

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**YONGA LEVHA ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ODUN KÜLÜ
VE MODİFİYE NİŞASTA İLE ARITILMASI VE
OPTİMİZASYONU**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞERAFETTİN SAİM

BALIKESİR, OCAK - 2019

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI



YONGA LEVHA ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ODUN KÜLÜ
VE MODİFİYE NIŞASTA İLE ARITILMASI VE
OPTİMİZASYONU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ŞERAFETTİN SAİM

Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Cengiz ÖZMETİN (Tez Danışmanı)

Prof. Dr. Mehmet ÇOPUR

Doç. Dr. Burhanettin FARİZOĞLU

BALIKESİR, OCAK - 2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Şerafettin SAİM tarafından hazırlanan “**YONGA LEVHA ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ODUN KÜLÜ VE MODİFİYE NİŞASTA İLE ARITILMASI VE OPTİMİZASYONU**” adlı tez çalışmasının savunma sınavı 10.01.2019 tarihinde yapılmış olup aşağıda verilen jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı olarak kabul edilmiştir.

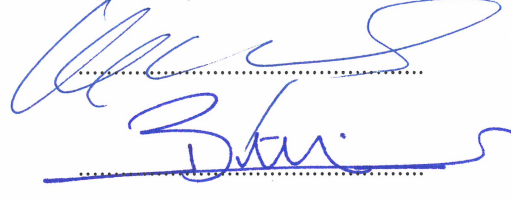
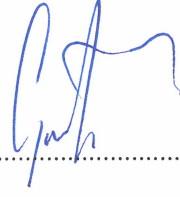
Jüri Üyeleri

Danışman
Prof. Dr. Cengiz ÖZMETİN

Üye
Prof. Dr. Mehmet ÇOPUR

Üye
Doç. Dr. Burhanettin FARİZOĞLU

İmza



Jüri üyeleri tarafından kabul edilmiş olan bu tez Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulunca onanmıştır.

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof. Dr. Necati ÖZDEMİR

.....

ÖZET

**YONGA LEVHA ENDÜSTRİSİ ATIKSULARININ ODUN KÜLÜ VE
MODİFİYE NIŞASTA İLE ARITILMASI VE OPTİMİZASYONU
YÜKSEK LİSANS TEZİ
ŞERAFETTİN SAİM
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. CENGİZ ÖZMETİN)
BALIKESİR, OCAK – 2019**

Bu çalışmada, yonga levha endüstrisi atıksularının ekonomik materyaller kullanılarak arıtımı amaçlanmıştır. Bu amaçla, yonga levha endüstrisi atıksularının bu işletmelerde atık olarak ortaya çıkan odun küllerinin adsorbent ve alkali kaynağı olarak, katyonik ve anyonik nişastanın da flokülant kaynağı olarak kullanılmasıyla arıtımı incelenmiştir. Çalışmada, yonga levha endüstrisi atıksularında bulunan kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve askıda katı madde (AKM) giderimini etkileyen parametreler ve aralıkları belirlenerek, bu parametreler için Yanıt Yüzey Yöntemi'nin (YYY) Merkezi Kompozit Tasarımına (MKT) göre optimizasyon gerçekleştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre; arıtımda katyonik patates nişastası (KPN) kullanılması durumunda KOİ ve AKM giderimini maksimum yapan şartlar; pH: 4, KPN dozu: 16 mL/L, polialüminyum klorür (PAK-17) dozu: 4 mL/L, odun külü dozu: 8 g/L olarak elde edilmiş, bu şartlarda KOİ ve AKM giderim verimleri %67,2 ve %99,22 olarak gerçekleşmiştir. Anyonik patates nişastası (APN) kullanılması durumunda ise KOİ ve AKM giderimini maksimum yapan şartlar; pH:4, KPN dozu: 24 mL/L, PAK-17 dozu: 0 mL/L, odun külü dozu: 8 g/L olarak elde edilmiş, bu şartlarda KOİ ve AKM giderim verimleri %84,31 ve %96,36 olarak gerçekleşmiştir. Arıtımda APN kullanılması durumunda KOİ giderim veriminin KPN' ye göre %20,3 daha yüksek, AKM giderim veriminin ise KPN' ye göre %2,88 daha düşük olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre maliyet hesabı yapıldığında toplam arıtım maliyeti KPN için 2,11 \$/m³ atıksu; APN için ise 0,56 \$/m³ atıksu olarak tespit edilmiştir.

ANAHTAR KELİMELER: Yonga levha endüstrisi, modifiye nişasta, anyonik patates nişastası, APN, katyonik patates nişastası, KPN, odun külü.

ABSTRACT

TREATMENT OF PARTICLE BOARD INDUSTRY WASTEWATER WITH WOOD ASH AND MODIFIED STARCH AND OPTIMIZATION

MSC THESIS

ŞERAFETTİN SAIM

BALIKESİR UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE

ENVIRONMENTAL ENGINEERING

(SUPERVISOR: PROF. DR. CENGİZ ÖZMETİN)

BALIKESİR, JANUARY 2019

In this study, it was aimed to treat of particle board industry wastewater with economical materials. Therefore, use of waste wood ash of particle board industry as an adsorbent and alkaline source and cationic and anionic starch as a flocculant material in treatment of particle board industry wastewater were investigated. In this study, the parameters affecting the removal of chemical oxygen demand (COD) and suspended solids (SS) in the particle board industry wastewaters and its intervals were determined. Afterward, the optimization study using the Central Composite Design (CCD) of the Response Surface Method (RSM) was realized. The optimum conditions which maximized the COD and SS removal for cationic potato starch (CPS) use were pH: 4, CPS dose: 16 mL/L, poly aluminum chloride (PAC-17) dose: 4 mL/L, wood ash dose: 8 g/L. Under these conditions, COD and SS removal were obtained as 67,2% and 99,22%, respectively. The optimum conditions which maximized the COD and SS removal for anionic potato starch (APS) use were pH: 4, APS dose: 24 mL/L, PAC-17 dose: 0 mL/L, wood ash dose: 8 g/L. The optimum conditions for the COD removal and SS removal were obtained as 84,31% and 96,36%, respectively. As a result, the use of APS provided higher COD removal of 20,3% and lower SS removal of 2,88% than the use of CPS. In these conditions, the total treatment cost for the CPS use was 2,11 \$/m³ wastewater. The total treatment cost for the APS use was determined as 0,56 \$/m³ wastewater.

KEYWORDS: Particle board industry, modified starch, anionic potato starch, cationic potato starch, wood ash.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİLLER LİSTESİ	v
TABLO LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖNSÖZ	ix
1. GİRİŞ	1
1.1 Yonga Levha Endüstrisi	3
1.1.1 Dünya’da Levha Endüstrisi.....	4
1.1.2 Türkiye’de Levha Endüstrisi.....	5
1.2 Yonga Levha Üretiminin Genel Aşamaları.....	9
1.2.1 Hammadde Stok Sahası (Cips ve Odun)	9
1.2.2 Kaba Yongalama Ünitesi.....	9
1.2.3 İnce Yongalama Ünitesi (Elek-Değirmen).....	10
1.2.4 Yonga-Toz Talaş Kurutma Ünitesi	10
1.2.5 Ham Sunta Üretim Ünitesi	10
1.2.6 Zımparalama Ünitesi	11
1.2.7 Melamin Kaplama Ünitesi.....	12
1.2.8 Boyalı Yonga Levha Üretim Ünitesi.....	12
1.2.9 Yardımcı İşletmeler	13
1.2.9.1 Isı Enerji Santrali	13
1.2.9.2 Kalite Kontrol Laboratuvarı.....	13
1.2.9.3 Toz Toplama Sistemleri	13
1.2.9.4 Atıksu Arıtma Tesisi	14
1.2.9.5 Yangın Söndürme Sistemleri	14
1.2.10 Mamul Deposu	14
1.3 Yonga Levha Sektörü Atıksu Karakteristik Özellikleri	15
1.3.1 Atıksuda Bulunan Kolloidlerin Özellikleri	22
1.3.2 Atıksu Yüzey Yükünün Düşürülmesi	23
1.3.3 Elektriksel Çift Tabaka	23
1.3.4 Kolloidin Kararsız Hale Getirilmesi (Destabilizasyon)	24
1.4 Arıtma Prosesi Genel Bilgileri	24
1.5 Koagülantlar ve Yardımcı Maddeler	25
1.6 Flokülasyon Yardımcı Maddeler	25
1.7 Odun Külü Karakteristik Özellikleri	27
1.7.1 Odun Külü Bileşenleri.....	31
1.8 Deney Tasarımı	33
1.8.1 Deney Tasarımı Süreci.....	34
1.9 Literatür Taraması	37
2. MATERYAL VE METOT	42
2.1 Materyaller	42
2.1.1 Atıksu ve Karakterizasyonu.....	42
2.1.2 Deneyleerde Kullanılan Analiz Cihazlar.....	43
2.1.3 Kullanılan Kimyasallar	43

2.1.4	Materyallerin Elektrokinetik Özellikleri.....	44
2.1.5	Materyallerin KOİ Parametresine Etkileri	45
2.2	Metotlar	45
2.2.1	Deney Düzenegi ve Deneylerin Yapılışı.....	45
2.2.2	Atıksuların Arıtımı İçin Parametre Etkinliklerinin Belirlenmesi.....	49
2.2.3	Atıksuların Arıtımı İçin Deney Tasarımı	49
3.	BULGULAR	52
3.1	Atıksuların Arıtımında Parametrelerin Etkisi.....	52
3.1.1	KPN için Parametre Etkinlikleri	52
3.1.2	APN için Parametre Etkinlikleri	56
3.2.	Atıksuların Arıtımı İçin Deney Tasarımı	62
3.2.1	Katyonik Patates Nişastası (KPN) Kullanımı İçin Deney Tasarımı	62
3.2.1.1	KPN Kullanımı İçin KOİ Giderimine Ait Deney Tasarımı	62
3.2.1.2	KPN Kullanımı İçin AKM Giderimine Ait Deney Tasarımı	66
3.2.2	Anyonik Patates Nişastası (APN) Kullanımı İçin Deney Tasarımı .	71
3.2.2.1	APN Kullanımı İçin KOİ Giderimi Deney Tasarımı	71
3.2.2.2	APN Kullanımı İçin AKM Giderimi Deney Tasarımı	75
4.	DEĞERLENDİRME ve SONUÇ	80
5.	KAYNAKLAR	87
6.	EKLER.....	94

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1	: Dünya levha üretimi	5
Şekil 1.2	: Türkiye levha ihracatı.....	5
Şekil 1.3	: Türkiye levha ithalatı.....	6
Şekil 1.4	: Yonga levha endüstrisi genel akış şeması	9
Şekil 1.5	: Lignoselülozik yapı ve bileşenleri.....	17
Şekil 1.6	: Yonga levha sektörü atıksu arıtma tesisi iş akış şeması.....	19
Şekil 1.7	: Tekstil atık sularındaki boyar madde ve karboksimetil patates nişastanın metal kompleksi	40
Şekil 2.1	: Deney akım şeması.....	46
Şekil 2.2	: Jarr testi cihazına ait görsel	46
Şekil 3.1	: KPN çözeltisi dozunun etkisi	53
Şekil 3.2	: Atıksuya ait başlangıç pH'nın etkisi	54
Şekil 3.3	: Odun külü dozunun etkisi	55
Şekil 3.4	: PAK-17 ilavesinin etkisi	57
Şekil 3.5	: APN çözeltisi dozunun etkisi	58
Şekil 3.6	: Atıksuya ait başlangıç pH'nın etkisi	59
Şekil 3.7	: Odun külü dozunun etkisi	61
Şekil 3.8	: KPN ile KOİ giderim verim analizleri (deneysel- model)	63
Şekil 3.9	: KPN ile KOİ giderim verimi contour grafikleri.....	65
Şekil 3.10	: KPN ile AKM giderim verim analizleri (deneysel- model).....	67
Şekil 3.11	: KPN ile AKM giderim verimi contour grafikleri.....	69
Şekil 3.12	: APN ile KOİ giderim verim analizleri (deneysel- model)	72
Şekil 3.13	: APN ile KOİ giderim verimi contour grafikleri.....	74
Şekil 3.14	: APN ile AKM giderim verim analizleri (deneysel- model).....	76
Şekil 3.15	: APN ile AKM giderim verimi contour grafikleri.....	78

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1 : Avrupa ülkelerine ait yonga levha üretim kapasiteleri	7
Tablo 1.2 : Dünya ülkelerine ait yonga levha üretim kapasiteleri	7
Tablo 1.3 : Türkiye’de faaliyet gösteren yonga levha şirketleri ve kapasiteleri	8
Tablo 1.4 : Türkiye’de Eylül 2016 yılı itibari ile faaliyet göstermeyen yonga levha şirketleri ve kapasiteleri	8
Tablo 1.5 : Yonga levha ve MDF işletmelerine ait bazı atıksu arıtma tesisi örnekleri ve arıtma yöntemleri.....	21
Tablo 1.6 : Atıksudaki partikül ve kolloidlere ait boyutlar	22
Tablo 1.7 : Meşe ağacı kabuk, gövde, dal ve yapraklarındaki analiz örnekleri.....	32
Tablo 1.8 : 20, 50 ve 345 yaşındaki meşe ağacı gövdesinden alınan örnekler ile yapılan analizler	32
Tablo 2.1 : Atıksuyun karakterizasyonu	42
Tablo 2.2 : Deneylerde kullanılan materyallerin elektrokinetik özellikleri	44
Tablo 2.3 : Deneylerde kullanılan materyallerin KOİ parametresine etkileri.....	45
Tablo 2.4 : Deneylerde incelenen bağımsız değişken parametreler ve seçilen aralıklar	49
Tablo 2.5 : Katyonik patates nişastası (KPN) deneysel tasarım bağımsız değişkenleri ve seviyeleri.....	50
Tablo 2.6 : Katyonik patates nişastası (KPN) deneysel tasarım matrisi	50
Tablo 2.7 : Anyonik patates nişastası (APN) deneysel tasarım faktörleri ve seviyeleri.....	51
Tablo 2.8 : Anyonik patates nişastası (APN) deneysel tasarım matrisi	51
Tablo 3.1 : KPN çözeltisi dozunun etkisi.....	52
Tablo 3.2 : Atıksuya ait başlangıç pH’ nın etkisi.....	54
Tablo 3.3 : Odun külü dozunun etkisi	55
Tablo 3.4 : PAK-17 ilavesinin etkisi.....	56
Tablo 3.5 : APN çözeltisi dozunun etkisi.....	58
Tablo 3.6 : Atıksuya ait başlangıç pH’ nın etkisi.....	59
Tablo 3.7 : Odun külü dozunun etkisi	60
Tablo 3.8 : KPN ile KOİ giderim verimleri	62
Tablo 3.9 : Varyans analiz sonuçları.....	64
Tablo 3.10 : KPN ile KOİ giderim verimi için modelin verdiği optimum şartlar....	64
Tablo 3.11 : KPN ile KOİ giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel)	65
Tablo 3.12 : KPN ile AKM giderim verimleri	66
Tablo 3.13 : Varyans analiz sonuçları	68
Tablo 3.14 : KPN ile AKM giderim verimi optimum şartları (model).....	68
Tablo 3.15 : KPN ile AKM giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).....	69
Tablo 3.16 : KPN ile KOİ ve AKM Giderim Verimi Optimum Şartları (Model) ..	70
Tablo 3.17 : KPN ile KOİ ve AKM giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel)	70
Tablo 3.18 : APN ile KOİ giderim verimleri	71

Tablo 3.19:	Varyans analiz sonuçları.....	73
Tablo 3.20:	APN ile KOİ giderim verimi için optimum şartlar(model)	73
Tablo 3.21:	APN ile KOİ giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel)	74
Tablo 3.22:	APN ile AKM giderim verimleri	75
Tablo 3.23:	Varyans analiz sonuçları	77
Tablo 3.24:	APN ile AKM giderim verimi optimum şartları (model).....	77
Tablo 3.25:	APN ile AKM giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).....	78
Tablo 3.26:	APN ile KOİ ve AKM giderim verimi optimum şartları (model)	79
Tablo 3.27:	APN ile KOİ ve AKM giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel)	79
Tablo 4.1 :	Atıksuyun karakterizasyonu	80
Tablo 4.2 :	KPN ve APN ile KOİ giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel)	81
Tablo 4.3 :	KPN ve APN ile AKM giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel)	82
Tablo 4.4 :	KPN ile KOİ ve AKM giderimi için elde edilen optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).....	82
Tablo 4.5 :	APN ile KOİ ve AKM giderimi için elde edilen optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).....	83
Tablo 4.6 :	KPN ve APN kullanımı için optimum şartlarda doğrulama deneylerinden elde edilen KOİ ve AKM giderim verimleri.	84
Tablo 4.7 :	KPN ve APN kullanımı için KOİ ve AKM giderimine ait modelden elde edilen denklemler.	84
Tablo 4.8 :	Deneylerde kullanılan materyallerin KOİ parametresine etkileri.....	85
Tablo 4.9 :	Maliyet hesaplaması	86

SEMBOL LİSTESİ

AKM	: Askıda Katı Madde
ALUM	: Alüminyum Sülfat
APN	: Modifiye Anyonik Patates Nişastası
A/V	: Ağırlık / Hacim
BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
ÇKM	: Çökebilir Katı Maddeler
dk	: Dakika
KPN	: Katyonik Patates Nişastası
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
MDF	: Orta Yoğunluklu Fiber Levha
MKT	: Merkezi Kompozit Tasarım
PAC	: Polialüminyum Klorür
PAK-17	: Polialüminyum Klorür
RPM	: Devir/Dakika
ORT.	: Ortalama
YYY	: Yanıt Yüzey Yöntemi

ÖNSÖZ

Bu tezin hazırlanması sürecinde bilgi ve tecrübeleriyle daima yanımda olan ve yönlendiren Tez Hocam Sayın Prof. Dr. Cengiz ÖZMETİN'e kıymetli emekleri için teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca tezin tüm süreçlerinde bilgilerini esirgemeyen Hocam Sayın Dr. Öğr. Üy. Elif ÖZMETİN'e teşekkür ederim.

Tezimin laboratuvar çalışmaları aşamasında yardımlarını esirgemeyen Arş. Gör. Yeliz SÜZEN ve Arş. Gör. Elif ÇALGAN'a teşekkür ederim.

Atıksu numunesini temin ettiğim ve tezim için gerekli bilgileri almama imkan sağlayan Yıldız Entegre A.Ş. – Akhisar Yonga Levha Tesisi yöneticilerine teşekkür ederim.

Tez çalışmam esnasında bana destek olan çalışma arkadaşlarıma desteklerinden ötürü teşekkür ederim. Özellikle tez çalışmam esnasında büyük gayretle yanımda olan tesis çevre operatörü Semih AKMEŞE'ye ayrıca teşekkür ederim.

Ayrıca büyük emek ve gayretle yıllarca bana maddi manevi desteklerini esirgemeyen Annem Esmanperi SAİM'e ve Abim Selahattin SAİM'e bu tezi atfetmeyi bir borç olarak görmekteyim. Kendilerine tüm fedakârlıkları için teşekkür ederim.

1. GİRİŞ

İşlenmiş odunun kullanım alanının oldukça fazla olmasından dolayı hammadde olarak kullanımını büyük önem arz etmektedir. Odun, teknolojinin gelişmesine paralel olarak farklı amaçlar için masif ve kompozit olarak kullanılmaktadır.

Fiziksel yapısı nedeniyle ihtiyacı karşılayamayacak kadar az olan masif oduna alternatif olarak odunun teknik yollarla işlenerek ihtiyaç duyulan şekil ve kalıba getirilmek suretiyle kullanılması, odunun ekonomik olarak değerlendirilmesi açısından önem arz eder. Diğer taraftan, odunun fiziksel olarak geniş yüzey ihtiyacı olan sanayi kollarında ekonomik olarak kullanılması odunun işlenmesini zorunlu hale getirmiştir. Masif odunun yetersiz kaldığı alanlar için yonga levha, lif levha ve kontrplak gibi ahşap levhaların üretilmesi odunun ekonomik olarak değerlendirilmesi açısından önemlidir [1].

Türkiye’de odun sanayisi; kereste, mobilya, parke, yonga levha, kaplama, emprenye, ambalaj ve kağıt-karton sanayi kollarından oluşmaktadır.

Yonga levha, odun yongalarının sentetik bir tutkal ile ısı ve basınç altında geniş ve büyük yüzeyli levhalar haline getirilmesi ile oluşan, inşaat ve mobilya sanayisinde kullanılan bir üründür.

Yonga levha üretiminde ibrelili ve yapraklı ağaçlar hammadde olarak kullanılmaktadır. Ayrıca endüstriyel atık ve ağaç talaşları da üretimde yardımcı hammadde olarak kullanılmaktadır. Üretimde genel olarak çam türleri (Kızılçam, Karaçam, Sarıçam), Kavak, Meşe ve Kayın odunu kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca Gökmar, Ardıç, Sedir, Kestane, Söğüt, Kızılağaç, Okaliptus, Gürgen ve Ladin türleri de kullanılmaktadır [1].

Odunun fiziksel ve kimyasal özellikleri (tomruk çapı, kalitesi, boyut ve lif uzunluğu, pH gibi özellikler) yonga levha sanayisinde üretim ve ürün kalitesi için büyük önem arz etmemektedir. Bu nedenle her türlü odunun yonga levha üretiminde hammadde olarak kullanımını söz konusudur.

Lignoselüloz maddeler; selüloz, hemiselüloz ve lignin bileşenlerinden oluşan kompleks biyokütlesel madde özelliğindedir. Lignoselülozik maddeler yapılarında az miktarda su, protein ve diğer bileşikler barındırmaktadır [2].

Yonga levha üretiminde kullanılan odunun yapısında bulunan selüloz ve lignin, yıkama ve üretim esnasında kullanılan suda kirliliğe neden olmaktadır. Ayrıca, üretimde kullanılan reçine, sertleştirici ve parafin gibi ürünlerde suda kirletici özellik göstermektedir. Bu kirleticiler suda askıda katı madde, azot ve organik kirletici oranının yüksek olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle oluşan atıksuların yeniden kullanılması veya deşarj edilebilmesi için arıtılması gerekmektedir. Yonga levha atıksularının içeriğinde yüksek oranda lignoselülozik atıkların bulunması nedeniyle doğru proses ve arıtım yöntemi ile arıtılması önem arz etmektedir.

Yonga levha endüstrisi atıksuları genel olarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtma yöntemleri uygulanarak arıtılmaktadır. Ancak, bu endüstri atıksularının lignoselülozik içeriğinden dolayı biyolojik arıtılması zor olmaktadır. Biyolojik prosesin uygulanması için atıksuyun kimyasal procesten sonra sıcaklık ve asit ile ön şartlandırma yapılması gerekmektedir. Bu işlem arıtma maliyetini artırdığı gibi işletme sorunlarına da neden olmaktadır. Sonuç olarak biyolojik proseslerin yonga levha atıksularının arıtılmasında uygulanması zordur. Bu nedenle yonga levha atıksularının arıtılmasında doğru proseslerin uygulanması önem arz etmektedir.

Yüksek lignoselülozik içeriğe sahip olan yonga levha atıksularını en ekonomik ve doğru prosesler ile arıtılması hem arıtım verimini artıracak hem de arıtma maliyetini düşürecektir. Arıtma tesisinin her aşamasında maliyeti düşürmek ve iyi bir arıtım sağlamak için proseslerin optimize edilmesi gerekmektedir.

Yonga levha tesisleri bünyesinde oluşan odun külünün adsorpsiyon potansiyeli nedeniyle yonga levha atıksularının arıtılmasında kullanılması uygun görülmektedir. Kerstin ve arkadaşları, odun külü kullanımının atıksuyun kağıt endüstrisi atıksularından organik maddelerin uzaklaştırılmasında etkili bir yol olduğunu ortaya koymuşlardır [3].

Odun külünün asit nötralize etme kapasitesi yani alkalitesi yüksektir. Vance (1996) 18 farklı odun külü örneğinde yaptığı çalışmada %13,2 ve %92,4 arasında

değişen ve ortalama %48,1 lik CaCO_3 olduğunu belirtmişlerdir. Odun külü, yüksek alkali bir materyal olduğundan (pH = 12) atıksu pH dengelemesi için bir alkali malzeme olarak kullanılabilir [4].

Nişasta, iki polisakkaritin bulunduğu amiloz ve amilopektin gibi bilinen bir karbonhidrattır [5].

Nişasta, anhidroglukoz üniteleri olan iki polimer karışımıdır. Amiloz, kaynağa bağlı olarak %25'e kadar değişen küçük fraksiyondur ve amilopektin, %95'e kadar değişen büyük fraksiyonu oluşturur. Nişasta, eczane, kozmetik, tedavi, kağıt yapımı ve tekstil endüstrisinde kullanım alanı bulmuştur. Bu doğal polimerin uygulamada kullanımının gelişimi, özelliklerinin modifikasyonu ile mümkün olmaktadır [5].

Nişastalar kolloidal ve askıda parçacıkların giderilmesini kolaylaştırmak için su artımında kullanılmaktadır. Bulanıklığın ve rengin giderilmesi için metal tuzları (koagülant) ile birlikte kullanıldığında etkilidirler. Nişastanın ekonomik ve organik topaklayıcı (yumaklaştırıcı) özelliğinden dolayı atıksu arıtımında yumaklaştırma yardımcı maddesi olarak kullanılabilir. Modifiye nişastalar genellikle seyreltilmiş sulu çözelti olarak artıma sistemine dozajlanmaktadır. Çözeltinin yaklaşık %5'lik kütle fraksiyonu şeklinde hazırlanması tavsiye edilmektedir. Hazırlanan çözeltinin suya dozajlanan miktarı, suyun karakteristik özelliğine bağlı olarak farklılık göstermektedir [6].

1.1 Yonga Levha Endüstrisi

Yonga levha, “yongaların tutkal ya da uygun yapıştırıcı yardımı ile ısı ve basınç altında büyük ve geniş yüzeyli levhalar haline getirilmesi ile oluşan ve gerek bina yapımında gerekse diğer ihtiyaçlar için kullanılan bir malzeme” olarak tanımlanmaktadır [1].

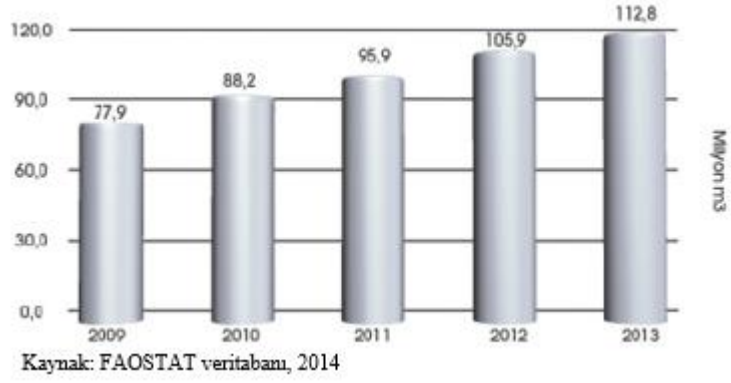
Ayrıca, Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Levha Sanayi 2015 sektör raporuna göre yonga levhalar “ Odun yongaları, testere talaşı vb. ile lignoselülozik özelliğe sahip odunlaşmış bitkilerin, tutkal ve hidrofobik özellik sağlayan ürünlerle harmanlanarak sıcaklık ve basınç altında preslenmesiyle elde edilen malzemeler” olarak tanımlanmıştır [7].

Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, 2015 yılı Levha Sanayii Sektör Raporunda Türkiye' nin Yonga levha üretiminde; Avrupa' da 3. (5,52 milyon m³/yıl üretim), Dünya' da 5. sırada (5,3 milyon m³/yıl üretim) yer aldığı belirtilmektedir. MDF ve Yonga Levha Sanayicileri Derneği 2016 yılı Raporuna göre ise Türkiye' de levha sektörünün büyüklüğü (Yonga Levha, Mobilya, Dekorasyon vs.) yaklaşık 400.000 kişiye doğrudan olmak üzere toplam 1 milyon kişiye (Nakliyat, satış, hizmet vs.) istihdam sağlayan 12 milyar USD civarındadır. 2023 yılı hedeflerine göre sektörün büyüklüğü 25 milyar USD rakamını yakalamaktır. Sektörün Türkiye için 2023 yılı ihracat hedefi 8 milyar USD olarak belirtilmektedir [7]. Rapora göre Türkiye için yonga levha ve lif levha sektörünün toplam cirosu (iç pazar ve ihracat) 2,6 milyar \$' dır. Kurulu kapasitenin Eylül/2016 itibariyle (Yonga Levha: 5,4 milyon m³/yıl)-(Lif Levha (MDF) 6,7 milyon m³/yıl olduğu belirtilmiştir. Sektördeki kapasite kullanım oranları %75-85 arasında değişmektedir [7].

Sektörün ekonomideki payı göz önüne alındığında, gerekli yapısal gelişimini tamamlayamadığı görülmektedir. Günümüzde levha sanayi; koordinasyon eksikliği, hammadde sorunları, yetersiz sermaye birikimi, işgücü ve markalaşma gibi sorunlarla karşı karşıyadır.

1.1.1 Dünya' da Levha Endüstrisi

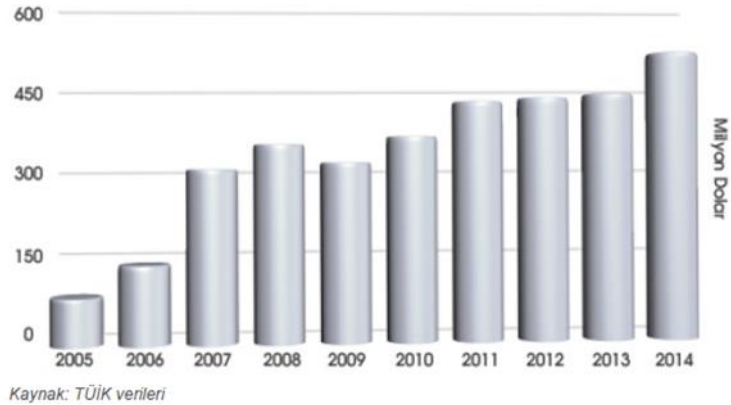
Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, 2015 yılı Levha Sanayii Sektör Raporuna göre dünya levha üretimi (MDF, Yonga Levha v.b.) Şekil 1.1' de de görüldüğü gibi 2009-2013 yılları arasında sürekli artan bir eğilim göstermiştir. 2009 yılında 77,9 milyon m³ olan üretim miktarı 2013 yılında 112,8 milyon m³' e yükselmiştir. Türkiye, Dünya toplam levha üretimin yaklaşık %3,8' ni gerçekleştirmektedir. Rapora göre, Türkiye levha sanayi sektöründe 2012-2013 yılları arasında %9,8 büyüme ile İspanya, Polonya ve Çin' den sonra gelmektedir. Ayrıca rapora göre dünya levha üretiminin yaklaşık %55,4' ünü Çin gerçekleştirmektedir [7].



Şekil 1.1: Dünya levha üretimi.

1.1.2 Türkiye’de Levha Endüstrisi

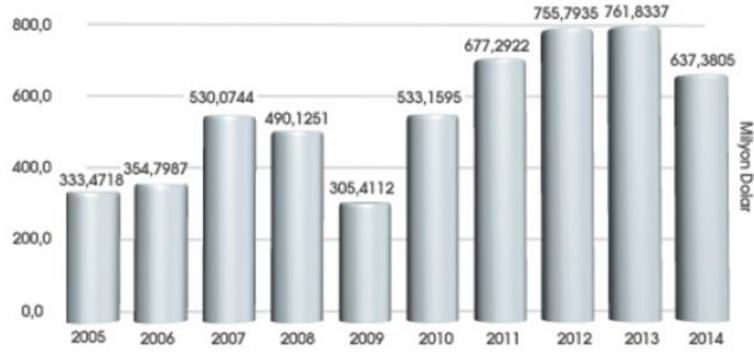
Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği 2015 yılı Levha Sanayii Sektör Raporuna göre Türkiye toplam levha ihracat hacmi (MDF, Yonga Levha v.b.) Şekil 1.2.’de de görüldüğü üzere 2005-2014 yılları arasında, 2009 yılındaki düşüş (2008’e göre %7 gerileme) dışında sürekli artış göstermiştir. 10 yılda yaklaşık 6 kat artan sektörün ihracatı 2014 yılında yaklaşık 509 milyon \$’a ulaşmıştır [7].



Şekil 1.2: Türkiye levha ihracatı.

Rapora göre levha ihracatı ürün bazında incelendiğinde; 384 milyon \$ ile (%75,4) MDF ve lif levhalar, 106,8 milyon \$ ile (%20,9) yonga levha ve 18,02 milyon \$ ile (%3,7) OSB ve kontrplak oluşturmaktadır [7].

Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği, 2015 yılı Levha Sanayii Sektör Raporuna göre Türkiye toplam levha ithalat hacmi (MDF, Yonga Levha v.b.) Şekil 1.3’ de de görüldüğü gibi 2005-2014 yılları arasında, 2005-2014 yılları arasında inişli çıkışlı bir seyir izleyen Türkiye’nin toplam levha ithalatı 2005 yılında 333,4 milyon \$ olarak gerçekleşirken, 2014’te bu değer 637,4 milyon \$ düzeyine yükselmiştir. 2008’den sonra dünya genelinde yaşanan ekonomik kriz nedeniyle düşüş yaşayan ithalat değeri, 2009’dan 2013 yılına kadar sürekli artmıştır. 2014 yılında ise özellikle yonga levha, MDF ve lif levhalar ithalatındaki düşüş nedeniyle toplam levha ithalatımızda da bir düşüş yaşanmıştır [7].



Kaynak: TÜİK verileri

Şekil 1.3: Türkiye levha ithalatı.

Rapora göre Türkiye levha ithalatına ürün bazında bakıldığında; 335 milyon \$’la (%75,4) kontrplak, 223 milyon \$’la (%20,9) MDF ve lif levha ve 78,5 milyon \$’la (%3,7) OSB ve yonga levha oluşturmaktadır [7].

MDF ve Yonga Levha Sanayicileri Derneği 2016 yılı Raporuna göre Tablo 1.1 ve Tablo 1.2’de de belirtildiği üzere yonga levha üretiminde Türkiye; Avrupa’da 3. (5,52 milyon m³/yıl üretim ile), Dünya’da 5. (5,11 milyon m³/yıl üretim ile) sırada yer almaktadır [7].

Tablo 1.1: Avrupa ülkelerine ait yonga levha üretim kapasiteleri [8].

Ülke	Yonga Levha Üretimi (milyon m ³ /yıl)
Rusya	6,64
Almanya	5,52
Türkiye	5,11

Tablo 1.2: Dünya ülkelerine ait yonga levha üretim kapasiteleri [8].

Ülke	Yonga Levha Üretimi (milyon m ³ /yıl)
Çin	10,09
ABD	7,43
Rusya	6,64
Almanya	5,52
Türkiye	5,11

Türkiye’de yonga levha üretim 16 şirket üretim gerçekleştirmektedir. Sektörün günlük ortalama üretim kapasitesi 15.981 m³ (320 gün/yıl çalışma ile) mevcuttur. Bu kapasiteler, kurulum kapasiteleridir. Sektörde, kapasite kullanım oranları %75-85 arasında değişmektedir. Tablo 1.3’de 2016 yılı itibari ile Türkiye’de faaliyet gösteren yonga levha şirketleri içerisinde toplam yonga levha üretiminin %65,7’sini (10510 m³/gün) Kastamonu Entegre A.Ş., %17,8’ini (2850 m³/gün) Yıldız Entegre A.Ş., %17,8’ini (2850 m³/gün) Starwood A.Ş. ve %13,1’ini (2100 m³/gün) Orma A.Ş. üretmektedir [8].

Tablo 1.3: Türkiye’de faaliyet gösteren yonga levha şirketleri ve kapasiteleri [8].

Firma Adı	Yer	Üretim Kapasitesi (m³/gün)
Gentaş A.Ş.	Bolu	96
Kastamonu Entegre A.Ş.(Balıkesir)	Balıkesir	1.700
Kastamonu Entegre A.Ş.(Samsun)	Samsun	550
Kastamonu Entegre A.Ş.(Samedoğlu)	Mersin	500
Yıldız Entegre A.Ş. (Mudurnu)	Bolu	1.150
Yıldız Entegre A.Ş.(Akhisar)	Manisa	1.700
Orma A.Ş.	Isparta	2.100
Küpeliler A.Ş.	Eskişehir	300
Derya İnşaat Devrek (Faal Değil)	Zonguldak	340
Kastamonu Entegre A.Ş.(Kastamonu)	Kastamonu	670
Kastamonu Entegre A.Ş.(Gebze)	Gebze	1.500
S.F.C. A.Ş.	Kastamonu	200
Starwood A.Ş.	Bursa	2.850
Teverpan Mdf A.Ş.	Çerk.Tekirdağ	450
Vezir Ağaç A.Ş.(Turanlar Grup)	Samsun	175
Yıldız Sunta-Mdf A.Ş.	İzmit	1.700
TOPLAM(m³/gün)		15.981
TOPLAM (m³/yıl)	(320 İş Günü)	51.13.920

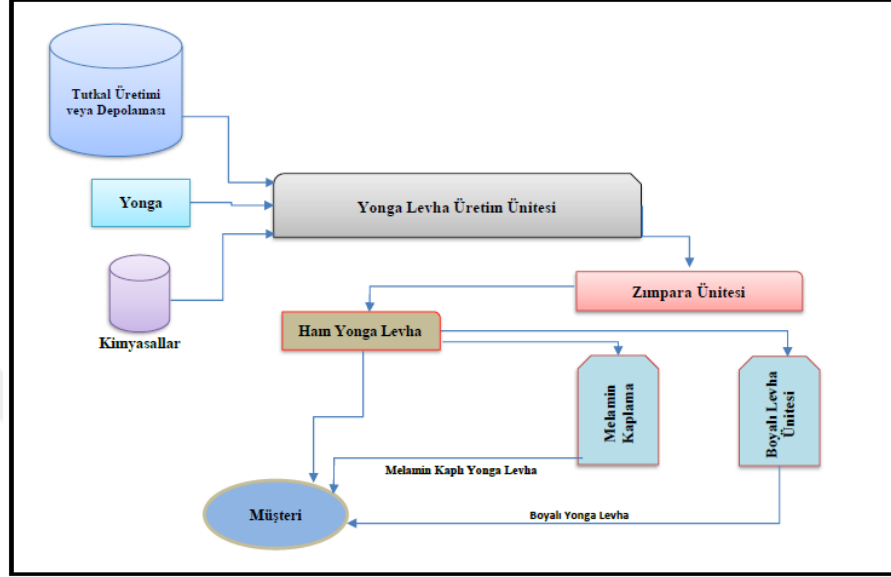
Tablo 1.4’te Eylül 2016 yılı itibari ile Türkiye’de faaliyet göstermeyen yonga levha şirketleri ve kapasiteleri belirtilmiştir.

