

Türkiye’de Hızlı Büyüyen Türlerle Ait Spektral Kütüphane Kurulması: Kavak Türleri Çalışması

Ayhan Ateşoğlu^{1,*}, Taşkın Kavzoğlu³, İsmail Çölkesen³, Şeyma Özlüsoylu^{1,2}, Hasan Tonbul³, E. Özlem Yıldız³, M. Yusuf Öztürk³

^{1,*}Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye

²Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Orman Fakültesi, Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye

³Harita Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye

Makale Tarihiçesi

Gönderim: 07.04.2022

Kabul: 02.06.2022

Yayın: 15.08.2022

Araştırma Makalesi



Öz – Son yıllarda hızlı gelişen türler ve klonların belirli üretim teknik ve sistemlerle yetiştirilmesi, odun hammaddenin arzının karşılanması noktasında büyük öneme sahiptir. Bu bağlamda, dünyada ve Türkiye’de kavak türleri ve klonları kullanılarak geniş ölçekte endüstriyel plantasyonlar oluşturulmaktadır. Türkiye’de yetiştirilen kavak türlerinin ayrımı, yayılış alanlarının tespiti, izlenmesi ve değerlendirilmesi geleceğe yönelik odun hammaddesi yönetim ve planlamalarına altlık oluşturmaktadır. Son yıllarda, orman alanlarının izlenmesi için tercih edilen ve yaygın kullanılan yaklaşım, uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemlerinin entegrasyonudur. Kavak yetiştirme sahalarının diğer türlerin yetiştirme alanlarından ayrılması ve alansal tespitinin yapılabilmesi için türlerin spektral özelliklerinin bilinmesi gerekir. Enerji nesne arasındaki ilişki, nesnelerin spektral imzası olarak tanımlanmakta ve görüntü üzerinden farklı spektral özelliklere sahip nesnelerin ayırt edilmesinde kullanılan temel veri kaynağı niteliğindedir. Bu çalışma kapsamında, farklı endüstriyel kavak tür ve klonlarını içerisinde barındıran Sakarya-Akyazı, Uşak-Sivaslı, Afyonkarahisar-Çay ve Kırşehir-Özbağ ilçelerinde belirlenen örneklem alanlarında, *Populus deltoides* Bartr. “Samsun (I-77/51)”, *Populus x euramericana* “I-214”, *Populus x euramericana* “I-45/51”, *Populus nigra* L. “Kocabey (TR-77/10)” klonları ve *Populus nigra* L. (Karakavak) türü için spektrometre cihazı yardımıyla spektral ölçüm çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kavak tür ve klonlarına ait, 380-720 nm dalga boyu aralığının mavi bandında tüm kavak tür ve klonlarının benzer spektral karakteristiğe sahip olduğu fakat yeşil ve kırmızı/kırmızı-kenar bantlarda spektral yansıma değerlerinde farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir. Elektromanyetik spektrumun özellikle kızılötesi bölgesinde *Populus nigra* L. “Kocabey (TR 77/10)” klonunun diğerlerinden daha rahat ayırt edilebildiği gözlenmiştir. Elektromanyetik spektrumun kısa dalga kızılötesi bölgesinde ise klonal spektral özelliklerinin diğerlerinden farklılaştığı, bu sayede görünür veya yakın kızılötesi bölgede ayırt edilemeyen tür ve klonların bu bölgede ayırt edilebildiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler – Hızlı büyüyen tür, kavak, spektral kütüphane, spektrometre, uzaktan algılama

Development of Spectral Library for The Fast-Growing Species in Turkey: The Poplar Species Case

^{1,*}Department of Forest Engineering, Faculty of Forestry, Bartın University, Bartın, Türkiye

²Department of Forest Industrial Engineering, Faculty of Forestry, Bartın University, Bartın, Türkiye

³Department of Geomatics Engineering, Faculty of Engineering, Bartın University, Bartın, Türkiye

Article History

Received: 07.04.2022


Accepted: 02.06.2022

Published: 15.08.2022


Research Article


Abstract – In recent years, fast-growing species and clones, grown with different production techniques and systems, has a great importance in meeting the wood raw material supply. In this context, industrial plantations are created on a large scale by using poplar species and their clones in the world and in Turkey. The separation of poplar species in Turkey, the determination of their distribution areas and their monitoring form the basis for future wood raw material management and planning. Lately, the preferred and widely used approach for monitoring forest areas is the integration of remote sensing and geographic information systems. In order to distinguish poplar growing sites from the growing areas of other species and to make spatial determination, it is necessary to know their spectral characteristics. The relationship between the energy and object is defined as the spectral signature of the objects, and it is the main data source used to distinguish objects with different spectral properties over the image. Within the scope of this study, spectral measurements were taken for clones *Populus deltoides* Bartr. “Samsun (I-77/51)”, *Populus x euramericana* “I-214”, *Populus x euramericana* “I-45/51”, *Populus nigra* L. “Kocabey (TR-77/10)” and species *Populus nigra* L. (Karakavak) with the help of spectroradiometer device in the sampling areas determined in Sakarya-Akyazı, Uşak-Sivaslı, Afyonkarahisar-Çay ve Kırşehir-Özbağ districts, which contain different industrial poplar species and clones. It was determined that all poplar species and clones have similar spectral characteristics in the blue band of the 380-720 nm wavelength range, but there were differences in spectral reflectance values in the green and red/red-edge bands. It was also observed that *Populus nigra* L. “Kocabey (TR 77/10)” clone could be more effectively distinguished than the others, especially in the infrared region of the electromagnetic spectrum. In the short-wave infrared region of the electromagnetic spectrum, species and clones that cannot be distinguished in the visible or near-infrared region can be distinguished due to the differentiation of their clonal spectral characteristics.


Keywords – Fast growing species, poplar, spectral library, spectroradiometer, remote sensing


^{1*}  aatesoglu@bartin.edu.tr


³  icolkesen@gtu.edu.tr

⁵  htonbul@gtu.edu.tr

⁷  m.ozturk2020@gtu.edu.tr

²  kavzoglu@gtu.edu.tr

⁴  seymaozlusoylu@gmail.com

⁶  coyilmaz@gtu.edu.tr

* aatesoglu@bartin.edu.tr

1. Giriş

Ormancılık ve tarımsal ormancılıkta sıklıkla kullanılan “Hızlı Gelişen Türler” ifadesi, büyük ölçekli plantasyon sahalarından odun hammaddesi ihtiyacını karşılamak amaçlı türler için kullanılmaktadır. Düşük maliyetlerle, odun hammaddesi ihtiyacının karşılanması temel amacı oluşturmaktadır. Ekosistem açısından bu sürecin sürdürülebilir olması da ana esastır. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2020 yılında yayınlanan Küresel Orman Kaynakları Değerlendirmesi (FRA) raporuna göre, dünya genelindeki toplam orman alanı 4,06 milyar hektardır ve toplam arazi alanının %31’ni kapsamaktadır (FAO, 2020). Orman alanlarının varlığı dünya ekosistemi için çok önemli bir yerde ve anlamda bulunmakla birlikte hızlı nüfus artışı ve endüstriyel büyüme, orman hammadde ürünlerine olan talebi de arttırmaktadır. Doğal ormanların büyüyen talepleri karşılama noktasında yetersiz kalması ve ekosistem güvenliği gibi nedenlerden, ülkeler farklı çözüm yollarına gitmişlerdir. Bu bağlamda doğal ormanlara ikame oluşturabilecek yine odun hammaddesine yönelik hızlı gelişen türlerin plantasyonları gündeme gelmiştir. Hızlı gelişen türlerle yapılan endüstriyel plantasyonların ana amacı, birim alanda en yüksek hacim veren genetik olarak ıslah edilmiş ürünün ekonomik olarak elde edilmesidir. Sürdürülebilirlik de buradaki esas unsurdur. Bu durum, hızlı gelişen tür, iyi bonitet ve mekanizasyon imkânlarının bir arada olmasıyla sağlanabilir (Durkaya, 2002). Bu amaçla, birçok ülkede genetik nitelikleri artırılmış ağaçlarla endüstriyel plantasyonların kurulması ve yaygınlaştırılması teşvik edilmektedir. Günümüzde doğal ormanlara kıyasla çok yüksek miktarda odun hammaddesi doğal ormanlara nazaran hızlı gelişen türlerden karşılanmaktadır. Şili, Yeni Zelanda, Avustralya, Güney Afrika vb. ülkeler, endüstriyel plantasyonlar kurmuşlar ve uluslararası orman ürünleri ticaretinde etkili olmuşlardır (Asan, 1998). Odun hammaddesi talebinin ülke genelinde karşılanamamasından ötürü hammadde ithalatı yoluna gidilmekte ve endüstriyel plantasyonların da hızlı gelişen türlerle yapılması yoluna gidilmektedir (Velioğlu vd., 2020). Endüstriyel plantasyon işletmeciliği ile amaçlanan diğer bir olgu da ormancılık projeleri kapsamında ekonomik faydaların yanı sıra, ekolojik işlevlere odaklanmasıdır.

United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) bölgesinde endüstriyel kereste ve yakıt amaçlı kullanılan odun hammaddesi tüketiminin 2018 yılında 1,4 milyar m³ olduğu tahmin edilmiştir. Bu rakam 2017 ile karşılaştırıldığında, yaklaşık %5 artış göstermiştir. UNECE bölgesinde endüstriyel kereste kullanımı 2018’e kadar geçen beş yılda 1,19 milyar m³’e yükselmiştir. Bu rakam 2014’e göre %5,1 artış göstermiştir. Yakıt amaçlı kullanılan odun hammaddesi tüketimi 2017’de 3 milyon m³ artarak 221,5 milyon m³’e yükselmiştir. 2018 yılında UNECE bölgesinde hasat edilen toplam odun hammaddesi hacminin yaklaşık %18’i yakıt için (257,1 milyon m³) kullanılmıştır ve 2017’ye göre 9,2 milyon m³ (%3,7) artış göstermiştir (URL-1).

