

**TEKNOFEST**  
**HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ**

**İNSANLIK YARARINA TEKNOLOJİ YARIŞMASI**  
**PROJE DETAY RAPORU**

**PROJE KATEGORİSİ:** Sağlık ve İlk Yardım

**PROJE ADI:** Farklı Bor Bileşikleri Kullanılarak Elde Edilen  
Geri Dönüştürülmüş Kâğıtların Yanma Durumları ve  
Antibakteriyel Özelliklerinin İncelenmesi

**TAKIM ADI:** BOR

**TAKIM ID:** T3-14563-150

**TAKIM SEVİYESİ:** Ortaokul

**DANIŞMAN ADI:** Derya Akpınar

## İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı) .....	2
2. Problem/Sorun.....	3
3. Çözüm .....	3
4. Yöntem .....	3
4.1. Projede Kullanılan Materyaller ve Cihazlar .....	3
4.2 Deneysel İşlem Basamakları .....	3
4.2.1 Kâğıtların Geri Dönüştürülmesi .....	4
4.2.2 Farklı Bor Bileşikleriyle Çözeltilerin Hazırlanması ve Geri Dönüştürülmüş Kâğıtlara Emdirilmesi .....	4
4.2.3 Kâğıtların Yanma Özelliklerinin İncelenmesi .....	4
4.2.4 Kâğıtların Antibakteriyel Özelliklerinin İncelenmesi .....	4
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü .....	5
6. Uygulanabilirlik .....	5
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması .....	5
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar) .....	6
9. Riskler .....	6
10. Proje Ekibi .....	6
11. Kaynaklar .....	7

### 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Çok eski dönemlerden beri endüstriyel amaçlı ya da kültürel amaçlı olarak kullanılan kağıdın ana hammaddesi ağaçtır. Ağaçların kâğıt üretiminde kullanılması her yıl çok miktarda ormanın zarar görmesine, ormanda yaşayan canlıların yaşam alanlarının tükenmesine ve küresel iklim değişikliği gibi çok sayıda ciddi çevre problemine neden olmaktadır. Bu bağlamda kâğıtların geri dönüştürülmesi önemli hale gelmektedir. Bu çalışmanın amacı; kâğıt atıkların geri dönüştürülmesi, geri dönüştürülmüş kâğıtlara borik asit, boroksit ve boraks pentahidrat çözeltileri emdirilerek, elde edilen kâğıtların yanma durumlarının ve antibakteriyel özelliklerinin incelenmesidir. Bu bağlamda; kâğıt atıklar geri dönüştürülmüş, geri dönüştürülen kâğıtlara 100 ppm'lik farklı bor bileşiklerinin çözeltileri (borik asit, boroksit ve boraks pentahidrat) emdirilerek elde edilen kâğıtlardan 9.5 cm çaplı örnekler kesilmiştir. Her bir örnek için 8'er adet kâğıtla çalışılmış ve bu kâğıtların yanma durumları incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, farklı bor bileşiklerinin çözeltileri emdirilen geri dönüştürülmüş kâğıtların yanma sürelerinin uzadığını ortaya çıkarmıştır. Farklı bor bileşiklerinin çözeltileri emdirilen geri dönüştürülmüş kâğıtların antibakteriyel özelliklerini incelemek için disk difüzyon yöntemi kullanılarak *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* bakterileri ekilen plaklara yerleştirilen eşit büyüklükteki kâğıt disklerin oluşturduğu zon çapları incelenmiştir. Araştırmanın sonuçları bor bileşikleriyle içinde boraks pentahidrat emdirilen kağıdın her iki bakteri türü için de antibakteriyel özellik gösterdiğini ortaya koymuştur. Bor bileşiklerinin fırınlarda pişirme amaçlı kullanılmak amacıyla üretilen kâğıtlarda ve saklama kâğıtlarının üretiminde, çocukların okullarda kullandıkları kâğıtların üretiminde kullanılması önerilebilir.

