



## Farklı Kalınlık ve Gramajdaki Ambalaj Kartonlarının Neme Karşı Dayanım Parametrelerinin İncelenmesi

Doğan TUTAK

Marmara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu, Basım Teknolojileri Bölümü, 34722, İstanbul, Türkiye

### Öz

Kâğıt ve kartonlar için içerisinde buldukları sıcaklık ve nem oldukça önemlidir. Lifli yapıları itibari ile higroskopik özelliklere sahip olduklarından dolayı hem sıcaklıktan hem de nemden kolayca etkilenebilirler. Bu nedenle kartonların fiziksel yapılarına göre sıcaklık ve nemden nasıl etkilendiklerinin tespiti için, çalışmada aynı özelliklerde, ancak dört farklı gramaj ve kalınlığa sahip (327 g/m<sup>2</sup> – 16,11 µm, 348 g/m<sup>2</sup> – 18,06 µm, 389 g/m<sup>2</sup> – 20,02 µm ve 417 g/m<sup>2</sup> – 22,38 µm) kartonlar seçilmiştir. Kartonlar şartlandırma kabiniinde 22°C ±1 sabit sıcaklıkta, %40, %65 ve %90 olmak üzere üç farklı nem değerinde 24 saat süreyle şartlandırılmıştır. Şartlandırma sonrası kartonların Stiffness (bükülme dayanımı direnci) TAPPI, T 489 om-15'e göre, Yırılma direnci dayanımı TAPPI, T 414 om-12'ye göre, Kopma ve Uzama direnci dayanımı TAPPI, T 494 om-01'e göre test edilmiştir. Çıkan sonuçlar değerlendirildiğinde sıcaklık, nem ve karton kalınlıklarının, kartonların fiziksel dayanımlarına etki ettiği tespit edilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Kâğıt, karton, nem, sıcaklık, dayanım

## Examination of The Moisture Resistance Parameters of Different Packing Paperboards in Different Grammage and Thicknesses.

### Abstract

The temperature and humidity are very important for paper and paperboards. Due to their fibrous structure, they are easily affected by both temperature and humidity. Therefore, in order to determine how they are affected by temperature and humidity according to their physical structure, in this study, 327 g/m<sup>2</sup> – 16,11 µm, 348 g/m<sup>2</sup> – 18,06 µm, 389 g/m<sup>2</sup> – 20,02 µm, and 417 g/m<sup>2</sup> – 22,38 µm paperboards were used with four different weights and thicknesses. The paperboards were conditioned in the conditioning cabinet at a constant temperature of 22°C ±1 and three different humidity conditions 40%, 65% and 90% for 24 hours. After conditioning, the stiffness resistance of the paperboards was tested according to TAPPI test method T 489 om-15, the tearing strength of the paperboards were tested according to TAPPI test method T 414 om-12, Tensile strength and elongation of paperboards were tested according to TAPPI test method T 494 om-01. When the results were evaluated, it was determined that the humidity, temperature and cardboard thicknesses had affected the physical strength of the cartons.

**Keywords:** Paper, paperboard, humidity, temperature, strengths

### 1. Giriş

Kâğıt ve karton, genellikle odun, keten veya pamuk gibi selülozik özelliğe sahip malzemelerden elde edilen doğal polimer kompozit bir malzeme olarak tanımlanır. Kâğıt ve kartonu oluşturan lif (selüloz) ağır birbirinin üzerinde ve iç içe geçerek birbirleri ile kuvvetli bağlar oluşturur. Her lif iyi tanımlanmış katmanlı bir mikro yapıya sahiptir (Şekil 1). Bu nedenle, kâğıt ve karton, mühendislik malzemelerinin en karmaşıklarından biri olarak tanımlanır (Haslach, 2000).

#### \*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

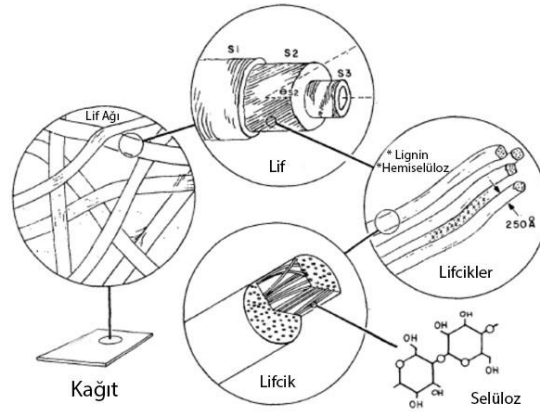
Doğan TUTAK (Dr.); Marmara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu,  
Basım Teknolojileri Bölümü, 34722, İstanbul-Türkiye. Tel: +90 (532) 563 2053, Fax:  
+90 (216) 337 8987, E-mail: [dtutak@marmara.edu.tr](mailto:dtutak@marmara.edu.tr)

ORCID No: 0000-0002-4683-580X

Geliş (Received) : 11.04.2019

Kabul (Accepted) : 28.05.2019

Basım (Published) : 15.08.2019



Şekil 1. Kâğıt ve liflerin karmaşık içyapısı (Paunonen, 2010).

