

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KAĞIT FABRİKASI ATIK SUYUNUN GERİ KULLANIMI

Kimya Mühendisi Recep AKAY

FBE Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı Programında Hazırlanan

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ülker BEKER

İSTANBUL, 2010

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

İÇİNDEKİLER	ii
SİMGE LİSTESİ	iii
KISALTMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vi
ÖNSÖZ	vii
ÖZET	viii
ABSTRACT	ix
1 GİRİŞ.....	1
2 KAĞIT ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ.....	3
2.1 Tarihçe	3
2.2 Kağıt türleri ve kullanım alanları.....	6
2.3 Kağıt Türlerine Göre Üretim ve Tüketimler.....	7
2.4 Dünyadaki Gelişmeler	8
2.5 Türkiye'deki Gelişmeler	10
2.6 Kağıt Makinasının Kısımları.....	13
3 KAĞIT ve ÇEVRE.....	17
3.1 Kağıt Hammaddeleri ve Çevresel Etkileri.....	17
3.2 Odun Kaynaklı Kağıt Üretiminde Çevresel Etkileri.....	18
3.3 Atık Kağıt Kullanımı ve Çevre Açısından Avantajları.....	20
3.4 Kağıt Üretimi ve Su Kullanımı	26
3.5 Kağıt Tesisinde Su Çevrimleri	8
3.6 Kağıt Tesisi İçinde Geri Kullanımlar.....	29
4 DENEYSEL ÇALIŞMA.....	31
4.1 Arıtma Tesisinin Kağıt Tesisindeki Yeri	31
4.2 Arıtma Tesisinin Kısımları	31
4.3 Arıtma Tesisinin Tasarımı	32
4.4 Arıtma Tesisinin Taze Su Kullanımının Düşürülmesine Katkıları	36
4.5 Arıtma Tesisinde Yumuşatma ve Türbidite Giderimi.....	36
5 SONUÇLAR	51
EKLER	53
KAYNAKLAR	56
ÖZGEÇMİŞ	57

SİMGE LİSTESİ

b	Tahmin edilen gerçek değişkenli denklemin katsayıları
F	Fisher katsayısı
MS	Karelerin ortalaması
n	Bağımlı değişken sayısı
R	Regresyon katsayısı
S _{bj}	Regresyon katsayısı standart hatası
S _e	Standart hata
SS	Kareler toplamı
t	Student t dağılımı
Topla	Excel'de kullanılan toplama
Topla.çarpım(x,y)	x ve y kolonlarının aynı satırları çarpımının toplanması
x	Faktör uzayında gerçek değişkenlerin aldığı değerler
y	Fonksiyon
z	Gerçek değişken değerleri
β	Tahmin edilen faktöryel değişkenli denklemin katsayıları
Φ	Gerçek değişkenlere veya faktörlere göre incelenen fiziksel olayda fonksiyon

KISALTMA LİSTESİ

- AKM – Askıda katı madde
AOX – Atık suda klorlu maddeler
BOİ - Biyolojik oksijen ihtiyacı mg/lt
DCS - Çözölmüş askıdaki kolloidal maddeler
DIP - Mürekkebi alınmış kağıt
EİT - En iyi Teknoloji, Teknikler
KOİ - Kimyasal Oksijen ihtiyacı
N - sudaki azot
P - sudaki fosfor
RCF - Recycled fiber= Atık Kağıt

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1 Ükelere göre kişi başı tüketimler	3
Şekil 2.2 İlkel kağıt üretimi aşamaları.....	4
Şekil 2.3 İlkel bir kağıt makinasının yaş kısmı	5
Şekil 2.4 Modern bir kağıt Makina salonundan bir görüntü	6
Şekil 2.5 Kişi başı kağıt karton tüketimi	8
Şekil 2.6 CEPİ ülkelerinde kağıt üretimi ve kağıt tesisi sayısı.....	9
Şekil 2.7 Dünyada kağıt tüketimi	10
Şekil 2.8 Cumhuriyet döneminde ilk kağıt üreten ekip.....	11
Şekil 2.9 Selüloz ve kağıt tesislerinin genel yerleşimleri	15
Şekil 3.1 Atık kağıt toplama ve kullanma oranları	24
Şekil 3.2 Kağıt makinası kısımlarında su giderilmesi.....	26
Şekil 3.3 Kağıt tesisinde genel su çevrimi	28
Şekil 4.1 Kağıt tesisinde su çevrimi	31
Şekil 4.2 Su Tüketimine göre arıtma girişinde KOİ yükü	34
Şekil 4.3 DAF ünitesi	37
Şekil 4.4 Kağıt tesisinden atık su çıkışında sertlik	37
Şekil 4.5 Deney 3 için excel regresyon başlangıç çıktısı	46
Şekil 4.6 Satandart hatanın en az olduğu regresyon çıktısı	47
Şekil 4.7 Normal dağılımın değişkenlerde gösterilmesi	49
Şekil 4.8 Pareto Grafiği (Deney 3 JMP Çıktısı).....	49
Şekil 4.9 İç Etkileşimlerin türbidite üzerine etkileri (JMP çıktısında-deney3).....	50
Şekil 4.10 Türbidite Yüzeyin Değişkenlere Göre Extremum Noktası.....	50

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Kağıt türleri ve kullanım alanları.....	6
Çizelge 2.2 SEKA tesisleri özelleştirme tarihleri	12
Çizelge 2.3 Kağıt ve karton kapasitesinin ülkemiz bölgelerine göre dağılımı.....	13
Çizelge 3.1 Atık kağıt toplama ve kullanım oranları	25
Çizelge 3.2 Kağıt tiplerine göre çevresel salımlar	27
Çizelge 3.3 Kağıt tesisinde seyreltme koyulaştırma ve buharlaştırma aşamaları.....	29
Çizelge 4.1 Kağıt tesisinde arıtmayla entegre olan sistemin operasyonel verileri	32
Çizelge 4.2 Çıkış suyu kalitesi.....	36
Çizelge 4.3 Üç değişkenli ve iki seviyeli tam faktöryel tablosu	40
Çizelge 4.4 Yapılan deneysel tasarım parametre ve değişkenleri.....	41
Çizelge 4.5 Deney 1 için faktöryel ve türbidiye değerleri	42
Çizelge 4.6 Deney sonrası bulunan katsayıların analizi	42
Çizelge 4.7 Deney 2 için tam faktöryel çalışma değerleri	43
Çizelge 4.8 Deney 2 için merkez noktası istatistik değerlemesi	44
Çizelge 4.9 İkinci dereceden terimli çalışma sınırları.....	45
Çizelge 4.10 JMP programında deney 3 için regresyon analizi.....	48
Çizelge 4.11 Deney 3 için varians analizi jmp çıktısı verileri.....	48
Çizelge 4.12 Sıralanmış etkinliğe göre parametreler.....	48

ÖNSÖZ

Oduna dayalı kağıt tesisleri yerine atık kağıda dayalı kağıt tesisleri için atık kağıdın geri kullanımında kullanım noktasından kağıt tesislerine kadar olan zincirde hassasiyet gösteren insanların çevreye duyarlı yaklaşımları takdire değerdir.

Kağıt tesislerinde taşıyıcı olarak kullanılan suyun, susuzlaştırma makinası olan kağıt makinasında kısa ve genel çevrimlerde suyun tekrar kullanımı taze su kullanımını azaltır. Arıtma tesislerinde kazanılmış suyun tekrar sisteme verilmesi ve çevreye deşarj limitlerinde ortama verilmesinde hassasiyet gösteren tüm tesis çalışanların gayretleri su rezervlerinin kıtlığı olduğu yerlerde daha büyük önem taşımaktadır.

Çalışmamızda kağıt makinaların tanıtılması yanında atık suyun sistem içinde kazanılması ele alınmıştır. Arıtma tesisine kağıt tesisinden atık su olarak gelen suyun işlenmesi için bir arıtma tesisi için ön projelendirme ve boyutlandırma çalışması yapılmıştır. Suyun tesiste geri kullanımında, yumuşatma için türbidite parametreleri deney tasarımı metoduyla etkileri incelenmiştir. Olayı temsil eden fonksiyon sunulmuştur.

Tez çalışmamızda hoş görü ve sabırla yardımcı olan Sayın Prof. Dr. Ülker BEKER'e sonsuz teşekkürler ederim.

ÖZET

Kağıt geçmişte bilginin en önemli taşıyıcısıydı. Yalnızca kağıt tüketimindeki artış bilginin eğitimin ve sosyal imkanların transferini artırır. Bugün tüketimin büyük bir kısmı eğitim, lüks tüketim olarak hijyen ve tüketimin büyük bir kısmı teknik uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Üçüncü dünya ülkelerinde özellikle Asya ve Doğu Avrupa'da Amerika, Japonya ve batı Avrupa ülkelere göre yavaş gelişme hızındadır. Fakat hala makul pazar potansiyeli ni temsil ederler. Kağıt tüketimi belirli ülkelere gayrisafi milli hasılaya bağlıdır ve böylece kağıt ve karton tüketiminde artış farklı ülkelere ekonomik doygunluğa bağlıdır.

Kağıdın özellikleri elyaf kaynağına bağlı gelişir. Fiziksel ve kimyasal özellikler yazı tabı için üretimi için uygun olmayan odundan elyafın durumuyla ilişkilidir. Farklı kağıt ve karton türleri kağıt makinasının yerleşiminde olduğu kadar özel hazırlıklar gerektirir. Ekonomik ve kalite için makinalar grafik kağıtları, paketlenme kağıtları, özel karton veya havlu ve peçete kağıdı üretimi özel uygulamalardır. Örneğin bu farklar, elekte, preste ve kurutma kısmı tasarımında, makine genişliğinde ve çalışma hızındadır. Kağıt makinalarının teknik gelişiminde ana değişimler otuz ila elli yıllarda onların tasarımında ve işletmesindedir.

Bugün kağıt üretimi, sürekli ve çok sofistike proseslerin tüm kısımların uyum ve hassasiyetiyle sağlanır. Artan kağıt geri dönüşümü ve gelişen plantasyon dünyanın ağaç kaynağının korunmasına yardımcı olur. Kağıt endüstrisi çevre ile ilgili hassasiyetlerdeki standartlarında düzenli gelişmektedir. Bağlı olarak su tüketimi, su deşarjı, enerji tüketimi birincil (ve ikincil) elyaf tüketimidir.

Geri çevrimli su prosesi kağıt ve karton üretiminde taze su tüketimini ve deşarj yüklerini düşürülmesini sağlar. Kağıt yapımında su tüketimi son on yılda 1- 1,5 m³/ton değerlerine ve daha az deşarj su miktarına dramatik olarak düşmüştür. Bu sonuçlar geri çevrilebilen proses suyunun mekanik ve kimyasal arıtmanın çok etkin olmasıyla sağlanmıştır. Sudaki askıda katı madde ve çözünmüş maddelerin ayrılması flokulant kullanarak tuz giderme kullanılır. Kapalı su çevriminin sağlanmasında havasız ve havalı arıtma çözünmüş maddelerin etkin olarak giderir. Çok küçük katı parçacıkların nano ve ultra filtrasyonu ve yüksek molekül kütleli bazı çözünen maddeleri ayırır.

Selülozdan kağıt ve atık kağıda dayalı kağıt üretiminde tüketim değerleri istatistik olarak verilmiştir. Atık su arıtma tesisi mekanik, havasız ve havalı kademeler ve sedimentasyon lagunlarından sonra yumuşatma için DAF ünitesi eklenmiştir.

Son olarak NaOH ve Ca(OH)₂ ile alum kullanılarak polimerik madde kullanmaksızın suyun yumuşatılmasında parametrelerin tahmini yapılmıştır. Ca(OH)₂ kullanıldığında türbidite değerleri için alum konsantrasyonu etkisiz olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler. Kağıt ve karton üretimi, atık su arıtma, taze su kullanımı azaltılması. Suyun geri çevrimi, suyun geri kullanımı.

ABSTRACT

Paper was the most important carrier of information in the past. It was only with increasing paper production that the transfer of knowledge, education and information to a larger portion of society became possible. Today paper has changed from a rare artisan material to a commodity product, with a high practical value in communication, in educational, artistic, hygienic, sanitary, and technical applications. the largest growth percentage potential for paper consumption. In the Third World countries, especially in Asia and Eastern Europe, while industrialized countries such as the United States, Japan, and the Western European countries have relatively low growth rates, but still represent, in absolute terms, a considerable market potential.. The paper consumption in individual countries is related to their gross national product and hence the further increase in paper and board consumption will be different in different countries depending on whether economic saturation.

The properties of paper differ substantially from those of the fiber resources. As a result of the physical and chemical properties and the highly ordered state of wood fibers, wood is unsuitable for direct production of sheet material which could serve as writing material. The various paper and board grades require special furnish make-ups as well as paper machine layouts. For economic and quality reasons these machines are now tailor-made for graphic paper, packaging paper, board, specialty or tissue paper production. They differ for instance in wire, press and dryer section design, in machine width and in operating speed. The technical history of paper machines shows many major changes in their design and operation over the last three to five decades.

Today paper making is a continuous highly sophisticated process with high demands on precision and reliability of all components. Increased paper recycling and sustained foresting help to preserve the wood resources of the earth. The paper industry has steadily improved its standards in complying with environmental demands as related to water consumption and water effluents, energy consumption, and primary (and secondary) fiber consumption

Recycled process water allows one to reduce fresh water demand and to reduce the effluent loadings from paper and board manufacture. In papermaking water consumption has been reduced dramatically in the last decades.

A specific fresh water consumption of 1–1.5 m³/ ton and no more waste water to the effluent. These results can only be obtained by a very efficient mechanical and chemical treatment of the recirculated process water. To separate and remove solids and dissolved substances from this water, nonsalt building flocculants have to be used. In completely closed water circuits biological treatment (anaerobic-aerobic) remove dissolved organic matter even more efficiently. With nano- and ultrafiltration very small solid particles and some dissolved high molecular mass material are removed. Some statistics had been given paper and board consumption and water consumption on pulp and paper and waste paper based paper production.

Waste water treatment has been designed with mechanical, anaerobic and aerobic stage and after sedimentation lagoon has added DAF unit for softening.

At last point has been studied parameter estimation on softening of water with using NaOH and Ca(OH)₂ with Alum coagulating agent without using polymeric flocculents. On using Ca(OH)₂ result will not effect Alum dosing point for turbidity figures. Ca(OH)₂ using is more economical then NaOH using.

Key words: paper and board production, waste water treatment, reducing fresh water consumption, water recycle, water reuse.

1 GİRİŞ

Kağıt, kullanıldığı yere bağlı olarak farklı özellikler kazandırmak için katkı maddeleriyle üretilmiş olan bir elyaf karışımıdır. Boyları 1,5 mm'ye kadar değişen elyafın keçeleştirilmesi ile oluşturulur. Elyaf olarak mevsimlik bitkilerin saplarından da yararlandığı gibi ana hammadde kaynağı olarak odun kullanılır. Odun içerisinde elyafı tutan ana madde lignin olarak adlandırılan kimyasaldan çeşitli prosesler ile arındırılır. Keçeleşmeyi düzenleyebilmek için taşıyıcı ortam olarak su kullanılır. Elyaf 100 katı suyun içinde yüzdürülürken serbest olarak ve vakumla suyundan süzülerek ve preslenerek daha sonra da kalan su buharlaştırılarak elyaf hidrojen bağlarıyla birbirine bağlandırılır. Proses esnasında bu keçeleşme ve proses verimini artırabilmek için polimerler, tutkallamayı sağlamak için sentetik veya tabii reçineler, nişasta ve nişasta katkıları yanında kaolin veya CaCO_3 gibi opaklık veren maddeler dolgu olarak kullanılır. Kullanılan kimyasalların elyafa oranla kontrollü beslenebilmesi için sulu çözeltileri kullanılır.

Kağıdın üretiminin hangi aşamasına bakarsak bakalım her aşamasında su kullanılmaktadır. İlk kurulan kağıt tesisleri yer seçimlerini su kaynaklarının olduğu yerlerde yapmışlardır. El yapımı kağıt döneminde de aynı şekilde akar su kaynaklarının bulunduğu yerler seçilmiştir. Yıllar içinde su kaynaklarının artezyenlerden elde edilmesi işlemleri için uygun teknikler geliştirildiğinde pazara yakın olan yerlerde de kurulmaya başlanmıştır.

Su kaynakları kıt olması nedeniyle suyun geri kullanımlarının önemi yıllar içinde artmıştır.. Bir susuzlaştırma makinası olan kağıt makinasından geri kazanılan fakat içerisinde katı madde ve kimyasallar birikmesi nedeniyle kirlenmiş olan suyun tekrar geri kazanılması için ekipmanlar geliştirilmiştir.

Kağıt makinaları yıllar içerisinde kapasite olarak günlük 1000-1500 ton ve bazı türlere göre de 2000 m/dak hızlarda çalışabilmesi elyaf geri kazanımı ve su karakteristiklerinin önemini artırmıştır. Kağıt makinası içerisinde geriye doğru kirliliklerin sorun oluşturmadığı noktalarda taze su yerine işlenmiş suyu kullanmak ve tüm tesisten çıkan suyu yeniden sisteme geri kazandırmak için arıtma tesisleri önem kazanmıştır. 1960'lı yıllardan sonra çevreci yaklaşımlar nedeniyle arıtma tesislerinin verimleri için, fiziko kimyasal yöntemler yanında havalı ve havasız sistemler ile biyolojik arıtma teknikleri geliştirilmiştir. Akışkan yatakta

kullanılan granül bakteri kümeleri nedeniyle KOİ yükleri artırılabilmiş ve arıtma verimi %90 lara kadar çıkarılabilmektedir..

Elektronik ölçüm ve kontrol sistemlerinin gelişmesi proseslerin kontrolünü ve bilginin hızlı değerlendirilmesini sağlamıştır. Dağıtılmış kontrol sistemleriyle kağıt tesisinin her aşaması ve yardımcı ünitelerin de verimlerinin artırılması, maliyetlerin aşağıya çekilmesi ve verimin artırılmasını sağlamıştır.

Gelişmişlik seviyesi kişi başı kağıt kullanımlarıyla tanımlanmaktadır. Ünelere ve kişi başına düşen gayri safi milli hasıla ile kişi başı kağıt kullanımı arasında iyi bir korelasyon olduğu görülür.

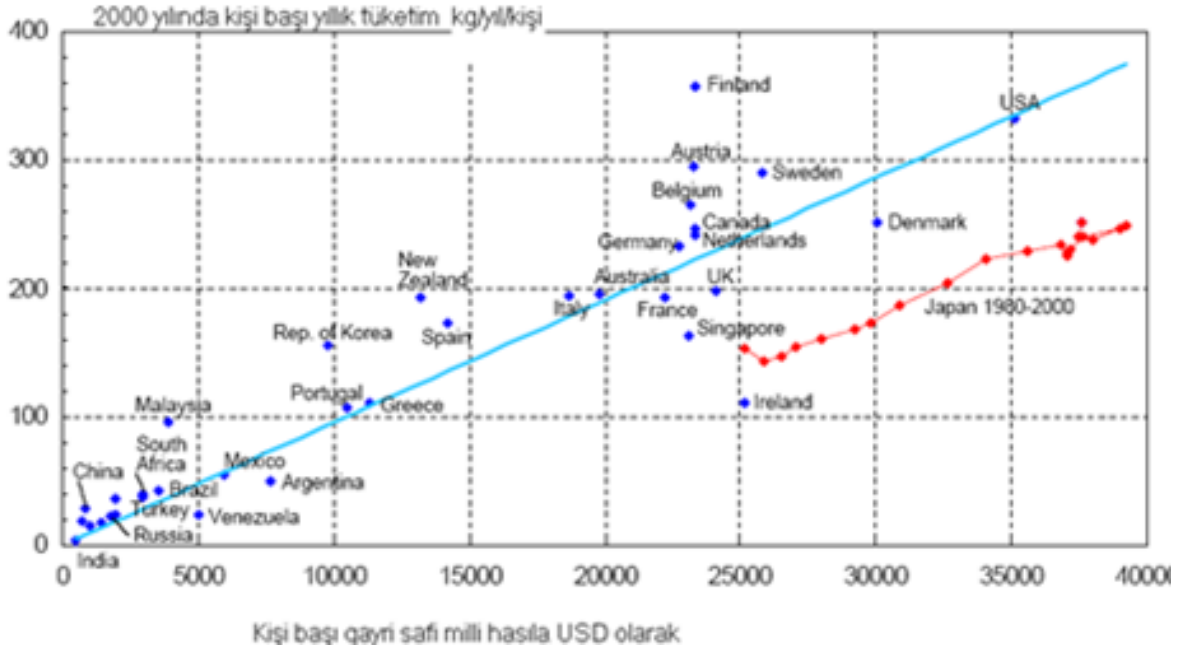
Çevreye olan salımlar, uluslararası ve ayrıca ulusal limitlere çekilmelidir. Çevreyle ilgili bakanlıklar ve il müdürlükleri tarafından alıcı ortama deşarj edilen su miktarı ve sudaki kimyasal ve biyolojik oksijen ihtiyaçları ve toksik etki düzeyleri limitler içinde olması denetlenir.

