



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BARTIN-KİRAZLIKÖPRÜ BARAJININ REZERVUAR
PEYZAJINDAKİ ORMAN EKOSİSTEMİNİN YAPRAK ALAN
İNDEKSİ (YAI) DEĞERİNİN YIL İÇİ VE YÜKSELTİYE BAĞLI
DEĞİŞİMİNİN EKOLOJİK AÇIDAN İRDELENMESİ**

TURGAY BİRİCİK

DANIŞMAN

DOÇ. DR. MELİH ÖZTÜRK

BARTIN-2024



T.C.

BARTIN ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**BARTIN-KİRAZLIKÖPRÜ BARAJININ REZERVUAR PEYZAJINDAKİ
ORMAN EKOSİSTEMİNİN YAPRAK ALAN İNDEKSİ (YAI) DEĞERİNİN
YIL-İÇİ VE YÜKSELTİYE BAĞLI DEĞİŞİMİNİN EKOLOJİK AÇIDAN
İRDELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TURGAY BİRİCİK

BARTIN-2024

BEYANNAME

Bartın Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre Doç. Dr. Melih ÖZTÜRK danışmanlığında hazırlamış olduğum “BARTIN-KİRAZLIKÖPRÜ BARAJININ REZERVUAR PEYZAJINDAKİ ORMAN EKOSİSTEMİNİN YAPRAK ALAN İNDEKSİ (YAI) DEĞERİNİN YIL-İÇİ VE YÜKSELTİYE BAĞLI DEĞİŞİMİNİN EKOLOJİK AÇIDAN İRDELENMESİ” başlıklı yüksek lisans tezimin bilimsel etik değerlere ve kurallara uygun, özgün bir çalışma olduğunu, aksinin tespit edilmesi halinde her türlü yasal yaptırımını kabul edeceğimi beyan ederim.

31.01.2024

Turgay BİRİCİK

ÖNSÖZ

Yüksek Lisans Tezi kapsamında “Bartın-Kirazlıköprü Barajının Rezervuar Peyzajındaki Orman Ekosisteminin Yaprak Alan İndeksi (YAI) Değerinin Yıl-İçi ve Yükseltiye Bağlı Değişiminin Ekolojik Açıdan İrdelenmesi” adlı bu çalışmanın gerçekleştirilmesi aşamasında hiçbir zaman maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen ve tez danışmanlığımı üstlenen sayın hocam Doç. Dr. Melih ÖZTÜRK’e çok teşekkür ederim.

Lise ve lisans eğitimimden bu yana almış olduğum bütün kararlarımda bana her zaman bütün imkanlarıyla destek veren çocukluk arkadaşım, dostum ve abim sayın Kâmil YILMAZ ile ailesine teşekkür ederim. Tüm eğitim yaşantım süresince desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, ilk okuldan bu yana kıymetli öğretmenim sayın Nevriye SAMAN’a teşekkür eder, sevgi ve saygılarımı sunarım. Lisans eğitimimden bugüne kadar eğitimim için maddi ve manevi hiçbir yardımlarını esirgemeyen abim sayın Murat UN’a ve yardımlarını esirgemeyen tüm ailesi ve arkadaşlarına teşekkür ederim. Bununla birlikte, tezimin yazım aşamasında ve eğitimim için bana her zaman destek vererek yanımda olduğunu hissettiren Bartın İli Amasra İlçesi Eski Belediye Başkanı sayın Ali YILDIRIM’a ve ailesine teşekkürümü borç bilirim. Arkadaşım ve moral kaynağım Ömer KAYA’ya ve Abdullah Sabri KİPER’e bana katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Son olarak her türlü desteğini bana her daim gösteren annem Durdiye BİRİCİK ile babam Mehmet BİRİCİK’a ve kardeşlerime, ayrıca daha ismini burada belirtmediğim hocalarım, arkadaşlarım ve dostlarıma ve bu çalışmada emeği geçen herkese teşekkür ederim.

Bu tez çalışmamızın uluslararası ve ulusal bilim dünyasına ve ilgili benzer çalışmalara yararlı olmasını diler, sayılar sunarım.

Turgay BİRİCİK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BARTIN-KIRAZLIKÖPRÜ BARAJININ REZERVUAR PEYZAJINDAKİ ORMAN EKOSİSTEMİNİN YAPRAK ALAN İNDEKSİ (YAI) DEĞERİNİN YIL-İÇİ VE YÜKSELTİYE BAĞLI DEĞİŞİMİNİN EKOLOJİK AÇIDAN İRDELENMESİ

Turgay BİRİCİK

Bartın Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Melih ÖZTÜRK

Bartın-2024, sayfa: 60

Bartın-Kirazlıköprü baraj havzası, Bartın Çayı Havzasının hemen hemen yarısını oluşturmakta ve bütün havzadan gelen suyun önemli bir kısmına kaynaklık etmektedir. Bartın-Kirazlıköprü baraj rezervuarını besleyen Gökırmak Çayı'nı, Ulus Çayı ile Abdipaşa Beldesi'nde Ulus Çayına dâhil olan Ovacuma Çayı ve diğer yan kolları beslemektedir. Bu tez çalışmamızın örneklem alanı olarak Kirazlıköprü barajının rezervuar alanı içerisindeki orman ekosisteminde yer alan çeşitli yaprak döken ağaç türlerinden oluşan karışık bir meşcere seçilmiştir. Bu çalışma ile baraj rezervuar alanı peyzajı içerisinde bulunan bu meşcereyi, yükseltiye bağlı olarak ve bir yıl boyunca gözlemleyerek baraj peyzajının mekânsal ve zamansal değişimlerini belirli bir düzeyde ortaya koymayı hedefledik. Bu amaç ve hedefler doğrultusunda, çalışma konumuzun çerçevesinde, bitki örtüsü tepe çatısı göstergelerinden olan başta Yaprak Alan İndeksi (YAI) olmak üzere, Işık Geçirgenliği (IG), Boşluk Oranı (BO) ve Tepe Çatısı Açıklığı (TÇA) parametrelerinin yıllık değişimleri analiz edilerek, elde edilen veri ve değerleri kayıt altına alarak, ilgili grafik ve görsellerle de daha açıkça ifade edilmesi ve ortaya konulması hedeflenmiştir. Bu çalışmada, bu karışık meşceredeki yaprak döken ağaçların tepe çatıları 2021 yılının Mart ayı ile 2022 yılının Şubat ayı arasında toplamda 21 arazi çalışması yapılarak bir yıllık dönemde izlemeye tabi tutulmuştur. Böylece peyzajdaki orman ekosisteminin bitki örtüsü tepe çatısı

parametrelerinin değişiminin izlenmesi ve analizi gerçekleştirilmiştir. Nitekim, LAI2200C yerinde analiz sonucu üretirken, yarı-küre fotoğraflardan elde edilen veriler daha sonra görüntü işleme yapabilen Hemisfer 3.1 yazılımı (İsviçre Federal Orman, Kar ve Peyzaj Araştırma Enstitüsü) ile analiz edilmiştir. Bu yarı-küre fotoğrafların çekilmesi ise Canon EOS 5D Mark II SLR kameraya monte edilen Sigma 8 mm balıkgözü objektif (Sigma F3.5 EX DG Circular Fisheye-Sigma Corporation) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak elde edilen ağaçların tepe çatısı parametrelerinin yıl-içi değerleri ve modelleri, yıl-içi hava-toprak sıcaklık değer ve modelleri ile çok benzer örtüşen veya simetrik bir seyir izlemiş, ancak aynı durum yağış değerleri ve modeli ile benzer bir örtüşme göstermemiştir. Nitekim, ağaçların tepe çatısı parametreleri ile hava-toprak sıcaklık verileri arasındaki yüksek ve anlamlı pozitif veya negatif korelasyonlar bu benzerlikleri doğrulamıştır. Bu alışma ile baraj rezervuar peyzajını oluşturan bilhassa ormanlık alanlardaki ağaçların dinlenme ve büyüme mevsimleri arasındaki geçişler sırasında iklime bağlı bu muhtemel fenolojik ve ekofizyolojik değişkenlikler, doğrudan veya dolaylı olarak ağaçların fotosentezini ve dolayısıyla rezervuar peyzajı içindeki tüm orman ekosisteminin üretkenliğini etkileyebileceği anlaşılmıştır. Sonuç olarak, bu çalışma, insan eliyle yapılmış barajın arkasında oluşan suni bir gl peyzajının ekosistemini ve bu ekosistemin sağlıklı bir şekilde sürdürülebilirliğini etkilemesi adına bitki örtüsü tepe çatısı parametre değerlerini ve verilerini meteorolojik parametre değer ve verileri ile değerlendirerek ortaya koymayı başarmıştır. Başta YAI olmak üzere, IG, BO ve TA parametrelerinin peyzaj düzenlemesi, ekosistem yönetimi, biyoçeşitlilik korunması ve ekosistem hizmetleri gibi peyzaj ekolojisinin pek çok çalışma sahasında kullanılarak, bilimsel temelli ve tutarlı ekolojik kararlar geliştirilmesine ve alınmasına katkı sağlayabilecekleri de yadsınamaz. Bu çalışmanın bulguları, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve evre koruma çabalarında bitki örtüsü tepe çatısı parametrelerinin değerli bir araç olduğunu ve ekosistem sağlığı ve çeşitliliğinin korunması için önemli bir gösterge olduğunu da vurgulamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Bartın-Kirazlıköprü baraj havzası, boşluk oranı (BO), ışık geçirgenliği (IG), orman peyzajı, peyzaj ekolojisi, rezervuar peyzajı, tepe çatısı aıklığı (TA), yaprak alan indeksi (YAI)

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

ECOLOGICAL EXAMINATION OF INTRA-ANNUAL AND ALTITUDINAL VARIATION OF LEAF AREA INDEX (LAI) VALUES FOR THE FOREST ECOSYSTEM WITHIN THE RESERVOIR LANDSCAPE OF BARTIN- KIRAZLIKÖPRÜ DAM

Turgay BİRİCİK

Bartın University

Graduate School

Department of Landscape Architecture

Thesis Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Melih ÖZTÜRK

Bartın-2024, pp: 60

Bartın-Kirazlıköprü dam watershed constitutes almost half of the Bartın Stream Watershed and is the source of a significant portion of the water coming from the entire watershed. The Ulus Stream and the Ovacuma Stream, which is included in the Ulus Stream in Abdipaşa Town, and their other tributaries feed the Gökırmak Stream, which then feeds the Bartın-Kirazlıköprü dam reservoir. A mixed stand consisting of various deciduous tree species located in the forest ecosystem within the reservoir area of Kirazlıköprü dam was chosen as the sampling area of this thesis study. With this study, we aimed to reveal the spatial and temporal changes of the dam landscape at a certain level by observing this stand within the landscape of the dam reservoir area, depending on the altitude and throughout a year. Thus, the basis will be laid for sustainable forest landscape management and indicators of the health of the relevant ecosystem, depending upon the ecological characteristics of the vegetation of the area. In line with these aims and objectives, within the framework of our study subject, depending on the altitude, intra-annual determination of principally the Leaf Area Index (LAI), then Light Transmission (LT), Gap Fraction (GF) and Canopy Openness (CO) parameters, which are among the vegetation canopy indicators, is primarily targeted.

By recording the obtained data and values, it is aimed to express and present them more clearly with relevant graphics and visuals. A total of 21 field studies were carried out between March 2021 and February 2022 throughout a one-year period beneath the canopies of the deciduous trees. Thus, the monitoring and analyses of the vegetation canopy change of the forest ecosystem in the landscape were carried out. As a matter of fact, while the LAI2200C produced on-site analysis results, the data obtained from the hemispherical photographs were later analysed with Hemisphere 3.1 software (Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research), which is capable of image processing. These hemispherical photographs were taken using a Sigma 8 mm fisheye lens (Sigma F3.5 EX DG Circular Fisheye-Sigma Corporation) mounted on a Canon EOS 5D Mark II SLR camera. As a result, the intra-annual values and models of the tree canopy parameters followed a very similar overlapping or symmetrical course with the intra-annual air-soil temperature values and models, but the same situation, nominately a similar overlap with the precipitation values and model, did not occur. As a matter of fact, high and significant positive or negative correlations between tree canopy parameters and air-soil temperature data confirmed these similarities. One of the important results of this study was to reveal the determining role of air-soil temperature values on the canopy parameters, especially at the turning points of the seasons and, accordingly, the phenological periods of the trees. With this study, it has been understood that these possible climate-dependent phenological and eco-physiological variations during the transitions between the dormancy and growing seasons of the trees, especially in the forest areas, that compose the dam reservoir landscape, may have directly or indirectly affect the photosynthesis of the trees and therefore the productivity of the entire forest ecosystem within the reservoir landscape. As a result, this study has managed to reveal the vegetation canopy parameter values and data together with meteorological parameter values and data in order to affect the ecosystem of an artificial lake landscape formed behind the man-made dam and the healthy sustainability of this ecosystem. On the other hand, the results of this study provide important indicators to reveal the importance of tree canopies within the framework of landscape ecology, their effects on the structure and functionality of ecosystems, and even their landscape values, taking into account seasonal and inter-seasonal transition and changes in the altitudinal gradients. It is undeniable that the parameters of LT, GF and CO, especially the LAI, can contribute to the development and taking of scientifically based and consistent ecological decisions by using them in many study fields of landscape ecology such as landscaping, ecosystem management, biodiversity protection and ecosystem services. The findings of this study also

emphasize that the vegetation canopy parameters are a valuable tool in sustainable management of natural resources and environmental protection efforts and, are important indicators for the protection of ecosystem health and diversity.

Keywords: Bartın-Kirazlıköprü Dam Watershed, Canopy Openness (CO), Forest Landscape, Gap Fraction (GF), Landscape Ecology, Leaf Area Index (LAI), Light Transmission (LT), Reservoir Landscape.



İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY.....	ii
BEYANNAME	iii
ÖNSÖZ	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vii
İÇİNDEKİLER.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
TABLOLAR DİZİNİ.....	xiv
KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Peyzaj ekolojisi nedir?	4
1.2. Yaprak alan indeksi (YAI) nedir?	4
1.2.1. Yaprak Alan İndeksi'nin ölçüm metotları:.....	5
1.3. Kentsel yeşil alanlar ve yaprak alan indeksi	6
1.4. Baraj rezervuar alanı peyzajı	7
1.5. Karışık orman meşcere nedir?	7
2. LİTERATÜR ÖZETİ	8
3. MATERYAL VE METOT	13
3.1. Bartın Kirazlıköprü barajı ve peyzaj özellikleri.....	13
3.2. Çalışma alanı özellikleri	14
3.2.1. Sapsız meşe (<i>Quercus petraea</i> [Matt.] Liebl.).....	16
3.2.2. Avrupa gürgeni (<i>Carpinus betulus</i> L.)	17
3.2.3. Doğu kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky).....	17
3.2.4. Gümüş ıhlamur (<i>Tilia tomentosa</i> Moench.).....	18
3.2.5. Çalışma alanı yükselti grupları haritası	20
3.2.6. Çalışma alanı bakı haritası.....	21
3.2.7. Çalışma alanı eğim grupları haritası	22
3.3. Yöntem	23

3.4. Yarı-küre fotoğraflama, LAI-2200C ve analizler	23
3.4.1. Kirazlıköprü baraj gölü peyzajına ait meteorolojik verileri.....	25
3.4.2. Meteorolojik değişkenlerle istatistikler ve korelasyonlar	26
4. BULGULAR.....	37
5. TARTIŞMA	41
5.1. Hava-toprak sıcaklığı ve yai, ıg, tça ve bo korelasyonları (genel seyir ve yaprakların fenolojik dönemleri)	41
5.2. Yağış ve YAI, IG, TÇA ve BO korelasyonu (yıllık seyir ve yaprak fenolojik aşamaları)	46
5.3. İstatistikler ve meteorolojik değişkenlerle korelasyonlar	47
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	50
KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ	59

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Sayfa No
3.1: Bartın-Kirazlıköprü Barajının 1995-2022 Yılları Arasındaki Google Earth Uydu Görüntüleri	13
3.2: Çalışma alanının Türkiye ve Bartın-Kirazlıköprü baraj havzası içindeki konumu, sınırları, arazi şekli ve yükseltisi ile genel görünümü	15
3.3: Bartın Kirazlıköprü baraj peyzajının üç boyutlu görünümü ile içerisindeki çalışma sahasının konumu	16
3.4: Arazide bulunan ağaç türlerinin 3D temsili görüntüleri ve ormanın aylık mevsimsel seyri	19
3.5: Bartın-Kirazlıköprü barajı rezervuar alanı ve çalışma sahasının yükselti haritası.	20
3.6: Bartın-Kirazlıköprü barajı rezervuar alanı ve çalışma sahasının bakı haritası.	21
3.7: Bartın-Kirazlıköprü barajı rezervuar alanı ve çalışma sahasının eğim haritası.	22
3.8: 100m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.	27
3.9: 120m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.	28
3.10: 140m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.	29
3.11: 160m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.	30
3.12: 180m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.	31
3.13: 200m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.	32
3.14: 220m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.	33
3.15: 240m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.	34
3.16: 260m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.	35
3.17: 280 m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.	36

4.1: Yaprak alan indeksi, hava ve toprak sıcaklıkları, IG, TÇA, BO, değerleri.....	38
5.1: 10 yıllık mevsimsel yağış ve hava sıcaklığı rejimi.....	43



TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Sayfa No
5.1: Ortalama hava-toprak sıcaklığı verilerinin Spearman korelasyonu	48



KISALTMALAR

BO	: Boşluk Oranı
GYÇ	: Göğüs Yüksekliğindeki Çap
IG	: Işık Geçirgenliği
İHA	: İnsansız Hava Araçları
TÇ	: Tepe Çatısı
TÇA	: Tepe Çatısı Açıklığı
YAI	: Yaprak Alan İndeksi
YG	: Yılın Günü



1. GİRİŞ

Bu çalışmada temel olarak, Bartın-Kirazlıköprü barajının rezervuar alanının peyzajında yer alan orman ekosistemindeki yaprak döken ağaç türlerinden oluşan bir karışık meşcerede, bitki örtüsü tepe çatısı parametrelerinden başta Yaprak Alan İndeksi olmak üzere, Işık Geçirgenliği (IG), Boşluk Oranı (BO) ve Tepe Çatısı Açıklığı (TÇA) değerleri ölçülerek, bu parametrelerin bazı meteorolojik parametreler ile ilişkileri sorgulanarak, baraj rezervuar alanındaki peyzajların ve ekosistemlerin yapısını ve işlevselliğini bir derece ortaya koymak ve bu ilişkilerin peyzaj ekolojisi açısından önemini tespit edip, vurgulamak hedeflenmiştir.

Akarsu barajlarının yapımından sonra akan derelerin suyu barajların gövdesine yaklaştıkça durgun su haline gelmektedir. Bu nedenle, rezervuarların barajlarına yakın akarsu kaynakları birleşerek genellikle göl görünümünde nispeten geniş su yüzeyleri oluşturmaktadır. Bu yüzden, bu baraj gölleri, oradaki kırsal peyzajlar içinde oluşan suni su yüzeyleri çevre ortamlarıyla uyumlu bir kompozisyon oluştururlar. Bununla birlikte, bu uyumlu kompozisyon sadece estetik bir boyuttan ibaret kalmayıp, aynı zamanda bu baraj gölleri ile çevrelerindeki ekosistemler arasında besinsel ilişkiyi, meteorolojik ve hidrolojik alışverişleri içeren ekolojik bir yönün de olduğu bir boyut kazanmaktadır (Marsh, 2010). Dolayısıyla, baraj göllerini çevreleyen ekosistemler, bazen yalnızca ormanlardan oluşmakta, bazen de otlakları ve tüm bunların kırsal peyzajda bir arada uyum içerisinde bulunduğu arazi kompozisyonlarını bünyelerinde barındırabilir. Ancak bu çevre ekosistemler içerisinde, bu baraj göllerinin fiziksel ve kimyasal kalitesinin sürdürülmesi adına nispeten doğal çevrenin varlığı ve sürdürülebilirliği de gerekmektedir (Turner ve Gardner, 2015). Öte yandan, baraj göllerini çevreleyen orman veya ağaçlık ekosistemler, bu baraj göllerini besleyen daha kaliteli yeraltı sularının desteklenmesi açısından da nispeten daha avantajlıdır (Öztürk ve Coptý, 2019). Ayrıca, çevredeki bu orman ve ağaçlık ekosistemler, doğrudan yağışları ve baraj göllerine ulaşan yüzeysel akışı da azaltarak, akarsu ve göl suyu rejiminin sürdürülebilirliğini destekler ve düzenler. Nitekim, gövdeleri, dalları, yaprakları ve kökleriyle ağaçlar ve çalılar, bu baraj göllerine yalnızca aşırı toprak dolmasını engellemekle kalmayıp, aynı zamanda sularına bol miktarda besin yüklenmesine de mâni olurlar ve nitekim, besin döngüsünün de sekteye uğramasına engel olurlar. Böylece, baraj rezervuarlarının da su depolama kapasitesi azalmamış olur ve buna bağlı olarak baraj göllerinin sürdürülebilirliği de mümkün olmaktadır (Chang, 2006). Öte yandan, baraj gölleri

kendi havzalarına has oluşturdıkları ekosistemler sayesinde; su kütleleri, ormanlar ve ağaçlık alanlar da dahil olmak üzere çevrelerindeki ekosistemler için daha ılıman bir ortam teşkil etmekte ve daha ılıman yerel iklim şartları sağlama eğilimindedirler (Bonan, 2016). Yine bu ekosistemler, özellikle meşcere kapalılıkları sayesinde, bu su kütleleri üzerinde gölge oluşturarak, onların daha sıcak olmalarını ve buharlaşma yoluyla daha fazla su kaybetmelerini engellemektedir (Forman, 1995). Baraj göllerinin ortamını çevreleyen orman ve ağaçlık ekosistemler, genel bütüncül peyzaj içerisinde hem toprağın hem de suyun korunmasını desteklemektedirler. Dolayısıyla bu doğal ekosistemler, çevreleriyle birlikte baraj göllerinin sürdürülebilirliğini bir ölçüde temin etmektedir. Bununla birlikte, bu korumanın derecesini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen ve bu sürdürülebilirliğin seviyesini belirleyen birçok biyo-meteorolojik (Wang vd., 2014),eko-fizyolojik (Portillo-Quintero vd., 2015), hidro-jeolojik (Yang vd., 2020) ve pedo-topografik (Slimane vd., 2016) faktörler vardır. Bu bütünleşik faktörlerden, hava-toprak sıcaklığı, ağaç fenolojisi-fizyolojisi ve yamaç yükseltisi, bu baraj gölleri üzerindeki orman ve ağaçlık ekosistemlerine etki eden parametrelerdir. Barajların inşası ve daha sonra baraj göllerinin ortaya çıkmasından, böylece peş peşe biriken sularının soğutma ve ısıtma etkilerinden dolayı da bu orman ve ormanlık ekosistemlerin hava-toprak sıcaklıkları ve bunlarla bağlantılı olarak ağaçların fenoloji-fizyolojileri, etkilenir (Zhirmova vd., 2021). Bu sayede, bu belirli iklimsel ve fenolojik-fizyolojik faktörlerin izlenmesi ve analiz edilmesi, yalnızca baraj gölü sularının nicelik ve niteliğindeki olası değişikliklerin nedenlerini belirleyip ortaya çıkarmakla kalmayacak, aynı zamanda bu sular için bahsedilen faktörlerin olası ters etkilerini kesinleştirmek adına da önemli olacaktır (Panyushkina vd., 2018). Nitekim hava-toprak sıcaklığı ve ağaç fenoloji-fizyolojisi zamansal olarak değiştiğinden, bunların izlenmesi ve analizleri yıllar boyunca olduğu gibi tüm yıl boyunca sürekli ve sıklıkla yapılmalıdır. Böylece mevsimsel, mevsimler arası ve hatta aylık geçişleri, baraj gölü peyzajı içerisinde çevredeki orman ve ağaçlık ekosistemin tamamını belirli bir ölçüde temsil etmek adına birbirinden ayırt edilebilir. Öte yandan, hava-toprak sıcaklığı ve yamaç rakımı ile ağaç fenolojisi-fizyolojisi arasındaki ilişkilerin saptanması, orman ve ağaçlık ağaç türlerinin yıl içi/yıllar arası fenolojik-fizyolojik değişimleri üzerindeki meteorolojik, klimatolojik ve topografik etkilerin derecesini de belirlemeye yardımcı olur (Öztürk vd., 2015).

Orman ve ormanlık alan ağaç ve çalı türlerinin fenolojik ve fizyolojik özellikleri arasında tepe çatısı özellikleri baraj gölleri üzerinde en belirleyici ve etkili faktörlerden biridir.

Bununla birlikte, tepe çatıları, ekolojik faktörlerin, özellikle hava-toprak sıcaklığının (Song vd., 2017) ve yamaç rakımının (Kellogg ve Zhou, 2014) büyük ölçüde etkilediği aynı zamanda en doğrudan ve hızlı etkilenen özelliklerden biridir. Orman ve ormanlık alanlardaki ağaç türlerinin hem fenolojik hem de fizyolojik tepe çatısı özelliklerini tanımlayan ve gösteren parametreler, bilimsel literatürde nispeten sınırlıdır. Tepe çatısının iz düşümünün içerisine giren tüm yaprakların tek yüzey alanlarının, kapladıkları bu izdüşümü alanına oranını tanımlayan ve gösteren Yaprak Alan İndeksi (YAI, $m^2 m^{-2}$) (Perry vd., 2008), ekosistemdeki birçok ekolojik, hidrolojik ve fizyolojik süreci parametrelendirmek için önemli bir tepe çatısı indeksidir (Waring ve Running, 2007). Öte yandan, YAI ile doğrudan ilişkili olan Işık Geçirgenliği (IG, %) ve TepeÇatısı Açıklığı (TÇA, %) birbiriyle bağlantılı diğer iki tepe çatısı parametresidir. Nitekim, Işık Geçirgenliği (IG), tepe çatısı içinden geçen ışık miktarını tanımlar ve gösterir (Leblanc ve Fournier, 2017), Tepe Çatısı Açıklığı (TÇA) ise, tepe çatısı boyunca geçen ışık yollarının varlığını tanımlar ve gösterir. Dolayısıyla, Boşluk Oranı (BO, %), söz konusu tepe çatısının kapsadığı iz düşümü alanı üzerindeki açıklığın oranını tanımlar ve gösterir. YAI, birçok faktöre göre değişiklik gösterebilir temelde ağaç türleri için, bu belirleyici tepe çatısı parametresinin mevsimsel, mevsimler arası ve aylık gelişimi doğrudan hava koşullarından etkilenir (Bequet vd., 2011). Ek olarak, IG, TÇA ve BO'nun tümü, TÇ yapısı ve özelliklerinin ağırlıklı olarak etkilediği ilişkili parametrelerdir. (Öztürk ve Ağırtaş, 2021).

Bu çalışmada, bir baraj gölü yakınındaki bir yamaçta bulunan bir orman meşçeresinin yükselti kuşaklarını da göz önünde bulundurarak bazı fenolojik ve fizyolojik özelliklerini ele almak için bu özel tepe çatısı parametreleri kullanılmıştır. Bu nedenle, baraj inşa edilmeden önce derenin akarsu bölgesinde bulunan bu baraj gölü üzerindeki tepenin yamacında karışık yaprak döken ağaç türlerinden oluşan meşçerenin farklı tepe çatısı kapalılıkları izlenmiş ve analiz edilmiştir. Tüm kırsal peyzaj içinde çevredeki orman ekosistemlerinin genel tepe çatılarını en iyi şekilde temsil etmek için baraj gölü üzerindeki karışık yaprak döken meşcere örnek araştırma alanı olarak seçilmiştir. Nitekim bu çalışmanın amacı, bir yıl boyunca ve yükselti kuşakları boyunca yamaç doğrultusunda YAI, IG, TÇA ve BO tepe çatısı parametrelerinin izlenmesi ve analizi ile bu karışık yaprak döken meşçerenin bazı tepe çatısı fenolojik ve fizyolojik özelliklerini ortaya koymaktır. Baraj gölü yakınındaki yamaçta kademeli yükselti kuşaklarının farklı ağaç tepe çatıları altındaki belirli sabit noktalarda hem dijital yarı-küre fotoğraflanması hem de LAI-2200C cihazı ile yerinde

tepe çatısı analizi yapılarak izleme ve analiz işlemleri gerçekleştirilmiştir. Araziden veri sağlamak amacıyla izleme ve analiz süreçleri, yıl içi tüm fenolojik dönemlerin dikkate alınması ve aralarındaki geçişlerin ayırt edilmesi adına, Mart ayı (2021) ile başlayıp yaz başına kadar daha sık saha ziyaretleri ve ardından bir sonraki yılın (2022) kış sonuna kadar nispeten daha seyrek saha ziyaretleri yapılarak yürütülmüştür. Bu nedenle, karışık yaprak döken ağaç tepe çatılarının sadece mevsimsel değil, aynı zamanda mevsimler arası fenolojik ve fizyolojik özelliklerinin keşfedilmesine özellikle dikkat edilmiştir. Daha sonra karşılaştırma ve kontrol için, LAI-2200C cihazından ikincil YAI verileri elde edilmiştir. Zamansal ve mekânsal olarak farklı YAI, IG, TÇA ve BO parametre verileri elde etmek amacıyla dijital yarı-küre fotoğrafları bir görüntü işleme yazılımı kullanılarak analiz edilmiştir. Son olarak, hava-toprak sıcaklık verileri ve yamaçyükselti kuşakları ile tüm bu tepe çatısı parametreleri verileri arasındaki muhtemel korelasyonların varlığını ve önemini anlamak için istatistiksel analizler uygulanmıştır.

Peyzaj ekolojisi alanındaki bu ve buna benzer çalışmalar, insan etkileşiminin ve çevresel değişkenlerin ekosistemler üzerindeki etkilerini anlamak ve sürdürülebilir çevre tasarımı için stratejiler geliştirmek amacıyla uluslararası ve ulusal alanlarda yürütülmektedir. Yaprak Alan İndeksi, bu çalışmanın önemli bir parçası olarak, bitkilerin yaprak özelliklerini değerlendirerek ekosistemlerin sağlığını ve işlevselliğini anlamak için önemli bir araç ve parametre olduğunu kanıtlamaktadır. Ayrıca, biyoçeşitliliğin korunması, ekosistem hizmetleri ve peyzaj planlaması gibi peyzaj ekolojisinin önemli konularına da Yaprak Alan İndeksi'nin katkıları hakkında bilgi vermektedir.

1.1. Peyzaj ekolojisi nedir?

Peyzaj ekolojisi, ekosistemlerin yapısal ve işlevsel özelliklerini, coğrafi alanlardaki bitki toplulukları ve diğer organizmaların etkileşimleri ile inceleyen önemli bir ana bilim dalıdır (Forman ve Godron, 1986). Bu alanda, çevresel değişkenlerin ekosistemler üzerindeki etkilerini anlamak ve doğal veya insan etkisiyle oluşan peyzajların yönetiminde sürdürülebilirlik ve çevre korumasını sağlamak amaçlanmaktadır.

1.2. Yaprak alan indeksi (YAI) nedir?

Yaprak Alan İndeksi (YAI), ağaçların tepe çatılarının toprak veya zemin üzerindeki

izdüşümü içerisine giren tüm yaprakların bir yüzlerinin toplam alanının (m^2), o tepe çatısının izdüşümü alanına (m^2) oranını ifade etmektedir (Bonan, 2008). YAI, meşcere kapalılığının durumunu da gösteren önemli bir parametredir. YAI, fotosentez, intersepsiyon ve evapotranspirasyon gibi çok farklı ekolojik ve hidrolojik süreçler üzerinde etkili bir parametredir (Şentürk, 2009). Dolayısıyla, YAI birçok ekosistem süreci ile ilgili olduğundan bütün bir peyzaj ekolojisi çalışmalarında önemli yer tutan bir parametredir (Turner ve Gardner, 2015).

