



## BAZI YANMA GECİKTİRİCİ ve SU İTİCİ KİMYASALLARIN KAĞIT HAMURUNDA KULLANILMASI

Hülya VARLIBAŞ BAŞBOĞA<sup>1,\*</sup>, Arif KARADEMİR<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Simav Teknoloji Fakültesi, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, 43500, Kütahya

<sup>2</sup>Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, 16310, Bursa

\*Sorumlu yazar: [hvarlibas@gmail.com](mailto:hvarlibas@gmail.com)

Hülya VARLIBAŞ BAŞBOĞA: <https://orcid.org/0000-0002-1413-2560>

Arif KARADEMİR: <https://orcid.org/0000-0003-0924-2156>

**Please cite this article as:** Varlıbaş Başboğa, H. & Karademir, A. (2022) Bazı yanma geciktirici ve su itici kimyasalların kağıt hamurunda kullanılması, *Turkish Journal of Forest Science*, 6(2), 480-495.

### ESER BİLGİSİ / ARTICLE INFO

Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş 27 Haziran 2022 / Received 27 June 2022

Düzeltilmelerin gelişi 12 Eylül 2022 / Received in revised form 12 September 2022

Kabul 14 Eylül 2022 / Accepted 14 September 2022

Yayımlanma 31 Ekim 2022 / Published online 31 October 2022

**ÖZET:** Bu çalışmada, önemli eşya taşımak için kullanılan kâğıt-karton ambalaj kâğıtlarından üretilen paketleme ürünlerinin yanmaya karşı dirençli olmasını, olası yanma durumunda ise alevin ilerlemesini önlemek ve söndürme sırasında suyun ambalaj içerisine sızmasını engelleyerek ambalaj içerisindeki kıymetli evrak, eşya gibi malzemeyi en ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde koruma amacıyla çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada, fluting kağıt hamurundan kağıt üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında yanma geciktirici (BA, BX ve AH) veya su itici kimyasal maddeler (Reçine ve AKD) ayrı ayrı kâğıt hamuru içerisine katılarak kâğıt üretimi gerçekleştirilmiş ve kâğıtların teknolojik özelliklerine etkileri incelenmiştir. Kâğıt hamuruna katılan yanma geciktirici kimyasalların kâğıtlara tutunamadığı ve süzülerek uzaklaştığı belirlenmiştir. Kullanılan yanma geciktirici miktarının artış göstermesi üretilen kâğıtların yanma özellikleri üzerinde etkili olmamıştır. Tüm yanma geciktirici kağıt gruplarında kontrol örneğine göre daha az bir yanmanın gerçekleşmesinin yanı sıra beklenen sonuç elde edilememiş ve kâğıtlarda hızlı bir yanma gözlemlenmiştir. Kâğıt hamuru için hazırlanan yanma geciktirici çözeltileri filtre kâğıtlarına uygulanmış ve filtre kâğıtlarında yanma geciktiricilerin tutunarak filtre kâğıtlarının yanma direnci değerlerinde gözle görülür iyileşmenin olduğu belirlenmiştir. Filtre kâğıtlarına uygulanan yanma geciktirici kimyasallar arasında en iyi sonuçlar BX in kullanıldığı filtre kâğıtlarında gözlemlenmiştir. AH suda çözünmemiş ve filtre kâğıtlarında tutunarak en yüksek oranda ağırlık değişimine sebep olmuştur. Her iki su itici kimyasalın kullanımı ile üretilen kâğıtların Cobb değerleri iyileşmiştir. Cobb değerlerinde en yüksek iyileşme AKD'nin en düşük oranda kullanılmasıyla elde edilmiştir. Sonuç olarak su itici ve yanma geciktirici kimyasalların kağıt yüzeylerinde başarılı bir şekilde çalıştığı, fakat yanma geciktirici kimyasalların uygulama yönteminin uygun olmadığı belirlenmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Oluklu mukavva, Alev almazlık, Yanma geciktirici, Su direnci, Alkil Keten Dimer

## **THE USAGE OF SOME FIRE RETARDANT CHEMICALS AND ALKYL KETENE DIMER (AKD) IN PAPER PULP**

**ABSTRACT:** This study has been carried out with the purpose of packaging products, used to carry important items, prepared from paper-cardboard packaging papers to be resistant to fire, to prevent the progression of the flame in case of possible combustion, and to protect the material such as valuable documents and goods in the package by preventing the leakage of water into the package during extinguishing. In this study, paper production was carried out from fluting pulp. In this study, paper production was carried out by adding fire-retardant chemicals (BA, BX and AH) or water repellent chemicals (Resin and AKD) into pulp separately and their effects on the technological properties of the papers were examined. It was determined that the fire retardant chemicals added to the pulp could not adhere to the papers and were filtered away. The increase in the amount of fire retardant did not affect the fire resistance properties of the produced papers. In addition to the fact that less burning occurred in all fire retardant paper groups compared to the control sample, the expected result could not be obtained, and a close burning to the control group was observed in the papers. The fire retardant solutions prepared for the pulp were applied to the filter papers and it was determined that the fire retardants adhered to the filter papers and there was a noticeable improvement in the fire resistance properties of the filter papers. Among the fire retardant chemicals applied to the filter papers, the best results were observed in the filter papers in which BX was used. AH did not dissolve in distilled water and clings to the filter papers, causing the highest weight change. The Cobb values of the papers have improved with the usage of both water-repellent chemicals. The highest improvement in Cobb values was obtained with the lowest rate of AKD usage. As a result, it has been determined that water-repellent and fire-retardant chemicals work successfully on paper surfaces, but the application method of fire-retardant chemicals is not the proper way.

**Keywords:** Corrugated board, Nonflammable, Fire retardant, Water resistance, Alkyl Ketene Dimer

### **GİRİŞ**

Dünya nüfusunun hızla artması ve insanoğlunun ihtiyaçlarının var olması dolayısıyla kâğıt-karton ürünlerinin üretim ve tüketim oranları da bunlara paralel olarak hızla artmaya devam etmektedir. Günümüzün online yani internet çağı olduğunu göz önüne alırsak insanlar alışverişlerinin çoğu kısmını online olarak internet üzerinden gerçekleştirmektedirler. 2019 yılının son aylarında ortaya çıkan küresel salgının artması ile insanlar evlerine kapanmış ve internet üzerinden yapılan alışveriş miktarlarında artış gözlemlenmiş TÜİK in verilerine göre özel kullanım amacıyla online olarak mal veya hizmet siparişi veren 16-74 yaş grubundaki bireylerin 2020 yılında %36,5 olan oranı 2021 yılında %44,3'e yükselmiştir (TÜİK, 2021). Alınan bu ürünlerin tüketiciye ulaştırılması çoğu zaman oluklu mukavva ile üretilen karton kutular ile gerçekleşmiştir. Bunun yanı sıra dünya artık küçük bir yer haline gelmiş ve insanlar uluslararası alışverişlerini rahatlıkla yapmakta ve ürünler uluslararası mesafelerde taşınmaktadır. Ayrıca oluklu mukavvanın kullanım alanı hemen hemen her sektörde