Endüstriyel plantasyon işletmeciliğinin ana türlerinden biri de kavaktır. Kavak (*Populus L.*), tohumlu bitkiler (*Spermatophyta*) grubunun *Angiospermae* alt şubesine bağlı *Dicotyledonae* sınıfına giren *Salicales* takımına ait *Salicaceae* familyası içinde yer almaktadır (Tunçtaner, 2008). Kavak cinsi *Turanga*, *Leuce*, *Aigeiros*, *Tacamahaca* ve *Leucoides* olmak üzere beş seksiyona ayrılmaktadır (Birler, 2010). *Aigeiros* seksiyonundan olan Amerikan karakavakları (*Populus deltoides*) ile Asya-Avrupa karakavakları (*Populus nigra L.*) arasındaki melezlemelerden elde edilen kültüvarlara melez kavak (*Populus x euramericana*) denilmektedir (Atmaca, 2018). Ülkemizde ılıman bölgelerde Melez kavak (*Populus x euramericana*) ve Amerikan karakavağı (*Populus deltoides* Marsh.) yetiştirilmesine rağmen, doğal olarak yayılış gösteren ve ekolojik değere sahip Karakavak (*Populus nigra L.*), Titrek kavak (*Populus tremula*), Akkavak (*Populus alba*), Fırat kavağı (*Populus euphratica*) ve Boz kavak (*Populus x canescens*) olarak 5 kavak türümüz mevcuttur (Velioğlu vd., 2020).

Kavağın hızlı büyüme göstermesi, üretimi ve melezleme kolaylığı ile farklı toprak ve iklim koşullarına kolay adapte olması, fazlaca tür, varyete, kültivar ve kolonlarının bulunması, geniş kullanım alanına sahip olması ve geleneksel olarak birçok ülkede şahıs arazileri üzerinde üretiliyor olması gibi nedenlerden kavak tercih edilen bir tür olmuştur (Ercan, 2014). 1900’lerin başında mobilya fabrikalarına hafif, işlenmesi, emprenye edilmesi ve boyanması kolay bir hammadde sağlamak amacıyla endüstriyel bir ağaç olarak yetiştirilmiştir. Aynı yüzyılın sonunda Avrupa ve Kuzey Amerika’da düşük kaliteli ahşap üreterek, mobilya endüstrisine yüksek

değerli kaplama kütük sunmak yerine, kağıt hamuru fabrikalarının, yonga levha fabrikalarının ve biyoenerji tesislerinin taleplerini karşılamak için odun ve yonga üretilmiştir (Spinelli, 2022).

Kavak endüstriyel plantasyonları kontrplak, yuvarlak ağaç veya biyokütle için dikilmiş binlerce hektar ile Dünya çapında verimli ağaçlandırma ormancılığının ana kaynaklarından birini oluşturur. Atmosferden CO₂'yi uzaklaştırma yeteneğinin yanı sıra, uzun ömürlü ahşap esaslı ürünler için kavak kerestesinin kullanımı önemli bir karbon deposudur (Marchi vd., 2022). Kavak plantasyonları sayesinde doğal ormanlara yönelik tahribat engellenmiş ve ormanlar üzerindeki baskının azalması sağlanmıştır. Ayrıca ekolojik dengenin gözetilmesi ve ekosistemin sürdürülebilirliği açısından da önemli faydaları olmuştur. Özellikle yetişme ortamı iyi derecede olan ziraat ve orman alanları üzerinde kavak plantasyonlarının yetiştirilmesi, doğal orman alanlarının üzerindeki baskıyı azaltacaktır. Ayrıca özel arazilere dikimlerin yaygınlaştırılması ile birlikte, hızlı büyüyen yüksek verimli plantasyonların geliştirilmesi ve yönetimi karlı bir yatırımdır. Öncelikle hızlı büyüyen kavak plantasyonlarının yaygınlaştırılması, gerekli teknik ve işletme yönetimi desteklerinin sağlanması önemlidir. Bu amaçla birçok ülke hızlı gelişen türlere yönelik idari kadrolarını güçlendirmiş ve gerekli destekleri ülkesel ölçekte yaygınlaştırmaktadır. Bu durum, yatırımcıların işletme amacı, ekonomik faydalarını en üst düzeye çıkarma hedeflerine de katkı sunmaktadır (Wu vd., 2010)

Uluslararası Kavak Komisyonu'nun 2016 yılında toplanan 27 üye ülke raporuna göre; Dünyada hızlı gelişen türlerden kavak ve söğütün yayılışı 103 milyon hektardır. Bunun 54,5 milyon hektarı kavak, 8,5 milyon hektarı söğüt ve 1 milyon hektarı da kavak ve söğüt karışık ormanıdır. 64 milyon hektarlık kavak alanının 25 milyonu Rusya'da, 17,3 milyon hektarı Kanada'da, 10,2 milyon hektarı ABD'de ve 1,4 milyon hektarı Çin'de bulunmaktadır. Dört ülkenin toplam kavak alanı, dünyadaki kavak alanlarının %99'unu oluşturmaktadır. Dünyada kavak plantasyonu saha büyüklüğü açısından Ülkemiz dördüncü sırayı almaktadır (Atmaca, 2018). Güncel verilere göre, kavak ağaçları dünya çapında yaklaşık 31,4 milyon hektarlık alanda yetiştirilmektedir. En büyük plantasyon sahasına Kanada ve Çin sahiptir, bunları Fransa ve İtalya ile Avrupa takip etmektedir. İtalya'da, yaklaşık 43.400 hektarlık alan Kuzey İtalya'da Po vadisinde yer almaktadır (Marchi vd., 2022). Türkiye'de ise 3,5 milyon m³/yıl üzerinde kavak odun hammaddesi üretilmektedir. Üretilen hammaddenin, yaklaşık 1,5 milyon m³/yıl yerli karakavak klonlarından, yaklaşık 2 milyon m³/yıl ise yabancı kavak klonlarından sağlanmaktadır (Birler, 2010). Doğal ormanlar, toplam orman alanının yaklaşık 3,75 milyar hektarını yani %93'ünü kaplamaktadır. Plantasyon ormanları da Dünya çapında 131 milyon hektarı kaplamakta ve tüm ekili orman alanlarının %45'ini oluşturmaktadır (Seng Hua vd. 2022). Türkiye 2020 yılı verilerine göre 22,6 milyon hektar orman alanına sahip olup, Dünyada 27. sırada yer alırken, bunun %25'i yerli hızlı gelişen türlerin meşcerelerinden oluşmakta, bunların da yıllık üretiminin 9,3 milyon m³ olduğu tahmin edilmektedir. Doğal ormanlarımızdan elde edilen yıllık ortalama odun hammaddesi miktarı 18.356.251 m³/yıl ve bu üretimin yaklaşık %31'i (5.726.149 m³/yıl) hızlı gelişen türlerin doğal meşcerelerinden sağlanmıştır. Hızlı gelişen türlerin endüstriyel plantasyonlarından odun üretimi ise yaklaşık 3,6 milyon m³/yıl olarak belirlenmiştir. Kavak plantasyonlarından üretilen yıllık ortalama odun üretimi 3.385.154 m³/yıl olup, bu üretim hızlı gelişen tür plantasyonlarından elde edilen toplam üretimin %94'ünü oluşturmaktadır (Tablo 1) (Velioğlu vd., 2020).

Günümüzde her türlü plantasyon alanlarının belirlenmesi, izlenmesi ve değerlendirilmesi, gelecek perspektifinin oluşturulabilmesi için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin en yaygın olarak kullanılanı uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegre çalışmalarıdır (Hu vd., 2010; Kunwar vd., 2010; Royer vd., 2011; Kavzoğlu ve Çölkesen, 2011). Özellikle Türkiye'de yetiştirilen kavak alanların belirlenmesi ve envanter tespiti uygulamalarında saha çalışmalarına/gözlemlerine dayalı yöntemler uygulanmaktadır. Söz konusu yöntemler yüksek maliyet, zaman ve işgücü ihtiyacı gerektirmekle birlikte, elde edilen sonuçlar değişkenlik göstermekte ve doğruluk açısından yetersiz kalmaktadır. Bu noktada uzaktan algılama teknolojisi yardımıyla kavak ekili alanların yüksek doğrulukta tespiti çok daha hızlı, ekonomik ve asgari işgücü ihtiyacı ile belirlenebilmektedir (Tonbul vd., 2020; Kavzoglu vd., 2021a). Avrupa Uzay Ajansı tarafından yürütülen Kopernik programı kapsamında ücretsiz 10 metre çözünürlüklü görüntü sağlayabilen Sentinel-2 misyonu sayesinde periyodik olarak kavak alanlarının uzaktan algılamayla izlenmesi çalışmaları hız kazanmıştır (Ahmadloo vd., 2021; D'Amico vd., 2021; Hamrouni vd., 2021).