Bir alanın rekreasyon kalitesini ve potansiyelini belirlemek için kullanılabilecek analitik parametreler nispeten sınırlıdır. YAI, buna bağlı olarak Işık Geçirgenliği (IG), Tepe Çatısı Açıklığı (TÇA) ve Boşluk Oranı (BO) bir alan kullanımının rekreasyon kalitesini dolaylı olarak gösteren ve ortaya koyabilen bitki örtüsü ve tepe çatısı parametreleridir. YAI, ne kadar yüksek olursa ve IG, TÇA ile BO ne kadar düşük olursa, özellikle yaprak döken ağaçların yapraklı dönemlerinde, bu ağaçların altında gölgelenerek dinlenme imkânını bulan insanların rekreasyon potansiyeli de o nispete artış gösterir. Böylece, YAI, IG, TÇA ve BO sadece ağaçların belirli fizyolojik özelliklerini yansıtmakla kalmaz, aynı zamanda bir dereceye kadar rekreasyon alanının estetiğini ve sağlığını da temsil eder. Yaprak döken ağaçların tepe çatısı mimarisi de YAI ile nispeten iyi temsil edilir. Özellikle tomurcuklanma ve ilk yaprak patlaması sırasında, küçük ve taze yapraklar, baharın ilk işaretlerini yansıtır (Öztürk vd., 2016).

Yaprak Alan İndeksi (YAI), bitkilerin yapraklarının fizyolojik ve morfolojik bir ölçütü olarak peyzaj ekolojisi çalışmalarında da önemli bir araç olarak kullanılmaktadır.

1.2.1. Yaprak Alan İndeksi'nin ölçüm metotları:

1. *Geleneksel Yöntemler:* Bitki yaprakları elle toplanarak laboratuvar ortamında ölçüm yapılabilir. Bu yöntem, doğrudan yaprak alanının ölçülmesine dayanır.

2. *Yüksek Çözünürlüklü Kameralar:* İHA'lar (İnsansız Hava Araçları) veya uydular tarafından çekilen yüksek çözünürlüklü görüntüler kullanılarak YAI tahmin edilebilir. Bu görüntüler yaprak yüzey alanını hesaplamak için özel algoritmalar kullanılarak analiz edilir (Tucker, 1979).

3. *Spektral Sensörler ve Kamera lensleri*: Özel olarak üretilmiş kamera lensleri spektral sensörler ve bitki yaprakları üzerinde spektral sensörler kullanarak bitki yapraklarının yansıttığı veya emdiği ışığın spektral özelliklerini ölçmek mümkündür. Bu veriler kullanılarak YAI değerleri elde edilebilir (Gitelson vd., 2003).

4. *Taşınabilir YAI Cihazları*: Gelişmiş teknolojik cihazlar kullanılarak doğrudan yaprak alanı ölçümleri yapılabilir. Örneğin, LAI-2200 yaprak alan indeksi cihazı, bitki yapraklarındaki ışık geçirgenliğini kullanarak yaprak alan indeksini belirler (Gitelson vd., 2003).

1.3. Kentsel yeşil alanlar ve yaprak alan indeksi

Yaprak alan indeksi, kentsel bir bölgedeki yeşil alan miktarını ve yoğunluğunu bir derece ortaya koyabilen bir gösterge olarak da kullanılabilir. Artan yaprak alan indeksi genellikle kentsel alanlarda olumlu bir etki oluşturur. Daha fazla yeşil alan, şehir ekosistemine çeşitlilik katar, hava kalitesini iyileştirir, sıcaklık etkilerini azaltır ve genel olarak yaşam kalitesini, gölgelenme ve rekreasyon potansiyelini artırır (Beatley, 2011). Kentsel yeşil alanlar, insanların doğayla etkileşimde bulunmalarını teşvik eder ve stresi azaltabilir. Kentsel yeşil alanlar, şehirlerdeki açık hava alanlarıdır ve genellikle parklar, bahçeler veya ağaçlık bölgeleri içerir. Yaprak Alan İndeksi (YAI), bir bölgedeki bitki örtüsünün, genellikle ağaçlar ve bitkilerin oluşturduğu yeşil alanın yeri örttüğü yüzey alanını bir derece ifade eder. (Beatley, 2011) Bu nedenle, yaprak alan indeksinin yüksek olması, kentsel planlamada sürdürülebilirlik ve sağlıklı bir çevre hedefine katkı sağlar.

Birçok bilimsel çalışma, kentsel yeşil alanların artmasıyla Yaprak Alan İndeksi arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermiştir. Daha fazla kentsel yeşil alan, genellikle daha yüksek bir Yaprak Alan İndeksi anlamına gelir. Bu durum, kentlerdeki bitki örtüsünün artmasının, çevresel kaliteyi iyileştirdiği ve şehir sakinlerinin yaşam kalitesini artırdığı şeklinde özetlenebilir (Nowak vd., 2000).

1.4. Baraj rezervuar alanı peyzajı

Baraj rezervuar alanı, inşa edilen barajın arkasında biriken suyla oluşan ve çevresindeki toprak, orman, tarım alanları gibi doğal alanların su altında bırakan suni göllerdir. Barajlar, nehirlerin akışını kontrol etmek, su depolamak, su sağlamak, enerji üretmek veya sel kontrolü gibi çeşitli amaçlar için inşa edilirler.

Barajlar, rezervuar alanlarında büyük miktarda su biriktirirler. Bu yüzden baraj rezervuar peyzajı terimi de ortaya çıkmaktadır. Su altında kalan alanlar nedeniyle çevresel etkileri ve ekosistemlere olan etkileri dikkatlice planlanmalı ve yönetilmelidir. Dolayısıyla sular altında kalan araziler, bazı durumlarda göl ve gölün yüzeyi, turizm ve rekreasyon alanları gibi farklı amaçlar için peyzaj değeri taşımaktadır. Ancak, rezervuarların oluşturduğu iklim etkileri ve çevresel değişiklikler, bölgede ve peyzajda yeniden bir ekolojik dengelenme olduğundan dolayı dikkatli bir yönetim gerektirir.

1.5. Karışık orman meşceresi nedir?

Karışık orman meşceresi, farklı ağaç ve çalı türlerinden oluşan bir orman örtüsüdür. Bu tür ormanlar genellikle çeşitli ağaç türlerinin bir arada bulunduğu, bitki çeşitliliğinin yüksek olduğu ekosistemlerdir (Çolak ve Yıldırım, 2010). Bu tür ormanlar genellikle çeşitli ağaç, çalı, otsu bitki ve diğer bitki türlerini içerir. Bitki çeşitliliği, ekosistemdeki dengeleri koruma ve çeşitli ekolojik fonksiyonları destekleme açısından önemlidir (Whittaker, 1975).

Karışık orman meşcereleri, monoton olmayan bir peyzaj oluşturarak habitat zenginliğini arttırabilir. Farklı türlerin bir arada bulunması, toprak verimliliğini arttırabilir, erozyonu azaltabilir ve biyolojik çeşitliliği teşvik edebilir. Aynı zamanda, bu orman türü, çeşitli iklim koşullarına ve toprak tiplerine uyum sağlama yeteneği sayesinde ekosistem direncini arttırabilir (Pickett, 1985).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Göztaş, (2019) “Sarıçam Klonal Tohum Bahçesinde Yaprak Alan İndeksi ile Kozalak Verimi Arasındaki İlişkiler” başlıklı çalışmada sarıçam klonlar üzerinde bitkinin göğüs yüzeyi çapı, Yaprak alan indeksiyle kozalak sayısı arasındaki ilişkiyi inceleyerek, kalıtsallık oranlarını (H^2) hesaplamıştır. Kastamonu Taşköprü-Tekçam Sarıçam Klonal Tohum Bahçesinde gerçekleştirilen çalışma, bahçe içerisinde homojen bir şekilde her bir klondan rastgele olarak 5 adet örnek ağaç seçilerek yapılmıştır. Verilerde hata yapmamak adına güneş uygun konumda (tepede) iken seçilen örneklem ağaçlarının her biri için gövde çapı, Yaprak Alan İndeksi (YAI), Fotosentetik Aktif Radyasyon Verisi (PAR), kozalak sayısı, sağlık durumu verileri işlenmiş ve kaydedilmiştir. Çalışmanın sonucunda ağaçların gövde çapı, YAI, PAR, kozalak sayısı, sağlık durumu arasındaki ilişkiyi ortaya koymuştur. Elde edilen veriler ışığında karakterlere bağlı kalıtsallık değerleri hesaplanmış olup ve en yüksek kalıtsallık değeri H^2 kozalak sayısı da elde edilmiştir. YAI verileri ise ortalamanın çok altında hesaplandığı belirtilmiş olup kozalak verimi açısından YAI değeri bir kriter olduğunu vurgulayarak, PAR verisi ile kozalak verimi arasında herhangi bir ilişkinin olmadığını belirtmiştir.

Şentürk, (2009) “Arıt Yöresindeki Kayın, Gökmar, Gökmar-Kayın Meşcerelerinin Yaprak Alan İndeksi, Ölü Örtü ve Bazı Toprak Özelliklerinin İncelenmesi” çalışmada yarıküre fotoğrafma tekniğiyle kayın, gökmar ve gökmar-kayın orman meşcerelerinin yaprak alan indeksi (YAI) değerini ve ölü örtü değerlerini hesaplamıştır. Çalışma sahası olarak Arıt belediyesi Küre Dağları Milli parkı tampon zonundaki her bir meşcere tipinden 15 adet örnekleme alanı seçilerek bu alanların fotoğraf makinesine monte edilen balık gözü lensi ile 90 adet yarıküre fotoğraf çekilmiş ölü örtü hesaplamaları için örnekleme alanlarından toprak örnekleri alınmıştır. Sonuç olarak varyans analiziyle elde edilen YAI değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiş olup aynı yetiştirme şartlara sahip farklı meşcere tiplerinde toprak özelliğinin YAI parametresi üzerinde etkili olduğu vurgulanmıştır.

Sağ, (2018) “İki Farklı Taşkın Öteleme Metodu İle Yaprak Alan İndeksinin Dağılı Hidrolojik Model Kalibrasyonuna Etkisi” başlıklı çalışmada havzanın içindeki toplam su akıntısının metot amaç ve fonksiyonlarına etki edebilecek parametreleri YAI ölçümleriyle ele alıp YAI hakkında detaylı bilgiler vermiştir. YAI parametresi hidrolojik modele en iyi

sonuç verebilecek ve zamandan en iyi tasarruf ettirebilecek bir yöntem olup olmadığına sorusuna cevap aramıştır. Böylelikle çalışmasında Muskingum öteleme yöntemleri ile birlikte yaprak alan indeksi (YAI) verileriyle ele alarak 16 ayrı veri elde etmiştir. Sonuç olarak Notepad++ programında verileri işleyip Excel programına aktararak iterasyon grafiğini elde etmiştir. Böylelikle sonuç ürünlerinden okunduğu üzere YAI girdisinin bu tarz çalışmalarda önemli bir veri sağlayıcı olduğuna vurgu yapılmıştır.

Nıyragıra, (2022) “Farklı Sıra Arası Mesafesi ve Ekim Normlarının Susamda (*Sesamum indicum L.*) Verim ve Verim Özellikleri ile Yaprak Alan İndeksi ve Işık Tutma Etkinliği Üzerine Etkisi” başlıklı çalışmasını Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesinin sahip olduğu Tarımsal Uygulama ve araştırma geliştirme deneme sahasında yapmıştır. Tarla denemelerini rastgele tesadüf üzerine parsellere bölmüştür ve YAI ölçümlerini 3 tekrar olarak yapmıştır. Elde edilen verileri varyans analiziyle istatistik analizi yapılmıştır. Sonuç olarak ölçüm mesafelerine de bağlı olarak bitkilerin boyu, çapı, dal sayısı, dal çapları, arasındaki fark %5 olarak önemli bulunmuş ve bitkilerin ekim şekillerine göre tane sayısı ve tane ağırlığı bakımından %1 düzeyinde önemli farklılık tespit etmiştir. Bitkilerin YAI ve ışık tutma değerleri, bitkilerin ekim norm ve standartlarının arttıkça değerlerinde yükseldiğini gözlemlemiştir. Böylelikle 400 g/da susam ekiminde 70 cm sıra arası ve mesafesinin yüksek verim için uygun olduğunu tespit etmiştir.

Bulut, (2021) “Ankara Orman Bölge Müdürlüğü Saf Karaçam Meşcerelerinde Net Birincil Üretim ve Yaprak Alan İndeksinin Uzaktan Algılama Teknikleri ile Modellenmesi” başlıklı doktora çalışmasında Ankara Orman Bölge Müdürlüğüne ait alanlarda saf karaçam meşcerelerini Carnegie-Ames-Stanford Approach (CASA) modeliyle üretilen 1. net üretimin yerinde ve uzaktan algılama verilerinin olanakları araştırılmıştır. Çalışmada 180 adet örnekleme alanı seçilerek meşcerelerin envanter ölçümleri ölçümleriyle birlikte meşcere göğüs yüzeyi, çapı, hacmi, ağaç sayısı, üst boy ve yaprak alan indeksi parametreleri hesaplanmıştır. Yerinde ölçümü YAI ile uzaktan algılama verisini Landsat 8 OLI ve Sentinel-2 uydusuyla korelasyonunu sağlamıştır. Bu şekilde reflektans, vejetasyon indeksi ve tekstür değerleri elde edilmiş olup CASA modeli kullanarak her alanı tek tek analiz ederek

alanların NBÜ değerlerini hesaplamıştır. Sonuç olarak NBÜ verisinin zamansal dağılımı güneş radyasyonunun konumsal olarak farklı değerlendirildiğinde meşçere özelliklerinin baskın olduğu tespit edilmiştir.

Shang vd. (2023) “Çin'in kuzeyindeki Shaanxi'deki Loess Platosu'nun insan müdahalesi altında tipik doğal peyzajının Yaprak Alanı İndeksi (YAI) ve Buharlaşıma-Terlemesindeki (BT) değişiklikler ve tepki mekanizmaları” başlıklı çalışmalarında, platonun ev sahipliği yaptığı bitki örtüsünün (YAI) değeri ve arazi yüzeyi buharlaşma-terleme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Bölgesel ekosistemlerin görsel ve kullanım alanlarında işlevlerinin sürdürülmesi ve su kaynaklarının uygun şekilde tahsis edilmesi çok önemlidir. Çalışmada orman ve mera doğal peyzajlarında arazi kullanımı, YAI ve BT değerlerinin uzaktan algılama yöntemleriyle mevsimsel ve mevsimler arası değişkenliklerini ve süreçlerini analiz ederek, insan aktivitesinin yoğunluğunun baskısı altında YAI ve BT değerlerinin sapmalarına cevap aranmıştır. Elde edilen bulgular sayesinde 2000-2020 yılları arasında insan baskısının çayır ve meralarda en büyük tahribat olmak üzere sırasıyla şehir merkezleri, ilçeler şeklinde azalmıştır. Yıllar arasında en büyük tahrip edilen alanlar büyükten küçüğe doğru sırasıyla orman, otlak ve çöl olarak tespit edilmiştir. YAI ile BT sonuçları sırasıyla 2,18 ve 16,47 mm olarak ölçülmüştür. Bu üç tip doğal peyzajın YAI ve BT değerleri bitki örtüsünün gelişim dönemi Nisan-Ekim ayları arasında önemli düzeyde değişiklikler tespit edilmiştir. Sırasıyla önce artış, sonra azalış durumu kayıt altına alınmıştır. Bitkiler maksimum gelişim dönemlerini Haziran-Ağustos ayları arasında göstermiştir. Sonuç olarak çalışma, peyzaj ekosistemi ve fonksiyonları bakımından istikrara kavuşturulması ve platonun sahip olduğu bitki örtüsü ile su kaynakları arasındaki anlamlı karşılıklı ilişkiyi hızla geliştirilmesi için kuzey Shaanxi'deki Loess Platosu'nu çölünün hızla ormana ve otlaklara dönüştürülmesi gerektiğine vurgu yapmıştır.

