



Alınış tarihi (Received): 23.12.2022  
Kabul tarihi (Accepted): 20.09.2023

## Mera Biyokütle Parametrelerinin İnsansız Hava Araçları Kullanılarak Tahmin Edilmesi: Tokat Ataköyü Merası Örnek Çalışması

Orhan Mete KILIÇ<sup>1</sup>, Shiva SADİGHFARD<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Tokat

<sup>2</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri bölümü Tokat

\*Sorumlu yazar: orhanmete.kilic@gop.edu.tr

**ÖZET:** Meraların verimli ve devamlı kullanımının sağlanması için mera kalitesinin zamansal ve mekânsal olarak düzenli bir şekilde izlenmesi gerekir. Son yıllarda gelişen İnsansız Hava Araçları (İHA) teknolojisi meralara ait önemli bilgilerin istenilen zamanda ve yüksek kalitede elde edilebilmesinde önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu çalışmada da Tokat ili Turhal ilçesine bağlı Ataköy merasında belirlenen pilot bir alanda Temmuz ayındaki mera biyokütle parametrelerinden Yaş Biyokütle Ağırlığı (YBA), Kuru Biyokütle Ağırlığı (KBA), Kuru Madde Oranı (KMO) ve Kuru Madde Verimi (KMV)'nin İHA ile mekânsal olarak tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda pilot bölge içinden rastgele alınan beş örneğin verim parametreleri hesaplanarak İHA'nın görülebilir, kırmızı kenar, yakın kızılötesi spektral bantları ve bantlardan hesaplanan NDVI, GNDVI ve NDRE vejetasyon indeksleri ile arasındaki ilişki Pearson korelasyon testi ile incelenmiştir. İHA'nın Yeşil bandı ile KBA arasında -0.91 ( $p < 0.05$ ) düzeyinde belirlenen anlamlı yüksek ilişki KBA'nın bu band ile tahmin edilebileceğini göstermiştir. İki değişken arasında doğrusal regresyon analizi sonucunda  $R^2$  0.82 ve RMSE 37.20 düzeyinde başarılı bir model oluşturulmuştur. Elde edilen model harita sonucuna göre pilot bölge içinde ortalama KBA 113.98 gr olarak hesaplanmıştır. Sonuçlar İHA'nın meraların biyokütle parametrelerinin tahmininin de önemli potansiyel barındırdığını ve mera yönetimi konularında planlamacılar değerli bilgiler sunması açısından etkili araçlar olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler** – İnsansız Hava Aracı, Mera, Kuru biyokütle ağırlığı, Uzaktan Algılama

## Estimation of Pasture Biomass Parameters Using Unmanned Aerial Vehicles: Case Study at the Ataköyü Pasture, Tokat

**ABSTRACT:** To ensure efficient and continuous use of pastures, the quality of pastures must be monitored regularly, both temporally and spatially. Unmanned Aerial Vehicles (UAV) technology, which has developed in recent years, offers significant opportunities to obtain important information about pastures at the desired time and high quality. In this study, it was aimed to spatially estimate the Wet Biomass Weight (WBW), Dry Biomass Weight (DBW), Dry Matter Ratio (DMR), and Dry Matter Yield (DMY) of the rangeland biomass parameters in a pilot area determined in Tokat Ataköy pasture by UAV. In this context, the yield parameters of five randomly taken samples from the pilot area were calculated, and the relationship between the visible, red edge, near-infrared spectral bands of the UAV and the vegetation indexes of NDVI, GNDVI, and NDRE calculated from the bands were examined with the Pearson correlation test. A significantly high correlation between the Green band of UAV and DBW at the level of -0.91 ( $p < 0.05$ ) showed that DBW could be predicted with this band. With Linear Regression analysis, the KBA was successfully modeled at the  $R^2$  0.82 and RMSE 37.20 levels using the Green wavelength. According to the map produced with the model, the average KBA in the pilot region was calculated as 113.98 gr. The results show that UAV has significant potential in estimating important biomass parameters of pastures and are effective tools in providing critical information to planners on pasture management issues.

**Keywords** – Unmanned Aerial Vehicle, Pasture, Dry biomass weight, Remote Sensing,

## 1. Giriş

Dünyada toplam kara alanının %26'sını ve ülkemizde de %18.04'ünü kaplayan çayır mera alanları süt ve et üretimi için yetiştirilen büyük ve küçükbaş hayvanların beslenmesinde en önemli kaba yem kaynağı konumundadır (Michez ve ark. 2019; Acar ve ark. 2020). Bu alanlar barındırdığı yüksek çeşitlilik ve beslenme değerleri açısından süt ve et üretiminin sürdürülebilir bir şekilde sağlanması, hayvan refahının ve sağlığının korunmasının yanı sıra çiftçilere ekonomik yem sağlama açısından oldukça önem arz etmektedir (Burow ve ark. 2013; Lee ve ark. 2015). Ayrıca bu alanlar sosyal ve çevresel hizmetlerin sağlanmasında da kritik rollere sahiptir (Boval ve Dixon, 2012).

Meralar kapasitesinin üzerinde aşırı otlatma ve amaç dışı kullanılması gibi yanlış arazi kullanımından kaynaklanan baskılar yüzünden verim güçleri ve sürdürülebilirlikleri olumsuz etkilenmektedir (Acar ve ark. 2020). Bu sahalarda vejetasyonun devamlılığı ve verimliliği için hassas mera yönetim uygulamalarına ihtiyaç vardır. Bu uygulamalar içinde öncelik mera kalitesinin analitik yöntemlerle belirlenmesi ve mekânsal dağılımının izlenmesi olmalıdır (Lee ve ark. 2015). Ancak geleneksel yer tabanlı bitki örnekleme yöntemleri, büyük miktarda veri toplanmasını gerektirdiğinden hem yüksek maliyetlidir hem de büyük zaman ve iş gücü gerektirir (Betteridge ve ark. 2008). Bu nedenle son yıllarda mera kalitesinin tarla ölçeğinde hızlı ve etkili bir şekilde ölçme fırsatı sunan uzaktan algılama yöntemlerine ilgi giderek artmaktadır (Shoko ve Mutanga, 2017; Gomez-Giraldez ve ark. 2020; Filho ve ark. 2020; Dusseux ve ark. 2022).

