

DİJİTAL BASKIDA KAĞIT YÜZEY YAPISININ GÖRÜNTÜ KALİTESİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Begün Erbaş^{1,2*+}, Arif Özcan³, Uğur Gökmen⁴, Sema Bilge Ocak⁵

^{1,2} Okan Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Tasarım Bölümü, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Bölümü
³Marmara Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu Basım Teknolojileri Bölümü-arifozcan@marmara.edu.tr
⁴Gazi Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü
⁵Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İleri Teknolojiler Bölümü-sbocak@gazi.edu.tr
*Sorumlu Yazar ve +Sunucu: begun.erbasm@okan.edu.tr

Özet- Dijital baskı teknolojileri yeni bin yılın başlangıcında çok hızla gelişmiş ve gelecekte de bu gelişmenin devam edeceği ön görülmektedir. Dijital baskı ofset baskıya pek çok açıdan alternatif olmuştur. Bir yandan konvansiyonel (geleneksel) baskı sistemleri varlığını sürdürürken, diğer yandan düşük baskı sayılarında uygun maliyet, yüksek baskı hızı ve baskı kalitesi, ürün çeşitliliği, kişiye özel baskılar, çevre duyarlılığı, esneklik, gibi müşteri odaklı yaklaşımlar sunan dijital baskı teknolojileri hem ekonomik hem de yüksek kaliteli çözümleri ile geleneksel baskı sistemlerinin yerini almıştır. Ayrıca kullanıcı firmaya makine ayarlama hazırlıkları azaltan, ara süreçleri düzenleyen, insan gücünden tasarruf sağlayan ve verimliliği arttıran yenilikler ortaya koyarak, baskı endüstrisinde devrimsel bir etki yaratmıştır. Bu yüzden dijital baskı teknolojisinin fiziksel, kimyasal ve basılabilirlik açısından incelenmesi önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, basılabilirlik parametrelerinin en önemlisi olan görüntü kalitesine kağıt yüzey yapısının etkisi araştırılmıştır. Test baskısında kullanılmak üzere A3 ebadında bir test skalası hazırlanarak, 300g/m² parlak kuşe, 300g/m² mat kuşe, 400 g/m² karton, 80g/m² 1.hamur kağıtlara basılmıştır. Örnekler gerekli donanımlar ve yazılımlar kullanılarak ölçümler yapılmış baskı kalitesi hakkında veriler elde edilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda farklı baskı altı malzemelerinin farklı nokta kazancı, renk evrenleri karşılaştırılmıştır.

Anahtar Sözcükler- Dijital Baskı, Basılabilirlik, Yüzey Yapısı, Baskı Kalitesi

Abstract- Digital printing technologies developed at the beginning of the new millennium and it is foreseen that this development will continue in the future. Digital printing has become an alternative to offset printing in many ways. On the one hand, conventional printing presses exist, while on the other hand digital printing technologies that offer customer-oriented approaches such as cost-effective, high print speed and print quality, product variety, customized pressures, environmental awareness, flexibility has replaced traditional printing systems with high quality solutions. It also has a revolutionary impact on the printing industry by reducing operator readiness, regulating intermediate processes, saving manpower and increasing productivity. Therefore, it is important to examine the digital printing technology in terms of physical, chemical and printable.

In this study, the effect of paper surface structure on the image quality which is the most important one of the parameters can be printed is aimed. In this study, the effect of paper surface structure on the image quality which is the most important one of the parameters can be printed is aimed. A test scale of A3 size was prepared for the test print and was printed on 300g / m² glossy coated, 300g / m² matte coated, 400g / m² carton, 80g / m² first pulp papers. Samples were obtained using the necessary hardware and software, and data were obtained about the print quality. As a result of the data obtained, different point gain and color universes of different undercoating materials were compared.

Keywords- *Digital Printing, Printability, Surface Structure, Print Quality*

Giriş

Hızla değişen ve gelişen bilgisayar teknolojilerine bağlı olarak hızlı ve ekonomik çözüm kaynakları insan hayatını kolaylaştırmaktadır. Baskı teknikleri de Johann Gutenberg'in ilk baskı makinesini icat ettiği günden bugüne, bilgisayar teknolojisinin her sektörde olduğu gibi matbaacılığa da kısa sürede uygulanabilir hale gelmesi sonucunda, toplumların gereksinimleri doğrultusunda araştırma ve yeniliklerle birleşerek büyümeye devam etmektedir.

Baskı teknolojilerinin ve bu teknolojilere bağlı unsurların gelişimi sonucunda ortaya çıkan dijital baskı, ayarlama ve hazırlıkları azaltan, ara süreçleri düzenleyen ve

verimliliği arttıran yenilikler ortaya koyarak, baskı endüstrisinde devrimsel bir etki yaratmıştır.