Doğal su kaynaklarının korunması ve hava kirliliğın önlenmesi için gelecek nesillere temiz bir çevre bırakmak adına gelecek kuşaklara bir borcumuz vardır. Bunu sağlamak için az kullanmak, yeniden kullanmak ve geri çevrim yapılarak su tüketimlerini düşürmeliyiz.

Çalışmamızda kağıt makinasında su, kullanıldıktan sonra veya proses içinde geri çevrimler sonrası alıcı ortama deşarj edilmeden önce arıtma tesisine alınan suyun askıda katı maddelerinin ayrılması, organik maddelerinden oksijenin olduğu ve olmadığı reaksiyona giren havuzlardan sonra biyolojik olarak işleme tabi tutulan suyun geri kullanım açısından önemli olan sertlik giderimini türbidite kontrolü parametrelerinin incelenmesini kapsamaktadır. Son aşama olarak arıtmadan çıkan suyu tesise geri göndermeden yumuşatma etkisini Ca(OH)_2 ve NaOH ayrı ayrı incelenmiştir. Şap kullanılarak çökelme ve buna bağılı olarak türbidite için üç ayrı deney yapılmış ve deneysel tasarım teknikleriyle her deney için regresyon denklemi verilmiş ve bu denklemlerin en uygun katsayıları % 95 güven sınırlarında önerilmiştir.

2 KAĞIT ÜRETİMİ VE TÜKETİMİ

Kağıt üretimi ve tüketimi kişi başına düşen kg olarak yıllık kullanım sanayileşmenin bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Ülkelere göre farklılıklar göstermekte olan bu değişim Asya ülkelerinde özellikle Çin’de ihracın iç tüketime göre fazla olması durumunda ve farklı ekonomik yaklaşımlar nedeniyle az da olsa farklılık göstermesine rağmen genelde doğru kabul edilmektedir.



Şekil 2.1 Ülkelere göre kişi başı tüketimler [6]

2.1 Tarihçe

Kağıt ve kartonun bambu elyafından ilk defa milattan sonra 105'te Çin'de Ts'ai Lun tarafından üretildiği kabul edilmektedir. Orta Asya'da yapılan araştırma ve kazılarda, üçüncü ve yedinci yüzyıllar arasında kullanılan kağıtların dut ağacı kabukları, kendir, kenevir ve pamuktan yapılmış olduğu anlaşılmıştır. Çin'in dışında ilk defa Semerkand'da kağıt yapım merkezi kurulmuştur. Yakın Doğuda ilk defa bilime ve bilim adamlarına katkılarıyla bilinen Abbasi hükümdarı Harun Reşid zamanında 754 senesinde Bağdat'ta kurulmuştur. Batı alemi 400 yıl gibi uzun bir zaman sonra yine müslümanlar sayesinde kağıdın varlığından haberdar olmuşlardır. Bundan sonra Şam, Trablusşam ve Mısır'da kağıt fabrikaları kurulmuştur. Kuzey Afrika'nın müslümanlar tarafından fethedilmesi ve daha sonra İspanya'ya geçilmesi üzerine,

kütüphaneleriyle meşhur olan ve savaş sonrası yakılan yıkılan kütüphanelerin bulunduğu Endülüs emevileri döneminde kağıt fabrikaları da Avrupa'ya taşınmıştır..

Çin'de binlerce yıl önce imalatına başlanan kağıt, zamanla daha yeni metodlarla üretilmiş ve 18. yüzyılda Fransa'da ilk defa makinada üretilmiştir. Kağıt makinalarında da sürekli olarak teknolojik gelişmelere paralel olarak değişiklikler olmuş ve bugünkü çok motorlu tahrik sistemli, hamurun kesafet (yoğunluk), sıcaklık, pH, gramaj ve rutubet gibi özelliklerini kontrol altında tutabilen otomatik kağıt makinaları ortaya çıkmıştır.

Temel aşamalar olarak aynı şekilde üretilen kağıt, aşağıdaki resimlerde görüldüğü gibi önce hazırlama, pişirme, harman, formasyon ve kurutmayla tamamlanmaktadır.



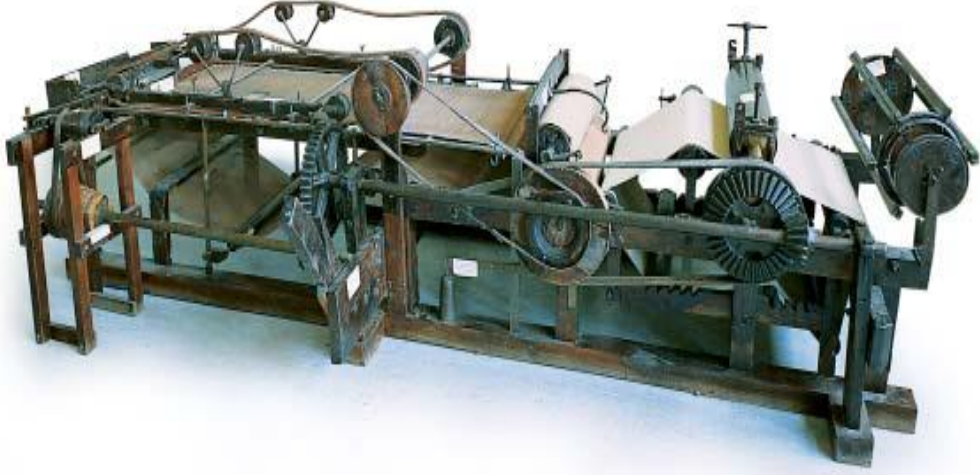
Şekil 2.2 İlkel kağıt üretimi aşamaları (Anonim, 1999a)

Yıllar içinde makinalaşmanın gelişmesi yerini kağıt makinası dediğimiz makinaların prototipi olan ilkel bir modeli alttaki şekilde sadece formasyon kısımları görülmektedir.

Dünyada yıllar içerisinde gelişmeler göstermiş olan kağıt makinaları, makinalaşmanın yaygın olarak değerlendirildiği Avrupa ülkelerinde artan kapasitelerin karşılanabilmesi için makine ve prosesler incelenmiş ve her üretim prosesi için makinalar geliştirilmiştir.

Sürekli kağıt üretimini sağlayan uzun elekli kağıt makinesi 1803 yılında bulunmuştur. Bu buluşun yaşama geçirilmesi 20-25 yıl sürmüş, 1830 -1846 yılları arasında çeşitli tarihlerde Avrupa'daki gelişmiş sanayi ülkelerinde kurulmaya başlanmıştır. (www.sksv.org)

Önceleri ana mil tahrikli olan makinalar önceleri doğru akımla çalışan ve elektronik olarak kontrol edilen sistemler kurulmuştur. Bakımı ve kullanılması daha kolay olan alternatif akımla çalışan motorlar ile tahrik uygulanmaya başlanmıştır.



Şekil 2.3 İlkel bir kağıt makinasının yaş kısmı (Anonim,1996b)

Elektronik kontrollerin gelişmesi ayrı ayrı prosesler olarak kullanılan kağıt makinası bölümleri dijital kontrollerin gelişmesi ve dahası dağıtılmış kontrol sistemleri olarak anılan sistemler kullanılmıştır. Kağıt üretim tesislerinin yardımcı ünitelerini de içine alan tesislerde bilgisayar bağlantılarıyla bilgi toplama ve değerlendirme, yönlendirme sistemleri kullanılmaya başlanmıştır. Kağıt üretimi önceleri sadece ustalık olarak belirlenirken bilgisayar ile kontrolün gelmesi kontrol sistemlerini iyi bilme ve kağıt prosesini iyi yönetebilmek için zorunluluk haline gelmiştir.

Yıllar sonra önceleri hayal bile edilemeyen kapasite ve hızlara ulaşılabilmiş ve homojen kalitede ve süreklilikte üretim imkanları sağlanmıştır. Makine enleri 10m genişliğine çıkması makine elek kısmına formasyonun iyileştirilebilmesi için özel dağıtım sistemleri ve susuzlaştırma için özel tekniklerin gelişmesine neden olmuştur.



2.2 Kağıt türleri ve kullanım alanları [11]

Şekil 2.4 Modern bir kağıt Makina salonundan bir görüntü (www.metsopaper.com)

Kağıt kullanım yerine göre farklı özelliklerde olması amaca hizmet için zorunludur. Havlu ve peçete kağıtları yumuşak, karton ve kutu yapımı için kullanılanlar sert ve eğilme ve bükülmeye karşı dayanımı yüksek olmalıdır.

Çizelge 2.1 Kağıt türleri ve kullanım alanları[1]

Tür	Son ürün	Önemli gelişmeler
-Gazete kağıdı -Kuşeli ve kuşesiz dergiler -Kuşeli ve kuşesiz odun hamurlu ve odun hamursuz yazı tabı kağıt	-Gazeteler -Dergiler -Kitaplar -Bilgisayar çıktıları -Grafik kopyalar -İlaveler -Uygulamalar	-Çok renkli baskı ve kopyalamaların artması -Banka ve ticaret dokümanlarının elektronik ortamdan aktarılması -Hammadde olarak artırılmış geri çevrim; -yardımcı maddelerin kullanımı
-Oluklu katmanlı -Torba -Fluting -Katlamalı karton kutular -Sıvı paketleme karortonları -Sargılık	-Torbalar -Kutular -Sargılıklar -Taşıyıcı kutular	-Yiyecek dağıtımı için kullanımın artması -Paketleme maddelerinin geri çevriminde genel artış --Kompositlerin artışı
Tissue-peçete vb -Kuru krepleme -Yaş krepleme	-Tuvalet kağıdı -Mutfak havluları -Bebek bezi -El havluları -Hastane tefrişatı -İçecekler	Genel yaşam standartlarıyla artan kullanımlar Elyaf geri çevriminin zincirin sonu Yüksek kaliteli ürünler için selüloz kullanımı
-Ofis kağıtları -Filtre kağıtları -Yanmaya dayanıklı kağıtlar	-Notlar -Pullar -Hava filtreleri	-Yeni uygulamaların artan sayısı

Kağıt, gazete kağıdı olarak kullanıldığında sadece baskı tekniklerine bağlı olarak özelliklerin yanında baskı netliğinin iyileştirilmesi için de pigment çözeltilerin yüzeye uygulanmasıyla oluşturulan kuşe kimyasalın baskı parlaklığı ve netliği için önemlidir. Baskısız kullanımlarda mukavemet değerleri daha fazla aranmaktadır. Yüzeye uygulanan baskı mukavemet değerlerini azaltmakla beraber baskı özelliklerini iyileştirir.

Peçete kağıdı ve temizlik malzemelerinin kullanımında yumuşaklık en önemli parametredir. Yaş mukavemet de önemli bir etkidir. Temizlik kağıtlarında kuru mukavemetten çok suya karşı dayanım öncelikli bir parametre olarak değerlendirilmelidir.

Katlamalı uygulamalarda patlama ve kopma gibi mukavemet değerleri yanında katlamaya olan dayanım ön plandadır. Kutuluk uygulamalarda ise patlama mukavemeti ve kutuların kıvrılması ve kutu şekline getirilmesinde pilyaj mukavemeti ön plandadır.

Özel uygulamalarda ise yanmaya karşı dayanım istenir. Böylesi durumda ana hammadde olan elyaf yanında kullanılan kinyasallar büyük öneme sahiptir.

Filtre olarak kullanımlarda hava geçirgenliği olarak tanımlanan porosite- gözeneklilik, mukavemet değerlerinden ödün vermeden kağıt yüzeyine dik yönde beslenen havanın ne kadarını geçirdiği ve filtre direnci, bu türde kullanımlar için önem kazanacaktır.

Kağıt üretim prosesleri ve kimyasal kullanımlarına bağlı olarak kağıt makinalarına ekipman ve hazırlık tesislerinin ilave edilmesini gerektirmektedir. Kutuluk karton üretimlerinde baskı özelliklerinin iyileştirilmesi ürün için alben vermesi ne kadar önemli ise kullanılabilirlik açısından Patlama, katlanma, bükülme, esneklik özelliği için boyuna veya enine uzama kağıt kalite testlerinde izlenmesi gereken özelliklerdir.

2.3 Kağıt Türlerine Göre Üretim ve Tüketimler

Kağıt türlerine göre üretim ve tüketimleri talep tahmin yöntemleriyle analiz edildiğinde, kişilerin gelir düzeyleri, okuma alışkanlıkları, çevreye karşı duyarlılıklar, sanayi mallarının uygun şekilde ambalajlanması, kullanım bilgilerinin ve tüketici davranışlarına göre baskı renkleri bile etkin parametrelerdir.

2.4 Dünyadaki Gelişmeler

Jaakka Poyry (Finlandiya proje ve uygulama firmasıdır.) tarafından yapılan çalışmalarda dünyada kağıt ve karton tüketimlerinin kişilerin gelir düzeylerigayri safi milli hasıla değerleriyle lineer şekilde artmakta olduğunu belirlemiştir. Kağıt ve karton sektöründe yatırımlara destek verme yanında periyodik yayınlar ile sektörde bilgilendirme yapmaktadır.

FEFCO (Avrupadaki olukluçular birliği), CEPİ- kağıt karton üreticiler birliği gibi kuruluşlar sektörlerin nabzını ve davranışlarını izleyerek genel amaçlı bilgilendirme raporları hazırlamaktadırlar.

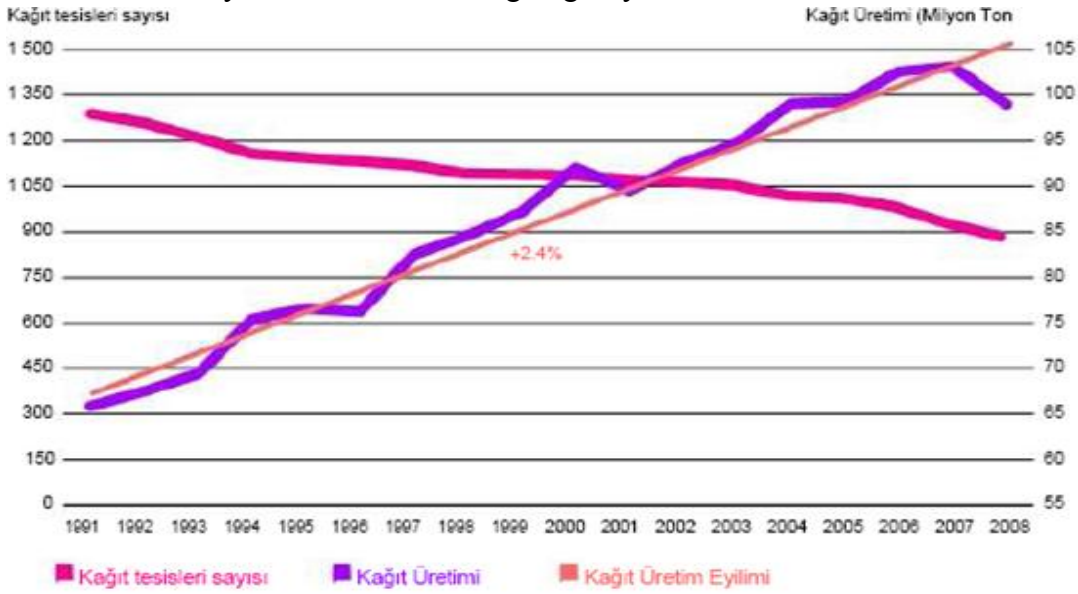
PPI- Selüloz ve kağıt endüstrisi dergisi dünyada kağıt sektörüne genel bilgiler vermek yanında özel çalışmalar ile sektörel ve ülkeler çapında raporlar hazırlayarak özel uygulamalar ile yatırımcılara ve araştırmacılara yardımcı olmaktadır

(Şekil 2.5)' de görüldüğü gibi sanayileşmiş olan ülkelerin kişi başı kağıt ve karton tüketimleri Amerika Birleşik Devletleri'nde 700 kg/kişi*yıl olmasına karşın Avrupa ülkelerinde bu rakam 400kg/kişi*yıl düzeyindedir. Çin ve asya ülkeleri 50 kg/kişi*yıl olmasına rağmen gelişen teknolojinin Çin'de yeni yatırımlar ve ihraç politikası nedeniyle tüketim hızla artmakla beraber kişi başına üretim daha hızlı artmaktadır.



Şekil 2.5 Kişi başı kağıt karton tüketimi [6]

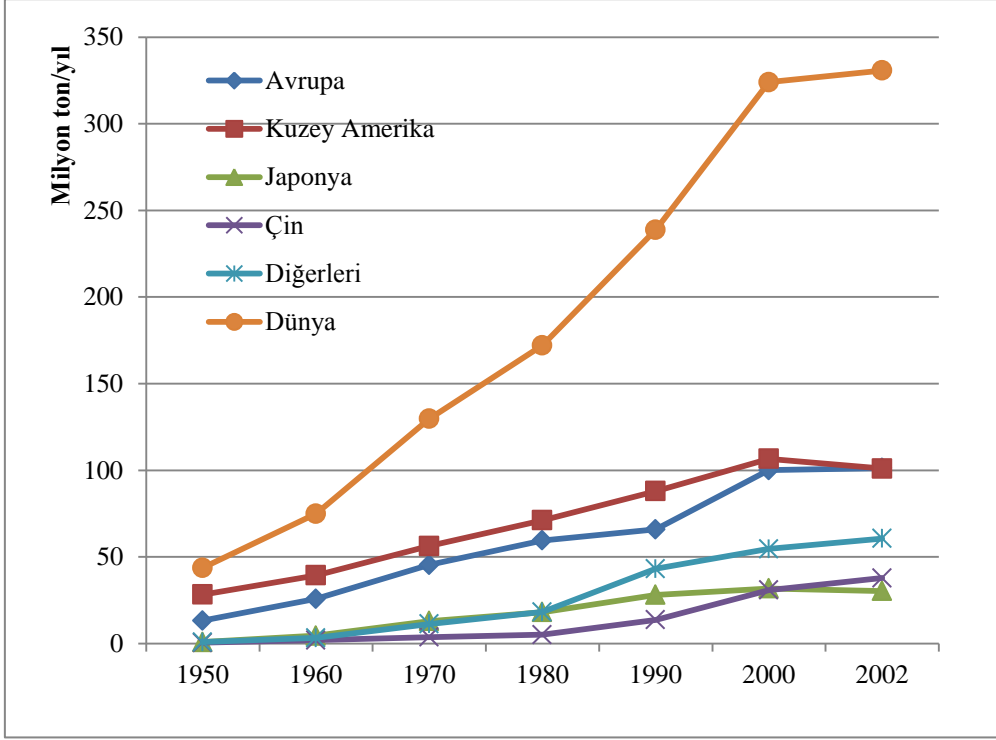
Amerika’da kağıt makinaların kullanım yılları daha uzun olmasına rağmen Avrupa ülkelerinde daha yeni makinaların varlığını görüyoruz.



Şekil 2.6 CEPI ülkelerinde kağıt üretimi ve kağıt tesisi sayısı [2]

Yeni kurulan makinalar kapasite ve çalışma hızları açısından dah gelişmiş teknolojilerin kullanılması nedeniyle tesis başına üretim kapasitesi yıllara göre artmaktadır. Avrupa ülkelerinde genişliği az olan makinaların ekonomik olmaması nedeniyle, Türkiye, Hindistan, Çin gibi ülkelere satılması nedeniyle o ülkelere teknoloji transferi yanında düşük kapasiteli makinaların ekonomik olarak değerlendirilmesi sağlanmıştır.

(Şekil 2.6)' da Avrupada 1991 yılında 1300 civarında olan tesis sayısı 2008 yılında 900'e düşmüştür. Kapasite yıllık olarak % 2,4 artmaktadır. Gelişen teknoloji Makinaların hızlanması yanında kalitenin de iyileşmesini sağlamaktadır. Prosesler manul veya yarı otomatik uygulamalardan sıyrılıp topyekün kontrol imkanlarına kavuşmuştur.



Şekil 2.7 Dünyada kağıt tüketimi [2]

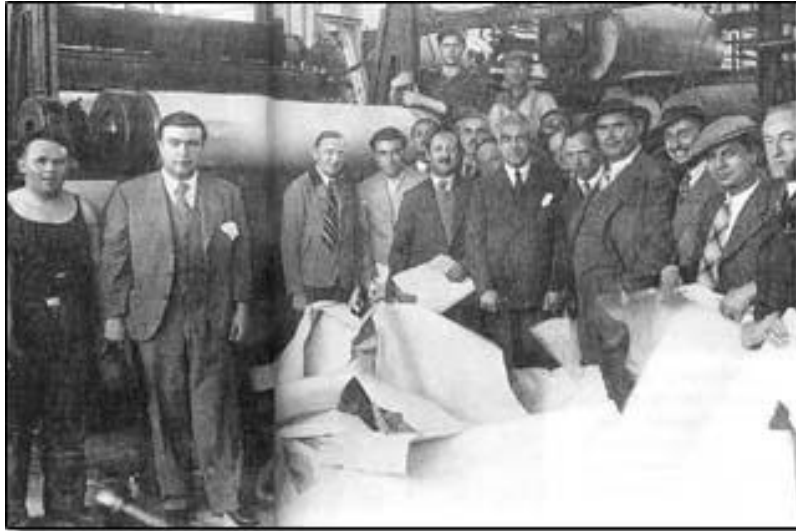
Üretilen türlere göre makina enine ve boyuna kontrol sistemleri kalite kontrol sistemleri ile kağıt makinasında üretim devam ederken numune almadan ileri teknikler ile gramaj, rutubet, kalınlık, elyaf oriyantasyonu ve buna bağlı olarak bazı mukavemet değerlerinin ölçülmesi sağlanmaktadır.

