

## Renklerin karışım ilişkileri üzerine bir araştırma

Gönül Bozan<sup>1</sup>, Çağla Dinç<sup>2</sup>, Nedim Narttürk<sup>3</sup>, Sibel Başaran<sup>4</sup>

DOI 10.5281/zenodo.7471542

### Özet

Renk teorileri, yalnızca sanat akımları ve ressamların renk kullanımları üzerinde önemli farklılıklar yaratmamış fotoğraf, grafik, tekstil, seramik gibi renkle ilişkili birçok sanatsal ve endüstriyel alanı da etkilemiştir. Bu araştırma, renk teorilerinin detaylı analizini yaparak günümüz bilim ve teknolojileri ışığında doğru olan ana ve ara renkleri ortaya koymayı amaçlamaktadır. Renk teorilerinin bilimsel olarak ana, ara ve tamamlayıcı renkleri ortaya koyması açısından bu alanda yapılacak sonraki çalışmalara kaynaklık etmesi bakımından önemlidir. Şu ana kadar yapılan çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada teorik hesaplamalar hazırlanan deney setlerinde pratiğe dökülerek ispatlanmaya ve aynı zamanda bir eğitim materyali oluşturulmak istenmiştir. Araştırma ile boyamada istenen renk işlemine niceliksel olarak uygulanmasına yardımcı olmak için basit bir "renk karışım oranı analizörü" kavramı oluşturulmuştur. Genel kaynaklarda sarı, kırmızı ve mavi renklerden ana renk olarak bahsedilse de renk pigmentleriyle üretim yapan sistemlerde birincil ana renk olarak (Cyan) buz mavisi, (Macenta) mor ve sarı (yellow) (CMY) kullanılmaktadır. Bu ana pigmentlerin ikiyeşerli karışımında ise ikincil ana pigment renkleri olan kırmızı (red), yeşil (green) ve mavi (blue) (RGB) elde edilmektedir. Çalışmamız temel olarak üç birincil renk analizi, renk ayrıştırma ve renk sentezi bölümleri yer almaktadır. Araştırma ile yapılan renk karışım oranı analizörü, renk hassasiyeti ile renklendirme için yardımcı bir araç olabilir. Bu analiz yöntemi, boyalar arasındaki renk farkı ve estetik sorununu azaltmak için basit bir yargılama aracı olarak kullanılabilir. Bu çalışmanın, renkle ilişkili alanlara katkıda bulunacağı umulmakla birlikte, renk teorilerinin her birinin özel olarak daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Optik, Pigment, Renkölçer, Renk Analizörü

## Research on the mixing relationships of colours

### Abstract

This research aims to reveal the correct primary and secondary colors in the light of today's science and technologies by making a detailed analysis of color theories. It is important in terms of scientifically revealing the main, intermediate and complementary colors of color theories, as well as being a source for future studies in this field.

Unlike the studies carried out so far, in this project, an effort has been made to prove the theoretical calculations by putting them into practice in the prepared experimental sets and to create an educational material at the same time. A simple concept of "color mix ratio analyzer" has been created to help quantitatively apply to the desired color treatment in research dyeing.

Although yellow, red and blue are mentioned as the main colors in general sources, ice blue, purple and yellow are used as the primary primary colors in systems that produce with color

<sup>1</sup> Millî Eğitim Bakanlığı, [bozang@hotmail.com](mailto:bozang@hotmail.com), ORCID: 0000-0003-3142-3711

<sup>2</sup> Millî Eğitim Bakanlığı, [cagladinc0106@gmail.com](mailto:cagladinc0106@gmail.com), ORCID: 0000-0002-1209-5591

<sup>3</sup> Millî Eğitim Bakanlığı, [nedimnarturk@gmail.com](mailto:nedimnarturk@gmail.com), ORCID: 0000-0002-2307-9394

<sup>4</sup> Millî Eğitim Bakanlığı, [sibelbasaran2009@hotmail.com](mailto:sibelbasaran2009@hotmail.com), ORCID: 0000-0001-5931-9583

pigments. In the double mixture of these main pigments, the secondary main pigment colors red, green and blue (RGB) are obtained.

Our study basically includes three primary color analysis, color separation and color synthesis sections. Color mix ratio analyzer by research can be a helpful tool for coloring with color precision. This analysis method can be used as a simple judgment tool to reduce the color difference and aesthetic problem between paints. Color theories have not only created significant differences on art movements and painters' use of color, but have also influenced many artistic and industrial fields related to color such as photography, graphics, textiles, and ceramics. While it is hoped that this work will contribute to the areas associated with color, each of the color theories needs to be examined in more detail specifically.

**Keywords:** Pigment, Optical, Colorimeter, Color Analyzer

### Giriş

Medeniyetler tarih boyunca, renkleri tanımaya ve bu konudaki bilgilerini geliştirmeye çalışmışlardır. İlk önemli çalışmaları Aristoteles yapmış ve çalışmaları ile hem kendi zamanındakilere hem de sonraki araştırmacılara ışık tutmuştur. Optik ve renk araştırmaları ile ilgili ilk deneyler, 17. yüzyılda Isaac Newton'un cam prizma deneyleridir. Sonrasında Young görme fizyolojisi çalışmaları ile renkleri algılayan koni hücrelerini tanımlamıştır. Isaac Newton ve Thomas Young, deneyleri beyaz ışığın güneşin tüm renklerini içinde barındırdığını ispatlamıştır. Bu birikimler ışığında Helmholtz, üç ana renk kuramını ortaya koymuştur. (Malacara, 2002; Öztuna, 2007).

Sözen ve Tanyeli'ye (1992) göre renk, ışığın kendi öz yapısına ve nesnelere üzerindeki yayılımına bağlı olarak göz üzerinde yaptığı etkidir. Fakat, daha en başta belirtilmesi gereken en önemli şey, ışık olmadan rengin görülemeyeceğidir (Danger, 1987; Kanat, 2003). Suni ya da tabii olması fark etmeksizin tüm renkler ışığın bir sonucudur ve nesnelere renkleri, yüzeylerden yansıyan ışığın kırınımalarıdır.

Günümüzde her ne kadar ana renkler sarı, kırmızı ve mavi olarak bilinse de boya endüstrisinde ve doğal ışık terminolojisinde ana renkler ve ikincil renkler farklılık göstermektedir. Zira pigmentlerin kullanıldığı renklendirme sistemlerinde birincil renkler Cyan (buz mavisi), Macenta (mor – eflatun), Yellow (sarı) renkleridir. Birincil ışık renkleri ise kırmızı (Red), yeşil (Green) ve mavidir (Blue). Araştırmada pigmentte ve optikte renklerin arasında bir ilişki olup olmadığı, eğer bir ilişki varsa bu ilişkinin nasıl formül üzerine dökülebileceği araştırılmıştır. Bu sayede boya karışımları için renk oranlarının belirlenmesinde pahalı ölçüm araçları kullanılması yerine daha ucuz yöntemler geliştirilmeye çalışılmış ve bu maksatla bazı test üniteleri tasarlanmış ve deneyler yapılmıştır.

Şu ana kadar yapılan çalışmalardan farklı olarak bu projede teorik hesaplamalar hazırlanan deney setlerinde pratiğe dökülerek ispatlanmaya ve aynı zamanda bir eğitim materyali oluşturulması amaçlanmıştır. Böylelikle birincil ve ikincil renklerin gerçekte hangileri olduğu bir maket üzerinde gösterilecektir.

### Amaç

Renk teorilerinin bilimsel olarak ana, ara ve tamamlayıcı renkleri ortaya koyması açısından aynı zamanda bu alanda yapılacak çalışmalara kaynaklık etmesi bakımından önemlidir.

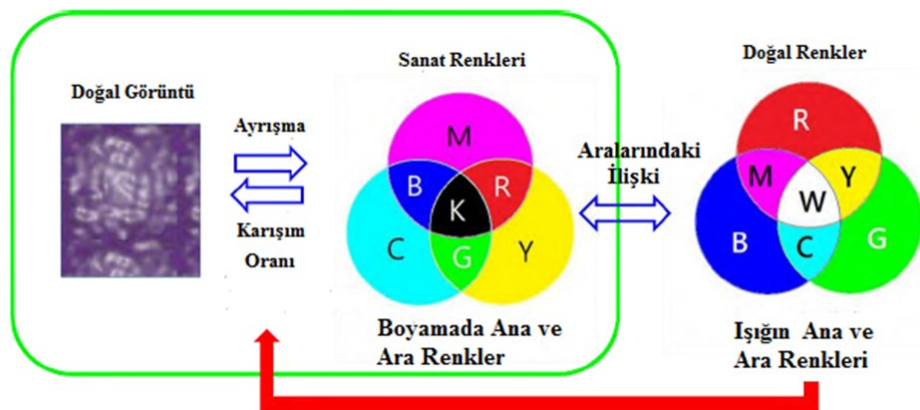
Bu çalışma ile boyamada istenen renk işlemine niceliksel olarak uygulanmasına yardımcı olmak için basit bir "renk karışım oranı analizörü" kavramı bulmayı amaçlıyoruz.

Genel kaynaklarda sarı, kırmızı ve mavi renklerden ana renk olarak bahsedilse de renk pigmentleriyle üretim yapan sistemlerde birincil ana renk olarak (Cyan) buz mavisi, (Macenta) mor ve sarı (yellow) (CMY) kullanılmaktadır. Bu ana pigmentlerin ikişerli karışımında ise ikincil ana pigment renkleri olan kırmızı (red), yeşil (green) ve mavi (blue) (RGB) elde edilmektedir (Şekil 1).

