

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**ATIK SU ARITMA ÇAMURU SUSUZLAŞTIRMA KURUTMA VE
YAKMADA KULLANILAN YÖNTEM VE EKİPMANLAR**

Ahmet ÇEVİK

UZMANLIK TEZİ

MART 2017



İL BANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ

İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ

**ATIK SU ARITMA ÇAMURU SUSUZLAŞTIRMA KURUTMA VE
YAKMADA KULLANILAN YÖNTEM VE EKİPMANLAR**

Ahmet ÇEVİK

UZMANLIK TEZİ

Tez Danışmanı (Kurum)

Emre DEMİRBİLEK

Tez Danışmanı (Üniversite)

Doç. Dr. Yusuf USTA

ETİK BEYAN

“İLLER BANKASI ANONİM ŞİRKETİ Uzmanlık Tezi Yazım Kuralları”na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ahmet ÇEVİK
03 Mart 2017

Atık Su Arıtma Çamuru Susuzlaştırma Kurutma ve Yakmada Kullanılan Yöntem Ve
Ekipmanlar

(Uzmanlık Tezi)

Ahmet ÇEVİK

İLBANK A.Ş.

Mart 2017

ÖZET

Çevre kirliliğinin önlenmesi amacıyla birçok atık su arıtma tesisi inşa edilmiştir ve yeni tesisler projelendirilmektedir. Buna paralel olarak arıtma tesislerinde sudan ayrıştırılarak elde edilen çamurun miktarı da artmaktadır. Arıtma çamurların artan miktarı ile birlikte çamur işleme ve uzaklaştırma için yapılan çalışmalar da önemli hale gelmiştir. Bu çalışmada arıtma çamurlarının tesiste elde edilmesinin ardından yapılan susuzlaştırma, kurutma ve yakma işlemlerinden bahsedilerek bu konuda yapılan çalışmalar ve kullanılan yöntemler incelenmiştir. Bu yöntemlerin uygulamasında yaygın olarak kullanılmakta olan ekipmanlar da değerlendirilmiştir. Bu sayede İller Bankası tarafından yapılacak proje çalışmalarında fayda sağlayacak bilgiler araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Atık su, arıtma çamuru, susuzlaştırma, kurutma, yakma

Sayfa Adedi :42

Tez Danışmanı : Emre DEMİRBILEK (Kurum)
Doç. Dr. Yusuf USTA (Üniversite)

Sewage Sludge Dewatering Drying and Incineration Methods and Equipment
(Expertise Thesis)

Ahmet ÇEVİK

İL BANK A.Ş.

March 2017

ABSTRACT

In order to prevent environmental pollution, many wastewater treatment plants have been constructed and new facilities have been projected. Also, the amount of sludge obtained from wastewater treatment plants is increasing. Along with the increasing amount of sludge, sludge processing and removal practices have become important. In this study, dewatering, drying and incineration processes are carried out after obtaining sludge from wastewater treatment and the studies and methods used in this subject are examined. The equipment commonly used in the implementation of these methods has also been evaluated. In this regard, information that will be useful in project works to be done by İlbank has been researched.

Key Words : Wastewater, sewage sludge, dewatering, drying, incineration

Page Number : 42

Supervisor : Emre DEMIRBILEK (Corporate)
: Doc. Dr. Yusuf USTA (University)

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	viii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
GİRİŞ	1
1. ATIKSU ARITMA ÇAMURU.....	2
2. SUSUZLAŞTIRMA	5
2.1. Susuzlaştırma Yöntemleri	5
2.2. Kullanılan Ekipmanlar	6
2.2.1. Santrifüj dekantör	6
2.2.2. Filtre pres	8
2.2.3. Belt Filtreler (Belt-Pres)	10
2.2.4. Burgulu Presler	11
3. KURUTMA	14
3.1. Isıl kurutma	14
3.1.1. Kullanılan Ekipmanlar.....	16
3.2. Güneşle Kurutma.....	27
4. YAKMA	30
4.1. Yakma Yöntemleri	31
4.2. Kullanılan Ekipmanlar	34
4.2.1. Çok Hücreli Yakma Fırını	34
4.2.2. Akışkan Yataklı Yakma Fırını.....	36
4.2.3. Döner Yakma Fırını.....	37
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	39
KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	43

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1 Çamurun fiziksel ve kimyasal özellikleri Metcalf&Eddy[3].....	3
Çizelge 1. Çamurlara uygulanmakta olan son uzaklaştırma işlemler [4]	4
Çizelge 2.1 Türkiye İçin Yıllık Kullanma Sayısı ve Alanı İhtiyacı Ortalamaları [6].....	6
Çizelge 4.1 Arıtma çamurlarının ısı değerleri	30

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1 Tipik bir arıtma tesisi akış şeması [2].....	2
Şekil 2.1 Santrifüj dekantörün kesit görünüşü [8]	8
Şekil 2.2 Santrifüj dekantör [8].....	8
Şekil 2.3 Filtre presin yapısı [9].....	9
Şekil 2.4 Filtre pres [10]	10
Şekil 2.5 Belt-pres [11]	11
Şekil 2.6 Belt presle susuzlaştırılan çamur [11].....	11
Şekil 2.7 Burgu presin yapısı [12]	12
Şekil 2.8 Burgu pres kesiti [13]	12
Şekil 2.9 Burgu presle yapılan susuzlaştırma işleminin akış şeması[14]	13
Şekil 3.1 Disk tipi kurutucu	17
Şekil 3.2 Disk tipi kurutucu akış şeması	18
Şekil 3.3 İnce filmlili kurutucu akış şeması [24]	19
Şekil 3.4 İnce filmlili kurutucu yapısı [24]	20
Şekil 3.5 Dikey çok kademeli tepsi kurutucu yapısı [26]	20
Şekil 3.6 Dikey çok kademeli tepsi kurutucu akış şeması [26]	21
Şekil 3.7 Paletli kurutucunun iç yapısı [28].....	22
Şekil 3.8 Paletli kurutucu [29]	22
Şekil 3.9 Tambur Tipli Kurutucu [30]	24
Şekil 3.10 Akışkan yataklı kurutma akış şeması [32].....	25
Şekil 3.11Çamur peletleme işlemi [34]	26
Şekil 3.12 Bant tipi kurutucu şematik görünüş [35]	27
Şekil 3.13 Kurutma serasının iç görünüşü [39]	28
Şekil 3.14 Dünyanın en büyük güneşle kurutma tesislerinden biri, (İspanya) [4].....	29

Şekil 4.1 Gazlaştırma tesisi (Almanya) [43].....	32
Şekil 4.2 Piroliz ve gazlaştırma işlemleri [44].....	33
Şekil 4.3 Akışkan yataklı gazlaştırma tesisi akım şeması [43].....	34
Şekil 4.4 Çok hücreli yakma fırını.....	35
Şekil 4.5 Çok hücreli fırının iç görünüşü.....	36
Şekil 4.6 Akışkan yataklı yakma sistemi.....	37
Şekil 4.7 Döner yakma fırını [30].....	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış olan kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

V_g	Çökelme hızı
η	Viskozite
g	Yer çekimi ivmesi
ω	Açısal hız
r	Yarıçap
d	Parçacık çapı
n	Dönme hızı
Y_p	Parçacık yoğunluğu
Y_L	Sıvı yoğunluğu
kg	Kilogram
kWh	kilovatsaat
m	metre
m^2	metrekare
m^3	metreküp
$\%$	Yüzde
$^{\circ}C$	Santigrat

Kısaltmalar

Açıklamalar

AAT	Atık su arıtma tesisi
AKM	Askıda katı madde
KM	Katı madde
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

GİRİŞ

Son yıllarda ülkemizde atık su arıtma ve arıtma çamurlarının işlenmesi, kullanımı ve çevreden uzaklaştırılması konusunda kapsamlı mevzuat çalışmaları yapılarak yürürlüğe konmuştur. 2872 sayılı Çevre Kanunu ve buna bağlı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Evsel/Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ve Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği kapsamında atık su arıtımı ve arıtma çamurlarının yönetimi konusunda düzenlemeler yapılmıştır. Bu düzenlemelerle birlikte atık su arıtma ve arıtma çamurlu yönetimi konusunda çalışmalar yoğunlaşmıştır.

Kanalizasyon sistemi vasıtasıyla toplanan atık suların arıtılması çevre kirliliğinin önlenmesi ve doğal kaynakların korunması açısından büyük önem arz etmektedir. Atık su içerisinde bulunan kirletici maddelerin arıtma tesislerinde atık sudan ayrıştırılması ile oluşan arıtma çamurlarının çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi atık su arıtımı gibi önemli bir konudur.

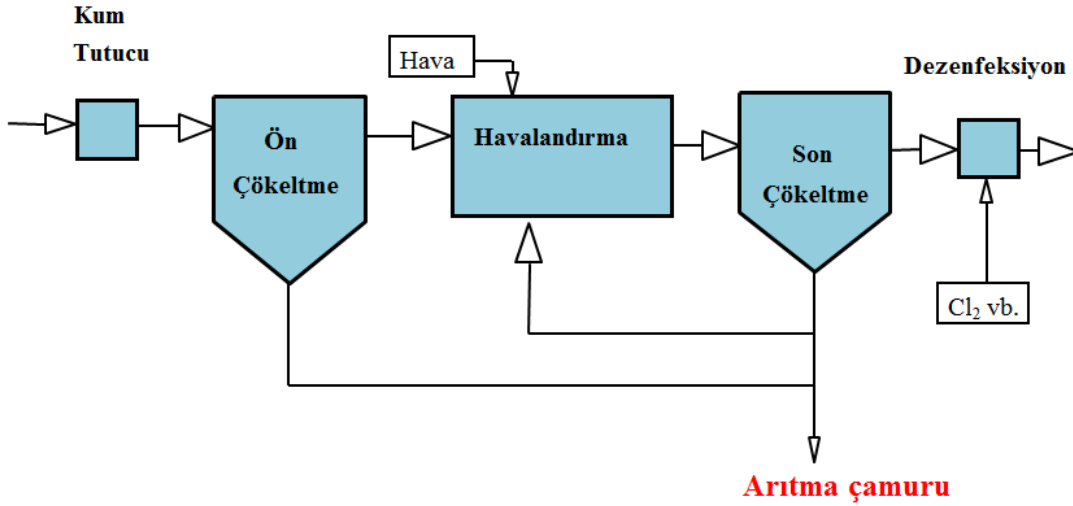
Atık su arıtma tesislerine gelen atık suyun içerisindeki kirleticilerden arındırılarak doğaya salınabilecek duruma getirilmesi için çeşitli işlemler uygulanmaktadır. Bu işlemler sonucu elde edilen arıtma çamurlarının çevre sağlığı kıstaslarına uygun hale getirilmesi sonrasında bertaraf edilmektedir. Bunun yapılabilmesi için arıtma elde edilen çamurun işlenerek depolama, araziye uygulama ve yakıt olarak kullanım gibi çeşitli yöntemler için uygun hale getirilmesi gerekmektedir.

TÜİK verilerine göre, 2014 yılı itibariyle toplam 1396 belediyeden 1309'u kanalizasyon hizmeti vermekte, 513'ü atık su arıtma tesisi ile hizmet vermektedir. Kanalizasyon hizmeti verilen nüfus oranı %84'tür. Atık su arıtma hizmeti verilen nüfusun toplam nüfusa oranı ise %63,5'tir. Yürürlükte olan yasal düzenlemeler uyarınca bütün belediyelerin arıtma hizmeti vermesi öngörülmektedir. Buna uygun olarak verilen oranların da her yıl yükseldiği görülmektedir. [1]

İller Bankasının başlıca çalışma alanlarından birisi de atık su arıtma tesislerinin projelendirilmesi ve inşasıdır. Bu nedenle arıtma çamurlarıyla ilgili uygulamalar İller Bankasını doğrudan ilgilendirmektedir.

1. ATIKSU ARITMA ÇAMURU

Kanalizasyon sistemi ile toplanmakta olan çeşitli amaçlarla kullanılmış sular içerisinde bulundurduğu kirleticilerin arıtılması amacıyla atık su arıtma tesislerine iletilir. Arıtma için uygulanabilecek birçok yöntem mevcuttur. Fakat arıtma tesislerinin çoğunda fiziksel ve biyolojik arıtma kullanılmaktadır.



Şekil 1.1 Tipik bir arıtma tesisi akış şeması [2]

Arıtma tesisine alınan su öncelikler ızgaralardan geçirilerek kaba katılardan ayrılır. Sonrasında kum tutucu ünitesinden geçirilerek atık su içerisindeki kum çökeltilerek sudan ayrılır. Kumun ayrılması, tesisteki mekanik ekipmanlara (pompa vs.) zarar verilmesini ve tesisin diğer bölümlerinde oluşabilecek birikmeleri önler.

Atık su içerisinde bulunan kirleticilerin bir kısmı ön çökeltme tankında çöker. Kirletici organik maddelerin bir kısmı ise ancak biyolojik arıtma ile giderilebilmektedir. Biyolojik arıtma bakteriler yardımıyla organik maddelerin parçalanması yoluyla gerçekleşir. Bakterilerin oksijen ihtiyacını karşılamak için bakterilerin bulunduğu havuza sürekli olarak hava üflenmektedir. Havalandırma havuzundan alınan atık su içindeki katıların çökeldiği son çökeltme ünitesine alınır. Burada çökelen aktif çamur olarak adlandırılır. Biyolojik döngünün sağlanması için aktif çamur sürekli olarak havalandırma havuzuna geri devir ettirilir. Bu çamurun bir kısmı sistemde birikme olmaması için fazla

çamur olarak sistemden alınır. Alınan çamur bazı tesislerde çürütme işlemine tabi tutulmaktadır. Aerobik ve anaerobik olmak üzere iki tür çürütme yöntemi kullanılabilir.