2.5 Türkiye'deki Gelişmeler

Cumhuriyetin ilanı ile sanayileşme ve dolayısıyla sanayi yatırımları yapma çabalarına hız veren ülkemizde, insanlığın vazgeçilmez ihtiyaç maddelerinden biri haline gelen kağıt, modern anlamda 1936 yılında İzmit'te üretilmeye başlanmıştır. Kağıt ürünlerine olan yurtiçi talep, özellikle II. Dünya Savaşı'ndan sonra hızla artmıştır. Türkiye'nin 1963 yılında planlı kalkınma dönemine geçmesi ile birlikte, ekonomide görülen gelişmeye paralel olarak özel sektör de kağıt sektörüne ilgi duymaya başlamış ve Seka'nın önderliğinde başlayan kağıt-karton üretimi, daha sonraki yıllarda özel sektör kuruluşlarının devreye girmesiyle bugün ülkenin kâğıt- karton ihtiyacının %58'ini karşılar duruma gelmiştir. Yine sözü edilen yıllardan

başlayarak, ekonomik gelişmelere paralel olarak kağıt ve kartonun ambalaj malzemesi olarak kullanımını da giderek artış göstermiştir. Oluklu mukavva ise, ülkemizde ilk kez 1954 yılında, dünyada üretilisinden 83 yıl sonra, Seka 5zmit'te üretilmiştir. Özel sektöre ait ilk kuruluş olan DAKO, 1960 yılında İstanbul'da faaliyetine başlamış, daha sonra 1966'da BOMSAS, 1968'de OLMUKSA sektöre girmişlerdir. Sektördeki gerçek anlamdaki hızlı büyüme ise 1981 yılından sonra olmuştur. Sektöre giren firma sayısının artması ve mevcut firmaların yeni yatırımlara girmesi sonucu sektördeki kapasite ve üretim miktarları kısa sürede artmıştır. (Bayraktar,2004)

Sekanın ilk kağıt makinasının tampona ilk kağıda sarıldığı yukarıdaki resim çeşitli kaynaklarda verilmiştir. Atatürk tarafından kendisine kağıtçı soyadı verilen Mehmet Ali 1960 yıllar kadar tesisin başında kalmıştır. O dönemde yetişmiş gayretli insanlar daha sonrası yatırımlarda da görev almıştır.



Şekil 2.8 Cumhuriyet döneminde ilk kağıt üreten ekip

Kağıt ve karton üretimi Seka'nın 1.makinasında hem selüloza dayalı, hem eski kağıda dayalı hem de düşük gramaj yanında yüksek gramajlı karton üretmek üzere universal diyebileceğimiz bir kombinasyonla o yıllardaki taleplerin hepsine cevap vermek üzere özel bir konfigürasyon seçilmiştir. Üretimin yapılabilmesi önemli bir kriterdir. Daha sonraki yıllarda ise sadece gazete, kraft kağıdı, sigara kağıdı üretebilecek makinalar kurulmuştur.

Özel sektör olarak halen çalışmakta olan tesislerin tarihçelerine baktığımızda 1970'den sonra Kartonsan, Olmuksa, Marmara Kağıt, Vege, Modern Karton tesisleri hızla yükselmiştir. Türkiyede talebin artması ve gelişen talebin karşılanması için her kurulan tesis kurmuş olduğu makinalar ile kalmamış, bu gün her birinin ikinci, üçüncü, hatta modern kartonda olduğu gibi toplamda oluklu sektörüne hitap eden kağıt türünde pazarı %50 sine hizmet etmektedir.

Seka kurulduğu yıllardaki gibi eleman yetiştirmeye özen göstermiş ve yıllar içinde tecrübeli elemanlar özel sektörün gelişmesine de katkıda bulunmuşlardır.

Çizelge 2.2 SEKA tesisleri özelleştirme tarihleri [8]

Seka tesisi	Üretime geçildiği yıl	Devir Tarihi	Satın Alan Kuruluş
İzmit	1936		
Aksu	1970	24.10.2003	MİLDA Mecmua Gazete Dağ.
Çaycuma	1970	30.06.2003	OYKA Kağıt Ambalaj Sanayi Ticaret AŞ.
Dalaman	1971	30.03.2001	MOPAK Kağıt-Karton Sanayi AŞ.
Afyon	1979	02.06.2003	GAP İnşaat Yatırım ve Dış Ticaret A.Ş
Balıkesir	1981	24.06.2003	ALBAYRAK Turizm Seyahat İnşaat A.Ş
Akdeniz	1984		
Kastamonu	1984	06.11.2003	MOPAK Kağıt-Karton Sanayi AŞ.

Tesislerin 2001 yılındaki bölgesel dağılımı gösterilmektedir. Tabloda da görüleceği gibi kapasitenin % 45'i Trakya-Marmara Bölgesinde yoğunlaşmış bulunmaktadır.

Türkiye gelişmekte olan bir ülke konumunda olmakla birlikte, aynı zamanda uluslararası pazarlarda rekabete katılan, dışa açık bir ülke konumundadır. Ambalaj sanayii de uluslararası rekabetin oldukça yoğun olduğu sektörlerden birisidir. Bir çok sektörde olduğu gibi, kağıda dayalı ambalaj sanayiinde de iç talebin yanında dış piyasaya açılma zorunluluğu bulunmaktadır.

Çizelge 2.3 Kağıt ve karton kapasitesinin ülkemiz bölgelerine göre dağılımı [8]

Bölge	Farika sayısı	Makina sayısı	Toplam kapasite	Dağılım %
Trakya-İstanbul	7	10	295 000	15,4
Marmara	6	16	522 886	27,4
B. karadeniz	3	2	131 200	6,9
D. karadeniz	1	1	82 500	4,4
Ege	10	10	35 6000	18,6
Orta Anadolu	6	7	130 500	6,9
Akdeniz	4	5	265 000	13,9
Güney Doğu	3	4	124 000	6,5
Toplam	40	55	1 907 066	100

Ambalaj, ürünün ayrılmaz parçası olması ve nakliye kolaylığı nedeniyle öncelikle iç pazardan temin edilmeye çalışılan bir üründür. Ancak, rekabetin yoğunluğu ve sektörün çok parçalı bir yapıdan oluşması, ihracat olanaklarını kısıtlamaktadır. Belli ürünlerde uzmanlaşmak koşuluyla, yurtiçi üreticilerin, özellikle Ortadoğu ülkeleri ve Türki Cumhuriyetler aracılığıyla ihracat hacimlerini artırebilecekleri düşünülmektedir. (Bayraktar, 2004)

Dünya kağıt-karton üretimi 390,9 milyon tondur. 2,3 milyon ton kağıt-karton üretimi ile Dünya sıralamasındaki yerimiz 25. sıra, 4,3 milyon ton kağıt-karton tüketimi ile Dünya sıralamasındaki yerimiz 16. sıra ve 60,3 kg kişi başına kağıt-karton tüketimi ile Dünya sıralamasındaki yerimiz 50. sıradadır. Tüketimde 16. sırada ve üretimde 25. sıralarda olmak Türkiye'nin net kağıt-karton ithal eden bir ülke konumunu ortaya koymaktadır. Rakamların yansıttığı gerçek, Türkiye'nin kağıt-karton sanayiinin büyümeye açık bir ülke olduğudur. (www.sksv.org)

2.6 Kağıt Makinasının Kısımları

Kağıt yapımı odundan mekanik veya kimyasal yollarla üretilmiş selüloz ile başlar. Hamur hazırlama kısmından sonra kağıt makinasının ilk kısmı yaş kısım olarak tanımlanır. Dolgu ve katkı maddeleri kağıda özelliğler kazandırmak için burada katılır.

Taze suyun özellikleri kullanılacak olduğu yere göre değişmektedir. Normal olarak taze su mekanik olarak temizlenir. Kum ve diğer safsızlıklar giderilir. Safsızlıkların giderilmesi için çeşitli metodlar vardır. Çoğu prosesler için mekanik ayırmalar yeterli olur. Kimyasal olarak da temizlik gerekirse sisteme ilave edilir.

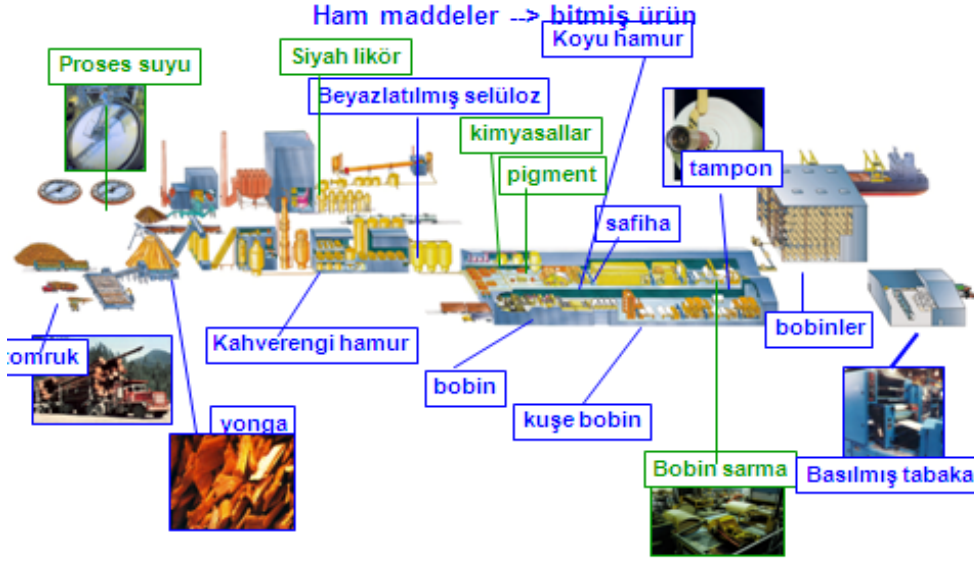
Kağıt makinasında atıksu prosesi mekanik ayırma işlemleri yanında biyolojik arıtmayı da içerir. Buradan elde edilen çıkış suyu deşarj limitleri yanında proseste tekrar kullanımları da düşünülerek konumlandırılır.

Yaş kısım ve ilk oluşturmanın sağlandığı kısımdır. Kağıt için gerekli özelliklerin büyük bir kısmı burada sağlanır. Hamur kasasından sonra elek üzerine sulu çözelti halinde hamur denilen kağıt elyaf çözeltisi, elek enince homojen halde yayılır. Elek kısmı kağıt tiplerine göre farklılıklar arz etmektedir. Safiha dediğimiz elekte oluşturulan yaş kek şeklinde oluşturulurken serbest suyu bıraktıktan sonra elek kısmı boyunca kademeli olarak yükseltilen vakum kasalarıyla su giderilerek oluşan safihanın kuru maddesi %20 ye kadar çıkarılır. (Şekil 2.8) ve (Şekil 3.2)

Pres kısmı daha fazla su almayı kolaylaştırmak için baskı silindirleri ve ileri teknikler kullanılarak iki veya üç kademeli veya aşamalı olarak max %50 değerlerine kadar çıkılabilir. Bu aşmadan sonra mekanik olarak su almak çok zordur. Kendini taşıyabilecek hale gelen safiha bir sonraki aşamaya aktarılır.

Kurutma kısmında su buharlaştırılarak uzaklaştırılır. Amaç ekonomik olarak ve kağıdın özelliklerinin geliştirilmesine de yardımcı olarak etkin yöntemler seçilir. Genel yöntem kağıt ve karton kurutma silindirleri yüzeylerinde veya infrared ile ısıtılırken oluşan su buharı ortamdaki fanlar ile emilerek dışarı atılır.

Entegre Kağıt Tesisi



Şekil 2.9 Selüloz ve kağıt tesislerinin genel yerleşimleri (ABB, 2007)

Rutubetli hava dışarı verilirken ısı ekonomisi sağlamak üzere bu kısımda havadan havaya çalışan ısı değiştiricileri kullanılır. Hem kağıt makinası salonundan ve kurutma ortamında ısı rutubeti düşük olan dış hava sıcaklığını artırmak amaçlı kullanılır. Hava kağıt makinasının çalışması için ayrıca gereklidir. Kağıdın dış ortama uyabilmesi için bu kısımda gerekli rutubet değerlerine gelmesi ve ara üniteler kullanılacaksa, tutkallama, kuşe gibi giriş ve çıkış rutubet değerleri buna göre şartlandırılır.

Kağıdın ve kartonun basılabilirlik özelliklerini artırmak için kuşe çözeltisinde gerekli olan pigment ve özelliklerin iyileştirilmesi için katkı maddelerinin sulu çözeltileri hazırlanır. Çözelti içindeki konsantrasyonlarını düzenlemek üzere de çözelti olarak hazırlanması kolaylık sağlar. Pigment olarak CaCO_3 , Talk, kaolinden oluşan kuşe çözeltisi kullanılır. Özel şartlarda pahalı olmasına rağmen TiO_2 bile kullanılır. Kimyasallar karıştırıldıktan sonra kuşe çözeltisi tatbik edilir ve fazlası geri kazanılır ve yeniden kullanılır.

Hazırlanan kuşe veya nişasta çözeltileri özelliklerine ve istenen baskı özelliklerine göre sıralanır sadece biri değil ardışık olarak birkaç ünite de kullanılmaktadır. En yaygın şekilde üç üst kuşe 2 alt kuşe uygulanır. Bazı hallerde ekonomi sağlamak üzere kullanılacağı yere göre kuşe miktarları azaltılabilir.

Kalenderleme ünitesi kalınlık ve yüzey düzgünlüğünü ve/veya parlaklığı kontrol etmek üzere yüzeyleri taslanmış silindirler arsından baskı uygulayarak geçirilir.

Kağıt makinası sürekli üretim yapması nedeniyle müşteri taleplerine cevap vermek üzere farklı ebat ve genişiklerde kesim yapmak için kağıt makinasından makine genişliğinde büyük bobinler halinde çıkarılan ünitelerdir.

Tampon olarak adlandırılan büyük çaplı ve makine enindeki bobinler, müşteri taleplerine göre kesilmek üzere yeniden bobin makinalarında sarılır.

Bitirme tesisleri müşteri taleplerine ve sipariş şartlarına göre tartım, paketleme nylon sarma rutubetten ve hava şartlarından etkilenmemesi için özel ekipmanlarla bobin depolama ünitelerine alınır.

3 KAĞIT ve ÇEVRE

Kağıt bir taraftan kimyasal ve mekanik yöntemler ile elde edilmiş selüloz ve/veya geri döndürülen elyafdan üretilir. Her iki halde de çevreye olan etiler farklıdır. Kimyasal selüloz üretiminde daha çok odun kullanılır. Selüloz prosesi yüksek miktarda enerjiye ihtiyaç duyar. Enerjinin bir kısmı odunun pişirilmesinde kullanılır. Çözünmüş maddelerin geri kullanılması sonucu bir kısmı geri kazanılır. Mekanik usuller ile selüloz üretiminde odunun yapısındaki kimyasalların neredeyse tamamı üründe kalır. Bu proses de büyük enerji kullanır. Fakat proses için gerekli olan enerji yakıt kullanılarak elde edilir. Pigment ve dolgu maddelerinin de kullanımlarının üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda daha ekonomik kağıt üretebilmek için ana girdi olan elyaf için geri dönüştürülen kağıtlardan üretimler yıllar içinde artmıştır. Fluting ve gazete kağıtlarında %100 eski kağıda dayalı tesisler kurulmuştur. Bu oduna olan ihtiyacı azaltmış aynı zamanda selüloz fabrikalarının çevreye salımlarının olmaması nedeniyle suya ve havaya salımlar azaltılmıştır. Artan talebe göre kapasitedeki artışlar için su kaynaklarının ekonomik kullanılmasıyla sağlanabilmektedir.

3.1 Kağıt Hammaddeleri ve Çevresel Etkileri

Selüloz ve kağıt üretimi büyük miktara suya ihtiyaç duyar. Taze su kullanımını düşürebilmek için suyu tekrar tekrar proses içinde kullanılmasını zorunlu kılar.

Aktif olarak kötü kokuların giderilmesi:

Sulfat selülozu tesislerinin karakteristik kokusu proses boyunca indirgenmiş kükürtlü bileşiklerdendir. İnsan burnu ile fark edilebilecek konsantrasyondadır. İndirgenmiş kükürtlü bileşikler, selüloz pişirme, oksijen beyazlatma, siyah likör buharlaştırma ünitesi, geri kazanım kazanı ve kireç fırınındandır. Atmosfere salınım anında kükürt dioksit oluşur.

Azot oksit emisyonlarının düşürülmesi:

Endüstri tarafından salınan azot oksitler, Geri kazanım kazanında ve kireç kazanından salımlardandır. Hammaddelerin taşınmasında da azot oksitler salınır. Modern teknolojiler kullanılarak havaya olan azotlu salımlar %5 değerlerine düşürülebilmektedir.

Partikül salımları:

Elektrostatik Çöktürücüler; havada bulunan partiküller insanlar için alerjik tepkilerin oluşmasına sebep olur.. Partiküllerin büyük kısmı yollardaki taşıma sistemlerinden gelir.

Selüloz endüstrisinden partikül emisyonları geri kazanım kazanı, kireç fırını ve kabuk soymadan gelir. Baca gazında ve proses gazındaki katı parçacıklar kimyasal bileşiklerdir. Yalnızca kabuk yakma kazanı kül üretir. Gelişen elektrostatik çöktürücüler yardımıyla yıllar içinde partikül emisyonları düşürülmüştür.

Atık, orman endüstrisinin karakteristik özelliği bir sonraki aşama bir önceki aşamayı hammadde olarak kullanır. Yonga ünitesi bir önceki kesme ünitesinininkini kullanırken kağıt ve karton ünitesi de selülozu hammadde olarak kullanır.

Enerji ise kabuk yakma ünitesi de oluşturulan kıymıklar yakılır. Selüloz tesisinden elde edilen likörler ve arıtma tesisinden alınan çamurlardan enerji üretilir. Diğer yan ürünler atık olarak değerlendirilir.

Odunun %95 inden istifade edilir. Arıtma tesislerinden elde edilen çamurların %60 ı kabuk yakmada yakılır. %30 kül oluşur. Atıklar gübre olarak veya yapı malzemeleri için katkı maddesi olarak kullanılır. Özel çalışmalar, gübre olarak kullanım odun külü yeni teknolojilerin gelişmesine sebep olmuştur. Granülasyon ve ayırma teknikleri bunun için örnektir. Atıkların tümü kullanılamaz. Hacimce büyük değerlere ulaşan yeşil likör atıkları, kül, kireç, çamur, kuşe ve deinking çamurları büyük önemi haizdir.

Çok miktarda olmamakla beraber tehlikeli atıklar da çıkar. Kullanılmış yağ atıkları veya özel ünitelere kullanılan kimyasalların dökülmesi bunlardandır. Selüloz ve kağıt endüstrisi açık alanlara atılabilecek atık miktarlarında son on yılla hatırı sayılır düşmeler sağlanmıştır.

Su kaynaklarına atıksu emisyonlarının etkileri aşağıdaki parametreler ile kontrol altına alınır.

Biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ)

Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ katı ve nütrient yükleri; Alkali haloooksijen maddeler AOX (klorin bileşiklerinin emisyon ölçümüdür.) Emisyonlar birkaç onlu yıllarda anlamlı bir düşüş sağlanmıştır.

3.2 Odun Kaynaklı Kağıt Üretiminde Çevresel Etkileri

Kağıt esas itibari ile liflerden oluşan bir yaprak ile bu yaprağın özelliklerini ve kalitesini etkileyen çeşitli kimyasal maddelerden oluşan bir üründür. Kağıt hamuru ve kağıt üretiminde lifler ve kimyasal maddeler dışında büyük miktarda su ile buhar ve elektrik kullanılmaktadır. Dolayısıyla kağıt hamuru ve kağıt üretiminde çevre ile ilgili en önemli hususlar, suya ve

havaya yapılan salımlar ve enerji tüketimidir. Atıkların gün geçtikçe artan çevresel bir sorun olacağı tahmin edilmektedir.