Bu araştırma, renk teorilerinin detaylı analizini yaparak günümüz bilim ve teknolojileri ışığında doğru olan ana ve ara renkleri ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Araştırma soruları aşağıdaki gibidir.

1. Üç ana ışık rengi ve üç ana boya rengi karışımları birbiri ile ilişkilendirilebilir mi?
2. Renk pigmenti kullanan sistemlerdeki birincil renkleri ve karışım oranlarını bulmak için ana ışık renkleri kullanılabilir mi?
3. Fotorezistör (ışık direnci) kullanarak renk karıştırma analizörü yapan bir dedektör tasarlanabilir mi?



Şekil.1: Araştırma anlayışının şematik diyagramı

### Yöntem

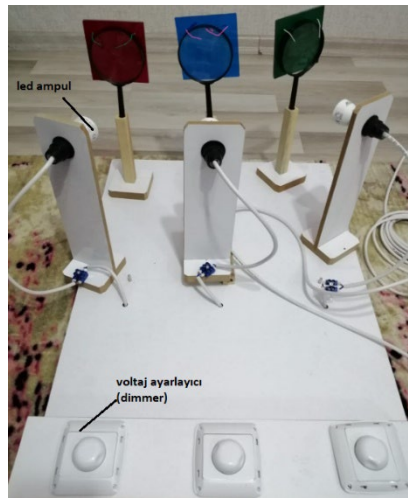
LED ampul, beyaz ışıklı olup voltaj değişimi ile parlaklığı değişebilir özelliğe sahiptir.

Öncelikle LED'in ışığı dağıtma ve ledleri koruma görevi yapan plastik malzemesi (fanus) sökülür. Bu şekilde beyaz led ışığı dağılmadan daha kolay odaklanabilir.

3 adet voltaj ayarlayıcı paralel şekilde bir tablaya monte edilirler. Daha sonra led ampul, duya bağlanarak taşıyıcı ayağa tutturulur. Bu ampul taşıyıcı ayaklar tabla üzerinde pozisyonlanır. Bununla birlikte üç adet dış bükey mercekte, kendileri için hazırlanan ayaklara tutturularak tabla üzerinde pozisyonlanır. Üç ayrı renkteki filtre de bu merceklere tutturulur.

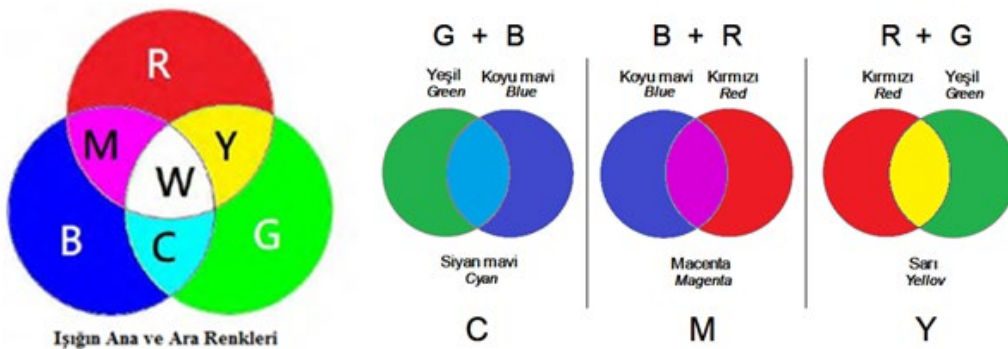
Ana güç kaynağından gelen elektrik akımı voltaj ayarlayıcıya ayrı ayrı bağlanır. Voltaj ayarlayıcılardan çıkan pozitif ve negatif akım telleri bir klemens ile duydaki “+” ve “-” bağlantılara bağlanır (Şekil 2).

Ayarlı anahtarlar saat yönünde çevrilerek açılır. İlk açıldığında en düşük voltaj seviyesinde olup ışık en sönük halindedir. Çevirmeye devam edildikçe voltaj ve parlaklık artar.



Şekil.2: Deney Seti

Ana renkler üç birincil ışık rengi ve üç birincil boya (pigment) rengi olarak iki gruba ayrılabilir. Günümüzde ışık ile görüntüleme yapan teknolojilerde (televizyon, bilgisayar, vb..) RGB (Red, Green, Blue / Kırmızı, Yeşil, Mavi) olarak da bilinen ışık - renk teorisi kullanılmaktadır. Birincil ışık renklerinden yeşil, mavi ve kırmızı ışık kaynaklarından sırayla mavi ve yeşil ışıklar karıştırıldığında buz mavisini (cyan), mavi ve kırmızı ışıkların karışımı moru (magenta), yeşil ile kırmızı ışıkları karıştırıldığında ise sarı rengi oluşturmaktadır. Üç ana rengin karıştırılması ile beyaz renk elde edilmektedir. (Seylan, 2005) (Şekil 3)



**Şekil.3:** Işık Ana Renkleri ve Karışımları

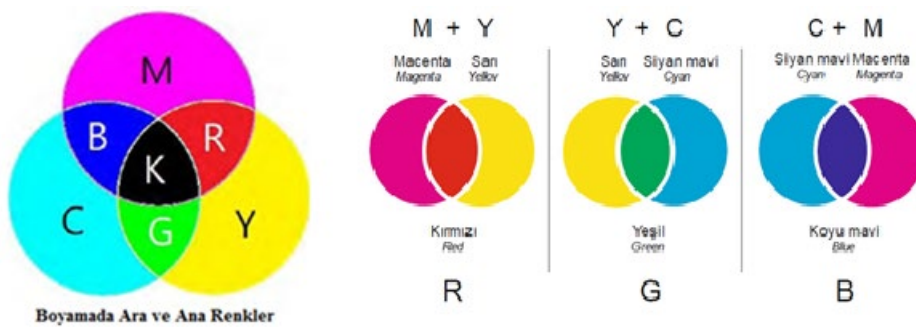
Nesneler renklerini pigment denilen maddelerden alırlar. Günümüzde, kullandığımız objelerin tamamının renklendirildiği boyaların yapımında, doğal yollardan ya da kimyasal işlemlerden sonra elde edilen pigmentlerden faydalanılır. (Ketenci ve Bilgili, 2006).

Pigment renk karışımlarında ışığın bir kısmı emilir (çıkarılır) ve ışık azalarak çıkar (yansır). Bu olayın adına “*çıkarmalı karışım*” denir. Pigment renklerinin birbirleriyle karışması ışığın azaldığı bir işlemdir. Bu nedenle üç birincil pigment rengini karıştırırsak siyah oluşur. Çıkarmalı karışımla elde edilen renkler toplamalı karışımla elde edilen renklere göre daha koyudur (Parramon: 1991), (Şekil 4).

Boya pigmentinde renk, nesnenin bir kısım ışığı emip geri kalanı yansıtmasıyla (spektral çıkarma etkisi) üretilir. Pigmentlerde birincil renkler (cyan) siyan mavisi (C), macenta (M) ve sarıdır (Y). Beyaz ışıktaki mavi bileşen emilip kırmızı ve yeşil renk yansıtılarak sarı renk oluşur. Yeşil renk bileşeni çıkarılıp mavi ve kırmızı yansıdığına macenta renk meydana çıkar. Aynı şekilde buz mavisi (cyan) pigment, beyaz ışıktaki kırmızı bileşeni emer ve yeşil ve mavi ışığı buz mavisi bir renge yansır.

Macenta (mor) ve sarı renk pigmentleri karıştırıldığında sarı renk pigmenti mavi ışık bileşenini çıkarırken (soğurur) macenta pigmenti de yeşil ışık bileşenini çıkarır (soğurur). Bu sayede sarı pigment ile macenta pigmenti birleşimi kırmızı rengi oluşturur. Benzer şekilde macenta (mor) ile cam göbeği (cyan mavisi) pigmentleri birleşerek mavi rengi oluşturur. Yine aynı şekilde camgöbeği ile sarı renk pigmentinin birleşiminden yeşil renk meydana gelir.

Şekil 4’te ki pigment karışımları görselinde de görüldüğü üzere tüm renk pigmentleri karıştırıldığı zaman tüm ışık renkleri emilir (soğurulur) bu yüzden bu karışım siyah görünür. Işığın üç ana rengi ve pigmentin üç ana rengi tamamlayıcı renklerdir. Örneğin, sarı pigment mavi ışığı emer ve sarı ve mavi birbirini tamamlar.

**Şekil.4:** Pigment Ana Renkleri ve Karışımları

Renk karışımlarını açıklayabilmek için bir kısım matematiksel ifadelerden faydalanabiliriz. Kırmızı (red) ışık bileşenini tanımlamak için “R” harfi, yeşil (green) ışık rengini belirtmek için “G” harfini ve mavi (blue) ışığı tanımlamak için de “B” harfini kullanabiliriz. Üç ana ışık renginin karışımından beyaz ışık oluşmaktadır. Bunu  $(W) = (R) + (G) + (B)$  ifadesi ile açıklayabiliriz.