Tablo 1.4: Türkiye’de Eylül 2016 yılı itibari ile faaliyet göstermeyen yonga levha şirketleri ve kapasiteleri [8].

FİRMA ADI	Yer	Üretim Kapasitesi (m³/gün)
Dengizekler A.Ş.-Foça	İzmir	300
Merkez Sunta A.Ş.	İnegöl/Bursa	350
Yonsan A.Ş.	Manisa	240
Serdar Ağaç A.Ş.	Bursa	300

1.2 Yonga Levha Üretiminin Genel Aşamaları

Yonga levha üretimine ait prosesin iş akış şeması Şekil 1.4' te görülmektedir. Yonga levha tesislerine ait genel iş birimleri/bölgümleri aşağıda detaylı olarak verilmiştir.



Şekil 1.4: Yonga levha endüstrisi genel akış şeması.

1.2.1 Hammadde Stok Sahası (Cips ve Odun)

Yurt içinden ve yurt dışından temin edilen odunlar (sanayide tahta üretilemeyecek nitelikteki) bu açık alanda stoklanmaktadır.

1.2.2 Kaba Yongalama Ünitesi

Bu ünite de tomruk, odun ve çıta gibi malzemeler kırılarak üretim hammaddesi olan cips yonga elde edilir. Cips yonga direkt üretime verilebildiği gibi proses silolarında veya açık alanlarda da stoklanabilmektedir. Tomrukların kırıcıda işleme sürecinde oluşan tozlar, toz emiş sistemiyle toplanıp ısı santralinde yakıt olarak kullanılmaktadır. Ayrıca yongalama işleminde oluşan odun kabukları da kazanda yakıt olarak yakılmak üzere depolanmaktadır. Odun tozunun ve odun kabuğunun yakılması için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan Biyokütle Uygunluk Onayı alınması gerekmektedir.

1.2.3 İnce Yongalama Ünitesi (Elek-Değirmen)

Beton silolardan tartımlı bantlarla alınan cips yongalar roleli eleklerde makro (kaba), mikro (ince) yonga olarak ayrılır ve değirmen besleme silosuna verilir. Roleli elekten çıkan ince malzeme sarsak elekte tekrar elenir ve elenen ince malzeme mikro bandına, toz malzeme ise yakıt olarak ısı santraline gönderilir.

1.2.4 Yonga-Toz Talaş Kurutma Ünitesi

Yaş yonga silolarından belirli oranlarda alınan yongalar, bantlar aracılığı ile kurutma fırını besleme bunkerine aktarılır. Yanma işleminin yapıldığı brülörde yanan gaz ile hava karışarak döner kurutucuya sevk edilir. Döner kurutucudan kurumuş halde çıkan büyük yongalar helezon taşıyıcılar ile yangından korunma silosuna, toz gibi küçük malzemeler ise siklonlardan geçirilerek TKF yardımı ile yangından korunma silosuna alınır. Yangından korunma silosundaki malzemeler sarsak eleklerde, makro, mikro, elek altı ve oversize olarak 4 ayrı gruba ayrılır. Elek altı malzemeler, toz silosuna, makro malzemeler CL (Kaba) yonga silosuna, mikro malzemeler SL (İnce) yonga silosuna aktarılır. Oversize malzemeler ise oversize silosuna alındıktan sonra kuru yonga değirmenlerinde öğütülerek ihtiyaca göre SL veya CL olarak yongalanır ve silolara alınır.

1.2.5 Ham Sunta Üretim Ünitesi

Yonga Toz-Talaş Kurutma Ünitesinden gelen preslenmeye hazır malzeme Pres Besleme bunkerine alınır ve aşağıda belirtilen birimlerden geçerek Ham Sunta üretimi gerçekleştirilir.

Yonga Tartım: Talaş silosundan alınan talaşlar üretim reçetesine göre tartılır ve tutkal karıştırma sistemine kontinü olarak aktarılır.

Yonga Tutkallama: Tartımdan gelen malzeme formülüne göre tutkal, sertleştirici ve parafınle muamele edilerek mat oluşturma silosuna aktarılır. Bu işlemler kontinü olarak yapılır.

Serme (Taslak Oluşturma): Bunkerden alınan malzemeyle levha taslağı oluşturulur. Bu işlem sũrecinde yoğunluk ve rutubet kontrolleri yapılır.

Soğuk Presleme (Ön Pres): Levha taslağı basınçta preslenerek kenardaki fazla malzeme toz emiş sistemi ile alınır. Serme dũzgũnlũđũ, rutubet, manyetik metal taraması kontrollerinden sonra sıcak preslemeye hazırlanır.

Sıcak Presleme: Taslak bũlũmũnden gelen levha bu bũlũmde kızgın yağ ile ısıtılan kontinu preslerde sũrekli levha haline getirilir.

Ebatlama (Çapraz Kesme): Presten çıkan sunta levha 8430-8430-7350-7330-6830 mm vs. uzunluğunda plakalar elde etmek ũzere çapraz testereyle otomatik olarak sũrekli kesilir.

Soğutma: Ebatlamadan çıkan plakalar yıldız soğutmada hava ile tabi olarak soğutulur. Yıldız soğutmadan alınan malzemeler kũrleřmenin tamamlanması için kendilerine ayrılan bũlũmde istiflenir.

Bu anlatılanların tamamı sũrekli sistemle yapılır. Bunların yapılması için ũretim durmasına gerek yoktur. Sistem Non-Stop alışır.

Form Tutma: Sehpalara alınan plakaların sağlamlaşması yapışmanın tam olması ve tutkalın kũrleřmesi bu sũrete gerçekleşir. Plakalar minimum 2 gũn bu bũlũmde stoklanır.

1.2.6 Zımparalama ˘nitesi

Ebatlamadan çıkan levhalar kademe kademe zımparadan geçirilerek, istenilen standart kalınlık değerlerinde sunta levha elde edilir. Zımparalanan levhalar, 1. ve 2. kalite olarak ayrılır ve stok alanında istiflenir.

Pres hattının ũrettiđi ham sunta istif alanında en az 2 gũn bekletildikten sonra ilk olarak kalınlıklarına gũre paketler halinde enine kesme testeresine girer. Enine kesilen levhalar zımpara makinesine girer. ˘nce kaba zımpara, sonra ince zımparalanan levhalar kalite kontrol alanında 1. ve 2. kalite olarak ayrılmaktadır. 1. ve

2. kalite levhalar ayrı ayrı istiflenir. Çıkan ürün melamin presine, boyalı levha ünitesine veya ham levha olarak satılmak üzere sevkiyata gönderilir.

İki adet besleme asansörü ile beslenir. Hat boyunca çıkan zımpara ve testere tozları birim üzerlerinde bulunan vakumlu toz emiş sistemi ile reject silosuna çekilir ve oradan Brülör kazanda yakılmak üzere kazana aktarılır. Zımpara tozunun yakılması için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan Biyokütle Uygunluk Yazısı alınması gerekmektedir.

1.2.7 Melamin Kaplama Ünitesi

Bu bölüm de kapalı alanda yer almaktadır. Kaplama yapılacak zımpara edilmiş suntalar bu preslerde tutkal emdirilmiş kağıtlarla kaplanır.

Pres hattından çıkan ve zımparalanan levha en az 3 gün soğutulduktan sonra forklift vasıtasıyla istif beklemeye konur. Emprenyelenmiş (tutkal emdirilmiş) kağıt paletleri kağıt besleme istasyonuna yerleştirilir. Sırasıyla alt kağıt serilir, üzerine ham levha yerleştirilir ve üzerine üst kağıt serilir. Pres besleme arabası vasıtasıyla ürün pres içerisine girer. Ortalama 200 °C de 15-20 saniye süre ile preslenir. Pres arabası ile presten boşaltılarak kenar temizlemede fazlalıklar alınır. Malzeme kalite kontrol kısmında kontrol edilir. Yıldız soğutucuda soğutulur. Kalite tasnifine göre istiflenir.

1.2.8 Boyalı Yonga Levha Üretim Ünitesi

Boyalı yonga levha üretim ünitesine ham sunta levha, ham sunta levha stok sahasından alınarak otomatik olarak beslenmektedir. Boyalı yonga levha üretim hattı kontinü bir hattır. Hat girişinde levhalara öncelikle gönyeleme yapılarak yüzey düzgünlüğü sağlanır. Fırçalama bölümünde levhaların yüzey temizliği yapılır. Yüzey temizliğinden sonra levhaya bir kat astar uygulanır. Astar işleminden sonra levha kurutmaya alınır. Kurutma, tesiste pres ünitesinde kullanılan kızgın yağ ile fırın içinde ısıtılan temiz havanın levha yüzeyine püskürtülmesi ile yapılmaktadır. Fırından çıkan emisyonlar toz tutucu siklonlardan geçirilip tozundan arındırıldıktan sonra baca ile atmosfere verilmektedir. Kurutma uygulamasından sonra levha zımparalanmaktadır.

Zımparalama işleminden sonra levhaya silindir ile bir kat ana boya uygulanır. Bir kat boya işleminden sonra 2. ve 3. kat olmak üzere iki kat daha boya uygulanır. Boya işleminden sonra levha kurutmaya alınır. Kurutma işleminden sonra levha desen makinesine alınarak levhaya desen verilir. Desen işleminden sonra levha tekrar kurutmaya alınır. Kurutma işleminden sonra boyalı levhaya bir kat cila uygulanır. Cilalama işleminden sonra boyalı levha soğutulur. Soğutma işleminden sonra nihai ürün elde edilir ve istiflenir. İstiflenen nihai levhalar paketlenerek stok sahasına kaldırılır.

1.2.9 Yardımcı İşletmeler

1.2.9.1 Isı Enerji Santrali

Isı enerji santralinde, üretim hatlarında oluşan zımpara tozu, elek altı ve odun kabukları gibi odun atıkları genel olarak yakıt olarak kullanılmaktadır. Bu atıkların yakıt olarak kullanılabilmesi için Üniversitelerin Orman Fakültelerine, Atık Yönetimi Yönetmeliği kapsamında TS EN İSO 17225-1 "Katı Biyoyakıtlar - Yakıt Özellikleri ve Sınıfları - Bölüm 1: Genel Özellikler" Standardına göre analiz yaptırılması gerekmektedir. Alınan olumlu analiz sonuçları ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığına (ÇŞB) Atık Yönetimi Yönetmeliği kapsamında malzemelerin biyokütle olarak değerlendirilmesi konusunda başvuru yapılır. Yapılan başvuru sonucunda bakanlıktan Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği kapsamında biyokütle olarak değerlendirildiğine dair uygunluk yazısı alınması gerekmektedir.

1.2.9.2 Kalite Kontrol Laboratuvarı

Tesiste, gelen hammaddeler ve üretilen ürünlerin test edildiği ünedir.

1.2.9.3 Toz Toplama Sistemleri

İşletmede proses aşamasında oluşan odun tozları merkezi toz toplama sisteminde toplanmakta ve kontinü olarak tesisin ısı enerji santralinde yakıt olarak kullanılmaktadır.

1.2.9.4 Atıksu Arıtma Tesisi

İşletmeden kanallarla gelen atıksu, terfi havuzundan pompalar ile arıtma tesisine alınarak arıtılması gerekmektedir.

Atıksu Arıtma Tesisinden elde edilen arıtılmış suyun tamamı belirli noktalarda tesis içerisinde yeniden kullanılabilceği gibi deşarjda edilebilmektedir.

1.2.9.5 Yangın Söndürme Sistemleri

Yonga levha tesislerinin en büyük riski yangındır. Bu nedenle tesiste çıkabilecek yangınlara anında müdahale edebilmek amacı ile hareketli ve sabit yangın söndürme sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemler özellikle sıcak havalarda (yağışın az olduğu zamanlarda) hammadde yığınlarının sulanarak tozumasının önüne geçilmesi amacı ile de kullanılmaktadır.

1.2.10 Mamul Deposu

Üretilen mamuller bu alanda depolanmakta ve sevkiyata hazır halde bekletilmektedir.

1.3 Yonga Levha Yonga Levha Endüstrisi Atıksuları

Son on yılda, MDF (Orta Yoğunluklu Fiber Levha), sunta (Yonga Levhası) ve OSB (Yönlendirilmiş Şerit Levhalar) olarak piyasaya sürülen ahşap panellerin üretimi dünya çapında dramatik bir büyüme ile gelişmekte ve çevresel etkileri, endüstriyel ilgi odağı haline gelmiştir [9].

Yonga levha sektöründe oluşan atıksuların bileşiminde bulunan lügnoselozik materyaller, selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi bileşenlerden oluşmaktadır. Odun kabuğu, ağaç talaşları, kağıt atıkları v.b materyaller lügnoselüozik materyallerden oluşmaktadır. Genel olarak piyasada fazla bulunan ve yakıt olarak da değerlendirilen tarım malzemeleri (buğday, arpa, pamuk, tütün, çeltik, mısır sapı vb.) ile ağaç sanayisi atıkları (odunun sanayide kullanılması ile ortaya çıkan yongalar, talaşlar ve zımpara kaynaklı toz malzemeler) lügnoselüozik materyal kaynaklarıdır. Bu lügnoselüozik malzemelerden ortaya çıkan atıksular yüksek oranda lignin bileşiği içermektedir.

Atıksu numunesinin alındığı yonga levha üretim tesisinde genel olarak %80 oranında kızılçam, %20 oranında karaçam üretimde hammadde olarak kullanılmaktadır. Tesiste kullanılan karaçam ve kızılçam ağaçlarına ait odun kimyasal özellikleri araştırıldığında basınç odunda, normal oduna göre farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Basınç karaçamın kimyasal özellikleri, normal oduna göre α -selüloz oranının az olduğu, lignin, sıcak su, soğuk su ve alkol çözünürlüğünde normal oduna göre yüksek çıktığı tespit edilmiştir. Basınç karaçam için α -selüloz miktarı %46,4 iken normal odunda bu miktar %50,4 olduğu, lignin oranını ise karaçamda %31,8 ve normal odunda %26,7 olduğu belirlenmiştir. Timell (1986) yapmış olduğu çalışmada karaçamda selüloz, lignin ve ekstraktif madde miktarlarının sırasıyla %48,2- %36,9 ve %2,75 olduğunu, normal odunda ise bu değerlerin sırası ile %60,8- %26,7 ve %2,45 olduğunu tespit etmiştir [10].

Kızılçam basınç ve normal odunun kimyasal özellikleri üzerine yapılan çalışmada holoselüloz ve α -selüloz oranları azalma gösterirken lignin, sıcak su, soğuk su ve alkol çözünürlüklerinin arttığı tespit edilmiştir. Kızılçam alfa selüloz oranı basınç odunda %43,1 normal odunda %46,5, lignin oranı sırasıyla %33,0 ve %27,3 olarak belirlenmiştir [10].

Erten ve İlter'in karaçam (pinus nigra arnold.) odununun kimyasal bileşenleri üzerine yapmış oldukları çalışmada, her bölgeden farklı çap ve kademelerdeki karaçam odununda yaptıkları analizler sonucunda kimyasal ve fizyolojik sonuçlar tespit edilmiştir. Bu çalışmada tespit edilen karaçam kimyasal özellikleri; Alkol-benzende çözünürlük %16,16, Eterde çözünürlük %16,07, Sıcak suda çözünürlük %6,52, %1 lik NaOH de çözünürlük %18,28, Pentozan %10,55, Holoselüloz %69,25, Lignin %38,85, Kül %0,59 olarak bulunmuştur. Karaçamın lignin miktarı çalışmada karşılaştırma amaçlı analiz edilen diğer ağaç türlerine kıyasla yüksek olarak tespit edilmiştir. Ayrıca karaçamdaki ekstraktif madde miktarı yüksek miktarda bulunmaktadır [11].

Abuamoud ve arkadaşları (2017) Kastamonu bölgesinde 5 değişik bölgeden (Tosya, Hanönü, İnebolu, Bozkurt ve Araç) aldıkları kızılçam (Pinus brutia Ten.) numuneleri üzerinde yaptıkları çalışmada numunelerin anatomik, lifli ve kimyasal özelliklerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, bölgesel olarak odunun özelliklerinin değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Lif analiz sonuçlarına göre, lif uzunlukları 1,86 mm-3,15 mm; lif genişlikleri 40,57um-42,27; lümen genişlikleri 26,32um-27,75 ve hücre duvarı kalınlıklarının 6,74-7,90 aralığında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Numunelere ait kimyasal analiz sonucuna göre holoselüloz, alfa selüloz ve lignin, %1 NaOH, etanol, sıcak su ve soğuk su çözünürlükleri ve kül oranlarının sırasıyla %70,37-72.38, %42,62-47,30, %26,04-27,86, %12,38-13,14, %2,38-3,41, %2,86-3,83, %2,29-3,27 ve %0,26-0,40 aralığında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. Bu çalışma ile değişik bölgelerden temin edilen kızılçam numunelerinin analizlerle lif, kimyasal ve anatomik özelliklerinin iklim, yağış, toprak özellikleri vb. etkisi ile değişebileceği görülmüştür. Benzer şekilde, tüm bu özellikler aynı ağacın farklı bölgelerinde (dal, gövde, kök vs.) değişebilmektedir [12].

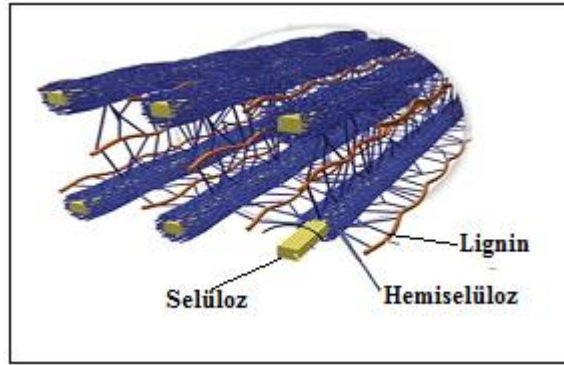
Yonga levha sektöründe oluşan atıksuların %95'lik kısmı kurutma ünitesinde oluşmaktadır. Geriye kalan yaklaşık %5'lik kısmı kazan, değirmen bıçak yıkama gibi ünitelerden oluşmaktadır. Genel olarak oluşan atıksular tesis bünyesinde bulunan arıtma tesislerinde arıtıldıktan sonra deşarj edilmekte veya geri kazanılmaktadır.

Tesiste oluşan evsel atıksular belediye veya OSB kanalizasyon sistemine verildiğinden, ayrı olarak toplanmaktadır.

Yonga levha sektöründe oluşan atıksuların %95'lik kısmının kurutma ünitesinde oluşması, içeriğinde yüksek oranda kimyasal işlem görmemiş odun tozlarını barındırmasına neden olmaktadır. Bu atıksular, kurutma ünitesinde yongaların kurutulması esnasında oraya çıkan nemin buharlaşması sonucu boru hatlarının iç cidarlarına yapışması ve yapışan bu odun partiküllerinin yıkama ile temizlenmesi sonucu oluşmaktadır. Suyun yapısında odun partiküllerinin olması nedeniyle lignoselülozik yapıdaki bileşenlerin fazla olmasına neden olmaktadır.

Odun, yonga levha sektöründe kullanılan lignoselülozik bir materyaldir. Lignoselüloz; selüloz, hemiselüloz ve lignin bileşenlerinden oluşmaktadır. Lignoselülozik maddenin yapısında ayrıca su, protein ve diğer bileşikler de az miktarda bulunmaktadır [13].

Lignoselülozik yapı ve bileşenleri Şekil 1.5'te verilmiştir. Lignoselüloz kompleks bir yapıdadır. Lignoselüloz yapısında bulunan selüloz, kristal fibriller nedeniyle çekirdek yapı görünümündedir.



Şekil 1.5: Lignoselülozik yapı ve bileşenleri [14].

Genel olarak sektör atıksularının içeriğinde yüksek oranda lignoselülozik odun atıkları bulunmakta ve bu durum arıtım işleminde oldukça mukavemet göstermektedir. Bu durumun en önemli nedeni atıksuda çözülmüş halde bulunan lignin maddelerdir. Yonga levha sektörü atıksuları başlıca pH ve Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Askıda Katı Madde (AKM), Çözülmüş Katı Madde (ÇKM) ile karakterize edilen kirleticileri içermektedir.

Yonga levha sektöründe en fazla atıksu yonga kurutma sonucu yapışan yongaların yıkanması işleminden oluşmaktadır. Bu işlemde oluşan atıksularının içeriğinde yüksek oranda lignoselülozik odun atıkları bulunmaktadır. Genel olarak kurutmaya tabi tutulan odun yongaları kimyasal işlem görmediğinden ağaç kimyasal özelliği dışında farklı bir kirleticinin suda bulunması söz konusu değildir. Genel olarak bu kirleticiler odun kimyasal yapısında bağlı olarak bulunan reçine asitleri, doymamış yağ asitleri, diterpen alkoller, klorinli reçine asitlerinden oluşmaktadır [14].

Yonga levha sektöründe boyalı levha ünitesinde genel olarak su bazlı boya kullanımı söz konusudur. Ayrıca bu ünite de kullanılan solvent içerikli boya atıkları ve atıksuları ayrı toplanarak bertaraf edildiğinden arıtma tesisine gelmesi söz konusu değildir. Bu nedenle bu ünite de oluşan atıksularda su bazlı boya kaynaklı kirleticiler bulunmaktadır. Su bazlı boya kaynaklı kirleticiler aşırı konsantre olduğunda kanalizasyona, yüzeysel sulara ve yeraltı sularına zarar vermektedirler. Bu nedenle çevresel önlem açısından bu suların arıtılması gerekmektedir. Boyalı levha ünitesinde genel olarak oluşan atıksu miktarı, toplam atıksuyun yaklaşık %1'lik kısmını oluşturmaktadır.

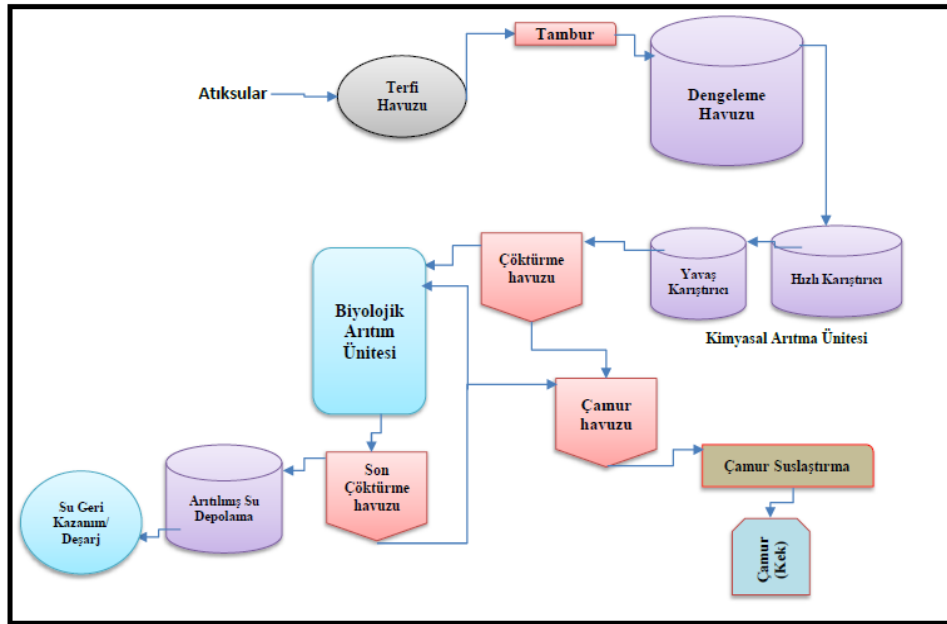
Yonga levha sektöründe değirmen bileme bıçakları yıkama suları genel olarak atıksu karakteristiği bakımından yonga kurutma sonucu yapışan yongaların yıkanması işleminde oluşan atıksu karakteristiği ile aynı olmaktadır. Bu ünite de oluşan atıksu miktarı, toplam atıksuyun yaklaşık %1-2'lik kısmını oluşturmaktadır.

Yonga levha sektöründe kazan blöf suları da atıksu karakteristik bakımından yonga kurutma yıkama atıksu ile aynı özellikte olmaktadır. Bu ünite de oluşan atıksu miktarı, toplam atıksuyun yaklaşık %1'lik kısmını oluşturmaktadır.

Tutkal hazırlama atıksuları genel olarak yer yıkama ve tutkal hazırlama tanklarının yıkaması sonucunda oluşmaktadır. Tutkal hazırlama sonucu oluşan atıksu miktarı, toplam atıksuyun yaklaşık %1'lik kısmını oluşturmaktadır. Tutkal yapısından kaynaklı kirleticiler içermektedir. Bu kirleticiler genel olarak üre formaldehit reçinesi bileşiği olan formaldehit ve üre kaynaklıdır. Bu kirleticiler aşırı konsantre olarak alıcı su ortamlarına zarar verebilmektedir.

Görüldüğü üzere yonga levha sektörü atıksuyu çok farklı yapıda kirletici içermektedir. Atıksuların arıtılmasında karşılaşılan problemlerin çözümlenmesi ve arıtımda yüksek verim elde edilmesi için atıksuyun bileşiminin bilinmesi arıtım verimi açısından önem arz etmektedir.

Yonga levha sektörü atıksu arıtım tesisleri genellikle fiziksel, kimyasal ve biyolojik arıtım üniteleri şeklinde tasarlanmaktadır. Şekil 1.6'da atıksu numunelerinin temin edildiği tesisin atıksu arıtma tesisi iş akış şeması bulunmaktadır. Arıtma tesisinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak arıtılan atıksular tesiste bulunan bazı ünitelerde yıkama suyu olarak geri kazanılmaktadır.



Şekil 1.6: Yonga levha sektörü atıksu arıtma tesisi iş akış şeması.

Tesis genelinde oluşan atıksular kanalizasyon sistemi ile arıtma tesisine gelmektedir. Arıtma tesisine gelen atıksular, terfi havuzunda birikmekte ve terfi pompaları ile tambur eleğe basılmaktadır. Atıksular tambur elekte fiziksel olarak arıtılarak dengeleme havuzuna aktarılmaktadır. Atıksular dengeleme havuzundan dalgıç pompalar ile kimyasal üniteye aktarılmaktadır. Atıksularda kimyasal üniteye hızlı karıştırma prosesinde pH dengeleme ve koagülasyon, yavaş karıştırma prosesinde ise flokülasyon işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Flokülasyon işleminden sonra atıksu kendi cazibesıyla kimyasal çökeltme (durultucu) havuzuna aktarılmaktadır. Kimyasal çökeltme (durultucu) havuzunda çökelen floklar, havuz dibinden çamur pompaları ile çamur havuzuna aktarılmaktadır. Kimyasal çökeltme (durultucu) havuzunda arıtılarak savaklanan su biyolojik üniteye cazibe ile aktarılmaktadır. Biyolojik üniteye, atıksular biyolojik olarak arıtıldıktan sonra biyolojik çökeltme (durultucu) havuzuna cazibe ile aktarılmaktadır. Biyolojik çökeltme havuzunda, atıksu durultulduktan sonra savaklanarak deşarj edilmektedir.

Biyolojik çökeltme havuzunda çökelen aktif çamurlar geri devir pompaları ile biyolojik üniteye geri aktarılmaktadır. Aktif çamur miktarının yapılan çamur hacim indeksi sonucu istenen değerden fazla olması durumunda çamur yoğunlaştırma havuzuna alınmaktadır. Çamur havuzuna alınan aktif çamurlar, diğer çamurlar ile yoğunlaştırılarak beltpres ile susuzlaştırılmaktadır. Susuzlaştırma işlemi sonucu oluşan çamur römorka toplanarak ve mevzuata uygun olarak değerlendirilmektedir. Susuzlaştırma süzüntü suları ve beltpres yıkama suları terfi havuzuna tekrar alınmaktadır.

Yonga levha ve MDF sektöründe kurulu ve faal durumda bulunan işletmelere ait bazı atıksu arıtma tesisi örnekleri ve arıtma yöntemleri Tablo 1.5'te verilmiştir.

Tablo 1.5: Yonga levha ve MDF işletmelerine ait bazı atıksu arıtma tesisi örnekleri ve arıtma yöntemleri.

Firma	Kurulu Olduğu Ülke	Faaliyet Alanı	Arıtma Yöntemi
Binder-Holz GmbH Monsanto	Avusturya	MDF Üretim Tesisi	Proses flokülasyon / susuzlaştırma / multi-medya filtrasyon / membran filtrasyon yöntemi ile çalışmaktadır. COD giderimi 24,000 mg/L'den 100 mg/L > olarak gerçekleşmektedir. Arıtılan su tesis içerisinde geri kazanılmaktadır. Membran çıkışında aktif karbon filtrasyon sistemi kullanılmaktadır.
CSC Forest Products Ltd	İskoçya	MDF Üretim Tesisi	
FINSA	İspanya	MDF Üretim Tesisi	
Interpanel SA	İspanya	MDF Üretim Tesisi	
Kronospan GmbH	Almanya	MDF Üretim Tesisi	
Kronospan Ltd	İngiltere	MDF Üretim Tesisi	
Kronospan Sanem et Cie	Lüksemburg	MDF Üretim Tesisi	
Kronospan Sp. Z.o.o.	Polonya	MDF Üretim Tesisi	
Unilin SA	Fransa	MDF Üretim Tesisi	
Yıldız Entegre A.Ş. – Akhisar Tesisi	Türkiye	Yonga Levha Üretim Tesisi	Proses Fiziksel/Kimyasal/Biyolojik yöntemi ile çalışmaktadır. Arıtılan su tesis içerisinde geri kazanılmaktadır. Tesis kapasitesi, 240 m ³ /gün'dür.
Yıldız Entegre A.Ş. – Mersin Tesisi	Türkiye	MDF Üretim Tesisi	Proses Fiziksel/Kimyasal/Biyolojik yöntemi ile çalışmaktadır. Arıtılan su, OSB kanal sistemine verilmektedir. Tesis kapasitesi, 240 m ³ /gün'dür.
Yıldız Entegre A.Ş. – Kartepe Tesisi	Türkiye	MDF Üretim Tesisi	Proses Fiziksel/Kimyasal/Biyolojik yöntemi ile çalışmaktadır. Arıtılan su, Belediye kanal sistemine verilmektedir. Tesis kapasitesi, 240 m ³ /gün'dür.
Yıldız Entegre A.Ş. – Romanya Tesisi	Romanya	MDF Üretim Tesisi	Proses Fiziksel/Kimyasal/Biyolojik ve ileri arıtma (NF, RO) yöntemi ile çalışmaktadır. Arıtılan su, alıcı ortama verilmektedir. Tesis kapasitesi, 240 m ³ /gün'dür.
Kastamonu A.Ş. – Tataristan Tesisi	Rusya	MDF Üretim Tesisi	Proses Fiziksel/Kimyasal/Biyolojik/İleri Arıtma yöntemi ile çalışmaktadır. Arıtılan su, tesis içerisinde geri kazanılmaktadır. Tesis kapasitesi, 1200 m ³ /gün'dür.
Çamsan A.Ş. – Sakarya Tesisi	Türkiye	MDF Üretim Tesisi	Proses Fiziksel/Kimyasal/Biyolojik Arıtma yöntemi ile çalışmaktadır.
Kastamonu A.Ş.	Romanya	MDF Üretim Tesisi	Proses Fiziksel/Kimyasal/Biyolojik Arıtma yöntemi ile çalışmaktadır.
Çamsan A.Ş. – Ordu Tesisi	Türkiye	MDF Üretim Tesisi	Proses Fiziksel/Kimyasal/Biyolojik Arıtma yöntemi ile çalışmaktadır.

1.3.1 Atıksularda Bulunan Kolloidlerin Özellikleri

Suda çözünemeyen maddelerin ufak tanecikler şeklinde homojen olarak su ortamında yayılmasıyla oluşan duruma kolloidal sistem denir. Atıksudaki partiküller ve kolloidal maddelere ait boyut özellikleri Tablo 1.6’da verilmiştir [15].

Tablo 1.6: Atıksudaki partikül ve kolloidlere ait boyut tablosu.

Partikül	Çakıllı Kum	Kaba Kum	İnce Kum	Silt	Bakteri	Kolloidler	Kolloidler	Kolloidler
Çap (mm)	10	1	0,1	0,01	0,001	0,0001	0,00001	0,000001
Toplam Yüzey Alanı (m ²)	$3,14 \cdot 10^{-4}$	$3,14 \cdot 10^{-3}$	$3,14 \cdot 10^{-2}$	0,314	3,14	3,17	2.835	28.350
Çökme Süresi (saat)	$8,3 \cdot 10^{-5}$	$8,3 \cdot 10^{-4}$	$8,3 \cdot 10^{-3}$	0,55	55	5.520	55.188	551.880

Çökmenin istenen verimde olması için kolloidlerin özelliklerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Atıksuda çözünmeyen inert partiküllere (kil gibi) hidrofobik; atıksuda çözünen partiküllere (proteinler, organik polimerler gibi) hidrofilik kolloidler denilmektedir [16].

Kolloid maddelerin yüzeyinde elektriksel yük bulunmakta ve kolloidlerin davranışını olumlu veya olumsuz yönde etkilmektedir. Elektriksel yükler (birincil yük) iki duruma bağlı olarak oluşmaktadır. Birinci durum olarak kolloidin yapısında uç kısımlarda bulunan reaktif grupların ayrışması, ikinci neden ise su içinde bulunan iyonların absorpsiyon ile kolloidin yüzeyinde toplanmasıdır [17].

Kolloidal partiküller genel olarak doğal ortamda negatif yükte bulunmaktadır. Kolloidallerdeki negatif yükler parçacıkları zıt yönde itlediği için arzu edilen flokülasyonu engellenmesine neden olmaktadır. Kolloidal partiküllerlerin sahip olduğu yük tabakaları partikül tanecikleri arasında enerji bariyeri oluşturmaktadır.

Özet olarak kolloidal partiküller, atıksuda disperse halde bulunmaktadırlar. Kolloidal partiküllerin sahip olduğu yük, istenen düzeyde indirgenirse, kolloidlerin bir araya gelerek flok oluşturması muhtemeldir [17].

1.3.2 Atıksu Yüzey Yükünün Düşürülmesi

Atıksu arıtımında, yüzey yükünü (zeta potansiyeli) düşürmek için koagülantlar ilave edilmektedir. Suyun yüzey yükünün doğrudan hesaplanmasında zeta potansiyeli baz alınmaktadır. Zeta potansiyeli değeri yük nötralizasyonunu belirlemek için kullanılabilir. Bu işlemin amacı kolloidlerin bastırmasına izin verdiği karışımdan partikül hacminin olduğu noktadaki enerji sınırının düşürülmesidir [17].

1.3.3 Elektriksel Çift Tabaka

Atıksu çözeltisindeki kolloidal dağılımları uniform yüke sahip değildirler. Bu durum, negatif yüklü kolloidların yüzeyinde ve yakınlarında zıt yüklü (pozitif) iyonları birikmesinden kaynaklanır.

Özetle çift tabaka oluşur. Katyonların adsorplandığı tabaka (Hemholtz veya Stern tabakası) kolloidal tanecik yüzeyine elektrostatik ve adsorpsiyon kuvvetleriyle bağlıdır. Hemholtz veya Stern tabakası 0,5 nanometre (nm) kalınlığındadır. Bu tabakanın yakınında dağınık difüze tabaka oluşmaktadır. Çift tabaka atıksu çözeltisinde negatif yüküdür ve çözelti özelliğine göre 30 nm'ye kadar genişleyebilmektedir [18].

Stern tabakasından başka, aynı yüke sahip iyon özelliğinde bir yük tabakası daha bulunmaktadır. Bu tabaka Gouy Chapman Tabakası (Dağınık Tabakası) olarak adlandırılmaktadır. Bu iki tabaka "çift tabaka" olarak adlandırılmaktadır. Çift tabakada kolloidin yükünün tersi iyonlar bulunabildiği gibi benzer yüklü iyonlar da bulunabilmektedir. Ne var ki iyon sayısı tanecik yüzeyinden uzaklaştıkça azalma göstermektedir.

İyon yükleri belli mesafede pozitif (+) ve negatif (-) sayısı eşit olmaktadır. Bu durumun oluştuğu nokta izoelektrik nokta olarak adlandırılmaktadır. İzoelektrik noktada potansiyel sıfır olmaktadır. İzoelektrik noktadan tanecik yüzeyine yaklaştıkça elektrostatik potansiyel artmaktadır. Bu durumun nedeni anyon ve katyonlar arasındaki konsantrasyon farkının artmasından kaynaklanmaktadır. Ayrılma düzlemini karakterize eden zeta potansiyeli, kesme yüzeyindeki potansiyel olarak Şekil 1.9'da gösterilmektedir [19].

1.3.4 Kolloidin Kararsız Hale Getirilmesi (Destabilizasyon)

Sulardaki kolloid maddelerin elektriksel çift tabakanın bastırılması, adsorpsiyon ve yük nötralizasyonu, adsorpsiyon ve tanecikler arası köprü oluşumu, bir çökelti içerisinde yakalama yöntemlerle stabilitesinin bozulması (kararsız hale getirme) mümkün olabilir. Bu dört mekanizma teker teker gerçekleşebileceği gibi, pratik olarak birden fazla mekanizmanın birlikte ve eşzamanlı gerçekleşmesi de mümkündür [17,18].

