

**İTÜ**



## SATELLİTE-IMAGERY-ANALYSIS-SENTİNEL2

**HAZIRLAYAN**

**ADI SOYADI : EZGİ YAMAN**

## İçindekiler

1.GİRİŞ VE VERİ TEMİNİ.....	1
<b>1.1. Veri Kaynağı ve Arama Parametreleri.....</b>	<b>2</b>
2.COPERNICUS MERKEZ KOORDİNALARI KONUMU .....	3
3.GÖRÜNTÜ VERİ SETİNİN HER BİR SPEKTRAL BANDININ ÖZELLİKLERİ .....	3
4.HİSTOGRAMLAR.....	4
5.İSTATİSTİKLER.....	9
6.FARKLI BANT KOMBİNASYONLARI.....	14
<b>Doğal Renk (B4, B3, B2) .....</b>	<b>15</b>
<b>Yanlış Renk (B8, B4, B3) .....</b>	<b>17</b>
<b>Bitki Örtüsü Analizi (Vegetation Analysis) (B8, B4, B2) .....</b>	<b>18</b>
<b>Kısa Dalga Kızılıötesi (SWIR) (B12, B8, B4) .....</b>	<b>19</b>
<b>Tarım (Agriculture) (B11, B8, B2).....</b>	<b>20</b>
<b>7.EN İYİ BANT KOMBİNASYONU.....</b>	<b>21</b>
Bant 8 - Yakın Kızılıötesi (NIR): "Bitki ve Su Dedektörü" .....	21
Bant 4 - Kırmızı (Red): "Kontrast ve Sınır Belirleyici" .....	21
Bant 3 - Yeşil (Green): "Görsel Derinlik ve Detay" .....	21
<b>8.GÖRÜNTÜNÜN YAKLAŞIK ÖLÇEĞİ .....</b>	<b>22</b>
<b>9.GÖRSEL YORUMLANABILIRLİK ANALİZİ .....</b>	<b>23</b>
<b>10.GÖRSEL YORUMLAMA ÖĞELERİ ANALİZİ .....</b>	<b>23</b>
<b>11.KAYNAKÇA .....</b>	<b>24</b>

## 1.GİRİŞ VE VERİ TEMİNİ

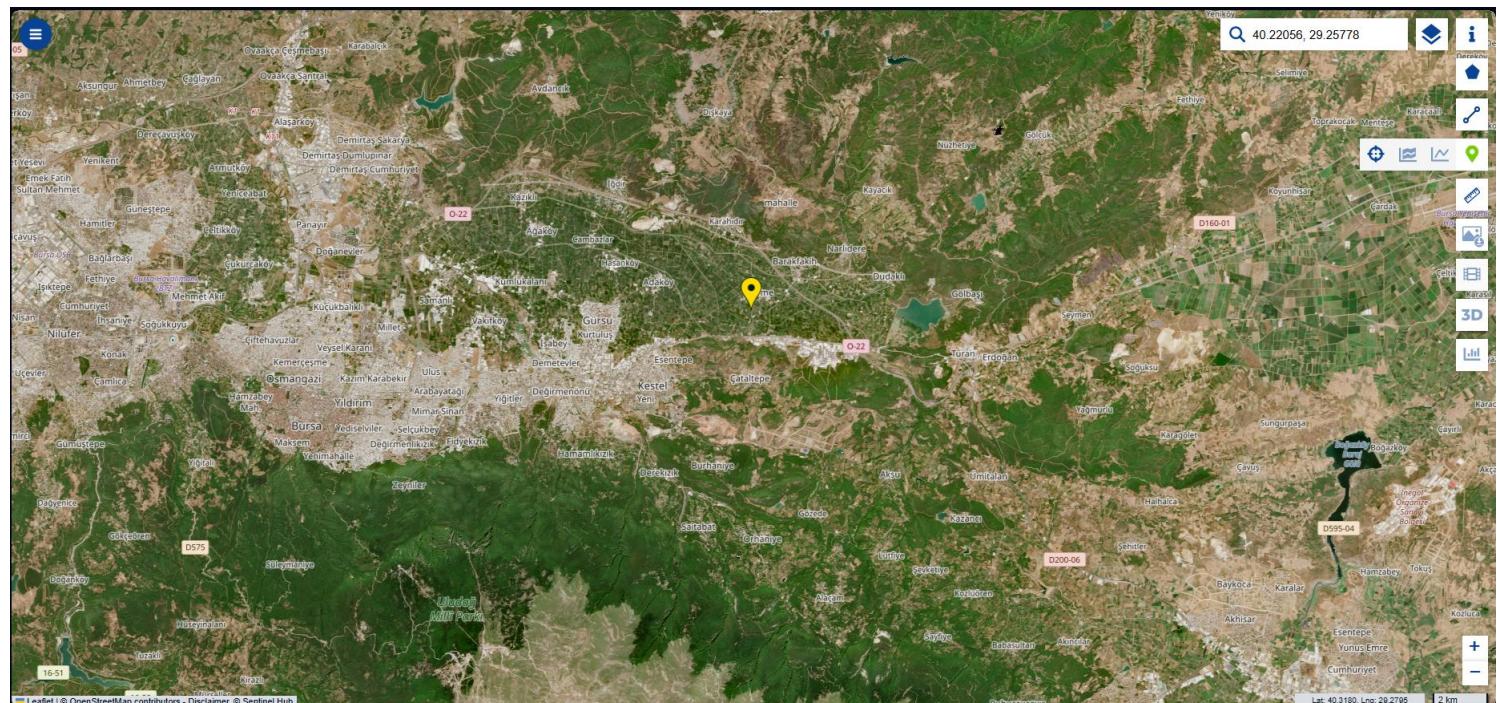
Bu çalışma kapsamında, arazi örtüsü ve kullanımının yüksek mekânsal çözünürlükte analiz edilmesi amacıyla Avrupa Uzay Ajansı'na (ESA) ait **Sentinel-2 MultiSpectral Instrument (MSI)** uydu verileri kullanılmıştır. Sentinel-2'nin seçilme nedeni, 10, 20 ve 60 metre gibi değişken çözünürlüklerde sunduğu zengin spektral bantlar ve güncel tarihli veri setlerine erişim kolaylığıdır. Veri temini ve ön hazırlık süreci aşağıdaki adımlarla gerçekleştirilmiştir:

### 1.1. Veri Kaynağı ve Arama Parametreleri

Görüntülerin temini için **Copernicus Data Space Ecosystem** ([browser.dataspace.copernicus.eu](http://browser.dataspace.copernicus.eu)) platformu kullanılmıştır. Veri arama süreci şu teknik kriterler doğrultusunda yürütülmüştür:

- **Coğrafi Konumlandırma:** Ödevde tanımlanan **40.22056 N** ve **29.25778 E** merkez koordinatları sistemin arama ara yüzüne girilerek Bursa ve çevresini kapsayan çalışma alanı (ROI) hassas bir şekilde işaretlenmiştir.
- **Veri Seti ve Seviye Seçimi:** Veri kaynağı olarak **Sentinel-2 MSI** seçilmiş, işleme seviyesi olarak ise atmosferin üstü yansımaları içeren **Level-1C (L1C)** ürünü tercih edilmiştir.
- **Zaman Aralığı:** Analiz için **2015 - 2025** yılları arasındaki veriler taranmıştır.
- **Bulutluluk Oranı:** Görüntü netliğini sağlamak ve spektral değerlerin sapmasını önlemek amacıyla bulutluluk oranı **maksimum %10** olarak kısıtlanmıştır.

## 2. COPERNICUS MERKEZ KOORDİNALARI KONUMU

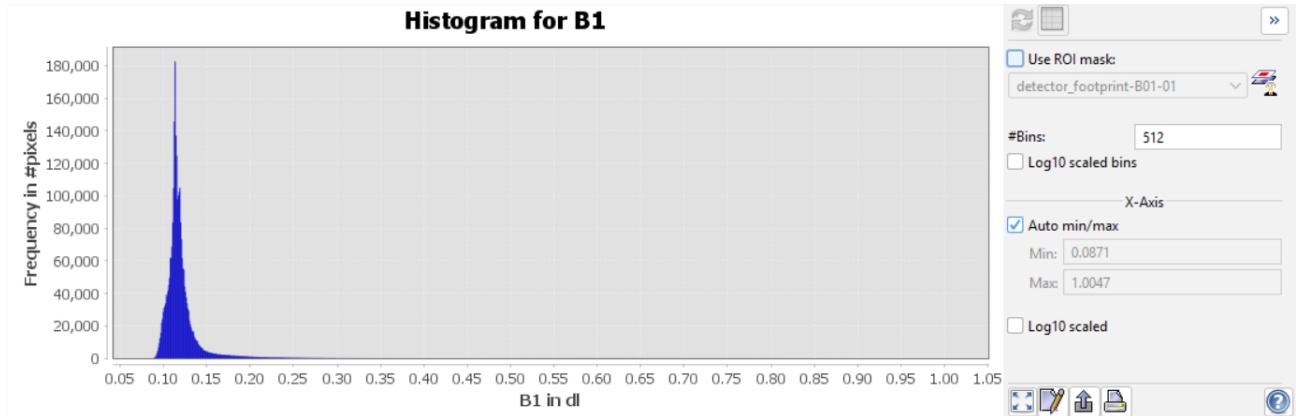
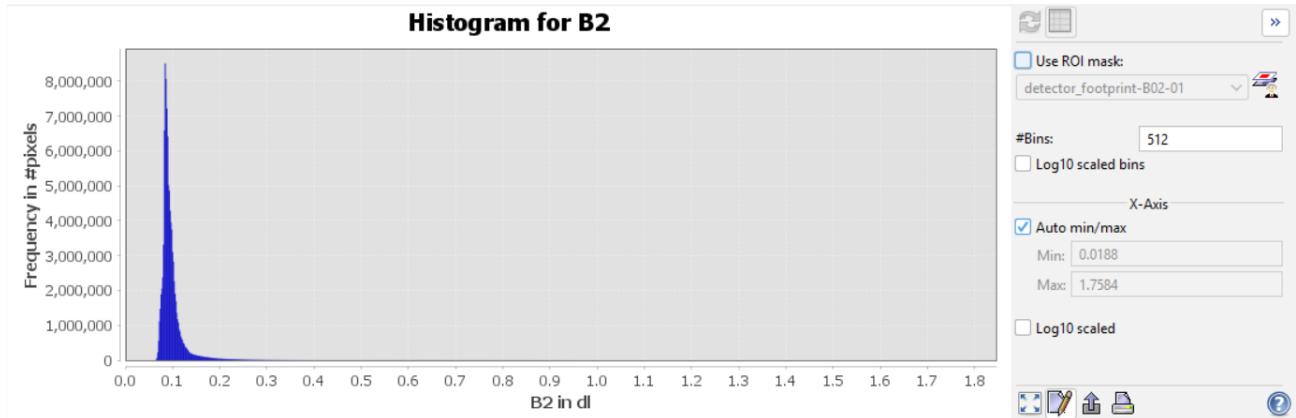
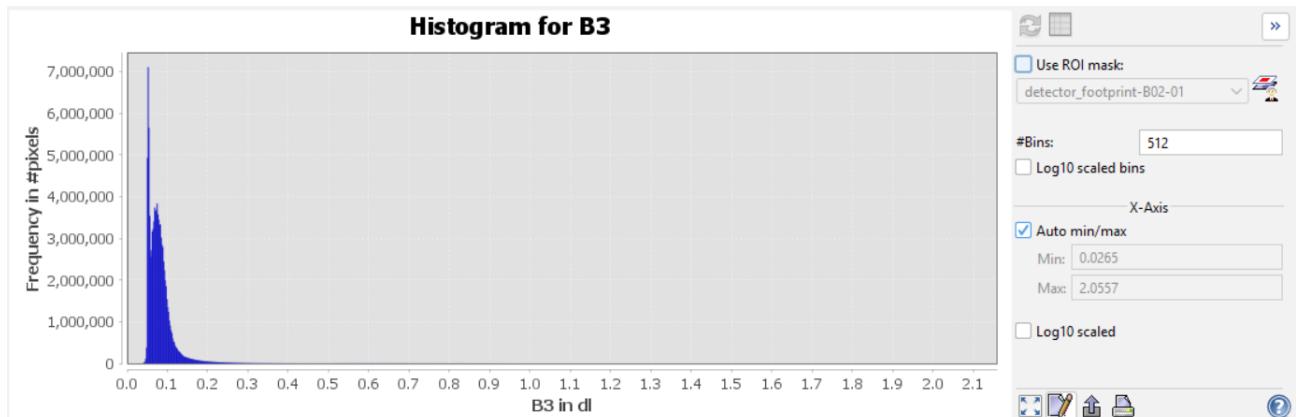