Tablo 1
Türkiye’deki Hızlı Gelişen Türlerin Alanları (Velioglu vd., 2020)

Sınıflar	Türler	Alan (ha)
Doğal	<i>Populus tremula</i>	287.005,5
Ormanlar	<i>Salix</i> spp.	3.020,1
	<i>Pinus brutia</i>	4.612.156
	<i>Fraxinus angustifolia</i>	14.057,6
	<i>Alnus</i> spp.	210.223,1
	<i>Robinia pseudoacacia</i>	3.518,4
	<i>Prunus avium</i>	10.730,5
	Toplam	5.140.711,2
Plantasyonlar	<i>Populus deltoides</i> ,	75.000
	<i>Populus x.euramericana</i>	
	<i>Populus nigra</i>	65.000
	<i>Pinus pinaster</i>	57.378,4
	<i>Eucalyptus</i> spp.	5.212,7
	<i>Pinus radiata</i>	1.709,2
	<i>Fraxinus angustifolia</i>	1.347
	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	608,6
	<i>Prunus avium</i>	232
	<i>Pinus taeda</i>	36,3
Toplam	206.524,2	
Tarımsal	Kavaklar	3.600
Ormancılık	Toplam	3.600

Bununla birlikte uydu görüntülerinin sahip olduğu zamansal çözünürlük sayesinde ekim yapılan alanlara dair envanterin güncel tutulması ve zaman içerisinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi noktasında önemli bir avantaj sağlanmaktadır. Uydu görüntüleri üzerinden benzer spektral özelliklere sahip ağaç türlerinin ayırt edilmesinde, kavak ağacı türünün yansıma özelliklerinin tespit edilerek ağaç türlerine ait spektral özellikleri gösteren spektral kütüphanelerin oluşturulması da yersel spektral ölçülerin kullanılması büyük önem arz etmektedir (Kavzoglu vd., 2021b). Spektral kütüphaneler ağaç türlerinin spektral özellikleri ölçülerek oluşturulmaktadır. Spektral özelliklerin analizi sonucunda, ağaç türlerinin spektrumun hangi bölgesinde ayırt edilebilir olduğuna yönelik detaylı analizler yapılabilmektedir. Bu sayede oluşturulan kütüphane, uydu görüntüsünün seçiminde ve örnek alanların tespitinde kaynak niteliğindedir (Çölkesen, 2015).

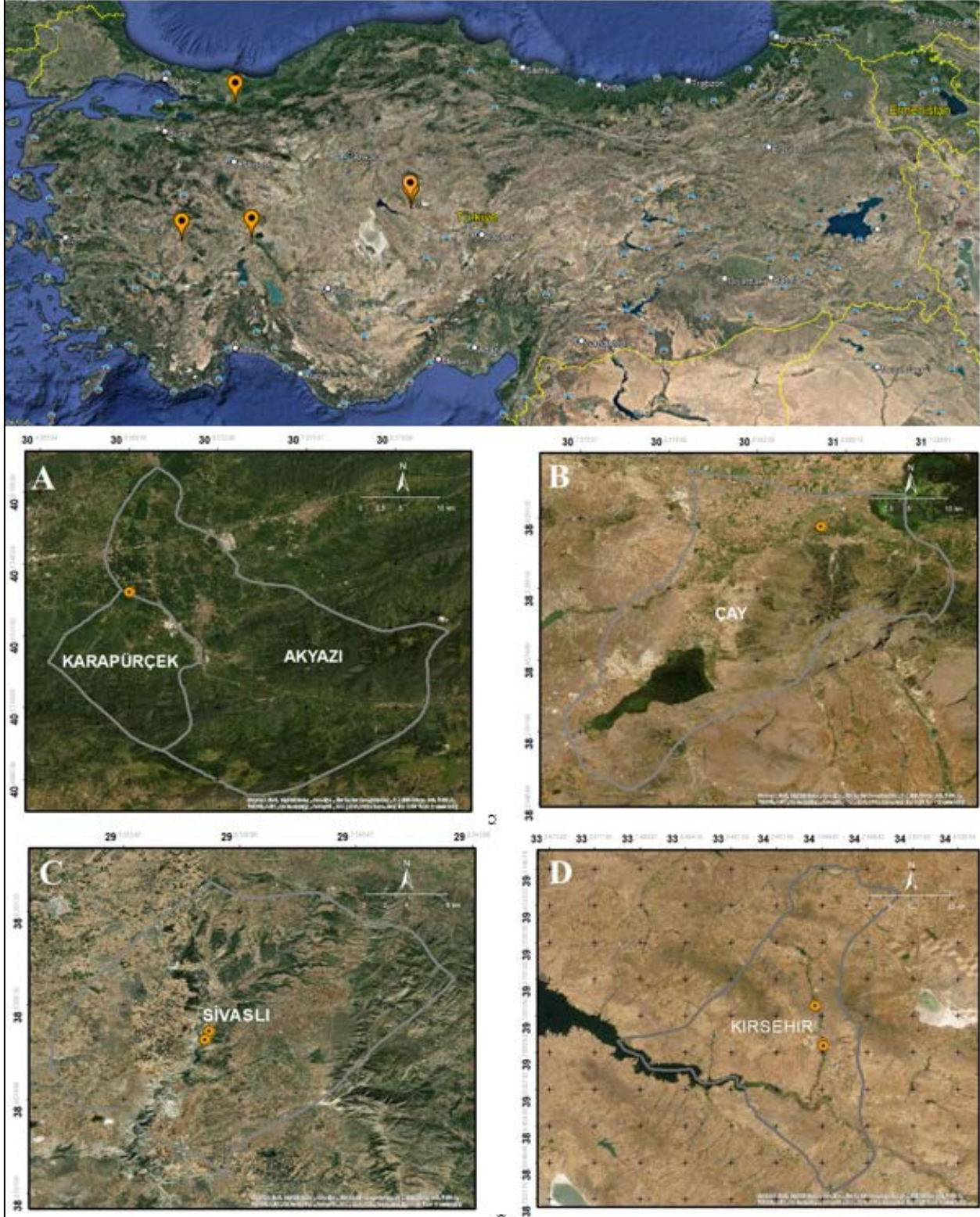
Çalışmanın amacı, ülkemiz için önemli endüstriyel ürünler arasında olan kavak yetiştirme sahalarının tespiti, envanter yönetimi planlamaları için yüksek doğruluğa sahip tematik haritaların hazırlanarak altlık olarak kullanılmak üzere detaylı bir spektral kütüphane hazırlanması ve yöntemsel akışın planlanmasıdır. Bu kapsamda farklı endüstriyel kavak klonlarının üretiminin yapıldığı Sakarya-Akyazı, Uşak-Sivaslı, Afyon-Çay ve Kırşehir-Özbağ ilçeleri çalışma alanı olarak tespit edilmiş ve bu alanlarda vejetasyon dönemi içerisinde arazide örnekleme noktalarında spektral ölçümler gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Yöntem

Kavak ekili alanların geleneksel saha çalışmalarıyla tespiti ve envanter oluşturulmasında, uzaktan algılama teknolojisinin yersel spektral ölçülerle ilişkilendirilerek, hızlı, daha düşük maliyetli ve yüksek doğrulukla kavak üretim alanlarının tespit edilmesi amaçlı *Populus deltoides* Bartr. “Samsun (I-77/51)”, *Populus x euramericana* “I-214”, *Populus x euramericana* “I-45/51”, *Populus nigra* L. “Kocabey (TR-77/10)” klonları ve *Populus nigra* L. (Karakavak) türü belirlenmiş olup, buldukları bölgelere göre dört farklı alanda çalışılmıştır.

2.1. Çalışma Alanı

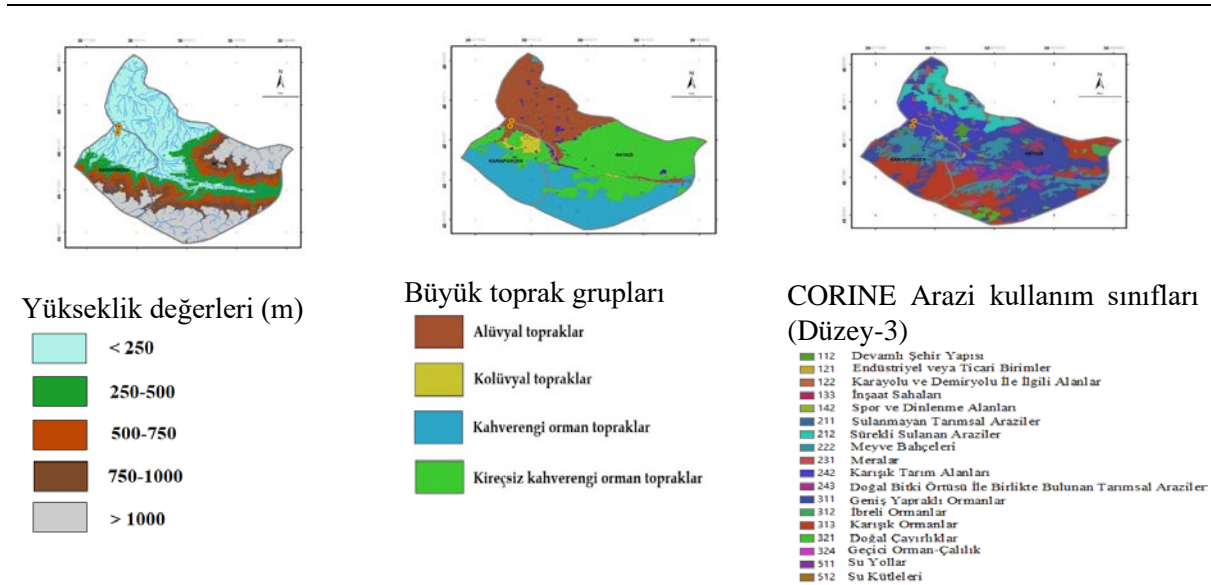
Bu çalışma kapsamında, farklı endüstriyel kavak tür ve klonlarını içerisinde barındıran Sakarya-Akyazı, Uşak-Sivaslı, Afyonkarahisar-Çay ve Kırşehir-Özbağ ilçelerinde belirlenen örnekleme alanlarında spektral ölçüm çalışmaları yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanları. Sakarya ili Akyazı ilçesi Çıldır Köyü (A), Afyonkarahisar ili Çay ilçesi mevki (B), Uşak ili Sivaslı İlçesi Azizler Köyü mevki (C), Kırşehir ile Özbağ ilçesi mevki (D)