1980’li yılların başında matbaa sektörüne bilgisayarın girmesi ile sektörde teknolojik gelişmeler hız kazandı. Otomatik sayfa montaj programları, otomatik film çıkış cihazları, otomatik kalıp makineleri, dijital baskı makineleri gibi pek çok gelişim bu süreci takip etti [1].

Dijital baskı kavramı ilk zamanlarında dünya genelinde sadece bir kaç yüz baskı işletmesi tarafından kullanılmaktaydı. Dijital olarak basılan işlerin yüzdesi, toplam baskı hacmine oranla kıyaslanamayacak derecede küçüktü[2].

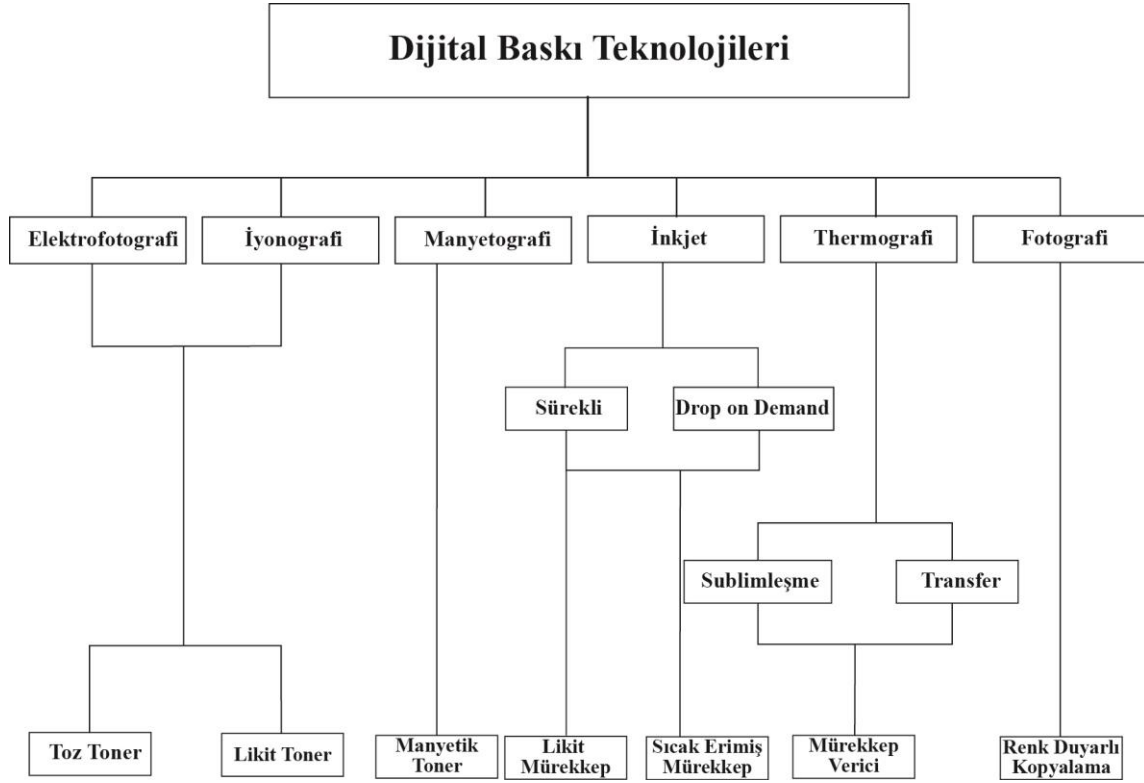
Sadece 10 yıl içerisinde teknolojik gelişmelerin ışığında, dijital baskı ve onunla ilişkili endüstriler sürekli bir büyüme kaydederek, dünya genelindeki baskı hacminin kayda değer bir kısmını oluşturmaya başladı [3].

Dijital baskı genel anlamda, baskı renklerinin ayırım işlemi için ayrı bir kalıp, film ya da kişiye ihtiyaç duyulmaksızın basılmak istenen işin renkli ya da renksiz direkt olarak gönderilip baskının yapılabildiği sisteme verilen addır[4].

Dijital baskının birçok çeşidi vardır. Bunlar; Elektrofotografi (Xeografi), İnkjet (Mürekkep Püskürtme), İyonografi, Boya Süblimasyon, Manyetografi’dir.

