

## ELMASLARDAKİ RENK DEĞİŞİMİNİN FT-IR İNCELEMESİ VE GEMOLOJİKSEL OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Emel KAYA\*

### Özet

Doğanın bir mucizesi olan elmasın renk değişimleri ve gemolojik incelemesi üzerine yapılan bu araştırmada FT-IR cihazı ve çeşitli gemolojik aletler kullanılmıştır. Araştırmanın laboratuvar çalışmaları İstanbul Kapalıçarşı'da bulunan Uluslararası Elmas Laboratuvarı (International Diamond Laboratory, IDL) ve Elmas Yüksek Konseyi anlamına gelen Hoge Raad voor Diamant (HRD Antwerp) laboratuvarlarında yapılmıştır. İncelemelerde Alpha Elmas Analiz Cihazı, M-Screen kullanılmıştır. Araştırılmak üzere kullanılan her bir elmasın tek tek gün ışığı altında ve beyaz renk kâğıdı yardımı ile renklerine bakılmış, hassas terazi ile ağırlık ölçümleri yapılmış, kumpas yardımı ile büyüklükleri kontrol edilmiş, ultraviyole ışık altında floresan renklerine bakılmış ve mikroskop yardımı ile de berraklıkları incelenmiştir. Bu ölçümler yapıp not alındıktan sonra grafiklerini çıkarmak üzere FT-IR incelemeleri yapılmış ve birbirlerine yakın olan renkler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak hangi renk taşların nasıl sonuçlar verdiği ispatlanarak açıklanmıştır.

Araştırmanın genel amacı ülkemizde elmas ve değerli madenler üzerine daha fazla çalışma yapılmasına destek olmaktır. Bu çalışmanın amacı da doğanın en değerli taşı olan elmasın gemolojik olarak incelenmesi ve elmaslar arasındaki renk farklılıklarının araştırılmasıdır. Bu doğrultuda uzmanlardan da destek alınarak gerekli tüm laboratuvar çalışmaları yapılmış ve detaylar incelenmiştir. Her taşın ultraviyole ışık altında ve gün ışığında çekilmiş özgün fotoğrafları ve cihazın verdiği grafik sonuçları araştırmaya eklenmiştir.

Araştırmaların sonucunda ortaya çıkan grafikler, resimler ve bulgular elmasın doğal renk oluşumlarının tamamen içeriğindeki farklı renk elementlerinden meydana geldiğini göstermektedir. Bilimsel açıklamalara dayanarak yapılan yorumlar renk farklılıklarının sebebini açıklamaktadır. Makalede elmasın incelenen grafiklerde benzer renklere aynı pik değerlerini vermiş olması anlatılacaktır. Bu sonuca bağlı olarak FT-IR cihazı ile incelenen elmasların renkleri hakkında yorum yapmak mümkündür denilebilir.

**Anahtar kelimeler:** Doğal elmas, elmas, kıymetli maden, laboratuvar, muamele, renk

\* Dokuz Eylül Üniversitesi, Doğal Yapı Taşları ve Süs Taşları Bölümü, emelgn11@gmail.com

"Elmaslardaki Renk Değişiminin FT-IR İncelemesi ve Gemolojiksel Olarak Değerlendirilmesi" İsimli Yüksek Lisans Tezi'nden Üretilmiştir; İzmir 2017

## ***FT-IR INVESTIGATION AND GEMOLOGICAL ASSESSMENT OF THE CHANGE OF COLOR IN DIAMONDS***

### **Abstract**

In this research on the color change and the gemological analysis of a diamond which is a miracle of the nature, Fourier Transform Infrared (FT-IR) Spectroscopy and multiple gemological equipments have been used. The laboratory studies of this research have been completed in International Diamond Laboratory, IDL which is in Istanbul, Grand bazaar, and in the laboratory of Hoge Raad voor Diamant (HRD Antwerp) which means Diamond High Council. Alpha Diamond Analyzer and M-Screen have been used during the reviews. Each Diamond that was used to be researched was checked for its colors individually in the sunlight and with the help of the white paper, was measured by weight with precision balance, was checked for the sizes with a caliper, was looked into its fluorescent colors under ultraviolet lights, and it's brightness was analyzed with the help of a microscope. After these measurements were made and noted down, FT-IR analyses were made and the colors which are close to each other were compared to draw their graphics. As a result, what colors of stones give results has been explained by proving.

The general aim of this research is to support more studies to be done on diamond and valuable stones. And the aim of this study is to analyze diamond which is the most valuable stone in the nature, in a gemological aspect and search the color differences among diamonds. In accordance with the topic, by also getting support from the experts, all the necessary laboratory work was being completed and the details were analyzed. The original photos of each stone that was taken under the ultraviolet lights and in the daylight and the results of the graphics by the device are added to the research.