Kağıt üretiminde kullanılan selüloz, kimyasal veya mekanik yöntemlerle ham elyafdan elde edilebileceği gibi hurda kağıtların hamurlaştırılması yöntemiyle de elde edilebilmektedir. Kağıt tesisleri başka bir tesiste üretilen selülozu yeniden hamur haline getirebilmekte ya da aynı tesiste yer alan hamur hazırlama işlemleriyle entegre edilebilmektedir.

Kağıt üretiminde ilk kademe kağıt hamuru elde etmektir. Selüloz fiberler bağlı malzemeden, ligninden ayrılır. Ham fiberi hamura dönüştürmek için iki metot vardır. Bunlar mekanik ve kimyasal metotlardır. Mekanik kağıt hamuru üretim işleminde disk aşınma ve kütükleme gibi metotlarla odun fiberlere ayrıştırılır. Mekanik işlemler genellikle kozalaklı bitkilere uygulanır. Bu metotta amaç saf hamurdan ziyade daha fazla ürün elde etmektir. Ürüne odun hamuru denir ve daha düşük kalitededir. Kimyasal mekanik işlemler, mekanik aşınma ve kimyasal maddeler gerçekleştirilir. Kimyasal mekanik metotla kağıt hamuru üretimi ile kimyasal termal metotla kağıt hamuru üretimi birbirine benzer. Fakat daha az mekanik enerji, sodyum sülfat, karbonat ve hidroksil kağıt hamurunun yumuşatılması için kullanılır.

Kesilen odunun %20-25 oranında serbest su içermesi için 10-15 gün sulu ortamda bekletilir. Dolayısıyla kağıt fabrikaları suyu bol olan yerlerde kurulmaktadır. Su ortamından alınan odunlar işletmeye verilir. Kabuk soyma makinesi ile odunların kabukları soyulur.

Entegre kağıt hamuru ve kağıt tesislerinde ve entegre olmayan kağıt hamuru ve kağıt tesislerinde çeşitli lifli maddelerden selüloz ve kağıt üretimi ile ilgili çevresel hususlar ele alınmaktadır. Entegre olmayan selüloz tesislerinde (piyasa selülozu) üretilen selüloz sadece açık piyasada satılmaktadır. Entegre olmayan selüloz tesisleri kağıt üretiminde kullandıkları selülozu satın almaktadır. Entegre selüloz ve kağıt tesislerinde ise selüloz ve kağıt üretim faaliyetleri aynı tesiste gerçekleştirilmektedir. Kraft hamuru tesisleri hem entegre şekilde hem de entegre olmayan şekilde çalışabilmektedir, sülfat hamuru tesisleri ise normalde kağıt üretimine entegre edilmektedir. Mekanik selüloz üretimi ve hurda elyafın işlenmesi genellikle kağıt üretimi işlemine entegre edilmektedir, ancak sadece bu işlemleri gerçekleştiren tesislerde bulunmaktadır.

Kimyasal maddelerin nakliyesi ve muhafaza edilmesi, iş güvenliği ve riskleri, ısı ve enerji üretim tesisleri, soğutma ve vakum sistemleri ve taze suyun işlenmesi gibi doğrudan selüloz ve kağıt üretimi ile ilgili olmayan çevresel konular kağıt tesisinde üzerinde durulması gereken konulardır. Çevreye olan etkileri kontrol altına alınmalıdır.

3.3 Atık Kağıt Kullanımı ve Çevre Açısından Avantajları

Atık kağıt geri kazanılmasının en mühim faydası çevre korumaya olan katkısıdır. Atık kağıtlar geri kazanıldığı zaman Belediye hizmetlerinde önemli bir yer işgal eden mühim ölçüde bir maliyet yükleyen katı atıkların toplanması, taşınması ve bertarafı işlemlerinde ekonomi sağlamasına yaramaktadır. Atık kağıtların çöpe karışması toplama ve taşınma sırasında problemlere yol açmakta bilhassa çöpleri depolandığı düzenli depolama alanlarında lüzumsuz bir hacim işgal etmektedir. Aslında değerli bir hammadde olan kağıdın üstelik ilave toplama, taşıma ve depolama maliyetleri ile uzaklaştırılması büyük maddi kayıplara yol açmaktadır.

* Orman kaynakları açısından Bugün ülkemizde orman kaynakları oldukça sınırlıdır. Atık kağıt, kağıdın hammaddesidir. Atık kağıdın odun olarak karşılığı 1 ton atık kağıt takriben 3 m³ ağaca tekabül etmektedir. Bu açıdan bakıldığında atık kağıdın orman kaynaklarını korumak açısından ehemmiyeti açıktır [10].

Odun hamurundan bir ton kağıt üretmek için 1,02-1,12 ton odun gerekirken kraft hamurundan kağıt üretmek için 1,65-2,25 ton kraft hamuru gereklidir.

Eski teknolojilerde bir ton kağıt üretmek için 400 m³ su tüketmek gerekirken modern tesislerde 20-50 ton su kullanmak yeterli olmaktadır. Kullanılmış kağıttan kağıt üretim tesislerinde bir ton kağıt üretimi için sadece 5 ton su kullanmak yeterli olmaktadır. Kullanılmış kağıtların geri kazanılması ormanların korunmasına katkıda bulunur. Bir ton kağıt üretimi esnasında;

- 2,4 ton odun,
- 440 ton su,
- 7600 kWh elektrik enerjisi gerekir.

Eğer kağıttan bir ton kağıt üretilirse, bu takdirde;

- 1,2 ton kullanılmış kağıt,
- 1,2 ton su,
- 2800 kWh elektrik enerjisi gerekir. (www.ambalajrehberi.com.tr).

Kullanılmış kağıtlar çöpe atıldığı zaman 3 ay ila 5 yıl içinde bozunur. 1 ton kullanılmış kağıt çöpe atılmayıp geri kazanıldığı ve kağıt üretiminde tekrar kullanıldığı zaman;

- 17 adet yetişmiş çam ağacının kesilmesi,
- 36 ton sera gazı CO₂ atmosfere atılması,
- 4100 kWh elektrik enerjisinin israf edilmesi,
- 267 kg kirletici gazın atmosfere atılması,
- 1750 litre fuel-oilin israf edilmesi
- 3-4 m³ depolama alanı tasarruf edilmesi,
- 85 m² ormanlık alanın tahrip edilmesi,
- 38,8 ton suyun israf edilmesi önlenir.

Kullanılmış kağıtların %15-20 lik kısmını pratik olarak kağıt üretiminde geri kazanarak kullanmak mümkün değildir. Çünkü kullanılmış kağıtların lifleri her seferinde ortalama %15-20 oranında zayıflar.

Türkiye’de günde üretilen katı atık miktarı 65.000 ton’dur. İstanbul’da ise 8.500 ton/gün’dür. Bir m³ odun yaklaşık olarak 200 kg karbon içerir. 1 ton kullanılmış kağıt ise 447 kg karbon içerir.

1 m³ odun (veya kağıt, odunla yoğunluğu aynı); [1]

- fosil yakıt yerine kullanılırsa 600 kg,
 - hafif ağırlıklı beton briket yerine kullanılırsa 800 kg,
 - kırsal bölgelerde yapılarda çelik yerine kullanılırsa 500 kg,
 - kapı ve pencerelerde alüminyum doğrama yerine kullanılırsa 1200 kg
- CO₂ in atmosfere atılması önlenir.

Kağıt üretiminde ana hammadde bitkilerdir. Bitkiler (ağaçlar v.s.) ile fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere atılan sera gazı karbondioksiti, güneş ışığı ve topraktaki su ve besi maddesini absorbe ederek odun ve serbest oksijen oluşur.

Ormanlar oksijen üretim fabrikalarıdır. Bir ağaç 1000 gr büyürken 765 litre CO₂ absorbe eder ve 770 litre O₂ üretirler. Yakıtların yanması sonucu atmosfere 1850 ile 1998 yılları arasında atmosfere karbondioksit olarak 270 milyar ton karbon atılmıştır. Bu miktarın yarısının fosil yakıtların yanması sonucu geriye kalan kısmın ise ormanların yanması sonucu atmosfere atıldığı tespit edilmiştir. Atmosferde CO₂ yoğunluğu %30 artmıştır.

Atmosfere atılan karbondioksitin %57 si (230 milyar ton) karbon deniz ve ormanlar tarafından absorbe edilmektedir [1].

Dünyada atmosfere atılan yıllık karbon emisyon ve absorblama dengesi;

Emisyon :

- Fosil yakıtların yanması : 6,3 milyar ton
- Ormanların tahribatı : 1,6 milyar ton
- Toplam : 7,9 milyar ton (29 milyar ton CO₂/yıl)

Absorblama;

- Deniz ve göller : 2,3 milyar ton
- Artan biokütle: 2,3 milyar ton
- Atmosferde kalan : 3,3 milyar ton

Toplam : 7,9 milyar ton (29 milyar ton CO₂/yıl)

Her yıl atmosferde kalan karbondioksit miktarı 12,1 milyar tondur. Karbon dioksitin atmosferde bozunma süresi 150 yıldır. Dolayısıyla sera gazı emisyonunu derhal azaltmak gereklidir. Uluslararası anlaşmalar imzalanırsa bu değer düşebilir. Yeni teknolojilere yönelinmelidir.

1850 li yıllarda atmosferdeki karbon dioksit yoğunluğu 285 ppm iken 2000 li yıllarda bu değer yaklaşık olarak 360 ppm e çıkmıştır. Fosil yakıt kullanımındaki artış ile ağaç yetiştirme ve kullanılmış kağıtların geri kazanılması aynı oranda gelişmezse CO₂ konsantrasyonunun artışın 2050 yılında 500-700 ppm olacağı tahmin edilmektedir (www.ambalajrehberi.com.tr).

Yeryüzünde canlı hayatının devamı için sınırlı sıcaklık değişimi söz konusudur. Yeryüzünde mevsimlere ve gece-gündüz değişimlerine bağlı sıcaklık, yaklaşık olarak -50 °C ile +50 °C arasında değişir. Global ortalama sıcaklık ise 27 °C dolayındadır. Kısmen kararlı ortalama sıcaklık, atmosferde mevcut CO₂ ve su buharından ileri gelir. Ozon tabakasından geçen UV ışınlarının bir kısmı bulutlar, çöller ve kar alanlarınca geri yansıtılır. Diğer kısmı ise yeryüzü tarafından absorbe edilir ve kızıl ötesi ışınlar şeklinde geri yansıtılır. CO₂, 13 µm ile 100 µm dalga boyundaki kızıl ötesi ışınları absorbe etmektedir (www.ambalajrehberi.com.tr).

Eğer, atmosferdeki CO₂ ve su buharı tarafından yeryüzünden geri yansıtılan kızıl ötesi ışınlar (UV) tutulmamış olsaydı, gece ile gündüz arasında çok büyük sıcaklık farkları olacak ve canlı

hayatı devam etmeyecekti. Bu durum kirlenmeden önceki olayın olumlu yönüdür. Diğer taraftan, 7 µm ile 13 µm arasındaki UV ışınları, bugün çeşitli uçucu hidrokarbonlar, CFC ve N₂O gibi maddelerce absorbe edilmekte ve pencere kapatılmaktadır. Tüm bu olaylar yeryüzünde global sıcaklık artışına sebep olmaktadır. 21.yüzyıla girerken, yeryüzünde ortalama 2-3 °C'lik bir sıcaklık artışının olacağı ve bu artışın atmosferdeki önemli değişiklere sebep olacağı tahmin edilmektedir. Böylece şiddetli kasırgalar, kış mevsiminde normalin üzerinde sıcak bir havanın hüküm sürmesi ve denizlerin yükselmesi gibi olayların görülmesi olasıdır.

Yeniden kazanılan hurda elyaf, aynı kalitede ham hamurdan daha düşük maliyeti ve birçok Avrupa ülkesinde geri dönüşümlü kağıt kullanımının teşvik edilmesi nedeniyle kağıt üretim sanayiinin vazgeçilemez hammaddelerinden biri olmuştur. Geri kazanılan kağıdın işleme sistemleri üretilen kağıdın kalitesine, örneğin ambalaj kağıdı, gazete kağıdı, oluklu ambalaj kağıdı ve temizlik kağıdı, ve kullanılan lif yapısına göre farklılık göstermektedir. Geri dönüşümlü elyafın (RCF) işleme yöntemleri genel olarak iki ana gruba ayrılmaktadır:

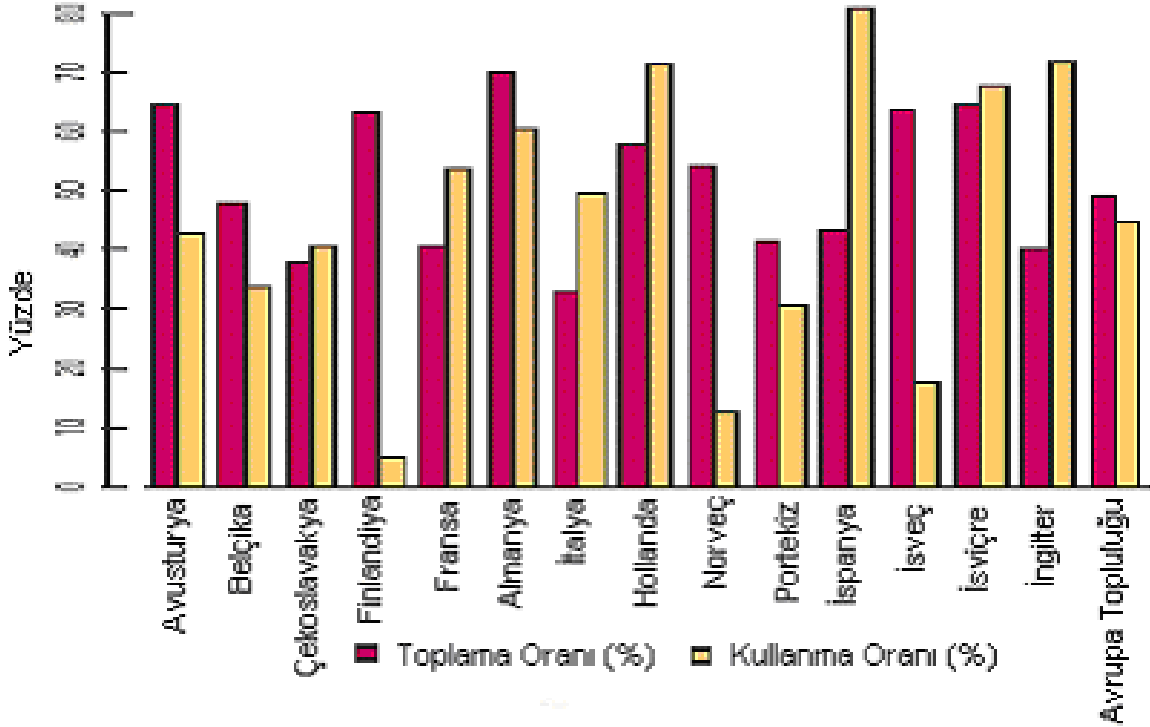
Mürekkepten arındırmayan özel mekanik temizleme işlemleri. Bu işlemler oluklu ambalaj kağıdı, oluklu mukavva, mukavva ve karton üretiminde kullanılmaktadır.

Mürekkepten arındıran mekanik ve kimyasal ünitelerde gerçekleştirilen işlemler. Bu işlemler gazete kağıdı, temizlik kağıdı, baskı ve kopya kağıtları, dergi kağıtları (SC/LWC), belirli kalitede kartonlar ve piyasa DIP'i üretiminde kullanılmaktadır.

RCF bazlı kağıt üretiminde kullanılan hammaddeler çoğunlukla geri kazanılan kağıt, su, kimyasal katkı maddeleri ile buhar ve elektrik enerjisinden oluşmaktadır. Üretim ve soğutma işlemleri için büyük miktarlarda su kullanılmaktadır. Üretim işlemine yardımcı olmak ve ürün özelliklerinin iyileştirilmesini sağlamak amacı ile kağıt üretimi sırasında çeşitli katkıları uygulanmaktadır. Geri kazanılan kağıdın işlenmesi sürecinin çevresel etkileri suya yapılan salımlar, katı atıklar (özellikle, temizlik kağıdı tesislerinde olduğu gibi yıkama yöntemiyle mürekkepten arındırıldığı takdirde) ve atmosfere yapılan salımlardan oluşmaktadır. Atmosfere yapılan salımlar çoğunlukla enerji santrallerinde yakılan fosil yakıtlarından kaynaklanmaktadır. Hammaddeden kağıt üretimi birkaç kademe gerçekleşir. İşlem ağaç kesme ile başlar. Ağaçlar kesildikten sonra uygun noktaya nakledilir.

Kullanılmış kağıtların geri dönüşüm işlemi için düzgün bir program yapılmalıdır. Çünkü kullanılmış kağıtları toplama ve taşıma en büyük maliyeti oluşturur. Program doğru ve sağlıklı yapılmazsa geri dönüşüm maliyeti çok yüksek olur.

Şehrin belirli yerlerinde oluşturulacak merkezlerde kağıtlar kaynaktan mümkünse motorsuz araçlarla toplanmalıdır. Geri kazanma oranının en yüksek olduğu ülkeler Almanya, Avusturya, Norveç, Finlandiya ve İsveç'tir.



Şekil 3.1 Atık kağıt toplama ve kullanma oranları [1]

Geri kazanılmış kağıtları tekrar kullanma oranının en düşük olduğu ülkeler, orman alanı bol olan; İsveç, Finlandiya, Norveç'tir. Bu ülkelerde geri kazanılan kağıtlar, verilen mantık çerçevesinde enerji elde etmek amacı ile kullanılmaktadır. Buna göre geri kazanılan kağıtlar enerji üretiminde kullanılırsa fosil yakıt tüketimi azalır. Üretilen kağıtlar iki defa kullanılmış olur. Böylece fosil yakıt yerine atık kağıt kullanıldığı için atmosfer atılan CO2 emisyonunda da önemli azalmalar olur.

Kullanılmış kağıdın kalorifik değeri 3.500 Kcal/kg, kül %2,7, karbon %44,7, hidrojen %6,1, oksijen %48,1 ve azot %0,4'dir. Dolayısıyla orman alanları bol olan ülkeler, atık kağıtları geri kazanma işlemlerini hızlı şekilde devam ettirmektedirler Ancak geri kazanılmış kağıtlar enerji amacı ile kullanmakta ve depolanması önlenmektedir. (www.ambalajrehberi.com.tr).

Çizelge 3.1 Atık kağıt toplama ve kullanım oranları [1]

Ülkeler	Kullanma (%)	Geri Kazanma (%)
Almanya	60	71
Hong Kong	100	61
İsveç	17	52
A.B.D	39	45
Kanada	24	43
İngiltere	69	40
Finlandiya	6	34
Arjantin	44	31
Çin	37	28
İsrail	78	24

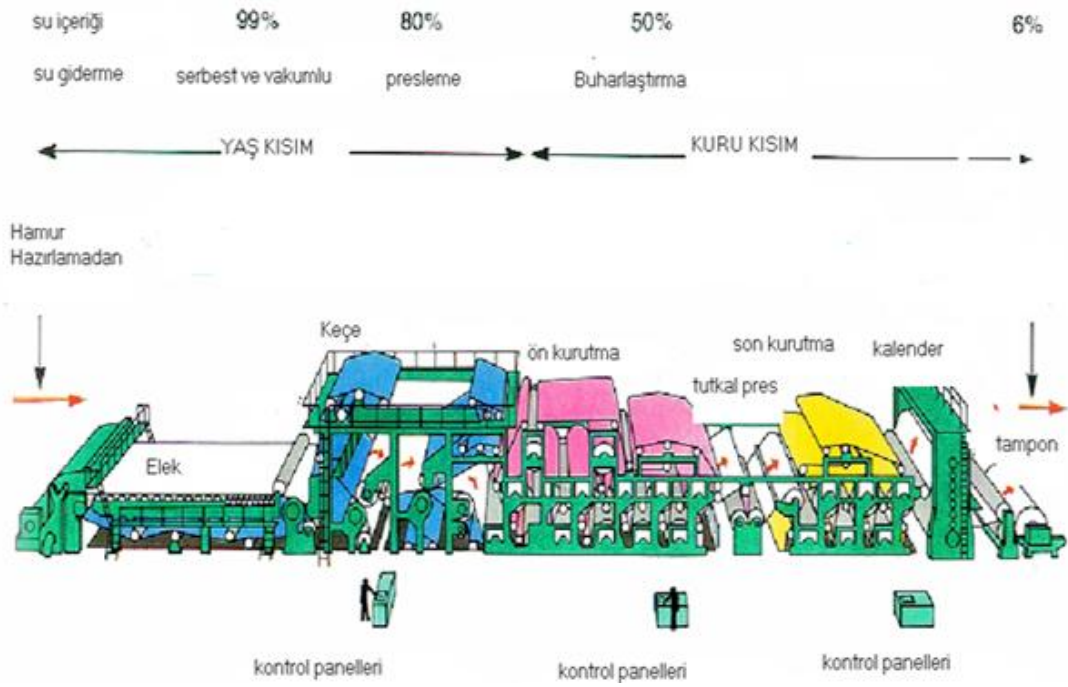
Kağıt sanayisinde kullanılmış kağıt kullanımı hızlı şekilde artmaktadır. Kağıt üretim tesislerinde kullanılmış kağıt, hamur hazırlama tesisinde önce küçük parçalara ayrılır. Kağıt yapımında kullanılacak madde suda çözülür. Bu işlem belli bir sıcaklıkta yapılır. Ortamdaki baskı boyları, yapışkan ve yabancı maddeler temizlenir. Elyafın tekrar işlenmesinden dolayı belli miktar elyaf kaybı olur. Atık kağıdın işlenmesine bağlı olarak bu kayıp %10-25 arasında değişir.