Renk pigmentlerinde ana renk bileşenleri camgöbeği (Cyan), mor (Macenta) ve sarıdır (Yellow). Sarı renk pigmenti mavi ışığı engeller, kırmızı ve yeşil ışığı yansır ve bu yansıma sarı

renkli görülür. Bunu “Y” harfi ile tanımlayabiliriz. Durumu matematik işlemle açıklamak için  $(Y) = (R) + (G)$  ifadesini kullanabiliriz. Aynı şekilde mor (Macenta) için  $(M) = (R) + (B)$ , buz mavisi (Cyan) rengi için de  $(C) = (G) + (B)$  ifadelerini kullanabiliriz.

Bir ışık huzmesi renkli iki filtreden geçirilirse filtrelerden sonraki ışık süzülümü iki filtrenin geçirgenliklerinin çarpımına eşittir. Mesela iki tane kırmızı (Red) ışık filtresi üst üste konulursa buradan geçen ışık sadece kırmızı (Red) renklidir. Kırmızı (Red) ve yeşil (Green) renkli filtreler üst üste konursa bu iki filtreden ışık geçemez. Çünkü kırmızı filtre sadece kırmızı ışığı geçirir, yeşil filtre ise sadece yeşil ışığı geçirir. Birinci kırmızı filtreden geçebilen kırmızı (Red) ışık, yeşil (Green) filtreden geçemez.

İki filtre dizilimini betimlemek için “ \* ” işareti kullanılarak aşağıdaki matematiksel ifadeler yazılabilir (Charles Poynton 1998).

$$(R) = (R) * (R),$$

$$(G) = (G) * (G),$$

$$(B) = (B) * (B),$$

$$(R) * (G) + (G) * (B) + (B) * (R) = (K)$$

“K” siyah rengi belirtir ve ışık geçişi yok demektir.

Pigment birincil renklerinin karıştırılmasında, ışık renklerinin filtreden geçirilmesine benzer şekilde matematiksel ifadelerle açıklanabilir.

$$(C) * (M) = [(G) + (B)] * [(B) + (R)]$$

$$= (G) * (B) + (G) * (R) + (B) * (B) + (B) * (R) = (B)$$

$$(M) * (Y) = [(B) + (R)] * [(R) + (G)]$$

$$= (B) * (R) + (B) * (G) + (R) * (R) + (R) * (G) = (R)$$

$$(Y) * (C) = [(R) + (G)] * [(G) + (B)]$$

$$= (R) * (G) + (R) * (B) + (G) * (G) + (G) * (B) = (G)$$

$$(C) * (M) * (Y) = [(G) + (B)] * [(B) + (R)] * [(R) + (G)]$$

$$(B) * [(R) + (G)]$$

$$(B) * (R) + (G) * (B) = K$$

Çalışmamız; boya ve ışıkta birincil renklerinin açıklanması, renklerin ayrıştırılması ve renklerin karıştırılması olarak başlıca üç bölüme ayrılmıştır. Bu sıralama aşağıda akış şeması ile belirtilmiştir (Şekil 5). Yapılan deneyler, adımları ile birlikte ayrıca açıklanacaktır.

İlk olarak mavi, kırmızı ve yeşil led lambalar, led ayakları üzerinde tabla üzerinde pozisyonlanır. Her biri ayrı bir voltaj ayarlayıcı (dimmer) ile güç kaynağına bağlanır.

Sonrasında üç lambayı da eşit voltaj beslemesi ile çalıştırırız ve her birinin önüne bir renkli filtre

bağlarız. Beyaz bir yüzeyde üç ayrı rengin üst üste çakışmasını sağlayacak şekilde lambaların doğrultuları ayarlanır. Bundan sonra ışık kaynağı, renkli filtreler ve beyaz yüzeyin mesafeleri değiştirilerek görüntü değişimi izlenir.



Şekil. 5: Araştırma Akış Şeması

Bu bölümde, renklerin karışım ve çıkarımlarını incelemekle birlikte ışığın algılanabilmesi ve tanımlanabilmesi için foto direnç ve optik güç ölçerden faydalanılacaktır.

Led lambadan çıkan beyaz ışık, mercek ile yoğunlaştırılır. Yoğunlaştırılan ışık optik güç ölçerin algılayıcısına yönlendirilir.

Voltaj ayarlayıcı (dimmer) ile led lambanın ışık gücü ayarlanabilir. Dimmer üzerinde gösterge olmadığı için ışık gücü ayarlanırken led lambanın pozitif (+) ve negatif (-) uçlarından elektrik akımının kaç volt (V) olduğunu ölçebiliriz.

Işık direnci, (fotorezistör – fotodirenç) değişik renklere farklı tepkiler verir. Bu sebeple aynı ölçüm, ışık kırmızı filtreden geçirilerek yapılır.

Dimmer ile voltaj ayarlanırken lambaya uygulanan voltaj, ve optik güç ölçerden okunan değer kaydedilir ve böylelikle elektrik akımının voltajı ile ışık gücü arasındaki etkileşim elde dileyebilir. Sırayla yeşil ve mavi filtreler kullanılarak ile de benzer uygulamalar yapılarak beyaz led ampulün besleme voltajı ile ışık gücü arasındaki ilişki incelenir.

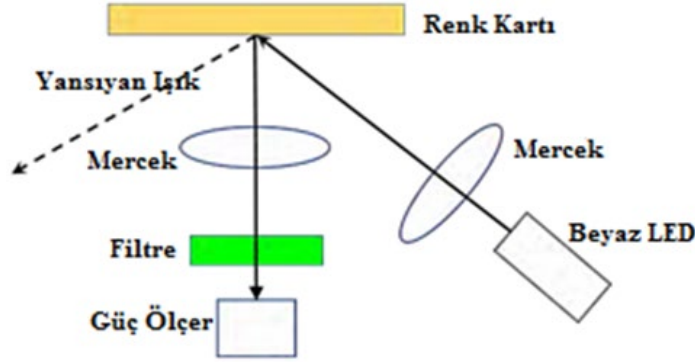
Burada, led ampulden çıkan beyaz ışık, beyaz bir duvara belirli bir açı ile gönderilir. Gönderilen ışık bir mercek ile yoğunlaştırılır.

Işık beyaz engelden aynı açıda yansıma yapar. Yansıtılan ışığın ölçülebilmesi için bir mercek ile odaklama yapılır. En iyi pozisyonu yakalamak için mercek, ileri geri yönde hareket ettirilir.

Işıkölçerin ölçüm noktası ile odaklanan ışık çakıştırılır. En yüksek değer ölçüldüğü noktada mercek sabitlenir (Şekil 6).

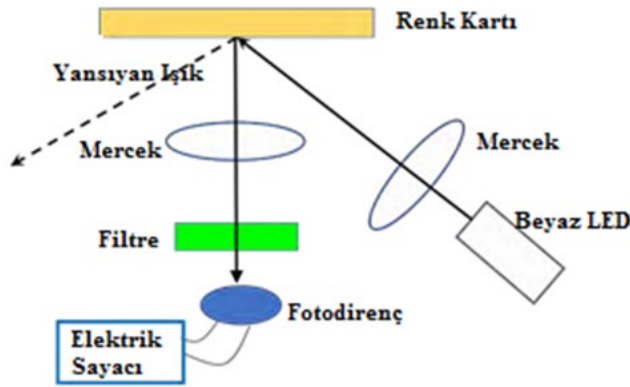
Bu pozisyonda ölçülen değer not edilir. Sonrasında mercek ile ölçüm cihazı arasına renkli filtreler konularak sonuçlar kayıt altına alınır.

Benzer denemeler, beyaz duvar yerine renkli duvar kullanarak yapılır. Burada da yansıyan ışığın yoğunlaştırılması için merceklerden faydalanılır ve hem beyaz ışıkla hem de renkli filtreler kullanılarak elde edilen değerler kaydedilir ve analiz edilir.



Şekil.6: Bir güç ölçer kullanarak renk ayrışmasının deneysel olarak montajı

Bütün ölçümler tamamlandıktan sonra benzer adımlar yinelenir. Fakat ölçüm için ışık güç ölçer yerine ışık direnci (fotorezistör) kullanılır (Şekil 7).

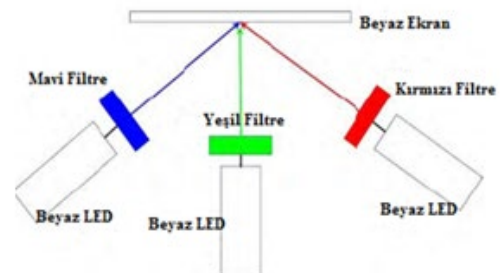


Şekil.7: Bir fotorezistör kullanılarak renk ayrışmasının deneysel olarak montajı

Beyaz renkli bir kağıt deney seti üzerinde sabitlenir ve beyaz led ampuller çalıştırılır. Beyaz ışık beyaz kağıdın ortasına yönlendirilir. Yönlendirilen ışıkların önlerine kırmızı, yeşil ve mavi filtreler konur. Renkli ışıklar mercekler ile odaklanır (Şekil 8).

Kırmızı, yeşil ve mavi filtrelerden geçen ışığın besleme voltajı değişik oranlarda değiştirilerek değişik voltaj beslemelerinde çıkan sonuçlar kaydedilip ve analiz edilir.

Beyaz kağıt renkli kağıtlar ile değiştirilerek benzer işlemler uygulanır. Çıkan sonuçların fotoğrafı çekilerek kayıt altına alınır.








