

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ÇAMURUN HAMSUDAN MEKANİK OLARAK  
AYRIŞTIRMA SİSTEMİ TASARIMI**

**Makina Mühendisi Hayrettin SULTAN**

**FBE Makina Mühendisliği Anabilim Dalı Kontrüksiyon Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ferhat DİKMEN**

**İSTANBUL, 2006**

## TEŐEKKÜR

BaŐta bu tezin gerçekleŐtirilmesinde değerli fikir ve tecrübeleri ile beni yönlendiren Tez DanıŐmanım Sayın Doç. Dr. Ferhat Dikmen'e teŐekkür ederim.

Ayrıca Şu anda alıŐtıęım Ereğli Demir elik Fabrikalarının bir nitesi olan su tesislerinde araştırma ve deney yapma imkanı buldum. Su tesisleri nitesi, Fabrikanın ve Ereğli'nin tüm su ihtiyaını karŐılamaktadır.

Yardımlarından dolayı:

Ereğli Demir elik Fabrikaları Su Tesisleri nitesi BaŐ Mühendisi Rahmi Yazan'a  
Ereğli Demir elik Fabrikaları Su Tesisleri nitesi İŞletme Mühendisi ve arkadaŐım  
Tolga Akarçay'a,  
Ereğli Demir elik Fabrikaları Etüd Proje Bölümü Proje Mühendisi Mustafa Esmer'e  
ve tüm personele;

Aynı zamanda bana maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili anneme, babama, eŐim iğdem Sultan'a ve arkadaŐım Bilal Akgl'e teŐekkürü bir borç bilirim.

# İÇİNDEKİLER

	Sayfa
SİMGE LİSTESİ .....	iv
KISALTIMA LİSTESİ.....	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
ABSTRACT .....	ix
1. GİRİŞ .....	1
2. ARITMA ÇAMURLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ.....	3
2.1 Çamur Kaynakları.....	3
2.2 Çamur Karakterizasyonu .....	4
2.3 Parametrelerin Karakterizasyonu .....	8
3. ÇAMUR İŞLEME VE BERTARAF ETME İŞLEMLERİ .....	12
3.1 Stabilizasyon.....	12
3.2 Şartlandırma.....	13
3.3 Yoğunlaştırma .....	13
3.4 Susuzlaştırma.....	13
3.5 Düzenli Depolama .....	14
3.6 Çamur Su Alma İşlemleri .....	15
3.6.1 Doğal Su Alma Yöntemleri .....	16
3.6.2 Mekanik Su Alma Yöntemleri.....	23
3.6.2.1 Vakum Filtrasyonu.....	23
3.6.2.2 Plakalı Pres Filtreler.....	25
3.6.2.2.1 Sabit Hacimli Hücreli Plakalı Pres Filtreler .....	26
3.6.2.2.2 Değişken Hacimli Hücreli Plakalı Pres Filtreler .....	26
3.6.2.3 Belt (Bantlı) Pres Filtreler .....	27
3.6.2.3.1 Belt Pres Filtre Bezleri .....	29
3.6.2.4 Santrifüj Dekantörler .....	34
4. BELT PRESİN İNCELENMESİ VE TASARIMI.....	35
4.1 Mevcut Sistemlerin Birbirleri İle Karşılaştırılması .....	35
4.2 Seçime Esas Alınan Değerler .....	35
4.3 Çamur Su Verme Özellikleri .....	36
4.3.1 Buchner Hunisi Testi .....	36
4.3.2 Santrifüjlenebilir Çökebilirlik İndeksi.....	38
4.3.3 Kapiler Emme Süresi Testi.....	39

4.4	Karşılaştırma Tablosu.....	40
4.5	Belt Filtre Presin Tasarımı.....	43
4.5.1	Çamur Susuzlaştırma Ünitesi Ekipmanları.....	43
4.5.1.1	Polimer Hazırlama Ünitesi Servis Suyu Besleme Pompası.....	43
4.5.1.2	Polimer Hazırlama Ünitesi .....	44
4.5.1.3	Polimer Dozlama Pompası .....	46
4.5.1.4	In Line Mikser .....	47
4.1.1.5	Çamur Besleme Pompası.....	47
4.5.1.6	Belt Filtre Pres .....	47
4.5.1.6.1	Belt Filtre Pres Proses Özellikleri .....	48
4.5.1.6.2	Belt Filtre Pres Yapısal Özellikleri.....	50
	a) Taşıyıcı Konstrüksiyon.....	50
	b) Silindirler (Tamburlar) .....	50
	c) Belt Germe ve Yönlendirme Sistemi.....	53
	d) Tahrik Sistemi .....	54
	e) Kek Temizleme Sistemi .....	54
	f) Bant Yıkama Sistemi .....	57
	g) Drenaj Sistemi .....	58
	h) Filtre Beltler .....	58
	i) Güvenlik Önlemleri.....	58
4.5.1.7	Belt Yıkama Suyu Pompası.....	59
4.5.1.8	Kontrol Paneli.....	60
4.5.1.9	Kompresör .....	61
4.5.1.10	Kek Uzaklaştırma Konveyörü .....	61
	SONUÇ.....	64
	KAYNAKLAR .....	65
	EKLER .....	67
Ek 1	BeltFiltrePres Kapasite Karşılaştırma Katalogu.....	68
Ek 2	MBP Serisi Beltfiltrepres Katalogu.....	69
Ek 3	VSP Serisi Beltfiltrepres Katalogu .....	70
Ek 4	LBP Serisi Beltfiltrepres Katalogu .....	71
Ek 5	HBP Serisi Beltfiltrepres Katalogu.....	72
	ÖZGEÇMİŞ.....	73

## SİMGE LİSTESİ

$PW$	Bant Germe Basıncı
$T$	Et Kalınlığı
$D_d$	Tambur Dış Çapı
$L$	Yatak Ekseni
$G$	Tambur Ağırlığı
$B$	Bant Genişliği
$n$	Devir Sayısı
$P$	Motor Gücü

## KISALTMA LİSTESİ

AKM	Askıda Katı Madde
BOİ	Biyolojik Oksijen İhtiyacı
CST	Kapiler Emme Zamanı
CSI	Santrifüjlenebilir Çökebilirlik İndeksi
KES	Kapiler Emme Süresi
KOİ	Kimyasal Oksijen İhtiyacı
KM	Katı Madde
SVI	Çamur Hacim İndeksi
SÇİ	Santrifüjlenebilir Çökebilirlik İndeksi
TSS	Askıda Katı Madde
VSS	Uçucu Askıda Katı Madde

## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	Klasik Aktif Çamur Havuzunun Yer Aldığı Arıtma Tesisi Akım Şeması.....	3
Şekil 3.1	Tipik bir çamur kurutma yatağının plan görünüşü ve kesiti.....	18
Şekil 3.2	Kapalı tip çamur kurutma yatakları .....	20
Şekil 3.3	Tamburlu Vakum Filtre .....	23
Şekil 3.4	Tamburlu Vakum Filtre Akış Şeması .....	24
Şekil 3.5	Plakalı pres filtreye ait bir örnek.....	25
Şekil 3.6	Bantlı (belt) pres filtre bulunan mekanik su alma sisteminin kısımları .....	27
Şekil 3.7	Bantlı (belt) pres filtrenin kısımları .....	28
Şekil 3.8	Belt pres filtre akış şeması .....	29
Şekil 3.9	Mekanik preslemeye bir örnek.....	31
Şekil 3.10	İplik tiplerine bir örnek. ....	31
Şekil 3.11	Dokuma türleri .....	32
Şekil 3.12	Gözeneklilikle ilgili bir resim .....	33
Şekil 3.13	Şantrifüj Dekantöre bir örnek .....	34
Şekil 4.1	Buchner Hunisi Deney Düzeneği.....	37
Şekil 4.2	Zaman/Hacim – Filtrat Hacmi Diyagramı .....	38
Şekil 4.3	Kapiler Emme Süresi Deney Düzeneği .....	40
Şekil 4.4	Çamur susuzlaştırma sistemi proses akış şeması.....	62
Şekil 4.5	Belt filtre pres genel görünüş.....	63

## ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1	Çeşitli arıtma kademelerinde oluşan arıtma çamurlarının tipik katı madde konsantrasyonları.....	5
Çizelge 4.1	Susuzlaştırma Sistemi Seçimi için gerekli değerler.....	35
Çizelge 4.2	Susuzlaştırma Sistemleri Karşılaştırma Tablosu .....	40
Çizelge 4.3	Polimer hazırlama ünitesi servis suyu besleme pompası teknik özellikleri.....	44
Çizelge 4.4	Polimer hazırlama ünitesi teknik özellikleri .....	46
Çizelge 4.5	Polimer dozlama pompası teknik özellikleri.....	47
Çizelge 4.6	In line mikser teknik özellikleri .....	47
Çizelge 4.7	Çamur Besleme Pompası Teknik Özellikleri.....	48
Çizelge 4.8	Kullanılan enstrüman özellikleri.....	55
Çizelge 4.9	Belt Presin Teknik Özellikleri .....	59
Çizelge 4.10	Belt yıkama suyu pompası teknik özellikleri.....	60
Çizelge 4.11	Kompresör teknik özellikleri .....	61
Çizelge 4.12	Kek uzaklaştırma konveyörü teknik özellikleri .....	61



## ÖZET

Ülkemizde arıtma tesisi sayısında giderek bir artış gözlenirken, arıtma işlemleri sonucu oluşan arıtma çamurlarının bertarafı da ayrı bir mühendislik problemi olarak gündeme gelmektedir.

Arıtma çamurları ile ilgili çözümler gelişmiş ülkelerde 1980'li yıllarda üretilirken, sektörün gelişimine bağlı olarak, ülkemizde son birkaç yılda arayışlar başlamıştır. Bu araştırma da, ham sudan çamurun arıtılmasında kullanılan makinaların karakteristiklerinin incelenmesi hakkında olacaktır.

Sorunun etkin ve ekonomik bir çözüme ulaştırılabilmesi için, diğer ülkelerin deneyimlerinden yararlanılması kadar, her tesisin ve yerleşimin kendi olanak ve koşullarının doğru bir şekilde tanımlanması da gerekmektedir.

Çamur susuzlaştırma sistemi, çamurun su içeriğinin azaltılması için kullanılan fiziksel (mekanik) bir temel işlemdir. Bu işlem sayesinde çamurun hacmi azalacağından taşıma maliyeti düşecek ve taşıma kolaylığı sağlanacaktır. Ayrıca depolama açısından da avantaj sağlamaktadır.

Bu çalışmada mevcut çamur susuzlaştırma sistemleri incelenmiş, çeşitleri hakkında genel bilgi verilmiştir. Bu bilgiler neticesinde, örnek olarak verilen seçime esas değerler göz önüne alınarak susuzlaştırma sistemlerinden biri olan belt filtre pres seçilmiş ve boyutlandırılması yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Arıtma çamurları, bertaraf, susuzlaştırma, maliyet.

## **ABSTRACT**

While there is an increase in the number of water treatment facilities in our country, getting rid of sludge resulted from the water treatment process is on the agenda as another engineering problem.

Thanks to the sectoral progress, research studies have begun recently in our country while solutions related to sludge were being produced in 80's in developed countries. This study will be about examining the characteristics of the machines used to separate sludge from raw water.

To solve the problem with an effective and economic way, it is necessary not only to benefit from other countries' experiences but also to define own conditions and provisions of every facility and settlement.

Sludge dewatering system is a fundamental physical (mechanical) process to decrease the water content in sludge. By means of this operation, volume of sludge will be lowered, so the the cost of transportation, and an easiness of transportation will be provided. There will be an advantage in terms of storage as well.

In this research, current sludge dewatering systems are examined; information is given about the types of systems. In the light of these technical information, according to the given parameters, belt filter press which is one of the dewatering systems is selected and designed accordingly.

**Keywords:** Water treatment, get rid of, dewatering, cost.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde sanayileşme ve teknolojik gelişmelerin hızlı değişimi bir yandan yaşam kalitesinin artmasında büyük rol oynarken diğer taraftan kirlilik sonucu yaşam kaynaklarımızın kirletilmesine neden olmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir kalkınma kavramı büyük önem kazanmıştır.

Son yıllarda sürdürülebilir kalkınma anlayışı ve çevre koruma bilincinin artışıyla birlikte, işletmelerin çevreye bakış açılarında önemli bir değişim yaşanmaktadır. Bu çerçevede, kaynakların verimli kullanımı, atıkların minimize edilmesi, geri dönüştürülmesi, çevre dostu tasarım ve paketleme gibi unsurlar ön plana çıkmaktadır.

Kentleşmenin hızla ilerlediği şu dönemde su arıtma sistemlerinde de maliyetlerin düşürülmesi ve verimliliğin ön plana çıkması kaçınılmaz olmaktadır. Bu nedenle tesisler, kendilerini çağın ihtiyaçlarına ayak uyduracak şekilde geliştirmektedirler.

Dünyada ilk kez 1870 yılında ABD’de başlayan atıksu arıtımı süreç içerisinde tüm dünyada yaygınlaşarak, yüzeysel ve yer altı su kaynaklarının korunmasında önemli bir rol oynamıştır. Ülkelerin kentleşme, sanayileşme ve ekonomik gelişimi atıksu oluşumunu doğrudan etkilerden, atıksu arıtımının da ekonomik gelişime bağlı olarak yaygınlaştığı görülmektedir.

Arıtma işlemleri sonucunda %95 mertebesine ulaşan arıtma oranları sağlanırken, uygulanan prosese ve kirlilik konsantrasyonuna bağlı olarak belirli bir miktar arıtma çamuru oluşmaktadır. Literatürde arıtma işlemleri sonucu 26-90g KM kişi gün gibi farklı miktarlarda arıtma çamuru oluşumu ifade edilmektedir.

Arıtma çamurlarının kullanımı ve bertarafında değişik yöntemlerin kullanıldığı görülmektedir. ABD’de arıtma çamurlarının %33’ünün arazide kullanıldığı, arazide kullanılan bu çamurların %67’sinin tarım alanlarında, %3’ünün orman alanlarında, %9’unun arazi rehabilitasyonunda, %9’unu yeşil alanlarda ve %12’sinin torbalanarak satılma yolu ile bertaraf edildiği belirtilmektedir. AB ülkelerinde arıtma çamurlarının tarımda kullanım oranı %36 düzeyindedir.

Ülkemizde ise 1980’li yılların ikinci yarısından itibaren İller Bankası tarafından yapımı gerçekleştirilen ve büyük bölümü 10.000 – 50.000 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli olan arıtma tesislerinde arıtma çamurları genellikle çamur kurutma yataklarında %80-90 oranında kuru madde içerecek şekilde kurutulduktan sonra yöre çiftçileri tarafından gübre olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

Gelişmiş ülkelerde arıtma çamurları ile ilgili yönetmelik ve uygulamalar 20 yıldan daha uzun bir süre önce başlamıştır. Ülkemizde evsel ve endüstriyel atıksuların biyolojik ve kimyasal yöntemlerle arıtımı henüz %10'lar düzeyinde olmakla birlikte yıllık arıtma çamuru oluşumu 2.38 milyon ton düzeyine ulaşmış bulunmaktadır. Önümüzdeki on yılda gerek uluslararası gelişme ve zorlamalar gerekse çevre bilincindeki artışa bağlı olarak arıtılan su oranının %50 düzeyine yükseleceği ve bunun sonucunda yıllık toplam arıtma çamuru miktarının 12 milyon ton civarında olacağı beklenmektedir. (İşgenç, 2005)

Arıtma çamurlarının önemli bir kısmının su olması nedeni ile kapladıkları hacim oldukça fazladır. Özellikle biyolojik arıtma işleminden oluşan arıtma çamurlarının organik madde içeriği çok yüksek olduğu için bu tip çamurlar bozunma ve kokuşma eğilimindedir. Bu özelliklerinden dolayı arıtma çamurlarının işlenmesi ve bertaraf edilmesi konusu oldukça problemlili bir konudur.

Bu tez iki ana bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde mevcut çamur susuzlaştırma sistemlerinden genel olarak bahsedilmekte; ikinci bölümde ise bir arıtma tesisinde oluşan ortam şartlarına göre hangi tip çamur susuzlaştırma sisteminin tesise kurulumu için daha uygun olduğu araştırılmaktadır. Mevcut sistemlerin avantajları dezavantajları birbirlerine göre kıyaslanıp bu sistemlerden biri olan belt filtre presin teknik açıdan detaylı incelemesi yapılmakta ve tesisin ortam şartlarını karşılayan bir belt filtre pres tasarımı yapılmaktadır.

## 2. ARITMA ÇAMURLARININ GENEL ÖZELLİKLERİ

Arıtma çamurları su ve atıksu tesislerinin işletilmesi sırasında veya sonrasında oluşan bir yan üründür. Çamur bertaraf etme işlemleri arıtma tesisinin toplam yatırım masrafının %20-30'unu, işletim masrafının ise %50'sini oluşturmaktadır. Arıtılan suyun niteliğine ve uygulanan arıtma işlemlerine bağlı olarak arıtma çamurlarının özellikleri değişmektedir. Genel olarak arıtma çamurları, sıvı ya da yarı katı halde, kokulu, %0,25 ile % 12 arasında katı madde içeren atıklardır.

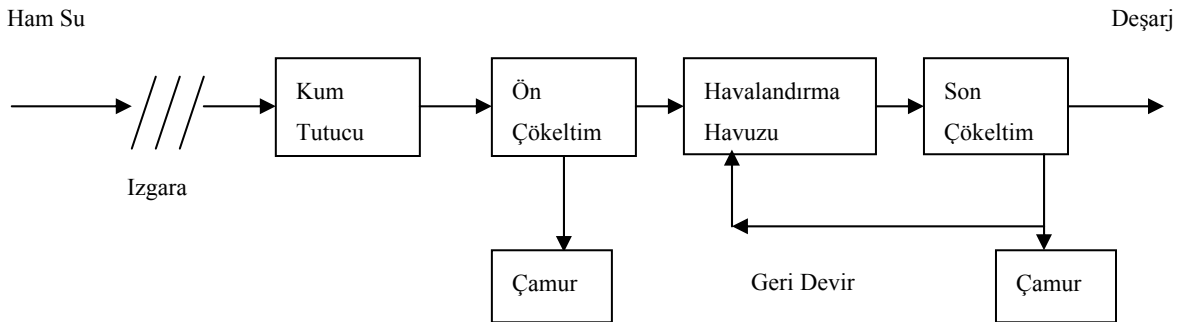
Çamurlar fiziksel yapılarına göre, mikrobiyolojik karakteri, besin maddesi (nutrient), su verme özelliği ve metal içeriğine göre değerlendirilmelidir. Evsel nitelikli atıksuların arıtıldığı arıtma tesisinde oluşan arıtma çamurlarının özellikleri birbirine benzemekle birlikte, endüstriyel kaynaklı arıtma çamurlarının özellikleri endüstriden endüstriye büyük farklılıklar göstermektedir. Her endüstri için oluşacak çamur karakterizasyonu ayrı ayrı yapılmalıdır.

### 2.1. Çamur Kaynakları

Arıtılacak suyun özelliklerine bağlı olarak arıtma tesislerinde çeşitli arıtma kademeleri yer almaktadır. Fiziksel arıtma, kimyasal arıtma, biyolojik arıtma, ileri arıtma, vb. her kademede oluşan çamurun özelliği birbirinden farklıdır.

Ön çökeltim havuzunda çökelen çamur, kendiliğinden çökebilecek katı maddeleri içermektedir. Ortalama olarak %1-2 katı madde içeren oldukça sulu ve kokulu çamurlardır.

Biyolojik arıtma çamurlarının özellikleri kullanılan biyolojik arıtma işlemine göre değişiklik göstermektedir. Çözünabilir nitelikteki organik maddelerin oksidasyonu amacıyla en yaygın kullanılan biyolojik arıtma işlemi aktif çamur havuzudur. Aktif çamur sistemi esas olarak havalandırma havuzu ve çökeltim havuzundan oluşmaktadır.



Şekil 2.1 Klasik aktif çamur havuzunun yer aldığı arıtma tesisi akım şeması

## 2.2 Çamur Karakterizasyonu

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

Bu metotlardan bazıları ulusal standart metotlar olarak, bazıları ise uluslararası standart metotlar olarak kabul edilmiştir. Ancak uygulanan metotlar arasında önemli farklılıklar vardır.

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

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

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

Biyolojik parametreler atık su çamuru içindeki mikrobik faaliyetleri ve organik madde / patojenlerin varlığı ve böylelikle çamurun emniyetli bir şekilde kullanılıp kullanılmayacağını belirler. (DHV Consultants BV 2005; R&R Bilimsel ve Teknik Hizmetler)

Çamur parametreleri çamur işleme ve bertaraf etme ünitelerinin tasarımı ve denetimi için kullanılmaktadır. Bu parametreler, çamurun organik madde içeriği, çökebilme özelliği, su verme özelliği ve ısı değeri hakkında bilgi vermektedir. Aşağıda çamur karakterizasyonunda kullanılan ana parametreler kısaca özetlenmektedir.

### 2.2.1 Özgül Ağırlık

Birim hacimdeki çamur ağırlığının aynı hacimdeki suyun ağırlığına oranı şeklinde tanımlanan özgül ağırlık, birçok çamur numunesi için yaklaşık olarak 1.0'dır. Başka bir ifade ile çamurun ağırlığı hemen hemen suyunkine yakındır. 1 L çamur 1010 g geliyorsa özgül ağırlığı;

$$Sç = 1010/1000 = 1.01 \quad (2.1)$$

olarak ifade edilir. (Filibeli 1996)

### 2.2.2 Çamur Katı Madde İçeriği

Çamurun katı madde içeriği “mg/L” veya “%Katı Madde (%KM)” olarak ifade edilmektedir. Çamurdaki toplam katı madde mg/L olarak, Standart Metotlarda verilen prosedüre göre belirlenir ve belli hacimdeki numunenin 103°C’ de etüvde buharlaştırılması neticesinde meydana gelen ağırlık kaybına göre hesaplanır. (APHA, AWWA, WEF; 1992).

