

## Akdağ kütesinin bazı toprak özelliklerinin model tabanlı dağılım haritaları

Model based distribution maps of some soil properties in Akdağ massif

Nejat CELİK<sup>1</sup>   
Kürşad ÖZKAN<sup>2</sup>   
Ahmet MERT<sup>2</sup>   
Mehmet TÜRKKAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir

<sup>2</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta

<sup>3</sup> Batı Akdeniz Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Antalya

**Sorumlu yazar** (Corresponding author)

Nejat CELİK  
nejatcelik@ogm.gov.tr

**Geliş tarihi** (Received)

05.05.2021

**Kabul Tarihi** (Accepted)

29.06.2021

**Sorumlu editör** (Corresponding editor)

Şükrü Teoman GÜNER  
stguner@gmail.com

**Atf** (To cite this article): Celik, N., Özkan, K., Mert, A., Türkkan, M. (2021). Akdağ kütesinin bazı toprak özelliklerinin model tabanlı dağılım haritaları. Ormanlık Araştırma Dergisi, 8 (2), 180-196. DOI: 10.17568/ogmoad.932851

### Öz

Bu çalışma Kütahya-Simav yöresinde yer alan Akdağ Kütesi'nde bazı fiziksel toprak özelliklerinin haritalanması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Toprak özelliklerinin dağılım modellerini elde etmek için regresyon ağacı tekniği (RTT) kullanılmıştır. Toprak kireç içeriği (10-30 cm), toprak derinliği ve genel toprak taşlılığına ait ağaç modeller elde edilememiştir. Elde edilen ağaç modellerden, hem eğitim seti (ta) hem de test seti (tb) sonuçlarına göre, en yüksek açıklanan varyans ( $R^2$ ) değerlerine sahip toprak özellikleri sırası ile Kil2 ( $R^2(\text{ta})=0,384$ ;  $R^2(\text{tb})=0,313$ ), Kum2 ( $R^2(\text{ta})=0,370$ ;  $R^2(\text{tb})=0,280$ ), Kil1 ( $R^2(\text{ta})=0,495$ ;  $R^2(\text{tb})=0,236$ ) ve Kum1 ( $R^2(\text{ta})=0,404$ ;  $R^2(\text{tb})=0,233$ ) içerikleri olmuştur. Ayrıca bu toprak özelliklerinin tamamına ait ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değerleri kabul edilebilir kestirim geçerliliği anlamına gelen 50 değerinin altında kalmıştır. Diğer toprak özelliklerinin ağaç modellerinde eğitim ve özellikle test  $R^2$  değerleri düşük veya çok düşük çıkmıştır. RTT ile elde edilen dağılım modelleri çalışma alanı boyunca yaygınlaştırılmış ve böylece toprak özelliklerine ait dağılım haritaları çıkartılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kestirim modelleme teknikleri, ekosistem, toprak, haritalama, CBS

### Abstract

This study was carried out to create predictive distribution maps of some physical soil properties in Akdağ mountain district from Simav-Kütahya region. To build the distribution models of soil properties, regression tree technique (RTT) was employed. RTT models of soil lime content at 10-30 cm, soil depth and general soil stoniness couldn't be built. Among the obtained tree models, according to the results of both of training (ta) and testing (tb) sets, the response variables belonging to highest explained variance ( $R^2$ ) values are Clay2 ( $R^2(\text{ta})=0.384$ ,  $R^2(\text{tb})=0.313$ ), Sand2 ( $R^2(\text{ta})=0.370$ ,  $R^2(\text{tb})=0.280$ ), Clay1 ( $R^2(\text{ta})=0.495$ ,  $R^2(\text{tb})=0.236$ ) and Sand1 ( $R^2(\text{ta})=0.404$ ,  $R^2(\text{tb})=0.233$ ) respectively. Besides mean absolute percentage error (MAPE) values of all those soil variables were less than 50 which means acceptable forecast accuracy. The obtained tree models of the other response data have low training and in particular testing  $R^2$  values. The distribution models obtained from RTT were visualized across the study area. Thus the distribution maps of the soil properties were provided.

**Keywords:** Predictive modelling techniques, ecosystem, soil, mapping, GIS



Creative Commons Atf -  
Türetilemez 4.0 Uluslararası  
Lisansı ile lisanslanmıştır.

## 1. Giriş

Son yıllarda gerek istatistiksel metotların ve coğrafi bilgi sistemlerinin geliştirilmesi ve gerekse bu metotlara yönelik yapılmış yazılım ve programlara erişimin kolaylaşması sayesinde doğa bilimleri alanında coğrafi dağılım modellemesi ile ilgili çalışmalarda önemli bir artış olmuştur.

Ekosistemlerde model tabanlı haritalama konusunda bitki ve hayvan türlerine yönelik gerçekleştirilen birçok çalışma bulunmaktadır (Şentürk, 2012; Özkan ve ark., 2015; Mert ve ark., 2016; Kıracı ve Mert, 2019; Kıracı, 2021). Canlı türlerine yönelik çalışmalar ile kıyaslandığında cansız ortam faktörlerinin model tabanlı haritalamasına yönelik çalışmalar ise çok daha düşük oranda kalmıştır.

Ekosistemin parçası olan cansız ortam faktörleri içinde toprak özelliklerinin modellenmesi ve haritalanması ile ilgili birçok ülkede ağırlıklı olarak ve Türkiye’de neredeyse tamamen jeostatistiksel yaklaşımların tercih edildiği görülmektedir (Çamoğlu ve ark., 2006; Altındal, 2011; Babagil, 2008; Turgut ve Öztaş, 2012; Gül, 2015; Gürel ve Erşahin, 2020).

Dünya genelinde toprak özelliklerinin haritalanmasında dağılım modellerinin kullanıldığı çalışma sayısının, jeostatistiksel metotların kullanıldığı çalışma sayısına göre oldukça düşük oranda kaldığı söylenebilir. Dağılım modelleri kullanılarak yapılan toprak haritalama çalışmaları içinde en dikkat çekenleri Hengl ve ark. (2004), Sulaeman ve Subagyo (2005), Penížek ve Borůvka (2006), Kuriakose ve ark. (2009), Ma ve ark. (2017), Akarsu (2018) ve Emadi ve ark. (2020) tarafından gerçekleştirilmiştir.

Toprak özelliklerinin haritalanmasında jeostatistiksel metotların kullanılması özellikle düz veya penetlen yapıları arazilerde ve yoğun örneklemenin yapıldığı yerlerde başarılı olabilir. Fakat bu metotların dağlık orman ekosistemlerinde ve örneklemenin yoğun yapılmadığı durumlarda verimli sonuçlar verme ihtimali düşüktür. Gürel ve Erşahin (2020) toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliği üzerine yazdıkları makalede, birçok araştırmacıya atıfta bulunarak bir bilgi paylaşımı yapmışlardır. Bu bilgi paylaşımından anlaşılacağı üzere jeostatistiksel metotlar ile toprak haritalamasının başarısı, haritalaması gerçekleşecek toprak özelliklerinin mesafeye bağlı sistematik değişim gösterme derecesine bağlıdır.

Toprak özelliklerinin mesafeye bağlı olarak sistematik değişim göstermesi penetlen veya düz arazilerde bulunan topraklar için geçerli olabilir.

Fakat orman topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerinde bu şekilde bir sistematik değişimin olması pek mümkün değildir. Zira orman ekosistemleri genelde dağlık alanlarda bulunmaktadır. Dağlık alanlarda toprak özelliklerinin değişiminde temel rol oynayan faktörler yeryüzü şekli, iklim özellikleri ve jeolojik formasyondur ve bu özellikler genelde mesafeye bağlı sistematik değişimler göstermezler. Orman ekosistemlerinde toprak haritalaması konusunda Kantarcı ve Tolunay (1996), Başaran ve ark. (2008), Başaran ve ark. (2011) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda yeryüzü şekli, iklim ve anakaya özelliklerinin dikkate alınması sebepleri de bu gerçeğe dayanmaktadır.

Bu yüzden dağlık orman ekosistemlerinde tahmin yöntemlerine dayalı toprak haritalama çalışmaları için daha uygun olabilecek seçenek, toprak özelliklerinin dijital iklim, topografya ve jeolojik değişkenler kullanarak modellenmesi ve haritalanmasıdır. Türkiye’de, toprak özelliklerinin dijital çevresel değişkenler (iklim ve sayısal yükselti modeli (SYM ve SYM’den türetilen topografik indis haritaları)) kullanarak modellenmesi ve haritalanması üstüne bildiğimiz kadarıyla sadece Akarsu (2018) tarafından gerçekleştirilmiş bir çalışma bulunmaktadır.

Çalışmamız Akdağ Kütlesi’nde toprak derinliği, toprak taşlılığı, toprak türü ve toplam kireç içeriğinin dijital açıklayıcı değişkenler (topografik, bioklimsel ve jeolojik haritalar) üstünden regresyon ağacı tekniği kullanarak modellenmesi ve haritalanması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın toprak haritalama konusunda planlanan veya yürürlükte olan benzer çalışmalara faydalı olacağı temenni edilmektedir.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma alanı

Çalışma alanı Kütahya’ya bağlı Simav ilçesi ile Balıkesir’e bağlı Dursunbey ilçeleri arasında yer almaktadır. Çalışma alanının en yüksek yeri 2.093 metre (m) olup 39°10’12” -39°19’48” kuzey enlemleri ile 28°40’30”- 28°55’48” doğu boylamları arasında yer almaktadır ve yaklaşık olarak 66.500 hektar (ha) alanı kapsamaktadır (Şekil 1).

Çalışma alanına ait en yakın Meteoroloji İstasyonları Simav (809 m) ve Dursunbey (637 m)’de bulunmaktadır. Dursunbey ilçesinin yıllık yağış miktarı 537,4 mm ve ortalama sıcaklığı ise 12,2°C’ olup bu değerler Simav ilçesi için sırası ile 773,6 mm ve 11,9°C’dir (Arslan ve ark., 2020). Akdağ Kütlesi’nin iklimi, Emberger metodu kullanılarak ve bu iki istasyonun verilerine dayandırılarak “Akdeniz-

li” olarak nitelendirilmiştir (Arslan ve ark., 2020).

Akdağ Kütlesi'nin alt yükseltisinde saçlı meşe (*Quercus cerris* L.) topluları yer almaktadır. Saçlı meşeye 950 m yükseltiden itibaren Anadolu karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) eşlik etmektedir. Alanın önemli kısmında karaçam saf toplular oluşturmakta, kimi yerlerde doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) ile karışım yapmaktadır. Akdağ Kütlesi'nde doğu kayını genel olarak 1.500 ile 1.850 m'lerde saf toplular oluşturmaktadır. Kütle'nin kuzey bakısında kayının saf toplulukları 1.350 m'ye kadar inebilmektedir. Akdağ Kütlesi'nde 300'den fazla damarlı bitki türü olup, bunlardan yaklaşık %12,5' endemiktir (Arslan ve ark., 2020).