Şekil.8: Renk karışımının deneysel kurulumu

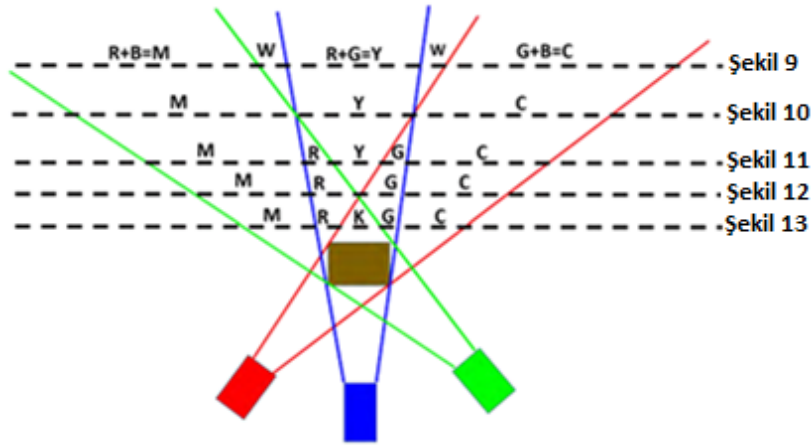
## Bulgular

### Renk Analizi

Üç adet beyaz led ampulün ışıkları mercekler ile odaklanarak duvara yönlendirilir. Her birinin önüne kırmızı, yeşil ve mavi filtre konulur. Bu şekilde iken duvar ile üç renkli filtre arasına beyaz bir kağıt engel konur. Duvara yansıyan gölgenin alanı beyaz engel, duvar ve ışık arasındaki mesafenin değişimi ile artar ya da azalır.

Deneysel sonuç	Açıklama
	<b>Şekil. 9:</b> Duvar, engel ve renkli filtreler arasındaki mesafe uygun şekilde ayarlandığında, yeşil ışık engelden geçemediği için en solda görünen gölgenin rengi mor (macenta) olur. Ortadaki gölge, mavi ışık engellediği için sarıdır (yellow). En sağdaki gölgenin rengi, kırmızı ışık engellendiği için buz mavisi (cyan) dir. Bu durumda gölgelerin arasında beyaz boşluklar vardır. Çünkü üç ana rengin karışımı beyaz rengi oluşturur.
	<b>Şekil.10:</b> Engel, duvara doğru yaklaştırıldıkça beyaz boşluklar azalır ve son olarak kaybolur ve pigmentin üç ana rengi olan mor (macenta), sarı (yellow) ve buz mavisi renkleri kalır. Aralarında boşluk yoktur.
	<b>Şekil.11:</b> Duvar ile engel arasındaki mesafeyi azaltıldıkça renkler birbirine girmeye başlar. Bu şekilde sarı ve mor arasında kırmızı renk görülmeye başlar. Çünkü pigment renklerinde sarı ve mor karışımından kırmızı renk elde edilir. Sağda ise buz mavisi ile sarı renk arasında yeşil renk görünmeye başlar. Çünkü pigment renklerinde sarı ile buz mavisi karışımından yeşil renk elde edilir.
	<b>Şekil. 12:</b> Duvar ile engel arasındaki mesafe biraz daha azalır, renkler üst üste binmeye devam eder, sarı alan yavaş yavaş azalır ve sonunda kaybolur, yalnızca dört renk bırakarak en solda hala macenta, solda kırmızı, sağda yeşil, ve en sağda hala buz mavisi görünmektedir.
	<b>Şekil.13:</b> Engel, duvara bir miktar daha yaklaşıncaya ortada siyah alan belirginleşmeye başlar ve duvar ile engel arasındaki mesafe azaldıkça siyah alan yavaş yavaş genişler

İlk başta (şekil 9) engel yeşil ışığı keser, böylece mor (macenta) görünen alan oluşur  $[R] + [B] = [M]$ , sağa doğru gidildikçe, sadece yeşil renkte karışır ve beyazı alan oluşur. Sağa doğru gidildikçe mavi ışık engellenir,  $[R] + [G] = [Y]$ , bu bölge sarı renktedir. Bu durumda soldan sağa doğru renkler M-W-Y-W-C şeklinde görünür. Duvar ile engel arasındaki mesafe azaltılırsa sırayla Şekil 10 ile 13'ün karşılık gelen konumları elde edilebilir. Renk karışımlarında "Çıkartılan renk" kavramı ışığın bir kısmının engellenmesi demektir. Örnek olarak "Şekil 11" de solda ve ortada sırayla  $[M]$  ve  $[Y]$  'dir.  $[M]$  ve  $[Y]$  karışınca kırmızı renk elde edilir.  $[M] * [Y] = [R]$ . En sağdaki  $[C]$  ve ortadaki  $[Y]$  karışırsa yeşil (green) elde edilir  $[C] * [Y] = [G]$ . "Şekil 13" te kırmızı ve yeşil karışınca siyah alan oluşur ve  $[R] * [G] = [K]$  şeklinde ifade edilebilir, yani,  $([M] * [Y]) * ([C] * [Y]) = [K]$  Bu alan kırmızı, yeşil ve mavi ışığın engellendiğini ve dolayısıyla siyah göründüklerini gösterir. Yapılan beş uygulamanın şekille açıklanması Şekil 14'te görünmektedir.



Şekil.14: Üç renkli LED'ler engellerden geçtikten sonra renk değişiminin analizi

### Renk Ayrışması

Bu çalışmada dedektör olarak güç ölçer ve fotorezistör kullanılacaktır, bundan ötürü uygulama iki ayrı kısma bölünecektir, ancak analiz tekniği pigment rengini ayırıştırmak için yukarıda belirtilen üç ana rengi kullanır. Pigment rengi esas olarak yansıtılan ışığın spektrumuna bağlıdır. Işık ana renkleri kırmızı, yeşil ve mavidir. Kırmızı ışığın gücünü ( $P_r$ ), yeşil ışığın ( $P_g$ ) ve mavi ışık gücü ( $P_b$ ) ile ifade edilir.

Ölçülen ifade şudur; (üç ana rengin biri) / ( $P_r + P_g + P_b$ ), bu ifade birincil rengin özgül ağırlığını belirtmek için kullanılır. Buna göre üç ana rengin özgül ağırlığı:

$$\text{Kırmızı ışığın özgül ağırlığı: } P_r / (P_r + P_g + P_b) \quad (1)$$

$$\text{Yeşil ışığın özgül ağırlığı: } P_g / (P_r + P_g + P_b) \quad (2)$$

$$\text{Mavi ışığın özgül ağırlığı: } P_b / (P_r + P_g + P_b) \quad (3)$$

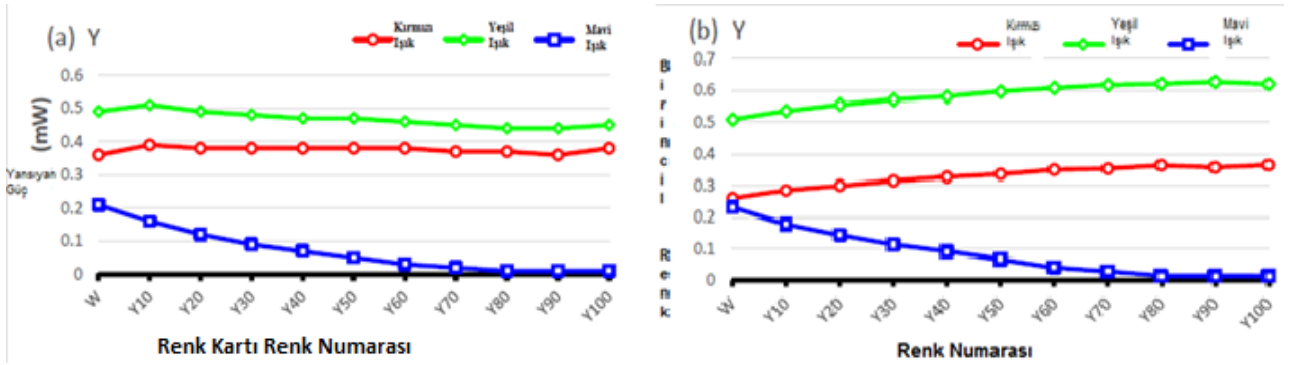
Kırmızı, yeşil ve mavi ışık, birbirinden bağımsız olan üç ana "birincil" renktir. Ana renklerin özgül ağırlıkları, üç boyutlu koordinat konumlandırma kavramına benzer. Üç ana rengin toplamı 1 olduğundan, kırmızı ışığın özgül ağırlığı ve yeşil ışığın özgül ağırlığı belirlenirse, mavi ışığın özgül ağırlığı hesaplanabilir ( $1 - \text{kırmızı ışığa özgül yerçekimi} - \text{yeşil ışığa özgül yerçekimi}$ ) (Yeşil, 2010).

Öncelikle, ışık gücünü (şiddetini) ölçmek maksadıyla optik ölçüm aleti kullanılacaktır. Renk kartına çarpan ışık ise beyaz ışık olacaktır. Yansıyan ışık sırayla kırmızı, yeşil ve mavi filtrelerden geçiyor ve güç sayacı sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi ışığın gücünü ölçmek için kullanılır. Sırasıyla tek bir renk kartı, iki renkli renk kartı ve farklı karışım oranlarına sahip üç renkli renk kartı ile deneme yaparız.