Dijital baskı sistemleri, fiziksel ya da kimyasal özelliklerine göre isim almaktadırlar. İnkjet baskı sisteminde, mürekkep direkt olarak malzeme yüzeyine baskı kafasından püskürtülerek baskıaltı malzemesi üzerine taşınmaktadır. Elektrofotografik baskı sisteminde, görüntü foto-elektronik etki prensipleriyle baskı yüzeyine taşınmaktadır. İyonografik baskı sisteminde, baskı kafası negatif elektrik yükü oluşturarak, iletken olmayan baskı yüzeyi üzerinde görüntü oluşumunu sağlanmaktadır. Manyetografik baskı sistemi, görüntüyü baskı malzemesi üzerine basan imaj taşıyıcı yüzeyinde, manyetik bir görüntü oluşturma temeline dayanmaktadır. Termografik baskı sisteminde, özel yapılı mürekkep, taşıyıcılar aracılığıyla ısıtılarak, baskıaltı malzemesine aktarılmaktadır [5].

Dijital baskıda görüntü tonerler, kuruyan mürekkepler ve boyarmaddelerle oluşturulur. Son yıllarda çok geliştirilen dijital baskı teknolojileri ofset baskının kalitesi ile mukayese edilmeğe başlanmıştır. Baskı öncesi hazırlık işlemlerin daha az ve çok daha hızlı baskıya başlangıç ve temizlik işlemlerinin çok az oluşu nedeniyle özellikle düşük miktardaki işler için özellikle tercih edilmektedir.



Şekil 1: Dijital baskı teknolojileri

DİJİTAL BASKIDA KULLANILAN KAĞITLAR

Kağıtların özellikleri

Baskı sistemlerinde basılan görüntünün orijinaline uygun basılabilmesi için kağıdın basılabılır özellikte olması gerekmektedir. Kağıdın basılabılır özellikleri; beyazlık-parlaklık yüzey pürüzlülüğü, beneklenme durumu, opaklık ve boyutsal özellikleri olan gramaj kalınlık hacim ve yoğunluk durumlarını sayabiliriz.

Gramaj-kalınlık; Gramaj kağıdın 1 m² sinin gram cinsinden ağırlığıdır. Kalınlık ise bir tek kağıdın alt ve üst yüzeyi arasındaki mesafenin mm olarak değeridir. Kalınlık 8-9 lb/inç² basınç altında yaklaşık ¼ inç çapındaki yuvarlak düzlem yüzeyin arasındaki mesafe olarak ölçülür.

Hacim; belirli bir sayıdaki tabakalardan meydana gelmiş bir kümenin basınç altındaki kalınlığının ölçüsüdür. Yoğunluk kağıdın gözenekli yapısı, yapısındaki malzeme

sıklığı, sertliği ve dayanımı ile ilgili olup, gerçekte, safiha ağırlığı dışındaki bütün optik ve fiziksel özelliklerini kapsar.

Parlaklık-beyazlık; kağıt yüzeyinden yansıtılan yayılmış ışığın miktarına parlaklık denilmektedir. Parlaklık ışığın tüm renklerini aynı oranda yansıtabilme kabiliyetidir. Beyazlık ise kağıdın görünür spektrumdaki ışığın tüm dalga boylarını yüksek bir seviyede yansıtmasıdır. Görünür spektrumun hepsini yansıtan kağıtlar nötral beyaz olarak da bilinirler.

Yüzey pürüzlülüğü; kağıdın üretim aşamasında belirlenen bir özelliğidir. Kağıt yüzeyinin engebeli oluşunu ve topografyasını niteler. Yüzey dokusu pürüzlüden, ultra düzgün ve çok parlak görünüme kadar değişir. Doku ya da düzgünlük; nokta kazancı, nokta görünümü, nokta kaybı, toner adezyonu ve baskı parlaklığını etkileyeceği için baskı kalitesi açısından önemlidir.

Opaklık; kağıdın ışığı emme ve yansıtma kabiliyetidir. Kağıt, ışığa mümkün olduğu kadar dirençli olmalıdır. Bu sayede, bir taraftaki basılı öğeler diğer taraftan görünmezler. Opaklık derecesi kağıt dolgu maddesinin yapısı, boyar maddeler, kağıdın gramajı, kağıdın kalınlığı ve basılı görüntü ile kağıt arasındaki kontrast dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır.

Dijital Baskıda Kullanılan Baskı Altı Malzemeleri

Dijital baskıda kullanılan baskı altı malzemeleri kullanım alanlarına göre çeşitlilik göstermektedir.

Folyolar arka yüzü yapışkanlı olan ve sert zeminlere yapıştırılarak sabitlenen malzemedir. Normal, cast ve şeffaf folyo olarak üçe ayrılır. Normal folyolar tabelalarda ve cam vitrinlerde, cephelerde kullanılır. Cast folyolar girintisi ve çıkıntısı çok olan yerlerde ve özellikle araç kaplamalarında termal olarak uygulanır. Üzerine özel laminasyon atıldığında daha uzun ömürlü olur. Şeffaf folyoya dijital baskı ters baskı olarak yapılır, içerden yapıştırılır.