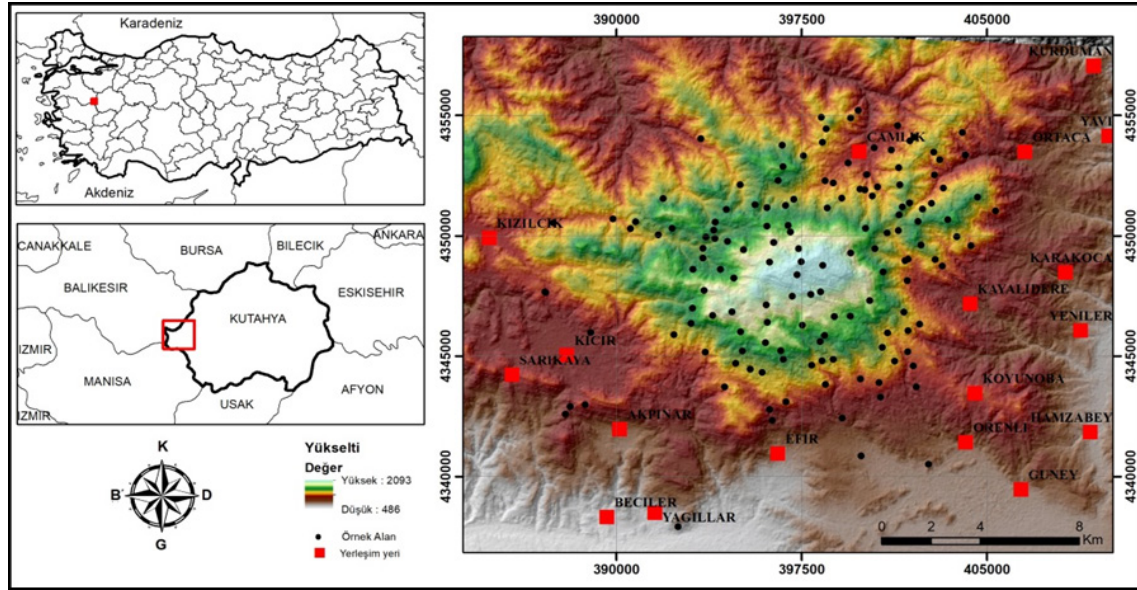
Çalışma alanında hakim anakaya türü volkanik kayalık olup alanın %44'lük kısmını kaplamaktadır. Alanın önemli bir kısmında granit-granodiyorit (%17), migmatit gnays (%7), ve konglomera-kum

taşı-kil taşı (%6) yer almaktadır. Alanın geriye kalan %26'luk kısmı diğer anakaya tipleri (dasit-andezit, kumtaşı-kiltaşı sist, andezit/ trakiandezit-dasit, dasit-riyodasit) tarafından paylaşılmıştır (MTA, 2011).

## 2.2. Arazi çalışmaları

Arazi çalışmaları başlamadan önce istikşaf gezileri yapılmış ve örneklemenin yapılacağı yerler genel olarak belirlenmiştir. Toprak örnekleme yükselti, baki, anakaya, yeryüzü şekli özelliklerini temsil edecek şekilde gerçekleştirilmiştir. Toplam 145 örnekleme alanında çalışılmıştır. Örnekleme yapıldığı yerler Şekil 1'de gösterilmiştir.

Her örnek alanda anakaya 100 cm'den daha derinde ise 100 cm'ye kadar, anakaya 100 cm'den daha derinde değil ise anakaya derinliğine kadar toprak çukuru açılmış, 0-10 cm, 10-30 cm, 30-60 cm ve 60-100 cm derinlik kademelerinden hacim silindiri ile bir litre toprak örnekleri alınmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanı haritası ve örnek alanların konumu  
Figure 1. Location map of the study area and location of the sample areas

## 2.3. Laboratuvar çalışmaları

Araziden alınan toprak örnekleri laboratuvarında hava kurusu hale geldikten sonra, kesikleri por-selen havanda parçalanarak 2 mm gözeneğe sahip elekten geçirilmiş ve tartılmıştır. Eleğin üzerinde kalan taşın hacmi belirlenmiştir (Eruz, 1984). Mililitre (mL) olarak elde edilen hacim değeri yine mL cinsinden silindir hacmine bölünerek toprak taşlılığı % olarak elde edilmiştir. 0-10 cm, 10-30 cm, 30-60 cm ve 60-100 cm derinlik kademelerinin toprak taşlılık değerleri (%) sırası ile Tas1, Tas2, Tas3 ve Tas4 olarak kodlanmıştır (Tablo 1).

Genel toprak taşlılığı % olarak (geneltas) bütün topraklarda 100 cm derinlik kademesine (standart derinlik kademesine) göre hesaplanmıştır. Eğer açılan bir toprak çukurunda bütün derinlik kademeleri yok ise, eksik olan derinlik kademesi veya kademeleri için taşlılık %'si 100 kabul edilmiştir.

$$\text{Geneltas} = \frac{\sum_{i=1}^4 w_i \text{tas}_i}{\sum_{i=1}^4 w_i} \quad (1)$$

Eşitlikte  $i$  derinlik kademelerini ( $i=1, 2, 3, 4$ ), temsil etmektedir.  $w_i$   $i$  derinlik kademesinin cm olarak kalınlık değeridir.

Toprak örneklerinin tanecik boyutuna göre sınıflandırılması Hidrometre yöntemiyle (Kroetsch ve Wang, 2008), toplam CaCO<sub>3</sub> Scheibler kalsimetresi ile (TS 8335 ISO 10693, 1996) belirlenmiştir. Toprak değişkenlerinin derinlik kademelerine göre kodları Tablo 1’de verilmiştir.

#### 2.4. Büro çalışmaları

Büro çalışmaları iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir. İlk aşama tüm verilerin bilgisayar ortamında hazırlanmasını, ikinci aşama düzenlenen verilere istatistiksel analizlerin uygulanması ve haritalanması işlemlerini kapsamaktadır.

#### 2.4.1. Verilerin hazırlanması ve depolanması

Araziden alınan örneklerin laboratuvarında gerçekleştirilen ölçümleri sonucunda elde edilen sayısal değerler Microsoft Office Excel ortamına aktarılmıştır. Örnek alanlar satırlara, her bir derinlik kademesinde elde edilen değişkenlerde sütunlara yazılarak bağımlı değişken veri matrisi istatistiksel analizler için hazır hale getirilmiştir. Ayrıca araziden WGS84 UTM Zone 35 koordinat sisteminde kaydedilen örnek alanların koordinat değerleri de ArcGIS programı yardımıyla sayısal olarak nokta formatında kaydedilmiştir. Değişkenlere ait kodlar Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Toprak değişkenlerinin (kum,kil,taşlılık) derinlik kademelerine göre kodları  
Table 1. The codes of soil variables (sand, clay, stone) according to depth levels

Açıklama	Kod	Açıklama	Kod
0-10 cm toprak kum içeriği	Kum1	60-100 cm toprak toz içeriği	Toz4
10-30 cm toprak kum içeriği	Kum2	0-10 cm toprak kireç içeriği	Kirec1
30-60 cm toprak kum içeriği	Kum3	10-30 cm toprak kireç içeriği	Kirec2
60-100 cm toprak kum içeriği	Kum4	30-60 cm toprak kireç içeriği	Kirec3
0-10 cm toprak kil içeriği	Kil1	60-100 cm toprak kireç içeriği	Kirec4
10-30 cm toprak kil içeriği	Kil2	0-10 cm toprak taş içeriği	Tas1
30-60 cm toprak kil içeriği	Kil3	10-30 cm toprak taş içeriği	Tas2
60-100 cm toprak kil içeriği	Kil4	30-60 cm toprak taş içeriği	Tas3
0-10 cm toprak toz içeriği	Toz1	60-100 cm toprak taş içeriği	Tas4
10-30 cm toprak toz içeriği	Toz2	Genel taşlılık	Geneltas
30-60 cm toprak toz içeriği	Toz3	Toprak derinliği	Topder

Bioiklim değişkenleri [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org) adresinden indirilmiş olup 30 arc saniye (yaklaşık 1 km) çözünürlüğündedir (Fick ve Hijmans, 2017). Dünya ölçeğinde paylaşımına sunulan ve ascii formatında olan bu veriler çalışma alanı sınırlarına

göre kesilerek tiff formatına çevrilmiştir. Bioiklim verileri WGS84 UTM Zone 35 koordinat sistemi tanımlanarak kaydedilmiştir. Kaydedilen bioiklim verileri Tablo 2’de belirtildiği şekilde kodlanmıştır.

Tablo 2. Bioiklim değişkenleri ve kodları  
Table 2. Bioclimatic variables and the codes

Açıklama	Kod	Açıklama	Kod
Yıllık ortalama sıcaklık	bio1_clip	En soğuk üç ay ortalama sıcaklığı (°C)	bio11_clip
Gündüz sınıf ortalaması	bio2_clip	Yıllık yağış (mm)	bio12_clip
Eş ısı	bio3_clip	En nemli ayın yağışı (mm)	bio13_clip
Mevsimsel sıcaklık (°C)	bio4_clip	En kurak ayın yağışı (mm)	bio14_clip
En sıcak ayın en yüksek sıcaklığı (°C)	bio5_clip	Mevsimsel yağış (mm)	bio15_clip
En soğuk ayın en düşük sıcaklığı (°C)	bio6_clip	En nemli üç ayın yağışı (mm)	bio16_clip
Yıllık sıcaklık (°C)	bio7_clip	En kurak üç ayın yağışı (mm)	bio17_clip
En nemli üç ay ortalama sıcaklığı (°C)	bio8_clip	En sıcak üç ayın yağışı (mm)	bio18_clip
En kurak üç ay ortalama sıcaklığı (°C)	bio9_clip	En soğuk üç ayın yağışı (mm)	bio19_clip
En sıcak üç ay ortalama sıcaklığı (°C)	bio10_clip		

Çalışma alanına ait jeoloji haritası 1/100000 ölçekli olarak MTA web sayfasından indirilmiştir (MTA, 2011). ArcGIS programı yardımı ile resim formatında indirilen bu harita, üzerindeki referans noktalar kullanılarak koordinatlandırılmıştır.

Daha sonra harita üzerinde bulunan farklı anakaya tipleri poligon halinde sayısallaştırılmış ve çalışma alanına ait sayısal jeoloji haritası elde edilmiştir. Haritada bulunan anakaya tipleri ve kodları Tablo 3’de verilmiştir.



Tablo 3. Anakaya tiplerinin açıklamaları ve kodları  
Table 3. Descriptions and the codes of bedrock types

Açıklama	Kod
Piroklastik	Jeoloji(1)
Granit-granodiyorit	Jeoloji(2)
Konglomera/konglomera-kumtaşı-kil taşı	Jeoloji(3)
Migmatit gnays	Jeoloji(4)
Diğer (Dasit-Andezit, Kumtaşı-Kiltaşı Şist, Andezit/Trakiandezit-Dasit, Dasit-Riyodasit)	Jeoloji(5)

Çalışma alanına ait toprak haritalarının oluşturulabilmesi için ArcGIS programı yardımıyla çevresel değişkenlere ait altlıklar hazırlanmıştır (Mert ve ark., 2013; Özkan, 2013a).

Çalışmada öncelikle 1/25000 ölçekli topografik haritalar kullanılarak alana ait 5 m çözünürlüğünde sayısal yükseklik modeli (SYM) oluşturulmuştur. SYM'nin oluşturulması aşamasında ilk olarak, sayısal olmayan topografik haritalar üzerindeki grid çizgilerinin çakıştığı noktalardaki koordinat değerleri girilerek, UTM (Universal Transverse Mercator, Evrensel Enlem Merkatörü) WGS84 Zone 35 koordinat sisteminde yeniden tanımlanmıştır. Daha sonra bu haritalar üzerindeki eşyükselti eğrileri sayısallaştırılarak, vektör olarak elde edilen eşyükselti eğrilerine öznitelik bilgisi olarak denizden yükseklik değeri girilmiş ve TIN yöntemi yardımıyla SYM elde edilmiştir. Oluşturulan bu yeni raster görüntüdeki her bir piksel değeri, o yerin deniz seviyesinden yüksekliğini ifade etmektedir.

Çalışma alanına ait SYM'nin yukarıda bahsedildiği şekilde oluşturulmasının ardından, çalışmada yer alacak diğer çevresel değişkenlere ait altlık haritaları bu yükseklik modeli yardımıyla üretilmiştir. Bu amaç doğrultusunda ArcGIS programı ile öncelikle eğim ve bakı haritaları elde edilmiştir. Daha sonra, Jennes (2006) tarafından hazırlanan ve bu yazılımın eklentisi olan "topography tools" eklentisi kullanılarak alana ait topografik pozisyon indeksi, arazi yüzü sınıflandırması indeksi, engebellik indeksi, topografik nemlilik indeksi, gölgelenme indeksi, sıcaklık indeksi (McCune ve Keon, 2002), farklı saatlere ait topografik aydınlanma indeksi ve solar radyasyon indeksi haritaları oluşturulmuştur.