Konsantre atıklar için mg/L olarak bulunan değer %KM’ye çevrilemez. Bunu için darası alınmış buharlaştırma kapları içine belli miktarda numune alınır, yaş çamurla birlikte kabı tartılır ve etüvde buharlaştırıldıktan sonra tekrar tartım yapılır. Aradaki fark giderilen nem miktarıdır ve katı madde %KM olarak hesaplanır. Ağırlık/ağırlık olarak ifade edilir (Filibeli 1996). Katı madde su muhtevası arasındaki ilişki aşağıdaki gibidir.

$$\% \text{Katı Madde} = 100 - \% \text{Su Muhtevası} \quad (2.2)$$

Çamurun katı madde içeriği olduğu arıtma kademesine göre değişim göstermektedir. Örneğin; ön çökeltim havuzunda oluşan çamur genellikle %3-5, aktif çamur havuzunu takiben yer alan son çökeltim havuzunda oluşan çamur %0.5-2, graviteli yoğunlaştırıcı çıkışı yoğun çamur %5-10 katı madde içermektedir. Çizelge 2.1’de çeşitli arıtma kademelerinde oluşan arıtma çamurlarının tipik katı madde konsantrasyonları verilmektedir. (Metcalf&Eddy;1991)

Çizelge 2.1. Çeşitli arıtma kademelerinde oluşan arıtma çamurlarının tipik katı madde konsantrasyonları.

Çamur Tipi	Katı Madde Konsantrasyonu % KM	
	Aralık	Tipik
Ön Çökeltim Çamuru	4.0-10.0	5.0
Aktif Çamur	0.8-2.5	1.3
Damlatmalı Filtre Hamusu	1.0-.3.0	1.5
Ön Çökeltim Çamuru+ Aktif Çamur	0.5-1.5	0.8
Anaerobik Çürütülmüş Çamur	5.0-10.0	8.0

### 2.2.3 Toplam Askıda Katı Madde

Çamurdaki toplam katı maddeler askıda ve çözülmüş katı maddelerin toplamına eşittir. Askıda katı madde (TSS), numunenin filtrelenmesi ve üzerinde askıda katı maddelerin kaldığı filtre kağıdının 103°C’ de etüvde kurutulması esasına bağlı olarak bulunur. Deney sırasında düşük sıcaklık uygulandığı için yanma reaksiyonu gerçekleşmez, sadece su buharlaşır. Çözülmüş katı madde ise, askıda katı madde deneyinde numunenin filtrelenmesi sonucu filtrenin altına geçen kısımda katı madde analizi yapılması suretiyle hesaplanır.

### 2.2.4 Uçucu Askıda Katı Madde

Uçucu askıda katı madde (VSS), askıda katı madde deneyi etüvden çıkıp tartılan filtre kağıdının daha sonra 600 °C’de fırına konması ve yakılması esasına göre belirlenir. Fırın sonrası ağırlıkta etüv sonrası ağırlık arası fark uçucu askıda katı madde değerini vermektedir. Uçucu askıda katı madde değeri, suyun ve çamurun içerdiği katı maddenin organik kısmını ifade ettiği için önemli bir parametredir.

### 2.2.5 Çamur Hacim İndeksi

Çamur hacim indeksi (SVI), çamurun çökelebilmeye özelliğinin belirlenmesinde kullanılan ve belirlenmesi basit bir parametredir. SVI, bir gram katı maddenin 30 dakika çökme sonucunda işgal ettiği hacimdir ve ml/g olarak ifade edilmektedir. SVI 100’den büyük ise çökmesi zor olan bir çamur olarak değerlendirilmektedir.

### 2.2.6 Çamurdaki Suyun Dağılımı

Çamurdaki suyun hangi formda olduğuna bağlı olarak su verme işlemlerinden hangisinin daha etkili olacağı değişmektedir. Çamurdaki suyu dört grup halinde incelemek mümkündür. Filibeli; (1996)

- **Serbest Su:** Çamur partiküllerine bağlı olmayan ve graviteli çökme ile kolaylıkla ayrılabilen sudur.
- **Flok Suyu:** Çamur flokları içinde hapsedilmiş su olup, yumakla birlikte hareket eder. Mekanik su alma işlemleri ile giderilebilir.
- **Kapiler Su:** Partiküllerin üzerinde bağlı halde bulunur ve bu partiküllerin sıkıştırılarak deformasyonları sonucu uzaklaştırılabilir.
- **Kimyasal Bağlı Su:** Partiküller içinde kimyasal olarak bağlanmış sudur.



### 2.2.7 Çamurun Akışkanlık Özelliği

Çamurdaki akışkanlık özelliği “reoloji bilimi” ile tanımlanmaktadır. Reoloji; sıvı, pasta ve katı formdaki materyallerin elastik ve viskoz özelliklerini ortaya koyan, materyal akışkanlığını ve deformasyonunu inceleyen bir bilimdir. Akışkanlık özelliğinin belirlenmesinde en yaygın parametre viskozitedir. Viskozite, akışkanın kayma gerilmesine karşı gösterdiği dirençtir. Bir akışkanın reolojisi, akışkanın viskoz karakteristikleri olarak bilinir ve viskozite, kayma hızı ve kayma gerilmeleri arasındaki ilişkileri incelemektedir. Genel olarak, gerilmelerin etkisi altındaki bir kütlenin deformasyonunu tanımlamaktadır.

Eğer bir akışkanın kayma hızı ile kayma gerilmesi arasında doğru orantı varsa bu akışkan ‘Newtonian’ akışkan olarak adlandırılır. Bu tip akışkanların viskozitesi yaklaşık olarak sabit kalmaktadır. Katı madde içeriği çok düşük, fazla su muhtevasına sahip arıtma çamurları, Newtonian akışkan gibi davranır. Ancak arıtma çamurlarının çoğu bu özelliği sağlamamakta ve genellikle ‘Pseudoplastik’ olarak davranış göstermektedir. Pseudoplastik akışkanlarda kayma gerilmesi uygulanır uygulanmaz, akışkanda incelmeye meydana gelir ve viskozitesinde azalma gözlenir; diğer bir ifadeyle, kayma hızı artar. Çamurların akışkanlık özelliği ‘Thixotropic’ akışkan olarak da tanımlanabilir. Bu tip akışkanlarda kayma gerilmesi sürdükçe çamurun viskozitesinin azalmasıdır. Filibeli, (1996). Bunun nedeni flok yapısının bozulmasıdır. Gerilme kalktığında, flok yapı yeniden oluşur ve viskozite artar. Özellikle inorganik katı madde içeren çamurlar thixotropic özellik gösterirler.

Çamurun reolojik özellikleri, katı madde konsantrasyonu, katı madde partikül boyutu dağılımı ve sıvı yoğunluğu gibi pek çok faktöre bağlı olarak belirlenmektedir. Arıtma çamurlarının reolojik özellikleri, çamura uygulanan tüm çamur işleme süreçlerinin tasarımı, uygun ünite seçimi ve işletilmesi, çamur iletim hatları ve pompaj sistemlerinde, çamurun yoğunlaştırılması, şartlandırılması, aerobik ve anaerobik olarak çürütülmesi, taşınması, deponilerde depolanması veya tarımsal amaçlı kullanımında hem tasarım hem de kontrol parametreleri yaygın olarak kullanılabilir. Arıtma çamurlarının depolanması, taşınması ve bertaraf edilmesi için viskozite, plastisite gibi mekanik özelliklerin kontrolü gerekmektedir. Böylece çamurun sıvı-plastik ve katı-plastik davranışı hakkında fikir edinilir. Ancak çamurun mekanik özelliklerinin belirlenmesi oldukça güçtür ve şu anda bir standardizasyon mevcut değildir. Bu amaçla geliştirilmiş çeşitli cihazlar mevcuttur.

## **2.3 Parametrelerin Karakterizasyonu**

Aritma çamurunun karakteristik özellikleri tamamen uygulanan işleme ve bertaraf tekniklerine bağlıdır. işleme ve bertaraf tekniklerine bağlı olarak ortaya çıkan en önemli parametreler aşağıda açıklanmıştır.

### **2.3.1 Zirai Kullanım**

#### **2.3.1.1 Kuru Madde**

Kuru madde, arıtma çamurunun taşınması, zirai olarak kullanılması ve bu gaye için kullanılırken uygulanan yayma işlemleri sırasında önemli bir role sahiptir. Zirai kullanım sırasında uygulanan metotlar ve sistemler çamurun reolojik (akışkanlık) özelliklerine bağlıdır.

#### **2.3.1.2 Uçucu Katı Maddeler (Organik Madde)**

Uçucu katı maddeleri stabilize ederek azaltmak özellikle koku problemlerinin oluşmasını engellemek için önemlidir. Organik maddenin toprak üzerinde olumlu etkisi vardır. Ancak, arıtma çamurunun zirai amaçlarla kullanılabilirliği organik madde yapısındaki değişikliklerden önemli derecede etkilenmez.

#### **2.3.1.3 Besinler, Ağır Metaller, Organik Mikro-Kirleticiler, Patojenler, pH**

Aritma çamurunun zirai amaçlı olarak kullanılabilirlik miktarları, atık çamur ile uygulama yapılacak toprağın kendi yapısında bulunan besin, ağır metal ve organik mikro kirletici oranlarına göre değişiklik gösterir ve oluşabilecek olası riskler patojenlerin mevcudiyetine bağlıdır. Yukarıda anlatılan bütün faktörler pH tarafından etkilenir.

### **2.3.2 Kompostlaştırma**

#### **2.3.2.1 Sıcaklık, Kuru Madde Miktarı ve Uçucu Katı Maddeler**

Aritma çamurunun kompostlaştırılması söz konusu ise, bu sürece ait performans doğrudan sıcaklığa, kuru madde miktarına ve uçucu katı madde miktarına bağlıdır. Bu durum, kompostlaştırma sırasında meydana gelen hem biyolojik değişim hem de hijyenizasyon (patojenlerin azaltılması) aşamaları için geçerlidir. Kompostlaştırmanın gerçekleşmesi için genel olarak % 40-60 oranında katı atık konsantrasyonuna ve ortalama 60 °C' lik bir sıcaklığa ihtiyaç vardır.

### **2.3.2.2 Besin Değeri (Nutrients)**

Kompostlaştırma s¼recinin uygun olarak gelişmesi ve iyi bir son ürünün elde edilmesi için C/N oranının önemi büyüktür. Bu oran (C/N) için 25-30 arası değerler hedeflenmeli ve süreç boyunca mümkün olduğunca sabit tutulmalıdır.

### **2.3.2.3 Ağır Metaller ve Organik Mikro-Kirleticiler**

Atık çamur içindeki ağır metaller ve organik mikro-kirleticiler kompostlaştırma prosesi için toksik özellik taşıdıkları gibi elde edilen kompostun da uygulama alanını sınırlarlar.

### **2.3.3 Yakma**

Bu uygulamada arıtma çamurları tek başlarına ya da diğer atıklarla birlikte yakılmalıdır. Arıtma çamurlarının doğrudan zirai amaçlı olarak kullanılmasıyla da düzenli depolama sahasına gönderilerek bertaraf edilmesi giderek artan yasal kontrollere tabi olmaktadır. Bu nedenle yakma sistemlerindeki yatırım maliyetlerinin yüksek olmasına, yakma kriterlerinin sıklığına, emisyon gazlarının işlenmesi ile ilgili maliyetlerin artmasına ve uçucu küllerle yanma ürünü olarak ortaya çıkan küllerin bertaraf işlemlerinin zorlaşmasına rağmen, arıtma çamurlarının yakılarak bertaraf yönteminin giderek daha fazla kullanılacağı beklenmektedir. Evsel katı atıkların ve atık çamurların belirli oranlarda karıştırılması ile yakma tesislerinin işletilmesi optimize edilebilir. Yakma sonucunda hacimsel azalma meydana gelmektedir. Küllerin tekrar kullanım imkanları ile düzenli depolamaya gönderilecek yanmış madde miktarlarının da az olması önemli hususlar arasındadır.

#### **2.3.3.1 Sıcaklık, Kuru Madde, Uçucu Katı Maddeler, Kalorifik Değer**

Yakma işleminin ekonomisi dış kaynaklı yakıt ihtiyacına önemli ölçüde bağlıdır. Bu nedenle yukarıda sıralanan parametreler yanmanın kendiliğinden devam edip etmeyeceği konusunda önemli rol oynamaktadır.

#### **2.3.3.2 Ağır Metaller, Organik Mikro-Kirleticiler**

Yakma tesislerinde ortaya çıkan emisyonların toksik özellikleri (gaz, sıvı, katı) kaynak olarak kullanılan yakıtta bulunan ağır metal ve organik mikro-kirleticilerin varlığına ve / veya işletme hatalarına bağlıdır.

### 2.3.4 Katı – Sıvı Ayırma

Katı-Sıvı ayırma işlemleri koyulaştırma ve kurutma işlemlerini kapsar. Koyulaştırma, filtrasyon ve gravitasyon / santrifüj gibi prosesler yardımı ile arıtma çamurunun sahip olduğu katı atık konsantrasyonunun (normal olarak 2 - kere) arttırılması olarak tanımlanır. Maddenin koyulaşma kabiliyeti arıtma çamurunun ölçülü bir kap içine (graduated cylinder) konularak bunun içindeki katı atıkların çökmesini ile is tayin edilir. Bu tayin yöntemi çeşitli hatalara (duvar etkisi, köprü oluşumu, sıvı yüksekliği gibi parametrelere bağlı olarak) açıktır. Ancak bunlar uygun kolon çapı (100 m) ve yüksekliği (500-1000 mm) kullanılarak ve içine de yavaş olarak dönen bir karıştırıcı konularak önlenebilir. Diğer bir teknik ise düşük hızda çalıştırılan (stroboskopik) bir santrifüjün kullanılmasıdır. Bu tayin yöntemi (test), çabuk olarak gerçekleştirilebilir ve az miktarda arıtma çamuruna gereksinim duyar.

Kurutma, atık çamur içindeki katı atık madde miktarını daha da fazla arttırmak işlemidir. Bu da, genellikle bir şartlandırmadan sonra yapılan, filtrasyon veya santrifüjleme ile gerçekleştirilebilir. Kurutma işlemi genel parametrelerle ve spesifik testlerle tayin edilebilir. Spesifik testler, spesifik teknikler olarak da düşünülebilir.

Kurutmayı tayin eden klasik parametre, filtrasyona karşı gösterilen Spesifik Dirençtir. Bu da, birim kuru katı ağırlığa sahip olan filtre yüzeyine birikmiş kek tabakasının filtrasyona karşı gösterdiği direnç anlamına gelmektedir. Arıtma çamurunun filtre edilebilme derecesi sıvı maddenin katı maddeden ayrıştırılmasına karşı direnci ile belirlenir. Ortalama spesifik direnç katsayıları arıtma çamurunun belirli basınç ve ısı şartları altında filtreden geçme süresi ile belirlenir.  $10^{-12}$  m/kg veya daha düşük değerler iyi bir endüstriyel filtrasyonu gösterir (işlenmemiş/ham atık çamurlar genellikle  $10^{-14}$  m/ kg değerini aşarlar).Spesifik direnç, arıtma çamurunun bazı kimyasallar (organik /inorganik) kullanılarak şartlandırılması ile azaltılabilir. Direncin değişik basınçlarda ölçülmesi ile, Sıkıştırılma katsayısı elde edilir. Bu da en uygun çalışma basınç seviyesinin ne kadar olması gerektiği hakkında bilgi verir.

Kapiler Emme Zamanı (Capillary Suction Time – CST = sıvıların filtre üzerine yerleştirilen kekten belirli bir mesafeyi geçme süresi ) filtrasyon kabiliyetini tayin etmek için kullanılan basit, çabuk ve yararlı bir yöntemdir. Ancak bu yöntem (CST) karşılaştırmalı tayinler için iyidir. Ayrıca çok problu CST cihazları kullanılarak doğrudan, ancak daha az hassas olmak kaydı ile, spesifik direnç tayinleri de yapılabilir.

Vakum filtreleri ile pres filtrelerin performanslarının tayinleri için spesifik testler mevcuttur. Filtre-yaprak testi vakum filtrelerdeki filtreleme döngüsünü tekrarlayarak bu tür filtrelerin

performanslarını tayin ederken, vakum altında veya basınçla drenaj ve flitasyon işlemi yapan testler de pres filtrelerin performans tayinlerini yapabilmektedir.

Santrifüjlenebilme kabiliyeti, arıtma çamurun santrifüj kuvvet altında kurutulması olarak tanımlanmaktadır. Bu işlemde sonra çamur, kolaylıkla bir Arşimet vidası vasıtası ile taşınabilir kıvamda olmak zorundadır. Uygulamada kullanılan bir makinenin içinde bulunduğu tüm gerçek çalışma koşullarını laboratuvar ölçüğünde gerçekleştirmek mümkün değildir. Bu nedenle arıtma çamurunun santrifüjlenebilme parametreleri (çökebilme, dönebilme, floklaşma kuvveti) ayrıca ölçülmelidir. Vesilind tarafından teklif edilen bir yöntem ile çamurun çökebilme ve dönebilme özellikleri tayin edilebilmektedir. Vesilind ve Zhang arıtma çamurunun, çamur içindeki nihai katı madde konsantrasyonunu uygulanan santrifüj süresi ve gravite adedi ile ilişkilendirerek, tanımlanabileceğini ortaya koymuşlardır. Diğer bir yöntem, santrifüjlemeye karşı gösterilen spesifik Direnç indeksinin hesaplanmasını öngörmektedir. Bu yöntemde, farklı sürelerde standart olarak karıştırmanın yapıldığı çamurların CST ölçümleri yapılmakta ve çamurun floklaşma kuvveti ortaya konulmaktadır. (DHV Consultants BV 2005)

### 3. ÇAMUR İŞLEME VE BERTARAF ETME İŞLEMLERİ

Arıtma tesislerinde çamur işleme ve bertaraf etme sistemleri aşağıdaki ana amaçlarla kurulmaktadır.

- Organik maddenin stabilizasyonu ve koku kontrolü
- Hacim ve ağırlık azaltımı
- Patojen mikroorganizmaların yok edilmesi
- Daha sonraki faydalı kullanımlar için çamurun özelliklerinin iyileştirilmesi

Bu amaçlara ulaşmak için kullanılan yöntemler; stabilizasyon, şartlandırma, yoğunlaştırma, susuzlaştırma, ve nihai uzaklaştırma işlemleri olarak ana başlıklara ayrılabilir.

#### 3.1 Stabilizasyon:

Stabilizasyon, maddelerin zaman içinde stabil kalma özelliğidir. Bu özellik, fiziksel olmayıp temelde maddenin biyolojik ve kimyasal yapısına bağlıdır. Stabilizasyonu sağlamak için çok sayıda parametre potansiyel olarak mevcuttur. Stabilizasyon kavramı genel olarak koku ile ilişkilidir. Çünkü koku, analitik olarak ölçülmesi zor bileşenlerden ortaya çıkar ve bu nedenle de stabilizasyon kavramı ile bir dereceye kadar ilişkilidir.

Çamurun stabilizasyonu özellikle hacim azaltılması ve yan ürün olarak gaz üretiminde etkilidir. Özellikle istenmeyen koşulların önlenmesi için çamurun kokuşmasının engellenmesi gerekmektedir. Bu da parçalanabilen organik maddelerin biyolojik, fiziksel ve kimyasal gibi yöntemlerle giderilmesi ile sağlanır. Stabilizasyon metodunun seçimi çamur susuzlaştırma ve arıtma ve nihai bertaraf metodlarının üzerindeki metodların kombinasyonuna bağlıdır. Aerobik ve anaerobik çürütme gibi stabilizasyon metodları ayrıca çamur kütlesini azaltmakta ve susuzlaştırma proseslerini önemli ölçüde değiştirebilir dolayısıyla bu değişiklikler stabilizasyon prosesinin seçimi ve dizaynında dikkate alınmalıdır.

Kokunun kantitatif olarak ölçülmesi ancak seçilmiş bir grup insandan oluşan bir paneldeki her kişiye (kokunun tanımlanamayacak noktaya gelinceye kadar) giderek seyreltilmiş miktarda kokulu gazların koklatılması ile gerçekleştirilmektedir. Ancak bu ölçümler, karmaşık, pahalı ve sahada yapılması mümkün olmayan ölçümlerdir.

Uçucu (katı) maddelerin /toplam katı maddeler oranı ve/veya yok edilen uçucu katı atık madde yüzdesi stabilite endeksi olarak kullanılabilir. 0.6 oranından düşük oranlar ve %40'tan daha yüksek yüzdeler genel olarak stabilizasyona ulaşıldığının göstergesidir.

Stabilite ölçümü, uçucu askıda katı madde miktarı, KOİ, BOİ ve organik karbon, ATP ve enzimatik faaliyet gibi, organik substrat konsantrasyonunu tayin eden ölçümlerin yapılmasını da içerebilir.

### **3.2 Şartlandırma:**

Şartlandırma, çamurun suyunun alınmasını kolaylaştırmak için geliştirilmiş bir prosestir. Kimyasal şartlandırma ve ısı arıtımı en yaygın yöntemlerdir. Elütrasyon da kimyasal şartlandırıcı ihtiyacının azaltılması için kullanılan bir yıkama prosesidir. Kimyasal şartlandırmada kullanılan kimyasal maddelerin uygun dozajı laboratuvar testleriyle belirlenmelidir.

### **3.3 Yoğunlaştırma:**

Sistemde oluşan çamuru daha konsantre hale getirmek, dolayısıyla daha küçük hacimdeki çamurla uğraşmak ve daha ekonomik çürütücü tankı elde etmek için çamur yoğunlaştırma sistemleri kullanılır. Yoğunlaştırma sonucunda katı madde konsantrasyonu 25 kat artabilir. Yoğunlaştırma işlemi çöktürme ve yüzdürme gibi metotlarla yapılabilmektedir. Yoğunlaşan çamurun hacmi bu sayede azalır ve susuzlaştırma maliyeti azaltılabilir. Çamur yoğunlaştırma prosesinin projelendirmesinde çamurun tipi, yoğunlaştırılacak çamurun konsantrasyonu, stabilitesi, kimyasal arıtma ihtiyacı, konsantre çamurun pompalanması, ilk yatırım ve işletme maliyeti, kesikli veya sürekli bir sistem olup olmadığı dikkate alınmalıdır. Yoğunlaştırma da özellikle ağırlıklı çökeltme iyi sonuçlar vermektedir. Çökeltimin hızlandırılması için kimyasal koagulantlar ilave edilebilir.