Kavram karmaşasını önlemek için "özgül ağırlık" ve "orantı" kavramlarının anlaşılması gerekmektedir. Pigment renkleri, ışığın ana renkleri olan kırmızı, yeşil ve mavi ışığın ayrışması ya da karışması ile oluşur. Optik özellikler açısından, pigmentin renkleri ise mor (macenta), sarı (yellow) ve buz mavisi (cyan) pigmentlerin belirli bir oranda karıştırılmasıyla elde edilebilir. "Oran" terimi, esas olarak pigmentin üç ana renginin bileşiminde kullanılır.

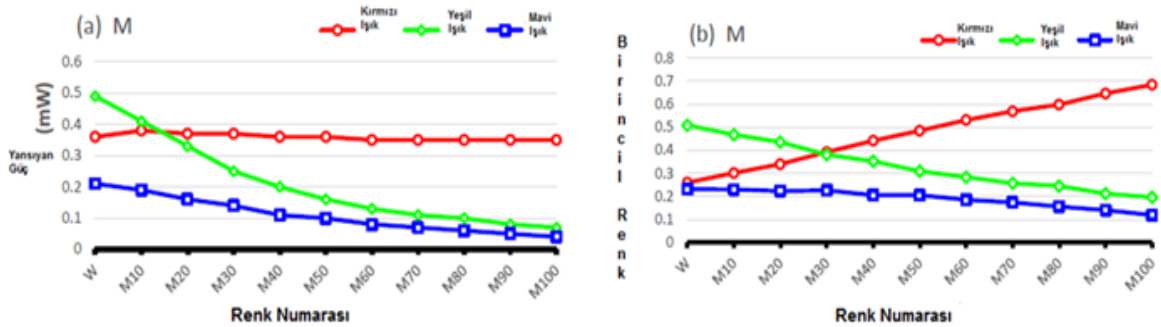
Sarı renkli renk kartı ile yapılan tek renkli kart deneyinde, Şekil 15 (a), sarı renkli karttan yansıyan üç ana rengin yansıma gücünün gravitesinin deneysel sonucudur. Sarı renkli renk kartında renk tonu % 0 dan başlar ve % 100 sarı renk tonu oranı Y100 olarak işaretlenmiştir. Yatay eksen boyunca, sarı pigment oranının % 10 arttığını, yani mavi ışık absorbe edilerek kırmızı ve yeşil ışığın sarı pigmentten yansıdığını göstermektedir.

Bu çizime göre, sarı pigment oranı arttıkça, çıkarılan (absorbe edilen) mavi ışık miktarı artar ve yansıyan mavi ışık gücü (yoğunluğu) azalır ve yansıyan kırmızı ve yeşil miktarı mavi ışığa göre daha fazla bir hal alır. Şekil 15 (b)'de, mavi ışık, sarı pigment tarafından tutulur, böylece mavi ışığın özgül ağırlığı da azalır. Son olarak, mavi ışık 0'a yaklaşır, kırmızı ve yeşil ışık yansıtma gücü çok fazla değişmez.



Şekil.15: Güç ölçerle ölçüm Sarı seri renkli kart (a) yansıyan güç (b)

Şekil 16, mor (macenta) kart ile yapılan ışık deneylerinin sonucunu gösterir. Mor (macenta) renk pigmenti yeşil ışığı emer ve kırmızı ve mavi ışığı yansıtır. Şekil 19 (a) 'da, M100 kartından yansıtılan ışık gücünden, mavi ışığın yansıtılan gücü düşüktür, çünkü mavi ışık yansıtma gücünün az olduğu ve güç ölçerin mavi ışık reaksiyonuna karşı daha az duyarlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, beyaz ışık yayan led ampulün düzgün olmayan yansıma spektrumu mavi ışık spektrumdur. "Düğüün" beyaz ışık spektrumu ise kırmızı ışık spektrumdur. Şekil 19 (a) yeşil ışığın daha güçlü yansıma gücüne sahip olduğunu ve mavi ışığın zayıf olduğunu gösterir. Şekil 19 (b), kırmızı ışığın yansıma gücünün fazla değişmese bile toplam ışık gücü azaldıkça, kırmızı ışığın yoğunluğunun arttığını göstermektedir. Yoğunluk formülünde mavi ve yeşil ışık yansıtma gücü azalır ve gerçek kesirli moleküler payda eşzamanlı olarak azaltılır ve bu da mavi ve yeşil ışık oranında bir düşüşe neden olur.

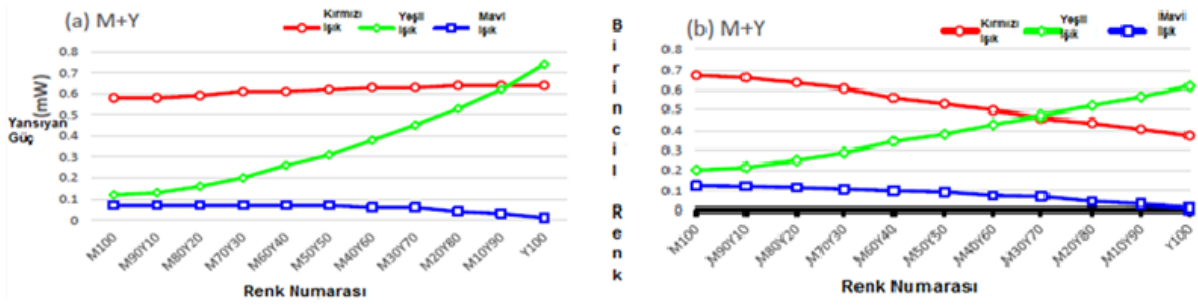


Şekil.16: Bir güç ölçerle ölçüm (a) Yansıyan güç (b)

Şekil 17'de, mor (macenta) ve sarıdan (yellow) oluşan karışık renkli kartların kullanıldığı iki renkli karıştırma deneyinde, üç birincil rengin yoğunluk ölçümleri görünür. Kırmızı, yeşil ve mavi ışık güçleri ölçülür. Bu kartlarda mor (macenta) oranında% 10'luk bir azalma olurken sarı oran % 10 oranında artar. Mor pigment yeşil ışığı emer, sarı pigment mavi ışığı emer ve kırmızı ışık aynı anda iki pigment tarafından yansıtılır. Bu sayede Şekil 20 (a) 'da ki kırmızı ışık yansıtma gücü fazla değişmemektedir. Mor oranı azaldıkça absorbe edilen yeşil ışık yansıma gücünde artma başlar. Aynı anda sarı oran da artar, böylece mavi ışık çıkarılmaya başlar (absorbe edilir) ve sonuçta mavi ışık gücü düşer.

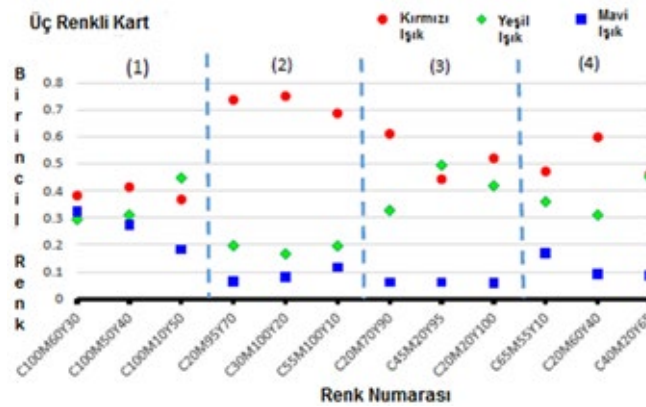
Şekil 17 (b) 'de, mavi ve yeşil ışığın yoğunlukları yansıyan güçle aynıdır, fakat mor oranı

azaldıkça kırmızı ışığın yoğunluğu azalır. Sonuçta yeşil ışık miktarındaki artış sebebiyle yansıyan ışığın gücü (özgül ağırlık paydası) artar.



Şekil.17: Kırmızı ve sarı renkli kartların güç ölçerle ölçülmesi (a) Yansıyan güç (b) Renk

Bir üst aşama üç pigmentli karıştırma deneyinde, üç renkten oluşan renk kartı kullanılarak varılan netice, dört kısımdan oluşan Şekil 18 de görülmektedir. Buna göre; birinci bölgede (1) buz mavisi (Cyan) 100'e yakındır. İkinci bölgede (2) mor (Macenta) 100'e yakındır. Üçüncü bölgede (3) sarı (Yellow) 100'e yakındır ve son olarak dördüncü bölgede (4) üç renk oranının tamamı, 65'ten küçüktür veya ona eşittir. Esasen, baskın olan pigment rengi, ikinci bölgedeki (2) kırmızı ışık oranı gibi, renk yoğunluğu ile kabaca belirlenebilir.



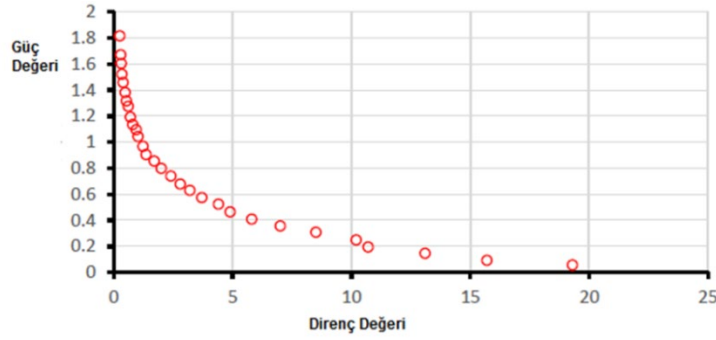
Şekil.18: Bir güç ölçer ile ölçüm

Belirgin bir şekilde, yansıyan ışıkta kırmızı renk daha belirgindir, çünkü mavi ışık güçlü bir yansıma özelliğine sahip değildir. Bu durum birinci bölgedeki (1) mavi ışık yoğunluğunun miktarı olarak görülmektedir.