Bütün bu aşamaların ardından ArcGIS programı içinde bulunan Raster Calculator eklentisi yardımıyla farklı denklemler kullanılarak bakı uygunluk indeksi (bui), radyasyon indeksi (ri) ve sıcaklık indeksi (si) haritaları elde edilmiştir. Bu indekslere ait haritaların elde edilmesi için kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir.

$$bui = \cos(A_{max} - A) + 1 \quad (2)$$

Eşitlik 2'de,  $A_{max}$  202,5°,  $A$  ise bakıyı ifade eder. Bakı değerleri radyan cinsinden alınmıştır. Bu denklem sonucunda elde edilen değerler 0 ile +2 arasında değişmektedir (Beers ve ark., 1966).

$$Ri = (1 - \cos((\pi/180) * (Q - 30))) / 2 \quad (3)$$

Eşitlik 3'de,  $Q$  bakı değerini temsil etmektedir. Radyasyon indeksi ( $Ri$ ) değerleri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Kuzey-kuzeydoğu yönündeki alanlarda değerler 0'a doğru yaklaşırken, daha sıcak ve kurak olan güney-güneybatı yönünde ki alanlarda ise 1'e doğru yaklaşmaktadır (Moisen ve Frescino, 2002; Wei ve ark., 2010; Brown Jr. ve Ahl, 2011).

$$si = (\cos(A_{max} - A) + 1) \times \tan(\text{eğim}) \quad (4)$$

Eşitlik 4'de,  $A_{max}$  202,5°,  $A$  ise bakıyı ifade eder. 202,5° sıcak güney yönü temsil etmekte olup güney batıya bakan yamaçların en büyük ısı yüküne sahip olduğu varsayılmaktadır (Parker, 1988; Austrheim ve ark., 1999).  $si$  değerleri -1 ile +1 arasında değişmektedir.

SYM tabanlı elde edilen tüm çevresel değişkenlere ait altlık haritalarının kodları Tablo 4'de verilmiştir.

Örnek alan yerleri, bioiklim haritaları ve çevresel değişkenler için üretilen altlık haritalarının tamamı aynı koordinat sisteminde kaydedilmiş ve hepsi depolanmıştır. Daha sonra ArcGIS programı içerisinde bulunan Extract Multi Values To Points eklentisi yardımıyla örnek alanların düştüğü tüm altlık haritalardaki değerler çekilerek modelleme aşamasında kullanılacak veri matrisi elde edilmiş ve dbf formatındaki bu matris Microsoft Office Excel yardımıyla csv formatına dönüştürülmüştür.

#### 2.4.2. Tanımlayıcı istatistiksel analizler, modelleme ve haritalama

Toprak değişkenlerinin ortalama ve %95 olasılıkla alt ve üst sınır güven aralıklarının hesaplamaları için kullanılan formüller aşağıda verilmiştir.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (5)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

Eşitliklerde,  $n$  örnekleme yer alan değerlerin toplam sayılarını (örneklem büyüklüğünü),  $x_i$  örneklem içindeki  $i$ . değeri ve  $\bar{x}$  örnekleme bulunan bütün değerlerin ortalamasını ve  $\sigma$  standart sapmayı temsil etmektedir. Buradan %95 önem seviyesinde güven aralıklarının alt ve üst sınırları eşitlik 7.1 ve eşitlik 7.2 kullanılarak belirlenir (Ci ve Rule, 1987; Weerahandi, 1995).

Tablo 4. SYM tabanlı çevresel değişkenlerin (topografik değişkenlerin) açıklamaları ve kodları  
Table 4. Descriptions and the codes of DEM based environmental variables (topographic variables)

Açıklama	Kod	Açıklama	Kod
Bakı uygunluk indeksi	bui	Topoğrafik pozisyon indeksi	tpi
Topografik nemlilik indeksi	cti	Yükselti	dem5m
Eğim (Derece)	egim_drc	Sıcaklık indeksi (Beer)	bersaspct
Bakı	baki	Solar aydınlanma 06:00	rel6am
Gölgelenme	hilshade	Solar aydınlanma 08:00	rel8am
Arazi yüzü sınıflandırması 1	Indfrm3_5	Solar aydınlanma 10:00	rel10am
Arazi yüzü sınıflandırması 2	Indfrm5_11	Solar aydınlanma 12:00	relnoon
Engebелilik 1	rgtns_3	Solar aydınlanma 14:00	rel2pm
Engebелilik 2	rgtns_5	Solar aydınlanma 16:00	rel4pm
Radyasyon indeksi	ri	Solar aydınlanma 18:00	rel6pm
Pürüzlülük	rughnes_3	Solar aydınlanma 20:00	rel8pm
Sıcaklık indeksi	si	Solar aydınlanma indeksi	solarilum
Solar radyasyon indeksi	solarrad		

$$alt\ sınır = \bar{x} - 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (7.1)$$

$$üst\ sınır = \bar{x} + 1,96 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (7.2)$$

Ortalama ve alt ve üst sınır güven aralıkları kil, kum, toz, toplam kireç ve toprak iskelet içeriğinin her biri için derinlik kademelerine (0-10 cm, 10-30 cm, 30-60 cm ve 60-100 cm) göre görselleştirilmiştir. Ortalama ve güven aralığı hesap ve grafikleri SPSS programı kullanılarak elde edilmiştir.

Toprak derinliği ve genel iskelet içeriği için güven aralığı hesapları yapılmamıştır. Toprak derinliği ve genel iskelet içeriği için sadece sınıflara dağılım grafikleri verilmiştir. Grafikler toprak derinliği için sığ (0-30 cm), orta derin (31-60 cm), derin (>61 cm) sınıflarına göre, genel iskelet içeriği için taşsız-az taşlı (0-25), orta taşlı (26-50), çok taşlı (51-80), iskelet (litosolik) (81-100) sınıflarına göre oluşturulmuştur.

Çalışmanın modelleme aşamasında regresyon ağacı tekniği (RTT) kullanılmıştır. RTT, değişkenler içerisinden en iyisini seçme ve ortaya çıkan ilişkileri açıklamada kullanılmaktadır. Basit kural tabanına sahip parametrik olmayan bu tekniğin amacı, bağımlı değişkene göre bağımsız değişkenlerden oluşan veri matrisini parçalayarak homojen alt gruplara ayırmaktır (De'ath ve Fabricius, 2000; Özkan 2012). Alt grupların oluşturulmasında veri, ağaç şeklinde dallanarak hiyerarşik bir düzen içerisinde sıralanmaktadır. Alt gruplardaki düğümler ayrımı yapan değişkenleri temsil etmektedir. Bu nedenle, alt gruplara ayrılan bağımlı değişkenlerin eşik değerlerinde düğümler oluşmaktadır. İlk düğüm noktasından son düğüm noktasına kadar her sınıf ayrımında kurallar kullanılarak hem katego-

rik hem de sürekli bağımlı değişkenler modellenmektedir (Breiman ve ark., 1984; De'ath ve Fabricius, 2000; Navarrete ve Espinosa, 2011; Özkan, 2012).

Model değerlendirmesinde kullanılan birçok eşitlik bulunmaktadır. Bu çalışmada, ağaç modellerin hem eğitim seti hem de test seti performans değerlendirme belirleme katsayısı  $R^2$  ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Zira model performans değerlendirmesinde en yaygın olarak  $R^2$  (Aertsen ve ark., 2010) ve MAPE (Goodwin ve Lawton, 1999; Moreno ve ark., 2013) kullanılmaktadır.

$$R^2 = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(\hat{y}_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}} \right]^2, \quad 0 \leq R^2 \leq 1 \quad (8)$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{100|\hat{y}_i - y_i|}{y_i} \quad (9)$$

Eşitliklerde bulunan  $y_i$  gözlenen değerleri,  $\hat{y}_i$  modellenen değerleri,  $\bar{y}$  gözlenen değerlerinin ortalamasını ve  $\bar{\hat{y}}$  modellenen değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.

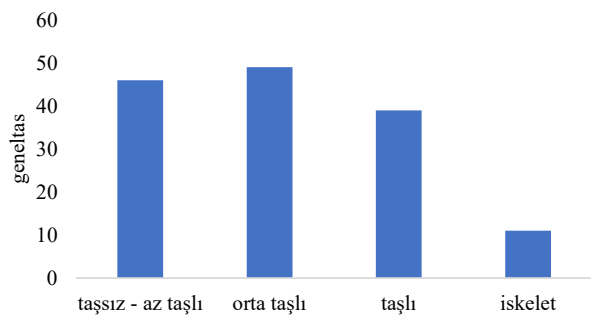
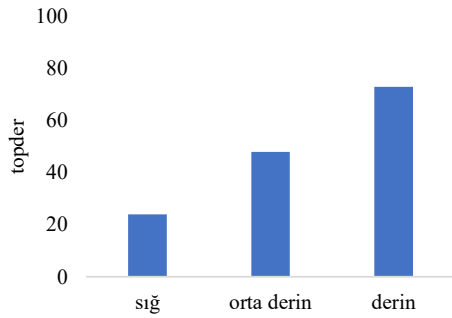
Model performans değerlendirmesinde öncelikle  $R^2$  değerleri dikkate alınmıştır.  $R^2$  değerleri yeterli bulunan modellerin performans değerlendirmesinde MAPE sonuçları dikkate alınmıştır. MAPE sonuçlarına dayanarak model performansı Lewis (1982)'ye atfen Moreno ve ark. (2013) tarafından verilen aralık değerlerine göre değerlendirilmiştir (Tablo 5).

RTT ile elde edilen modellerdeki kurallar ArcGIS programında bulunan Raster Calculator eklentisi ile yaygınlaştırılmıştır. Regresyon ağacındaki dal-

lanmanın son bulduğu her bir düğüm noktası için Con (Şart) komutu ile düğüm noktasını şekillendiren bağımsız değişkenlerin ayırım değerlerini içeren kurallar yazılarak yaygınlaştırılmıştır. En son olarak da yaygınlaştırılan tüm düğüm noktaları değerleri toplanarak ilgili bağımlı değişken için nihai harita elde edilmiştir.

Tablo 5. MAPE değerleri yorum tablosu  
Table 5. Interpretation table of MAPE values

Değerlendirme	
<10	Yüksek doğrulukta kestirim
10-20	Güvenilir kestirim
20-50	Kabul edilebilir kestirim
>50	Zayıf (güvenirliliği düşük) kestirim



Şekil 2. Araştırma alanında açılan toprak çukurlarının mutlak toprak derinlik sınıflarına (sığ (0-30 cm), orta derin (31-60 cm), derin (>61 cm)) ve genel iskelet içeriği sınıflarına göre dağılımları (Taşsız-az taşlı (0-25), orta taşlı (26-50), çok taşlı (51-80), iskelet (litosolik) (81-100))

Figure 2. Distribution of soil pits drilled in the research area according to absolute soil depth classes (shallow (0-30 cm), medium deep (31-60 cm), deep (> 61 cm)) and general skeleton content classes (Stoneless or less stony (0-25), medium stony (26-50), stony (51-80), skeleton (lithosolic) (81-100))

Derinlik kademelerine göre toprak değişkenlerinin ortalama ve güven aralığı (CI) değerleri Şekil 3'de verilmiştir. Toprak kum içeriği ortalama değerleri yüzeyden derine doğru azalış göstermekte, güven aralığı sınır değerleri ise yüzeyden derine doğru genişlemektedir. Toz içeriği ortalama değerleri yüzeyden derinlere doğru hafif bir artış trendi göstermektedir. Ancak bu durum kum içeriğinin derinliğe bağlı değişimi kadar bariz değildir. Toz içeriklerinin derinlik kademelerine göre güven aralığı değerleri arasında çok önemli fark bulunmamaktadır. Toprakların kil içeriği ortalama değerleri yüzeyden derine kadar oldukça bariz bir artış eğilimi göstermektedir. Kil içeriğinin derinlik kademelerine göre güven aralıkları değişimi kum içeriğinin güven aralıkları değişimine paralel bir seyir izlemekte olup yüzeyden derine doğru genişlemektedir. Bu sonuçlar toprakların tekstür sınıflarının belirlenmesinde kum ve kil içeriklerindeki değişimin belirleyici rol oynadığını göstermektedir.