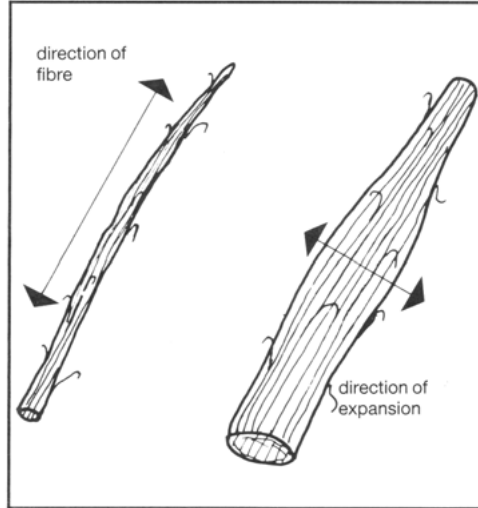
Kâğıt ve kartonlar genel yapıları itibarı ile selülozik liflerden oluştuğu için gözenekli ve odunsu bir yapıya sahiptirler, yani doğal olarak higroskopiktirler, bu da kâğıt ve kartonun aşırı nemli veya nemsiz ortamlarda, boyutsal olarak kararsız bir yapıda olmalarına neden olur ve onları sıcaklık ve nem değişikliklerine karşı savunmasız bırakır. Bu yapılarından dolayı, özellikle tropik ve nemli bölgelerde, çevrelerinde bulunan nemden kolayca etkilenebilir, içyapılarının ve mekanik özelliklerini değiştirebilirler (Parker vd., 2006; Özcan ve Zelzele 2017).

Kâğıt ve kartonlar, çevresi ile bir denge durumuna ulaşma çabası içindedir. Boyutlarını, dayanımını, kırılma direncini ve iletkenliğini etkileyebilecek nemi toplar ve serbest bırakır. Her zaman bulunduğu çevreyle denge içerisinde bulunmak ister. Kâğıt ve kartonlar için ideal sıcaklık ve nem değerleri genellikle 22°C sıcaklık ve %55-60 nem değeridir. Bunu başaramadığında kâğıt veya karton liflerinde deformasyon veya kırılma gözlemlenebilir (Şekil 2).



Şekil 2. Nem değerinin katlama sırasında kartona etkisi (URL-1)

Kâğıt ve karton zaman zaman performansını ve kullanılabilirliğini, nem içeriğindeki değişikliklerin bir sonucu olarak ciddi boyutsal değişiklikler de sergileyebilir. Kâğıdın bu boyutsal kararsızlığı, içerisinde bulundurduğu nem oranından ve içerisine kabul ettiği aşırı nem miktarından dolayı liflerdeki hücre duvarının şişmesinden kaynaklanır (Şekil 3). Kuru durumda, liflerin hücre duvarı neredeyse göze çarpmaz, ancak kuru kalmaya devam ederken çevredeki atmosferden nem alabilir. Hücre duvarındaki geniş iç yüzeylerde nemin emilmesi, dış boyutlarda değişikliğe yol açar. Çevresindeki ortamın nemi arttıkça, doyma noktasına ulaşılan kadar hücre duvarında daha fazla nem kabul eder. Sıradan bir odun lifinde, lif doyma noktasındaki hücre duvarının nem içeriği yaklaşık yüzde 30 (30 g su / 100 g kuru elyaf) olarak kabul edilir. Ancak, kâğıt hamurunda, lif doyma noktası birkaç kez daha büyük olabilir. Hamur lifleri kolayca %70 ila 80 oranında lif doyma noktasına sahip olabilirler (Caulfield, 1978 ; Caulfield, 1988).



Şekil 3. Normal bir lif ve suya doymuş lif (Tutak, 2006)