mevcuttur. Mobilya, beyaz eşya, gıda, elektrik, otomotiv, kimya sektörü, ilaç sanayi, tekstil, matbaa ve en önemlisi taşımacılık sektörlerinde taşıma, saklama, kırılma ve hasara karşı korumak amacıyla kullanılmaktadır. Oluklu mukavva üretimi 2010 yılından 2016 yılına kadar giderek artan bir üretim trendi izlemiştir (Ambalaj Sanayicileri Derneği, 2017). Bunun yanı sıra son on yıl içerisinde oluklu mukavva tüketiminin %80 oranında artmıştır ve 2017 yılının ilk 3 ayı içerisinde Türkiye ekonomisinin yüzde 5 büyürken kağıt sektöründeki büyüme yaklaşık %10 olduğu belirtilmiştir (URL-1, 2022). Kâğıt sektöründe ambalaj amaçlı üretilen oluklu mukavvanın teknolojik özelliklerinin iyileştirme çalışmaları, uygulanabilirlik alanlarını ve kullanım ömürlerini arttırmak amacıyla gerçekleştirilmektedir.

Ambalaj; ürünü dış etkilere koruyan, içine konulan ürünleri bir arada tutarak dağıtım ve pazarlama işlemlerini kolaylaştıran, tüketiciye içindeki ürün hakkında bilgi veren kâğıt, karton, metal, cam, plastik ve ahşaptan yapılmış sargı ve kaplardır. Bu ambalaj malzemeleri içerisinde kâğıt ve karton gibi lifsel içerikli malzeme kullanımı son derece yüksektir. Kâğıt ve karton sınıfı ambalaj malzemesi içerisinde de oluklu mukavva üretimi ilk sırada yer almaktadır. Ambalaj olarak kullanılan oluklu mukavvaların, su ve sıvılara karşı belli oranda dirençli olması ve olabilecek yangın durumlarında kolay alev almaması ve/veya yanmaması, ürün tercihi açısından son derece önemlidir.

Kâğıtların suya karşı dirençli olması amacıyla birçok kimyasal kullanılmış ve farklı metotlar uygulanmıştır. Bu amaçla ilk uygulanan ürünlerin reçine, hayvansal tutkallar, parafin olduğu belirtilmektedir. 1850 yılında reçinenin kullanılmaya başlandığı bildirilmiştir. Çin’de dördüncü yüzyıla kadar nişasta kullanıldığı ve daha sonra hayvansal tutkallarında yapıştırıcı olarak kullanıldığı belirtilmiştir (Karademir, 2002). Yüksek bir sıvı içeriğine sahip olan Alkil Keten Dimer (AKD), kağıt üretimi sırasında belirli bir düzeyde su direnci kazandırmak için kağıt hamuruna eklenerek kağıt endüstrisinde en yaygın kullanılan su iticilerden biridir. Literatürde reçinenin ve AKD’nin su itici olarak başarılı bir şekilde kullanıldığı birçok çalışma mevcuttur (Karademir, 2000; Ramamurthy ve ark., 2000; Mattsson, 2002; Karademir ve ark., 2005; Karademir ve İmamoğlu, 2007; Hubbe, 2006; Lindfors, 2007; Karademir ve ark., 2009; Varshoei ve ark., 2013; Antti ve ark., 2021).

Özellikle resmi ve tarihi belgelerin uzun yıllar saklanması ve herhangi bir yangın esnasında zarar görmemesi için yanmayı geciktirmek ya da yanmaz kağıt üretimi üzerine birçok araştırma yapılmıştır. Bu çalışmaların başında üretilen kağıtların yanma geciktirici kimyasal solüsyonuna daldırılması metodu kullanılarak üretimlerin gerçekleştirildiği çalışmalar yer almaktadır. Yapılan çalışmalarda bazı araştırmacılar; N-hidroksimetil-3-dimetilfosfonopropionamid solüsyonuna ofis kağıtlarını (Katović ve ark., 2009), alev geciktirici olarak monoamonyum fosfat’ın (MAP), su itici olarak poli (metilhidrojen siloksan) (PMHS) ve poli(dimetil siloksan) (PDMS) kullanıldığı karışıma dut kağıtlarını (Jindasuwan ve ark., 2013), amonyum fosfit solüsyonuna Kraft kağıtlarını (Xu ve ark., 2019) daldırma yapmış ve başarılı bir şekilde üretimleri gerçekleştirmişlerdir. Daldırma yönteminin dışında Boran ve ark., ise 2018 yılında yaptıkları çalışmada, kraft hamurundan elde edilen kâğıtları yangın geciktirici boya ile muamele etmiştir. Yapılan çalışmada muamele edilen kağıtların yanma özellikleri geliştirilmiştir (Boran ve ark., 2018).

Yangın geciktiricilerin farklı bir uygulama yöntemi ise üretilecek olan kağıt hamuru içerisine ilave edilme yöntemidir. Nassar ve ark., (1999) iki farklı inorganik alev geciktirici tuzları (sodyum silikat ve sodyum borat) pirinç samanı hamuruna ve odun hamuruna ekleyerek kullanmışlardır (Nassar ve ark., 1999). Yapılan farklı bir çalışmada ise magnezyum ve

alüminyum kimyasalları hidrotalsitlerle sentezlenerek yeni bir inorganik yanma geciktirici kimyasal üretilmiş ve bu yeni yanma geciktirici kağıt hamuru içerisine dolgu maddesi olarak ilave edilerek kullanılmıştır (Wang ve ark., 2012). Farklı kimyasallar kullanılarak yeni yanma geciktirici kompozitlerin sentezlendiği ve bu kompozitlerin kağıt üretiminde kağıt hamuru içerisinde dolgu maddesi olarak kullanıldığı benzer çalışmalar literatürde mevcuttur (Sha ve Chen, 2014; Si ve Guo, 2016; Zhao ve Sha, 2017; Wang ve ark., 2019). Lu ve ark., 2014 yılında yaptıkları çalışmada, selülozdan yapılan kâğıtlara alternatif olarak hidroksiapatit (HAP)'i kullanarak oldukça esnek ve yanmaz inorganik kâğıt üretmişlerdir (Lu ve ark., 2014). Awada ve ark., 2014 yılında yapmış oldukları çalışmada ise borlu bileşik olan borik asitin sulu çözeltisini (%5'lik) Kraft hamuruna eklemiş ve pH ayarlaması yaparak kağıt üretimi gerçekleştirmiştir (Awada ve ark., 2014).