Bock vd. (2023) “Dikey Yeşillendirme Sistemlerinde Yaprak Alanı İndeksi (YAI) Üzerine Bir İnceleme” çalışmalarında dikey bahçelerdeki kullanılan bitkilerin yaprak alan indeksinin önemli bir parametre olduğuna vurgu yapılmıştır. Bitkilerin tepe çatısı parametresinin ortak faydaları tartışılırken yalnızca bir parametrenin uygulamadaki öneminden bahsedilmiştir. Ayrıca dikey bahçelerin YAI değerinin bilimsel bir konu olduğunu: mekânsal ve zamansal koşullar altında sürekli izleme yöntemiyle spesifik tahribatsız izleme tekniği eksik olduğu kanısına varılmıştır. Verilen sınırlı olmasına rağmen ölçümlerde çeşitli problemler ortaya

çıkmiştir. Dikey yeşil alanların reelde faydalarının ölçülmesi ve kompakt yapısının korunarak doluluk boşluk oranının dengede tutulması üzerine tekniklere odaklanılmıştır. Peyzaj, Tarım ve ormancılık gibi diğer araştırma alanlarında kullanılan YAI tekniklerinin kapsamlı bir analizi ile bu çalışma tamamlanarak elde edilen veriler raporlanarak YAI verileri için bir kılavuz önerilmiştir.

Özbyayram vd. (2015) “Kızılçam ve Karaçam Meşcerelerinde Yaprak Alanı İndeksi (YAI) ile Bazı Meşcere Özellikleri Arasındaki İlişkiler” çalışmalarında, yaprak alan indeksinin orman ekosistemi içerisindeki dinamiği ve verimiyle olan ilişkisinden bahsetmiştir. Denizli ilinin Bozdağ bölgesinde yapılan çalışma da yarı-küresel fotoğraflama tekniğinden yararlanarak karaçam ve kızılçam meşçeresinin YAI değerleri hesaplanarak meşcere dinamiğini hesaplamışlardır. Meşcere dinamiğini hesaplarırken ağaç sayılarıyla birlikte yaş, çap, boy, dallı gövde, ölü örtü gibi meşcere parametrelerinden yararlanmışlardır. Sistematik ölçümler yaparak karaçam için YAI değeri 0,78-4,66 m² m⁻² (ort.1,70 m² m⁻²), kızılçamda ise 0,77-2,56 m² m⁻² (ort. 1,59 m² m⁻²) olarak ölçülmüştür. Elde edilen veriler doğrultusunda regresyon analizine göre, YAI değeri kızılçamda yaş, çap, boy, dallı gövde, ölü örtü gibi meşcere parametreleri arasında pozitif yönler, karaçamda ise sadece yaş ve orta çap ile negatif yönde anlamlı değerler göstermiştir. Sonuç olarak, benzer yetiştirme koşullarında sahip olan farklı türlerin YAI değerleri üzerinde etkili olduğu ve meşcere özellikleri ile YAI değerinin arasındaki ilişkinin bitki türlerine göre değişebileceğine vurgu yapmıştır.

Canım, (2019) “Yeşil Çatılarda Bitki Taşıyıcı Tabaka Derinliği ve Yaprak Alan İndeksinin Enerji Performans Değerlendirmesi” başlıklı çalışmada yeşil çatıların ve geleneksel çatı uygulamaları arasındaki farklardan ve kentsel ısı adalarına olan pozitif katkılarından bahsetmiştir. Yeşil çatıların sahip olduğu bitki çeşitleri ve türleri kentin biyoçeşitliliğine ve binanın ısı yalıtımına destek olarak binanın ve dolayısıyla kentin karbon salımını azaltan bir uygulamadır. Çalışmada Yeşil çatı uygulamalarında kullanılan bitki türlerinin yaprak alan indeksi (YAI) değerleri yeşil çatının enerji performansı ile doğrudan ilişkili olduğuna vurgu yapmıştır. Elde ettiği verilerle birlikte 3D grafik tasarım modellemesi yaparak yaprak alan indeksinin (YAI) farklı bina ve bitki kombinasyonlarıyla, ılımlı-kuru, ılımlı-nemli ve sıcak-nemli olarak üç farklı iklim kombinasyonu şeklinde gerçekleşmiştir. Sonuç olarak yeşil çatı uygulamalarında doğru bitki tercihleriyle binanın ısınma için tükettiği enerjide %9-20 arasında, ısı kaybı ve akışı için ise %40-75 arasında verim elde edilebileceğini tavsiye

etmiştir.

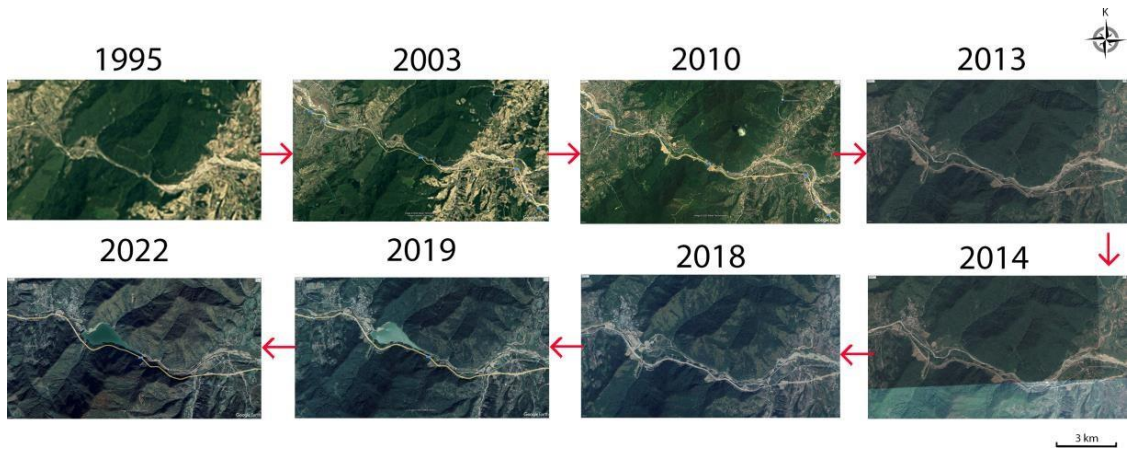
Taşçı vd. (2017) “Kentsel Yeşil Alanlarda Uzaktan Algılama ile Yaprak Alan İndeksi” çalışmalarında, Pleiades 1A/B uydusunun yüksek çözünürlüklü görüntülerinden yararlanarak kent içindeki ağaçlık alanların yaprak alan indeksi değerinin belirlenme olanaklarını araştırmışlardır. Amaç olarak ibreli türlerden oluşan örnek test alanı seçilmiş ve Ekim-Aralık ayları arasında dolayısıyla mevsimsel aralık olarak 6 farklı periyotta Canopy Imager-110(CI-110) cihazıyla yaprak alan indeksi ölçmeleri yapılmıştır. 30 Eylül 2016 ile 9 Aralık 2016 tarihleri arasında Pleiades 1A/B uydusundan yüksek çözünürlüklü görüntüler üzerinden spektral vejetasyon indeksleri hesaplanarak, yaprak alan indeksi ölçümleriyle karşılaştırılmıştır. Korelasyon sonuçları, test alanındaki ibreli türlerin bitki indeksleriyle yaprak alan indeksi arasında 0.84’ü geçmiştir. İndeksler arasındaki fark ise elde edilen görsellerin geometrisine (geliş açısına) bağlı olduğu vurgulanmıştır.

3. MATERİYAL VE METOT

Çalışmanın ana materyali Bartın–Kirazlıköprü baraj rezervuarında belirlenen çalışma arazisi üzerinde karışık orman meşçeresinden oluşmaktadır. Yaprak alan indeksi (YAI) verilerini elde etmek amacıyla yapılan arazi çalışmaları, çalışmada kullanılan teçhizatlar ve analizlerin gerekçeleri kullanım amaçları aşağıda verilmiştir.

3.1. Bartın Kirazlıköprü barajı ve peyzaj özellikleri

1999 yılında yapımına başlanan Kirazlıköprü barajı, Bartın il merkezine yaklaşık 17 km uzaklıktadır (Öztürk ve Gökyer, 2018). Baraja daha yakın olan rezervuar için yaklaşık 13,3 km çevreye sahip olan ve yaklaşık 10,8 km² alana yayılan bir peyzaj sınırı çizilmiştir. Baraj rezervuar peyzajında yükselti rezervuar tabanının daha yakın olduğu ve barajın ana gövdesinin üzerinde bulunduğu 60 m rakımdan, çevredeki peyzaj içinde en yüksek tepenin tepesinin bulunduğu 740 m rakıma kadar değişkenlik göstermektedir (Şekil 3.2). Çalışma alanının ortalama yükseltisi ise deniz seviyesinden 325 m’dir. Öte yandan, yağış ve taşkınlar ile değişkenlik göstermekle birlikte, rezervuar veya göl yüzeyinin ortalama çevresi ve alanı sırasıyla yaklaşık 8 km ve 1 km²’dir (Şekil 3.2). Uzun vadeli (1975 ile 2021 yılları arası) meteorolojik verilere göre, yıllık ortalama sıcaklık 11,9°C iken, yıllık ortalama toplam yağış 1050 mm civarında olup, bu yağış her mevsimde öncelikle yağmur, ikinci olarak da kış ve ilkbahar başlarında kar olarak düşmektedir (MGM, 2022). Böylece bölge esas olarak mezotermal nemli iklim rejimine sahiptir (Atalay, 2011).



Şekil 3.1: Bartın-Kirazlıköprü Barajının 1995-2022 Yılları Arasındaki Google Earth Uydu Görüntüleri

Baraj rezervuar peyzajı, sapsız meşe, (*Quercus petraea* [Matt.] Leibl.), Avrupa gürgenleri (*Carpinus betulus* L.), doğu kayınları (*Fagus orientalis* Lipsky) ve gümüşü ıhlamurların (*Tilia tomentosa* Moench) farklı yoğun (tepe çatısı kapallılığı ≥ 71) ve seyrek (tepe çatısı kapallılığı ≤ 70) bileşimlerini içeren çeşitli yaprak döken saf ve karışık orman meşcerelerinden oluşur. (OGM, 2021). Bu çeşitli saf meşcereler, genç kayınların yoğun kompozisyonunu, olgun kayınların yoğun ve seyrek kompozisyonlarını ve olgun sapsız meşelerin yoğun kompozisyonunu içerir. Öte yandan, bu çeşitli karışık meşcereler, doğu kayını ile Avrupa gürgeninin hem genç hem de olgun ağaçlarının, gümüşü ıhlamur ile doğu kayının olgun ağaçlarının ve sapsız meşe ile doğu kayının olgun ağaçlarının farklı yoğun ve seyrek kompozisyonlarını içerir. Ayrıca, bu çeşitli karışık meşcereler, sapsız meşe ile Avrupa gürgeninin hem genç hem de olgun ağaçlarının farklı yoğun kompozisyonlarını içermektedir. Ayrıca bu baraj gölü peyzajı içinden geçen ve orman yolu ile ayrılan iki seyrek orman meşceresi, genç Avrupa gürgenleri ve doğu kayınları, olgun sapsız meşeleri ve gümüşü ıhlamurlar olmak üzere dört yaprak döken ağaç türünden oluşmaktadır (Şekil 3.3). Bu ayrıntılı özellikleri verilmiş karışık orman meşcerelerine sahip çalışma alanımız ise aşağıda tanımlanmış ve çizilmiştir (Şekil 3.3).

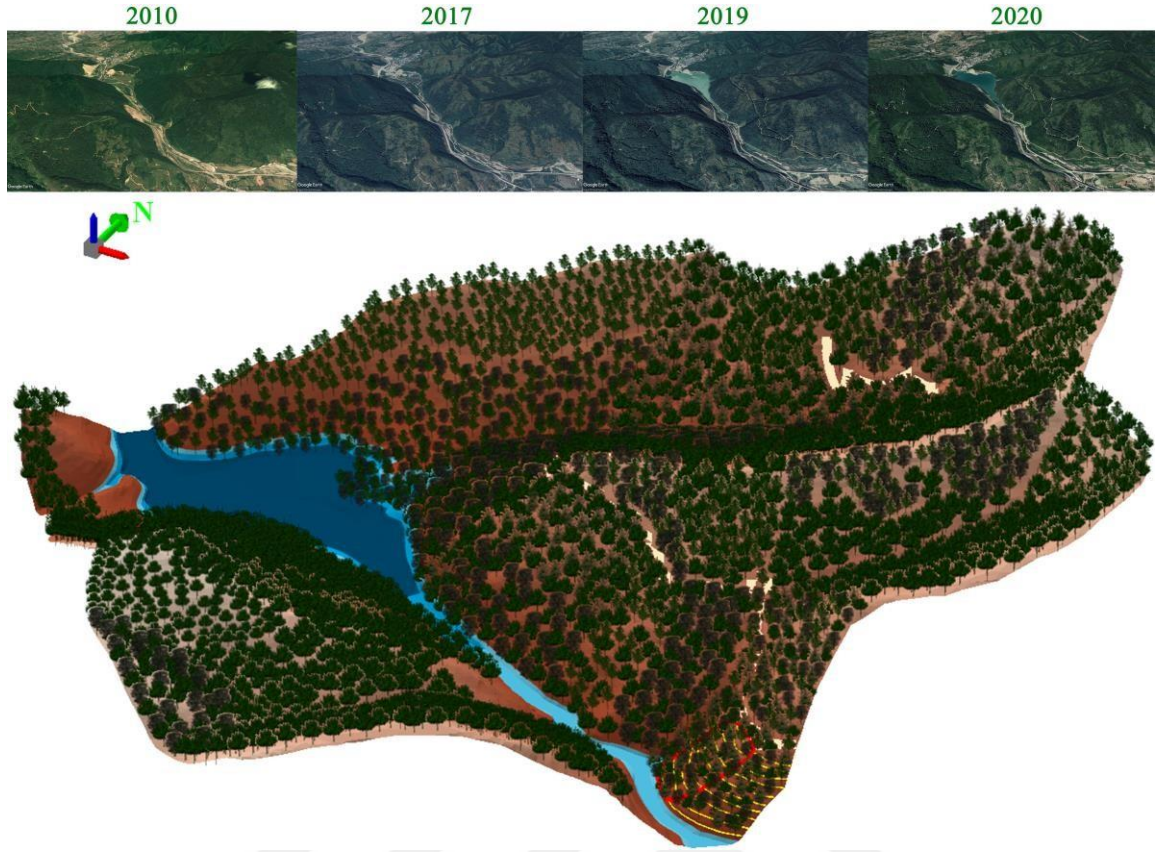
3.2. Çalışma alanı özellikleri

Çalışma alanı baraj gölü peyzajının doğu tarafında, üstünden ve altından geçen orman yolları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Alan, $41^{\circ} 31' 29''$ ve $41^{\circ} 31' 41''$ kuzey enlemleri ile $32^{\circ} 30' 24''$ ve $32^{\circ} 30' 39''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Çalışma sahası yaklaşık 7,6 hektarlık bir alanı kaplamakta ve çevresi yaklaşık 1 km'dir. Çalışma sahasının rakımı 100 m ile 280 m rakım arasında değişmektedir. Ortalama eğimi 29° 'dir ve bu eğim derecesi, alan için nispeten keskin eğimdir (Şekil 3.2). Alanın bakışının hâkim yönü, kuzeydoğudur. Hâkim rüzgâr ise güneybatı yönüne doğru esmektedir (MGM, 2022). İnceleme alanında kumtaşı-çamurtaşı jeolojik formasyonları (MTA, 2007) üzerinde çok sığ (0-20 cm) kireçsiz kahverengi orman toprakları (TOB, 2005) oluşmuştur. Çalışma sahasının üst kısmında yüksek rakımlardaki orman meşcerelerine de hizmet eden bir orman yolu bulunmaktadır. Bu yol çalışma sahasının kuzeydoğu sınırı üzerinde olup, bu sınırın hemen üstünden geçmektedir (Şekil 3.2). Çalışma alanındaki baskın bitki örtüsü dört yaprak döken ağaç türünden oluşmaktadır; sapsız meşe (*Quercus petraea* [Matt.] Leibl.), Avrupa gürgeni (*Carpinus*

betulus L.), doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky) ve gümüş ıhlamur (*Tilia tomentosa* Moench.). Genç Avrupa gürgenlerinin ve doğu kayınlarının ortalama GYÇ (Göğüs Yüksekliğinde Çap) ve boyları sırasıyla 14 cm ve 25 m'dir (OGM, 2021). Öte yandan, olgun sapsız meşelerin ortalama GYÇ ve yüksekliği sırasıyla 28 cm ve 25 m iken, olgun gümüş ıhlamurların ortalama GYÇ ve yüksekliği sırasıyla 44 cm ve 29 m'dir (OGM, 2021). Bu yaprak döken ağaç türlerinin genel fizyolojik ve ekolojik özellikleri aşağıda açıklanmıştır:



Şekil 3.2: Çalışma alanının Türkiye ve Bartın-Kirazlıköprü baraj havzası içindeki konumu, sınırları, arazi şekli ve yükseltisi ile genel görünümü (Şeklin Orijinali Melih Öztürk tarafından hazırlanmıştır).