Branda üzerine afiş amaçlı yapılan baskılarda genellikle vinil kullanılır. Işıksız ve ışıklı olarak iki çeşidi mevcuttur. Ayrıca branda olarak bilinen mesh baskı altı malzemeleri de kullanılır. Hava geçirgenliği sayesinde yüksek metrajlı alanlarda sağlamlığı daha fazladır. Ayrıca arka tarafından bakıldığında ön tarafı görmek

mümkündür. Bu sayede bina cephelerinde kullanıldığında görüntüyü kapatmaz.

One Way Visionlar delikli folyo türüdür. Genellikle bina camı kaplamalarında kullanılır. Camın dışından bakıldığında reklam görünürken iç yüzeyden bakıldığında dışarıyı görmek mümkündür. Görüntüyü kapatmaz. İç kısımdan bakıldığında % 20 - % 35 gibi görüntü kaybı ile dışarıyı rahatlıkla görülebilir. İmajlı yanı dışarıdan bakıldığında % 85'lik iç görüntü kaybı ile imajın görünmesini sağlar.

Daha çok kumaş alaşımli baskı malzemesidir. Genellikle iç mekânlarda kırlangıç ve bayrak baskılarında kumaş alaşımli vaks malzemeler kullanılır.

I.Hamur kağıtlar, bileşimindeki selüloz miktarı çok, odun miktarı az olan bu kağıtlar günlük kullanımda fotokopi kağıdı olarak da bilinir. Antetli kağıt, kitap, broşür gibi çalışmaların baskısından kullanılan bu kağıtların 55, 60, 70, 75, 80, 90, 100, 110 ve 120 gr/m²'lik gramajlarda üretilir.

Kuşe kağıtlar ise broşür baskısında en çok tercih edilen kağıt türlerindedir. Kağıdın yüzeyi işlenmiş mat ve parlak türleri bulunur. Yüzeyi tam beyaz olan kuşe kağıtlar ise renkli resimlerin baskısında en iyi sonucu verir. 80, 90, 115, 135, 170, 200, 250, 300 ve 350 gr/m²'lik gramajlarda üretilir.

Diğer adıyla Amerikan bristol olarak da bilinen bu kağıt türü, bir yüzeyi işlenmiş, parlak ve tam beyaz; diğer yüzeyi mat ve pürüzlü olan kaliteli bir kartondur. Genellikle kitap, defter, broşür kapaklarında kullanılan bu karton türünün arka yüzü renkli baskı için uygun değildir. Ayrıca bu kağıtlar, iki yüzü de farklı olduğu için revolta (çevirmeli) baskıya da elverişli değildir. Bristoller 180, 200, 225, 250, 300, 330, 350 ve 450 gr/m²'lik gramajlarda üretilir.

RENK KAVRAMI

Renk, bir ışık kaynağının, cisimler üzerinden yansiyarak kişi üzerinde oluşturduğu etkiye denilmektedir. Rengin oluşması için en önemli faktörler ışık, ışık kaynağı, cisim ve gözdür.

Renk bilimi, renklerin insan gözü ve beyni tarafından algılanması, maddeler içinde renklerin kaynağı, sanatta renk teorisi ve görünür skalada elektromanyetik radyasyon fiziği gibi alanları kapsar. İnsan gözünün algılayabildiği dalga boyu ya da elektromanyetik radyasyon skalası 390 nm ile 700 nm arasındadır.

Renk Modelleri

Toplamsal renk modeli (Additive color mix), RGB (Red, Green, Blue) sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi renklerden oluşturulan bir modeldir. Dijital video kayıt cihazları, dijital fotoğraf makineleri bu toplamsal renk sentezine göre tasarlanmıştır. Ana renkleri kırmızı, yeşil ve mavidir. Bu ana renkleri birleştirirsek beyaza ulaşılır.

Çıkarımsal Renk Sentezi (Subtractive Color Mix), CMYK (Cyan, Magenta, Yellow, Key) sırasıyla renklerden oluşturulan bir modeldir. CMYK karışım, matbaacılıkta temel olan renk karışım yöntemidir.

HSL-hue, saturation, lightness kelimelerinin baş harfleriyle tanınan bu modelde rengin üç temel ögesi vardır. Hue-rengi, saturation-doygunluğu ve lightness-parlaklıktır. Hue, temel renk olup Saturation, rengin şiddetidir.

CIE renk modeli, insan gözünün görebildiği tüm renkleri sembolik olarak gösteren üç boyutlu bir metottur.

DENEL KISIM

3.1 Malzeme ve Metot

Test baskısında kullanılmak üzere A3 ebadında bir test skalası hazırlandı. Bu skalada, nokta kazancı, gradasyon eğrisi ve elde edilen renk evrenleri için ECI2002CMYK test formu, mikro çizgiler, %1 den başlayan tram noktaları, en küçük puntodaki yazılar ve trapping alanları kullanıldı.