Borlu bileşiklerin oldukça farklı kullanım alanları bulunmaktadır. Borlu bileşikler odun-polimer kompozitlerde (Kurt ve Mengeloğlu, 2011; Kurt ve ark., 2012; Wu ve Xu, 2014; Altuntaş ve ark., 2017), kaplama kerestede (Kurt ve Mengeloğlu, 2008), MDF levhada (Ustaömer, 2008; Sun ve ark., 2012), masif odun korunmasında (Dizman Tomak, 2011), yongalevhada (Yalınkılıç ve ark., 1998) yanma geciktirici olarak kullanılmıştır. Ayrıca yanma geciktirici olarak bilinen borlu bileşikler şimdiye kadar farklı alanlarda da kullanılmıştır. Orman yangınlarını önlemek amacıyla çam ağaçlarının yapraklarına püskürtülmüştür (Li ve ark., 2014). Bor bileşiklerinin atıkları çimento üretiminde dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır (Kunt ve ark., 2015). Bunların yanı sıra borik asit böceklerle mücadelede (Sierras ve ark., 2018), tarımda bitki gelişimine yardımcı olmak amacıyla (Abd El-Gawad ve ark., 2014) ve diş sağlığında (Sağlam ve ark., 2013) ve genel sağlık alanlarında da (Yakıncı ve Kök, 2016) kullanılmaktadır.

Yanma geciktirici olarak başarılı bir şekilde değerlendirilen ve birçok alanda kullanımı bulunan borlu bileşiklerin kağıt endüstrisinde de değerlendirilebileceği düşüncesi ile bu çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma kapsamında, fluting kağıt hamuru içerisinde iki farklı borlu bileşik (borik asit (BA) ve boraks (BX)) ve alternatif olarak Alüminyum Hidroksit (AH) yanma geciktirici kimyasal olarak kullanılmıştır. Ayrıca su itici kimyasal olarak da reçine ve AKD kullanılmıştır. Üretilen kağıtların Cobb (su alma) özellikleri TAPPI T 441 om-04 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca yanma geciktirici kimyasalların kullanıldığı kağıt gruplarında sabit alevli yanma testi uygulanmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

### Materyaller

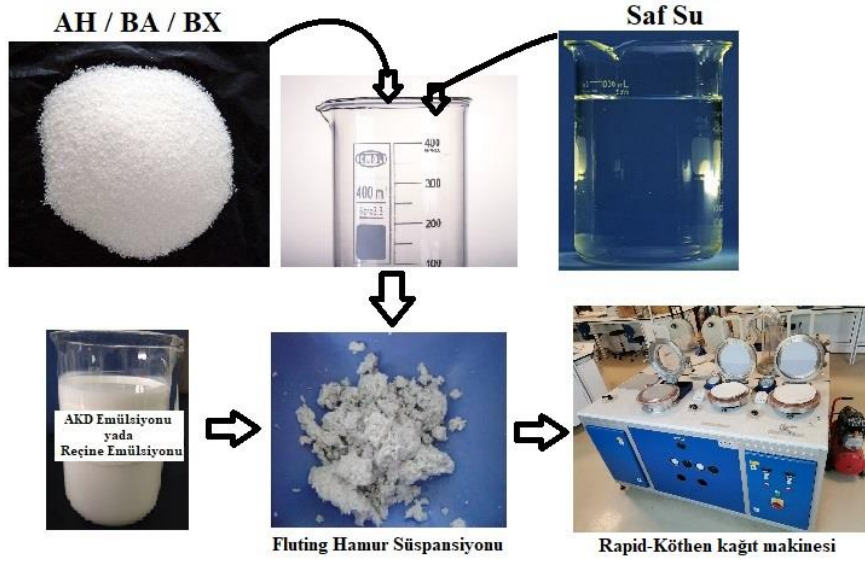
Bu çalışmada, bazı yanma geciktirici veya su itici kimyasalların fluting kâğıt hamuru içerisine eklenmesi suretiyle kağıt üretimi gerçekleştirilmiştir. Fluting kağıt hamuru Kahramanmaraş ilinde bulunan Kahramanmaraş Kağıt San. ve Tic. A.Ş.'den temin edilmiştir. Alkil Ketan Dimer (AKD) (%20 katı) ve Reçine (%40 katı) su itici kimyasal olarak kullanılmıştır. Su itici olarak kullanılan kimyasallar CARAN Kimya Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.'den temin edilmiştir. Borik Asit ( $H_3BO_3$ ), Boraks ( $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ ) ve Alüminyum Hidroksit ( $Al(OH)_3$ ) yanmayı geciktirici kimyasal maddeler olarak kullanılmıştır. Borik Asit (BA) ve Boraks (BX) BALMUMCU Kimya Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.'den Balmumcu (Teknik Kalite) markası altında satın alınmıştır. Alüminyum Hidroksit (AH) ise Merck Kimyasal'dan temin edilmiştir. Çalışma kapsamında kullanılan yanma geciktirici kimyasallara ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo 1:** Yanma geciktirici kimyasalların özellikleri

Kimyasal Özellikler	Borik Asit (BA)	Boraks (BX)	Alüminyum Hidroksit (AH)
Kimyasal formül	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> [B <sub>4</sub> O <sub>5</sub> (OH) <sub>4</sub> ]•8H <sub>2</sub> O	Al(OH) <sub>3</sub>
Molar kütle (g/mol)	61.832	381,38	78
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	1,44	1,73	2,42
Erime noktası (°C)	169	75 °C	300
Kaynama noktası	300	-	-
Parçacık Boyutu	+1000 mm (max%0)	+1,180 mm (max %4) granul	d <sub>10</sub> 2,0-4,0
	-0,125 mm (min%45)	-0,063 mm (max %4) granul	d <sub>50</sub> 11-15
		+1,180 mm (max %0) toz	d <sub>90</sub> 20-30
		-0,063 mm (min %30) toz	
Suda Çözünürlük	2.52 g/100 mL (0 °C)	3,17 g/100 mL (0 °C)	0.0001 (20 °C)
	4.72 g/100 mL (20 °C)		
	5.7 g/100 mL (25 °C)	5,14 g/100 mL (20 °C)	
	19.10 g/100 mL (80 °C)		
	27.53 g/100 mL (100 °C)		

### ***Kağıt Üretimi***

Bu çalışmada, KMK fabrikasından temin edilen fluting kâğıt hamuru kullanılarak TAPPI T 205 sp-95 standardına uygun olarak kâğıt üretimi gerçekleştirilmiştir. Temin edilen fluting kâğıt hamurları 10.000 ml'lik karıştırıcıda %0,5 kesafete olacak şekilde ayarlanmıştır ve üretilen kâğıt numunelerinin ortalama gramajı 80 g/m<sup>2</sup> 'ye denk gelecek şekilde hesaplamalar yapılarak kâğıt üretimleri gerçekleştirilmiştir. Kâğıt üretimi sırasında kâğıt hamurunun içerisine yanmayı geciktirici kimyasal (BA, BX, AH) toz halinde altı farklı oranda (%0, %1, %2, %4, %6, %8) veya su itici kimyasallar (AKD, reçine) beş farklı oranda (%0, %0,50, %1, %2, %3) eklenmiş ve iyice karıştırılarak homojen olması sağlanmıştır. Rapid Köthen makinesinde kâğıtlar üretildikten sonra silindirli kurutucuda bir tam turda kurutulmuştur. Yapılan üretim aşamaları Şekil 1'de şemazite edilmiştir.