Toprakların kireç içeriği genellikle düşük olup, en dar güven aralıkları 0-10 cm ve 60-100 cm ve en

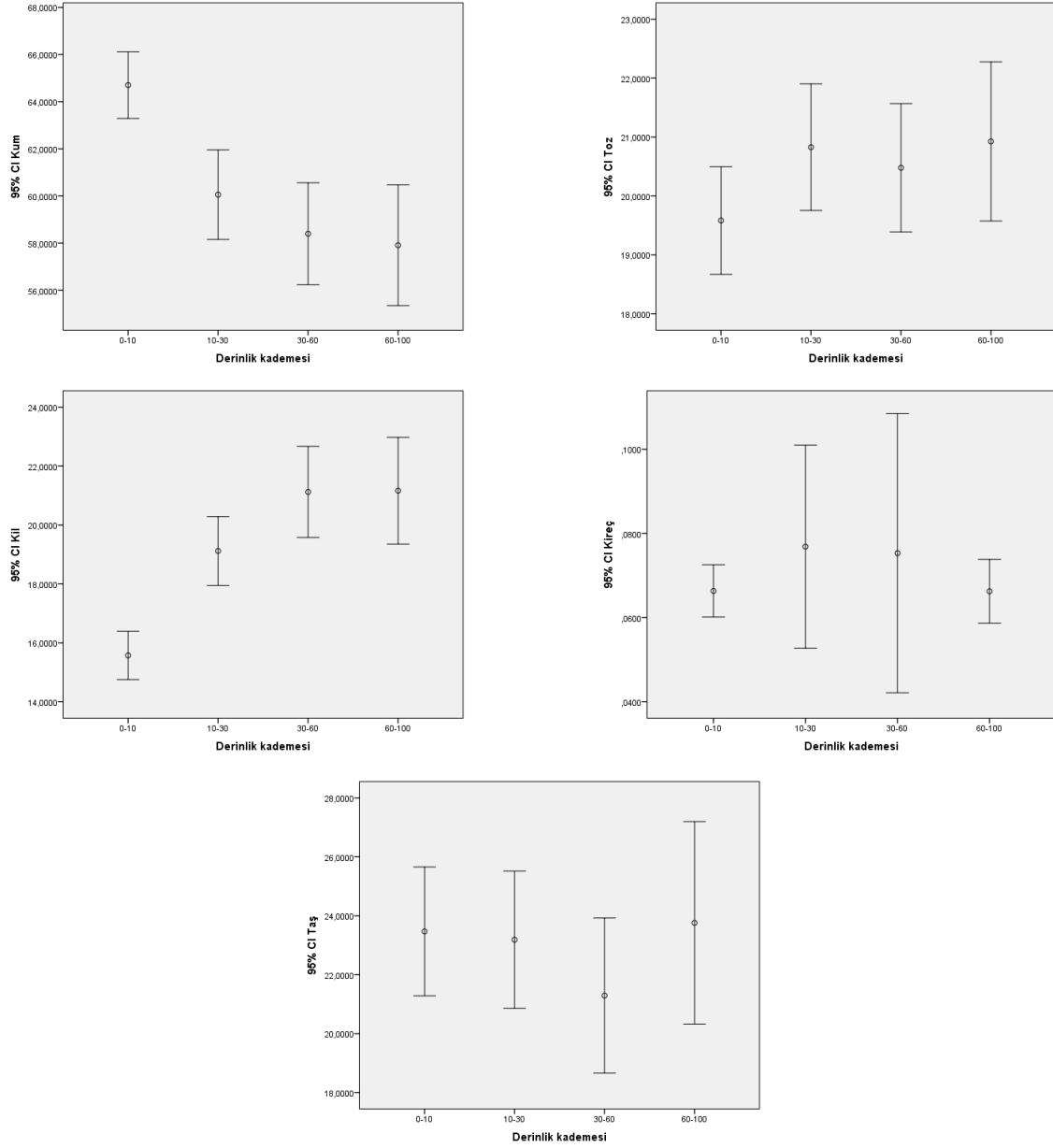
### 3. Bulgular

#### 3.1. Toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik bulguları

Toprak derinliği (Topder) sınıflarına ve genel toprak iskelet içeriği (Geneltas) sınıflarına göre dağılımlar Şekil 2'de verilmiştir. Şekil 2'den görüleceği üzere araştırma alanında derin toprakların oranı sığ ve orta derin topraklarının oranından çok daha fazladır. Derin toprakların oranı %50,3 iken, orta derin toprakların oranı %33,1 ve sığ toprakların oranı %16,5'dir. Araştırma alanındaki toprakların sadece %7,6'lık kısmında taşlılık %80'in üstündedir. Bunu %26,9 ile taşlı topraklar sınıfı, %33,8 ile orta taşlı topraklar sınıfı ve %31,7 ile taşsız-az taşlı topraklar sınıfı izlemektedir.

geniş güven aralıkları 10-30 cm ve 30-60 cm derinlik kademelerine denk gelmektedir. Bu durumun sebebi büyük ihtimalle 0-10 cm derinlik kademesinde hemen hemen bütün topraklarda kirecin yıkanmış olması ve 60-100 cm derinlik kademesinde anamateryal veya anakaya etkisinin dominant olması ile ilgilidir. Zira çalışma alanında genelde kireçsiz anakaya türleri yayılış göstermektedir. Kireç içeriklerinin orta derinlik kademelerinde geniş güven aralıklarına sahip olması ise bu derinlik kademelerinde yıkanma ve birikme olaylarının coğrafi konum ve anakaya özelliklerine bağlı olarak farklı şekillerde gerçekleşmesi ile ilgili olabilir.

Toprakların iskelet içeriği bakımından ortalama değer değişimi yüzeyden 30-60 cm derinlik kademesine kadar azda olsa bir azalış göstermekte, 60-100 cm derinlik kademesinde ise artmaktadır. Toprakların iskelet içeriği güven aralıkları 0-10 cm, 10-30 cm ve 30-60 cm derinlik kademelerinde birbirlerine yakın genişliklere sahiptir. 60-100 cm derinlik kademesinde güven aralığı değerindeki genişleme, anakaya farklılıklarının bir sonucu olabilir.



Şekil 3. Derinlik kademelerine göre kum, toz, kil, toplam kireç ve % iskelet içeriğinin ortalama ve güven aralığı (CI) değerleri  
 Figure 3. Average and confidence interval (CI) values of sand, silt, clay, total lime and % coarse fraction (2 mm<) content according to the depth levels

### 3.2. Modelleme ve haritalama bulguları

#### 3.2.1. Genel toprak derinliği ve genel toprak iskelet içeriği

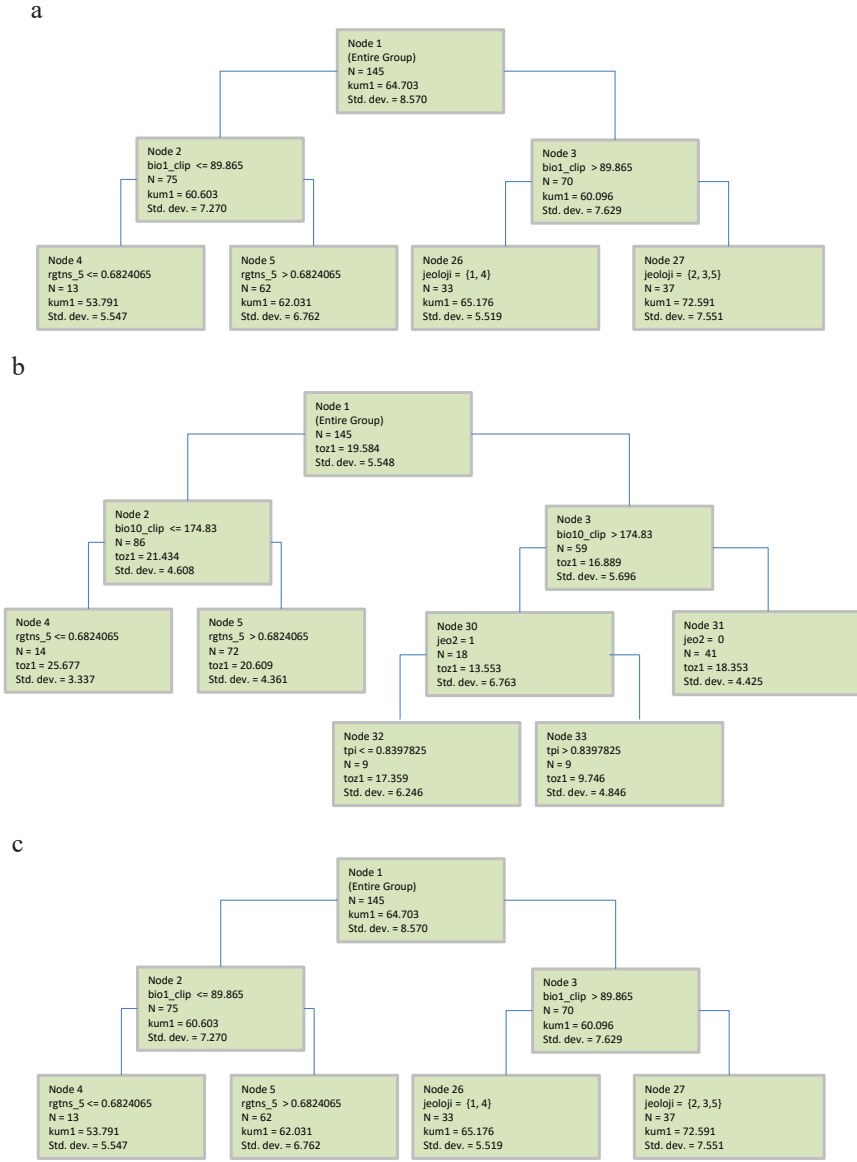
Regresyon ağacı tekniği (RTT) toprak derinliği (Topder) ve genel toprak taşlılığı (Geneltas) için uygulanmış, fakat bu iki toprak özelliğinin her ikisi için de değer arz edecek modelleme sonuçları elde edilememiştir. Zira her iki değişken için  $R^2$ (tb) (test seti  $R^2$  değeri)  $<0,05$  çıkmıştır. Bu yüzden topder ve Geneltas için haritalama işlemleri gerçekleştirilememiştir.

Araştırma alanı için toprak derinlik haritalaması gerçekleştirilemediğinden, orta derin ve derin toprakların coğrafi konumları tespit edilememiştir. Bu yüzden 30-60 cm ve 60-100 cm derinlik kademelerine ait toprak özellikleri için modelleme işlemlerine girilmeye gerek duyulmamıştır.

#### 3.2.2. Toprak türü (kum, toz ve kil)

Toprakların 0-10 cm derinlik kademesinde kum, toz ve kil içeriklerine (Kum1, Toz1, Kil1) ait ağaç modeller Şekil 4'de verilmiştir.





Şekil 4. Kum1(a), Toz1(b) ve Kil(c) dağılım modelleri  
Figure 4. Distribution models of sand1 (a), silt1 (b) and clay1 (c)

Toprağın 0-10 cm kum içeriği (Kum1) için elde edilen ağaç modelin (Şekil 4a) eğitim veri seti  $R^2$  değeri 0,404, test veri seti  $R^2$  değeri 0,233 olarak tespit edilmiştir. Modelde yıllık ortalama sıcaklık (bio1\_clip) değerinin 89,865'den ve engebelilik (rgtns) değerinin 0,682 değerinden küçük olduğu alanlarda Kum1 içeriğinin en düşük değere sahip olduğu görülmektedir. Modelde Kum1 içeriğinin en yüksek değerleri bio1 değeri 89,867 değerinden büyük olduğu granit-granodiyorit, konglomera/konglomera-kumtaşı-kil taşı ve diğer olarak gruplandırılan dasit-andezit, kumtaşı-kiltaşı şist, andezit/trakiandezit-dasit, dasit-riyodasit (Jeoloji 2, 3 ve 5) anakaya türlerinin bulunduğu alanlara denk gelmektedir. Kum1'in modeli yaygınlaştırılma-

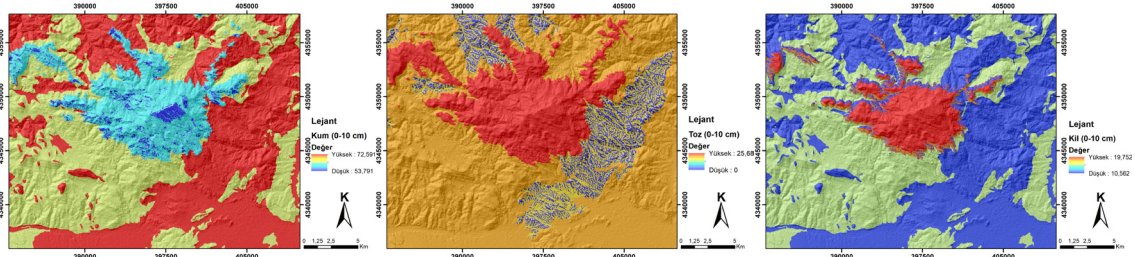
rak haritalanmıştır (Şekil 5a).