Uzaktan algılama geniş alanlarda yeryüzü ile ilgili bilgilerin hızlı bir şekilde elde edilmesi ve verimli şekilde değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılmaktadır. Uydu görüntüleri, yersel veri toplama ve laboratuvar prosedürlerine gereken çabayı en aza indirerek otlak yönetimi ve koruma çabalarını amaçlayan çalışmalar için spektral, zamansal ve uzamsal bilgilere kolay ulaşmayı sağlayan uzaktan algılama platformlarından birisidir (Filho ve ark. 2019). Fakat çoğu uydu görüntüsünün düşük yersel çözünürlüğe sahip olması ve aynı konumda tekrardan görüntüleri toplamak için gerekli sürenin uzun olması gibi dezavantajları bulunmaktadır (Lee ve ark. 2015). Son yıllarda gelişen İHA araçları teknolojisi ile bu gibi dezavantajların üstesinden gelinebilmektedir. Uzaktan algılama sensörleri ile donatılmış ve yüksek hassasiyetli konumlandırma teknolojisi ile birleştirilmiş İHA'ları, mekânsal çözünürlükleri santimetre hatta milimetre hassasiyetinde olan yüksek çözünürlüklü görüntüler elde edebilmektedir (Lyu ve ark. 2022). Bu bakımdan sağladığı zamansal ve mekânsal çözünürlük avantajlarından dolayı çevre ile ilgili birçok bilim alanı tarafından kullanılırken önemli bir kullanım sahası tarımsal üretim üzerinedir (Qin, 2014; Adao ve ark. 2017; Reis ve ark. 2019; Demir ve Başayığıt, 2021). Özellikle İHA'ları kullanılarak rekolte tahmini (Reza ve ark., 2019), ürün gelişiminin izlenmesi (Neumann ve ark. 2020), bitkilerde hastalık, zararlı ve yabancı ot tespiti (Syifa ve ark., 2020), topraklarda nem durumunun izlenmesi (Demir ve Başayığıt, 2021) vb. tarımsal konularda başarılı çalışmalar yürütülmüştür. Ayrıca çayır ve mera alanlarında biyokütle, tür tespiti ve fenolojik özelliklerin belirlenmesine yönelik birçok uygulama bulunmaktadır (Michez ve ark. 2019; Theau ve ark. 2021; de Oliveira ve ark. 2021).

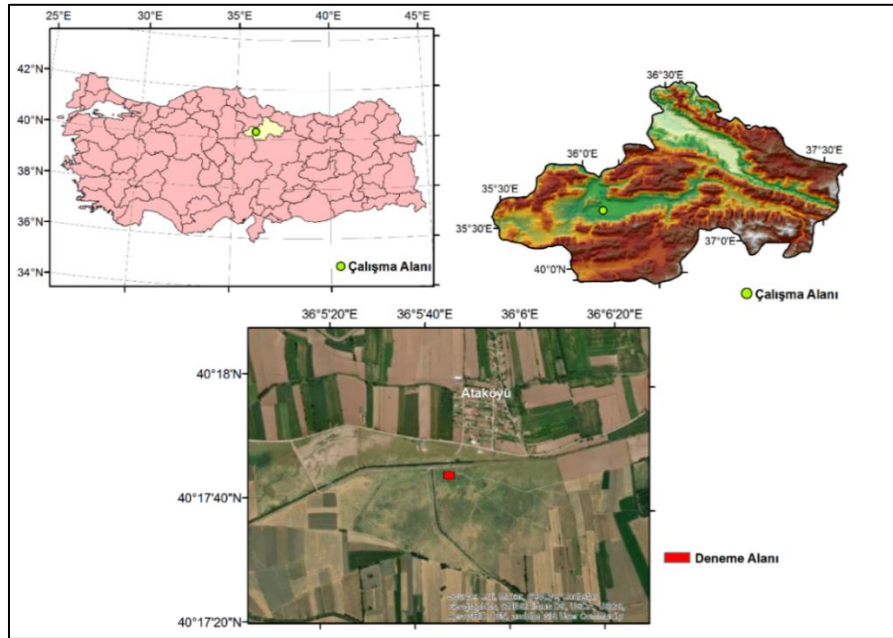
Bu araştırmanın amacı ülkemiz mera alanlarında bazı biyokütle parametrelerinin İHA ile belirlenebilme potansiyelinin araştırılması üzerine kurgulanmıştır. Bu bağlamda Tokat Turhal ilçesi Ataköy mera sahasında pilot bir bölge seçilerek Temmuz ayındaki mera biyokütle parametrelerinden YBA, KBA, KMO ve KMV'nin İHA ile elde edilen multispektral görüntüler ve görüntülerden hazırlanan bazı vejetasyon indeksleri arasında

istatistiksel tahmin modeli geliştirmek hedeflenmiştir. Elde edilen başarılı sonuçlar ülkemizde benzer araştırmalara daha fazla ihtiyaç olduğunu ortaya koymuştur.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı

Çalışma Tokat Kazova bölgesinin batı kesiminde yer alan Turhal ilçesine bağlı Ataköy mera sahasında yürütülmüştür. Çalışma alanı 40°18'00"- 40°17'20'' Kuzey ve 36°05'20''- 36°06'00'' Doğu koordinatları arasında yer almaktadır. Saha taban mera özelliği sergilemekte ve düz bir alandır. Alanın denizden yüksekliği 553 m dir. Deneme alanının bulunduğu Kazova'nın uzun yıllar iklim verilerine göre yıllık ortalama toplam yağış miktarı 446 mm ve yıllık ortalama sıcaklık 12,4 C° dir (Akbaş ve ark. 2017). Yaklaşık 63,6 ha olan mera sahası içinde aşırı olatmaya maruz kalmayan 1900 m<sup>2</sup> 'lik bir pilot alan belirlenmiş ve araştırma bu pilot alan içinde yürütülmüştür.