Bu işlemler sonrasında elde edilen arıtma çamurlarının hepsinde yüksek miktarda su bulunmaktadır. Çamurda bulunan suyun alınabilmesini kolaylaştırmak için çoğunlukla çamura polimer karıştırılarak çamur şartlandırma işlemi yapılır. Şartlandırma işlemi sayesinde çamurda bulunan organik maddelerin topaklaşması sağlanır. Şartlandırılan çamur, su oranı oranının azaltılması için susuzlaştırma işlemine tabi tutulur. [2]

Çizelge 1.1 Çamurun fiziksel ve kimyasal özellikleri [3]

Parametre	Birim	Ham Ön Çöktürme Çamuru		Çürütülmüş Ön Çöktürme Çamuru		Ham Aktif Çamur
		Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama	Aralık
Toplam kuru katı madde (TKM)	%	5-9	6	2-5	4	0,8-1,2
Uçucu katı madde (TUKM)	%TKM	60-80	65	30-60	40	59-88
Yağ-Gres	%TKM					
Çözülmüş		6-30	-	5-20	18	-
Ekstrakte		7-35	-	-	-	5-12
Protein	%TKM	20-30	25	15-20	18	32-41
Azot (N)	%TKM	1,5-4	2,5	1,6-3,0	3,0	2,4-5,0
Fosfor (P ₂ O ₅)	%TKM	0,8-2,8	1,6	1,5-4,0	2,5	2,8-11
Potasyum (K ₂ O)	%TKM	0-1,0	0,4	0-3,0	1,0	0,5-0,7
Selüloz	%TKM	8,-15	10	8-15	10	-
Demir	%KM	2,0-4,0	2,5	3,0-8,0	4,0	-
Silika (SiO ₂)	%TKM	15-20	-	10-20	-	-
pH	-	5-8	6	6,5-7,5	7	6,5-8
Alkalinite	mg CaCO ₃ /L	500-1500	600	2500-3500	3000	580-1100
Organik Asitler	mg Hac/L	200-2000	500	100-600	200	1100-1700
Enerji İçeriği	kJ/kg AKM	23000-29000	25000	9000-14000	12000	19000-23000

Çizelge 1.2 Çamurlara uygulanmakta olan son uzaklaştırma işlemler [4]

Nihai Uzaklaştırma Yöntemleri	AAT Sayısı (adet)	Çamur Miktarı (ton KM/gün)
Belediye katı atık depolama sahası (vahşi)	35	166
Belediye katı atık depolama sahası (düzenli)	34	287
Kontrolsüz depolama (tesis civarında biriktirme/tesis içinde lagünlerde biriktirme/maden ocakları, vb.)	56	316
Kompostlaştırma	2	1
Toprakta kullanım (park/bahçe, tarım, orman/mera)	20	67
Ek yakıt (çimento fabrikaları vb.)	9	145
Diğer	45	105
Toplam	201	1.087

2. SUSUZLAŖTIRMA

Arıtma tesislerinden alınan fazla çamurun su oranı genelde %98-99 seviyelerindedir. Bu oranın düşürülmesi için fiziksel işlemlerle susuzlaştırma yapılır. Bu işlemler sonucunda yarı katı halde çamur elde edilir. Çamur içindeki suyun %98 seviyesinden %80 mertebesine düşürülmesi toplam çamur hacminin onda bir oranına düşürülmesi demektir. Bu sayede çamur nakliye araçlarına yüklenebilir hale getirilerek daha kolay ve ekonomik taşıma sağlanır. Çamur içindeki su oranının düşürülmesinin yararı sadece bununla sınırlı kalmaz aynı zamanda kokuşmanın azaltılmasını da sağlar. Buna ek olarak yakılacak çamurların birim hacim başına ısıl değerlerinin artırılması, kompost yapılacaksa ilave edilecek kireç vb. malzemelerin azaltılması, depolama durumunda depolama alanlarında ortaya çıkacak sızıntı suyunun azaltılması da çamur susuzlaştırma ile sağlanmış olur.

Susuzlaştırma metodunun belirlenmesinde çamura uygulanan arıtma işlemleri göz önüne alınması gereken faktörler arasındadır. Aerobik çürütme işlemi uygulanan arıtma çamurlarında katı madde boyutları küçülmektedir. Bu nedenle aerobik çürütme yapılan çamurların mekanik yöntemlerle susuzlaştırılması verimli olmamaktadır. Bu tip çamurlar için kurutma yatakları kullanılması tavsiye edilmektedir. [6]

2.1. Susuzlaştırma Yöntemleri

Çamurun buharlaşma ve süzülme yoluyla su oranının azaltılması için kullanılan kurutma yatakları inşaat, işletme ve bakım maliyetinin düşük olması bakımından avantaj sağlamaktadır. Aynı zamanda kuruluk oranı yüksek çamur elde edilebilmektedir.

Kurutma yataklarına 20-30 cm derinliğinde serilerek kurutmaya bırakılan çamur içindeki su büyük oranda yatağın tabanında bulunan kum, çakıl ve kırma taş katmanlardan süzülür. Süzülen su yatağın tabanında bulunan en az %1 eğimle yerleştirilen drenaj borusundan boşaltılır. Çamur hacminin yaklaşık %75'i süzülme yoluyla azaltılabilmektedir. Kalan çamur genel olarak içinde %20 oranında katı madde bulundurmaktadır. Çamur katmanının yüzeyinden buharlaşma ile kuruluk oranının artması

sağlanmaktadır. Uygun şartlarda işletilen kurutma yataklarında 10-15 günlük bekleme süreleriyle yaklaşık %40 katı madde içeriğinde çamur elde edilebilir. Yeterli

kuruluğa erişildiğinde çamur yüzeyden insan gücü ile kazınarak kurutma yatağından taşınır. Bu sırada kum tabakasının da bir kısmı taşındığı için kum tabakası yenilenmesi gerekebilir. [5]

Çamurun kurutma yataklarında susuzlaştırılması için gerekli geniş alan ihtiyacı nedeniyle nüfusun yüksek olduğu yerlerde uygulanmamaktadır. Gerekli alan ihtiyacı göz önüne alındığında bu yöntem nüfusu az olan yerleşim yerlerinde uygulanabilir bir seçenek olarak görülmektedir. Fakat işletme sırasında koku oluşumu ve çamurun yataktan kaldırılması için iş gücüne ihtiyaç duyulması zorluk teşkil etmektedir.

Ayrıca iklim şartları da çamur yataklarının uygulanmasını kısıtlamaktadır. Yağışın nem oranının fazla olduğu yerlerde bazı yerlerde uygulanması mümkün olmaz. Bazı yerlerde ise kurutma yatağının üzeri kapatılarak yağıştan korunması gerekmektedir. [6]

Çizelge 2.1 Türkiye İçin Yıllık Kullanma Sayısı ve Alanı İhtiyacı Ortalamaları [6]

	Ortalama	S.Sapma	En az	En fazla
Çamur serpmeye sayısı	8,69	4,46	2,81	23,91
Alan ihtiyacı, m ² /nüfus	0,137	0,076	0,038	0,325

Çamurun susuzlaştırılması işlemi buharlaşma ve süzülme yoluyla sağlanabileceği gibi mekanik ekipmanlarla da sağlanabilmektedir. Fakat günümüzde yaygın olarak mekanik sistemler kullanılmaktadır. Mekanik ekipmanlar çamur kurutma yataklarına göre, daha sağlıklı çalışma koşulları ve iklim koşullarına bağımlı olmaması nedeniyle tercih edilmektedir. Mekanik sistemler kullanılarak fiziksel olarak çok daha hızlı gerçekleştirilebilir.

2.2. Kullanılan Ekipmanlar

2.2.1. Santrifüj dekantör

Arıtma çamurundaki su ve katının merkezkaç kuvveti yardımıyla ayrılarak daha susuz bir çamur elde edilmesinde kullanılırlar. İçerisine sabit debide çamur beslenen tambur yüksek devirlerde (800-3200 dev/dk) döndürülerek merkezkaç kuvveti oluşturur. Bu sayede özgül kütlesi sudan daha yüksek olan katı maddeler tambur yüzeyinde toplanır. Tambur içindeki helezon döndürülerek toplanan katı fazı dekantörün çamur çıkışına taşır.

Stokes kanunu:

$$V_g = \frac{\gamma_P - \gamma_L}{18\eta} \times d^2 \times g$$

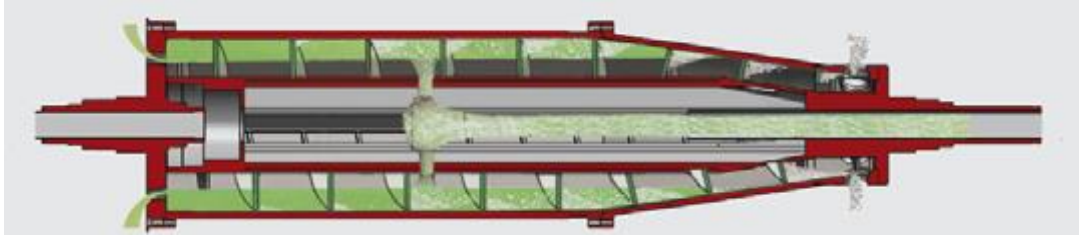
$$V_g = \frac{\gamma_P - \gamma_L}{18\eta} \times d^2 \times r\omega^2$$

$$\omega = 2\pi n/60$$

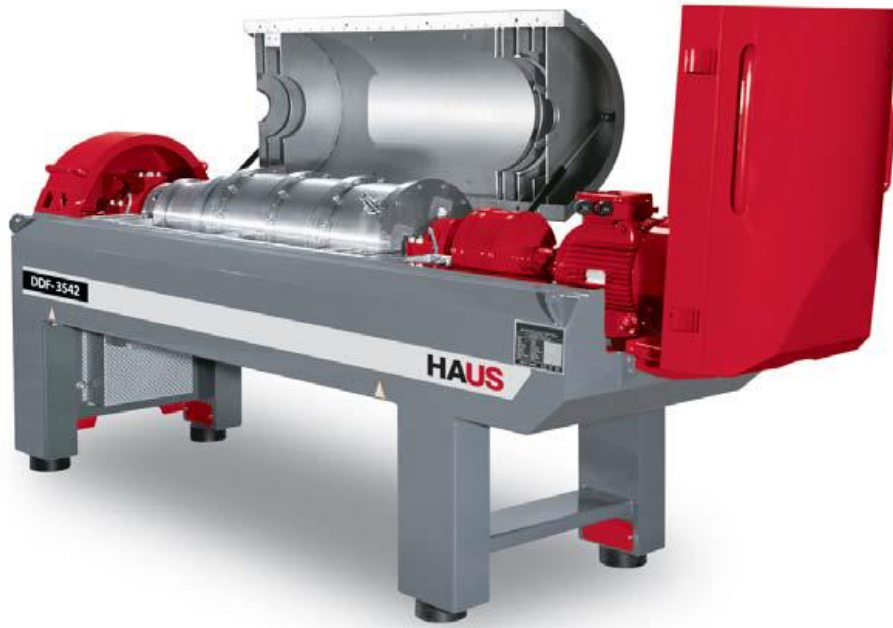
Bu kanuna göre bir sıvı içinde askıda bulunan katı parçacığın hızı parçacık çapına, parçacık ile sıvı arasındaki özgül kütle farkına ve yer çekimi ivmesine bağlıdır. Santrifüj yardımıyla yer çekimi ivmesi yerine dönmeden kaynaklanan radyal ivme geçer. Santrifüj dekantörler 153-306 m/s² arasındaki hızlarda çalıştırılarak yerçekiminin 1500-3000 katı arasında merkezkaç kuvveti uygular. [7]

Çamurun tipine bağlı olarak %30 kurulukta çamura ulaşılabilir. Şartlandırma amacıyla 1,0-7,5 g/kgKM polimer kullanılır. Polimer ilavesi ile yüksek katı (%95 ve üzeri) tutma oranları elde edilir. Bu sayede süzüntü suyundaki katı parçacıkların oranı önemli ölçüde düşer. Çamurla karıştırılan polimer miktarının artırılması alınan çamurdaki katı oranını artırır.

Santrifüjler 2-340 m³/sa geniş bir aralıktaki besleme kapasitelerinde çalışabilen cihazlardır. Şartlandırmada kullanılan polimer viskoz bir çamur ile homojen olarak karıştırılması zor olduğundan viskozitesi yüksek çamurların susuzlaştırılması daha zordur. [5]



Şekil 2.1 Santrifüj dekantörün kesit görünüşü [8]



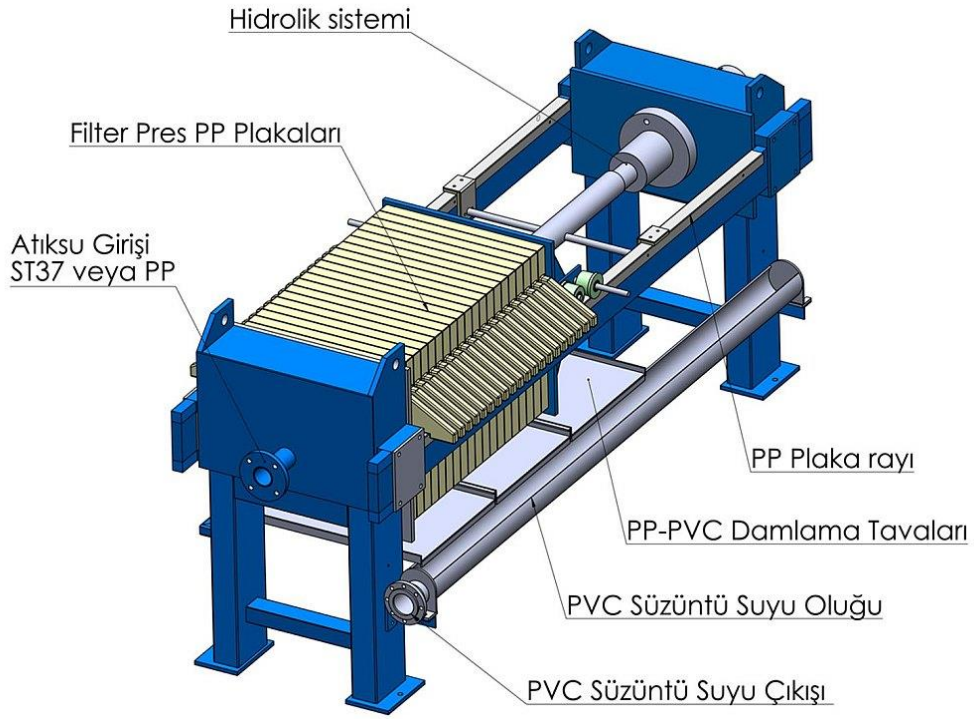
Şekil 2.2 Santrifüj dekantör [8]

2.2.2. Filtre pres

Filtre preslerde, dikey olarak yan yana yerleştirilen filtre plakaları arasına yüksek basınçla pompalanan arıtma çamurundaki suyun filtre bezlerinden süzülmesi ile susuzlaştırma gerçekleşir. Çamur basma pompası yaklaşık 16 bar işletme basıncı sağlamaktadır. Bu basınç değerine ulaşılması için 20-30 dakika aralığında pompalama işlemi devam eder. Daha sonra yüksek basınçta filtrelerden suyun süzülmesi beklenir. Çamurun filtreler içerisinde işletme basıncında 1-4 saat tutulması gerekir. Süzülme işleminin tamamlandıktan sonra plakaları sıkıştıran pres mekanizması açılarak filtreler

arasında biriken susuzlaştırılmış çamur aşağı dökülür ve uzaklaştırılır. Filtrelerin yıkanması için basınçlı yıkama sistemi kullanılır. [6]

Bu işlemler sonucunda elde edilen çamurdaki katı oranı %40'a ulaşabilir. Uygulanan yüksek basınç sayesinde yüksek oranda katı madde içeren çamur elde edilir. Fakat mekanik teçhizat daha karmaşık yapıdadır, daha yüksek kimyasal madde ilavesine ve insan gücüne ihtiyaç duyulur. Yüzeyi geniş filtre plakaları kullanıldığında alan ihtiyacı azalır. Kapasite artışı durumunda pres filtre sayısı kolayca artırılabilir. Preslemede kullanılan bez filtrelerin ömrü genellikle kısadır. Sürekli çalışma yapılamadığı için genel olarak düşük çamur hacimleri elde edilen küçük ölçekli tesislerde kullanımı mevcuttur.



