bu bitki dokularını doğrudan meyveler, sebzeler ve tahıllar ile, ya da dolaylı olarak et ve süt ürünleri ile tüketirler. İnsanlar yiyeceklerdeki besin maddelerinin tamamını kullanamaz. Besinlerin kullanılmayan kısmı atıksulara karışır ve çoğunlukla atıksu arıtım süreci sonunda oluşan arıtma çamuruna aktarılır. Besin maddeleri tekrar toprağa döndüklerinde doğal döngü tamamlanır. Bu sebeple arıtma çamurunun tarımda kullanılması sürdürülebilir bir çamur yönetimi seçeneğidir.

1.4.1 Avantajları

Arıtma çamuru, sağlıklı bitki ve hayvan gelişimi için gerekli makro ve mikro besin maddeleri açısından zengindir. Azot, fosfor ve potasyum içerir. Ayrıca toprağın magnezyum, çinko, bakır, kalsiyum, nikel, bor, mangan ve kobalt ihtiyacını da karşılayabilir.

Arıtma çamuru içerdiği organik madde sebebiyle organik maddelerce fakir toprakların zenginleşmesini sağlar, ayrıca kumlu toprakların yapısını iyileştirir. Arıtma çamuru kullanımı toprak mikroorganizmaları ile bitki kökleri arasındaki ilişkiyi geliştirerek bitkilerin en iyi büyüme oranlarında sağlıklı gelişimine yardımcı olur.

1.4.2 Dezavantajları

Günümüzün modern toplumlarında insanların günlük aktiviteleri ve endüstriyel uygulamalardan kaynaklanan birçok madde atıksulara karışmaktadır. Arıtılmamış arıtma çamurunda

- ❖ bakteriler, virüsler, parazitler ve diğer potansiyel hastalık yapıcı mikroorganizmalar,
- ❖ noktasal olmayan kaynaklardan yağmur suları ile gelen kirleticiler,

- ❖ endüstriyel prosesler ve diğer kaynaklardan gelen ağır metaller,
- ❖ evsel ve endüstriyel kaynaklardan gelen deterjanlar, ilaç kalıntıları,
- ❖ endüstriyel kaynaklardan gelen çeşitli organik mikro kirleticiler bulunabilir.

Bu kirletici maddeler

- ❖ çevre mevzuatına uyumlu deşarjlarla,
- ❖ kanalizasyon sistemine yapılan deşarjlara ilişkin sınırlanmalarla,
- ❖ arıtma çamurunun etkin bir şekilde arıtılması ile giderilebilir ya da büyük ölçüde azaltılabilir.

1.5 Arıtma çamuru üreticileri kimdir?

Atıksu arıtma çamurunu arıtarak, çevre ve insan sağlığı için güvenli ve yararlı kullanım için uygun olacak yüksek bir standarda getirmekten sorumlu yerel yönetimler ile atıksu arıtma tesisi işleticileridir.

1.6 Arıtma çamuru üreticilerinin sorumlulukları nelerdir?

Arıtma çamuru üreticilerinin arıtma çamuru kullanımının düzenlenmesinde temel yükümlülükleri şunlardır:

- ❖ Toprağa uygulanacak olan arıtma çamurunun Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'te belirtilen esaslara uygun olarak üretilmesini sağlamak.
- ❖ Arıtma çamuru kalitesini Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'te belirtilen şekilde düzenli ölçümlerle takip etmek.
- ❖ Arıtma çamurlarının üretim süreçlerine ilişkin işletim koşullarına ve arıtma çamuru kalitesine dair bilgileri düzenli olarak toplamak ve saklamak.
- ❖ İlgili makamlara düzenli aralıklarla rapor etmek.
- ❖ Sağlanacak arıtma çamurunun (ürün) sürekli olarak yüksek kalitede olduğunu garanti etmek.
- ❖ Arıtma çamurunun toprakta kullanılmasına ilişkin bilgileri hazırlayarak kullanıcıya vermek.

Arıtma çamurlarının toprakta kullanılması izne tabidir. Arıtma çamuru üreticileri, kullanıma sunacakları arıtma çamuru için Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'te yer alan Stabilize Arıtma Çamuru Kullanım İzin Belgesi talebiyle aşağıda belirtilen bilgi ve belgelerle birlikte İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü'ne başvuruda bulunurlar.

- ❖ Stabilize arıtma çamurunun kullanılacağı bölgenin il, ilçe ve köy olarak yeri, parsel numarası ve kaç dekar olduğu,
- ❖ Yıllık üretilen arıtma çamuru miktarı,
- ❖ Kullanılacak stabilize arıtma çamurunun analiz belgesi (Ek 2, Tablo 1),
- ❖ Uygulanacak toprağın analiz belgesi (Ek 2, Tablo 2).

Stabilize arıtma çamurunun toprakta kullanımına yönelik yapılan başvurularda müracaat dosyası İnceleme ve Değerlendirme Komisyonu tarafından incelenir. İnceleme sonrası toprakta kullanımı uygun görülürse Stabilize Arıtma Çamuru Kullanım İzin Belgesi (Ek 5, Tablo 1) İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü tarafından üç yıllığına verilir.

Arıtma çamuru üreticileri, arıtma çamurunun kullanıma sunulmasından önce kullanıcılara aşağıdaki belgelerin bir örneğini vermekle yükümlüdür. Kullanıcılar denetimler esnasında yetkililere belirtilen belgeleri ibraz etmekle yükümlüdürler.

- ❖ Stabilize Arıtma Çamuru Kullanım İzin Belgesi (Ek 5, Tablo 1),
- ❖ Stabilize Arıtma Çamuru Analiz Belgesi (Ek 2, Tablo 1).

Üreticiler ayrıca stabilize arıtma çamurunun toprakta kullanılmasına ilişkin kullanım talimatı hazırlamakla ve bunu kullanıcıya vermekle yükümlüdür. Kullanıcı da iki kopya hazırlanan bu talimatı imzalayarak alırken çamuru üretici tarafından belirtilenden farklı bir şekilde kullanmayacağını beyan eder.

1.7 Arıtma çamuru kullanıcılarının sorumlulukları nelerdir?

Arıtma çamuru kullanıcılarının sorumlulukları aşağıdaki şekildedir.

- ❖ Arıtma çamuru kullanıcıları, üreticiler tarafından hazırlanan stabilize arıtma çamurunun toprakta kullanılmasına ilişkin kullanım talimatına birebir uymakla yükümlüdür. Kullanıcı, üretici tarafından iki kopya olarak hazırlanan bu talimatı imzalayarak çamurla birlikte alırken çamuru üretici tarafından belirtilenden farklı bir şekilde kullanmayacağını beyan eder.
- ❖ Kullanıcılar denetimler esnasında gerektiğinde yetkililere üretici tarafından hazırlanıp kendilerine verilen aşağıdaki belgeleri ibraz etmekte yükümlüdürler.
 - Stabilize Arıtma Çamuru Kullanım İzin Belgesi,
 - Stabilize Arıtma Çamuru Analiz Belgesi.
- ❖ Kullanıcı, stabilize arıtma çamuru uyguladığı her bir tarlasına hangi tarihte dekara ne kadar çamur uyguladığının ve bu tarladan elde ettiği ürün veriminin kaydını tutmakla ve gerektiğinde ibraz etmekte yükümlüdür.

BÖLÜM 2 – ARITMA ÇAMURUNDA YÜKSEK KALİTE NASIL ELDE EDİLİR?

2.1 Çamur arıtım süreçleri ve alternatifler

Ham ve işlenmemiş arıtma çamurları toprakta kullanılamaz ve toprağa enjekte edilemez.

Arıtma çamurları, Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'te belirtilen sınır değerlere ulaşmak için uygun arıtım süreçlerinden geçmek zorundadır.