1.4 Arıtma Prosesi Genel Bilgiler

Özgül gravitesiyle çökelemeyen katı taneciklerin fiziksel ve kimyasal etki ile stabilitesinin bozulması uygulamasına pıhtılaştırma (koagülasyon) denilmektedir. Yumaklaştırma (flokülasyon), pıhtılaşmış katıların bir araya gelerek yumak şeklinde çökebilir büyüklük özelliği kazanmasıdır [20,21].

Adsorpsiyon; suda bulunan kirletici maddelerin bir yüzey veya ara kesitte toplanarak derişimini artırmasıdır. Bu durum iki değişik fazın yüzey veya ara kesitinde olabilmektedir; sıvı-sıvı, gaz-katı, sıvı-katı gibi. Bu fazların yüzeyinde tutulan maddeye 'adsorplanan', yüzeyinde tutanlara ise 'adsorban' denir [22-24].

Adsorpsiyon, koagülasyon ve flokülasyon uygulamaları atıksu arıtma proseslerinde genel olarak kullanılmaktadır. Bu uygulamalar atıksuda bulunan kirleticileri gidermek, tanecik yüzeyinde adsorplanan toksik bileşenleri gidermek, dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumuna neden olan bileşenleri gidermek, suyun deşarj veya içilebilir seviyeye getirmek amacıyla kullanılmaktadır.

1.5 Koagülantlar ve Yardımcı Maddeler

Atıksu arıtıma işleminde genel olarak Alüminyum Sülfat (Alum) ve Demir tuzları koagülant olarak kullanılmaktadır. Alüminyum Sülfat ekonomik açıdan daha uygun olduğundan diğer koagülantlara göre daha fazla kullanılmaktadır. Demir tuzları, pH aralığının geniş ve etkin olması nedeniyle alumina göre avantajları fazladır [25].

Koagülasyon, askıda ufak katı parçacıkların yumak haline gelmesini sağlayarak kolay çökmesini sağlamaktır. Bu işlemde bazı kimyasalların dozajlaması ile katı parçacıkların etrafındaki çift tabaka sıkıştırılır ve parçacık yüzeyindeki potansiyel azaltılır. Bu şekilde parçacıklar metal hidroksitlerle çökerken, birlikte sürüklenmektedir. Bu amaç için farklı koagülantlar kullanılmaktadır [16].

Polialüminyum Klorür ($Al_n(OH)_mCl_k$) atıksu ve içme suların arıtıma işlemlerinde koagülant olarak kullanılan inorganik bir üründür. Sarı renge sahip olan Polialüminyum Klorür, toz veya sıvı çözelti şeklinde temin edilebilmektedir. Sıvı çözelti formları, %10'luk veya %17'lik çözeltiler şeklinde bulunmaktadır [26].

ZPolialüminyum Klorür, genel olarak atıksu arıtma tesislerinde, kağıt üretim proseslerinde ve yüzme havuzlarında tercih edilmektedir. Metal kaplama endüstrisi kaynaklı atıksuların kimyasal arıtma proseslerinde ağır metaller gideriminde özellikle tercih edilmektedir [26].

1.6 Flokülasyon Yardımcı Maddeleri

Flokülasyonda, flok oluşturmak için yardımcı madde olarak, genelde yüksüz (nötr) ve anyonik (negatif) yüklü polimer türleri kullanılmaktadır. Bu flokülantların kullanılmasındaki amaç, kararlı ve güçlü yumaklar oluşturmaktır. Koagülant (Pıhtılaştırıcı) ilave edilmesiyle katı parçacıklar kararsızlaştırılmakta ve suya polimer çözeltisi dozajlanarak flok oluşması sağlanmaktadır. Genelde kullanılan yumaklaştırıcılar (polimerler) aktif silika ve sodyum silikat türleridir [6].

Katı bileşenlerinin sıvı bir solüsyon veya süspansiyon haline getirilmesi için temel süreçte zorluklar vardır. Çapları 10 dm olan ince parçacıklar ekonomik olarak makul bir süre içinde yerçekimi ile çözülden arındırılmayacaktır. Evsel ve endüstriyel atıksuların ve mineral işleme etkilerinin geri dönüşümünde katı-sıvı

ayrılması için sentetik flükolantların uygulanması dünya çapında kabul edilmektedir. Polimerlerin flokulant olarak yaygın kullanımı, karakteristik özelliklerinin farklı olmasından kaynaklanmaktadır. Doğal süreçten türetilen suda çözünür polimerlerin önemli bir üyesi nişastadır [5].

Katyonik ve anyonik polimerizasyon, sentetik ve doğal polimerlerin kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştiren bir tekniktir. Bu modifikasyon reaksiyonları polimer kimyasında fayda sağlamaktadır. Sentetik polimerler, çok yönlü dengeleme özelliklerinden dolayı doğal polimerlerden çok daha etkilidir. Ancak, kesilme direnci taşımazlar. Doğal polimerler, biyolojik olarak parçalanabilmektedir [5].

Sentetik polimerlerin bir polisakkarit omurgasına aşılmasının, daha iyi sürtünme azaltıcı ajanın yanı sıra daha iyi sürükleyici bir ajana neden olabileceği bilinmektedir. Poliakrilamid graftlı polisakkaritler iyonik olmayıp nispeten düşük olumsuzluğa sahip kirletici parçacıkları içeren endüstriyel etkilerde en iyi sonuç verirler. Kolloidal parçacıkların genel olarak negatif yüklü olduğu durumlarda, kationik polimerler daha etkin hale gelmektedirler [5].

Katyonik polisakkaritler, bir polisakkaritin, amino, amonyum, sülfonyum veya fosfonyum grupları gibi pozitif yüklü gruplara sahip çeşitli reaktiflerle reaksiyona sokulması suretiyle hazırlanabilmektedir. Katyon haline getirilmiş polisakkaritler, kağıt yapımında ıslak uç katkı maddeleri olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır [5].

Katyonik nişasta, sayısız uygulamalarda kullanılan önemli bir nişasta türevidir. Genellikle kağıt üretiminde, mekanik mukavemeti, toz, filizlerin tutulmasını, hızlı drenajı, kağıt makinesinin çalışmasını ve kağıt fabrikasının biyolojik oksijen ihtiyacını azaltmak için kullanılır [27]. Katyonik nişasta su arıtımında ya da tekstil, kozmetik ürünlerinde katkı maddesi olarak da kullanılır [28].

Nişasta omurgasında farklı kuaterner amonyum tuzu grupları ihtiva eden bir dizi kationize nişasta esaslı topaklayıcı madde bulunmaktadır. Zhouzhou ve arkadaşlarının yaptığı çalışmaya göre kationik nişastanın farklı pH koşulları altında, farklı kirletici maddeler içeren beş sentetik atıksuyun flokülasyonu için etkili bir performans sergilediği belirlenmiştir [29]. Katyonik nişastanın flokülant performansı,

polimer özelliği, düşük maliyet özellikleri göz önüne alındığında, su arıtımında önemli alternatif polimer olarak üstünlük sağlamaktadır.

Modifiye nişastalar patates, mısır, buğday, arpa, tapyoka gibi çeşitli ham maddelerden üretilebilmektedir. Üretim prosesi olarak iyonik, katyonik ve anyonik olarak farklı aşamalardan geçirilerek elde edilmektedirler.

Modifiye nişastanın genel olarak kimyasal formülleri, İyonik olmayan nişasta: $(C_6H_{10}O_5)_n$; Katyonik nişasta: $[(C_6H_{10}O_5) (C_{12}H_{24}ONC_1)_{0,035-07}]_n$; Anyonik nişasta: $[(C_6H_{10}O_5) (C_8H_7O_7Na)_{0,113}]_n$ şeklinde belirtilmektedir [6].

1.7 Odun Külü Karakteristik Özellikleri

Odun ve diğer bitkilere ait küller, çözünebilir ve çözünemeyen bileşenlerden, alkalilerden ve asitlerden oluşmaktadır. Odun ve bitkilere ait küller, bitki ve ağaç türlerine bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir [30].

Odun külü, evlerde ve sanayide ağaç ve ağaç artıklarının yakılması sonucunda oluşan, gri renkli, yaklaşık 0,2-0,3 mm çaplara sahip gevşek bir malzemedir. Yaklaşık olarak 100 kg odun tam olarak yakıldığında geriye 0,2-0,6 kg kül bırakmaktadır.

“Odun veya bitki külleri, yanma sonucunda arta kalan, yanmaz durumdaki toz, elementlerdir. Kimyasal reaksiyon sonucu oluşan, kompleks bir materyaldir. Özet olarak kül; organik (bitkisel) materyallerin yanması ile oluşan maden tuzlarıdır” [30].

Çevresel yasal şartların yapmış olduğu yaptırımlar ve ortaya çıkan çevresel sorunların önlenmesine yönelik ihtiyaçlardan dolayı (düzenli depolama alanlarının korunması) odun külünün bertaraf edilmesi artan bir sorun haline gelmiştir [31]. Kül, potasyum, kireç ve diğer bitki besinleri yönünden mükemmel bir kaynak olduğu için [32], çeşitli tarımsal uygulamalarda kullanılmaktadır.

Ağaç külünün fiziksel ve kimyasal özellikleri büyük oranda keşfedilmemiş ve külün kullanımını yaygınlaştıracak geri dönüşüm süreçleri geliştirmek için daha fazla veri gerektirmektedir.

Kül bileşiminin, depolama esnasında karbon dioksit, nem karbonat, bikarbonat ve hidroksitler oluşturmak üzere reaksiyon gerçekleştiği için çevresel koşullar altında

değiştirdiği tespit edilmiştir. Odun külünün ıslanması esnasında, kireç ve silis, zamanla ciddi kimyasal değişimlere ve şişme gösterebilen, kötü kristalleşmiş bir bileşik olan kalsiyum silikat hidrat oluşturmak üzere tepkimeye girebilir [33].

Odun külünün yapısında; fosfat, karbonat, sülfat, klor ve silikatların yanında alkali ve toprak alkali metalleri ile demiroksit v.b. maddeler bulunmaktadır. Odun külünün yapısında azot bileşikleri eser miktarda bulunmaktadır. Bu durumun sebebi, odunun yanma işlemi sırasında NO, NO₂ v.b. azot bileşiklerinin kaybolmasından kaynaklanmaktadır. Odun külünün genel yapısı potasyum karbonat (K₂CO₃)'tan oluşmaktadır. Ne var ki 19. Yüzyılda odun külü, potasyum kaynağı gübre olarak kullanılmıştır [34].

Odunun enerji kaynağı olarak kullanılması fosil yakıtlara göre çevre ve halk sağlığı açısından avantajlıdır. Çünkü fosil yakıtlara göre çevre kirlenme özelliği yok denecek kadar azdır. Odunun yakılmasıyla ortaya çıkan karbondioksit karbon döngüsüne tekrar dahil olarak çevreye zarar vermez. Ağaçlar ve otsu bitkiler kolaylıkla bu karbondioksiti fotosentezde kullanabilirler.

Odunun yakılmasıyla ortaya çıkan kül tarımdan sanayiye birçok alanda kullanılarak ekonomik değer elde edilebilir. Çöplüklerde birikerek çevreyi ve yeraltı sularını kirlenmez.

Odun külünün karakteristik özelliği çeşitlilik arz etmektedir. Bu özelliğinden dolayı tüm küller için genelleme yapmak zor olmaktadır. Odun külü boyutu %80'den fazla 1 mm'den küçük partiküller ve materyallerden oluşmaktadır [35]. Odun külü boyutu, FAO granülemetrik sınıflandırılma skalasına göre kum boyutundan kil boyutuna kadar değişkenlik göstermektedir. Odun külünün yoğunluğu 0,27 g/cm³ olarak tespit edilmiştir [36, 37].

Odun külü ile yapılan analizlerin sonucu materyalin karmaşıklığını ve homojen olmayan yapısını ortaya koymaktadır. Elektron mikroskobu ile yapılan analizde mikrografikler; odun külünün fiziksel yapısının geniş gözenekli karbon ve amorf inorganik partiküllerden oluştuğunu ortaya koymuştur [35,36].

X ışını diyagramı ve kızılötesi spektrumları, odun külünün yapısında kalsiyum karbonat (CaCO₃) bileşiğinin en fazla bulunduğunu göstermiştir. Ayrıca CaO, (NaCa)₂

(FeMn)₃ Fe₂(SiAl)₈, Ca(OH)₂, Ca₂SiO₄ ve diğ er bileşiklerinde bulunduğ u tespit edilmiştir [36].

Odunun yanması ile organik bileşik mineralize olmaktadır. Yanma ile birlikte temel katyonlar atmosferik şartlarda suyunu zamanla kaybeder ve oksitlenir. Odun külü bileş iğ inde ortalama %0,06 N, %0,42 P, %18 Ca, %0,97 Mg ve %2,7 K bulunmaktadır [4,36].

Odun külündeki potasyumun suda ç özünür lüğ ü oldukça yüksektir. Ne var ki Ca ve Mg daha çok asitte ç özünür ken, külün yapıtaş ı olan Al ve Si daha az ç özünür [38,39].

Odun külünün asit nötralizasyon kapasitesi yani alkalinitesi yüksektir. Vance (1996) 18 farklı odun külü örneğ inde yapt ığ ı ç alışmada %13,2 ve %92,4 arasında değ iş en ortalama %48,1'lik CaCO₃ eşdeğ erini rapor etmiştir. Bu bilgi odun külünün alkalinitesinin ve hidroksit, karbonat, bikarbonat yüzdelerinin ve pH'sının ç ok değ iş ken olduğ unu göstermektedir [4,36].

Odun külündeki makro besin elementlerinin konsantrasyonu ç ok değ iş kendir. Odun külü ortalama olarak %0,06 N, %0,42 P, %2,7 K, %18 Ca ve %0,97 Mg içermektedir [4].

Asidik toprakların reaksiyonunu düzeltmede genellikle kireç kullanılıyor olursa da bu daha ç ok bitki besleme ile ilgili problemleri ç özmekte, sürdürülebilirliğ e etkisi sınırlı kalmaktadır. Diğ er taraftan odun külü de kirece alternatif olarak kullanılabilen kireçleme materyalleri arasında değ erlendirilmektedir (Vance, 1996). Ayrıca külün kireçleme etkisinin yanında özellikle ç özünebilir Ca ve K bakımından da zengin olması odun külünün avantajlarını artırmaktadır [4, 38].

Odun külündeki mikro besin elementi konsantrasyonu makro elementler gibi ç ok değ iş kendir. Demir odun külünde ç ok bulunan bir mikro elementtir. Odun külü %2,1'den fazla demir içerebilir [40]. Someshwar (1996) 15 farklı kaynaktan elde edilen 26 odun külünün analiz sonuçlarını incelemiştir. Bütün mikro elementler iç erisinde Zn 443 mg/kg ve Mn ise 4.370 mg/kg ortalama değ erleriyle en yüksek düzeylere sahiptirler. Ortalama Cu 75 mg/kg, B 11 mg/kg ve Mo ise 15 mg/kg düzeylerinde tespit edilmiştir. Odun külünde S ve Hg oldukça düş üktür. Diğ er taraftan

Cd ve Co'nun miktarı nispeten düşüktür. Odun külünde ortalama As, Ni, Cr ve Pb miktarlar sırasıyla 1, 14, 20,3 ve 7,7 mg/kg'dır [41].

Odun külü bazı bitki besin elementleri yönünden oldukça zengindir. Odun külü, iyi bir P, K, Ca ve Mg kaynağıdır. Odun külü, ortalama %0-1-3 N-P-K içerir. Bu yüzden odun külüne doğal bir kompoze gübre denebilir. Odun külü ağır metal içeriğinin düşük olmasından dolayı önemli çevre sorunlarına neden olmaz. Odun külüne uygun oranda N ilave edildiği zaman kompoze gübre olarak toprağa verilebilir.

Odun külü K, Ca ve Mg'un oksitlerini ve hidroksitlerini içerir ve kireçten daha az sodyum ihtiva eder. Az sodyum içermesi önemli bir avantajdır.

Williams ve ark. Farklı oranlarda kül uygulayarak toprak profilindeki pH değişikliğini zamana göre gözlemlemişlerdir. Asidik karakterli toprağa odun külünün uygulanmasıyla 12. ve 36. haftalarda toprağın 0-15 cm'lik kısmında pH'nın önemli derecede yükseldiği belirlenmiştir. Odun külü dozunun artmasıyla pH'daki yükselme de artmıştır [42].

Odun külünün fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştıran Etiegni ve Campbell yakma sıcaklıklarının artmasıyla kül üretiminde yaklaşık %45'lik bir azalmanın olduğunu, dolayısıyla K, Na ve Zn'un azaldığını, odun külünden yıkanan anyonların %92'sinin hidroksit, %8'sinin karbonat olduğunu, çözünen K ve Na'un %60'ının yıkandığını, pH 13'ten 5'e düşüncü çözünebilir katıların %500 arttığını, ortalama kül zerreciğinin 0,23 mm olduğunu bildirmişlerdir [35].

Yonga levha tesisleri bünyesinde oluşan odun külünün adsorpsiyon potansiyeli nedeniyle yonga levha atıksularının arıtılmasında kullanılması uygun görülmektedir. Kerstin ve arkadaşlarının 2012 yılında yaptığı çalışmada, odun külünün, kağıt endüstrisi atıksularında bulunan organik maddelerin uzaklaştırılmasında etkili bir yol olduğu ortaya konuşmuştur [3]. Odun külü endüstriyel atıksudan organik bileşiklerin uzaklaştırılması için düşük maliyetli bir sorbent / fitre olarak kullanılabilir.

Odun külünün asit nötrale etme kapasitesi yani alkalinitesinin yüksek olması nedeniyle atıksuyun pH'nı dengelemede kostik ve kirece alternatif olarak alkali malzeme olarak kullanılabilir.

Odun külü, kompleks bir mineral ve kimyasal karışıma sahiptir. Küllerin tam olarak kimyasal içeriğinin belirlenebilmesinde kimyasal analizler yapılması gerekmektedir. Ne var ki her külün kimyasal analizini yapmak uzun bir süre almaktadır [30].

1.7.1 Odun Külü Bileşenleri

Odun ve bitkilere ait küller genelde kalsiyum bakımında zengin ağaçlar, çalılar ile silis bakımından zengin ot, çimen ve tahıl ürünlerinden elde edilmektedir. Ağaçlar ve çalılar potasyum, sodyum gibi alkali oksitleri ve magnezyum oksit gibi toprak alkalileri bakımından zengin bileşime sahiptirler. Ancak silisyum ve alüminyum içeriği bakımından zayıfturlar. Otsu bitkilere ait küller, silis bakımından zengin içeriğe sahipken diğer bileşenler bakımından zayıf kalmaktadır [30].

Bitki ve ağaçlara ait küller ağaç türüne, yaşına, kesildiği mevsime göre içerik bakımından farklılık göstermektedir. Ağacın kısımlarına (gövde, dal, kabuk, yaprak v.b.) ait içerik kül özelliğini etkileyebilmektedir. Tablo 1.7’de görüldüğü üzere Robert Tichane’nin kül üzerinde yaptığı çalışmasına göre ağacın farklı kısımlarına ait bileşimlerin farklılık gösterdiği görülmektedir. Tichane, Tablo 1.8’de verilen çalışması ile ağaç yaşının kimyasal içeriğe etkisinin olduğunu göstermektedir [30].

Tablo 1.7: Meşe ağacı kabuk, gövde, dal ve yapraklarındaki analiz örnekleri.

	Potasyum	Sodyum	Kalsiyum	Magnezyum	Demir Oksit	Mangan Oksit	Fosfor	Sülfat	Silisyum	Klorür
Kabuk	5,7	0,4	89,1	2,7	0,5	-	0,6	0,5	0,4	-
Gövde	45,7	13,8	24	2,9	1,8	-	3,5	3,4	4,9	-
Dallar	8,1	3,1	51	9,1	1,2	0,5	11,2	1,7	1,2	-
Yapraklar	33,1	-	26,1	13,5	1,2	6,6	12,2	2,7	4,4	0,1

(Tichane, 1998:25)

Tablo 1.8: 20, 50 ve 345 yaşındaki meşe ağacı gövdesinden alınan örnekler ile yapılan analizler.

Ağaç Yaşı	Potasyum	Sodyum	Kalsiyum	Magnezyum	Demir Oksit	Mangan Oksit	Fosfor	Sülfat	Silisyum	Klorür
20 Yaş	34,8	2,4	22,4	16,5	0,6	2,7	17	2,8	0,7	0,3
50 Yaş	33,2	8,3	29,9	6,9	1,5	0,6	11,5	2,1	5,2	-
345 Yaş	45,7	13,8	24	2,9	1,8	-	3,5	3,4	4,9	-

(Tichane, 1998:25)

Bernard Leach tarafından yazılan “The Potter’s Book” isimli kitapta, kül sert, orta ve yumuşak olarak üç gruba katagorilendirilmiştir. Leach, katagoriyi kül analizlerine ve çözünen bileşiklerin (kalsiyum, potas, soda, magnezyum vb.), çözünmeyen olmayanlara (yani, silis, alüminyum ve fosfor) göre belirlemiştir [30].

1.8 Deney Tasarımı

Ronald A. Fisher 1920 yıllarında tarım üzerinde istatistik araştırma yapmak için ilk Deney tasarımı yöntemini geliştirmiştir. “Varyans analizi” deney veri analizini de Fisher oluşturmuş ve geliştirmiştir [43].

Deney tasarımı zamanla kimya, ilaç gibi sektörlerde uygulanmıştır. Ancak bu durum imalat sanayinde 1970 yıllara kadar sınırlı derecede uygulanmıştır. Deney tasarımı, Taguchi liderliğinde 1980 yıllarda Japonya sanayisinde etkin bir şekilde uygulanmıştır. Taguchi, üretim süreçlerinde deney tasarımı kapsamında imalat sanayisinde yeni uygulamalarda bulunmuş ve başarılı olmuştur [43].

Deney tasarımı, mühendislik verilerinin yorumlanması ve analiz edilmesi için günümüzde büyük öneme sahiptir. Süreçlerin doğru dizayn edilmesi, işletilmesi ve uygulanması için güvenli ve ekonomik açıdan iyi fizibilite edilmesi ve bu fizibilitenin de süreci etkileyen tüm değişkenler ile yapılması önemlidir. Ayrıca sürecin verimliliğini, yeterliliğini, ideal nihai ürün koşullarını analiz etmek için ‘Tasarlanmış Denemeler’ önem arz etmektedir [44].

Deney Tasarımı, süreç veya proses girdilerine ait değişken parametrelerinde yapılan değişikliklerin yanıt değişkeni üzerindeki etkilerinin gözlenmesi ve çıktılarının yorumlanmasıdır [45].

Deney Tasarımı süreçlerin optimize edilmesinde, sürece ait değişkenlerin belirlenmesinde ve süreçteki değişkenliklerin minimize edilmesinde yararlı bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır [46].

Deney tasarımı yöntemi, süreçleri iyileştirmek ve performans göstergelerini pozitif olarak düzeltmek için önem arz etmektedir. Deney tasarımı ile kök neden analizi yapılarak kontrol edilmesi mümkün olmayan veya edilmesi zor olan parametre (Z_1, Z_2, \dots, Z_q) etkilerinin minimize edilmesi ve sürecin iyileştirilmesi sağlanabilir [26].

1.8.1 Deney Tasarım Süreci

Deney tasarımı; bir süreçteki hedef veya kriterlerin sağlanmasını engelleyen aksaklık veya parametrelerin tanımlanıp analiz edilerek, çalışmanın istenen şekilde olup olmadığının belirlenmesinde kullanılır. Bu süreç, 1. Soruna Tanı Koyma, 2. Amaç Oluşturma, 3. Performans Göstergelerinin Belirlenmesi, 4. Performans Göstergelerine Etki Eden Parametrelerin Belirlenmesi, 5. Parametre Seviyelerinin Belirlenmesi, 6. Uygun Deney Tasarımını Belirleme, 7. Çalışmaya ait Verileri Elde Etme, 8. Elde Edilen Verileri Analiz Etme, 9. Analiz Sonuçlarının Değerlendirilmesi, 10. Deneyler ile Doğrulama Yapılması gibi aşamalardan oluşmaktadır [26].

Deney tasarımı yöntemleri ise 1. Taguchi Deney Tasarımı Yöntemi, 2. Tam Faktöriyel Deney Tasarımı Yöntemi, 3. Kesirli Faktöriyel Deney Tasarımı Yöntemi, 4. Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) Deney Tasarımı Yöntemi, 5. Merkezi Kompozit Tasarım (MKT) Deney Tasarımı Yöntemi, 6. Box- Behnken Deney Tasarımı Yöntemi, 7. Karışım Tasarımı Deney Tasarımı Yöntemi gibi yöntemlerden oluşmaktadır [26].

➤ Yanıt Yüzey Yöntemi

Yanıt Yüzey Yöntemi (YYY) 1951'lerde Box ve Wilson'ın geliştirdiği bir deney tasarım yöntemidir. Yanıt Yüzey Yöntemi, süreç ve proseslerdeki problemleri ortadan kaldırmak, gelişimini sağlamak ve optimize etmede yararlanılan istatistik ve matematik analiz yöntemidir [26].

Yanıt Yüzey Yönteminde, tasarım göstergelerinden yararlanılarak optimum şartların ve durumların bulunması sağlanmaktadır. Ayrıca sürece ait değişkenlerin performans göstergelerine olan etkisi ile bu göstergelerin kendi aralarında oluşan etkileşimler de analiz edilmektedir. Böylece süreçte optimizasyon yapılarak iyileştirmelere olanak sağlanmaktadır. Yanıt Yüzey Yöntemi, kontrol altındaki parametreler ile süreçten elde edilen çıktılardan birbiri ile olan etkileşimini analiz etme temeline dayanan amprik bir modeldir [47].

Yanıt Yüzey Yöntemi, X_1, X_2, \dots, X_k değişkenlerinin birbiri ile ideal fonksiyonel ilişkiyi oluşturması adına istatistiksel ve matematiksel yöntemler ile aynı anda değerlendirildiği deney tasarım yöntemidir. Deneysel tasarımda, planlama yapmak için süreci etkileyen parametreler için ön denemeler yapılması ve deney sınır

değerlerinin tespit edilmesi gerekir. Belirlenen sınır değerler kullanılarak paket programın analizi ile deney tasarımı yapılır ve gerekli analiz yapılarak süreç optimize edilir [47].

Yanıt Yüzey Yönteminde en az bir ve üzeri ölçülmesi mümkün olan yanıt değişken göstergeleri arasında olan etkileşimin tespit edilmesi, ölçülebilmesi, yanıt veya yanıtları etkileyen grup deneysel faktör göstergelerinin dizayn edilmesi ve ideal yanıt değer sonucunu belirleyen deneysel faktör dizaynının tespit edilmesi amaçlanır [48].

Yanıt Yüzey Yönteminde, süreç performansına bağlı olanlar cevaplar “çıktılar”, süreci etkileyen parametreler de “bağımlı olmayan değişkenler”dir. Deneysel plan kapsamında, süreci etkileyen faktörler için ön deney çalışmaları ile tespit edilen sınır göstergeleri, paket program ile analiz edilmekte ve sürecin optimum şartlarının tespit edilmesi ve göstergelerin birbiri ile olan etkileşimlerinin belirlenebilmesi için ideal deneysel çalışmalar tanımlanmaktadır. Deney çalışmaları sonucunda ortaya çıkan cevaplar, süreç performansının analiz edilmesinde kullanılmaktadır. Deney çalışmalarının analizinde ortaya çıkan cevaplar kullanılarak Merkezi Kompozit Tasarım (MKT) ile ikinci dereceden polinomal modelin hesaplanmasına başlanılmaktadır. Merkezi Kompozit Tasarım ile, model, real yüzey çıktısına yaklaşmaktadır. Bu amaç doğrultusunda, deneysel çalışmaların analiz edilmesi sonucunda ortaya çıkan çıktılar, Eşitlik 1.1’de belirtilen ikinci dereceden polinoma göre değerlendirilmektedir [26, 47].

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i < j} \beta_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \dots \quad (1.1)$$

Denklemden; Y faktörü çıktıları, X_i ile X_j süreci etkileyen bağımlı olmayan faktörleri, β_0 sabit olan katsayıyı, β_i ve β_{ii} ve β_{ij} birinci ve ikinci derece etkileşim faktörlerini belirtmektedir. Ortaya çıkan modelin uygunluğu varyans analiziyle kontrol edilerek sonuçlandırılmaktadır [26].

Yanıt Yüzey Yönteminin uygulama adımları aşağıda belirtildiği gibi olmaktadır [26, 49];

- Analiz ile çalışmadaki en önemli değişken ve düzeylerin tespit edilmesi,
- Deneye ait stratejinin tespit edilmesi ve deney çalışmasının tespit edilen matrise uygun şekilde yapılması,
- Elde edilen deney verilerinin polinomal bir fonksiyon modeline uyarlayarak matematiksel ve istatistiksel analizler yapılması,
- Modelin uygunluğunun analiz edilmesi,
- En uygun bölge yönü tarafında ideal yer değişiminin gerçekleştirilme olasılığının ve ihtiyacının doğrulanması,
- Her bir değişkene ait faktörler için en uygun değerlerin tespit edilmesi,

➤ **Merkezi Kompozit Tasarım Metodu**

Merkezi Kompozit Tasarım (MKT) deney strateji yöntemi, 1951 yıllarda 3^k faktöriyel tasarım yöntemine alternatif olması için Box ve Wilson tarafından oluşturulmuştur. Merkezi Kompozit Tasarım, Yanıt Yüzey Yönteminin çoğunlukla başvurulan uygulamalarındandır [49].

Merkezi Kompozit Tasarım deney strateji seviyeleri çoğunlukla, $2k$ faktöriyel kısmında -1 ve $+1$ olarak kodlanan, n_c sayıda ve 0 düzeyi şeklinde kodlanan, merkez noktadan α birimi uzaklıkta 2^k sayıda eksen (yıldız) noktadan oluşmaktadır. Toplam deney sayısı $N = 2^k + 2^k + n_c$ olarak belirlenmektedir [49].

Merkezi Kompozit Tasarım metodu ile elde edilecek olan 2. Derece modeldeki faktörlerin asıl etkileri ve 1. Mertebede etkileşim durumları ve etki seviyerleri $2k$ denemesi sonucunda elde edilmektedir. Merkez noktalar uygulanarak modelin eğri durumu analiz edilir. Modelde kullanılan $2k$ sayıdaki eksen noktalar ile de modelin karesel göstergeleri öngörülür [26, 49].

1.9 Literatür Araştırması

Atıksu arıtımında odun külü ve nişasta kullanımına ait araştırmalar son yıllarda giderek artmakta olup, bu araştırmalardan bazıları ve elde edilen sonuçlar bu kısımda özet olarak sunulmuştur.

Orescanin vd. (2004) atık yan ürün olan demir sülfat ve ahşap uçucu külü kullanarak galvaniz endüstrisi atıksularının arıtımı için yeni bir yöntem araştırmışlardır. Atıksuda bulunan Cr(VI) indirgemesi için demir-sülfat, pH dengeleme ve ağır metal adsorbe etmek için de odun uçucu külü kullanılmıştır. Bu yöntem ile ağır metal uzaklaştırma veriminin Bakır (Cu) için %97,5, Çinko (Zn) için %99,97 olarak gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu yöntem ile en iyi sonuçlar, pH 11'de elde edilmiştir. Ayrıca en düşük pH 8'de deşarj parametre değerleri için kabul edilebilir deşarj seviyelerine kadar ağır metal giderimi gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu yöntemin, çevre kanunları kapsamında galvaniz endüstrisi atıksularının arıtımı için basit ve ekonomik olduğu ön görülmüştür [50].

Andersson vd. (2012) odun hamuru atıksularında bulunan lignini uçucu kül ile adsorbe etmek için yaptıkları çalışmada, uçucu külün lignini adsorbe etmek için etkili bir yöntem olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmada lignin ekstraktif olarak güçlü bir şekilde adsorbe edilirken, karbonhidratların adsorbent materyaline zayıf bir şekilde bağlandığı görülmüştür. Freundlich, Langmuir ve Temkin izotermelerinin hepsi deneysel verilerin kabul edilebilir modellerini sağlamıştır. Reaksiyon, Freundlich ve Langmuir modelleri tarafından gösterildiği gibi, toplu deneylerde atıksudaki maddenin %90'dan fazlasının giderildiği görülmüş ve çalışma olumlu sonuç vermiştir. Maksimum denge adsorban kapasitesi 28 mg/g olarak hesaplanmıştır. Deneysel sonuçlara göre, uçucu külün odun kaynaklı kirleticilerin (lignin ve ekstraktifler) arıtılmasında verimli bir yöntem olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir [3].

Chojnacka vd (2008) iki doğal materyal olan odun ve kemik külü kullanarak suda bulunan toksik elementleri uzaklaştırmak için sorpsiyon prosesi kullanmışlardır. Çalışma ile ağaç külü kapasitesinin kemik külünden (15,2 meg/g) iki kat daha yüksek (37,3 meg/g) olduğu tespit edilmiştir. Aynı deneysel koşullar altında odun külü denge biyosorpsiyon kapasitesi (244 mg/g), kemik külüne (123 mg/g) göre 2 kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Odun külünün, Zn(II) iyonlarının %7,9 unu, Cd (II)

iyonlarının %70,4 ünü, Cu(II) iyonlarının %92,8 ini ve Cr (III) iyonlarının %99,1'ini uzaklaştırdığı tespit edilmiştir. Ön çalışmalarda, arıtım veriminin pH, kül konsantrasyonu (CS), başlangıçtaki metal iyonu konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlı olduğu tespit edilmiştir. Atıksulardan metal iyonlarının uzaklaştırılması için en iyi deneysel koşullar; kemik külü için pH 5, T 20 °C, CS 1,0 g/ L; odun külü için pH 5, T 20 °C ve CS 0,2 g/L olarak belirlenmiştir. Ağaç külünün toksik katyonlar için kemik külünden daha iyi bir sorbent olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma ile odun ve kemik külleri yüksek adsorpsiyon kapasitesi ve düşük maliyetinden dolayı, metal iyonu uzaklaştırma adsorban kaynağı olarak aktif karbon veya iyon değiştirici reçineler yerine ikame edilebilmelerinin mümkün olduğu tespit edilmiştir [51].

Mukherjee vd (2006) fenolün sudan uzaklaştırılması için adsorbanlar olarak aktif karbon (AC), küspe külü (BA) ve odun kömürü (WC) kullanmışlardır. Çalışma iki fenol konsantrasyonu ile (30 ve 50 mg/L) eşit miktarda adsorbent dozajı (50 g/L) ile yapılmıştır. Deneysel sonuçlara göre, aktif karbon sudaki fenolü %98, odun kömürü fenolü %90 ve küspe külü fenolü %90 oranında adsorpsiyon koşullarında gidermiştir. Freundlich izoterm modelinin kullanılan adsorbentlerle fenol adsorpsiyonu verilerine uyduğu tespit edilmiştir. Adsorpsiyonun düşük pH değerlerinde fenolün giderim etkinliğini arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu çalışmada aktif karbon, küspe külü ve odun kömürü ile elde edilen fenol giderim sonuçları birinci derece adsorpsiyon kinetiğini uymaktadır [52].

Teh vd (2014) palmiye yağı değirmeninden (POME) oluşan tarımsal atıksuların arıtımı için inorganik koagülantların yerine pirinç nişastası kullanarak araştırma yapılmışlardır. Bu çalışmada toplam askıda katı maddelerin (TSS) arıtılması için pirinç nişastasının, iyi verim sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca çökeltme süresini önemli ölçüde kısalttığı ve daha kuvvetli kesme kuvvetine karşı daha yüksek dirençli floklar oluşturduğu tespit edilmiştir. Oda sıcaklığında, 2 g/ L nişasta dozajı, başlangıç pH 3, 5 dakika çökeltme süresi ve 10 rpm yavaş karıştırma hızı değerlerinde pirinç nişastasının tek başına kullanılması durumunda TSS'nin %84,1'e kadar giderildiği tespit edilmiştir. Ayrıca 10 rpm karıştırma hızında, 0,55g/L pirinç nişastası dozajında ve 0,2 g/L Alum dozajında ise yüksek TSS giderimi (%88,4) sağlandığı tespit edilmiştir. Doğal ve modifiye pirinç nişastasının POME atıksuyunu arıtma için koagülasyon-flokülasyonda etkili olduğu ispatlanmıştır. Pirinç nişastasının tek başına

kullanılmasında, atıksudan daha iyi Toplam Fosfor (TP) uzaklaştırdığı tespit edilmiştir. Ancak pirinç nişastası alum ile kullanılması durumunda Toplam Kjeldahl Azotu (TKN) giderilmesinde önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, SEM görüntüleme sistemi ile Alumun pıhtılaşma mekanizması ile katılarda pürüzlü ve gözenekli yapılar ürettiği, pirinç nişastası ile parçaların daha yoğun ve daha büyük floklar oluşturduğu tespit edilmiştir [53].

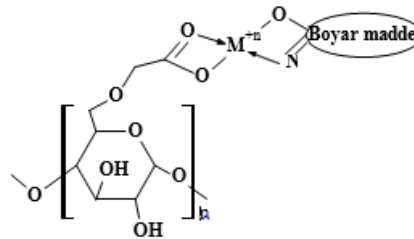
Liu, Huang, Li, Yang (2017) katyonik nişastanın flokülasyon ve antimikrobiyal özellikleri konulu çalışmalarında, nişasta yapısında bulunan çeşitli kuaterner amonyum tuzu gruplarından oluşan katyonlaşmış nişasta bazlı pıhtılaştırıcı maddelerin (nişasta-3-kloro-2-hidroksipropil trietil amonyum klorür, StCTA), kaolin ve iki farklı bakteri türünden (*Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus*) oluşan kirletici içeren 5 farklı atıksudan değişik pH koşullarında bu kirleticileri flokülasyon ile giderdiğini ve bu işlem için etkin performans gösterdiğini tespit etmişlerdir. St-CTA güçlü elektrostatik etkileşimler yoluyla bakterilerin hücre duvarlarına tutunarak etkili bir şekilde yok eden kuaterner amonyum tuz grupları nedeniyle *E. Coli* ve *S. Aureus* inhibisyonu için dikkate değer anti bakteriyel özelliklere sahip olduğu tespit edilmiştir. St-CTA'nın verimli performans göstermesi, düşük maliyetli olması ve zararlı akrilamid monomerleri serbest bırakmaması nedeniyle, su arıtımında önemli uygulama potansiyeli olan amfoterik nişasta bazlı bir flokülant olan (CMS-g-APAM) ve katyonik aşılınmış nişastaya (St-g-PDMC) göre üstünlük sağladığı tespit edilmiştir [54].

