



KÂĞIDIN HACİMLİLİK TERİMİ VE BASILABİLİRLİK AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Ayyüce Güzide Teke ^{1*}, Mehmet Oktav ² Ahmet Akgül³

^{1,2,3} Marmara Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Basım Teknolojileri Bölümü, İstanbul

1*) Elmek: ayyuceguzidegok@gmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-3818-5448>

2) Elmek: maktav@marmara.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9872-4802>

3) Elmek: ahmetakgul@marmara.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8726-4727>

Özet

Hacimlilik kavramı kâğıdın önemli fiziksel özelliklerinden birisidir. Kâğıdın hacimliliği matbaacılıkta basılabilirliği, çalışabilirliği, baskının kalitesini ve maliyeti etkileyen bir parametredir. Bu nedenle matbaacılıkta mamul üretiminde en çok kullanılan temel hammadde olan kâğıt ve kartonlara ait hacimlilik teriminin doğru bilinmesi ve uygulanması önemlidir. Kâğıdın kalınlığı ve ağırlığı hacimliliğinin fonksiyonudur. TÜBA Türkçe Bilim Terimleri Sözlüğünde “Kâğıt Hacimliliği” ve “Paper Bulk” ve Türk Dil Kurumu Sözlüğünde “Kâğıt Hacimliliği” anahtar kelimeleri ile taratıldığında hiçbir tanım bulunamamaktadır. DergiPark sisteminde “Kâğıt Hacimliliği” anahtar kelime ile gelişmiş arama yapıldığında ve akademik arama motorlarından Google Scholar üzerinde de hiçbir makale bulunamamıştır. Kâğıtta hacimlilik kavramı; kâğıtla ilgili birçok Türkçe özgün makalede ve kitaplarda da basılabilirlik açısından incelenmemiştir. Bu nedenle bu çalışmada “kâğıtta hacimlilik” kavramı incelenmesi ve açıklanması gereken bir konu olarak seçilmiş ve bu kavramın basılabilirlik ve baskı kalitesine etkisi; birkaç yerli ve çok sayıda yabancı kaynak irdelenerek değerlendirilmiştir. Kâğıttaki “Hacimlilik” kavramının görsel olarak daha iyi anlaşılabilmesi için de aynı gramajda farklı hacimlilikteki iki farklı tipte kâğıda ait baskılı-baskısız yüzey ve arayüzey mikroskopik görüntüleri çekilmiştir. Hacimlilik, basılabilirliğe etki eden faktörlerden biri olduğu için çalışmada ayrıca numunelerin kâğıt mürekkep arayüzey görüntülerindeki mürekkep-kâğıt ilişkisi de verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kâğıt hacimliliği, Gözeneklilik, Opaklık, Mürekkep emicilik, Basılabilirlik, Baskı kalitesi

THE TERM PAPER BULKINESS AND ITS EVALUATION IN TERMS OF PRINTABILITY

Abstract

Bulkiness is one of the significant physical properties of paper. The bulkiness of paper is a parameter that affects printability, runnability, print quality, and cost in the printing industry. For this reason, it is important to understand and apply it correctly for the production of paper and cardboard, which are the most commonly used basic raw materials in printing. The thickness and weight of the paper are functions of its bulkiness. There is no definition in the TÜBA (Turkish Science Terms Dictionary) for the keyword "paper bulkiness" and in the Turkish Language Association Dictionary for the keyword "paper bulkiness.". Similarly, an advanced search with the keyword "Paper Bulkiness" in the DergiPark system did not yield any articles. The concept of bulkiness in paper has not been extensively studied in terms of printability in many Turkish original articles and books related to paper. Therefore, in this study, the concept of "bulkiness in paper" has been chosen as a subject that needs to be examined and explained, and its impact on printability and print quality has been evaluated by reviewing several domestic and numerous foreign sources. To facilitate a better visual understanding of the concept of "bulkiness" in the paper, microscopic images of printed and unprinted surfaces and interfaces of two different types of paper with different bulkiness but the same basis weight were taken. Since bulkiness is one of the factors affecting printability, the study also analyzes the ink-paper relationship in the ink-paper interface images of the samples.

Keywords: Paper bulkiness, Porosity, Opacity, Ink absorbtion, Printability, Printing quality

1. Giriş

Matbaa sektörü, yazılı ve görsel iletişimin mihenk taşlarından biridir. Bu sektör ile kitap, dergi, ambalaj malzemesi, afiş, broşür ve birçok basılı ürünün üretimi gerçekleştirilir. Gelişen baskı teknolojileri, dijital matbaa ve özel baskı hizmetleri gibi yenilikçi yaklaşımlarla birlikte matbaa, başta tasarım ve reklam sektörü olmak üzere endüstride kilit bir rol oynamaktadır.