### **3.4 Susuzlaştırma:**

Arıtma tesisinden çıkan çamurun kolayca uzaklaştırılabilmesi için sıvı halinden çıkıp katı hale dönmesi gerekmektedir. Bu nedenle çamuru, içerdiği su miktarının azaltılması için değişik işlemlere tabi tutmanız gerekir. Arıtma çamurları genellikle yoğunlaştırma işlemi sonrasında susuzlaştırma işlemine tabi tutulurlar. Susuzlaştırıcı olarak seçilecek olan ünitenin verimli olmasına dikkat edilmelidir. Filtre presler kesikli çalışmasına rağmen arıtma çamurlarının suyunun giderilmesinde en yaygın kullanılan yöntemdir. Bu sistemle diğer yöntemlere göre daha fazla katı madde oranına sahip olmanız mümkündür. Filtre pres otomatik mikroprosesör

sistemli olduğu için eleman ihtiyacına gerek yoktur. Arıtma çamurlarının polielektrolitlerle şartlandırılması sonucu büyük yumakların elde edilebilmesi sürekli tarzda basınçlı filtrasyon için belt filtre preslerin geliştirilmesine yol açmıştır.

Belt preslerin filtre preslerin hemen ardından gelen bir kullanım yaygınlığına ulaşmalarının başlıca nedenleri şunlardır;

- Kullanım kolaylığı ve filtrasyonun gözle takibi imkanı
- Yatırım giderlerinin filtre preslerden düşük olması
- Prosesin ve filtrasyon kayışlarının yıkanmasının sürekli oluşu
- Mekanik tasarımın basitliği
- Kuru madde içeriği filtre pres keki kadar yüksek olmamakla birlikte katı olarak taşınabilir
- çamur keki elde edilmesi.

Santrifüjler ile çamur susuzlaştırmanın avantajlarından bazıları şunlardır;

- Sürekli çalışma
- Kokuyu minimize edecek şekilde kapalı çalışma
- Çamurun homojen olması koşuluyla işletme işgücü ihtiyacının azlığı

Buna karşılık bu sistemin Bazı dezavantajları da mevcuttur;

- Gürültü
- Enerji sarfiyatının yüksek oluşu
- Personel ihtiyacı
- Hızlı aşınma

Mekanik su giderme tekniklerinin en eskisi olan vakum filtrasyonu bugün çok sınırlı bir uygulamaya sahiptir. Vakum filtrasyonunun çok sınırlı bir uygulamaya sahip olmasının nedenlerinin başında vakum yaratmak için enerji kullanımının azlığı ve şartlandırma için kimyasal madde ihtiyacının yüksek oluşudur.

Kurutma yatakları, yüksek işçilik giderleri, geniş arazi kullanımı ve performansın hava şartlarına bağlı olması nedeniyle pek fazla kullanılmamaktadır.

### **3.5 Düzenli Depolama:**

Düzenli depolama alanları ile ilgili tercihler yapılırken en iyi yerleşim koşullarında ve en iyi işletme koşullarında bile toprak kirliliği olması muhtemeldir. Eğer çamur tehlikeli madde özelliği gösteriyorsa muhtemel yeraltı suyu ve toprak kirliliği nedeniyle bu yöntem



seçilmemelidir. Evsel ve evsel nitelikli endüstriyel çamurlar da su muhtevası %65 ve altında tutulmalıdır.

Günümüzde, atık suların çevreye zararsız hale getirilmesi için arıtma ve alıcı ortama deşarjin son çare olarak düşünülmesi yaklaşımı ön plandadır. Öncelikle, atık suyun en az miktarda üretilmesi ve atık suyun ve/veya arıtılmış suyun faydalı amaçlar için yeniden kullanılması olanakları araştırılmalıdır. Aynı şekilde çamur işleme ve bertaraf etme sistemlerinin tasarımında da en az çamur oluşumu ve ham ve/veya işlemden geçmiş çamurun faydalı amaçlar için kullanımı esastır. Bu konudaki araştırmalar devam etmektedir.

### 3.6 Çamur Su Alma İşlemleri

Su alma işlemi, çamurun su içeriğinin azaltılması için kullanılan fiziksel (mekanik) bir temel işlemdir. Aşağıda sayılan nedenlerin bir veya birkaçının yerine getirilmesi amacıyla gerçekleştirilir:

- Su alma ile çamur hacmi azaltıldığından, çamurun nihai bertaraf sahasına taşınması maliyeti önemli ölçüde azalacaktır.
- Suyu alınmış çamur, yoğun veya sulu çamura göre daha kolay işlenir. Birçok durumda suyu alınmış çamur traktörlere taşınabilir, bantlı konveyörlerle iletilebilir.
- Yakma işleminden önce çamurun su içeriğini azaltmak suretiyle enerji muhtevasını artırmak mümkün olacaktır.
- Kompostlama öncesi gözenek verecek malzeme gereksinimini azaltmak için çamurun suyunun alınması gerekir.
- Bazı durumlarda çamurun kokusunun önlenmesi için aşırı nemin giderilmesi gerekir.
- Mono deponilerde, depolama sahasında sızıntı suyu oluşumunu azaltmak için depolama öncesi çamurun suyunu almak gereklidir.

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 fiziksel yöntemler uygulanır. Bu fiziksel işlemler; filtrasyon, donma, kapiler emme, vakum uygulama, santrifüjle ayırma ve sıkıştırma dır.

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 imkanı olan bölgelerde, mekanik su alma üniteleri tercih edilmektedir. Bazı çamurlar, özellikle anaerobik olarak çürümüş çamurlar mekanik olarak suyunun alınması güç

olan çamurlardır. Bu tip çamur kurutma yataklarında susuzlaştırılabilir. Çamurun mekanik olarak suyu alınacağı zaman, çamur numuneleri ile pilot çalışmalar yapılmaksızın optimum su alma düzeneğinin seçimi imkansızdır. Filibeli , (2005)

Çamur suyunu almak için kullanılan yöntemleri;

a) Doğal su alma yöntemleri

- Çamur kurutma yatakları
- Çamur tarlaları
- Çamur lagünleri

b) Mekanik su alma yöntemleri

- Vakum filtreler
- Plakalı pres filtreler
- Bantlı pres filtreler
- Santrifüjler

olmak üzere iki grupta toplamak mümkündür.

### **3.6.1 Doğal Su Alma Yöntemleri**

#### **3.6.1.1 Çamur Kurutma Yatakları**

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:

a) Klasik kurutma yatakları,

b) Kaplamalı (paved) tip kurutma yatakları

c) Sentetik malzemeli kurutma yatakları

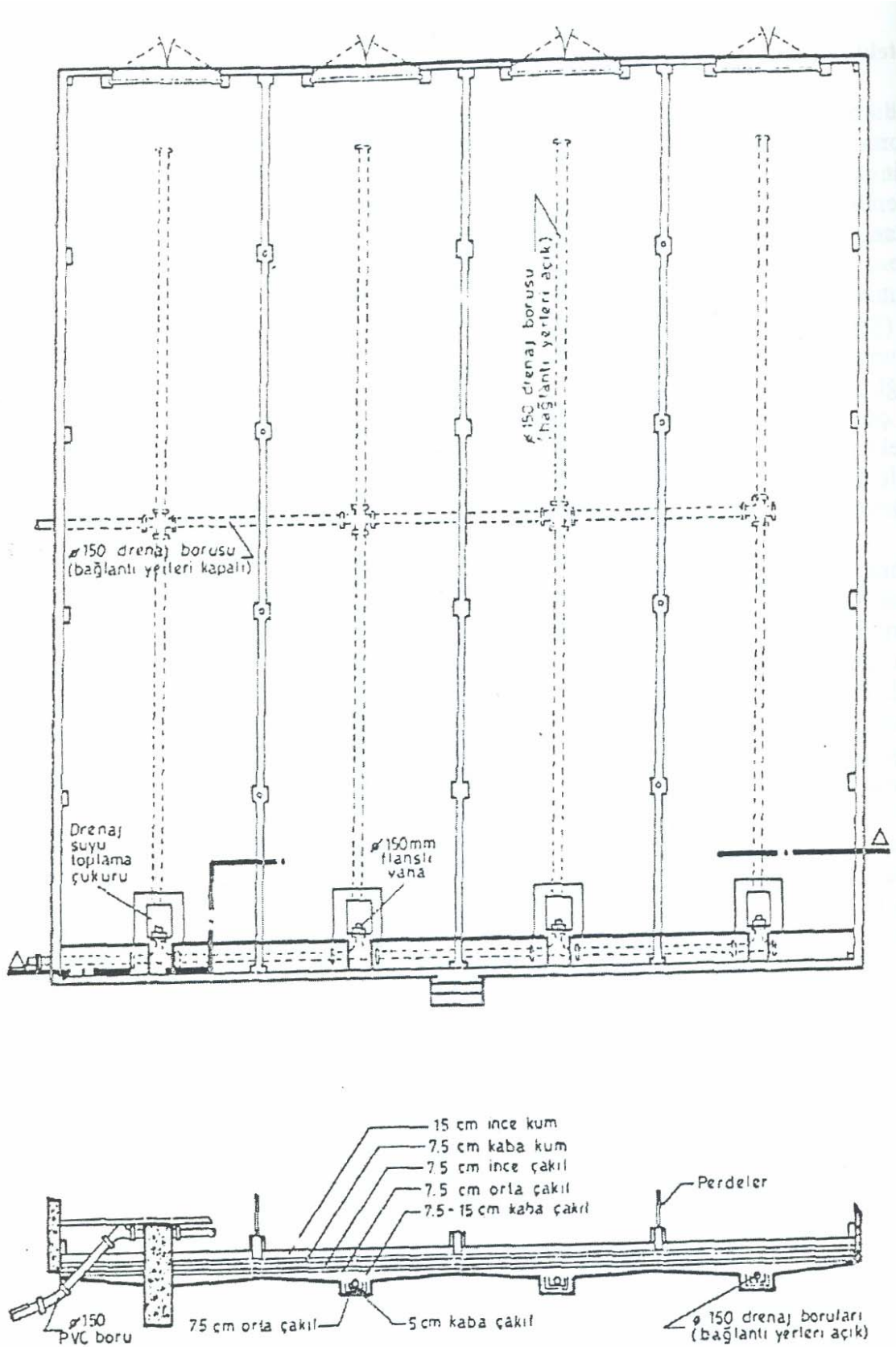
#### d) Vakumlu kurutma yatakları

Klasik tipteki kum yataklı kurutma yatakları en yaygın kullanılan tipler olduğu için bu bölümde bu tip kurutma yatakları için detaylı bilgi verilecektir.

#### a) Klasik Tipteki (Kum Yataklı) Kurutma Yatakları

Klasik tipte kum yataklı çamur yataklarının ekonomik olarak kullanımı genellikle küçük ve orta büyüklükteki yerleşim birimleri için sınırlıdır. 20 000 üzerinde nüfusu olan kentler için, alternatif çamur su alma yöntemleri düşünülmelidir. Büyük yerleşim birimlerinde, ilk yatırım maliyeti, çamur uzaklaştırma maliyeti ve değiştirilen kumun maliyeti ve büyük alan gereksinimi, kurutma yataklarının kullanımını sınırlayan etkenlerdir.

Çamur kurutma yatakları, taban drenajının sağladığı, kum filtre malzemedan oluşan sığ havuzlardır (Şekil 3.1). 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 3.1'de kapalı çamur kurutma yatağına ait bir örnek verilmektedir. Filibeli, (2005)



Şekil 3.1 Tipik bir çamur kurutma yatağının plan görünüşü ve kesiti

Çamur kurutma yataklarında, çamurdan suyun ayrılması iki şekilde olur. Başlangıçta su çamurdan drene olur ve tabana yerleştirilmiş olan drenaj boruları yardımıyla toplanır. Kum yatak ince partiküller ile tıkanıcaya veya serbest su tamamen drene oluncaya kadar bu işlem sürer. Bundan sonra su alma işlemi buharlaşma yoluyla devam eder. Başlangıçtaki drenaj iki aşamalı olarak meydana gelir. İlk önce katı maddelerin çökmesi ve sıkışma ile çamur içeriğindeki suyun önemli bir kısmı drene olur. İkinci aşama ise suyun hareketinin sağlayan kanalların oluşumudur. Çamurdaki suyun önemli bir kısmı drenaj ile ayrıldığından, kurutma yatağının tabanında bir drenaj sisteminin yapılması zorunludur. 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 3.1’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.

Kurutma yatağı alanı yaklaşık olarak 6 m genişlikte ve 6-30 m uzunlukta olabilen yataklar halinde bölünmüştür. Gelen çamur miktarına bağlı olarak bu yatakların dönüşümlü olarak kullanılması mümkündür. Kurutma yatakları arasındaki bölmeler açık yataklar için toprak seddeler halinde olabildiği gibi, üstü kapalı olanlar için betonarme olarak yapılırlar. Çamuru kurutma yataklarına taşıyan borular minimum 0.75 m/s hıza göre tasarlanmalıdır. Bu amaçla, dökme demir veya plastik borular yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Seçilen yatağa çamurun akışını yönlendirebilmek için dağıtım kutuları gerekir. 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, kırılabilir 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 yapılmalıdırlar.



Şekil 3.2 Kapalı tip çamur kurutma yatakları (www.ist-anlagenbau.de)

### **b) Kaplamalı Tip (Paved) Kurutma Yatakları**

Kum yataklı kurutma yataklarına alternatif olarak iki farklı tipte kaplamalı (paved) tip kurutma yatağı kullanılmaktadır: drenaj tipi ve dekantasyon tipi. Drenaj tipi yatakların fonksiyonu esas itibarıyla klasik kurutma yataklarına benzemektedir. Drenaj suyu taban drenajı ile toplanır, fakat çamur öne ve arkaya hareketli sıyrıcılar vasıtasıyla toplanır. Bu tip yataklar, normal olarak dikdörtgen kesitli, 6-15 m genişlikte ve 21-46 m uzunluğu sahip havuzlar şeklinde tasarımlanır. 200-300 mm kalınlıkta kum veya çakıl taban üzerine beton veya bitümlü beton kaplamalar kullanılır. Kaplamaların eğimi drenaj merkezine doğru minimum %1.5 olmalıdır. Verilen bir çamur miktarı için bu tip kurutma yataklarının alan gereksinimi klasik kum yataklı kurutma yataklarına göre daha fazladır.

Dekantasyon tipi yataklar ise oldukça yeni bir uygulamadır ve ılık, kurak veya yarı kurak iklimler için avantajlıdır. Bu tip yataklarda;

- toprak çimento karışımı kaplama malzemesi,
- çamur suyunun dekantasyonu için drenaj borusu,
- kurutma yatağının merkezinde çamur besleme borusu bulunur.

Dekantasyon yoluyla iyi bir çamur çökmesi ile %20-30 su giderimi sağlanabilir. Kurak bölgelerde 30 cm'lik çamur tabakası serilerek, 30-40 günlük kuruma sonrasında %40-50 katı madde konsantrasyonları elde edilebilir.

### c) Sentetik Malzemeli Kurutma Yatakları

Paslanmaz çelik tel örgü (hasır çelik) veya yüksek yoğunluklu şekillendirilmiş poliüretar gibi doğal yapay malzemelerin kullanıldığı kurutma yatağı tasarımları son yıllarda geliştirilmiştir. Bu tip kurutma yataklarında sulu çamur, yatay konumdaki açık drenaj ortamı üzerine boşaltılır. Drenaj ortamı küçük, paslanmaz çelikten örgü şeklindeki çubuklardan oluşmuştur, örgünün üst kısmı düzdür. Çubuklar arasında 0.25 mm eğimli formda açıklıklar bulunmaktadır. Drenaj debisini kontrol etmek için bir çıkış vanası yerleştirilmiştir.

Bu su alma yönteminin avantajları;

- Tel örgüde tıkanma olmaz,
- Drenaj sabit ve hızlıdır,
- Kurutma yataklarına göre daha yüksek çamur tabakaları beslenebilir,
- Aerobik olarak çürümüş çamurlar kurutulabilir,
- Yatakların bakımları çok kolaydır. En önemli dezavantajı, klasik tipteki kurutma yataklarına göre ilk yatırım maliyetlerinin yüksek olmasıdır.

Yüksek yoğunluklu poliüretan ortam kullanılan sistemde, özel 300 mm kenar uzunluklarında kare biçimli, içten kilitlemeli paneller eğimli bir yüzey üzerine veya prefabrik çelik tepsiler içine yerleştirilmişlerdir. Her panel çamurun suyunu almak için %8 açık alana sahiptir ve bir alt drenaj sistemi içermektedir. Bu sistem açık veya kapalı yataklarda yerleştirilmek üzere tasarlanabilir.

Bu su alma yönteminin avantajları;

- Aerobik çürük çamur gibi seyreltik çamurların suyu alınabilir,
- Filtrattaki süspansiyon katı madde konsantrasyonu düşüktür,
- Sabit üniteler öne arkaya hareket eden düzeneklerle kolayca temizlenebilir.

### d) Vakumlu kurutma yatakları

Çamurun suyunu alma ve kurutmayı hızlandırmak için kullanılan bir yöntemdir. Suyunu alma ve kurutma işlemleri, gözenekli filtre plaklarının alt kısmına vakum uygulamak suretiyle sağlanır. Bu yöntemde sırasıyla aşağıdaki işlemler uygulanır:

- 1) Polimerle çamurun ön şartlandırılması yapılır.
- 2) Yatak çamurla doldurulur.
- 3) Çamurun başlangıçta graviteli drenajı ile suyu alınır, bu işi takiben vakum uygulanır.
- 4) Çamur 24-48 saat süre ile açık havada kurumaya bırakılır.
- 5) Hareketli sıyrıcı mekanizma ile kurumuş çamur sıyrılıp uzaklaştırılır.
- 6) Gözenekli plakların yüzeyi yüksek basınç altında yıkanarak kalan çamur artıkları uzaklaştırılır.

8-48 saatlik işletme sürelerinde %8-23 KM konsantrasyonlarına ulaşılabilen bu su alma yönteminin en önemli avantajı çamurun suyunu almak için gerekli olan zamanın çok kısa olmasıdır, ve diğer kurutma yatakları ile karşılaştırıldığında çok az alana ihtiyaç duyulmaktadır. En önemli dezavantajı ise ilave su alma işlemi gerektirmesidir.

### **3.6.1.2 Çamur Lagünleri**

Kurutma lagünleri çürük çamurların suyunu almak için kurutma yatakları yerine kullanılabilir. Koku ve rahatsız edici özelliklerinden dolayı arıtılmamış çamurlar, kireç çamurları veya konsantre kirlilikte çamurların suyunu almak için uygun değildir. Lagünlerin verimi, kurutma yataklarında olduğu gibi iklim, yağış ve su alma işlemi geciktiren düşük sıcaklıklar gibi etkenlere bağlıdır. Lagünler yüksek buharlaşma hızları olan bölgelerde yaygın olarak kullanılırlar. Taban drenajı ve sızma ile su alma işlemi çevre mevzuatındaki sıkı standartlar ile sınırlandırılmıştır. Lagün bölgesinde içme suyu amacıyla kullanılan akifer olması halinde lagün tabanının sızdırmazlığının sağlanması gereklidir. Çamur derinliği 0.75-1.25 m aralığındadır. Su alma işleminin ana mekanizması buharlaşmadır. Çamur suyunun dekantasyonu için gerekli düzenekler mevcuttur ve bu su arıtmaya geri döndürülür. Çamur mekanik olarak bertaraf edilir. Genellikle %25-30 KM içeriğindedir. Lagünlerin çevrim süresi birkaç ay ile birkaç yıl arasında değişir. Tipik olarak 18 ay süreyle lagüne pompalanır, sonra lagün 6 ay süreyle dinlenmeye bırakılır. Katı madde yükleme kriteri, 36-39 kg KM/m lagün hacmi.yıl'dır. Minimum iki ünite yapılması esastır. Böylece temizleme sırasında depolama işlemi de sürdürülebilecektir.

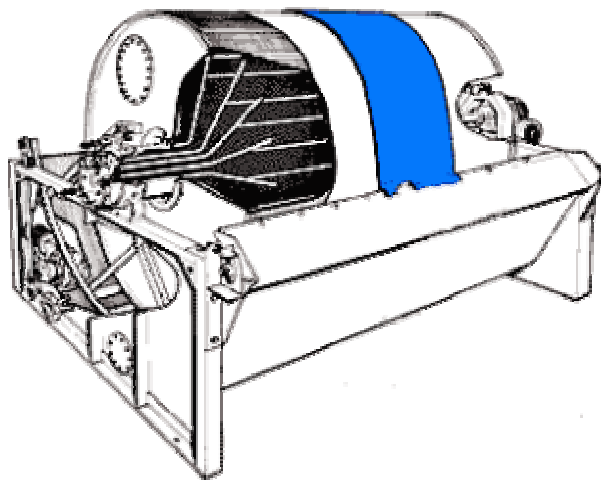


### 3.6.2 Mekanik Su Alma Yöntemleri

#### 3.6.2.1 Vakum Filtrasyonu

Vakum filtrasyonu çamurun mekanik olarak suyunun alınmasında en yaygın kullanılan yöntemlerden biridir. Kentsel nitelikli arıtma çamurlarının suyunun alınmasında yaklaşık olarak 60 yıldan beri yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir; fakat alternatif su alma ekipmanlarının yaygınlaştırılması ve geliştirilmesinden dolayı son yıllarda kullanımı azalmıştır. Sistemin kompleks oluşu, şartlandırıcı gereksinimleri ve işletme maliyetinin yüksek oluşundan dolayı kullanımı azalmıştır.