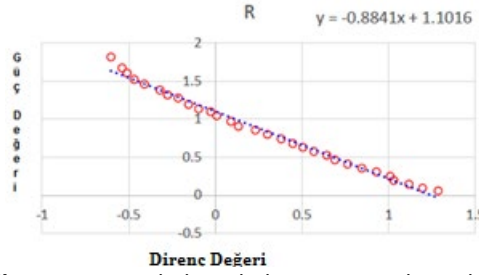
Deneyimizin esas amacı, ekonomik ve daha basit bir yöntemle renk oranını ölçmek olup bu maksatla pahalı optik güç ölçerler yerine ucuz yoldan elde edilebilen ışık direnci (fotorezistör) kullanmanın yollarını geliştirmektir. Fotorezistörün temel özelliği, direnç üzerindeki güç değeri ne kadar büyükse direnç değeri o kadar küçüktür, aksine direnç üzerindeki güç değeri ne kadar küçükse direnç değeri o kadar büyüktür. Burada öncelikle ışık direnci (fotorezistör) değeri ile optik güç arasındaki ilişkinin anlaşılması gerekmektedir.

Işık direnci ile optik güç ölçer değerlerini mukayese etmek maksadıyla kırmızı ışık yoğunluğu ölçülür. Ölçülen değerler grafiksel olarak işlendiğinde Şekil 19'da gösterildiği gibi doğrusal olmayan bir eğri elde edilir.

Işık direnci (fotorezistör) ile optik ışık güç ölçer arasındaki ilişki Şekil.20 de gösterilmiştir.



Şekil.19: Kırmızı renge ait fotorezistör direnç değeri ile optik güç ölçümü arasındaki ilişki



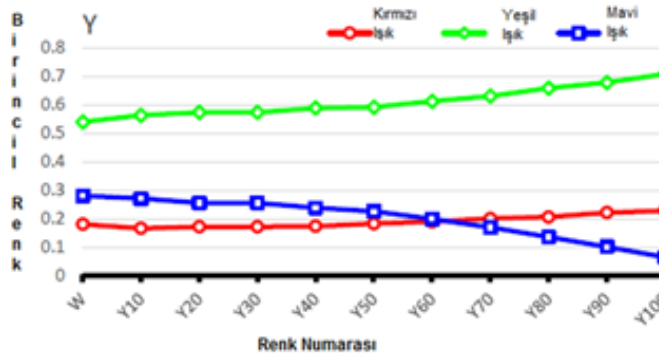
Şekil.20: Kırmızı ışık duyarlı direnç ve optik güç karşılaştırma tablosu

Işık gücünü ölçmek için optik güç ölçer yerine foto direnç kullanılmaktadır. Öncelikle birincil renklerin renk oranı, Şekil 21'de gösterildiği gibi tek renkli sarı seri renkli kart üzerinde ışık direnci (fotorezistör) kullanılarak ölçülür. Burada sarı rengin oranı arttığında, kırmızı ışığın ve yeşil ışığın yoğunluğu artar, mavi ışığın yoğunluğu azalır. Bu durum Şekil 15 (b) de görünen optik güç ölçer deneyine benzemektedir. Benzer şekilde, Şekil 17 de, optik güç ölçer kullanılarak mor (macenta) ve sarı (yellow) renklerin iki renkli karışık renkli kart tarafından ölçülen ana renk oranı görünmektedir ki; mor (macenta) oranı azaldıkça ve sarı (yellow) ışığın oranı arttıkça, yeşil ışığın yoğunluğu artar ve kırmızı ve mavi ışığın yoğunluğu azalır.

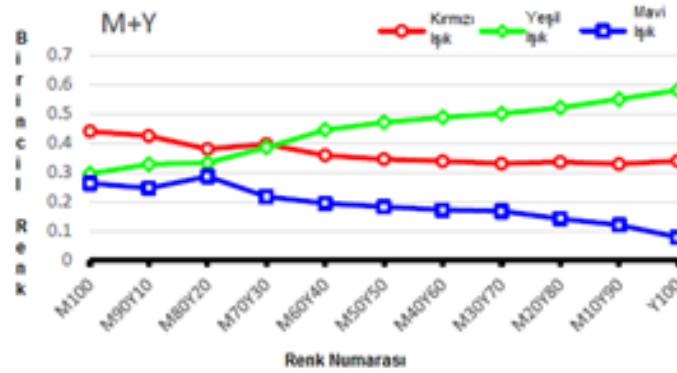
Örnek olarak sarı seri renk kartının ölçüm sonuçları için Şekil 15 (b) ve Şekil 21'i karşılaştıracak olursak, optik güç ölçer ile ölçülen kırmızı, yeşil ve mavi oranları, Şekil 18 (b) Y100'de sırasıyla 0,36471, 0,62066 ve 0,01463'tür. Şekil 24'te ise ışık direnci (fotorezistör) ile ölçülen değerleri sırasıyla 0,227377, 0,708367 ve 0,064256'dır. Bu fark fotorezistörün ve optik güç ölçerin farklı dalga boylarına duyarlılığından kaynaklanmaktadır.

Multimetre (elektrik sayacı) ile yapılan ölçümlere göre, ışık dirençleri (fotorezistör) yeşil ışığa karşı çok daha duyarlıdır. Bu farkın altında yatan ana sebebin esas olarak spektral dağılımdan kaynaklandığı düşünülmektedir. Şekil 19' ele alacak olursak kırmızı ışık elde etmek için beyaz LED ışığını kırmızı filtreden geçiriyoruz. Işık direnci (fotorezistör) ve optik güç ölçer sonuçları birbirinden farklı değerler vermektedir. Işık direnci (fotorezistör) ve optik güç ölçer, farklı dalga boylarına karşı farklı hassasiyetler göstermektedir.

Karıştırma oranını hesaplamak için ışık yoğunluğu kullanılır, örneğin, C100 ve Y100, C90Y10'u oluşturmak için renkler karıştırılır. Üç birincil rengin yoğunluklarının renk kartlarında C100 ve Y100 de ki yansıma değeri ölçülür ve C90Y10'un üç ana renginin yoğunluğu ile karşılaştırılır. Tüm ölçümler aynı ölçüm cihazı ile yapılır. Ölçüm sonuçları, üç ana rengin oranını ölçmek için bir ışık direnci (fotorezistör) kullanmanın mümkün olduğunu göstermektedir



Şekil.21: Bir fotorezistör Sarı seriyle ölçme

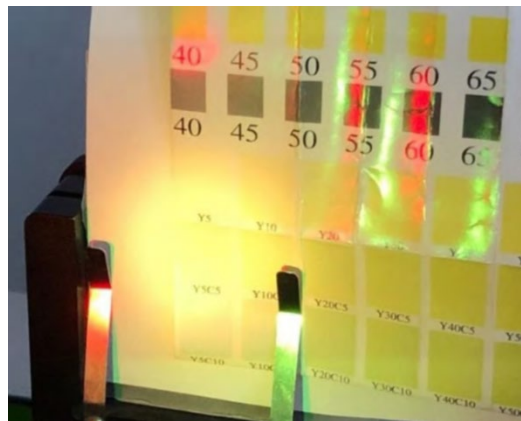


Şekil.22: Buz mavisi (Cyan) ve mor (macenta) renklerinin bir fotorezistörle ölçülmesi

### Renk Karışımları

Bu deneyde, üç birincil renge ait yoğunlukları ölçmek amacıyla üç ayrı led ampulden çıkan beyaz ışık, kırmızı, yeşil ve mavi filtreden geçirilerek renk kartına yönlendirilir. Üç ana rengin ışık yoğunluğu ayarlanarak renk kartına en yakın renk bulunur. Şekil 23, Y100 deneyi ile elde edilen ışığın üç ana renginin oranıdır.

Kırmızı, yeşil ve mavi filtrelerden geçen ışık yoğunluğu, eğer renk kartındaki beyaz kısımdan yansıyan sarı ışık ve renk kartından yansıyan renk bir bütün halinde ise, insan gözünün aynı rengi algıladığı söylenebilir.



Şekil.23: Deneysel verilere göre kırmızı, yeşil ve mavi renk yoğunluğu karışım rengi ve renk kartı rengini ayarlama. Üç birincil rengin karışım oranlarını analiz etmek için bir hesaplama tekniği kullanılabilir.

Mor (macenta) M100 renginden kırmızı, yeşil ve mavi ışık yansımaları sırasıyla  $r_{mr}$ ,  $r_{mg}$  ve  $r_{mb}$  şeklinde isimlendirebiliriz. İlk alt simge "m", pigment birincil rengini belirtir. İkinci alt simge r, g, b sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi ışık miktarına karşılık gelen yansıma miktarlarını ifade eder. İki geçişten gelen yansıma, tek yansıma karesidir. Yani M50'nin değerlerinin karesi, M100 renk yoğunluğuna eşittir. Bu nedenle, M50 kırmızı ışığının yansıtıcılığı  $(r_{mr})^{0.5}$  tir. Bu nedenle, genelleştirilmiş formül  $(r_{mr})^l$  olarak yazılabilir.  $l$ , karışımın yüzdesidir.