Matbaa, tarihsel olarak iletişimde devrim yaratan bir buluştur. Gutenberg'in 15. yüzyılda modern matbaayı icat etmesi, kitapların, dergilerin ve diğer yazılı malzemelerin daha önce hiç olmadığı bir hızda çoğaltılmasını sağlamıştır. Bu, bilginin yayılmasını hızlandırarak Rönesans ve Reform hareketlerinin yayılmasına katkıda bulunmuştur. Türkiye'de matbaacılığın, Avrupa'da matbaanın bulunuşundan kısa bir süre sonra başladığı ve Osmanlı İmparatorluğu sınırları içinde yaşayan azınlıkların matbaalar kurduğu bilinmektedir. Matbaa, Osmanlı İmparatorluğu döneminde, 18. yüzyılın ortalarına doğru, ilk Türk matbaasının kurulmasıyla tanıtılmış olup, matbaanın Türkiye'de yaygınlaşması ve büyük etki yaratması daha sonra, 19. yüzyılın ortalarına doğru gerçekleşmiştir (URL-1). Bugün, matbaa ve basım endüstrisi, teknolojik gelişmelerle birlikte, dünya genelinde ve Türkiye'de hala önemli bir rol oynamaktadır.

Matbaa sektöründe, kâğıt malzeme sadece bir taşıyıcı değil, aynı zamanda bir ifade aracıdır. Kâğıdın fiziksel ve mekanik özellikleri, dokusu, rengi ve diğer özellikleri, baskının görünümünü ve verimliliğini etkiler. Kâğıt seçimi, tasarımın etkisini artırabilir veya azaltabilir, bu nedenle matbaa endüstrisinde, projenin amacına ve hedef kitlesine en uygun kâğıt seçilmelidir. Kullanım yerine uygun nitelikte bir kâğıt, baskının uzun ömürlülüğünü ve etkileyici bir görsel çekiciliği destekler, bu da matbaa ve kâğıt arasındaki bu önemli ilişkiyi vurgular.

Kâğıdın yapımında kullanılan selüloz lifleri; odun, yıllık bitkiler ve pamuk gibi çeşitli doğal hammaddelerden elde edilir. Kâğıt üretiminde otomasyon sistemler ve makineler kullanılarak; selülozik lifler suyla birlikte bir hamur haline dönüştürülür, ardından safiha haline getirilir, kurutulur ve daha sonra tabakalar halinde kesilerek son ürün haline getirilir. Hammaddeye ve üretim şartlarına bağlı olarak çok sayıda farklı kâğıt türü üretmek mümkün olup dolayısıyla üretilen her bir kâğıt türünün özellikleri de birbirinden oldukça farklı olabilmektedir.

Kâğıdın hacimlilik terimi, matbaacılıkta malzemenin önemli bir fiziksel özelliğini ifade eder.

Hacimlilik, kâğıdın kalınlığı ve ağırlığına bağlı olarak belirlenen bir özelliktir. Kâğıtta hacimlilik değerinin doğru hesaplanması için öncelikle bu terimin matbaa terminolojisine doğru bir şekilde eklenmesi önem arz etmektedir.

Ne yazık ki matbaacılık temel terminolojisini kapsayan yayınların sayısı oldukça yetersizdir. 2003 yılında Yasemin Şekercioğlu Sesli tarafından "Türkçe matbaacılık terminolojisinin oluşturulması" adlı bir yüksek lisans tez çalışması tamamlanmıştır. İnternet ortamında Türkçe anahtar kelimelerle tarama yapıldığında çok sayıda matbaacılık sözlüğüne rastlanmaktadır. Ancak bunlar bilimsel araştırma sonuçlarının ürünü değildir.

Matbaa sektöründe baskıya uygun olmayan kâğıt hacimliliği baskı kalitesinde azalma, kuruma problemleri, makine çalışma problemleri ve maliyet artışı gibi olumsuz sonuçlar doğurur. Kâğıtta hacimliliğin belirlenmesi, özellikle kâğıt tedarikini sağlayan ve üretimini gerçekleştiren teknik elemanlar için önem arz etmektedir. Kitap ciltleri hazırlanırken kitap kalınlığının ne kadar olacağını önceden belirlenmiş olması gereklidir. Örneğin bir kitabın, özelliğine göre daha kalın (örn. bir roman) ya da ince (örn. bir sözlük) görünmesi hedefleniyorsa buna göre hangi hacimlilikte kâğıt kullanılması gerektiği hesaplanmalıdır.

Kâğıdın Hacimliliği ve Basılabilirliğini Etkileyen Diğer Fiziksel Özellikler

Kâğıt hacimliliği ve matbaacılıktaki önemini irdelemeden evvel bazı temel terimlerin ve özelliklerinin aktarılması daha uygun olacaktır.

Matbaacılıkta mamul üretimi için kullanılan çeşitli kâğıt ve kartonlar vardır. Kâğıt ve kartonlar yüzey yapıları bakımından kaplanmış ve kaplanmamış olarak iki temel gruba ayrılır. Bu kâğıt ve kartonların fiziksel özellikleri; yüzey dokusu, parlaklık, renk, beyazlık, opaklık, su yünü, ağırlık, hacim, kalınlık ve boyutudur. Bu özelliklerin basılabilirlik parametreleri (mürekkep emiciliği, renk stabilitesi, yolunma vb.) üzerine etkisi vardır. Bunun yanı sıra üretilen mamul için doğru kâğıdın seçimi maliyetler açısından da önemlidir (Singh ve ark., 1991).