2.1.1. Sakarya (Akyazı)

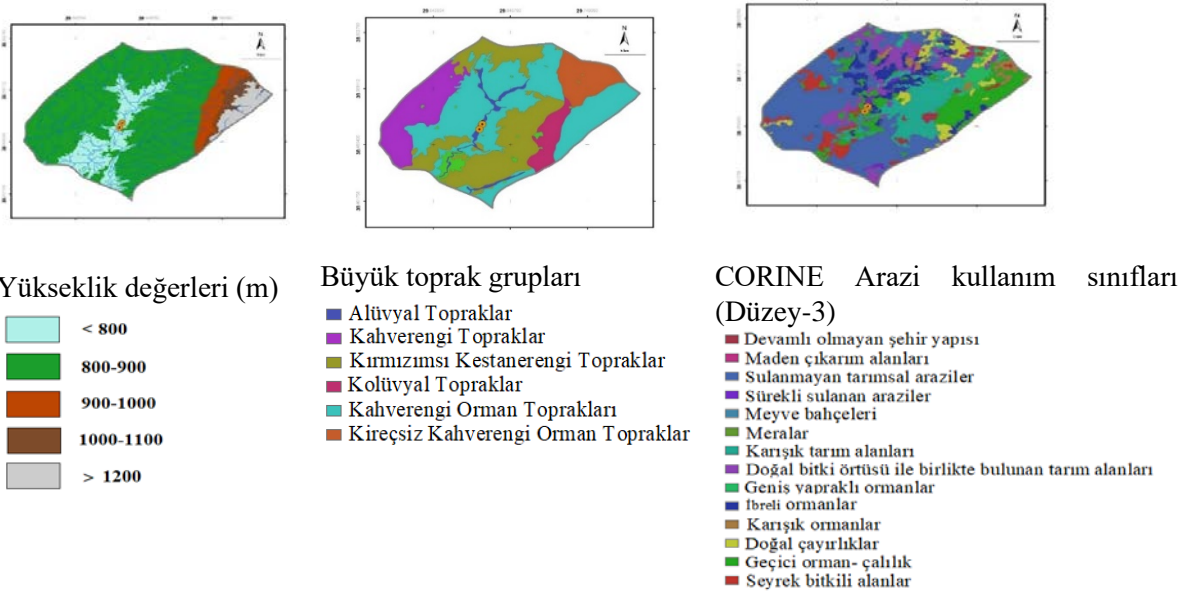
Akyazı-Karapürçek ilçeleri yaklaşık 50 m deniz seviyesinden yükseklikte bulunan, Güney, Güneybatı ve Güneydoğusu dağlarla çevrili ovaya kurulmuş bir ilçedir. Şekil 2’de bölgenin yükseklik değişimini gösteren yükseklik haritası, temel toprak sınıflamasını gösteren toprak haritası ve CORINE sisteminde arazi kullanım sınıflarını gösteren tematik harita verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, bölgede jeolojik formasyon olarak alüvyon grubu en fazla görülen formasyon yapısıdır. Toprak grubu olarak 191 km² alüvyol toprak alanı içermektedir. Dağlık alanlarda ise iki farklı tipte 567 km² orman toprağı barındırmaktadır. Geneli alüvyol topraklar üzerine kurulu 422 km² tarım alanı varlığı bulunmaktadır. Orman varlığı olarak, 259 km² koru ormanı olmak üzere ağaçlandırma, bozuk alanlar ve maki alanları ile birlikte toplam 402 km²’dir. 2007 verilerine göre Sakarya ili genelinde 8750 hektar kavak alanı mevcut olup, geçen zaman içerisinde bu alanlarda da artış olduğu gözlenmiştir. Kavak üretiminin yaklaşık %70’ini Adapazarı, Akyazı, %30’unu ise Karasu, Gevye, Hendek, Taraklı ilçe ve köylerinde yapılmaktadır (Karakaya, 2009).



Şekil 2. Sakarya-Akyazı ilçesi yükseklik (sol), toprak haritası (orta) ve arazi örtüsü (sağ) haritaları

2.1.2. Uşak (Sivaslı)

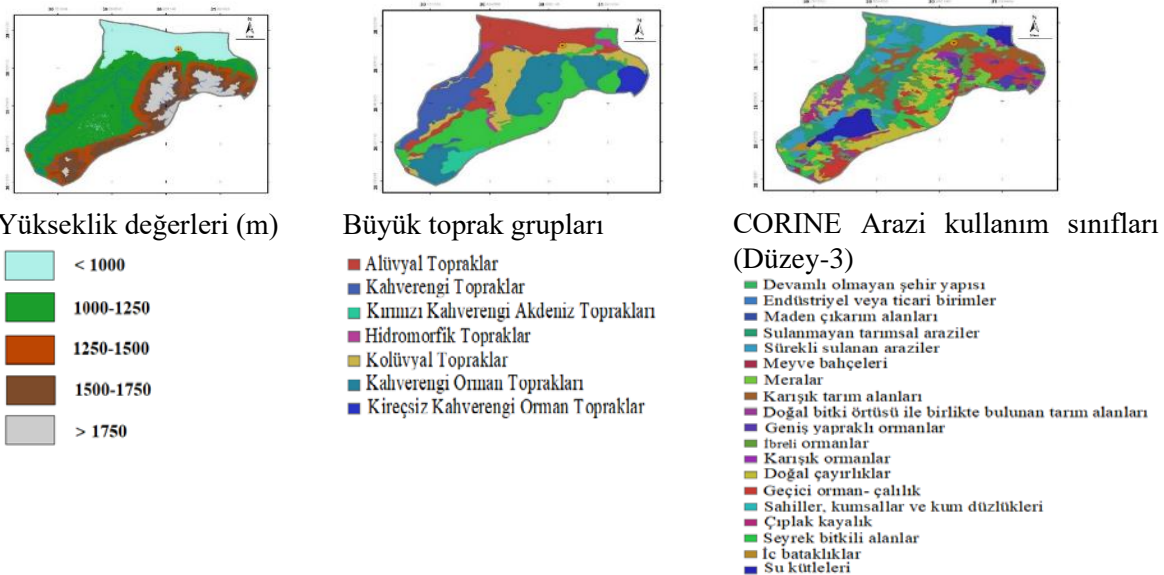
Sivaslı ilçesi, Bulcaz dağlarının eteğine kurulu olup, genellikle düz ve düze yakın arazi yapısına sahiptir (URL-2). Kavak yetiştiriciliği halkın geçim kaynaklarından biridir. Banaz çayı çevresinde ve çayın geçtiği Azizler, Budaklar gibi köylerde kavak yetiştirme sahaları bulunmaktadır. Bölgede Kanada cinsi kavaklar yetiştirilmekte ve kavaklardan elde edilen keresteler de ilçeye yakın illerin kereste fabrikalarına pazarlanmıştır (Özav, 2002). Ölçümlerin gerçekleştirildiği çalışma alanı, Uşak-Sivaslı sınırları içerisinde yaklaşık 750 m deniz seviyesinden yükseklikte yer almaktadır (Şekil 3). Çalışma alanının Doğu-Kuzeydoğu kısmını dağlık alanlar kaplamaktadır. İlçenin büyük bir alanı kırmızımsı kestane rengi toprak (133 km²) ve kahverengi orman toprağından (203 km²) oluşmaktadır. Deneme alanı ise alüvyol topraklar üzerinde yer almaktadır. Arazi sınıfları incelendiğinde bölgenin büyük bir kısmı (yaklaşık 320 km²) tarım alanları olarak kullanılmaktadır. Bölgenin genelindeki orman alanı bozuk baltalık (86 km²) alanı olmakla birlikte, yaklaşık 26 km² ise koru ormanı statüsündedir.



Şekil 3. Uşak-Sivahlı ilçesi yükseklik (sol), toprak haritası (orta) ve arazi örtüsü (sağ) haritaları