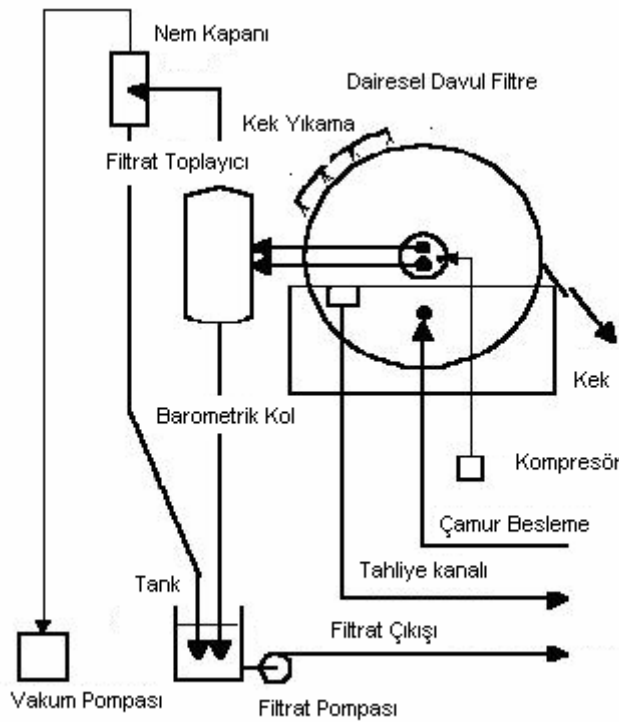
Tipik bir vakum filtre, daha önceden şartlandırılmış filtrelenecek yaş çamurunun bulunduğu hazne içinde kısmen batık durumda bulunan, yatay konumdaki döner bir tamburdan ibarettir. Tamburun üst yüzeyi gözenekli filtre malzemesi ile kaplıdır. Bu malzeme suyu alınacak çamurun özelliklerine göre seçilir. Yaygın olarak kullanılan filtre malzemesi bez bantlar ve kıvrık çelik yaylardan oluşan çelik hasır örgülerdir. 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 sıyrılır. Ayrı vakum-dren hatları, her bölgeyi tambur ekseninde bulunan ve tamburla birlikte dönen vanaya bağlar. Tambur dönerken vana; 1) kek oluşumu, 2) kekin suyunu alma, 3) kekin sıyrılması fazlarının gerçekleşmesini sağlar.



Şekil 3.3 Tamburlu Vakum Filtre (www.solidliquid-separation.com)

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.

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. Filtrasyon için optimum katı madde içeriği %6-%8'dir. Daha yüksek katı madde içerikleri su alma için şartlandırmayı güçleştirir. Çamurun şartlandırılması için yaygın olarak kullanılan kimyasal maddeler; kireç, demir-3 klorür ve polimerlerdir. Genel olarak ön çökeltim tankı çamurları, biyolojik atık su arıtma işlemlerinden gelen çamurlara nazaran daha az miktarda kimyasal şartlandırıcı gerektirirler.



Şekil 3.4 Tamburlu Vakum Filtre Akış Şeması (www.solidliquid-separation.com)

### 3.6.2.2 Plakalı Pres Filtreler

Pres filtrelerde, su alma işlemi, yüksek basınç uygulamak suretiyle çamurdan suyun ayrılması ile gerçekleştirilir. Pres filtrelerin avantajları;

- Çamur kekinde yüksek katı madde konsantrasyonlarının sağlanması,
- Filtrelenen çamur suyunun berraklığı,
- Yüksek katı madde tutulmasıdır.

Bu avantajlarının yanı sıra;

- Kompleks bir yapıya sahip olması,
- Yüksek kimyasal madde maliyeti,
- İşletme maliyetinin yüksek olması,
- Filtre bezinin ömrünün kısa olması

Gibi bazı dezavantajları bulunmaktadır.

Çamurun suyunu almak üzere kullanılan çeşitli tiplerde pres filtreler mevcuttur. En yaygın kullanılan tipleri sabit hacimli ve değişken hacimli pres filtrelerdir. Plakalı pres filtreye ait bir örnek Şekil 3.5’de verilmektedir.



Şekil 3.5 Plakalı pres filtreye ait bir örnek (www.filterpressen.de)

### 3.6.2.2.1 Sabit Hacimli Hücreli Plakalı Pres Filtreler

Sabit hacimli hücreli plakalı pres filtreler; sabit ve hareket edebilen bir çerçeve üzerine düşey olarak, yüz yüze gelecek şekilde yerleştirilmiş ve her iki yüzünde boşluklar (hücreler) bulunan dikdörtgen şekilli plakalardan oluşmuştur. Filtre bezi plakaların üzerine sarılıdır. Filtratın akışını sağlamak üzere plakaların 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, ve 1 ile 3 saat süre ile 690- 1550 kN/m<sup>2</sup> basınç uygulanır. 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.

### 3.6.2.2.2 Değişken Hacimli Hücreli Plakalı Pres Filtreler

Arıtma çamurlarının suyunun alınması için kullanılan diğer bir pres filtre, değişken hacimli hücreli plakalı pres filtrelerdir ve “diyafram presler” olarak isimlendirilirler. Diğer tip pres filtrelerden farkı, filtre bezinin arkasına lastik bir diyaframın yerleştirilmiş olmasıdır. Lastik diyafram nihai basıncı sağlamak için esner ve böylece sıkışma kademesinde çamur keki hacmi azalır. Filtreyi doldurmak için genellikle 10-20 dakika ve istenilen katı madde içeriğine sahip çamur kekinin elde edilmesi için gerekli sabit basıncı sağlamak üzere 15-30 dakika gereklidir.

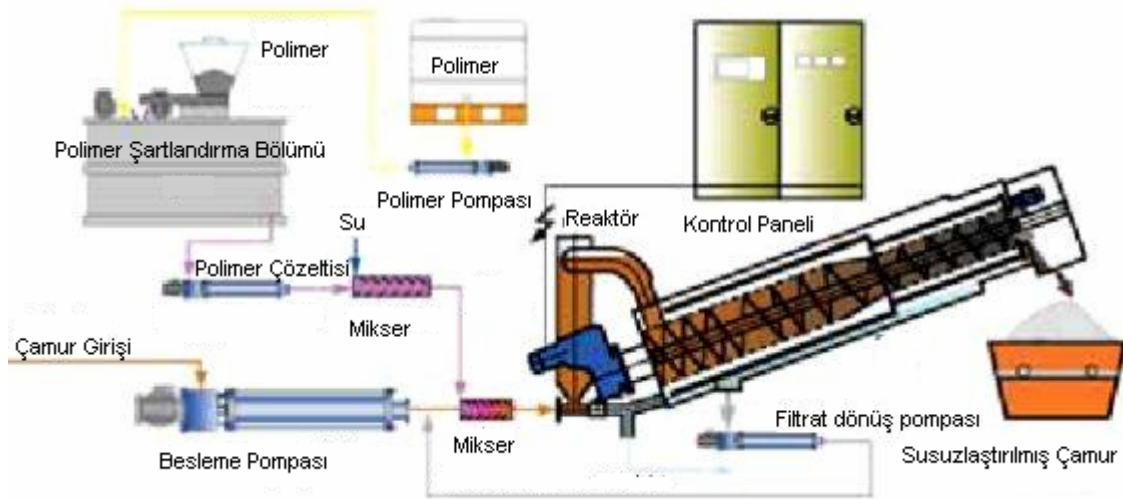
Değişken hacimli presler, su alma işleminin başlangıç kademesi için 690-860 kN/ m<sup>2</sup> ve nihai sıkıştırma için 1380-2070 kN/m<sup>2</sup> basınca göre tasarlanırlar. Değişken hacimli presler çeşitli çamurların suyunu almada oldukça verimlidirler; fakat bakım gerektirirler. Plakalı pres filtrelerin bazı işletme ve bakım problemleri vardır.

Filtre pres düzeneklerinin tasarımında dikkate alınması gereken diğer unsurlar:

- Su alma odasında yeterli havalandırma sağlanmalıdır.
- Yüksek basınçlı yıkama sistemleri olmalıdır.
- Kireç kullanıldığında kalsiyum birikintilerin gidermek için asitli yıkama sirkülasyon sistemi bulunmalıdır.
- Şartlandırma tankında çamur parçalayıcıları bulunmalıdır. Özellikle suyu alınmış çamur yakma fırınına gönderiliyorsa keki ufalamak gerekir.
- Plakaların bakımı ve yedek parça ihtiyacının karşılanması gerekir.

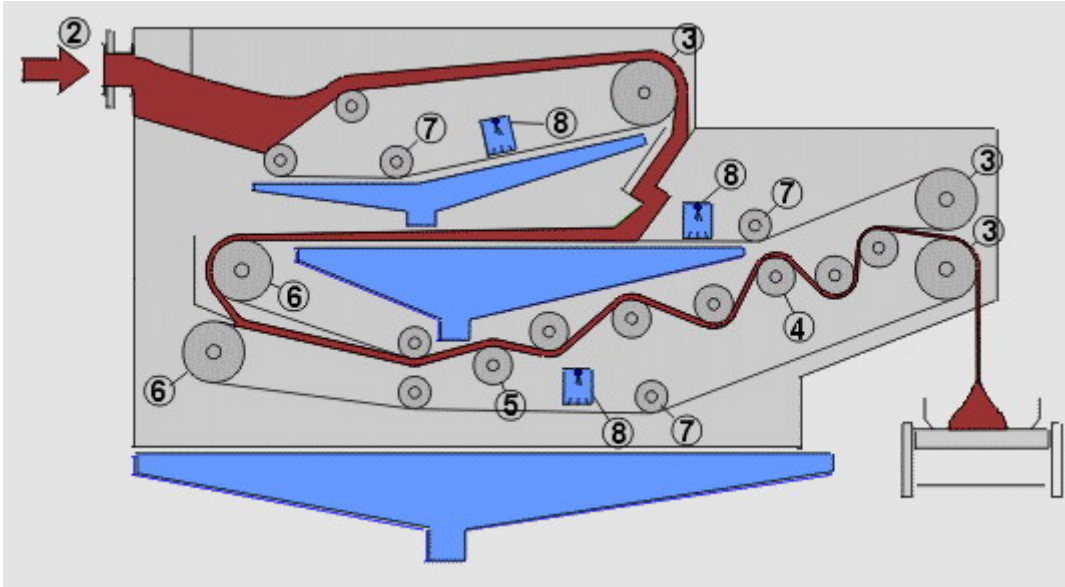
### 3.6.2.3 Bantlı (Belt) Pres Filtreler

Bantlı (belt) pres filtreler çalışma prensibi oldukça basit, sürekli beslemeli mekanik su alma düzenekleridir. Kimyasal şartlandırma, graviteli drenaj ve çamurun suyunu almak için mekanik olarak basınç uygulaması kademelerinden oluşmaktadır. Şartlandırma ve bantlı pres ünitesinden oluşan bir mekanik su alma sistemine ait akım şeması Şekil 3.6'da verilmiştir. Bantlı pres filtreler kentsel nitelikli her türlü arıtma çamurunun suyunu almak için etkin olarak kullanılmaktadırlar. Bantlı pres filtrenin bölümleri Şekil 3.7'de verilmiştir. Bantlı pres filtrelerde, şartlandırılmış çamur önce graviteli drenaj kısmına gelir ve burada yoğunlaşmaya bırakılır.



Şekil 3.6 Bantlı (belt) pres filtre bulunan mekanik su alma sisteminin kısımları  
(www.huber.de)

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. Bu kesme kuvvetlerinin etkisi altında çamurdan daha fazla miktarda suyun uzaklaştırılması sağlanır. 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.

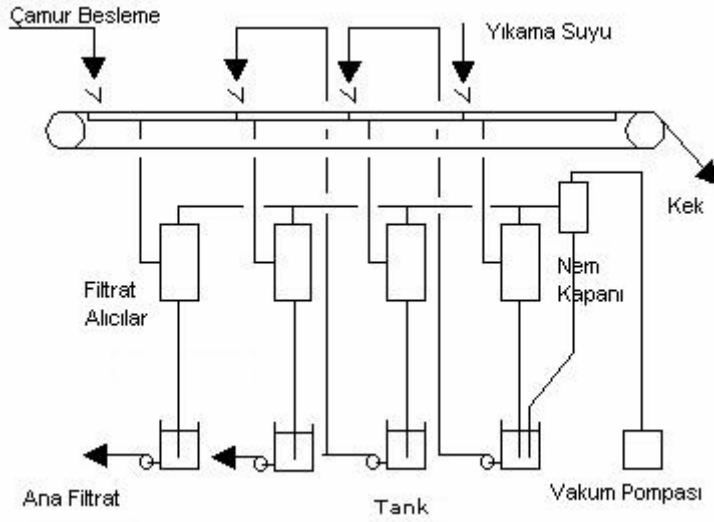


- 1) Çamur besleme tankı
- 2) Çamur girişi
- 3) Dönen merdaneler
- 4) Yüksek basınçlı merdaneler
- 5) Düşük basınçlı merdaneler
- 6) Taşıyıcı merdane
- 7) Yönlendirici merdane
- 8) Bant yıkama sistemi
- 9) Filtrat deşarjı

Şekil 3.7 Bantlı (belt) pres filtrenin kısımları(www.dintrade.fi/ekosep)

Tipik bir bantlı pres filtrelerde; 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. Bantlı pres filtrelerin verimini etkileyen faktörler ise; çamur özellikleri, kimyasal şartlandırma yöntemi, basınçlandırma sistemi, bandın 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. Çamur yükleme hızları, çamurun tipine ve besleme konsantrasyonlarına bağlı olarak 90-980 kg/m.h arasında değişir. Hidrolik yüklemeler ise bant genişliklerine bağlı olarak 1.6-6.3 L/m.s aralığındadır.



Şekil 3.8 Belt pres filtre akış şeması (www.solidliquid-separation.com)

### 3.6.2.3.1 Belt Pres Filtre Bezleri

Belt pres filtrelerin bezlerinin değişik uygulamalarda kullanılmak üzere değişik modelleri bulunsa da hepsinin çalışma prensibi aynıdır.

Belt pres bezleri, arıtma tesislerinde 2 farklı pozisyonda çalışabilir:

- Susuzlaştırma Tablası
- Mekanik Presleme

### a) Susuzlaştırma Tablası

Polielektrolit ile çöktürme işleminden sonra, sulu çamur önce susuzlaştırma tablasına gelir.

Susuzlaştırma tablaları 2 tiptir.

- **Eleme:** Sulu haldeki çamurun içinde bulunan istenmeyen boyuttaki malzemeleri eleyerek süzmek.
- **Susuzlaştırma tablası veya davul filtre:** Burada amaç mekanik presleme öncesi çamuru süzüp katı madde içeriğini arttırmaktadır.

Susuzlaştırma tablasına gelen çamur yaklaşık olarak %2-3 katı madde içermektedir. Süzme işlemi sonunda, çamurun içinde bulunan katı madde miktarı %10-12'ye kadar yükselir. Bu aşamada yapılan süzme ile, beltin dönme hızı ve çamurun özelliğine bağlı olarak, çamurun hacmi %50 azalır.

İdeal süzülme için çamurun susuzlaştırma tablasında 1-2 dakika kalması uygundur.

Susuzlaştırma tablası, presleme işlemi sonundaki nihai çamurun nemlilik oranının belirlenmesinde çok önemlidir. Bu aşamada çamurun nemliliği yeterli miktarda azaltılmaz ise, bu oran ileriki safhalarda telafi edilemez.

Susuzlaştırma tablasında kullanılacak belt pres bezinin hava geçirgenliği en az 1800 litre/dm<sup>2</sup>/dakika olmalıdır.

Susuzlaştırma tablasında spiral bant kullanımı da mümkündür.

Spiral bant kullanımının avantajları aşağıdaki şekilde özetlenebilir;

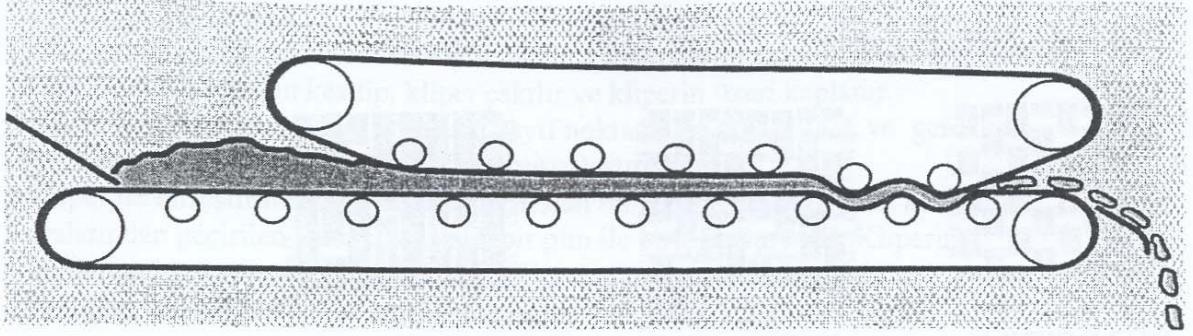
Ek yeri olmaması nedeniyle spiral bantların kullanım ömrü uzundur ve tamirata mümkündür. Makinaya takılması ve temizliği kolaydır.

### b) Mekanik Presleme

Alt ve üst beltin kademeli olarak aynı noktaya yaklaşarak basınç uygulamak sureti ile presleme alanı oluşturması ve aradaki çamuru preslemesi işlemidir.

Presleme işlemi bittikten sonra çamur değişik çaplardaki çamur kırıcı ruloların arasından basınçla birlikte geçer. Bu aşamada amaç, uygulanan basınç ve bükme işlemi ile çamurun içerisinde kalan kapsüllerin kırılması ve içlerindeki sıvının filtre edilmesidir.





Şekil 3.9 Mekanik preslemeye bir örnek

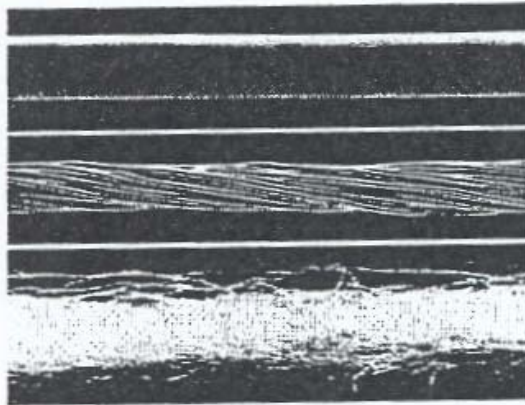
Belt pres bezleri seçilirken dikkat edilmesi gereken ana noktalar aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Beltin mekanik dayanıklılığının yüksek olması.
- Çalışma anında, beltin ruloların üzerinde kenarlara doğru kayma yapmaması
- Beltin hızlı süzme yapması gerekmektedir. Beltin tıkanmasına engel olabilmek için gözenekliliğin çamur ve atık tipine göre belirlenmesi gerekir.
- Beltin kek tutma özelliğine dikkat edilmelidir.
- Belt yıkama işlemi sırasında kolay temizlenebilir olmalıdır.

### İplik Tipi

Belt pres bezi üretiminde değişik iplikler kullanılmaktadır;

- Monofilament iplik
- Multiflament iplik
- Polyester kesik elyaf



Şekil 3.10 İplik tiplerine bir örnek

### Dokuma Şekli:



Şekil 3.11 Dokuma türleri yukarıda gösterilmiştir.

Dokuma tipi filtre edilecek çamurun özelliklerine göre belirlenir. Atık su arıtma tesislerinde twill veya satin dokunmuş bantların kullanılması önerilmektedir.

Twill ve satin dokumaların yüzeyleri daha düzgündür. Bu dokumalar yüksek kek tutma özelliğine sahiptir.

Belt pres bezlerinin bir yüzeyi, kek bırakmayı kolaylaştırmak için satin dokunmuş olup, ruloların üzerinde kayma yapmaması için ise alt yüzeyleri desenli dokunmuştur.

### Isıl İşlem

Belt pres dokunduktan sonra yıkama ve ısıl işlemler aşamalarından geçer; Yıkama, dokuma sonrasında beltin üzerinde kalan kimyasallar ve istenmeyen malzemeleri temizlemek için yapılır.

Beltin kullanım sırasındaki mekanik dayanıklılığını ve kullanım ömrünü uzatmak için yapılan bir dizi özel işlemdir.

Bu işlemlerde kumaşa ısı uygulanarak, ekipmanlar ile atkı ve çözgü yönünde gerdirilerek kumaş sabitlenir.

### Kopma mukavemeti

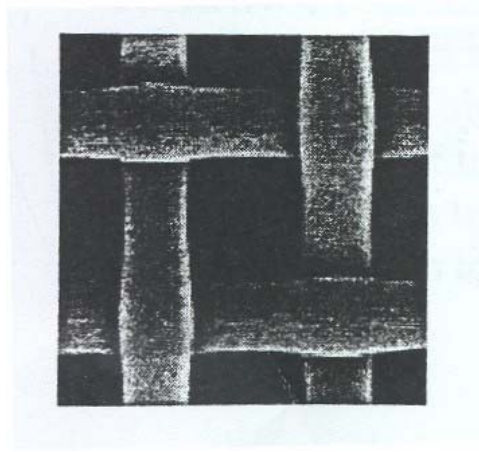
Isıl işlem tamamlandıktan sonra beltin mekanik dayanıklılığını ölçmek için kopma

noktasındaki mukavemeti ölçülür. Bu testte belt test makinası üzerinde enine ve boyuna ayrı ayrı gerdirilerek hangi çekme noktasında koptuğu belirlenmektedir.

### **Gözeneklilik ve Hava Geçirgenliği**

Hava geçirgenliği, kumaşın belirli alanından, verilen bir zaman aralığında ve belli basınçta dikey yönde geçen hava akışının hızıdır.

Birim alandaki gözenekliliği az ama mesh aralığı geniş olan bir bezin hava geçirgenliği, çok gözenekli ama mesh boyutu küçük olan bir bezle aynı olabilir.



Şekil 3.12 Gözeneklilikle ilgili bir resim

#### **3.6.2.4 Santrifüj Dekantörler**

Santrifüjler çamurun hem yoğunlaştırılması hem de suyunun alınması amacıyla kullanılmaktadırlar.

Santrifüj, katı partiküllerin bir durultucu veya çöktürme tankının tabanına yerçekimi etkisi ile çökmesi esnasından yola çıkılarak dizayn edilmiştir.