Kâğıdın 1 metrekaresinin gram olarak ağırlığı kâğıdın gramajıdır. Mikrometre ile ölçüldüğünde kâğıdın iki yüzeyi arasındaki mesafe kâğıdın kalınlığıdır (URL-2).

Belirli bir basınç altında belirli sayıda kâğıt yaprağının kalınlığı bir kitabın sırt kalınlığı açısından önemlidir. Kitap üretiminde kullanılan kâğıtların, hacimliliği

olması ve bu şekilde daha az sayfa ile daha kalın bir görünüm vermeleri istenen bir durumdur. Örneğin, bir santimetre yüksekliğindeki bir kitap sırt kalınlığı 50 yapraktan da 100 yapraktan da oluşabilir. Bu durum kâğıdın kalınlığı ve hacimliliği ile ilgilidir. Bu nedenle kitapların sırt kalınlığının hesaplanmasında ve kapaklarının tasarımında hatalı üretim yapmamak için bu iki değer dikkate alınmalıdır.

Kaplanmamış kâğıt yüzey özelliklerinin pürüzlü yapıda olması, ofset baskıda mürekkebin fiziksel kuruma sürecine ve baskı kalitesi üzerine etkili olan bir faktördür (Rousu ve ark., 2003). Optik özelliklerden parlaklık, kâğıtta yüzeyden yansıyan yayılmış ışık miktarını ifade eder. Beyazlık, yansıyan ışığın rengini ifade eder. Kâğıdın beyaz olabilmesi için görünür spektrumdaki ışığın tüm dalga boylarını yüksek bir seviyede yansıtması gerekir. (Ülgen ve ark., 2008). Opaklık, kâğıdın ışığı geçirme veya absorbe etme (emme) kapasitesini tanımlar (Özdemir, 2021).

Kâğıt yüzeyinin optik özellikleri, mekanik özellikleri, sıvı geçirgenliği vb., basılı görüntünün niteliksel optik özelliğini ve kâğıdın basılabilirliğini doğrudan etkiler (Cigula ve ark., 2019).

Yoğunluk, birim hacimdeki kütle miktarı olarak ifade edilir (kg/m^3), hacimlilik yoğunluğun tersi olduğu için birim ağırlıktaki hacim miktarı olarak tanımlanmaktadır (m^3/kg) (Eroğlu ve Usta, 1990).

Formül olarak gösterilecek olursa:

$$B=1/D \text{ (m}^3/\text{kg)}$$

B: Hacimlilik ve D: yoğunluk olmak üzere ifade edilir.

Yoğunluk değeri gramajın kalınlığa oranlanması sonucu bulunduğu ve hacimlilik de yoğunluğun tersi olduğundan denklem şu şekilde açılabilir:

$$B = (T \text{ (}\mu\text{m)}) / (G \text{ (g/m}^2))$$

Burada B: hacimlilik, T: kalınlık ve G: gramaj olmak üzere ifade edilir.

Hacimlilik için belirli bir miktarda kâğıdın ne kadar yer kapladığının ölçüsü, yoğunluk için ise belirli bir miktarda kâğıdın ne kadar kütleye sahip olduğunun ölçüsüdür denebilir. Bu özellikler, ürünün nihai kullanım yerine ve amacına uygun olup olmadığının tayin edilmesinde önemlidir.

2. Yöntem

Çalışmada kâğıdın hacimlilik kavramı; Google Scholar bilimsel arama motorunda “Kâğıtta Hacimlilik” (7 alakalı çalışma) anahtar kelimeleri ile yerli kaynaklarda; “Paper Bulkiness” (12 alakalı çalışma), “Paper Bulk and Printability” (11 alakalı çalışma) “Volume formation in paper” (alakalı sonuç yok) gibi çok sayıda farklı anahtar kelime girilerek de yabancı kaynaklarda incelenmiştir. Yerli ve yabancı kaynaklar basılabilirlik ve baskı kalitesine etkisi açısından ele alınarak incelenmiştir. Bu kaynakların ışığında; “Kâğıtta Hacimlilik” kavramının Türkçe tanımı yapılmıştır. Kâğıdın üretimi sırasında hacimliliğe etki eden unsurlar açıklanmıştır. Basılı mamul üretiminde ve ticari hesaplamalarda maliyete etki etmesi açısından da kâğıtta hacimliliğin hesaplanması formülü verilmiştir.