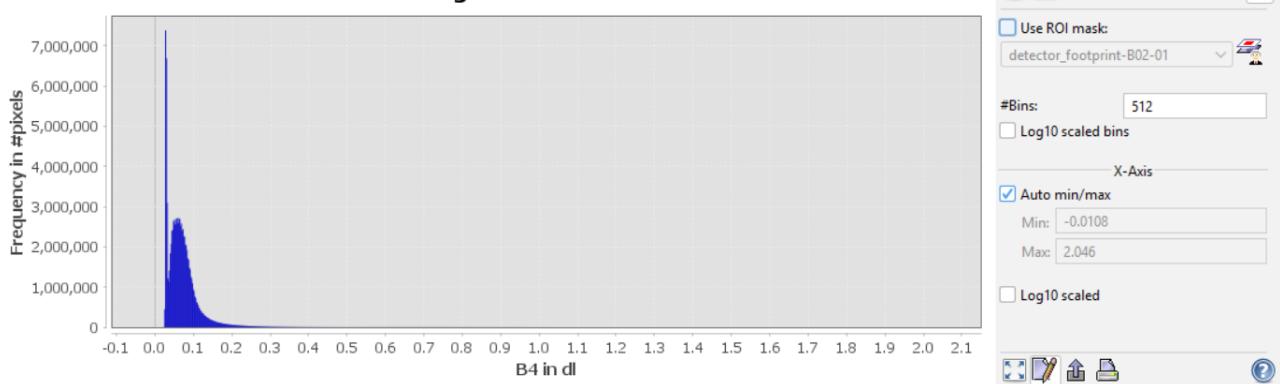
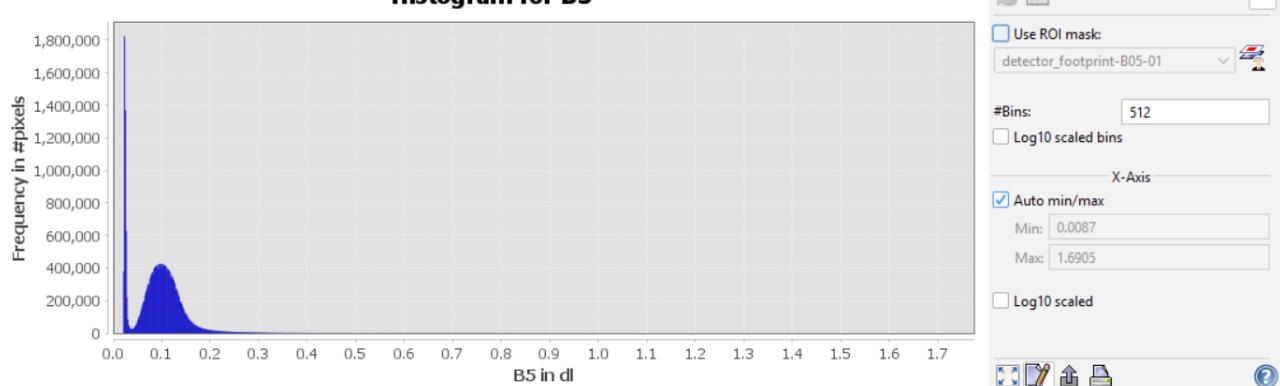
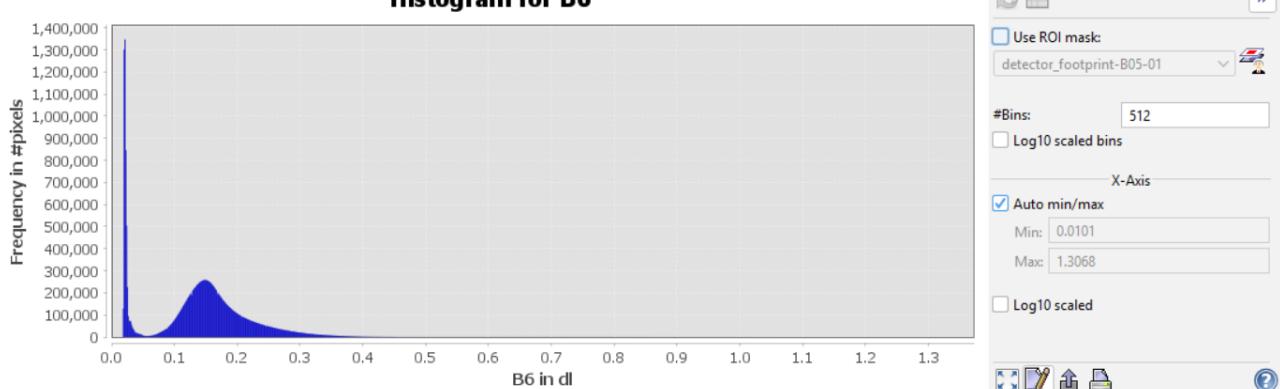
## 3. GÖRÜNTÜ VERİ SETİNİN HER BİR SPEKTRAL BANDININ ÖZELLİKLERİ

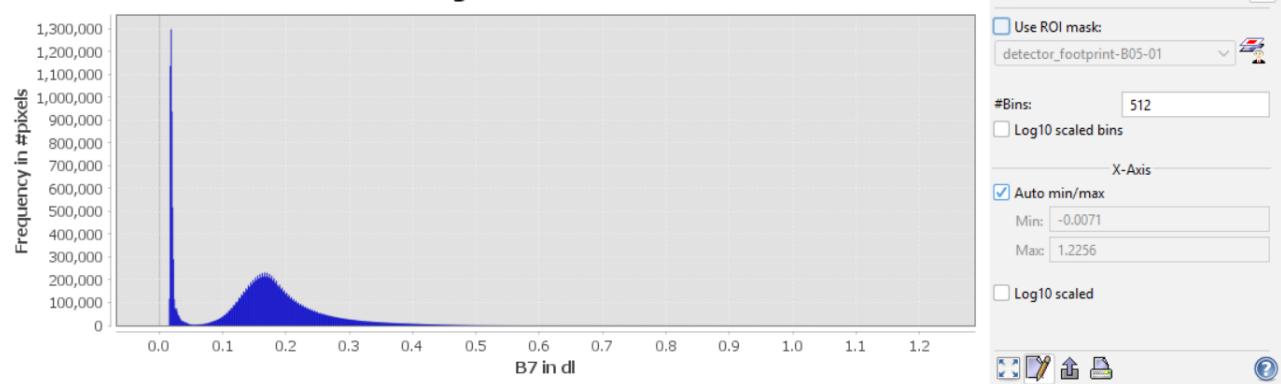
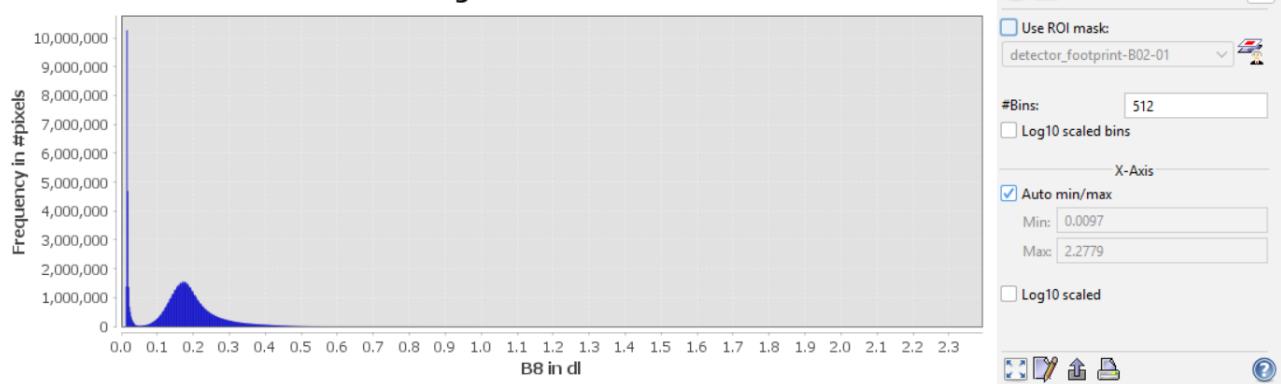
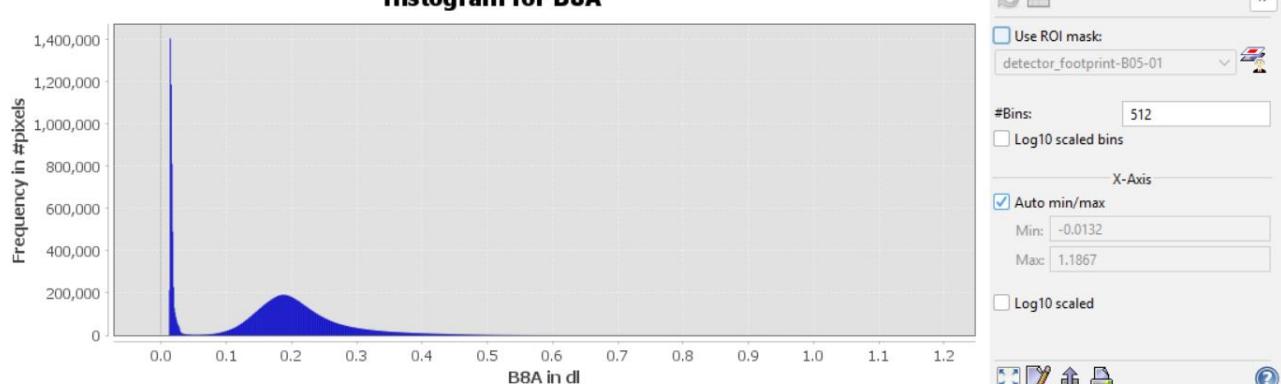
Uydu	Görüntü Çözünürlükleri				Uydu Tipi	Algılama Tipi	Algılama'da Kullanılan Enerji Türü
	Spektal Çözünürlük	Mekansal Çözünürlük	Radyometrik Çözünürlük	Zamansal Çözünürlük			
B1: 443 nm (Coastal Aerosol)	60 m						
	10 m						