Ülkemizde ve dünyada atık kağıt kullanımı yıllar içerisinde artış göstermesi sadece ülke içi bir ekonomi olmakla kalmayıp ülkeler arası bir ticari meta haline gelmiştir. Çin'de atık kağıt ile çalışan firmalar bir yıllık atık kağıt stoklarıyla çalışma politikaları geliştirmişlerdir. Batı

ülkelerin yaptıkları ihracatlar için gönderilen gemiler dönem dönem büyük miktarlarda eski kağıt almaları nedeniyle eski kağıt fiyatları dalgalanma göstermiştir.

Beyaz atık fiyatlarındaki dalgalanmalar, büyük fiyat artışları olması dönemlerinde beyaz atık kağıtla çalışan tesislerin selüloz fiyatları ve işleme maliyetleri ve fireleri düşündüklerinde selüloz kullanmak böylesi durumlarda ekonomik olmaktadır.

3.4 Kağıt Üretimi ve Su Kullanımı



Şekil 3.2 Kağıt makinası kısımlarında su giderilmesi (Altunkaya, 2007)

Atık kağıt kullanımı çevreye dost bir yaklaşım olmakla beraber kullanılan teknikler ve atık kağıt içinde istenmeyen maddelerin ayrılmasında fireler nedeniyle elyaf kayıpları AKM kayıplarına neden olmaktadır.

Odun kaynaklı tesislerde yıkama proseslerinde alınan suyla beraber gelen kimyasallar ve bunların geri kazanımlarında alınan su geri kullanılmasına rağmen hazır Pazar selülozu ve atık kağıttan yapılan üretilere göre her zaman fazladır. Referanslarda verilen Türkiye çevre bakanlığı bu nedenle üretimde kullanılan su miktarı limitlerini daha yüksek tutmuştur.

Çizelge 3.2 Kağıt tiplerine göre çevresel salımlar [4]

	Akış m ³ /t	KOİ kg/t	BOİ kg/t	AKM kg/t	Toplam N kg/t	Toplam P kg/t	AOX kg/t
Mürekkepten arındırma işlemi uygulamayan entegre RCF kağıdı tesisleri (örneğin wellenstoff, oluklu ambalaj kağıdı, beyaz kağıt, karton vb)	< 7	0,5-1,5	<0,05-0,15	0,05-0,15	0,02-0,05	0,002-0,005	<0,5
Mürekkepten arındırma işlemi uygulanan RCF kağıdı tesisleri (örneğin gazete kağıdı, baskı & parşömen kağıdı vb.)	8 - 15	2-4	<0,05-0,5	0,1-0,3	0,05-0,1	0,005-0,01	<0,5
RCF bazlı temizlik kağıdı tesisleri	8-25	2,0-4,0	<0,05-0,4	0,1-0,4	0,05-0,25	0,005-0,015	<0,5

Atık kağıt kaynaklı, kağıt tesislerinden havaya yapılan salımlar çoğunlukla ısı üretimi tesislerinden, bazı durumlarda da yardımcı elektrik üretim santrallerinden kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla enerji tasarrufu havaya yapılan salımların azaltılması anlamına gelmektedir. Kullanılan enerji santralleri diğer enerji santralleri gibi değerlendirilebilmesi mümkün olan standart kazanlardır.

Kağıt tesislerine su, tedarik ünitesinden ön hazırlıklar yapılarak kağıt tesissine verilir. Bu üniteye çökeltme ve ön arıtma işlemleri alınan su kaynağına bağlı olarak gerekebilir.

Kağıt tesisleri hangi tür imalat yapılırsa yapılsın, kullanıma hazır hale getirilen su sisteme en temiz olarak ihtiyaç olan noktalara beslenir. Bu noktalarda kullanıldıktan sonra proses suyu sistemine karışır. Proses suyu yeniden işlemlere tabi tutulur. Kağıt üretiminde öncelikle elyaf kazanımı için su içerisindeki katı maddelerin ayrılması için ünitelerde elyaf ayrılırken elde edilen su da özelliklerine göre sınıflandırılır. Disk filtre olarak adlandırılan ekipmanlarda öncelikle elyaf kazanılır. Bunun yanında ise bulanık filtrat ve temiz filtrat olarak ayrılabilen sular, hamur hazırlamada veya makinaya yaklaşım sisteminde seyreltmeler için kullanılır. Temiz filtrat ise salmastra suyu ve yaprak şeklinde fiskıyelerde kullanılır.

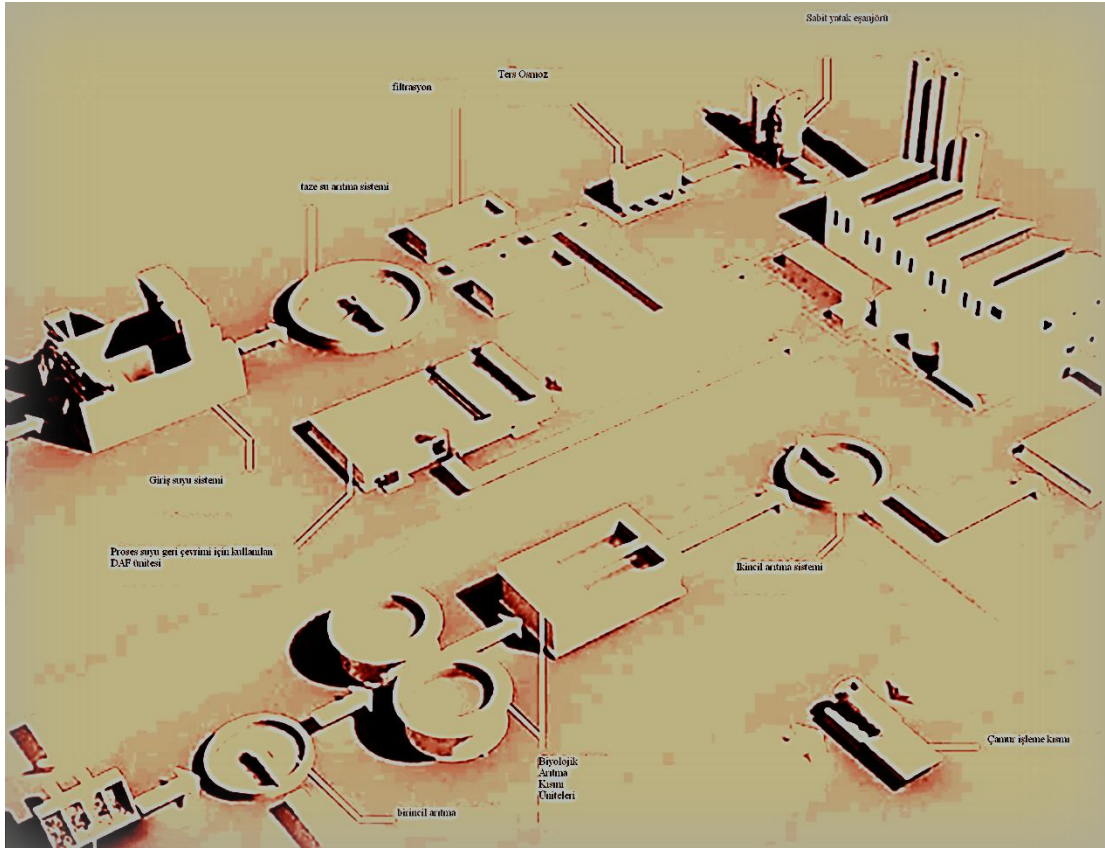
Kağıt tesisi içinde yeteri kadar suyun temizlenmediğinden arıtma tesislerindeki çökeltme proseslerine benzer çökeltme havuzlarında çökeltme hızlarını artırmak için polimer

kimyasallar kullanılarak su çevrimi hızlandırılır. Genellikle bu kısımda şekilde görüldüğü gibi dikdörtgen şekilde DAF üniteleri kullanılır.

3.5 Kağıt Tesisinde Su Çevrimleri

Aşağıdaki çizelgede kağıt makinasında atık kağıt girdikten sonraki seyreltmeler ve susuzlaştırma veya koyulaştırma proses içinde gereklilik olduğundan su dengesi için hesaplama yapılmıştır. Bu denge

kağıt türlerine göre çok az farklılıklar gösterir. Hesaplama aşama aşama seyreltme ve koyulaştırma olarak devam eder. Kağıt makinası da genelde susuzlaştırma olarak çalışmaktadır. Kağıt tesisinin su deşarjını kapatmamız halinde bile üretilen ton başına yaklaşık 2 ton su kullanılacaktır.



Şekil 3.3 Kağıt tesisinde genel su çevrimi [11]

Şekil 3.3 'de taze su temininden kağıt makinasının iç kullanımı ve arıtma tesisinde önemli ekipmanlar ve suyun geri çevrimleri genel olarak görülmektedir.

3.6 Kağıt Tesisi İçinde Geri Kullanımlar

Çizelge 3.3 Kağıt tesisinde seyreltme koyulaştırma ve buharlaştırma aşamaları

proses sırası	kuru madde %	kuru miktar kg/m ³	su+elyaf	su m ³	verilen su	geri alınan su	%
atık kağıt	90			100		100	-0,05
pulperdeki hamur	5	50	18.600	17.670	17.570		0
yüksek kesafet temizleyicide	4	40	23.250	22.320	4.650		0
yüksek kesafet elekleri	4	40	23.250	22.320	0		0
düşük kesafet temizleyici	1	10	93.000	92.070	69.750		0
düşük kesafet elekleri	1	10	93.000	92.070	0		0
disk filtrede	3	30	31.000	30.070		-62.000	34,05
disperger öncesi	30	300	3.100	2.170		-27.900	15,32
disperger sonrası	10	100	9.300	8.370	6.200		0
makina deposunda	3	30	31.000	30.070	21.700		0
hamur kasasında	1	10	93.000	92.070	62.000		0
elek çıkışında	2	200	4.650	3.720		-88.350	48,52
pres çıkışında	50	500	1.860	930		-2.790	1,53
ön kurutma çıkışında	90	900	1.033	103		-827	0,45
tutkal pres çıkışında	70	700	1.329	399	295		0
son kurutma çıkışında	93	930	930	70		-329	0,18
mal sarıcıda	93	930	930	70	0		
Bobinde	93	930	930	70	0		
kağıt -1000kg için 930 kg elyaf olur		930					
buharlaştırılan su m ³				930	930		
Toplam					183.095	182.095	100
m ³ /ton imalat						1.930	

(Çizelge 3.3) 'de 1 ton kağıt üretiminde ilk olarak kağıt %5 lik çözelti olacak şekilde açılmaktadır. Bu aşamada kağıtla beraber felen kağıttan daha yoğun olan maddelerde sulu ortama geçer. Koyu hamur temizleyiciler özgül ağırlık farklarından santrifüj etkiyle ayrılma prensibine dayalı çalışır. Hamur hazırlama kısmında boyut farklarının ayrılmasına dayanan bitr filtre gibi çalışan ayırma eleklerinde plastik ve açılmamış elyaf demetleri hamur adı verilen elyaf çözeltisinden ayrılır.

%4 kuru madde değerlerinde çalışan kısımda kaba ayırmalar gerçekleşir. Kağıt makinasının kapasitesine bağlı olarak bu kısımda kullanılan ekipmanlar seri veya paralel şekilde yerleştirilir.

İkinci aşama ise düşük kesafette ayırmadır. Kaba ayırma bölgesinde kullanılan ekipmanlara benzer ekipmanlar kullanılır. Fakat daha iyi ayırma sağlayabilmek için %1 kuru madde değerlerine seyreltilir.

Bu seyreltmeyle sulu çözelti halinde elyaf yanında ince kum taneleri ve açılmamış elyaf ve küçük boyutlu elyaf dışında kalan maddeler ayrılır.

Temizlik için seyreltilen elyaf çözeltisi depolamada kapasite sağlayabilmek için önce %3 daha sonra da %10 'a kadar koyulaştırılır. Özel amaçlar için kullanılan dispersiyon dağılayan disperser veya disperger diye adlandırılan ekipmanlarda sıcaklık yükseltilir. Kayma kuvvetlerinden yararlanarak Ayrılamamış maddelerin gözle farkedilemeyecek boyutlara küçültülür. Kapasitenin etkin kullanılabilmesi ve elyafın birbirine sürtünerek açılması ve dağılım için %30 kuru madde değerine yükseltilir. Disperger sonrası tekrar %3 kuru madde değerlerine indirilir. Depolama için %10 kuru madde bu işlem sonrası da uygulanır.

Makinaya beslemek için stoklanmış olan elyaf çözeltisi kağıt makinasında formasyonu sağlayan hamur kasasına beslendiğinde %1 kuru madde değerine seyreltilir. Su içinde yüzen elyaf elek kısmında yeniden şekillendirilir. Önce serbest suyu buraktılır. Daha sonra vakum uygulamasıyla beslenmiş olan suyun %98'i burada geri kazanılır. Kısa çevrim olarak adlandırılan %3 den %1 seyreltmenin yapıldığı makinaya besleme kısmında su geri kullanılır. Pres kısmında %50 kuru maddeye kadar çıkartılan ve kendi kendini taşıyabilecek mukavemet gelen kağıt kurutmada geri kalan suyu buharlaştırılır. Kapalı çevrimde buharlaştırılan su ve kayıplar ile hesaplamamızda $1,93 \text{ m}^3/\text{ton}$ dur.

4.3 Arıtma Tesisi Tasarımı

Arıtma tesisleri, sürekli çalışan kağıt makinaların çalışma şartlarına bağlı olarak belirli bir aralıkta tasarlanır. Kağıt tesislerinde arıtma girişleri ve özellikleri için Pacques firmasının sitesindeki makalelerden tesis tasarımı için kullanılabilir giriş şartları seçilmiştir. (Çizelge 4.1). Arıtma tesisi, ön fiziksel arıtma, anaerobik reaktör ve havalı arıtmanın sonrasında yumuşatma kademesi ve belt filtre (çamur susuzlaştırma) olarak tasarlanmıştır.

Kağıt tesisinden çıkacak endüstriyel ve evsel nitelikli atıksuları fiziksel ve biyolojik arıtım ünitelerinden oluşmakta olan tesis için temel veriler; **30.000 kg KOİ/gün, 12.000 kg BOİ/gün** organik yük ve **6.000 m³/gün** hidrolik yükü kaldırabilecek kapasitede boyutlandırılmıştır. Havasız kademedeki IC reaktörünün % 30 civarında ek rezervi ileriki artışlar için öngörülmüştür.

Çizelge 4.1 Kağıt tesisinde arıtmayla entegre olan sistemin operasyonel verileri [5]

Parametre	birim	havasız proseste	toplam
Akış	m ³ /d	2650-4000	2650-4000
COD yükü	kg/d	28000	28000
BOD yükü	kg/d	14000	14000
COD giderme	%	75	85-90
BOD giderme	%	80-85	98
TSS giderme	%		97
Biogaz üretimi	m ³ /d	9000	

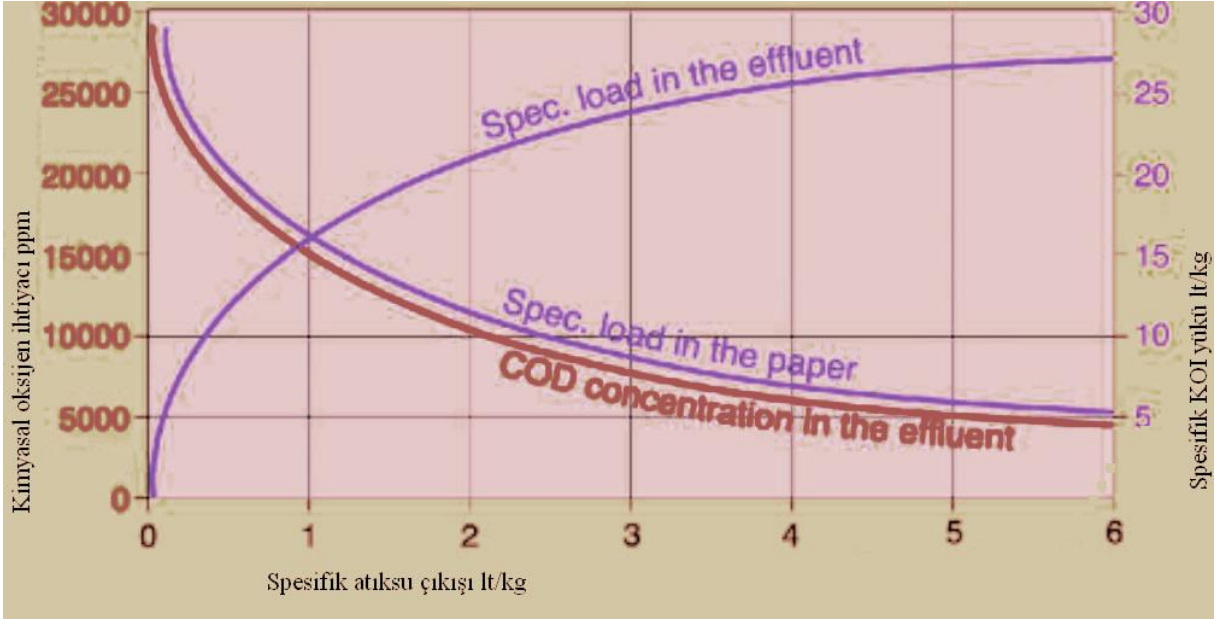
Ön çöktürme kademesinde, atıksularla gelebilecek elyaf miktarına (200 – 1.000 mg AKM/L) bağlı olarak maksimum 6.000 Kg/gün katı madde (KM % 2'den yüksek) tutulacak olup, sürekli ve düzenli bir şekilde çamur tankına pompalanacaktır. Havasız kademedeki oluşacak artık çamur, zaman zaman çamur rezervuarına alınacak ve sistem için yedek olarak tutulacak yada satılacaktır. Bu amaçla 220 m³ hacminde rezervuar tasarlanmıştır.

Su tüketimine göre arıtma tesisi ve geri kullanımı sonucu birikimler nedeniyle KOİ yükü ve AKM miktarları artmaktadır.(Şekil 4.2)

Atıksular, ilk önce katı maddelerin çöktürülmesi amacıyla ön çöktürme tanklarına alınır. Ön çöktürme tankı, atık suda askıda katı maddelerin giderimi için kullanılmaktadır. Ön fiziksel

arıtımı yapılan atıksu kağıt tesisinden gelen suyun sıcak olması ve biyolojik faaliyetlere zarar vermemesi için 36 °C olması için ısı değiştiricisinden istifade edilir. Burada konumlandırılan ısı değiştiricisi arıtma tesisinden çıkan ve sisteme geri gönderilen suyun tekrar ısıtılmasıyla çalışmaktadır. Soęuk tarafı tesise geri gönderilen su, sıcak tarafı kağıt tesisinden arıtmaya gelen su olarak tasarlanmıştır. Böylece iki amaç birden gerçekleştirilir. 1. pompa istasyonunda toplanan ve 1. ısı değiştiricide ön soğutması yapılan atıksular, 2. veya 3. ısı değiştiriciden geçirilerek asidifikasyon tankına basılmaktadır. Asidifikasyon Havasız reaktör (HR) öncesi hazırlık aşamasıdır. Burada ortam şartları ayarlanır. Reaksiyonun başlangıcı burada sağlanır. Bu tanka ayrıca biyolojik aktivite için gerekli olan; azot ve fosfor ile pH kontrolü için kostik ilavesi yapılmaktadır. Gerekmesi halinde HR (iç çevrimli) reaktörü çıkışının bir kısmı buraya verilerek, Havasız reaktörünün sürekli ve sabit bir debiyle beslenmesi sağlanmaktadır.

Asidifikasyon tankında biyolojik aktivite sonucu asidifasyonu da tamamlanan atıksular, HR reaktörüne basılmaktadır. HR reaktörü 5,5 m çapında 24 m yüksekliğinde olup, tamamen 316L kalite paslanmaz çelikten imal edilmiştir ve temel mühendisliği ile özel tüm iç aksamı (taban dağıtım yapısı, gaz/katı/sıvı separatörleri, iç borulama, gaz/sıvı ayırma tankları v.b.) için Pacques firmasının tasarımı esas alınmıştır. Havasız kademede oluşacak ortalama biyogaz miktarı 310 m³/saat civarında olacaktır. HR tank üstünde bulunan 2 adet gaz tankında toplanan gazlar 150 m³ hacmindeki gas holder (gaz tutucu)'ya alınarak, fabrikada kullanılması öncesi basıncın dengelenmesi sağlanmaktadır. Üretilen gaz fabrikada kullanılmazsa basıncın yükselmesi sonucu otomatik olarak yakma bacasında yakılacaktır. Yakma bacasında da bir problem oluşması halinde, kondens tutucuda toplanacak gazlar IC tankın üzerinden 4 m daha yüksekten dışarı atılmaktadır.