2.1.3. Afyonkarahisar (Çay)

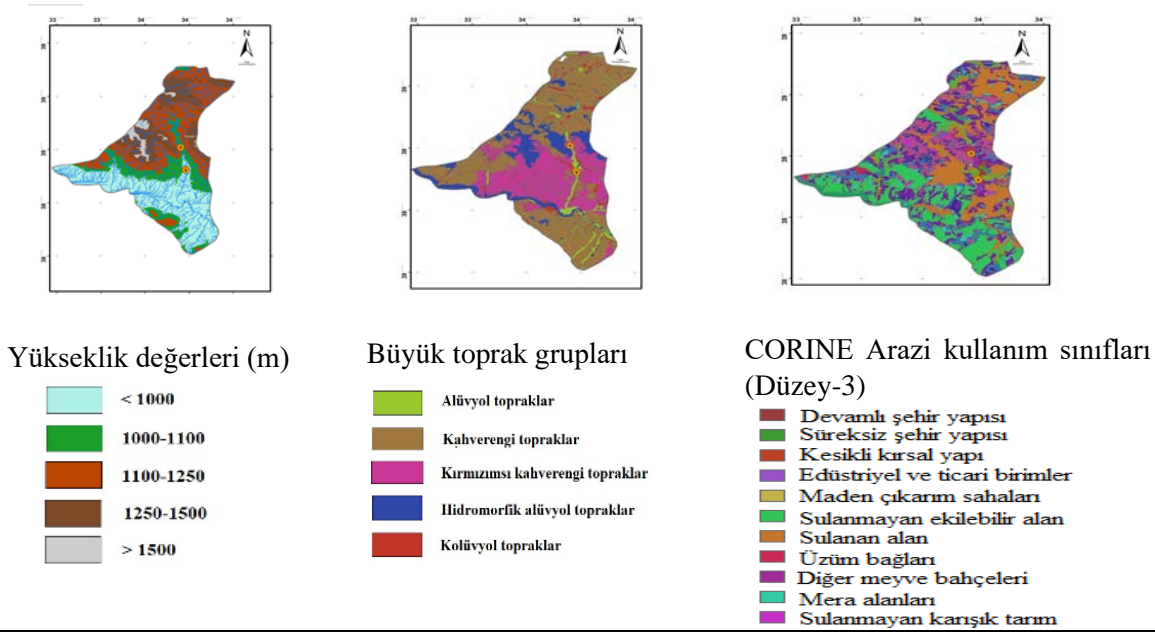
Çay ilçesi Ege, Akdeniz ve İç Anadolu Bölgeleri'nin kesiştiği bir konumda yer almaktadır. 1.010 m rakıma sahip olan ilçenin ekonomisi sulu tarıma dayalıdır. Kışları sert ve soğuk, yazlar sıcak ve kurak yapıda karasal bir iklime sahip olan ilçe Temmuz ve Ağustos ayları dışında her ay yağış almaktadır (URL-3). Ölçümlerin gerçekleştirildiği çalışma alanı, Afyonkarahisar-Çay sınırları içerisinde yaklaşık 1.000 m deniz seviyesinden yükseklikte yer almaktadır (Şekil 4). Toprak grupları olarak ilçe genel olarak alüvyol topraklar (143 km²), kolüvyal topraklar (109 km²) ve kahverengi orman topraklarından (160 km²) oluşmaktadır. İlçenin arazi kullanım sınıfları incelendiğinde, çalışma alanında 661 km²'lik alanda farklı tarım aktiviteleri gerçekleştirilmektedir. Orman alanları içerisinde ağaçlandırma alanları bulunmakla birlikte, ormanlık alanlarının genel olarak bozuk yapıda baltalık ve kuru ormanı karakterinde olduğu gözlenmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Afyon-Çay ilçesi yükseklik (sol), toprak haritası (orta) ve arazi örtüsü (sağ) haritaları

2.1.4. Kırşehir (Özbağ)

İç Anadolu Bölgesi'nin Orta Kızılırmak Havzası'nda yer alan, yaklaşık 1000 m yükseklikte kurulmuş ve 6.570 m² yüzölçümüne sahip olan Kırşehir, doğu ve güneydoğuda Nevşehir, güneyde Aksaray, kuzeybatıda Kırıkkale, kuzeydoğu ve doğuda Yozgat, batıda Ankara ile çevrilidir (URL-4). Kırşehir'in %17,2 sis dağlarla kaplı olup, alanın %18,3'ü ovalarla kaplıdır. Alüvyol, kolüvyol ve kahverengi topraklarla zengin olan Kırşehir ve çevresi genel bozkır görünümündedir (Şekil 5). Deneme alanlarının bulunduğu alan jeolojik alan olarak alüvyon saha üzerinde yer almakta olup, büyük toprak grupları içerisinde alüvyol topraklar üzerinde yer almaktadır. Bölgedeki kavak meşcerelerinin sulanabilir nitelikte olduğu görülmektedir. Deneme alanlarının meşcere dağılım haritası incelendiğinde, bölgenin tamamının tarım alanları statüsünde olduğu, orman alan varlığı olarak doğal bitki örtüsü ve seyrek bitki alanlar gözlenmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. Kırşehir-Özbağ ilçesi yükseklik (sol), toprak haritası (orta) ve arazi örtüsü (sağ) haritaları

2.2. Spektral Ölçümler

Uzaktan algılanmış verilerin bilgisayar ortamında analizinde yeryüzü nesnelere spektral özelliklerinin bilinmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Elektromanyetik spektrumun görünür bölgesi olarak bilinen 380-720 nm dalga boyu aralığında yaprakta yer alan pigmentler (özellikle klorofil pigmenti) spektral yansımaya karakteristiğinin tespit edilmesi bakımından büyük önem arz etmektedir. Bu bölgede yer alan kırmızı ve mavi bantlarda klorofil soğurmasının oldukça yüksek olduğu görülürken klorofil soğurmasının yeşil bantta daha düşük bir seviyede olduğu bilinmektedir. Öte yandan, sağlıklı yaprağın gelen enerjinin çok az bir kısmını soğurup büyük bir kısmını yansıtması sebebiyle elektromanyetik spektrumun yakın kızılötesi (NIR) dalga boyu aralığında spektral yansımının önemli derecede arttığı bilinmektedir. Ayrıca, kısa dalga boyu kızılötesi (SWIR) bölgede yaprakta bulunan su miktarı spektral yansımaya karakteristiğini etkileyen önemli bir etmendir. Bu bölgede, su soğurma bantları olarak da ifade edilen dalga boylarında (1350-1460 nm, 1790-1960 nm ve 2365-2500 nm aralığı) gelen enerjinin büyük bir kısmı soğurulmaktadır (Lo, 1986; Çölkesen, 2015). Enerji nesne arasındaki bu ilişki, nesnelere spektral imzası olarak tanımlanmakta ve görüntü üzerinden farklı spektral özelliklere sahip nesnelere ayırt edilmesinde kullanılan temel veri kaynağı durumundadır.

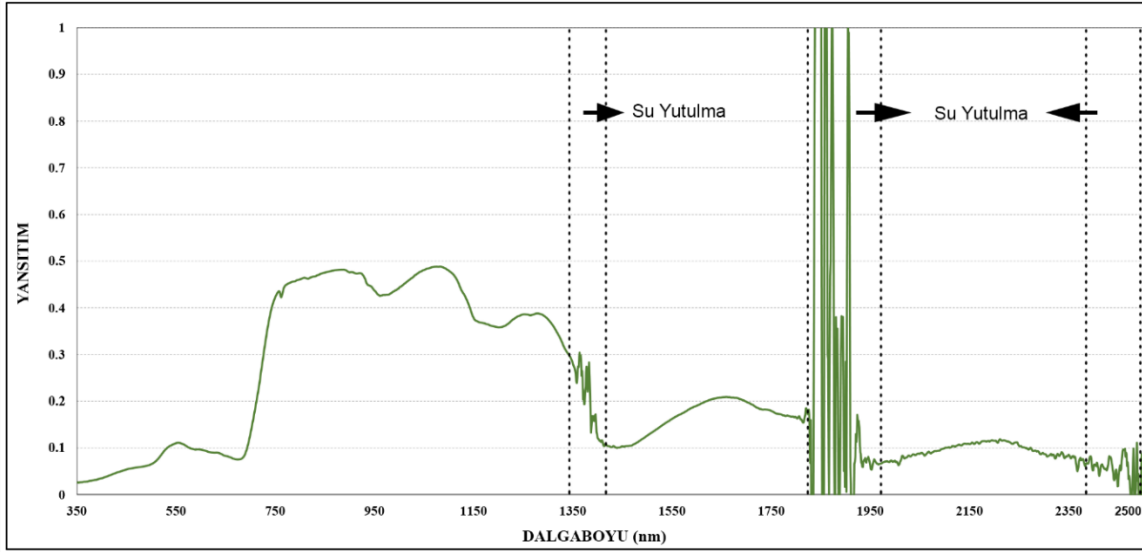
Spektroradyometre, belirli bir dalga boyu bölgesindeki ışınım (radyasyon) dağılımını ölçmek için fotoğraf filmi dışında detektörler kullanan optik bir cihazdır. Bu çalışma kapsamında, belirlenen dört farklı çalışma alanında tespit edilen kavak tür ve klonları için vejetasyon dönemi içerisinde spektral özellikler 350-2500 nm dalga boyu aralığında yansımaya özelliklerini ölçme yeteneğine sahip ASD Fieldspec3 cihazı yardımıyla arazide spektral ölçüm çalışmaları yapılmıştır. Kullanılan spektroradyometre cihazı; yansıtım, geçirgenlik veya ışımaya ölçümünü gerektiren birçok uygulama alanında kullanılan genel amaçlı bir spektroradyometredir. Spektral

yansıtım değerleri ölçümlerinden önce spektrometre cihazının kalibrasyonu özel olarak üretilen beyaz referans paneli kullanılarak yapılmıştır. Spektral ölçümlerin gerçekleştirilmesinde; öncelikli olarak kanopi ölçümleri gerçekleştirilmiş olup, temel amaç uydu bakış açısının tesis edilerek belirli bir yükseklikten kavak ağaçlarına ait spektral yansımaların kaydedilmesidir. Bu sayede uydu görüntüleri ile spektral ölçüler ilişkilendirilerek görüntü üzerinden ayırt edilmesi gerçekleştirilebilmektedir. Bunun yansıra uydu görüntülerindeki piksellerin sahip olduğu parlaklık değerlerinden reflektans (yansıma) değerlerine dönüşümde yine söz konusu spektral eğriler kullanılabilir. Farklı çalışma alanlarında vinç üzerinden gerçekleştirilen kanopi ölçümlerine ait çeşitli görseller Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Çalışma sahalarında gerçekleştirilen kanopi spektral ölçümleri

Elektromanyetik spektrumun bazı spektral bölgelerinde toprağa ulaşan güneş ışınımı su emilimi nedeniyle çok düşük olabilmektedir. Özellikle, su yutulma bantlarının yer aldığı kısa dalga boyu kızılötesi (SWIR) bölgede gürültü miktarı ciddi oranda artış göstermektedir. Kanopi ölçümlerinde yani direkt olarak kavak ağaçlarının güneş ışığı ile etkileşimi sonucu yansıyan enerjinin ölçüldüğü durumda söz konusu etkiler belirgin olarak spektral ölçülerde görülmektedir. Şekil 7’de su soğurma veya yutulması sonucunda ortaya çıkan bozucu etkiler 18 Mayıs 2021 tarihinde Afyon ili Çay ilçesinde kanopi ölçümleri gerçekleştirilen *Populus nigra* L. “Kocabey (TR-77/10)” klonundan elde edilen örnek spektral yansıma eğrisi grafiğinde görülmektedir.