Çalışmada Xerox 700 dijital baskı makinesi kullanıldı. Bu makinede yüzey düzgünlüğü farklı 1.hamur, mat ve parlak, farklı gramajlarda kuşelenmiş kağıtlar ve kartonlar kullanılmıştır.

Baskılar yapıldıktan sonra SpektrofotometreEyeOne ile ölçme programında ECI2002CMYK test formları okutuldu. Profil yapıcı program ile her bir kağıt için renk profilleri çıkartıldı ve profil düzenleme programında renk evrenleri oluşturuldu ve farklı kağıtların birbirleriyle karşılaştırmaları yapıldı.

Test skalası üzerindeki mikro çizgilerden mikroskop altında 200 defa büyütülmüş görüntüleri alındı ve gerekli karşılaştırmalar yapıldı.

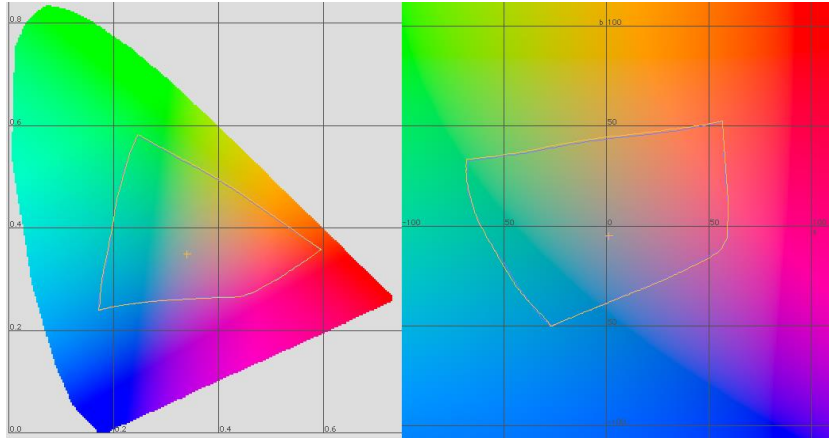
Skala üzerinde özel oluşturulan %1, %2 ve %3 tram ton değerindeki noktalarda mikroskop altında 200 defa büyütülüp görüntüleri alınarak gerekli karşılaştırmalar yapılmıştır. Nokta formundaki yüzeye bağlı olası değişim yada bozulma en kolay en

küçük noktalarda daha fazla açığa çıktığı için bu noktalardan görüntü alınmıştır. Diğer noktalarda gözle kontrol yapılmıştır.

Test skalasında ayrıca 1pt dan başlayarak farklı büyüklüklerde yazılar yazılmıştır. Bu yazıların mikroskobik görüntüleri alınarak yazı formundaki olası değişimlerde tespit edilmiştir.

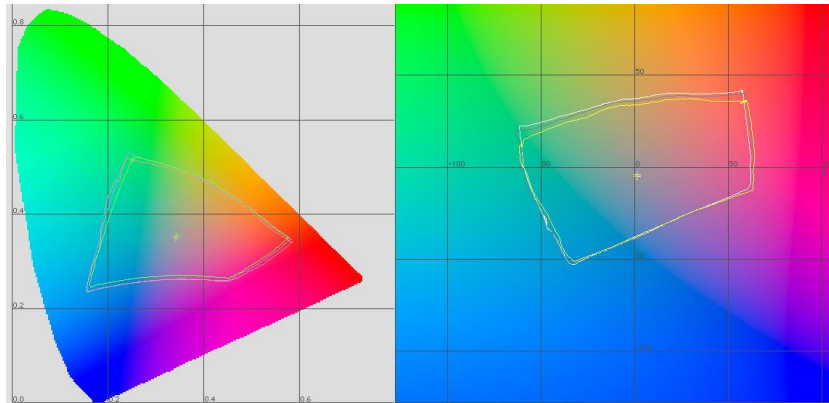
SONUÇLAR ve DEĞERLENDİRMELER

Test baskıları bütün kağıtlar için optimum ve stabil şartlarda yapılmıştır. Baskı sonuçlarına göre yüzeyi pürüzsüz aynı gramajda mat ve parlak kuşe kağıtlarda elde edilen renk evrenlerinde kayda değer bir fark olmadığı saptanmıştır (Resim 1).