Toz1 modelinin eğitim veri seti  $R^2$  değeri 0,35 iken test veri seti oldukça düşük bir değerde kalmıştır ( $R^2$ (tb)= 0,06). Modelde Toz1 değerleri, en sıcak üç ayın ortalama sıcaklığı (bio10\_clip) değerinin 174,83 değerinden ve engebelilik (rgtns) değerinin 0,68'den küçük olduğu alanlarda en yüksek değeri almıştır. Bu değişkenin en düşük değeri ise bio10\_clip değerinin 174,83 değerinden büyük olduğu granit-granodiyorit (Jeoloji 2) anakaya grubunun bulunduğu ve topografik pozisyon indeksi (tpi) değerinin 0,84'den büyük olduğu alanlara denk gelmiştir (Şekil 4b). Modelin görseli Şekil 5b'de verilmiştir.

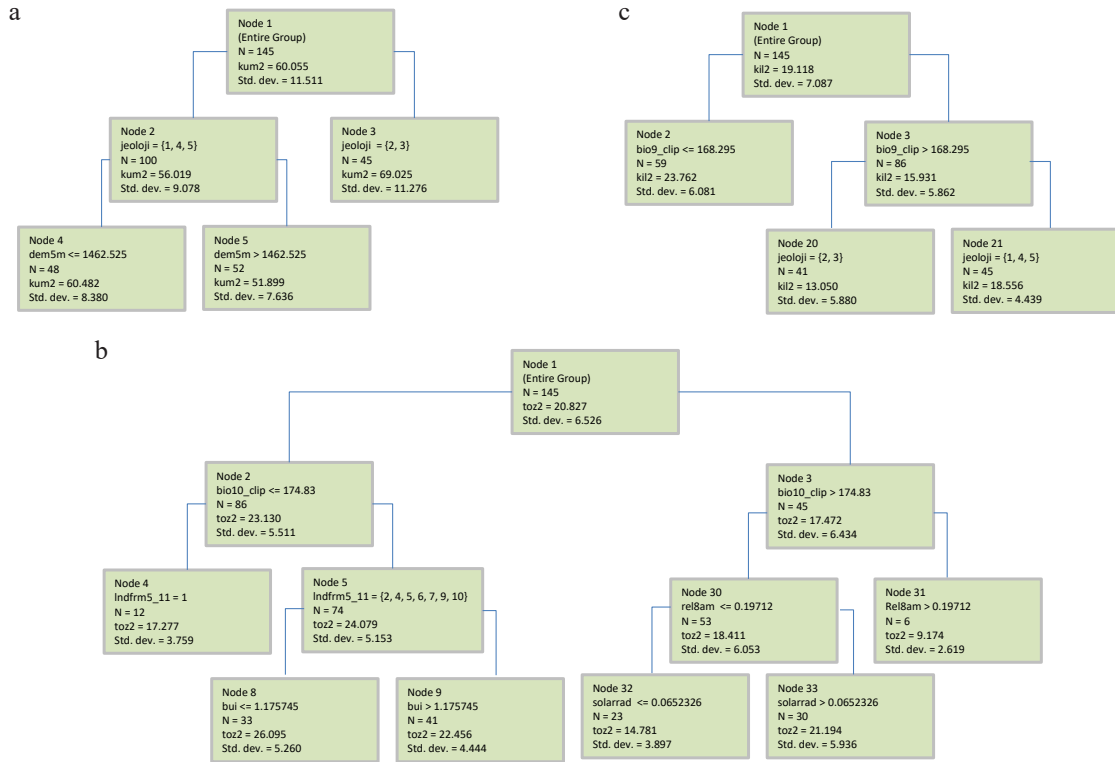
Toprağın 0-10 cm kil içeriğine (Kil1) ait ağaç modeli yapılandırılan açıklayıcı değişkenler en soğuk üç ayın ortalama sıcaklığı (bio11\_clip), jeoloji ve solar radyasyon indeksi (solarrad) olmuştur (Şekil 4c). Ağaç modelin eğitim veri seti  $R^2$  değeri 0,495 iken test veri seti  $R^2$  değeri 0,236 olarak bulunmuştur. Model, Kil1 içeriğinin bio11\_clip değişkeninin 0,17'den küçük olduğu alanlarda en fazla olduğu-

nu, bio11\_clip değerinin 0,17 değerinden büyük ve solarrad değerinin 0,183'den büyük olduğu alanlar ise en düşük olduğunu göstermektedir (Şekil 4c). Modelin araştırma alanı boyunca uygulaması elde edilen harita Şekil 5c'de verilmiştir.

Toprakların 10-30 cm derinlik kademesinde kum, toz ve kil içeriklerine (Kum2, Toz2, Kil2) ait ağaç modelleri Şekil 6'de verilmiştir.



Şekil 5. Toprakların 0-10 cm derinlik kademesinde Kum1(a), Toz1(b) ve Kil1(c) içeriklerinin dağılım haritaları  
Figure 5. Distribution maps of Sand1 (a), Silt1 (b) and Clay1 (c) contents in the 0-10 cm depth level of soils



Şekil 6. Toprakların Kum2(a), Toz2(b) ve Kil2(c) dağılım modelleri  
Figure 6. Distribution models of soils, Sand2 (a), Silt2 (b) and Clay2 (c)

Şekil 6a'da görüleceği üzere Kum2'nin model parametreleri anakaya (jeoloji) ve yükselti (dem5m) olmuştur ( $R^2$ (ta)= 0,370 ve  $R^2$ (tb)= 0,280). Elde edilen ağaç modele göre, Kum2 değişkeni piroklastik (Jeoloji1), granit-granodiyorit (Jeoloji2) ve diğer olarak gruplandırılan dasit-andezit, kumtaşı-kiltaşı şist, andezit/trakiandezit-dasit, dasit-ri-

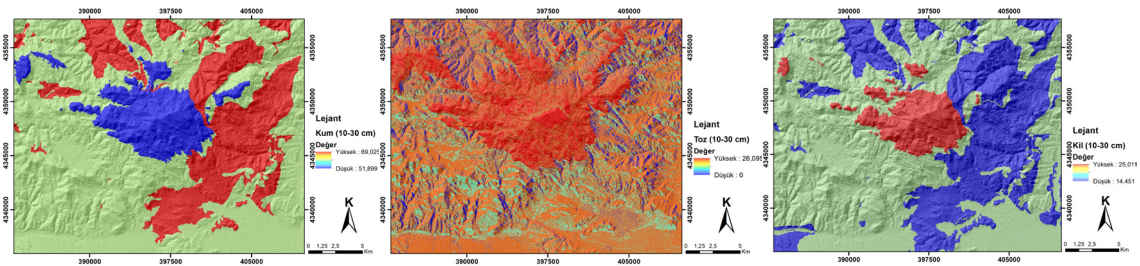
yodasit (Jeoloji5) anakaya türlerinin bulunduğu ve dem5m değerinin 1462,5'den büyük olduğu alanlarda en düşük değere sahiptir. Kum2'nin en yüksek değeri granit-granodiyorit (Jeoloji2) ve konglomera/ konglomera-kum taşı-kil taşı (Jeoloji3) anakaya türlerinin bulunduğu alanlarda olmuştur. Ağaç modelin araştırma alanı boyunca yaygınlaş-

tırılması ile elde edilen dağılım haritası Şekil 7a'da verilmiştir.

Toz2 için elde edilen regresyon ağacı modelinde  $R^2(\text{ta})=0,459$  iken,  $R^2(\text{tb})=0,167$  olarak bulunmuştur. Modelde Toz2 değişkeninin en sıcak üç ayın ortalama sıcaklığı (bio10\_clip) değerinin 174,83'den büyük olduğu ve solar aydınlanma 08:00 (rel8am) değerinin 0,19712'den büyük olduğu alanlarda en düşük, bio10\_clip değerinin 174,83'den küçük olduğu, sığ vadi, U şeklinde vadi, düzlük-ovalık, üst yamaç, hafif eğimli tepe ve dağ zirvesi yüzeylerinin olduğu ve bakı uygunluk indeksi değerinin 1,175745'den küçük olduğu alanlarda en yüksek

olduğu tespit edilmiştir (Şekil 6b). Bu değişkenin dağılım haritası Şekil 7b'de verilmiştir.

Kil2'nin regresyon ağacı modelinde  $R^2(\text{ta})=0,384$  ve  $R^2(\text{tb})=0,313$  olarak tespit edilmiştir. Oluşturulan model incelendiğinde Kil2 en kurak üç ayın ortalama sıcaklığının (bio9\_clip) 168,30'dan küçük olduğu alanlarda en yüksek değer alırken, bio9\_clip değerinin 168,30'dan büyük olduğu, granit-granodiyorit (Jeoloji2) ve konglomera/konglomera-kumtaşı-kil taşı (Jeoloji3) ile kaplı alanlarda en küçük değere sahip olmuştur (Şekil 6c). Modelin uygulaması ile elde edilen Kil2 haritası Şekil 7c'de verilmiştir.



Şekil 7. Toprakların 10-30 cm derinlik kademesinde Kum2(a), Toz2(b) ve Kil2(c) içeriklerinin dağılım haritaları  
Figure 7. Distribution maps of Sand2 (a), Silt2 (b) and Clay2 (c) contents of soils in the depth level of 10-30 cm.

### 3.2.3. Toprak iskelet içeriği ve toplam kireç içeriği

Toprakların iskelet içeriği ve toplam kireç içeriği için uygulanan RTT sonucu 10-30 cm derinlik kademesindeki toplam kireç içeriği için ( $R^2(\text{ta}) < 0,20$  ve  $R^2(\text{tb}) < 0,05$ ) değer arz edecek bir ağaç model elde edilememiştir. Toprakların iskelet içeriği (Tas1 ve Tas2) ve 0-10 cm derinlik kademesindeki toplam kireç içeriği (Kirec1)'ne ait ağaç modeller Şekil 8'de verilmiştir.

Tas1 modelinin eğitim veri seti  $R^2$  ( $R^2(\text{ta})$ ) değeri 0,224, test veri seti  $R^2$  ( $R^2(\text{tb})$ ) değeri 0,123 olarak tespit edilmiştir. Modelde piroklastik (Jeoloji1) ve diğer olarak sınıflandırılan dasit-andezit, kumtaşı-kiltaşı, şist, andezit/trakiandezit-dasit, dasit-riyodasit (Jeoloji5) değişkenlerinin bulunduğu, sıcaklık indeksi değerinin 1,83'den büyük olduğu alanlarda Tas1 içeriğinin en düşük değer içerdiği görülmektedir. Tas1 sıcaklık indeksi değerinin (bersaspect) 1,83 den büyük olduğu alanlarda ise en yüksek değere sahiptir (Şekil 8a). Tas1 ağaç modelinin görseli Şekil 9a'da verilmiştir.