Şekil 1. Ataköyü Merası Lokasyon Haritası.

Figure 1. Location Map of Ataköy Pasture

### 2.2. İnsansız Hava Aracı ile Görüntülerin Alınması ve İşlenmesi

Bu çalışmada hava görüntülerinin alınmasında Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Coğrafya bölümü envanterine kayıtlı olan DJI Phantom 4 RTK Multispektral insansız hava aracı kullanılmıştır. Bu görüntüleme platformunun genel özellikleri tablo 1. de verilmiştir. Bu İHA platformu RTK GNSS donanımı ile birlikte elde ettiği görüntüleri gerçek zamanlı olarak doğru konumlandırmaktadır. Bu bakımdan yer kontrol noktalarının alınmasına ihtiyaç duyulmadan görüntüler yüksek hassasiyetle koordinatlandırılarak başarılı şekilde alınabilmektedir (Zhao ve ark. 2020). Bu bakımdan yer kontrol noktaları toplanmadan 08.07.2022 tarihinde 11:30-13:30 saatleri arasında görüntüler alınmıştır. Uçuş planının hazırlanmasında DJI GSpro yazılımı kullanılmıştır. 25 metre yükseklikten, 5 m/sn hızla, %75 ön ve %60 yan örtme oranları ile gerçekleştirilen uçuş sonucunda 1.3 cm/piksel çözünürlüğüne sahip tiff formatında 585 görüntü elde edilmiştir. Bu görüntüler Mavi (450

nm), Yeşil (560 nm), Kırmızı (650 nm), Kırmızı Kenar (730 nm) ve Yakın kızılötesi (840 nm) dalga boylarındaki görüntülerden oluşmaktadır. Pix4DMapper yazılımı kullanılarak İHA ile çekilen görüntülerin radyometrik düzeltilmesi ile yansıma haritaları tiff formatında oluşturulmuştur. Ayrıca İHA spektral bantları kullanılarak tablo 2’de verilen ve yaygın olarak vejetasyonun izlenmesinde kullanılan indeksler (Lussem ve ark. 2019;Theau ve ark. 2021) Pix4dMapper yazılımının indeks hesaplayıcı aracı ile oluşturulmuştur. Böylelikle ot verimlerine ait parametrelerin tahmin edilebilmesi için çalışma alanına ait görüntü veri setleri hazır hale getirilmiştir. Meranın ot verimlerine ait parametrelerin görüntülerle kıyaslanabilmesi için 1 m<sup>2</sup> ‘lik kuadratlar içindeki ortalama verim değerleri kullanılmıştır. Rastgele belirlenen kuadrat lokasyonlarının görüntüler üzerine çakıştırılabilmesi için 1 m uzunluğunda 5 cm genişliğinde boyalı ahşap çıtalar 1m<sup>2</sup> ‘lik kuadratların lokasyonunu belirtmesi adına uçuş öncesi zemine sabitlenmiş ve görüntüler işaretçiler yerdeyken alınmıştır. ArcGIS 10.5 yazılımında ortomozaik görüntü açılarak işaretli alanlar 1m<sup>2</sup> olacak şekilde 5 farklı lokasyon vektör formatında sayısallaştırılmıştır (Şekil 2). Sayısallaştırılan kuadratlar görüntü veri setleri ile çakıştırılmıştır. Ardından bölgesel hesaplama aracı kullanılarak spektral bantlara ve indekslere ait ortalama yansıma değerleri elde edilmiştir. Spektral bantlardan ve vejetasyon indekslerinden elde edilen ortalama değerler tahmin modeli geliştirebilmek için veri seti olarak kullanılmıştır.