Zou vd (2016) kömür madeni atıksu arıtımının topaklanma verimliliğini artırmak için, akrilamid (AM)'i bezelye nişastasına aşılayarak yeni bir katyonik flokülant sentezlemişlerdir. Elde edilen katyonik nişasta ile atıksu arıtımına yönelik deneylerde optimum katyonik bezelye nişastası dozajı 40 mg/L, pH 6-8 aralığında gerçekleştirilmiştir. Analiz karakterizasyon sonuçları, katyonik bezelye nişastasının makromoleküler çerçevelerini başarıyla kopolimerize ederek monomer olarak davrandığı tespit edilmiştir. Katyonik bezelye nişastasının, diğer geleneksel flokülasyon ürünleriyle karşılaştırıldığında, kömür madeni atıksu için en iyi flokülant davranışını gösterdiği tespit edilmiştir [55].

Choy vd (2016) pıhtılaştırıcı yardımcı maddesi olarak jackfruit tohumundan elde edilen nişastanın çözelti olarak kaolin katılarını içeren atıksuya uygulanmasıyla

flokülasyonun etkili bir şekilde desteklediğini tespit etmişlerdir. Atıksuya koagülasyon için minimum 2,1 mg/L Alum, 60 mg/L jackfruit tohum nişastası çözeltisi dozajlandığında, kaolin katılarını içeren atıksudan bulanıklık gideriminde %25 oranında artış sağlandığı tespit edilmiştir [56].

Zıba ve arkadaşları (2016) tekstil atıksularından renk gideriminde; Demir(II) sülfat (FeSO_4), Demir(III) klorür (FeCl_3), Polialüminyum klorür (PAC) ve Ferropak (PFAC) koagülantları ve Anyonik poliakrilamid (APA) flokülantları kullanılması durumunda Atık Patates Nişastası (APN) ve Karboksimetil Patates Nişasta (CMPS)'nin koagülant etkisi analiz edilerek süre, hız, pH ve miktar gibi parametrelerin optimizasyonunu yapmışlardır. Demir(III) klorür ve atık patates nişastasının aynı anda kullanılması ile elde edilen sonuçlarda renk gideriminin, 0,084 absorbans değer ile en ideal sonuç verdiği tespit edilmiştir. Atıksuya 1 mL Demir(III) klorür ve 2,0 mL atık patates nişastası ile yapılan deney çalışmasında en düşük 0,084 absorbans değerini elde etmişlerdir. 1 mL Demir(III) klorür ve 2,0 mL Karboksimetil Patates Nişasta ile yapılan çalışmada en düşük absorbans değeri 0,101 olarak bulunmuştur. Bu analizler ile tekstil atıksuyunda renk giderimi için çöktürme işleminde Demir(III) klorür ile atık patates nişastası ve Karboksimetil Patates Nişastanın kullanımının etkili sonuç verdiği tespit edilmiştir. Atık patates nişastası ve Karboksimetil Patates Nişastası ile tekstil atıksuyunda bulunan boyar maddenin koagülant kaynağı Fe^{+3} iyonları ile yapmış olduğu olası kompleks yapısı Şekil 1.7'de gösterildiği gibi gerçekleşmektedir [57].



Şekil 1.7: Tekstil atıksularındaki boyar madde ve karboksimetil patates nişastanın metal kompleksi.

Wang vd. (2011), yaptıkları çalışmada kağıt sanayi atıksularının arıtımında koagülant olarak alüminyum klorür ve flokülant olarak da modifiye edilmiş nişasta (starch-g-PAM-g-PDMC [polyacrylamide and poly (2-methacryloyloxyethyl)

trimethyl ammonium chloride]) kullanarak çalışma yapmışlardır. Bu çalışmayı Yüzey Yanıt Yöntemi (YYY) ve üniform kombinasyon tasarımı ile analiz etmişlerdir. Bulanıklık ve lignin giderimi için beklenen optimum şartları 871 mg/L koagülant dozajı, 22,3 flokülant dozajı ve pH 8,35 olarak bulmuşlardır [58].

Bu çalışmada, yonga levha endüstrisi atıksularının ekonomik materyaller kullanılarak arıtımı amaçlanmıştır. Bu amaçla, yonga levha endüstrisi atıksularının bu işletmelerde atık olarak ortaya çıkan odun küllerinin adsorbent ve alkali kaynağı olarak, katyonik ve anyonik nişastanın da flokülant kaynağı olarak kullanılmasıyla arıtımı incelenmiştir.



2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyaller

2.1.1 Atıksu ve Karakterizasyonu

Çalışma kapsamında kullanılan atıksu numunesi, Akhisar Organize Sanayi Bölgesi'nde faaliyet göstermekte olan Yıldız Entegre A.Ş. – Akhisar Yonga Levha Tesisi arıtma ünitesinden alınmıştır. Atıksu numuneleri tesisin toplam atıksu karakteristik özelliğini temsil etmesi amacıyla dengeleme havuzundan alınmıştır. Atıksuyun karakterizasyonu standart metotlarda belirtilen yöntemlere göre yapılmış ve Tablo 2.1'de verilmiştir.

Tablo 2.1: Atıksuyun karakterizasyonu.

Parametre	Birim	Değer
KOİ (Ham)	mg/L	27.600-20.545
Çözünmüş KOİ (Süzülmüş,0,45 µM)	mg/L	16.836 – 12.532
BOİ (Ham)	mg/L	2.600
Çözünmüş BOİ (Süzülmüş,0,45 µM)	mg/L	1.400
AKM	mg/L	2.720 – 5.780
TOC	mg/L	8.583
Bulanıklık	NTU	920
İletkenlik	Ms/cm	10,86 (21°C)
pH	-	7,02 – 7,77

2.1.2. Deneylerde Kullanılan Cihazlar

- ✓ Merck spectroquant pharo 100 spektrofotometre
- ✓ Velp Scientifica FC6S marka Jar Test Cihazı
- ✓ Merck Spectroquant TR 320 termoreaktör
- ✓ Rocker 300 vakum pompası ve süzme seti
- ✓ Nüve KD 400 etüv
- ✓ Precisa XB 620 M marka hassas terazi
- ✓ Mettler Toledo Seven Compact pH S210 pH Metre
- ✓ Zetasizer Nano S

2.1.3 Kullanılan Kimyasallar

Deneyisel çalışmalarda aşağıda belirtilen kimyasal ve katkı malzemeleri kullanılmıştır;

1. Koagülantlar;

Deneyisel çalışmalarda, koagülant olarak Polialüminyum Klorür ($Al_n(OH)_mCl_k$) (PAK-17) kullanılmıştır. PAK-17, Akkim Kimya firmasından temin edilmiştir. Deneylerde numunelere deney tasarımında belirlenen miktarlarda hacimsel olarak PAK-17 dozajlanmıştır.

2. Flokülantlar;

Flokülant olarak Katyonik Patates Nişastası (KPN) ve Anyonik Patates Nişastası (APN) kullanılmıştır. Katyonik Patates Nişastasının %1,5 (A/V) lik, Anyonik Patates Nişastasının %0,75 (A/V) lik çözeltileri hazırlanarak deneylerde kullanılmıştır. Nişasta çözeltileri deney tasarımında belirlenen miktarlarda numunelere dozajlanmıştır. Katyonik Patates Nişastası (KPN) ve Anyonik Patates Nişastasına (APN) ait Malzeme Bilgi Formları Ek-A ve Ek-B'de verilmiştir. Kullanılan nişastalar insani tüketim amaçlı suların arıtımında kullanılan modifiye nişastalara ait BS EN 1406:2009 standardına (Ek-C, D) uygundur.

3. pH Ayarlamasında Kullanılan Kimyasallar;

pH ayarlaması için sodyum hidroksit (NaOH, Merck) ve sülfürik asit(H₂SO₄, Merck) kullanılmıştır.

4. Odun Külü;

Deneyisel çalışmalarda kullanılan odun külü, Yıldız Entegre A.Ş., 151 santralinde oluşan küllerden temin edilmiştir. Temin edilen odun külleri kuru formdadır. Odun külü, numunelere deney tasarımında belirlenen ağırlık miktarları kadar katı form şeklinde dozajlanmıştır. Çalışmalarda kullanılan odun külüne ait analizler Ek-E’de verilmiştir.

2.1.4 Materyallerin Elektrokinetik Özellikleri

Çalışma kapsamında kullanılan materyallerin Zetasizer Nano S cihazı ile yapılan elektrokinetik zeta potansiyeli analiz değerleri Tablo 2.2’ de verilmiştir. Zeta potansiyeli ölçümlerine göre materyallerin genel olarak negatif yüklü olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2.2: Deneylerde kullanılan materyallerin elektrokinetik özellikleri.

Numune Başlangıç pH Değeri	Ham Atıksu		Odun Külü + Ham Atıksu		Odun Külü + Saf Su	
	Denge pH Değeri	Zeta Potansiyel Değeri	Denge pH Değeri	Zeta Potansiyel Değeri	Denge pH Değeri	Zeta Potansiyel Değeri
4	3,98	-14,9/-13,3	4,88	-14,8/-15,6	11,58	-20,9
5	5,02	-13,6/-14,5	6,00	-15,5/-14,5	11,6	-12,8/-14
6	6,01	-15,7/-16,5	6,73	-15,3/-15,3	11,59	-16,2/-16,7
7	7,03	-15,7/-15,3	7,96	-16,1/-17,2	11,62	-7,24/-7,75
8	8,01	-15,5/-15,7	8,50	-17,1/-16,9	11,63	-17,2/-18,13

2.1.5 Materyallerin KOİ Parametresine Etkisi

Çalışma kapsamında kullanılan nişastaların (KPN ve APN) ve odun külünün saf su ile yapılan KOİ analiz değerleri Tablo 2.3’de verilmiştir. Deneyde, materyal dozları sırası ile APN 24 mL/L (%0,75 (A/V)), KPN 16 mL/L (%1,5 (A/V)) ve Odun Külü 8 g/L kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre nişastaların suda çözünmesinden dolayı KOİ parametresini yükselttiği, ancak bu değer inatıksudaki katılar ile nişastanın flok oluşturması ile çökelerek daha az gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Ayrıca odun külünün suya sahip olduğu iyonları vermesinden dolayı KOİ parametresini yükselttiği görülmüştür. Bu analizlere göre materyallerin (APN, KPN ve Odun Külü) genel olarak saf suda KOİ değerini belli oranda yükselttiği tespit edilmiştir.

Tablo 2.3: Deneylerde kullanılan materyallerin KOİ parametresine etkileri.

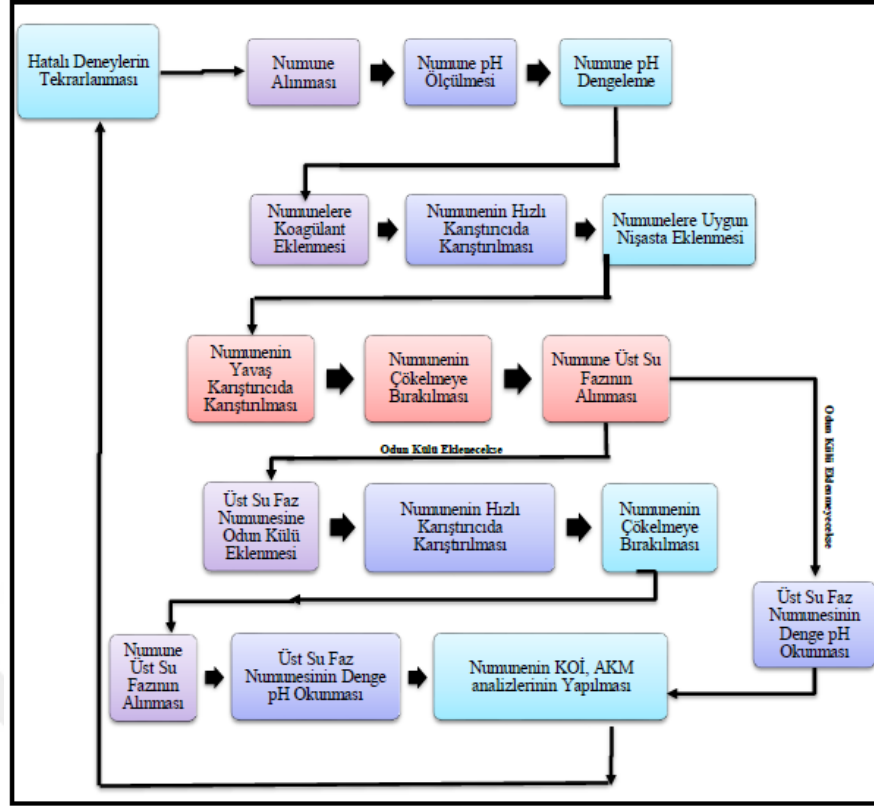
Parametreler	APN	KPN	Odun Külü
pH (Başlangıç)	3,99	4,01	4,02
pH (Denge)	4,68	4,12	11,33
KOİ (mg/L)	161	98,8	28

2.2 Metotlar

Deneyisel çalışmalarda; ilk aşamada belirlenen bağımsız değişken parametrelerin etkinliğini belirlemeye yönelik denemeler yapılmış, daha sonra bu sonuçlar yardımıyla YYY’nin MKT’ na göre deney tasarımı yapılarak optimizasyon gerçekleştirilmiştir.

2.2.1 Deney Düzenegi ve Deneylerin Yapılışı

Deneyisel çalışmalar, 600 mL’lik cam beherlerde 500 mL numune hacimleri kullanılarak dört bölmeli Jarr Testi düzeneginde gerçekleştirilmiştir. Numunelerin alındığı işletme şartlarında sıcaklık değişken olduğundan deneyler oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir. Deney akım şeması Şekil 2.1’de, çalışmalarda kullanılan Jar Testi düzenegi Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Deney akım şeması.



Şekil 2.2: Jar testi cihazına ait görsel.

Numunelere ait pH değerlerini, deney tasarımında belirlenen pH değerlerine getirmek için 0,01 N NaOH ve 0,01 N H₂SO₄ çözeltileri kullanılmıştır.

Numunelere deneysel tasarım matrisinde belirlenen dozajda koagülan (PAK-17) ilave edilerek 120 rpm'de 5 dakika hızlı karıştırma, ardından deneysel tasarım matrisinde belirlenen dozajlarda nişasta çözeltisi (APN, KPN) ilave edilerek 20

rpm'de 20 dakika boyunca yavaş karıştırma işlemi uygulanmıştır. Yavaş karıştırma işleminden sonra reaktör içerisindeki flokların çökmesi için numuneler 60 dakika bekletilmiştir.

Çökme işleminin ardından numunelerdeki üst duru su fazından (arıtılmış) örnekler alınarak, belirlenen dozlarda odun külü ilave edilmiş ve 120 rpm'de 5 dakika hızlı karıştırma yapılmıştır. Hızlı karıştırma işleminden sonra reaktör içerisindeki flokların çökmesi için numuneler 60 dakika bekletilmiştir ve denge pH'ları ölçülmüştür. Numunelerin çökme işleminin ardından üst duru su fazından (arıtılmış) örnekler alınarak KOİ ve AKM analizleri standart metodlara uygun şekilde yapılmıştır.

Numunelerin hamsu KOİ analizleri standart metodlara uygun şekilde süzülmeden yapılmıştır.

Analizler sonucunda bulunan KOİ ve AKM giderim verimleri Denklem 2.1'e göre hesaplanmıştır. KOİ giderim verim hesaplanması, ham atıksu numunelerine ait KOİ değerlerine göre yapılmıştır.

$$\% \text{Giderim Verimi} = \frac{C_0 - C_s}{C_0} \times 100 \quad (2.1)$$

C₀: Başlangıç KOİ veya AKM Konsantrasyonu (mg/L)

C_s: Kalan KOİ veya AKM Konsantrasyonu (mg/L)

• Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) Analizi

Kimyasal Oksijen İhtiyacı analizi, Standart Metot yöntemleriyle (SM 5220 D Metodu) temin edilen KOİ kitleri (Merck Kodu 1.14555.0001) ile yapılmıştır. Kullanılan KOİ kitlerinin ölçüm aralığı 500-10.000 mg/L'dir. KOİ kitlerine 1 mL atıksu numunesi ilave edilerek çalkalanmış numune 148 °C'de 2 saat termo reaktörde ısıtılmıştır. Isıtma işlemi sonucunda termoreaktörden çıkartılan numune oda sıcaklığında soğutulmaya bırakılmış, soğutma işleminden sonra numune daha önce kalibrasyonu yapılmış olan spektrofotometrede (600 nm dalga boyunda) okuma işlemi gerçekleştirilmiştir.

KOİ değeri 10.000 mg/L ve üzeri olan numuneler için seyreltme yapılarak analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir.

• **Askıda Katı Madde (AKM) Analizi**

Askıda Katı Madde analizleri Standart Metot (SM) 2540' a uygun olarak gerçekleştirilmiştir. AKM analizlerinde 0,45 µm gözenek çapına sahip filtre kâğıtları kullanılmıştır. Filtre kâğıtları kullanılmadan önce 105 °C'deki etüvde 1 saat süreyle kurutulmuş, soğutulmuş, hassas terazide tartılmış (A, g) ve sabit tartıma gelinceye kadar bu işleme devam edilmiştir. Deneylemlerden sonra numunelerden belli miktar alınarak süzme işlemi gerçekleştirilmiş, kurutma ve soğutma işleminden sonra tartılarak hesaplama işlemine geçilmiştir (B, g).

AKM analizlerinin sonuçları denklem 2.2'de belirtilen şekilde hesaplanmıştır.

$$AKM (mg / L) = \frac{(B - A)}{\text{Numune Hacmi (L)}} \times 1000 \quad (2.2)$$

2.2.2 Atıksuların Arıtımı İçin Parametre Etkinliklerinin Belirlenmesi

Atıksuların arıtımında KOİ ve AKM giderim veriminde belirlenen bağımsız değişken parametrelere ait etkiler bu kısımda incelenmiştir. Çalışma kapsamında her bir nişasta türü (KPN ve APN) için pH, nişasta dozu, PAK-17 dozu ve odun külü dozu değiştirilerek denemeler yapılmıştır. Deneylerde incelenen bağımsız değişken parametreler ve seçilen aralıklar Tablo 2.4’de verilmiştir. Denemelerde her bir deney iki tekrarlı olarak gerçekleştirilerek gerekli analizler yapılmış ve ortalaması alınarak sonuçlarda verilmiştir.

Tablo 2.4: Deneylerde incelenen bağımsız değişken parametreler ve seçilen aralıklar.

NUMUNE	KPN			APN			
	KPN Çözeltisi (mL/L)	pH	Odun Külü (g/L)	PAK-17 (mL/L)	APN Çözeltisi (mL/L)	pH	Odun Külü (g/L)
I. Çalışma	6	4	2	1	6	4	1
II. Çalışma	8	5	3	2	8	5	2
III. Çalışma	10	6	4	3	10	6	3
IV. Çalışma	12	7	5	4	12	7	4

2.2.3 Atıksuların Arıtımı İçin Deney Tasarımı

Atıksu arıtımında belirlenen parametreler için KOİ ve AKM giderim verimlerinin değişimini ve maksimize eden şartları elde etmek amacıyla Minitab 18 (Deneme Versiyonu) programının YYY’nin MKT metodu kullanılarak deney tasarımı yapılmıştır. Çalışma kapsamında her bir nişasta türü (KPN ve APN) için yapılan iki ayrı tasarımda bağımsız değişken olarak pH (X_1), nişasta dozu (X_2), PAK-17 dozu (X_3) ve odun külü dozu (X_4), yanıt olarak ise KOİ (Y_1) ve AKM (Y_2) giderim verimleri seçilmiştir. Tasarımlar her iki nişasta için 4 faktör ve bunların 5 farklı seviyelerini içeren toplam 31 deneyden oluşturulmuştur. Her bir nişasta için bağımsız değişkenler (parametreler) ve bunların seviyeleri (değerleri) Tablo 2.5 ve Tablo 2.7’de verilmiştir. Katyonik ve anyonik patates nişastaları için Tablo 2.6 ve 2.8’de verilmiş olan deneysel tasarım matrislerine göre deneyler gerçekleştirilmiştir. Denemelerde her bir deney iki tekrarlı olarak gerçekleştirilerek gerekli analizler yapılmış ve ortalaması alınarak sonuçlarda verilmiştir.

• **Katyonik Patates Nişastası Deneysel Tasarımı:**

Tablo 2.5: Katyonik patates nişastası (KPN) deneysel tasarım bağımsız değişkenleri ve seviyeleri.

Bağımsız Değişkenler	Yanıt Yüzeyleri ve Seviyeleri				
	-2	-1	0	1	2
KPN Dozu (mL/L)	8	10	12	14	16
pH	4	5	6	7	8
PAK-17 Dozu (mL/L)	0	1	2	3	4
Odun Külü Dozu (g/L)	0	2	3	6	8

Tablo 2.6: Katyonik patates nişastası (KPN) deneysel tasarım matrisi.

Deney No	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	-1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1	-1
3	-1	1	-1	-1
4	1	1	-1	-1
5	-1	-1	1	-1
6	1	-1	1	-1
7	-1	1	1	-1
8	1	1	1	-1
9	-1	-1	-1	1
10	1	-1	-1	1
11	-1	1	-1	1
12	1	1	-1	1
13	-1	-1	1	1
14	1	-1	1	1
15	-1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	-2	0	0	0
18	2	0	0	0
19	0	-2	0	0
20	0	2	0	0
21	0	0	-2	0
22	0	0	2	0
23	0	0	0	-2
24	0	0	0	2
25	0	0	0	0
26	0	0	0	0
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	0	0	0	0

• **Anyonik Patates Nişastası Deneysel Tasarımı:**

Tablo 2.7: Anyonik patates nişastası (APN) deneysel tasarım faktörleri ve seviyeleri.

Bağımsız Değişkenler	Yanıt Yüzeyleri ve Seviyeleri				
	-2	-1	0	1	2
APN Dozu (mL/L)	0	6	12	18	24
pH	4	5	6	7	8
PAK-17 Dozu (mL/L)	0	2	4	6	8
Odun Külü Dozu (g/L)	0	2	4	6	8

Tablo 2.8: Anyonik patates nişastası (APN) deneysel tasarım matrisi.

Deney No	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
1	-1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1	-1
3	-1	1	-1	-1
4	1	1	-1	-1
5	-1	-1	1	-1
6	1	-1	1	-1
7	-1	1	1	-1
8	1	1	1	-1
9	-1	-1	-1	1
10	1	-1	-1	1
11	-1	1	-1	1
12	1	1	-1	1
13	-1	-1	1	1
14	1	-1	1	1
15	-1	1	1	1
16	1	1	1	1
17	-2	0	0	0
18	2	0	0	0
19	0	-2	0	0
20	0	2	0	0
21	0	0	-2	0
22	0	0	2	0
23	0	0	0	-2
24	0	0	0	2
25	0	0	0	0
26	0	0	0	0
27	0	0	0	0
28	0	0	0	0
29	0	0	0	0
30	0	0	0	0
31	0	0	0	0

3. BULGULAR

3.1 Atıksuların Arıtımında Parametrelerin Etkisi:

Bağımsız değişken parametrelerin etkinliklerini belirlenmesi amacıyla APN ve KPN için deneysel çalışmalar yapılmış olup bulgular bu kısımda sunulmuştur.

3.1.1 KPN için Parametre Etkinlikleri:

KPN özeltisi Dozunun Etkisi:

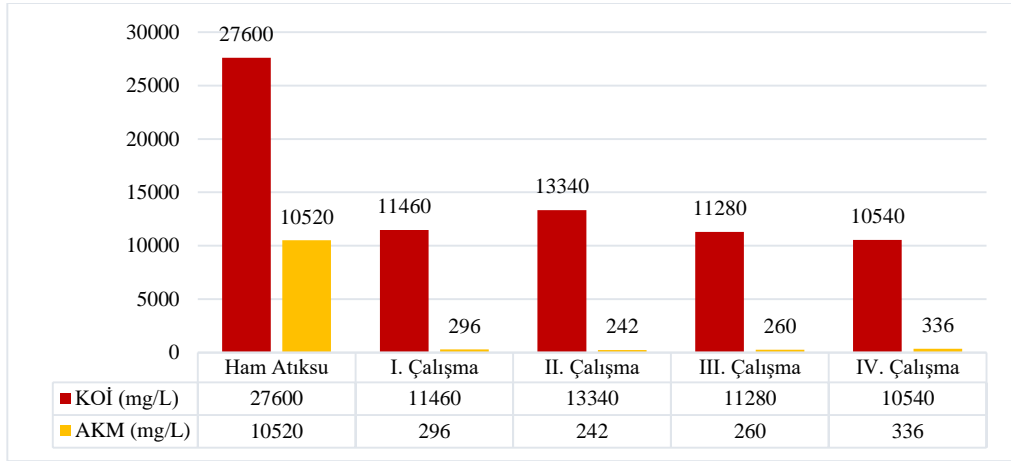
KPN özeltisi doz miktarının etkisini görmek için 4 farklı deneysel çalışma yapılmıştır. Deneysel sonuçlar Tablo 3.1’de verilmiş olup, Şekil 3.1’de grafik edilmiştir.

Tablo 3.1: KPN özeltisi dozunun etkisi.

NUMUNE	KPN özeltisi (mL/L)	KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	AKM (mg/L)	AKM Giderim Verimi (%)	Denge pH
Ham Atıksu		27.600		10.520		7,33
I. Çalışma	6	10.870	62,07	3.500	66,73	9,01
II. Çalışma	8	10.740	62,53	3.360	68,06	8,74
III. Çalışma	10	10.630	62,91	2.180	79,28	9,01
IV. Çalışma	12	11.929	58,38	2.100	80,04	9,02

Sabit Tutulan Parametreler:

- Odun Külü Dozu: 4 g/L
- pH: Atıksu Doğal pH Değeri (7,33)



Şekil 3.1: KPN çözeltisi dozunun etkisi.

Numunelere, atıksu doğal pH değerinde, Tablo 3.1’de belirtilen %1,5 (A/V) derişim oranına sahip KPN doz miktarlarından ilave edilerek 20 rpm’de 20 dakika boyunca yavaş karıştırma işlemi uygulanmıştır. Yavaş karıştırma işleminden sonra reaktör içerisindeki flokların çökmesi için numuneler 60 dakika bekletilmiştir.

Numunelerin çökme işleminin ardından numunelerin üst duru su fazından (arıtılmış) örnekler alınarak, 4 g/L odun külü ilave edilerek numuneler 120 rpm’de 5 dakika hızlı karıştırılmıştır. Hızlı karıştırma işleminden sonra reaktör içerisindeki flokların çökmesi için numuneler 60 dakika bekletilmiş ve denge pH’ları ölçülmüştür.

Numunelerin çökme işleminin ardından numunelerin üst duru su fazından (arıtılmış) örnekler alınarak KOİ ve AKM analizleri standart metodlara göre yapılmıştır.

Tablo 3.1’e göre en ideal arıtım verimi III. Çalışma şartlarından elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre ideal KPN, nişasta çözelti doz miktarı 10 mL/L olarak tespit edilmiştir.

Atıksuya Ait Başlangıç pH’ sının Etkisi:

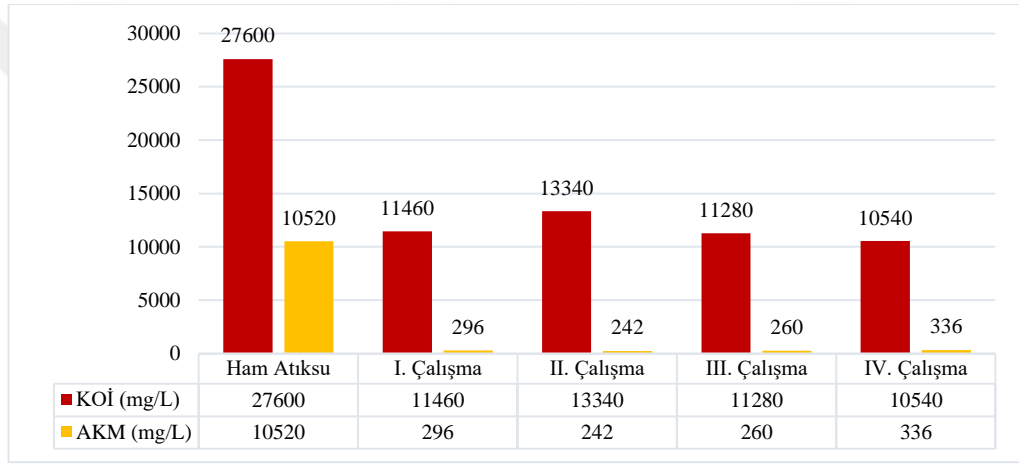
Atıksu başlangıç pH değerinin parametrik etkisini görmek için 4 farklı deney çalışması yapılmıştır. Tablo 3.2’de bu çalışmalara ait sonuç değerleri, ayrıca Şekil 3.2’de bu çalışmalara ait sonuç grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.2: Atıksuya ait başlangıç pH' nın etkisi

NUMUNE	pH	KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	AKM (mg/L)	AKM Giderim Verimi (%)	Denge pH
Ham Atıksu		27.600		10.520		7,87
I. Çalışma	4	11.887,6	56,93	580	94,49	5,34
II. Çalışma	5	10.980	60,22	2.960	71,86	6,72
III. Çalışma	6	12.100	56,16	2.280	78,33	8,29
IV. Çalışma	7	11.800	57,25	2.240	78,71	8,84

Sabit Tutulan Parametreler:

- KPN Dozu: 10 g/L
- Odun Külü Dozu: 4 g/L



Şekil 3.2: Atıksuya ait başlangıç pH' nın etkisi.

Numunelerin pH değerleri sülfürik asit ve NaOH ile sırasıyla 4, 5, 6 ve 7'ye getirilmiştir. Bu işlemden sonra numunelere 10 mL/L KPN ilave edilmiş ve 20 rpm'de 20 dakika boyunca yavaş karıştırma işlemi uygulanmıştır. Yavaş karıştırma işleminden sonra reaktör içerisindeki flokların çökmesi için numuneler 60 dakika bekletilmiştir.

Numunelerin çökme işleminin ardından numunelerin üst duru su fazından (arıtılmış) örnekler alınarak, 4 g/L odun külü ilave edilen numuneler 120 rpm'de 5 dakika hızlı karıştırılmıştır. Hızlı karıştırma işleminden sonra reaktör içerisindeki flokların çökmesi için numuneler 60 dakika bekletilmiş ve denge pH'ları ölçülmüştür.

Numunelerin çökelme işleminin ardından numunelerin üst duru su fazından (arıtılmış) örnekler alınarak KOİ ve AKM analizleri standart metodlara göre yapılmıştır.

Tablo 3.2'e göre en ideal artırım verimi I.Çalışma şartlarında elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre en ideal pH değeri 4 olarak tespit edilmiştir.

Odun Külü Dozunun Etkisi:

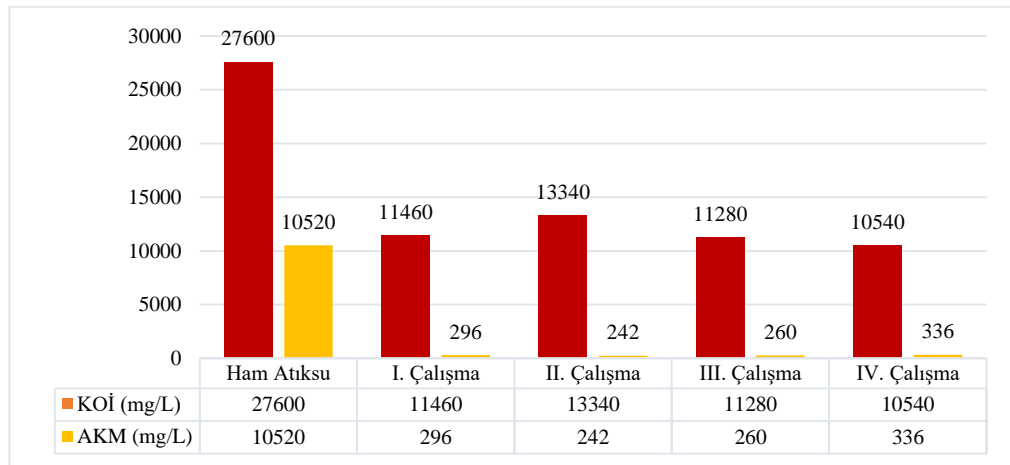
Odun külü doz miktarının etkisini görmek için dört farklı deney çalışması yapılmıştır. Tablo 3.3'de bu çalışmalara ait sonuç değerleri, ayrıca Şekil 3.3'de bu çalışmalara ait sonuç grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.3: Odun külü dozunun etkisi.

NUMUNE	Odun Külü (g/L)	KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	AKM (mg/L)	AKM Giderim Verimi (%)	Denge pH
Ham Atıksu		27.600		10.520		7,87
I. Çalışma	2	11.460	58,48	296	97,19	4,76
II. Çalışma	3	13.340	51,67	242	97,70	4,82
III. Çalışma	4	11.280	59,13	260	97,53	5,23
IV. Çalışma	5	10.540	61,81	336	96,81	5,79

Sabit Tutulan Parametreler:

- KPN Dozu: 10 mL/L
- pH: 4



Şekil 3.3: Odun külü dozunun etkisi

Numunelerin pH değerleri sülfürik asit ve NaOH ile ideal olarak belirlenen pH 4 değerine getirildi. Bu işlemden sonra KPN çözelti doz miktarından numunelere ilave edilerek ve 20 rpm’de 20 dakika boyunca yavaş karıştırma işlemi gerçekleştirildi. Yavaş karıştırma işleminden sonra reaktör içerisindeki flokların çökmesi için numuneler 60 dakika çökeltme işlemine tabi tutulmuştur.

Numunelerin çökeltme işleminin ardından numunelerin üst duru su fazından (arıtılmış) örnekler alınarak, Tablo 3.3’de belirtilen miktarlarda odun külü ilave edilerek numuneler 120 rpm’de 5 dakika hızlı karıştırılmıştır. Hızlı karıştırma işleminden sonra reaktör içerisindeki flokların çökmesi için numuneler 60 dakika bekletilmiştir. Numunelerin çökeltme işleminin ardından numunelerin üst duru su fazından (arıtılmış) örnekler alınarak KOİ ve AKM analizleri standart metodlara göre yapılmıştır.

Tablo 3.3’e göre en ideal arıtım verimi IV.Çalışma şartlarından elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre en ideal odun külü doz miktarı 5 g/L olarak tespit edilmiştir.

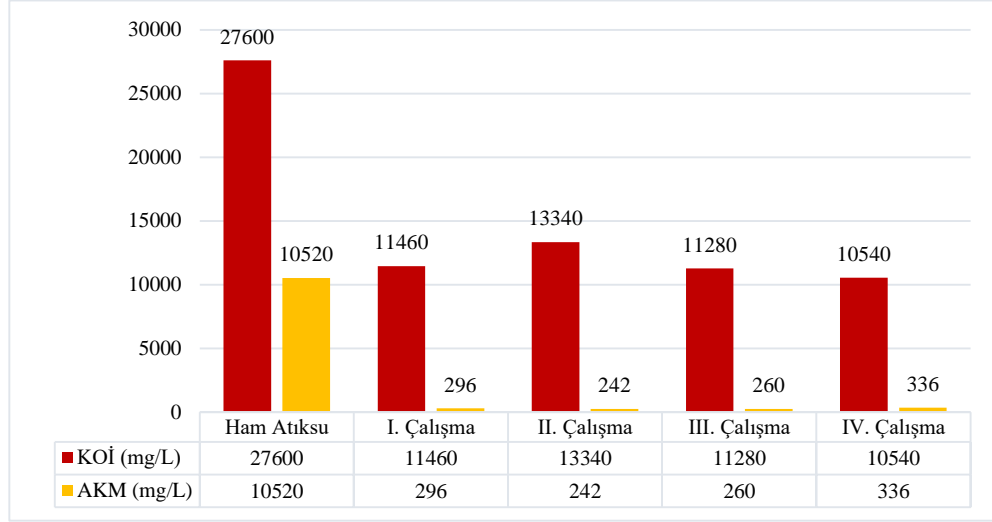
3.1.2 APN için Parametre Etkinlikleri:

PAK-17 İlavesinin Etkisi:

APN için PAK-17 dozajının etkisini görmek amacıyla 4 farklı deneysel çalışma yapılmıştır. Deneysel sonuçlar Tablo 3.4’de verilmiş olup, Şekil 3.4’de grafik edilmiştir.

Tablo 3.4: PAK-17 ilavesinin etkisi.

NUMUNE	PAK-17 (mL/L)	KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	AKM (mg/L)	AKM Giderim Verimi (%)	Denge pH
Ham Atıksu		27.600		5.640		7,87
I. Çalışma	1	17.100	38,04	3.890	31,03	7,54
II. Çalışma	2	13.330	51,70	3.540	37,23	7
III. Çalışma	3	13.660	50,51	2.660	52,84	6,84
IV. Çalışma	4	14.055	49,08	2.980	47,16	6,92
Sabit Tutulan Parametreler:						
<ul style="list-style-type: none"> pH: Atıksu doğal pH değeri APN Çözelti Dozu: 10 mL/L 						



Şekil 3.4: PAK-17 ilavesinin etkisi.

Numunelere, atıksu doğal pH değerinde, Tablo 3.4’de belirtilen PAK-17 doz miktarlarından ilave edilerek 120 rpm’de 5 dakika hızlı karıştırılmıştır. Hızlı karıştırmadan sonra numunelere %0,75 derişim oranına sahip APN çözeltilisinden 10 mL/L ilave edilmiş ve 20 rpm’de 20 dakika boyunca yavaş karıştırma işlemi uygulanmıştır. Yavaş karıştırma işleminden sonra reaktör içerisindeki flokların çökmesi için numuneler 60 dakika bekletilmiştir.