The findings, graphics and the pictures that emerged at the end of the research clearly reveals that the natural color formation of a diamond completely occurs from the different color elements that is in a diamond. The comments that are based on the scientific explanations reveal the reason of the differences of colors. It will be explained that the diamonds of the model have the same peak values of the similar colors in the examined graphics. In relation to this result, it is possible to make comments on the colors of the diamonds that were analyzed by the FT-IR device.

**Keywords:** Natural diamond, diamond, precious stone, laboratory, treatment, color

### **Giriş**

Doğada üç milyar yıl gibi çok uzun bir zamanda oluşan elmas, değerli taşlar içerisinde en kıymetli ve maddi değeri en yüksek olan taştır. Elması bu kadar kıymetli yapan hem oluşum süresi hem de az bulunurluğudur. Bu doğrultuda alışıldık renklerin dışında olan elmaslar daha az bulunduğu için çok daha pahalıdır. Pembe, mavi, turuncu, yeşil, kırmızı örnek verilebilecek renklerdir. Beyaz ve sarının tonları çokça görülürken mavinin ya da kırmızının tonlarına nadir rastlanır (The Loupe, Summer, 2007). Dolayısı ile mavi ya da kırmızı bir elmas beyaz ya da sarı bir elmasa göre çok daha pahalıdır.

Tıpkı her insanın kendine has olması gibi doğadaki her elmasın da kendine has özellikleri ve yapısı vardır. Bu farklılıklarda araştırmacılar için merak kaynağı olur ve yeni incelemelere kapı açar. Günümüzde en güncel konu elmasların laboratuvar ortamında iyileştirilmesi veya yeniden bir elmas oluşturulmasıdır. Sentetik adını verdiğimiz bu oluşum taşlar gün geçtikçe yaygınlaşmakta

ve hayatımıza girmeye başlamaktadır. Sentetik elmas üretimi başladığı dönemlerde üreticiler kuyumcuların boşuna endişelendiğini, sentetik taşların pazarda ciddi oranda mevcut olmadığını ifade etmişlerdir (Shigley, 2005, s.72). Ancak gün geçtikçe sentetik taşların pazara girişi artmakta ve oluşturduğu tehdit büyümektedir. Taşın sentetik mi, renk muameleli mi, doğal mı olduğunu tüketici olarak anlamak çok zordur. Çünkü bu fark ancak ve ancak uzman bir gemolog tarafından gemolojik cihazlarla incelenerek ortaya çıkarılabilir. Renk muamelesi uygulanmış bir taş çıplak gözle doğalından ayırt edilemeyebilir. Ancak arada (çok büyük) maddi ve manevi farklar vardır. Muamele ile iyileştirilmiş taşlar çok daha ucuzdur, manevi değeri ise insan eli değdiği için doğal ile kıyaslanamaz.

Elmasların birbirinden farklı ve kıymetli renkleri olabilir. Her taşın kendine has farklı özellikleri vardır. Tıpkı her insanın parmak izinin kendine has olması gibi her pırlantanın da mutlaka kendine has değerleri vardır. Her ne kadar ilk bakışta birebir aynı görünseler bile mutlaka renklerinde bir ton farklılığı ya da floresan renklerinde farklılık ya da içlerindeki lekenin büyüklüğünde/oranında bir farklılık vardır.

Elmas saf karbondan oluşur. Ancak bazen oluşum esnasında içerisine farklı maddeler girebilmektedir ve bu da renk değişimlerine sebep olur. Tamamen saf karbondan oluşan bir elmas renksizdir (Theisen, 1990, s.20). İçerisinde bor atomu bulunan bir elmas mavi, gri veya mavimsi gri tonlarında olur. Taşa renk veren bor iyonu milyon karbon başına birkaç tane ile sınırlıdır (Nassau, 1978, s.219). Kristalin yapı bozuklukları gösteren bazı taşlarda ise pembe mor gibi renklemeler olduğu gözlenmiştir. Azot bulunan bir elmas sarı, kahverengi, kahverengimsi sarı, turuncu renklerinde olabilir. Azotun bulunuş şekli de (dağınık bulunması ya da gruplaşmış bulunması gibi) renk farklılıklarına sebep olur (Nassau, 1978, s.220). Mevcut örneklerde mavi veya gri tonları bulunmadığı için bor içeren elmaslar incelenememiştir. Azot içeren veya kristalin yapı bozuklukları gösteren taşlarla çalışma yapılmıştır.

FT-IR cihazı ile bu güne kadar yapılan çalışmalar genellikle doğal-sentetik ayırımı üzerinedir. Renk değişimleri üzerine pek çalışmaya rastlanmadığı için referans olması adına farklı örnekler verilememiştir. Araştırmaların tamamı uluslararası laboratuvar ve üniversite desteği ile uzmanlardan yardım alınarak yapılmıştır.