Şekil 1: Kâğıt hamuru üretim aşamaları

### ***Üretilen Kağıtların Su Alma Özelliklerinin Belirlenmesi***

İçerisine üretim reçetesine bağlı olarak su itici kimyasalların katılmasıyla üretimi gerçekleştirilen kağıtlar öncelikle TAPPI T402 om-88 standardına (Anonim, 1988) uygun olarak sıcaklığı  $23\pm 1$  °C ve bağıl nemi  $50\pm 2$  olan klimatik odada 24 saat süre ile kondisyonlanmıştır. Kondisyonlanan kâğıt örnekleri klimatik odalarda TAPPI T 441 om-04 standardına uygun olarak Cobb (su emme) testine tabi tutulmuştur.

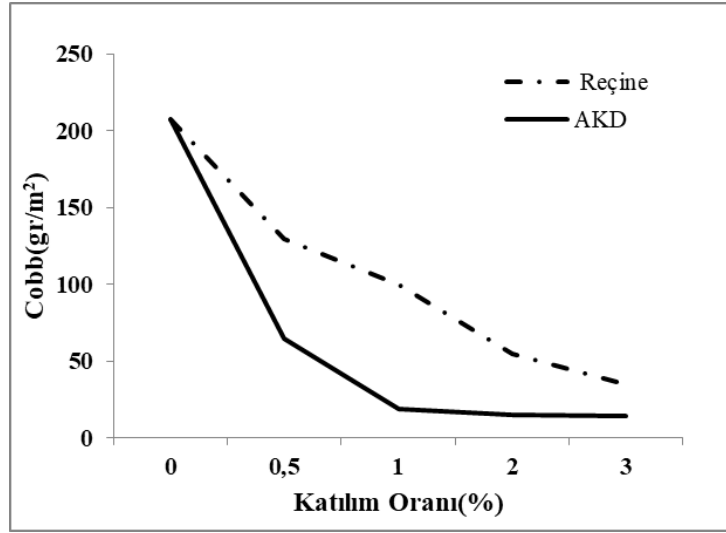
### ***Üretilen Kağıtların Yanma Özelliklerinin Belirlenmesi***

Kâğıt hamuruna katılan yanma geciktirici kimyasalların etkisinin belirlenmesi için British Hand sheet kâğıtlar üretilmiş. Üretilen kâğıtlar (beşer tekrarlı olacak şekilde)  $3\times 10$  cm boyutlarında kesilmiş sabit mesafe-alttan yanmalı alev kaynağı ile 5 sn yandıktan sonra alev kaynağı söndürülmüş ve görüntüleri alınmıştır. Ayrıca daha net sonuçlar elde etmek için  $3\times 10$  cm<sup>2</sup>'lik kâğıtların alevli ve içten yanma süreleri kronometre ile ölçülerek ortalama değerler alınmış ve grafikleri hazırlanmıştır.

## **BULGULAR VE TARTIŞMA**

### ***Cobb (Su Alma) Sonuçları***

Kahramanmaraş Kâğıt Fabrikası'ndan alınan fluting kâğıt hamurlarının içerisine katılan AKD ve reçinenin suya karşı direncini belirlemek için Cobb testi uygulanmıştır. Şekil 2'de AKD ve reçinenin kullanıldığı kâğıt gruplarının Cobb değerleri grafik halinde sunulmuştur.

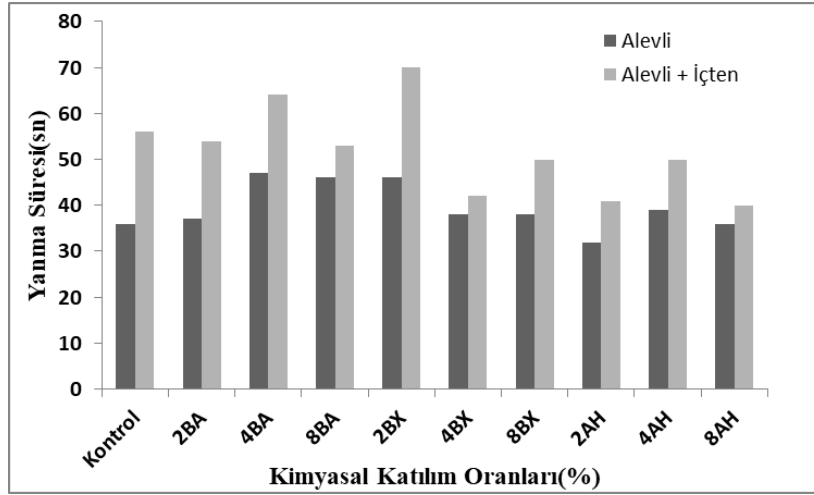


Şekil 2: Cobb sonuçları

Şekil 2’de ki Cobb sonuçları incelendiğinde hamur içerisine katılan AKD ve Reçine örneklerin Cobb değerlerini iyileştirdiği görülmektedir. Su itici kimyasalların katılım oranlarının artması ile Cobb değerlerinde ki iyileşme devam etmiştir. AKD ’nin %0,5 oranında katılması ile kontrol grubu örnekler göre Cobb değerlerinde keskin bir düşüş gözlemlenerek kâğıtların fiziksel özellikleri iyileşmiştir. AKD ’nin %1 eklenmesi ile de Cobb değerlerinde keskin bir şekilde iyileşme görülse de ilk %0,5 eklenen grup örneklerinde olan etkiden daha düşük oranda bir iyileşme gözlemlenmiştir. AKD ’nin %1’in üzerinde kullanılması ile Cobb değerlerinde ki iyileşme çok tedrici olmuştur. Dolayısıyla daha fazla AKD kimyasalının eklenmesi ile üretim maliyetleri artacaktır. Günümüz rekabet koşullarında firmaların en büyük hedefleri en yüksek kalitede ve en düşük maliyette ürün üretmek olduğu göz önüne alındığında, fluting kâğıtlarının üretimi sırasında AKD ’nin kâğıt hamuruna %1’e kadar kullanılması ile optimum sonucun elde edileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra reçinenin kâğıt hamuru içerisinde ki miktarının artmasıyla da Cobb değerleri azalmış fluting kâğıtların fiziksel özellikleri iyileşmiştir. Fakat Şekil 2’de ki Cobb eğrileri incelendiğinde AKD ’nin daha az miktarda kullanılması ile daha etkin sonuçların elde edildiği görülmektedir. Günümüz rekabet koşulları altında ticari kuruluşlar en iyi kâğıt özelliklerini minimum maliyet ile hedeflemektedirler (Karademir ve diğ., 2010; 2011). Dolayısıyla çalışmanın bundan sonra ki kısımlarında su itici kimyasal olarak AKD kullanılmasına karar verilmiştir.

### Yanma Sonuçları

Çalışma kapsamında kullanılan yanma geciktirici kimyasal maddelerden BA, BX ve AH katılan kâğıtların alev kaynağı ile 5 sn yandıktan sonra alev kaynaksız yanmanın devam ettiği alevli ve alevsiz (içten) yanma süreleri Şekil 3’te verilmiştir.