Tas2'nin ağaç modelini yapılandıran çevresel değişkenler, en sıcak üç ayın ortalama sıcaklığı (bio10\_clip) ve topografik pozisyon indeksi (tpi) olmuştur ( $R^2(\text{ta})=0,238$  ve  $R^2(\text{tb})=0,101$ ). Modelde Tas2 içeriğinin bio10\_clip değerinin 176,075'den ve tpi değerinin 2,49'dan büyük olduğu alanlarda

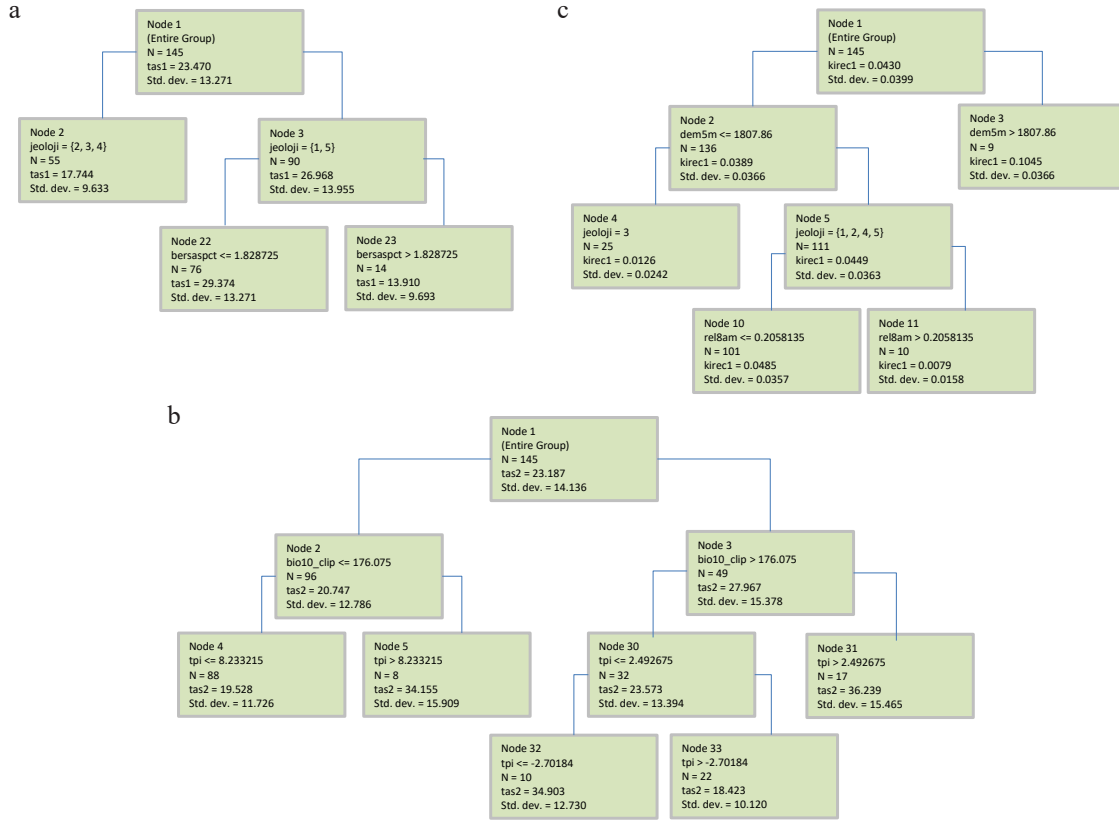
en yüksek, tpi değerinin 2,5 ile -2,7 arasında olduğu alanlarda en düşük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 8b). Tas2 dağılım haritası Şekil 9b'de verilmiştir.

Kirec1 ağaç modeli yükselti (dem5m), anakaya (Jeoloji) ve solar aydınlanma indeksi (rel8am) tarafından yapılandırılmıştır ( $R^2(\text{ta})=0,315$  ve  $R^2(\text{tb})=0,093$ ). Elde edilen ağaç modele göre Kirec1 içeriği en yüksek değerini dem5m'nin 1807,9'dan büyük olduğu alanlarda almaktadır. Kirec1'e ait en düşük değer dem5m'nin 1807,9'dan küçük, rel8am'ın 0,206'dan büyük olan, piroklastik (Jeoloji1), granit-granodiyorit (Jeoloji2), migmatit gnays (Jeoloji4) ve diğer olarak sınıflandırılan dasit-andezit, kumtaşı-kiltaşı, şist, andezit/trakiandezit-dasit, dasit-riyodasit (Jeoloji5) ile kaplı alanlara denk gelmektedir (Şekil 8c). Kirec1'e ait ağaç modelin yaygınlaştırılması ile elde edilen harita Şekil 9c'de verilmiştir.

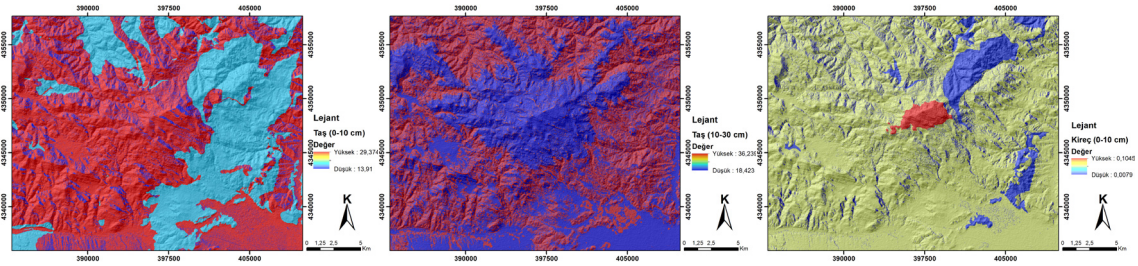
### 3.2.4. Ağaç modellerin performans bulguları

Haritalaması gerçekleştirilen modellerden Toz1'in test setine ait belirleme katsayısı  $R^2$  (tb) önem düzeyi 0,05 seviyesinde olup ( $p < 0,05$ ), diğer modellerin tamamı hem eğitim seti belirleme katsayısı ( $R^2$  (ta)) hem de test seti belirleme katsayısı ( $R^2$  (tb)) değerleri itibariyle istatistiksel olarak 0,01 seviyesinde önemlidir ( $p < 0,01$ ).

Modeller test verisinin ortalama mutlak yüzde hata



Şekil 8. Toprakların 0-10 cm iskelet içeriği (Tas1) (a), 10-30 cm iskelet içeriği (Tas2) (b) ve 0-10 cm toplam kireç içeriği (Kirec1) (c) dağılım modelleri  
 Figure 8. Distribution models of 0-10 cm skeleton (2 mm<) content (Tas1) (a), 10-30 cm skeleton (2 mm<) content (Tas2) (b) and 0-10 cm total lime content (Lime1) (c)



Şekil 9. Toprakların 0-10 cm iskelet içeriği (Tas1) (a), 10-30 cm iskelet içeriği (Tas2) (b) ve 0-10 cm toplam kireç içeriği (Kirec1) (c) dağılım haritaları  
 Figure 9. Distribution maps of 0-10 cm skeletal content (Tas1) (a), 10-30 cm skeletal content (Tas2) (b) and 0-10 cm total lime content (Lime1) (c)

(MAPE) değerleri itibarıyla değerlendirildiğinde, Kum1 modeli yüksek doğrulukta kestirim sınıfında yer alırken, Kum2 modeli güvenilir kestirim sınıfında yer almaktadır. Kabul edilebilir kestirim sınıfında yer alan toprak değişkenleri ise Kil1, Kil2, Toz1, Toz2 ve Kirec1 olmuştur. MAPE değerleri itibarıyla Tas1 ve Tas2 güvenilirliği düşük sınıfta yer almıştır (Tablo 6).

Modellere ait performans değerlendirme hesapları özetlenerek Tablo 6'da verilmiştir.

#### 4. Tartışma, Sonuçlar ve Öneriler

Türkiye'de özellikle son yıllarda ekolojik araştırmalarda tür dağılımının (Şentürk, 2012; Özkan, 2013b; Özkan ve ark., 2015; Mert ve ark., 2016), tür verimliliğinin (Kaya, 2020) ve tür çeşitliliğinin (Gülsoy ve Özkan, 2008; Özkan ve Süel, 2008) model tabanlı haritalama çalışmalarına ağırlık verildiği görülmektedir. Bu çalışmalarda dağılım haritalarını oluşturan modellerin hemen hepsi topografik, iklimik ve jeolojik değişkenler tarafından



Tablo 6. Ağaç modellerin eğitim ve test setlerine ait R<sup>2</sup> ve MAPE değerleri  
Table 6. R<sup>2</sup> and MAPE values of training and test sets of the tree models

	Eğitim seti		Test seti	
	R <sup>2</sup>	MAPE	R <sup>2</sup>	MAPE
Kum1	0,4038	8,7952	0,2333	9,6597
Toz1	0,3524	21,507	0,0595	27,222
Kil1	0,4954	20,218	0,2364	24,423
Kum2	0,3689	13,148	0,2823	14,062
Toz2	0,4591	21,061	0,1673	26,378
Kil2	0,384	27,617	0,3127	28,485
Tas1	0,2245	83,105	0,1233	84,103
Tas2	0,2384	89,410	0,1011	91,512
Kirecl	0,3145	37,066	0,0926	42,434

yapılandırılmıştır. Toprak özellikleri bu dağılım modellerinde yer almamıştır. Bunun sebebi topografik, iklimik ve jeolojik özelliklere ait dijital verilerin dünyanın hemen her yeri için temin edilebilmesi fakat çok özel alanlar haricinde toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine ait haritaların bulunmamasıdır.

Toprak özellikleri bitki türlerinin dağılımı, verimliliği ve çeşitliliğini doğrudan etkileyen cansız faktörlerin tamamını içinde barındırmaktadır. Bundan dolayı toprak özelliklerinin dağılım modellemesinde açıklayıcı değişkenler olarak yer almaması önemli bir eksikliklerdir. Bu eksikliğin giderilmesi yönünde yapılacak çalışmalara ihtiyaç olduğu kesindir.

Bu çalışma Akdağ Kütlesi'nde bazı fiziksel toprak özelliklerinin model tabanlı haritalanması amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Çalışmada toprak derinliğinin, toprak iskelet içeriğinin, toprak türünün ve toplam kireç içeriğinin modellenmesi ve haritalanması amaçlanmıştır. Bu toprak özelliklerinin seçilme sebebi onların toprak özellikleri içindeki en kararlı değişkenler olması ve diğer toprak özelliklerinin (özellikle toprak organik maddesi ve toplam azot içeriği) muhtevası, miktarı ve dağılımında belirleyici roller üstlenmesinden kaynaklanmaktadır.

Çalışmada 145 örnek alan seçilmiş, bu örnek alanların enlem ve boylam değerleri kaydedilmiş, toprak çukuru kazılıp toprak derinliği ölçülmüş ve belirlenen derinlik kademelerinden (0-10 cm, 10-30 cm, 30-60 cm, 60-100 cm) bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde bahsi geçen toprak özellikleri Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü (Eskişehir) laboratuvar ortamında belirlenmiş ve analiz sonuçları excel ortamında depolanmıştır.

Modelleme için regresyon ağacı tekniği (RTT)

kullanılmıştır (Yohannes ve Webb, 1999; Breiman ve ark., 1984; De'ath ve Fabricius, 2000; Özkan, 2012). Ağaç modellerin oluşturulması esnasında onların aşırı eğitimini engellemek (optimal ağacı elde etmek) için 10 katlı çapraz geçerlilik testi uygulanmıştır (Moore, 2001; Özdemir ve Karnieli, 2011; Berrar, 2019). Böylece her ağaç modelin hem eğitim seti (ta) hem de test seti (tb) için belirleme katsayı (R<sup>2</sup>) ve ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değerleri elde edilmiştir. Burada belirtmekte fayda vardır ki, modellerin güvenilirliğinde test seti R<sup>2</sup> ve/veya MAPE değerleri eğitim seti R<sup>2</sup> ve/veya MAPE değerlerinden çok daha büyük bir öneme sahiptir. Zira test seti R<sup>2</sup> ve/veya MAPE değerleri analize girmeyen veriye modelin uygulanması ile elde edilmektedir.

Toplam 12 toprak özelliği bağımlı değişken (toprak derinliği, genel toprak taşlılığı, 0-10 cm kil, kum, toz, toplam kireç ve iskelet içeriği ile 10-30 cm kil, kum, toz, toplam kireç ve iskelet içeriği) olarak modelleme işlemlerine alınmıştır. Bu değişkenlerden üç tanesinin (toprak derinliği, genel toprak iskelet içeriği ve 10-30 cm toplam kireç içeriği) dağılım modelleri çıkartılamamıştır. Bunun sebebi bu toprak özelliklerinin açıklayıcı değişkenler ile olan ilişkilerinin dikkate alınamayacak derecede zayıf olması ve bundan dolayı test veri setlerinin kayda değer bir bilgi kazanımı (tb\_R<sup>2</sup>) sağlayamamasıdır.

Araştırma alanı için toprak derinlik haritalaması gerçekleştirilemediğinden, orta derin (30-60 cm) ve derin toprakların (60-100 cm) coğrafi konumları tespit edilememiştir. Diğer bir deyişle çalışma alanında nerelerin sığ, orta derin, derin veya pek derin topraklar içerdiği bilinmediğinden, 30-60 ve 60-100 cm derinlik kademelerinin toprak özellikleri için modelleme süreçlerine girilmeye gerek duyulmamıştır.