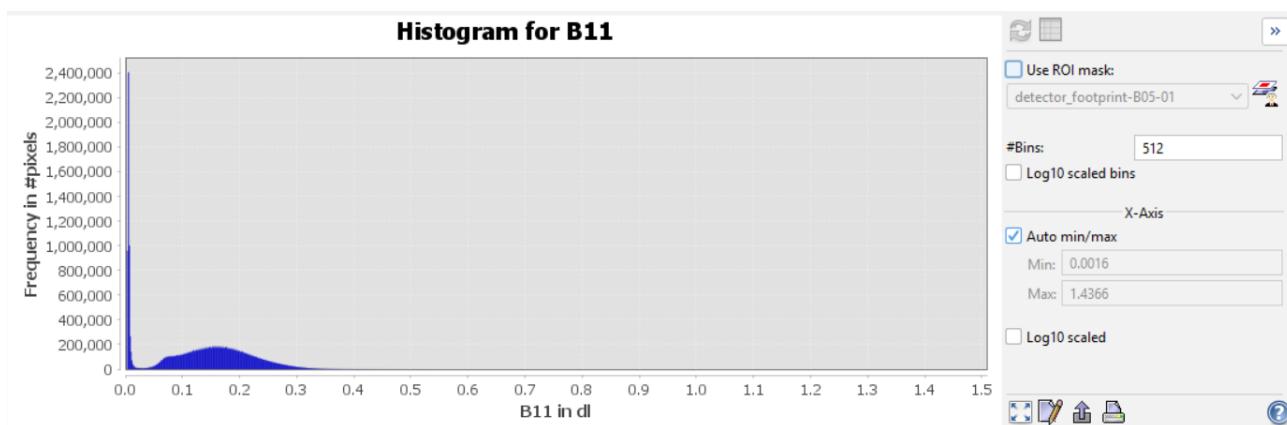
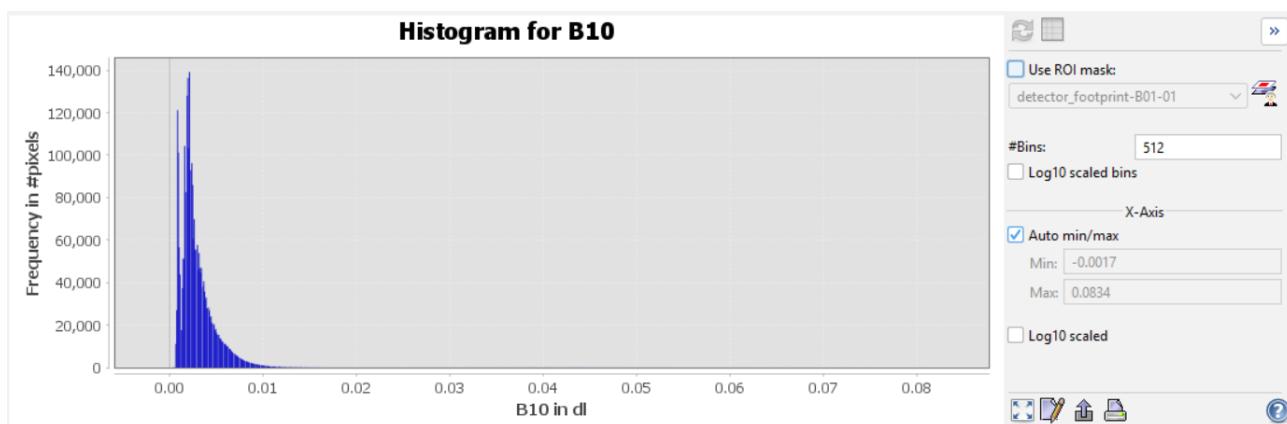
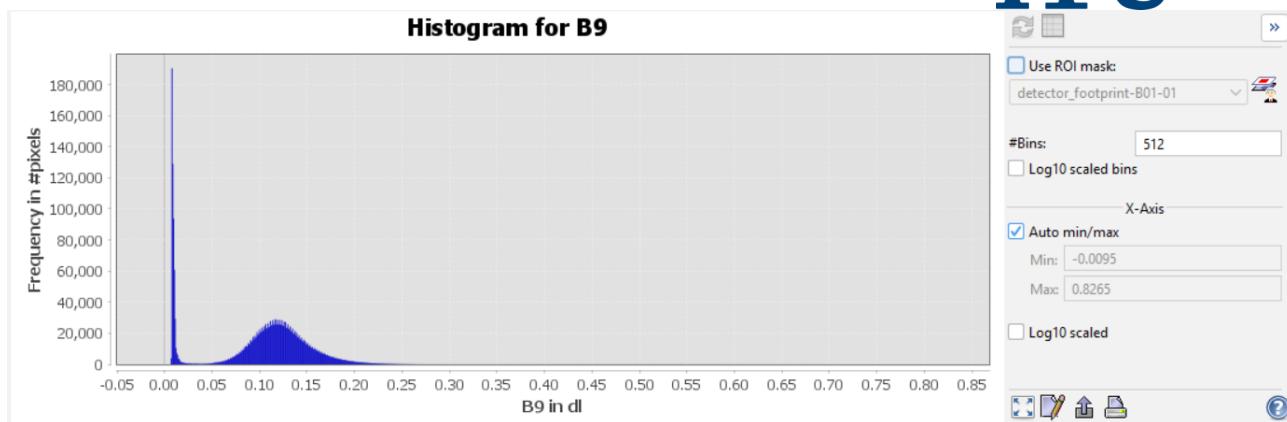
Sentinel 2	B3: 560 nm Green (Yeşil)	10 m	12 BİT	5 GÜN	Yörünge sel Uydu	Pasif Uzaktan Algılama	Elektromanyetik Enerji
	B4: 665 nm Red (Kırmızı)	10 m					
	B5: 705 nm (Kırmızı kenar 1)	20 m					
	B6: 740 nm ( Kırmızı kenar 2)	20 m					
	B7: 783 nm ( Kırmızı kenar 3)	20 m					
	B8: 842 nm( NIR)	10 m					
	B8A:865 nm (Narrow NIR)	20 m					
	B9: 945 nm( Water Vapor)	60 m					
	B10: 1375 nm (SWIR- Cirrus)	60 m					
	B11: 1610 nm ( SWIR- 1)	20 m					
	B12: 2190 nm( SWIR- 2)	20 m					