**Şekil 3:** Farklı oranlardaki kimyasalların alevli ve alevli+içten yanma süreleri

Alev kaynağı söndükten sonra yanmanın devam ettiği ve katılım miktarlarının artmasına rağmen sürenin kontrol örneklerinden çok farklı olmadığı, kâğıdın içerisine katılan yanma geciktirici kimyasalların kâğıt içerisine homojen dağılamadığını ya da kâğıt üretimi sırasında elekten süzülerek elek üzerinde tutunmadığını göstermektedir. Şekil 4'te en sağda kâğıtların yanmadan önceki boyunu göstermek amacıyla yanma işlemine tabi tutulmayan kâğıt örneği bulunmaktadır.



**Şekil 4:** BA kullanılan kâğıtların 5 sn yandıktan sonraki yanma görüntüleri

Şekilde 4'te ki yakılmış kâğıt örneklerinin görselleri incelendiğinde her hangi bir yanma geciktirici kullanılmadan üretilen kontrol örneğinin doğal olarak en fazla yanmaya maruz kalan kâğıt olduğu görülmektedir. BA yanma geciktirici kimyasalının kullanıldığı kâğıt gruplarında ise farklı oranlarda kimyasal katılımına rağmen benzer miktarlarda yanmanın olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebi olarak hamura katılan kimyasalların tutunamayarak elekten süzülmesi olabileceği düşünülmektedir.

Şekil 5'de ise farklı oranlarda BX'in kullanıldığı kâğıtların alev kaynaklı 5 sn yandıktan sonraki yanma görüntüleri bulunmaktadır.

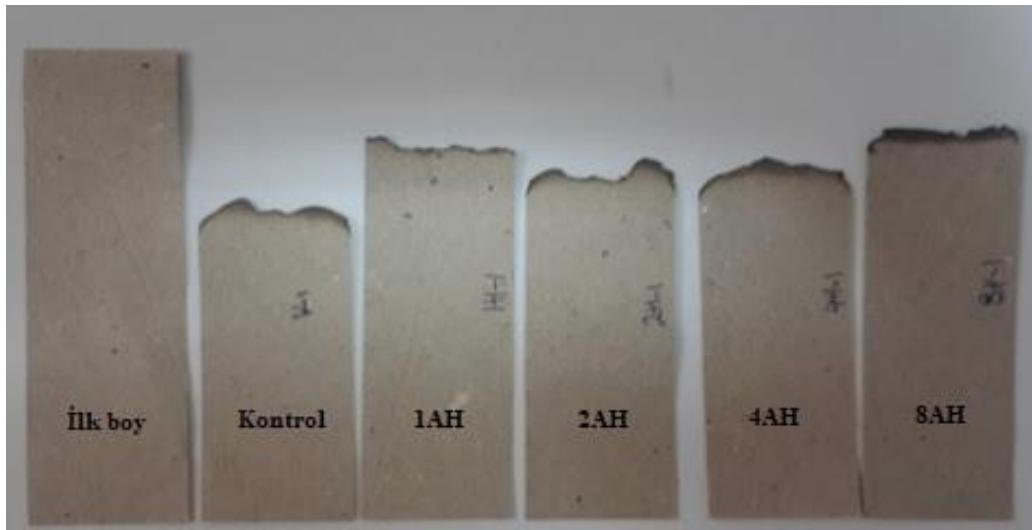




Şekil 5: BX kullanılan kâğıtların 5 sn yandıktan sonraki yanma görüntüleri

Şekil 5 incelendiğinde en soldan başlanarak kâğıtların ilk boyunu temsil eden ilk boy örneği ve sonrasında ise BX oranının bulunma miktarının artış sırasında göre (%0, %1, %2, %4, %8) kâğıtların yanma görselleri verilmiştir. BX içeren kâğıt gruplarında ki yanma miktarlarının kontrol grubu kâğıtlara yakın olması ve ayrıca BX oranının artması ile yanma miktarında herhangi bir değişimin olmaması kimyasalın kâğıt içerisinde çok az miktarda bulunduğunu geri kalanının ise süzülerek aktığını göstermektedir. Kâğıtların yanma görselleri incelendiğinde en yüksek oranda BX in bulunduğu kâğıt gruplarının diğer oranlara nazaran çok hafif miktarda fazla yandığı görülmektedir. Buradan yola çıkarak BX kimyasalın kâğıt hamuruna katılması sırasında BX oranı artsa dahi kâğıt hamurunda tutunma miktarının belirli oranın üzerine çıkmadığı söylenebilmektedir. Bunun yanı sıra, Şekil 5'deki görseller incelendiğinde yanma şekillerinden yola çıkılarak BX'in kâğıt içerisinde homojen bir şekilde dağılım göstermediğini söylemek mümkündür. BA'in yanma geciktirici olarak kullanıldığı kâğıt gruplarında elde edilen sonuçlara benzer sonuçlar elde edilmiştir.

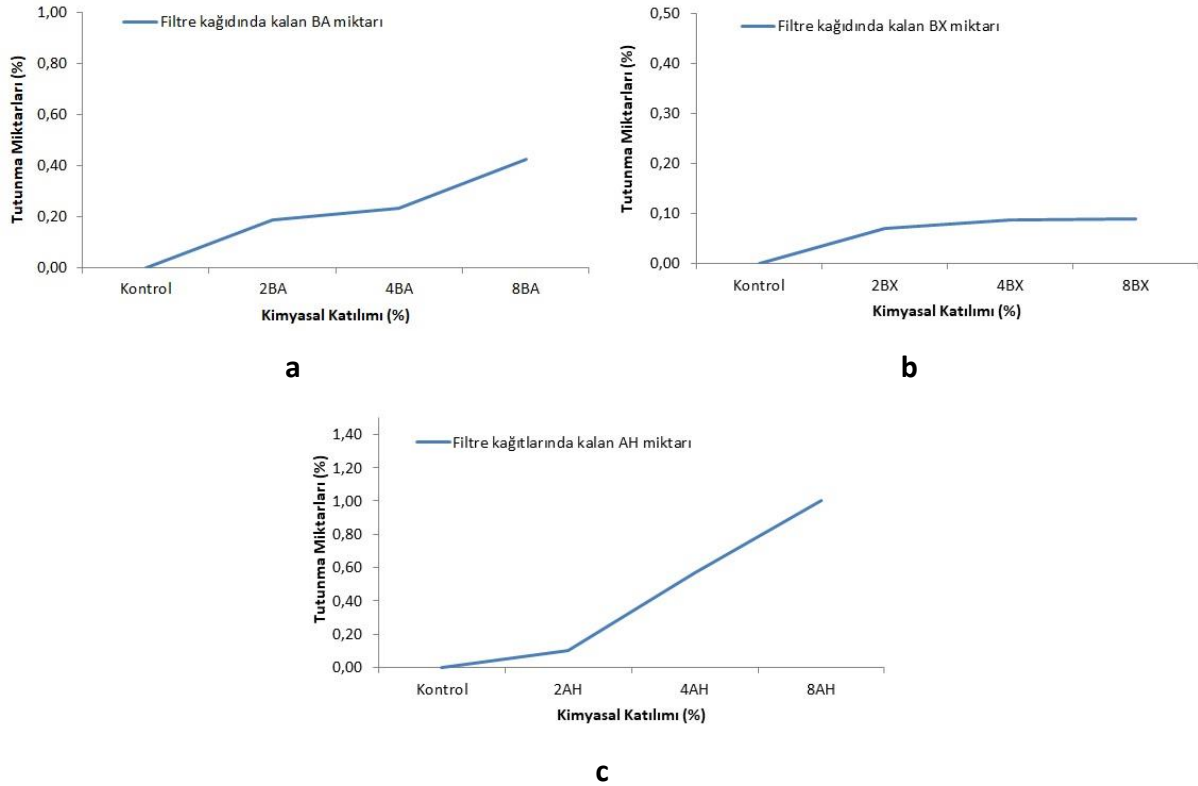
Şekil 6'de yanma geciktirici kimyasal maddelerden AH'nin kullanıldığı kâğıtların alev kaynaklı 5 sn yandıktan sonraki yanma görüntüleri bulunmaktadır.