## 2. Problem/Sorun

Farklı bitkilerden üretilen kâğıtlar, gıdaların paketlenmesinden sanatsal çalışmalara kadar çok farklı alanlarda yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu yoğun kullanım, kâğıt üretimi için ağaçların kesilmesini ve doğanın zarar görmesini beraberinde getirmektedir. Kâğıtların kullanım amacına uygun olarak farklı özellikler göstermeleri istenmektedir. Örneğin gıdaları paketlemek amacıyla kullanılan kâğıtların antibakteriyel özellik göstermesi, gıdaların bozulmasına sebep olan bakterilerin bu ürünlerde üremesine engel olacağından, ürünler bozulmadan uzun süreli olarak saklanabilmektedir. Gıdaların bozulmadan saklanabilmesi de insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Bu nedenle gıda paketlemede kullanılan kâğıtların antibakteriyel özellik taşıması gerekir. Pişirme amacıyla kullanılan kâğıtların yüksek sıcaklıklara dayanabilmesi ve kolay yanmaması gıdaların rahatlıkla pişirilebilmesi açısından istenilen bir özelliktir. Gıdaların iyi pişirilmesi yine insan sağlığı açısından oldukça önemlidir. Daha geniş bir perspektifle bakıldığında, insanların gündelik yaşamda gerçekleştirdikleri pek çok etkinlik doğaya zarar vermektedir. Doğal kaynakların aşırı kullanımı insanların doğaya zarar verdikleri noktalardan biridir (Kızıroğlu, 2001; Özdemir, 2001; Atasoy ve Ertürk, 2008; Çolak, 2017). Kaynakların aşırı kullanıldığı alanlardan biri de orman varlığına kâğıt üretimi için verilen zarardır. Orman varlığının zarar görmesi iklim değişikliği gibi ciddi problemlere neden olduğundan, konunun geri dönüşüm bağlamında yeniden değerlendirilmesi önem taşımaktadır.

## 3. Çözüm

Projemiz geri dönüşüm ile ağaçların yok olmasının önüne geçmeyi amaçlamaktadır. Okullarda, fırınlarda, evde ve daha bir çok yerde kullanılan kâğıtların antibakteriyel olması ile daha hijyenik bir ortam oluşturulabileceği gibi kâğıtların çok fazla bulunduğu okul gibi ortamlarda olası bir yangın ihtimaline karşı kâğıtların yanma hızını azaltarak can ve mal kaybının önemli ölçüde azaltılması da hedeflenmiştir.

Ayrıca kâğıtların geri dönüştürülmesi orman varlığının korunması, ormanlarda yaşayan canlıların korunması ve dolayısıyla doğanın korunması açısından önem taşımaktadır. Küresel ısınmanın nedenleri arasında bitki örtüsünün yok olmasının da yer aldığı düşünülürse, kâğıtların geri dönüştürülmesinin önemi bir kez daha anlaşılabilir (Yakut, 2012).

Kurumumuzdan toplanan atık kâğıtlar ilk önce geri dönüştürülmüş daha sonra farklı bor bileşikleriyle çözelti hazırlanmış ve geri dönüştürülen kâğıtlara emdirilmiştir. Daha sonra bu kâğıtlarla yanma ve antibakteriyel özellik deneyleri gerçekleştirilmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir.

Bu problem için çözüm olarak ağaç dışında farklı materyallerden kâğıt üretilebilir, antibakteriyel ve yanmama özelliği için farklı maddelerden de yararlanılabilir.

## 4. Yöntem

### 4.1. Projede Kullanılan Materyaller ve Cihazlar

Boraks pentahidrat, boroksit, borik asit, atık kâğıtlar ve su çalışmada kullanılan materyallerdir. Analitik terazi, etüv, mcfarland densitometre ve el blenderı çalışmada kullanılan cihazlardır.