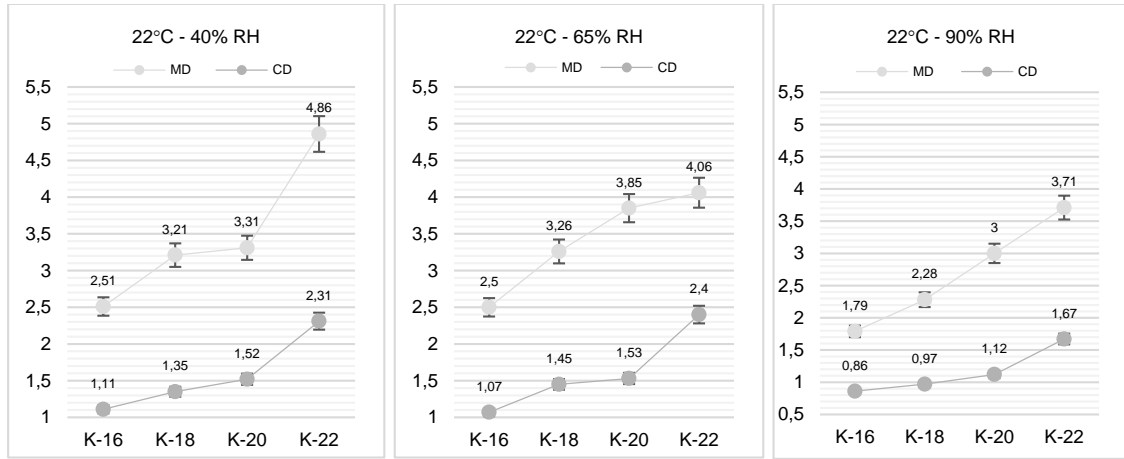
Kâğıt ve kartonların üretimden önce muhafaza edildiği depo koşulları ve ürün olduktan sonra sergilendiği yer de oldukça önemlidir. Buldukları ortamdaki nemin düşük veya yüksek olması ve ortamın sıcaklığı gibi dış etkenler kartonun dayanımına direkt olarak etki edebilmektedir (Uchino vd., 2010). Özellikle hassas olan lif yapılarından dolayı hem saklandığı yerde hem de taşıma sürecinde son derece dikkat edilmeli ve ideal sıcaklık ve nem değerlerine hassasiyet gösterilmelidir.

## 2. Materyal ve Metot

Yapılan çalışmada; aynı özelliklere sahip, dört farklı gramaj ve kalınlıkta kartonlar kullanılmıştır. Kartonlar sırasıyla; K-16: 327 g/m<sup>2</sup> – 16,11 µm, K-18: 348 g/m<sup>2</sup> -18,06 µm, K-20: 389 g/m<sup>2</sup> – 20,02 µm, ve K-22: 417 g/m<sup>2</sup> – 22,38 µm şeklinde isimlendirilmiştir. Kartonlar, Caron 6030 şartlandırma dolabında 22°C ±1 sıcaklık, %40 nem, 22°C ±1 sıcaklık, %65 nem ve 22°C ±1 sıcaklık, %90 nem değerlerinde 24 saat süreyle şartlandırılmıştır. Şartlandırma sonrasında her bir karton dışardaki nem ve sıcaklıktan etkilenmeyecek şekilde ve her bir örnek için en az beş kez olmak üzere Stiffness (bükülme dayanımı direnci), Yırtılma direnci, Kopma ve Uzama direnci testlerine tabi tutulmuştur. Kartonların Stiffness (bükülme dayanımı direnci) TAPPI, T 489 om-15'e göre Gurley stiffness test cihazı kullanılarak, Yırtılma direnci testi TAPPI, T 414 om-12'ye göre TMI yırtılma test cihazı kullanılarak, Kopma ve Uzama direnci testi TAPPI, T 494 om-01'e göre Instron test cihazı kullanılarak test edilmiştir. Ayrıca testler hem su yönünde (Machine Direction, MD) hem de su yönünün tersinde (Cross Direction, CD) uygulanmıştır.