Şekil 6: AH kullanılan kâğıtların 5 sn yandıktan sonraki yanma görüntüleri

Şekil 6’da ki farklı oranlarda AH içeren kâğıt hamurlarından üretilmiş fluting kâğıtların yanma görselleri incelendiğinde BA ve BX grubunda elde edilen sonuçlara benzer görseller elde edildiği görülmektedir. Tüm bu sonuçların ışığında yanma geciktirici kimyasalların kâğıtta tutunmadığı ve süzülerek gittiği kaanatine varılmıştır. Çalışmanın temel felsefesi olan en ekonomik şartlar altında maksimum performans arayışından dolayı yardımcı bir tutundurucu madde kullanılmamıştır. Ayrıca literatürde kâğıt hamurundan yanma geciktirici kimyasal maddeler ile yardımcı tutundurucu kimyasal maddeler kullanılarak üretilen kâğıtlarda da kimyasal maddelerin elek altına kaçtığı ve istenilen tutunmaya ve yanma özelliklerine ulaşılmadığı ayrıca kâğıdın mukavemet özelliklerini de düşürdüğü yer almaktadır (Wang ve diğ., 2012). Bunun yanı sıra seri üretim sırasında ekstra kullanılacak bir polimerin süzülmeyle ayrılan sürenin artmasından dolayı kâğıt makinesinin hızında düşüşe sebep olacaktır. Bununla birlikte üretim süresinin başına düşen üretim miktarında azalma olacak ve dolayısıyla maliyetlerin etkileneceği düşünülmektedir.

Kimyasalların uygulanan yöntemden dolayı mı yoksa literatürde de belirtildiği gibi kâğıt hamurunda tutunmadığından dolayı mı çalışmadığını belirlemek amacıyla yanma geciktirici kimyasalların sulu çözeltileri %4 ve %8 oranlarında hazırlanmış ve filtre kâğıdından süzülerek kimyasalların filtre kâğıdına tutunması incelenmiştir. Süzme işleminden sonra filtre kâğıtları etüvde 105 °C de 4 saat kurutulduktan sonra tartılmış ve yüzdece ağırlık değişimleri hesaplanmıştır. Şekil 7’de filtre kâğıdı üzerinde kalan BA, BX ve AH miktarlarının yüzde oranları verilmiştir.



**Şekil 7:** Filtre kâğıdı üzerinde kalan yüzdece kimyasal oranları; a-) BA kimyasalı, b-) BX kimyasalı ve c-) AH kimyasalı

Şekil 7’deki yüzdece gramaj değişim grafikleri incelendiğinde su içerisinde en iyi çözünen yanma geciktirici kimyasalın BX olduğunu söylemek mümkündür. BX su içerisinde

çözünerek filtre kâğıdından da belirli miktarda süzölmüş ve filtre kâğıdının ağırlık değişimini diğer kimyasallara göre daha az etkilemiştir. Bu bilgiler doğrultusunda su içerisinde en az AH'nin özöndüğünü söylemek mümkündür. AH kimyasalı filtre kâğıdı üzerinde diğer kimyasallar göre daha fazla kalmış ve en yüksek oranda gramaj değişimi sağlamıştır. Buradan yola çıkararak yanma geciktirici kimyasalların filtre kâğıdının yanma direncine etkilerini belirlemek için süzdürme yapılan filtre kâğıtlarına yanma testi yapılmıştır. BA, BX, AH kimyasallarının süzöldüğü filtre kâğıtlarının yanma göröntüleri Şekil 8'de verilmiştir.



**Şekil 8:** BA, BX, AH kimyasallarının filtre kâğıdında süzöldükten sonra yanma göröntüleri

Şekil 8'deki yanma göröntüleri incelendiğinde filtre kâğıdı yüzeyinde kalan yanma geciktirici kimyasalların yanma direnci üzerinde ne denli etkili olduğu görölmektedir. Filtre kâğıtlarının gramaj değişimleri en az BX özeltisinin süzödüldüğü kâğıt gruplarında belirlense de en iyi yanma sonuçları yine aynı filtre kâğıt gruplarında görölmüştür. Bunun aksine en fazla gramaj değişimi gözlenen AH grubunda ise BX grubuna göre daha fazla yanma olmuştur. AH miktarının artması ile yanma direncinde artış gözlemlenmiştir. Tüm bu sonuçların ışığında kâğıt hamuruna katılan kimyasalların süzölme işleminde hamur içerisinde tutunamadığı ve süzölerek uzaklaştığı görüştü desteklenmektedir.

Yanma geciktirici kimyasal maddelerin, kâğıt hamuruna katılarak üretilen kâğıtlarda istenilen sonuçların elde edilemediği görölmüştür. Literatürde benzer sonuçlar raporlanmıştır (Wang ve diğ, 2012; Sha ve Chen 2014).

## SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma kapsamında önemli eşya taşımak için kullanılan kâğıt-karton ambalaj kâğıtlarından hazırlanan paketleme ürünlerinin yanmaya karşı dirençli olması, olası yanma durumunda ise alevin ilerlemesini önlemek ve söndürme sırasında ise suyun ambalaj içerisine sızmasını engelleyerek ambalaj içerisindeki kıymetli evrak, eşya gibi malzemelerin zarar görmesini önlemek amacıyla çalışmalar gerçekleştirilmiştir. En ekonomik ve sürdürülebilir bir şekilde korumayı sağlamak amacıyla çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda yanma geciktirici kimyasal maddeler (BA, BX ve AH) veya su itici kimyasal maddeler (Reçine ve AKD) ayrı ayrı fluting kâğıt hamuru içerisine katılmış ve kâğıt üretimi gerçekleştirilerek Cobb (su alma) ve yanma özellikleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde;