Şekil 2.3 Filtre presin yapısı [9]



Şekil 2.4 Filtre pres [10]

2.2.3. Belt Filtreler (Belt-Pres)

Belt filtrelerde polimer eklenerek şartlandırılan çamur filtre olarak görev yapan bant üzerine aktarılır. Çamur içerisindeki su önce yer çekimi etkisiyle süzülür. Daha sonra da iki bant yüzeyi arasında alınan çamur bantların merdaneler arasından geçirilerek sıkıştırılması yoluyla basınçlı olarak süzülme ile susuzlaştırma yapılır. Son olarak oluşan su oranı düşük çamur sıyrıcılar ile banttan kazınarak alınır.

Belt filtre genişliği 0,5-3,5 metre arasında olabilmektedir. Fakat arıtma tesislerinde sıklıkla kullanılmakta olan 2 metre genişliğindeki filtrelerdir. Yükleme kapasitesi filtre genişliğine göre belirlenir. 1,6-6,3 l/m.sn aralığındaki kapasitelerde çalıştırılabilmektedir. Çamurun yoğunluğuna göre değişmekle birlikte 90-680 kg/m.sa hızları çamur yükleme yapılabilmektedir. [7]

Belt filtre sürekli çalışmaya uygun bir ekipman olması, düşük enerji gideri nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Filtre gözenekleri doldukça filtre bezinin değiştirilmesi gerekmektedir. Filtre ömrünün kısalığı dezavantaj oluşturur. Ayrıca koku ve zehirli gazların (metan, hidrojen sülfür) oluşumu söz konusudur. Bu nedenle susuzlaştırma binasında havalandırma yapılmalıdır. Polimer kullanımı 1 – 10 g/kg KM arasında değişmektedir.[5]



Şekil 2.5 Belt-pres [11]

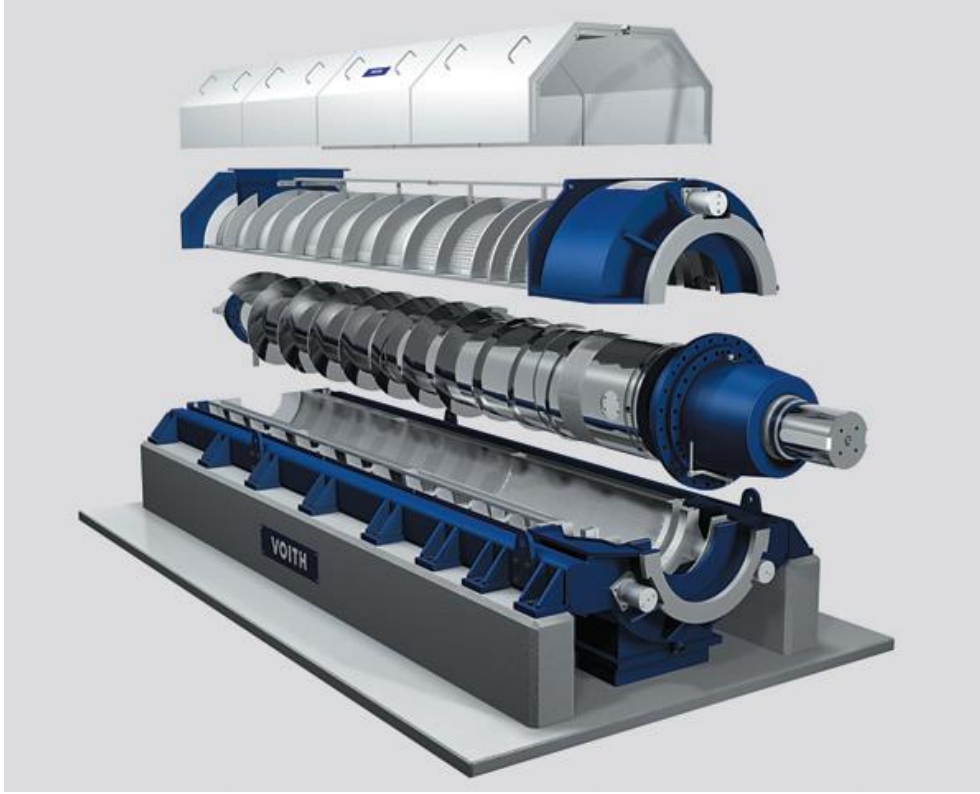


Şekil 2.6 Belt presle susuzlaştırılan çamur [11]

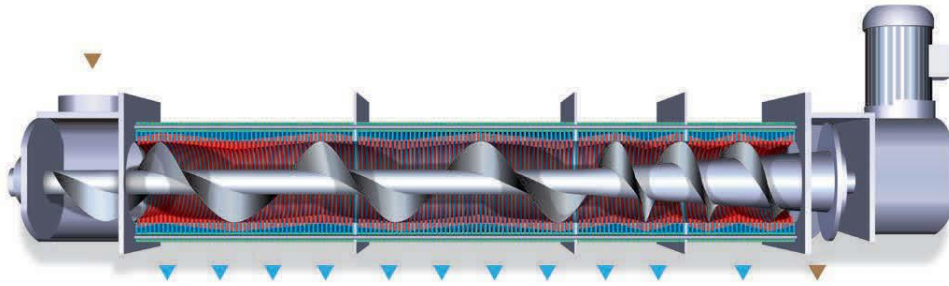
2.2.4. Burgulu Presler

Burgulu Pres, silindir şeklinde bir ızgara içinde düşük devirle (1,5-6 dev/dk) döndürülen burgu ile susuzlaştırma yapar. Yatay veya eğimli şekilde yerleştirilen 0,25 mm aralıklı elekten süzülen su süzüntü suyu çıkışından dışarı atılır. Izgara içindeki burgu dönme hareketi ile filtrelenen katıyı ızgara yüzeyinden sıyrarak çamur çıkışına doğru taşır. Bununla birlikte burgudaki vida adımının daralması ve burgu şaftının konik olarak çıkışa doğru genişlemesi ile hacim küçültülerek basınç artırılır ve çamur sıkıştırılarak süzülme verimi artırılır. Çamurun çıktığı bölümde pnömatik olarak çalışan konik bir başlık sayesinde basınç ayarlanır. Suyu alınan çamur konik başlık ile ızgara arasından çıkarak dökülür.

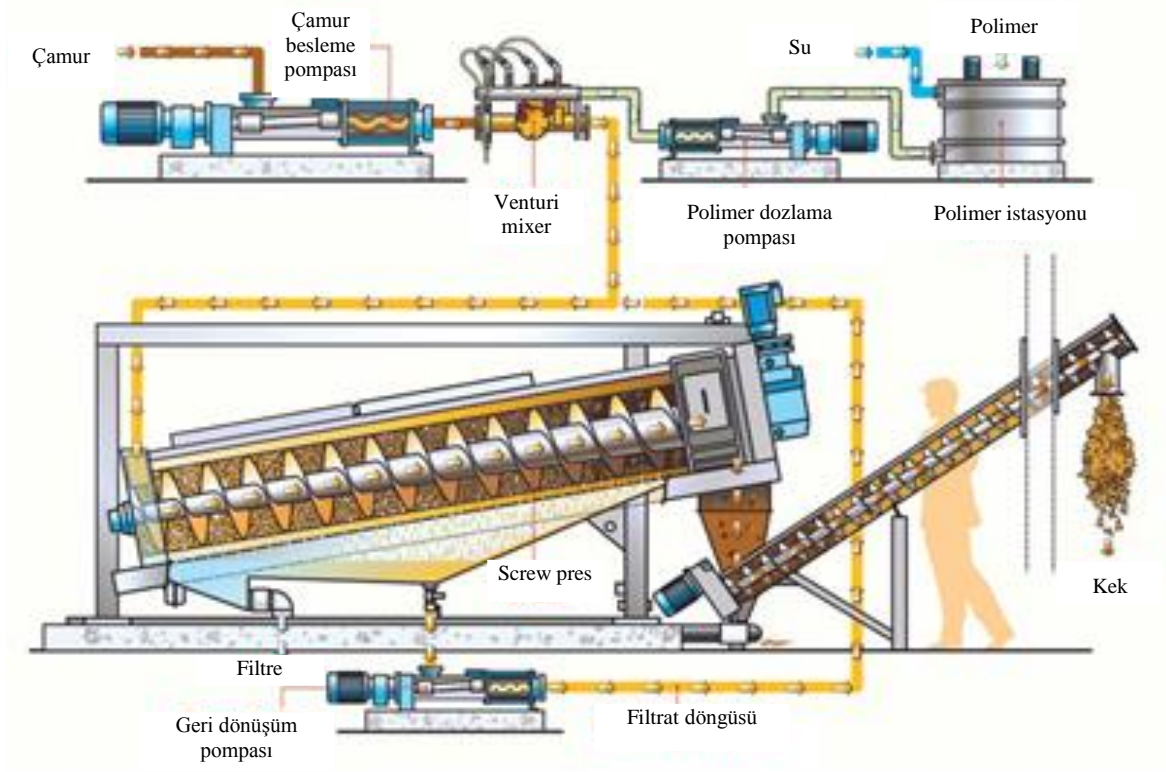
Elek çevresine tesis edilmiş basınçlı yıkama sistemi ile belli aralıklarla yıkama yapılarak elek temizlenir. 1- 22 m³/sa çamur kapasite aralığında üretilmektedir. Sürekli olarak çalıştırılabilmektedir. 4-6 g/kg polimer uygulanması ile %20-25 kurulukta çamur ve %95 katı madde giderimi elde edilir. İşletme kolaylığı ve düşük enerji tüketim değerleri gibi avantajları vardır. [6]



Şekil 2.7 Burgu presin yapısı [12]



Şekil 2.8 Burgu pres kesiti [13]



Şekil 2.9 Burgu presle yapılan susuzlaştırma işleminin akış şeması[14]

3. KURUTMA

Arıtma tesislerinden alınan fazla çamurlar yüksek oranda su içermektedir. Tipik atık aktif çamurun katı madde oranı %1 iken susuzlaştırma işlemleri sonrasında genellikle %20-25 oranına çıkarılmaktadır. Katı oranının %90 gibi yüksek değerlere çıkarılabilmesi istendiğinde çamurun kurutulması gerekmektedir. Çamurda farklı şekillerde bağlı su bulunması arıtma çamurundaki suyun kademeli olarak azaltılmasının gerektirir. (Flaga, 2007). Çamurlar kurutulmadan tarım ve orman alanlarında, kömür maden yatakları gibi bozulmuş alanlarda ve park bahçelerde kullanılabilir. Kurutulan çamurlar da ısı ve elektrik elde etmek için, çimento fabrikalarında ya da kömürlü santrallerde ek yakıt olarak kullanıldığı gibi gazlaştırma, piroliz, biyogaz üretimi çamurun kullanımını için uygulanan yöntemlerdir. (Ayvaz, 2000) [15]

3.8.2010 tarihinde yürürlüğe “Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik” gereğince arıtma tesisinin hizmet verdiği eşdeğer nüfus bir milyon ve üzerinde ise üretilen çamurların %90 kuruluk değerine kadar kurutulması şartı getirilmiştir. Ancak teknik ve ekonomik açıdan uygun olduğu belgelenmesi durumunda çamurların %90 katı madde değerinin altında kullanılmasına izin verilebilmektedir. Bu durum çamur kurutma uygulamalarını önemli hale getirmektedir. Çamur kurutma yöntemleri ısıl kurutma ve güneşle kurutma olmak üzere iki başlık altında değerlendirilebilir. [16]

3.1. Isıl kurutma

Çamurun ısıtıcı akışkanlar ile doğrudan yada dolaylı olarak ısıtılarak kurutulur. Bu şekilde çamurdaki su oranı büyük ölçüde azaltılarak çamurdaki katı madde %90 ve üzerinde oranlara çıkarılabilir. Böylece çamur hacminin 4-5 kat azaltılır ve daha kolay yanabilen çamurun elde edilir. Aynı zamanda hijyen ve stabilizasyon sağlanması da avantajlar arasında sayılmaktadır. [17]

Isıl kurutma yöntemleri, doğrudan kurutma ve dolaylı kurutma şeklinde sınıflandırılabilir. Doğrudan kurutma yapan sistemler ek yakıt veya kurutulan çamurdan çıkan sıcak gazların çamurla teması yoluyla kurutma yapmaktadır. Doğrudan kurutma yapan sistemlerde çamur ve sıcak gazlar doğrudan ısı alışverişi yaparak çamurdaki su buharlaştırılır.[18]. Bu tip kurutucu örnekleri; döner tamburlu, akışkan yataklı ve bant

kurutuculardır. Dolaylı kurutma da ise çamur ısıtıcı akışkanlar ile temas etmez. Sıcak yağ ya da buhar kapalı bir sistemde dolaştırılır ve ısı çamura iletim yoluyla aktarılarak kurutma yapılır. Çamur ile ısıtıcı akışkan arasındaki sıcak metal yüzeylerine temas ederek katıların sıcaklığı yükseltilir. En yaygın dolaylı kurutucu türleri dikey tepsi tipi, paletli ve disk tipi ve ince filmlili kurutuculardır.[19]

Dolaylı kurutma yapan sistemlerde çamurun buhar ile temas etmediği için ısı geri kazanımı daha yüksektir. Bu sebeple dolaylı kurutma yapan kurutucuların enerji tüketim değerleri doğrudan kurutma yapan kurutuculardan daha düşüktür. [20]

Dolaylı kurutuculardaki kuruma hızı doğrudan sistemlerin çok daha yüksek sıcaklıklarda çalışabilmeleri nedeniyle doğrudan kurutuculardaki kuruma hızından daha düşük olabilir. Bu sistemlerin aynı zamanda tek ve iki kademeli sistemler olarak iki ortak türü vardır.