Şekil 2.3: Bartın Kirazlıköprü baraj peyzajının üç boyutlu görünümü ile içerisindeki çalışma sahasının konumu (Şeklin Orijinali Melih Öztürk tarafından hazırlanmıştır).

Üstte: Çalışma alanının ve baraj rezervuar alanın yakın çevresiyle birlikte 2010-2020 yılları arasındaki uydu görüntüleri bulunmaktadır. Aşağıda: Kirazlıköprü baraj gölü peyzajının temsili ağaç türleri, yükselti çizgileri ve arazi eğimleri (ince sarı çizgiler ve sayılar) ve orman yolu (kalın kum bej çizgisi) ile çalışma alanının bir kısmının simülasyonu ve çizimi bulunmaktadır.

3.2.1. Sapsız meşe (*Quercus petraea* [Matt.] Leibl.)

Sapsız meşeler, Angiospermae'lerin Fagaceae familyasının yaprak döken ağaç türleridir. Yaprakları (6-17×3-9 cm) eliptik ve farklı yumurta biçimlerinde, genç sürgünleri ise tüysüz kırmızımsı kahverengidir ve tomurcukları tüysüz veya kenarları dişlidir (Davis, 1982). Kabukları açık gri-kahverengi olan, düzenli ve dar aralıklarla uzunlamasına derin çatlaklı olgun gövdelere sahiptirler (Yaltırık, 1993). Sapsız meşeler, Batı Avrupa'dan Doğu Avrupa'ya (Bréda ve Granier, 1996; Ducousso vd., 1996) ve dahasonra Türkiye'nin batı

bölgelerine, oradan yaygın oldukları Karadeniz ormanlarına doğru uzanır (Atalay, 2008). Boyları 35 m'ye kadar uzar ve doğrudan güneş ışığına ihtiyaç duyarlar (Çepel, 1994). Sapsız meşeler kurak engebeli bölgelerde yaşayabilir ve büyüyebilir (Anşin ve Özkan, 1997). Kök sistemleri kazık kök olup, iyi drene edilmiş ve asitli topraklarda dahamiyi geliştirirler (Çepel, 1994). Ancak soğuk karasal iklim rejiminin kışlarına uyumları zayıftır (Saatçioğlu, 1976).

3.2.2. Avrupa gürgeni (*Carpinus betulus* L.)

Avrupa gürgenleri, Angiospermae'lerin Betulaceae familyasından yaprak döken ağaç türleridir. Yaprakları (5-10×3-5 cm) oval ve sivri, genç sürgünleri kahverengi ve parlak, tomurcukları kırmızımsı kahverengi, tüysüz veya hafif tüylüdür (Davis, 1982). Genç gövdeleri alttan yivlidir ve kabukları açık gri, ince ve pürüzsüzdür ve çatlaksızdır (Yaltırık, 1993). Avrupa gürgenleri tüm Avrupa'dan Türkiye'nin kuzeyine (Atalay, 2008) ve Kuzey İran'a (Davis, 1982) kadar uzanır. Boyları yaklaşık 18-25 m olur, kökleri durgun yer altı sularına dayanıklıdır ve tınlı topraklarda, hatta kil içeriği yüksek ince dokulu topraklarda bile büyüyebilirler (Çepel, 1994). Gölge ve nemli orman ekosistemlerinde büyüyebilirler (Anşin ve Özkan, 1997). Nispeten yüksek sıcaklık istekleri ve kış donlarına karşı toleransları nedeniyle, orman ekosistemlerinin karışık meşcerelerinde diğer ağaç türleri ile birlikte koruyucu rol üstlenirler (Saatçioğlu, 1976).

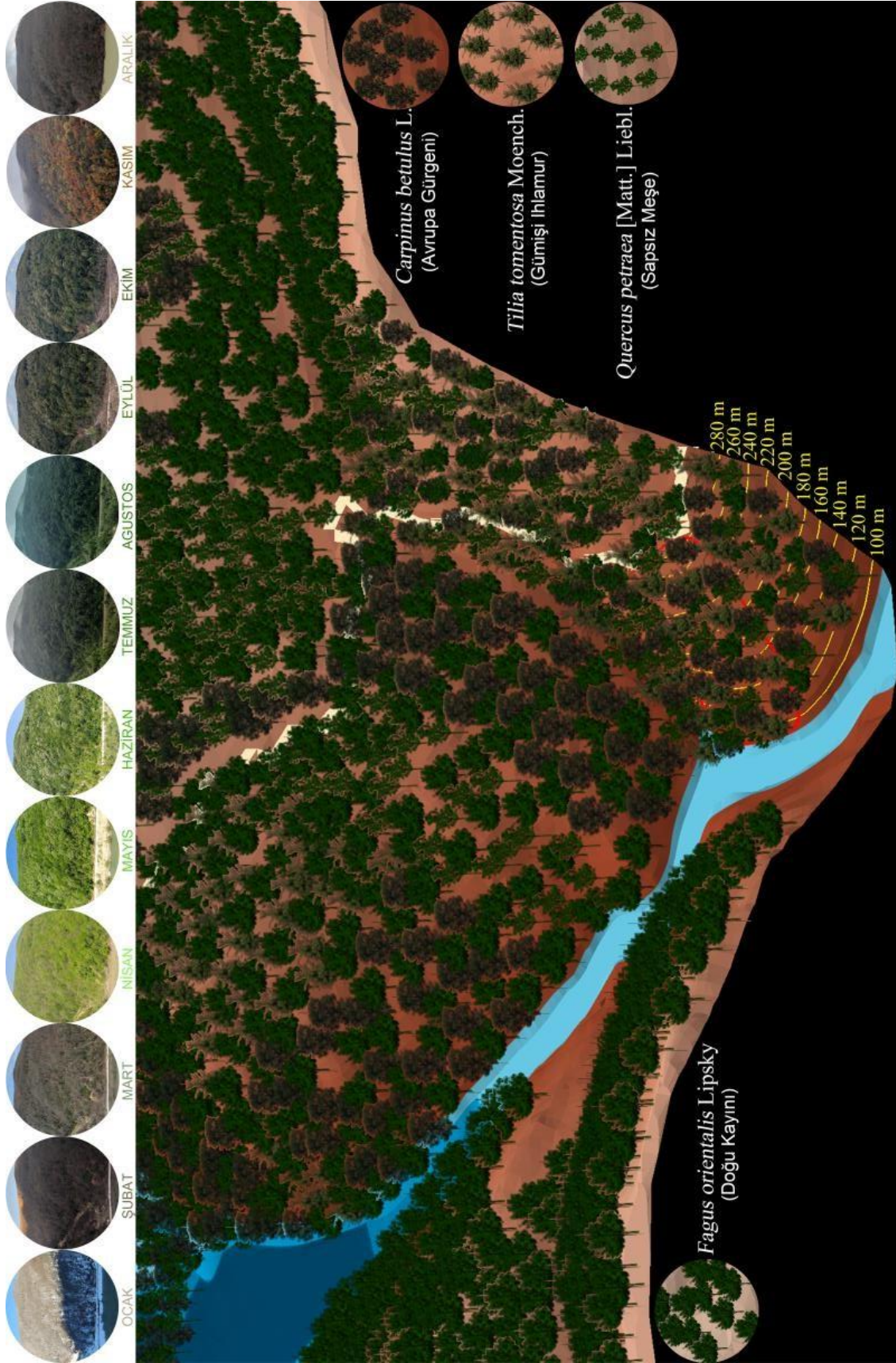
3.2.3. Doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky)

Doğu kayınları, Angiospermae'lerin Fagaceae familyasının yaprak döken ağaç türleridir. Yaprakları (6-15×3-8 cm) genişçe eliptik veya yumurtamsı-dikdörtgen olup, üst yüzeyi tüysüz yeşil, alt yüzeyi tüysüz ipeksi tüylü damarlara sahipken, genç sürgünleri kırmızımsı kahverengi ve tüylü ve tomurcukları görünüşte terminaldir (Davis, 1982). Hem genç hem de olgun gövdeleri açık kül grisidir ve çatlaksızdır (Yaltırık, 1993). Doğu kayınları, 300 m rakımdan başlayarak 2000 m rakıma kadar görülmektedir. Doğu ve kuzeydoğu Avrupa'ya yayılır; başta Balkanlar olmak üzere (Davis, 1982) Kuzeybatı ve Kuzey Anadolu (Türkiye) boyunca uzanarak, Kafkasya ve İran'a kadar uzanmaktadır (Atalay, 2008). 40 m'ye kadar boylanabilen doğu kayınları, gölge ve yarı gölge orman ekosistemlerinde daha iyi büyüebilmektedir (Çepel, 1994). Ilıman ve yağışlı, nemli orman ekosistemlerinde

yetişebilirler (Anşın ve zkan, 1997). Don ve kuraklık zararlarına karşı çok hassastırlar ve zarar görebilirler ve bu nedenle gençliklerinde siper ve koruma ağaçları eşliğinde ve altında yetişmelidirler (Saatçioğlu, 1976).

3.2.4. Gümüş ıhlamur (*Tilia tomentosa* Moench.)

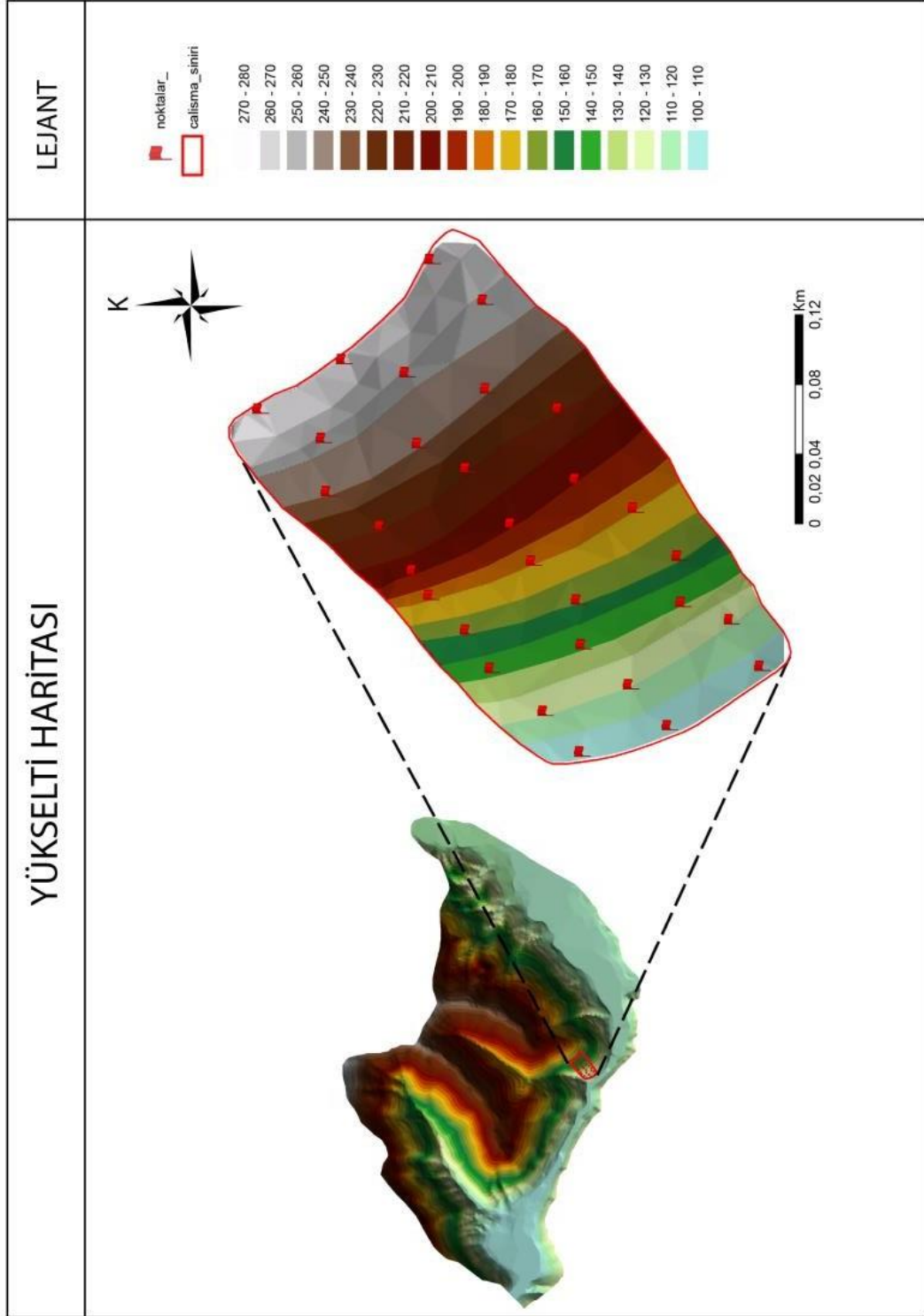
Gümüş ıhlamurlar, Angiospermae'lerin *Tiliaceae* familyasının yaprak döken ağaç türleridir. Yaprakları (7-13×5-10 cm) yumurtamsı ve sarp sivri uçludur, yüzeyi tırtıklı ve tüysüz yeşildir ve alt yüzeyi beyazımsı yıldızsı-kaba tüylüdür (Davis, 1982). Genç yeşil dalları tüylü, genç sürgünleri ise kırmızımsı kahverengidir (Anşın ve zkan, 1997). Gümüş ıhlamurlar doğu ve kuzeydoğu Avrupa'ya yayılmış, kuzeybatı ve kuzeydoğu Anadolu'ya (Türkiye) (Atalay, 2008) kadar uzanarak deniz seviyelerinden başlayıp 1500 m rakıma kadar Kafkasya ve İran'a kadar uzanmaktadır. (Davis, 1982). Boyları yaklaşık 40 m'ye ulaşan bu ağaçlar doğrudan güneş işığına ihtiyaç duyarlar, ancak soğuk iklim koşullarına dayanıklıdırlar (epel, 1994). Özellikle Batı Karadeniz Bölgesi'nde yaygın olarak yukarıda bahsedilen yaprak döken ağaç türleri ile karışık meşcereler kurarlar (Anşın ve zkan, 1997). Ilımlı toprak koşullarına nispeten toleranslı olmalarına rağmen en iyi gelişmelerini iyi drene edilmiş, nemli ve besince zengin topraklarda gösterirler (Saatçioğlu, 1976).



Şekil 3.4: Arazide bulunan ağaç türlerinin 3D temsili görüntüleri ve ormanın aylık mevsimsel seyri (Şeklin Orijinali Melih Öztürk tarafından hazırlanmıştır).