Yaygın kullanılan çamur arıtma süreçleri aşağıda listelenmiştir. Bu süreçlerin nasıl işletildiğine bağlı olarak yüksek kalite pastörize çamur elde etmek de mümkündür. Ek 1, Tablo 1'de verilen işletim koşulları sağlandığında bu arıtım süreçleri mikrobiyal açıdan yüksek kalitede (pastörize) arıtma çamuru üretimini gerçekleştirebilir. Bu çamurlar patojen mikroorganizmalar bakımından tehdit oluşturmazlar.

- ❖ Mezofilik ya da termofilik anaerobik çürütme
- ❖ Mezofilik ya da termofilik aerobik çürütme
- ❖ Kompostlama (yığın ya da havalandırılmalı yığın)
- ❖ Alkali stabilizasyon
- ❖ Termal kurutma

Arıtım işleminin ardından arıtma çamuru daha kolay işlenebilir, depolanabilir, taşınabilir ve dağıtılabilir.

2.2 Kalite kriterleri

Arıtma çamuru, tarımda güvenli ve yararlı bir şekilde kullanılacak, sürekli yüksek standartta bir ürün olarak kabul edilmelidir. Bunun sağlanması için yönetmelikte belirtilen kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik kalite standartlarına ulaşılmalı ve toprağa uygulanan arıtma çamuru oranları kontrol edilmelidir. Uygulanacak arıtma çamuru ve toprağa ilişkin kalite standartları mevcut yönetmelik sınır değerleridir. Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanımına Dair Yönetmelik kapsamında hem çamurlar hem de toprak için parametreler bazında sınır değerler verilmektedir.

2.2.1 Ağır metaller

Bazı topraklar doğal olarak yüksek ağır metal içeriklerine sahiptir. Fakat metaller toprağa hava, yapay ve hayvansal gübreler gibi çeşitli kaynaklardan da girebilir. Arıtma çamurunun toprakta kullanılması ile toprağa fazladan metal eklenmesinin önüne geçilmeli ve toprak, bitki, hayvan ve insan sağlığı açısından olumsuz etki yaratmayacağını kanıtlanması konusunda özen gösterilmelidir. Bunun için:

- ❖ arıtma çamurunun toprağa uygulama oranlarının kısıtlanması (3. Bölüm),
- ❖ toprağa 10 yıllık sürede yapılacak ortalama ağır metal ilavesinin kontrol edilmesi (3. Bölüm),
- ❖ ekim, hasat ve hayvan otlatma kısıtlarının gözlenmesi (3. Bölüm),
- ❖ yüksek konsantrasyonlarda ağır metal içeren topraklarda arıtma çamuru uygulaması yapılmaması gerekir (3. Bölüm).

2.2.2 İz organikler

Arıtma çamurunda bulunan organik mikro kirletici içeriği oldukça düşüktür. Çamurlar toprağa eklendiklerinde de seyrelmeye maruz kalırlar. Arıtma çamurunun toprakta uygulanmasında Paragraf 2.2.1’de belirtilen kısıtlara uyulması, toprakta organik mikro kirleticiler içeriğinin son derece düşük kalmasını sağlayarak toprak, bitki ve hayvan sağlığına zarar vermeyecektir.

Arıtma çamuru kullanım programı, Ek 2 Tablo 1’de belirtilen organik mikro kirleticinin düzenli olarak izlenmesini de kapsamalıdır.

2.2.3 İndikatör mikroorganizmalar

Arıtma çamurunun hijyenik kalitesi patojen ölçümleri maliyetli ve karmaşık olduğu için indikatör mikroorganizmalar ölçülerek belirlenir. Arıtma çamuruna uygulanan stabilizasyon yöntemi sonucunda E. Coli’nin en az 2 Log 10 (%99) indirgenmesi sağlanmalıdır.

2.3 Kalitenin Sertifikalandırılması

Toprağa uygulanacak arıtma çamurunun kapsamlı bir analizi düzenli olarak yapılmalıdır. Sonuçlar, Stabilize Arıtma Çamuru Analiz Belgesi’nde belirtilmelidir.

Her bir potansiyel kullanıcı/müşteri, kullanmak istediği arıtma çamuruna ait Stabilize Arıtma Çamuru Analiz Belgesi’ni elde etmekle yükümlüdür.

Stabilize Arıtma Çamuru Analiz Belgesi aşağıdaki bilgileri içermelidir:

- ❖ Numune analiz tarihi,
- ❖ Arıtma çamurunun stabilizasyonu için uygulanan yöntem,
- ❖ Stabilizasyon koşulları,
- ❖ E.Coli giderim sonucu,
- ❖ Arıtma çamurunun besin maddesi içeriği (konsantrasyonlar),
- ❖ Arıtma çamurunda ağır metal konsantrasyonları,
- ❖ Arıtma çamurunda organik mikro kirletici konsantrasyonları.

Stabilize Arıtma Çamuru Analiz Belgesi’nde ölçülmesi gereken parametreler Ek 2 Tablo 1’de listelenmiştir. Tüm analizler yönetmelikte belirtilen uygun metotlar kullanılarak yapılmalıdır.

BÖLÜM 3 –ARITIM SONRASI VE UYGULAMA ÖNCESİ İŞLEMLER

3.1 Çamurun depolanması

Yeterli ve güvenilir bir depolamanın mevcut olması, çamurun işlenmesi ve taşınmasını kolaylaştırması nedeniyle arıtma çamurunun kullanımı programı için stratejik bir gerekliliktir. Arıtma çamuru üreticisi, arıtma çamurunun üretildiği tesiste depolamayı sağlamalıdır.

Stabilize arıtma çamuru, toprağa ekimden önce erken ilkbahar ve geç sonbaharda uygulanmalıdır. Bu nedenle, depo hacmi arıtma çamurlarının toprağa uygulanmasının uygun olmayacağı Kasım ve Şubat ayları arasında üretilecek olan çamurlarını depolamak için yeterli olmalıdır.

Depolama tesislerinin yönetimi Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik kapsamında yapılarak yüzeysel ve yer altı suyu kirliliği riski oluşturmayacak şekilde düzenlenmelidir. Susuzlaştırılmış arıtma çamuru, atıksu arıtma tesisinde oluşturulacak sızıntı suyu toplama kanalları bulunan beton zemin üzerinde istiflenebilir. Bu beton zeminin üstü bir çatı ve etrafı duvarlar ile kaplanarak yağmur suyu girişi engellenmelidir. Kendiliğinden oluşan sızıntı suyu Atıkların Düzenli Depolanmasına Dair Yönetmelik kapsamında belirtildiği şekilde uygun drenaj sistemleri ile toplanmalı ve kontrollü bir şekilde bertaraf edilmelidir.

3.2 Çamurun taşınması

3.2.1 Ekipman

Susuzlaştırılmış arıtma çamuru atık taşıma lisansına sahip kapalı kamyonlarda ya da römorkta taşınabilir. Hangi araç seçilirse seçilsin, tipi ve boyutu planlanan görev için uygun olmalıdır.

3.2.2 Ulaşım Güzergahı

Arıtma tesisinden uygulama alanına ulaşım güzergahı, çevre ve halk sağlığı açısından olası problemleri minimuma indirecek şekilde seçilmelidir. Uygulamanın yapılacağı yerde taşıma araçlarının alana giriş çıkışları ve yol kenarlarına park etmeleri esnasında herhangi bir trafik tehlikesi yaratmamasına özen gösterilmelidir.

BÖLÜM 4 – ARITMA ÇAMURU KALİTESİNİN BELİRLENMESİ

4.1 İzleme ve raporlama

Kapsamlı kayıt tutularak tamamlanan bir izleme programında arıtma çamurunun üretim süreci ve kalitesinin izlenebilirliğinin garanti edilmesi esastır. Bu şekilde tutulan bütün kayıtların en az 10 yıllık süre boyunca arıtma tesisinde saklanması sağlanmalıdır.