### 4.2 Deneysel İşlem Basamakları

- ✓ Kâğıtların geri dönüştürülmesi
- ✓ Farklı bor bileşikleriyle çözelti hazırlanması ve geri dönüştürülmüş kâğıtlara emdirilmesi

- ✓ Kâğıtların yanma özelliklerinin incelenmesi
- ✓ Kâğıtların antibakteriyel özelliklerinin incelenmesi

#### 4.2.1 Kâğıtların Geri Dönüştürülmesi

Kâğıtların geri dönüştürülmesi için önce 20 gram atık kâğıt tartılıp blendırın karıştırma kabına konulmuştur. Sonra 400 mL su ölçülüp blendırın karıştırma kabındaki atık kâğıtların üzerine dökülmüş ve blendır ile karıştırılmıştır. Karıştırma işlemi sonucu iyice bulamaç haline gelen karışım, bir gün bekletilmiştir. Sürenin sonunda elde edilen materyal 20 L suyun içine dökülmüş ve karıştırılmıştır. Suyun içindeki materyal A4 kâğıdı boyutundaki bir süzgeçle süzülerek alınmıştır. Süzgecin üzerindeki materyalin suyunun akması için 10 dakika bekletilmiştir. Altındaki su tabakası süngere emdirildikten sonra hamur bezlerin arasına konulup 2 gün kurumaya bırakılmıştır.

#### 4.2.2 Farklı Bor Bileşikleri ile Çözeltilerin Hazırlanması ve Geri Dönüştürülmüş Kâğıtlara Emdirilmesi

Kâğıtlar hazırlandıktan sonra hepsinin çapı 9,5 cm olacak şekilde, daire olarak örnekler alınmıştır. Bor bileşikleri ile çalışılacak çözeltilerin 100 ppm'lik olmasına karar verildiğinden, 0.01 gram bor bileşiği tartılarak 100 mL'lik balon jöjeye aktarılmış ve üzeri 100 mL çizgisine kadar saf su ile tamamlanmıştır. Hazırlanan kâğıtlar, petri kaplarındaki boraks pentahidrat, borik asit ve boroksit çözeltilerinde 30 dakika boyunca bekletilmiştir. Sonra bu örnekler bir gün boyunca laboratuvar ortamında kurumaya bırakılmıştır.

#### 4.2.3 Kâğıtların Yanma Özelliklerinin İncelenmesi

Yanma deneylerinde kullanılmak üzere her bir bor bileşiği için 8 kâğıt hazırlanmıştır. Daha sonra ispirto ocağının fitili ile kâğıtlar arasında 2 cm boşluk kalacak şekilde yanma deneyleri gerçekleştirilmiştir. Her bir kâğıdın yanma süreleri not edilerek, ortalama değerler hesaplanmıştır. Hazır kâğıt için ortalama yanma süresi 12.328 saniye, geri dönüştürüldükten sonra boroksit emdirilen kâğıt için ortalama yanma süresi 16.369 saniye, geri dönüştürüldükten sonra borik asit emdirilen kâğıt için ortalama yanma süresi 13.408 saniye ve geri dönüştürüldükten sonra boraks pentahidrat emdirilen kâğıt için ortalama yanma süresi 15.978 saniyedir. Kullanılan tüm bor bileşiklerinin çözeltileri kâğıdın yanma süresini geciktirmiştir. Bu bağlamda en iyi sonucu boroksit vermiştir. Sonra sırasıyla boraks pentahidrat ve borik asit şeklindedir.

#### 4.2.4 Kâğıtların Antibakteriyel Özelliklerinin İncelenmesi

Geri dönüştürülen kâğıtların antibakteriyel özelliklerinin belirlenmesi için, disk difüzyon tekniği kullanılmıştır. Bu teknikte, kâğıt disklere emdirilen etken madde, çalışılan mikroorganizmanın ekildiği besiyerine difüze olmakta ve oluşan zon çapları ölçülerek karşılaştırma yapılmaktadır. Çalışmanın taze bakteri ile gerçekleştirilmesi için *Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus* bakterileri bir gün önce pasajlanmıştır (E. coli gram negatif, S. aureus ise gram pozitif bakteriye örnek olduğu için tercih edilmiştir). Bir günlük sürenin ardından, McFarland Densitometre kullanılarak 0.5 McF olacak şekilde dilüe edilmiştir. Elde edilen bakteri süspansiyonu eküvyon çubuğu kullanılarak katı besiyerine aktarılmıştır. Daha sonra her bir bor bileşiğinin emdirildiği eşit büyüklükteki geri dönüştürülmüş kâğıt diskler (6 mm) besiyerinin ortasına konulmuştur. 37°C'de etüvde 24 saat boyunca inkübe edilen örneklerin oluşturdukları zon çapları ölçülmüştür. Deneysel işlemler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir.