Hacimlilik kavramı farklı kaynaklardan alıntılanıp ortaya konduktan sonra, baskı kalitesine ve basılabilirliğe etkisinin de daha iyi anlaşılması için gözenekli (kaplanmamış) ve gözeneksiz (kaplanmış) aynı gramajdaki iki tip kâğıt üzerine ofset baskı ile yapılan test baskılarının yüzey ve arayüzey mikroskobik görüntüleri alınmıştır. Ve önceki literatür çalışmalarına destekleyici olarak sunulmuştur.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kâğıtta Hacimlilik ve Hacimliliği Etkileyen Faktörler

Hacimlilik, kâğıdın kullanım yeri özelliklerini etkilediğinden önemli bir özelliktir. Örneğin, ofis kullanım amacına uygun kağıtlarda hacimlilik değeri tipik olarak $2.04 \text{ g}/\text{cm}^3$ civarı (URL-3) olabilir. Bu durum, yazıcı ya da başka bir aygıt ile kullanıldığında kâğıdın sıkışmaması açısından önemlidir. Genel olarak hacimliliği yüksek kağıtlar daha kalın ve daha serttir. Yoğunluk değerinin yüksek olması ile dayanımı yüksek kağıtlar elde edilir.

Kâğıtta hacimlilik, esas olarak, ağaç türüne, kâğıt makinesi özelliklerine ve kâğıt yapımında kullanılan katkı maddelerinin morfolojik özelliklerine göre değişen bir özelliktir. Örneğin, rafinasyon işlemi ve/veya kâğıt hamurunun dövülebilirliği, bunun mekanik özelliklerle birlikte değişmesi anlamında hacimliliği etkiler (Sousa ve ark., 2011).

Kâğıtta kullanılan lifin kalitesi, yani kâğıdın hangi lif türünden elde edildiği, odunu meydana getiren hücre tipleri, hücrelerin morfolojik karakteri ve hücre çeperinin kimyasal yapısı ile ilgilidir (Bozkurt ve Erdin, 1989). Tüm bu özellikler dolaylı olarak hacimliliği de etkiler. Odun hamuru, sert oduna sahip olan yapraklı ağaçların kısa

liflerinden ve yumuşak oduna sahip iğne yapraklı ağaçların uzun liflerinden üretilebilir. Kısa lifler sayesinde safihada yüzey düzgünlüğü ve opaklık elde edilir. Bununla beraber uzun lif sayesinde de safihanın mukavemet özellikleri gelişir (Twede ve ark., 2014). Genel olarak, yumuşak odun ağaçları uzun ve güçlü lif yapısından ötürü kutu ya da ambalaj üretiminde kullanılır. Öte yandan, sert odun ağaçları daha opak görünüm sağladığından baskı için uygun kâğıt üretilmesini sağlar (Teke, 2022; Gibbons, 1989).

Hacimliliği etkileyecek bir diğer önemli etken kâğıt hamuru üretim tekniğidir. Mekanik hamurdan elde edilen kâğıtlarda, kimyasal hamurdan elde edilenlere göre daha yüksek hacimlilik elde edilir. Kullanılan yöntem lif randımanını dolayısı ile hacimliliği etkiler. Lif randımanı mekanik yolla üretilen hamurlarda %90'ı bulduğu halde bazı kimyasal metotlarla %50'ye kadar düşebilmektedir (Bozkurt ve Erdin, 1989). Mekanik olarak elde edilen liflerde lifler arası bağlanma derecesi yüksek değildir, bu nedenle safihalar zayıf olma eğilimindedir. Mekanik olarak ayrılmış liflerden elde edilen safihalar, "yüksek hacimliliğe" ve düşük yoğunluğa sahiptir; yani belirli bir kalınlık için birim alan başına nispeten düşük bir ağırlığa (gramaj) sahiptir (Chamberlain ve Kirwan, 2013).

Uygulanacak dövmenin etkisi ile hücre çeperleri lümen boşluğunu aşarak birbirine yaklaşacağından, kâğıdın hacimliliği değişecektir. Az dövülmüş liflerde, lifler arası boşluk daha fazladır. Presleme işlemi ile aynı kalınlıktaki kâğıtta, kâğıt kalınlığına daha fazla lif sığdırılmış olur.

Özellikle mekanik yolla dövülen kâğıt hamurlarında odun kimliğini korur, bu yolla elde edilen kâğıtlarda lif sert olarak kaldığında darbelere karşı daha dayanıklı ve ezilmeye karşı daha dirençli olur. Bu durumda belirli bir oranda mekanik yolla dövülen hamurlardan elde edilen kâğıtlar daha hacimli ve ezilme ile darbe dayanımı daha fazla olan kâğıtlar olacaktır. Dövme işlemi, lifler arası bağları kopararak suyun hücre çeperine, dolayısıyla lifler arasına girmesini sağladığından lifler esnek bir yapı kazanır. Esnek liflerin oluşması, liflerin bağ yapma yüzeyini dolayısıyla bağ yapabilme kapasitesini etkilediğinden bu durumdaki liflerden üretilen kâğıtların optik ve mekanik özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Erentürk, 2014; Cao ve ark., 1999.)

Dövme derecesi arttıkça elastikiyet artacağı için kâğıttaki yoğunluk da artar, bununla beraber dövme derecesi arttıkça hacimlilik azalır (Eroğlu ve Usta, 1990).