"MxYwCz" şeklinde yazılan bir pigment karışımı için, x, w ve z, sırasıyla M100, Y100 ve C100 pigmentlerinin üç ana renginin karışım yüzdesini temsil eder.

Kırmızı ışığın yansıması  $(r_{mr})^x / 100 (r_{yr})^w / 100 (r_{cr})^z / 100$  olarak ifade edilebilir.

y ve c, sırasıyla pigment birincil renkleri Y100 ve C100'ü belirtir.

Örneğin, karışık pigment M80Y10C10, x = 80, w = 10 ve z = 10 anlamına gelir.

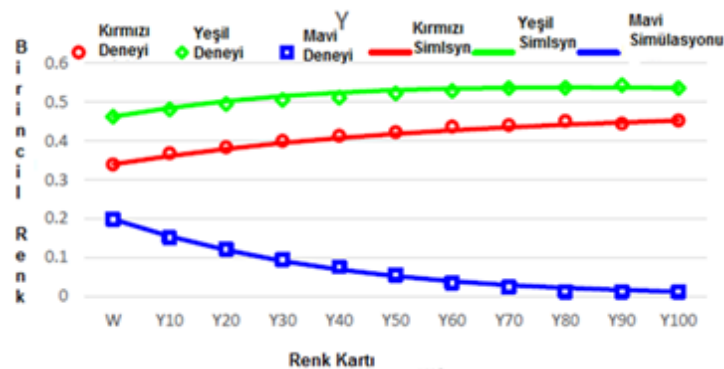
M80Y10C10 Kırmızı ışığın yansıması  $(r_{mr})^{0.8} (r_{yr})^{0.1} (r_{cr})^{0.1}$  dir.

Benzer şekilde, MxYwCz yeşil ve mavi yansıma formüllerini sırasıyla  $(r_{mg})^x / 100 (r_{yg})^w / 100 (r_{cg})^z / 100$  ve  $(r_{mb})^x / 100 (r_{yb})^w / 100 (r_{cb})^z / 100$  olarak alabiliriz.

Renk karışım oranı hesaplanırken öncelikle pigment ana renkleri olan M100, Y100 ve C100'ün kırmızı, yeşil ve mavi renk yoğunluklarını ölçebiliriz.

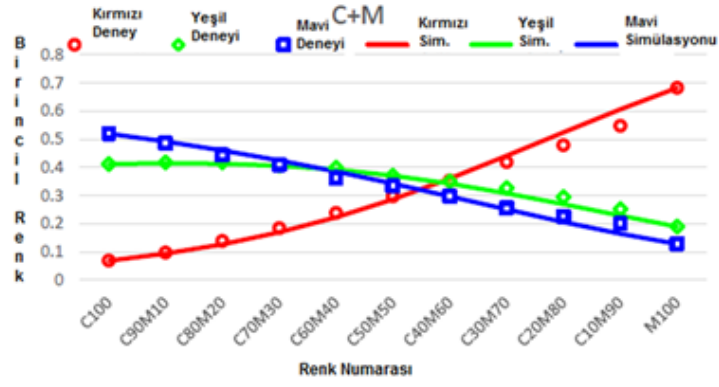
Pigment karışımlarında x, w ve z bilinmeyenlerini hesaplamak, yani bu araştırmanın asıl amacı olan mor (macenta), sarı (yellow) ve buz mavisi (cyan) birincil pigmentlerin ne oranda karıştırılacağını hesaplamak mümkündür. Fakat üçlü denklem ve bilinmeyen rakam üstel konumda olduğu için işlem yapılamamaktadır. Bu nedenle analiz işlemi renk kartı ölçüm deneyi ile yapılabilir.

İlk olarak, Şekil 24, sarı renk karti seri deneyi ve simülasyon sonuçlarını, temsil eder. Burada kırmızı ışık daire, yeşil ışık elmas ve mavi ışık kare şeklinde sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi ışığın yoğunluklarının deneysel veri noktalarını gösterir (deney sonuçları Şekil 18). Buradaki her renk çizgiler, simüle edilen verilerdir ve iki veri de benzer değerlerdedir.



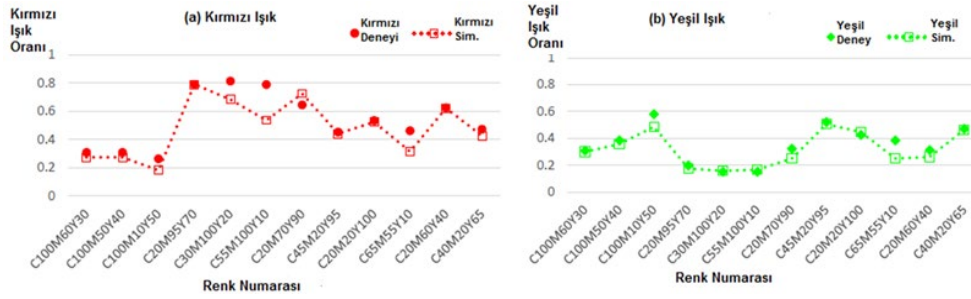
Şekil.24: Beyaz ve Y100'ü referans olarak kullanarak, birincil renge özgü yerçekimini değiştirmek için tek rengi hesaplayın ve deney sonuçlarıyla karşılaştırın.

Şekil 25, buz mavisi (cyan) ve mor (macenta) karışımının deneysel ve simülasyon sonuçlarıdır. Benzer şekilde, karışık renklerin farklı oranlarda birincil renk yoğunluğunu simüle etmek için C100 ve M100'ün deneysel verilerinin yansıması ile edilen değerler de benzerdir.



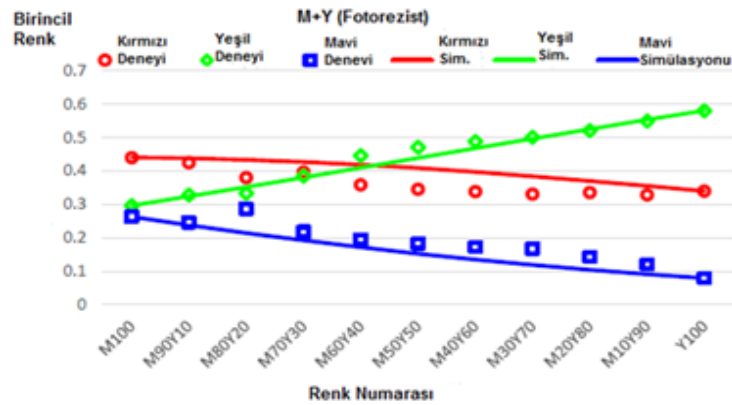
**Şekil.25:** Referans olarak M (%)100 ve Y(%)100 kullanılarak iki renkli karışık primer renklerin özgül ağırlığının hesaplanması

Şekil 26, kırmızı ve yeşil ışığın özgül ağırlığının deneysel ve simülasyon sonuçlarını göstermektedir. Simülasyon hesaplaması için karma renkli kart kullanılmıştır,



**Şekil.26:** Üç renkli kart deney ve simülasyon sonuçlarının karşılaştırılması (a) kırmızı ışık bileşeni (b) yeşil ışık bileşeni

Şekil 37'a konu olan deneyde kullanılan renk kartında ana renk kartı bulunmuyor, renkli yüzeyden olan yansıtıcılık, boyadan boyaya ve boya kaplamasının kalınlığına göre değişebilir. Ayrıca, hesaplama için Y100, kırmızı ve yeşil kullanılır. Yansıtılan güç sırasıyla 0.38 ve 0.45 mW'dir ve mavi ışığın yansıtma gücü nispeten küçük olup sadece 0.01 mW'tır, bu nedenle simülasyon sırasında mavi ışık hatası büyüktür.



**Şekil.27:** Mor (Macenta) ve sarı (Yellow) ana renk karışım sonuçlarının fotoreseptör kullanılarak karşılaştırılması

Simülasyon ve deneysel karşılaştırma diyagramlarımızdan elde edilen sonuçlara göre, deneysel ölçüm ve simülasyon değerleri yakın olup bu da C(%)100, M(%)100 ve Y(%)100 ile yansıtma miktarını ölçebileceğimiz anlamına gelir. Yani birincil renk karışımlarının renk oranını

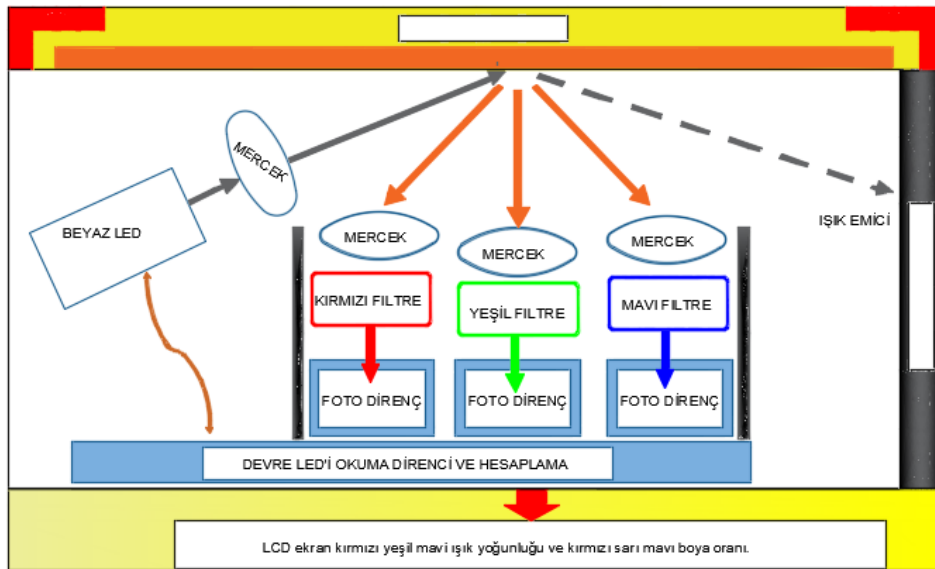
tahmin etmek mümkündür (M90Y10, M80Y20 ... gibi).