Ek 5 Tablo-1’de verilen Stabilize Arıtma Çamuru Kullanım İzin Belgesi alan arıtma çamuru üreticileri, Ek 2 Tablo-1’de yer alan Stabilize Arıtma Çamuru Analiz Belgesinde verilen parametrelerin analizlerini;

- ❖ Günlük kuru çamur miktarı 50 tona kadar olanlar on iki ayda bir,
- ❖ Günlük kuru çamur miktarı 50 tonun üzerinde olanlar altı ayda bir,
- ❖ Arıtma kapasitesi günlük 5000 eşdeğer nüfus ya da kirlilik yükü 300 kg biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOI₅) altında olan ve temelde evsel atık suların arıtıldığı arıtma tesisi işletmecileri on sekiz ayda bir,

yaptırarak İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğüne bildirmekle yükümlüdürler.

4.1.1 Arıtım sistemi izleme

Ek 2 Tablo 1’de belirtilen tüm önemli proses parametrelerinin düzenli olarak izlenmesi, arıtma çamurunun devamlı olarak yeterli arıtım standartlarına ulaştığını garanti edecektir. Bu parametreler ölçülmeli ve kayıt altına alınmalıdır.

4.1.2 Mikrobiyolojik izleme

Belirli mikroorganizmaların yokluğu arıtma çamuru ürününün kalitesinin göstergesidir.

Mikrobiyolojik analiz için alınan örnekler, stabilizasyon öncesi ve sonrası arıtma çamurunu temsil edecek şekilde 25 farklı noktadan rastgele alınan örneklerin karıştırılması ile oluşturulmalı, geniş ağızlı cam şişe içine alınan örnekler soğuk zincir ile taşınarak 1-2 saat içinde analizin yapılacağı laboratuvara ulaştırılıp en kısa süre içerisinde Ek 4’te belirtilen esaslar çerçevesinde analizi tamamlanmalıdır.

4.1.3 Çamur kalite parametrelerinin izlenmesi

Arıtma çamuru için Ek 2 Tablo 1’de belirtilen parametrelerin analizleri Bakanlıktan yetki almış laboratuvarlarda Ek 4’te belirtilen esaslar çerçevesinde yapılması zorunludur.

Atıksu şebekesine yeni bir deşarjın eklenmesi ya da atıksu debisinde meydana gelen herhangi bir değişiklik arıtma çamurunun karakterini değiştirebilir. Böyle durumlarda yapılan analizlerin aralık ve sıklığının artırılması gereklidir.

Toprağa uygulanacak stabilize arıtma çamurunun pH değeri 6.0-8.5 arasında olmalıdır.

4.1.4 Toprak kalitesinin izlenmesi

Arıtma çamuru uygulaması yapılacak toprağın ağır metal içeriği, uygulama öncesinde kapsamlı olarak analiz edilmelidir. Sonuçlar, Ek 2 Tablo 2’de verilen Toprak Analiz Belgesi’nde belirtilmelidir.

Stabilize arıtma çamuru üreticileri, stabilize arıtma çamuru kullanılan toprağa ait, Ek 2 Tablo 2’de belirtilen parametrelerin analizlerini on iki ayda bir İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğüne belgelendirmekle yükümlüdürler. Stabilize arıtma çamurunun birinci kullanım öncesinde, topraktaki tüm ağır metallerin konsantrasyonu, Ek 3 Tablo 1’de belirtilen sınır değerlerin % 50’den daha az ise, stabilize arıtma çamurunun toprakta kullanımında topraktaki ağır metal analizlerinin izin verilen süre içerisinde ikinci ve üçüncü yıl tespiti yapılmaz.

Uygulama yapılacak toprak için Ek 2 Tablo 2’de belirtilen parametrelerin analizleri Bakanlıktan yetki almış laboratuvarlarda Ek 4’te belirtilen esaslar çerçevesinde yapılması zorunludur.

Ayrıca, organik madde içeriği %5’den fazla olan topraklarda stabilize arıtma çamuru uygulanmamalıdır.

4.1.5 Raporlama

Arıtma çamuru üreticileri, stabilize arıtma çamurlarıyla ilgili analizleri yapmak ve kayıtları tutmakla yükümlüdür. Tutulacak kayıtlarda aşağıdaki bilgiler bulunmalıdır:

- ❖ Arıtma çamurunun stabilize hale getirilmesi için uygulanan yöntem ve işletme koşulları,
- ❖ Stabilize arıtma çamurunun yönetmelikte belirtilen sıklıkla yapılmış Ek 2 Tablo 1’de belirtilen parametre değerleri,
- ❖ Üretilen stabilize arıtma çamuru miktarı ve toprakta kullanım miktarları,
- ❖ Stabilize arıtma çamuru alıcılarının adları ve adresleri ile çamurun kullanılacağı alan (dekar),
- ❖ Stabilize arıtma çamurunun kullanıldığı alanda yetiştirilen ürün çeşidi.

Bu kayıtlar yetkililere açık olup, Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik gereğince her üç yılda bir toprakta stabilize arıtma çamurunun kullanımına ilişkin olarak; arıtma çamuru üreticileri yukarıda belirtilen kayıtların tutulması sürecinde karşılaşılan güçlükleri belirten raporu hazırlayarak İl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğüne sunmakla yükümlüdürler.

4.2 Endüstriyel Deşarjların Kontrolü

Arıtma çamurlarının kalitesinin yüksek olması içeriğindeki kirletici konsantrasyonlarının düşük olmasına bağlıdır. Çamur içeriğindeki kirleticiler ise büyük oranda endüstriyel kuruluşların atıksularını belediyelerin kanalizasyon sisteminine deşarj etmelerinden kaynaklanmaktadır. Endüstriler, atıksularını şehir kanalizasyona deşarj edebilmek için Atıksuların Kanala Deşarj Yönetmeliği limit değerlerini sağlayana kadar arıtmak durumundadır.

8/1/2006 tarihli ve 26047 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği'nde yer almayan endüstrilerin atıksularından elde edilen stabilize arıtma çamurları toprağa uygulanmaz.

EK 1**TABLO 1. MİKROBİYAL AÇIDAN YÜKSEK KALİTE ARITMA ÇAMURU ELDE ETMEK İÇİN ÖNERİLEN ARITMA PROSELERİ**

Proses	Açıklama
Mezofilik anaerobik çürütme (herhangi bir ek ön arıtım ya da son arıtım ile pastörizasyonun sağlanması koşulu ile)	Ortalama çamur bekletme süresi birincil çürütücüde 35° +/- 3°C sıcaklık aralığında en az 12 gün ya da birincil çürütücüde 25° +/- 3°C sıcaklık aralığında en az 20 gün olmalıdır. Pastörizasyon aşamasında çamur bekletme süresi 70°C' den yüksek sıcaklıkta en az 1 saat ya da 55°C' den yüksek sıcaklıkta en az 2 saat olmalıdır.
Termofilik anaerobik çürütme	Ortalama çamur bekletme süresi 50 - 55°C sıcaklık aralığında en az 48 - 72 saat olmalıdır. 70°C' den yüksek sıcaklıkta en az 1 saat çamur bekletme süresi olmalı, ardından minimum çamur bekletme süresi 55°C' den yüksek sıcaklıkta en az 2 saat, ya da 50°C' den yüksek sıcaklıkta en az 4 saat olmalıdır.
Termofilik aerobik çürütme	Ortalama çamur bekletme süresi en az 7 gün olmalıdır. Tüm çamur en az 4 saat, 55°C' den yüksek sıcaklığa maruz bırakılmalıdır. Uçucu katıların %38' den fazlasının giderimini sağlamalıdır.
Kompostlaştırma 1. Yığınlar	En az 15 gün 55°C' de tutulmalıdır. Kompostlama süresi içinde kompost yığınının 5 kez karıştırılması sonrasında sıcaklık ≥ 55°C olarak tutulabilmelidir.
2. Statik (durgun) yığın ya da reaktörde	55°C' den yüksek sıcaklık elde edilmeli ve homojen bir şekilde en az 3 gün korunmalıdır.
Alkali stabilizasyon	1.pH değerini 12.0'ın üstüne çıkarmak ve sıcaklığın 30 dakikalık süre boyunca 70°C'ye yükselmesini sağlamak için sönmemiş kireç eklemesi yapılır. 2.pH değerini 12.0'ın üstüne çıkarmak, pH değerini 12.0'ın üstünde 72 saat boyunca korumak ve en az 12 saat boyunca 52°C'den yüksek sıcaklık sağlamak için kireç eklemesi yapılır. Bu 72 saatlik süre sonunda çamur açık havada ≥ 50% katı madde içeriğine kurutulur.
Termal kurutma	Sıcak gazlar ile direkt ya da dolaylı temas sağlanarak kurutma sağlanır. Kurumuş arıtma çamurunun nem içeriği %10'dan düşük olmalıdır. Ya arıtma çamurunun sıcaklığı 80°C'den yüksek olmalı ya da çamur ile temas halinde olan gazın, çamur kurutucudan çıkarken sahip olduğu ıslak termometre sıcaklığı 80°C'den yüksek olmalıdır.