**Tablo 1.** İHA temel özellikleri

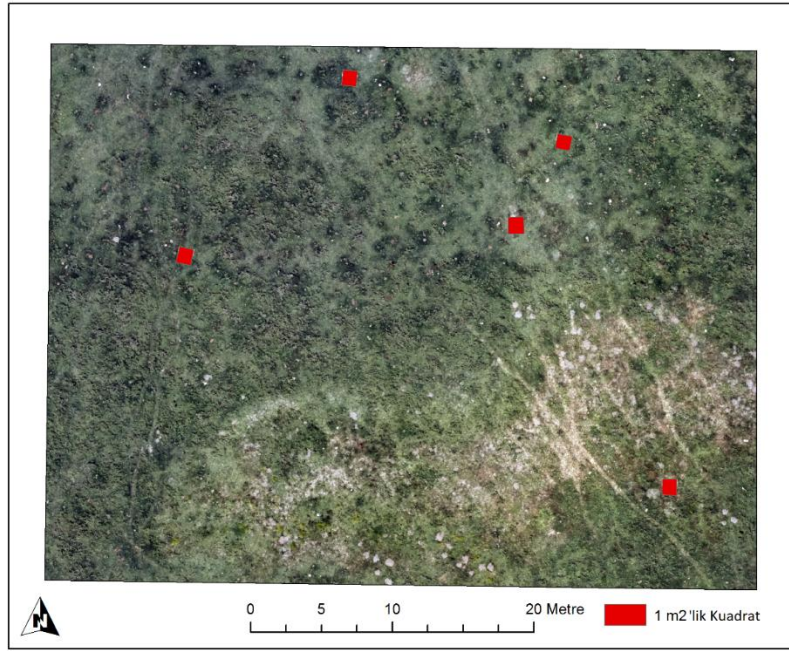
**Table 1.** UAV basic features

DJI Phantom IV RTK Multispectral İHA	
Kamera	3 eksenli stabilize gimbal üzerinde, 1/2.9” CMOS sensör, 1 RGB görüntü ve Mavi, Yeşil, Kırmızı, Kırmızı Kenar ve Yakın Kızılötesi bantları kapsayan 5 bantlı tek renkli kamera, 2 MP
Sensör dalgaboyları	Mavi (B): 450 nm ± 16 nm; Yeşil (G): 560 nm ± 16 nm; Kırmızı (R): 650 nm ± 16 nm; Kırmızı Kenar (RE): 730 nm ± 16 nm; Yakın kızılötesi (NIR): 840 nm ± 26 nm
Uçuş süresi	Maksimum 27 dakika
Ağırlık	1487 gr
Hız	14 m/s (P-mod) ;16 m/s (A-mod)
Konumlandırma Modülü	RTK, GPS, GLONASS, Galileo, Beidou; TimeSync sistemiyle altı kameranın tamamı tarafından yakalanan görüntüler üzerinde gerçek zamanlı, doğru konumlandırma, (Yatayda ve düşeyde yaklaşık 1 cm hassasiyetle doğruluk düzeyi)
Operasyon Sıcaklığı	0-40 °C

**Tablo 2.** Araştırmada kullanılan vejetasyon indeksleri ve eşitlikleri

**Table 2.** Vegetation indexes and equations used in the study

Vejetasyon İndeksi	Eşitlik	Kaynak
NDVI (Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi)	$NDVI = \frac{(Kırmızı - Yakın Kızılötesi)}{(Kırmızı + Yakın Kızılötesi)}$	Rouse ve ark. 1974
GNDVI (Yeşil Normalleştirilmiş Fark Vejetasyon İndeksi)	$GNDVI = \frac{(Yakın Kızılötesi - Yeşil)}{(Yakın Kızılötesi + Yeşil)}$	Gitelson ve ark. 1996
NDRE (Normalleştirilmiş Fark Kırmızı Kenar İndeksi)	$NDRE = \frac{(Yakın Kızılötesi - Kırmızı Kenar)}{(Yakın Kızılötesi + Kırmızı Kenar)}$	Gitelson ve Merzlyak 1994



**Şekil 2.** Çalışma alanına ait İHA görüntüsü  
**Figure 2.** UAV image of the study area

### 2.3. Mera Biyokütle Parametrelerinin Hesaplanması

Araştırmada görüntülerin alındığı an ile eş zamanlı olarak 08.07.2022 tarihinde biyokütle parametrelerinden YBA, KBA, KMO, KMV hesaplanmıştır. YBA, 1 m<sup>2</sup> 'lik kuadrat içinde bulunan bitkiler yeşil aksamaları 10 cm anız bırakılarak biçilmiştir ve biçilen aksamalar arazi tipi tartı ile tartılarak hesaplanmıştır. KBA ve KMO, biçilen yeşil aksamaların kurutma dolabında öğütülmeden kese kâğıtlarının içerisinde 48 saat 105 °C de kurutulması ile belirlenmiştir. KMO ile YBA çarpılarak KMV hesaplanmıştır (Anonim, 2010).

### 2.4. İstatiksel analizler

İHA görüntüleri ile biyokütle verimlerinin tahmin edilebilirliğinin incelenmesi için doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir. İHA tabanlı çok bantlı spektral görüntüler ve vejetasyon indekslerinin yansıma değerleri bağımsız değişken, mera ot verimlerine ait parametreler ise bağımlı değişken olarak regresyon analizine alınmıştır. Regresyon analizinde kullanılacak bağımsız değişkenin belirlenebilmesi amacıyla Pearson korelasyon analizi uygulanmıştır. Önem seviyesine göre ( $P>0.01$  veya  $P>0.05$ ) en kuvvetli ilişki sergileyen bağımsız değişken modellemeye alınmıştır. Modellemelerden önce bağımsız değişkenlerin normal dağılıma sahip olup olmadığı Shapiro-Wilk testiyle belirlenmiştir (Shapiro ve Francia, 1972). Oluşturulan modelin doğruluğu belirlilik katsayısı ( $R^2$ ), kök ortalama kare hata (RMSE) ve varyans analizi ile test edilmiştir. Tüm istatistiksel analizlerin gerçekleştirilmesinde SPSS 22. yazılımı kullanılmıştır.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada beş farklı örnekleme sahasından elde edilen verim ile ilgili sonuçlar Tablo 3’de verilmiştir. Bu sonuçlara göre YBA minimum 161 gr, maksimum 1109 gr ve ortalama 519.4 gr olarak belirlenmiştir. KBA değerleri 30 ile 290 gr arasında değişmekte ve ortalama olarak 167.4 gr hesaplanmıştır. Kuadratlardan hesaplanan KMO % 54.48 ile % 81.37 arasında değişmektedir. KMV minimum 13100.6 g/m<sup>2</sup>, maksimum 81899.7 g/m<sup>2</sup> ve ortalama olarak da 35200.54 g/m<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır.