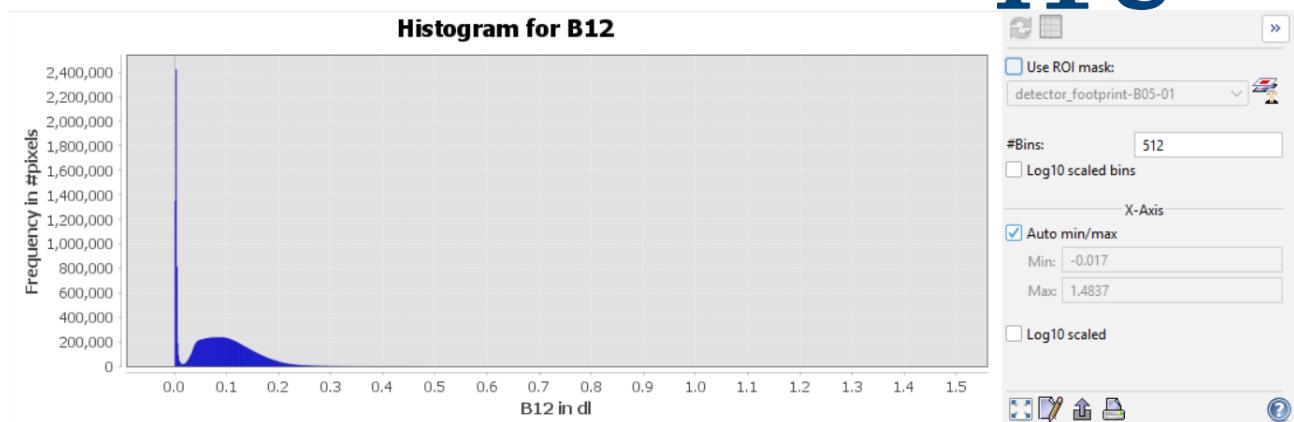
## 4. HİSTOGRAMLAR

**Histogram for B1****Histogram for B2****Histogram for B3**

**Histogram for B4****Histogram for B5****Histogram for B6**

**Histogram for B7****Histogram for B8****Histogram for B8A**

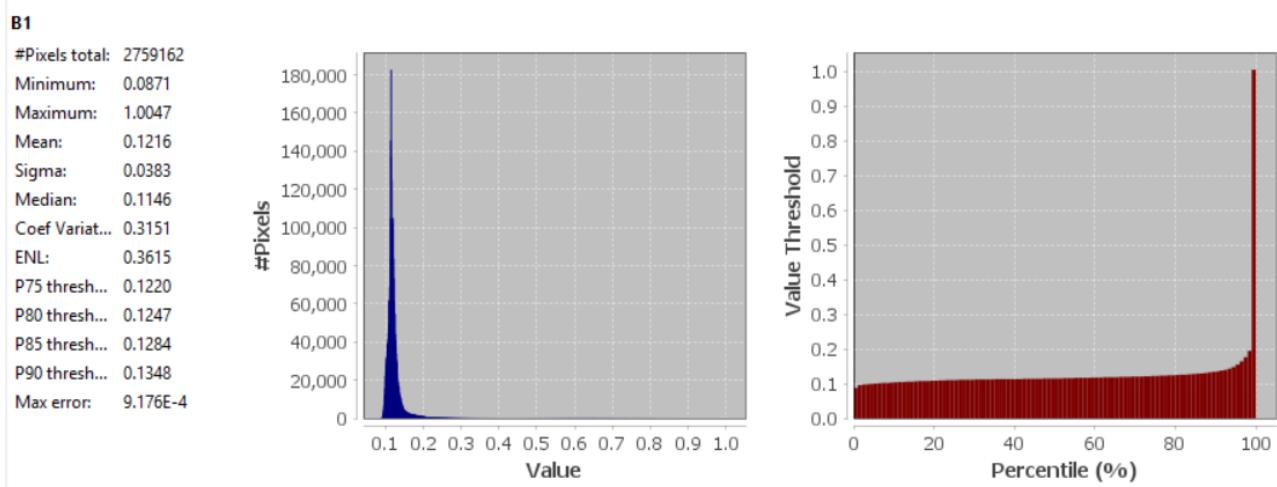




## 5. İSTATİSTİKLER

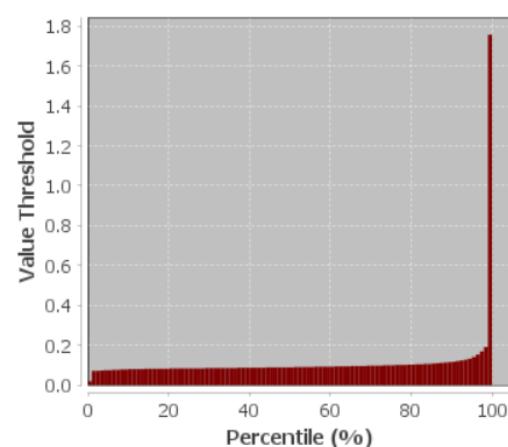
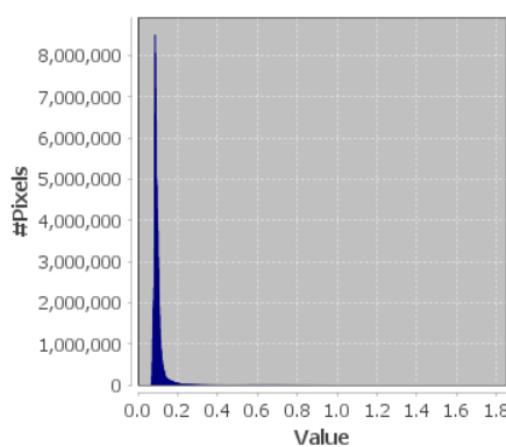
	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
<b>Band 1</b>	0.0871	1.0047	0.1216	0.0383
<b>Band 2</b>	0.0188	1.7584	0.0990	0.0443
<b>Band 3</b>	0.0265	2.0557	0.0820	0.0473
<b>Band 4</b>	-0.0108	2.0460	0.0717	0.0574
<b>Band 5</b>	0.0087	1.6905	0.0955	0.0629
<b>Band 6</b>	0.0101	1.3068	0.1434	0.0860
<b>Band 7</b>	-0.0071	1.2256	0.1588	0.0969
<b>Band 8</b>	0.0097	2.2779	0.1615	0.0993

<b>Band 8A</b>	-0.0132	1.1867	0.1735	0.1047
<b>Band 9</b>	-0.0095	0.8265	0.1022	0.0591
<b>Band 10</b>	-0.0017	0.0834	0.0030	0.0030
<b>Band 11</b>	0.0016	1.4366	0.1321	0.0843
<b>Band 12</b>	-0.0170	1.4837	0.0838	0.0603

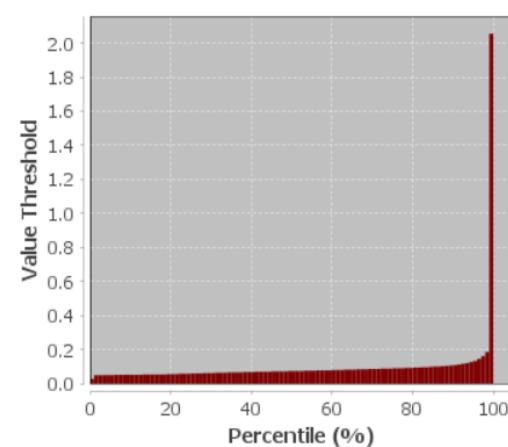
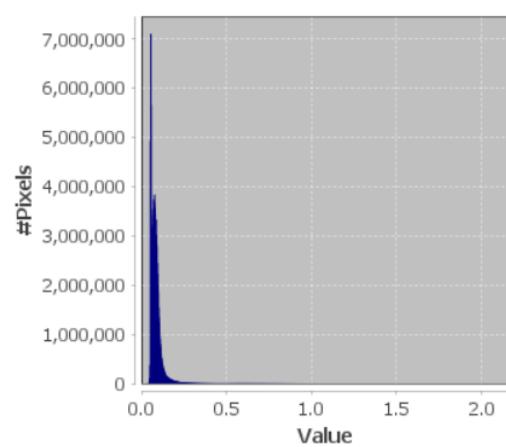


**B2**

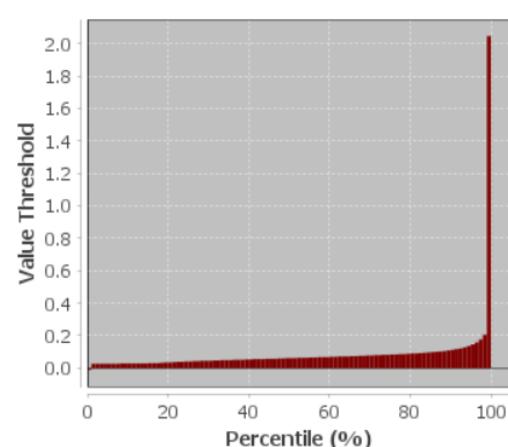
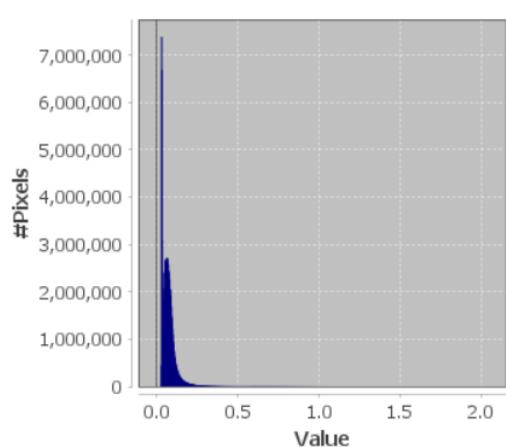
#Pixels total: 99340916  
 Minimum: 0.0188  
 Maximum: 1.7584  
 Mean: 0.0990  
 Sigma: 0.0443  
 Median: 0.0884  
 Coef Variat... 0.4473  
 ENL: 0.1465  
 P75 thresh... 0.0988  
 P80 thresh... 0.1023  
 P85 thresh... 0.1075  
 P90 thresh... 0.1162  
 Max error: 0.0017

**B3**

#Pixels total: 99333110  
 Minimum: 0.0265  
 Maximum: 2.0557  
 Mean: 0.0820  
 Sigma: 0.0473  
 Median: 0.0732  
 Coef Variat... 0.5764  
 ENL: 0.0935  
 P75 thresh... 0.0894  
 P80 thresh... 0.0935  
 P85 thresh... 0.0996  
 P90 thresh... 0.1077  
 Max error: 0.0020

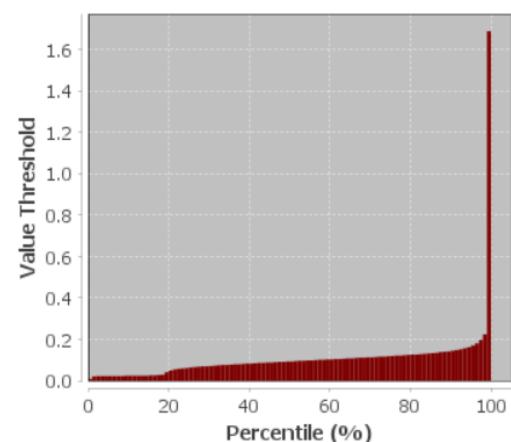
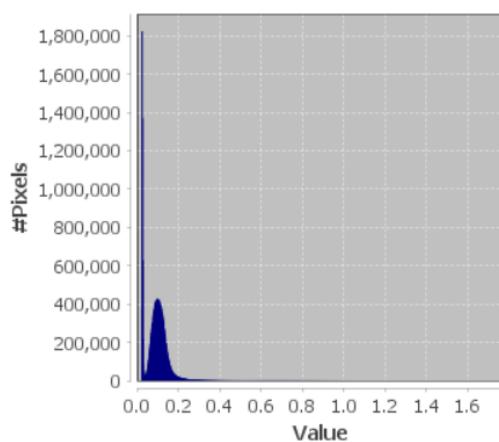
**B4**

#Pixels total: 99337824  
 Minimum: -0.0108  
 Maximum: 2.0460  
 Mean: 0.0717  
 Sigma: 0.0574  
 Median: 0.0612  
 Coef Variat... 0.8007  
 ENL: 0.0571  
 P75 thresh... 0.0838  
 P80 thresh... 0.0900  
 P85 thresh... 0.0982  
 P90 thresh... 0.1126  
 Max error: 0.0021

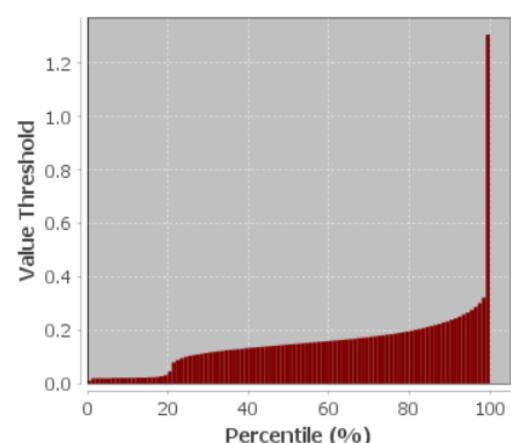
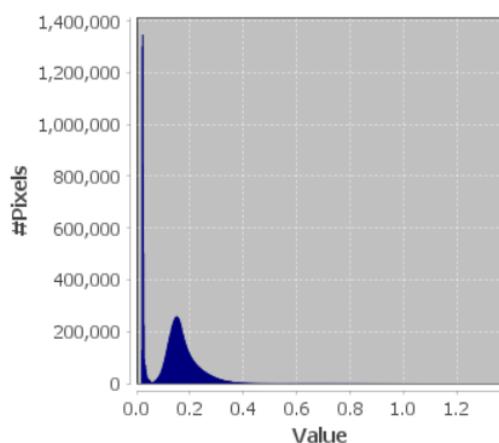