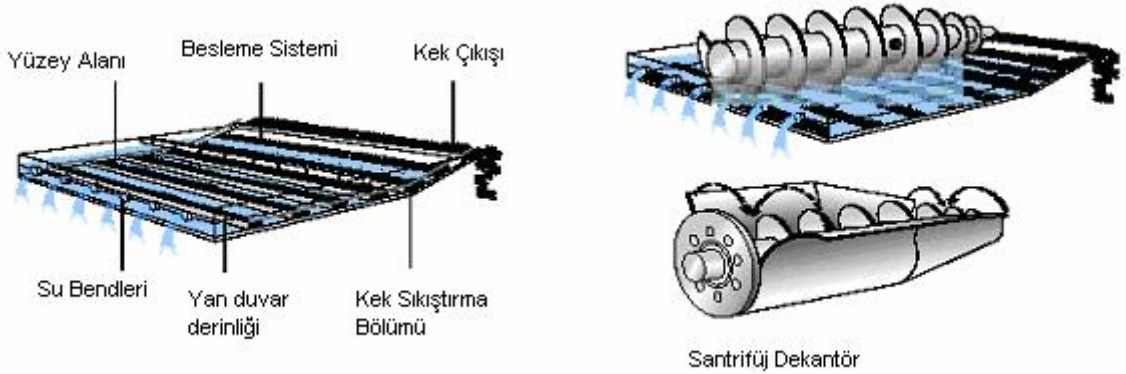
Ancak yerçekimi ile çalışan çöktürme uygulamaları, endüstrinin hıza ve sonuç kontrolüne dayalı gereksinimlerini karşılamada yavaş kalmaktadır. Santrifüj dekantörün geliştirilmesi fikrinin arkasında, kesintisiz mekanik separasyon ile katı sıvı ayırımı yaparak modern endüstriyel ihtiyaçlara karşılık vermek yatmaktadır.

Yapı olarak dekantör santrifüj, tabanı merkezdeki mile bağlı olan bir durultucudur. Bu ünitenin çok hızlı çevrilmesi ile yerçekiminin 4000 kat daha fazlasına ulaşılabilen merkezkaç kuvveti ortaya çıkmaktadır. Katıyı sıvıdan kolay olarak ayırmak için, oluşan bu kuvvetlerden faydalanılır. Dekantör santrifüj, konfigürasyona ve çevresel şartlara bağlı olarak, çok değişik katıları bir veya iki fazlı sıvıdan kesintisiz bir operasyonla ayırmak için kullanılır.

Dekantör santrifüj, tek bir proses ile katıları bir veya iki fazlı sıvıdan kesintisiz olarak ayırabilir. Bu işlem yerçekiminden ortalama 4000 kat daha fazla bir güce sahip santrifüj kuvvetleri sayesinde gerçekleşmektedir. Santrifüj kuvvetleri uygulandığında yoğunluğu fazla olan partiküller tamburun iç cidarına yönelerek sıkışırken, daha hafif yoğunluktaki sıvı faz diğer bir katmanı oluşturur.

Tambur içindeki sıvı fazının kalınlığı/derinliği isteğe göre farklı savak plakası tipi kullanılarak ayarlanır. Tambura göre aksi yönde az bir hız farkı ile dönen konveyör, katı maddelerin oluşturduğu keki sürekli olarak taşır. Sonuç olarak katılar sıvı fazdan alınarak konik kısımdan atılır.

Santrifüj kuvveti, katıları bir araya getirirken, sıvıyı oluşan katı formdan ayrılmaya zorlar. Kek haline gelen katılar tamburun dışına atılır. Süzülen sıvı fazı veya fazları tamburun diğer ucundaki savaklardan taşarak uzaklaşır.



Şekil 3.13 Şantrifüj Dekantöre bir örnek (www.alfalaval.com)

## 4. BELT FİLTRE PRESİN İNCELENMESİ VE TASARIMI

### 4.1 Mevcut Sistemlerin Birbirleri İle Karşılaştırılması

Bu bölümdeki çalışma tesiste kullanılacak mekanik susuzlaştırma sistemini belirlemek için mevcut sistemleri birbirleri ile karşılaştırarak avantaj ve dezavantajlarını göz önünde bulundurup en uygun sistemi tesise kurmak olacaktır.

Arıtma tesislerinden açığa çıkan çamurun susuzlaştırılması için uygulanacak yöntemler atıksuyun karakterizasyonuna, arıtma proseslerine, kullanılan kimyasallara, yönetmeliklere ve diğer pek çok özel koşullara bağlıdır. Ayrıca, çamur bertaraf sisteminin maliyeti ve işletme gerekleri arıtma tesisine yakın hatta belki de daha fazla olabilmektedir.

Susuzlaştırma işlemini yapacak sistem, çamurun cinsine, kapasiteye ve çıkışta istenen katı madde muhtevasına bağlı olarak seçilir. Sistemi seçmek için istenen koşullar şu şekilde sıralanmaktadır.

### 4.2 Seçime Esas Alınan Değerler

Sistemimizin çamur kapasitesi yıllık 105.600 m<sup>3</sup>/yıl olacak şekilde düşünülmüştür. Aşağıdaki tablodaki değerleri göz önünde bulundurarak sistemimizi seçip boyutlandıracağız.

Çizelge 4.1 Susuzlaştırma Sistemi Seçimi için gerekli değerler

Çamur kapasitesi	105.600	m <sup>3</sup> /yıl
Çalışma süresi	330	gün/yıl
Çalışma süresi	16	saat/gün
Çamur kapasitesi	320	m <sup>3</sup> /gün
Çamur kapasitesi	20	m <sup>3</sup> /saat
Katı Madde Miktarı	20	gr/lt
Katı Madde Miktarı	6,4	ton/gün
Katı Madde Miktarı	400	kg/saat

### 4.3 Çamur Su Verme Özellikleri

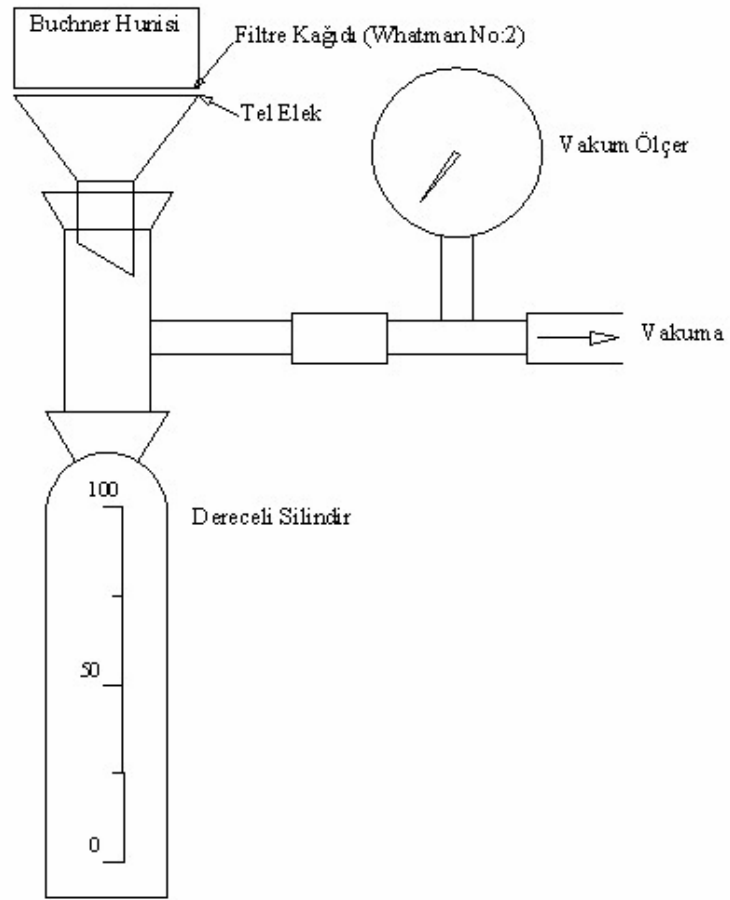
Tesiste kullanılacak olan sistemi seçmek için öncelikle çamurun su verme özelliklerini belirlememiz gerekmektedir. Bunu belirlemek için ise laboratuvar ortamında bazı testler yapılmaktadır.

Çamur şartlandırma işlemi çamurun su verme özelliğini geliştirmek ve mekanik su alma işleminin verimini arttırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Kimyasal şartlandırma, elutrasyon, termal şartlandırma, dondurma-çözme gibi pek çok şartlandırma yöntemi olmakla birlikte kimyasal şartlandırma bu yöntemler arasında en yaygın kullanılan yöntemdir.

Arıtma çamurunun su verme özelliklerinin belirlenmesi ve uygulanacak olan şartlandırma işleminin etkisinin belirlenmesi amacıyla kullanılan pek çok laboratuvar testi mevcuttur. Özgül Filtre Direnci, Kapiler Emme Süresi ve Santrifüjlenebilir Çökebilirlik İndeksi Testleri bu amaçlarla en yaygın olarak kullanılan testlerdir. Zeta potansiyeli parametresi de en uygun şartlandırıcı dozu aralığının belirlenmesi amacıyla çamur şartlandırma uygulamalarında kullanılmaya başlanmıştır. Testlerin nasıl yapıldığı aşağıda açıklanmıştır. Bu testlerden birini uygulayarak çamurun su verme özelliğini bulabiliriz.

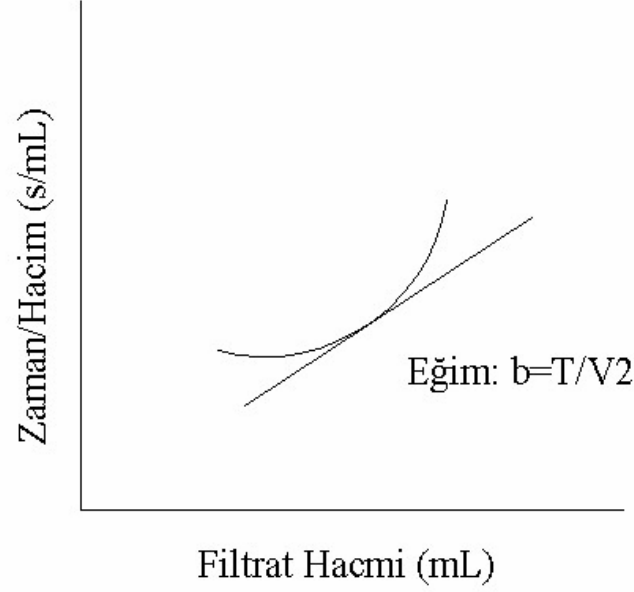
#### 4.3.1 Buchner Hunisi Testi

Şartlandırılmış çamur örneklerinin su verme özelliklerinin değerlendirilmesi amacıyla kullanılan özgül filtre direnci değerinin belirlenmesine yönelik olarak çamur örneklerine Buchner Hunisi Testi uygulanmıştır. Buchner Hunisi Test aparatı Şekil 4.1'de görüldüğü gibi dereceli silindir, Buchner Hunisi ve vakum pompadan oluşmaktadır.



Şekil 4.1 Buchner Hunisi Deney Düzenegi (EPA,1987)

Test sürecinde, Whatman # 2 filtre kağıdıyla kaplanan huni dereceli silindirin üzerine yerleştirilir. Daha sonra 100 mL şartlandırılmış çamur örneği huniye boşaltılır ve 2 dakika süreyle graviteli drenaja bırakılır. 2 dakika sonunda 2 bar vakum sağlayan pompa çalıştırılır ve 10 saniye aralıklarla filtrat hacmi çamur suyunu verinceye kadar ölçülür. Zaman/filtrat hacmi oranına karşı filtrat hacmi değerleri Şekil 4.2’de görüldüğü gibi grafiğe geçirilir ve grafiğin eğimi ‘b’ aşağıdaki formülasyonda yerine konularak özgül filtre direnci değeri hesaplanır.



Şekil 4.2 Zaman/Hacim – Filtrat Hacmi Diyagramı

$$r = (2PA^2b) / uw \quad (4.1)$$

Burada,

$r$  = özgül filtre direnci, m/kg

$p$  = filtrasyon basıncı, N/m<sup>2</sup>

$A$  = filtre alanı, m<sup>2</sup>

$b$  = zaman/hacim-hacim eğrisinin eğimi, s/m<sup>2</sup>

$u$  = filtrat viskozitesi, N (s)/m<sup>2</sup>

$w$  = kuru madde ağırlığı/ filtrat hacmi, kg/m

#### 4.3.2 Santrifüjlenebilir Çökebilirlik İndeksi

Santrifüjlenebilir çökebilirlik indeksi (SÇİ) çamurun santrifüjleme ile su verme işlemlerindeki performansının bir göstergesi olarak tanımlanabilir. Santrifüj çökebilirlik indeksi ölçümünde belli hacimdeki çamur örneği 3500 devir/dakika hızla 15 dakika süreyle santrifüjlenir. Çamurda ve santrifüjleme ile elde edilen sentratta askıda katı madde (AKM) analizi Standart Metotlarda verilen prosedüre uygun olarak analizlenir (APHA, AWWA, 1992). Çamur örneklerinin SÇİ değerleri aşağıda verilen formülasyon kullanılarak hesaplanır.



$$\text{CSI (\%)} = (C - C/C) \times 100\% \quad (4.2)$$

Burada; C: şartlandırma sonrası çamur üst suyu AKM konsantrasyonu (mg/L)

C: Sentrat AKM konsantrasyonu (mg/L). (Chu vd., 1998)

Düşük SÇİ değerleri santrifüjleme ile çamurun suyunu kolay verdiğinin bir göstergesidir.

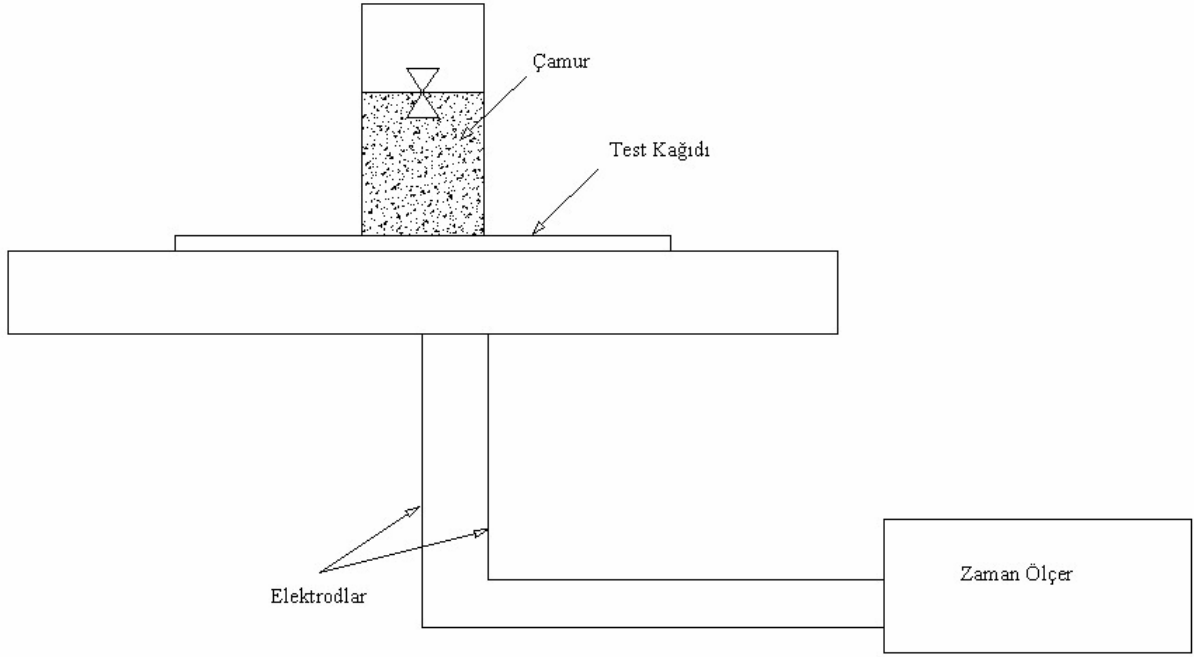
Çamur susuzlaştırma metodlarında çamurun suyunu daha iyi yüksek ve hızlı oranda almak için ortama kimyasal şartlandırıcılar ilave edilerek çamur içindeki negatif (-) partikülleri nötr hale getirilmeye çalışılır. Böylece büyük floklar oluşturulup bunların çökeltmeleri sağlanır. Şartlandırıcı ilave edilmezse filtreden geçerken daha fazla basınca ihtiyaç duyulur bu da işletmeye zarar verir.

Şartlandırıcı olarak kullanılan bazı kimyasallar: Alüm, kireç ve demir ve polielektrolitler tercih edilir.

Şartlandırıcıların kullanılması için kolay temin edilmesi ve fiyat bakımından uygun olması istenir. Bu yüzden şartlandırıcı olarak kullanılacak maddelerin işletmeye fazla maliyet getirmemesi için dikkatli seçilmesi gerekir.

### 4.3.3 Kapiler Emme Süresi Testi

Belirli bir çamurun su verme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla kullanılan Kapiler Emme Süresi (KES) testinin en önemli avantajları, basit ve çabuk sonuç veren bir test olmasıdır. Bu parametreyi belirlemek amacıyla kullanılan deney düzeneği Şekil 4.3' de görülmektedir. Bu deneye has küçük delikli suyun yayılmasının rahatça izlenebileceği filtreler mevcuttur. Zamanlayıcıya bağlı iki adet prob bulunur. Bunlardan biri zamanlayıcıyı çalıştırır. İkincisi ise su belli bir noktaya gelince zamanlayıcıyı durdurur. Su boşluklar arasında hareket eder. Çamur iyi şartlandırılmışsa zamanlayıcının okuduğu değer 10 sn, çamur kötü şartlandırılmışsa bu süre 10-15 dakikaya kadar çıkabilir. KES değeri ne kadar küçükse çamur o kadar kolay suyunu verebiliyor demektir.



Şekil 4.3 Kapiler Emme Süresi Deney Düzenegi (EPA,1987)

#### 4.4 Karşılaştırma Tablosu

Sistemlerin karşılaştırılmasını aşağıdaki tabloda görmekteyiz:

Çizelge 4.2 Susuzlaştırma Sistemleri Karşılaştırma Tablosu

	Avantajları	Dezavantajları
<b>Vakum Filtreler</b>	Vakum filtrasyonu çamurun mekanik olarak suyunun alınmasında en yaygın kullanılan yöntemlerden biri olması.	Fakat alternatif su alma ekipmanlarının yaygınlaştırılması ve geliştirilmesinden dolayı son yıllarda kullanımı azalmıştır
	Kentsel nitelikli arıtma çamurlarının suyunun alınmasında yaklaşık olarak 60 yıldan beri yaygın olarak kullanılması.	Sistemin kompleks oluşu, şartlandırıcı gereksinimleri ve işletme maliyetinin yüksek oluşundan dolayı kullanımı azalmıştır.
		Katı madde miktarı (40gr/lt) vakum filtre için yüksek olması.
		Yıllık çamur kapasitesini (100.000 m <sup>3</sup> /yıl) karşılayacak hızda çalışmaması.

<b>Plakalı Pres Filtreler</b>	Çamur kekinde yüksek katı madde konsantrasyonlarının sağlanması	Kompleks bir yapıya sahip olması.
	Filtrelenen çamur suyunun berraklığı	Yüksek kimyasal madde maliyeti
	Yüksek katı madde tutabilmesi.	İşletme maliyetinin yüksek olması.
		Filtre bezinin ömrünün kısa olması.Sık sık yedek parça ihtiyacı duynası.
		Kireç kullanıldığında kalsiyum birikintilerin gidermek için asitli yıkama sirkülasyon sistemi gibi ek sistemlere gereksinimi.
<b>Banlı Pres Filtreler</b>	Çok iyi kuru çamur keki oluşturması ve düşük güç gereksinimi.	
	Çamur yükleme hızlarının yüksek seviyelerde olması.(90-980 kg/s)	
	İlk yatırım maliyeti ve işletme giderlerinin düşük olması.	
	Çalışma prensibi olarak süreklilik arz etmesi.	
	Çamura uygulanan yüksek basınç sebebiyle bazı proseslerde ön şartlandırma gerektirmemesi.	
<b>Santrifüj Dekantörler</b>	Kesintisiz çalışabilmesi.	Düşük kapasiteli olmalarından dolayı istenen değerleri yakalayamamaları.
	Bakım giderlerinin düşük olması.	

Arıtma çamurunun işlenmesine ilişkin karar verme aşamasında maliyet önemli bir kriterdir. Maliyetler yerel şartlara ve işleme tesisinin büyüklüğüne bağlı olarak değişmektedir. Arıtma çamurunun işlenmesi ve bertarafı ile ilgili değişik seçeneklerin doğru bir karşılaştırmasını yapabilmek için üç ana faktörden etkilenen yıllık maliyetleri ele almak önemlidir.

İlk olarak, toplam yatırım miktarına, finansman metoduna, amortisman süresine ve borç alınan miktarın faiz oranlarına bağlı olan yıllık yatırım maliyetleri gelir. İkinci sırada enerji, kimyasal madde, bakım, personel maaşları, vergi ve sigortadan oluşan işletme maliyetleri yer alır. Üçüncü sırada da bertarafa veya kalıntı veya son ürünün tekrar kullanımına bağlı maliyetler gelir. Bu maliyetlerin hepsi arıtma çamurunun işleme tesisinde veya proseste yer alan daha sonraki aşamalarda ortaya çıkar. Eğer arıtma çamurunun işlenmesi tesisin kendisinden etkileniyorsa bu durumda genellikle nakliye maliyetleri ve nakliye metotlarına bağlı depolama maliyetleri göz ardı edilmemelidir. Maliyet karşılaştırmaları yapılırken girdi olarak kullanılan arıtma çamurundan beklenen kalitenin ve dolayısıyla ön işleme maliyetlerinin bir yöntemden diğerine değişebileceğini düşünmek gerekir.

Tesise gelen çamurlu suyun susuzlaştırılması için; diğer susuzlaştırma ekipmanlarına göre ilk yatırım maliyeti ve işletme giderleri açısından daha uygun bulunduğundan, sürekli çalışan bir sistem olan belt filtre presin kullanılması uygun görülmüştür.