Dolaylı kurutucular daha az gaz üreteceğinden, tasarımların çoğunda ısı geri kazanım ve / veya koku giderme birimleri bulunan bir kapalı çevrim sistemi olarak yapılır. Yukarıda bahsedildiği gibi, kurutucular, ısıtılmış bir yüzeyden aktarılan ısıya bağlıdır. Bu nedenle, çamur materyalinin ve ısıtılmış yüzeyin ara yüzey davranışının ele alınması kurutucuya beslenen sudan arındırılmış çamurun% 25 civarında düşük katı madde içeriğine sahip olması ile ilgili önemli bir konudur. Sistemde hava akışı olmadığı için mekanik karıştırma tasarım aşamasında önemlidir. Çamur kekini dağıtmak veya parçalamak için sağlanmıştır. Çamurun katı içeriği% 55-70 olan yapışkan davranışından ötürü ısıtma yüzeyindeki kirlenmeyi önlemek için, mekanik karıştırma çok önemlidir. Kurutulmuş çamurun nihai su içeriğinin gerekliliğine bağlı olarak, tek veya iki kademeli dolaylı kurutma sistemleri kullanılabilir. [21]

Isıl kurutma işlemlerinde çamurun dezenfekte edilmesi de sağlanır. Sıcaklık artırdıkça patojenlerin giderilmesi kolaylaşmaktadır. Diğer mikroorganizmalardan daha dirençli olan hepatit A virüsü bulunan çamurla yapılan deneylerde çamurun ince filmlili kurutucuda tamamen dezenfekte edilebildiği, güneşle kurutmada ise virüsün direnç gösterdiği görülmüştür. [22]

Isıl kurutmada diğer bir sorun da gaz hale geçen organik maddelerin oluşturduğu zehirleyici etki ve koku oluşumudur. Bu sorun dolaylı kurutma yapan sistemlerde

oluşmamaktadır. Dolaylı kurutucular da oksijen seviyesinin düşük olması koku ve uçucu gazların yalıtılması açısından avantajlıdır. Aynı zamanda yangın ve patlama riski de düşüktür. Ayrıca ısıtıcı akışkanda kirlilik oluşmaması da artı bir özelliktir. [20]

Enerji verimliliği sağlanması amacıyla kurutma sistemlerinde çeşitli yollarla ısı geri kazanımı yapılmaktadır. Kurutma için kullanılan ısının sistemi terk eden ürünlerden geri kazanılması işletme için gerekli enerji giderinin azalmasını da sağlamaktadır. Isı geri kazanımı dolaylı kurutma sistemlerinde kurutulmuş çamurda ve buharlaştırılan suda bulunan ısının, ısı değiştiriciler ve yoğuşturucular ile kurutmaya alınacak ıslak çamurun ön ısıtması için kullanımı ile yapılır. Doğrudan kurutucularda ise sistemden atılan ısıtıcı hava ile buharın karışımından oluşan gaz atmosfere salınmadan önce içerisinde kalan ısı sisteme verilecek havanın ısıtılmasında kullanılır. Kurutuculardan çıkan suyun yoğuşması ve kurutulan çamurun soğutulması ile edilen ısının sisteme geri dönüşü sayesinde enerji tasarrufu sağlanır. Geri kazanım yoluyla enerji ihtiyacı %10 kadar azaltılabilir. [18]

3.1.1. Kullanılan Ekipmanlar

Dolaylı kurutucular

- Disk tipi kurutucular

Çamurun içine alındığı sabit kısmın içinde dönerek ısı iletimi sağlayan disklerin bulunduğu bir sistemdir. Diskler bir şaft üzerinde yer almaktadır ve şaft içerisinde verilen kızgın buhar veya yağ disklerin içinden geçerek kurutma için gerekli ısıyı taşır. Ayrıca sabit hazne dışarıdan ısıtılarak da ilave ısı sağlanması mümkündür. Şaft üzerinde kısa aralıklarla yerleştirilen çok sayıda disk sayesinde geniş ısıtma yüzeyi elde edilir. Böylece kurutma tesis için gerekli alan ihtiyacı azaltılmış olur. Şaft, tahrik mekanizması ile düşük hızda (çevresel hız yaklaşık 1m/s) döndürülür. Disklerin döndürülmesiyle çamur karıştırılır ve kurutma yüzeyi sürekli olarak yenilenmiş olur. Disklerin üzerine yerleştirilen pedallar sayesinde döndürme hareketi aynı zamanda çamurun kurutucu boyunca ilerlemesini de sağlar.

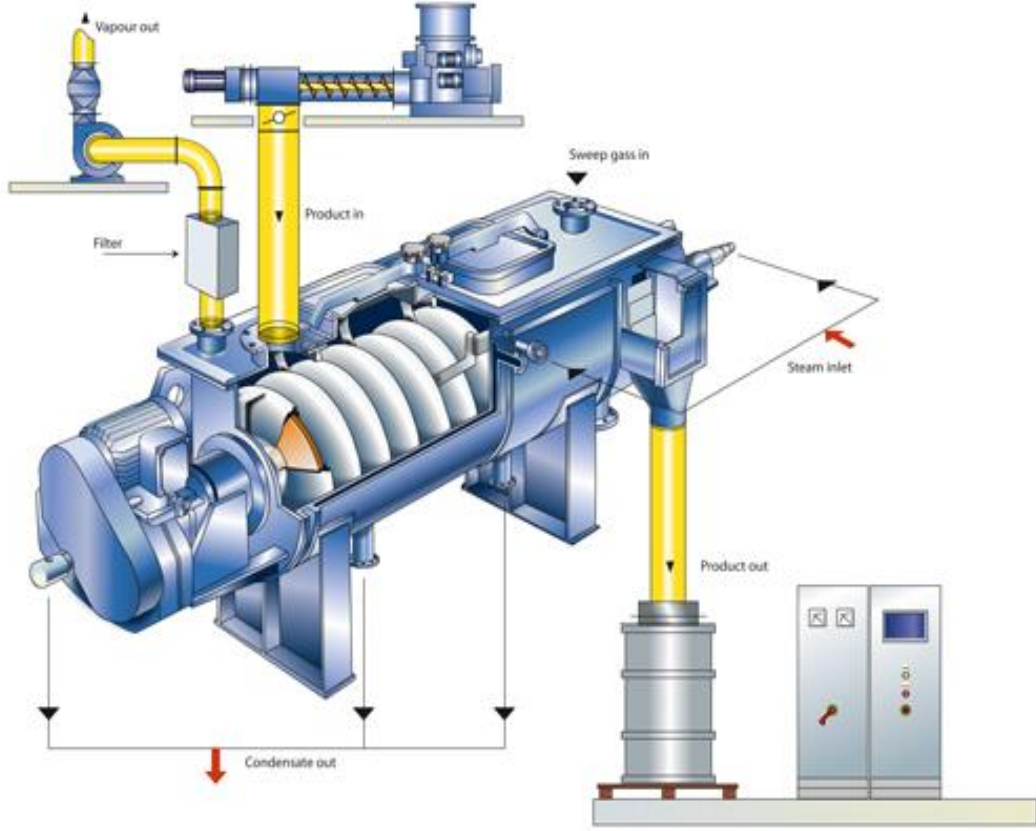
Çıkan kurutulmuş çamur elekten geçirilerek bir kısmı kurutucunun giriş kısmındaki karıştırıcıya gönderilerek kurutucuya alınacak çamurla karıştırılır. Geri karıştırma işlemi sayesinde yapışkan faz oluşumunun önüne geçilmesi amaçlanır. Alınan kurutulmuş çamur

ise soğutucudan geçer. Buharlaştırılan su ise ısı geri kazanım ünitesi ve koku gidericiden geçirilerek tahliye edilir.

Disk tipi kurutucularda genellikle farklı kuruma derecelerinde yüksek miktarlarda arıtma çamuru bulunması ve ısıtılmış disklerin halen ısıtma potansiyeli olmasından dolayı tesisin süratle kapatılması mümkün değildir. Dolayısıyla, başlatma ve kapatma arasında birkaç saatin geçmesine izin verilmelidir. Buharlaşma kapasiteleri yaklaşık 7 ila 10 kg/(m²-saat), kısmi kurutmada ise 11 kg H₂O/(m²-saat) mertebelerindedir. Kurutucu diskleri karıştırma hareketi nedeniyle aşınmaya maruz kalmaktadır.



Şekil 3.1 Disk tipi kurutucu



Şekil 3.2 Disk tipi kurutucu akış şeması

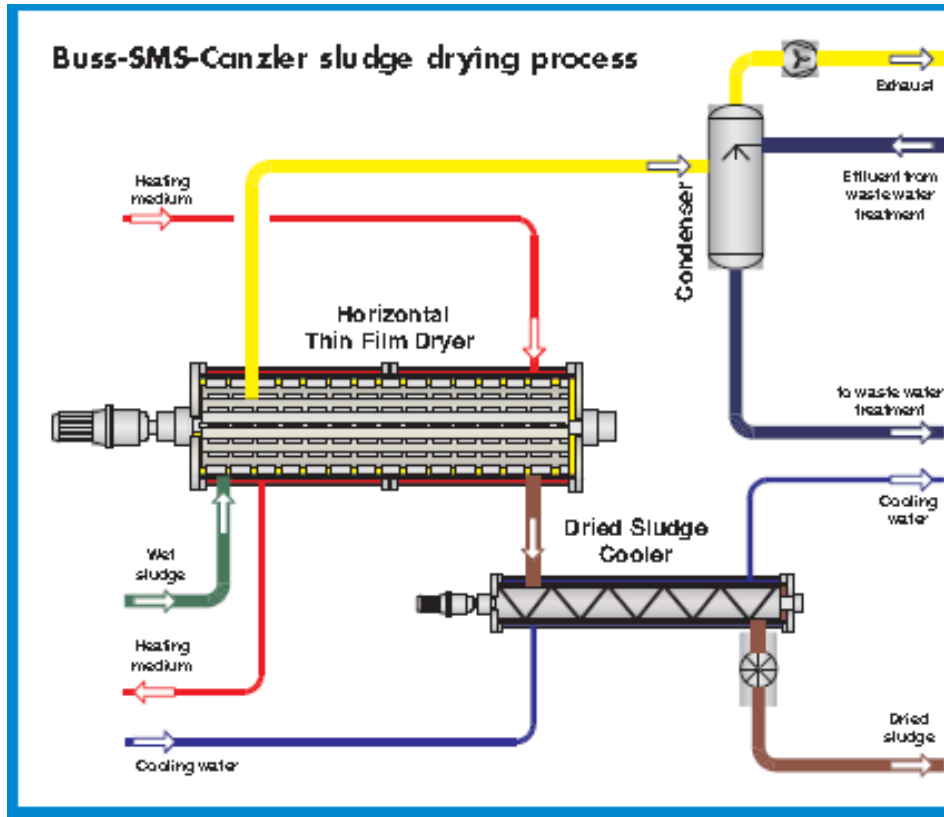
- İnce filmlı kurutucular

İnce filmlı kurutucular, iç içe geçirilmiş iki silindir ve iç kısımda dönen bir karıştırıcıdan oluşmaktadır. Kızgın buhar ya da yağ iki silindir arasındaki aralıktan geçirilerek ısıyı içteki silindir hazneye alınan çamura aktarması sağlanır. Isıtıcı akışkan olarak yağ kullanılması durumunda silindirler arasındaki boşluğa spiral eklenerek ısı akışının düzenli dağılması sağlanır. Karıştırıcı döndürülerek çamurun silindirik haznenin iç yüzeyinde 5-15 mm aralığında bir tabaka olarak yayılmasını sağlar. Karıştırıcının dönme hareketiyle hem temas yüzeyleri yenilenerek homojen şekilde kurutma sağlanır hem de kurutulan çamurun kurutucu içinde ilerlemesi ve çıkışı sağlanır. [6]

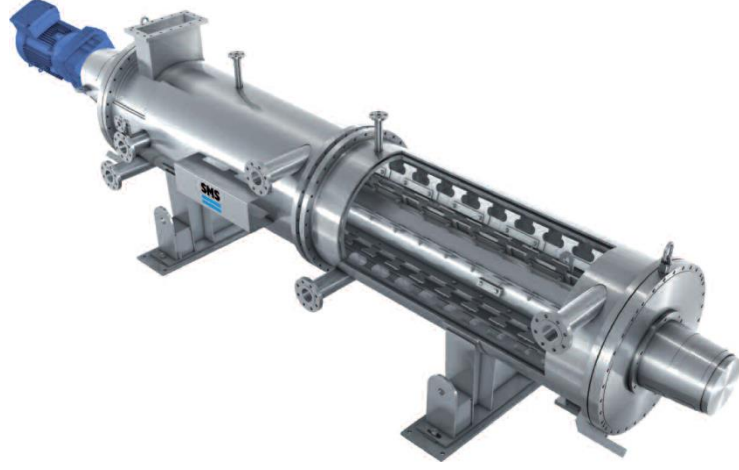
Kurutucu içinde ince film şeklinde bulunan çamur karıştırıcı ile sürekli yenilenmesi çamurun yapışkan fazda kalmasını engeller ve yüzeylere yapışmadan kurutulmasına olanak sağlar.