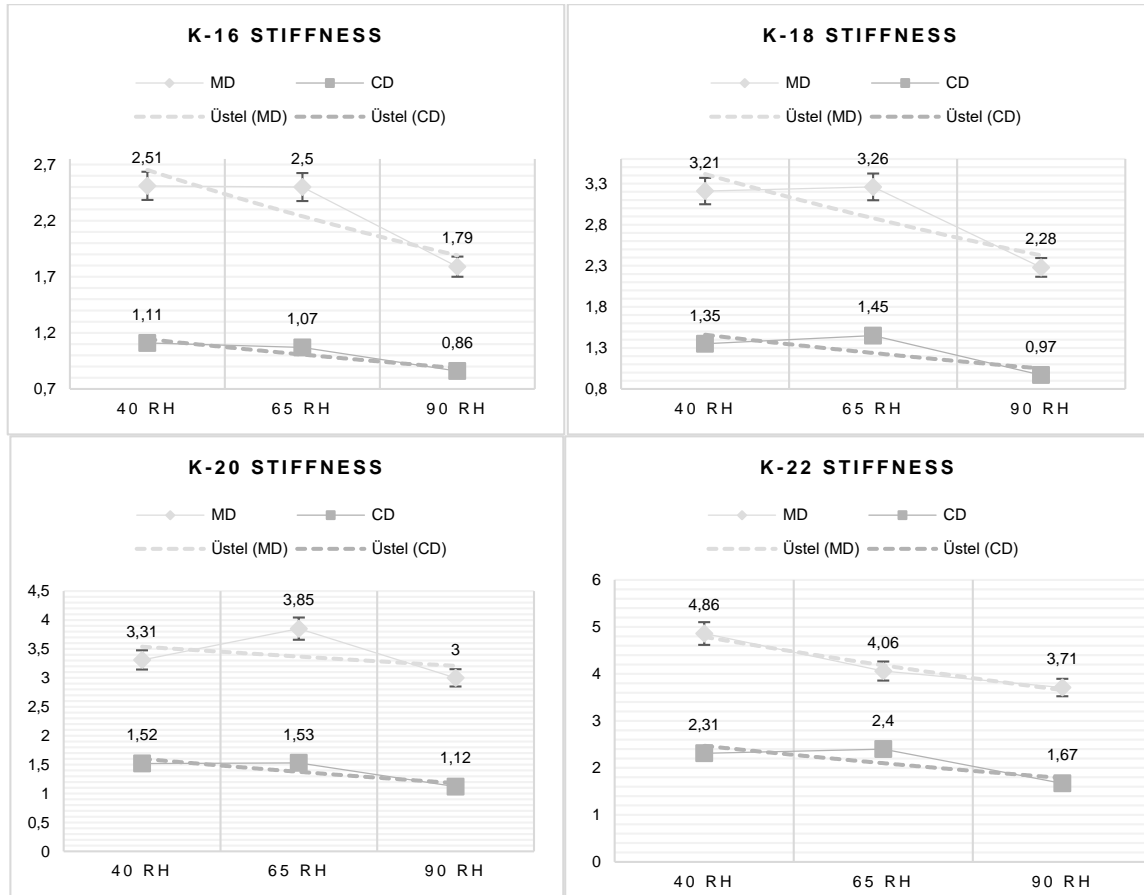
## 3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan testler sonucunda sıcaklık, nem ve karton kalınlığına bağlı olarak kartonların fiziksel dayanımları tespit edilmiştir. Grafikler halinde stiffness, yırtılma, kopma ve uzama değerleri aşağıda verilmiştir.



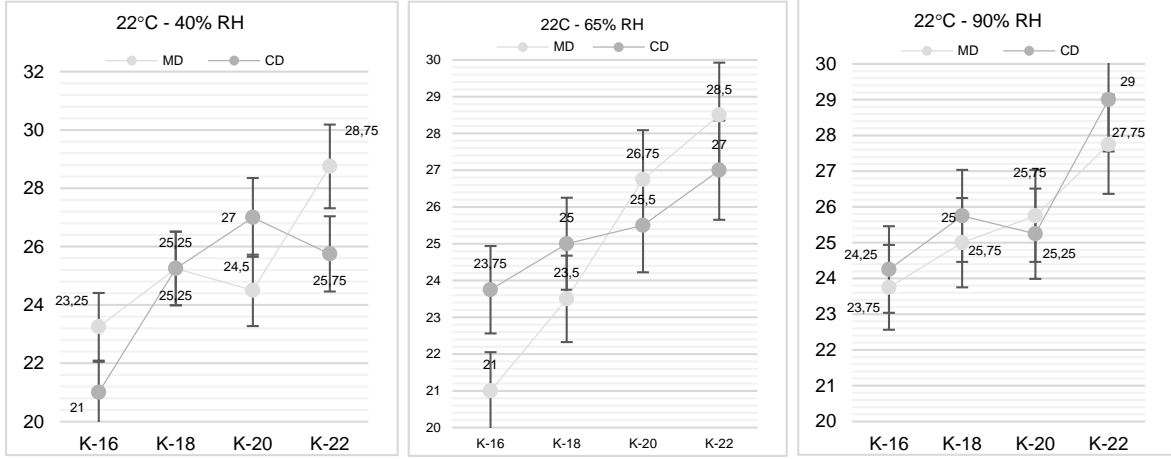
Şekil 4. Karton kalınlıklarına göre Stiffness değerleri

Karton kalınlıklarına göre stiffness değerlerine baktığımızda, kartonların uygulanan üç farklı nem değerinde de hem MD yönünde hem de CD yönünde karton kalınlıkları arttıkça stiffness yani bükülme değerlerinin arttığı tespit edilmiştir.