Numunelerin çökme işleminin ardından numunelerin üst duru su fazından (arıtılmış) örnekler alınarak KOİ ve AKM analizleri standart metodlara göre yapılmıştır.

Tablo 3.4’e göre en ideal arıtım verimi III. Çalışma şartlarında elde edilmiştir. Bu durumda en ideal PAK-17 doz miktarı 3 mL/L olarak tespit edilmiştir.

APN Çözeltilisi Dozunun Etkisi:

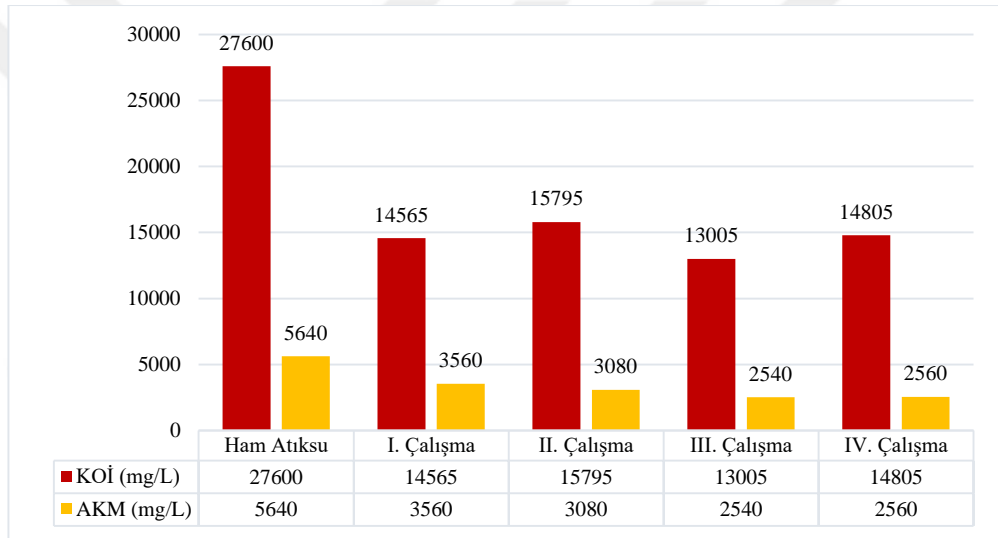
Çözelti doz miktarının parametrik etkisini görmek için 4 farklı deney çalışması yapılmıştır. Tablo 3.5’de bu çalışmalara ait sonuç değerleri, ayrıca Şekil 3.5’de bu çalışmalara ait grafikler verilmiştir.

Tablo 3.5: APN çözültisi dozunun etkisi.

NUMUNE	APN Çözültisi (mL/L)	KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	AKM (mg/L)	AKM Giderim Verimi (%)	Denge pH
Ham Atıksu		27.600		5.640		7,98
I. Çalışma	6	14.565	47,23	3.560	36,88	7,07
II. Çalışma	8	15.795	42,77	3.080	45,39	7,03
III. Çalışma	10	13.005	52,88	2.540	54,96	7,11
IV. Çalışma	12	14.805	46,36	2.560	54,61	7,1

Sabit Tutulan Parametreler:

- pH: Atıksu Doğal pH Değeri
- PAK-17 Dozu: 3 mL/mL



Şekil 3.5: APN çözültisi dozunun etkisi.

Denemelerde atıksuyun doğal pH değerinde numunelere 3 mL/L PAK-17 ilave edilerek 120 rpm'de 5 dakika hızlı karıştırılmıştır. Hızlı karıştırmadan sonra numuneler üzerine %0,75 (A/V) konsantrasyonuna sahip APN çözültisinden Tablo 3.5'de belirtilen miktarlar ilave edilmiş ve 20 rpm'de 20 dakika boyunca yavaş karıştırma işlemi uygulanmıştır. Yavaş karıştırma işleminden sonra reaktör içerisindeki flokların çökmesi için numuneler 60 dakika bekletilmiştir.

Numunelerin çökme işleminin ardından numunelerin üst duru su fazından (arıtılmış) örnekler alınarak KOİ ve AKM analizleri standart metodlara göre yapılmıştır.

Tablo 3.5'e göre en ideal arıtım verimi III.Çalışma şartlarında elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre en ideal nişasta çözelti (APN) doz miktarı 10 mL/L olarak tespit edilmiştir.

Atıksuya Ait Başlangıç pH' sının Etkisi:

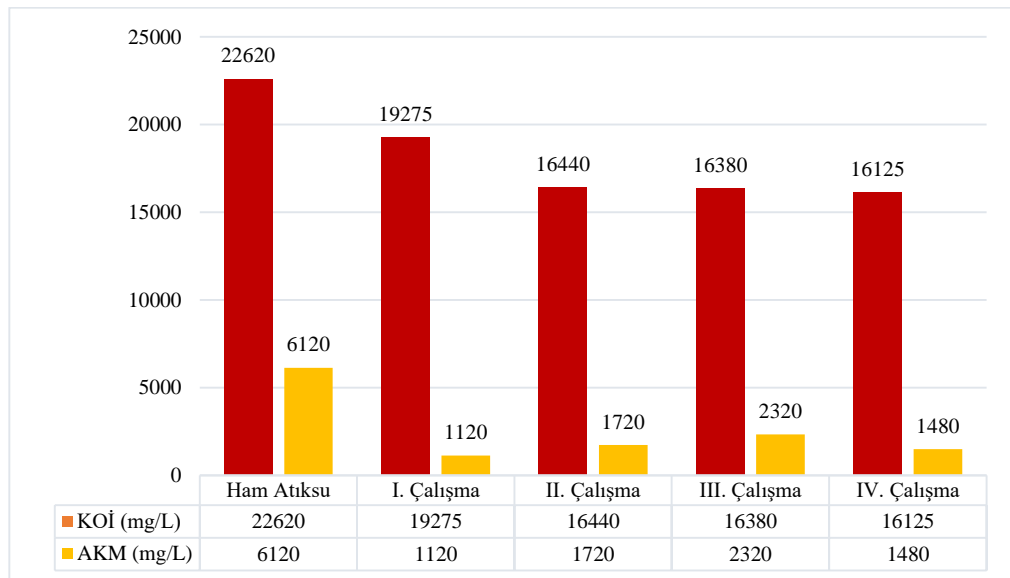
Atıksu başlangıç pH' sının etkisini görmek için dört farklı deney çalışması yapılmış Tablo 3.6'da bu çalışmalara ait sonuç değerleri verilmiştir. Ayrıca Şekil 3.6'da bu çalışmalara ait sonuç grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.6: Atıksuya ait başlangıç pH' nın etkisi.

NUMUNE	pH	KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	AKM (mg/L)	AKM Giderim Verimi (%)	Denge pH
Ham Atıksu		22.620		6.120		7,51
I. Çalışma	4	19.275	14,79	1.120	81,70	3,5
II. Çalışma	5	16.440	27,32	1.720	71,90	4,64
III. Çalışma	6	16.380	27,59	2.320	62,09	6,19
IV. Çalışma	7	16.125	28,71	1.480	75,82	6,65

Sabit Tutulan Parametreler:

- APN Çözelti Dozu: 10 mL/L
- PAK-17 Dozu: 3 mL/L



Şekil 3.6: Atıksuya ait başlangıç pH' nın etkisi.

Numunelerin pH değerleri sülfürik asit ve NaOH ile sırasıyla 4, 5, 6 ve 7'ye getirildi. Bu işlemden sonra PAK-17 doz değeri olan 3 mL/L numunelere ilave edilerek 120 rpm'de 5 dakika hızlı karıştırılmıştır. Hızlı karıştırmadan sonra numunelere 10 mL/L APN ilave edilmiş ve 20 rpm'de 20 dakika boyunca yavaş karıştırma işlemi uygulanmıştır. Yavaş karıştırma işleminde sonra reaktör içerisindeki flokların ekelmesi için numuneler 60 dakika bekletilmiştir.

Numunelerin ekelme işleminin ardından numunelerin üst suyundan (arıtılmış) rnekler alınarak KOİ ve AKM analizleri standart metodlara göre yapılmıştır.

Tablo 3.6'ya göre en ideal arıtım verimi IV.alışma şartlarında elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre en ideal pH değeri 7 olarak tespit edilmiştir.

Odun Külü Dozunun Etkisi:

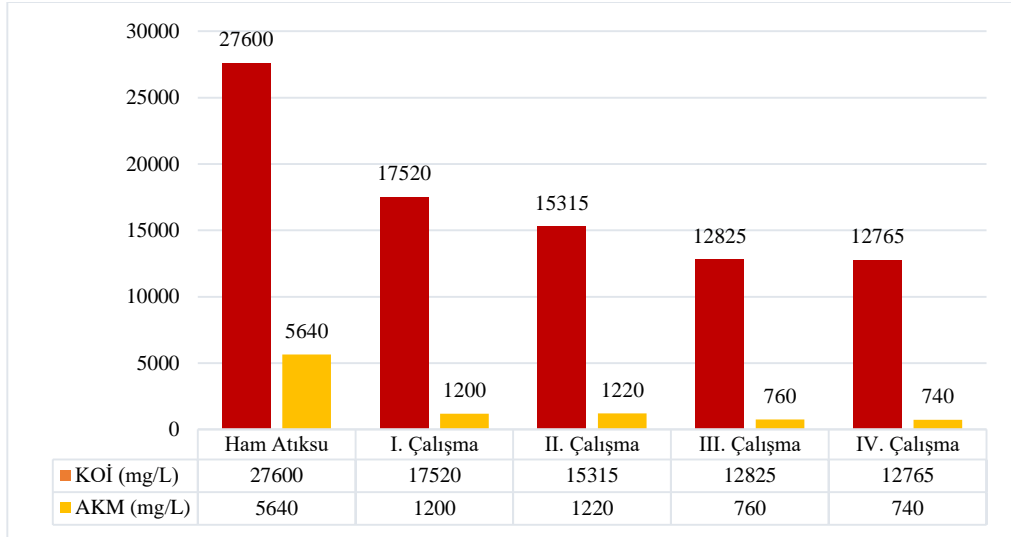
Odun külü doz miktarının etkisini görmek için dört farklı deney çalışması yapılmıştır. Tablo 3.7'de bu çalışmalara ait sonuç değerleri, ayrıca Şekil 3.7'de bu çalışmalara ait sonuç grafikleri verilmiştir.

Tablo 3.7: Odun külü dozunun etkisi.

NUMUNE	Odun Külü (g/L)	KOİ (mg/L)	KOİ Giderim Verimi (%)	AKM (mg/L)	AKM Giderim Verimi (%)	Denge pH
Ham Atıksu		27.600		5.640		7,74
I. Çalışma	1	17.520	36,52	1.200	78,72	7,85
II. Çalışma	2	15.315	44,51	1.220	78,37	7,5
III. Çalışma	3	12.825	53,53	760	86,52	7,78
IV. Çalışma	4	12.765	53,75	740	86,88	7,89

Sabit Tutulan Parametreler:

- APN zelti Dozu: 10 mL/L
- PAK-17 Dozu: 3 mL/L
- pH: 7



Şekil 3.7: Odun külü dozunun etkisi.

Numunelerin pH değerleri sülfürik asit ve NaOH ile ideal olarak belirlenen pH 7 değerine getirildi. Bu işlemden sonra en ideal PAK-17 doz değeri olan 3 mL/L numunelere ilave edilerek 120 rpm’de 5 dakika hızlı karıştırılmıştır. Hızlı karıştırmadan sonra numunelere en ideal APN çözelti doz miktarından ilave edilerek 20 rpm’de 20 dakika boyunca yavaş karıştırma işlemi uygulanmıştır. Yavaş karıştırma işleminden sonra reaktör içerisindeki flokların çökmesi için numuneler 60 dakika çökme işlemine tabi tutulmuştur.

Numunelerin çökme işleminin ardından numunelerin üst suyundan (arıtılmış) örnekler alınarak, Tablo 3.7’de belirtilen odun külü doz miktarlarından ilave edilerek numuneler 120 rpm’de 5 dakika hızlı karıştırılmıştır. Hızlı karıştırma işleminden sonra reaktör içerisindeki flokların çökmesi için numuneler 60 dakika bekletilmiştir. Numunelerin çökme işleminin ardından numunelerin üst suyundan (arıtılmış) örnekler alınarak KOİ ve AKM analizleri standart metodlara göre yapılmıştır.

Tablo 3.7’e göre en ideal arıtım verimi IV.Çalışma şartlarından elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre en ideal odun külü doz miktarı 4 g/L olarak tespit edilmiştir.

3.2 Atıksuların Arıtımı İçin Deney Tasarımı

3.2.1 Katyonik Patates Nişastası (KPN) Kullanımı İçin Deney Tasarımı

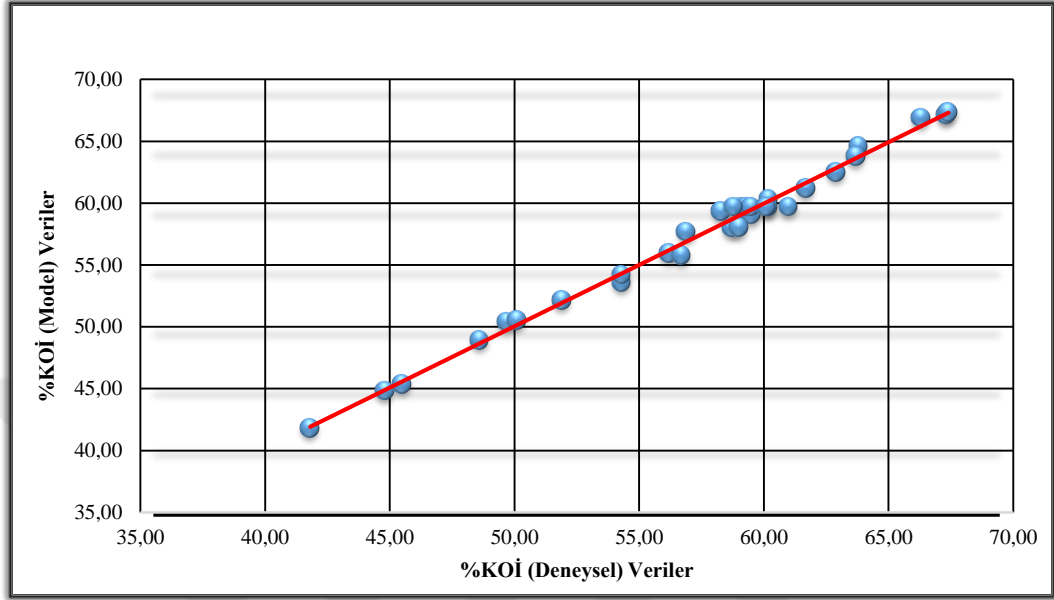
3.2.1.1 KPN Kullanımı İçin KOİ Giderimine Ait Deney Tasarımı

KPN kullanılarak matrikste belirtilen şartlarda yapılan deneysel sonuçlar ve modelin ön gördüğü KOİ giderim verimleri ile denge pH sonuçları Tablo 3.8'de verilmiştir.

Tablo 3.8: KPN ile KOİ giderim verimleri.

Deney No	Parametreler				Hamsu KOİ Değeri (mg/L)	KOİ Giderimi (Deneysel) (mg/L)	%KOİ Giderimi (Deneysel)	%KOİ Giderimi (Model)	Denge pH
	pH	KPN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Külü (mL/L)					
1	5	10	1	2	23.665	10.815	54,30	53,63	5,19
2	7	10	1	2	24.083	9.585	60,20	60,34	7,36
3	5	14	1	2	23.669	11.385	51,90	52,14	5,17
4	7	14	1	2	24.074	9.750	59,50	59,06	7,4
5	5	10	3	2	24.891	10.280	58,70	57,99	4,93
6	7	10	3	2	27.404	9.235	66,30	66,91	7,18
7	5	14	3	2	24.601	12.645	48,60	48,91	4,65
8	7	14	3	2	24.146	9.900	59,00	58,03	7,05
9	5	10	1	6	24.632	12.390	49,70	50,43	5,4
10	7	10	1	6	24.130	13.320	44,80	44,84	8,48
11	5	14	1	6	24.589	10.770	56,20	55,94	5,44
12	7	14	1	6	24.168	12.060	50,10	50,56	8,31
13	5	10	3	6	25.663	9.290	63,80	64,59	5,32
14	7	10	3	6	23525	9.010	61,70	61,21	8,34
15	5	14	3	6	24.501	9.090	62,90	62,51	5,42
16	7	14	3	6	23.525	9.810	58,30	59,33	8,04
17	4	12	2	4	23.686	13.785	41,80	41,83	3,92
18	8	12	2	4	23.450	12.780	45,50	45,37	3,97
19	6	8	2	4	24.450	7.995	67,30	67,13	8,73
20	6	16	2	4	24.463	8.880	63,70	63,77	7,74
21	6	12	0	4	26.543	12.130	54,30	54,23	7,12
22	6	12	4	4	24.479	7.980	67,40	67,37	6,7
23	6	12	2	0	24.466	10.545	56,90	57,70	6,22
24	6	12	2	8	22.032	9.540	56,70	55,80	6,82
25	6	12	2	4	24.872	9.700	61,00	59,71	6,78
26	6	12	2	4	24.022	9.825	59,10	59,71	6,77
27	6	12	2	4	25.909	10.545	59,30	59,71	6,14
28	6	12	2	4	22.651	9.015	60,20	59,71	6,31
29	6	12	2	4	24.025	9.730	59,50	59,71	5,71
30	6	12	2	4	24.114	9.935	58,80	59,71	7,15
31	6	12	2	4	23.734	9.470	60,10	59,71	6,59

Şekil 3.8’de görüldüğü üzere, deneysel sonuçlar ile modelin verdiği sonuçlar arasında iyi bir uyum bulunmaktadır. Sonuçların karşılaştırılması Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8: KPN ile KOİ giderim verim analizleri (deneysel- model).

Deneysel sonuçlardan elde edilen %KOİ giderim verimine ait model eşitliği, Denklem 3.1’de görüldüğü gibidir. Bu modele ait korelasyon katsayıları deney ve model için sırasıyla $R^2 = 0,9916$, $R^2_{adj} = 0,9843$ olarak tespit edilmiştir. R^2 değerlerinin 1’e yakın olması ve birbirleri ile uyumluluğu, deneysel çalışmanın yüksek oranda geçerli olduğunu göstermektedir.

Denklem 3.1;

$$\begin{aligned} \%KOİ = & -61,9 + 53,98 \text{ pH} - 18,05 \text{ KPN} + 10,80 \text{ PAC} + 5,54 \text{ Odun külü} - 4,029 \text{ pH} \cdot \text{pH} \\ & + 1,434 \text{ KPN} \cdot \text{KPN} + 1,086 \text{ PAC} \cdot \text{PAC} - 0,741 \text{ Odun külü} \cdot \text{Odun külü} + 0,050 \\ & \text{pH} \cdot \text{KPN} + 1,100 \text{ pH} \cdot \text{PAC} - 3,075 \text{ pH} \cdot \text{Odun külü} - 3,800 \text{ KPN} \cdot \text{PAC} + 1,750 \\ & \text{KPN} \cdot \text{Odun külü} + 4,900 \text{ PAC} \cdot \text{Odun külü} \end{aligned}$$

Tablo 3.9: Varyans analiz sonuçları.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	14	1239,68	88,548	134,95	0,000
Linear	4	299,87	74,968	114,25	0,000
pH	1	18,73	18,727	28,54	0,000
KPN	1	17,00	17,002	25,91	0,000
PAC	1	258,73	258,727	394,30	0,000
Odun külü	1	5,41	5,415	8,25	0,011
Square	4	580,84	145,209	221,30	0,000
pH*pH	1	464,09	464,091	707,28	0,000
KPN*KPN	1	58,80	58,797	89,61	0,000
PAC*PAC	1	2,11	2,107	3,21	0,092
Odun külü*Odun külü	1	15,70	15,704	23,93	0,000
2-Way Interaction	6	358,97	59,828	91,18	0,000
pH*KPN	1	0,04	0,040	0,06	0,808
pH*PAC	1	4,84	4,840	7,38	0,015
pH*Odun külü	1	151,29	151,290	230,57	0,000
KPN*PAC	1	57,76	57,760	88,03	0,000
KPN*Odun külü	1	49,00	49,000	74,68	0,000
PAC*Odun külü	1	96,04	96,040	146,37	0,000
Error	16	10,50	0,656		
Lack-of-Fit	10	7,03	0,703	1,22	0,423
Pure Error	6	3,47	0,578		
Total	30	1250,18			

Modelin anlamlılık derecesi ve giderim verimi üzerine etki eden parametrelerin etkinlik derecesinin belirlenmesinde ANOVA tablosundan yararlanılabilir. $p < 0,05$ olan parametreler, giderim verimi üzerinde etkili parametreler olarak tanımlanabilmektedir. Buna göre etkili parametreler Tablo 3.9 Varyans analiz sonuçları tablosunda sarı renk ile işaretlenerek gösterilmiştir.

Deneysel sonuçlara göre modelin belirlediği optimum şartlar Tablo 3.10'da gösterilmiştir. Bu şartlarda 2'şer adet doğrulama deneyi yapılarak ortalamaları alınmış ve sonuçlar Tablo 3.11'de verilmiştir.

Tablo 3.10: KPN ile KOİ giderim verimi için modelin verdiği optimum şartlar.

Deney No	Parametreler				Model Değer
	pH	KPN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Külü (g/L)	%KOİ
1	6,38	8	4	3,64	82,5

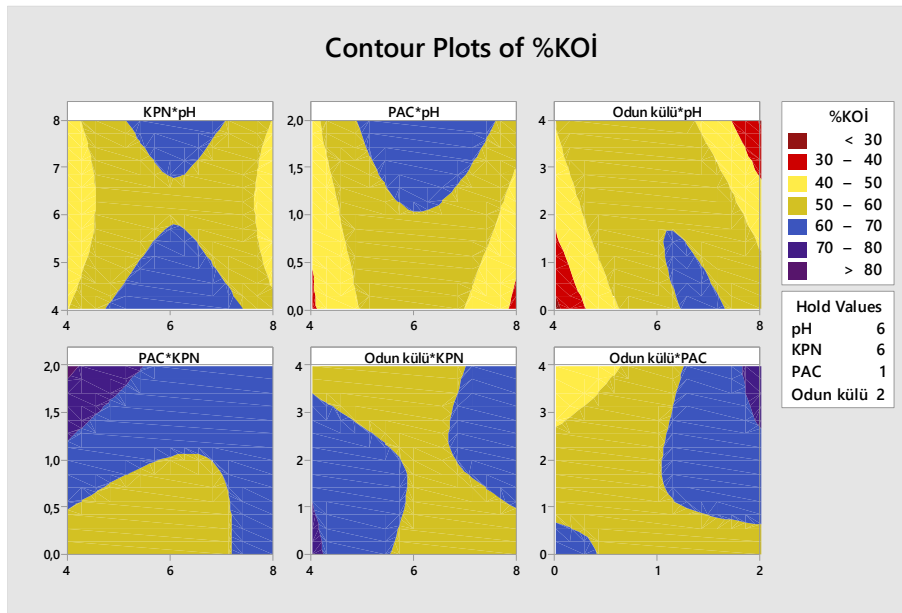
Tablo 3.11: KPN ile KOİ giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).

Deney No	Deneysel Sonuçlar								Denge pH
	Hamsu KOİ Değeri (mg/L)	Hamsu AKM Değeri (mg/L)	KOİ Giderimi (mg/L)	AKM Giderimi (mg/L)	%KOİ	Ort. %KOİ	%AKM	Ort. %AKM	
1	20.633	3.080	3.588	160	82,61	82,4	94,81	94,9	5,62
2	20.606	3.080	3.670	154	82,19		95,00		5,66

Modelin belirlediği optimum şartlarda yapılan doğrulama deneylerinin sonuçları model ile uyumlu bulunmuştur. Optimum şartlarda yapılan doğrulama deneylerinde KOİ giderim verimi %82,4 olarak tespit edilmiştir. Bu şartlarda yapılan AKM analizinde ise %99,9 gibi yüksek bir giderim elde edilmiştir.

KPN'nin kullanıldığı şartlarda parametrelerin birbiri ile olan etkileşimleri ve bu şartlardaki KOİ giderim verimleri Şekil 3.9'da gösterilen contour grafikleri ile belirtilmektedir.

Şekil 3.9'da verilen contour grafiklerine göre KOİ gideriminin %80'in üzerinde olduğu şartların koyu lacivert bölgelerde, en düşük giderim şartlarının ise koyu kırmızı bölgelerde gerçekleşeceği görülmektedir.



Şekil 3.9: KPN ile KOİ giderim verimi contour grafikleri.

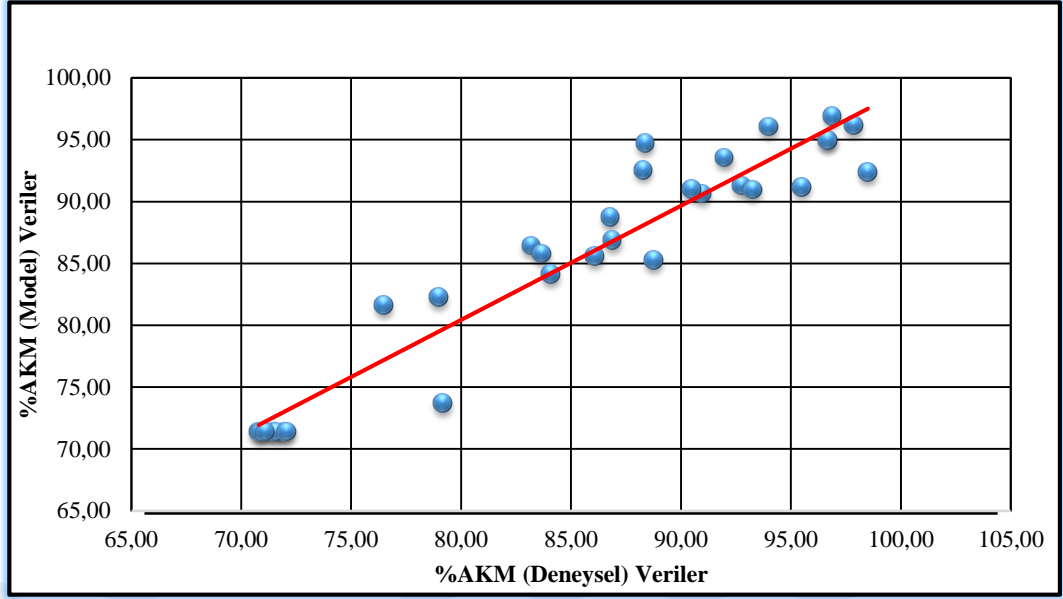
3.2.1.2 KPN Kullanımı İçin AKM Giderimine Ait Deney Tasarımı

KPN kullanılarak matriste belirtilen şartlarda yapılan deneysel sonuçlar ve modelin ön gördüğü AKM giderim verimleri ile denge pH sonuçları Tablo 3.12’de verilmiştir.

Tablo 3.12: KPN ile AKM giderim verimleri.

Deney No	Parametreler				Hamsu AKM Değeri (mg/L)	AKM Giderimi (Deneysel) (mg/L)	%AKM (Deneysel)	%AKM (Model)	Denge pH
	pH	KPN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Kültü (g/L)					
1	5	10	1	2	4.037	642	84,10	84,11	5,19
2	7	10	1	2	4.097	963	76,50	81,59	7,36
3	5	14	1	2	4.666	784	83,20	86,44	5,17
4	7	14	1	2	3.916	544	86,10	85,60	7,4
5	5	10	3	2	3.977	461	88,40	94,73	4,93
6	7	10	3	2	4.012	361	91,00	90,63	7,18
7	5	14	3	2	4.255	140	96,70	94,98	4,65
8	7	14	3	2	4.115	481	88,30	92,56	7,05
9	5	10	1	6	4.184	682	83,70	85,76	5,4
10	7	10	1	6	4.108	863	79,00	82,26	8,48
11	5	14	1	6	4.255	562	86,80	88,71	5,44
12	7	14	1	6	3.981	522	86,90	86,89	8,31
13	5	10	3	6	4.012	241	94,00	96,05	5,32
14	7	10	3	6	4.012	381	90,50	90,98	8,34
15	5	14	3	6	3.883	120	96,90	96,93	5,42
16	7	14	3	6	4.036	323	92,00	93,53	8,04
17	4	12	2	4	4.036	182	95,50	91,18	3,92
18	8	12	2	4	4.324	484	88,80	85,26	3,97
19	6	8	2	4	3.924	283	92,80	91,28	8,73
20	6	16	2	4	3.821	80	97,90	96,16	7,74
21	6	12	0	4	4.195	873	79,20	73,70	7,12
22	6	12	4	4	3.892	261	93,30	90,95	6,7
23	6	12	2	0	4.012	60	98,50	92,36	6,22
24	6	12	2	8	3.647	120	96,70	94,98	6,82
25	6	12	2	4	3.315	945	71,50	71,41	6,78
26	6	12	2	4	4.483	1.309	70,80	71,41	6,77
27	6	12	2	4	4.022	1.170	70,90	71,41	6,14
28	6	12	2	4	3.805	1.065	72,00	71,41	6,31
29	6	12	2	4	2.485	706	71,60	71,41	5,71
30	6	12	2	4	4.986	1.391	72,10	71,41	7,15
31	6	12	2	4	3.833	1.108	71,10	71,41	6,59

Şekil 3.10’den görülebileceği gibi, deneysel ve model analiz sonuçları arasındaki sapma dereceleri oldukça düşüktür. Bu nedenle KPN, AKM giderim verimi deneysel sonuçlarının modele uygun olduğu görülmüştür.



Şekil 3.10: KPN ile AKM giderim verim analizleri (deneySEL- model).

DeneySEL sonuçlar yoluyla modelden elde edilen %AKM giderim verimi eşitliği, Denklem 3.2’de görüldüğü gibidir. DeneySEL sonuçlardan ve modelden elde edilen korelasyon katsayıları sırasıyla $R^2 = 0,9173$, $R^2_{adj} = 0,8449$ olarak tespit edilmiştir. R^2 değerlerinin 1’e yakın olması ve birbirleri ile uyumluluğu, deneySEL çalışmanın yüksek oranda geçerli olduğunu göstermektedir.

Denklem 3.2;

$$\begin{aligned} \%AKM = & 431,6 - 53,7 \text{ pH} - 60,0 \text{ KPN} - 4,2 \text{ PAC} - 22,08 \text{ Odun külü} + 4,333 \text{ pH} \cdot \text{pH} \\ & + 5,133 \text{ KPN} \cdot \text{KPN} + 11,43 \text{ PAC} \cdot \text{PAC} + 5,696 \text{ Odun külü} \cdot \text{Odun külü} + 0,181 \\ & \text{pH} \cdot \text{KPN} - 0,61 \text{ pH} \cdot \text{PAC} - 0,156 \text{ pH} \cdot \text{Odun külü} - 1,21 \text{ KPN} \cdot \text{PAC} + 0,069 \\ & \text{KPN} \cdot \text{Odun külü} + 0,31 \text{ PAC} \cdot \text{Odun külü} \end{aligned}$$

Tablo 3.13: Varyans analiz sonuçları.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	14	2457,68	175,549	12,68	0,000
Linear	4	543,14	135,785	9,81	0,000
pH	1	56,73	56,734	4,10	0,060
KPN	1	66,33	66,334	4,79	0,044
PAC	1	414,17	414,170	29,91	0,000
Odun külü	1	5,90	5,900	0,43	0,523
Square	4	1905,78	476,444	34,41	0,000
pH*pH	1	537,00	537,001	38,78	0,000
KPN*KPN	1	753,57	753,573	54,42	0,000
PAC*PAC	1	233,65	233,654	16,87	0,001
Odun külü*Odun külü	1	927,77	927,766	67,00	0,000
2-Way Interaction	6	8,76	1,461	0,11	0,995
pH*KPN	1	0,53	0,526	0,04	0,848
pH*PAC	1	1,50	1,501	0,11	0,746
pH*Odun külü	1	0,39	0,391	0,03	0,869
KPN*PAC	1	5,88	5,881	0,42	0,524
KPN*Odun külü	1	0,08	0,076	0,01	0,942
PAC*Odun külü	1	0,39	0,391	0,03	0,869
Error	16	221,57	13,848		
Lack-of-Fit	10	219,97	21,997	82,79	0,000
Pure Error	6	1,59	0,266		
Total	30	2679,25			

Modelin anlamlılık derecesi ve giderim verimi üzerine etki eden parametrelerin etkinlik derecesinin belirlenmesinde ANOVA tablosundan yararlanılabilir. $p < 0,05$ olan parametreler, giderim verimi üzerinde etkili parametreler olarak tanımlanabilmektedir. Buna göre etkili parametreler Tablo 3.13 Varyans analiz sonuçları tablosunda sarı renk ile işaretlenerek gösterilmiştir.

Deneyel sonuçlara göre modelin belirlediği optimum şartlar Tablo 3.14'da gösterilmiştir. Bu şartlarda 2'ser adet doğrulama deneyi yapılarak ortalamaları alınmış ve sonuçlar Tablo 3.15'de verilmiştir.

Tablo 3.14: KPN ile AKM giderim verimi optimum şartları (model).

Deney No	Parametreler				Model Değer
	pH	KPN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Külü (g/L)	%AKM
1	4	16	4	8	158,8

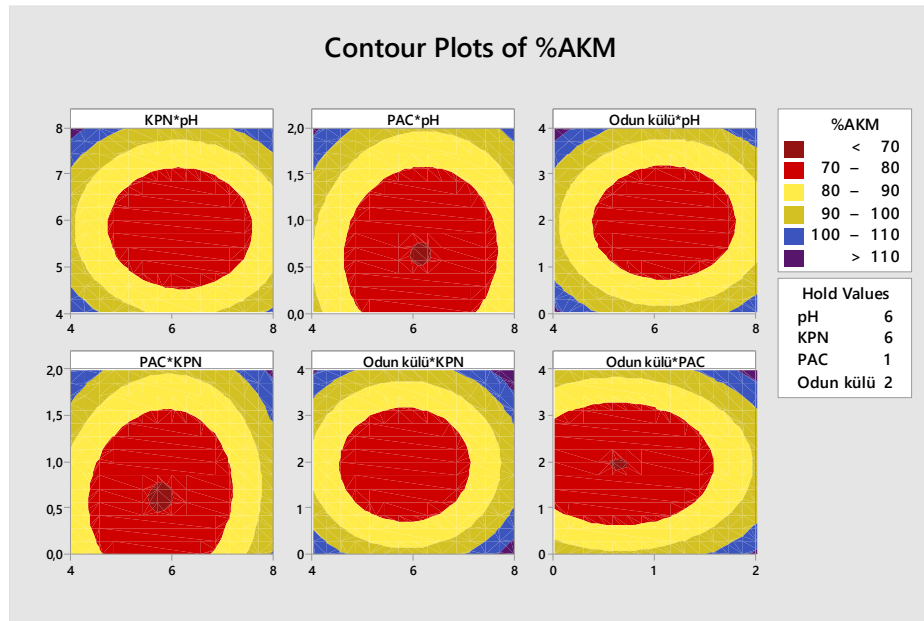
Tablo 3.15: KPN ile AKM giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).

Deney No	DeneySEL Sonuçlar								Denge pH
	Hamsu KOİ Değeri (mg/L)	Hamsu AKM Değeri (mg/L)	KOİ Giderimi (mg/L)	AKM Giderimi (mg/L)	% AKM	Ort. % AKM	% KOİ	Ort. %KOİ	
1	20.630	3.080	6.072	32	99,22	99,15	70,57	70,35	6,4
2	20.630	3.080	6.162	28,6	99,07		70,13		5,92

Modelin belirlediği optimum şartlarda yapılan doğrulama deneylerinin sonuçları model ile uyumlu bulunmuştur. Tesisin optimum şartlarda AKM giderim verimi %99,15 olarak tespit edilmiştir. Bu şartlarda yapılan KOİ analizinde ise %70,35 giderim elde edilmiştir.

KPN'nin kullanıldığı şartlarda parametrelerin birbiri ile olan etkileşimleri ve bu şartlardaki AKM giderim verimleri Şekil 3.11'de gösterilen contour grafikleri ile belirtilmektedir.

Şekil 3.4'e göre en yüksek AKM giderim veriminin (>100) koyu lacivert, en düşük AKM giderim veriminin (<70) ise koyu kahve renkli bölgelerde gerçekleştiği görülmüştür.



Şekil 3.11: KPN ile AKM giderim verimi contour grafikleri.

KPN ile yapılan deneysel sonuçlara göre KOİ ve AKM giderimlerinin birlikte en yüksek olduğu optimum şartlar için modelin öngördüğü değerler Tablo 3.8'de belirtilmiştir. Ayrıca belirlenen modelin uygunluğunu kontrol etmek için Tablo 3.8'de belirtilen optimum şartlarda 2'şer adet doğrulama deneyi yapılarak bunların ortalaması alınmıştır.

Tablo 3.16: KPN ile KOİ ve AKM giderim verimi optimum şartları (model).

Deney No	Parametreler				Model Değer	
	pH	KPN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Külü (g/L)	%KOİ	%AKM
1	4	16	4	8	68,7	158,8

Tablo 3.17: KPN ile KOİ ve AKM giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).

Deney No	Deneysel Sonuçlar								Denge pH
	Hamsu KOİ Değeri (mg/L)	Hamsu AKM Değeri (mg/L)	KOİ Giderimi (mg/L)	AKM Giderimi (mg/L)	%KOİ	Ort. %KOİ	%AKM	Ort. %AKM	
1	20.630	3.096	6.681	23,22	67,61	67,2	99,25	99,22	6,23
2	20.630	3.062	6.840	24,8	66,84		99,19		6,40

Tablo 3.17'de belirtildiği üzere, modelde belirlenen KOİ giderim verimi %68,7 iken deneysel olarak yapılan 2 adet deney ortalamasına göre %67,2 bulunmuştur. Deneysel sonuçlar ile optimum şartlarda modelin türettiği %KOİ giderim verimleri arasında yaklaşık olarak %2 lik bir sapma olmuştur.