3.2.5. Çalışma alanı yükselti grupları haritası

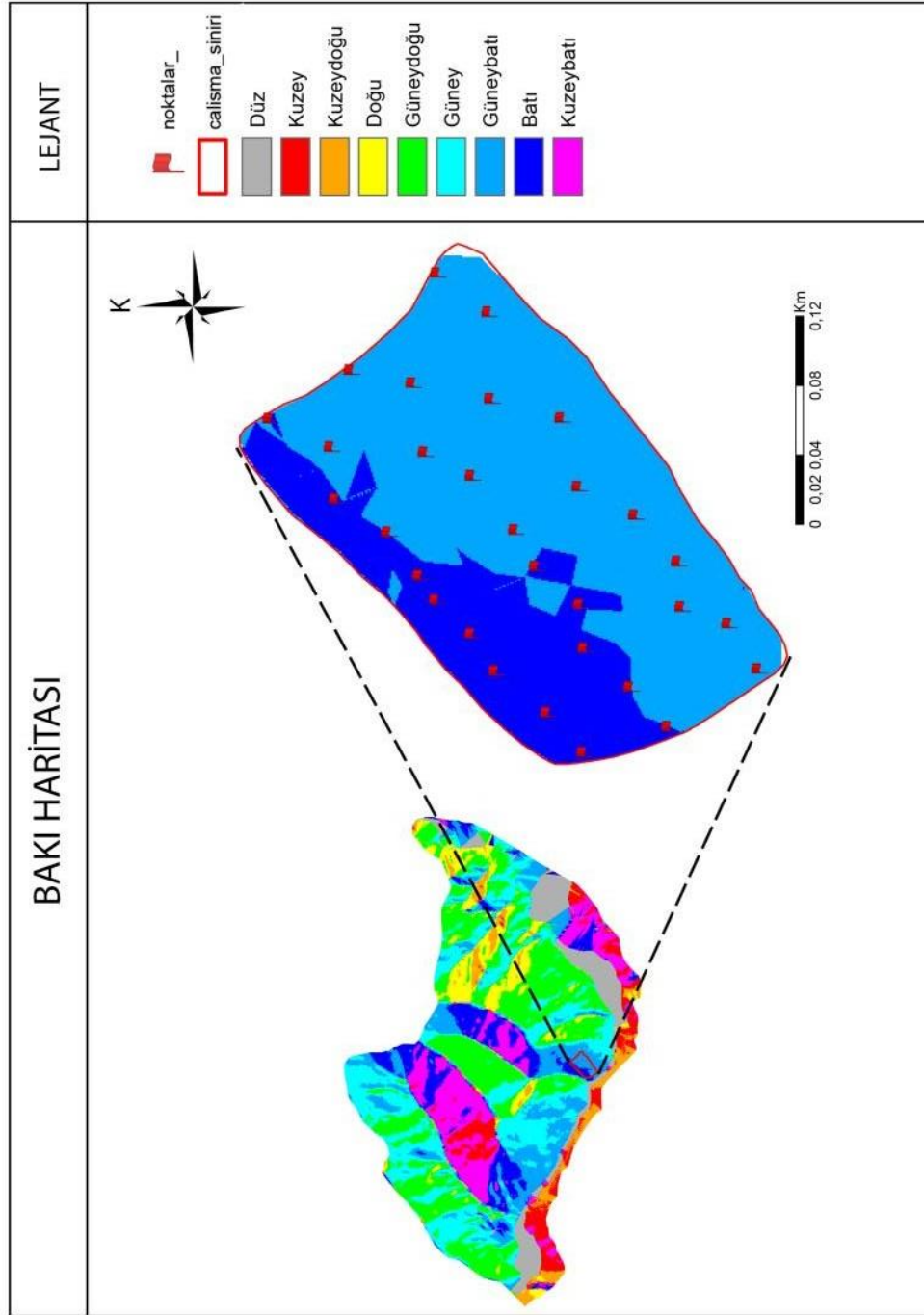
Çalışma sahasının yükseltisi 100 m rakımı ile 280 m rakımları arasındadır.



Şekil 3.3: Bartın-Kirazlıköprü barajı rezervuar alanı ve çalışma sahasının yükselti haritası.

3.2.6. Çalışma alanı bakı haritası

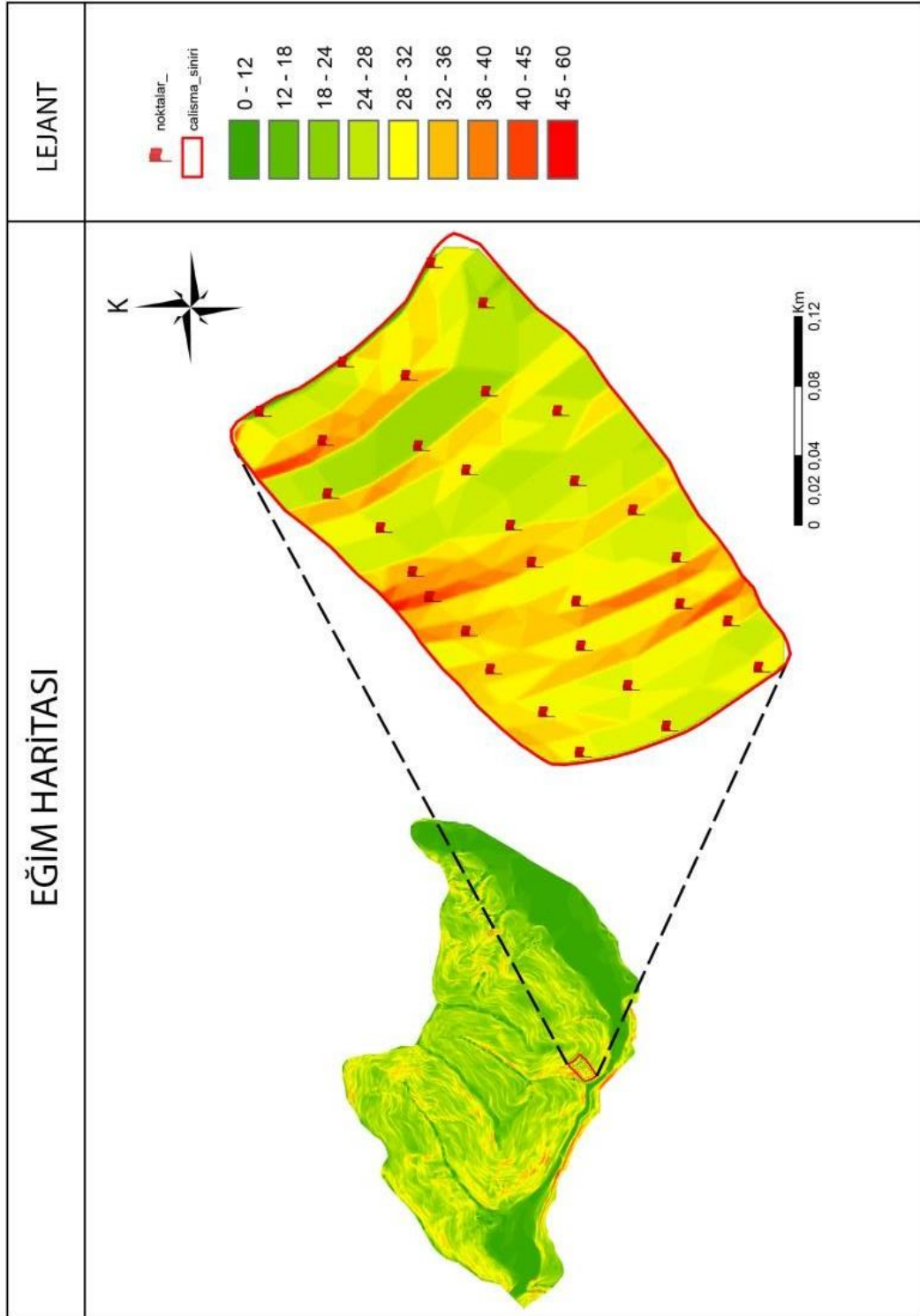
Çalışma alanının hâkim bakısı güneybatı ve batıdır. Genel olarak öğle saatlerinden itibaren güneş ışınlarını her zaman almaktadır.



Şekil 3.4: Bartın-Kirazlıköprü barajı rezervuar alanı ve çalışma sahasının bakı haritası.

3.2.7. Çalışma alanı eğim grupları haritası

Çalışma alanının en düşük eğimi %13, en yüksek eğim % 60'dır. Ortalama eğim ise %29'dur. Nispeten yüksek eğimli bir arazidir.



Şekil 3.5: Bartın-Kirazlıköprü barajı rezervuar alanı ve çalışma sahasının eğim haritası.

3.3. Yöntem

Çalışmada Yaprak Alan İndeksi (YAI) verilerini elde etmek için yarı-küre fotoğraflama tekniğinden yararlanılmıştır. Uygun çalışma arazisi ve sahası belirlenerek ağaç türlerinin yapraksız, yapraklanma, tam yapraklı ve yaprak döküm dönemleri dikkate alınarak saha ziyaretleri gerçekleştirilmiştir. Ağaçların yapraksız ve yapraklanma dönemlerinde hemen hemen haftalık ve tam yapraklı ve yaprak döküm ve yapraksız dönemlerinde aylık periyotlarda saha ziyaretleri yapılmıştır. Saha ziyaretlerinin yapıldığı günler yılın kaçıncı gününe (YG) denk geliyorsa işaretlenmiştir ve toplamda 21 adet arazi çalışması yapılmıştır.

Belirlenen arazinin görsel anlatımı ve arazi özelliklerinin belirlenmesi ve modellenmesi için Coğrafi Bilgi Sistemlerinden ArcGIS yazılımının ArcMap ve ArcScene modüllerinden yararlanılmıştır. Çalışma sahasını teşkil eden karışık orman meşceresinde 20 m rakım aralıklarıyla 10 farklı kotta ve her kotta 3 farklı noktadan olacak şekilde 30 farklı yarı-küre fotoğraflama ve anlık analiz noktası belirlenmiştir. Yarı-küre fotoğrafların çekilmesi için Canon EOS 5D Mark II SLR kameraya monte edilen Sigma 8 mm balıkgözü objektif (Sigma F3.5 EX DG Circular Fisheye-Sigma Corporation) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler, her iki yöntemle analiz edilen YAI değerleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Bilindiği üzere, LAI2200C cihazı ile noktasal ve yerinde veri üretmektedir. Elde edilen yarı-küre fotoğrafların Hemisfer 3.1 yazılımı (Schleppi vd., 2007; İsviçre Federal Orman, Kar ve Peyzaj Araştırma Enstitüsü) ile analiz edilmesiyle YAI, IG, TÇA ve BO verileri elde edilmiştir. Elde edilen bitki örtüsü tepe çatısı parametre değerleri grafiklerle görselleştirilmiş ve noktasal veriler ile de ifade edilmiştir.

Elde edilen veriler sayesinde yükseltiye bağlı olarak değişiklik gösteren Yaprak Alanı İndeksi (LAI), Işık Geçirgenliği (IG), Tepe Çatısı Açıklığı (TÇA) ve Boşluk Oranı (BO) verileri elde edilmiştir.

3.4. Yarı-küre fotoğraflama, LAI-2200C ve analizler

Çalışma alanı içerisinde adı geçen dört farklı yaprak döken ağaç türünden oluşan karışık orman meşceresinin yıl içi fenolojik ve fizyolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yarı-küre fotoğraf çekimi ve bunların görüntü analizlerini bütünleştiren teknik ile yerinde LAI

cihazı analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 20 m rakım aralıklarıyla değişen ve 100 m rakımından 280 m rakımına kadar uzanan yamaçta yarı-küre ve yerinde analiz noktaları belirlenmiştir. Çalışma sahasını yükselti farkı 20 m'de bir olacak şekilde 10 eşit yükseltiye bölerek 10 farklı kotta ve her kotta 3 farklı nokta olacak şekilde 30 farklı yarı-küre fotoğraflama ve yerinde analiz noktası belirlenmiştir. Böylece, bu yükselti kuşaklarının her biri için sahada üç yarı-küre fotoğraflama ve yerinde LAI analiz noktası tanımlanmış ve toplamdaki 30 yarı-küre fotoğraflama ve analiz noktası tabelalarla sahada işaretlenmiştir. Bunun için, 8 mm balıkgözü objektifin (Sigma F3.5 EX DG Circular Fisheye-Sigma Corporation) monte edildiği dijital kamera (Canon EOS 5D SLR Mark II-Canon Inc.) kullanılarak bu sabit noktalar üzerindeki ağaçların tepe çatılarının yarı-küre fotoğrafları (180°) çekilmiştir. Ayrıca LAI-2200C Plant Canopy Analyzer cihazı (LI-COR Biosciences Inc.) kullanılarak yerinde YAI verileri de elde edilmiştir. Sahada bu ağaçların tepe çatılarının altından yarı-küre fotoğraflama işlemi yapılırken, bu birbirine monte edilmiş fotoğraflama ekipmanı yer düzlemine dik (90°) tutulmuş ve yukarıdaki tepe çatılarına doğru odaklanmıştır. Ayrıca LAI-2200C cihazı, yerinde ve anlık YAI değerlerinin analizi için de kullanılmıştır. Bu çalışmada, bu ağaçların tepe çatılarının yapraksız ve daha sonra tomurcuklanma döneminden başlayarak tamamen yapraksız dönemlerine kadar tüm fenolojik dönemlerinin izlenmesi ele alındığından, yıl boyunca izleme süresi boyunca toplamda 21 adet saha ziyareti gerçekleştirilmiştir. Sahadan yarı-küre 30 fotoğraf ve yerinde ölçüm cihazı ile de veriler elde edilerek, toplam olarak 630 adet yarı-küre fotoğraf ve yerinde YAI değeri üretilmiştir. Nitekim hemen hemen haftalık saha ziyaretlerinde, bu yaprak döken ağaçların Mart ayı (2021) başındaki tomurcuk oluşumundan Mayıs ayı (2021) sonundaki neredeyse tamamen yapraklanmalarına kadar nispeten daha sık saha ziyaretleri gerçekleştirildi ve bunlar, 12 ziyarete tekabül etmiştir. Ardından, hemen hemen aylık saha ziyaretlerinde, nispeten daha seyrek saha ziyaretleri, ağaçların tamamen yapraklandığı Haziran ayı (2021) başlarından Şubat ayı (2022) sonlarında tekrar tamamen çıplak oldukları dönemlere kadar gerçekleştirilmiş ve bunlar da, kalan 9 ziyareti oluşturmuştur. Bu nedenle, daha önce yükselti kuşaklarına göre sınıflandırılan ve saha ziyaret tarihlerine göre sınıflandırılan bu 630 yarı-küre fotoğrafların dijital görüntüleri elde edilerek görüntü analizleri ve işleme programı ile analiz edilmiştir; Hemisfer sürüm 3.1 (İsviçre Federal Orman, Kar ve Peyzaj Araştırma Enstitüsü; Schleppi ve ark. 2007). Öte yandan, LAI-2200C Plant Canopy Analyzer cihazından alınan LAI verileri de yükselti kuşaklarına ve saha ziyaret tarihlerine göre kategorize edilmiş ve sınıflandırılmıştır. Ayrıca, yükseltiye göre değişen

YAI değerleri meteorolojik değişkenlerle korelasyon analizine tabi tutulmuştur. Bütün bu istatistiki analizler (Spearman korelasyonu ve önem testleri) için de SPSS yazılımının 20.0 sürümü (SPSS Inc., Chicago, IL) kullanılmıştır (Devore and Farnum 1999). Hemisfer 3.1 ile yarı-küre fotoğraf görüntülerinin analizleri sonucunda YAI, IG, TÇA ve BO tepe çatısı parametreleri elde edilmiştir. Analizlerde zorunlu olarak LAI-2000 tarafından kullanılan metodoloji tercih edilmiş, otomatik eşikleme metodolojisi ise Nobis ve Hunziker (2005) tarafından yapılan çalışmaya göre seçilmiştir. Hem Schleppi vd. (2007) ile Chen ve Cihlar (1995), tarafından yapılan çalışmalara dayanan bütünleşik metodolojinin düzeltmeleri, analizler için referans alınmıştır.