Artan dövme miktarı ile kırık lif oranı artar, kırık lifler boşluklara dolmak suretiyle kâğıt içindeki hava miktarı azalacağından yine daha yoğun kâğıtlar elde edilir.

Bu bağlamda, yoğunluğun, lif boyutlarının ve esnekliğinin bir fonksiyonu olduğu ifade edilebilir. Yoğunluk, çekme direnci, elastikiyet modülü gibi pek çok özelliğin tahmin edilebilirliği açısından diğer parametreler (lif türü ve pigment kombinasyonu, dövme ıslak presleme ve kalenderleme) gibi önem arz eder (Isko ve ark., 1998). Hacimlilikle birlikte yoğunluk özellikleri kâğıdın kalınlığına bağlı olan özelliklerdir.

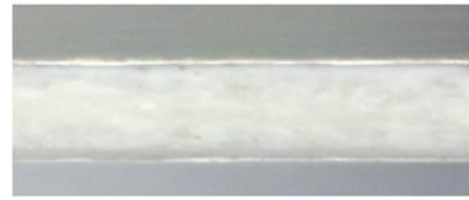
Özellikle hacimliliği yüksek safihalar elde edilmek istendiğinde sert odun lifleri yani kalın çeperli (kalın lif duvarlarına sahip olduğundan) lifler kullanılır. Bu kâğıtlar daha hacimli, kaba yüzeyli ve yüksek porozitelidir (İstek ve ark., 2009). Bu, yüksek oranda lif sertliği (bükülmezliği) sağlar ve hacimliliğin yüksek olması beklenen durumlarda lif uzunluğundansa lif bükülmezliğinin önemi daha büyüktür (Pettersson ve ark., 2015). Lif bükülmezliği eğilmeye karşı direnç sağladığından dolayı kâğıtta hacimlilik daha yüksek olur (Şekil 1).



Standart Hacimlilikte Kâğıt



Yüksek Hacimlilikte Kâğıt



Yüksek Hacimlilikte Yüzeyi Kaplanmış Kâğıt

Şekil 1. Farklı hacimlilikteki kâğıtların enine kesitlerinin mikroskopik görüntüleri.

Üreticiler, mukavemet, sağlamlık ve hacimlilik sağlayan ladin, köknar ve çam (iğne yapraklı türler) gibi nispeten uzun liflere sahip ağaçlar ile huş ağacı, okalıptüs, kavak (yapraklı türler) gibi daha kısa liflere sahip ağaçlar arasında bir seçim yapılabilir. Bu tür odunlardan elde edilen lifler yüksek hacimlilik (düşük yoğunluk), sıkı tekstür ve yüzey düzgünlüğü sağlar (Chamberlain ve Kirwan, 2013).

Hacimlilik ölçümü, kâğıdın ne kadar kompakt olduğunun anlaşılması hakkında bilgi sağlar. Parlak kaplamalı kağıtların hacmi daha azdır ve daha incedir. Bununla birlikte, kaplamasız, çok hacimli kağıtlar daha kalın ve sert hissedilir (URL-4).

Rafinasyon, drenaj ve presleme süreçlerinin kontrolü kâğıdın hacimliliğini arttırabilir ancak bu yaklaşımların da kâğıt mukavemeti gibi konularda ters etki yapabileceği göz önünde bulundurulmalıdır (Choi ve ark., 2018).

3.2. Hacimliliğin Basılabilirlik ve Baskı Kalitesi İlişkisi

Kâğıt yüzeyinin yapısal ve kimyasal özellikleri baskı kalitesini belirler, güçlü bir şekilde etkilenir ve müşteri değerlendirmesinde en önemli faktörlerden biridir (Gigac ve ark., 2014).

Kâğıdın baskıdaki performansı, çalıştırılabilirliğine ve basılabilirliğine bağlıdır. Çalıştırılabilirlik, kâğıdın baskı makinesinde nasıl ilerleyebileceğini belirleyen faktörlerle ilgilidir. Basılabilirlik faktörleri, mürekkep ve baskı ile ilgili olarak kâğıdın kalitesiyle ilgilidir (Moutinho, 2009).