Ayrıca metoda göre belirlenen %AKM giderim veriminin (%158,8; Modelin türettiği bu değer %100 olarak kabul edilecektir), deneysel olarak yapılan 2 adet deney ortalamasına göre yaklaşık olarak (%99,22) yakalandığı görülmüştür.

3.2.2 Anyonik Patates Nişastası (APN) Kullanımı İçin Deney Tasarımı

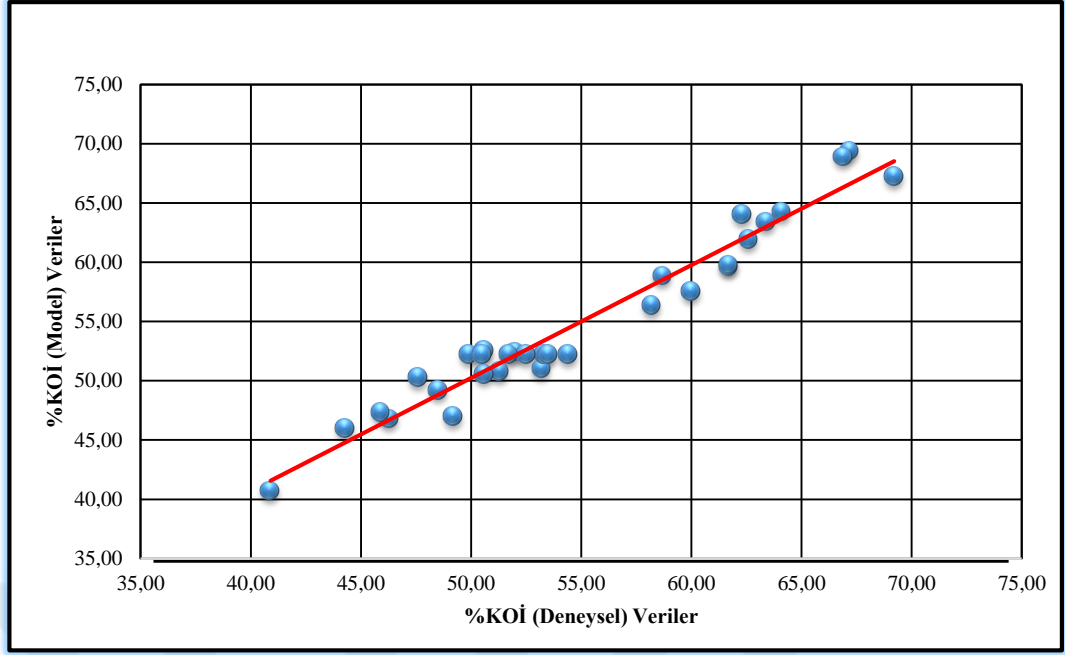
3.2.2.1 APN Kullanımı İçin KOİ Giderimi Deney Tasarımı

APN kullanılarak matriste belirtilen şartlarda yapılan deneysel sonuçlar ve modelin ön gördüğü KOİ giderim verimleri ile denge pH sonuçları Tablo 3.18’de verilmiştir.

Tablo 3.18: APN ile KOİ giderim verimleri.

Deney No	Parametreler				Hamsu KOİ Değeri (mg/L)	KOİ Giderimi (Deneysel) (mg/L)	%KOİ Giderimi (Deneysel)	%KOİ Giderimi (Model)	Denge pH
	pH	APN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Külü (mL/L)					
1	5	6	2	2	26.560	12.430	53,20	51,02	4,83
2	7	6	2	2	22.877	12.285	46,30	46,79	6,72
3	5	18	2	2	25.673	14.300	44,30	46,03	5,1
4	7	18	2	2	22.893	13.530	40,90	40,72	6,84
5	5	6	6	2	21.923	10.830	50,60	52,61	4,58
6	7	6	6	2	24.262	8.880	63,40	63,40	5,03
7	5	18	6	2	22.013	8.805	60,00	57,54	4,38
8	7	18	6	2	24.302	7.485	69,20	67,26	5,25
9	5	6	2	6	21.963	8.280	62,30	64,06	5,32
10	7	6	2	6	24.260	11.645	52,00	52,45	7,28
11	5	18	2	6	22.010	8.430	61,70	59,69	5,41
12	7	18	2	6	24.272	12.330	49,20	47,01	7,39
13	5	6	6	6	26.555	11.100	58,20	56,37	4,48
14	7	6	6	6	20.561	7.875	61,70	59,79	6,72
15	5	18	6	6	21.979	8.220	62,60	61,93	4,38
16	7	18	6	6	20.599	7.395	64,10	64,27	6,57
17	4	12	4	4	22.190	11.428	48,50	49,24	5,28
18	8	12	4	4	20.545	11.115	45,90	47,35	7,04
19	6	0	4	4	23.211	11.304	51,30	50,80	4,43
20	6	24	4	4	23.187	12.150	47,60	50,29	6,38
21	6	12	0	4	23.229	11.475	50,60	50,57	7,14
22	6	12	8	4	24.878	8.160	67,20	69,42	4,8
23	6	12	4	0	26.538	10.960	58,70	58,87	5,98
24	6	12	4	8	26.526	8.780	66,90	68,92	6,8
25	6	12	4	4	24.904	11.630	53,30	52,26	6,47
26	6	12	4	4	23.623	11.835	49,90	52,26	5,85
27	6	12	4	4	23.606	11.685	50,50	52,26	5,78
28	6	12	4	4	23.621	11.220	52,50	52,26	6,1
29	6	12	4	4	23.618	10.770	54,40	52,26	6,09
30	6	12	4	4	22.871	10.635	53,50	52,26	5,82
31	6	12	4	4	24.865	12.010	51,70	52,26	5,92

Şekil 3.12’de görüldüğü gibi, deneysel ve model analiz sonuçları arasındaki fark oldukça düşüktür. Sonuçların karşılaştırılması Şekil 3.12’de gösterilmiştir.



Şekil 3.12: APN ile KOİ giderim verim analizleri (deneySEL- model).

DeneySEL sonuçlar yoluyla modelden elde edilen %KOİ giderim verimi eşitliği, Denklem 3.3'de görüldüğü gibidir. DeneySEL sonuçlardan ve modelden elde edilen korelasyon katsayıları sırasıyla $R^2 = 0,9529$, $R^2_{adj} = 0,9116$ olarak tespit edilmiştir. R^2 değerlerinin 1'e yakın olması ve birbirleri ile uyumluluğu, deneySEL çalışmanın yüksek oranda geçerli olduğunu göstermektedir.

Denklem 3.3;

$$\begin{aligned} \%KOİ = & 43,9 + 8,13 \text{ pH} - 0,69 \text{ APN(ml)} - 25,89 \text{ PAC(ml)} + 6,26 \text{ Odun külü(g)} - 0,990 \\ & \text{pH} * \text{pH} - 0,0475 \text{ APN(ml)} * \text{APN(ml)} + 1,935 \text{ PAC(ml)} * \text{PAC(ml)} + 2,910 \text{ Odun} \\ & \text{külü(g)} * \text{Odun külü(g)} - 0,090 \text{ pH} * \text{APN(ml)} + 3,756 \text{ pH} * \text{PAC(ml)} - 1,844 \text{ pH} * \text{Odun} \\ & \text{külü(g)} + 0,827 \text{ APN(ml)} * \text{PAC(ml)} + 0,052 \text{ APN(ml)} * \text{Odun külü(g)} - 2,319 \\ & \text{PAC(ml)} * \text{Odun külü(g)} \end{aligned}$$

Tablo 3.19: Varyans analiz sonuçları.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	14	1554,07	111,005	23,10	0,000
Linear	4	690,21	172,552	35,90	0,000
pH	1	5,32	5,320	1,11	0,308
APN(ml)	1	0,40	0,400	0,08	0,777
PAC(ml)	1	532,98	532,984	110,89	0,000
Odun külü(g)	1	151,50	151,504	31,52	0,000
Square	4	397,64	99,410	20,68	0,000
pH*pH	1	28,05	28,045	5,84	0,028
APN(ml)*APN(ml)	1	5,23	5,234	1,09	0,312
PAC(ml)*PAC(ml)	1	107,03	107,033	22,27	0,000
Odun külü(g)*Odun külü(g)	1	242,10	242,097	50,37	0,000
2-Way Interaction	6	466,22	77,703	16,17	0,000
pH*APN(ml)	1	1,16	1,156	0,24	0,631
pH*PAC(ml)	1	225,75	225,751	46,97	0,000
pH*Odun külü(g)	1	54,39	54,391	11,32	0,004
APN(ml)*PAC(ml)	1	98,51	98,506	20,50	0,000
APN(ml)*Odun külü(g)	1	0,39	0,391	0,08	0,779
PAC(ml)*Odun külü(g)	1	86,03	86,026	17,90	0,001
Error	16	76,90	4,806		
Lack-of-Fit	10	60,66	6,066	2,24	0,168
Pure Error	6	16,24	2,706		
Total	30	1630,97			

Modelin anlamlılık derecesi ve giderim verimi üzerine etki eden parametrelerin etkinlik derecesinin belirlenmesinde ANOVA tablosundan yararlanılabilir. $p < 0,05$ olan parametreler, giderim verimi üzerinde etkili parametreler olarak tanımlanabilmektedir. Buna göre etkili parametreler Tablo3.19 Varyans analiz sonuçları tablosunda sarı renk ile işaretlenerek gösterilmiştir.

Deneyel sonuçlara göre modelin belirlediği optimum şartlar Tablo 3.20’de gösterilmiştir. Bu şartlarda 2’şer adet doğrulama deneyi yapılarak ortalamaları alınmış ve sonuçlar Tablo 3.21’de verilmiştir.

Tablo 3.20: APN ile KOİ giderim verimi için optimum şartları (model).

Deney No	Parametreler				Model Değer
	pH	APN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Külü (g/L)	%KOİ
1	8	24	8	0	109

Tablo 3.21: APN ile KOİ giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).

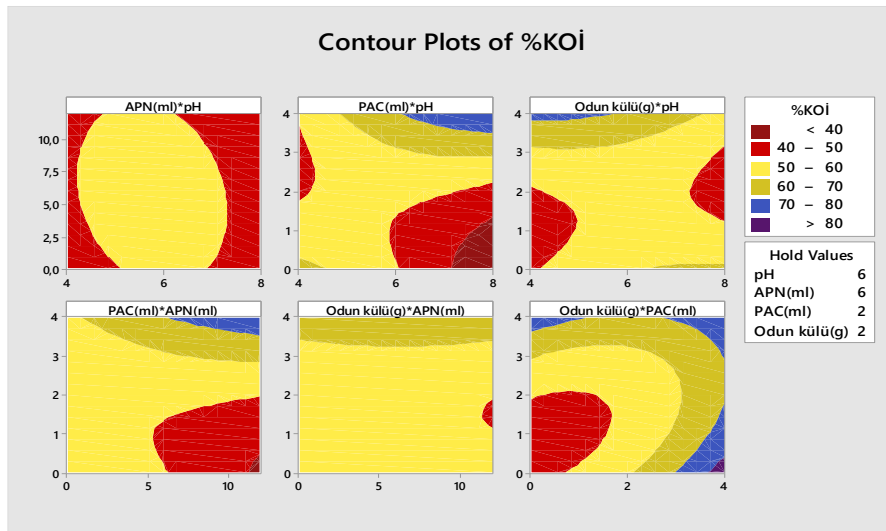
Deney No	Deneysel Sonuçlar								Denge pH
	Hamsu KOİ Değeri (mg/L)	Hamsu AKM Değeri (mg/L)	KOİ Giderimi (mg/L)	AKM Giderimi (mg/L)	% KOİ	Ort. % KOİ	% AKM	Ort. %AKM	
1	24.756	3.377	4.466	156	81,96	81,22	95,38	95,19	7,05
2	24.757	3.381	4.830	169,4	80,49		94,99		7,03

Modelin belirlediği optimum şartlarda yapılan doğrulama deneylerinin sonuçları model ile uyumlu bulunmuştur. Tesisin optimum şartlarda KOİ giderim verimi %81,22 olarak tespit edilmiştir. Bu şartlarda yapılan AKM analizinde ise %95,19 gibi yüksek bir giderim elde edilmiştir.

APN'nin kullanıldığı şartlarda parametrelerin birbiri ile olan etkileşimleri ve bu şartlardaki KOİ giderim verimleri Şekil 3.13'de gösterilen contour grafikleri ile belirtilmektedir.

Şekil 3.13'e göre en yüksek KOİ giderim veriminin, Odun Külü*PAC parametrelerinin etkileşimi sonucunda koyu lacivert bölgede gerçekleştiği görülmüştür.

Şekil 3.13'e göre en düşük KOİ giderim veriminin ise , PAC*pH etkileşimi sonucunda koyu kırmızı bölgelerde olduğu gözlenmektedir.



Şekil 3.13: APN ile KOİ giderim verimi contour grafikleri.

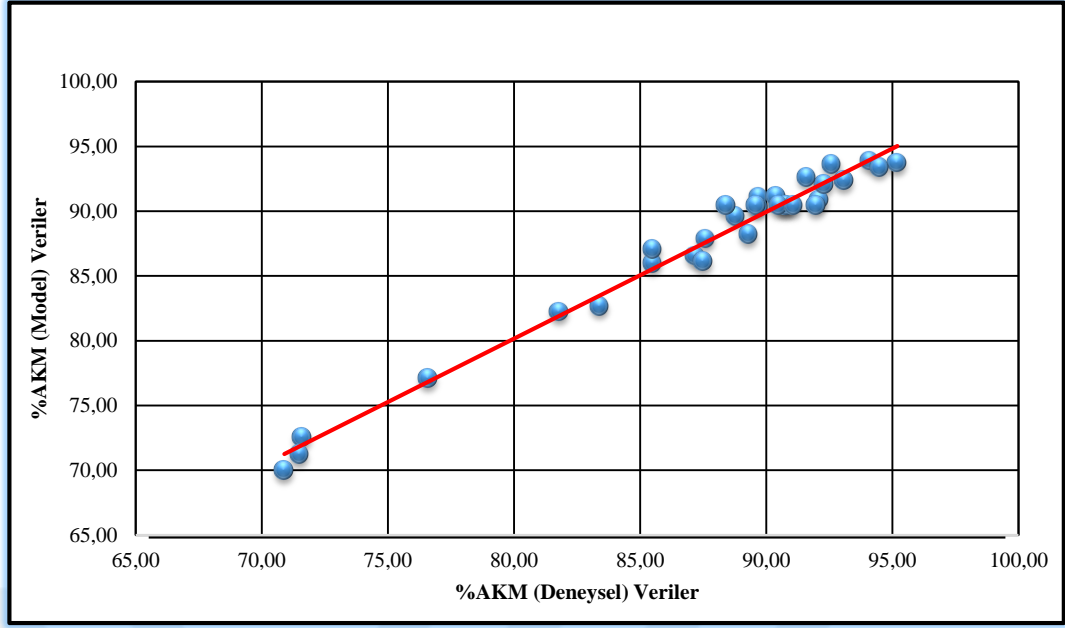
3.2.2.2 APN Kullanımı İçin AKM Giderimi Deney Tasarımı

APN kullanılarak AKM giderim verimi ve YYY uygulanması sonucunda elde edilen analiz sonuç değerleri (Deneysel) ve Minitap sonucu elde edilen tahmini sonuç değerleri (Model) Tablo 3.22’de belirtilmiştir.

Tablo 3.22: APN ile AKM giderim verimleri.

Deney No	Parametreler				Hamsu AKM Değeri (mg/L)	AKM Giderimi (Deneysel) (mg/L)	%AKM Giderimi (Deneysel)	%AKM Giderimi (Model)	Denge pH
	pH	APN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Kültü (mL/L)					
1	5	6	2	2	4.514	1.282	71,60	72,52	4,83
2	7	6	2	2	3.161	901	71,50	71,23	6,72
3	5	18	2	2	4.608	765	83,40	82,70	5,1
4	7	18	2	2	3.162	740	76,60	77,10	6,84
5	5	6	6	2	2.103	225	89,30	88,23	4,58
6	7	6	6	2	2.897	420	85,50	85,99	5,03
7	5	18	6	2	2.784	206	92,60	93,60	4,38
8	7	18	6	2	2.924	424	85,50	87,06	5,25
9	5	6	2	6	1.772	140	92,10	90,88	5,32
10	7	6	2	6	2.971	205	93,10	92,39	7,28
11	5	18	2	6	2.746	162	94,10	93,90	5,41
12	7	18	2	6	2.981	307	89,70	91,11	7,39
13	5	6	6	6	4.208	324	92,30	92,09	4,48
14	7	6	6	6	4.381	368	91,60	92,65	6,72
15	5	18	6	6	2.748	283	89,70	90,31	4,38
16	7	18	6	6	5.820	745	87,20	86,57	6,57
17	4	12	4	4	2.802	269	90,40	91,15	5,28
18	8	12	4	4	1.288	161	87,50	86,12	7,04
19	6	0	4	4	3.411	382	88,80	89,63	4,43
20	6	24	4	4	3.708	178	95,20	93,73	6,38
21	6	12	0	4	3.516	640	81,80	82,25	7,14
22	6	12	8	4	3.727	205	94,50	93,42	4,8
23	6	12	4	0	3.986	1.160	70,90	70,00	5,98
24	6	12	4	8	4.194	520	87,60	87,87	6,8
25	6	12	4	4	4.009	465	88,40	90,46	6,47
26	6	12	4	4	3.250	260	92,00	90,46	5,85
27	6	12	4	4	3.207	295	90,80	90,46	5,78
28	6	12	4	4	3.261	300	90,80	90,46	6,1
29	6	12	4	4	3.269	340	89,60	90,46	6,09
30	6	12	4	4	3.211	305	90,50	90,46	5,82
31	6	12	4	4	3.292	293	91,10	90,46	5,92

Şekil 3.14’da görüldüğü üzere, deneysel ve model analiz sonuçları arasındaki sapma dereceleri oldukça düşüktür. Bu nedenle APN ile AKM giderim verimi deneysel sonuçlarının modele uygun olduğu görülmüştür.



Şekil 3.14: APN ile AKM giderim verim analizleri (deneySEL- model).

DeneySEL sonuçlar yoluyla modelden elde edilen %AKM giderim verimi eşitliği, Denklem 3.4'de görüldüğü gibidir. DeneySEL sonuçlardan ve modelden elde edilen korelasyon katsayıları sırasıyla $R^2 = 0,9788$, $R^2_{adj} = 0,9603$ olarak tespit edilmiştir. R^2 değerlerinin 1'e yakın olması ve birbirleri ile uyumluluğu, deneySEL çalışmanın yüksek oranda geçerli olduğunu göstermektedir.

Denklem 3.4;

$$\begin{aligned} \%AKM = & 18,3 + 5,44 \text{ pH} + 4,075 \text{ APN(ml)} + 16,49 \text{ PAC(ml)} + 22,62 \text{ Odun külü(g)} - \\ & 0,456 \text{ pH} \cdot \text{pH} + 0,0341 \text{ APN(ml)} \cdot \text{APN(ml)} - 0,656 \text{ PAC(ml)} \cdot \text{PAC(ml)} - 2,881 \text{ Odun} \\ & \text{külü(g)} \cdot \text{Odun külü(g)} - 0,358 \text{ pH} \cdot \text{APN(ml)} - 0,238 \text{ pH} \cdot \text{PAC(ml)} + 0,700 \text{ pH} \cdot \text{Odun} \\ & \text{külü(g)} - 0,400 \text{ APN(ml)} \cdot \text{PAC(ml)} - 0,596 \text{ APN(ml)} \cdot \text{Odun külü(g)} - 3,625 \\ & \text{PAC(ml)} \cdot \text{Odun külü(g)} \end{aligned}$$

Tablo 3.23: Varyans analiz sonuçları.

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	14	1294,69	92,478	52,80	0,000
Linear	4	729,08	182,271	104,07	0,000
pH	1	38,00	38,002	21,70	0,000
APN(ml)	1	25,21	25,215	14,40	0,002
PAC(ml)	1	187,04	187,042	106,79	0,000
Odun külü(g)	1	478,83	478,827	273,39	0,000
Square	4	253,96	63,489	36,25	0,000
pH*pH	1	5,94	5,945	3,39	0,084
APN(ml)*APN(ml)	1	2,69	2,687	1,53	0,233
PAC(ml)*PAC(ml)	1	12,30	12,304	7,03	0,017
Odun külü(g)*Odun külü(g)	1	237,34	237,341	135,51	0,000
2-Way Interaction	6	311,64	51,941	29,66	0,000
pH*APN(ml)	1	18,49	18,490	10,56	0,005
pH*PAC(ml)	1	0,90	0,902	0,52	0,483
pH*Odun külü(g)	1	7,84	7,840	4,48	0,050
APN(ml)*PAC(ml)	1	23,04	23,040	13,15	0,002
APN(ml)*Odun külü(g)	1	51,12	51,122	29,19	0,000
PAC(ml)*Odun külü(g)	1	210,25	210,250	120,04	0,000
Error	16	28,02	1,751		
Lack-of-Fit	10	20,03	2,003	1,50	0,320
Pure Error	6	8,00	1,333		
Total	30	1322,71			

Modelin anlamlılık derecesi ve giderim verimi üzerine etki eden parametrelerin etkinlik derecesinin belirlenmesinde ANOVA tablosundan yararlanılabilir. $p < 0,05$ olan parametreler, giderim verimi üzerinde etkili parametreler olarak tanımlanabilmektedir. Buna göre etkili parametreler Tablo 3.23 Varyans analiz sonuçları tablosunda sarı renk ile işaretlenerek gösterilmiştir.

DeneySEL sonuçlara göre modelin belirlediği optimum şartlar Tablo 3.24'da gösterilmiştir. Bu şartlarda 2'şer adet doğrulama deneyi yapılarak ortalamaları alınmış ve sonuçlar Tablo 3.25'de verilmiştir.

Tablo 3.24: APN ile AKM giderim verimi optimum şartları (model).

Deney No	Parametreler				Model Değer
	pH	APN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Külü (g/L)	%AKM
1	4	24	8	1,3	103

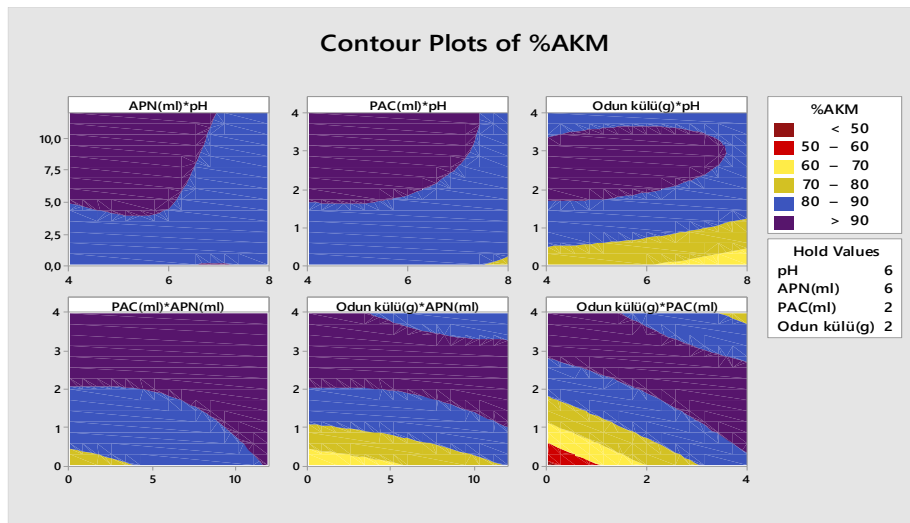
Tablo 3.25: APN ile AKM giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).

Deney No	Deneysel Sonuçlar								Denge pH
	Hamsu KOİ Değeri (mg/L)	Hamsu AKM Değeri (mg/L)	KOİ Giderimi (mg/L)	AKM Giderimi (mg/L)	% AKM	Ort. % AKM	% KOİ	Ort. %KOİ	
1	24.758	3.375	3.892	27	99,20	99,17	84,28	83,94	4,56
2	24.756	3.366	4.060	27,6	99,15		83,60		4,4

Modelin belirlediği optimum şartlarda yapılan doğrulama deneylerinin sonuçları model ile uyumlu bulunmuştur. Tesisin optimum şartlarda AKM giderim verimi %99,17 olarak tespit edilmiştir. Bu şartlarda yapılan KOİ analizinde ise %83,94 gibi yüksek bir giderim elde edilmiştir.

APN'nin kullanıldığı şartlarda parametrelerin birbiri ile olan etkileşimleri ve bu şartlardaki AKM giderim verimleri Şekil 3.15'de gösterilen contour grafikleri ile belirtilmektedir. Şekil 3.15'e göre en yüksek AKM giderim veriminin, Odun Külü*PAC parametrelerinin etkileşimi sonucunda koyu lacivert bölgede gerçekleştiği görülmüştür.

Şekil 3.15'e göre en düşük AKM giderim veriminin ise , PAC*pH etkileşimi sonucunda koyu kırmızı bölgelerde olduğu gözlenmektedir.



Şekil 3.15: APN ile AKM giderim verimi contour grafikleri.

APN ile yapılan deneylere göre KOİ ve AKM giderimlerinin maksimum olduğu optimum şartlar (Model) Tablo 3.26’da verilmiştir. Ayrıca modelin uygunluğunu kontrol etmek için Tablo 3.26’de belirtilen optimum şartlar için 2’şer adet doğrulama deneyi yapılarak ortalaması alınarak Tablo 3.27 de verilmiştir.

Tablo 3.26: APN ile KOİ ve AKM giderim verimi optimum şartları (model).

Deney No	Parametreler				Model Değer	
	pH	APN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Külü (g/L)	%KOİ	%AKM
1	4	24	0	8	85,6	96

Tablo 3.27: APN ile KOİ ve AKM giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).

Deney No	DeneySEL Sonuçlar								Denge pH
	Hamsu KOİ Değeri (mg/L)	Hamsu AKM Değeri (mg/L)	KOİ Giderimi (mg/L)	AKM Giderimi (mg/L)	% KOİ	Ort. % KOİ	% AKM	Ort. %AKM	
1	24.757	3.378	3.976	126	83,94	84,31	96,27	96,36	7,3
2	24.749	3.408	3.794	121	84,67		96,45		7,8

Tablo 3.27’de belirtildiği üzere, optimum şartlarda yapılacak deneyde modelde belirlenen %KOİ giderim verimi %85,6 iken, deneysel olarak %84,31 bulunmuştur. Bu veriler doğrultusunda, deneysel sonuçların optimum şartlarda modelden elde edilen %KOİ giderim verimi ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Ayrıca modelde belirlenen %AKM giderim verimi %96,00, deneysel olarak yapılan 2 adet deney ortalaması ise %96,36 olarak bulunmuştur. Bu veriler doğrultusunda, deneysel sonuçlar ile optimum şartlarda modelden türetilen %AKM ile uyumlu olduğundan bahsetmek mümkündür.

4. DEĞERLENDİRME VE SONUÇ

Bu çalışma kapsamında Yonga levha endüstrisi atıksularında bulunan Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ) ve Askıda Katı Madde (AKM)'nin giderimini etkileyen parametreler için Yanıt Yüzey Yönteminin (YYY) Merkezi Kompozit Tasarımına (MKT) göre optimizasyonu gerçekleştirilmiş olup aşağıdaki değerlendirmeler ve sonuçlar ortaya konulmuştur:

1. Yonga levha endüstrisi atıksularının karakterizasyon çalışmalarından (Tablo 4.1) ham atıksu ile süzölmüş atıksuyun KOİ değerleri arasında ortalama %39, BOİ değerleri arasında ortalama %46'lık fark olduğu görölmüştür. Bu durumda atıksuyun ortalama KOİ/BOİ oranının ham atıksu için 9,25, süzölmüş atıksu için 10,48 olmaktadır. Ham ve süzölmüş atıksu için KOİ/BOİ oranının yüksek olması nedeniyle parçalanabilir kısmının düşük olduğu ve biyolojik olarak arıtılmasının güç olacağı söylenebilir. Gerçekten bu endüstrideki biyolojik arıtım uygulamalarında benzer sorunlar yaşanmaktadır.

Tablo 4.1: Atıksuyun karakterizasyonu.

Parametre	Birim	Değer
KOİ (Ham)	mg/L	27.600-20.545
Çözönmüş KOİ (Süzölmüş,0,45 µM)	mg/L	16.836 – 12.532
BOİ (Ham)	mg/L	2.600
Çözönmüş BOİ (Süzölmüş,0,45 µM)	mg/L	1.400
AKM	mg/L	2.720 – 5.780

2. Yonga levha sektörünün sürekli büyüme göstermesi nedeniyle sektörün her geçen gün artan atıksularının doğru proseslerle arıtılması büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle yonga levha endüstrisi atıksularının ekonomik ve çevre dostu teknolojilerle arıtımı uygun olacaktır. Bu amaçla bu atıksuların katyonik ve anyonik nişastaların flokülant kaynağı olarak, bu işletmelerde atık olarak ortaya çıkan odun küllerinin ise adsorbent ve alkali kaynağı olarak kullanılarak

arıtımı öngörülmüştür. Yonga levha tesisleri bünyesinde oluşan odun külünün adsorpsiyon potansiyeli ve alkalinitesinin yüksek olması nedeniyle yonga levha atıksularının arıtılmasında pH dengelemesinde kostik ve kirece alternatif olarak kullanılması uygun olacaktır. Odun külünün endüstriyel atıksudan organik bileşenlerin uzaklaştırılması için düşük maliyetli bir sorbent/filtre olarak kullanılması, arıtma tesisi işletme maliyetlerini düşüreceği gibi tesislerde oluşan bu atığın yeniden kullanılmasını da sağlayacaktır. Ancak atıksu arıtımında kullanılacak odun külünün ağır metal yönünden uygunluğu garanti altına alınmalıdır. Aksi durumda çamurun ve suyun ağır metal yönünden tehlikeli olmasına neden olacaktır. Modifiye nişastalar ise flokülant performansları, doğal polimer ve düşük maliyet özellikleri göz önüne alındığında, atıksu arıtımında sentetik polimerlere alternatif flokülant olarak ön plana çıkmaktadır. Ayrıca doğal polimerlerin, biyolojik olarak parçalanabilme özellikleri ve yüksek flokülasyon performansları nedeniyle sentetik polimerlere göre avantaj sağlamaktadır.

3. KPN ve APN ile KOİ giderimi için yapılan optimizasyon çalışmalarından elde edilen optimum şartlar için yapılan doğrulama deney sonuçlarına göre (Tablo 4.2) KPN ve APN için KOİ giderim verimleri sırası ile ortalama %82,4 ve %81,22 olarak tespit edilmiştir. Bu şartlarda yapılan AKM analizlerinde ise KPN ve APN için elde edilen AKM giderim verimleri sırasıyla ortalama %94,9 ve %95,19 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.2: KPN ve APN ile KOİ giderimi için elde edilen optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).

Nişasta Türü	pH	KPN (mL/ L)	PAK-17 (mL/ L)	Odun Külü (g/L)	Ort. KOİ Giderimi (%)	Ort. AKM Giderimi (%)
KPN	6,38	8	4	3,64	82,40	94,90
APN	8,00	24	8	0	81,22	95,19

4. KPN ve APN ile AKM giderimi için yapılan optimizasyon çalışmalarından elde edilen optimum şartlar için yapılan doğrulama deney sonuçlarına göre (Tablo 4.3) KPN ve APN için AKM giderim verimleri sırasıyla ortalama %99,15 ve %99,17 olarak tespit edilmiştir. Bu şartlarda yapılan KOİ

analizlerinde ise KPN ve APN için elde edilen AKM giderim verimleri sırasıyla ortalama %70,35 ve %83,94 olarak tespit edilmiştir.

Tablo 4.3: KPN ve APN ile AKM giderimi için optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).

Nişasta Türü	pH	KPN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Külü (g/L)	Ort. AKM Giderimi (%)	Ort. KOİ Giderimi (%)
KPN	4	16	4	8	99,15	70,35
APN	4	24	8	1,3	99,17	83,94

5. KPN ile KOİ ve AKM'nin her ikisinin giderimini maksimum yapan optimum şartlar belirlenmiş ve bu şartlarda yapılan doğrulama deney çalışmalarına ait sonuçlar Tablo 4.4'de verilmektedir. Tablo 4.4'e göre optimum şartlarda modelin vermiş olduğu KOİ giderim verimi %68,7 iken deneysel olarak %67,2 bulunmuştur. Deneysel sonuçlar ile optimum şartlarda modelden türetilen %KOİ giderim verimleri arasında yaklaşık olarak %2 lik bir sapma olmuştur. Ayrıca methodsal olarak belirlenen %AKM giderim verimi (%158,8; Modelin türettiği bu değer %100 olarak kabul edilecektir), deneysel olarak yapılan 2 adet deney ortalamasına göre yaklaşık olarak (%99,22) yakalandığı görülmüştür. Bu veriler doğrultusunda, deneysel sonuçlar ile optimum şartlarda modelin türettiği %AKM model sonuçlarının uygun olduğu söylenebilir.

Tablo 4.4: KPN ile KOİ ve AKM giderimi için elde edilen optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).

Deney No	Parametreler				Model Değer		Deneysel Sonuçlar				Denge pH
	pH	KPN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Külü (g/L)	%KOİ	%AKM	%KOİ	Ort. % AKM	%AKM	Ort. %AKM	
1	4	16	4	8	68,7	158,8	67,61	67,2	99,25	99,22	6,23
2	4	16	4	8	68,7	158,8	66,84		99,19		6,40

6. APN ile KOİ ve AKM'nin her ikisinin giderimini maksimum yapan optimum şartlar belirlenmiş ve bu şartlarda yapılan doğrulama deney çalışmalarına ait sonuçlar Tablo 4.5'de verilmiştir. Tablo 4.5'e göre, optimum şartlarda modelde

belirlenen %KOİ giderim verimi %85,6 iken, deneysel olarak %84,31 bulunmuştur. Bu verilerden, deneysel sonuçların optimum şartlarda modelin türettiği %KOİ giderim verimine ait model sonuçları ile uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca modelde belirlenen %AKM giderim verimi %96,00 deneysel olarak yapılan 2 adet deney ortalaması ise %96,36 olarak bulunmuştur. Bu veriler doğrultusunda, deneysel sonuçlar ile optimum şartlarda modelin türettiği %AKM model sonuçların uygun olduğundan bahsetmek mümkündür.

Tablo 4.5: APN ile KOİ ve AKM giderimi için elde edilen optimum şartlarda yapılan doğrulama deney sonuçları (deneysel).

Deney No	Parametreler				Model Değer		Deneysel Sonuçlar				Denge pH
	pH	APN (mL/L)	PAK-17 (mL/L)	Odun Külü (g/L)	%KOİ	%AKM	%KOİ	Ort. %AKM	%AKM	Ort. %AKM	
1	4	24	0	8	85,6	96	83,94	84,31	96,27	96,36	7,3
2	4	24	0	8	85,6	96	84,67		96,45		7,8

7. Çalışma sonucunda işletmeler için önem ve uygulanabilirlik göz önüne alınarak KPN ve APN kullanımı durumunda KOİ ve AKM giderimini maksimum yapan optimum şartlar belirlenmiş, elde edilen Optimum şartlar ve bu şartlarda yapılan doğrulama deneylerinden elde edilen sonuçları Tablo 4.6’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre KPN kullanımı durumunda KOİ ve AKM giderimini maksimum yapan optimum şartlar; pH:4, KPN dozu:16 mL/L, PAK-17 dozu: 4 mL/L, Odun Külü Dozu:8 g/L olarak elde edilmiştir. Katyonik Patates Nişastası (KPN) kullanılması durumunda deneysel giderim verimleri KOİ için %67,2, AKM için ise %99,22 olarak elde edilmiştir. Anyonik Patates Nişastası (APN) kullanılması durumunda ise KOİ ve AKM giderimini maksimum yapan optimum şartlar; pH:4, KPN dozu:24 mL/L, PAK-17 dozu: 0 mL/L, Odun Külü Dozu:8 g/L olarak elde edilmiş, bu şartlarda deneysel giderim verimleri ise KOİ için %84,31, AKM için ise %96,36 olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre APN kullanılması durumunda KPN’ye göre KOİ gideriminde %20,3 daha yüksek bir verim, AKM gideriminde ise %2,88 daha düşük bir verim sağlanmıştır.

Tablo 4.6: KPN ve APN kullanımı için optimum şartlarda doğrulama deneylerinden elde edilen KOİ ve AKM giderim verimleri

Nişasta Türü	pH	Nişasta Dozu (mL/L)	PAK-17 Dozu (mL/L)	Odun Külü Dozu (g/L)	KOİ Giderimi (%)	AKM Giderimi (%)	Denge pH
KPN	4	16	4	8	67,20	99,22	6,31
APN	4	24	0	8	84,31	96,36	7,55

8. Çalışmalar sonucunda APN ve KPN için modelden türetilmiş olan denklemler ile korelasyon katsayıları Tablo 4.7’de belirtilmiştir. YYY ile modelin KPN ve APN için vermiş olduğu denklemler ile bağımsız değişkenlerin sayısal değerleri değiştirilerek bağımlı değişkenin sayısal değeri elde edilebilecektir. KPN ve APN için korelasyon katsayılarının (R^2 değerleri) 1’e yakın ve birbirleri ile uyumlu olmalarından dolayı model sonuçları ile deneysel çalışma sonuçlarının yüksek oranda uyumlu olduğu söylenebilir.

Tablo 4.7: KPN ve APN kullanımı için KOİ ve AKM giderimine ait modelden elde edilen denklemler.