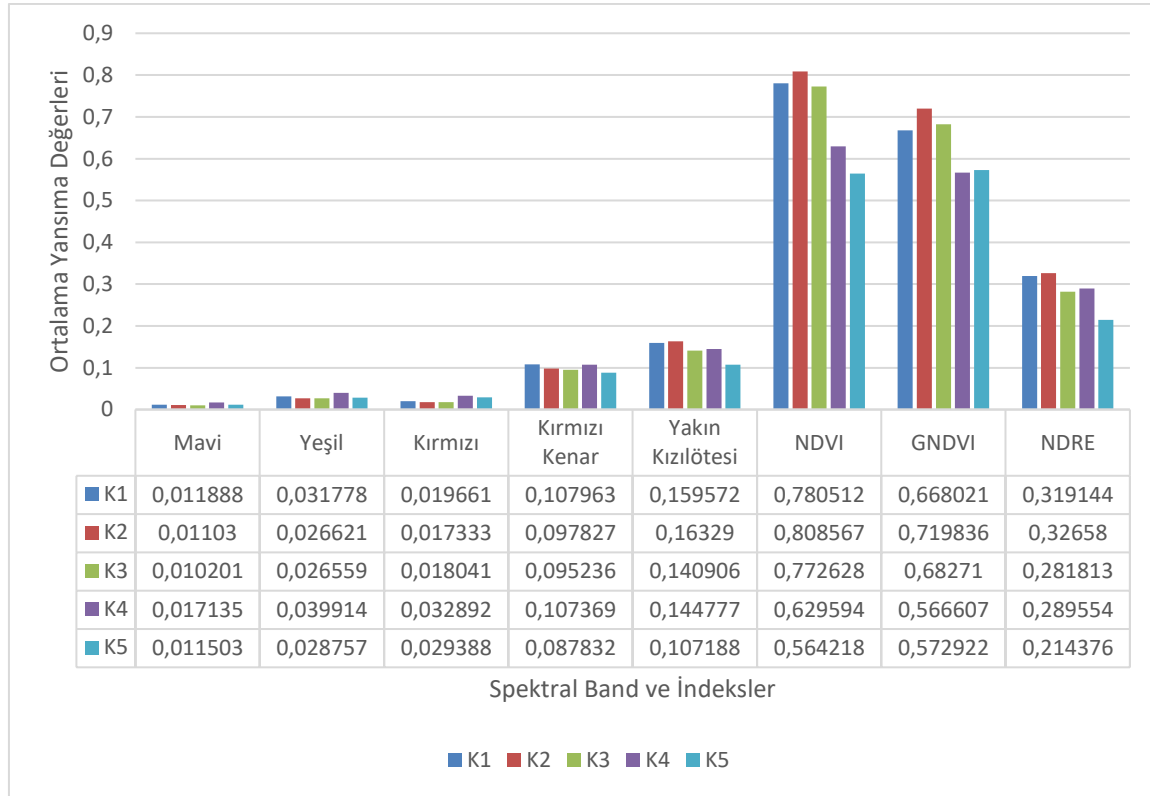
**Tablo 3.** Kuadratlardan elde edilen ot verim sonuçları

*Table 3. Grass yield results from quadrats*

Kuadrat No	YBA (g)	KBA (g)	KMO (%)	KMV (g/m <sup>2</sup> )
1	412	151	63.35	26100.2
2	1109	290	73.85	81899.7
3	513	183	64.33	33001.3
4	161	30	81.37	13100.6
5	402	183	54.48	21900.9
Ort.	519.4	167.4	67.47	35200.54

YBA: Yaş Biyokütle Ağırlığı (gr); KBA: Kuru Biyokütle Ağırlığı (gr);  
KMO: Kuru Madde Oranı (%); KMV: Kuru Madde Verimi (g/m<sup>2</sup>)

Örnekleme noktalarının spektral görüntülerden elde edilen ortalama yansıma değerlerine ait grafik şekil 3’de verilmiştir. Beş farklı spektral dalga boyu incelendiğinde en düşük ortalama yansıma miktarı görülebilir dalga boylarında elde edilmiştir. Bu spektral aralıkta birbirine yakın yansımalar elde edilirken en düşük ortalama yansıma mavi band da iken yeşil band görülebilir aralıkta en fazla ortalama yansıma veren dalga boyu olarak belirlenmiştir. Kırmızı Kenar bandı ise görülebilir bandlara kıyasla daha yüksek ortalama yansıma değeri almıştır. Yakın kızılötesi ise en yüksek ortalama yansıma sahip olan spektral band olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde Mahajan ve Bundel (2016)’da sağlıklı bitkilerin görülebilir dalga boylarında düşük, yakın kızılötesi dalga boyunda ise yüksek yansıma verdiğini bildirmektedirler. Bu karakteristik spektral davranış sayesinde band oranlama tekniğiyle hesaplanan NDVI, GNDVI ve NDRE indekslerinin ortalama değerleri şekil 3’te verilmiştir. Bu indeksler vejetasyon gelişiminin nitel ve nicel olarak izlenmesinde araştırmacılar tarafından sıklıkla kullanılmaktadır ve genellikle -1 ile +1 arasında değişen değerler almaktadırlar (Boiarskii ve Hasegawa, 2019; Michez ve ark. 2019). NDVI ‘da genellikle negatif değerler su yüzeylerine, 0-0.2 arası değerler çıplak alanlar ile yapısal alanlara, 0.2’den yüksek değerler ise vejetasyona, +1 ‘e yakın NDVI değerleri ise yüksek klorofil üreten daha sağlıklı vejetasyona işaret etmektedir (Guha ve Govil, 2021). Araştırmada YBA en yüksek belirlenen 2 numaralı kuadratin en yüksek ortalama NDVI değerine ulaşması İHA tabanlı hesaplanan vejetasyon indekslerinin doğru çalıştığını göstermektedir. Benzer şekilde Tablo 4 de vejetasyon indeksleri ile ot verimleri arasındaki korelasyon tablosu incelendiğinde YBA ile indeksler arasında pozitif yönde gözlemlenen yüksek ilişki vejetatif aksamdaki artışla beraber indeks değerlerinin de arttığına işaret etmektedir.



**Şekil 3.** Kuadratlara ait ortalama yansıtma ve indeks değerleri.  
**Figure 3.** Average reflectance and index values of quadrats.