Modellemesi gerçekleştiren toprak özelliklerinden en iyi modeller sırası ile Kil2 (ta\_R<sup>2</sup>=0,384;



tb<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,313), Kum2 (ta<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,370; tb<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,280), Kıl1 (ta<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,495; tb<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,236) ve Kum1 (ta<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,404; tb<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,233) değişkenleri için elde edilmiştir. Ayrıca bu toprak değişkenleri ortalama mutlak yüzde hata (MAPE) değerleri itibarıyla “kabul edilebilir kestirim sınıfı” (MAPE<50) içinde kalmıştır. Kıl ve kum değişkenlerinin modelleme sonuçlarının birbirine yakın olması ve bunlara ait dağılım haritalarının büyük oranda birbirlerine negatif yönde benzemeleri anlaşılabilir. Zira toprak türü hesabı aynı kaynak verisinden gerçekleşmektedir. Bu yüzden genelde toprak türünü belirleyen tane boyut sınıfları negatif ilişki göstererek birbirlerini tamamlarlar ve “Bulgular” bölümünde bulunan Şekil 3 ile ilgili açıklamalarda ifade edildiği üzere, kum ve kıl içerikleri toprak türünü kararlaştıran tane boyut sınıflarına karşılık gelmektedirler. Kıl ve kum haritaları ile ilgili benzer durum Akarsu (2018) tarafından Gönen baraj havzasında üretilen kum ve kıl haritalarında da görülmektedir.

Diğer toprak özelliklerinin ağaç modellerinde eğitim ve özellikle test R<sup>2</sup> değerleri düşük çıkmıştır ((Toz2 için ta<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,459; tb<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,167), (Toz1 için ta<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,350; tb<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,06), (Tas1 için ta<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,224; tb<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,123) ve (Tas2 için ta<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,228; tb<sub>R</sub><sup>2</sup>=0,101)). Ayrıca MAPE sonuçları itibarıyla bu toprak değişkenlerinden Tas1 ve Tas2’ye ait kestirim modellerinin güvenilirliği düşük çıkmıştır (MAPE>50).

Modellerde en fazla anamateryal değişkeni (7 modelde) yer almıştır. Bunu üç modelde yer alan bio10 (En sıcak üç ayın ortalama sıcaklığı) değişkeni izlemiştir. Yükselti (dem5m), topografik pozisyon indeksi (tpi) engebellelik indeksi (rgtns5) ve solar radyasyon indeksi (solarrad) değişkenlerinin her biri iki modelde yer almıştır. Bu bağlamda Akdağ Kütlesi’nde toprakların fiziksel özellikleri üstünde genel olarak birinci derecede anakaya, ikinci derecede iklim ve üçüncü derecede topografik özelliklerin etkili olduğu söylenebilir. Akarsu (2018) tarafından Gönen baraj havzasında toprak özelliklerinin haritalanması amacıyla uygulanan tahmin modellerine en fazla iklim özellikleri girmiş bunu sayısal arazi modelinin türev değişkenleri izlemiştir. Akarsu (2018)’nun çalışmasında modellerde en fazla iklim değişkenlerinin yer alma sebebi/sebepleri, onun kullandığı açıklayıcı değişkenler içinde jeolojik formasyona ait özelliklerin yer almaması ve/veya yapılandırılan tahmin modellerinin sadece fiziksel toprak özelliklerini değil kimyasal toprak özelliklerini de içermesi olabilir.

Toprağın 0-10 cm ve 10-30 cm derinlik kademelerine ait kıl ve toz içerikleri haricindeki diğer toprak özelliklerinin dağılım modellemesinden beklenen verim alınamamıştır. Bunun muhtemel

sebeplerinden biri modelleme için sadece RTT’nin kullanılmış olması olabilir. Ekolojik Modelleme çalışmalarında RTT dışında çoklu regresyon analizi (Akarsu, 2018), genelleştirilmiş eklemeli model (GAM) (Güner ve ark., 2011), genelleştirilmiş doğrusal model (GLM) (Williams ve ark., 2009), boosting regresyon ağacı (BRT) (Leathwick ve ark., 2006), Random forest (RF) (Evans ve ark., 2011; Akarsu, 2018), yapay sinir ağları (ANN) (Perrin, 2020), bulanık mantık, destekli vektör makinaları (SVM) (Drake ve ark., 2006), ekstrem dereceli artırma (XGboost) (Norberg ve ark., 2019), geleneksel derin sinir ağları (DNN) (Botella ve ark., 2018), coğrafi olarak ağırlıklandırılmış regresyon (GWR) (Mennis, 2006), regresyon kriging (RK) (Hengl ve ark., 2009) ve coğrafi olarak ağırlıklandırılmış regresyon kriging (GWRK) (Kumar ve ark., 2012) gibi bir çok yöntem kullanılmaktadır.

Kıl ve toz değişkenleri dışındaki toprak değişkenlerinin dağılım modellemelerinin beklenenin altında olmasındaki diğer ve daha önemli olduğu düşünülen sebep ise açıklayıcı değişken olarak kullanılan dijital verilerin, özellikle topografik değişkenlerin düşük çözünürlükte olmasıdır. Anakaya ve iklim değişkenleri toprak özellikleri üstünde en fazla etkiye sahip olsa bile, onlara ait dijital haritalar nereden temin edilirse edilsin düşük çözünürlüktedir. Bu yüzden anakaya ve iklim değişkenleri model kalitesini yükseltmekte beklenenden daha fazla katkı sağlamazlar. Haliyle güçlü modellerin elde edilmesinin de yükün asıl kısmı sayısal yükselti modeli (SYM) temelli topografik (türev) değişkenlere düşmektedir.

Elde edilen ağaç modellere bakıldığında türev değişkenlerin genelde alt dallarda yer aldığı ve dallanmaya çok fazla katkı sağlayamadıkları görülmektedir. Modelleme süreçleri esnasında beklentimiz türev değişkenlerin ağaç modellerde dallanmaya çok daha fazla katkı sağlamalı şeklindeydi. Çıkan sonuç ise türev değişkenlerin dallanmayı artırma görevlerini gerektiği gibi yerine getiremediklerini göstermektedir. Bunun sonucunda elde edilen dağılım modellerinin eğitim ve test R<sup>2</sup> değerleri özellikle toprak derinliği ve genel toprak taşlılığı için umulduğundan düşük, MAPE değerleri özellikle Tas1 ve Tas2 için beklendiğinden yüksek değerler göstermiştir. Aslında bu durumla karşılaşılacağı çalışmanın en başında tahmin edilmiş olup, ihtiyaç duyulan materyal çalışmanın başından itibaren talep edilmiş ama temin edilememiştir.

Şöyle ki, çalışmanın başlangıcında, Digital Terrain Model (çözünürlük 0,38 m) verisinin temin edilebileceği ve kullanılacağı düşünülmüş, tüm arazi ve envanter planlanması buna göre tasarlanmıştır. Ancak bu veri elde edilememiştir. Bu veri elde edi-

lemeyince, Orman Genel Müdürlüğü (OGM)'nden temin edilen ortofoto (J24b4-J24c1) verilerinin kullanılmasına karar verilmiştir. Ancak temin edilen bu verilerde de Z katmanı olmadığından çalışma amacı doğrultusunda kullanılamamıştır. Bundan dolayı ilk etapta SYM olarak web üzerinden hazır halde indirilen Aster Global DEM versiyon 2 verilerinden ilgili topografik haritalar üretilmiş ve bunlar modelleme süreçlerinde kullanılmıştır. Ne var ki bu verilerden alınan verim çok düşük kalmıştır. Bu yüzden daha sonra çalışma alanına ait 1/25000 ölçekli topografik harita temin edilmiş ve bu harita üzerinde bulunan eşyükselti eğrileri kullanılarak Sayısal Yükselik Modeli (SYM) oluşturulmuştur. Bu topografik haritada her bir eşyükselti eğrisi arası yükseklik farkı 10 m'dir. ArcMap yardımıyla bu eşyükselti eğrileri kullanılarak 5 m piksel büyüklüğüne sahip SYM elde edilmiş ve tüm altlıklar yeniden bu SYM ile üretilmiştir. En son kullanılan sayısal yükselti modeli her ne kadar Aster Global DEM versiyon 2 verilerinden daha nitelikli olsa da, çalışmada asıl kullanılması düşünülen Digital Terrain Model (çözünürlük 0,38 m) verisinden çok daha düşük çözünürlüğe sahiptir. Haliyle elde edilen modellerin gücü de kullandığımız verilerin kalitesi seviyesinde kalmıştır.

RTT ile elde edilen dağılım modelleri çalışma alanı boyunca yaygınlaştırılmış ve böylece 0-10 cm kil, 0-10 cm kum, 0-10 cm toz, 0-10 cm toplam kireç ve 0-10 cm iskelet içeriği ile 10-30 cm kil, 10-30 cm kum, 10-30 cm toz ve 10-30 cm iskelet içeriği 'ne ait coğrafi dağılım haritaları çıkartılmış ve böylece çalışma sonlandırılmıştır.

Toprak özellikleri için elde edilen bu haritalardan özellikle kum ve kil içeriğine ait olanları aynı bölgede yapılacak ya da yapılması düşünülen ekolojik arazi sınıflandırması, tür çeşitliliği, taksonomik çeşitlilik, fonksiyonel çeşitlilik ve hedef türlerin potansiyel dağılım ve verimlilik modellemesi ve haritalaması gibi birçok çalışmada açıklayıcı değişken olarak kullanılabilir.

### Teşekkür

Bu çalışma Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsünün "Akdağ Kütlelerinin Bazı Toprak Özelliklerinin Model Tabanlı Dağılım Haritalarının Yapılması" isimli ve ESK-29(6202)/2016-2020 No'lu proje ile desteklenmiştir. Arazi çalışmalarımız sırasında yöre halkından bize destek olan İsmail Aydeniz, M. Ali Sargın ve Ramazan Köseman, Simav Orman İşletme Müdürü Osman Aksoy'a, Enstitü Müdürlüğümüz Laboratuvar personeli'ne müteşekkirimiz. Projenin yazımına destek olan ve son halinin verilmesinde katkı sağlayan Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman

Fakültesi'nden Prof. Dr. Serkan GÜLSOY'a, Sütçüler Prof. Dr. Hasan Gürbüz Meslek Yüksek Okulu'ndan Öğr.Gör. Alican ÇIVGA ve Öğr.Gör. Serkan ÖZDEMİR'e, Eskişehir Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü'nden Dr. Münevver ARSLAN'a ve Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi'nden Dr. Öğr. Üyesi Ebru GÜL'e teşekkür ederiz.

### Kaynaklar

Aertsen, W., Kint, V., Orshoven, J., Özkan, K., Muys, B., 2010. Comparison and ranking of different modelling techniques for prediction of site index in Mediterranean mountain forests. *Ecological modelling* 221: 1119-1130.

Akarsu, F., 2018: Gönen baraj havzasındaki orman ekosistemlerinin üst toprak özelliklerinin incelenmesi ve haritalanması, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s.101, İstanbul.

Altındal, M., 2011. Eğirdir Bahçe kültürleri araştırma Enstitüsü arazisinin toprak etüdü ve bitkiye yarayışlı mikro besin elementi içeriklerinin uzaysal dağılımının haritalanması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 102s.

Arslan, M., Özel, C., Çelik, N., Törü, A., Özkan, K., 2020. Akdağ (Balıkesir/Kütahya) orman ve çalı vejetasyonunda bitki çeşitliliği ve bazı yetiştirme ortamı faktörleri arasındaki ilişkiler. Orman Toprak ve Ekoloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Proje Sonuç Raporu; Proje No: ESK - 25 (6318), 42 s, (Yayımlanmamıştır).

Austrheim, G., Gunilla, E., Olsson, A., Grontvedt, E., 1999. Land-use impact on plant communities in semi-natural sub-alpine grasslands of Budalen, central Norway. *Biological Conservation*, 87(3), 369-379.

Babağil, G.E., 2008. Toprak özelliklerindeki yersel değişkenliğin buğday verim paterni üzerine etkisinin jeoistatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 133s.

Başaran, M. A., Başaran, S., Baş, N., Kaçar, S., Tolunay, D., Makineci, E., Kavgacı, A. T., Deniz, İ.G. 2008. Elmalı Sedir araştırma ormanında aktüel durumun coğrafi bilgi sistemi tabanlı sayısal haritalarla ortaya konulması. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 353, Batı Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Yayın No: 38, Antalya.