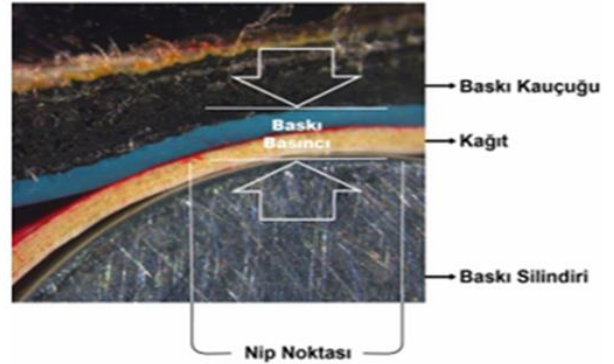
Kâğıdın basılabilirliği, üzerine basılan görüntülerin net ve doğru bir şekilde çoğaltılmasına olan etkisidir. Basılabilirlik, baskı işleminde kâğıdın kalite potansiyelinin tam olarak kullanılmasına katkıda bulunan faktörlerin toplamını ifade eder. Bir baskı kağıdının kalitesi, baskı kalitesine karar vermede önemli parametredir. Kâğıdın hacimliliği, baskı performansını etkileyen en önemli özelliklerden birisidir (Zhang ve ark., 2016). Kâğıdın doğru hacimliliği olmadığında, baskı kalitesi düşebilir; özellikle hacimli kağıtlar, baskı mürekkeplerini daha iyi emer ve renkleri daha canlı hale getirebilir. Hacimli olmayan kağıtlar ise baskı mürekkeplerini absorbe etmede zorlanabilir, bu da soluk veya mat bir görünüme yol açabilir. Ayrıca hacimlilik, kâğıdın su emme kapasitesini etkiler. Hacimli kağıtlar genellikle daha fazla su emer. Hacimliliği doğru hesaplanmayan kağıtların kuruma sürecinde sorunlar yaşanabilir. Bu durum, özellikle su ile çalışılan ofset baskı işleminden sonra kâğıdın istenmeyen kıvrılmalar veya deformasyonlar yaşamasına neden olabilir.

Yüzey özelliklerine bağlı olarak kâğıdın mürekkep emiciliği değişeceğinden, bu özellikler Cyan, Magenta ve Sarı tram noktalarından oluşan baskının gri dengesi üzerinde de etkilidir (Li, 2014).

Düşük hacimli kağıtlar özel olarak üretilen, pürüzsüz bir yüzeye sahiptirler. Yüksek baskı kalitesi elde edebilmek için kağıtların yüzeyi kaplanır. Kaplama sıvısı;

pigment, lateks bağlayıcı, yoğunlaştırıcı dispersiyon ajanları, optik parlaticılar ve çeşitli katkı maddelerinden oluşur. Baz kâğıt üzerine yapılan kaplama, kâğıdın hacimliliğini azaltan bir işlemdir. Ayrıca baz kâğıdın içine hamur hazırlama ünitesinde katılan dolgu maddeleri de benzer şekilde kâğıt hacimliliğini azaltır (Kim ve ark., 2022). Kağıtlarda dolgu maddesi olarak parlaklık ve düşük fiyatları nedeniyle öğütülmüş doğal kalsiyum karbonat, kaolin kili, kalsiyum sülfat (alçıtaşı), talk, saten beyazı ve plastik pigmentler kullanılmaktadır.

Hacimliliğin baskı kalitesine etkisi açıklanırken, kâğıdın yüzey düzgünlüğü dikkate alınmalıdır. Yüzeyi düzgün, pürüzsüz kâğıt daha az sıkıştırılabilir niteliktedir. Aynı gramajdaki yüzeyi pürüzlü ve pürüzsüz iki kâğıdın kalınlıkları da farklı olabilir. Daha düşük ağırlıkta bile olsa yüksek hacimlilik basılı ürüne daha fazla sertlik katar (Oktav ve ark., 2021). Çünkü yüksek hacimlilikteki kağıtlar düşük hacimli kağıtlara göre daha az elastik ve daha az sıkıştırılabilir niteliktedirler. Ofset baskıda baskı anında baskı kauçuğu silindiri ile baskı silindiri arasında 350 newton/cm² basınç vardır. Kâğıt kalınlığı mikrometre ile ölçülerek NIP noktasındaki bu basınç sabit tutulur. 80 lpc (lines per centimeter) tram sıklığındaki %5'lik bir tram noktasının çapı birkaç mikrondur. Bu boyuttaki bir noktanın NIP noktasında yüksek basınç altında sıvı mürekkeple 10.000 tabaka/saat hızla baskı yapılırken yaklaşık 1/500 saniyede kâğıt üzerine aktarılması birçok parametrenin çok düşük toleranslarla kontrol altında tutulmasını zorunlu kılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Ofset baskıda NIP noktasında baskı kauçuğu üzerinden kâğıt üzerine görüntü naklinin kesiti.

Yüzey gözenekliliği baskı mürekkebinin fiziksel kuruması sürecinde mürekkep emilimi üzerine etkilidir.

Kaplanmamış kâğıt yüzeyinin yüzey pürüzsüzlüğü, ofset baskıda baskı kalitesi üzerine etkili olan bir faktördür (Şekil 3).

Yüzeyi kaplanmış gözeneksiz çok ince veya narin bir kâğıda baskı yapıyorsa gözeneklilik, kâğıdı yırtılmaya karşı daha hassas hale getirebilir. Ayrıca gözeneklilik, düzgün şekilde desteklenmediği takdirde kâğıdın eğilmesine veya kıvrılmasına da neden olabilir (URL- 5).



Şekil 3. Kaplanmamış ve kaplanmış zemin baskılı kâğıtta enine kesit mikroskopik görüntüsü.