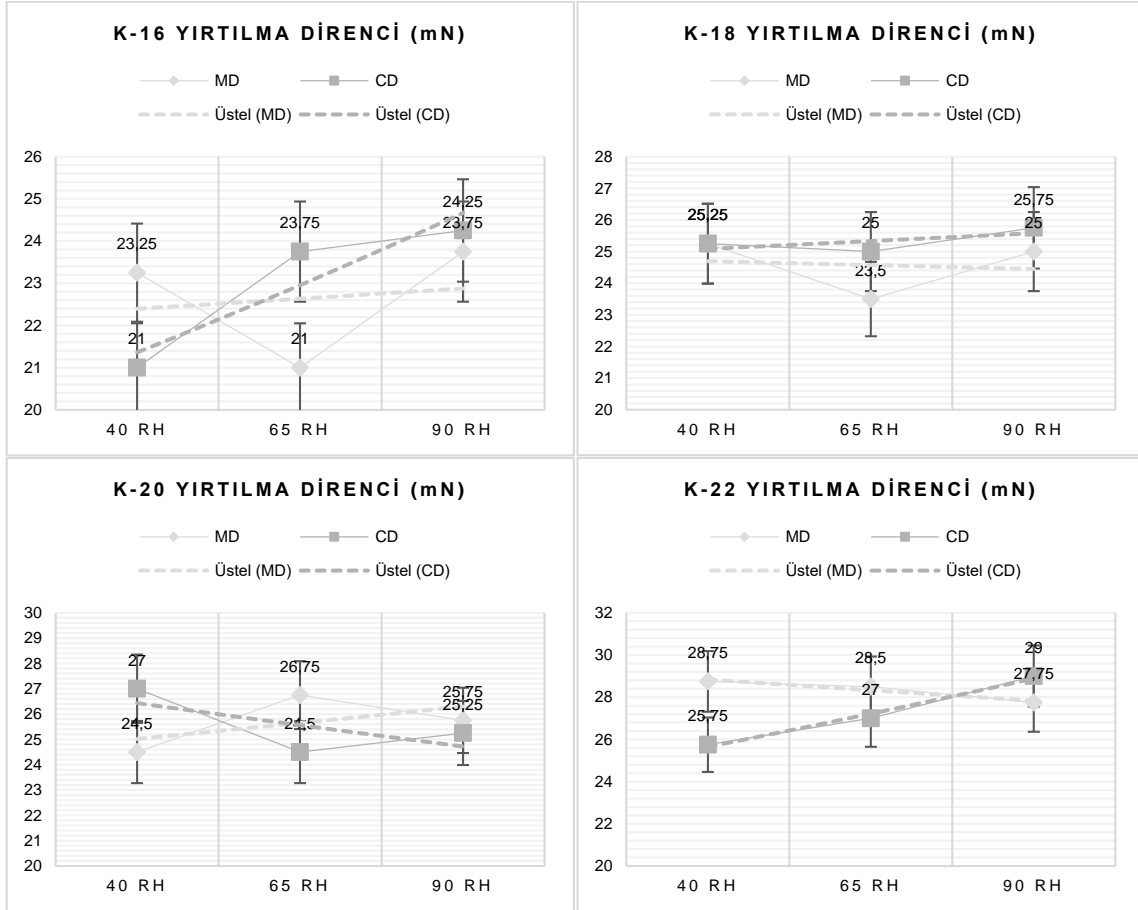
Şekil 5. Nem değerlerine göre Stiffness değerleri

Kartonları kendi içinde fakat farklı nem değerlerinde karşılaştırdığımızda, bütün karton kalınlıklarında, ortamdaki nem miktarının artması, kartonların hem MD hem de CD yönünde stiffness değerlerinin azalmasına neden olmuştur.



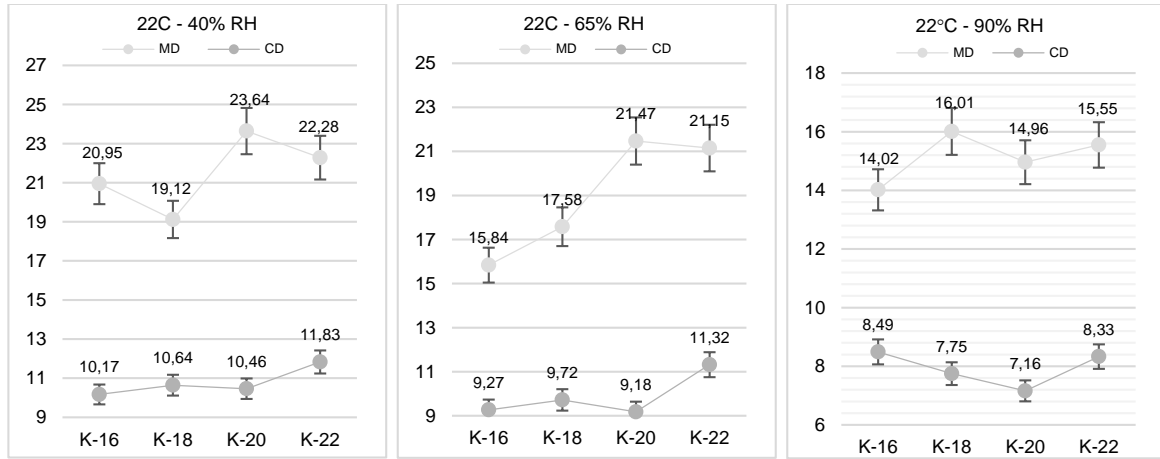
Şekil 6. Karton kalınlıklarına göre yırtılma direnci değerleri

Karton kalınlıklarına göre yırtılma direnci değerlerine baktığımızda, karton kalınlığı arttıkça yırtılma direnci değerinin de arttığı görülmektedir. Bu durum hem MD hem de CD yönleri için geçerlidir, karton kalınlığının artması kartonun fiziksel direncini de artırmıştır.