Çamurun şartlandırılmamış hali suyunu bırakma özelliğine sahip değildir. Çamurun doğal yapısı nedeni ile suyunu bırakması söz konusu olmadığı için kullanılan ekipmana bağlı olarak uygulanan yöntem farklıdır. Belt filtre preslerde çamura uygulanan basınç yüksektir ve bu basınç bazı proseslerde şartlandırma işlemi yapılmadan çamurun susuzlaşmasını sağlar. Vakum preslerde ise yine prosese bağlı olarak bazı proseslerde çamurun şartlandırılmasına gerek kalmadan uygulanan vakum ile çamurun suyunu bırakması sağlanabilmektedir. Belt filtre presler çalışma prensipleri gereği çamur suyunun önemli bir bölümünü ön susuzlaştırma ünitesinde bırakması esasına göre dizayn edilmişlerdir. Bu nedenle de çamur suyunu ek bir basınç uygulamadan kolay bırakabilir hale getirilmedi. Çamurun suyunu kolay bırakabilmesi ve susuzlaşma veriminin artması çamura ilave edilecek flokülant (polielektrolit) ile sağlanmaktadır.

Flokülant (polielektrolit) suda çözünen küçük monomer bloklarının uzun bir zincir oluşturması ile meydana gelirler. Çamura ilave edilen flokülant (polielektrolit) molekülleri, çamur içindeki partiküller ile zıt yüklü olduğu için birbirini çeker. Oluşan reaksiyon sonucu çamurun suyunu bırakma özelliği olumlu yönde değişir.

Çamurun şartlandırılması işlemi hatta konulacak inline mikserde yapılmaktadır.

#### **4.5 Belt Filtre Presin Tasarımı**

Bu bölümde tesise kurulumunu uygun gördüğümüz belt filtre presin seçime esas alınan değerlere göre tasarımını yapacağız. Boyutlandırmayı yaparken Sismat Firmasının kataloglarından faydalanılmaktadır. Kataloglar, Ekler bölümünde verilmektedir. Ek 1’de karşılaştırma tablosu bulunan katalogdan hangi modelin seçileceğine karar verilmektedir. Seçime esas alınan değerlere göre katı madde miktarını (400 kg/saat) göz önüne alarak tablodaki MBP serisi kullanılacaktır. Yine seçime esas değerler göz önüne alındığında MBP serisinin 25 modeli istekleri karşılayacak kapasitededir. Bu bilgiler Ek 2’de verilmektedir.

Öncelikle belt filtre presin ekipmanlarını değerlendirmemiz gerekmektedir.

##### **4.5.1 Çamur Susuzlaştırma Ünitesi Ekipmanları;**

Çamur susuzlaştırma işleminde belt filtre prese gelene kadar bazı ön aşamalar mevcuttur. Bu ön aşamalardan sonra belt filtre preste çamur mekanik olarak susuzlaştırma işlemine tabi tutulur.

Aşağıda susuzlaştırma ünitesinin ekipmanları maddeler halinde sıralanmıştır:

1. Polimer Hazırlama Ünitesi Servis Suyu Besleme Pompası
2. Polimer Hazırlama Ünitesi
3. Polimer Dozlama Pompası
4. Inline mikser
5. Çamur Besleme Pompası
6. Belt Filtre Pres
7. Belt Yıkama Suyu Pompası
8. Kompresör
9. Kontrol paneli
10. Kek uzaklaştırma sistemi

##### **4.5.1.1 Polimer Hazırlama Ünitesi Servis Suyu Besleme Pompası**

Aşağıda teknik özellikleri verilen polielektrolit hazırlama ünitesine 3 bar basınçta servis suyu beslemede kullanılacak temiz su pompasıdır.

## Teknik Özellikler

Çizelge 4.3 Polimer hazırlama ünitesi servis suyu besleme pompası teknik özellikleri

<b>Genel</b>	
Pompa debisi	2 m <sup>3</sup> /saat
Çalışma basıncı	3 bar
<b>Motor ve Güç Bilgileri</b>	
Motor gücü	1,5 kW
Motor devri	2900 rpm

### 4.5.1.2 Polimer Hazırlama Ünitesi

Toz polielektrolitten sıvı kimyasal hazırlamak amacıyla geliştirilmiş sürekli besleme yapabilen otomatik bir ünedir. İstenilen konsantrasyonda polielektrolitin hazırlanması için gereken her türlü ekipman bu ünite üzerinde mevcuttur.

Polielektrolit Hazırlama Üniteleri, genel olarak aşağıdaki bölümleri içerir.

1. Kuru polielektrolit dozlama sistemi
2. Seyreltme ve yaşlandırma tankları
3. Karıştırma düzeni
4. Dozlama sistemi
5. Kontrol paneli

Bu tasarımda sunulan 3 tanklı sistemde, besleme suyunun istenen basınçta sistemde mevcut olduğu varsayılır. Besleme suyunun istenen basıncın altında gelmesi halinde (3 bar) sistem otomatik olarak su ve toz polielektrolit girişini keser.

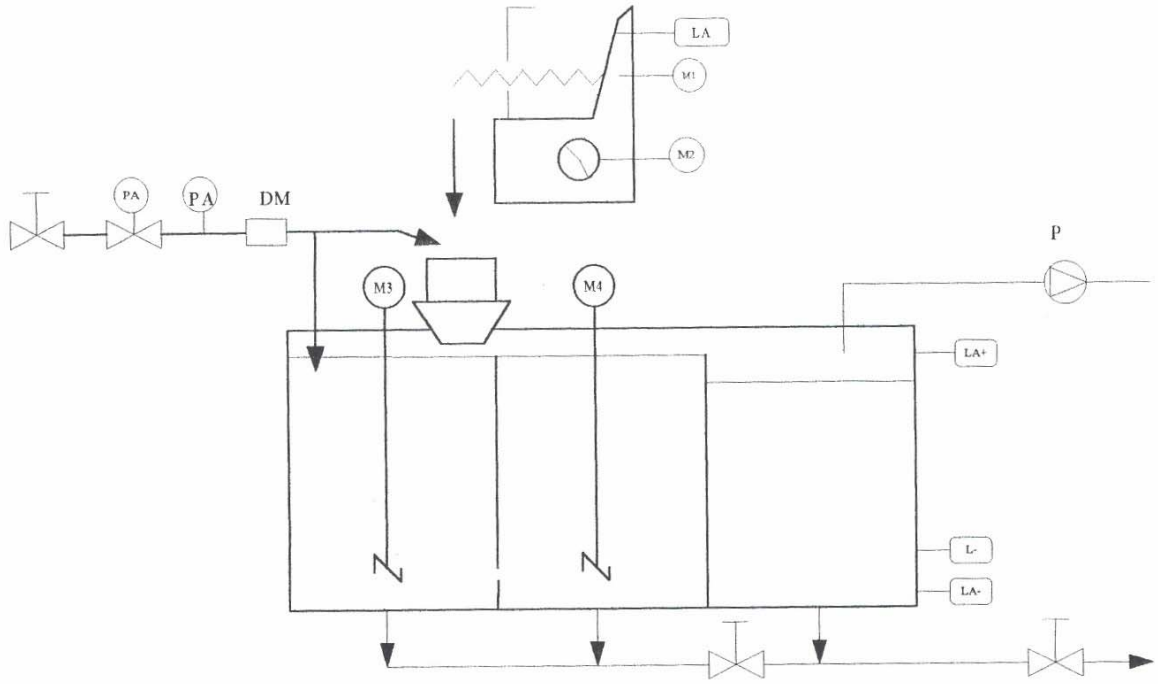
Toz polielektrolit besleme sistemi, istenen miktarda kuru polielektroliti besleme vidası aracılığı ile edüktöre dozlar. Edüktörde su ile taşınan polielektrolit, karıştırma hareketinin en yoğun olduğu mikser vortexinin merkezine dozlanır.

Birinci tankta bulunan direkt akuple karıştırıcı ile polielektrolit istenen konsantrasyonda karıştırılır.

İkinci bölümde yer alan düşük devirli karıştırıcı ile karışım olgunlaştırılır.

Üçüncü bölümde ise, polielektrolit karışımı uygun şartlarda korunarak dozlanması sağlanır.

Sistemin tamamı, seviye sensörleriyle kontrol edilerek ve susuzlaştırma sistemindeki tüm ekipmanlarla uyum içinde çalışacak şekilde kumanda edilebilme özelliğine sahiptir.



Şekil 4.4 Polimer Hazırlama Ünitesinin Bağlantı ve Operasyon Şeması yukarıda gösterilmektedir.

M1 : İstenen miktarda kuru polielektroliti suya besler

M3 : Kuru polielektrolit ve suyu karıştırarak çözelti haline getirir.

M4 : M3 tarafından hazırlanan polielektrolit çözeltisini ikinci kez karıştırır.

LA+ : İkinci karıştırmadan taşan çözelti LA+ probuna gelince otomatik su besleme ve kuru dozlama durur, P pompası çalışır.

L- : Çözelti seviyesi bu seviyeye düşünce otomatik su besleme ve kuru dozlama çalışır.

İhtiyaca göre 1000 lt/saat'ten- 4000 lt/saat' e kadar kullanıma hazır polielektrolit çözeltisi hazırlayabilen polielektrolit hazırlama ünitelerinde çözelti konsantrasyonunu, max. 2000 cp viskozitede %0.5-%0.1 'e kadar ayarlamak mümkündür.

Polimer tüketimi = Toplam katı madde miktarı×dozlama oranı

Polimer tüketimi = 1,6 ton/saat × 4 kg polimer/ton = 6,4 kg/saat (4.3)

Çözelti konsantrasyonu : %0,1 – 0,5

Çözelti konsantrasyonu : %0,2

$$\text{Kapasite} = \frac{\text{Polimer tüketimi}}{\text{Konsantrasyon}} = \frac{6,4\text{kg / saat}}{\%0,2} = 3200\text{lt / saat} \quad (4.4)$$

## Teknik Özellikler

Çizelge 4.4 Polimer hazırlama ünitesi teknik özellikleri

<b>Ekipman özellikleri</b>	
Çözelti Polielektrolit kapasitesi	4000 lt/saat
Kuru Polielektrolit Kapasitesi	2 – 4 kg/saat
Mikser sayısı	2 adet
Hazırlanacak çözelti konsantrasyonu	%0,1 – 0,2
<b>Motor ve güç bilgileri</b>	
Hızlı Mikser Motor gücü/devri	0,37 kW / 900 rpm
Yavaş Mikser Motor gücü / devri	0,55 kW / 900 rpm
Kuru dozlama Motor gücü/devri	0,55 Kw / 900 rpm

### 4.5.1.3 Polimer Dozlama Pompası

Polielektrolitin dozlanması için pozitif deplasmanlı bir pompa tipi olan, monopomp önerilmiştir.

Monopomp pompalar, genel olarak pompa ve tahrik grubu olarak, iki kısımdan oluşmaktadır. Redüktör döndürme hareketi, bir kısa mil aracılığı ile pompa şaftına iletilir. Paslanmaz çelik malzemeden imal edilmiş şaft, iki uçtan rulmanlı yataklarla taşınmakta olup, bu bölüm pompa gövdesinden ayrılabilir veya 90 derece çevrilerek monte edilebilir. Şaft sonundaki sızdırmaz kamalı bağlantı ile rotora bağlanır.

Rotor, bir tür vida formunda tek parçalı bir elemandır. Pompa statoru ise, bir çelik boru içine dökülmüş endüstriyel lastikten bir elemandır. Çamur, rotorun vida hareketi ile, giriş ağzından, çıkış flanşına kadar taşınır. Pompa debisinin değişimi frekans konverteri yapılmaktadır.



## Teknik Özellikler

Çizelge 4.5 Polimer dozlama pompası teknik özellikleri

<b>Ekipman özellikleri</b>	
Kapasite	2 m <sup>3</sup> /saat
Basma yüksekliği	2 bar
Devir	Rpm
<b>Motor ve güç bilgileri</b>	
Motor gücü	1,5 kW

### 4.5.1.4 In-Line Mikser

Polielektrolit ünitesinde hazırlanan polimer çözeltisi, pompa aracılığı ile beslenmekte olan çamur, hatta yerleştirilecek olan in-line mikser’de karıştırılır.

## Teknik Özellikler

Çizelge 4.6 In line mikser teknik özellikleri

<b>Ekipman ile ilgili özellikler</b>	
Kapasite	22 m <sup>3</sup> /saat
Borudaki hız	0,6 m/sn

### 4.5.1.5 Çamur Besleme Pompası

Çamur besleme pompası olarak pozitif deplasmanlı bir pompa tipi olan, monopomp önerilmiştir.

Bu tip pompalar, genel olarak pompa ve tahrik grubu olarak, iki kısımdan oluşmaktadır. Redüktör döndürme hareketi, bir kısa mil aracılığı ile pompa şaftına iletilir. Paslanmaz çelik malzemedan imal edilmiş şaft, iki uçtan rulmanlı yataklarla taşınmakta olup, bu bölüm pompa gövdesinden ayrılabilir veya 90 derece çevrilerek monte edilebilir. Şaft sonundaki sızdırmaz kamalı bağlantı ile rotora bağlanır.

Rotor, bir tür vida formunda tek parçalı bir elemandır. Pompa statoru ise, bir çelik boru içine dökülmüş endüstriyel lastikten bir elemandır. Çamur, rotorun vida hareketi ile, giriş ağzından, çıkış flanşına kadar taşınır. Pompa debisinin değişimi frekans konverteri yapılmaktadır.

## Teknik Özellikler

Çizelge 4.7 Çamur Besleme Pompası Teknik Özellikleri

<b>Ekipman ile ilgili özellikler</b>	
Kapasite	20 m <sup>3</sup> /saat
Basma Yüksekliği	2 bar
Devir	220 Rpm
<b>Motor ve güç bilgileri</b>	
Motor gücü	5,5 kW

### 4.5.1.6 Beltfiltrepres

#### 4.5.1.6.1 Belt Filtre Pres Proses Özellikleri

Belt Filtre Presler genel olarak birbirini takip eden 4 ana susuzlaştırma bölümünden oluşurlar. Bunlar, sırasıyla;

- Ön Susuzlaştırma Kademesi
- Kek Kalınlığını Ayarlama ve Sıkıştırmaya Hazırlık Kademesi
- Düşük Basınçla Sıkıştırma Kademesi
- Yüksek Basınçlı Susuzlaştırma Kademesi

#### a) Ön Susuzlaştırma Kademesi

Flokülasyon sonrası tane ebatları büyütülmüş ve suyunu kolaylıkla bırakabilir yapıdaki çamurun, bu bölümde belt üzerine düzgün olarak yayılabilmesini teminen, belt ile temas eden yüzeyleri yumuşak PVC' den oluşan, sıcak daldırma galvaniz kaplı bir dağıtım yapısı mevcuttur.

İyi floküle edilmiş çamur, suyunun çok ciddi bir bölümünü gravite bölümünde bırakır. Bu nedenle, belt preslerin ön susuzlaştırma bölümünün kapasitesi, benzerleri ile kıyaslanamayacak ölçüde büyük dizayn edilmiştir. Belt Filtre Preslerde bu boyutta bir filtrasyon alanı ancak ayrı bir ön susuzlaştırma ekipmanı (predewatering belt) ilave edilmesi ile sağlanabilmektedir. İki kademededen oluşan belt filtre preste predewatering bölümünün birinci kademesi belt genişliği 2480 mm boyutlarında, ikinci kademe ise belt genişliği 530 mm boyutlarındadır.

#### **b) Kek Kalınlığını Ayarlama Kademesi**

Belt pres ikinci kademedede, bağımsız ayarlanabilir 8 tamburdan oluşan kek kalınlığını ayarlama ve sıkıştırmaya hazırlık bölümünü içerirler. Bunların 4 adedi ayrı bir ayarlanabilir şaseye montelidir. Bu tamburlar, giderek artacak şekilde final basıncın ve basınç bölgesi öncesinde çamur kalınlığının, tamburlar arasından taşmayacak şekilde homojen olarak ayarlanabilmesini sağlarlar. Bu özellik, çok sayıda geliştirilmiş yeni jenerasyon belt preslerde görülebilmektedir.

#### **c) Düşük Basınçla Sıkıştırma Kademesi**

Genellikle, çamura uygulanan basınç, belt gerginliği ve tambur çaplarına bağlıdır. Büyük çaplı tamburlar, uzun süre ile düşük basıncın çamura uygulanmasını sağlar. Küçük çaplarda ise olay tam tersine olup; kısa sürede, yüksek basınç uygulanır. Tamburların yerleşimleri ve beltlerin tamburları sarma açıları da proses açısından son derece önemlidir.

Ön susuzlaştırması, yapılmış yumuşak çamur, doğrudan yüksek basınca dayanabilecek sağlamlıkta değildir. Bu nedenle belt preste 2 adet büyük çaplı perfore tambur ile çamura düşük basınç uygulanmakta son sıkıştırma kademesine hazırlık yapılmaktadır.

#### **d) Yüksek Basıncılı Susuzlaştırma Kademesi**

Perfore tamburlardan geçen çamur artık yüksek basınç uygulanarak susuzlaştırılabilir özelliktedir. Bu bölümde yer alan küçük çaplı 4 adet rilsan kaplı tamburda çamura maksimum basınç uygulanırken suyunu bırakması sağlanır.

#### **4.5.1.6.2 Belt Filtre Pres Yapısal Özellikleri**

##### **a) Taşıyıcı Konstrüksiyon**

Belt presler, güçlü bir taşıyıcı konstrüksiyona sahiptir. Belt pres gövdesi olabildiğince az parçalı imal edilmiş olup, açık dizaynı sayesinde, her noktaya ulaşarak kolaylıkla bakım yapılabilmektedir.

##### **b) Silindirler (Tamburlar)**

Belt preste, dört farklı tipte silindir kullanılmaktadır. Bunlar; sıkıştırma silindirleri (14 adet), gergi silindirleri (2 adet), tahrik silindirleri (2 adet) ve yönlendirme silindirleri (4 adet) olmak üzere toplam 22 adettir.

Sıkıştırma silindirleri yukarıda da izah edildiği gibi, 8 adedi kek kalınlığını ayarlama, 2 adedi düşük basınçla sıkıştırma, 4 adedi yüksek basınçla susuzlaştırma bölümünde olmak üzere toplam 14 adettir. Bunlara ilaveten alt tahrik tamburu da ayrıca basınçlı sıkıştırma tamburu olarak hizmet yapmaktadır.

Sıkıştırma silindirlerinin perfore olanları sıcak daldırma galvaniz, diğerleri rilsan kaplı siyah malzemedir. Rilsan teflon, bir korozyon koruyucu kaplama malzemesi olup, özellikle bu amaç için en uygun malzemedir. Rilsanın dayanıklılığı yanında, malzeme yapışmama özelliği sayesinde, beltin altına geçmesi kaçınılmaz olan filtratta kalan çamurun, silindirlere film halinde sıvanma riski ortadan kalkmaktadır. Bu özelliği nedeni ile, elektrostatik olarak kaplanan rilsan, paslanmaz çelik dahil her tür malzemeye tercih edilmektedir.

Gergi tamburları ile yardımcı yön tamburları (2 adet), aynen sıkıştırma tamburlarında olduğu gibi rilsan kaplı siyah malzemedir. Bant yönlendirme tamburları ise endüstriyel lastik (stiren butadien) kaplıdır. Belt germe ve yönlendirme düzeneği aşağıda ayrıca tarif edilmiştir.

Tahrik tamburları ise endüstriyel lastik kaplanarak, silindir dönme hareketinin, banda hiçbir kaymaya imkan verilmeyecek şekilde aktarılması sağlanmıştır.

**i Perfore Tambur Çap =500 mm**

PW :Bant Germe Basıncı (bar)	:	8
T :Et Kalınlığı (mm)	:	10
L :Yatak Ekseni (cm)	:	270,4
B :Bant Genişliği (cm)	:	250
G :Tambur Ağırlığı	:	259
P :Motor Gücü (kW)	:	2,2
n :Devir Sayısı (d/d)	:	6,5

**ii Perfore Tambur Çap =400 mm**

PW :Bant Germe Basıncı (bar)	:	8
T :Et Kalınlığı (mm)	:	10
L :Yatak Ekseni (cm)	:	270,4
B :Bant Genişliği (cm)	:	250
G :Tambur Ağırlığı	:	213
P :Motor Gücü (kW)	:	2,2
n :Devir Sayısı (d/d)	:	6,5

**iii Basınc Tamburu Çap =300 mm**

PW :Bant Germe Basıncı (bar)	:	8
T :Et Kalınlığı (mm)	:	10
L :Yatak Ekseni (cm)	:	270,4
B :Bant Genişliği (cm)	:	250
G :Tambur Ağırlığı	:	202
P :Motor Gücü (kW)	:	2,2

n :Devir Sayısı (d/d) : 6,5

**iv Basınç Tamburu** **Çap =250 mm**

PW :Bant Germe Basıncı (bar) : 8

T :Et Kalınlığı (cm) : 1,25

L :Yatak Ekseni (cm) : 270,4

B :Bant Genişliği (cm) : 250

G :Tambur Ağırlığı : 193

P :Motor Gücü (kW) : 2,2

n :Devir Sayısı (d/d) : 6,5

**v Basınç Tamburu** **Çap =220 mm**

PW :Bant Germe Basıncı(bar) : 8

T :Et Kalınlığı (mm) : 14

L :Yatak Ekseni (cm) : 270,4

B :Bant Genişliği (cm) : 250

G :Tambur Ağırlığı : 141

P :Motor Gücü (kW) : 2,2

n :Devir Sayısı (d/d) : 6,5

**vi Basınç Tamburu** **Çap =200 mm**

PW :Bant Germe Basıncı (bar) : 8

T :Et Kalınlığı (mm) : 20

B :Bant Genişliği (cm) : 250

G :Tambur Ağırlığı : 141

P	:Motor Gücü (kW)	:	2,2
n	:Devir Sayısı (d/d)	:	6,5

### c) Belt Germe ve Yönlendirme Sistemi

Belt pres, sürekli ayarlanabilen ve paralel hareket eden 2 adet belt germe cihazı ile teçhiz edilmiştir.

Belt pres en az eleman kullanılarak işletilebilen susuzlaştırma ekipmanı olup, genellikle başında eleman bulunmaksızın çalışırlar. Sürekli çalışan bu ekipmanda alt ve üst belt bazen aynı, bazen de farklı yönlere doğru yanal kaymalar yaparlar.