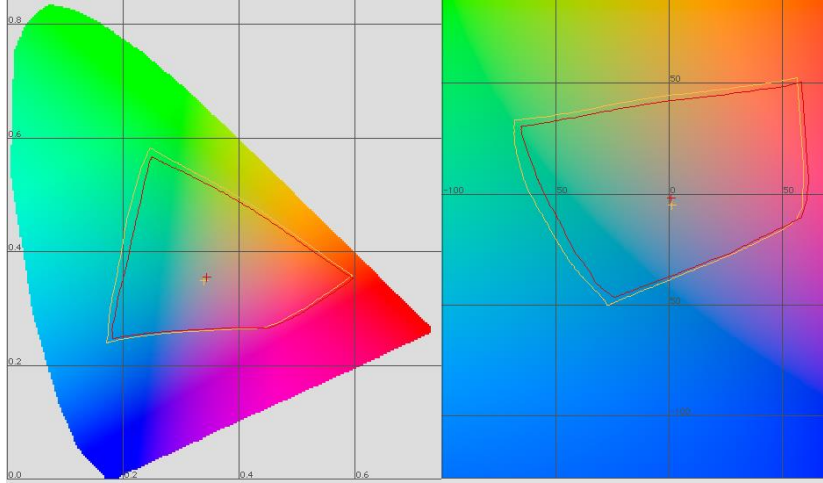
Resim 1. 300g/m² Parlak kuşe ve mat kuşe kağıtlara yapılan baskılardan elde edilen iki boyutlu xy (2dxy) ve iki boyutlu ab (2dab) renk evrenleri

Ayrıca farklı gramajlardaki mat ve parlak kuşe kağıtlarda karşılaştırılmış ve yine elde edilen renk evrenleri arasında belirgin fark olmadığı gözlenmiştir (Resim 2).

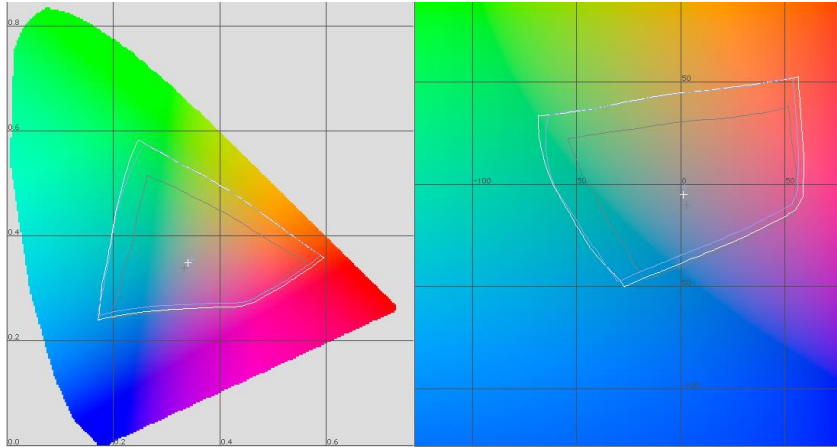


Resim 2. 300g/m² – 170g/m² ve 115g/m² Parlak kuşe ve mat kuşe kağıtlara yapılan baskılardan elde edilen iki boyutlu xy (2dxy) ve iki boyutlu ab (2dab) renk evrenleri

Test baskıları sonucunda kuşe kağıtlar ile kartonlar arasında yapılan karşılaştırmalarda ise kuşe kağıtlarda kartona oranla daha geniş renk evreni elde edilmiştir (Resim 3). Bu karşılaştırmaya 1.hamur kağıtlar da eklendiği zaman, bu kağıtlarda kuşe kağıt ve kartonda elde edilen renk evrenine göre daha dar bir renk evreni elde edilmiştir (Resim 4).



Resim 3. 300g/m² Parlak kuşe kağıt ve 400 g/m² kartona yapılan dijital baskılardan elde edilen iki boyutlu xy (2dxy) ve iki boyutlu ab (2dab) renk evrenleri



Resim 4. 300g/m² Parlak kuşe, 400 g/m² karton ve 80g/m² 1.hamur kağıtlara yapılan dijital baskılardan elde edilen iki boyutlu xy (2dxy) ve iki boyutlu ab (2dab) renk evrenleri

Yapılan teste yüzey düzgünlüğü az olan kağıtlarda baskı renklerinde sapmalar gözlenmiştir. Baskı parlaklığı, kağıt yüzey pürüzlülüğü ve baskı kalitesi arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. Baskı parlaklığı ne kadar iyi olursa baskı kalitesi o

kadar iyi olur. Baskı parlaklığı yüzey düzgünlüğü fazla olan kuşe kağıtlar baskı renklerini (mürekkeplerini) kağıt yüzeyinde daha fazla tutarak ışığı yeteri kadar absorbe eder. Yüzey düzgünlüğü az olan karton ve I. Hamur kağıtlar baskı renklerini (mürekkeplerini) daha çok emerek kendi bünyesine alır. Böylece baskı yüzeyinde daha az mürekkep kalır. Bu da ışığı baskı yüzeyinde absorbe edecek daha az mürekkep demektir. Baskı yüzeyinde düzensiz ve az olan mürekkep parlaklığını kaybeder ve baskı kalitesini olumsuz yönde etkiler.