### **Bulgular**

Elmas iyi bir yalıtkan olduğu için yüksek bir enerji aralığına sahiptir. Beyaz ışığın tüm dalga boylarını geçirir ve bu sayede saydam ve renksiz olur. Ancak içerisindeki bazı safsızlıkların çeşitli ilave enerji seviyeleri oluşturması soğurumlara neden olmaktadır. Mesela bazen elmasın içinde azot ve bordan yüksek olan tüm dalga boyları soğurulur ve bant boşluklarına azot ve bor dolar. Bu da elmaslarda renklemeye sebep olmaktadır. Elmasların çok büyük bir kısmında azot bulunmaktadır (Burns, 1993, s.36). Bazen çok eser miktarda bazen de yoğun olabilir. Özünde elmas saf karbondan oluşur. Elmasın kristal yapısında ki her karbon atomu diğer dört karbon atomu ile eşit uzaklıkta ve kovalent bağ ile bağlanır. Bu nedenle çok kuvvetlidir ayrıca kristal yapısı bir benzeri olmayacak kadar düzenli ve sıralıdır.

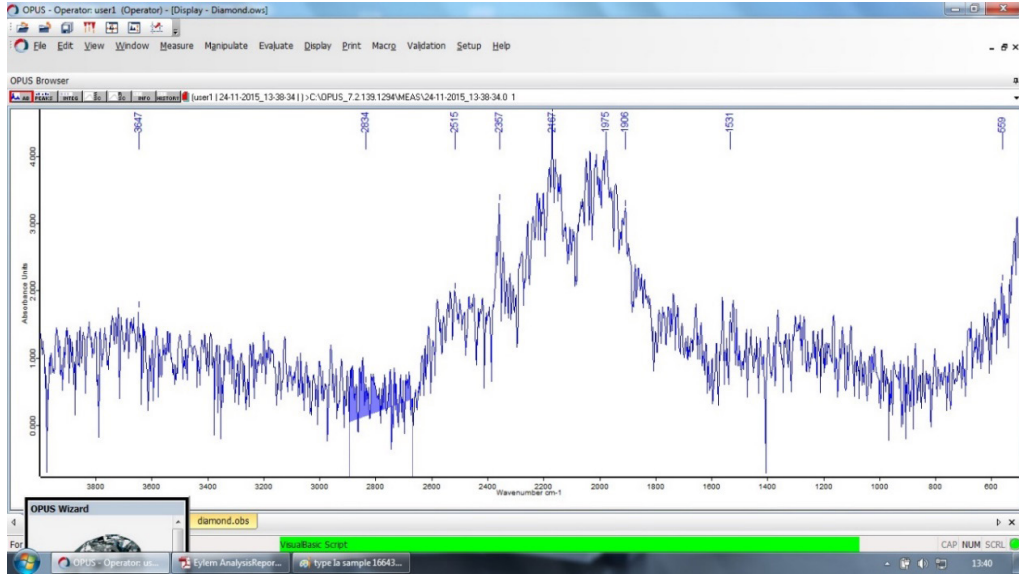
Aşağıda detaylı bilgilerini verilen dört taş gemolojik incelemelerden geçmiş, tek tek FT-IR cihazı ile incelenmiş ve bilgiler fotoğraflanmıştır (Fot:1-2-3-4). Farklı renkte olan taşların farklı pik değerleri verdiği ispatlanmıştır. Farklı renklerin farklı değerler vermesinin sebebi içerisinde bulunan farklı atomlardan ve dizilişlerden kaynaklanmaktadır (Theisen, 1990, s.20). Bu değerlere bakılarak taşın doğal mı yapay mı olduğu hakkında da yorum yapılabilmektedir. Aynı zamanda muamele olup olmadığı herhangi bir işlemde geçip geçmediği anlaşılabilir.



**Fotoğraf: 1** Uçuk pembe 0,51 ct taşın *daylight* ışık altında üstten görüntüsü  
(*ct: carat* [süstaşı ağırlık birimi]) (Kişisel arşiv, 2017)



**Fotoğraf: 2** Uçuk pembe 0,51 ct taşın ultraviyole ışık altındaki görüntüsü  
(Floresan rengi güçlü mavi) (Kişisel arşiv, 2017)



**Grafik: 1** Uçuk pembe 0,51 ct taşın kızılötesi spektrum görüntüsü

Örnekte ki taş çıplak gözle bile zor ayırt edilebilecek kadar açık pembesidir. Beyaz renk kâğıdına konulduğunda rengini belli etmektedir. Spektrum değerlerinde görüldüğü gibi 3647  $\text{cm}^{-1}$ , 2834  $\text{cm}^{-1}$ , 2515  $\text{cm}^{-1}$  ve 2357  $\text{cm}^{-1}$  değerlerinde yüksek pik vermiştir. Beyaz taşlarda 2300 – 2800  $\text{cm}^{-1}$  değerlerinde pik çıkması beklenen bir durumdur ancak bu taşta farklı olarak 3647  $\text{cm}^{-1}$  değerinde de pik görülmüştür. Bunun sebebinin içerisinde ki hafif pembe tondan kaynaklandığı düşünülmektedir. Floresan rengi ve pik değerleri sonucuna göre taş hem doğal hem de muamelesiz olduğu anlaşılmaktadır.