Şekil 7. *Populus nigra* L. “Kocabey (TR-77/10)” klonuna ait su yutulma bölgelerini de içine alan spektral yansıma eğrisi

Şekilden de görüleceği üzere elektromanyetik spektrumun özellikle 1400, 1900 ve 2500 nm civarı kuvvetli su soğurması nedeniyle sinyal üzerinde bozucu bir etki ortaya çıkmaktadır. Literatürde bu bölgeler su soğurma bantları olarak ifade edilir ve mevcut uzaktan algılama sistemleri bu bozucu etki nedeniyle bu bölgelerde algılama yapmayacak şekilde tasarlanmaktadır. Bu nedenle, kanopi ölçüleri yardımıyla elde edilen spektral yansıma ölçülerinden söz konusu su soğurma bantlarının bulunduğu bölgeler (1350-1460 nm, 1790-1960 nm ve 2365-2500 nm) çıkartılarak analizler yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Arazi Ölçümleri

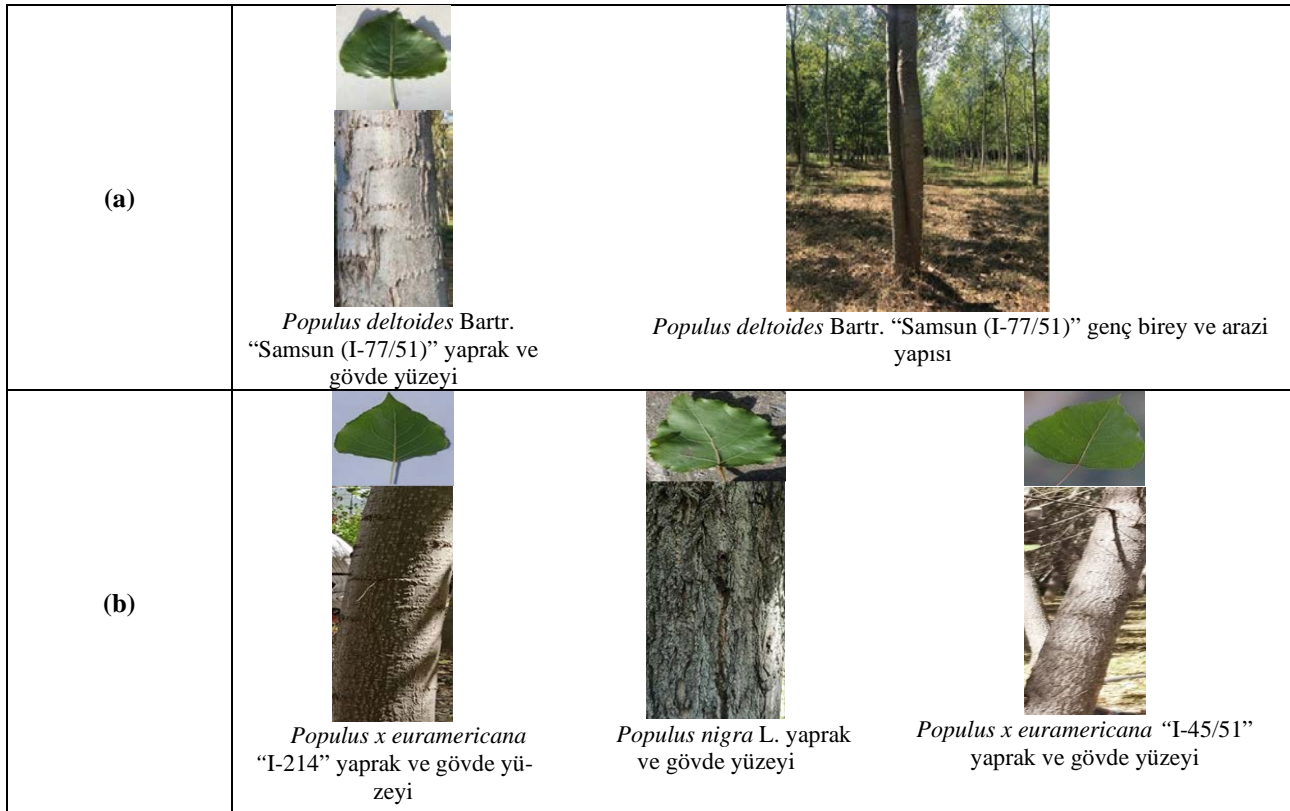
Saha çalışmaları kapsamında, arazide tespit edilen örnekleme alanlarında belirlenen kavak tür ve klonları için gövde ve yaprak yüzeyleri incelenmiştir (Şekil 8). Sakarya ili Akyazı ilçesi Çıldırlar köyünde, *Populus deltoides* Bartr. “Samsun (I-77/51)” klonunun dişi ve erkek bireyleri üzerinde çalışılmıştır. “Samsun (I-77/51)” klonunun 3-18-25-21 cm çapında, 3-17-22-16 m boyunda ve 1-5-8-5 yaşında olan bireylerinden örnekler alınmıştır (Şekil 8a). Uşak ili Sivashlı ilçesi Azizler köyü mevkiinde, Amerikan karakavakları (*Populus deltoides*) ile Asya-Avrupa karakavakları (*Populus nigra* L.) arasındaki melezlemelerden elde edilen *Populus x euramericana*'nın “I-214” ve “I-45/51” klonları ve ülkemizde doğal yayılış gösteren *Populus nigra* L. üzerinde çalışılmıştır (Şekil 8b). Arazide örnek alınan ağaçların çap, boy ve yaşları ölçülmüş olup, “I-214” klonunun 19,5 cm çapında, 14,9 m boyunda ve 11 yaşında olduğu, *Populus nigra* L. türünün 52 cm çapında, 35,7 m boyunda ve 36 yaşında olduğu, “I-45/51” klonunun da 27 cm çapında, 28,5 m boyunda ve 13 yaşında olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Afyonkarahisar ili Çay ilçesinde, *Populus nigra* L. “Kocabey (TR 77/10)” ve *Populus nigra* L. üzerinde yapılan çalışma neticesinde çap, boy ve yaş ölçümleri yapılmış olup, “Kocabey (TR 77/10)” klonunun 33 cm çapında, 22 m boyunda ve 25 yaşında olduğu, *Populus nigra* L. türünün de 18 cm çapında, 17 m boyunda ve 16 yaşında olduğu belirlenmiştir (Şekil 8c). Kırşehir ili Özbağ kasabasında bulunan *Populus nigra* L. “Kocabey (TR 77/10)” kavak klonu üzerinde üç farklı bölgede yapılan çalışma neticesinde 36-21-32 cm çapında, 19-17-16 boyunda ve 10-9-11 yaşındaki bireylere rastlanılmıştır (Şekil 8d).

3.2. Spektral Ölçümler ve Analizler

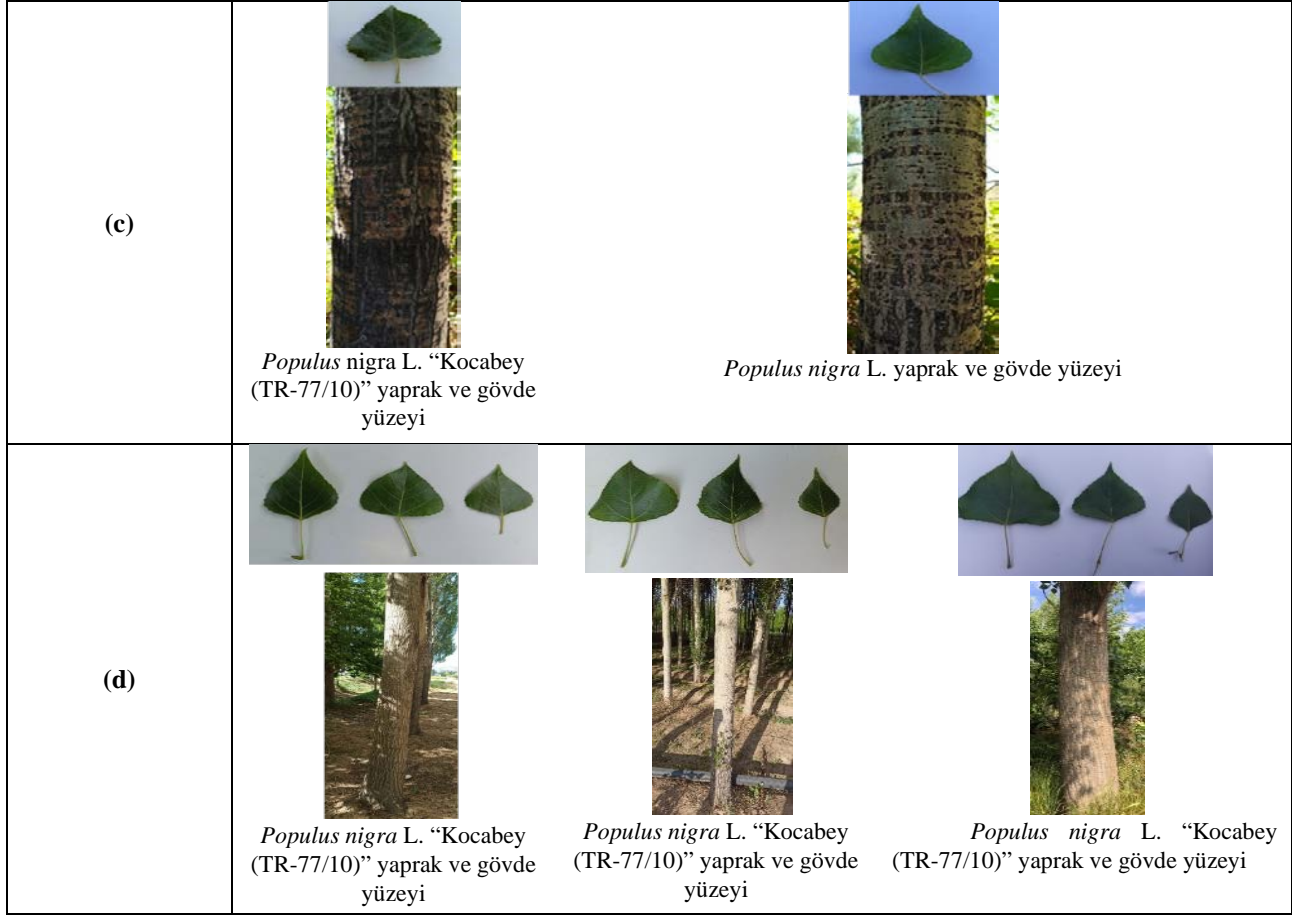
Vejetasyon ortası dönemde çalışma sahalarda belirlenen ve spektral yansıma ölçümleri gerçekleştirilen kavak bitkisi tür ve klonlarına ait spektral kanopi yansımalarını toplu olarak değerlendirmek ve karşılaştırmak amacıyla ortalama kanopi spektral yansıma değerleri hesaplanmış ve elde edilen spektral imzaları gösteren grafik Şekil 9'da verilmiştir. Çalışma sahalari içerisinde yer alan Sakarya-Akyazı, Uşak-Sivashlı,