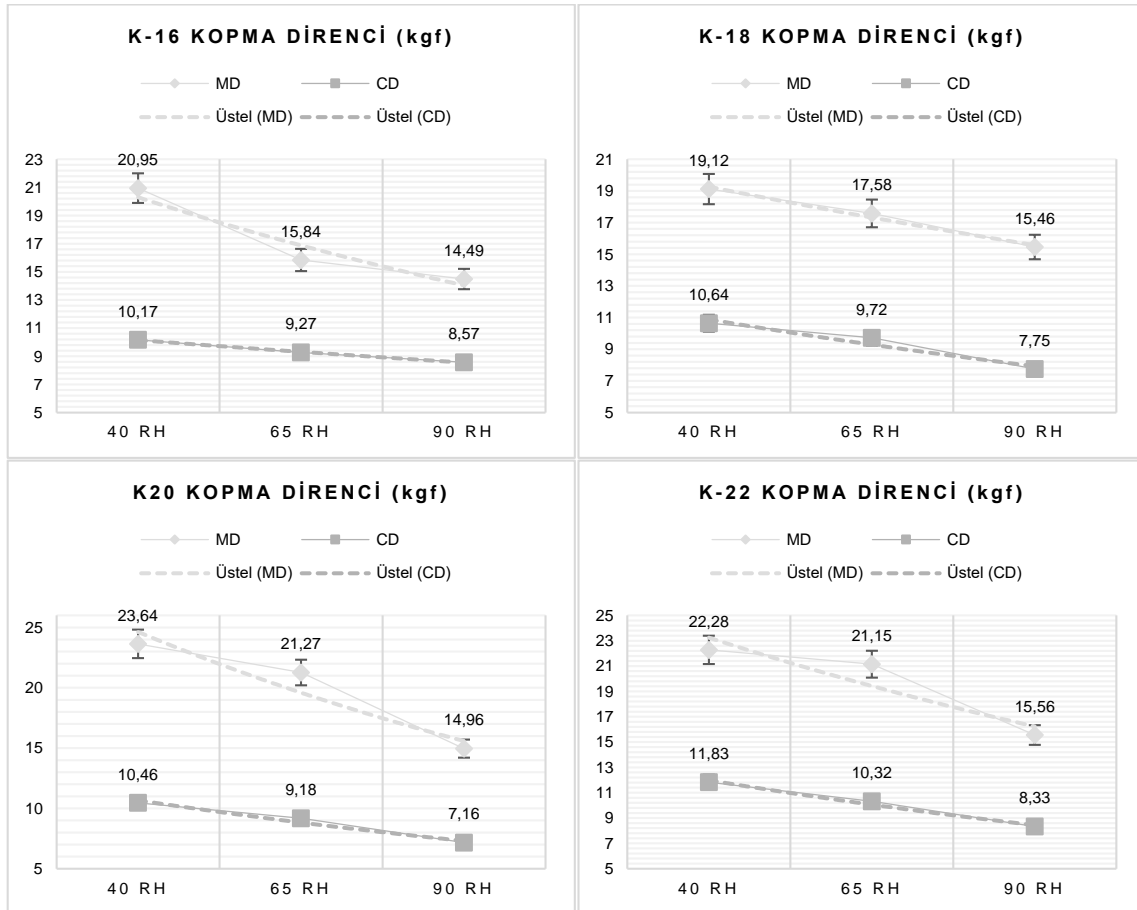
Şekil 7. Nem değerlerine göre yırtılma direnci değerleri

Nem değerlerine göre yırtılma direnci değerlerine baktığımızda, CD yönünde K-20 kartonu dışındaki diğer kartonların yırtılma direncinin arttığı görülmektedir. Ancak MD yönünde ciddi anlamda herhangi bir değişiklik tespit edilememiştir.