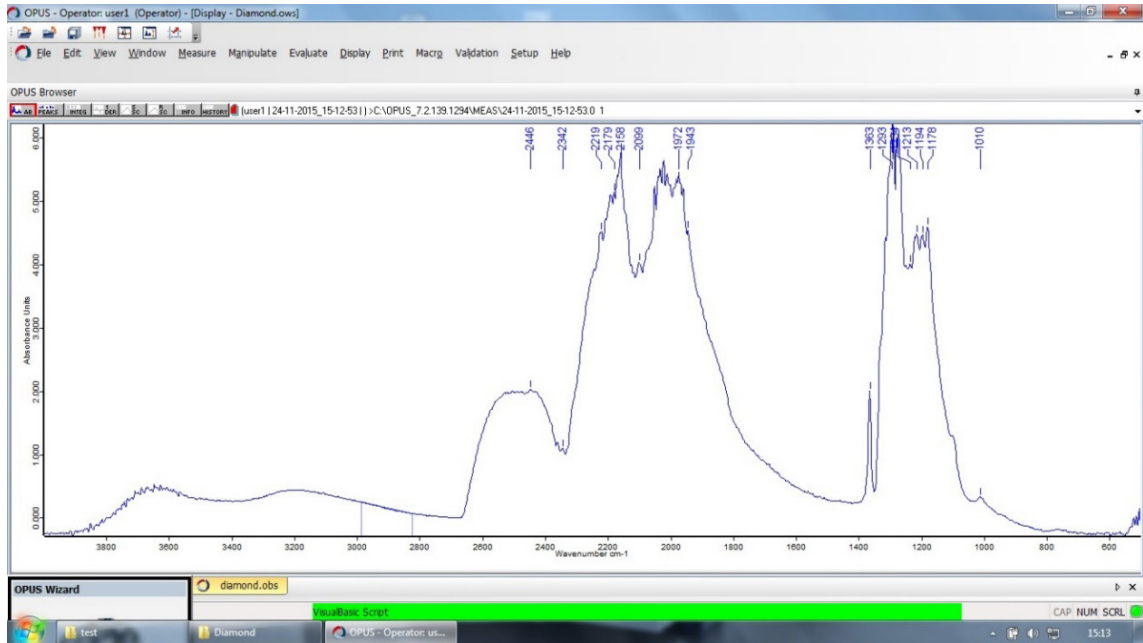


**Fotoğraf: 3** Hrd sertifikalı d vvs2 0,30 ct taşın *daylight* ışık altında üstten görüntüsü

*vvs*: very very small (çok çok küçük) (Kişisel arşiv, 2017)



**Fotoğraf: 4** Hrd sertifikalı d vvs2 0,30 ct taşın ultraviyole ışık altındaki görüntüsü  
(Floresan rengi çok hafif mavi), vvs: *very very small* (çok çok küçük) (Kişisel arşiv, 2017)

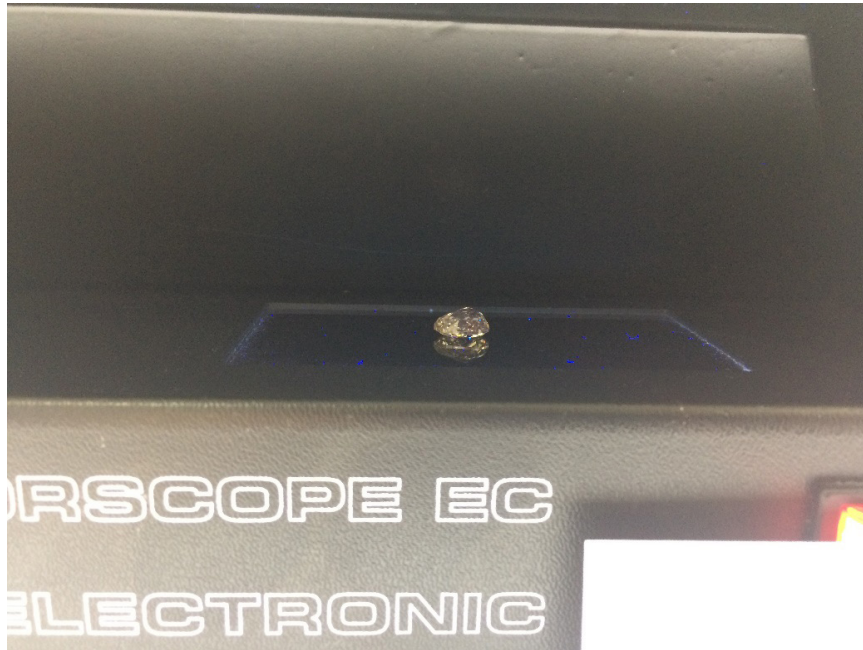


**Grafik: 2** Hrd sertifikalı d vvs2 0,30 ct taşın kızılötesi spektrum görüntüsü,  
vvs: *very very small* (çok çok küçük)