**B5**

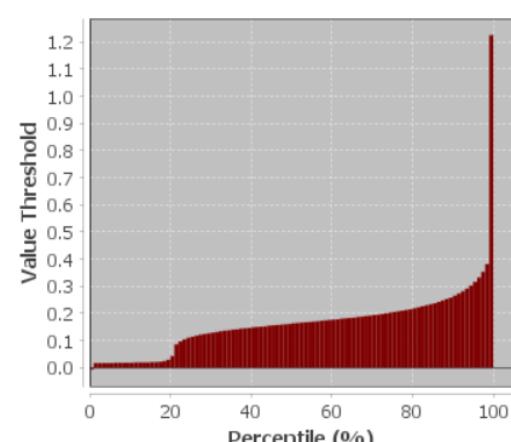
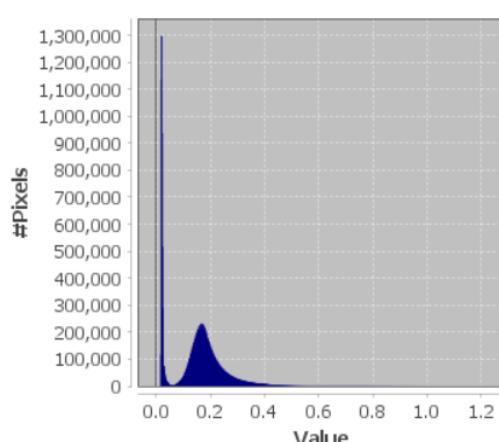
#Pixels total: 24834580  
 Minimum: 0.0087  
 Maximum: 1.6905  
 Mean: 0.0955  
 Sigma: 0.0629  
 Median: 0.0928  
 Coef Variat... 0.6590  
 ENL: 0.1263  
 P75 thresh... 0.1197  
 P80 thresh... 0.1264  
 P85 thresh... 0.1332  
 P90 thresh... 0.1449  
 Max error: 0.0017

**B6**

#Pixels total: 24831823  
 Minimum: 0.0101  
 Maximum: 1.3068  
 Mean: 0.1434  
 Sigma: 0.0860  
 Median: 0.1467  
 Coef Variat... 0.5997  
 ENL: 0.4359  
 P75 thresh... 0.1839  
 P80 thresh... 0.1968  
 P85 thresh... 0.2150  
 P90 thresh... 0.2383  
 Max error: 0.0013

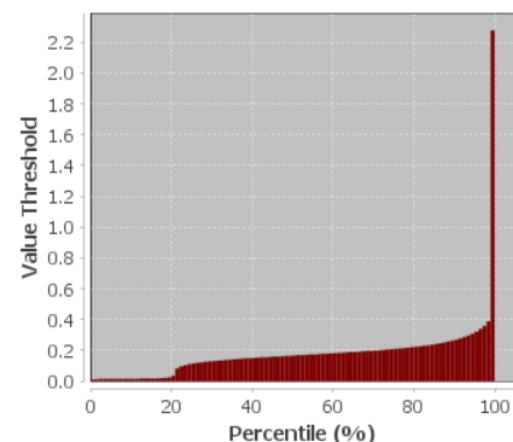
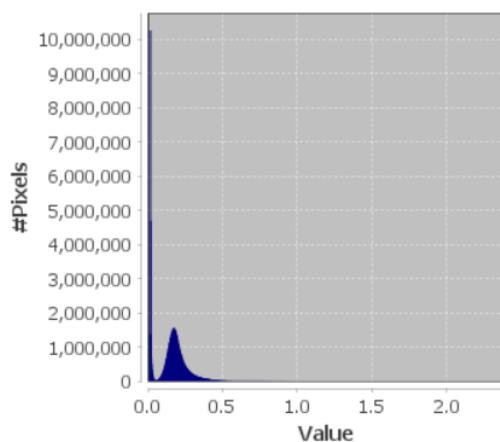
**B7**

#Pixels total: 24835699  
 Minimum: -0.0071  
 Maximum: 1.2256  
 Mean: 0.1588  
 Sigma: 0.0969  
 Median: 0.1631  
 Coef Variat... 0.6102  
 ENL: 0.5645  
 P75 thresh... 0.2049  
 P80 thresh... 0.2185  
 P85 thresh... 0.2370  
 P90 thresh... 0.2653  
 Max error: 0.0012

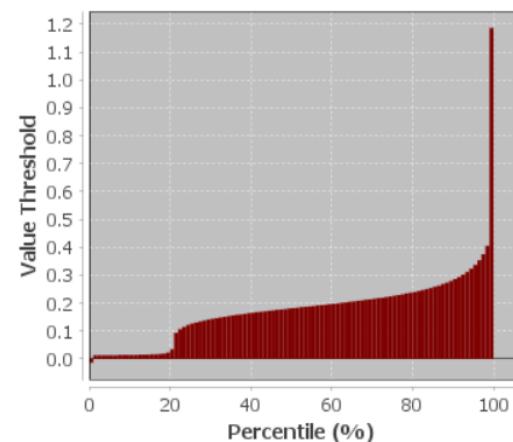
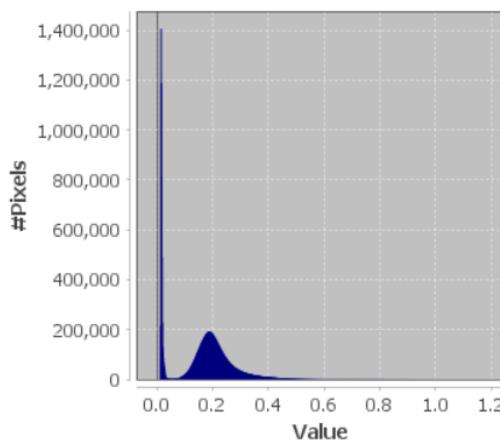


**B8**

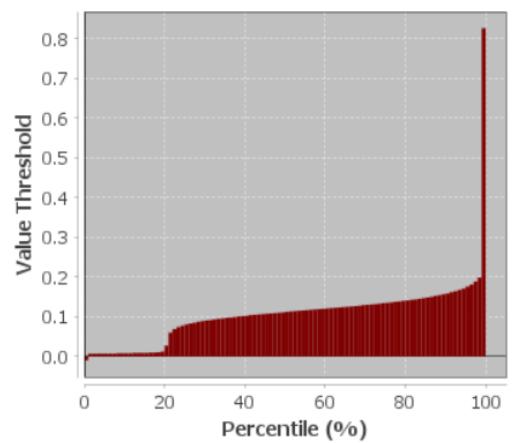
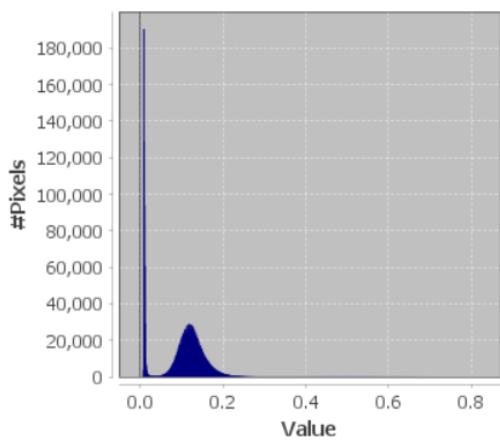
#Pixels total: 99337974  
 Minimum: 0.0097  
 Maximum: 2.2779  
 Mean: 0.1615  
 Sigma: 0.0993  
 Median: 0.1662  
 Coef Variat... 0.6153  
 ENL: 0.6014  
 P75 thresh... 0.2093  
 P80 thresh... 0.2229  
 P85 thresh... 0.2411  
 P90 thresh... 0.2683  
 Max error: 0.0023

**B8A**

#Pixels total: 24834121  
 Minimum: -0.0132  
 Maximum: 1.1867  
 Mean: 0.1735  
 Sigma: 0.1047  
 Median: 0.1829  
 Coef Variat... 0.6032  
 ENL: 0.7179  
 P75 thresh... 0.2268  
 P80 thresh... 0.2400  
 P85 thresh... 0.2592  
 P90 thresh... 0.2868  
 Max error: 0.0012

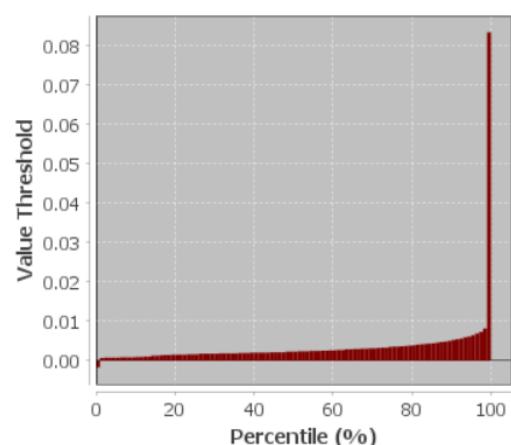
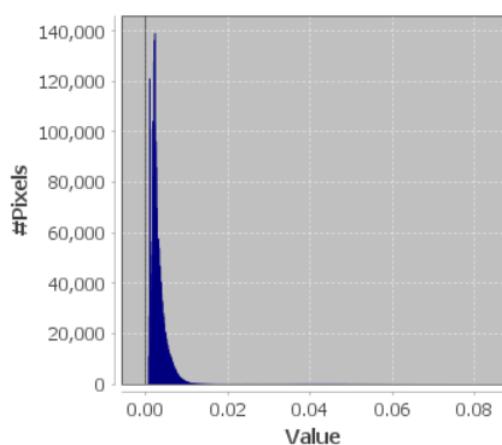
**B9**

#Pixels total: 2758419  
 Minimum: -0.0095  
 Maximum: 0.8265  
 Mean: 0.1022  
 Sigma: 0.0591  
 Median: 0.1126  
 Coef Variat... 0.5786  
 ENL: 0.5441  
 P75 thresh... 0.1351  
 P80 thresh... 0.1410  
 P85 thresh... 0.1485  
 P90 thresh... 0.1585  
 Max error: 8.36E-4

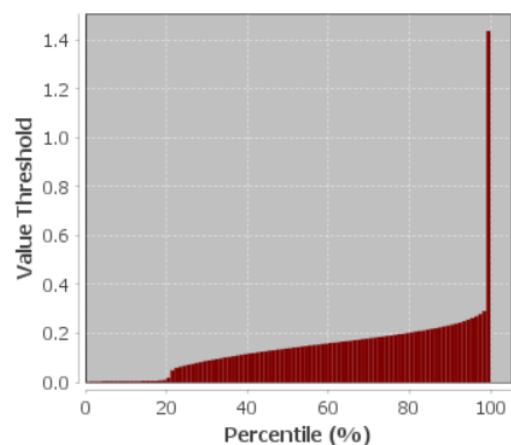
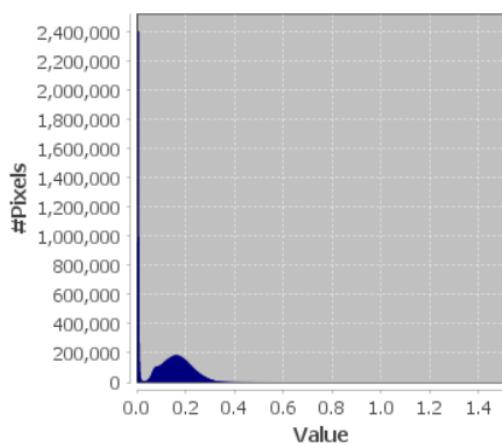