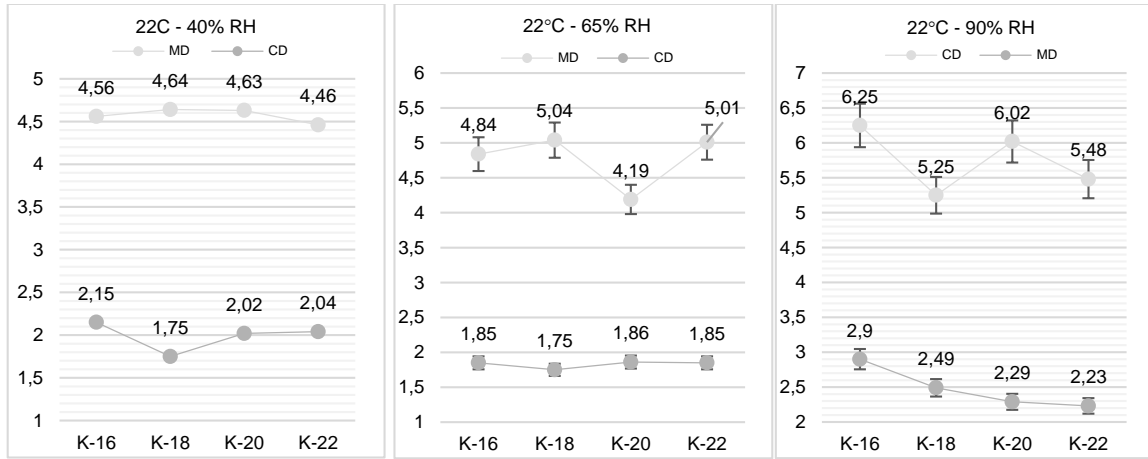
Şekil 8. Karton kalınlıklarına göre kopma direnci değerleri

Karton kalınlıklarına göre kopma direnci değerlerine baktığımızda, genel anlamda hem MD yönünde hem de CD yönünde farklılıklar gözlenmiştir.



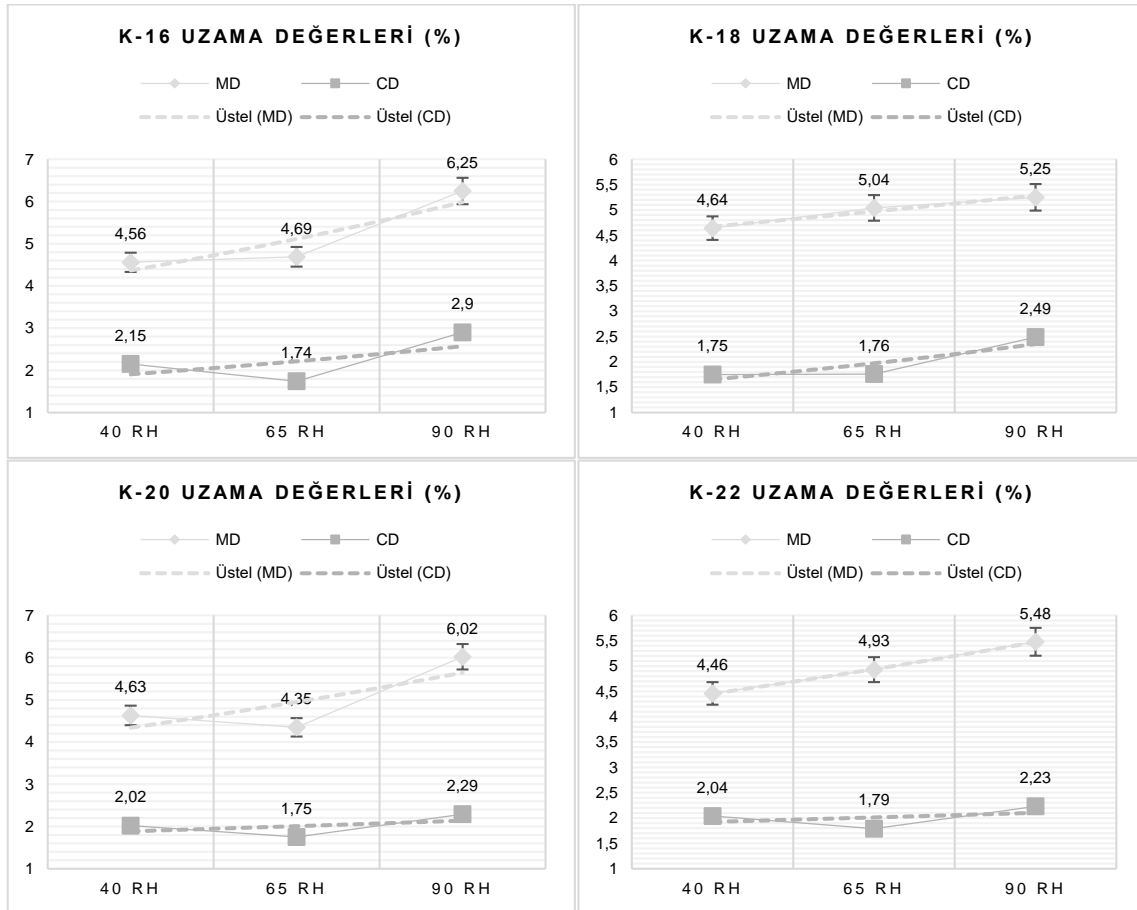
Şekil 9. Nem değerlerine göre kopma direnci değerleri

Nem değerlerine göre kopma direnci değerlerine baktığımızda, bütün karton kalınlıklarının aynı davranışı gösterdiği görülmektedir. Hem MD yönünde hem de CD yönünde tüm kartonların kopma değeri, nem artışı ile birlikte azalma göstermiştir.