İZLEME GEREKSİNİMLERİ

TABLO 1. STABİLİZE ARITMA ÇAMURU ANALİZ BELGESİ

Parametre	Arıtma Çamuru Analizi	Analiz Metotları
Kurşun (mg kg ⁻¹ Fırın Kuru madde)		
Kadmiyum "		
Krom "		
Bakır "		
Nikel "		
Civa "		
Çinko "		
Arsenik		
Toplam Azot "		
Organik Azot		
Nitrat Azotu		
Amonyum Azotu		
Alınabilir Fosfor "		
AOX "		
LAS "		
DEHP "		
NPE "		
PAH "		
PCB "		
PCDD/F (ngTE/kg kuru madde)		
pH		
C/N		
Kuru Madde (%)		
Yanma Kaybı		

Parametre	Arıtma Çamuru Analizi	Analiz Metotları
Organik Madde (%)		
Elektriksel İletkenlik (dS m⁻¹)		
Nem (%)		
E.coli EMS/g		
Arıtma çamurunun stabilizasyonu için uygulanan yöntem		

Numune Analiz Tarihi: .../.../....

TABLO 2. TOPRAK ANALİZ BELGESİ

Toprak Örneğinin Alındığı	İl	
	İlçe	
	Köy	
Faaliyet Sahibi (Adı Soyadı)		
Faaliyet Türü		
Toprak Örneğinin Alındığı Derinlik		
Numunenin Alındığı Tarih		
Numune Alan Kişinin Adı		
Yetiştirilecek ürün çeşidi		
Parsel No		
Stabilize Arıtma Çamurunun Kullanılacağı Alan (Dekar)		
Alanın Koordinatları		

Parametre	Sonuçlar	Analiz Metodu
Kurşun (mg kg⁻¹ Fırın Kuru Toprak)		
Kadmiyum "		
Krom "		
Bakır "		
Nikel "		
Civa "		
Çinko "		
Toplam Azot "		
Alınabilir Fosf "		
pH		
Organik Madde (%)		
Elektriksel İletkenlik (dS m⁻¹)		
Toprak Bünyesi		

Numune Analiz Tarihi: .../.../....

TABLO 1. TOPRAKTAKİ AĞIR METAL SINIR DEĞERLERİ

Ağır Metal (Toplam)	6≤pH<7	pH≥7
	mg. kg ⁻¹ Fırın Kuru Toprak	mg. kg ⁻¹ Fırın Kuru Toprak
Kurşun	70	100
Kadmiyum	1	1,5
Krom	60	100
Bakır	50	100
Nikel	50	70
Çinko	150	200
Civa	0,5	1

TABLO 2. TOPRAKTA KULLANILABİLECEK STABİLİZE ARITMA ÇAMURUNDA MÜSAADE EDİLECEK MAKSİMUM AĞIR METAL MUHTEVALARI

Ağır Metal (Toplam)	Sınır Değerler (mg kg ⁻¹ kuru madde)
Kurşun	280
Kadmiyum	10
Krom	1000
Bakır	1000
Nikel	300
Çinko	2500
Civa	10
Arsenik	41

TABLO 3. TOPRAKTA KULLANILACAK STABİLİZE ARITMA ÇAMURUNDAKİ ORGANİK BİLEŞİKLERİN KONSANTRASYONLARININ VE DİOKSİNLERİN SINIR DEĞERLERİ

Organik Bileşikler	Sınır değerler (mg kg ⁻¹ kuru madde)
AOX (Adsorblanabilen organik halojenler)	500
LAS (Lineer alkilbenzin sülfonat)	2 600
DEHP (Diftalat(2-ethylhexyl))	100
NPE (Nonil fenol ile 1 ve 2 etoksi grubu olan nonil fenol etoksilatların toplamını içerir)	50
PAH (Polisiklik aromatik hidrokarbon veya poliaromatik hidrokarbonların toplamı)	6
PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 sayılı poliklorlu bifenil bileşiklerinin toplamı)	0.8

Dioksinler	ng Toksik Eşdeğer.kg ⁻¹ kuru madde
PCDD/F Poliklorlu dibenzodioksin/dibenzofuranlar	100

TABLO 4. TOPRAKTA ON YILLIK ORTALAMA ESAS ALINARAK BİR YILDA VERİLMESİNE MÜSAADE EDİLECEK AĞIR METAL YÜKÜ SINIR DEĞERLERİ

Ağır Metal (Toplam)	Sınır Yük Değeri (g da⁻¹ yıl⁻¹, kuru madde)
Kurşun	225
Kadmiyum	3
Krom	300
Bakır	300
Nikel	90
Çinko	750
Civa	3

EK 4

ÖRNEK ALMA VE ANALİZ METOTLARI

Toprak Örneği Alma: Analiz için alınan temsili toprak örnekleri normalde, aynı amaçla tarım yapılan 50 dekarı aşmayan bir arazi üzerinden alınan 25 örneğin karıştırılmasıyla meydana getirilecektir. Ancak büyük ölçekli aynı amaçla tarım yapılan alanlardan Valiliğin onayı ile 200 dekarı aşmayan bir arazi üzerinden 25 örneğin karıştırılmasıyla temsili toprak örneği alınabilir.

Örneklerin toprak derinliği 25 cm'nin altında olması hali hariç, 25 cm derinlikten alınması gereklidir. Toprak derinliğinin bu değerin altında olması halinde örneğin alındığı derinlik 10 cm'nin altına düşmemelidir.

Stabilize Arıtma Çamuru Örneği Alma: Stabilize arıtma çamuru örneği stabilizasyon işleminden sonra, kullanıcıya gönderilmesinden önce ve çamur üretimini temsil edecek şekilde en az 25 farklı numunenin karıştırılmasıyla oluşturulur.

Analiz Metotları: Ağır metal analizi kuvvetli asit parçalanmasını takiben gerçekleştirilmelidir. Referans analiz metodu asgari atomik absorpsiyon spektrometri olmalı ve her bir metal için tespit sınırı uygun sınır değerin % 10'undan yüksek olmamalıdır.

Çamur kekinde yapılacak ağır metal analizleri, mikrobiyolojik analizler ve çamur besin değerine ilişkin parametreler için uygulanması önerilen analiz yöntemleri aşağıdaki Tablo 5'de verilmektedir.