Çamurun yanma özelliklerini geliştirmek amacıyla, % 65'e kadar nihai bir katı içerik elde etmek için tek aşamalı bir ince film buharlaştırıcı uygulanabilir. Daha yüksek nihai katı içerik elde edilmesi için, paletli veya disk kurutucular ince film buharlaştırıcısını takiben ikinci aşamada kullanılabilir. [21] Bu sayede kurutulmuş çamurun bir kısmının geri karıştırmaya gönderilmesine gerek kalmaz. Kurutucuda ince bir film şeklinde az miktarda çamur bulunduğu için, çalıştırma ve durdurma için geçen süre kısadır (yaklaşık 1 saat). [6]

Karıştırıcı 7-75 dev/dk aralığında farklı hızlarda çalıştırılabilmektedir. Dönme hızının artması kurutmayı hızlandırmaktadır. Fakat aynı zamanda karıştırma sırasında oluşan gerilmeler de dönme hızıyla artar. Kurutma hızı 20 ile 160 kg / m².h arasındadır (Gruter et al., 1990) . [23]



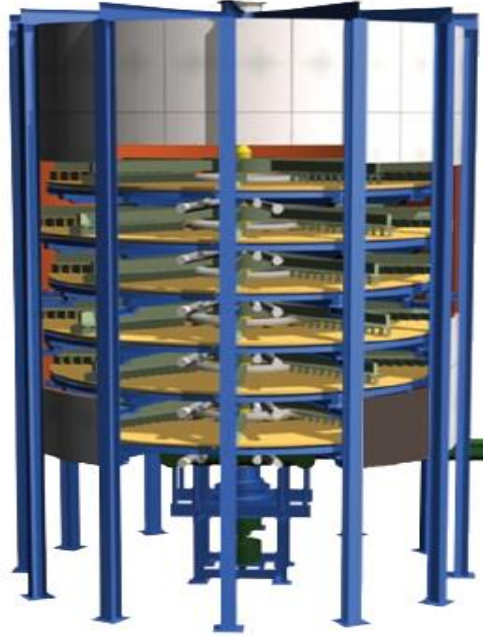
Şekil 3.3 İnce filmlü kurutucu akış şeması [24]



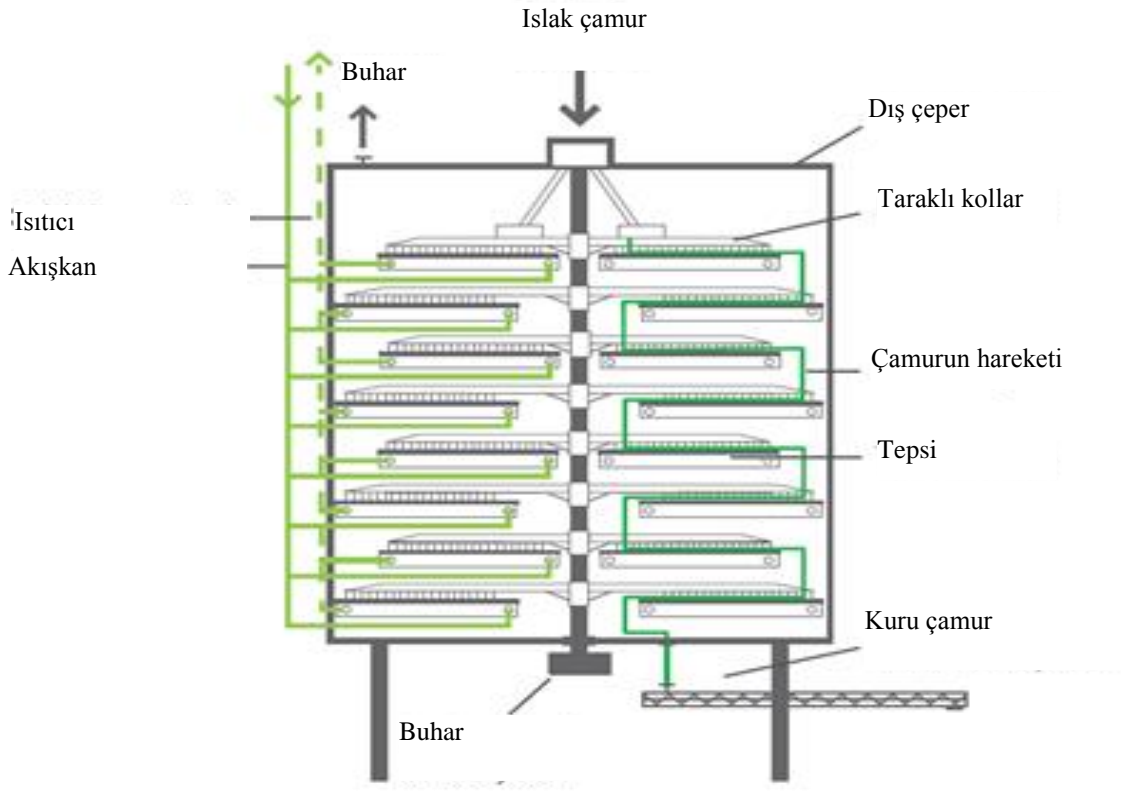
Şekil 3.4 İnce filmlı kurutucu yapısı [24]

- Dikey Kurutucular

Dikey çok kademeli tepsi kurutucuları, dolaylı sistemlerin bir başka örneği olarak verilebilir. Çamur, kurutucunun üst kısmındaki giriş yoluyla beslenir ve dönen kollar tarafından bir sıcak tepside diğerine zikzak yolda, % 95'e kadar katı madde ile kurutulmuş pelet haline getirilmiş bir ürün olarak alttan çıkana kadar hareket ettirilir. Kurutma tepsi içi boştur ve buhar veya termal yağ ile ısıtılır. Çamur, katman kalınlığı düzgün kontrol edilen ısıtmalı yüzey üzerine eşit olarak yayılabilir. [25]



Şekil 3.5 Dikey çok kademeli tepsi kurutucu yapısı [26]



Şekil 3.6 Dikey çok kademeli tepsi kurutucu akış şeması [26]

- Paletli Kurutucular

Paletli kurutucular dolaylı kurutuculardır. Bu kurutucular, kuru ürünü geri karıştırma olmadan yapışkan faz problemlerini çözmek için tasarlanmıştır. [27] Paletli kurutucusunun çalışma koşullarını açıklamak için K-S Paddle Kurutucu örneklendirilebilir. Kurutucu 6 bar'a yakın bir basınçta doymuş buhar veya termal sıvı (sıcak yağ) ile dolaylı olarak ısıtılır ve 400 ° C dereceye kadar olabilir. Isı transfer yüzeyinin metre kare başına buharlaşma oranları, kendi kendini temizleyen paletler ve karıştırma etkisi ile arttırılır. Kuru çamurun döner kama şeklindeki paletlerin eğik yüzeyleri arasında hareket ettirilmesi, palet yüzeylerini temizleyen ve iletkenliği en üst düzeye çıkaran kesme kuvvetlerine yol açar. Kama şeklindeki paletler ve çift karıştırıcıların iç içe geçmesi, palet çevresinde bir karıştırma etkisi yaratır. Bu, yatakta daha fazla çamurun doğrudan ısı iletim yüzeyine maruz kalmasını sağlar, böylece ısı geçiş hızını arttırır ve daha küçük ekipman kullanımına izin verir. [28]



Şekil 3.7 Paletli kurutucunun iç yapısı [28]



Şekil 3.8 Paletli kurutucu [29]

Paletli kurutucu örneği, Naratherm® paletli kurutucusu verilebilir. 4.08 m uzunluğundaki yatay ceketli oluktan oluşur ve bu oluktan 22 dev/dk hızında dönen iki mil geçer. Her mil üzerine içi boş kama şeklindeki kürekler kaynaklanır. Bu 32 m²'lik temas yüzeyi, rotor hareketinin neden olduğu sürtünme kuvvetlerine göre kendiliğinden temizlenmektedir. [27]

Doğrudan Kurutucular

- Tambur Tipli Kurutucular

Döner tambur, tam kurutma amacıyla kullanılır. Yapışkan fazda çamur kullanılamayacağı için kurumuş çamur ile sisteme beslenen çamur karıştırılır. çamur karışımını (normalde% 50-65 katı madde) tambura aktarılır, çamurun dış yüzeyini tambur döndürülmek suretiyle sıcak gazlara maruz bırakılır. Sıcak gaz akımı yakıcıdan doğrudan sağlanabileceği gibi bir ısı değiştiriciden geçirilerek 400 - 450°C'ye kadar ısıtılan hava ile de kullanılabilir. Tambur içine çamurun çıkışa doğru yönlendirilmesi amacıyla yatay kanatlar yerleştirilmiştir. Bu kanatlar kısmi olarak karıştırma ve ısı geçişi yüzeyinin artmasını da sağlar. Aynı zamanda tamburun eğimli olması ile kurutulan çamurun çıkışa doğru ilerler. Bu taşıma ve kurutma işlemi, daha sonra bir siklon vasıtasıyla egzoz gazlarından ayrılan granüllü bir ürün meydana getirir ve ardından elek yardımıyla ürünün mekanik ayırması yapılır. Büyük ve küçük boyutlu ürünler geri karıştırma maddesinin bir parçası olarak geri dönüştürülebilir. Kapalı çevrimli bir sistem kullanılması ve hafif negatif çalışma basıncı, bu kurutucu sistemde koku oluşma riskini azaltır.

Çamur beslemesi sabitken, çıkan egzoz-buhar karışımının sıcaklığı ile kuruluk derecesi doğru orantılıdır. Bu sebeple kurutma işlemi çıkan havanın sıcaklığı ile kontrol edilir. %90-95 kurulukta çamur elde etmek mümkündür.

1000 °C'a kadar giriş sıcaklıkları, ateşleme riski olmadan, en az 800 kg /sa ila 50000 kg/sa arasında değişen bir su buharlaşma oranı ile kullanılabilir. Havalandırma gazı geri dönüşüm kısmı, kurutucunun termal verimliliğini arttırmak için kullanılabilir. [21]



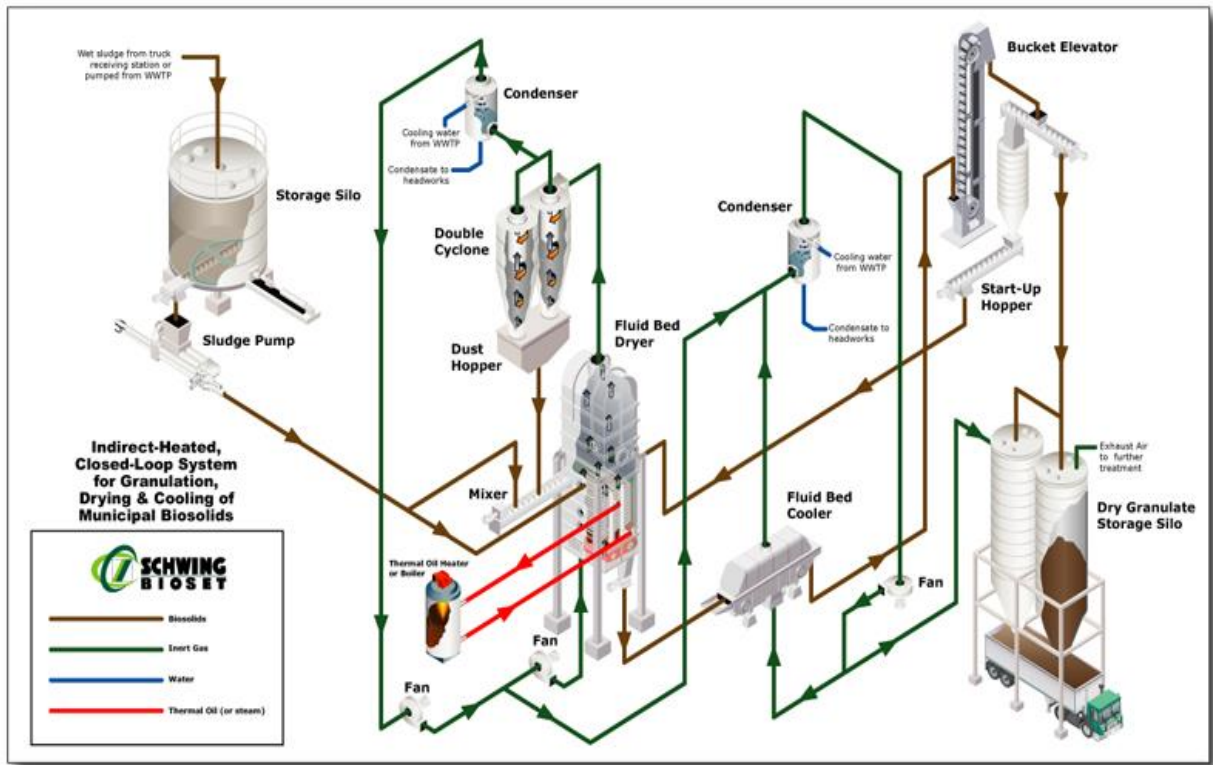
Şekil 3.9 Tambur Tipli Kurutucu [30]

- Akışkan Yataklı Kurutucular

Akışkan yataklı kurutmada taşınım yoluyla ısıtma uygulanmaktadır. Bu sistemde ısıtıcı akışkan olarak kullanılan buhar veya yağ kurutucu içerisinde dolaştırılır. Akışkan bir yatak oluşumu için kurutucuya alt kısımdan hava üflenmektedir. Bu işlemle kurutucuya üst kısımdan alınan çamur ısıtıcı akışkan döngüsü etrafında askıda kalır. Akışkan yatak oluşumu ile sürekli ve etkili bir karıştırma sağlanır. Kurutulan çamur taneleri üflenen hava ile akışkana benzer şekilde hareket ederler ve kurutucunun yan kısmında bulunan çıkıştan sistemin dışına alınırlar. Sisteme üflenen hava ise buharlaştırılan su ile birlikte üst kısımdaki gaz çıkışından alınır. Alınan hava siklondan geçirilerek içindeki katı parçalar ayrılır. Siklondan ayrılan katı parçacıklar çamurla karışarak tekrar kurutucuya verilir, gaz ise yoğuşturucudan geçerek içindeki suyun alınmasından sonra tekrar hava körüğü ile sisteme verilir. Böylece düşük gaz çıkışı ile kurutma yapılır. Çıkan gaz filtrelerden geçirilerek arıtılır. Sistemden 1-5 mm çapında taneli yapıda toz içermeyen kuru çamur alınır ve toz ayırma ihtiyacı olmadığı için doğrudan uzaklaştırılabilir. Kurutucuyu, hızlı ve kolay çalıştırmak ve durdurmak mümkündür. Sisteme verilen ısı, yataktaki sıcaklık 85°C olacak şekilde beslenen çamur miktarı kontrol edilerek düzenlenir. Basit yapısı ve hareketli

parça olmaması avantaj sağlamakla birlikte harici hava körüğü (blower) kullanılması gerekmektedir. [6]