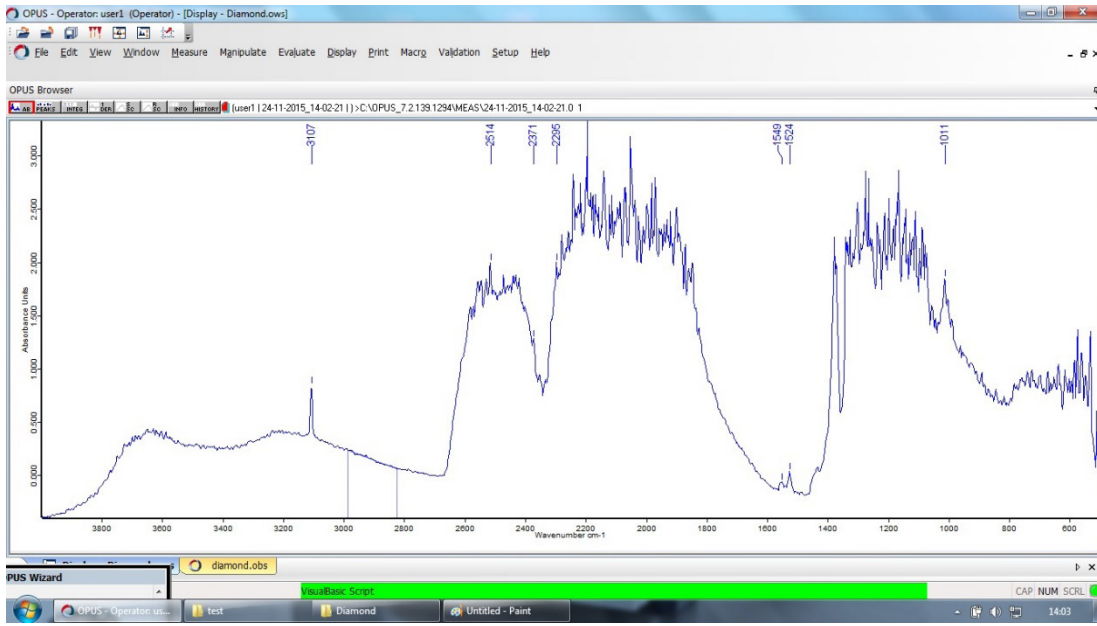
Fotoğraf 3 ve 4 te görülen örnek taş elmasın en beyaz rengi olan D rengidir.  $2446 \text{ cm}^{-1}$  ve  $2342 \text{ cm}^{-1}$  değerinde pik vermektedir. İncelenen taşlarda nitrojen yani azot bulunduran taşların  $3100 \text{ cm}^{-1}$  civarında pik değeri verdiği görülmüştür. Bu sebeple incelenen örnekte sertifikasını doğrulamakta ve D rengi olduğu için karbondan başka element bulundurmadığını çıkan pik değerleri ile ispatlamaktadır. İncelenen elmas doğal ve muamelesizdir.



**Fotoğraf: 5** G1a sertifikalı Fancy Yellow 2,01 ct büyüklüğündeki taşın üstten görüntüsü  
(Kişisel arşiv, 2017)



**Fotoğraf: 6** G1a sertifikalı Fancy Yellow 2,01 ct büyüklüğündeki taşın ultraviyole ışık altındaki görüntüsü  
(Floresan rengi yok) (Kişisel arşiv, 2017)