Şekil 4.2 Su Tüketimine göre arıtma girişinde KOİ yükü (Hölik,2006)

Havasız arıtmadan çıkan atıksular havalandırma tanklarına geçmektedir. Her bir havalandırma tankı da kendi içinde seri çalışan 2 adet bölümden oluşmaktadır. Kare formunda olan her bölümün hacmi 2.000 m³ olup, her bir havalandırma havuzunun hacmi 4.000 m³ dür. HR tank çıkış suları debimetreler ve oransal çalışan pünomatik vanalarla eşit olarak havalandırma tanklarına alınmalıdır. Havalandırma tanklarında atıksuyun aktif çamurla temas etmesi sağlanarak, bakterilerin faaliyeti sonucu organik kirlilik su, karbondioksit ve yeni hücrelere çevrilmektedir. Aktif çamurun ihtiyacı olan oksijen mekanik havalandırıcılarla sağlanmaktadır. Havalandırma havuzunda 90 kw ve 45 kw olmak üzere birer adet yüzey aeratör bulunmaktadır. IC tank içinde ve asidifikasyon tankında bakterilerin faaliyeti sonucu oluşacak kötü kokular fanlarla çekilerek, ekzos akımı bu kapakların altına verilmesi tesiste koku giderimi için önerilmiştir. Havalandırma havuzlarının ilk kademesinde 90 kw aeratör, 2. kademesinde 55 kw aeratör bulunmakta olup, 55 KW lık aeratör frekans konvertörlü olup, tank içindeki çözülmüş oksijen değerine göre devri otomatik olarak değişmektedir.

Havalandırma tankından çıkan atıksu aktif çamur karışımı son çöktürme tanklarına geçmektedir. Sistemde havalandırma tankı için bir adet son çöktürme tankı mevcuttur. Bu tankda arıtılmış sudan aktif çamurun ayrılması amaçlanmıştır. Yapısı ağır olan aktif çamur tank tabanına çökerken arıtılmış su 3. pompa istasyonuna geçmektedir. Tank tabanına çöken aktif çamurlar yine sıyrıcılarla çamur çukurlarına toplanarak pompalarla geri devir çamuru

olarak havalandırma tanklarına basılmaktadır. Geri devir hatları üzerinde bulunan fazla çamur vanalarıyla, sistemde üreyen fazla aktif çamurlar otomatik olarak çamur tanklarına alınmaktadır.

Son çöktürme tankı çıkışından 3. pompa istasyonuna toplanan arıtılmış sularından 150 m³/saat atıksu geri kullanım amacıyla sertliğin giderilmesi için yumuşatma kademesinden geçmektedir. Bu miktarın üzerindeki çıkış suları alıcı ortama deşarj edilmektedir. 3. pompa istasyonunda toplanan biyolojik arıtım çıkış suları pH ayar tankına alınıp bu tankta otomatik olarak NaOH ilavesi yapılmaktadır. Bu tankta pH değeri 7.3 – 8.3 aralığında tutulacak olup kalsiyum iyonlarının CaCO₃ formunda uzaklaştırılması sağlanmaktadır. İlave edilen NaOH un karışması için tanka karıştırıcı konulmuştur.

pH ayar tankından çıkan sulara DAF ünitesine girmeden önce flokların irileşmesi için anyonik polielektrolit ilave edilmelidir. DAF ünitesinde yüzeyde toplanan çamurlar doğrudan tank altında bulunan çamur tankına ve oradan da çamur pompalarıyla 1. çamur tankına alınmaktadır.. DAF ünitesinden çıkan sular ise yumuşak su tankına geçmekte olup, bu tanktan proste kullanılmak üzere fabrikaya pompalanmaktadır. Yumuşak su tankındaki su seviyesine göre DAF ünitesi otomatik devreye girip çıkmaktadır.

Yumuşatma kademesinden çamur tankına günde maksimum 2.000 Kg katı madde geleceği öngörülmüştür. Keza artık aktif çamur miktarı en çok günde 1.000 Kg katı madde olup, çamur tankına tesisin farklı ünitelerinden toplam maksimum 9.000 Kg katı madde gelecektir. Kuru madde içeriklerine bağlı olarak tesiste hidrolik olarak maksimum 650 m³/gün çamur akımı oluşacaktır. Bu akımlar 400 m³ hacme sahip çamur tankında dalgıç karıştırıcılarla etkin bir şekilde homojenize edilip, beltfiltrede susuzlaştırılacaktır. Beltfiltrenin kapasitesi maksimum katı madde miktarını, en çok 16 saat içinde susuzlaştırabilecek şekilde seçilmiştir. Susuzlaştırma verimini artırmak üzere katyonik polimer kullanılacaktır.

- Toplam atıksu miktarı; 6.000 m³/gün ve ortalama atık su debisi 250 m³/saat olarak seçilmiştir.
- Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOI₅), < 2.000 mg/L = 12.000 kg/gün
- Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOI), < 5.000 mg/L = 30.000 kg/gün
- Asılı Katı Madde (AKM), < 1.000 mg/L = 6.000 kg/gün
- Sıcaklık < 50 °C

Çizelge 4.2 Çıkış suyu kalitesi

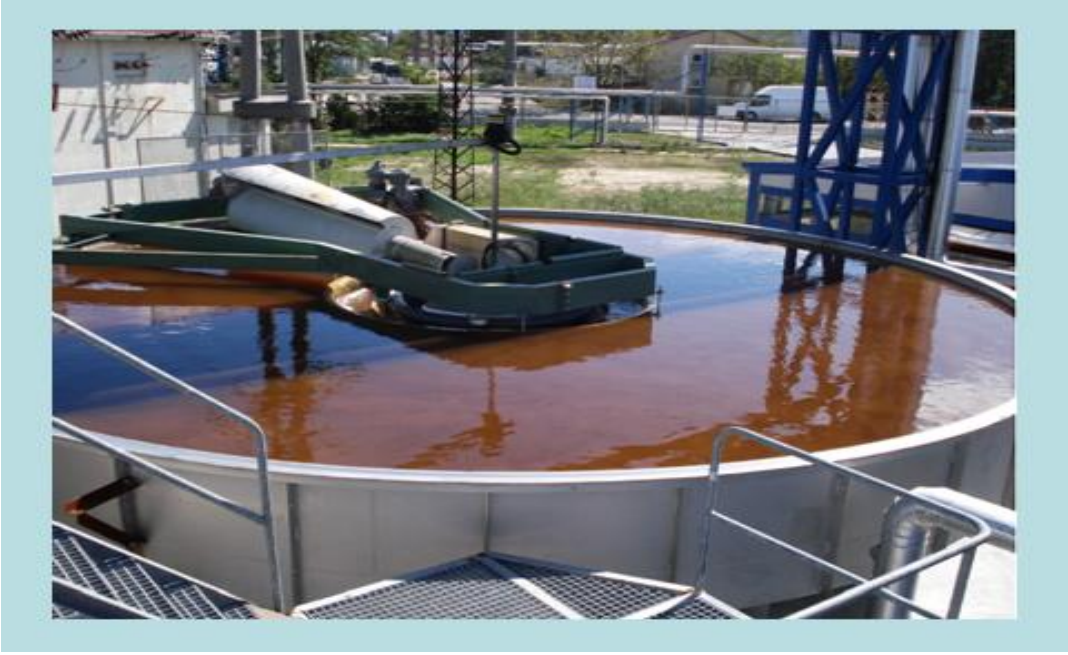
PARAMETRE	Arıtma Çıkışı	Yumuşatma Çıkışı
BOI ₅	< 40 mg/L	< 20 mg/L
KOI	< 200 mg/L	< 200 mg/L
T-Sertlik,	--	< 300 mg CaCO ₃ /L
AKM,	< 40 mg/L	< 30 mg/L
NH ₄ -N	--	< 2 mg/L
T-P	--	< 1 mg/L
pH	6-9	6-9

4.4 Arıtma Tesisinin Taze Su Kullanımının Düşürülmesine Katkıları

Arıtma tesisi, kağıt tesisinden kullanılmayan suyun tekrar tesise geri beslenerek uygun kısımlarda kullanımlarından, taze su kullanımını düşürür. Alıcı ortama verilmeden tekrar tekrar kullanmak veya tamamen kapalı çevrim halinde çalıştırmak için arıtma tesisinin yükü artar. Arıtma tesisinde yumuşatma, kükürt giderme ve biyolojik arıtma kadenelerinde kalma zamanı vereaksiyon zamanlarını artırmak gerekir. Arıtma tesisinde kazanılan her metreküp, kağıt tesisine girecek suyun azaltılmasını sağlar.

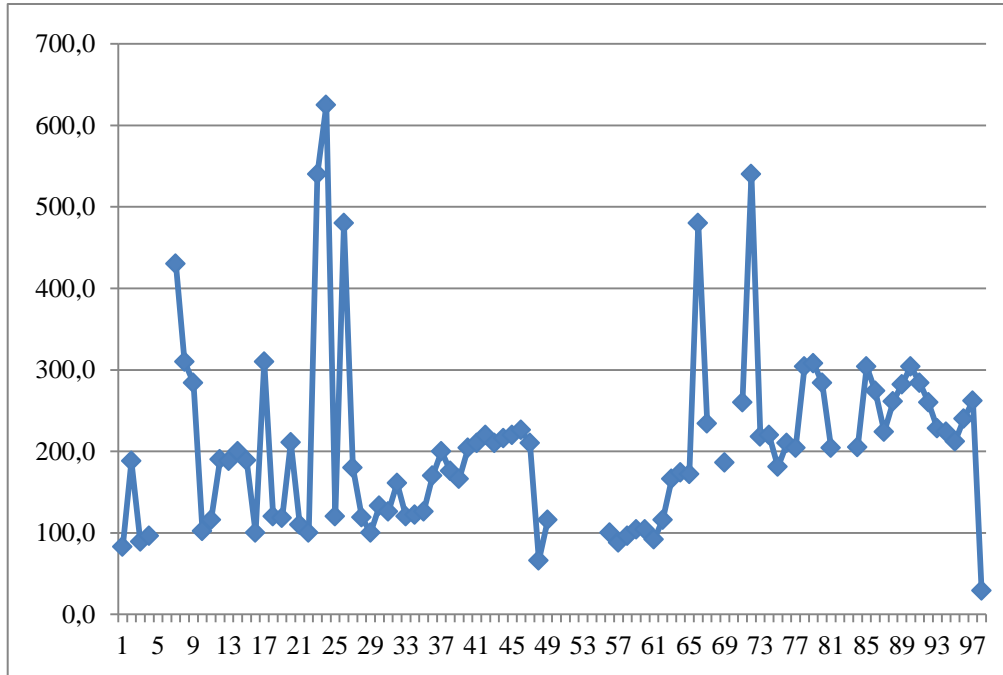
4.5 Arıtma Tesisinde Yumuşatma ve Türbidite Giderimi

Havasız arıtmadan yaklaşık 35°C çıkan atıksu hattının ihtiyaca göre 150 m³/saat'lik kısmı geri kullanım için sertlik giderimine tabi tutulacaktır. Bu kademedeki DAF ile son çöktürme tankından çıkan atıksuların pH değerini yükseltip, atıksu içindeki karbonat molekülleri ile kalsiyum iyonlarını CaCO₃ formuna dönüştürmeye dayanmaktadır.



Şekil 4.3 DAF ünitesi

pH AYAR TANKI (ön reaksiyon tankıdır), kostik ilavesiyle pH 7.30-8.30 aralığına yükseltilecektir. Bu tank 2 saat kalma zamanı düşünülerek 290 m³ olarak alınmıştır. DAF Ünitesine boru üzerinde polimer ilave edilmektedir. Tank yüzeyinde yüzen ve tabana çöken çamurlar sistemden uzaklaştırılacaktır. DAF ünitesinden çıkan sular, yumuşak su tankına alınıp buradan proseste kullanılmak üzere prosese geri gönderilecektir. Oluşan CaCO₃ yumakları (yüzen yada çöken) 3.çamur tankına alınıp, buradan çamur tankına pompalanacaktır. Susuzlaştırmak için beltfiltreye verilir.



Şekil 4.4 Kağıt tesisinden atık su çıkışında sertlik

Yumuşak Su Tankı (435 m³), sertliği düşürülen akıma ait aktif çamur hattından çıkan sular, 2. son çöktürme tankından sonra bu tanka alınıp, pompalarla, fabrikadaki kullanım noktasına geri yollanacaktır. Tanktaki su kotuna göre yumuşatma kademesi, girecek debiyi ve kimyasal madde dozlamalarını otomatik olarak ayarlayacaktır. Tesis çamur tankı (1. çamur tankı – 365 m³), ön çöktürme tankından, yumuşatma ve havalı biyolojik arıtma kademelerinden çıkan çamurlar, bu depoda toplanıp bir dalgıç karıştırıcı yardımıyla homojenize edilmektedir.

Çamurlar buradan pompa ile beltfiltreye basılacaktır. 1100 m³/gün, 8 saat kalış süresi ve 18.000 kg kuru madde/gün alınmıştır.

Çıkış suyunda oluşturulması gereken CaCO₃ sertliği düzeyini 300mg/lit düzeylerinde tutmak için ve sisteme geri gönderilen suyun pH ayarlayabilmek için geri gönderilecek suyun bir kısmını yumuşak su tankına vermek pH derğerini düşürmek için kimyasal kullanımını azaltacaktır.

Aşındırabilirlik indeksi (Asano T., 2007) kullanılan ve geri kullanılan sularda CaCO₃ nalı bir etki yaptığını ve kullanılan borularda ve çap daralmalarına ve kapasite artışlarına arıtma Tesisinde işletmelerin karşılaşılabilecekleri büyük sorundur. Suyu geri göndermeden sertlik düşürülürse aşındırabilirlik indeksi düşecektir.

DAF ünitesi deney çalışmalarımız için temel alınmıştır. Fiziksel olayları incelemek için değişkenler ve fonksiyon tanımları yapılmalıdır. Çok fazla değişkenin olması durumunda bazı değişkenlerin sabit olduğu varsayılarak etkin olan değişkenlerin değerlendirilmesi sağlanır. Bir fiziksel olayda tanımlama yaparken değişkenler üzerine müdahale yapmadan oldukları şekilde değerlendirilmesi durumunda fonksiyona etki eden değişkenleri bir denklem öngörülür ve parametrelerinin tahmini için en küçük kareler metoduyla değişkenlerin parametreleri tahmin edilir. (Bu bölümdeki ileri araştırmalar için Douglas Montgomery'nin design and experiments kitabına bakınız.)

$$Y = \Phi(x_1, x_2, x_3, x_4, \dots, x_n)$$

Denklem 4.1

Böylesi bir fonksiyonun Taylor serisine açılması durumunda üç değişken için;

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{11} x_1 x_1 + \beta_{22} x_2 x_2 + \beta_{33} x_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3$$

Denklem 4.2

Burada katsayılar belirli bir nokta civarındaki değişkenlere bağlı türevlerin nümerik değeridir. Her fonksiyonu seriye açmak suretiyle, ikinci dereceden fazla terimlerin etkilerini ihmal edilmesi durumunda fiziksel olayın tahmini ve bir fonksiyona bağlanması ileri çalışmaların yapılması için yardımcı olur. Örneğin yukarıdaki fonksiyonun ekstremum noktalarının bulunması için değişkenlere göre türevleri alınıp sıfıra eşitlendiğinde lineer denklem sistemi bulunur ve bu değerlerin bulunması matematik metodlarla kolayca bulunur.

Deneysel tasarım tekniklerinde oluşturulan fonksiyon için katsayılar matrisi olarak adlandırılan parametrelere bağlı olarak elde edilen değişkenlere değer verilmesi sonucunda oluşan lineer denklem sisteminin çözümünde veri sayısını artırmak için deney sayısını artırmak bu sistemi tanımlayan parametrelerin bulunmasını sağlar.

Temel Terimler

Faktör: Çıktı üzerinde etkisi olabilecek ve deneyde incelenen girdiler

Faktör düzeyleri: Faktörlerin deneyde incelenen değerleri

Ana etki : Her bir faktörün çıktı üzerindeki diğer faktörlerden bağımsız etkisi

Etkileşim: Faktörlerin birbirleriyle beraber çıktı üzerinde yaptıkları etki

Gürültü: Deneyde faktör olarak tanımlanmayan fakat çıktı üzerine etkisi olabilecek diğer bağımsız değişkenler

- Amaç: $y = f(x_1, x_2, x_3, \dots)$
- Bağımlı değişken (y) ve bağımsız değişkenler (x_1, x_2, x_3, \dots) belirlenir.
- (x_1, x_2, x_3, \dots) = kontrol edilebilen değişkenler
- n = bağımlı değişken sayısı
- Gürültü değişkenleri (kontrol edilemeyen değişkenler)

Deneysel tasarımda fiziksel değişkenlerin yerine faktör uzayı kullanılır. Burada faktör ile fiziksel değişkenler ile ilişkiyi belirleyelim.

Gerçek değişkenleri (z) ile gösterelim. Faktörleri de (x) ile gösterelim.

$$\Phi = f(x_1, x_2, x_3) = f(z_1, z_2, z_3)$$

Denklem 4.3

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{11} x_1 x_1 + \beta_{22} x_2 x_2 + \beta_{33} x_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3$$

Denklem 4.4

$$Y=b_0+ b_1*z_1+ b_2*z_2+ b_3*z_3+ b_{11}*z_1*z_1+ b_{22}*z_2*z_2+ b_{33}*z_3*z_3+ b_{12}*z_1*z_2+ b_{13}*z_1*z_3+ b_{23}*z_2*z_3$$

Denklem 4.5

$$x_j=(z_j-z_{j0})/((z_{max}-z_{min})/2)$$

Denklem 4.6

Her x değişkeni için alt seviye (-1), merkez nokta(0), üst seviye(+1) olacak şekilde düzenlenir.

Tan faktöryel deney tasarımında değişkenler yerine konulduğunda, iki seviyeli ve üç değişkenli bir model için;

Çizelge 4.3 Üç Değişkenli Ve İki Seviyeli Tam Faktöryel Tablosu

x0	x1	x2	x3	x1*x2	x1*x3	x2*x3	x1*x2*x3		y
1	-1	-1	-1	1	1	1	-1		y1
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1		y2
1	-1	1	-1	-1	1	-1	1		y3
1	1	1	-1	1	-1	-1	-1		y4
1	-1	-1	1	1	-1	-1	1		y5
1	1	-1	1	-1	1	-1	-1		y6
1	-1	1	1	-1	-1	1	-1		y7
1	1	1	1	1	1	1	1		y8

Burada katsayılar aşağıdaki formüller ile hesaplanır. Bu hesaplama excel'deki TOPLA.ÇARPIM formülündeki gibi iki kolonun aynı satırlarındaki çarpıp her çarpım değerinin toplamının bulunmasıdır. Katsayılar deney sayısına bölünerek bulunduğu değerler aşağıdaki şekilde hesaplanır.

$$\beta_0=(y_1+y_2+y_3+y_4+y_5+y_6+y_7+y_8)/8$$

$$\beta_1=(-y_1+y_2-y_3+y_4-y_5+y_6-y_7+y_8)/8$$

$$\beta_2=(-y_1-y_2+y_3+y_4-y_5-y_6+y_7+y_8)/8$$

$$\beta_3=(-y_1-y_2-y_3-y_4+y_5+y_6+y_7+y_8)/8$$

$$\beta_{12}=(y_1-y_2-y_3+y_4+y_5-y_6-y_7+y_8)/8$$

$$\beta_{13}=(y_1-y_2+y_3-y_4-y_5+y_6-y_7+y_8)/8$$

$$\beta_{23}=(y_1+y_2-y_3-y_4-y_5-y_6+y_7+y_8)/8$$

$$\beta_{123}=(-y_1+y_2+y_3-y_4+y_5-y_6-y_7+y_8)/8$$

Deney Parametrelerinin Seçimi

Deneysel tasarımı için parametreler DAF ünitesine besleme öncesi Ca(OH)_2 ve NaOH katıldıktan sonra depoda kalmasını simule etmek için her deney tasarımında öncelikle bu kimyasalları verdikten sonra karıştırma zamanı parametre olarak seçilmiş ve reaksiyon zamanı oluşan çökeleklerin olgunlaşması için 20 dakika sabit tutulmuştur. Çökeltme ve koagülasyonu hızlandırmak için polimer maddesi verilmemiş sistemin sadece bu iki kimyasal

ile olan davranışı incelenmiştir. Deneyle sonuçta etkin olan parametrelerin sistemi %95 güven sınırları içinde temsil etmesi istenmiş ve öngörülen denklemler her deney için ayrı ayrı verilmiştir.