Nişasta Türü	Denklem	Korelasyon Katsayıları (Deney ve Model için Sırasıyla)
KPN	$\%KOİ = -61,9 + 53,98 \text{ pH} - 18,05 \text{ KPN} + 10,80 \text{ PAC} + 5,54 \text{ Odun külü} - 4,029 \text{ pH} \cdot \text{pH} + 1,434 \text{ KPN} \cdot \text{KPN} + 1,086 \text{ PAC} \cdot \text{PAC} - 0,741 \text{ Odun külü} \cdot \text{Odun külü} + 0,050 \text{ pH} \cdot \text{KPN} + 1,100 \text{ pH} \cdot \text{PAC} - 3,075 \text{ pH} \cdot \text{Odun külü} - 3,800 \text{ KPN} \cdot \text{PAC} + 1,750 \text{ KPN} \cdot \text{Odun külü} + 4,900 \text{ PAC} \cdot \text{Odun külü}$ $\%AKM = 431,6 - 53,7 \text{ pH} - 60,0 \text{ KPN} - 4,2 \text{ PAC} - 22,08 \text{ Odun külü} + 4,333 \text{ pH} \cdot \text{pH} + 5,133 \text{ KPN} \cdot \text{KPN} + 11,43 \text{ PAC} \cdot \text{PAC} + 5,696 \text{ Odun külü} \cdot \text{Odun külü} + 0,181 \text{ pH} \cdot \text{KPN} - 0,61 \text{ pH} \cdot \text{PAC} - 0,156 \text{ pH} \cdot \text{Odun külü} - 1,21 \text{ KPN} \cdot \text{PAC} + 0,069 \text{ KPN} \cdot \text{Odun külü} + 0,31 \text{ PAC} \cdot \text{Odun külü}$	KOİ: $R^2 = 0,9916$ $R^2_{\text{adj}} = 0,9843$ AKM: $R^2 = 0,9173$ $R^2_{\text{adj}} = 0,8449$
APN	$\%KOİ = 43,9 + 8,13 \text{ pH} - 0,69 \text{ APN(ml)} - 25,89 \text{ PAC(ml)} + 6,26 \text{ Odun külü(g)} - 0,990 \text{ pH} \cdot \text{pH} - 0,0475 \text{ APN(ml)} \cdot \text{APN(ml)} + 1,935 \text{ PAC(ml)} \cdot \text{PAC(ml)} + 2,910 \text{ Odun külü(g)} \cdot \text{Odun külü(g)} - 0,090 \text{ pH} \cdot \text{APN(ml)} + 3,756 \text{ pH} \cdot \text{PAC(ml)} - 1,844 \text{ pH} \cdot \text{Odun külü(g)} + 0,827 \text{ APN(ml)} \cdot \text{PAC(ml)} + 0,052 \text{ APN(ml)} \cdot \text{Odun külü(g)} - 2,319 \text{ PAC(ml)} \cdot \text{Odun külü(g)}$ $\%AKM = 18,3 + 5,44 \text{ pH} + 4,075 \text{ APN(ml)} + 16,49 \text{ PAC(ml)} + 22,62 \text{ Odun külü(g)} - 0,456 \text{ pH} \cdot \text{pH} + 0,0341 \text{ APN(ml)} \cdot \text{APN(ml)} - 0,656 \text{ PAC(ml)} \cdot \text{PAC(ml)} - 2,881 \text{ Odun külü(g)} \cdot \text{Odun külü(g)} - 0,358 \text{ pH} \cdot \text{APN(ml)} - 0,238 \text{ pH} \cdot \text{PAC(ml)} + 0,700 \text{ pH} \cdot \text{Odun külü(g)} - 0,400 \text{ APN(ml)} \cdot \text{PAC(ml)} - 0,596 \text{ APN(ml)} \cdot \text{Odun külü(g)} - 3,625 \text{ PAC(ml)} \cdot \text{Odun külü(g)}$	KOİ: $R^2 = 0,9529$ $R^2_{\text{adj}} = 0,9116$ AKM: $R^2 = 0,9788$ $R^2_{\text{adj}} = 0,9603$

9. Çalışma kapsamında kullanılan nişastaların (KPN ve APN) ve odun külünün saf su ile yapılan KOİ analiz sonuçlarına göre (Tablo 4.8) özellikle nişastaların suda çözünmesinden dolayı KOİ parametresini nispeten yükselttiği görülmektedir, ancak nişastaların atıksudaki katılar ile flok oluşturarak çökmesi nedeniyle bu artışın daha az gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Ayrıca odun külünün sahip olduğu iyonları suya vermesinden dolayı KOİ parametresini kısmen yükselttiği görülmüştür. Sonuç olarak bu katkı maddelerinin arıtımda kullanılmasıyla KOİ ve AKM de net bir giderimin sağlanması katkı maddelerinden kaynaklanan KOİ ve AKM etkisini bertaraf edilebildiğini göstermektedir.

Tablo 4.8: Deneylerde kullanılan materyallerin KOİ parametresine etkileri.

Parametreler	APN	KPN	Odun Külü
pH (Başlangıç)	3,99	4,01	4,02
pH (Denge)	4,68	4,12	11,33
KOİ (mg/L)	161	98,8	28

10. Optimum şartlarda elde edilen KOİ ve AKM giderim verimleri için kullanılan materyaller olan Nişasta (APN ve KPN), PAK-17 ve Odun Külünün maliyet hesaplaması Tablo 4.9’da verilmiştir. Maliyet hesaplaması atıksuya optimum şartlarda dozajlanan materyal miktarlarına göre yapılmıştır. Odun külü, tesiste atık olarak oluştuğu için herhangi bir maliyeti söz konusu olmayacaktır. APN %0,75 (A/V) ve KPN %1,5 (A/V) çözelti oranlarında kullanılmıştır. Maliyet hesaplamasında bu durum göz önünde bulundurulmuştur.

Tablo 4.9: Maliyet hesabı.

	KPN	APN
Nişasta Dozu (mL/L)	16	24
PAK-17 Dozu (mL/L)	4	0
Odun Külü Dozu (g/L)	8	8
Nişas miktarı (kg/m ³ atıksu)	0,24	0,18
PAK-17 miktarı (kg/m ³ atıksu)	5,64	0
Odun Külü miktarı (kg/m ³ atıksu)	8	8
Nişasta maliyeti (\$/m ³ atıksu)	0,68	0,56
PAK-17 maliyeti (\$/m ³ atıksu)	1,43	0
Odun Külü miktarı (\$/m ³ atıksu)	0	0
Toplam Maliyet \$/m³ atıksu	2,11	0,56

Bu sonuçlara göre maliyet hesaplaması yapıldığında KPN için toplam arıtım maliyeti 2,11 \$/m³ atıksu; APN için toplam arıtım maliyeti ise 0,56 \$/m³ atıksu olarak tespit edilmiştir.

5. KAYNAKLAR

- [1] Dayanıklıoğlu, S., “Türkiye’de Lif Levha ve Yonga Levha Sektörünün Durumu, Avrupa Birliği Ülkeleriyle Karşılaştırılması, Problemleri ve Çözüm Yolları”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Odun Mekaniği ve Teknolojisi Programı, İstanbul, (2004).
- [2] Dumlu, L., “Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Çamurları İle Termokimyasal Ön Arıtım Uygulanmış Lignoselülozik Atıkların Birlikte Anaerobik Parçalanabilirliğinin Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü , Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya,(2011).
- [3] Andersson, K, I., Eriksson,M., Norgren, M.,”Lignin Removal by Adsorption to Fly Ash in Wastewater Generated by Mechanical Pulping”, Department of Natural Sciences, Engineering and Mathematics, FSCN, Mid Sweden University, Sundsvall, Sweden, (2012).
- [4] Vance, E. D., “Land Application Of Wood-Fired and Combination Boiler Ashes: An Overview”, Journal of Environ. Qual., 25: 937-944., 1996.
- [5] Pal, S., Mal, D., Singh, R. P., “Characterization of Cationic Starch: An Efficient Flocculating Agent”, Department of Applied Chemistry, Birla Institute of Technology, Mesra, Ranchi 835 215, Jharkhand, India, Department of Chemistry, Indian Institute of Technology-Kharagpur, Kharagpur 721 302, West Bengal, India, Office of the Vice Chancellor, University of Lucknow, Lucknow 226 007, India, (2008).
- [6] BS EN 1406:2009 Chemicals Used For Treatment of Water İntended For Human Consumption - Modified Starches Standards, Brüksel, (2009).
- [7] Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri, Levha Sanayii Sektör Raporu, Ankara, (2015).
- [8] MDF ve Yonga Levha Sanayicileri Derneği Faaliyet Raporu, İstanbul, (2017).

- [9] Barbu, M. C., Stassen, O., Frühwald, A., “Impact of Wood-Based Panels Industry On The Environment”, University of Hamburg, Germany and “Transilvania” University of Braşov, Romania, Former Head of Environment Protection Dept. MDF Hallein Austria and Fiberboard Baruth Germany, University of Hamburg, Faculty For Mathematics, Informatics and Natural Sciences, Germany, Proceedings Of The 51st International Convention of Society of Wood Science and Technology November 10-12, 2008 Concepción, Chile, (2008).
- [10] Kılıç, A., Sariusta, E. S., Hafizoğlu, H. “Sarıçam, Karaçam Ve Kızılçam Basınç Odununun Kimyasal Yapısı”, Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Endüstri Yüksek Mühendisi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi 2010, Cilt: 12, Sayı: 18, 33-39, Bartın (2010).
- [11] Erten, P.A, İlter, E., “Karaçam (Pinus Nigra Arnold.) Odununun Kimyasal Bileşenlerinin Belirlenmesi”, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten, No:250,(1995).
- [12] Abuamoud, M. M. M., Ateş, S., Durmaz, E., “Comparison of Some Anatomical, Chemical and Fibrous Characteristics of Turkish Red Pine (Pinus Brutia Ten.) Sampled From Different Regions”, Kastamonu University, Faculty of Forestry, Kastamonu Univ., Journal of Forestry Faculty, 2018, 18 (1): 75-82, Kastamonu, (2017).
- [13] Raven, P.H., Evert R.F. and Eichhorn, S.E., “Biology of Plants (6th Edition). W.H. Freeman and Company/Worth Publishers”, New York, pp 791, 1992.
- [14] Dumlu, L., “Kağıt Endüstrisi Atıksularına Uygun Arıtma Teknolojilerinin Belirlenmesi ve Türkiye’deki Mevcut Durumun Analizi”, Çevre ve Şehircilik Uzmanlık Tezi, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü Su ve Toprak Yönetimi Dai. Başk. (2014).
- [15] Faust, S.D. and Aly O. M., “Chemistry of Water Treatment, Oxford: Butterworth Publishers,” 723, (1983).
- [16] Eroğlu, V., “Su Tasfiyesi”, Ankara: Çevre ve Orman Bakanlığı, (2008).

- [17] Karcioğlu, Z., “Endüstriyel Atıksulardan Kimyasal Koagölasyon Yöntemi İle Bor Giderimi”, Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Erzurum, (2009).
- [18] Mackenzie L. D., “Su ve Atıksu Mühendisliği”, (Çev: C. Özmetin ve E. Özmetin), Nobel Akademik Yayıncılık, (2014).
- [19] Öztürk, İ., “Atıksu Mühendisliği”, İSKİ Teknik Kitaplar Serisi, İstanbul, (2017).
- [20] Şengül, F., Küçükğül, E.,Y., “Çevre Mühendisliği Fiziksel ve Kimyasal Temel İşlemler”, Çevre Mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları No:153, İzmir, (2002).
- [21] Peker, İ., “Çevre Mühendisliğinde Temel İşlemler”, Erciyes Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Birsen Yayınevi, İstanbul, 2007.
- [22] Sönmez, N., A., “Sulardan Adsorpsiyon Yöntemi İle Bor Giderimi”, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2014).
- [23] Öğütçü, Ö., “Doğal Absorban Maddelerin İyonik ve Moleküler Adsorpsiyon Özellikler”, Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Bursa, (2007).
- [24] Dönmez, R., “Doğal Kil Mineralleri Kullanarak Atıksulardan Kurşun (II) İyonunun Adsorpsiyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Manisa, (2006).
- [25] Reynolds, T.D. and Richards, P. A., Unit Operations and Processes in Environmental Engineering, Boston: PWS Publishing Company, (1996).
- [26] Er, E., “Yonga Levha Endüstrisi Atıksularının Kimyasal Arıtımı ve Yanıt Yüzey Yöntemi ile Optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir, (2016).

- [27] Jensen, B. M., & Winters, J. C., “Cationic Potato Starch Proven Effective As Wet-End Additives”, *Pulp & Paper*, 60(4), 83–85, 1986.
- [28] Kuo, W.-Y., Lai, H.-M., “Changes of Property And Morphology of Cationic Corn Starches”, Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, (2007).
- [29] Liu, Z., Wei, H., Li, A., Yang, H., “Evaluation of Structural Effects On The Flocculation Performance of A Co-Graft Starch-Based Flocculant”, School of the Environment, Nanjing University, Nanjing 210023, PR China, (2017).
- [30] Güneş, Ç., P., “1280°C’de Gelişen Odun Külü Katkılı Sır Araştırmaları ve Uygulamalar”, Sanatta Yeterlik Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü, Seramik Ve Cam Tasarımı Anasanat Dalı, İzmir, (2014).
- [31] Campbell, A. G., “Recycling and Disposing of Wood Ash”, *Tappi J.*, 73(9): 141-6, 1990.
- [32] Etiegni, L., Campbell, A. G. and Mahler, R.L., “Evaluation of Wood Ash Disposal On Agricultural Land”, I. Potential As A Soil Additive and Liming Agent, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 22: 243-256, 1991.
- [33] Etiegn, L., Campbell, A.G., “Physical and Chemical Characteristic of Wood Ash”, Department Of Forest Product, University of Idaho, Moscow, Idaho, USA, (1990).
- [34] Anonim (2014). Külден Doğal Gübre (There Are Many Benefits That Come From Adding Clean Burning Wood Ash İn The Garden.). (03.09.2018), <https://ziraatyapma.blogspot.com/2014/03/kulden-dogal-gubre-there-are-many.html>.
- [35] Etiegni, L. and Campbell, A. G., “Physical and Chemical Characteristics of Wood Ash”, *Bioresource Technology*, 37: 173-178, 1991.
- [36] Çalış, R., “Asit Reaksiyonlu Bir Toprakta Tavuk Gübresi Odun Külü ve Kirecin Kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Konya, (2006).

- [37] Muse, J.K. and Mitchell J.K., “ Paper Mill Boiler Ash and Lime By-Products As Soil Liming Materials”, Argon Journal, 87(3): 432-438, 1995.
- [38] Ulery, A.L., Graham, R. C. and Amrhein, C., “ Wood Ash Composition and Soil pH Following Intense Burning”, Soil Sci., 156: 358-364, 1993.
- [39] Erich, M.S., “Agronomic Effectiveness of Wood Ash As A Source of Phosphorus and Potassium”, Journal of Environ. Qual., 3(20): 576-581, 1991.
- [40] Ohno, T., “ Neutralization Of Soil Acidity and Release of Phosphorus and K By Wood Ash”, Journal of Environ. Qual., 21: 433-438, 1992.
- [41] Someshwar, A. V., “ Wood Ash and Combinations Wood Fired Boiler Ash Characterization”, Journal of Environ., Qual., 25: 962-972, 1996.
- [42] Williams, T. M., Hollis, C. A. and Smith, B. R., “ Forest Soils and Water Chemistry Following Bark Boiler Bottom Ash Application”, Journal of Environ. Qual., 25: 955-961, 1996.
- [43] Şirvancı, M., Kalite İçin Deney Tasarımı: Taguçi Yaklaşımı, İstanbul: Litetatür Yayınları, 110, (1997).
- [44] Gürbüz, G., “ Deri Endüstrisi Atıksularının Elektrokoagülasyon ve Elektro-Fenton Yöntemleri İle Arıtımında Rsm Kullanılarak Proses Optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2015).
- [45] Besterfield, D. H., Besterfield, C., Besterfield, G.H. and Besterfield, M., “Total Quality Management”, New Jersey: Prentice Hall Inc., (1997).
- [46] Lunani, M., Nair, V. N. and Wasserman, G. S., “Graphical Metods For Robust Design With Dynamic Characteristics”, Journal of Quality Technology, Pages 327-338, Volume 29, (1997).

[47] Akın, A., “ Bir Tekstil Yüzey Aktif Maddesinin H₂O₂ / UV-C Prosesiyle Arıtılabilirliğinin Yanıt Yüzey Yöntemiyle Modellenmesi ve Optimizasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, (2009).

[48] Khuri, A. I. and Cornell, J. A., "Response Surfaces Designs and Analyses", Newyork: Marcel Dekker, 509, (1996).

[49] Akay, U., “Tekstil Endüstrisindeki Atıksulardan Renk ve KOİ Gideriminin Yanıt Yüzey Yöntemi ile Eniyilenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Eskişehir, (2013).

[50] Orescanin, V. , Mikelic, L., Lulic, S., Nad, K., Mikulic, N., Rubcic, M. & Pavlovic, G., “Purification of Electroplating Wastewaters Utilizing Waste By Product Ferrous Sulfate and Wood Fly Ash”, Journal of Environmental Science and Health, Part A, 39:9, 2437-2446, (2004).

[51] Chojnacka, K., Michalak, I., “Using Wood And Bone Ash To Remove Metal Ions From Solutions”, Institute of Inorganic Technology and Mineral Fertilizers Wrocław University of ul. Smoluchowskiego 25, 50-372 Wrocław, Poland Technology, (2008).

[52] Mukherjee, S.a, Kumar, S.b, Misra, K.A.a, Fan, M.c, “Removal of Phenols From Water Environment By Activated Carbon, Bagasse Ash and Wood Charcoal”, A Civil Engineering Department, Jadavpur University, Kolkata 700032, India, b National Environmental Engineering Research Institute (NEERI), Nehru Marg, Nagpur 440020, India c School of Materials Science and Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA 30332, USA, (2006).

[53] Teha, Y., C., Wua, T., Y., Juanb, J., C., “Potential Use of Rice Starch In Coagulation Foculation Process of Agro-Industrial Wastewater: Treatment Performance And flocs Characterization”, Chemical Engineering Discipline, School of Engineering, Monash University, Jalan Lagoon Selatan, 46150 Bandar Sunway, Selangor Darul Ehsan, Malaysia, b Nanotechnology & Catalysis Research Centre (NANOCAT), University of Malaya, 50603 Kuala Lumpur, Malaysia, (2014).

- [54] Liu, Z., Huang, M., Li, A., Yang, H., “Flocculation and Antimicrobial Properties of A Cationized Starch”, State Key Laboratory of Pollution Control and Resource Reuse, School of the Environment, Nanjing University, Nanjing 210023, PR China, (2017).
- [55] Zou, Y., Li, S., Wang, Y., Yuan, C., Yuan, W., Zheng, L., Han, X., “Flocculation Behavior of Cationic Pea Starch Prepared By The Graft Copolymerization of Acrylamide For Wastewater Treatment”, School of Chemical Engineering, Northwest University, Xi’an, Shaanxi 710069, China, (2016).
- [56] Choy, Y., S., Prasad, N., M., K., Wu1, Y., T., Raghunandan, E., M., Yang., B., Phang, S-M., Ramanan, N., R., “Isolation, Characterization and The Potential Use of Starch From Jackfruit Seed Wastes As A Coagulant Aid For Treatment Of Turbid Water”, Environ Sci Pollut Res (2017) 24:2876–2889, Springer-Verlag Berlin Heidelberg,(2016).
- [57] Zıbal, A., C. 1, Akarsu, S. 2, Arslantaş, M.2, Dolaz, M.1,2, “ “Tekstil Atıksularında Renk Gidermede Kullanılan Koagulantlar: Nişasta ve CMPS’nin Floklaşmaya Etkisi”, 1Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Üniversite Sanayi İşbirliği Merkezi (ÜSKİM), Kahramanmaraş, 2Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Avşar Kampüsü, Kahramanmaraş, KSU Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(3), (2016).
- [58] Wang, J. P., Chen, Y. Z., Wang, Y., Yuan, S. J., and Yu, H. Q., “Optimization of The Coagulation Flocculation Process For Pulp Mill Wastewater Treatment Using A Combination of Uniform Design and Response Surface Methodology”, Water Research, 45, (17), 5633-5640, (2011).



EKLER

6. EKLER

EK-A: Emfloc KA 3 (F 9976) Safety Data Sheet.

EMSLAND GROUP
using nature to create

Safety Data Sheet

Emsland-Stärke GmbH

according to Regulation (EC) No 1907/2006

Emfloc KA 3 (F 9976)

Print date: 26.04.2016

Product code: 5000125

Page 1 of 5

SECTION 1: Identification of the substance/mixture and of the company/undertaking

1.1. Product identifier

Emfloc KA 3 (F 9976)
CAS No: 9063-38-1

1.2. Relevant identified uses of the substance or mixture and uses advised against

Use of the substance/mixture
drinking water treatment

1.3. Details of the supplier of the safety data sheet

Company name: Emsland-Stärke GmbH
Werk Emlichheim
Street: Emslandstrasse 58
Place: D-49824 Emlichheim
Post-office box: 1140
D-49820 Emlichheim
Telephone: +49 (0) 5943/81-0 Telefax: +49 (0) 5943/81-205
e-mail:
Internet:
Responsible Department: Documents Department - Products

1.4. Emergency telephone number: +49 (0) 5943/81-0 (during office hours: 8:00 - 16:00)

SECTION 2: Hazards identification

2.1. Classification of the substance or mixture

This substance is not classified as hazardous according to Directive 67/548/EEC.

GHS classification

This substance is not classified as hazardous according to Regulation (EC) No. 1272/2008.

2.2. Label elements

SECTION 3: Composition/information on ingredients

3.1. Substances

Chemical characterization
Starch, carboxymethyl ether, sodium salt

CAS-No.: 9063-38-1

SECTION 4: First aid measures

4.1. Description of first aid measures

General information
in case of skin contact defatty behaviour.

After inhalation
Provide fresh air.

After contact with skin
Rinse immediately with plenty of water.

After contact with eyes
Rinse immediately carefully and thoroughly with eye-bath or water. Medical treatment necessary.

according to Regulation (EC) No 1907/2006

Emfloc KA 3 (F 9976)

Print date: 26.04.2016

Product code: 5000125

Page 2 of 5

After ingestion

Rinse mouth thoroughly with water.

SECTION 5: Firefighting measures

5.1. Extinguishing media

Suitable extinguishing media

All, water gives glue formation.

Unsuitable extinguishing media

Where appropriate water.

5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

Can be released in case of fire: Carbon dioxide (CO₂), Carbon monoxide, Hydrogen chloride (HCl).

5.3. Advice for firefighters

In case of fire: Wear self-contained breathing apparatus.

SECTION 6: Accidental release measures

6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Avoid skin contact.

6.2. Environmental precautions

Keep away from aquatic environment, high solubility, high COD/BOD-value.

6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Dust avoiding take up, rests rinse with water.

SECTION 7: Handling and storage

7.1. Precautions for safe handling

Advice on safe handling

Avoid dusting conditions.

Advice on protection against fire and explosion

Avoid dust deposits. Clean working area. Keep away from sources of ignition - No smoking. Dust explosion risk.

Further information on handling

Use explosion-protected machinery, apparatus, suction equipment, appliances etc.

7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Requirements for storage rooms and vessels

Keep cool and dry in closed bags.

Further information on storage conditions

15 - 25 °C store temperature; max. 65 % humidity

SECTION 8: Exposure controls/personal protection

8.1. Control parameters

Exposure limits (EH40)

CAS No	Substance	ppm	mg/m ³	fibres/ml	Category	Origin
9005-25-8	Starch, respirable	-	4		TWA (8 h)	WEL
		-	-		STEL (15 min)	WEL
9005-25-8	Starch, total inhalable	-	10		TWA (8 h)	WEL
		-	-		STEL (15 min)	WEL

according to Regulation (EC) No 1907/2006

Emfloc KA 3 (F 9976)

Print date: 26.04.2016

Product code: 5000125

Page 3 of 5

8.2. Exposure controls

Appropriate engineering controls

Care for good ventilation/absorbtion at work.

Protective and hygiene measures

No dangerous substance, however pay attention for universall precaution in handling with chemicals.

Eye/face protection

Under dusting conditions: Wear eye/face protection.

Hand protection

Wear protective gloves

Respiratory protection

Under dusting conditions:
breathing mask filter P1

SECTION 9: Physical and chemical properties

9.1. Information on basic physical and chemical properties

Physical state:	Scaling
Colour:	white - off-white
Odour:	characteristic

Test method

Changes in the physical state

Explosive properties

dust explosive, Dust explosion category: ST 1

Lower explosion limits:	60 g/m ³
Upper explosion limits:	-
Ignition temperature:	400 - 450 °C
Water solubility: (at 20 °C)	completely

9.2. Other information

see data sheet

SECTION 10: Stability and reactivity

10.4. Conditions to avoid

Keep away from sources of ignition - No smoking.

10.5. Incompatible materials

Water. Acids.

10.6. Hazardous decomposition products

Does not decompose by proper application.

Further information

None

SECTION 11: Toxicological information

11.1. Information on toxicological effects

Acute toxicity

LD50, oral: > 2000 mg/kg
LD50, dermal: > 2000 mg/kg
LC50, inhalativ, dust: > 5mg/l/4 h

according to Regulation (EC) No 1907/2006

Emfloc KA 3 (F 9976)		
Print date: 26.04.2016	Product code: 5000125	Page 4 of 5

- Irritation and corrosivity**
unknown
- Sensitising effects**
unknown
- Specific effects in experiment on an animal**
Toxicological data are not available.
- Practical experience**
- Observations relevant to classification**
Has de-greasing effect on the skin.

SECTION 12: Ecological information

- 12.1. Toxicity**
LC50 (fish, 96 h): > 100mg/l
EC50 (daphnia, 48 h): > 100mg/l
IC50 (algae, 72 h): > 100 mg/l
- 12.2. Persistence and degradability**
Chemical Oxygen Demand (COD) approximate 1100 mg O2/g
Product is biodegradable.
- 12.4. Mobility in soil**
No mobility in the ground.

SECTION 13: Disposal considerations

- 13.1. Waste treatment methods**
 - Waste disposal number of waste from residues/unused products**
 - 020304 WASTES FROM AGRICULTURE, HORTICULTURE, AQUACULTURE, FORESTRY, HUNTING AND FISHING, FOOD PREPARATION AND PROCESSING; wastes from fruit, vegetables, cereals, edible oils, cocoa, coffee, tea and tobacco preparation and processing; conserve production; yeast and yeast extract production, molasses preparation and fermentation; materials unsuitable for consumption or processing
 - Waste disposal number of used product**
 - 020304 WASTES FROM AGRICULTURE, HORTICULTURE, AQUACULTURE, FORESTRY, HUNTING AND FISHING, FOOD PREPARATION AND PROCESSING; wastes from fruit, vegetables, cereals, edible oils, cocoa, coffee, tea and tobacco preparation and processing; conserve production; yeast and yeast extract production, molasses preparation and fermentation; materials unsuitable for consumption or processing
 - Contaminated packaging**
Waste disposal according to official state regulations.

SECTION 14: Transport information

- Land transport (ADR/RID)**
 - 14.2. UN proper shipping name:** No dangerous good in sense of this transport regulation.
- Inland waterways transport (ADN)**
 - 14.2. UN proper shipping name:** No dangerous good in sense of this transport regulation.
- Marine transport (IMDG)**
 - 14.2. UN proper shipping name:** No dangerous good in sense of this transport regulation.
- Air transport (ICAO)**
 - 14.2. UN proper shipping name:** No dangerous good in sense of this transport regulation.

Safety Data Sheet

according to Regulation (EC) No 1907/2006

Emfloc KA 3 (F 9976)

Print date: 26.04.2016

Product code: 5000125

Page 5 of 5

SECTION 15: Regulatory information

15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

EU regulatory information

Additional information

In accordance with Article 33 of Regulation (EC) 1907/2006 (Reach), including the last update of ECHA committee (info: <http://echa.europa.eu/candidate-list-table>) we declare that the product does not contain any substances of very high concern (SVHC list).

National regulatory information

Water contaminating class (D): 1 - slightly water contaminating

SECTION 16: Other information

according to Regulation (EC) No 1907/2006

Emfloc KCG 750 (F 10169)

Print date: 21.09.2016

Product code: 5000179

Page 2 of 5

SECTION 4: First aid measures

4.1. Description of first aid measures

After inhalation

irrelevant

After contact with skin

Wash skin with water and soap.

After contact with eyes

Rinse immediately carefully and thoroughly with eye-bath or water. Medical treatment necessary.

After ingestion

Rinse mouth immediately and drink a little bit of water.

SECTION 5: Firefighting measures

5.1. Extinguishing media

Suitable extinguishing media

All extinguishing agents suitable

5.2. Special hazards arising from the substance or mixture

not applicable

SECTION 6: Accidental release measures

6.1. Personal precautions, protective equipment and emergency procedures

Avoid skin contact.

6.2. Environmental precautions

Keep away from aquatic environment, high COD value.

6.3. Methods and material for containment and cleaning up

Take up the spilled product with an able adsorbant, small rests rinse with water. Retain contaminated washing water and dispose.

SECTION 7: Handling and storage

7.1. Precautions for safe handling

Advice on protection against fire and explosion

Clean working area. not Explosive.

7.2. Conditions for safe storage, including any incompatibilities

Requirements for storage rooms and vessels

Keep cool and dry in closed packaging.

Avoid: frost. heat.

SECTION 8: Exposure controls/personal protection

8.1. Control parameters

8.2. Exposure controls

Appropriate engineering controls

Care for good ventilation/absorbtion at work.

Protective and hygiene measures

No dangerous substance, however pay attention for universally precaution in handling with chemicals.

Eye/face protection

eye protection

according to Regulation (EC) No 1907/2006

Emfloc KCG 750 (F 10169)		
Print date: 21.09.2016	Product code: 5000179	Page 3 of 5

Hand protection

Avoid skin contact.
Wear protective gloves

SECTION 9: Physical and chemical properties

9.1. Information on basic physical and chemical properties

Physical state: liquid
Colour: clear yellowish solution
Odour: characteristic

Test method

Changes in the physical state

Water solubility: miscible.
(at 20 °C)
Viscosity / dynamic: approximate 10000 mPa·s
(at 20 °C)

SECTION 10: Stability and reactivity

10.4. Conditions to avoid

agitation

10.6. Hazardous decomposition products

Does not decompose by proper application.

SECTION 11: Toxicological information

11.1. Information on toxicological effects

Acute toxicity

CAS No	Chemical name				
	Exposure routes	Method	Dose	Species	Source
2634-33-5	1,2-benzisothiazol-3(2H)-one, 1,2-benzisothiazolin-3-one				
	oral	ATE	500 mg/kg		

Irritation and corrosivity

unknown

Sensitising effects

unknown

Specific effects in experiment on an animal

Toxicological data are not available.

SECTION 12: Ecological information

12.2. Persistence and degradability

Product is biodegradable.

12.4. Mobility in soil

The Product is water soluble and can therefore be transported over a considerable distance, if released into surface water (like channels, lakes, rivers, ocean etc.)

SECTION 13: Disposal considerations

13.1. Waste treatment methods

according to Regulation (EC) No 1907/2006

Emfloc KCG 750 (F 10169)

Print date: 21.09.2016

Product code: 5000179

Page 4 of 5

Waste disposal number of waste from residues/unused products

020304 WASTES FROM AGRICULTURE, HORTICULTURE, AQUACULTURE, FORESTRY, HUNTING AND FISHING, FOOD PREPARATION AND PROCESSING; wastes from fruit, vegetables, cereals, edible oils, cocoa, coffee, tea and tobacco preparation and processing; conserve production; yeast and yeast extract production, molasses preparation and fermentation; materials unsuitable for consumption or processing

Waste disposal number of used product

020304 WASTES FROM AGRICULTURE, HORTICULTURE, AQUACULTURE, FORESTRY, HUNTING AND FISHING, FOOD PREPARATION AND PROCESSING; wastes from fruit, vegetables, cereals, edible oils, cocoa, coffee, tea and tobacco preparation and processing; conserve production; yeast and yeast extract production, molasses preparation and fermentation; materials unsuitable for consumption or processing

Contaminated packaging

Waste disposal according to official state regulations.

SECTION 14: Transport information

Land transport (ADR/RID)

14.2. UN proper shipping name: No dangerous good in sense of this transport regulation.

Inland waterways transport (ADN)

14.2. UN proper shipping name: No dangerous good in sense of this transport regulation.

Marine transport (IMDG)

14.2. UN proper shipping name: No dangerous good in sense of this transport regulation.

Air transport (ICAO)

14.2. UN proper shipping name: No dangerous good in sense of this transport regulation.

Other applicable information

Waste disposal according to official state regulations.

SECTION 15: Regulatory information

15.1. Safety, health and environmental regulations/legislation specific for the substance or mixture

EU regulatory information

Additional information

In accordance with Article 33 of Regulation (EC) 1907/2006 (Reach), including the last update of ECHA committee (info: <http://echa.europa.eu/candidate-list-table>) we declare that the product does not contain any substances of very high concern (SVHC list).

National regulatory information

Water contaminating class (D): 1 - slightly water contaminating

SECTION 16: Other information

Full text of R phrases referred to under Sections 2 and 3

22 Harmful if swallowed.
38 Irritating to skin.
41 Risk of serious damage to eyes.
43 May cause sensitisation by skin contact.
50 Very toxic to aquatic organisms.

Full text of H statements referred to under Sections 2 and 3

H302 Harmful if swallowed.
H315 Causes skin irritation.

Safety Data Sheet

according to Regulation (EC) No 1907/2006

Emfloc KCG 750 (F 10169)

Print date: 21.09.2016

Product code: 5000179

Page 5 of 5

H317	May cause an allergic skin reaction.
H318	Causes serious eye damage.
H400	Very toxic to aquatic life.

(The data for the hazardous ingredients were taken respectively from the last version of the sub-contractor's safety data sheet.)

EK-C: CEN EN 1406: 2009 İnsan Tüketimi İçin Öngörülen Suyun Arıtılmasında Kullanılan Kimyasallar – Modifiye Edilmiş Nişastalar

TERCÜMEDİR

CSN standartlar distribütörü-Jiri Volejnik için UNMZ tarafından lisans verilmiş-Teknik norm
İndirme tarihi:02-12-2016
Orijinal İngilizce metin CSN EN

AVRUPA STANDARDI

EN 1406

Ağustos 2009

ICS 71.100.80
dır

EN 1406:1998'in yerini almaktadır

İngilizce versiyonu

İnsan tüketimi için öngörülen suyun arıtılmasında kullanılan kimyasallar – Modifiye edilmiş nişasta

Bu Avrupa Standardı CEN tarafından 24.Temmuz 2009 tarihinde onaylanmıştır.

CEN üyeleri herhangi bir değişiklik olmaksızın bir ulusal standardın statüsü olan işbu Avrupa Standardının verilmesi ile ilgili koşulları belirleyen CEN/CENELEC Dahili Yönetmeliklerine uymakla yükümlüdür. Bu ulusal standartlar ile ilgili güncel listeler ve bibliyografik referanslar CEN Yönetim Merkezine veya herhangi bir CEN üyesine başvuru ile temin edilebilir.

Bu Avrupa Standardı üç resmi versiyonda (İngilizce, Fransızca, Almanca) mevcut. Bir CEN üyesinin sorumluluğu altında kendi diline yapılan ve CEN Yönetim Merkezinde bildirilmiş bir tercüme ile herhangi başka bir dildaki bir versiyon resmi versiyonlar ile aynı statüye sahiptir.

CEN üyeleri Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İzlanda, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre ve Birleşik Krallık'taki ulusal standartlar yetkili onay makamlarıdır.

cen
AVRUPA STANDARDİZASYON KOMİTESİ

Yönetim Merkezi: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüksel

©2009 CEN Herhangi bir şekilde ve herhangi bir vasıta ile kullanıma ilişkin tüm haklar dünya çapında CEN ulusal Üyelerine saklıdır.

Ref No. EN 1406:2009: E

EN 1406:2009 (E)

İçindekiler		Sayfa
Önsöz		3
Giriş		4
1	Kapsam	5
2	Norm referansları	5
3	Tanımlama	5
3.1	İdentifikasyon	5
3.2	Ticari şekil	7
3.3	Fiziksel özellikler	7
3.4	Kimyasal özellikler	8
4	Saflik kriterleri	8
4.1	Genel	8
4.2	Ticari ürün bileşimi	8
4.3	Pislenmeler ve başlıca yan-ürünler	9
4.4	Kimyasal parametreler	9
5	Test yöntemleri	9
5.1	Numune alımı	9
5.2	Analizler	9
6	Etiketleme – Nakliye – Depolama	10
6.1	Teslimat araçları/şekli	10
6.2	Risk ve AT Talimatları doğrultusunda güvenlik etiketlemesi	11
6.3	Nakliye yönetmelikleri ve etiketleme	11
6.4	İşaretleme	11
6.5	Depolama	11
E A (bilgi amaçlı) Modifiye edilmiş nişastalar ile ilgili bilgiler		12
A.1	Menşei	12
A.2	Kullanım	12
A.3	Emniyetli elleçleme ve kullanım kuralları	13
A.4	Acil durum prosedürleri	13
Bibliyografi		15

Önsöz

Bu belge (EN 1406:2009) AFNOR sekreterliği olan CEN/TC 164 "Su Tedariki" Teknik Komitesi tarafından hazırlanmıştır.

Bu Avrupa Standardı en geç Şubat 2010 itibariyle özdeş olan bir metnin yayınlanması veya onaylanması ile ulusal bir standardın statüsünü vermesi amaçlanmaktadır ve çelişen ulusal standartlar en geç Şubat 2010 itibariyle yürürlükten kaldırılmalı.

Bu belgenin bazı öğelerinin patent haklarına tabi olabileceği olasılığına dikkat çekilmiştir. CEN [ve/veya CENELEC] bu patent haklarından herhangi birinin veya hepsinin tanımlanmasından sorumlu tutulamaz.

Bu belge EN 1406:1998'in yerini alır.

Ek A bilgi amaçlıdır ve modifiye edilmiş nişastaların menşei, kullanımı ve elleçlenmesi hakkında bir takım bilgiler vermektedir.

CEN/CENELEC Dahili Yönetmeliklere göre aşağıdaki ülkelerin ulusal standartlar kuruluşları bu Avrupa Standardının uygulanması ile yükümlüdür: Avusturya, Belçika, Bulgaristan, Kıbrıs, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Almanya, Yunanistan, Macaristan, İzlanda, İrlanda, İtalya, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Malta, Hollanda, Norveç, Polonya, Portekiz, Romanya, Slovakya, Slovenya, İspanya, İsveç, İsviçre ve Birleşik Krallık.