**B10**

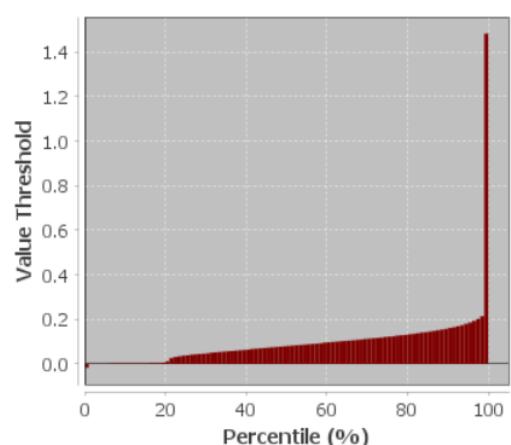
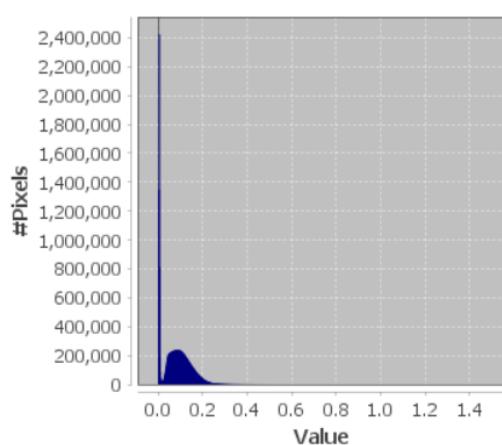
#Pixels total: 2759993  
 Minimum: -0.0017  
 Maximum: 0.0834  
 Mean: 0.0030  
 Sigma: 0.0030  
 Median: 0.0024  
 Coef Variat... 1.0172  
 ENL: 0.0186  
 P75 thresh... 0.0036  
 P80 thresh... 0.0039  
 P85 thresh... 0.0044  
 P90 thresh... 0.0053  
 Max error: 8.51E-5

**B11**

#Pixels total: 24831974  
 Minimum: 0.0016  
 Maximum: 1.4366  
 Mean: 0.1321  
 Sigma: 0.0843  
 Median: 0.1394  
 Coef Variat... 0.6381  
 ENL: 1.0392  
 P75 thresh... 0.1910  
 P80 thresh... 0.2039  
 P85 thresh... 0.2183  
 P90 thresh... 0.2355  
 Max error: 0.0014

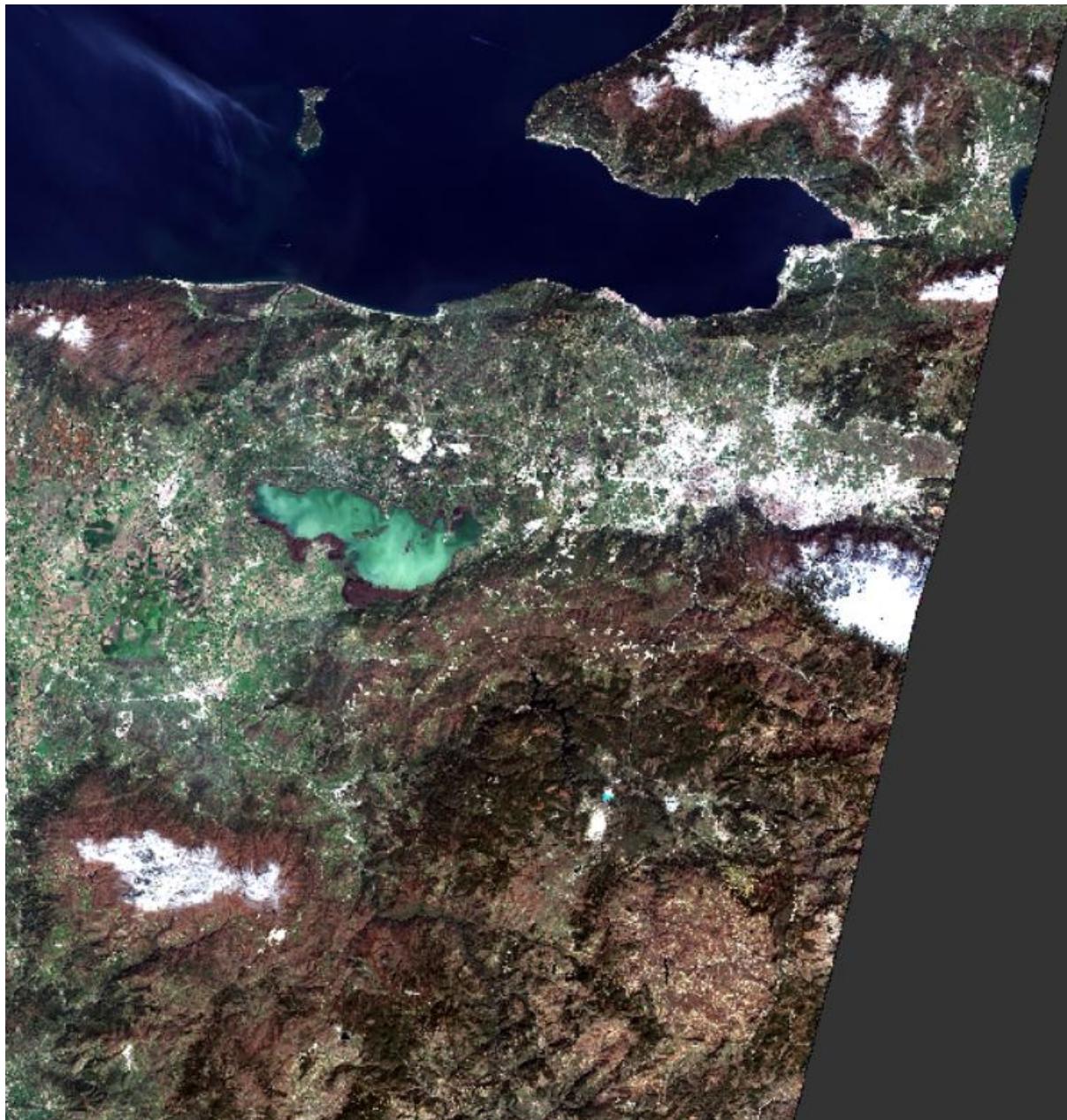
**B12**

#Pixels total: 24832823  
 Minimum: -0.0170  
 Maximum: 1.4837  
 Mean: 0.0838  
 Sigma: 0.0603  
 Median: 0.0814  
 Coef Variat... 0.7202  
 ENL: 0.5742  
 P75 thresh... 0.1226  
 P80 thresh... 0.1331  
 P85 thresh... 0.1451  
 P90 thresh... 0.1616  
 Max error: 0.0015



## 6. FARKLI BANT KOMBİNASYONLARI

## Doğal Renk (B4, B3, B2)



Doğal Renk (Natural Color) kombinasyonu, **RGB: 4, 3, 2** bantlarının birleşimiyle oluşur. Bu kombinasyon, insan gözünün yeryüzünü bir uçaktan veya uydudan doğrudan gördüğü haliyle, elektromanyetik spektrumun görünür (visible) bölgesindeki bantlar kullanılarak oluşturulmuştur.

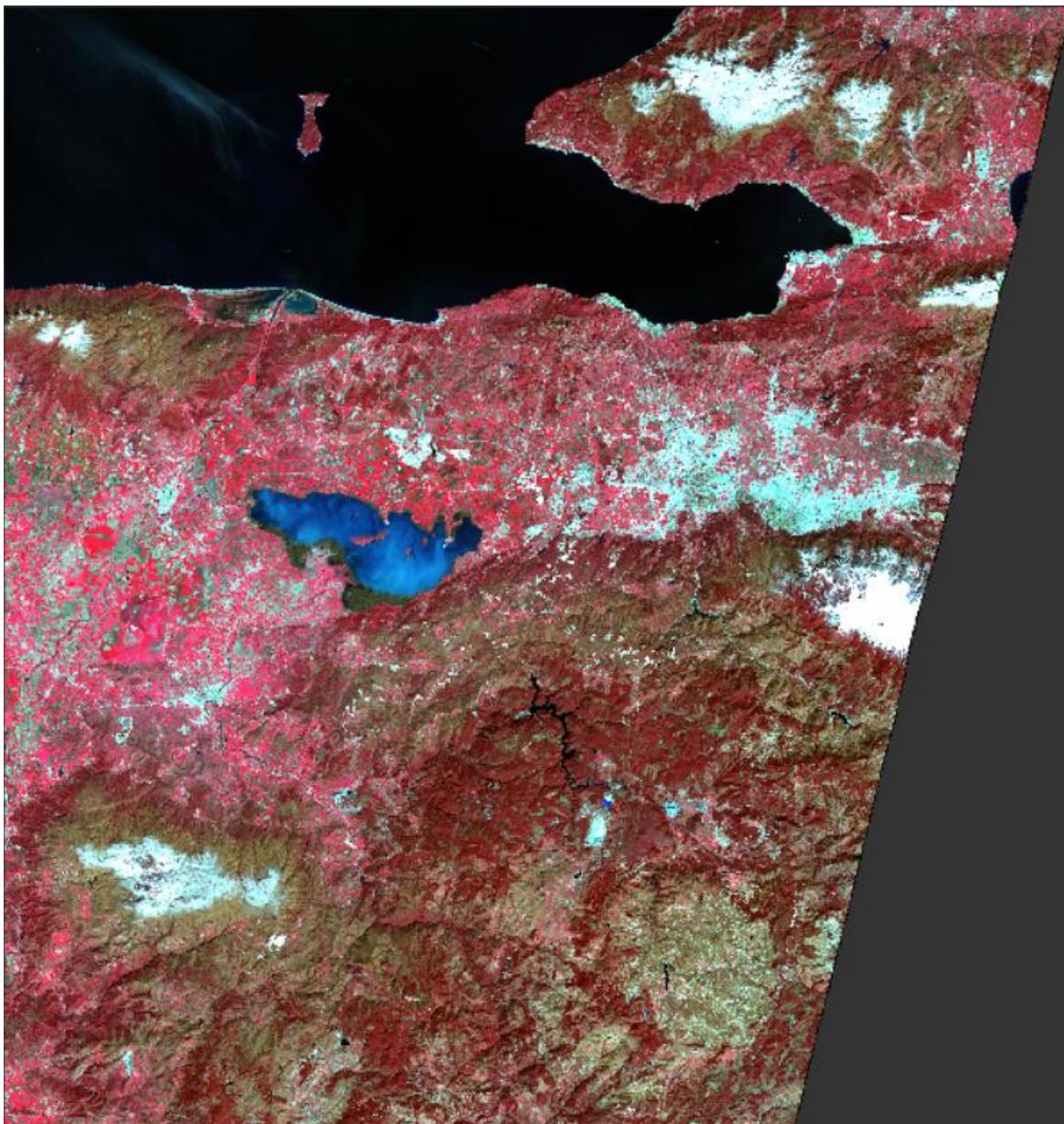
Sağlıklı bitki örtüsü ve ormanlık alanlar koyu yeşil tonlarında görünmektedir. Bu durum, bitkilerin yeşil bandı (B3) yansıtıp, kırmızı (B4) ve mavi (B2) bantları fotosentez için sogurmasından kaynaklanır.