Yapılacak deneysel çalışma için üç ayrı çalışma düşünülmüştür. Her biri deney olarak adlandırılmıştır

Çizelge 4.4 Yapılan deneysel tasarım parametre ve değişkenleri

Deney1	Gerçek Değişkenler			Faktör Seviyeleri		
	Alt Sınır	Orta	Üst Sınır	Alt Sınır	Orta	Üst Sınır
Naoh	9	9,5	10	-1	0	1
Alum(% 10 Luk)	1	1,5	2	-1	0	1
Karıştırma Zamanı	20	30	40	-1	0	1
Deney2	Gerçek Değişkenler			Faktör Seviyeleri		
	Alt Sınır	Orta	Üst Sınır	Alt Sınır	Orta	Üst Sınır
Ca(OH)2	9	9,5	10	-1	0	1
Alum(% 10 Luk)	1	1,5	2	-1	0	1
Karıştırma Zamanı	20	30	40	-1	0	1
Deney3	Gerçek Değişkenler			Faktör Seviyeleri		
	Alt Sınır	Orta	Üst Sınır	Alt Sınır	Orta	Üst Sınır
Ca(OH)2	9	9,5	10	-1	0	1
Alum(% 10 Luk)	6,5	7	7,5	-1	0	1
Karıştırma Zamanı	10	20	30	-1	0	1

Deneyel Tasarım Modelinin Seçilmesi

NaOH ve alum seviyeleri ve faktöriyel tasarım çalışması

Deney1 için NaOH ve alum seviyeleri ve faktöriyel tasarım tabloları, istatistik olarak değerlendirilmiş ve ayrıca JMP deney tasarımı programından yararlanarak faktöriyel deneysel tasarımı programı sonucunda yapılan deneyler ve sonuçları karşılaştırmak amacıyla verilmiştir. Her iki yapıda da sonuçlar istatistik olarak benzerlik göstermiştir.

Merkez noktasında yapılan ölçümlerde, (30,8 ; 32 ; 25) değeri elde edilmiştir. Veri sayısı 30 dan küçük olduğunda değerler student t dağılımı olarak bilinen dağılım tablosuyla değerlendirilir. Numune sayısı 30 dan büyük olan dağılımlar normal dağılıma göre istatistik olarak değerlendirilir.

Student t dağılımında $t(0,95, 2)=4,3$ dür. Bu değer her bir parametre için bulunan değer kıyaslamasında bu değerden büyük olan her katsayı sistemde kalmalı ve diğerleri denklemden elimine edildiğinde, etkin parametreler olarak tabloda görülen katsayılar ve değişkenler son regresyon denkleminde kalacaktır.

Çizelge 4.5 Deney 1 için faktöryel ve türbidiye değerleri

Deney1 sırası	x0	x1	x2	x3	x1*x2	x1*x3	x2*x3	x1*x2*x3	Türbidite
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	20,9
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	6,1
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	84,5
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	20,3
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	17,5
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	10,8
7	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	60,7
8	1	1	1	1	1	1	1	1	19,1

$$Y_0 \text{ ortalama} = (30,8 + 32 + 25) / 3$$

$$\text{Standart hata variansı} = (\sum (y_{0j} - y_0 \text{ ortalama})^2) / (\text{numune sayısı} - 1) = 14,01 = \text{MSSE}$$

$$\text{Standart hata} = 3,74 = \text{se}$$

$$\text{Katsayılar standart hatası} = \text{SQRT}(\text{MSSE}) / \text{karekök}(\text{faktördeki deney sayısı}) = 3,74 / \text{sqrt}(8) = 1,32$$

$$\text{Her katsayı için student t dağılım katsayısı} = t(\beta_j) = \beta_j / \text{se}$$

Çizelge 4.6 Deney sonrası bulunan katsayıların analizi

	x0	x1	x2	x3	x1*x2	x1*x3	x2*x3	x1*x2*x3
β_j	29,9875	-15,9125	16,1625	-2,9625	-10,5375	3,8375	-3,2875	1,8125
$t(\beta_j)$	22,66	12,02	12,21	2,24	7,96	2,90	2,48	1,37
etkin parametreler	29,99	-15,91	16,16	-	-10,54	-	-	-

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_{12} * x_1 * x_2$$

$$\boxed{\text{Türbidite} = 29,99 - 15,91 * x_1 + 16,16 * x_2 - 10,54 * x_1 * x_2}$$

F tablo $\%95(2,4) = 19,3$ deney için bulunan F deney = 5,366 dan büyük olduğundan kurulan denklem $\%95$ olarak olayı temsil etmektedir.

Çizelge 4.7 Deney 2 için tam faktöryel çalışma değerleri

Deney2 sırası	x0	x1	x2	x3	x1*x2	x1*x3	x2*x3	x1*x2*x3	y
1	1	-1	-1	-1	1	1	1	-1	33
2	1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	10,7
3	1	-1	1	-1	-1	1	-1	1	115
4	1	1	1	-1	1	-1	-1	-1	61,3
5	1	-1	-1	1	1	-1	-1	1	22,5
6	1	1	-1	1	-1	1	-1	-1	15,7
7	1	-1	1	1	-1	-1	1	-1	79,4
8	1	1	1	1	1	1	1	1	55,8
topla(x)	8	0	0	0	0	0	0	0	393,4
Topla.Çarpım(x*y)	393,4	-106,4	229,6	-46,6	-48,2	45,6	-35,6	14,6	
β_j	49,175	-13,3	28,7	-5,825	-6,025	5,7	-4,45	1,825	
t (opt) = abs(bj)/Sbj	55,65	15,05	32,48	6,59	6,82	6,45	5,04	2,07	
Geçerli değişkenler	49,18	-13,3	28,7	-5,83	-6,03	5,7	-4,45	0	

$$\beta_0=(33+10,7+115+61,3+22,5+15,7+79,4+55,8)/8=49,175$$

$$\beta_1=(-y_1+y_2-y_3+y_4-y_5+y_6-y_7+y_8)/8= -13,3$$

$$\beta_2=(-y_1-y_2+y_3+y_4-y_5-y_6+y_7+y_8)/8= 28,7$$

$$\beta_3=(-y_1-y_2-y_3-y_4+y_5+y_6+y_7+y_8)/8= -5,825$$

$$\beta_{12}=(y_1-y_2-y_3+y_4+y_5-y_6-y_7+y_8)/8= -6,025$$

$$\beta_{13}=(y_1-y_2+y_3-y_4-y_5+y_6-y_7+y_8)/8= 5,7$$

$$\beta_{23}=(y_1+y_2-y_3-y_4-y_5-y_6+y_7+y_8)/8= -4,45$$

$$\beta_{123}=(-y_1+y_2+y_3-y_4+y_5-y_6-y_7+y_8)/8=1,825$$

Merkez noktasında yapılan ölçümler ve istatistik değerlendirilmesi sonucu oluşturulan tabloda görüldüğü gibi altı adet deney yapılmıştır. Bu deneyler sonucu ortalama ve standart hata değerleri 2,49913318 bulunmuştur. Katsayılar için değerlendirme yapılmak üzere kullanılacak olan Se değeri'nin deney sayısının kare köküne planlanması sonucu 0,88357701 değeri bulunmuştur. Birinci deneyin incelenmesindeki gibi katsayılar için student t değerinin bulunması için her bir faktör için katsayıların bu değere oranlanması sonucu tabloda her değişkenin altında satırlarda görülen student t değerleri bulunmuştur. Karşılaştırmak için bu değerler mutlak değerce sıralandığında tablo dan bulunan t-tablo değeriyle kıyaslanarak t-

tablodan küçük olan parametreler regresyon denkleminde elimine edilir. Böylece hangi parametrelerin kurulacak denkleme olacağı tespit edilir. Deney 2 olarak yapılan çalışmada

Çizelge 4.8 Deney 2 için merkez noktası istatistik değerlemesi

Deney2 sırası	Y0i	(y0-y0ort)^2
1	19,8	4,48027778
2	16	2,83361111
3	15,6	4,34027778
4	14,9	7,74694444
5	20,9	10,3469444
6	18,9	1,48027778

toplam	87,2	31,2283333
y0ort	17,68333	
se^2		6,24566667
Se		2,49913318
Sbj		0,88357701

Sonuç olarak ;

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_3 * x_3 + \beta_{12} * x_1 * x_2 + \beta_{13} * x_1 * x_3 + \beta_{23} * x_2 * x_3 + \beta_{123} * x_1 * x_2 * x_3$$

$Y = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_3 * x_3 + \beta_{12} * x_1 * x_2 + \beta_{13} * x_1 * x_3 + \beta_{23} * x_2 * x_3$ Olarak basitleştirilmiş, sistemin tanımlanmasında üçüncü parametrenin etkisi ihmal edilebilecektir.

$$Y = 49,18 - 13,30 * x_1 + 28,70 * x_2 - 5,83 * x_3 - 6,03 * x_1 * x_2 + 5,70 * x_1 * x_3 - 4,45 * x_2 * x_3$$

Denklemleri olayı tanımlar.

Varyans analizi için Fisher sayısı değerlendirildiğinde;

F tablo %95(5,1)= 6,6 deney için bulunan F deney=4,266158 ' dan büyük olduğundan kurulan denklem %95 olarak olayı temsil etmektedir.

Ca(OH)₂ ve alum ile yapılan ikinci dereceden terimli deneysel tasarım

Deney 3 olarak tanımladığımız ve ikinci dereceden terimlerinde yer aldığı, alınan su numunesinin Ca(OH)₂ ile pH değerini 9; 9,5;10 değerlerine yükseltip 10;20;30 dakika

seviyelerinde reaksiyona uğrattırıp, %10 luk alum çözeltilisinden pH değerleri 6,5;7;7,5 olacak seviyelerde deney, deneysel tasarım tekniklerinden yüzey merkezli şekilde hazırlanmıştır.

Çizelge 4.9 İkinci dereceden terimli çalışma sınırları

Deney3	Gerçek Değişkenler			Faktör Seviyeleri		
	Alt Sınır	Orta	Üst Sınır	Alt Sınır	Orta	Üst Sınır
Ca(OH) ₂	9	9,5	10	-1	0	1
Alum(% 10 Luk)	6,5	7	7,5	-1	0	1
Karıştırma Zamanı	10	20	30	-1	0	1

$$Y = \beta_0 + \beta_1 * x_1 + \beta_2 * x_2 + \beta_3 * x_3 + \beta_{11} * x_1 * x_1 + \beta_{22} * x_2 * x_2 + \beta_{33} * x_3 * x_3 + \beta_{12} * x_1 * x_2 + \beta_{13} * x_1 * x_3 + \beta_{23} * x_2 * x_3$$

Yukarıdaki denklem merkezi sistem modellemelerinde tabloda görülen türlerin herbirine aynı şekilde uygulanmaktadır. Çalışmada daha az parametre seviyeleriyle çalışma fırsatı vermesi nedeniyle ve aynı zamanda ikinci dereceden terimlerinde deneysel tasarıma uygulanması nedeniyle tercih edilmiştir.

deney3 sırası	x1	x2	x3	x1*x2	x1*x3	x2*x3	x1*x1	x2*x2	x3*x3	y
1	1	-1	-1	-1	-1	1	1	1	1	85.9
2	0	0	-1	0	0	0	0	0	1	24.9
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80.8
4	1	1	-1	1	-1	-1	1	1	1	78
5	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	1	158
6	1	-1	1	-1	1	-1	1	1	1	126
7	-1	-1	-1	1	1	1	1	1	1	67.8
8	0	-1	0	0	0	0	0	1	0	67.7
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	140
10	0	0	1	0	0	0	0	0	1	115
11	-1	0	0	0	0	0	1	0	0	70.6
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80.9
13	1	0	0	0	0	0	1	0	0	69.2
14	0	1	0	0	0	0	0	1	0	63
15	-1	-1	1	1	-1	-1	1	1	1	150
16	-1	1	-1	-1	1	-1	1	1	1	75.8
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	95.2
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	87.7
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	83.2
ÖZET ÇIKIŞI										
Regresyon İstatistikleri										
Çoklu R	0.925671795									
R Kare	0.856868271									
Ayarlı R Kare	0.713736543									
Standart Hata	17.84106555									
Gözlem	19									
ANOVA										
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F					
Regresyon	9	17149.92531	1905.547257	5.986571115	0.00681813					
Fark	9	2864.73258	318.30362							
Toplam	18	20014.65789								
	Katsayılar	Standart Hata	t Stat	P-değeri	Düşük %95	Yüksek %95	Düşük 95,0%	Yüksek 95,0%	ABS(t stat)	
Kesişim	73.00618557	6.531404752	11.17771572	1.40622E-06	58.23112155	87.78124958	58.23112155	87.78124958	11.17771572	
x1	-2.31	5.641840302	-0.40944087	0.691789158	-15.07272943	10.45272943	-15.07272943	10.45272943	0.40944087	
x2	1.74	5.641840302	0.308410006	0.764789412	-11.02272943	14.50272943	-11.02272943	14.50272943	0.308410006	
x3	35.66	5.641840302	6.320632646	0.000137575	22.89727057	48.42272943	22.89727057	48.42272943	6.320632646	
x1*x2	-1.2375	6.307769217	-0.196186632	0.848822395	-15.50666529	13.03166529	-15.50666529	13.03166529	0.196186632	
x1*x3	-7.7875	6.307769217	-1.234588605	0.248245239	-22.05666529	6.481665287	-22.05666529	6.481665287	1.234588605	
x2*x3	2.7375	6.307769217	0.433988611	0.674514377	-11.53166529	17.00666529	-11.53166529	17.00666529	0.433988611	
x1*x1	12.58608247	10.79317201	1.16611525	0.273538804	-11.82976884	37.00193379	-11.82976884	37.00193379	1.16611525	
x2*x2	8.036082474	10.79317201	0.744552433	0.475533293	-16.37976884	32.45193379	-16.37976884	32.45193379	0.744552433	
x3*x3	12.63608247	10.79317201	1.170747809	0.271764454	-11.77976884	37.05193379	-11.77976884	37.05193379	1.170747809	

Şekil 4.5 Deney 3 için excel regresyon başlangıç çıktısı

Merkezi komposit tasarım ile deneysel tasarım tablosunda ilk yapılan uygulamada regresyon yüksek olmasına rağmen daha düşük hata kareleri ortalaması bir sonraki sayfadaki değerlerdedir.

Aynı şekilde çalışmalara devam edildiğinde her kurulan ilişki Fisher değerleriyle anlamlı olmalarına rağmen standart hatanın en az olan denklemin bulunduğu excel regresyon çıktısında yine %95 güven sınırları içinde denklem yapılan çalışmayı temsil ettiğini söylenebilir.

deney3 sırası	x3	x1*x3	x1*x1	x3*x3	y			
1	-1	-1	1	1	85.9			
2	-1	0	0	1	24.9			
3	0	0	0	0	80.8			
4	-1	-1	1	1	78			
5	1	-1	1	1	158			
6	1	1	1	1	126			
7	-1	1	1	1	67.8			
8	0	0	0	0	67.7			
9	1	1	1	1	140			
10	1	0	0	1	115			
11	0	0	1	0	70.6			
12	0	0	0	0	80.9			
13	0	0	1	0	69.2			
14	0	0	0	0	63			
15	1	-1	1	1	150			
16	-1	1	1	1	75.8			
17	0	0	0	0	95.2			
18	0	0	0	0	87.7			
19	0	0	0	0	83.2			
ÖZET ÇIKIŞI								
<i>Regresyon İstatistikleri</i>								
Çoklu R	0.916660107							
R Kare	0.840265751							
Ayarlı R Kare	0.794627395							
Standart Hata	15.11155268							
Gözlem	19							
ANOVA								
	<i>df</i>	<i>SS</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>Anlamlılık F</i>			
Regresyon	4	16817.63155	4204.407888	18.41139364	1.82596E-05			
Fark	14	3197.026342	228.3590244					
Toplam	18	20014.65789						
	<i>Katsayılar</i>	<i>Standart Hata</i>	<i>t Stat</i>	<i>P-değeri</i>	<i>Düşük %95</i>	<i>Yüksek %95</i>	<i>Düşük 95,0%</i>	<i>Yüksek 95,0%</i>
Kesişim	74.13802817	5.380234064	13.77970313	1.55548E-09	62.59857381	85.67748253	62.59857381	85.67748253
x3	35.66	4.778692545	7.462292178	3.04866E-06	25.41072388	45.90927612	25.41072388	45.90927612
x1*x3	-7.7875	5.342740687	-1.457585246	0.167019558	-19.24653907	3.671539067	-19.24653907	3.671539067
x1*x1	15.52887324	8.506896994	1.825445077	0.089337547	-2.716606132	33.77435261	-2.716606132	33.77435261
x3*x3	15.57887324	8.506896994	1.831322661	0.088413015	-2.666606132	33.82435261	-2.666606132	33.82435261

Şekil 4.6 Standart hatanın en az olduğu regresyon çıktısı

Optimum katsayıların belirlendiği excel regresyon sonucu, etkin olan parametrelerin bulunduğu sonuçlardır. x1 ve x3 etkidir. Bu da Ca(OH)₂ miktarına bağlı pH ve Karıştırma zamanı türbidite değerleri için etkin parametrelerdir. Şap kullanımının bu çalışma için etkin bir değişken olmadığı ve atıksuyun ortamının Ca(CO₃) oluşumu için yeterli olduğunu ve atık suyun içinde askıda bulunan bulanıklık veren maddelerin de Ca(CO₃) tanecikleriyle beraber çöktüğünü göstermektedir.

Ayrıca deney sonucu bir maliyet kalemi olan şapın kullanımına gerek olmadığı görülmüştür.

Deney3 için JMP çıktısı,

JMP programının çalıştırılması sonucu kurulan ikinci dereceden terimlerin de olduğu modelin kullanılması sonucu elde edilen veriler bu kısımda derlenmiştir.

Regresyon katsayıları, varians analizi tablosu, sıralanmış parametre değerleri çizelgeler şeklinde verilmiştir

Çizelge 4.10 JMP programında deney 3 için regresyon analizi

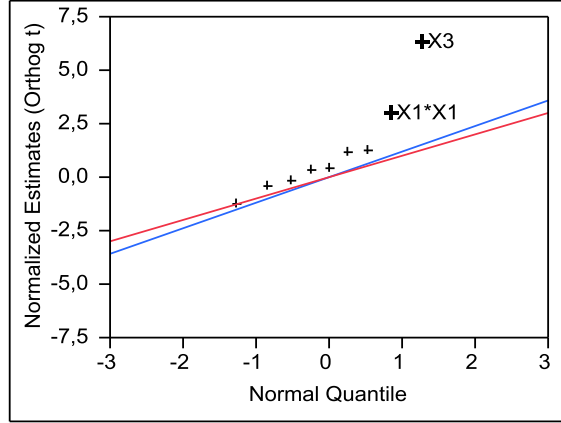
R ²	0,856868
R ² Adj	0,713737
Hata karelerinin kare kökü	17,84107
Türbidite ortalaması	90,51053
Deney sayısı	19

Çizelge 4.11 Deney 3 için varians analizi jmp çıktısı verileri

kaynak	DF	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F oranı
Model	9	17149,925	1905,55	5,9866
Hata	9	2864,733	318,30	ihtimaliyet > F
toplam	18	20014,658		0,0068*

Çizelge 4.12 Sıralanmış etkinliğe göre parametreler

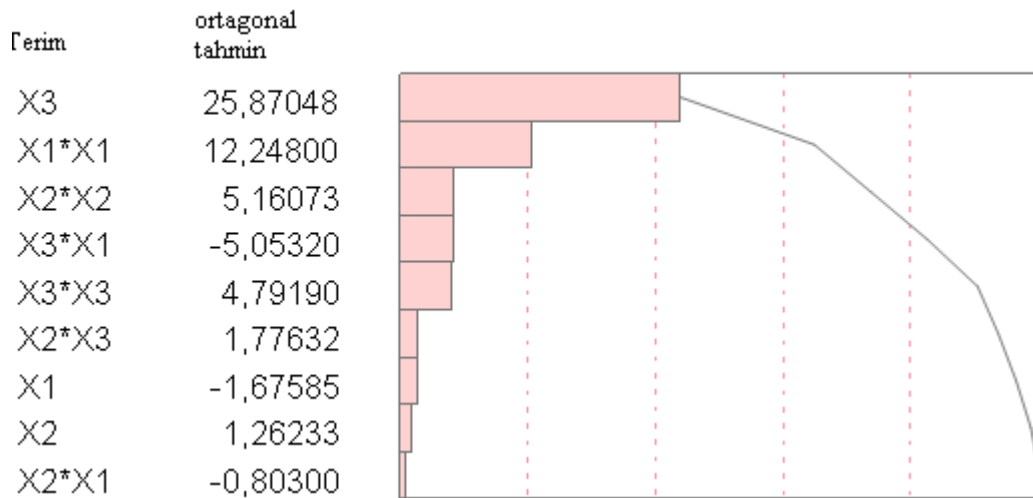
Terim	tahmin	Std hata	t oranı	ihtimaliyet>
X3	35,66	5,64184	6,32	0,0001*
X3*X1	-7,7875	6,307769	-1,23	0,2482
X3*X3	12,636082	10,79317	1,17	0,2718
X1*X1	12,586082	10,79317	1,17	0,2735
X2*X2	8,0360825	10,79317	0,74	0,4755
X2*X3	2,7375	6,307769	0,43	0,6745
X1	-2,31	5,64184	-0,41	0,6918
X2	1,74	5,64184	0,31	0,7648
X2*X1	-1,2375	6,307769	-0,20	0,8488