**Tablo 4.** Verim parametreleri ile İHA spektral bandları ve vejetasyon indeksleri arasındaki korelasyon tablosu.

**Table 4.** Correlation table between yield parameters, UAV spectral bands and vegetation indices.

	YBA	KBA	KMO	KMV	Mavi	Yeşil	Kırmızı	Kırmızı Kenar	Yakın Kızılötesi	Ndv1	Gndv1
YBA	1										
KBA	0.92	1									
KMO	0.05	-0.34	1								
KMV	0.99*	0.86	0.19	1							
Mavi	-0.60	-0.84	<b>0.68</b>	-0.50	1						
Yeşil	-0.71	<b>-0.91*</b>	0.59	-0.61	0.97**	1					
Kırmızı	-0.71	-0.74	0.16	-0.68	0.78	0.75	1				
Kırmızı Kenar	-0.28	-0.53	0.65	-0.18	0.59	0.68	0.03	1			
Yakın Kızılötesi	0.44	0.17	0.61	0.51	0.03	0.06	-0.58	0.72	1		
Ndv1	0.63	0.52	0.21	0.65	-0.47	-0.44	-0.92*	0.34	0.85	1	
Gndv1	<b>0.80</b>	0.75	0.04	<b>0.79</b>	-0.67	-0.67	-0.98**	0.06	0.67	0.95	1
Ndre	0.44	0.17	0.61	0.51	0.03	0.06	-0.58	0.72	1.00**	0.85	0.67

\* 0.05 seviyesinde anlamlı korelasyon; \*\* 0.01 seviyesinde anlamlı korelasyon; YBA: Yaş Biyokütle Ağırlığı (gr); KBA: Kuru Biyokütle Ağırlığı (gr); KMO: Kuru Madde Oranı (%); KMV: Kuru Madde Verimi (g/m<sup>2</sup>)

Spektral band yansımaları ve indeksler ile verim sonuçlarına ilişkin korelasyon tablosu incelendiğinde KMO hariç diğer verim parametreleri görülebilir dalga boyları ve kırmızı kenar ile negatif yönde, yakın kızılötesi ve indeks değerleri ile ise pozitif yönde ilişki göstermiştir. KMO ile spektral bandlar ve indeksler arasında pozitif yönde ilişki belirlenmiştir. YBA ile en yüksek ilişki GNDVI indeksinde (0,80), KBA ile en yüksek ilişki Yeşil dalga boyu ile  $p < 0.05$  anlam seviyesinde -0.91 düzeyinde hesaplanmıştır. Bu anlamlı yüksek ilişki araştırmanın yürütüldüğü tarihte (08.07.2022/Yaz mevsimi) muhtemelen özellikle tek yıllık bitkilerin tohum aşamasında olması ve dolayısıyla yeşil aksamdan çok kuru aksamın daha fazla olmasından kaynaklanmış olabilir. KMO ile en yüksek ilişki ise Mavi dalga boyunda 0.68 düzeyinde hesaplanmıştır. KMV 'nin ise GNDVI indeksi ile 0.79 düzeyinde en yüksek ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Elde edilen korelasyon sonuçlarına göre regresyon modeli geliştirebilmek için en uygun parametrelerin Yeşil band ve KBA olduğu belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ,  $r$ : -0.91). İki değişken arasında gerçekleştirilen doğrusal regresyon modelinin özeti tablo 5'te verilmiştir. Modelin başarı göstergelerinden  $R^2$  değerinin 0.82, RMSE' nin ise 37.20 düzeyinde bulunması tahmin modelinin başarısını göstermektedir. Ayrıca tablo 6 da verilen varyans analiz sonuçlarında regresyon kareler toplamının atık kareler toplamından fazla olması modelin sağlıklı çalıştığına işaret etmektedir. Michez ve ark. (2019) Belçika Gembloux bölgesinde gerçekleştirdikleri benzer araştırmada band ve vejetasyon indeks değerlerini çoklu doğrusal regresyona tabi tutmuş ve ancak  $R^2$  0.39 düzeyinde sonuç elde edebilmişlerdir. Araştırmacıların yürüttüğü çalışmayla karşılaştırıldığında bu örnek çalışmada daha başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Benzer şekilde başarılı sonuçlar Grüner ve ark. (2019) tarafında elde edilmiştir. Araştırmacılar İHA kullanarak meralarda verimi  $R^2$  0.59-0.81 arasında belirleyerek başarılı modeller üretmişlerdir. Bu benzer sonuçlar İHA'larının meralarla ilgili analiz kabiliyetini ortaya koymaktadır.

**Tablo 5.** Regresyon Model Özeti

**Table 5.** Regression Model Summary

Model Özeti					
Model	R	$R^2$	Düzeltilmiş $R^2$	Std Hata	RMSE
$Y = 634.354 - 15197.461 * \text{Yeşil}$	0.91	0.82	0.77	45.14	37.20

**Tablo 6.** Varyans Analiz Tablosu

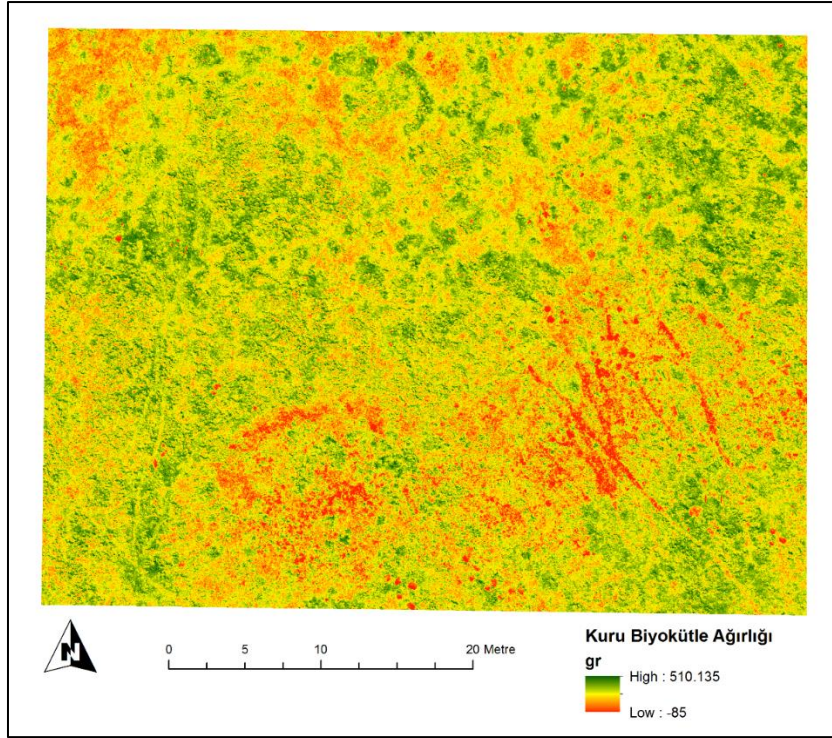
**Table 6.** Variance Analysis Table

Anova					
	Kareler Toplamı	df	Ort.Kare	F	Önem
Regresyon	28551.15	1	28551.15	14.009	0.33
Artık	6114.055	3	2038.018		
Toplam	34665.2	4			