TABLO 5. ANALİZ YÖNTEMLERİ

Parametre	Standart Yöntem
Katı Madde	TS 9546 EN 12880 SM 2540 G
Organik Madde	TS EN 12879 SM 2540 G
Yanma Kaybı	TS EN 12879 SM 2540 G
Toplam Azot (TN)	AOAC 978 02 2003 SM 4110 B-D
Organik + Amonyum Azotu	AOAC 955 04
Amonyum Azotu	TS 2832 2003-04
Amonyum Azotu +Nitrat Azotu (Devarda metodu)	AOAC 892.01
Toplam Fosfor (TP)	TS EN 13346
Alınabilir Fosfor (Olsen metodu)	TS 8340
Toprak Bünyesi	Bouyoucos hidrometre metodu
pH	US-EPA Metot 9045D-Toprak ve atıkta pH SM 4500-H ⁺ B
Elektriksel İletkenlik (EC)	SM 2510 B, EN 13038
Ağır Metal Analizi Numune Hazırlama-Orijinal numune	EPA 3050B veya EPA 3051 ^a
Ağır Metaller	SM 3120 B veya US-EPA 6010C – (ICP veya Atomik Absorpsiyon Spektrometri)
E-Coli	SM 9222 D (2005)
AOX	DIN 38414-S18 (Coulometri)
LAS	HPLC-FLD-S ile ölçüm
DEHP	
NPE	Çamurdan ekstraksiyon ve türevlendirme sonrası GC-MS ile ölçüm
PAH	
PCB	Çamurdan ekstraksiyon sonrası GC-ECD ile ölçüm
PCDD/F (ngTE/kg kuru madde)	US EPA 8290

TABLO 1. STABİLİZE ARITMA ÇAMURU KULLANIM İZİN BELGESİ

İzin Belgesinin		Tarihi:../../.....	Sayısı:.....
Aritma Çamuru Üreticisinin	Adı Soyadı		
	Ticari Ünvanı		
	Adresi		
Aritma Tesisinin	Adı		
	Adresi		
Kullanılacak Arazinin	Adresi		
	Parsel No		
	Alanı (da)		
	Alanın Koordinatları		
Yetiştirilecek ürün çeşidi			
Kullanılmasına İzin Verilen Maksimum Stabilize Aritma Çamurunun Miktarı (ton kuru madde. da ⁻¹ .yıl)			
İzin Verilen Alanda Stabilize Aritma Çamuru Kullanımının Tekrarlanma Süresi (yıl)			

Açıklama:

Bu izin belgesi yukarıda adı ve soyadı/ünvanı yazılı müracaat sahibine ../../.....tarih ve sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Eysel ve Kentsel Aritma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına İlişkin Yönetmeliğin 7 nci maddesine istinaden 3 (üç) yıllığına verilmiştir.

İl Çevre ve Şehircilik Müdürü
İmza-Mühür-Tarih

BÖLÜM 1 – GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

- 1.1 Stabilize arıtma çamuru nedir?
- 1.2 Bu el kitabının amacı nedir?
- 1.3 El kitabının kullanılacağı yerler
- 1.4 Arıtma çamurlarının toprakta kullanımının çiftçi için avantajları nelerdir?
- 1.5 Arıtma çamurunun çiftçi için yaratabileceği sorunlar nelerdir; dikkat edilmesi gereken hususlar nelerdir?
- 1.6 Arıtma çamuru üreticileri kimdir?

BÖLÜM 2 – SORUMLULUKLAR

- 2.1 Arıtma çamuru kalitesinin garantisi ve sertifikalandırılması
- 2.2 Arıtma çamuru üreticilerinin sorumlulukları
- 2.3 Arıtma çamuru kullanıcılarının sorumlulukları

BÖLÜM 3 –ARITMA ÇAMURU UYGULAMALARI

- 3.1 Kullanılacak çamurun formları
- 3.2 Çamurun uygulama sahasına ulaştırılması
- 3.3 Toprağa uygulama yöntemleri
- 3.4 Ekim, hasat ve otlatma kısıtları
 - 3.4.1 Arıtma çamuru uygulanamayan ürünler
 - 3.4.2 Hasat ve otlatma kısıtları
- 3.5 Uygulama oranları
- 3.6 Besin elementlerinin yönetimi
- 3.7 Uygulama kısıtları

BÖLÜM 1 – GİRİŞ, TANIMLAR VE GENEL BİLGİLER

1.1 Stabilize arıtma çamuru nedir?

Stabilize arıtma çamuru, evsel atıksuların arıtımı sonucunda elde edilen; Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanımına Dair Yönetmelik ve Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği kapsamında verilen esaslara göre arıtılmış, gübre ya da toprak iyileştirici olarak tarımda yararlı kullanımı olan organik yan üründür.

1.2 Bu el kitabının amacı nedir?

Bu el kitabının amacı, stabilize arıtma çamurunun toprakta kullanımına yönelik prensipleri ortaya koymak ve kullanıcıları yönlendirmektedir. Arıtma çamurunun tarımda kullanımı sürdürülebilir bir yaklaşım olarak Dünya’da pek çok ülkede kabul görmektedir. Bu el kitabı da mevcut en iyi bilimsel veriler kullanılarak, arıtma çamurunun tarımda kullanımının

- ❖ iyi tarım uygulamaları ile uyumlu olması,
- ❖ insan, hayvan ve bitki sağlığına risk teşkil etmemesi,
- ❖ toprak ekosisteminin bütünlüğünü koruması,
- ❖ su, hava ve toprak kirliliğine yol açmaması,
- ❖ bu uygulamaların toplumda herhangi bir rahatsızlık oluşturmaması

amacıyla hazırlanmıştır.

1.3 El kitabının kullanılacağı yerler

Bu kitap, stabilize arıtma çamurlarını toprağa uygulayacak kişilere yol göstermek amacı ile hazırlanmıştır. Arıtma çamurlarının bir besin kaynağı olarak toprakta kullanımı sırasında çevre ve halk sağlığı açısından dikkat edilmesi gereken hususları özetlemektedir. Çamurun faydalarını kısaca özetlemenin yanı sıra, çamur uygulama miktarları, çamurda bulunması muhtemel kirleticiler için alınması gereken önlemler ve arıtma çamurunun toprakta kullanımı kapsamındaki yasal sorumluluklar özetlenmektedir.

1.4 Arıtma çamurlarının toprakta kullanımının çiftçi için avantajları nelerdir?

Arıtma çamuru, sağlıklı bitki ve hayvan gelişimi için gerekli makro ve mikro besin maddeleri açısından zengindir. Azot, fosfor ve potasyum içerir. Ayrıca toprağın magnezyum, çinko, bakır, kalsiyum, nikel, bor, mangan ve kobalt ihtiyacını da karşılayabilir.

Arıtma çamuru içerdiği organik maddeler sebebiyle organik maddece fakir toprakların zenginleşmesini sağlar, ayrıca kumlu toprakların yapısını iyileştirir. Arıtma çamuru kullanımı toprak mikroorganizmaları ile bitki kökleri arasındaki ilişkiyi geliştirerek bitkilerin en iyi büyüme oranlarında sağlıklı gelişimine yardımcı olur.

1.5 Arıtma çamurunun çiftçi için yaratabileceği sorunlar nelerdir; dikkat edilmesi gereken hususlar nelerdir?

Günümüzün modern toplumlarında insanların günlük aktiviteleri ve endüstriyel uygulamalardan kaynaklanan birçok madde atıksulara karışmaktadır. Arıtılmamış arıtma çamurunda;

- ❖ bakteriler, virüsler, parazitler ve diğer potansiyel hastalık yapıcı mikroorganizmalar,
- ❖ noktasal olmayan kaynaklardan yağmur suları ile gelen kirleticiler,
- ❖ endüstriyel prosesler ve diğer kaynaklardan gelen ağır metaller,
- ❖ evsel ve endüstriyel kaynaklardan gelen deterjanlar, ilaç kalıntıları,
- ❖ endüstriyel kaynaklardan gelen çeşitli organik mikro kirleticiler bulunabilir.

Bu kirletici maddeler,

- ❖ çevre mevzuatına uyumlu deşarjlarla,
- ❖ kanalizasyon sistemine yapılan deşarjlara ilişkin sınırlamalarla,
- ❖ arıtma çamurunun etkin bir şekilde arıtılması ile giderilebilir ya da büyük ölçüde azaltılabilir.

1.6 Arıtma çamuru üreticileri kimdir?

Atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamuru arıtarak, çevre ve insan sağlığı için güvenli ve yararlı kullanım için uygun olacak yüksek bir standarda getirmekten sorumlu yerel yönetimler ile atıksu arıtma tesisi işleticileridir.

BÖLÜM 2 – SORUMLULUKLAR

2.1 Arıtma çamuru kalitesinin garantisi ve sertifikalandırılması

Toprakta kullanılan herhangi bir gübre gibi arıtma çamurlarının da, etkili ve güvenli olduğundan emin olmak gerekmektedir. Ek olarak, arıtma çamuru ürününün devamlı olarak yüksek kalitede olduğundan (içeriğindeki bileşenlerin belirlenmiş standartlara uygun olduğundan) da emin olmalısınız.