Afyonkarahisar-Çay bölgelerindeki kavak tür ve klonlarına ait spektral ölçümler 18-20 Mayıs 2021 tarihleri aralığında gerçekleştirilirken, Kırşehir ili Özbağ beldesindeki kavak spektral ölçümleri 6 Temmuz 2021 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Tüm saha çalışmalarındaki ölçümler vejetasyon dönemi yani büyüme mevsimi içerisinde gerçekleştirilmiştir.

Kavak tür ve klonlarına ait spektral yansımaya sonuçları detaylı bir şekilde analiz edildiğinde; görünür bölge olarak bilinen 380-720 nm dalga boyu aralığının mavi bandında tüm kavak tür ve klonlarının benzer spektral karakteristiğe sahip olduğu fakat yeşil ve kırmızı/kırmızı-kenar bantlarda az da olsa spektral yansımada değerlerinde farklılıklar olduğu görülmüştür. Söz konusu spektral bölge içerisinde en yüksek spektral yansıtım değeri (0,267) Kırşehir ili Özbağ beldesinde bulunan *Populus nigra* L. “Kocabay (TR-77/10)” klonu için hesaplanırken, en düşük yansıtım değeri (0,0013) Uşak ili Sivaslı ilçesinde bulunan *Populus x euramericana* “I-214” klonu için hesaplanmıştır. Yakın kızılötesi bölgede ise tüm kavak tür ve klonları için spektral yansımaya değerlerinin dikkat çekici bir biçimde artış gösterdiği görülmüştür. Kavak tür ve klonlarına ait kanopilerin spektral yansımaya karakteristikleri yakın kızılötesi bölgede ele alındığında Kırşehir ili Özbağ beldesinde bulunan *Populus nigra* L. “Kocabay (TR-77/10)” klonunun gösterdiği yüksek yansıtım değerleriyle (0,764) diğer tür ve klonlardan net olarak ayırt edilebildiği görülmüştür. Ayrıca, Uşak ili Sivaslı ilçesinde bulunan *Populus nigra* L. türü ile Afyon ili Çay ilçesinde bulunan *Populus nigra* L. türünün aynı tür olmalarına rağmen yakın kızıl ötesi bölgede birbirlerinden oldukça farklı yansıtım değerleri sergiledikleri belirlenmiştir.

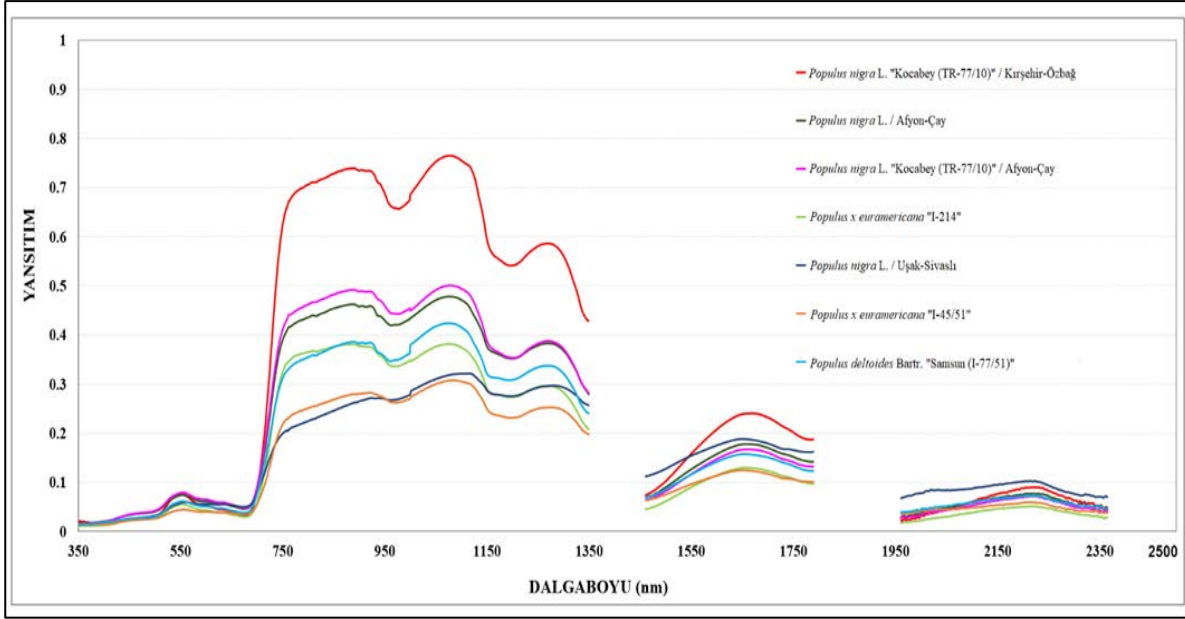


Şekil 8. Kavak klonları için gövde ve yaprak yüzey analizleri için yapılan arazi çalışmaları a) Sakarya-Akyazı, b) Uşak-Sivaslı, c) Afyon-Çay ve d) Kırşehir-Özbağ



Şekil 8. Kavak klonları için gövde ve yaprak yüzey analizleri için yapılan arazi çalışmaları a) Sakarya-Akyazı, b) Uşak-Sivaslı, c) Afyon-Çay ve d) Kırşehir-Özbağ (devam ediyor)

Kısa dalga kızılötesi bölgenin bir kısmını içeren 1460-1790 nm dalga boyu aralığında en yüksek spektral yansıtım değeri (0,240 yansıtım değeri) yakın kızıl ötesi bölgeye paralel olarak Kırşehir ili Özbağ beldesinde bulunan *Populus nigra* L. "Kocabey (TR-77/10)" klonu için hesaplanırken, en düşük yansıtım değeri (0,0046) Uşak ili Sivaslı ilçesinde bulunan *Populus x euramericana* "I-214" klonu için hesaplanmıştır. Son olarak, kısa dalga kızılötesi bölgenin bir kısmını içeren 1960-2365 nm dalga boyu aralıklarında genel olarak tüm tür ve klonlara ait yaprakların birbirlerine oldukça yakın yansıma değerleri sergiledikleri ve yansıtım değerlerinin 0,019 ve 0,102 değer aralıklarında olduğu görülmüştür. Bu bölgede en net ayrımın Uşak ili Sivaslı ilçesinde bulunan *Populus nigra* L. türü için yapılabileceği görülmektedir.