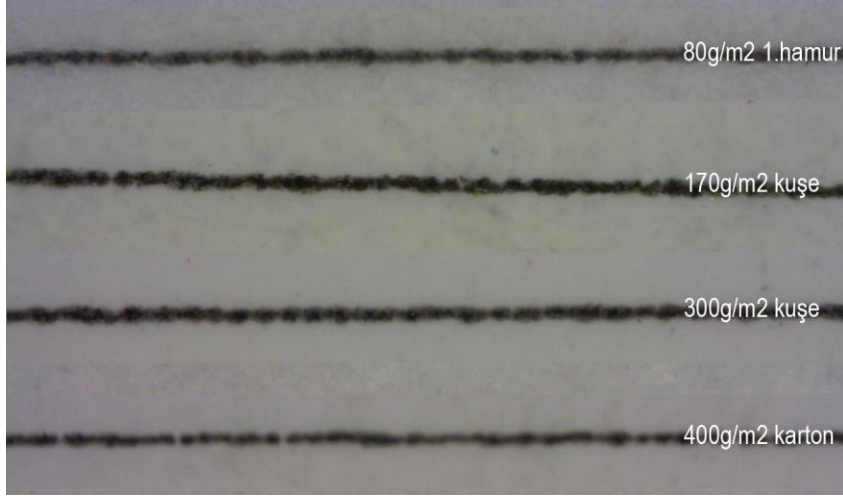
Baskının kayıpsız ve istenilen renk değerinde elde edilebilmesi için yüzey düzgünlüğü fazla olan kuşe kağıtlar tercih edilmelidir.

Test skalası üzerindeki %1, %2 ve %3'lük noktalardan mikroskop altında 200 defa büyütülmüş görüntüler alınarak dijital baskıda farklı yüzey yapısına bağlı kağıtlar arasında nokta yapısında farklılıklar olup olmadığı incelenmiştir. İncelemeler sonucunda %1'lik noktalarda dahi önemli bir değişim olmadığı görülmüştür (Resim 5).

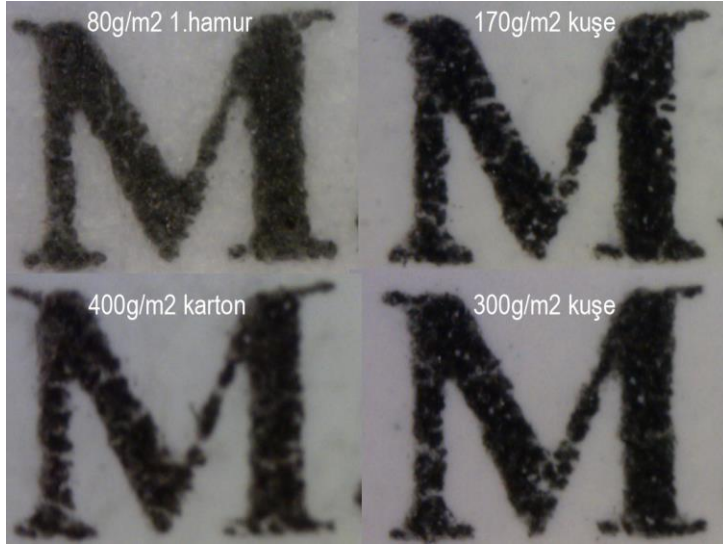


Resim 5. 170g/m² ve 300g/m² Parlak kuşe, 400 g/m² karton ve 80g/m² 1.hamur kağıtlara yapılan dijital baskılardan mikroskop ile 200 defa büyütülerek çekilen %1'lik nokta görüntüleri

Yukarıda yapılan karşılaştırmalara ilaveten skala üzerindeki 0,01mm kalınlığındaki çizgiler ve 3pt yazılar da mikroskop altında 200 defa büyütülerek görüntüleri alınmıştır. Bu görüntüler ışığında 0,01mm'lik çizgilerde 1.hamur ve kartonda çizgilerdeki yüzeye bağlı dağılıma ya da bozulma kuşe kağıtlara göre daha belirgindir (Resim 6). Aynı şekilde yazılarda da 1.hamur ve karton baskılarında kenarlardaki bozulmanın daha çok olduğu ve kuşelerde ise kenarların daha keskin olduğu gözlenmiştir (Resim 7).