Giriş

İnsan tüketimi için öngörülen suyun kalitesi üzerindeki bu standart kapsamındaki ürünlerden kaynaklı muhtemel yan etkiler ile ilgili olarak:

- 1) Bu standart ürünün AT veya EFTA Üye Ülkelerinden herhangi birisinde kısıtlama olmaksızın kullanılmayacağına dair herhangi bir bilgi vermemektedir.
- 2) Doğrulanabilir Avrupa kriterlerinin adaptasyonu beklenirken bu ürünün kullanımı ve/veya özellikleri ile ilgili mevcut ulusal yönetmeliklerin yürürlükte kaldığı dikkate alınmalıdır.

NOT Bu standart ile uygunluk ürünün AT veya EFTA'nın Üye Ülkelerinden herhangi birisinde kabul edildiği veya onaylandığı anlamına gelmemektedir veya bunu ima etmemektedir. İşbu Avrupa Standardı kapsamı ürünün kullanımı yönetmeliğe veya Ulusal Resmi Makamların kontrolüne tabidir.

1 Kapsam

Bu Avrupa Standardı insan tüketimi için öngörülen suyun arıtılmasında kullanılan modifiye edilmiş nişastalar için geçerlidir. Modifiye edilmiş nişastaların özelliklerini tanımlamaktadır ve modifiye edilmiş nişastalar ile ilgili gerekleri ve ilgili test yöntemlerini belirtmektedir.

2 Norm referansları

Aşağıda belirtilen evraklar bu evrakın başvurusu için vazgeçilmezdir. Tarihi referanslar ile ilgili olarak, sadece atıfta bulunulan sürüm geçerlidir. Tarihsiz referanslar ile ilgili olarak, belirtilen belgenin son sürümü (her türlü değişiklik dahil) geçerlidir.

EN ISO 3696, *Analitik laboratuvar kullanımı amaçlı su – Spesifikasyon ve test yöntemleri (ISO 3696:1987)*

ISO 1666, *Nişasta – Nem muhteviyatının belirlenmesi – fırında kurutma yöntemi*

ISO 3165, *Sanayi amaçlı kimyasal ürünlerden numune alma – numune alımında güvenlik*

ISO 5377, *Nişasta hidroliz ürünleri – İndirgeyici toz ve dekstroz eşdeğerlerinin tespiti – Lane ve Eynon sabit titrasyon yöntemi*

ISO 6206, *Sanayi kullanımı için kimyasal ürünler – Numune alımı – sözlük*

ISO 8213, *Sanayi kullanımı için kimyasal ürünler – Numune alım teknikleri – Tozlardan kaba toplara kadar değişen partikül şeklindeki katı kimyasal ürünler*

3 Tanımlama

3.1 İdentifikasyon

3.1.1 Kimyasal isimler

Tipik modifiye edilmiş nişastaların kimyasal isimleri listelenmiştir:

- İyonik olmayan nişasta: poli-D-gilkoz;
- kationik nişasta: nişasta 2-hidroksi-3-(trimetilamino) propileter, klorür;
- anyonik nişasta: nişasta karboksimetil eter, sodyum tuzu.

Diğer modifiye edilmiş nişastalar kullanılabilir.

3.1.2 Eşanlamlılar ve ortak isimler

- nişasta;
- modifiye edilmiş nişasta;
- nişasta topaklaştırıcıları.

3.1.3 Rölatif moleküler kütle

Çözünmemiş patetes nişasta türevleri; tipik olarak 10^6 ila 10^8 aralığında.

EN 1406:2009 (E)

3.1.4 Deneysel formül

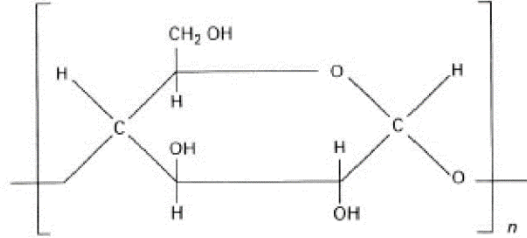
Tipik modifiye edilmiş nişastalar için deneysel formüller aşağıdaki gibidir:

- iyonik olmayan nişasta: $(C_6H_{10}O_5)_n$;
- kasyonik nişasta: $[(C_6H_{10}O_5)(C_{12}H_{24}ONCl)_{0,035-07}]_n$;
- anyonik nişasta: $[(C_6H_{10}O_5)(C_8H_{10}O_7Na)_{0,113}]_n$

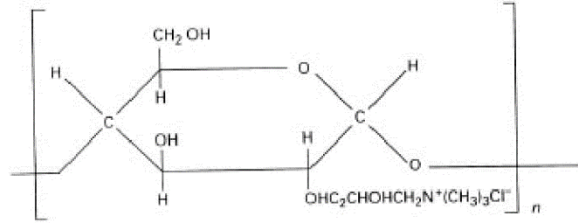
3.1.5 Kimyasal formüller

Tipik olarak modifiye edilmiş nişastaların kimyasal formülleri aşağıdaki gibidir:

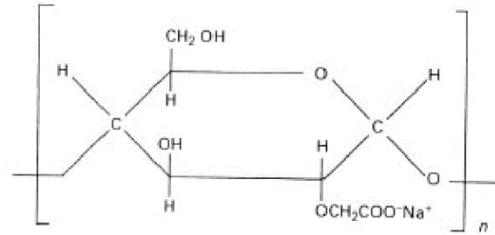
İyonik olmayan nişasta:



Kasyonik nişasta:



Anyonik nişasta:



3.1.6 CAS Tescil Numaraları¹⁾

- a) iyonik olmayan nişasta: 9025-25-8;
- b) katyonik nişasta: 56780-58-6;
- c) anyonik nişasta: 9063-38-1.

3.1.7 EINECS referansı²⁾

İyonik olmayan nişastanın EİNECS numarası 232-679-6.

Modifiye edilmiş nişastalar modifikasyonun gerçekleştirilmesi için kullanılan tepkiyenlerin EİNECS tescilli olmasını öngören EİNECS tescilinden muaftır.

3.2 Ticari şekil

Bu standartta tanımlandığı şekli ile modifiye edilmiş nişastalar az miktarda artık nem ihtiva eden katılar ve sulu çözeltiler olarak mevcuttur.

3.3 Fiziksel özellikler

3.3.1 Görünüm

Modifiye edilmiş nişastalar granül, tane veya toz veya beyaz ila sarımtırak yapışkan sulu çözeltiler.

3.3.2 Yoğunluk

Dökme yoğunluklar aşağıdaki gibidir:

- a) nişasta tozları: 0,4 – 0,7 kg/dm³
- b) sulu çözeltiler: 1,0 – 1,2 kg/dm³

3.3.3 Çözünürlük

Ürünler sıcak veya soğuk suda çözünür. Çözünürlükleri sadece viskozite ile sınırlıdır. Tipik olarak, anyonik nişasta %6'lık kütle fraksiyonuna sahip bir konsantrasyonda, katyonik nişasta %8'lik kütle fraksiyonu ve iyonik olmayan nişasta %13'lik hacim fraksiyonda çözülür, hepsi soğuk suda.

3.3.4 Buhar basıncı

Uygulanmaz

3.3.5 Kaynama noktası 100 kPa'da

Uygulanmaz

3.3.6 Erime noktası

Uygulanmaz

1) Kimyasal Ad Servis Kütük Numarası.

2) Mevcut Ticari Kimyasal Maddelerin Avrupa Envanteri

EN 1406:2009 (E)

3.3.7 Spesifik ısı
Uygulanmaz

3.3.8 Viskozite, dinamik
Uygulanmaz

3.3.9 Kritik sıcaklık
Uygulanmaz

3.3.10 Kritik basınç
Uygulanmaz

3.3.11 Fiziksel sertlik
Uygulanmaz

3.4 Kimyasal özellikler

Nişasta ve nişasta türevleri tehlikeli maddeler değildir ve esasen reaktif değildir. Ancak genel olarak bir çok başka organik bileşenler ile güçlü bir egzotermik reaksiyon meydana gelecektir, eğer kuru halde güçlü oksitlenen maddeler ve güçlü asitler ile temas ettirildiklerinde.

NOT Seyreltilmiş çözeltide, su arıtmasında kullanılan bazı dezenfektanlar ve oksitlenen maddeler ile bir reaksiyon veya bunlar tarafından bozulma meydana gelebilir.

4 Sıfık kriterleri

4.1 Genel

Bu Avrupa Standardı insan tüketimi için öngörülen suyun arıtılmasında kullanılacak modifiye edilmiş nişastalar ile ilgili minimum sıfık gereklerini belirlemektedir. Limitler ekseriyetle ürün içerisinde var olan pisenmeler için verilmiştir. Ham maddeye ve üretim prosesine bağılı olarak başkaca pisenmeler var olabilir ve eğer böyle ise, bu durum kullanıcıya ve gerekli olduğunda ilgili resmi makamlara bildirilmeli.

NOT Bu ürünün kullanıcıları insan tüketimi için öngörülen suyun arıtılması için uygun sıfıkta olup olmadığını açıklığa kavuşturmak için ham su kalitesini, gerekli dozajı, diğere pisenmelerin ve ürün standardından belirtilmek-sizin üründe kullanılan katkı maddelerinin muhteviyatını dikkate alarak ulusal yönetmelikleri kontrol etmeli.

Limitler mevcut üretim süreci ve ham maddeden kaynaklı olarak önemli miktarlarda var olmaları olası olduğu durumda pisenmeler ve kimyasal parametreler için verilmiştir. Üretim prosesinin veya ham maddelerin önemli miktarlarda pisenmelerin, yan ürünlerin veya katkı maddelerinin var olmasına yol açtığında bu durum kullanıcıya bildirilmeli.

4.2 Ticari ürün bileşimi

Aşağıdaki gereklerin modifiye edilmiş nişasta ürünleri için geçerli olması öngörülmüştür (bu spesifikasyon kuru nişasta için geçerlidir):

- nişasta muhteviyatı:%86,4'lük kütle fraksiyonu ila %92'lik kütle fraksiyonu;
- nem muhteviyatı: %6,5'lük kütle fraksiyonu ila %12'lik kütle fraksiyonu;

c) yabancı madde: yok.

Nişastanın sulu çözeltileri için:

- d) nişasta muhteviyatı: %50'lik kütle fraksiyonu ile %5'lik kütle fraksiyonu;
e) nem muhteviyatı: %50'lik kütle fraksiyonu ile %95'lik kütle fraksiyonu.

4.3 Pislenmeler ve başlıca yan-ürünler

Ham maddelere ve üretim prosesine dayalı olarak (bakınız A.1) bu ürünün içme suyu arıtmasında uygulanması ile ilgili olan önemli ek reaktanlar veya yan ürünler konsantrasyonu yok.

4.4 Kimyasal parametreler

NOT Bu standardın amacı için, "kimyasal parametreler" 3.Kasım 1998 tarihli 98/83/EC sayılı AT Talimatında belirlenenlerdir [1].

Yukarıda belirtilen kimyasal parametreler 5 mg/l'lik bir referans dozunda ilgili değildir.

5 Test yöntemleri

5.1 Numune alımı

Numune alımı ISO 8213'e uygun olmalı ve ISO 3165 ve ISO 6206'da verilen tavsiyeler yerine getirilmeli.

Katı ürün veya sulu çözeltilerden yeterli miktarda bir şahit numune üretimden hemen sonra veya yeni açılmış bir paketten(lerden) alınmalı. Numune açık bir şekilde numune alınan ürünün adı/kodu, parti numarası, konteynerin(lerin) /kabın(ların) tipi ve numune alım tarihi ile etiketlenmeli. Referans numuneler üretici/tedarikçi tarafından ileri sürüldüğü üzere ürünün depolama ömrü boyunca muhafaza edilmeli.

5.2 Analizler

5.2.1 Genel

Aksi öngörülmediği sürece, bütün reaktanlar kabul görmüş analitik saflıkta olmalı. Kullanılan su EN ISO 3696'da belirtilen derece 2'ye uygun olmalı.

5.2.2 Ana ürün

5.2.2.1 Nişasta muhteviyatının belirlenmesi

5.2.2.1.1 Prensip

Test numunesi şekere indirgenmek için hidroliz ile dönüştürmek için önce seyreltilmiş hidroklorik asit ile ısıtılmalı [2]. Arından test numunesinin dekstroz eşdeğeri titrasyon ile belirlenir, böylece dahili gösterge olarak metilen mavisi kullanılarak belirtilen koşullar altında karıştırılmış Fehling çözeltisinin öngörülen hacmini meydana getirilir.

5.2.2.1.2 Ayıraçlar

5.2.2.1.2.1 Hidroklorik asidin konsantre edilmiş yoğunluğu, $p = 1,19$ g/ml.

EN 1406:2009 (E)

5.2.2.1.2.2 Potasyum hidroksi, 10g/l'lik çözelti.

5.2.2.1.2.3 Renk açıcı kömür.

5.2.2.1.3 Cihazlar

Aşağıda yazılanlarla birlikte standart laboratuvar cihazları ve cam eşyalar:

5.2.2.1.3.1 Erlen, 250 ml, geri akış kondansatörü takılmış cam tıkaçlı.

5.2.2.1.3.2 Ölçülü balon, 200 ml.

5.2.2.1.4 Prosedür

5.2.2.1.4.1 Test parçası (porsiyonu)

Ağırlık, 0,1 mg'ye en yakın, 1 g test numunesi 250 ml'lik erlen içerisine (5.2.2.1.3.1).

5.2.2.1.4.2 Tespit

5.2.2.1.4.2.1 Numune hidrolizi

100 ml su ve 2 ml hidroklorik asit eklenmiş test porsiyonunu içeren geri akış kondansatörü takılı erlene. Kaynatıp 3 saat boyunca geri çekilmesini bekleyin.

Erlen içeriğini ve çalkalama suyunu 200 ml'lik ölçülü balona (5.2.2.1.3.2) aktarın. Soğutun ve potasyum hidroksit çözeltisi ile hemen hemen nötralize edin (5.2.2.1.2.2). 200 ml'ye kadar su ekleyin ve küçük bir renk açıcı kömür içerisinde filtreleyin (5.2.2.1.2.3).

Titrasyon aşaması için yeterince test çözeltisi sağlamak için yukarıdaki işlemi üç kez gerçekleştirin (5.2.2.1.4.2.2).

5.2.2.1.4.2.2 Dekstroz eşdeğerinin tespiti

Deskroz eşdeğerini ISO 5377'ye uygun olarak tespit edin.

NOT Numunedeki 100 g kuru madde başına susuz D-glikozun gramındaki miktar olarak ifade edilmiş deskroz eşdeğeri % kütle fraksiyonu olarak ifade edilen nişasta içeriğine eşdeğerdir.

5.2.2.2 Nem muhteviyatının tespiti

Nem muhteviyatını ISO 1666'ya uygun olarak fırında-kurutma yöntemi ile tespit edin.

5.2.3 Pisenmeler

Uygulanmaz (bakınız 4.2).

6 Etiketleme - Nakliye - Depolama

6.1 Teslimat araçları/şekli

Ürün uygun konteyner içerisinde teslim edilmeli, örn. dökme konteynerler, çuvallar, fiçılar veya tenekeler. Fiçılar ve çuvallara nem bariyerine sahip olmalı, örn. içten polietilen astar.

Ürünün saflığının etkilenmemesi için, teslimat aracı daha önce herhangi farklı bir ürün için kullanılmamış olmayı veya kullanılmadan önce özellikle temizlenmiş ve hazırlanmış olmalı.

6.2 Risk ve AT Talimatları doğrultusunda güvenlik etiketlemesi

Bu standardın yayınlama tarihinde modifiye nişastalar 67/548/EEC sayılı AT Talimatı gereğince tehlikeli maddeler olarak sınıflandırılmamıştır [3].

NOT Tehlikeli maddelerin sınıflandırılması, ambalajlanması ve etiketlenmesi hakkındaki 67/548/EEC sayılı Talimatın I nolu Eki ve değişiklikleri ve Avrupa Birliğindeki uyarlamaları AT tarafından sınıflandırılmış maddelerin bir içeriğini içermektedir. Bu I nolu Ekte bulunmayan maddeler Talimattaki kriterlere uygun olarak maddenin pazarlanmasından sorumlu kişi tarafından temel özelliklerine dayalı olarak sınıflandırılmı-
lı.

6.3 Nakliye yönetmelikleri ve etiketleme

Mevcut belgenin tarihinde, modifiye edilmiş nişastalar nakliye için tehlikeli olarak sınıflandırılmamıştır ve bu nedenle de bir UN numarasına³⁾, tehlike sınıfına, ambalaj grubuna sahip değildir veya UN-sertifikalı kontey-
nerler gerektirmemektedir.

6.4 İşaretleme

Her bir konteyner en azından aşağıdaki bilgiler ile işaretlenmeli:

- a) "Modifiye edilmiş nişasta" adı, ticari isim ve saflık (derece);
- b) net kütle;
- c) tedarikçinin ve/veya üreticinin adı ve adresi;
- d) "Bu ürün EN 1406'ya uygundur" beyanı

6.5 Depolama

6.5.1 Uzun süreli dayanıklılık

Hafif higroskopik tabiatından dolayı ürünler en iyi serin ve kuru bir yerde düşük nem ile ve yüksek ısılardan uzak depolanır. Ürün genellikle ortam ısılarında en az 12 aylık depolamada dayanıklıdır. Tedarikçinin tavsiyesine uyun.

6.5.2 Depolama uyumsuzlukları

Güçlü asitlerden (örn. sülfürik asit) ve güçlü oksitlenen maddelerden (örn. sodyum hipoklorit) uzakta depo-
layın. Yüksek nem ve ısıdan sakının.

3) Birleşmiş Milletler Numarası.

EN 1406:2009 (E)

Ek A
(bilgi amaçlı)

Modifiye edilmiş nişastalar hakkında genel bilgiler

A.1 Menşei

A.1.1 Ham maddeler

Modifiye edilmiş nişastalar patates, mısır, buğday, arpa, tapyoka gibi çeşitli ham maddelerden üretilir.

A.1.2 Üretim prosesi

İyonik olmayan nişasta: nişasta üzerinde hesaplanmış $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ 'nın %3'lük kütle fraksiyonunu ihtiva eden sulu bir patates nişasta süspansiyonu ısı ile önceden jelatinleştirilir. Yapışkan kütle suyu buharlaştırma ve ürünü kuru öğütülebilir film olarak elde etmek için sıcak döner fiçılara aktarılır.

Katyonik nişasta: modifiye edilmemiş nişasta yaklaşık 0,035 – 0,7'lik bir sübstütüsyon derecesi elde edilen kadar 2-hidroksi-3-kloropropil-trimetil amonyum klorür ile bir alkalın süspansiyonu ile bir reaksiyona tabi tutulur.

Anyonik nişasta: patates nişastası yaklaşık 0,113'lük bir sübstütüsyon derecesi elde edilen kadar monokloroasetik asidin sodyum tuzuyla reaksiyon ile alkalın çözeltisi içerisinde karboksimetillenir. Reaksiyon ürünü döner sıcak fiçılarda kurutulur.

A.2 Kullanım

A.2.1 Fonksiyon

Nişastalar koloidal ve ince asılı parçacıkların giderilmesini (temizlenmesini) kolaylaştırmak için içme suyu artımasına kullanılmaktadır. Bunlar bulanıklığın ve rengin giderilmesi için metal tuzları ile birlikte kullanıldığında etkilidirler.

A.2.2 Ne şekilde kullanıldığı

Ürün genellikle seyreltilmiş sulu çözelti olarak artıma sistemine konulur. Önce taze stok çözeltisinin (yaklaşık %5'lik kütle fraksiyon) hazırlanması tavsiye edilir, arından gerekli konsantrasyonda kullanılmadan hemen önce uygun seyreltme gelir.

A.2.3 İşlem dozu

İşlem dozu artılabilecek ham suyun kalitesine bağlı olarak değişecektir ve yerel yönetmeliklere tabi olabilir. Tipik olarak, 0,5 mg/l ila 2 mg/l arasında bir seviye kullanılır.

Ürününün dozaj gereksinimini minimize etmek için metal tuz pıhtılaştırıcı ile ürünün ilave edilmesi arasında bir gecikme süresinin tanınması normal bir uygulamadır.

A.2.4 Uygulama araçları

Ürünler genellikle bir ölçüm pompasının kullanılması ile uygulanmaktadır. Nişasta çözeltisinin arıtılan suda yeterince dağılmasını sağlamak için ekleme noktasında yeterli karıştırma hareketi meydana gelmelidir.

A.2.5 İkincil (yan) etkiler

Ürünün ikincil (yan) etkileri yoktur.

A.2.6 Aşırı ürünün temizlenmesi

Uygulanmaz.

A.3 Emniyetli elleçleme ve kullanım kuralları

Her zaman iyi kimyasal elleçleme uygulamaları takip edilmeli. Toz oluşumu önlenmeli ve çalışma ortamı temiz ve kuru tutulmalı.

Dökülen modifiye edilmiş nişasta su ile karıştırıldığında kayma tehlikesi yaratabilir.

Uzun süreli temas gözlerde tahrişe neden olabilir.

Ürün ıslandığında kaygan olduğuna dair uygun özel riskler güvenlik veri formuna kaydedilmeli:

- a) dökülme durumunda kuruyana kadar süpürülmeli. Su ilavesi zemini son derece kaygan ve tehlikeli hale getirecektir;
- b) maruz kalma uzun sürmediği veya tozlu koşullar söz konusu olmadığı sürece el ve gözlerin korunması normalde garanti edilmemektedir. Uzun süreli temas orta dereceli göz ve cilt tahrişine neden olabilir.;
- c) emniyetli yerlerde koruyucu giysiler gerekli değildir, ancak temizlemek zor olabileceği için tulum tavsiye edilir;
- d) sağlanan havalandırma yeterli olduğu ve tozlanma kontrol altında tutulduğu takdirde solunum koruması gerekli değildir.

A.4 Acil durum prosedürleri

A.4.1 İlk yardım

Modifiye edilmiş nişasta cilt ile temas ettiğinde, kirlenen alan bol miktarda sabun ve su ile yıkanmalı.

Modifiye edilmiş nişasta gözlerle temas ettiğinde, en az 15 dakika boyunca su ile durulanmalı. Tahriş devam ederse tıbbi yardım alınmalı.

Modifiye edilmiş nişasta yutulduğunda ağız su ile yıkanmalı, ancak etkilenen kişinin yıkama suyunu yutmasına izin verilmemeli. Ardından su içirilmeli. Kusturucu ilaç verilmemeli. Etkilenen kişinin dinlenmesine izin verilmeli ve derhal tıbbi yardım alınmalı.

Yukarıdakine ilaveten, tedarikçinin güvenlik veri formundaki her türlü diğer tavsiyeye uyulmalı.

EN 1406:2009 (E)

Dökülenler kuru ise, kürekenmeli, vakumlanmalı veya süpürülmeli.

Modifiye edilmiş nişasta toprakları kolayca biyolojik olarak ayrışır ve bu nedenle BOD veya COD⁴⁾ katkıda bulunur:

BOD₅: ürünün gramı başına yaklaşık 500 mg oksijen;
COD: ürünün gramı başına yaklaşık 1 000 mg oksijen.

Büyük miktarda dökülenler ıslandığında kanalizasyona ulaşmasını önlemek için kum veya toprak gibi inert (eylemsiz) madde ile toplanmalı ve ardından imha için temizlenmeli. Kalıntılar veya küçük dökülmeler su ile süpürülebilir. Dökümler su kaynaklarına dökülmemeli.

A.4.3 Yangın

Düşük yangın ve patlama riskli. Ürünler yanmaz veya yanmayı kolayca desteklemez. Kullanılması gerekecek yangın söndürücüler: su, kuru toz ve köpük.

4) BOD ve COD terimleri sırasıyla Biyolojik Oksijen Gereksinimi ve Kimyasal Oksijen Gereksinimi ile ilgilidir ve malzeme bir su kaynağına suyla süpürüldüğünde oksijen tükenmesine neden olabileceğini belirtir.

Bibliyografi

- [1] İnsan tüketimi için öngörülen suyun kalitesi hakkındaki 3.Kazım 1998 tarihli 98/83/EC sayılı KURUL TALİMATI
- [2] EEC No. 4154/87 sayılı Yönetmelik. Avrupa Topluluğu Resmi Gazetesi no. L392/25, 31.12.87 tarihli, sayfa 19. Ek II. Kombine terminolojisinin 3505 20 10'dan 3505 20 90'a kadar olan alt başlıklardaki mallar içerisindeki ve kombine terminolojinin 3809 10 10'dan 3809 10 40'a kadar olan alt başlıklardaki mallar içerisindeki nişastalar veya dekstrinler veya diğer modifiye edilmiş nişastalar muhteviyatının tespiti.
- [3] Tehlikeli maddelerin sınıflandırılması, ambalajlanması ve etiketlenmesi ile ilgili kanunlara, yönetmeliklere ve idari hükümlere yaklaşım hakkındaki 27.Haziran 1967 tarihli 67/548/EEC Kurl Talimatı ve ilaveleri ve adaptasyonları

İşbu belge İngilizce'den Türkçe'ye tarafımdan tercüme edilmiştir.

Yeminli Tercüman: Elif UPRAK

EK-D: Emfloc KA3 Laboratuvar Analiz Raporu.



TERCÜMEDİR

LABORATORİO CONTROL MİKROBİYOLOJİ & KİMYA KONTROL LABORATUVARI

Laboratorio Control Microbiológico S.L.'nin Teknik Müdürü Juan Manuel Aguiar Merino

işbu belge ile tasdik eder ki:

Ekli evrak (160.045.203)'de görünen **Emfloc KA 3** isimli ürünün, pislenmeleri ve ana yan-ürün numunesi üzerinde gerçekleştirilen analiz NİŞASTA analizi için UNE-EN 1406:2010 standardı ile uygunluk içerisinde.

Buna şahitlik için işbu belgeyi imzalyorum.

Madrid, 8.Haziran 2016

CONTROL MICROBİOLOGİCO BILACON S.L.U.
(imza/kaşe)
Juan Manuel Aguiar
Teknik Müdür

Control Microbiológico Bilacón S.L.U SSI/304/2013, Ek III standardında insan tüketimi için öngörülen su artıma maddeleri hakkındaki analiz sertifikası tanzimi ile ilgili gerekleri yerine getirmektedir.

İşbu belge İngilizce'den Türkçe'ye tarafımdan tercüme edilmiştir.
Yeminli Tercüman: Elif UPRAK


Anadolu Tercüme
Tel: 463 30 70 - 422 51 47 - 463 34 73
1475 Sokak No:5/B Alsancak / İZMİR
Kordon V.D. 893 007 4301

E-mail: elifuprak@anadolutercume.com • elifuprak@hotmail.com

Adres: 1475 Sokak No: 5/B Muzaffer Tuzcuoğlu İş Merkezi Alsancak / İZMİR
Tel: 0232 463 30 72 / 422 51 47 / 463 34 73 Fax: 464 84 82



LABORATORIO CONTROL
MICROBIOLÓGICO Y QUÍMICO

Ctra. de la Cortiña Km. 23,200. Edificio Las Rozas 23. 28230 Las Rozas (Madrid)
Telfs.: 91 386 07 73-Fax: 91 630 95 82
E-mail: info@controlmicrobiologico.com

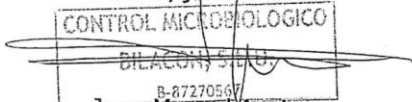
Juan Manuel Aguiar Merino, Technical Director of Laboratorio Control Microbiológico S.L,

Certifies that:

The analysis performed on a sample of the product : **Emfloc KA 3**, which appear in the attached document (160.045.203), its impurities and main by-products are in accordance with the standard UNE-EN 1406:2010 for the analysis of STARCH.

In witness thereof, I sign this document.

Madrid, June 18th. 2016



Juan Manuel Aguiar
Technical Director

Control Microbiológico Bilacón S.L.U comply with the requirements gathered in the standard SSI/304/2013, Annexe III, to issue certificates of analysis about substances for water treatment destined for the human consumption

Anadolu
Perçme

Tel: 403 30 42 - 422 51 47 - 453 34 73
1475 Sokakı Alsancak / Etiler
Kadıköy / D. 893 007 43u1

TERCÜMEDİR

LABORATORİO CONTROL
MİKROBİYOLOJİ & KİMYA KONTROL LABORATUVARI

TEST RAPORU

MÜŞTERİ : EMSLAND STARKE GmbH
Bayan Ursula Barth, Emslandstr.58. 49824 EMLİCHHEİM-ALMANYA

NUMUNE/RAPOR: a) 160.045.203 (Sayfa 1/1)
ULAŞMA TARİHİ/ZAMANI: 31/05/2016 saat 13:11:21
ANALİZ TARİHİ: 31/05/2016'dan 08/06/2016 tarihine kadar

BİLGİLERİ SAĞLAYAN: MÜŞTERİ tarafından b)

UNE EN 1406:2010'a göre PİSLENMELERİN VE YAN ÜRÜNLER ANALİZİ

PARAMETRELER	ELDE EDİLEN SONUÇLAR	TAVSİYE EDİLEN DEĞERLER
Nem	%7.79 p:p	%6.5 il 12 p:p arasında
Yabancı madde	Tespit edilmedi	
Nişasta	%89.3 p:p	%86.4-92.0 p:p

Madrid, 8.Haziran 2016

Madrid, 8.Haziran 2016

CONTROL MICROBİOLOGICO BILACON S.L.U.
(imza/kaşe)
İmzalayan: Teknik Müdür J.M.Aguar

CONTROL MICROBİOLOGICO BILACON S.L.U.
(imza/kaşe)
İmzalayan: Baş Teknisyen Virginia Fernandez

- a) Bu rapor sadece analiz edilen numuneyi ilgilendirmektedir. Control Microbiologico S.L.'nin izni olmadan kısmi olarak kopyalanmamalı.
b) Control Microbiologico Bilacon S.L.U. numune alım koşulları ile ilgili sorumluluğu reddeder.

İşbu belge İngilizce'den Türkçe'ye tarafımdan tercüme edilmiştir.
Yeminli Tercüman: Elif UPRAK


Tel: 463 30 72 - 422 51 47 - 463 34 73
1475 Sokak No:5/B Alsancak / İZMİR
Kordon V.D. 893 007 4391

E-mail: elifuprak@anadolutercume.com • elifuprak@hotmail.com

Adres: 1475 Sokak No: 5/B Muzaffer Tuzcuoğlu İş Merkezi Alsancak / İZMİR
Tel: 0232 463 30 72 / 422 51 47 / 463 34 73 Fax: 464 84 82



**LABORATORIO CONTROL
MICROBIOLÓGICO Y QUÍMICO**

Ctra. de la Coruña Km. 23.200. Edificio Las Rozas 23. 28230 LAS ROZAS.
Telfs.: 91 386 07 73 Fax: 91 630 95 82
web: www.controlmicrobiologico.com E-mail: info@controlmicrobiologico.com

TEST REPORT

CLIENT: EMSLAND-STÄRKE GmbH
Mrs. Ursula Barth, Emslandstr. 58. 49824 EMLICHHEIM-GERMANY
SAMPLE Nr / REPORT: ^{a)} 160.045.203 (Page 1 of 1)
DATA/TIME OF RECEIPT: 31/05/2016 13:11:21
DATA OF ANALYSIS: 31/05/2016 TO 08/06/2016

DATA PROVIDED BY: CLIENT ^{b)}

Regulation: UNE EN 1406:2010
Product: EMFLOC KA 3
Lot: L000118005

RESULTS

ANALYSIS OF IMPURITIES AND BY PRODUCTS ACCORDING TO UNE EN 1406:2010

PARAMETER	RESULTS OBTAINED	RECOMMENDED VALUES
Humidity	7.79% p:p	Between 6.5 and 12% p:p
Foreign matter	Not found	
Starch	89.3 % p:p	86.4-92.0 % p:p

Madrid, 8 June 2016

CONTROL MICROBIOLÓGICO
BILACON, S.L.U.
Signed: Technical Director, J.M. Aguiar

Madrid, 8 June 2016

CONTROL MICROBIOLÓGICO
BILACON, S.L.U.
Chief Technician, Virginia Fernandez

- a) This report only affects the sample analysed. It must not be partially copied without the permission of Control Microbiológico, S.L.
b) Control Microbiológico Bilacon S.L.U declines responsibility for the conditions of the sample-taking

Tel: 463 30 11 - 463 51 47 - 463 81 73
1475 Sokak No:5/B Alsancak / İZMİR
Kordon V.D. 893 007 4301

EK-E: Odun Külü Analiz Raporu.



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
ZİRAAT FAKÜLTESİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME BÖLÜMÜ



Sayı : 32807152-
Konu:

Bornova
22.06.2016

Analiz Raporu

Örnek sahibi : Yıldız Entegre Ağaç Sanayi ve Ticaret A.Ş. Akhisar-Manisa
Örnek tanımı : LN: 191 Odun Külü

Parametre		LN: 191	Birim
pH	doygunluk çamurunda	11,87	
Elektirik geçirgenlik	doygunluk çamurunda	1842	µS/cm
Kireç	volumetrik	7,94	%
Organik Madde	550 °C	-	%
Toplam N	Kjehdal	0,08	%
Alınabilir P	Olsen	17,60	mg/kg
Alınabilir K	1 N NH ₄ OAC	233	mg/kg
Alınabilir Ca	1 N NH ₄ OAC	14112	mg/kg
Alınabilir Mg	1 N NH ₄ OAC	1322	mg/kg
Alınabilir Na	1 N NH ₄ OAC	77	mg/kg
Alınabilir Fe	0,005 M DTPA + 0,01 M CaCl ₂ + 0,1 M TEA	67,64	mg/kg
Alınabilir Cu	0,005 M DTPA + 0,01 M CaCl ₂ + 0,1 M TEA	1,60	mg/kg
Alınabilir Zn	0,005 M DTPA + 0,01 M CaCl ₂ + 0,1 M TEA	3,65	mg/kg
Alınabilir Mn	0,005 M DTPA + 0,01 M CaCl ₂ + 0,1 M TEA	0,76	mg/kg
Toplam B	Kuru yakma	30,9	mg/kg
Toplam P	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	1066	mg/kg
Toplam K	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	5335	mg/kg
Toplam Ca	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	60025	mg/kg
Toplam Mg	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	23450	mg/kg
Toplam Na	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	936	mg/kg
Toplam Fe	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	15870	mg/kg
Toplam Cu	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	28,53	mg/kg
Toplam Zn	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	89	mg/kg
Toplam Mn	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	420	mg/kg
Toplam Cr	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	32,43	mg/kg
Toplam Pb	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	5,38	mg/kg
Toplam Ni	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	60,73	mg/kg
Toplam Cd	3 HNO ₃ : 1 HClO ₄	1,08	mg/kg

A. JH

35100 Bornova - İZMİR/TÜRKİYE

Tel: 0 (232) 3112682

Faks: 0 (232) 3889203

E-posta: toprak@mail.ege.edu.tr



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
ZİRAAT FAKÜLTESİ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME BÖLÜMÜ



Sayı : 32807152-
Konu:

Bornova
22.06.2016


Laboratuvar no: 191

Materyalin adı: Odun Külü

Materyalin analiz sonuçlarının değerlendirilmesi:

Materyal ekstrem alkali (11,87) tepkimeli ve az tuz içeriğine sahiptir. Kireç içeriği %7,94 (orta kireçli), organik madde içeriği %0,00 (yok), toplam azot (N) %0,08 (Azot içeriği orta düzeyde), alınabilir fosfor (P) yönünden zengin (17,60 mg/kg), alınabilir potasyum yönünden yeterli (233 mg/kg), alınabilir kalsiyum (Ca) yönünden çok zengin (14112 mg/kg), alınabilir magnezyum (Mg) yönünden çok zengin (1322 mg/kg), alınabilir sodyum (Na) orta düzeyde (77 mg/kg), alınabilir demir (Fe) içeriğince zengin (67,64 mg/kg), alınabilir bakır (Cu) içeriği yönünden zengin (1,60 mg/kg), alınabilir çinko (Zn) yönünden zengin (3,65 mg/kg), alınabilir mangan (Mn) yönünden fakir-yetersiz (0,76 mg/kg), alınabilir bor (B) içeriği normal düzeyde (30,9 mg/kg), toplam fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum, demir yönünden iyi durumdadır.

Materyalin (odun külü) içerdiği ağır metaller 3 Ağustos 2010 tarihinde 27661 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan 'Evsel Ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik'te belirtilen sınır değerlere göre değerlendirilmiştir. Materyaldeki toplam bakır (Cu) değeri (28,53 mg/kg) toprakta kullanılacak arıtma çamurlarının sınır değeri olan 1000 mg/kg'ın çok altındadır. Toplam çinko (Zn) değeri (89,0 mg/kg) toprakta kullanılacak arıtma çamurlarının sınır değeri olan 2500 mg/kg'ın çok altındadır. Toplam krom (Cr) değeri (32,43 mg/kg) toprakta kullanılacak arıtma çamurlarının sınır değeri olan 1000 mg/kg'ın çok altındadır. Toplam kurşun (Pb) değeri (5,38 mg/kg) toprakta kullanılacak arıtma çamurlarının sınır değeri olan 750 mg/kg'ın çok altındadır. Toplam nikel (Ni) değeri (60,73 mg/kg) toprakta kullanılacak arıtma çamurlarının sınır değeri olan 300 mg/kg'ın çok altındadır. Toplam kadmiyum (Cd) değeri (1,08 mg/kg) toprakta kullanılacak arıtma çamurlarının sınır değeri olan 10 mg/kg'ın çok altındadır. Materyalin ağır metal içeriği yönünden sorunu bulunmamaktadır.


Dr. Ali Rıza ONGUN

Analiz ve Rapor Sorumluları


Prof. Dr. Sezai DELİBACAK

35100 Bornova - İZMİR/TÜRKİYE

Tel: 0 (232) 3112682

Faks: 0 (232) 3889203

E-posta: toprak@mail.ege.edu.tr