**Grafik: 3** G1a sertifikalı Fancy Yellow 2,01 ct büyüklüğündeki taşın kızılötesi spektrumu

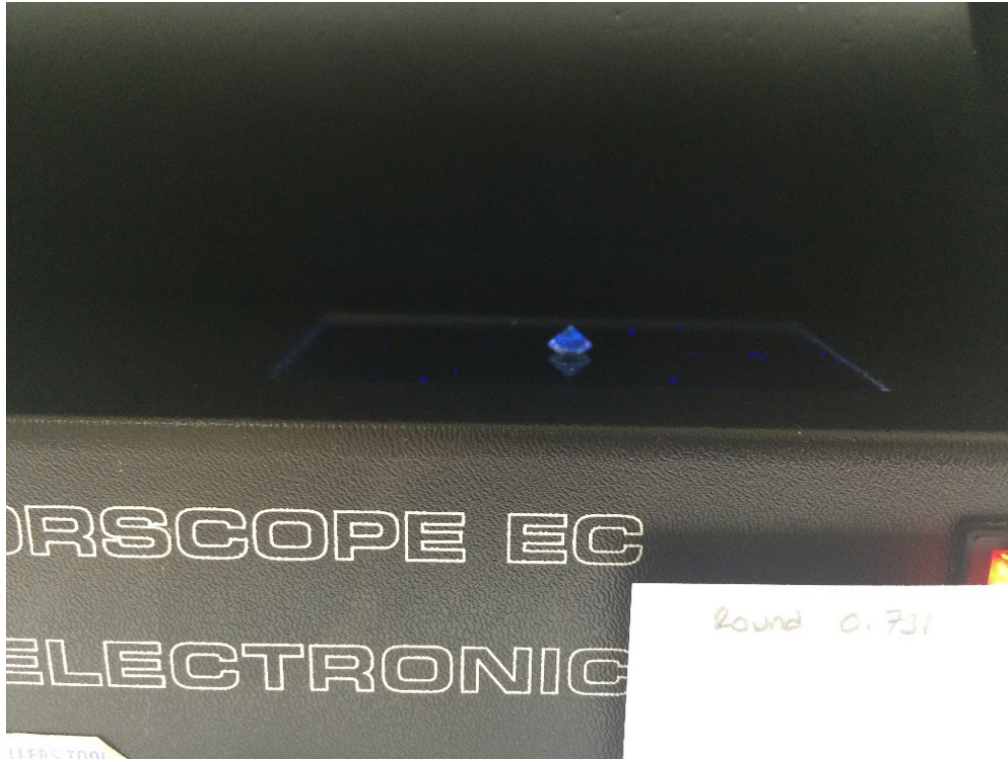
Fotoğraf 5 ve 6 da ki örnekte gördüğümüz taş GIA sertifikalı bir *fancy* taş örneğidir. Fancy; renkli elmaslara verilen isimdir (Theisen,1990, s.20). D – Z arasındaki renk skalasından farklı bir skaladır. Z den daha koyu sarı olan taşlar *fancy* grubuna girer. İçerisinde azot bulunduran bu taş 3107 cm<sup>-1</sup>, 2514 cm<sup>-1</sup>, 2371 cm<sup>-1</sup> değerlerinde pik vermektedir. Renginin sarı olması içerisinde azot bulunduğunu düşündürmektedir, çıkan pik değerleri tipik azot bulunduran sarı bir taşta olması gereken pik değerleri olduğu için bu düşünceyi ispatlamış olmaktadır.



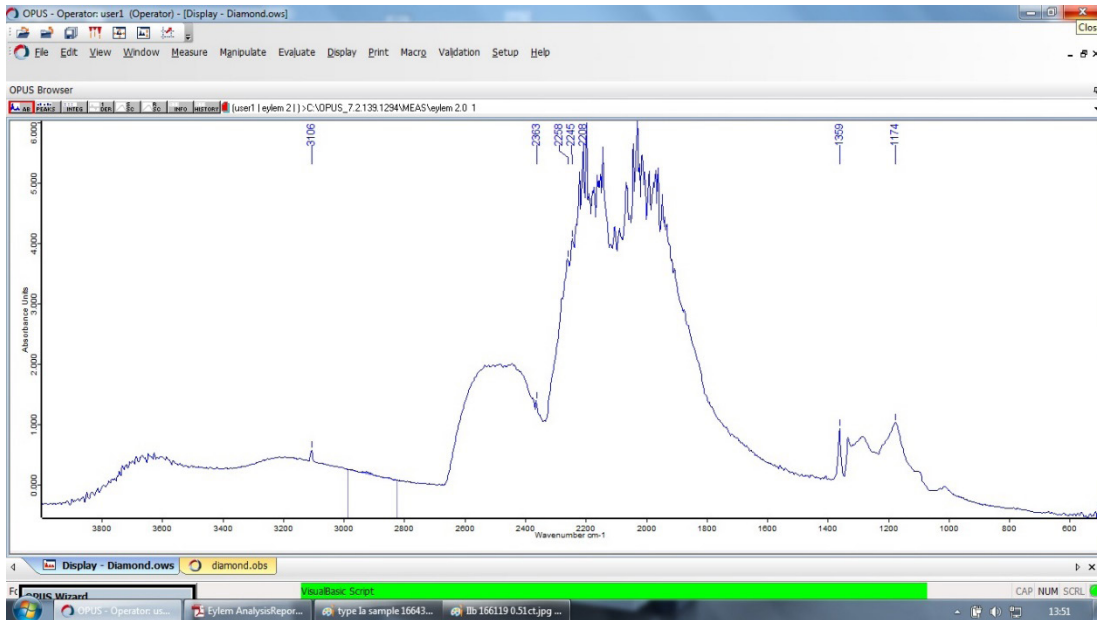
**Fotoğraf: 7** Kahverengi 0,731 ct taşın *daylight* ışık altında üstten görüntüsü

(Kişisel arşiv, 2017)