Geliştirilen modelin İHA'nın yeşil bandına uyarlanması ile elde edilen uzaysal KBA tahmin haritası şekil 3' de verilmiştir. Haritaya göre pilot bölge içinde KBA -85 ile 510.13 gr arasında değişmekte ve ortalama KBA 113.98 gr olarak hesaplanmıştır. Haritada koyu kırmızı renklendirilen bölgelerin düşük KBA'na koyu yeşil olan alanların ise daha yüksek KBA 'na sahip olduğu görülmektedir. Mevcut örnek çalışma, İHA tabanlı görüntülemenin



pilot bölge olarak seçilen merada KBA 'nın varyasyonlarının tatmin edici derecede ve yüksek mekânsal hassasiyette tahmin edilmesinde önemli bir potansiyele sahip olduğunu açıkça göstermektedir. Geliştirilen bu model sayesinde pilot alan içindeki mera ot verimlerinin zamansal ve mekânsal olarak izlenmesi, otlatma planlanması gibi meraya ait planlamalar ve politikalar daha etkili ve kolay bir şekilde yapılabilir. Fakat geliştirilen bu model yalnızca bu bölgede Temmuz ayındaki ot verimlerine ilişkin sonuçlara göre üretilmiştir. Modelin doğruluğu çalışma dönemine, otlatılma durumuna ve yem bitkisini tipine göre değişkenlik gösterebilir. Bu bakımdan geliştirilen model benzer dönemde benzer şartlar altında çalıştırılrsa bile mutlaka model doğruluğunun test edilmesi gerekmektedir.



**Şekil 3.** Pilot alan sınırları dâhilindeki meranın İHA platformu ile modellenen Kuru Biyokütle Ağırlığı Haritası

*Figure 3.* Dry Biomass Weight map of the rangeland within the boundaries of the pilot area modeled by the UAV platform

#### 4. Sonuç

Mevcut araştırma Tokat Ataköyü merasında biyokütle parametrelerinin insansız hava araçları ile tahminini ve haritalandırılmasını amaçlamıştır. Pilot bölge kapsamında Temmuz ayında limitli sayıda elde edilen biyokütle parametrelerinden kuru biyokütle ağırlığı İHA görüntüsünün yeşil spektral bandı ile  $R^2 = 0.82$ , RMSE 37.20 düzeyinde başarılı şekilde haritalandırılmıştır. Bu sonuçlar İHA'nın mera verim kriterlerden KBA 'nın yüksek mekânsal hassasiyette başarılı şekilde belirlenebilme potansiyelini ortaya koymaktadır. Bu örnek çalışmanın sonuçları İHA'nın meraların verimli ve sürdürülebilir kullanımı konusunda planlar ve politikalar oluşturulmasında yardımcı veri kaynakları olarak kullanılabilme potansiyeli olduğunu göstermektedir. Kısıtlı zaman ve örneklem sayısı ile gerçekleştirilen bu örnek çalışma sonucunda belirlenen potansiyelin ülkemiz farklı ekolojik koşullarındaki meralarda daha fazla araştırma ile yaygınlaştırılması ve geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu bakımdan bir sonraki çalışmada bu örnek çalışmanın ülkemizde farklı

ekolojik koşullar altındaki çayır ve meralarda gerçekleştirilecek benzer araştırmalar ile karşılaştırılması adına araştırmanın geliştirilerek devam ettirilmesi amaçlanmıştır. Bir sonraki çalışmada botanik tür kompozisyonu belirlemenin yanı sıra vejetasyon dönemi boyunca daha fazla gözlem ile birlikte farklı modelleme yaklaşımlarının denenerek bu çalışmanın daha da detaylandırılması hedeflenmiştir.