Çamur kurutma sistemleri, çamur yakma sistemleri ile de kullanılabilir. Kurutma, ısınmış çamurla ısıtılmış kumu bir döner fırında karıştırarak elde edilir. Kurutulmuş çamur, akışkan bir yatakta kum ile karıştırılarak yakılır. Bu kombinasyon daha yüksek enerji verimliliğine sahiptir. Aslında, bütünleşmiş akışkan yataklı kurutucu/yakma makinesi, az yer kaplayan yapısı ve yüksek enerji verimi nedeniyle kötü koku oluşmadan kullanılabilen popüler bir seçimdir. Bu kurutuma ve yakma tesisatında, atık su arıtma çamuru, sıcakta akışkanlaştırılmış bir kum yatağına yaklaşık 800°C'de dağıtılır ve daha sonra hızlı buharlaşma ve yanmanın bir sonucu olarak mikro boyutlu parçacıklara indirgenir (Hasatani, 2001). [31]



Şekil 3.10 Akışkan yataklı kurutma akış şeması [32]

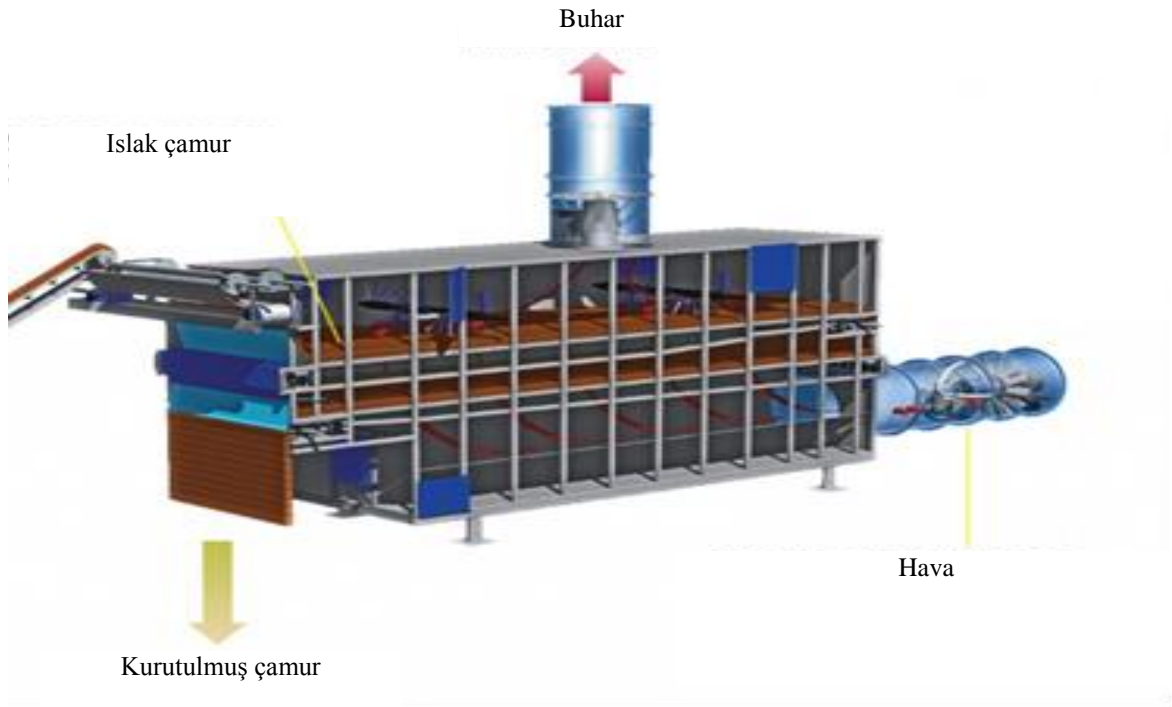
- Bantlı Kurutucular

Açık, yarı açık ve kapalı çevrimli bantlı kurutucu da doğrudan kurutucuların yaygın bir türüdür. Bu kurutucu tip için, sudan alınan çamur, daha sonra sıcak gazların geçtiği kapalı bir gövde boyunca yavaşça hareket eden, delikli, yatay bir bant üzerine beslenir (Lowe, 1995). [33]

Bantlı kurutucularla çamurun nem içeriğini %10'un altına düşürülebilmektedir. Kurutma için bantlara serilecek çamurun pelet haline getirilmesi için delikli plakalardan basınçla geçirilir. Bu şekilde çamurun bant üzerinde düzgün dağılımı ve kurutma için geniş yüzey alanı oluşturulur. Kurutma bandına serilen çamur kurutucunun alt kısmından verilen sıcak hava ile kurutulur. 120°C ila 150°C arasındaki sıcaklık değerlerindeki hava, bant aralıklarından geçerek, buharlaştırılan su ile birlikte üst kısımdan alınır. Bant paslanmaz çelikten imal edilmiş olup çamurun kurutucu içerisinde ilerlemesi için konveyör gibi çalışmaktadır. Aralıklı yapısı sayesinde alttan verilen havanın geçişine imkan verir. Bu sistemde çapı 3-5 mm olan tanelere halinde kuru çamur elde edilebilmesi önemli bir avantajdır. Çamur besleme hızı, bant hareketi ve verilen ısı enerjisi ile sistemin kontrolü yapılabilmektedir. 200 ila 3.000 kg /s arasında buharlaşma kapasiteleri sağlanabilir. Hızlı başlatma ve durdurma yapmak mümkündür. [6]



Şekil 3.11 Çamur peletleme işlemi [34]



Şekil 3.12 Bant tipi kurutucu şematik görünüş [35]

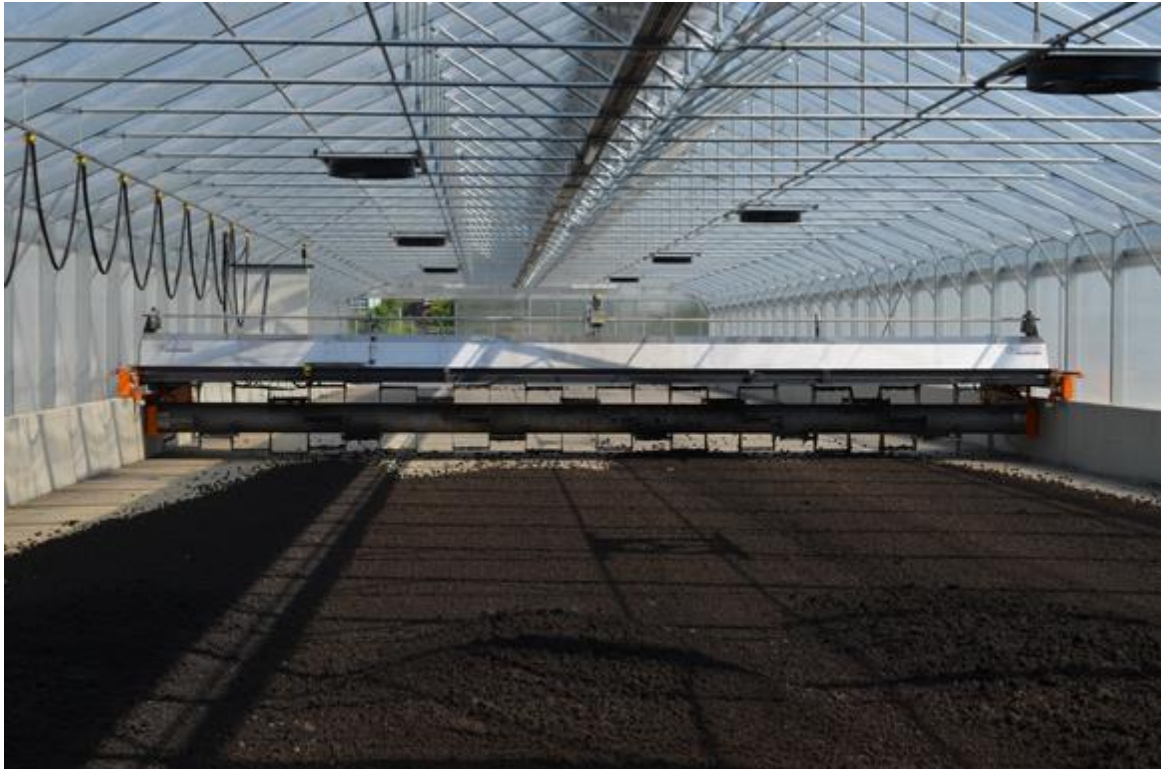
3.2. Güneşle Kurutma

Kurutma, çamurun güneş ışığındaki enerji ile ısıtılması ve içeriğindeki suyun buharlaştırılması yoluyla yapılmaktadır. Kurutma için ışık geçirgenliği yüksek polikarbonat veya cam sera inşa edilir. Sera tabanına serilen çamur mekanik karıştırıcılar ile karıştırılarak kurutma hızı artırılır. Ayrıca sera içindeki nemli havanın atılması için cebri havalandırma yapılır. Sera içerisindeki havanın nemi sensörler yardımıyla algılanarak içerdeki nemli hava fanlarla dışarı atılır. Kurutma verimi güneşlenme süresine ve güneş ışınımına bağlı olarak değişmektedir.

Havalandırma ve karıştırma için gerekli enerji ortalama olarak 30 kWh/ton (20-40 kWh/ton) seviyelerindedir. Solar kurutma ile % 85'in üzerinde kurulukta çamur elde edilebilmektedir. Dışarı atılan havanın emisyon sorunu olmamakla birlikte koku giderimi gerekebilir. İlk yatırım maliyeti ve işletme giderleri düşüktür. Bunun yanında iklim şartlarına bağlı olarak çalışmaktadır. Güneşlenme süresi yüksek sıcak bölgelerde daha verimli olmaktadır. [36]

30 günlük bekletme ile %87 kadar kuruluğa ulaşılabilen güneşle kurutma sisteminde 1000 ton suyu buharlaştırmak için 20 kWh enerji kullanılmıştır. Isı ile kurutmada bu değerler 800-1000 kWh seviyelerindedir. [37] Güneş kurutma sistemleri, ısı kurutma ile mukayese edildiğinde daha çevreci olduğu görülmektedir. Bununla birlikte kolay işletme ve düşük sıcaklıkta (10-40°C) kurutma yapılması gibi avantajları da vardır. Çamur yükleme ve kaldırma dışında işletme personeli ihtiyacı yoktur. Daha basit makinelerin kullanılması ve tesiste oluşan arızaların acil müdahale gerektirmemesi de işletmede kolaylık sağlayan unsurlardır. Buna rağmen kurutma işlemi iklim koşullarına bağlı olduğu için düzenli değildir. Geniş alan ihtiyacı da dezavantajlardandır. [36]

Kurutma serasına ek ısı sağlamak amacıyla güneş paneli eklenen sistemde panellerle ısıtılan su seranın tabanında dolaştırılmak suretiyle çamur alttan ısıtılması sağlanmıştır. Bu sistem yaz aylarında %15 kuruluştaki çamuru 7-12 gün aralığında %94'e kadar çıkarabilmektedir. Sonbahar döneminde ise 9-33 gün kurutma süresiyle %90 kuruluk sağlanmıştır. Ayrıca, kurutma işlemi sırasında patojen miktarında %99 azaltılmıştır. [38]



Şekil 3.13 Kurutma serasının iç görünüşü [39]



Şekil 3.14 Dünyanın en büyük güneşle kurutma tesislerinden biri, (İspanya) [4]

4. YAKMA

Arıtma çamurlarının depolanması için gereken alan ihtiyacının artması ve depolama alanlarının azalmasıyla birlikte ve depolamanın yasal düzenlemelerle kısıtlanması çamurun farklı kullanımlarına olan ilgiyi artırmıştır. Çamurun toprakta kullanımı ve yakıt olarak kullanılması yararlı kullanım yöntemleridir. Fakat arıtma çamurlarında çeşitli patojenler, ağır metaller gibi kirleticilerin bulunması toprakta kullanım alternatifini sınırlandırmaktadır. Bu nedenle arıtma çamurlarının yakılması öne çıkan bir yöntemdir. Eğer depolama alanı yetersizse veya hiç yoksa ve çamur içeriği nedeniyle toprakta kullanımı mümkün ya da ekonomik değilse yakma tercih edilir.

Arıtma çamurları organik madde açısından zengin bir içeriğe sahiptir. Çamurdaki organik madde yakılarak ısı da elde edilir. Bu ısı doğrudan sistemde kullanılabilir, ayrıca elektrik enerjisi üretmek için de kullanılabilir. Yakma, çamurun kütlesini ve hacmini büyük ölçüde azaltan bir imha yöntemidir. Yanma sonucunda çamur hacmi, sudan arındırılmış çamur hacminin % 10'una düşer. Yakma işleminin uygulama noktasındaki en önemli kısıtlama, arıtma çamurlarının yüksek nem içeriğidir. Bu nedenle yakma öncesinde kurutma işlemi uygulanır. Yanma için gerekli olan kuruluk değeri yüksektir ve bu nedenle çamur kurutulmalıdır. Bununla birlikte kurutma işlemi enerji ihtiyacı yüksek ve masraflı bir yöntemdir.

Susuzlaştırılmış çamur, yeterli oksijen bulunan bir ortamda 420°C ila 500°C arasındaki sıcaklıklarda tutuşabilir. Organik katıların tamamen yakılması için 760-820°C sıcaklık gerekir. Çamur yakıldığında, organik katkı maddesi CO₂, su buharı ve kül gibi oksitlenmiş son ürünlere dönüştürülür. [5]

Çizelge 4.1 Arıtma çamurlarının ısı değerleri

Arıtma Çamuru Türü	Isıl Değer (MJ/kg kuru katı madde)	
	Ölçüm aralığı	Tipik değer
Ham Çamur	23-29	25,5
Aktif Çamur	16-23	21
Anaerobik Çürütme Sonrası Ön Çökeltme Çamuru	9-13	11
Kimyasal Çöktürülmüş Ham Çamur	14-18	16
Biyolojik Filtre Çamuru	16-23	19,5

Arıtma çamurlarının ısı değeri 2500-3500 kcal/kg aralığındadır. Arıtma çamurlarının ısı değeri geçirdiği arıtma işlemleri ile doğrudan ilişkilidir. [40]

Yakma ile arıtma çamurlarının hacim ve kütlesi önemli ölçüde düşürülmektedir. Fakat bunun yanında yakma işleminin çeşitli dezavantajları da bulunmaktadır. Çamurun yakılabilmesi için gerekli ısının sağlanmasında kullanılan yüksek yakıt tüketimi ve maliyet bunlardan biridir. Ayrıca oluşabilecek hava kirliliğinin de kontrol altına alınması gerekmektedir ve hava kirliliğini önleyen sistemler kurulmaktadır. Bu da yatırım maliyetini artmasına sebep olmaktadır.