**Fotoğraf: 8** Kahverengi 0,731 ct taşın ultraviyole ışık altındaki görüntüsü  
(Floresan rengi orta mavi) (Kişisel arşiv, 2017)



**Grafik: 4** Kahverengi 0,731 ct büyüklüğündeki taşın kızılötesi spektrum görüntüsü

Son örnekteki taş içerisinde yine azot bulunduran kahverengi bir taştır. FT-IR cihazında  $3106\text{ cm}^{-1}$  ve  $2363\text{ cm}^{-1}$  pik değerlerini vermiştir. İncelenen başka kahverengi örneklerde net olarak görülmüştür ki bu değerler bize elmasın kahverengi olduğunu ispatlayan pik değerleridir. Elmas kesinlikle doğaldır ve hiçbir muameleden geçmemiştir.

### Materyal ve Yöntem

Elmas gibi değerli bir madeni detaylı bir şekilde incelemek önemli olduğu kadar keyifli bir çalışmadır. İncelemek üzere edinilen farklı renklerdeki dört adet elmas hem fiziksel hem de kimyasal olarak laboratuvar ortamında tek tek incelenmiştir. Terazi yardımı ile ağırlıkları, renk kartı ve skalası ile renkleri, lup ve mikroskop yardımı ile berraklıkları, ultraviyole ışık yardımı ile floresan renkleri, FT-IR cihazı ile de kimyasal özellikleri hakkında bilgi veren pik değerleri incelenmiştir. FT-IR cihazının verdiği pik değerleri direk bir sonuç göstermese de taş üzerine yorum yapabilmek için %100 güvenilirdir (Brian, 2011, s.110).

FT-IR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) cihazı bir tür titreşim spektroskopisidir; kızılötesi ışınları molekülün titreşim hareketleri tarafından soğurulmaktadır. Bu yöntem ile moleküler bağ karakterizasyonu yapılarak; katı, sıvı, gaz ya da çözelti halindeki organik bileşiklerin yapısındaki fonksiyonel gruplar, iki bileşiğin aynı olup olmadığı, yapıdaki bağların durumu, bağlanma yerleri ve yapının aromatik ya da alifatik olup olmadığı belirlenebilir. FT-IR spektrometrelerde hız, hassasiyet ve doğruluk son derece yüksektir. Bir *infrared* spektrumunu oluşturan iki eksen vardır. Bir tanesi yatay eksen (frekans ya da dalga sayısı), diğeri de dikey eksenidir (absorbans). Renk incelemeleri yapılırken yatay ekseninde yer alan dalga sayıları incelenecektir. Dalga sayısı, ışın demetinin her santimetresinde dalganın titreşim sayısıdır ve birim olarak  $\text{cm}^{-1}$  şeklinde ifade edilir.  $\text{cm}^{-1}$  birim uzunlukta ki dalga sayısını ifade eder. Dikey ekseninde yer alan *absorbans* değeri ise soğurma olarak tanımlanır. Dikey ekseninde ki değerler taşın büyüklüğü ile doğru orantılı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Grafik daha net görüntülenebilir diye küçük taşlarda düşey aralık arttırılabilir.

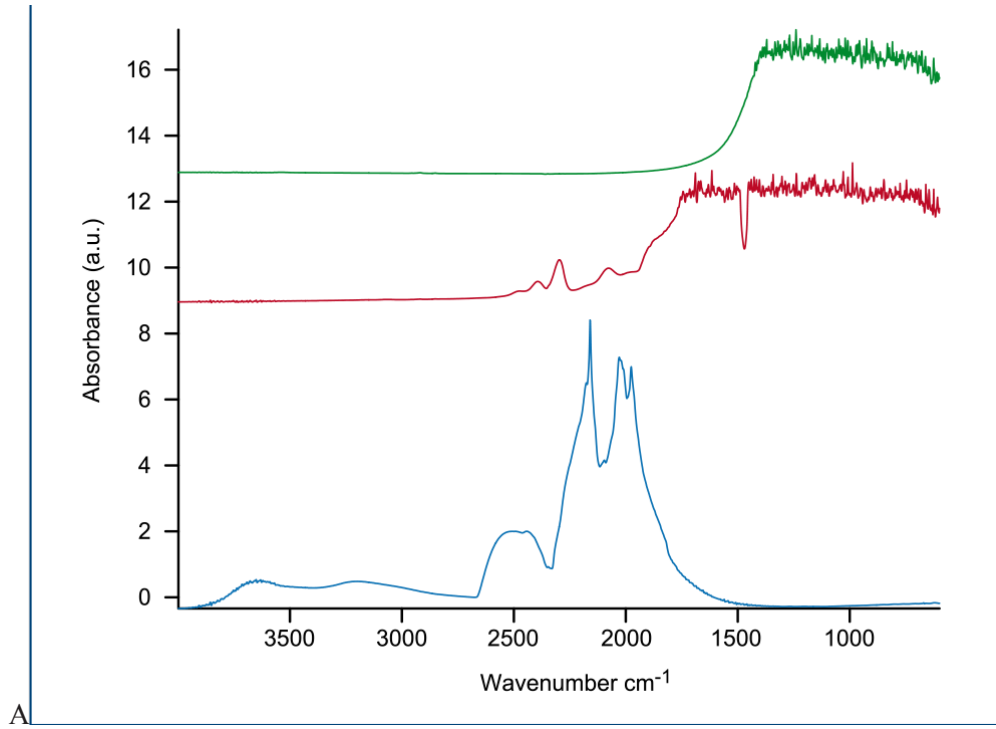
Bu yöntemlerle taşın renk değerlerine, muamele olup olmadığına bakılabilir hatta sentetik-doğal ayırımı yapabilmek için de ciddi oranda katkı sağlar.