Belt preste bu hareket pnömatrik yönlendirme sistemi aracılığı ile ve sürekli olarak kontrol edilip düzeltilirler. Alt ve üst beltlerin yanal kaçmaları, proximity sensörleri ile kumanda edilen, tek taraftan oynak, diğer taraftan kayar mafsallı iki adet pnomatik silindir aracılığı ile önlenir.

#### i Üst Bant Germe Tamburu

Çap =200 mm

PW	: Bant Germe Basıncı (bar)	:	8
T	:Et Kalınlığı (mm)	:	10
L	:Yatak Ekseni (cm)	:	270,4
B	:Bant Genişliği (cm)	:	250
G	:Tambur Ağırlığı	:	124
P	: Motor Gücü (kW)	:	2,2
n	:Devir Sayısı (d/d)	:	6,5

#### ii Alt Bant Germe Tamburu

Çap =200 mm

PW	:Bant Germe Basıncı (bar)	:	8
T	:Et Kalınlığı (mm)	:	10
L	:Yatak Ekseni (cm)	:	270,4

B	:Bant Genişliği (cm)	:	250
G	:Tambur Ağırlığı	:	124
P	:Motor G¼c¼ (kW)	:	2,2
n	:Devir Sayısı (d/d)	:	6,5

#### **d) Tahrik Sistemi**

Belt pres, kademesiz olarak 1-6 devir/dakika arasında ayarlanabilen, mekanik varyat¼rlerle tahrik edilmektedir. Gelen amurun ¼zelliklerine g¼re, belt hızı belt pres çalışırken değiştirilebilir.

Sistemde kullanılan t¼m yataklar, ağır hizmet tipi oynak makaralı, keçeli, dış etkilere kapalı, toz korumalı ve gres yağlamalıdır. T¼m yataklar suyun ulaşamayacağı, şasenin dış kısımlarına monte edilmiş olmalarına rağmen, suya karşı ayrıca korumalıdırlar.

<b>i</b>	<b>Tahrik Tamburu</b>	<b>ap =170 mm</b>
PW	:Bant Germe Basıncı (bar)	: 8
T	:Et Kalınlığı (mm)	: 25
L	:Yatak Ekseni (cm)	: 270,4
B	:Bant Genişliği (cm)	: 250
G	:Tambur Ağırlığı	: 141
P	:Motor G¼c¼ (kW)	: 2,2
n	:Devir Sayısı (d/d)	: 6,5

#### **e) Kek Temizleme Sistemi**

Beltpres bantları ¼zerinde oluşan çamur, çıkışta banda olan baskısı pn¼matik olarak ayarlanan ve uygun gerginlikte tutulan plastik malzemedен mamul sıyrıcılarla banttан sıyrılarak, konvey¼r ¼zerine boşaltılırlar. Sıyrıcıların eğimi, boşaltma noktası konumuna g¼re ayarlayabilir.



Her iki tahrik tamburunda, tamburu belirli bir açı ile sıyıran kazıyıcı grupları bulunmaktadır. Bu gruplar keki tamburdan ayırır ve kek uzaklaştırma sistemine (konveyör, konteyner v.b.) sevk eder. Elek bant ile kazıyıcının birbiri ile iyi kontak yapması sıyırma işleminin iyi olması anlamına gelmektedir. Bu kontak makinenizde pnömatik pistonlar aracılığı ile sağlanmıştır. İşletme sırasında bazı lifli kekler kazıyıcıya yapışabilir. Bu zaman zaman kontrol edilmeli ve el ile temizlenmelidir.

Bu temizlik gerek kolaylık gerekse emniyet açısından makine çalışmaz iken ve pistonlar açık konumda iken yapılmalıdır.

Proseste kullanılan atığın cinsine göre zamanla elek banta temas eden kazıyıcı bıçaklarında aşınma meydana gelebilir. Böyle bir aşınmada ideal sıyırmanın yapılamayacağı aşıkardır. Kazıyıcı gruplarında bulunan oval delikler bu tür aşınmalarda bıçağın ayarı için konulmuş olup bu deliklerden bıçak ayarı tekrar yapılır ve çalışmaya devam edilir.

#### **Çamur susuzlaştırma ünitesinde kullanılan hava tahrikli ekipmanlar;**

Belt tipi yoğunlaştırıcı -> Bant düzeltme silindiri

Bant germe hava yastığı

Kek kazıma silindiri

Çizelge 4.8 Kullanılan ekipman özellikleri

Ekipman adı	Enstrüman adı	Çap (mm) D	Strok (mm) h	Adet
Belt tipi yoğunlaştırıcı	Bant düzeltme silindiri	63	200	1
Belt Pres	Bant düzeltme silindiri	63	200	2
Belt Pres	Bant germe hava yastığı	180	155	4
Belt Pres	Kek kazıma silindiri	32	100	2

Çamur susuzlaştırma ünitesindeki silindirlere kullanılan hava tüketimleri aşağıda maddeler halinde hesaplanmıştır:

**i. Belt tipi yoğunlaştırıcı, bant düzeltme silindiri;**

$$Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} h = \frac{\pi 0,63^2}{4} 2 = 0,623 \text{ lt / strok / a det} \quad (4.5)$$

Stok kullanım miktarı : %5

Stok kullanım sıklığı : 25 sefer/dakika

$$Q_1 = 0,623 \text{ lt / strok / a det} \times 1 \text{ a det} \times \%5 \times 25 \text{ sefer / dakika} = 0,779 \text{ lt / dakika} \quad (4.6)$$

**ii. Belt pres bant düzeltme silindiri,**

$$Q_1 = \frac{\pi D^2}{4} h = \frac{\pi 0,63^2}{4} 2 = 0,623 \text{ lt / strok / a det} \quad (4.7)$$

stok kullanım miktarı : %5

stok kullanım sıklığı : 25 sefer/dak (ekipman çalışmasında ölçülen değerlerdir)

$$Q_2 = 0,623 \text{ lt / stok / a det} \times 2 \text{ a det} \times \%5 \times 25 \text{ sefer / dak} = 1,558 \text{ lt / dak} \quad (4.8)$$

**iii. Belt pres, bant germe hava yastığı;**

$$Q_3 = \frac{\pi \times D^2}{4} \times h = \frac{\pi \times (1,8)^2}{4} \times 1,55 = 3,944 \text{ lt / strok / a det} \quad (4.9)$$

Stok kullanım miktarı : %50

Stok kullanım sıklığı : Günde 2 defa 0,00138 sefer/dak

$$Q_3 = 3,944 \text{ lt / stok / a det} \times 4 \text{ a det} \times \%50 \times 0,00138 \text{ sefer / dak} = 0,011 \text{ lt / dak} \quad (4.10)$$

#### iv. Belt pres, kek kazıma Silindiri;

$$Q_4 = \frac{\pi \times D^2}{4} \times h = \frac{\pi \times (0,32)^2}{4} \times 1 = 0,080 \text{ lt / strok / a det} \quad (4.11)$$

Stok kullanım miktarı: %75

Stok kullanım sıklığı: günde 2 defa 0,00138 sefer/dak (ekipman çalışmasında ölçülen değerlerdir)

$$Q_4 = 0,080 \text{ lt / strok / a det} \times 2 \text{ a det} \times \%75 \times 0,00138 \text{ sefer / dak} = 0,0002 \text{ lt / dak} \quad (4.12)$$

Sistemdeki hava tüketimi

$$Q_4 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 0,779 + 1,558 + 0,011 + 0,0002 = 2,348 \text{ lt / dak} \quad (4.13)$$

Kompresör basıncı :10 bar

$$\text{Kompresör hava emiş debisi : } 2,348 \text{ lt/dak} \times 10 \text{ bar} = 23,48 \text{ lt/dak} \quad (4.13)$$

Seçilen kompresör kapasitesi : 100 lt/dak

#### f) Bant Yıkama Sistemi

Belt presin susuzlaştırma verimleri, çalışma sırasındaki bezin temizliği ile doğrudan bağlantılıdır. Bunu teminen, alt ve üst beltler üzerindeki kek, pres çıkışındaki sıyrıcılarla temizlendikten sonra, basınçlı su yardımı ile yıkanır.

Yıkama sistemi alt ve üst belt için ayrı olmak üzere 2 adettir. Belt preste kullanılan belt yıkama düzeneği, tek hat üzerinde çizgi halinde basınçlı su püskürtülmesini temin eden nozullarla donatılmışlardır. Bandın bir yüzünde su püskürtme düzeni, diğer yüzünde de toplama düzeni olmak üzere iki parçadan oluşan bu sızdırmaz sistemde kullanılan nozullar self cleaning tip olup, dış müdahale olmadan kendi kendini temizleyebilme özelliğine sahiptir.

Susuzlaştırma işlemi sırasında oluşan kek kazıyıcılar vasıtası ile elek bant üzerinden alınır. Bu arada elek bantın gözleri tıkanmış olabilir. Bu gözleri açmak ve bant üzerinde sıyrılmadan kalabilen kekleri temizlemek gerekir. Gerek üst elek bandın gerekse alt elek bandın temizlenmesi için makinenin üst ve alt kısmında tamamen sızdırmaz yıkama kasaları bulunmaktadır. Elek bant bu kasaların içinden geçerken püskürtülen basınçlı su elekleri temizler.

Manuel yıkama sistemlerinde, kullanılan nozulların tıkanmasını önlemek için 2 saat arayla yıkama suyu hattının çıkışındaki vananın kapatılıp açılması gerekmektedir. Eğer elek bantta temizlenemeyen boyuna kek oluşumları göze çarparsa yukarıda anlatılan işlem tekrarlanarak problem giderilir. Otomatik yıkama sistemlerinde yıkama suyu çıkış hattında sırasıyla 1 adet pnömatik actuatörlü vana açılır, Manuel vana püskürtme nozullarındaki yayın açılacağı basınç değerine ulaşana kadar kısılarak ayarlanır. İşletme sırasında pnömatik actuatörlü vana ayarlanan zaman aralıklarında açılıp kapanarak yıkama sistemindeki nozulların tıkanmasını önler. Etkili bir temizleme için püskürtülen suyun besleme basıncı min. 6 bar olmalıdır.

Elek bant temizleme suyunun püskürtme nozullarını çabuk tıkamaması için besleme suyunun temiz hattan alınması önerilir. Aksi takdirde sık sık temizlik yapılması zorunlu olacaktır.

#### **g) Drenaj Sistemi**

Belt presin her kademesinde elde edilen filtrat, ayrı ayrı toplama tavaları aracılığı ile toplanarak, PVC borulama vasıtası ile uzaklaştırılırlar. Susuzlaştırma operasyonundan süzülen su drenaj kanallarına tasfiye edilir.

#### **h) Filtre Beltler**

Susuzlaştırılmak istenen çamur karakterine ve bu çamurun şartlandırma sonuçlarına göre belirlenen, her ikisi de aynı malzemededen mamul (polyester, polipropilen vb) 2 adet belt vardır.

Bu beltler, silindirler üzerinde kolaylıkla hareket edebilecek esneklikte ve üzerine uygulanan basıncı taşıyabilecek sağlamlıkta imal edilmektedirler.

#### **i) Güvenlik Önlemleri**

Belt preste beltlerin hareketleri, belt yönlendirilmesi için ve aşırı yüklemelere karşı otomatik güvenlik ve kontrol sistemleri ile teçhiz edilmişlerdir.

Belt gerginliği kontrol eden sistem, pnömatik sistemdeki önlemlere rağmen beltin herhangi bir nedenle aşırı gerilmesi halinde, proximity sensörleri aracılığı ile devreye girerek, tüm sistemi durdurmakta ve isteğe bağlı olarak sesli veya ışıklı (veya her ikisi) ikaz vermektedir.

Aynı şekilde belt yönlendirme sistemi, proximity sensörler vasıtası ile elektro pnömatik olarak kontrol edilmekle beraber, herhangi bir nedenle bantta tahribata neden olacak düzeyde aşırı kaçma söz konusu olduğunda, devreye ikinci bir sensör sistemi girerek, tüm sistemi durdurup, müdahale edilinceye kadar ses veya ışıkla ikaz verecektir.

Benzer şekilde; yıkama suyunun gelmediği durumlarda Belt presin çalışması; belt presin çalışmadığı durumlarda, daha önceki kademede yer alan, pompanın, polimer hazırlama ünitesi vb. sistemlerin de otomatik olarak durması gibi, tesisin bütününe ilgilendiren koruma önlemleri de, kontrol panelinde yer almaktadır.

Çizelge 4.9 Belt Presin Teknik Özellikleri

<b>Ekipman ile ilgili özellikler</b>	
Belt germe ve yönlendirme sistemi	Pnömatik kontrollü
Bant koruma	Limit sensörleri ile
Çamur kazıma şekli	Pnömatik
Yıkama düzeni	Kesintisiz çalışabilir
Belt hızı	0,8 – 4 m/dk
Belt genişliği	2,5 m
<b>Motor ve güç bilgileri</b>	
Motor gücü/devri	2,2 kW/1500 rpm
<b>Aksesuar özellikleri</b>	
Kompresör (basınç/debi)	8 bar / 100 lt/dk
Yıkama suyu ihtiyacı	17,5 m <sup>3</sup> /saat , 6 bar

#### 4.5.1.7 Belt Yıkama Suyu Pompası

Belt filtre preste çamurun susuzlaştırılması için betlin etkin bir şekilde temizlenmiş olması gerekmektedir. Belt filtre preste beltin temizliği self-cleaning sistemi ile yapılmaktadır.

Çizelge 4.10 Belt yıkama suyu pompası teknik özellikleri

<b>Genel</b>	
Pompa debisi	30 m <sup>3</sup> /saat
Çalışma basıncı	6 bar
<b>Motor ve güç bilgileri</b>	
Motor gücü	7,5 kW
Motor devri	2900 rpm

### Yıkama Suyu Hesabı

Nozul sayıları;

Belt tipi yoğunlaştırıcıda : 14 adet

Belt preste : 18 adet

Toplam nozul sayısı : 32 adet

Nozul geçirgenliği : 6,7 lt/dak/adet (\*)

(\*) Üretici firma verisidir.

Toplam yıkama suyu ihtiyacı = Nozul sayısı × geçirgenlik

$$= 32 \text{ adet} \times 6,7 \text{ lt/dak/adet} = 214 \text{ lt/dak} \quad (4.14)$$

$$= 12,8 \text{ m}^3/\text{saat}$$

seçilen yıkama suyu pompa kapasitesi : 25 m<sup>3</sup>/saat

### 4.5.1.8 Kontrol Paneli

Belt filtre pres, çamur besleme pompası, belt yıkama suyu pompası, polielektrolit hazırlama ünitesi ve dozlama pompasını kumanda eden lokal kontrol panelidir.

İşletme sırasında bant normal konumundan sağa veya sola kaçabilir. Dengelenmeyecek kuvvetler meydana gelmişse bu kaçıklıklar kumanda tamburları ile de giderilemeyebilir. Bu durumda bandın sağa veya sola bindirip hasar göreceği aşıkardır. İşte bu çeşit durumları önlemek için yerleştirilen sensörler devreyi tamamen keser ve makine düzeltilene dek çalışmaz. Sensörler konum itibari ile büyük elek tamburun sağında ve solunda bulunup her iki bandın da çalıştığı konuma yerleştirilmiş olup iki bandın da emniyetini sağlamışlardır.

#### 4.5.1.9 Kompresör

Belt filtre pres pnömatik aksamı için gerekli hava ihtiyacını karşılayacak kompresördür.

Çizelge 4.11 Kompresör teknik özellikleri

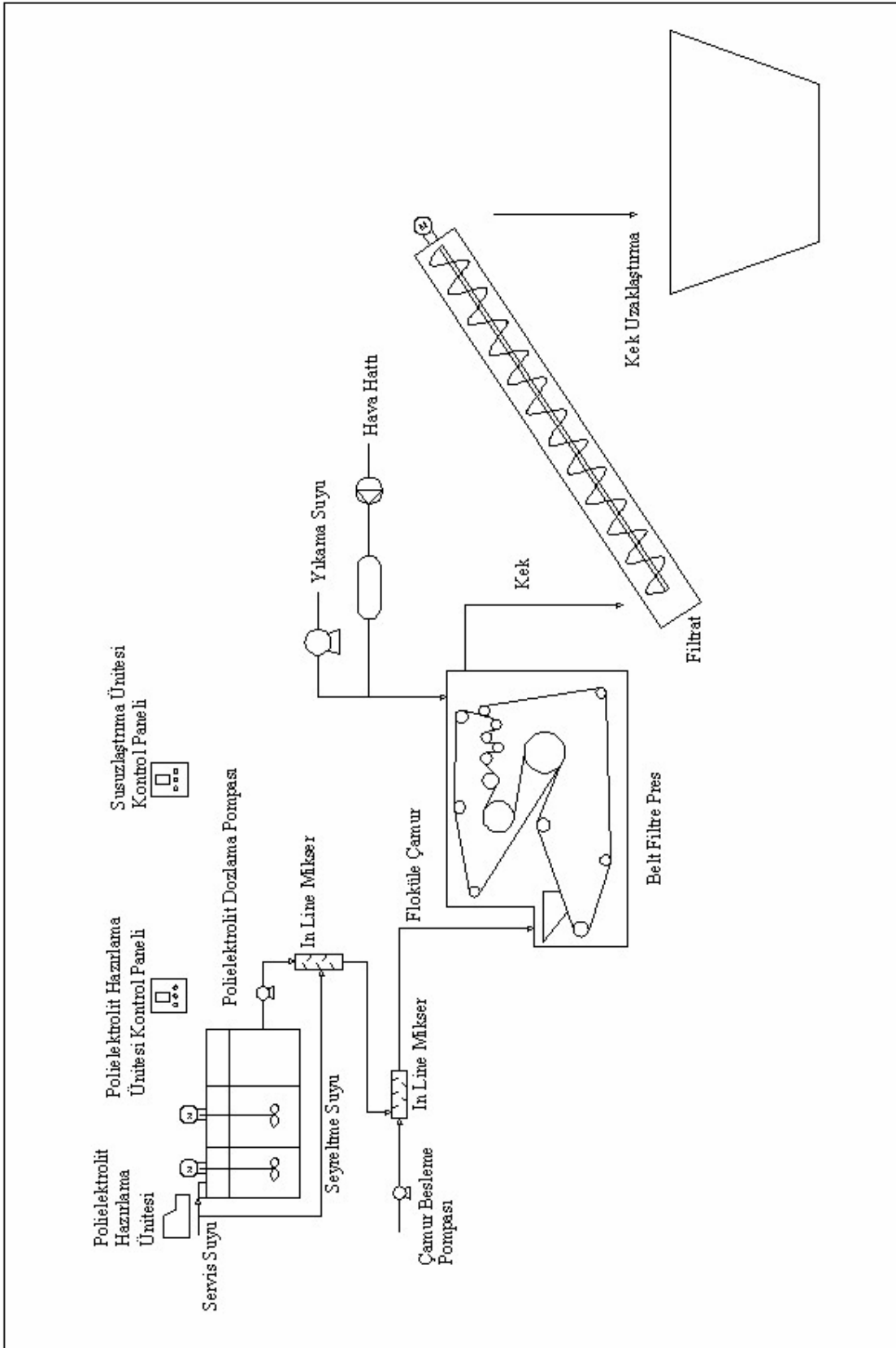
Kapasite	100 lt/dak
Basınç	8 bar

#### 4.5.1.10 Kek Uzaklaştırma Konveyörü

Belt filtre presten çıkan kekin bina dışındaki konteyner vb. ekipmana nakli için bant tipi konveyör düşünülmüştür.

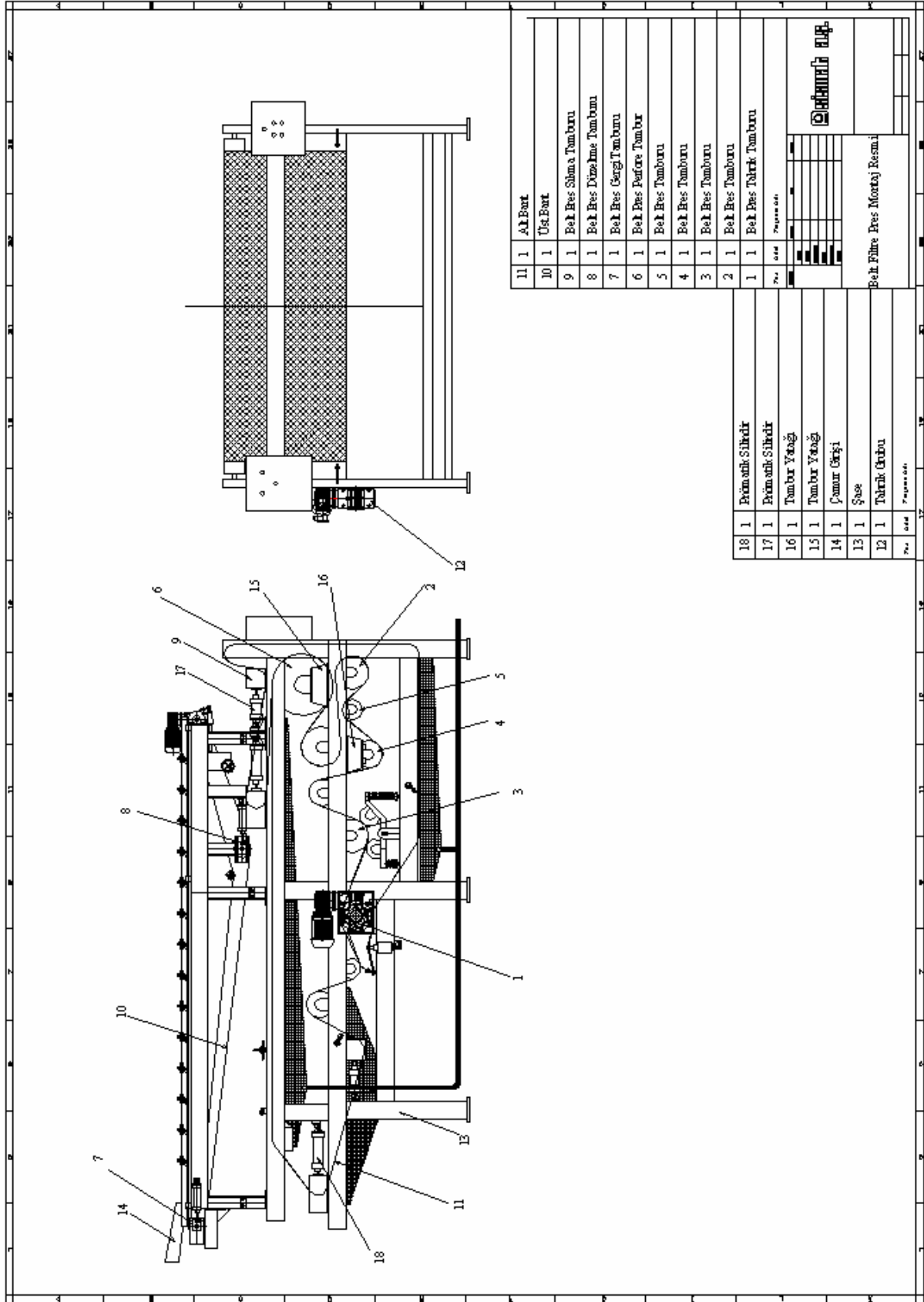
Çizelge 4.12 Kek uzaklaştırma konveyörü teknik özellikleri

<b>Ekipman ile ilgili bilgiler</b>	
Bant genişliği	500 mm
Taşıma mesafesi	10000 mm (kabul edilmiştir, yerleşime bağlı değişebilir)
Montaj açısı	0°
Bant hızı	0,3 m/sn
<b>Motor ve güç bilgileri</b>	
Motor gücü/devri	0,75 kW/1500 rpm



Şekil 4.4 Çamur susuzlaştırma sistemi proses akış şeması





Şekil 4.5 Belt filtre pres genel görünüş

## SONUÇ

Yapılan bu çalışma, artan yaşam kalitesinin ve gelişen teknolojinin bir sonucu önümüze bir ihtiyaç olarak çıkan arıtma sularında çamur susuzlaştırma işlemlerine genel bir bakış olarak nitelendirilebilir. Halihazırda mevcut sistemler, bu amaç doğrultusunda birer birer ele alınarak çalışma şartlarına göre avantaj ve dezavantajları belirlenmiştir.