Arıtma çamuru üreticisi,

- ❖ arıtma çamurunun Eysel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'te belirlenmiş kimyasal, fiziksel ve mikrobiyolojik standartları sağlayacak yeterlikte arıtılmış olduğunu garanti etmeli,
- ❖ talep edildiği zaman arıtma çamuruna ait bilgileri sağlamalıdır.

Eğer atıksu arıtma işlemi sırasında oluşan arıtma çamuru gübre olarak tarımsal amaçlı kullanılacaksa, Eysel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'te belirtilen sınır değerlere ulaşmak için uygun arıtım süreçlerinden geçmek zorundadır. Ham ve işlenmemiş sulu ya da kek halindeki arıtma çamurları toprakta kullanılamaz ve toprağa enjekte edilemez.

Mikrobiyal azalma

Ek 1, Tablo 1'de verilen işletim koşullarından biri veya daha fazlasının uygulanması, pastörize bir ürün olarak stabilize arıtma çamuru üretimini gerçekleştirecektir. Arıtım işleminin ardından arıtma çamuru daha kolay işlenebilir, depolanabilir, taşınabilir ve dağıtılabilir.

Ağır metaller

Bazı topraklar doğal olarak yüksek ağır metal içeriklerine sahiptir. Fakat metaller toprağa hava, yapay ve hayvansal gübreler gibi çeşitli kaynaklardan da girebilir. Arıtma çamurunun toprakta kullanılması ile toprağa fazladan metal eklenmesinin önüne geçilmeli ve toprak, bitki, hayvan ve insan sağlığı açısından olumsuz etki yaratmayacağına kanıtlanması konusunda özen gösterilmelidir. Bunun için:

- ❖ arıtma çamurunun toprağa uygulama oranlarının kısıtlanması (3. Bölüm),
- ❖ toprağa 10 yıllık sürede yapılacak ortalama ağır metal ilavesinin kontrol edilmesi (3. Bölüm),
- ❖ ekim, hasat ve hayvan otlatma kısıtlarının gözlenmesi (3. Bölüm),
- ❖ yüksek konsantrasyonlarda ağır metal içeren topraklarda arıtma çamuru uygulaması yapılmaması gerekir (3. Bölüm).

Organik mikro-kirleticiler

Aritma çamurunda bulunan organik mikro kirletici içeriği oldukça düşüktür. Çamurlar toprağa eklendiklerinde de seyrelmeye maruz kalırlar. Aritma çamurunun toprakta uygulanmasında Ek 2 Tablo 1’de belirtilen kısıtlara uyulması, toprakta organik mikro kirleticiler içeriğinin son derece düşük kalmasını sağlayarak toprak, bitki ve hayvan sağlığına zarar vermeyecektir.

Aritma çamuru kullanım programı, Ek 2 Tablo 1’de belirtilen organik mikro kirleticinin düzenli olarak izlenmesini de kapsamalıdır.

Kalitenin Sertifikalandırılması

Toprağa uygulanacak arıtma çamurunun kapsamlı bir analizi düzenli olarak yapılmalıdır. Sonuçlar, Stabilize Arıtma Çamuru Analiz Belgesi’nde belirtilmelidir. Stabilize Arıtma Çamuru Analiz Belgesi’nde ölçülmesi gereken parametreler Ek 2 Tablo 1’de listelenmiştir. Tüm analizler yönetmelikte belirtilen uygun metotlar kullanılarak yapılmalıdır.

Her çiftçi, kullanacağı arıtma çamuruna ait Stabilize Arıtma Çamuru Analiz Belgesi’ni edinmelidir.

2.2 Arıtma çamuru üreticilerinin sorumlulukları

Arıtma çamuru üreticilerinin arıtma çamuru kullanımının düzenlenmesinde temel yükümlülükleri şunlardır:

- ❖ Toprağa uygulanacak olan arıtma çamurunun Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik’te belirtilen esaslara uygun olarak üretilmesini sağlamak.
- ❖ Arıtma çamuru kalitesini Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik’te belirtilen şekilde düzenli ölçümler ile takip etmek.
- ❖ Arıtma çamurlarının üretim süreçlerine ilişkin işletim koşullarına ve arıtma çamuru kalitesine dair bilgileri düzenli olarak toplamak ve saklamak.
- ❖ İlgili makamlara düzenli aralıklarla rapor etmek.
- ❖ Sağlanacak arıtma çamurunun (ürün) sürekli olarak yüksek kalitede olduğunu garanti etmek.
- ❖ Arıtma çamurunun toprakta kullanılmasına ilişkin bilgileri hazırlayarak kullanıcıya vermek.

Arıtma çamuru üreticileri, arıtma çamurunun kullanıma sunulmasından önce kullanıcılara aşağıdaki belgelerin bir örneğini vermekle yükümlüdür. Kullanıcılar da denetimler esnasında yetkililere belirtilen belgeleri ibraz etmekle yükümlüdürler.

- ❖ Stabilize Arıtma Çamuru Kullanım İzin Belgesi (Ek 4, Tablo 1),
- ❖ Stabilize Arıtma Çamuru Analiz Belgesi (Ek 2, Tablo 1).

Üreticiler ayrıca stabilize arıtma çamurunun toprakta kullanılmasına ilişkin kullanım talimatı hazırlamakla ve bunu kullanıcıya vermekle yükümlüdür.

2.3 Arıtma çamuru kullanıcılarının sorumlulukları

Arıtma çamuru kullanıcılarının sorumlulukları aşağıdaki şekildedir.

- ❖ Arıtma çamuru kullanıcıları, üreticiler tarafından hazırlanan stabilize arıtma çamurunun toprakta kullanılmasına ilişkin kullanım talimatına birebir uymakla yükümlüdür. Kullanıcı, üretici tarafından

iki kopya olarak hazırlanan bu talimatı imzalayarak çamurla birlikte alırken çamuru üretici tarafından belirtilenden farklı bir şekilde kullanmayacağını beyan eder.

- ❖ Kullanıcılar denetimler esnasında gerektiğinde yetkililere üretici tarafından hazırlanıp kendilerine verilen aşağıdaki belgeleri ibraz etmekle yükümlüdürler.
 - Stabilize Arıtma Çamuru Kullanım İzin Belgesi,
 - Stabilize Arıtma Çamuru Analiz Belgesi.
- ❖ Kullanıcı, stabilize arıtma çamuru uyguladığı her bir tarlasına hangi tarihte dekara ne kadar çamur uyguladığının ve bu tarladan elde ettiği ürün veriminin kaydını tutmakla ve gerektiğinde ibraz etmekle yükümlüdür.

BÖLÜM 3 – ARITMA ÇAMURU UYGULAMALARI

3.1 Kullanılacak çamurun formları

Stabilize arıtma çamuru genelde aşağıda verilen formlarda olabilir:

- ❖ kuru madde içeriği düşük olan sıvı ürün (yaklaşık %4 kuru madde)
- ❖ kuru madde içeriği daha yüksek olan susuzlaştırılmış ürün (%20-35 kuru madde)
- ❖ kuru madde içeriği çok yüksek olan ısı ile kurutulmuş granül ürün (yaklaşık %92 kuru madde)

3.2 Çamurun uygulama sahasına ulaştırılması

Sıvı arıtma çamurlarını çiftliğinize kapalı tanklarda taşıyabilirsiniz. Eğer kuru madde oranı %25'ten daha fazla olan arıtma çamuru taşıyacaksanız üstü kapalı kamyon ya da römorkları da kullanabilirsiniz.

Arıtma çamuru üreticisi taşıma aracını temiz tutmalı, çiftlik ya da uygulama alanında bulunan çamurun tekerlekler vasıtasıyla genele ait karayollarında taşınmasına engel olmalıdır. Eğer mümkünse, çiftlikten ayrılmadan önce hortum ya da benzer bir ekipman kullanarak araç tankları ve tekerlekleri yıkanmalıdır.