Şekil 10. Karton kalınlıklarına göre uzama değerleri

Karton kalınlıklarına göre uzama değerlerine baktığımızda, tüm kartonlarda kalınlık arttıkça CD yönünde uzama değerinin düştüğü tespit edilmiştir. Ancak aynı durum MD yönü için geçerli değildir.



Şekil 11. Karton kalınlıklarına göre uzama değerleri

Karton kalınlıklarına göre uzama değerlerine baktığımızda, tüm karton kalınlıklarında nemin artması ile birlikte uzama değerleri de artmıştır. Bu artış hem MD yönünde hem de CD yönünde gerçekleşmiştir.

#### 4. Sonuç ve Öneriler

Kâğıt ve kartonlar karmaşık yapıya sahip malzemelerdir. Lifler arasındaki bağlar ve dolgu maddeleri kâğıdın genel yapısını oluşturur. Bu yapı hem ortam şartlarından hem de kendi içsel yapısından dolayı oldukça hassastır. Bu hassaslığı aslında odunsu ve higroskopik (su çeken) bir yapıya sahip olmasından kaynaklanır. Bu odunsu yapı çevrede bulunan nemi bünyesine alır bu da kâğıt ve kartonların kararlı yapısının etkilenmesine neden olur.

Yapılan çalışmalar da bu doğrultuda sonuçlar göstermiştir. Genel anlamda kartonların ortamda bulunan nemi içerisine kabul etmesi, kartonun dik ve kuvvetli durmasını gerektiren özelliklerinde (stiffness, kopma gibi) aşağı ivme göstermiş ve zayıflatmıştır. İçerisine nem kabul eden liflerin şişerek kararlı yapısından uzaklaşması ve lif çeperinin zayıflaması kartonun genel yapısını da zayıflatmıştır.

Ancak uzama değerlerine baktığımızda, içerisine nem alan liflerin kopma sırasında daha az güce ihtiyaç duyarak, kopma mesafesinin, yani lifin uzama mesafesinin arttığı tespit edilmiştir. Bu da nem alan, yani ıslak olan liflerin daha fazla uzadığını göstermektedir.

Karton kalınlıklarına ise genel anlamda baktığımızda, karton kalınlıkları arttıkça kartonun fiziksel dayanımının arttığı tespit edilmiştir. Karton kalınlığı ne kadar fazla ise dayanımı da o denli fazladır.

Kartonun bulunduğu çevreden bu kadar fazla etkilenmesi, kartonun bulunduğu ortam koşulları hem karton üreticileri hem de kartonu ham madde olarak kullanan ikincil üreticiler için son derece dikkat edilmesi gereken bir unsurdur.

#### Kaynaklar

1. **Caulfield DF (1978)**. The effect of cellulose on the structure of water, Fiber Water interactions in papermaking, H. Corte, ed. Wm. Clowes and Sons, Ltd., London.
2. **Caulfield DF (1988)**. Dimensional Stability of Paper: Papermaking Methods and Stabilization of Cell Walls, 1988. *In*: Suchsland, Otto, ed. Wood science seminar 1: Stabilization of the wood cell wall; 1987 December 15-16; East Lansing, MI. East Lansing, MI: Michigan State University: 87-98.
3. **Haslach Jr, HW (2000)**. The Moisture and Rate-Dependent Mechanical Properties of Paper: A Review. September, *Mechanics of Time-Dependent Materials* 4(3):169-210.
4. **URL-1**. How Humidity Affects Materials, Erişim tarihi: 25.11.2018 (<https://www.armstronginternational.com/common/hvacsource/humidityaffects.pdf>)
5. **Ozcan A, Zelzele OB (2017)**. The Effect of Binder Type on the Physical Properties of Coated Paper, *MSU J. of Sci.*, 5 (1), p 399-404.
6. **Parker, ME, Bronlund, JE, Mawson AJ (2006)**. Moisture Sorption Isotherms for Paper and Paperboard in Food Chain Conditions, *Packaging Technology And Science*, 19, 193-209.
7. **Paunonen, S (2010)**. Influence of moisture on the performance of polyethylene coated solid fiberboard and boxes, Norwegian University of Science and Technology, PhD thesis.
8. **Tutak D (2006)**. Ofset Baskılı Lamine Dış Ambalajlarda Bağlı ve Mutlak Nemin Dayanıma Etkisinin İrdelenmesi, Tüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
9. **Uchino T, Tanaka F, Hamanaka D, Nakano Y (2010)**. Moisture Content And Strength Of Corrugated Cardboard Exposed to a Nano-Sized Mist, *Acta Hort.* 880, 533-537.