Daha sonra örnek bir ham su arıtma tesisinin çalışma koşulları değerlendirilip bu koşullara en iyi karşılık verecek susuzlaştırma sistemi belt filtre pres olarak seçilmiştir. Belt filtre presin, seçime esas değerler göz önüne alınarak tasarımı yapılmıştır.

Kullanılacak mekanik susuzlaştırma ekipmanları susuzlaştırılması istenen çamurun cinsine, kapasiteye ve çıkışta istenen katı madde muhtevasına bağlı olarak seçilmiştir.

Tesise gelen çamurlu suyun susuzlaştırılması için; diğer susuzlaştırma sistemlerine göre ilk yatırım maliyeti ve işletme giderleri açısından daha uygun bulunduğu için, sürekli çalışan bir sistem olan belt filtre presin kullanılması uygun görülmüştür.

Çamurun şartlandırılmamış hali suyunu bırakma özelliğine sahip değildir. Çamurun doğal yapısı nedeni ile suyunu bırakması söz konusu olmadığı için kullanılan ekipmana bağlı olarak uygulanan yöntem farklıdır. Belt filtre preslerde çamura uygulanan basınç yüksektir ve bu basınç bazı proseslerde şartlandırma işlemi yapılmadan çamurun susuzlaşmasını sağlar.

Belt filtre presler çalışma prensipleri gereği çamur suyunun önemli bir bölümünü ön susuzlaştırma ünitesinde bırakması esasına göre dizayn edildiği için çamur suyunu ek bir basınç uygulamadan kolay bırakabilir hale getirmesi, sistemin verimliliği açısından olumlu bir etken olmuştur. Çamurun suyunu kolay bırakabilmesi ve susuzlaşma veriminin artması çamura ilave edilecek polielektrolit ile sağlanmaktadır.

Yapılan hesaplamalar sonucunda örnek bir tesise çamur susuzlaştırma sistemi tasarımı yapılmıştır. Bu aşamadan sonra sistemin çalışması irdelenerek verimliliğin artması ve işletme maliyetlerinin düşürülmesi için çalışmalar yapılabilir.

**KAYNAKLAR**

- APHA, AWWA, WEF; 1992. "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater." 18. Baskı..
- Chu, C. W., Poon, C.S., Cheung, R.Y.H. (1998), "Characterization of raw sludge, chemically modified sludge and anaerobically digested sludge in Hong Kong."
- DHV Consultants BV (2005), Amersfoort, Netherland; R&R Bilimsel ve Teknik Hizmetler Yayınları (2005), İstanbul
- EPA (1987), "Design Manual, Dewatering Municipal Wastewater Sludges." (EPA/625/1-87/014). Cincinnati, Ohio 45268.
- Filibeli, A. (1996), "Aritma Çamurlarının İşlenmesi", Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir
- Filibeli, A. (2005), "Aritma Çamurlarının İşlenmesi ve Bertarafı Semineri Eğitim Notları", İzmir
- Hing, C.L.; Zenz, D.R.; Kuchenrither, R. (1992), "Municipal Sewage Sludge Management Processing, Utilization and Disposal". Technomic Publishing Company, Inc.
- İşgenç, M.F (2005), "Aritma Çamurlarının İşlenmesi ve Bertarafı Semineri Eğitim Notları", İzmir
- Külling, Stadelmann & Herter, (2001), "Sewage sludge – fertilizer or waste? UKWIR conference Brussels", 30 -31.10.01
- Metcalf & Eddy, (1992), "Wastewater Engineering, Treatment, Disposal, Reuse"
- Spinosa, L.; Vesilind, P.A (2001), "Sludge into Bosolids-Processing, Disposal and Utilization"; IWA Publishing, UK, ISBN 1 900222 08 6.
- U.S.EPA. (1974), "An Alternative Septage Treatment Method: Lime Stabilization/Sand-Bed Dewatering"EPA/600/2-75-036, September.
- U.S. EPA. (1994), " Guide To Septage Treatment and Disposal" EPA/625/R-94/002, September.
- Vesilind, P.A. (1979), " Treatment and Disposal of Wastewater Sludges"; Ann Arbor Sciences, Michigan, USA.
- Water Science&Technology 38, 2, 25-32,

**INTERNET KAYNAKLARI**

- [1]<http://www.atolab.com>
- [2][http://www.alfalaval.com/digitalassets/2/file26038\\_0\\_decanter.pdf](http://www.alfalaval.com/digitalassets/2/file26038_0_decanter.pdf)
- [3]<http://aquatecmaxcon.com.au/seqagetreatment/ms.asp?stage=thickening>
- [4]<http://www.bhrgroup.co.uk>
- [5]<http://www.biosolids.state.va.us>
- [6]<http://web.deu.edu.tr/atiksu>
- [7]<http://www.delhijalboard.com>
- [8]<http://www.dintrade.fi/ekosep/>
- [9]<http://www.elscolab.nl>
- [10]<http://www.filterpressen.de>
- [11]<http://www.huber.de>
- [12]<http://www.ist-anlagenbau.de/>
- [13]<http://www.italocorotondo.it>
- [14]<http://www.mmo.org.tr>
- [15]<http://www.lenntech.com>
- [16]<http://www.solidliquid-separation.com/>
- [17]<http://www.vexamus.com/product13.htm>

**EKLER**

- Ek 1 BeltFiltrePres Kapasite Karşılaştırma Katalogu
- Ek 2 MBP Serisi Beltfiltrepres Katalogu
- Ek 3 VSP Serisi Beltfiltrepres Katalogu
- Ek 4 LBP Serisi Beltfiltrepres Katalogu
- Ek 5 HBP Serisi Beltfiltrepres Katalogu





## Ek 2 MBP Serisi Beltfiltrepres Katalogu

### MBP SERİSİ BELTFİLTREPRESLER



MBP series beltfilterpresses have a light but rigid construction. The beltfilterpress frame is manufactured with an open structure to allow easy access and intervention, however if a closed structure is preferred, it can be modified with the addition of a lid that can easily be dismantled. The support frame material can be either carbon steel or stainless steel as preferred.

In the section of cake thickness adjustment and preparation to

squeezing, there are a total of 8 adjustable drums; 4 on top and 4 at the bottom. The squeezing section comprises a total of 4 squeezing drums, of which 2 are perforated and are located in the low-pressure squeezing section, and 2 are Rilsan coated and are in the high-pressure squeezing section.

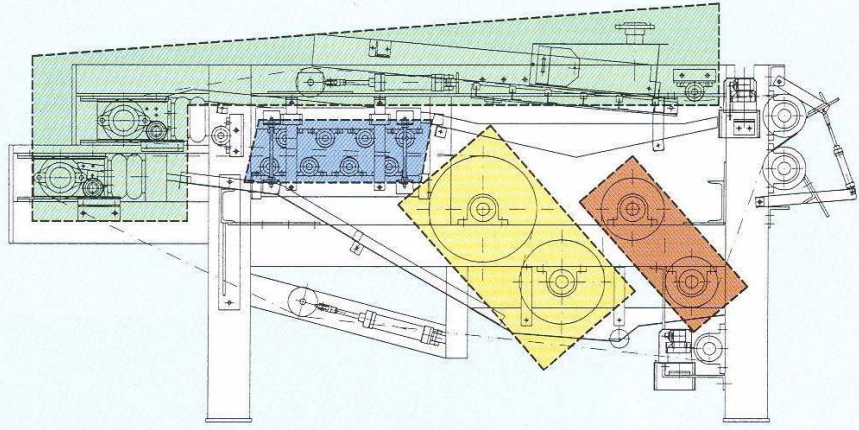
Furthermore, the hydraulic capacity and solids loading can be increased and a cake output with higher solids content can be obtained through the addition of the required number of drums.

■ Ön susuzlaştırma kademesi  
Pre-dewatering step

■ Kek kalınlığını ayarlama kademesi  
Cake thickness adjustment and preparation to squeezing step

■ Düşük basınçla sıkıştırma kademesi  
Low-pressure squeezing step


■ Yüksek basınçla sıkıştırma kademesi  
High-pressure squeezing step

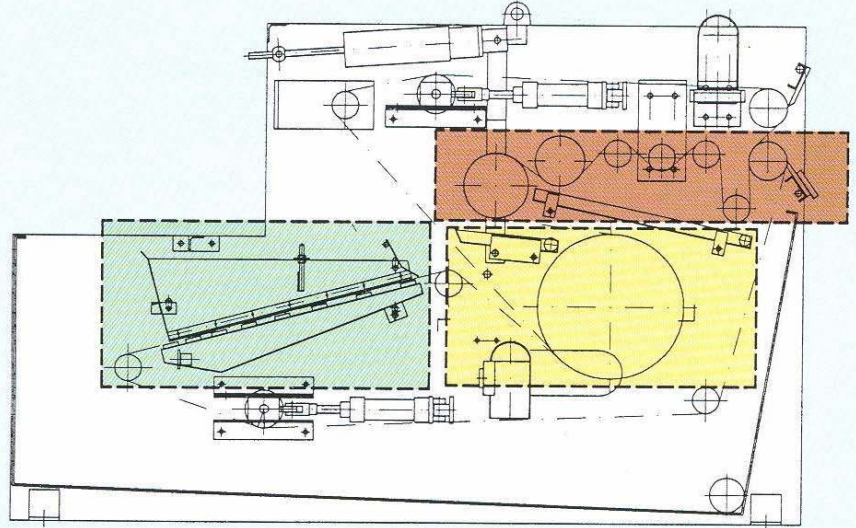


MODEL	Birim Unit	MBP 10	MBP 15	MBP 20	MBP 25
Belt genişliği Belt width	mm	1000	1500	2000	2500
Genişlik Width	mm	1800	2300	2800	3300
Uzunluk Length	mm	4020	4020	4020	4020
Yükseklik Height	mm	1900	1900	1900	1900
Boş ağırlık Empty weight	kg	4200	4800	6555	7850
Motor gücü Motor power	kW	1.1	1.5	2.2	2.2
Belt hızı Belt speed	m/dak. m/min.	1 - 4	1 - 4	1 - 4	1 - 4
Yıkama suyu ihtiyacı Washing water requirement	m <sup>3</sup> /saat m <sup>3</sup> /h	7	11	14	18
Hava ihtiyacı Air requirement	lt/dak. lt/min.	100	100	100	100
	bar	8	8	8	8
Belt germe Belt tension		Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic
Belt düzeltme Belt alignment		Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic
Çamur kazıma Sludge scraping		Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic
Belt koruma Belt protection		Proximity Limit Sensör ile with Proximity Limit Sensor	Proximity Limit Sensör ile with Proximity Limit Sensor	Proximity Limit Sensör ile with Proximity Limit Sensor	Proximity Limit Sensör ile with Proximity Limit Sensor
Yıkama nozulları Washing nozzles		Kendinden temizlemeli Manually cleaned	Kendinden temizlemeli Manually cleaned	Kendinden temizlemeli Manually cleaned	Kendinden temizlemeli Manually cleaned

## Ek 3 VSP Serisi Beltfiltrepres Katalogu

## VSP SERİSİ BELTFİLTREPRESLER

-  **Ön susuzlaştırma kademesi**  
Pre-dewatering step
-  **Düşük basınçla sıkıştırma kademesi**  
Low-pressure squeezing step
-  **Yüksek basınçla sıkıştırma kademesi**  
High-pressure squeezing step



MODEL	Birim Unit	VSP 10
Belt genişliği Belt width	mm	1000
Genişlik Width	mm	1675
Uzunluk Length	mm	1500
Yükseklik Height	mm	1300
Boş ağırlık Empty weight	kg	2060
Motor gücü Motor power	kW	0.75
Belt hızı Belt speed	m/dak. m/min.	1.31 - 3.95
Yıkama suyu ihtiyacı Washing water requirement	m <sup>3</sup> /saat m <sup>3</sup> /h	7
	bar	6
Hava ihtiyacı Air requirement	lt/dak. lt/min.	100
	bar	6
Belt germe Belt tension		Mekanik Mechanical
Belt düzeltme Belt alignment		Prömatik Pneumatic
Çamur kazıma Sludge scraping		Mekanik Mechanical
Belt koruma Belt protection		Proximity Limit Sensör ile with Proximity Limit Sensor
Yıkama nozulları Washina nozzles		Kendinden temizlemeli Manually cleaned

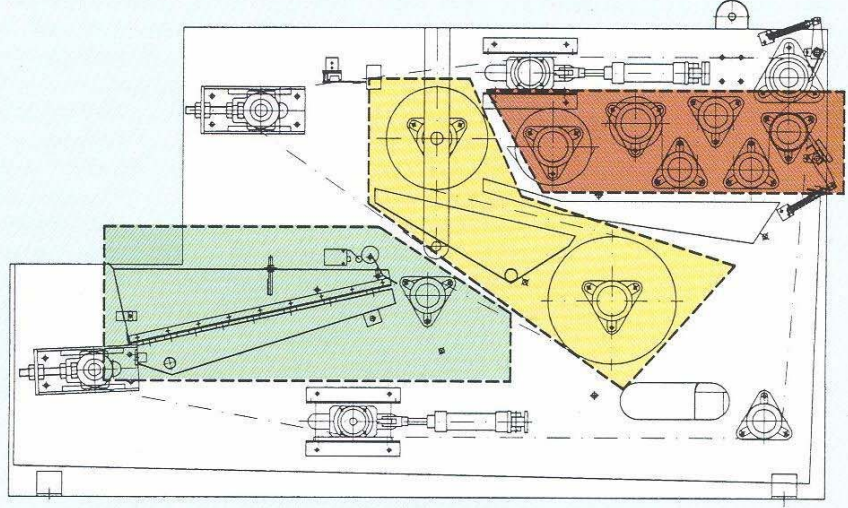


## Ek 4 LBP Serisi Beltfiltrepres Katalogu

### LBP SERİSİ BELTFİLTREPRESLER



- **Ön susuzlaştırma kademesi**  
Pre-dewatering step
- **Düşük basınçla sıkıştırma kademesi**  
Low-pressure squeezing step
- **Yüksek basınçla sıkıştırma kademesi**  
High-pressure squeezing step



MODEL	Birim Unit	LBP 10	LBP 15
Belt genişliği Belt width	mm	1000	1500
Genişlik Width	mm	1746	2246
Uzunluk Length	mm	2600	2600
Yükseklik Height	mm	1500	1500
Boş ağırlık Empty weight	kg	1700	2000
Motor gücü Motor power	kW	1.1	1.5
Belt hızı Belt speed	m/dak. m/min.	1 - 3.3	1 - 3.3
Yıkama suyu ihtiyacı Washing water requirement	m <sup>3</sup> /saat m <sup>3</sup> /h	7	11
Hava ihtiyacı Air requirement	bar	6	6
	bar	6	6
Belt germe Belt tension		Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic
Belt düzeltme Belt alignment		Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic
Çamur kazıma Sludge scraping		Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic
Belt koruma Belt protection		Proximity Limit Sensör ile with Proximity Limit Sensor	Proximity Limit Sensör ile with Proximity Limit Sensor
Yıkama nozulları Washing nozzles		Kendinden temizlemeli Manually cleaned	Kendinden temizlemeli Manually cleaned



## Ek 5 HBP Serisi Beltfiltrepres Katalogu

### HBP SERİSİ BELTFİLTREPRESLER



Çamur dağıtım düzeni  
Pillow blocks

In HBP series, dewatering takes place in four steps.

- Pre-dewatering step
- Cake thickness adjustment and preparation to squeezing step
- Low-pressure squeezing step
- High-pressure squeezing step

HBP series beltfilterpresses have a light but rigid construction. The beltfilterpress frame is manufactured with an open structure to allow easy access and intervention, however if a closed structure is preferred, it can be modified with the addition of a lid that can easily be dismantled. The support frame material can be either carbon steel or stainless steel as preferred. The pillow

blocks utilised in the distribution structure allow effective contact between the sludge and the belt surface, and to maximize pre-dewatering efficiency.

In HBP model beltfilterpresses, a perforated curve is present in the section of cake thickness adjustment and preparation to squeezing. The squeezing section comprises a total of 7 squeezing drums, of which 2 are perforated and are located in the low-pressure squeezing section, and 5 in the high-pressure squeezing section.

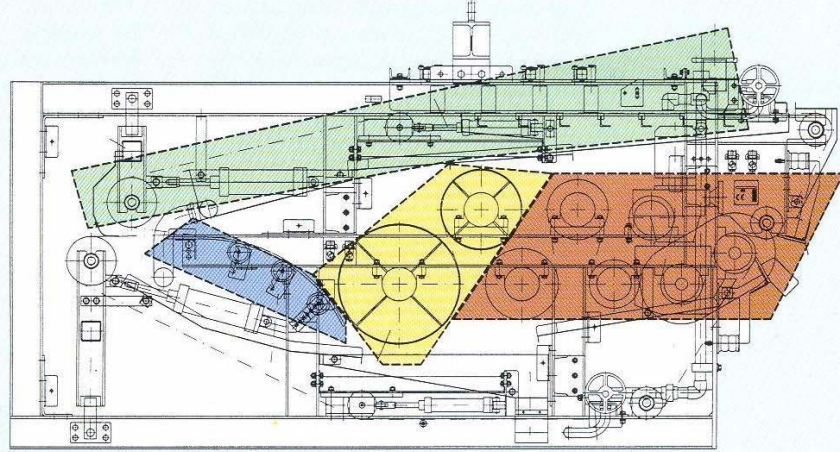
Furthermore, the hydraulic capacity at solids loading can be increased and a cake output with higher solids content can be obtained through the addition of the required number of drums.

Ön susuzlaştırma kademesi  
Pre-dewatering step

Kek kalınlığını ayarlama kademesi  
Cake thickness adjustment and preparation to squeezing step

Düşük basınçla sıkıştırma kademesi  
Low-pressure squeezing step

Yüksek basınçla sıkıştırma kademesi  
High-pressure squeezing step



MODEL	Birim Unit	HBP 10	HBP 15	HBP 20	HBP 25
Belt genişliği Belt width	mm	1000	1500	2000	2500
Genişlik Width	mm	1900	2400	2900	3400
Uzunluk Length	mm	4020	4020	4020	4020
Yükseklik Height	mm	1920	1920	1920	1920
Boş ağırlık Empty weight	kg	3550	4600	5650	6700
Motor gücü Motor power	kW	3	3	3	3
Belt hızı Belt speed	m/dak. m/min.	1.8 - 5.6	1.8 - 5.6	1.8 - 5.6	1.8 - 5.6
Yıkama suyu ihtiyacı Washing water requirement	m <sup>3</sup> /saat m <sup>3</sup> /h	7	11	14	18
	bar	6	6	6	6
Hava ihtiyacı Air requirement	lt/dak. lt/min.	125	125	125	125
	bar	10	10	10	10
Belt germe Belt tension		Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic
Belt düzeltme Belt alignment		Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic
Çamur kazıma Sludge scraping		Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic	Pnömatik Pneumatic
Belt koruma Belt protection		Proximity Limit Sensör ile with Proximity Limit Sensor	Proximity Limit Sensör ile with Proximity Limit Sensor	Proximity Limit Sensör ile with Proximity Limit Sensor	Proximity Limit Sensör ile with Proximity Limit Sensor
Yıkama nozulları Washing nozzles		Kendinden temizlemeli Manually cleaned	Kendinden temizlemeli Manually cleaned	Kendinden temizlemeli Manually cleaned	Kendinden temizleme Manually cleaned

**ÖZGEÇMİŞ**

Doğum tarihi 01.11.1978

Doğum yeri İstanbul

Lise 1993-1996 Kartal Anadolu İmam Hatip Lisesi

Lisans 1996-2000 Yıldız Üniversitesi Mühendislik Fak.  
Makine Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2000-2005 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Makina Müh. Anabilim Dalı, Konstrüksiyon  
Programı

**Çalıştığı kurum(lar)**

2001-2003 Lazertek Mühendislik Ltd.

2004-Devam ediyor ERDEMİR T.A.Ş