3.3 Toprağa uygulama yöntemleri

Bant usulü serpici, sıvı arıtma çamuru uygulaması için en uygun ekipmandır. Debi ölçer, GPS, diğer kayıt ve izleme ekipmanların kullanılması teşvik edilmektedir.

Devamlı otlak halinde bulunan ve yer altı sularının nitrat seviyesinin yüksek olmadığı alanlarda arıtma çamuru uygulaması yapmak için yüzeysel toprak enjeksiyonu kullanılabilir.

Kuru katı madde oranı %25'ten yüksek olan arıtma çamuru, katı gübre dağıtma römorku kullanılarak toprağa uygulanabilir.

Termal olarak kurutulmuş arıtma çamuru çok yüksek kuru madde içeriğine sahip olup, yapay gübre granülleri görünümündedir. Bu arıtma çamurları klasik gübre serpme makineleri kullanılarak toprağa uygulanabilir.

Genel olarak, arıtma çamuru üreticisi arıtma çamuru ürününün toprağa uygulanmasından sorumlu olacaktır. Fakat kullanıcıların Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'te belirtilen sorumlulukları hakkında bilgilendirilmeniz ile kendi arazinize arıtma çamuru uygulaması yapmanız uygundur.

Kullanıcılar arıtma çamurunu, diğer organik hayvan gübreleri için de kullandığı tanklarda depolayabilir. Diğer organik hayvan gübresi oranı %50'yi aşarsa, toprağa çamur uygulaması işlemi arıtma çamuru üreticisinin değil kullanıcının sorumluluğu altındadır.

Kullanıcı, stabilize arıtma çamuru uyguladığı her bir tarlasından elde ettiği ürün verimini, gelecekteki çamur uygulamalarına temel olmak üzere kaydını tutmakla yükümlüdür.

Arıtma çamuru uygulamasını gerçekleştiren kullanıcı uygulamanın yapılacağı alanın bir haritasına sahip olmalıdır. Bu haritada bulunması gerekenler şunlardır:

- ❖ tampon bölgeler ve yasaklanmış alanlar
- ❖ kaya kütleleri
- ❖ kaçınılması gereken tehlikeler

3.4 Ekim, hasat ve otlatma kısıtları

3.4.1 Arıtma çamuru uygulanamayan ürünler

Arıtma çamuru, meyve ağaçları hariç olmak üzere toprağa temas eden ve çiğ olarak yenilen meyve ve sebze ürünlerinin yetiştirilmesi amacıyla kullanılan topraklarda kullanılmamalıdır.

Arıtma çamurunun doğal ormanlarda kullanımı yasaktır.

3.4.2 Hasat ve otlatma kısıtları

Hayvan otlatma ya da hayvan yemlerinin hasadı yapılacak alanlarda stabilize arıtma çamurunun kullanılması durumunda, özellikle coğrafi ve iklim durumları dikkate alınarak kullanımdan en az dört hafta önce uygulamaya son verilir.

3.5 Uygulama oranları

Arıtma çamuru uygulama oranı belirlenirken, yüzeysel/yer altı sularının, toprağın kalitesinin bozulmaması ve bitkilerin besin maddesi gereksinimlerinin dikkate alınması gerekir.

Hedeflenen arıtma çamuru uygulama oranının belirlenmesinde toprakta ve arıtma çamurunda izin verilen en yüksek metal konsantrasyonları ve arıtma çamurunda izin verilen en yüksek organik bileşikler ve dioksin konsantrasyonları da dikkate alınmalıdır.

Arıtma çamurunun uygulanacağı toprakta ağır metal içeriği Ek 3, Tablo 1'de verilen değerleri aşmamalıdır. Topraktaki ağır metal konsantrasyonlarından birinin dahi Ek 3, Tablo 1'de verilen sınır değerleri aşması durumunda, stabilize arıtma çamuru toprakta kullanılamaz.

Arıtma çamurunun toprakta kullanılabilmesi için Ek 3, Tablo 2-3-4'te verilen değerlerin hiçbiri aşılmamalıdır.

Arıtma çamurunun, toprakta on yıllık ortalama esas alınarak her yıl uygulanması halinde, toprağa verilebilecek maksimum ağır metal miktarı Ek 3, Tablo 4'te verilen değerleri aşmamalıdır. Sınır değerlere erişmesi halinde toprakta kullanımı durdurulmalıdır.

Toprağa ilave edilecek arıtma çamuru miktarının belirlenmesinde bitkinin N ve P ihtiyacı dikkate alınmaktadır. Öncelikle toprağın alınabilir P miktarı (sodyum bikarbonatta ekstrakt edilen) belirlenir, bu miktar 50 mg/kg'dan az ise yetiştirilecek ürünün N ihtiyacına göre (agronomik miktar) doz ayarlaması yapılır; 50-100 mg/kg P var ise bitkinin topraktan kaldıracığı P miktarına bakılır; 100 mg/kg'dan fazla P var ise çamur uygulaması yapılmaz.

Agronomik N miktarının belirlenmesinde ise öncelikle, çamurun amonyum azotu, nitrat azotu, toplam azot ve organik azot miktarları (toplam N- inorganik N) belirlenir. Bitkinin yararlanabileceği N miktarının belirlenmesinde çamurun organik N içeriğinin %30'u ve amonyum azot içeriğinin %50'si kadarı hesaplanarak ilave edilecek çamur miktarları belirlenmiş olunur.

3.6 Besin elementlerinin yönetimi

Besin elementleri yönetiminin amacı besin maddesi uygulaması ile bitkilerin besin ihtiyacının dengelenmesidir. Bu yönetim, toprakta var olan ve kullanılmaya hazır bulunan besinleri dikkate alarak olumsuz çevresel etki yaratmadan bitkilerin en iyi şekilde gelişmesini sağlar. Toprağa fazla besin maddesi verilmesi toprak ya da su kirliliği yaratarak, bitki sağlığına zarar verebilir. Bitkilerin besin ihtiyaçları ile topraktaki besin maddelerinin dengelenmesi iyi tarım uygulamalarının temel taşıdır.

Besin elementleri yönetimi, çamur uygulaması yapılacak her alan için özel olarak yapılmalıdır. Nasıl ki ürün yetiştirilen bir toprağa gübre miktarı önerisi yapabilmek için o toprağın besin maddesi miktarı ve özellikleri toprak analizleri ile belirlenirse, çamur uygulaması için de böyle bir yaklaşım gerekmektedir. Kullanılan çamur özelliği ve yöreye göre beklenen ürün göz önüne alınarak, bitkinin kaldıracağı besin maddesi toprakta ne kadar eksik ise gübre olarak toprağa ilave edilir. Bu işlem her arazide ve bitki çeşidinde farklılık gösterir. Her arıtma çamurunun içeriği de aynı değildir. Bu nedenle, arıtma çamuru uygulamasında arıtma çamurlarının analizi ve toprak analizi sonunda bitkinin alabileceği besin maddesi miktarı uzmanlarca hesaplanmalıdır.

3.7 Uygulama kısıtları

Arıtma çamuru uygulaması yapılamayacak durumlar aşağıda verilmiştir:

- ❖ Toprağın pH değeri 6'dan küçük olduğu durumda,
- ❖ Yüzeysel akış tehlikesi olan alanlarda toprak muhafaza tedbirleri alınmadığı durumda,
- ❖ Toprağın tekstürü kumlu ise,
- ❖ Taban suyu seviyesi yüzeysel 1 metreden daha sığ derinlikte olan yerlerde,
- ❖ Eğimi %12'yi geçen alanlarda,
- ❖ Sulak alanlar, taşkın alanlarında ve taşkın tehlikesi olan alanlarda, don ve karla kaplı alanlarda, sature toprakta,
- ❖ İçme ve kullanma suyu temin edilen kıta içi yüzeysel su kaynaklarının havzalarında, içme ve kullanma suyu temin edilen yer altı sularının besleme havzalarında ve mutlak, kısa, orta mesafeli koruma alanlarında ve diğer yüzeysel sularına 300 metreden yakın olan alanlarda.