Geri dönüştürüldükten sonra boroksit emdirilen kâğıt, geri dönüştürüldükten sonra borik asit

emdirilen kâğıt ve geri dönüştürüldükten sonra boraks pentahidrat emdirilen kâğıt için *Escherichia coli* ekimi yapılan besiyerinde oluşan zon çapları: 6 mm, 9 mm, 8 mm ve 7 mm'dir. Hazır kâğıt, geri dönüştürüldükten sonra boroksit emdirilen kâğıt, geri dönüştürüldükten sonra borik asit emdirilen kâğıt ve geri dönüştürüldükten sonra boraks pentahidrat emdirilen kâğıt için *Staphylococcus aureus* ekimi yapılan besiyerinde oluşan zon çapları: 6 mm, 6 mm, 6 mm ve 8 mm'dir. Besiyerlerine konulan disklerin çaplarının 6 mm olduğu düşünülürse, *Escherichia coli* ekimi yapılan besiyerinde hazır kâğıt zon oluşturmamıştır. Yani antibakteriyel özelliği yoktur. Bor çözeltileri emdirilen kâğıtlar az da olsa zon çapı oluşturmuştur. *Staphylococcus aureus* ekimi yapılan besiyerinde sadece boraks pentahidrat emdirilen kâğıt zon çapı oluşturmuştur. *Escherichia coli* için en fazla zon çapının boroksit emdirilen kâğıtta olduğu görülmüştür. *Staphylococcus aureus* için en fazla zon çapının boraks pentahidrat emdirilen kâğıtta olduğu görülmüştür.

### 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Geri dönüştürülen kağıtları antibakteriyel hale getirmek ve yanmazlık özelliği kazandırmak için farklı bor bileşiklerinin kullanılması bu çalışmanın inovatif yönünü oluşturmaktadır. Alan yazılında farklı materyallerde yanmayı geciktirmeye yönelik çalışmalar yapıldığı görülmüştür (Özdemir, 2012; Dönmez Çavdar, Mengeloğlu ve Karakuş, 2015; Gevenesli ve Kozan, 2019). Alan yazındaki çalışmalarda bor türevleri kâğıt üretiminde kullanılmış (Bozkurt, 2012; Yılmaz, 2017; Şahin, 2002), ancak bu kâğıtlarda yanmayı geciktirme ve antibakteriyel özellik kazandırmaya yönelik çalışmalar yapılmamıştır.

### 6. Uygulanabilirlik

Projemiz Türkiye şartları açısından oldukça uygulanabilir. Ülkemizde bor mineralinin oldukça fazla çıkarılması nedeniyle seri üretime geçilmesi durumunda ülke ekonomisi açısından da katkı sağlayacak bir üründür. Çalışmanın maliyeti, atık kağıtlarla çalışıldığı için oldukça uygundur. Ayrıca kağıtlar geri dönüştürüldüğü için kağıt üretiminde kullanılan hammadde ihtiyacı azalacak, beraberinde de çevre kirliliğini azaltacaktır. Bunun yanı sıra saklama materyali olarak kullanılan kağıtların antibakteriyel olması, gıdaların raf ömrünü uzatıp, hijyenik bir ortam oluşturacağından insan sağlığı açısından önemlidir.

### 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projenin toplam bütçesi aşağıda görüldüğü gibidir:

- A4 Kâğıdı Boyutundaki Elek = 5 Türk Lirası
- 30 Litre Hacimli Saklama Kabı = 30 Türk Lirası
- Besiyeri ( 24 Adet ) = 50 Türk Lirası
- Eküvyon Çubuğu ( 24 Adet ) = 16 Türk Lirası

**TOPLAM = 101 Türk Lirası**

Projeye geniş çaplı bakıldığında maliyet bakımından oldukça uygundur. A4 kağıdı boyutundaki elek ve saklama kabı sadece 1 kağıt üretmek için değil defalarca kullanılabilir. Ayrıca besiyeri ve eküvyon çubuğu sadece deneysel işlemlerde kullanıldığından seri üretime geçilirse, antibakteriyel özellik zaten kanıtlanmış olacağından, bu materyaller tekrar kullanılmayacaktır. Zaman çizelgesi Tablo 1'de sunulmuştur.