## 5. Kaynaklar

- Adão, T., Hruška, J., Pádua, L., Bessa, J., Peres, E., Morais, R., Sousa, J. J., 2017. Hyperspectral imaging: A review on UAV-based sensors, data processing and applications for agriculture and forestry. *Remote sensing*, 9(11), 1110.
- Akbas, F., Gunal, H., Acir, N., 2017. Spatial variability of soil potassium and its relationship to land use and parent material.
- Anonim., 2010. Tarımsal değerleri ölçme denemeleri teknik talimatı, T.C. Tarım Ve Köyişleri Bakanlığı Tohum Tescil ve Sertifikasyon Merkezi, Sorgum (*Sorghum spp.*), 13s.
- Betteridge, K., Schnug, E. and Haneklaus, S., 2008. Will site specific nutrient management live up to expectation?. *Agriculture and Forestry Research*. 58:283-294.
- Boiarskii, B., Hasegawa, H., 2019. Comparison of NDVI and NDRE indices to detect differences in vegetation and chlorophyll content. *J. Mech. Contin. Math. Sci*, 4, 20-29.
- Boval, M., Dixon, R., 2012. The importance of grasslands for animal production and other functions: A review on management and methodological progress in the tropics. *Animal*, 6, 748–762.
- Burow, E., Rousing, T., Thomsen, P., Otten, N. D., Sørensen, J., 2013. Effect of grazing on the cow welfare of dairy herds evaluated by a multidimensional welfare index. *Animal* 7, 834–842.
- de Oliveira, G. S, Marcato Junior, J., Polidoro, C., Osco, L. P., Siqueira, H., Rodrigues, L., Jank, L., Barrios, S., Valle, C., Simeão, R., Carromeu, C., Silveira, E., André de Castro Jorge, L., Gonçalves, W., Santos, M., Matsubara, E., 2021. Convolutional Neural Networks to Estimate Dry Matter Yield in a Guineagrass Breeding Program Using UAV Remote Sensing. *Sensors*. 21(12):3971. <https://doi.org/10.3390/s21123971>.
- Demir, S., Başayığıt, L., 2021. Kısıtlı Sulama Uygulamalarının İHA Multispektral Algılamaya Dayalı Vejetasyon İndekslerine Etkisi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31(3), 629-643.
- Dusseux, P., Guyet, T., Pattier, P., Barbier, V., Nicolas, H., 2022. Monitoring of grassland productivity using Sentinel-2 remote sensing data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 111, 102843.
- Gitelson, A., Kaufman, Y.J., Merzlyak, M.N., 1996. Use of a Green Channel in Remote Sensing of Global Vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sens. Environ.* 58, 289–298
- Gitelson, A., Merzlyak, M.N., 1994. Quantitative estimation of chlorophyll-a using reflectance spectra: Experiments with autumn chestnut and maple leaves. *J. Photochem. Photobiol. B*, 22, 247–252
- Gómez-Giráldez, P. J., Pérez-Palazón, M. J., Polo, M. J., González-Dugo, M. P., 2020. Monitoring grass phenology and hydrological dynamics of an oak–grass savanna ecosystem using sentinel-2 and terrestrial photography. *Remote Sensing*, 12(4), 600.
- Grüner, E., Astor, T., Wachendorf, M., 2019. Biomass prediction of heterogeneous temperate grasslands using an SfM approach based on UAV imaging. *Agronomy*, 9(2), 54.
- Guerini Filho, M., Kuplich, T. M., Quadros, F. L. D., 2020. Estimating natural grassland biomass by vegetation indices using Sentinel 2 remote sensing data. *International Journal of Remote Sensing*, 41(8), 2861-2876.
- Guha, S., Govil, H., 2021. An assessment on the relationship between land surface temperature and normalized difference vegetation index. *Environment, Development and Sustainability*, 23(2), 1944-1963.
- Lee, H., Lee, H. J., Jung, J. S., Ko, H. J., 2015. Mapping herbage biomass on a hill pasture using a digital camera with an unmanned aerial vehicle system. *Journal of the Korean Society of Grassland and Forage Science*, 35(3), 225-231.
- Lussem, U., Bolten, A., Menne, J., Gnyp, M. L., Schellberg, J., Bareth, G. 2019. Estimating biomass in temperate grassland with high resolution canopy surface models from UAV-based RGB images and vegetation indices. *Journal of Applied Remote Sensing*, 13(3), 034525.
- Lyu, X., Li, X., Dang, D., Dou, H., Wang, K., Lou, A., 2022. Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Remote Sensing in Grassland Ecosystem Monitoring: A Systematic Review. *Remote Sensing*, 14(5), 1096.
- Mahajan, U., Bundel, B. R., 2016. Drones for normalized difference vegetation index (NDVI), to estimate crop health for precision agriculture: A cheaper alternative for spatial satellite sensors. In *Proceedings of the*

- International Conference on Innovative Research in Agriculture, Food Science, Forestry, Horticulture, Aquaculture, Animal Sciences, Biodiversity, Ecological Sciences and Climate Change (AFHABEC-2016), Delhi, India (Vol. 22).
- Michez, A., Lejeune, P., Bauwens, S., Herinaina, A. A. L., Blaise, Y., Castro Muñoz, E., Bindelle, J., 2019. Mapping and monitoring of biomass and grazing in pasture with an unmanned aerial system. *Remote Sensing*, 11(5), 473.
- Qin, R., 2014. An object-based hierarchical method for change detection using unmanned aerial vehicle images. *Remote Sensing*, 6(9), 7911-7932.
- Reis, B. P., Martins, S. V., Fernandes Filho, E. I., Sarcinelli, T. S., Gleriani, J. M., Leite, H. G., Halassy, M., 2019. Forest restoration monitoring through digital processing of high resolution images. *Ecological Engineering*, 127, 178-186.
- Rouse Jr, J., Haas, R. H., Schell, J. A., and Deering, D. W., 1974. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Scientific and Technical Information Office, National Aeronautics and Space Administration.
- Shapiro, S.S., Francia, R.S., 1972. An approximate analysis of variance test for normality. *Journal of the American Statistical Association*, 67(337), 215-216. <https://doi.org/10.1080/01621459.1972.10481232>
- Shoko, C., Mutanga, O., 2017. Examining the strength of the newly-launched Sentinel 2 MSI sensor in detecting and discriminating subtle differences between C3 and C4 grass species. *ISPRS journal of photogrammetry and remote sensing*, 129, 32-40.
- Tan, Z. A. M., Ayan, İ., Uğur, Aşçı, Ö.Ö., Mut H., Başaran, U., Gülemser, E., Can, M., Kaymak, G., 2020. Türkiye’de Yem Bitkileri Tarımının Durumu Ve Geliştirme Olanakları. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, 529.
- Théau, J., Lauzier-Hudon, É., Aubé, L., Devillers, N., 2021. Estimation of forage biomass and vegetation cover in grasslands using UAV imagery. *PloS one*, 16(1), e0245784.
- Zhao, B., Li, J., Wang, L., Shi, Y., 2020. Positioning accuracy assessment of a commercial RTK UAS. *Autonomous Air and Ground Sensing Systems for Agricultural Optimization and Phenotyping V*, 11414, 47-53.