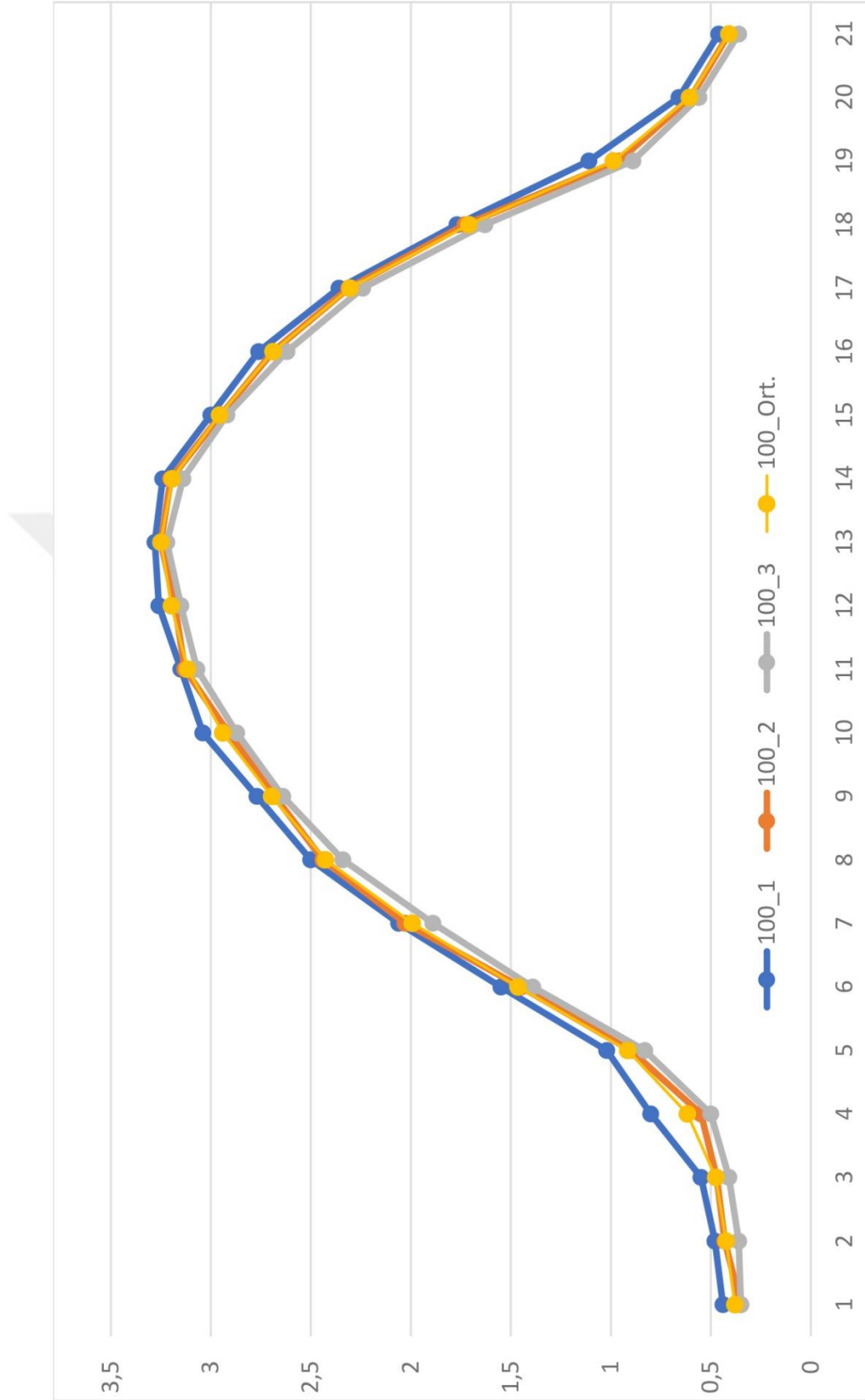
3.4.1. Kirazlıköprü baraj gölü peyzajına ait meteorolojik verileri

Baraj rezervuar peyzajı içinde veya çevresinde günlük verilerin elde edilebileceği meteoroloji istasyonu bulunmadığından, Bartın meteoroloji istasyonundan alınan hava-toprak sıcaklığı ve yağış verilerinin adaptasyon ve modifikasyon işlemleri uygulanmıştır. Nitekim, bu işlemlerin geçerliliği ve tutarlılığı, Bartın meteoroloji istasyonu (36 m rakım) ile çalışma sahasına yaklaşık 15 km uzaklıkta bulunan Ulus meteoroloji istasyonu (186 m rakım) arasındaki 10 yıllık (2012-2021) veriler için elde edilen yüksek korelasyon ($r=0,911$) sayesinde gerçekleşmiştir. Meteorolojik verilerin daha düzenli varlığı ve tutarlılığı; özellikle Bartın meteoroloji istasyonunda topraksıcaklığı verilerinin olması bu çalışmada daha yakın olan Ulus meteoroloji istasyonu verileri yerine Bartın meteoroloji istasyon verilerinin kullanılması tercih edilmiştir. Öte yandan, Bartın meteoroloji istasyonu ile çalışma alanı arasındaki ortalama yükselti farkı ve sıcaklık farkı nedeniyle, bu mezotermal nemli bölgeler için bilimsel literatürde önerildiği gibi düşey sıcaklık gradyanı (lapse rate) prensip olarak $0,5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ olarak kabul edilmiştir (Barry, 2008). Ayrıca yine bu ortalama yükselti farkından dolayı yağış farkı prensip olarak $+54\text{ mm}/100\text{ m}$ olarak kabul edilmiştir (Barry, 2008). Bu nedenle, bu iki konum arasındaki ortalama günlük hava-toprak sıcaklık farklarının sırasıyla $-1,0^{\circ}\text{C}$ ve $+54\text{ mm}$ olduğu varsayılmıştır ve bunlar daha sonra sahaya ait veri bilgileri girişi sırasında uyarlanmış, düzeltilmiş ve sonraki hesaplamalar için aktarılmıştır. Daha sonra, erken ilkbaharda ilk izlemeden önceki 1 haftalık sıcaklık ve yağış verilerinin de başlangıçta dikkate alınması koşuluyla, izleme ve yarı-küre fotoğraflama için her saha ziyareti arasındaki sık ve seyrek aralıklar boyunca uyarlanmış/değiştirilmiş ortalama hava-toprak sıcaklığı ve toplam yağış verileri tekrardan hesaplanmıştır. Bununla birlikte

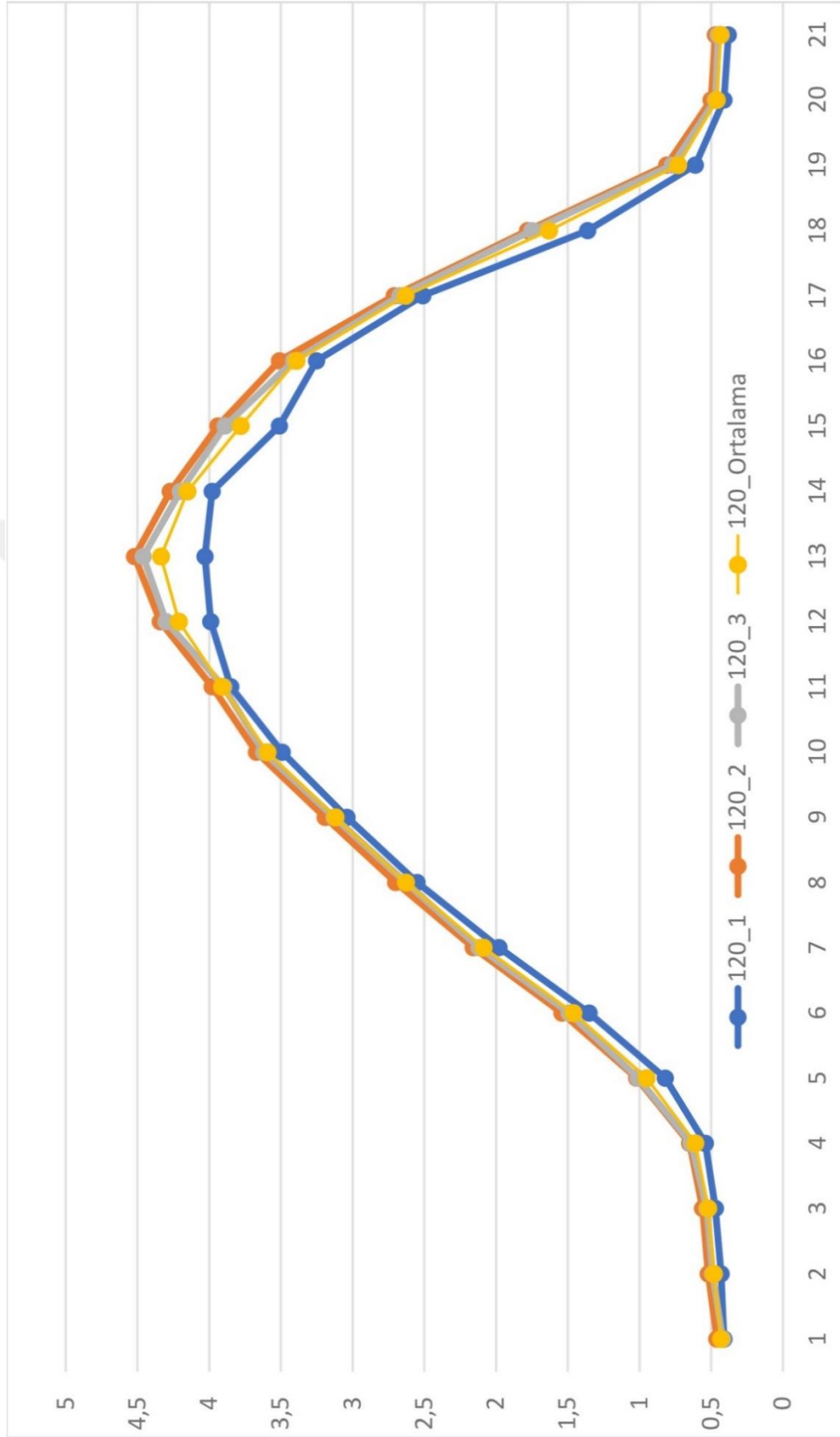
uyarlanmış/değiştirilmiş ortalama hava-toprak sıcaklığı ve toplam yağış verileri daha sonra hem fenolojik dönemlerde tepe çatısı parametreleri üzerindeki sonuçların meteorolojik yorumlanması hem de bu tepe çatısı parametreleri ile korelasyon analizleri için kullanılmıştır.

3.4.2. Meteorolojik değişkenlerle istatistikler ve korelasyonlar

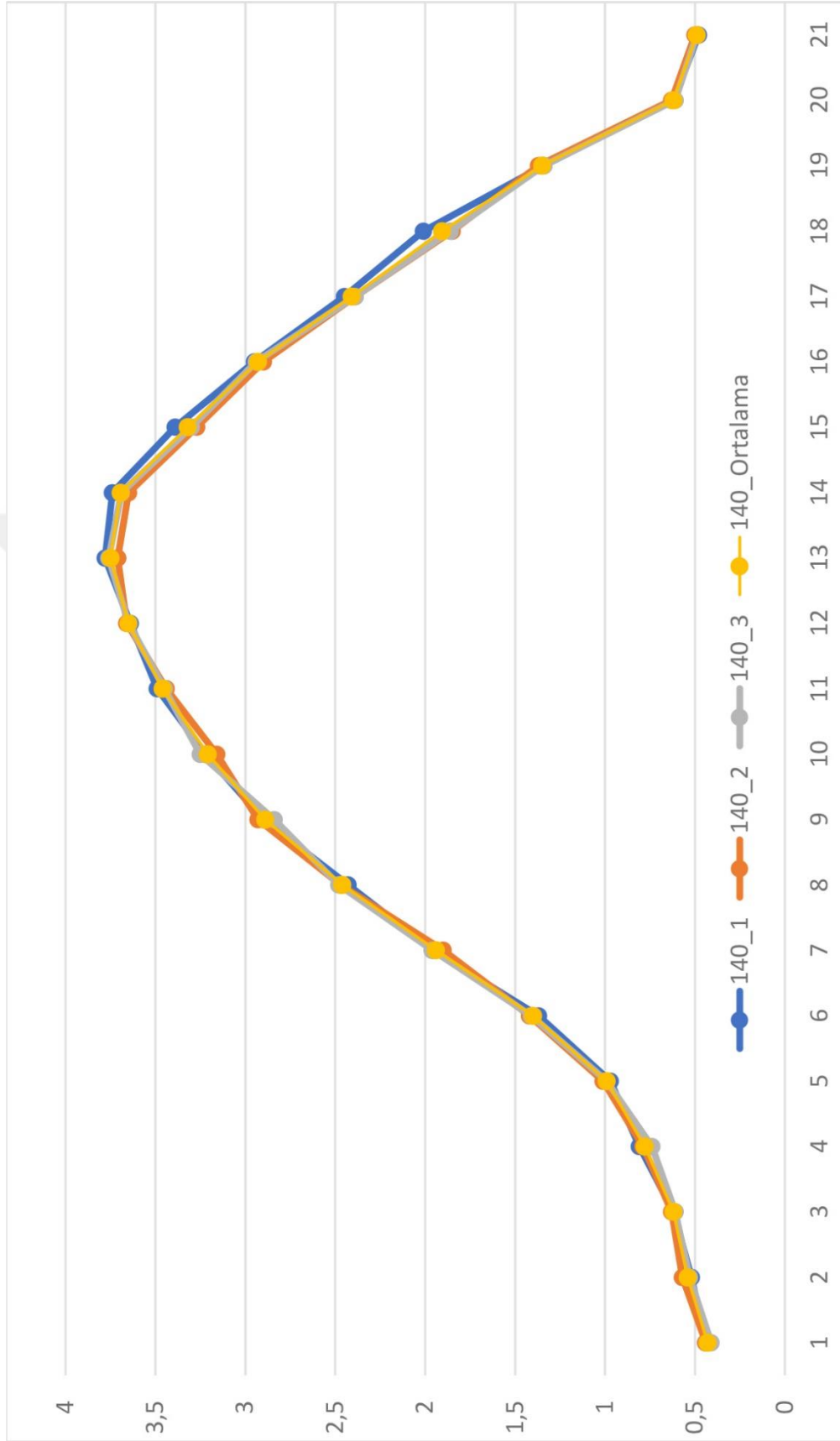
Karışık yaprak döken orman ağaçlarının tepe çatısı parametrelerinin yıl içi seyri üzerindeki sıcaklık ve yağış etkisinin net bir şekilde tanımlanması için, bu meteorolojik veriler ile tepe çatısı parametreleri verileri arasında korelasyon ve anlamlılık-önem analizleri yapılmıştır. Böylece SPSS yazılımı kullanılarak; Sürüm 20.0 (SPSS Inc., Chicago, IL) Spearman korelasyon ve önem-Anlamlılık testleri yapılmıştır (Devore ve Farnum, 1999). Bu amaçla, 2021 ilkbahar başı ve 2022 kış sonu arasında olmak üzere 21 saha ziyaretinin her birine ait uyarlanmış-düzeltilmiş ortalama hava-toprak sıcaklığı ve toplam yağış verileri, bu 21 saha ziyaretinin her biri için ortalama tepe çatısı parametre değerleri ile Spearman korelasyon ve önem-anlamlılık testi analizlerine tabi tutulmuştur. Ayrıca, bir önceki yılın (2020-2021) toplam yağış verilerinin sorgulanması amacıyla, içinde bulunulan yılın (2021-2022) aynı dönemlerine denk gelen toplam yağış verileri de bu istatistiksel analizlere dahil edilmiştir. Daha sonra tüm bu Spearman korelasyon ve önem-anlamlılık testi analiz sonuçları, -5 cm, -10 cm, -20, -50 cm, -100 cm toprak derinliklerini içeren geçmiş ve şimdiki yıllara ait yağış verileri ile hava ve toprak sıcaklığı verilerinin iki eksenin bir tarafını temsil ettiği bir matris şeklinde tablolştırılmıştır (Tablo 5.1). Buna göre, orman ağaçlarının tepe çatısı parametrelerinin yıl içi verileri, iki eksenin diğer tarafını temsil etmektedir (Tablo 5.1). Dolayısıyla, bu orman ağaç saçaklarının eko-fizyolojik özelliklerinin yıl içindeki seyri, YAI, IG, TÇA ve BO parametreleri açısından belirlenmiştir.