4. Sonuçlar

Kâğıtta hacimlilik terimi ile ilgili, incelenen makale ve kitaplardan, kâğıt endüstrisindeki çeşitli kullanımlarına göre aktarılan ifadelerden bazıları şu şekildedir; (a) belirli sayıda safihanın kalınlığı; (b) 1 inçlik paketteki sayfa sayısı; (c) tek bir tabakanın kalınlığı; (d) kalınlığın top ağırlığına oranı; (e) spesifik hacim; ve (j) görünen hacmin lif hacmine oranı. Ancak terimin anlamına ilişkin herhangi bir tartışmada, genellikle belirli bir hacme eşdeğer veya orantılı bir şeyin ifade edildiği veya ima edildiği fikri vardır. Hacimlilik, belirli bir alandaki bir tabakanın belirli miktarda kâğıt yapım malzemesiyle elde edilebileceği kalınlık açısından düşünülür (Carson, 1929). Hacimlilik, yoğunluğun tersidir (Eroğlu ve Usta, 1990; Isko ve ark., 1998; Choi, 2016).

Hacimlilik terimi Türkiye’de matbaa sektöründe özellikle kalınlık ile karıştırılabilmektedir. Tanım ve formül ile ifade edildiği haliyle aslında kâğıdın kalınlığına bağlı olarak değişen bir terim olduğu anlaşılmaktadır. Hacmi yüksek olan bir kâğıt, standart bir kâğıtla aynı ağırlıkta olmasına rağmen daha kalın, daha sert bir kâğıt izlenimi verir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Kaplanmamış ve Kaplanmış kâğıtta bazı temel özellikler, gözlemsel (URL-6).

Özellikler	Gramaj g/m ² (ISO 536)	Kalınlık µm (ISO 534)	Hacimlilik cm ³ /g ISO 534
Kaplanmamış	170,0	189,0	1,11
Kaplanmış	170,0	128,0	0,74

Hacimliliğe, kâğıdı oluşturan lif kaynağının karakteristiği, kâğıdın hangi yolla elde edildiği, mekanik ya da kimyasal hamur oranı, dövme derecesi ve üretimde kullanılan yardımcı kimyasal maddeler gibi özelliklerin etki ediyor olması bu terimin ortaya çıkmasında en önemli

faktörlerdendir. Buradan hareketle, terimin İngilizcede yazılan karşılıkları da gözetilerek, Türkçe olarak “kâğıt hacimliliği” şeklinde kullanılması önerilmektedir. Kâğıt hacimliliği “lif kaynağının fiziksel özellikleri ve üretim sürecinin etkilediği bir proseste elde edilen safiha kalınlığının safiha gramajına oranlanması ile elde edilen özgün bir değerdir.”

Kâğıt hacimliliğinin, matbaa sektöründe doğrudan basılabilirlik üzerine etkisi vardır. Hacimliliği yüksek kâğıtların mürekkepleri daha iyi emebilme özelliğine sahip olması, mürekkebin kâğıda daha iyi nüfuz etmesini sağlar ve böylece metin ve görüntüler daha net ve keskin görünebilir. Yine hacimliliği yüksek olan kâğıtlar daha düzgün yüzeye sahip olduğundan baskı işleminin daha pürüzsüz ve sorunsuz gerçekleşmesine katkıda bulunur ve makinelerde kâğıt beslemede oluşabilecek sorunların önüne geçebilir. Basılabilirlik üzerine önemli olan diğer parametrelerle birlikte kâğıt hacimliliği kavramının doğru bir şekilde değerlendirilmesi üretim sürecinde iyileşmelere olanak sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Anonim, 2011. *ISO 534:2011 Paper and board; Determination of thickness, density and specific volume.*
- Anonim, 2019. *ISO 536:2019 Paper and board; Determination of grammage.*
- Bozkurt, Y., Erdin, N., 1989. Odunsu lifler ve tanımı. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 39: 1-16.
- Cao, B., Tschirner, U., Ramaswamy, S., 1999. A study of changes in wet fiber flexibility and surface condition of recycled fibers. *Paperi Ja Pui*, 81(2): 117-122.
- Carson, F. T., 1929. Critical Study of Methods of Measuring the Bulk of Paper. *Bureau of Standards Journal of Research*, 2: 1039-1056.
- Chamberlain, D., Kirwan, M. J., 2013, *Handbook of Paper and Paperboard Packaging Technology*, Second Edition. Ed. Mark J. Kirwan, Published by John Wiley & Sons, Ltd.
- Choi, K. H., Kim, A. R., Cho, B. U., 2018. Manufacture of high bulk paper using alkali swollen kraft pulp. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 33, 503-511.
- Cigula, T., Tomašegović, T., Hudika, T., 2019. Effect of the paper surface properties on the ink transfer