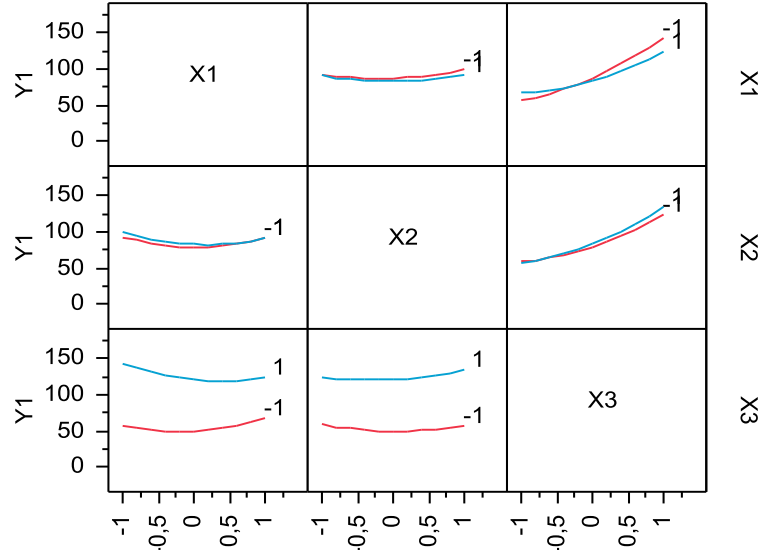
Şekil 4.7 Normal dağılımın değişkenlerde gösterilmesi

Tahmin edilen değişkenlerin etkilerinin Pareto grafiğinde gösterilmesi;

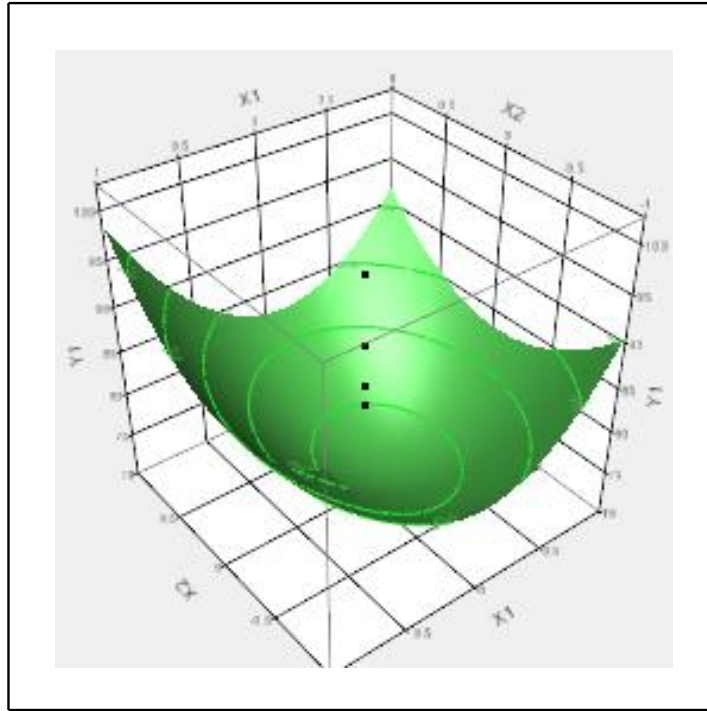
Bu grafik değişkenlerin etkisinin büyükten küçüğe doğru sıralanmasını göstermektedir. En etkin değişkenden ihmal edilebilecek değişkene kadar sıralanmış bu gösterimde istatistik olarak %5 hata payı veya diğer deyişle %95 güven sınırları içinde anlamlı olan değişkenler, student t dağılımı değerlerine bağlı olarak yapılır. Burada önemli olan sistemin tanımlanmasında %95 güven sınırının nerede olduğunu bulmaktır.



Şekil 4.8 Pareto Grafiği (Deney 3 JMP Çıktısı)



Şekil 4.9 İç Etkileşimlerin türbidite üzerine etkileri (JMP çıktısında-deney3)



Şekil 4.10 Türbidite Yüzeyin Değişkenlere Göre Extremum Noktası (deney3 JMP çıktısı)

5 SONUÇLAR

- 1) Taze su kullanımının azaltılması: Öncelikle taze suyu kağıt makinasına vermeden önce kurutma ve gerekli olan yerlerde soğuma suyu olarak kullanmak. Daha sonra pres grubu ve elek kısmında iğne fiskiyelerde ılık su deposundan kullanmak gerekir. Bu aynı zamanda yapılan prosesler nedeniyle ısınmış olan hamura şok yapılmasını da engeller.
- 2) Taze su yerine işlenmiş su kullanımı için ileri tekniklerden ultra filtrasyon, mikro flotasyon veya rivörs osmoz sisteminden sadece taze su takviyesi için kullanılacak kadar kısmı için bu değer de yaklaşık ton başına 1,5 m³ kadardır. Su şemasında görüldüğü gibi su kullanımı çevrim içinde otomatik kontrol sistemleriyle kontrol edilerek ani piklerin oluşmasında ara depolama yapılarak tüketim azaltılır.
- 3) Tüm Kağıt proseslerinde kullanıldıktan sonra Kağıt makinasından atık olarak çıkan suyun arıtma tesisinde işlendikten sonra geri kullanılacak özelliklerde sisteme geri göndermek için arıtım tesisi tasarımında önemli bir değer olarak düşünülmüştür. Kurulması tasarlanan tesisin askıda maddelerinin giderilmesi için fiziko kimyasal çöktürme ve KOİ ile tanımlanan kirlilik için öncelikle Havasız arıtma ve daha sonra havalı arıtma tasarlanmış ve çöktürme ünitelerinden sonra deşarj limitlerini karşılayacak değerlere ulaşılacaktır.
- 4) Pilot tesis yerine Daf ünitesinde çalışmalar yapılmış ve yüzdürme yerine çöktürme kullanılarak daha iyi sonuçlar gözlenmiştir. DAF ünitesi temel olarak yüzdürme için çalıştırılır çöktürme için de kullanılması imkanını gözledik.
- 5) Yumuşatma ünitesinde öncelikle DAF- çözünmüş hava ile yüzdürme işleminde pH yükselme zorunluluğundan ve ayırma prosesinin oluşan flokları kullanılan havanın tekrar parçalamasından kurtulmak için geri gönderilecek olan suyun önce CaCO₃ çöktürmesini yapabilmek için pH değerinin yükseltilmesi ve daha sonra tesise gönderilirken yeniden 7 ye düşürülmesi gerektiğinden hem tesisin kapasitesini ikiye katlamak hem de pH değerini düşürmek için asit kullanımında vazgeçilmiştir. Bunun yerine Tesise geri gönderilecek olan suyun yarısında pH yükseltip DAF ünitesine verilir. Geri gönderme limiti 300-400 mg/lit CaCO₃ sertliğine tüm suyu işlemeden yarısını 100- 200 mg/lit CaCO₃ sertliğine kadar düşürüp daha sonra prosesden ileri depoya beslenen suyla karıştırılarak Hem pH değeri harman nedeniyle ortalananacaktır

hem de istenen sertlik aralığında tesise geri su gönderilecektir. Gönderilen suda pH ayarlanması tekrar çökmelerin devam etmemesi içindir.

- 6) Deney tasarımı hem DAF ünitesine besleme öncesinde depoda karıştırma zamanını hem de ilk olarak pH yükseltmesi için NaOH ve Ca(OH)₂ kullanılmış Çökme ve flokleştirmek için şap kullanılmıştır. Her iki kimyasal da çalışmaktadır. Bunlar ile ilgili tasarım parametreleriyle regresyon denklemleri oluşturulmuş ve ileri çalışmalar için matematik bir model önerilmiştir.
- 7) Arıtım tesisinde her kalem bir giderdir. Havasız arıtma önerisiyle kullanılabilir olan biogazın yardımcı tesislerde kazanlarda beslenerek kağıt makinasında kullanılacak buhar için %10 kazanım sağlanabilecektir. Detaylı maliyet analizleri için ileri çalışmalar yapılarak biogazı kükürtden arındırılarak küçük kapasiteli türbin kullanılıp enerji eldesi ve buhar üretimi sağlanır. Biyogaz ile çalışan motor kullanılmak suretiyle de sıcak su elde edilebilir.
- 8) Atık suda biriken kimyasallar tesise ekonomi getirecektir. Su tesiste geri kullanılması yanında enerji ve buhar kazanımıyla çevreye atılmadan ekonomik prosesler olarak arıtma tesislerinden yararlanma fikri sudaki atıklar yanında katı atıkların havasız bozundurulması için kağıt elyafı ve toz elyaf enzimatik reaksiyonlar ile selüloz enzimle hem selüloz ve selülo ağırlıklı olan katının içinde yanmayan maddelerden arındırılıp veya arındırılmadan enzimler ile bozundurma enerji ve buhar eldesi için kağıt tesisleri atıklarının değerlendirilmesi için öncü çalışmalar yapılmalıdır.
- 9) Toplamda 4 000 000 ton/yıl olan kağıt karton imalatında 1 m³/ton kazanılması sonucunda yılda 4 000 000 m³ su kullanılmamış olması nedeniyle ileri yıllara devredecektir. Başka bir deyişle kişi başı su tüketimi ülkemiz için 200 lt/kişi/gün olduğu varsayımıyla kirlenmemiş kaynaktan insanların kullanımına veya tarıma kaynak olacaktır.
- 10) Deneysel tasarım ile türbidite için Ca(OH)₂ kullanımında şap kullanmadan da istenen türbidite değerlerine ulaşılabileceği bulunmuştur.
- 11) Deneysel Tasarım programıyla bulunan sonuçlar ile aynı değerlere Excel makrosu olan regresyon uygulamasıyla da çalışılabileceği görünmüştür.

KAYNAKLAR

ABB, (2007), Eğitim Notları, İstanbul

Alexandersson, T., 2003, “Water Reuse in Paper Mills”, Licentiate Thesis, Printed Media Track, Lund University, Sweden

Altunkaya, E., (2007), “Metso Automation Turkey, Eğitim Notları”, İstanbul

Anonim, (1999a), “Paper culture”, Together Paper Technology Journal, No 7, Austria

Anonim, (1999b), “Paper culture”, Together Paper Technology Journal, No:8, Austria

Arıcan, H., (2007), “Metso Paper Eğitim Notları”, İstanbul.

Asano, T., , Burton, F. L., Leverenz, H.L., Tsuchihashi R., Tchobanoglous, G., (2007),” Water Reuse, Issues, Technologies, and Applications”, Metcalf& Eddy,Inc.Mc Graw Hill, N.Y.

Bayraktar, F., (2004), “Kağıda Dayalı Ambalaj Malzemeleri Sektör Araştırması”, Türkiye Kalkınma Bankası A.Ş. , Ankara

Goupy, J., Creighton, L. (2009), “Introduction to Design with JMP Examples”, Published SAS, Sweden.

Holik, H., (2006), “Handbook of Paper and Board”, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.

Peng C.Y. (2005), “Water Consumption, Quality Demanded, and Re-use of the Treated Wastewater for Paper Industry”, Taiwan.

Peng, Y.H., (2007), “Water Management in Paper Industry”, Taiwan.

İnternet Kaynakları

[1] www.ambalajrehberi.com.tr/files/documents/1164723195776.doc

[2] www.cepi.org, key statistics

[3] www.fefco.org; key statistics

[4] www.p2pays.org/ref/13/12193.pdf

[5] www.paques.nl, articles

[6] www.poyry.com ; customer magazine

[7] www.poyry.com; Ilkka Juusisto Jaakko Poyry Beijing_Sept 2004. ppt

[8] www.sksv.org

[9] www.itl.nist.gov/div898/handbook/index.htm

[10] www.arsiv.mmo.org.tr/pdf/10006.pdf

[11] www.metsopaper.com

EKLER

- Ek 1 Student t Dağılımı Tablosu
- Ek 2 Fisher F Dağılım Tablosu
- Ek3 Çevre Bakanlığının Kağıt ve Karton İle İlgili
Sektörleri Sınıflandırması

Ek 1 Student t Dağılımı Tablosu

Table I. Student t dağılımı Kritik değerler
Cift taraflı test için probabiliteler (tek taraf için yarısı alınır)

serbestlik derecesi	0.1	0.05	0.01	0.005	0.001
1	6.134	12.706	63.637	127.320	636.620
2	2.920	4.303	9.925	14.089	31.598
3	2.353	3.182	5.841	7.453	12.924
4	2.132	2.776	4.604	5.598	8.610
5	2.015	2.571	4.032	4.773	6.869
6	1.943	2.447	3.707	4.317	5.959
7	1.895	2.365	3.499	4.020	5.408
8	1.860	2.306	3.355	3.833	5.041
9	1.833	2.262	3.250	3.690	4.781
10	1.812	2.228	3.169	3.581	4.537
11	1.796	2.201	3.106	3.497	4.437
12	1.782	2.179	3.055	3.428	4.318
13	1.771	2.160	3.012	3.372	4.221
14	1.761	2.145	2.977	3.326	4.140
15	1.753	2.131	2.947	3.286	4.073
16	1.746	2.120	2.921	3.252	4.015
17	1.740	2.110	2.898	3.222	3.965
18	1.734	2.101	2.878	3.197	3.922
19	1.729	2.093	2.861	3.174	3.883
20	1.725	2.086	2.845	3.153	3.850

Ek2 Fisher F Dağılım Tablosu

Table II. Fisher F testi kritik değerleri

Denominator serbestlik derecesi	Prob.	numerator serbestlik derecesi										
		1	2	3	4	5	6	8	10	20	40	Infinite
1	0.05	161	200	216	225	230	234	239	242	248	251	254
	0.01	98.5	99.0	99.2	99.2	99.3	99.3	99.4	99.4	99.4	99.5	99.5
	0.001	167	149	141	137	135	133	131	129	126	125	124
2	0.05	18.5	19.0	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5
	0.01	98.5	99.0	99.2	99.2	99.3	99.3	99.4	99.4	99.4	99.5	99.5
	0.001	167	149	141	137	135	133	131	129	126	125	124
3	0.05	10.1	9.55	9.28	9.12	9.10	8.94	8.85	8.79	8.66	8.59	8.53
	0.01	34.1	30.8	29.5	28.7	28.2	27.9	27.5	27.2	26.7	26.4	26.1
	0.001	167	149	141	137	135	133	131	129	126	125	124
4	0.05	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.04	5.96	5.80	5.72	5.63
	0.01	21.2	18.0	16.7	16.0	15.5	15.2	14.8	14.5	14.0	13.7	13.5
	0.001	74.1	61.3	56.2	53.4	51.7	50.5	49.0	48.1	46.1	45.1	44.1
5	0.05	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.82	4.74	4.56	4.46	4.36
	0.01	16.3	13.3	12.1	11.4	11.0	10.7	10.3	10.1	9.55	9.29	9.02
	0.001	47.2	37.1	33.2	31.1	29.8	28.8	27.6	26.9	25.4	24.6	23.8
6	0.05	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.15	4.06	3.87	3.77	3.67
	0.01	13.7	10.9	9.78	9.15	8.75	8.47	8.10	7.87	7.40	7.14	6.88
	0.001	35.5	27.0	23.7	21.9	20.8	20.0	19.0	18.4	17.1	16.4	15.8
7	0.05	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.73	3.64	3.44	3.34	3.23
	0.01	12.2	9.55	8.45	7.85	7.46	7.29	6.84	6.62	6.16	5.91	5.65
	0.001	29.3	21.7	18.8	17.2	16.2	15.5	14.6	14.1	12.9	12.3	11.7
8	0.05	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.44	3.35	3.15	3.04	2.93
	0.01	11.3	8.65	7.59	7.01	6.63	6.37	6.03	5.89	5.36	5.12	4.86
	0.001	25.4	18.5	15.8	14.4	13.5	12.9	12.0	11.5	10.5	9.92	9.33
9	0.05	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.23	3.14	2.94	2.83	2.71
	0.01	10.6	8.02	6.99	6.42	6.06	5.80	5.47	5.26	4.81	4.57	4.31
	0.001	22.9	16.4	13.9	12.6	11.7	11.1	10.4	9.89	8.90	8.37	7.81
10	0.05	4.96	4.1	3.71	3.48	3.33	3.22	3.07	2.98	2.77	2.66	2.54
	0.01	10.0	7.56	6.55	5.99	5.64	5.39	5.06	4.85	4.41	4.17	3.91
	0.001	21.0	14.9	12.6	11.3	10.5	9.92	9.20	8.75	7.80	7.30	6.76
12	0.05	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.85	2.75	2.54	2.43	2.30
	0.01	9.33	6.93	5.95	5.41	5.06	4.82	4.50	4.30	3.86	3.62	3.36
	0.001	18.6	13.0	10.8	9.63	8.89	8.38	7.71	7.29	6.40	5.93	5.42
14	0.05	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.70	2.60	2.39	2.27	2.13
	0.01	8.86	6.51	5.56	5.04	4.69	4.46	4.14	3.94	3.51	3.27	3.00
	0.001	17.1	11.8	9.73	8.62	7.92	7.43	6.80	6.40	5.56	5.10	4.60
16	0.05	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.59	2.49	2.28	2.15	2.01
	0.01	8.53	6.23	5.29	4.77	4.44	4.20	3.89	3.69	3.26	3.02	2.75
	0.001	16.1	11.0	9.00	7.94	7.27	6.81	6.19	5.81	4.99	4.54	4.06
18	0.05	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.51	2.41	2.19	2.06	1.92
	0.01	8.29	6.01	5.09	4.58	4.25	4.01	3.71	3.51	3.08	2.84	2.57
	0.001	15.4	10.4	8.49	7.46	6.81	6.35	5.76	5.39	4.59	4.15	3.67
20	0.05	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.45	2.35	2.12	1.99	1.84
	0.01	8.10	5.85	4.94	4.43	4.10	3.87	3.56	3.37	2.94	2.69	2.42
	0.001	14.8	9.95	8.10	7.10	6.46	6.02	5.44	5.08	4.29	3.86	3.38

Ek 3 Çevre Bakanlığının Kağıt ve Kağıt İle İlgili Sektörleri Sınıflandırmaları

Selüloz, Kağıt, Karton Ve Benzeri Sanayilerin Atık Sularının Alıcı Ortama Deşarj Standartları (SKKY tablo13 ve alt tabloları)

24 saatlik komposit numunedeki limit değerleri	Genel SKKY tablolarındaki yeri	Debi	Kimyasal Oksijen İhtivacı (Koi)	Katı Askıda Madde (Akm)	Çökebilir Katı Madde
Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Yarı Selüloz Üretimi)	Tablo 13.1	100	800	50	-
Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Hurda Kağıt, Saman ve Kağıttan Ağartılmamış Selüloz Üretimi)	Tablo 13.2	150	870	80	-
Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Ağartılmış Selüloz Üretimi)	Tablo 13.3	200	1000	50	-
Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Saf Selüloz Üretimi)	Tablo 13.4	230	1500	50	-
Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Nişasta Katkısız Kağıt)	Tablo 13.5	100			
Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Nişasta Katkılı Kağıt)	Tablo 13.6	100			
Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Saf Selülozdan Elde Edilen Çok İnce Dokulu Kağıt)	Tablo 13.7	120			
Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Yüzey Kaplamalı, Dolgulu Kağıt)	Tablo 13.8	75			
Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (% 5 ten Fazla Odun Liğleri İhtiva Eden Ancak Kırpıntı Kağıt Yüzdesi Yüksek Olmayan Kağıt)	Tablo 13.9	100			
Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Kırpıntı Kağıttan İmal Edilen Kağıt)	Tablo 13.10	120			
Selüloz, Kağıt, Karton ve Benzeri Sanayii (Parşömen Kağıdı)	Tablo 13.11	100			

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 28.04.1955

Doğum yeri İzmit

Lise 1972-1975 İzmit Endüstri Meslek Lisesi

Lisans 1975-1979 İst DMMA Galatasaray Mühendislik Yüksek Okulu

Çalıştığı Kurumlar

1984-1986 İTÜ Kimya ve Metalürji Fakültesi Kimya Mühendisliği
Reaktör Tasarımı Anabilimdalı Asistanlık

1986-1992 Kartonsan A.Ş.

1992-1999 Kombassan A.Ş.

1999-2003 ZMK Nikopol-Bulgaristan

2003-2010 Eren Holding, Modern Karton A.Ş.

2010- devam ediyor Yurtdışı Kağıt sektörüne Danışmanlık