Şehir merkezleri, binalar ve yollar genellikle açık gri, beyaz veya beton rengi tonlarında ayrılmaktadır. Geometrik şekillerinden dolayı yapay nesneler doğal unsurlardan kolayca ayrılır.

Deniz veya göl gibi su küteleri, ışığı büyük oranda soğurduğu için çok koyu mavi veya siyaha yakın tonlarda görünür. Suyun sıçradığı yerlerde renk turkuaza dönüştür.

Bitki örtüsünün olmadığı açık araziler kahverengi veya krem rengi tonlarında izlenmektedir. Bu kombinasyon, arazi kullanımını (yerleşim, su, orman) genel olarak ayırt etmek ve harita ile karşılaştırma yapmak için en ideal görünümdür. Ancak bitki sağlığı veya nem farklarını anlamak için yetersizdir.

Yanlış Renk (B8, B4, B3)



Bu kombinasyon, "Standart Yanlış Renk" olarak bilinir ve bitki örtüsü çalışmalarının altın kuralıdır. İnsan gözünün göremediği Yakın Kızılötesi (B8) bandını Kırmızı kanalına atarız.

Bu kombinasyonda bitki örtüsü parlak **kırmızı** renkte görünür. Bunun sebebi, sağlıklı bitkilerin hücre yapısı gereği Yakın Kızılötesi (B8) ışınlarını çok güçlü bir şekilde yansıtmasıdır. Kırmızının tonu ne kadar parlak ve koyuya, bitki o kadar gür ve sağlıklıdır.

Su, kızılötesi ışınları neredeyse tamamen soğurduğu için bu görüntüde simsiyah görünür. Bu özellik, su-kara sınırlarını (kıyı çizgilerini) belirlemek için mükemmel bir netlik sağlar.

Binalar, asfalt ve beton yapılar genellikle açık mavi veya grimsi tonlarda görünür. Bu sayede şehirleşme ile bitki örtüsü arasındaki fark çok keskin bir şekilde ayrılır.

### Bitki Örtüsü Analizi (Vegetation Analysis) (B8, B4, B2)



Bu kombinasyon, Yakın Kızılötesi (8), Kırmızı (4) ve Mavi (2) bantlarını kullanır.

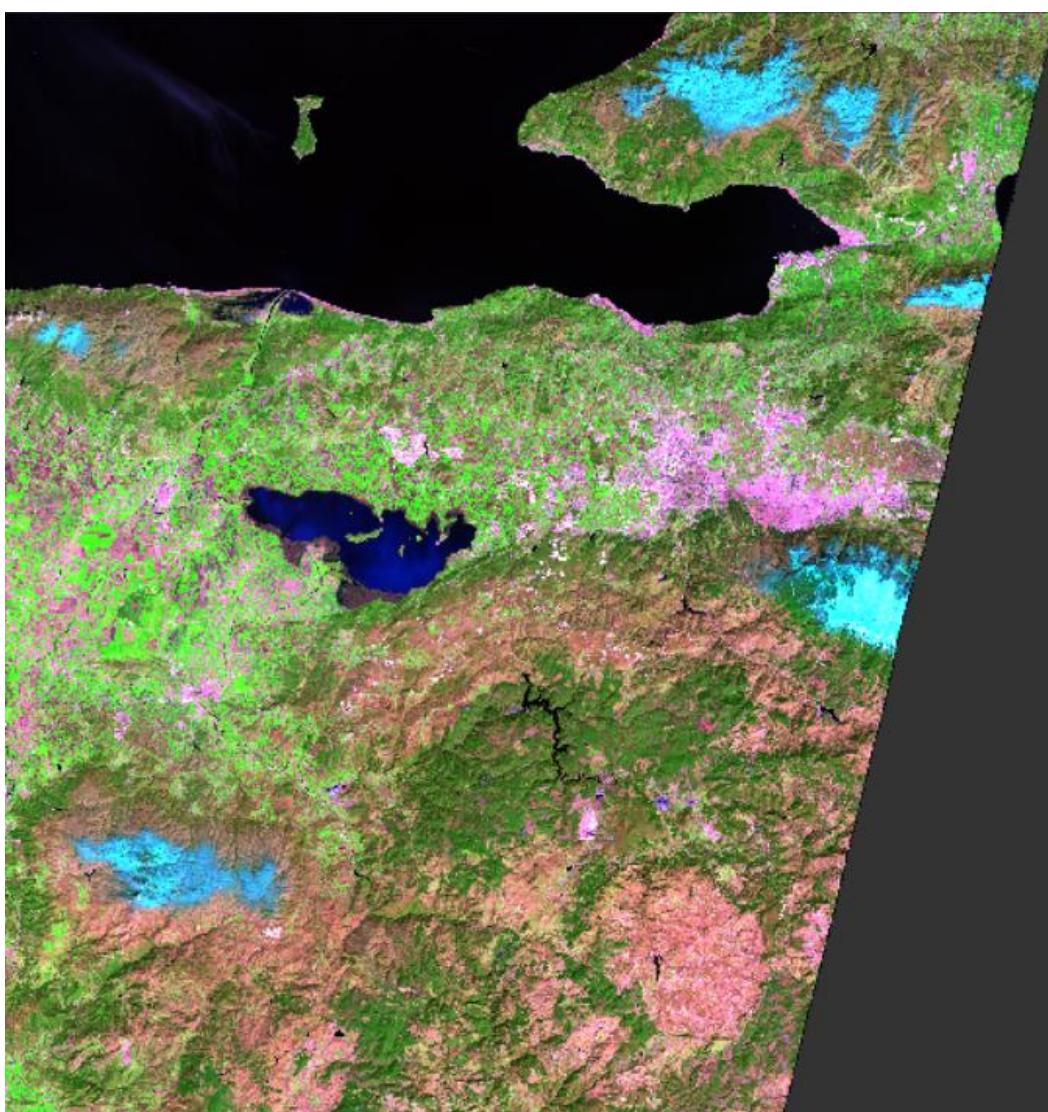
Bu kombinasyonda bitki örtüsü kırmızı ve kahverengi tonları arasında değişir. Ancak standart yanlış renkten farkı, bitki dokusundaki değişimlerin çok daha sert bir kontrastla görünmesidir. Ormanlık alanlar ile çayır/mera alanları arasındaki sınırları çok net çizer.

Mavi bant (B2) işin içine girdiği için su kütleleri daha derin bir lacivert/siyah tonda görünür. Kıyı çizgisi ve bataklık alanları belirlemek için idealdir.

Şehirler ve yollar açık gri ve cyan (turkuazimsı mavi) tonlarında parlar. Bu, betonlaşmanın bitki örtüsü üzerindeki baskısını analiz etmek için kullanılır.

Özellikle şehir bölge planlama ve orman sınırlarının korunması çalışmalarında, "yeşil alan-beton alan" ayrimını en keskin şekilde yapmak için tercih edilir.

#### Kısa Dalga Kızılıtesi (SWIR) (B12, B8, B4)



Bu kombinasyon "Atmosferik Penetrasyon" kombinasyonu olarak da adlandırılır çünkü SWIR bantları atmosferdeki duman ve ince pusu delip geçebilir.

B12 bandı (Kısa Dalga Kızılıötesi), yeryüzündeki nesnelerin su içeriğine (moisture) son derece duyarlıdır. Bu görüntüde bitki örtüsü yeşilin tonlarında görünürken, kuru topraklar ve kayalıklar parlak turuncu veya kahverengi tonlarda seçilir.

Özellikle arazi kullanım (land use) haritalarının çıkarılmasında, orman içindeki nemli ve kuru bölgelerin ayrılması ve jeolojik yapıların (fay hatları, kayaç farklıları) tespitinde rakipsizdir. Ayrıca, orman yangınlarından sonra yanmış alanlar bu kombinasyonda simsiyah veya çok koyu bir tonda çıkararak hasar tespitini kolaylaştırır.

#### Tarım (Agriculture) (B11, B8, B2)



Tarım bilimcilerin ve çiftçilerin en çok kullandığı, bitki gelişim evrelerini en iyi gösteren kombinasyondur. Tarım alanları çok canlı yeşil tonlarında parlar. Çıplak sürülmüş tarlalar pembe, magenta veya eflatun tonlarında görünür. Bu sayede hangi tarlanın ekili, hangisinin boş (nadas) olduğu anında ayırt edilebilir.

B11 (SWIR 1) bandı toprağın nemini, B8 (NIR) ise bitkinin gürlüğünü ölçer. Bu ikisi birleştiğinde ortaya çok kontrastlı bir görüntü çıkar. Ekili alanlar **parlak neon yeşili** renginde parlarken, hasat edilmiş veya sürülmüş (çıplak) tarlalar eflatun, pembe veya koyu mor tonlarında görülür.

Tarımsal ürün izleme sürecinde, hangi tarlanın ne zaman ekildiğini, sulama ihtiyacını ve nadas alanlarını takip etmek için idealdir. Yerleşim yerleri burada çok koyu kalarak tarım arazilerinin ön plana çıkmasını sağlar.

## 7. EN İYİ BANT KOMBİNASYONU

Bu çalışma kapsamında, genel arazi kullanımı ve bitki örtüsü analizi için **en iyi kombinasyon olarak RGB: 8, 4, 3 (Yanlış Renk/Kızılötesi)** seçilmiştir.

Bant 8 - Yakın Kızılötesi (NIR): "Bitki ve Su Dedektörü"

Bu kombinasyonun lideridir. İnsan gözü bu bandı göremez ama bitkiler için bir ayna gibidir.

- Sağlıklı bitkilerin hücre yapısı (mezofil dokusu), NIR ışınlarını %50'den fazla oranda geri yansıtır.
- Görüntüdeki bitki örtüsünü parlak kırmızıya boyayarak, bitkilerin yoğunluğunu ve sağlığını (biyokütlesini) ortaya çıkardı. Ayrıca su, bu ışığı tamamen emdiği için su kütelerini simsiyah göstererek kıyı çizgisini milimetrik olarak belirlememizi sağladı.

Bant 4 - Kırmızı (Red): "Kontrast ve Sınır Belirleyici"

Görünür ışık spektrumundadır ve bitkiler tarafından fotosentez için en çok "emilen" (soğurulan) bandır.