- Kâğıt hamuruna katılan su itici kimyasal maddeler (Reçine ve AKD) çalışmış ve kâğıtlara su iticilik özellikleri kazandırılmıştır.
- AKD ile gerçekleştirilen üretimlerde reçine ile gerçekleştirilen kâğıt gruplarına göre daha iyi Cobb sonuçları elde edilmiştir.
- AKD'nin %1'den fazla kullanılmasının kâğıtların fiziksel özelliklerini çok fazla etkilemediği, bunun yanı sıra ekonomik açıdan kâğıt maliyetlerini gereksiz olarak arttıracığı belirlenmiştir. AKD'nin minimum kullanım oranında fiziksel özellik performansı olarak en iyi gelişme elde edilmiştir.
- Yanma geciktirici olarak kullanılan kimyasal maddelerin kâğıt üzerinde tutunamadığı ve süzülerek atık sular ile gittiği, dolayısıyla üretilen kâğıtların yanma direnci değerlerinde beklenildiği gibi bir iyileşme olmadığı belirlenmiştir.
- Kâğıt hamuru için hazırlanan yanma geciktirici çözeltileri filtre kâğıtlarına uygulanmış ve filtre kâğıtlarında yanma geciktiricilerin tutunarak filtre kâğıtlarının yanma direnci değerlerinde gözle görülür iyileşmenin olduğu belirlenmiştir.
- Filtre kâğıtlarına uygulanan yanma geciktirici kimyasallar arasında en iyi sonuçlar BX in kullanıldığı filtre kâğıtlarında gözlemlenmiştir.
- AH suda çözünmemiştir ve filtre kâğıtlarında tutunarak en yüksek oranda ağırlık değişimine sebep olmuştur.

Bu çalışmada en ekonomik ve fabrikalarda mevcut çalışma düzeninin bozulmadan ya da çok fazla değişikliğe sebep olmadan üretimlerin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Dolayısıyla kâğıt hamuru çalışmasında yanma geciktiricilerin kâğıt yüzeylerinde tutunmasını sağlamak amacıyla ek bir polimerik malzeme kullanım yöntemine gidilmemiştir. Çünkü tutundurucu ajanların kullanımı hem kâğıt maliyetlerini arttıracak hemde kâğıt üretim makinelerinin çalışma hızlarını yavaşlatacaktır. Ticari firmalar için üretim sırasında maliyetlerin önemi göz önüne alınırsa, tutundurucu polimer kullanım yönteminin gerçekçi bir sonuç olmayacağı kanaatine varılmıştır. Bundan dolayı, sonra ki çalışmalarda yanma geciktiricilerin uygulanma yöntemi olarak kâğıt hamuruna katarak değil ya üretilen kâğıtların bu yanma geciktirici kimyasalların sulu çözeltilerine daldırılması şeklinde uygulanması ya da hazırlanan kuşe sosu içerisinde kullanılarak kâğıt yüzeylerine uygulanması şeklinde denemelerin gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir.

## YAZAR KATKILARI

**Hülya VARLIBAŞ BAŞBOĞA:** Laboratuvar çalışmaları, testlerin yapılması, testlerin analizlerinin yapılması, makale yazımı. **Arif KARADEMİR:** Kontrol, Düzenleme, Danışmanlık.

## FİNANSAL DESTEK BEYANI

Çalışma için herhangi bir maddi destek alınmamıştır.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## ETİK KURUL ONAYI

Bu çalışma için etik kurul onayı gerekmemektedir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, çalışmanın kimyasal madde teminini sağlayan CARAN KİMYA teknik satış müdürü Sayın Duygu Özlem Doğan'a, fluting kağıt hamurunun temini sırasında yardımcı olan Kahramanmaraş Kâğıt Fabrikası Müdürü Bekir YEMŞEN'e teşekkür etmektedir.

## KAYNAKLAR

- Abd El-Gawad H.G. & H.S. Osman. (2014). Effect of Exogenous Application of Boric Acid and Seaweed Extract on Growth, Biochemical Content and Yield of Eggplant. *Journal of Horticultural Science & Ornamental Plants* 6 (3): 133-143, 2014 ISSN 2079-2158 DOI: 10.5829/idosi.jhsop.2014.6.3.1147.
- Altuntas, E., Karaoğul, E., Alma, M.H. (2017). Odun-plastik kompozitlerin termal ve yanma özellikleri üzerine borlu bileşiklerin etkisi. *Turkish Journal of Forestry* 2017, 18(3): 247-250.
- Ambalaj Sanayicileri Derneği. (2017). Türkiye Ambalaj Sanayi Raporu. İstanbul: Ambalaj Sanayicileri Derneği.
- Antti Korpela, Aayush Kumar Jaiswal JA. (2021). Effects of Hydrophobic Sizing on Paper Dry and WetStrength Properties: A Comparative Study between AKD Sizing of NBSK Handsheets and Rosin Sizing of CTMP Handsheets. *BioResources* (16): 5350–5360.
- Awada, H., Montplaisir, D. and Daneault C. 2014. The Development of a Composite Based on Cellulose Fibres and Polyvinyl Alcohol in the Presence of Boric Acid. *BioResources* 9(2), 3439-3448.
- Boran, S., Peşman, E., Dönmez Çavdar, A. (2018). Atık Kraft Kâğıdının Yangın Geciktirici Boya ile Kaplanması. 4th International Non-Wood Forest Products Symposium, (ss.151-159) Bursa: B.T.Ü, October 4-6.
- Dizman Tomak, E. (2011). Masif Odundan Bor Bileşiklerinin Yıkanmasını Önlemede Yağlı Isıl İşlemin ve Emülsiyon Teknikleri ile Emprenye İşleminin Etkisi. (Doktora tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Hubbe MA. (2006). Paper's resistance to wetting - A review of internal sizing chemicals and their effects. *BioResources* (2):106–145. <https://doi.org/10.15376/biores.2.1.106-145>