- parameters in offset printing. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 34: 540-549.
- Erentürk, Ş., 2014. Birincil liflere atık kağıt lifi ve kuru sağlamlık maddesi ilavesinin kağıdın özelliklerine etkisi. Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Danışman: Sezgin Koray Gülsoy, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 116 sayfa, Bartın.
- Eroğlu, H., Usta, M., 1990. *Kağıt ve Karton Üretim Teknolojisi*. Karadeniz Teknik Üniversitesi.
- Gibbons, J. H., 1989. Technologies for reducing dioxin in the manufacture of bleached wood pulp, Background paper, U.S. Government Printing Office, USA, ISBN: 978-0145274993.
- Gigac, J., Stankovská, M., Letko, M., Opálená, E., 2014. The effect of base paper properties on inkjet print quality. *Wood Research*, 59: 717-730.
- Isko K., Laamanen J., Kainulainen M., 1998. Paper Bulk and Structure. Chapter 3, *Paper Physics*, Ed. Kaarlo Niskanen, Finnish Pulp and Paper Research Institute, Printed by Gummerus Printing, Jyväskylä, Finland.
- İstek, A., Tutuş, A., Gülsoy, S. K., 2009. Sahil çamı odununun lif morfolojisi ve kağıt özellikleri üzerine ağaç yaşının etkisi. *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 12: 1-5.
- Kim, S. Y., Seo, Y. B., Han, J. S., 2022. Effect of calendering on the properties of paper containing flexible calcium carbonate with a cellulose nanofibril core. *ACS omega*, 7: 35305-35315.
- Li, P., 2014. *Properties and Printing Performance of Light-weight Paper*. Saimaa University of Applied Sciences Technology, Lappeenranta, Finland, Bachelor's Thesis, 46 p.
- Moutinho, I. M. T., 2009. *Physical & Chemical Interactions on Paper Surface-Impact on the Printability of Papers Produced with E. globulus Kraft Pulp*. Universidade de Coimbra (Portugal).
- Oktav, M., Büyükpehlivan, A.G., Kandan, N. A., 2021. *Ofset baskıda temel teknik problemler ve çözümleri*, Ed. Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Oğuz, Basev Yayınları, ISBN: 978- 605-70806-0-8, İstanbul.
- Özdemir, L. 2021. Kağıdın basılabilirlik terimlerinin anlamları ve kullanılışları. *Avrasya Terim Dergisi*, 9: 1-6.
- Pettersson, G., Höglund, H., Norgren, S., Sjöberg, J., Bergström, J., Solberg, D., Peng, F., Hallgren, H., Moberg, A., Ljungqvist, C. H., 2015. Strong and bulky paperboard sheets from surface modified CTMP, manufactured at low energy. *Nordic Pulp & Paper Research Journal*, 30, 319-325.
- Rousu, S., Gane, P., Eklund, D., 2003. Distribution of offset ink constituents in paper coating and implications for print quality. *Tappi J*, 4: 9-15.
- Şekercioğlu Sesli, Y., 2003. Türkçe matbaacılık terminolojisinin oluşturulması. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Danışman: Mehmet Oktav, Matbaa Eğitimi Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 127 sayfa, İstanbul.
- Singh, S. P., Rao, N. J., Bristow, J. A., 1991. "Smoothness characterization of printing papers," IPPTA Annual General Meeting & Seminar on Developments in Pulp Mill and Paper Machine Clothings, December 13-14, Convention issue, 1-13, New Delhi, India.
- Sousa, G. D. A., Abreu, C. T., Amaral, J. L., Brás, C., 2011. Office paper bulk optimization in a paper machine using multivariate techniques. *O PAPEL*, 72: 50-55.
- Teke, A. G., 2022. Kısa ve Uzun liflerin Tümü Selüloz olan Kompozit Malzemenin Termo-Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi. İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Danışman: Celil Atık, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora Tezi, 138 sayfa.
- Twede, D., Selke, S. E. M., Kamdem, D. P., Shires, D., 2014. Cartons, crates and corrugated board: Handbook of paper and wood packaging technology. DEStech Publications, Inc., Second Edition, ISBN No. 978-1-60595-135-5, Pennsylvania.
- URL-1 <https://www.basakmatbaa.com/turkiyede-matbaacilik/>, Erişim Tarihi: 14.01.2024.
- URL-2 <https://www.ecoenclose.com/blog/points-pounds-and-gsm-whats-the-difference-and-what-do-you-need-in-your-paper-packaging/>, Erişim Tarihi: 8/1/2023.
- URL-3 <https://www.paperonweb.com/density.htm>, Erişim Tarihi: 11/4/2023.
- URL-4 <https://pinupdesign.co.uk/paper-weight-thickness/>, Erişim Tarihi: 5/01/2023.

URL-5 <https://www.pulppapermill.com/what-is-the-porosity-of-paper/>, Erişim Tarihi: 10/4/2023.

URL-6 <https://www.upmpaper.com/>, Erişim Tarihi: 11/4/2023.

Ülgen, M., Oktav, M., Gençođlu E., 2008. *Matbaacının Kağıt Hakkında Bilmesi Gerekenler*. İstanbul, Basev Yayınları, ISBN: 978-9944-0636-0-9.

Zhang, M., Li, Q., Song, S., Hao, N., Liu, G., 2016. Increase of paper strength and bulk by co-flocculation of fines and fly ash-based calcium silicate. *BioResources*, 11: 7406-7415.