**Tablo 1.** Proje Zaman Çizelgesi

İşin tanımı	Aylar										
	Mayıs 2019	Haziran 2019	Temmuz 2019	Ağustos 2019	Eylül 2019	Ekim 2019	Kasım 2019	Aralık 2019	Ocak 2020	Şubat 2020	Mart 2020
Literatür incelemesi	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Çalışılacak bor bileşiklerine karar verilmesi				x							
Geri dönüştürülmüş kâğıtların üretilmesi ve bor çözeltilerinin emdirilmesi					x	x					
Yanma deneylerinin yapılması							x				
Çalışma yapılacak bakterilerin üniversiteden temin edilmesi								x			
Antibakteriyel özellik ile ilgili deneylerin yapılması								x			
Proje raporunun yazılması ve başvuru süreci						x	x	x	x	x	x

### 8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar)

Projenin hedef kitlesi daha çok çocuklardır. Çünkü günlük hayatta çocuklar kağıdı fazlaca kullanılmaktadır. Okulda zaten kitaplar ve birçok şeyde kullanılan hazır kağıtlar çok çabuk yanabilmektedir. Buna karşı kağıtlarda bor kullanılması kâğıdın yanmasını geciktirmiştir. Bunun dışında pastane başta olmak üzere bir çok yiyecek satan iş yerlerinde yiyecekler hazır kâğıtlara sarılmaktadır ve bu yiyeceklerin hijyenik olarak saklanması için de tarafımızdan geri dönüştürülen borlu kağıtlar kullanılabilir. Dolayısıyla gıda sektörü de projemizin hedef kitesini oluşturmaktadır.

### 9. Riskler

Projeyi olumsuz yönde etkileyebilecek olası durumlardan biri kağıtları geri dönüştürürken fazla miktarda su kullanılmasıdır. Kağıt geri dönüştürülürken 20 litrelik su kullanılmaktadır ve bu su tekrar kullanılmazsa su israfına neden olabilir. Bu durumun önüne geçmek için, hazırlanan su birden fazla kez kullanılabilir. Zira bu çalışmada da geri dönüştürme işlemi esnasında kaba tekrar tekrar su doldurmak yerine bir sefer doldurularak kağıtlar bu su ile geri dönüştürülmüştür. Diğer bir risk ise kağıtlara bor bileşiklerini eklerken bor bileşiklerinin belirtilen dozlardan fazla veya az kullanılmasıdır. Eğer belirtilen dozlardan fazla veya az kullanılırsa yanma ve antibakteriyel özellikler değişiklik gösterebilir. Bu nedenle, bor bileşiklerinin çözeltileri hazırlanırken hassas ölçüm yapılmasına özen gösterilmelidir.

### 10. Proje Ekibi

**Proje Lideri:** Mehmet Enes Gümüştekin

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Projeye veya problemle ilgili tecrübesi
<b>Mehmet Enes Gümüştekin</b>	Proje lideri, planlama, literatür taraması, malzeme temini, piyasadaki benzer nitelikte ürünlerin araştırılması, yanma deneylerinin	Şehit Profesör Doktor İlhan Varank Bilim ve Sanat Merkezi	Farklı materyallerden kağıt üretimi ve atık kağıdın geri dönüşümü ile ilgili 2 yıldır çalışmaktadır. Daha önceki yıllarda bu çalışmanın altyapısını oluşturacak deneysel

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Projeyle veya problemle ilgili tecrübesi
	gerçekleştirilmesi		çalışmalar yapmış ve çeşitli yarışmalara katılmıştır.
<b>Fatıma Zehra Şermet</b>	Ekip üyesi, literatür taraması, antibakteriyel özellik deneylerinin gerçekleştirilmesi	Şehit Profesör Doktor İlhan Varank Bilim ve Sanat Merkezi	Atık kağıdın geri dönüşümü ile ilgili olarak 1 yıldır çalışmaktadır.