Şekil 9. Vejetasyon ortası dönemde gerçekleştirilen kanopi spektral yansıtma ölçümlerinin karşılaştırılması

4. Sonuç ve Öneriler

Hızlı gelişen ağaç türleri içerisinde kavak ağacı ülkemizde endüstriyel olarak ekimi yapılan ve ekonomik açıdan önemli bir değeri olan ağaç türüdür. Bu nedenle endüstriyel olarak ekimi yapılan kavak ağaçlarının mekânsal dağılımlarının belirlenmesi ve sürekli olarak takibi envanter planlamaları, kaynakların etkili olarak kullanımı ve sürdürülebilir yönetimi açısından büyük önem arz etmektedir. Kavak ekili alanların tespiti ile birlikte ekimi yapılan türlerin ayırt edilmesi ve haritalanması hususu özellikle rekolte hesaplamaları ve etkili envanter yönetimi için ayrı bir öneme sahiptir. Bu çalışma ana amacı, ülkemiz genelinde yoğun bir şekilde ekimi yapılan kavak tür ve klonlarının spektral özelliklerinin tespiti yapılarak spektral kütüphanenin oluşturulması amaçlı hazırlık ve öncül çalışmalarının gerçekleştirilmesidir. Bu amaca yönelik olarak tespit edilen dört farklı çalışma alanında mevcut kavak tür ve klonları vejetasyon ortası dönemde arazi çalışmaları ile spektral ölçümler gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen spektral ölçümler detaylı bir şekilde analiz edilerek, Ülkemizde yaygın olarak yetiştirilen endüstriyel kavak tür ve klonlarına özgü spektral kütüphane oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında ölçümleri gerçekleştirilen kavak tür ve klonların spektral imzaları karşılaştırıldığında, elektromanyetik spektrumun görünür dalga boyu aralıklarında söz konusu farklı tür ve klonların birbirinden ayırt edilmesinin oldukça güç olduğu tespit edilmiştir. Fakat, kavak tür ve klonların ayırt edilmesi noktasında elektromanyetik spektrumun özellikle kızılötesi bölgesinde *Populus nigra* L. “Kocabey (TR 77/10)” klonunun diğerlerinden spektral olarak daha rahat ayırt edilebildiğini, diğer tür ve klonların ise bazı dalga boyu aralıklarında ayırt edilebilir olduğu gözlemlenmiştir. Elektromanyetik spektrumun kısa dalga kızılötesi bölgesinde ise bazı klonların spektral özelliklerinin diğerlerinden farklılaştığı, bu sayede görünür veya yakın kızılötesi bölgede ayırt edilemeyen türlerin bu bölgede ayırt edilebildiği tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen kavak tür ve klonlara ait spektral kütüphane özellikle uydu görüntüleri veya insansız hava aracı platformlarından elde edilen görüntüler üzerinden kavak envanter çıkarımında önemli bir kaynak olma potansiyeline sahiptir. Bununla birlikte, kavak türlerinin ayırt edilmesi noktasında kullanılacak görüntülerin spektral özelliklerinin tespiti noktasında da benzer diğer çalışmalara yardımcı olacak değerli bir kaynaktır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 119O630 nolu proje ile desteklenmiştir. Proje boyunca desteğini esirgemeyen Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne ve Enstitüde görevli Başmühendis Cihan ATMACA'ya verdiği destekten dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Ahmadloo, F., Mirakhorlou, K., Calagari, M., ve Salehi, A. (2021). Using Sentinel-2 satellite image data and ground data to surveying and mapping poplar plantation of Tehran province. *Journal of Environmental Science and Technology*, 23(7), 253-266. 10.22034/JEST.2021.52793.5074
- Asan, Ü. (1998). Endüstriyel Plantasyonlar ve Türkiye'deki Uygulamalar. Hızlı Gelişen Türlerle Yapılan Ağaçlandırma Çalışmalarının Değerlendirilmesi ve Yapılacak Çalışmalar (Workshop) (pp. 25-37).
- Atmaca, C. (2018). *Çeşitli Kavak Klonlarının İlk Yıllardaki Performansı* (Yüksek lisans tezi) Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Birler, A. S. (2010). Türkiye'de kavak yetiştirme: Fidanlık-ağaçlandırma-koruma-hâsılat-ekonomi-odun özellikleri. Çevre ve Orman Bakanlığı Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Müdürlüğü.
- Çölkesen, İ. (2015). *Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri Kullanarak Benzer Spektral Özelliklere Sahip Doğal Nesnelere Ayırt Edilmesine Yönelik Bir Metodoloji Geliştirme* (Doktora tezi) Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- D'Amico, G., Francini, S., Giannetti, F., Vangi, E., Travaglini, D., Chianucci, F., Mattioli, W., Grotti, M., Puletti, N., Corona, P., ve Chirici, G. (2021). A deep learning approach for automatic mapping of poplar plantations using Sentinel-2 imagery, *GIScience & Remote Sensing*, 58(8), 1352-1368. <https://doi.org/10.1080/15481603.2021.1988427>
- Durkaya, A. (2002). Endüstriyel Plantasyon Tesisinde Kızılçamın Önemi ve Planlanmasında Uyulması Gereken İlkeler. Orman Amenajmanında Kavramsal Açılımlar ve Yeni Hedefler Sempozyumu, 18-19 Nisan, İstanbul.
- Ercan, M. (2014). Kuruluşundan Günümüze Kavakçılık Araştırma Enstitüsü 1962-2014. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü. Müdürlük Yayın No: 270, Çeşitli Yayınlar Serisi No: 25, İzmit.
- FAO. (2020). Global Forest Resources Assessment 2020 – Key findings. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca8753en>
- Hamrouni, Y., Paillassa, E., Chéret, V., Monteil, C., ve Sheeren, D. (2021). From local to global: A transfer learning-based approach for mapping poplar plantations at national scale using Sentinel-2. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 171, 76-100. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2020.10.018>
- Hu, G. Y., Dong, Z. B., Wei, Z. H., ve Lu, J. F. (2010). Land use and land cover change monitoring in the Zoige Wetland by remote sensing. Proceedings of Sixth International Symposium on Digital Earth: Data Processing and Applications, (Vol. 7841, pp. 52-82), United States: SPIE, September 9-12.
- Karakaya, S. (2009). Sakarya ili kavak üreticilerinin sosyo-ekonomik yapısı ve başarı düzeylerini etkileyen faktörler (Yüksek lisans tezi) Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Kavzoglu T., Colkesen I., Tonbul H., Ozturk, M.Y. (2021a). Evaluation of potential use of Worldview-3 imagery in object-based classification of hybrid poplar (*P. Deltoides*) cultivated fields, International Symposium on Applied Geoinformatics, Riga, Latvia, 2-3 Aralık.
- Kavzoglu T., Tonbul H., Colkesen I. (2021b). Evaluation of atmospheric correction methods for Sentinel-2 imagery in the spectral identification of poplar (*Populus Deltoides* Bartr.) species, 42nd Asian Conference on Remote Sensing, Can Tho city, Vietnam, 21-24 Kasım.
- Kavzoğlu, T., Colkesen, İ. (2011). Uzaktan Algılama Teknolojileri ve Uygulama Alanları, Türkiye'de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı, 26-27 Mayıs, İstanbul.
- Kunwar, P., Kachhwaha, T. S., Kumar, A., Agrawal, A. K., Singh, A. N., ve Mendiratta, N. (2010). Use of high-resolution IKONOS data and GIS technique for transformation of landuse/landcover for sustainable development. *Current Science*, 98(2), 204-212. Erişim adresi: <https://www.jstor.org/stable/24111511>
- Küçükosmanoğlu, F. (2009). Türkiye'deki Bazı Karakavak (*Populus Nigra* L.) Klonlarının Morfolojik Çeşitliliği Üzerine Araştırmalar (Yüksek lisans tezi) Erişim adresi: <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Lo, C. P. 1986. Applied Remote Sensing, New York: Longman.

- Marchi, M., Bergante, S., Ray, D., Barbetti, R., Facciotto, G., Chiarabaglio Pier, M., ve Nervo, G. (2022). Universal reaction norms for the sustainable cultivation of hybrid poplar clones under climate change in Italy. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 15(1), 47. <https://doi.org/10.3832/ifor3989-015>
- Özav, L. (2002). Sivaslı İlçesinin Coğrafi Etüdü, Afyon Kocatepe Üniversitesi Yayın No. 30 Afyon.
- Royer, P. D., Cobb, N. S., Clifford, M. J., Huang, C. Y., Breshears, D. D., Adams, H. D., ve Villegas, J. C. (2011). Extreme climatic event-triggered overstorey vegetation loss increases understorey solar input regionally: primary and secondary ecological implications. *Journal of Ecology*, 99(3), 714-723. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2011.01804.x>
- Seng Hua, L., Wei Chen, L., Antov, P., Kristak, L., ve Md Tahir, P. (2022). Engineering Wood Products from Eucalyptus spp. *Advances in Materials Science and Engineering*, 14 pages. <https://doi.org/10.1155/2022/8000780>
- Spinelli, R., Kovac, B., Heger, P., Helig, D., Heil, B., Kovacs, G., ve Magagnotti, N. (2022). Manipulating grading strategy for the efficient harvesting of industrial poplar plantations. *International Journal of Forest Engineering*, 1-10. <https://doi.org/10.1080/14942119.2022.2034404>
- Tonbul H., Colkesen I., ve Kavzoglu T. (2020). Classification of poplar trees with object-based ensemble learning algorithms using Sentinel-2A imagery, *Journal of Geodetic Science*, 10 (1), 14-22. <https://doi.org/10.1515/jogs-2020-0003>
- Tunçtaner, K. (2008). Kavaklarda Genetik Islah ve Seleksiyon. Kavak ve Hızlı Gelişen Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, İzmit.
- URL-1 (2019). <https://unece.org/forests/fpamr-2018-2019> (24.03.2022)
- URL-2 (2022). <http://sivasli.bel.tr/cografya-yapimiz/> (20.02.2022)
- URL-3 (2022). <https://www.cay.bel.tr/sayfa-354-tarihce.html> (10.01.2022)
- URL-4 (2022). <https://tr.wikipedia.org/wiki/K%C4%B1r%C5%9Fehir> (11.02.2022)
- Velioğlu, E., Bostancı, Y. S., ve Akgül, S. (2020). Poplars, Willows, and Other Fast-Growing Trees in Turkey: Country Progress Report for the International Poplar Commission, Time Period: 2016 – 2019, Poplar and Fast-Growing Forest Trees Research Institute, İzmit / Turkey.
- Wu, B., Qi, Y., Ma, C., ve Zhang, H. (2010). Harvest evaluation model and system of fast-growing and high-yield poplar plantation. *Mathematical and Computer Modelling*, 51(11-12), 1444-1452. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2009.10.004>