Diğer bir konu ise yakılan çamurun tamamen imha edilememesidir. Yakılan çamurdan arta kalan kül toplam katı içeriğin %30'u kadar olabilmektedir.[41]

4.1. Yakma Yöntemleri

Arıtma çamurları kurutulduktan sonra yakma fırınlarında çeşitli ek yakıtlarla (doğalgaz vb.) tutuşturularak yakılabilir. Çamur, yakma tesislerinde bu yolla yakılmaktadır. Bununla birlikte çamurun çimento fabrikalarında ek yakıt olarak kullanılması, yanma sonucu oluşan çamur külünün faydalı kullanımı için yaygın ve faydalı yöntemdir.

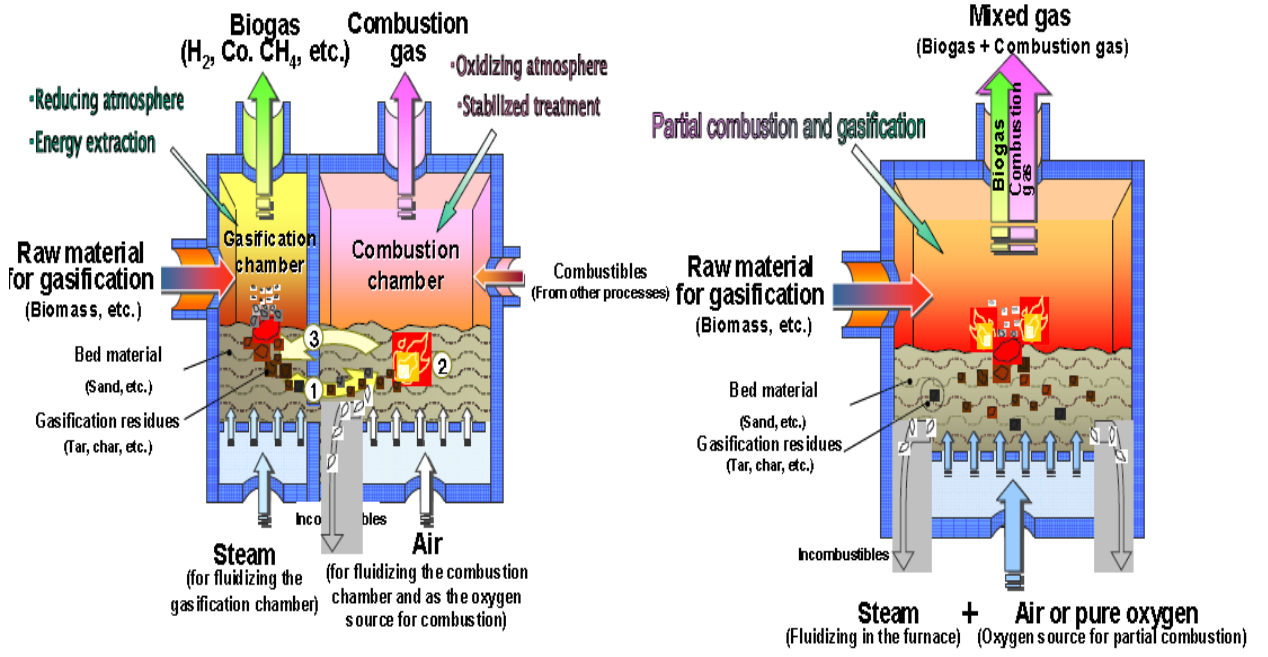
Çimento ham maddesi olarak büyük oranda kireç (%80-85) ve kil kullanılırken bununla birlikte demir, silis ve alüminyum içeren bileşenler de kullanılır. Bu ham maddeler karıştırılıp parçalandıktan sonra yakılır. Yanma sonucunda klinker oluşur.[40] Çimento fabrikalarında doğalgaz, kömür gibi yakıtlara ek olarak çeşitli atıklar (yağ, plastik vb.) ve arıtma çamuru da kullanılmaktadır. Çimento üretiminde arıtma çamuru klinkere karıştırılarak çimentonun kalitesini düşürmeden kullanılabilir. [42]

Arıtma çamurlarındaki organik içeriğin yüksek sıcaklıklarda yanabilen gaz haline getirilmesi mümkündür. Bu işlem sırasında yanmayı engellemek için ortamdaki oksijen oranı kısıtlı olmalıdır. Çamurdan üretilen gaz enerji kaynağı olarak kullanılır. Normal yakma işlemlerine göre ek yakıt ihtiyacı daha düşük olan bu yöntemde oluşan ağır metal ve kirlenici gaz emisyonları da daha düşük olmaktadır.



Şekil 4.1 Gazlaştırma tesisi (Almanya) [43]

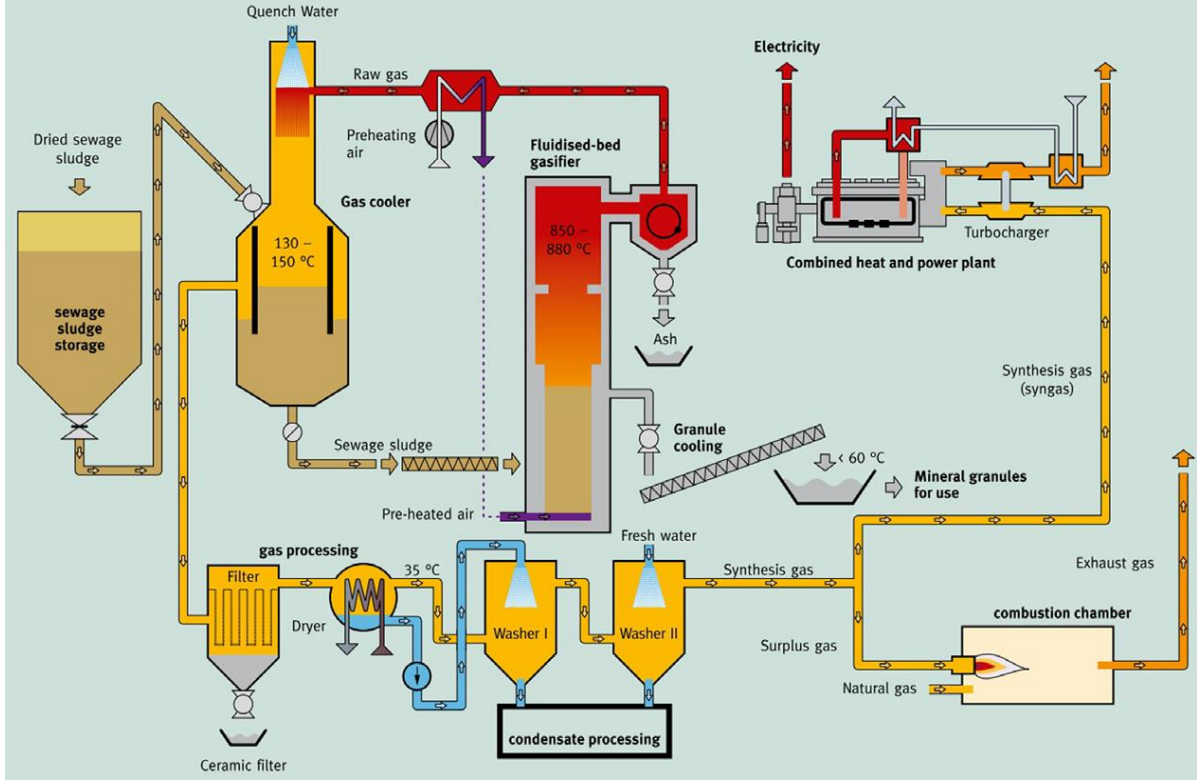
Çamurdan gaz elde etmek için piroliz yöntemi kullanılabilir. Piroliz işlemi oksijensiz bir gazla akışkan hale getirilen yatakta 650-750°C sıcaklıkta gerçekleştirilir. Çamur parçalanarak CH_4 , CO , H_2 gibi yanıcı gazlara ve kömürleşmiş kalıntılara dönüştürülür. Piroliz ve yakma bölümü olmak üzere iki bölmeli akışkan yataklı bir fırın sistemi ile gaz hale geçmeyen kalıntıların yakılması mümkündür. Bu sistemde yatak ortak olmakla beraber yatağı akışkan hale getiren basınçlı gaz girişleri ayrıdır. Yakma bölümüne ısıtılmış hava verilir. Egzoz gazlarının ve piroliz sonucu oluşan yanıcı gazlar yatağın üzerinde bulunan duvar sayesinde ayrı olarak toplanır. Toplanan egzoz gazları geri kazanımda kullanılırken yanıcı gazlar ısı ve elektrik üretimi için kullanılabilir. Bu sayede enerji tasarrufu sağlanmış olur. [44]



Şekil 4.2 Piroliz ve gazlaştırma işlemleri [44]

Gazlaştırma işlemi akışkan yatağa verilen oksijen oranı düşük tutularak çamurun tam yanması önlenerek de sağlanabilir. Bu yöntemle yanıcı gazlar ve katıların yanmasıyla oluşan egzoz gazı karışık halde fırından alınır.

Bu sistem geniş uygulaması olmayan yeni bir yöntemdir. Daha karmaşık bir sistem getirmekle beraber emisyon değerleri ve enerji verimliliği açısından daha üstün bir yöntemdir.



Şekil 4.3 Akışkan yataklı gazlaştırma tesisi akım şeması [43]

4.2. Kullanılan Ekipmanlar

4.2.1. Çok Hücreli Yakma Fırını

Çok hücreli yakma fırını madencilikte cevher işleme için tasarlanmış bir sistem olarak ortaya çıkmıştır. Bununla birlikte uzun zamandan beri çamur yakma işleminde kullanılan en yaygın ekipmanlardan biridir. Çok hücreli fırınlarda diğer yöntemlerden farklı olarak katı atıklar da çamurla birlikte yakılabilmektedir.

Yakma fırını dikey silindir şeklinde olup iç kısmı refrakter malzemelerle (tuğla veya ısıya dayanıklı beton) kaplanır, dış kısmı ise çelikten imal edilir. Fırının merkezinde dökme demirden imal edilmiş içi boş bir şaft bulunur. Bu şaft döndürülerek şaft üzerindeki taraklı kollar ile çamurun karıştırılır. Aynı zamanda karıştırma kollarındaki tarakların yapısı sayesinde spiral şeklinde bir hareket sağlayarak üst kısımdan fırına alınan çamur fırın alt kısmına yönlendirilir. Karıştırma ile çamur küçük parçalara ayrılmak suretiyle

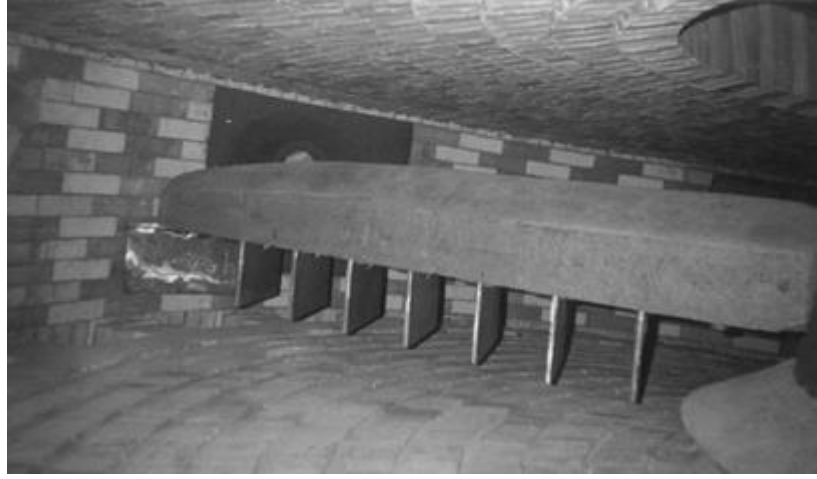
yanma verimi artırılır. Şaftın içindeki boşluğa alt kısımdan şaftın soğutulması amacıyla hava verilir ve hava şaft boyunca ilerleyerek şaftın üst tarafından alınır.

Çok hücreli fırına genelde kısmi olarak kurutulmuş çamur beslemesi yapılır. Fırının üst kısmı çamur içindeki nemin alındığı kurutma bölümü olarak çalışır. Orta kısımda fırın çeperlerindeki brülörler ile yakma işlemi yapılır. Alt kısımdaki hücreler ise külün soğuması için kullanılmaktadır. Bu işlemlerin yapılabilmesi adına fırının alt kısmından hava verilir. Dışarıdan alınan hava fırına girişinde külden ısı alarak üst kısımdaki yanma hücresine geçer. Yanma hücresinde oksijen oranı düşen yüksek sıcaklıktaki hava fırının üst bölümünde çamurun kurutulmasında kullanılarak çamurdaki su buharı ile birlikte fırının dışına alınır. Bu havanın bir kısmı sisteme geri döndürülür, bir kısmı ise gaz yıkayıcılardan geçirilip içeriğindeki toz alındıktan sonra atmosfere salınır. Sisteme %50-100 arasında fazla hava verilmektedir. Tam yanmanın sağlanması için verilen havadaki oksijen miktarının yeterli olması gerekmektedir. Aksi takdirde CO emisyonu oluşması söz konusudur. Çamurdaki uçucu gazların çıkışı ve koku oluşumu gözlenmesi durumunda ilave bir son yakıcı kullanılabilir. Ancak fırının yanma bölümünde 900°C civarındaki yüksek sıcaklık sayesinde genelde bu tip sorunlar oluşmamaktadır.