### Sonuçlar

Elmaslarda ki renk değişimi bütün doğal taşlarda olduğu gibi oluşum sırasında gerçekleşir. İçerisinde karbon dışında atom bulunduran elmasların hepsinde renk farklılıkları gözlenir. Cihaz verilerinde incelendiği gibi her farklı renkte farklı bir değer çıkmaktadır. Araştırmada kullanılan 4 farklı renkte ki elmas muamelesiz ve doğaldır. Bu dört farklı taşın renkleri çekilen özgün fotoğraflarda belirgin bir şekilde gösterilmiştir. Tek tek ölçümleri yapılmış ve ağırlık, renk, floresan rengi gibi detay bilgiler şekillerin altında belirtilmiştir.

Araştırmanın sonucunda aynı renkte olan taşların yakın pik değerleri verdiği ispatlanmıştır. Bazı pik değerlerinin net yorumlar yapılmasına olanak sağladığı görülmüştür. Örneğin  $3100\text{ cm}^{-1}$  değerinde pik veren bir taşın sarı ya da kahverengi bir tona sahip olduğu,  $2300\text{ cm}^{-1}$ ,  $2500\text{ cm}^{-1}$  civarlarında pik veren taşların beyaz olduğu ve  $3600\text{ cm}^{-1}$  değerinin pembe renginden kaynaklandığı söylenebilmektedir.

Grafik 5 te ki FT-IR sonucunda kübik zirkon (taklit), mozanit (elmasa birebir benzeyen değerli bir taş) ve doğal elmas spektrumlarını görüyoruz. Mavi çizgi doğal elmasın, yeşil çizgi kübik zirkonyanın, kırmızı çizgi ise mozanitin vermesi gereken spektrum sonuçlarını göstermektedir.



**Grafik: 5** Kübik zirkon (yeşil), mozanit (kırmızı) ve doğal elmasın (mavi) kızılötesi spektrumu

(Lexus Certified Company, 2017)

Grafikte mavi çizgi ile gösterilen doğal elmas grafiği incelenen dört taşın grafikleri ile karşılaştırıldığında doğallıkları ispatlanmış olmaktadır.

Doğal renk farklılıkları elması daha da kıymetli yapan çok önemli bir kriterdir. Yapay renklenme ise laboratuvar ortamında insan eli değerek makinalar yardımı ile yapılan muamelelerdir. Yüksek sıcaklık yüksek basınç anlamına gelen HPHT (High-pressure, high-temperature) bu yöntemlerden en sık kullanılanıdır. HPHT muamelesi 1999 yılında uygulanmaya başlanmıştır. Bu yöntemle taşa sıcaklık ve basınç uygulanarak istenilen değişiklik yapılabilmektedir. Yaptığımız inceleme yöntemleri muamele olan taşları fark etmek için ideal yöntemlerdir. İncelenen hiçbir elmasta bir renk muamelesine rastlanmamıştır. Hepsisi doğal olarak renklenmiş kıymetli elmaslardır.

### Kaynakça

Brian, C. Smith (2011) *Fourier Transform Infrared Spectroscopy*. 6000 Broken Sound Parkway NW: CRC Press.

Burns, G. R. (1993). *Mineralogical application of crystal field theory*. Cambridge: Cambridge University Press.

Doğal, zirkon ve mozanit taşların grafiği, *Lexus Certified Company*, 10 Eylül 2017, <http://>

[www.lexusindia.in/products](http://www.lexusindia.in/products)

Nassau, K. (1978). *The Origins of Color in minerals*. American Mineralogist, 63, 219-229.

Shigley J. E. (2005). *Synthetic Diamonds* (1st, Ed.). Gemological Institute of America. Gems & Gemology in Review. United States of America: Carlsbad, California.

The Loupe Gia World News, Summer, 2007. Gemological Institute of America. America: Carlsbad, CA 92008.

Theisen, V.P. (1990). *Diamond grading ABC* (10th Ed.). ( E. Stern, Trans.) New York, Antwerp: Rubin+Son. (Original work published 1990).