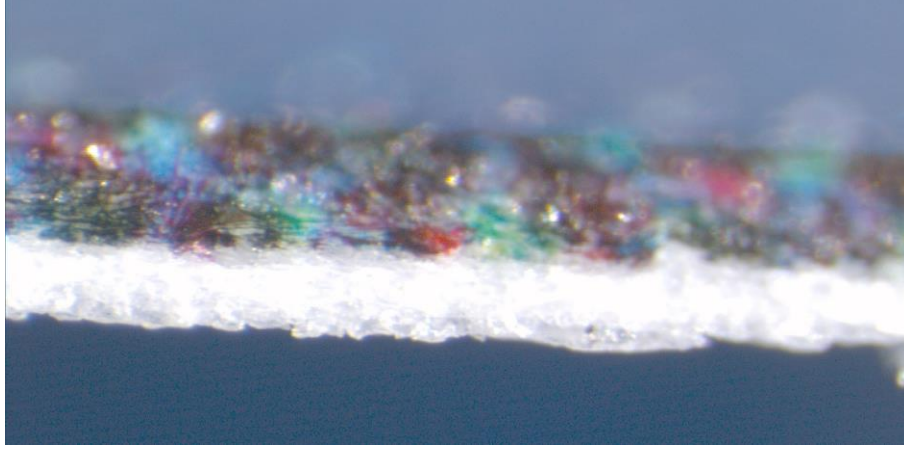
Resim 6. 170g/m² ve 300g/m² Parlak kuşe, 400 g/m² karton ve 80g/m² 1.hamur kağıtlara yapılan dijital baskılardan mikroskop ile 200 defa büyütülerek çekilen 0,01mm'lik nokta görüntüleri



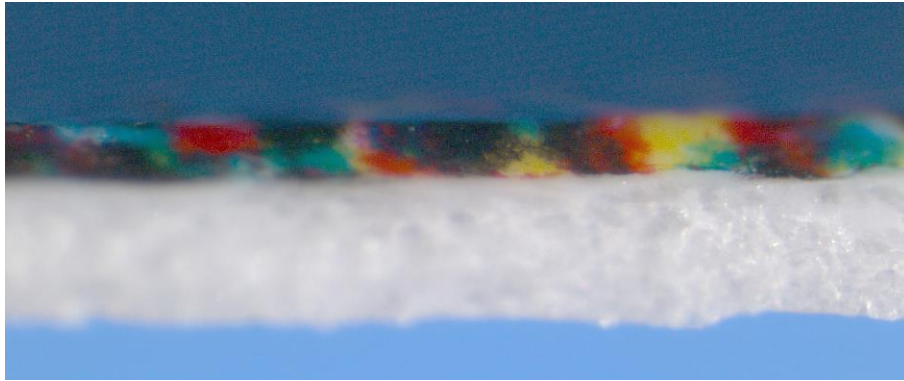
Resim 7. 170g/m² ve 300g/m² Parlak kuşe, 400 g/m² karton ve 80g/m² 1.hamur kağıtlara yapılan dijital baskılardan mikroskop ile 200 defa büyütülerek çekilen 3pt'luk yazı görüntüleri

Farklı kağıtlar üzerine yapılan baskılarda algıladığımız görüntüdeki farklılığın en önemli sebebi nokta ve çizgi kenarlarındaki bozulma ya da keskinliktir. Bu durum da kağıdın yüzeyinin pürüzlülüğü ile açıklanabilir. Mürekkebin kağıt üzerindeki davranışı kağıdın yüzey yapısıyla doğrudan bağlantılıdır. Resim 8 ve resim 9'da baskılı 1.hamur ve kuşe kağıt kesitlerinden de bu durum anlaşılmaktadır.

Nokta ve çizgi kenarlarındaki bozulmalar nedeniyle baskı kalitesine problemler yaşanmaktadır. Dijital baskı sistemlerinde yüksek baskı hassasiyeti isteyen işerde 1 hamur kağıtlar yerine kuşe kağıtlar kullanılmalıdır.



Resim 8. 80g/m² 1.hamur kağıt üzerine yapılan dijital baskılardan mikroskop ile 160 defa büyütülerek çekilen kesit görüntüsü.



Resim 9. 170g/m² parlak kuşe kağıt üzerine yapılan dijital baskılardan mikroskop ile 160 defa büyütülerek çekilen kesit görüntüsü.

KAYNAKLAR

- [1] Basım Dünyası Dergisi,49.Sayı (Ocak, 2008)
- [2] ROMANO, F.: “Digital Printing” Mastering On-Demand Variable Data Printing for Profit (2000)
- [3] ÖZER, B.: “Yeni Bir İş Modeli Olarak İnternet Tabanlı Dijital Baskı Sistemleri ” Marmara Üniversitesi Sosyal Bil. Ens. Yüksek Lisans Tezi İstanbul (2008)
- [4] ŞAHİN, C.: “ Dijital Baskı Sistemleri ile Ofset Baskı Sisteminin Teknik ve Ekonomik Açından Karşılaştırılması ” Gazi Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, Ankara (2005)
- [5] Developments in Printing Technology (2006)