## 11. Kaynaklar

- Atasoy, E. ve Ertürk, H. (2008). İlköğretim öğrencilerinin çevresel tutum ve çevre bilgisi üzerine bir alan araştırması. *Erzincan Eğitim Fakültesi Dergisi*, 10(1), 105-122.
- Bozkurt, C. (2012). *Atık kağıt geri dönüşüm liflerinden üretilen kağıtların özelliklerinin araştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Çınar, U. (2016). *Geri Dönüşüm Materyallerinin Kişisel Koruyucu Kulaklıklarda Kullanılabilirliğinin İncelenmesi*. (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). İstanbul Yeni Yüzyıl Üniversitesi/Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çolak, M. (2017, Nisan). *Fen bilgisi öğretmen adaylarının biyoteknoloji uygulamalarına yönelik tutumları ile çevre etiği farkındalıkları arasındaki ilişki*. 26. Uluslararası Eğitim Bilimleri Kongresinde sunulan bildiri, Ankara. Erişim adresi: [https://www.researchgate.net/publication/322448491\\_Fen\\_Bilgisi\\_Ogretmen\\_Adaylarin\\_in\\_Biyoteknoloji\\_Uygulamalarina\\_Yonelik\\_Tutumları\\_Ile\\_Cevre\\_Etigi\\_Farkındalıkları\\_Arasındaki\\_İlişki](https://www.researchgate.net/publication/322448491_Fen_Bilgisi_Ogretmen_Adaylarin_in_Biyoteknoloji_Uygulamalarina_Yonelik_Tutumları_Ile_Cevre_Etigi_Farkındalıkları_Arasındaki_İlişki)
- Dönmez Çavdar, A., Mengeloğlu, F. ve Karakuş, K. (2015). Effect of boric acid and borax on mechanical, fire and thermal properties of wood flour filled high density polyethylene composites. *Measurement*, 60, 6-12.
- Gevenesli, B. T. ve Kozan, E. E. (2019). Farklı Derişimlerde Boroksit Kullanılarak Hazırlanan Biyobozunur Plastiklerin Yanma Özelliklerinin ve Gıdaların Raf Ömrü Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi. M. Özkan (Ed.), *TÜBİTAK 13. Ortaokul Öğrencileri Araştırma Projeleri Yarışması Bursa Bölge Yarışması Özet Kitapçığı* içinde, Bursa: TÜBİTAK.
- Kızıroğlu, İ. (2001). *Ekolojik Potpuri*. Ankara: Takav Yayıncılık.
- Özdemir, F. (2012). *Yanmayı Geciktirici Çeşitli Kimyasal Maddelerin Laminat Parkenin Bazı Özellikleri Üzerine Etkilerinin Araştırılması*. (Yayımlanmamış doktora tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- Özdemir, İ. (2001). *Yalnız Gezegen*. İstanbul: Kaynak Yayınları.
- Şahin, S. ve Hatunoğlu, Z. (2016). Geri dönüşüm sistemlerine yönelik algı düzeyi, finansmanı ve muhasebeleştirilmesi: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi örneği. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 12 (2), 73-93.
- Yakut, A. (2012). Geri dönüştürülebilir kullanılmış kâğıttan yeni kâğıt üretiminin irdelenmesi. *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 127, 68-75.
- Yılmaz, M. (2017). *Borik asit ve sodyum borhidrür'ün geri kazanılmış selüloz lifleri üzerine etkisinin araştırılması* (Yayımlanmamış yüksek lisans tezi). Süleyman Demirel Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.



**Resim 1.** Atık kâğıtların blendırdan geçirilmesi



**Resim 2.** Blendırdan geçirilen materyallerin 20 L suyun içine konulması



**Resim 3.** Kabin içindeki materyal



**Resim 4.** Süzgecin üzerine alınan atık materyal



**Resim 5.** Yanma deneyleri için oluşturulan düzenek



**Resim 6.** Yanma deneyleri için kesilen 9.5 cm çaplı geri dönüştürülmüş kâğıt örneği



**Resim 7.** Bor bileşikleri ile hazırlanan 100 ppm'lik çözeltiler