Başaran S., Tolunay D., Makineci E., Başaran M., Kavgacı A., Çetin A., Kaçar M., Baş M., 2011. Bük Lütüf Büyükyıldırım ormanında aktüel durumun coğrafi bilgi sistemi tabanlı sayısal haritalarla ortaya konulması. Acar Ofset, Antalya.

Beers, T.W., Dress, P.E., Wensel, L.C., 1966. Notes and Observations: Aspect transformation in site productivity research. *J. Forest*. 64: 691- 692.

Berrar, D., 2019. Cross-validation. *Encyclopedia of bioinformatics and computational biology*, 1, 542-545.

- Botella, C., Joly, A., Bonnet, P., Monestiez, P., Munoz, F., 2018. A deep learning approach to species distribution modelling. In *Multimedia Tools and Applications for Environmental & Biodiversity Informatics* (pp. 169-199). Springer, Cham.
- Breiman, L., Friedman, J., Stone, C. J., Olshen, R. A., 1984. *Classification and regression trees*. CRC press.
- Brown Jr., S.R., Ahl, R.S., 2011. The region 1 existing vegetation mapping program (Vmap) Beaverhead-deer-lodge methodology. Region one vegetation classification, mapping, Inventory and Analysis Report No:11- 02, 1-18.
- Ci, B., Rule, R. O., 1987. Confidence intervals. *Lancet*, 1(8531), 494-7.
- Çamoğlu, G., Ölgen, M. K., Karataş, B. S., Aşık, Ş., 2006. Menemen sulama sisteminde taban suyunun zamana ve mekâna göre değişiminin jeostatistiksel yöntemlerle değerlendirilmesi: Maltepe Ana Kanal Örneği. Demirci A, Karakuyu M, Macadams MA (eds), 4, 13-16.
- De'ath, G., Fabricius, K.E., 2000. Classification and regression trees: a powerful yet simple technique for the analysis of complex ecological data. *Ecology* 81: 3178-3192.
- Drake, J. M., Randin, C., Guisan, A., 2006. Modelling ecological niches with support vector machines. *Journal of applied ecology*, 43(3): 424-432.
- Emadi, M., Taghizadeh-Mehrjardi, R., Cherati, A., Danesh, M., Mosavi, A., Scholten, T., 2020. Predicting and mapping of soil organic carbon using machine learning algorithms in Northern Iran, *Remote Sensing*, 12, 1-30.
- Eruz, E., 1984. Balıkesir Orman Başmüdürlüğü Bölgesi'ndeki saf karaçam meşcerelerinin bonitet endeksi ile bazı edafik ve fizyografik özellikler arasındaki ilişkiler. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Evans, J. S., Murphy, M. A., Holden, Z. A., Cushman, S. A., 2011. Modeling species distribution and change using random forest. In *Predictive species and habitat modeling in landscape ecology* (pp. 139-159). Springer, New York, NY.
- Fick, S.E., Hijmans, R.J., 2017. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 37 (12): 4302-4315.
- Goodwin, P., Lawton, R., 1999. On the asymmetry of the symmetric MAPE, *International Journal of Forecasting* 15, 405-498.
- Gül, E. (2015). Yarı-Kurak alanlarda çölleşme risk haritasının oluşturulması: Sarıkaya Örneği. Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Çankırı, 108-118 s.
- Gülsoy S., Özkan K., 2008. Tür çeşitliliğinin ekolojik açıdan önemi ve kullanılan bazı indisler. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 168-178.
- Güner, Ş. T., Özkan K., Çömez, A., 2011. Key factors in the site selection of *Rosa canina* L applying the generalized additive model. *Polish Journal of Ecology*, 59, 475-482.
- Gürel, F., Erşahin, S., 2020. Ilgaz ormanlarında saf Uludağ Göknaarı ve saf Uludağ Göknaarı-Sarıçam meşcerelerinde bazı toprak özelliklerinin uzaysal değişkenliği. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, 22(2): 544-555.
- Hengl, T., Heuvelink, G.B.M., Stein, A. 2004., A generic framework for spatial prediction of soil variables based on regression-kriging, *Geoderma*, 120, 75-93.
- Hengl, T., Sierdsema, H., Radović, A., Dilo, A., 2009. Spatial prediction of species' distributions from occurrence-only records: combining point pattern analysis, ENFA and regression-kriging. *Ecological modelling*, 220(24):3499-3511.
- Jenness, J., 2006. Topographic position index (tpi\_jen.avx) Extension for ArcView 3. x version 1.2. Jenness Enterprises, Flagstaff, AZ.
- Kantarıcı, M, D., Tolunay, F., 1996: İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanı'nda toprak ve yetiştirme ortamı özelliklerinin belirlenmesi ve haritalanması (Ada 538, Parsel 59, 393 ha), İ.Ü. Araştırma Fonu Projesi, Proje No: 640/210994.
- Kaya, C., 2020. Gaziantep Yöresi'nde Kızılcıamın (*Pinus Brutia* Ten.) model tabanlı potansiyel dağılım ve verimlilik haritalaması, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Doktora tezi.
- Kıraç, A., 2021 Potential distribution of two Lynx species in europe under paleoclimatological scenarios and anthropogenic climate change scenarios. CERNE, v. 27, e-102517, doi: 10.1590/01047760202127012517
- Kıraç, A., Mert, A., 2019. Will Danford's lizard become extinct in the future. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(3), 1741-1748.
- Kroetsch, D., Wang, C., 2008. Particle Size Distribution, in section VI. Soil Physical Analysis, Section Ed. By Angers D.A., Larney, F.J., In: Carter, M.R., Gregorich, E.G. (Eds.), *Soil sampling and methods of analysis* 2. Edition, CRC Press, Boca Raton.
- Kumar, S., Lal, R., Liu, D., 2012. A geographically weighted regression kriging approach for mapping soil organic carbon stock. *Geoderma*, 189, 627-634.
- Kuriakose, S.L., Devkota, S., Rossiter, D.G., Jetten, V.G., 2009. Prediction of soil depth using environmental variables in an anthropogenic landscape, a case study in the Western Ghats of Kerala, India, *Catena* 79 (1): 27-38.
- Leathwick, J. R., Elith, J., Francis, M. P., Hastie, T., Taylor, P., 2006. Variation in demersal fish species richness in the oceans surrounding New Zealand: an analysis using boosted regression trees. *Marine Ecology Progress Series*, 321, 267-281.
- Lewis, C.D. (1982). *Industrial and business forecasting*

methods. London: Butterworths.

Ma, Y., Minasny, B., Wu, C., 2017. Mapping key soil properties to support agricultural production in eastern China. *Geoderma Reg* 10:144-153.

McCune, B. Keon, D., 2002. Equations for potential annual direct incident radiation and heat load. *Journal of vegetation science*, 13(4): 603-606.

Mennis, J., 2006. Mapping the results of geographically weighted regression. *The Cartographic Journal*, 43(2): 171-179.

Mert A., Özkan K., Şentürk Ö., Negiz M. G., 2016. Changing the potential distribution of Turkey Oak *Quercus cerris* L under climate change in Turkey. *Polish Journal of Environmental Studies*, 25, 1633-1638. <https://doi.org/10.15244/pjoes/62230>

Mert, A., Şentürk, Ö., Güney, C.O., Akdemir, D., Özkan, K., 2013. Mapping of some distal variables available for mapping habitat suitabilities of the species: A Case Study of Buldan District. *GeoMed*, 2013. The 3rd International Geography Symposium, Eds: Atalay, İ., Efe, R., 10-13 June, 2013, Kemer Antalya, pp. 210.

Moisen, G.G., Frescino, T.S., 2002. Comparing five modelling techniques for predicting forest characteristics. *Ecological modelling*, 157(2): 209-225.

Moore, A. W., 2001. Cross-validation for detecting and preventing overfitting. School of Computer Science Carnegie Mellon University.

Moreno, J. J. M., Pol, A. P., Abad, A. S., Blasco, B. C., 2013. Using the R-MAPE index as a resistant measure of forecast accuracy. *Psicothema*, 25(4): 500-506.

MTA, 2011. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, <http://www.mta.gov.tr>, Erişim Tarihi:07.02.2018

Navarrete, E., Espinosa, M., 2011. Using the non-parametric classifier CART to model wood density. *Journal of Data Science*, 9(2): 261-270.

Norberg, A., Abrego, N., Blanchet, F. G., Adler, F. R., Anderson, B. J., Anttila, J., Ovaskainen, O., 2019. A comprehensive evaluation of predictive performance of 33 species distribution models at species and community levels. *Ecological Monographs*, 89(3), e01370.

Özdemir, I., Karnieli, A., 2011. Predicting forest structural parameters using the image texture derived from WorldView-2 multispectral imagery in a dryland forest, Israel. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 13(5): 701-710.

Özkan K., 2012. Sınıflandırma ve regresyon ağacı tekniği SRAT ile ekolojik verinin modellenmesi. *SDÜ Orman Fakültesi Dergisi*, 1, 1-4.

Özkan K., Şentürk Ö., Mert A., Negiz M. G., 2015. Modeling and mapping potential distribution of Crimean juniper Bieb using correlative approaches *Juniperus excelsa* Bieb using correlative approaches. *Journal of Environmental Biology*, 9-15.

Özkan, K., 2013a. Yönetim ve geliştirme planlarının temel ekolojik altlıkları: İklim değişimine uyarlanabilir model tabanlı yetişme ortamı, biyoçeşitlilik, koruma alan değeri ve hedef tür habitat uygunluk haritaları. 2023'e Doğru 2. Doğa ve Ormanlık Sempozyumu, 31 Ekim-03 Kasım 2013, Ed. Girgin, E., Antalya, 129-148.

Özkan, K., 2013b. Using the non parametric classifier CART to model Lebanon Cedar *Cedrus libani* A Rich distribution in a mountain Mediterranean forest district. *Polish Journal of Environmental Studies*, 22, 495-501.

Özkan, K., Süel, H., 2008. Endemic plant species in a karstic canyon Mediterranean Region Turkey relation to relief and vegetation diversity. *Polish Journal of Ecology*, 56, 709-715.

Parker, K.C., 1988. Environmental relationships and vegetation association of Columnar Cacti in the Northern Sonoran. *Vegetation* 78, 125-140.

Penížek, V., Borůvka L., 2006: Soil depth prediction supported by primary terrain attributes: a comparison of methods, *Plant Soil Environ*, 52, 2006 (9): 424-430.

Perrin, D. R., 2020. Improving the prediction accuracy of species distribution models using artificial neural networks. TNHC-Publications.

Sulaeman, Y., Subagyo, H., 2005. Modeling soil-landscape relationships, *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* vol 5(2): 1-14.

Şentürk, Ö., 2012. Sütçüler Yöresinde Asli Orman Ağacı Türlerinin Potansiyel Yayılış Alanlarının Modellenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora tezi.

TSE, 1996, TS 8335 ISO 10693. Toprak Kalitesi-Karbonat Muhtevası Tayini-Volümetrik Metot. Türk Standartları Enstitüsü Yayını, Ankara.

Turgut, B., Öztaş, T., 2012. Bazı toprak özelliklerine ait yersel değişimin Jeostatistiksel yöntemlerle belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 7(2): 10-22.

Weerahandi, S., 1995. Generalized confidence intervals. In *Exact statistical methods for data analysis* (pp. 143-168). Springer, New York, NY.

Wei, X., Z., Jiang, M., X., Huang, H., D., Yang, J., Y., Yu, J., 2010. Relationships between environment and mountain riparian plant communities associated with two rare tertiary relict tree species, *Euptelea Pleiospermum* (Eupteleaceae) and *Cercidiphyllum Japonicum* (Cercidiphyllaceae). *Flora*, 205, 841-852.

Williams, J. N., Seo, C., Thorne, J., Nelson, J. K., Erwin, S., O'Brien, J. M., Schwartz, M. W., 2009. Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. *Diversity and Distributions*, 15(4): 565-576.

Yohannes, Y., Webb, P., 1999. Classification and regression trees, CART: a user manual for identifying indicators of vulnerability to famine and chronic food insecurity (Vol. 3). Intl Food Policy Res Inst.