- Jindasuwana, S., Sukmaneea, N., Supanponga, C., Suwanb, M., Nimittrakoolchai, O. and Supothina, S. (2013). Influence of hydrophobic substance on enhancing washing durability of water soluble flame-retardant coating. *Applied Surface Science* 275: 239–243
- Karademir, A. 2000. A Study on the Effects of AKD Sizing on the Frictional Properties of Paper. University of Manchester Institute of Science (UMIST). PhD Thesis. S:1-224. Manchester. S:1- 224.
- Karademir, A. (2002). Quantitative Determination of Alkyl Ketene Dimer (AKD) Retention in Paper Made on a Pilot Paper Machine. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26 (5):253-260.
- Karademir A, Chew YS, Hoyland RW, Xiao H. (2005). Influence of fillers on sizing efficiency and hydrolysis of alkyl ketene dimer. *Can J Chem Eng* (83): 603–6. <https://doi.org/10.1002/cjce.5450830328>.
- Karademir, A. and Özdemir, F. (2006). Effects of Alum Rosin Sizing on the Some Waste Paper Grades, *Biotechnology*
- Karademir, A. and İmamoğlu, S.(2007). Effects of Dry Strength Resin and Surfactant Addition on the Paper Made From Pulp with Different Freeness Level. *Journal Of Applied Science*
- Karademir, A. Karahan, S., Varlıbaş, H. and Ertaş, M. (2009). Effects of Fiber Treatments on The Paper Sizing and Environment. 3 rd Annual International City Break Conference. 16-19 October 2009, Athens, Greece.
- Karademir, A. Varlıbaş, H., Karahan, S. and Imamoglu, S. (2010). Adsorption of Sizing Emulsion on Various Cellulosic Fibres. International Burch University ISSD ‘ 10 Second International Symposium on Sustainable Development. Sarajevo. S:780-786.
- Karademir, A., Aydemir, C., Yenidoğan, S. (2011). Sound Absorption and Print Density Properties of Recycled Sheets Made from Waste Paper and Agricultural Plant Fibres. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 6(28), pp. 6073-6081.
- Katović D., Bischof Vukušić S., Flinčec Grgac S., Lozo B., Banić D. (2009). Flame Retardancy of Paper Obtained with Environmentally Friendly Agents. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, Vol. 17, No. 3 (74) pp. 90-94
- Kunt, K., Dur, F., Ertinmaz, B., Yıldırım, M., Derun, E. M., Pişkin, S. (2015). Utilization of Boron Waste as an Additive for Cement Production. *CBÜ Fen Bilimleri Dergisi*. Cilt 11, Sayı 3, 383-389 s.
- Kurt, R. & Mengeloğlu, F. (2008) The effect of boric acid / borax treatment on selected mechanical and combustion properties of poplar laminated veneer lumber. *Wood Research* 53: 113-120.
- Kurt, R. & Mengeloğlu, F. (2011). Utilization of Boron Compounds as Synergists with Ammonium Polyphosphate for Flame Retardant Wood-Polymer Composites. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 35(2), 155-163.
- Kurt, R., Mengeloğlu, F., Meriç, H. (2012). The Effects of Boron Compounds Synergists with Ammonium Polyphosphate on Mechanical Properties and Burning Rates of Wood-HDPE Polymer Composites. *European Journal of Wood and Wood Products* 70, 177-182. DOI:10.1007/s00107-011-0534-2.
- Li, L., Hu, H., Guo, C., Hu, H. (2014). The Synergistic Effect of Boric Acid and Ammonium Polyphosphate on the Thermal Degradation and Flammability of Pine-Needles. *Drewno*, Vol. 57, No. 193 DOI: 10.12841/wood.1644-3985.068.02
- Lindfors, J. (2007). Adhesion of Reactive Sizes and Paper Machine Fouling. (Doktora Tezi) Helsinki of University of Technology. S:1-69. Finlandiya.

- Lu, B.-Q., Zhu, Y.-J., Chen, F. (2014). Highly Flexible and Nonflammable Inorganic Hydroxyapatite Paper. *Chemistry European Journal* 20, 1242 – 1246. DOI: 10.1002/chem.201304439.
- Mattsson, R. (2002). AKD Sizing – Dispersion Colloidal Stability, Spreading and Sizing with Pre-flocculated Dispersion.(Lisans Tezi). Lulea Tekniska Universitet. S:1-34. Finlandiya.
- Nassar, M. M., Fadali, O. A., Khattab, M. A., Ashour, E. A. (1999). Thermal Studies on Paper Treated with Flame-retardant. *Fire Materials* 23, 125-129.
- Ramamurthy, P., Vanerek, A. and Van De Ven, T. (2000). Efficiency of AKD Sizing in the Mixed Hardwood-Softwood Furnishes. *Journal of Pulp and Paper Science*, V.26, N.2, 72-75.
- Sağlam, M., Köseoğlu, S., Enhoş, Ş. (2013). Periodontolojide Bor. *Sağlık Bilimleri Dergisi (Journal of Health Sciences)* 22(1) 70-75.
- Sha, L. & Chen, K. (2014). Preparation and Characterization of Ammonium Polyphosphate/Diatomite Composite Filler and Assessment of Their Flame-Retardant Effects on Paper. *BioResources* 9(2), 3104-3116.
- Si, Y. & Guo, Z. (2016). Eco-friendly functionalized superhydrophobic recycled paper with enhanced flame-retardancy. *Journal of Colloid and Interface Science* 477, 74–82.
- Sierras, A., Wada-Katsumata, A., Schal, C. (2018). Effectiveness of Boric Acid by Ingestion, But Not by Contact, Against the Common Bed Bug (Hemiptera: Cimicidae). *Journal of Economic Entomology*, 111(6), 2772–2781. doi: 10.1093/jee/toy26
- Sun, L., Wang, F., Xie, Y., Feng, J., Wang, Q. (2012). The Combustion Performance of Medium Density Fiberboard Treated with Fire Retardant Microspheres. *BioResources* 7(1), 593-601.
- TÜİK, 2021. Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması, Türkiye İstatistik Kurumu. SAYI: 37437, Yayın tarihi: 26 Ağustos 2021. Erişim Tarihi: 12.06.2022.
- URL-1, 2022. Oluklu mukavva sektörü ilk çeyrekte yüzde 10 büyüdü. <http://www.plastik-ambalaj.com/tr/26-guncel-haberler/2355-oluklu-mukavva-sektoerue-ilk-ceyrekte-yuezde-10-bueyuedue>. Erişim Tarihi: 12.06.2022.
- Ustaömer, D. (2008). Çeşitli Yanmayı Geciktirici Kimyasal Maddelerle Muamele Edilerek Üretilmiş Orta Yoğunluktaki Lif Levhaların (MDF) Özelliklerindeki Değişimlerin Belirlenmesi. (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. s: 15-230. Trabzon.
- Varshoei A, Javid E, Rahmaninia M, Rahmany F. (2013). The Performance of Alkylketene Dimer (AKD) for the Internal Sizing of Recycled OCC Pulp. *Lignocellulose* 2(3):16–26.
- Wang, S.L., Huang, J.I., Chen F.S. (2012). Study on Mg-Al Hydrotalcites in Flame-Retardant Paper Preparation. *BioResources* 7(1), 997-1007.
- Wang, S., Yang, X., Wang, F., Song, Z., Dong, H., Cui, L. (2019). Effect of Modified Hydrotalcites on Flame Retardancy and Physical Properties of Paper. *BioResources* 14(2), 3991-4005. DOI:10.15376/biores.14.2.3991-4005.
- Wu, G-F. & Xu, M. (2014). Effects of Boron Compounds on the Mechanical and Fire Properties of Wood-Chitosan and High-Density Polyethylene Composites. *BioResources* 9(3), 4173-4193.
- Xu F., Zhong L., Xu Y., Feng S., Zhang C., Zhang F., and Zhang G. (2019). Highly efficient flame-retardant kraft paper. *J Mater Sci* 54:1884–1897.
- Yakıncı, Z.D. & Kök, M. (2016). Borun Sağlık Alanında Kullanımı. İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi Cilt 4 Sayı 1-2016.

- Yalınkılıç, M. K., Imamura, Y., Takahashi, M., Demirci, Z. (1998). Effect of Boron Addition to Adhesive and/or Surface Coating On Fire-Retardant Properties of Particleboard. *Wood and Fiber* 30(4), 348-359.
- Zhao, H. and Sha, L. 2017. Effect of surface modification of ammonium polyphosphate–diatomite composite filler on the flame retardancy and smoke suppression of cellulose paper. *Journal of Bioresources and Bioproducts*. 2017, 2(1): 30-35.