Bunun zıttı olarak, ışığın yoğunluğu ölçümle elde edilirse, kırmızı, yeşil ve mavi yansımaların, ayrıca mor (macenta) M100, sarı (yellow) Y100 ve buz mavisi (cyan) C100'ün, test edilecek pigmentin birincil renklerinin oranını simüle etmek için ayarlanması beklenmektedir. Bu nedenle, bir enstrüman tasarlamak için bu analitik tekniği kullanmak ve pigmentin üç ana renginin karışım oranını ayarlamanın uygulanabilir olduğu söylenebilir.

### Sonuç ve Tartışma

Deneylerden elde edilen sonuçlara göre, ışık ölçümünün üç ana rengin ışık gücünün ölçümüyle, pigment renk ayrışması yapılabilir. Yani, üç ana ışık renginin güç ölçümüyle, mor (macenta), sarı (yellow), buz mavisi (cyan) pigment karıştırma oranının ne kadar olduğunu öğrenebiliriz. Bu maksatla düşük maliyetli bir renk karıştırma oranı analizörü yapmak için ışığa duyarlı direnç ve bazı optik elemanların kullanılması mümkündür. Deneylerde mor, sarı ve buz mavisi pigmentlerin karışım oranı için, led ampulden çıkan beyaz ışığı mercek ile odaklıyoruz.

Beyaz ışık yüzeye açılı bir şekilde yönlendirilir (şekil.28 siyah çizgi) ve doğrudan yansıtılan ışık aynı yansıma açısıyla (şekil.28 siyah noktalı çizgi) yüzeyden yansır. Daha sonra ışığı toplamak için normal yönde üç mercek uygun bir mesafeye yerleştirilir ve ışık sırasıyla kırmızı, yeşil ve mavi filtrelere odaklanır (Şekil 28). Işık direncinin (fotorezistör), direnç değeri multimetre ile okunur. Ayrıca fotorezistördeki ışık direncinin ve ışık güç ölçerdeki değerlerin değişimi için ışık şiddetinin değiştirilmesi gerekir. Bu voltaj ayarlayıcı (dimmer) ile sağlanır. Işık ana renginin yoğunluğu ve pigmentin üç ana renginin karışım oranı analiz sürecinde, ilk önce pigmentin üç birincil renginin yansımalarını temel veriler olarak ölçerek karışım oranını hesaplamamız gerekmektedir.



Şekil.28: Renk karışım oranı analizörü

Ana renk analizi deneyinde, beyaz ışığın önüne kırmızı, yeşil ve mavi filtreler konarak duvara yönlendirildiğinde, ortada bir engel yerleştirilirse, her rengin ışığının engellendiği alan beyaz duvar ile engel arasındaki mesafe ve aydınlatma ile ilişkili olacaktır. Duvardaki görüntünün rengi, beyaz ışıktan çıkarılan ışık rengi ile aynı olacaktır. En uzaktaki alan görüntüsü üç ana ışık rengini ortaya çıkarır ve beyaz duvar ile engel arasındaki mesafeyi değiştirmek, pigmentin üç ana renginin üst üste binme özelliklerini sunabilir. Bu nedenle, engelin ışık kaynağının

engelleyici kısmını kullanarak, ışığın üç ana renginin ve pigmentin üç ana renginin eklenmesi yorumlanabilir ve renk tanıtımı için model öğretim materyali olarak kullanılabilir.

Renk ayrıştırma deneyinde, pigmentin rengini üç ana ışık rengiyle analiz etme tekniği kullanılır ve her karma renk kartının kırmızı, yeşil ve mavi ışığını tek bir pigment ana rengiyle, iki renkli bir karışık renkle ve örnek olarak üç renkli bir karışık renkli kartla ölçülmektedir. Gücü yansıtmak ve sonra her pigment renginin birincil renk yoğunluğunu hesaplamak için, farklı pigment renklerinin farklı üç birincil renge özgü yoğunluğa sahip olduğu tespit edilir. Yani, üç birincil renge ait yoğunluk değerinin rengi belirtmek için kullanılabilir. Ayrıca renk farklılıklarını daha iyi ayırt etmek de mümkündür. Ek olarak, güç ölçer tarafından ölçülen sonuçların fotorezistörünkine benzer olduğunu görülmüş olup, bu nedenle ucuz bir fotorezistörün pigment ayrışması ve karışımını incelenirken pahalı olan ışık güç ölçerler yerine kullanılabilir.

Renk karışımı açısından, kırmızı, yeşil ve mavi ışığın yoğunluğu, belirli bir rengin üç ana renginin yoğunluğuna göre deneysel olarak ayarlanır ve rengin miktarını ölçmek için üç ana rengin kullanılmasının, rengin ana özelliklerini ortaya çıkarabileceğini gösteren orijinal renk geri yüklenebilir. Ek olarak, renk karışımını simüle etmek için yansıtıcılığı da kullanıyoruz, deneysel olarak mor (macenta), sarı (yellow) ve buz mavisi (cyan) pigmentlerin kırmızı, yeşil ve mavi renklerinin yansıtıcılığını elde ettik, verilen yansıtma hesaplama formülü ile birlikte yansıtma değeri verildi. Mor, sarı ve buz mavisi karışım oranlarının rengi, renkli ışığın üç ana renginin yansımalarını ve özgül ağırlığını hesaplamak için kullanılabilir. Bir deneyle tutarlı olan farklı karışık oran renklerinin üç ana renk oranını simüle edildi. Bu yöntemle, herhangi bir renkte karıştırılacak mor (macenta), sarı (yellow) ve buz mavisi (cyan) birincil pigmentlerin oranı hesaplanabilir ve bu, üç birincil pigment renginin pigment rengindeki kompozisyon oranını analiz etmek için kullanılabilir anlamına gelir. Bu tekniği kullanarak, renk karışım oranı analizörü tasarım çizimleri yapılabilir.

Bu araştırmada temel olarak üç birincil renk analizi, renk ayrıştırma ve renk sentezi bölümleri yer almaktadır. Bu araştırma ile yapılan renk karışım oranı analizörü, renk hassasiyeti ile renklendirme için yardımcı bir araç olabilir. Bu analiz yöntemi, boyalar arasındaki renk farkı ve estetik sorununu azaltmak için basit bir yargılama aracı olarak kullanılabilir. Renk teorileri, yalnızca sanat akımları ve ressamların renk kullanımları üzerinde önemli farklılıklar yaratmamış, fotoğraf, grafik, tekstil, seramik gibi renkle ilişkili birçok sanatsal ve endüstriyel alanı da etkilemiştir. Bu araştırmanın, renkle ilişkili alanlara katkıda bulunacağı umulmakla birlikte, renk teorilerinin her birinin özel olarak daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi gerekmektedir.

## Referans

- Becer, E. (2015). *İletişim ve grafik tasarım*. Dost Kitabevi Yayınları.
- Poynton, C. (1998). Frequently asked questions about gamma. *Rapport Technique, janvier, 152*.
- Danger, E. P. (1987). *Selecting colour for packaging*. Gower Technical Press Ltd.
- Kanat, A. (2003). *Duyu Psikolojisi, 2. Baskı, İzmir: İlya Yayınevi*.
- Karavit, C. (2006). *Işık-Gölge. İstanbul: Telos Yayıncılık*.

Ketenci, H. F., & Bilgili, C. (2006). *Yongaların 10 000 yıllık gizemli dansı: görsel iletişim ve grafik tasarımı*. Beta.

Kuehni, R. G. (2012). *Color: An introduction to practice and principles*. John Wiley & Sons.

Malacara, D. (2003). *Color vision and colorimetry: theory and applications*.

Öztuna, H. Y. (2007). *Görsel iletişimde temel tasarım*. Tıblan yayıncılık.

Mariá Parramoń, J., & Erduran, E. (1997). *Resimde renk ve uygulanışı*. Remzi Kitabevi.

Seylan, A. (2005). *Temel Tasarım*. Ankara: M-Kitap Yayınevi.

Sözen, M., & Tanyeli, U. Ğ. U. R. (1992). *Sanat Kavram ve Terimleri Sözlüğü*, İstanbul: Remzi Kitabevi. *Tüzün, H.(1976), 80*.

Yeşil, Y. (2010). *Melanj Elyaf Karışımlarında Renk Değerlerinin Yeni Bir Algoritma Geliştirilerek Tahmin Edilmesi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil mühendisliği Anabilim dalı* (Doctoral dissertation, Doktora tezi, Adana).