Kolay işletilebilen ve çeşitli çamur ve atıkların yakılabildiği kabul görmüş bir sistemdir. Buna rağmen yüksek yatırım maliyeti ve taraklı şaftın arıza yapması gibi durumlar dezavantajlarıdır.



Şekil 4.4 Çok hücreli yakma fırını



Şekil 4.5 Çok hücreli fırının iç görünüşü

4.2.2. Akışkan Yataklı Yakma Fırını

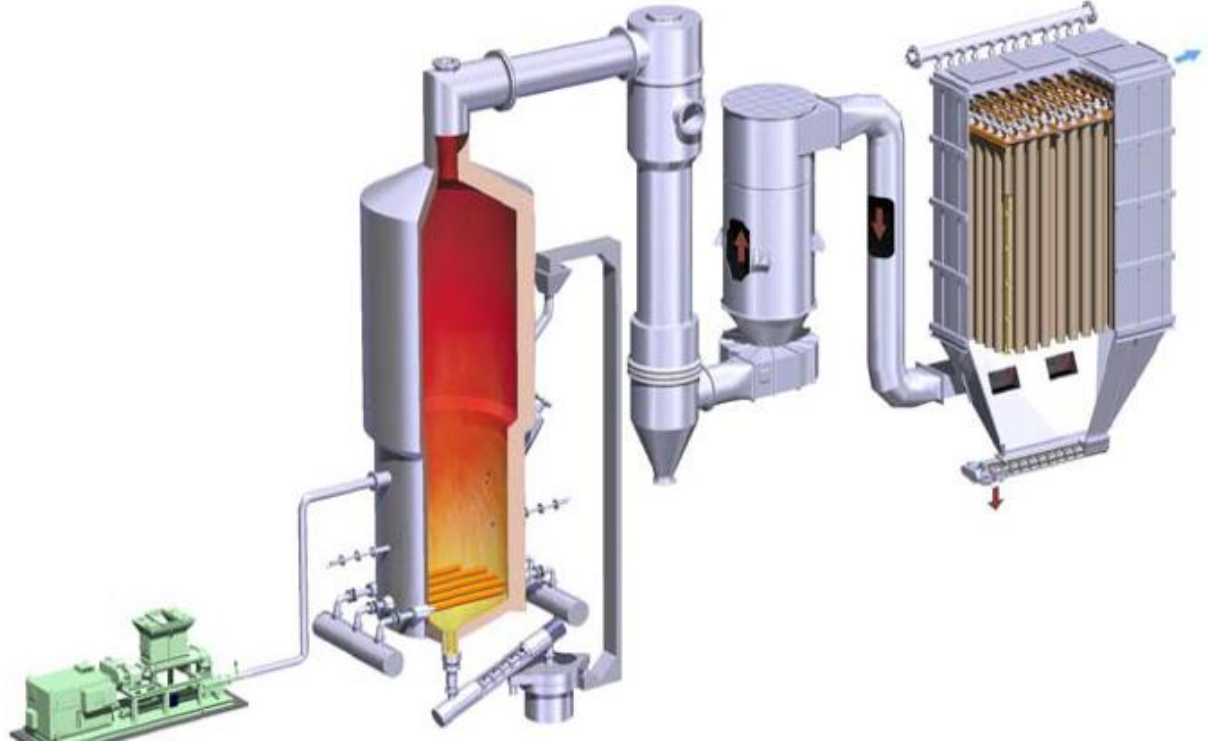
Akışkan yataklı fırınlar iç kısmı refrakter malzemelerle kaplı kurutma amacıyla da kullanılabilen geniş kullanım alanı olan bir ekipmandır. Fırının alt bölümünde 0,8-1 m derinliğinde kum (kuvars) bulunur. Kum taneciklerinin boyutları 0,6-2,5 mm aralığındadır. Yatak malzemesi olarak kullanılan kumun altında yatağa hava verilmesi için tesis edilen bir ızgara bulunur. Buradan verilen basınçlı hava ile kumun akışkan gibi davranması sağlanmaktadır. Egzoz gazlarından ısı geri kazanımı yapılabilir. Bu sayede giren havaya ön ısıtma yapılır.

Çamur üst kısımdan fırına verilerek sıcaklığı 900°C civarında tutulan kor haldeki kuvars ile karışır. Böylece parçalanır ve verimli yanma için uygun hale gelir. Gaz brülörleriyle tutuşturulan çamur çok hızlı şekilde yanar. Aynı zaman akışkan yatağın üzerindeki bölümde gaz hale geçen uçucu organik maddelerde yanar. Bu işlemler 1-2 dakika içerisinde gerçekleşmektedir.

Egzoz havasında bulunan toz alınması için siklondan geçer. Akışkan yatakta çamur hava karışımının çok iyi sağlanması fazla hava ihtiyacını azaltır. Sistemde %20-50 arasında fazla hava kullanılır.

Fırın boyutları yakılan çamurun hacmine ve dağıtım ızgarasından geçen havanın hızına göre belirlenir. Bu hız fırın işletiminin rejimine, kum yatağının büyüklüğüne ve

çamurun özelliklerine (nem, yanıcı olmayan katılar ve kül boyut dağılımı) bağlıdır. Belli çalışma süreleri sonunda sisteme kum ilave edilmesi gerekmektedir. [5]



Şekil 4.6 Akışkan yataklı yakma sistemi

4.2.3. Döner Yakma Fırını

Yatay olarak yerleştirilen ve rulmanlar üzerinde dönen tambur içinde gaz veya sıvı yakıt brülörleri ile yakma işlemi gerçekleşir. Tambur külün alındığı dış fırına doğru küçük bir eğim açısı verilerek çalıştırılmaktadır. Bu şekilde üst kısımdan verilen çamur ilerleyerek öncelikle kurur daha sonra yanarak ısı açığa çıkarır ve kül halinde dış fırına alınır. Kül, soğutma ünitesinde hava ile soğutulduktan sonra pnömatik konveyörlerle sistemin dışına çıkarılır. Uzunluğu 8-12 metre aralığındaki yanma bölümünde sıcaklık 900-1000°C seviyelerine çıkmaktadır.

Yüksek kül ve nem içeriğine sahip çamurlar düşük baca gazı partikül emisyonları ile yakılabilmektedir. Bununla birlikte boyutlarının çok büyük olması, oldukça ağır olmaları nedeniyle ilk yatırım maliyetleri yüksektir. [5]



Şekil 4.7 Döner yakma fırını [30]

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde atık su arıtma tesislerinin projelendirilmesi ve inşası konusunda çalışmalar hızla devam etmektedir. Yeni yapılan tesislerle üretilen arıtma çamuru miktarı da artacaktır. Mevcut tesislerde üretilen çamurun büyük bölümünün depolandığı bilinmektedir. Depolama seçeneği kolay ve masrafsız bir yöntem olmasına rağmen sürdürülebilir değildir. Artan çamur miktarı ve çevre koruma mevzuatı ile yapılan düzenlemeler sonucu arıtma çamurlarının bertaraf edilmesi konusu daha önemli hale gelmesi kaçınılmazdır. Çamur kirletici içeriği nedeniyle üzerinde çalışılması gereken önemli bir sorun oluşturmasının yanında kaynak olarak kullanılabilir bir üründür. Bu nedenle arıtma çamurlarının yönetilmesi konusunda yapılan çalışmalar çamurun yararlı kullanımları değerlendirilmelidir.

Çamurun yararlı kullanımı konusunda çeşitli alternatifler uygulanabilmektedir. Bu yöntemlerin olumlu ve olumsuz özellikleri değerlendirilerek en uygun yöntemin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalarda çevreci yaklaşımların tercih edilmesinin hem insanlara hem doğaya faydalı olacağı aşikârdır. Bununla birlikte uygulanan yöntemlerin işletmesinin kolay ve güvenli olması önemli bir konudur. Çamura uygulanacak işlemler seçiminde dikkat edilmesi gereken hususlar arasında çamurun özellikleri, coğrafi ve iklimsel şartlar da yer almaktadır. Aynı zamanda uygun çözümün seçiminde maliyet de ciddi bir yer tutmaktadır.

İller Bankası atık su arıtma alanında yapılan çalışmalarda öncülük eden bir kurumdur. Bu nedenle atık su arıtımı ile doğrudan ilgili olan çamur yönetimi konusunun da değerlendirilmesi önem taşır. Bu kapsamda yapılacak olan çalışmalar için temel oluşturulması açısından çamura uygulanan işlemlerin ve uygulamada kullanılan ekipmanların tanınması gerekmektedir. Bu sayede arıtma çamurlarının bertaraf edilmesi konusunda İller Bankası tarafından yapılacak projelerde koşullar değerlendirilerek çevreye duyarlı, ekonomik yönden uygun ve güvenilir çözümler sunulmasına imkân sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

1. TÜİK Merkezi Dağıtım Sistemi, Belediye Atıksu İstatistikleri <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=120&locale=tr> adresinden 8 Ocak 2017’de alınmıştır.
2. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usüller Tebliği (2010), Resmi Gazete, 20.03.2010 /27527, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
3. Metcalf ve Eddy (2003) Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse. McGraw-Hill, 1523., New York
4. Evsel/Kentsel Arıtma Çamurlarının Yönetimi TUBİTAK KAMAG 1007 projesi
5. Türkiye Belediyeler Birliği, Atıksu Arıtma Çamurlarının İşlenmesi ve Bertarafı (2015) Ankara. 125-176
6. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. (2013). Atıksu arıtma tesisleri tasarım rehberi. Ankara: Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 305-319
7. Andreoli C., Sperling M., Fernandes F., (2007) Sludge Treatment and Disposal, IWA, 101-119
8. Haus Santrifüj Teknolojileri, <http://www.haus.com.tr/haustr/urunler.php?group=1&id=2> adresinden 8 Ocak 2017’de alınmıştır.
9. Gesu Çevre Teknolojileri, <http://www.gesuaritma.com/2013/filter-pres/> adresinden 3 Mart 2017’de alınmıştır
10. Andritz Group, <http://www.andritz.com/index/separation/se-downloads.htm#se-downloads-link> adresinden 03.03.2017’de alınmıştır.
16. Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik (2010), Resmi Gazete, 03.08.2010 /27661, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
17. 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.
18. Fonda K.D., Lynch E. (2009). Going for the Green in Thermal Drying: Evaluation of Innovative New Technologies and Industry Trends Residuals and Biosolids, WEF.
19. 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.
20. 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.

21. Chen, G., Yue, P.L., Mujumdar, A. S., (2002). Sludge dewatering and drying. *Drying Technology*, 20 (4&5), 883–916.
22. Romdhana, M. H., Lecomte, D., Ladevie, B. ve Sablayrolles, C. (2009a) Monitoring of pathogenic microorganisms contamination during heat drying process of sewage sludge, *Process Safety and Environmental Protection*, 87, 377–386.
23. Gruter, H., Matter, M. and Oehlmann, K.H. (1990). Drying of sewage sludge – an important step in waste disposal. *Water Science & Technology*, 22 (12), 57-63
25. Girovich, M.J. (1990). Simultaneous sludge drying and pelletizing. *Water/Engineering & Management*, 34–39.
27. Arlabosse, P. , Chavez, S., & Prevot, C. (2005) Drying of municipal sewage sludge: from a laboratory scale batch indirect dryer to the paddle dryer, *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, Vol. 22, No. 02, pp. 227 – 232
28. Komline Sanderson, (nd). K-S paddle dryer processor. http://www.komline.com/docs/paddle_dryer_processor.html adresinden 19.02.2017’de alınmıştır.
29. Nara Machinery Co. Ltd. <http://www.nara-m.co.jp/english/product/dryer/npd.html> adresinden 3 Mart 2017’de alınmıştır.
30. Feeco International <http://feeco.com/rotary-kilns/> ve <http://feeco.com/rotary-dryers/> adresinden 3 Mart 2017’de alınmıştır.
31. Hasatani, M., (2001), —Drying and Dewatering R&D in Japan. *Proceedings of Asian-Oceanic Drying Conference*, 571–596, Penang, Malezya
33. Lowe, P., 1995. Developments in the thermal drying of sewage sludge, *Water and Environmental Journal*, 9(3): 306-316.
34. Huber SE, <http://www.huber.com.tr/tr/ueruenler/camur-aritimi/camur-kurutma/huber-bantli-kurutucu-bt.html> adresinden 3 Mart 2017’de alınmıştır.
35. Biogreen® is part of ETIA Group, <http://www.biogreen-energy.com/biogreen/belt-dryer/> adresinden 3 Mart 2017’de alınmıştır.
36. Ritterbusch S. ve Bux M. (2012). Solar Drying of Sludge - Recent Experiences in Large Installations. 3. European Conference on Sludge Management, September 6-7, Leon, İspanya.
37. Scharenberg U.M. ve Pöppke M. (2010). Large-scale Solar Sludge Drying in Managua/Nicaragua. *Water and Waste*. 26-27.
38. Mathioudakis, V.L., Kapagiannidis, A.G., Athanasoulia, E., Diamantis, V.I., Melidis, P. ve Aivasidis, A. (2009) Extended dewatering of sewage sludge in solar drying plants, *Desalination*, 248,733–739.
39. Redco Çamur Teknolojileri <http://www.redco.com.tr/Products/Gunes-Kurutma-Sistemleri/3> adresinden 3 Ocak 2017’de alınmıştır.

40. Fytili, D. ve Zabaniotou, A. (2008) Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods – a review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 116-140.
41. Malerius O. ve Werther J. (2003) Modeling the adsorption of mercury in the flue gas of sewage sludge incineration, *Chemical Engineering Journal*, 197-205.
42. Kaantee U. ve Zevenhoven R. (2004), Cement Manufacturing using Alternative Fuels and the advantages off Process Modeling, *Fuel Processing Technology*, 293-301.
43. Takeshi H. (2008), *Study on Sewage Gasification*, Tokyo, Japonya

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ÇEVİK, Ahmet
Doğum Tarihi ve Yeri : 11.06.1987 Ankara
Medeni Hali : Bekâr
Telefon Numarası : 0 (312) 303 37 89
Faks Numarası : 0 (312) 303 37 99
E-posta Adresi : acevik@ilbank.gov.tr

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	Makine Mühendisliği	2012

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2012-2013	Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı	İSG Uzman Yardımcısı
2013-....	İller Bankası A.Ş.	Teknik Uzman Yardımcısı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayımlar

Hobiler



İL BANK
TÜRKİYE'NİN YAPICI GÜCÜ