- Bitkiler kırmızıyı emerken, binalar, yollar ve çıplak topraklar kırmızıyı yansıtır.
- Bitki örtüsü ile yapay yapılar (beton, asfalt) arasındaki **kontrasti** artırdı. 8. banttaki kırmızı tonların üzerine bir "sınır çizgisi" çekerek binaların ve yolların mavi/gri tonlarda keskin bir şekilde ayrılmasını sağladı.

Bant 3 - Yeşil (Green): "Görsel Derinlik ve Detay"

İnsan gözünün en hassas olduğu banttır.

- Yeryüzündeki düşük yansımı farklarını dengeler.
- Görüntüye görsel netlik kazandırdı. Özellikle bitki örtüsü olmayan alanlardaki (açık araziler, nadasa bırakılmış tarlalar) ton farklarını belirginleştirerek görüntünün sadece "kırmızı ve siyah"tan ibaret olmasını engelledi, görüntüye derinlik kattı.

Bu üç bant birleştiğinde (RGB: 8, 4, 3), ortaya çıkan bilgi çıkarımı şudur:

"Eğer bir bölge **parlak kırmızıysa** orası gür bir ormandır; **pembe/açık kırmızıysa** tarım alanıdır; **mavi/gri ise** şehirdir; **simsiyahsa** sudur."

### Neden Bu Kombinasyonu Seçtiğ?

- Yakın Kıızılılesi (B8) bandı, klorofil miktarına karşı en duyarlı bandır. Doğal renk (4-3-2) kombinasyonunda birbirine çok benzeyen iki yeşil alan, bu kombinasyonda "parlak kırmızı" ve "mat pembe" olarak ayırsır. Bu da bitki sağlığı analizinde kesin sonuç verir.
- Su kütleleri kıızılılesi ışığı tamamen soğurduğu için simsiyah görünür. Bu durum, su kenarlarındaki ıslak toprakların veya kıyı çizgilerinin hata payı olmaksızın belirlenmesini sağlar.
- B8, B4 ve B3 bantlarının tamamı Sentinel-2'de **10 metre** çözünürlüktedir. Bu da görüntünün en yüksek detay seviyesinde (hiçbir bulanıklık olmadan) kalmasını sağlar.
- Uzaktan algılama literatüründe en çok kabul gören ve karşılaştırma yapmaya en müsait "miras" kombinasyondur.

## 8. GÖRÜNTÜNÜN YAKLAŞIK ÖLÇEĞİ

Sentinel-2 uydu görüntülerini farklı bantlarda farklı mekânsal çözünürlükler sunar. Bu ödevde en sık kullanılan bantlar (B2, B3, B4, B8) 10 metre çözünürlüğe sahiptir. Bu, bir pikselin yerde yaklaşık 10 metreye 10 metre alanı temsil ettiği anlamına gelir. Yani, her piksel 100 metrekarelük bir yüzeyi kapsar.

Yaklaşık ölçeği hesaplamak için:

$$\text{ÖLÇEK} = \frac{\text{HARİTADAKİ MESAFE}}{\text{GERÇEK MESAFE}}$$

Bir ekran görüntüsü üzerinde 1 cm'lik bir uzunluk, yerde 100 metreye karşılık geliyorsa:

**YAKLAŞIK ÖLÇEK = 1 : 10.000** olur.

Bu oran, Sentinel-2'nin 10 m çözünürlüklü bantları için genel olarak kabul edilen yaklaşık ölçektir. 20 metre çözünürlüklü bantlar için bu oran yaklaşık **1 : 20.000**, 60 metre çözünürlükte ise **1 : 60.000** olur.

**SONUÇ:**

Bu çalışmada kullanılan 10 m çözünürlüklü bantlara dayalı analizlerde görüntünün yaklaşık ölçeği **1 : 10.000** olarak kabul edilebilir. Bu ölçek, arazi örtüsü sınıflandırması ve detaylı görsel analizler için yeterli düzeyde ayrıntı sunar.

## 9. GÖRSEL YORUMLANABİLİRLİK ANALİZİ

Bu çalışma kapsamında analiz edilen Sentinel-2 verileri, bünyesinde barındırdığı 10 m ve 20 m mekânsal çözünürlüğe sahip spektral kanallar sayesinde yüksek tanımlı bir veri seti sunmaktadır. Özellikle mekânsal ayrıntı düzeyi yüksek olan B2 (Mavi), B3 (Yeşil), B4 (Kırmızı) ve B8 (Yakın Kızılılolesi) bantları, görsel analiz sürecinde objelerin sınırlarını belirginleştirerek üst düzey bir detay sunmuştur. Bu teknik kapasite; su kütlelerinin keskin sınırlarla ayrılmasını, orman dokusunun heterojen yapısının izlenmesini, tarımsal parsellerin geometrik formlarının korunmasını ve kentsel dokunun yapısal özelliklerinin net bir biçimde tanımlanmasını mümkün kılmıştır.

Görüntülerin görselleştirilmesi aşamasında, insan gözünün alışık olduğu spektral aralığı yansitan doğal renk (B4-B3-B2) kombinasyonu, araziyi genel perspektifte tanımak adına referans bir görünüm sağlamıştır. Ancak, tematik derinliği artırmak ve çiplak gözle seçilemeyen verileri belirginleştirmek adına başvurulan yanlış renkli kombinasyonlar (özellikle B8-B4-B3 ve B11-B8-B2), analiz sürecine stratejik bir bilgi zenginliği katmıştır. Bu spektral birleşimler sonucunda; bitki örtüsünün fotosentez kapasitesi (sağlık durumu), su yüzeylerinin absorpsiyon özellikleri, çiplak toprak alanlarının nem durumu ve yapay (insan yapısı) yüzeylerin yansima karakteristikleri arasında keskin ton farkları elde edilmiştir.

Çalışma alanına dair elde edilen çıktılarda; renk kontrastının yüksekliği, spektral geçişlerin keskinliği ve sınıflar arası ayırmadanın belirginliği, yorumlama doğruluğunu maksimize etmiştir. SNAP yazılımının sunduğu interpolasyon ve yakınlaştırma yetenekleri kullanıldığında, alt ölçekteki detayların ve arazi kullanım sınırlarının büyük oranda tanımlanabilir olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, kullanılan Sentinel-2 görüntüleri, sahip oldukları mekânsal ve spektral niteliklerle görsel yorumlama süreçleri için **son derece yeterli ve başarılı bir zemin** oluşturmuş; arazi kullanım sınıflarının ayrı edilmesinde ve veriye dayalı analizlerin gerçekleştirilmesinde **yüksek güvenilirlik** sunmuştur.

## 10. GÖRSEL YORUMLAMA ÖĞELERİ ANALİZİ

Görsel yorumlama, uzaktan algılama görüntülerinin analizinde temel bir adımdır. Bu analizde kullanılan Sentinel-2 görüntüleri, çeşitli görsel yorumlama öğelerinin etkin bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Görsel yorumlama öğeleri sekiz ana başlık altında toplanır: şekil, boyut, ton ve renk, doku, desen, gölge, konum, çağrışim.

Bu çalışmada öne çıkan öğeler:

**Şekil** nesnelerin dış hatlarıdır. Görüntüde Yapay Yapılar: Yollar, binalar ve havaalanları genellikle keskin, düz veya geometrik (dikdörtgen, kare) hatlara sahiptir. Doğal Yapılar: Akarsular, göl kıyıları ve orman sınırları düzensiz, kıvrımlı ve amorf şekillerdedir.

**Boyut** nesnenin kapladığı alandır. Görüntüdeki küçük noktalar müstakil evleri temsil ederken, çok daha büyük ve geniş dikdörtgen yapılar sanayi bölgelerindeki fabrikaları veya antrepoların (depoların) varlığını kanıtlar.

**Ton ve Renk** Piksellerin yansittığı enerji miktarıdır. Özellikle 8-4-3 Kombinasyonunda sağlıklı ormanlar "koyu kırmızı", tarım alanları "açık kırmızı/pembe", su kütleleri "siyah" tonda görülür. Bu ton farkı nesnenin türünü belirlemeye birincil ipucudur.

**Doku** görüntüdeki pürüzlülük veya pürüzsüzlük hissidir. Pürüzlü (Kaba) Doku: Ormanlık alanlarda ağaç tepeleri ve gölgeleri nedeniyle yüzey "pürüzlü" görünür. Pürüzsüz (Düz) Doku: Su yüzeyleri, otoyollar ve havaalanı pistleri tekdüze yansıtma verdikleri için oldukça "pürüzsüz" ve yumuşak bir dokuya sahiptir.

**Desen** nesnelerin mekânsal dizilimidir. Düzenli aralıklarla dizilmiş noktalar meyve bahçelerini (zeytinlik, şeftali bahçeleri vb.) temsil ederken, karmaşık ve sık dizimler yoğun konut alanlarını (şehir merkezini) gösterir.

**Gölge** nesnelerin yüksekliği ve şekli hakkında bilgi verir. Dağların kuzey yamaçlarındaki gölgeler topografyanın eğimini anlamamıza yardımcı olur. Ayrıca yüksek binaların veya fabrika bacalarının gölgeleri, o yapının yüksekliğini tahmin etmemizi sağlar.

**Yer/Konum** bir nesnenin çevresindeki diğer nesnelerle olan ilişkisidir. Büyük binaların ana yollar veya demiryolu hatları kenarında olması, bunların konut değil "sanayi tesisi" veya "lojistik merkez" olduğunu destekler.

**Çağrışım** bir nesnenin varlığının başka bir nesneyi işaret etmesidir. Yeşil bir alanın ortasındaki çok düzgün bir dikdörtgen kum/toprak saha, oranın bir "stadyum" veya "spor alanı" olduğunu çağrıştırır. Akarsu üzerindeki düz bir çizgi ise orada bir "köprü" olduğunu gösterir.

## 11. KAYNAKÇA

1. Copernicus Open Access Hub. (2025). **Sentinel-2 Verileri ve Görüntü Erişimi**. Erişim adresi: <https://browser.dataspace.copernicus.eu>

2. European Space Agency (ESA). (2024). **Sentinel-2 MSI Mission Guide**. ESA Sentinel Online. Erişim adresi: [https://www.esa.int/Applications/Observing\\_the\\_Earth/Copernicus/Sentinel-2](https://www.esa.int/Applications/Observing_the_Earth/Copernicus/Sentinel-2)
3. Sentinel Hub. (2024). **Sentinel-2 Band Combinations**. Sentinel Hub Documentation. Erişim adresi: <https://apps.sentinel-hub.com/ eo-browser/>
4. NASA Earthdata. (2024). **Sentinel-2 MSI – Mission Description and Instrumentation**. Erişim adresi: <https://www.earthdata.nasa.gov/data/instruments/sentinel-2-msi>
5. ITU GEO 208 – Uzaktan Algılama I Dersi. **Ödev 2 Açıklamaları ve İşlem Adımları** [PDF dosyaları].