EK 1**TABLO 1. MİKROBİYAL AÇIDAN YÜKSEK KALİTE ARITMA ÇAMURU ELDE ETMEK İÇİN ÖNERİLEN ARITMA PROSELERİ**

Proses	Açıklama
Mezofilik anaerobik çürütme (herhangi bir ek ön arıtım ya da son arıtım ile pastörizasyonun sağlanması koşulu ile)	Ortalama çamur bekletme süresi birincil çürütücüde 35° +/- 3°C sıcaklık aralığında en az 12 gün ya da birincil çürütücüde 25° +/- 3°C sıcaklık aralığında en az 20 gün olmalıdır. Pastörizasyon aşamasında çamur bekletme süresi 70°C' den yüksek sıcaklıkta en az 1 saat ya da 55°C' den yüksek sıcaklıkta en az 2 saat olmalıdır.
Termofilik anaerobik çürütme	Ortalama çamur bekletme süresi 50 - 55°C sıcaklık aralığında en az 48 - 72 saat olmalıdır. 70°C' den yüksek sıcaklıkta en az 1 saat çamur bekletme süresi olmalı, ardından minimum çamur bekletme süresi 55°C' den yüksek sıcaklıkta en az 2 saat, ya da 50°C' den yüksek sıcaklıkta en az 4 saat olmalıdır.
Termofilik aerobik çürütme	Ortalama çamur bekletme süresi en az 7 gün olmalıdır. Tüm çamur en az 4 saat, 55°C' den yüksek sıcaklığa maruz bırakılmalıdır. Uçucu katıların %38'den fazlasının giderimini sağlamalıdır.
Kompostlaştırma 1. Yığınlar	En az 15 gün 55°C' de tutulmalıdır. Kompostlama süresi içinde kompost yığınının 5 kez karıştırılması sonrasında sıcaklık $\geq 55^{\circ}\text{C}$ olarak tutulabilmelidir.
2. Statik (durgun) yığın ya da reaktörde	55°C' den yüksek sıcaklık elde edilmeli ve homojen bir şekilde en az 3 gün korunmalıdır.
Alkali stabilizasyon	1.pH değerini 12.0'ın üstüne çıkarmak ve sıcaklığın 30 dakikalık süre boyunca 70°C'ye yükselmesini sağlamak için sönmemiş kireç eklemesi yapılır. 2.pH değerini 12.0'ın üstüne çıkarmak, pH değerini 12.0'ın üstünde 72 saat boyunca korumak ve en az 12 saat boyunca 52°C'den yüksek sıcaklık sağlamak için kireç eklemesi yapılır. Bu 72 saatlik süre sonunda çamur açık havada $\geq 50\%$ katı madde içeriğine kurutulur.
Termal kurutma	Sıcak gazlar ile direkt ya da dolaylı temas sağlanarak kurutma sağlanır. Kurumuş arıtma çamurunun nem içeriği %10'dan düşük olmalıdır. Ya arıtma çamurunun sıcaklığı 80°C'den yüksek olmalı ya da çamur ile temas halinde olan gazın, çamur kurutucudan çıkarken sahip olduğu ıslak termometre sıcaklığı 80°C'den yüksek olmalıdır.

EK 2 İZLEME GERKSİNİMLERİ**TABLO 1. STABİLİZE ARITMA ÇAMURU ANALİZ BELGESİ**

Parametre	Arıtma Çamuru Analizi	Analiz Metotları
Kurşun (mg kg⁻¹ Fırın Kuru madde)		
Kadmiyum "		
Krom "		
Bakır "		
Nikel "		
Civa "		
Çinko "		
Arsenik		
Toplam Azot "		
Organik Azot		
Nitrat Azotu		
Amonyum Azotu		
Alınabilir Fosfor "		
AOX "		
LAS "		
DEHP "		
NPE "		
PAH "		
PCB "		
PCDD/F (ngTE/kg kuru madde)		
pH		
C/N		
Kuru Madde (%)		
Yanma Kaybı		

Parametre	Arıtma Çamuru Analizi	Analiz Metotları
Organik Madde (%)		
Elektriksel İletkenlik (dS m⁻¹)		
Nem (%)		
E.coli EMS/g		
Arıtma çamurunun stabilizasyonu için uygulanan yöntem		

Numune Analiz Tarihi: .../.../....

EK 3**TABLO 1. TOPRAKTAKİ AĞIR METAL SINIR DEĞERLERİ**

Ağır Metal (Toplam)	6≤pH<7	pH≥7
	mg. kg ⁻¹ Fırın Kuru Toprak	mg. kg ⁻¹ Fırın Kuru Toprak
Kurşun	70	100
Kadmiyum	1	1,5
Krom	60	100
Bakır	50	100
Nikel	50	70
Çinko	150	200
Civa	0,5	1

TABLO 2. TOPRAKTA KULLANILABİLECEK STABİLİZE ARITMA ÇAMURUNDA MÜSAADE EDİLECEK MAKSİMUM AĞIR METAL MUHTEVALARI

Ağır Metal (Toplam)	Sınır Değerler (mg kg ⁻¹ kuru madde)
Kurşun	280
Kadmiyum	10
Krom	1000
Bakır	1000
Nikel	300
Çinko	2500
Civa	10
Arsenik	41

TABLO 3. TOPRAKTA KULLANILACAK STABİLİZE ARITMA ÇAMURUNDAKİ ORGANİK BİLEŞİKLERİN KONSANTRASYONLARININ VE DİOKSİNLERİN SINIR DEĞERLERİ

Organik Bileşikler	Sınır değerler (mg kg⁻¹ kuru madde)
AOX (Adsorblanabilen organik halojenler)	500
LAS (Lineer alkilbenzin sülfonat)	2 600
DEHP (Diftalat(2-ethylhexyl))	100
NPE (Nonil fenol ile 1 ve 2 etoksi grubu olan nonil fenol etoksilatların toplamını içerir)	50
PAH (Polisiklik aromatik hidrokarbon veya poliaromatik hidrokarbonların toplamı)	6
PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 sayılı poliklorlu bifenil bileşiklerinin toplamı)	0.8

Dioksinler	ng Toksik Eşdeğer.kg⁻¹ kuru madde
PCDD/F Poliklorlu dibenzodioksin/dibenzofuranlar	100

TABLO 4. TOPRAKTA ON YILLIK ORTALAMA ESAS ALINARAK BİR YILDA VERİLMESİNE MÜSAADE EDİLECEK AĞIR METAL YÜKÜ SINIR DEĞERLERİ

Ağır Metal (Toplam)	Sınır Yük Değeri (g da⁻¹yıl⁻¹, kuru madde)
Kurşun	225
Kadmiyum	3
Krom	300
Bakır	300
Nikel	90
Çinko	750
Cıva	3

EK 4**TABLO 1. STABİLİZE ARITMA ÇAMURU KULLANIM****İZİN BELGESİ**

İzin Belgesinin		Tarihi:../../.....	Sayısı:.....
Arıtma Çamuru Üreticisinin	Adı Soyadı		
	Ticari Ünvanı		
	Adresi		
Arıtma Tesisinin	Adı		
	Adresi		
Kullanılacak Arazinin	Adresi		
	Parsel No		
	Alanı (da)		
	Alanın Koordinatları		
Yetiştirilecek ürün çeşidi			
Kullanılmasına İzin Verilen Maksimum Stabilize Arıtma Çamurunun Kuru Madde Miktarı (ton da ⁻¹ .yıl)			
İzin Verilen Alanda Stabilize Arıtma Çamuru Kullanımının Tekrarlanma Süresi (yıl)			

Açıklama:

Bu izin belgesi yukarıda adı ve soyadı/ünvanı yazılı müracaat sahibine ../../.....tarih ve sayılı Resmi Gazete’de yayımlanan Eysel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına İlişkin Yönetmeliğin 7 nci maddesine istinaden 3 (üç) yıllığna verilmiştir.

İl Çevre ve Şehircilik Müdürü
İmza-Mühür-Tarih