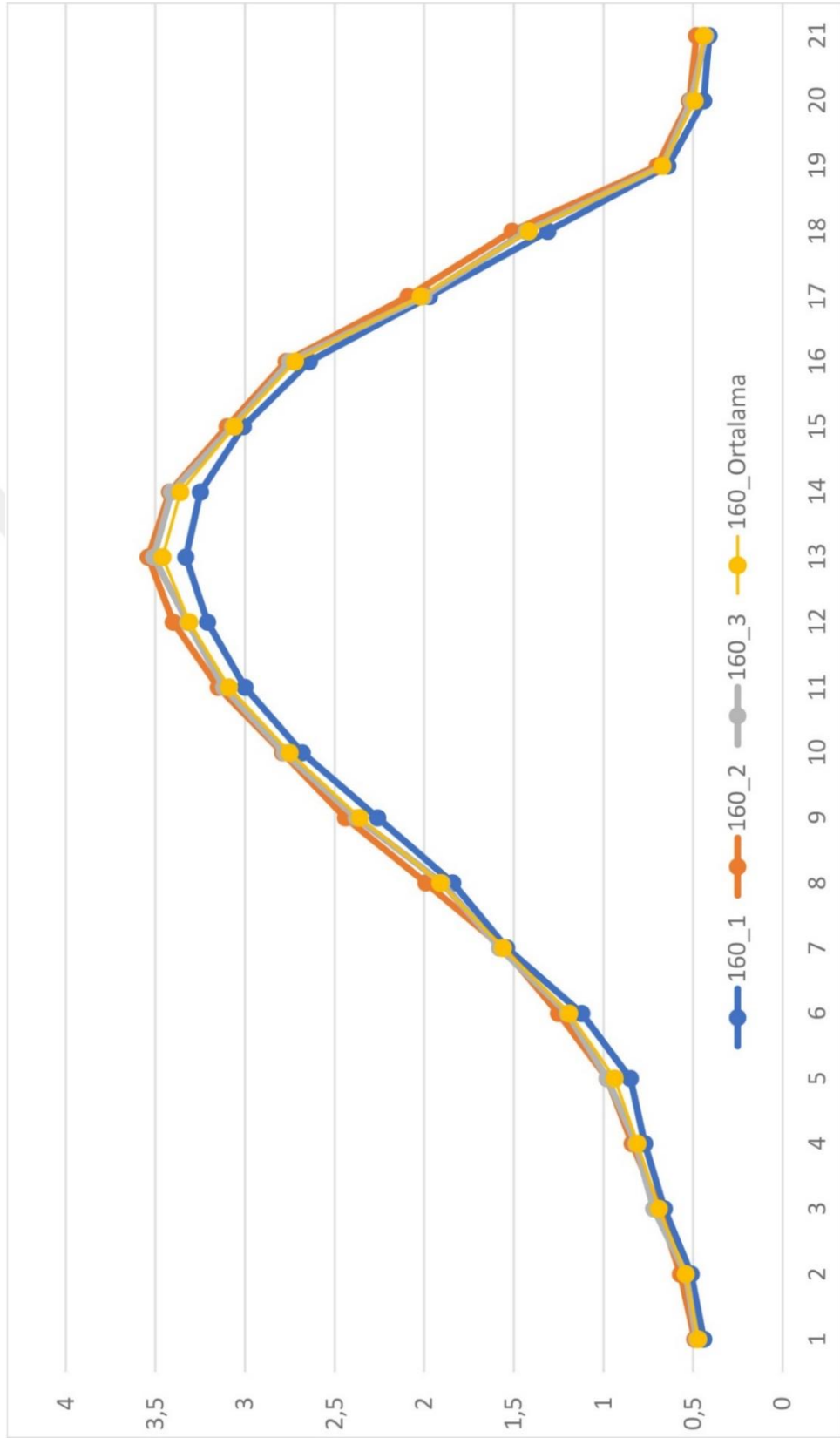
Şekil 3.6: 100 m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.



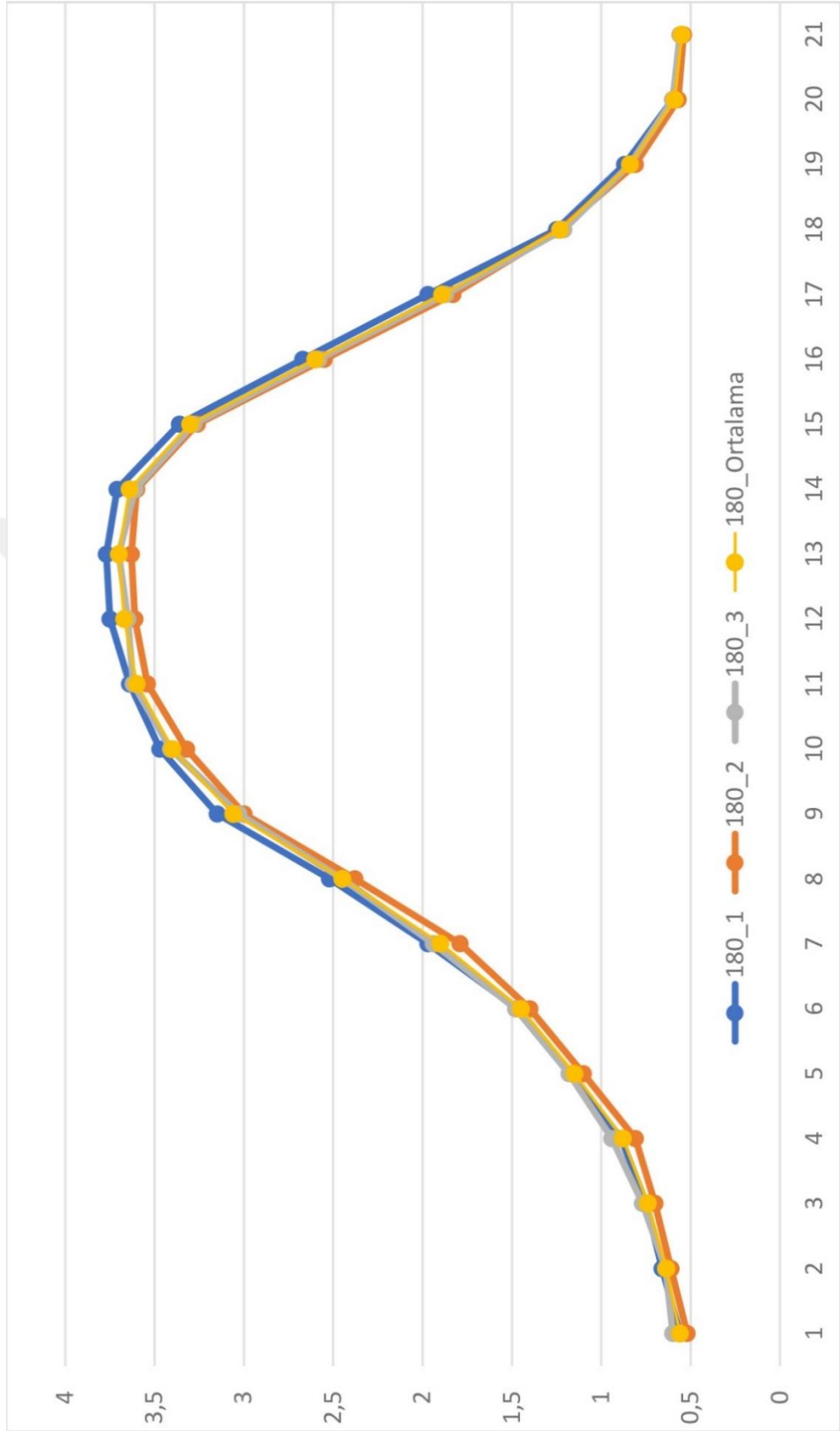
Şekil 3.7: 120 m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.



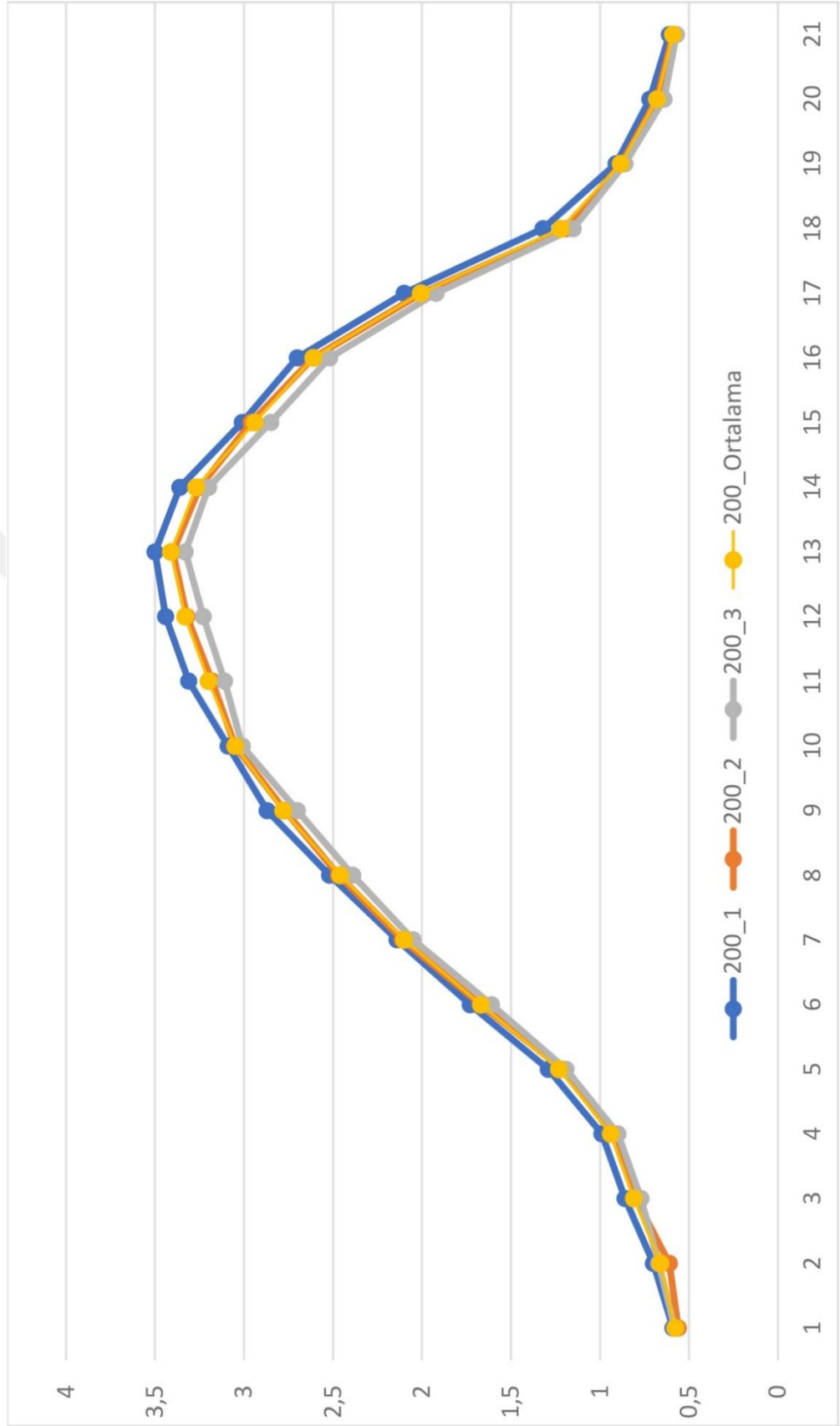
Şekil 3.8: 140 m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.



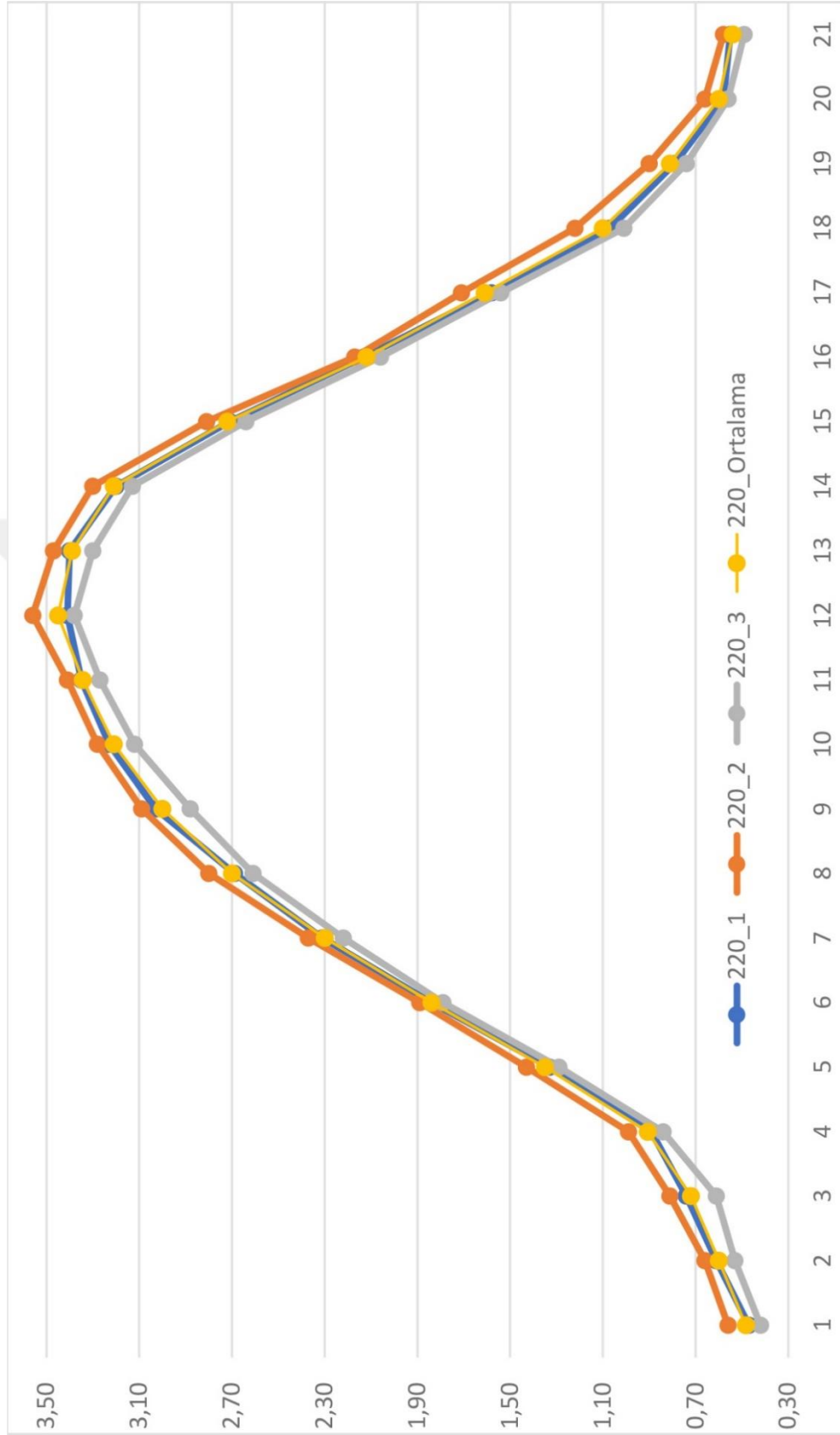
Şekil 3.9: 160 m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.



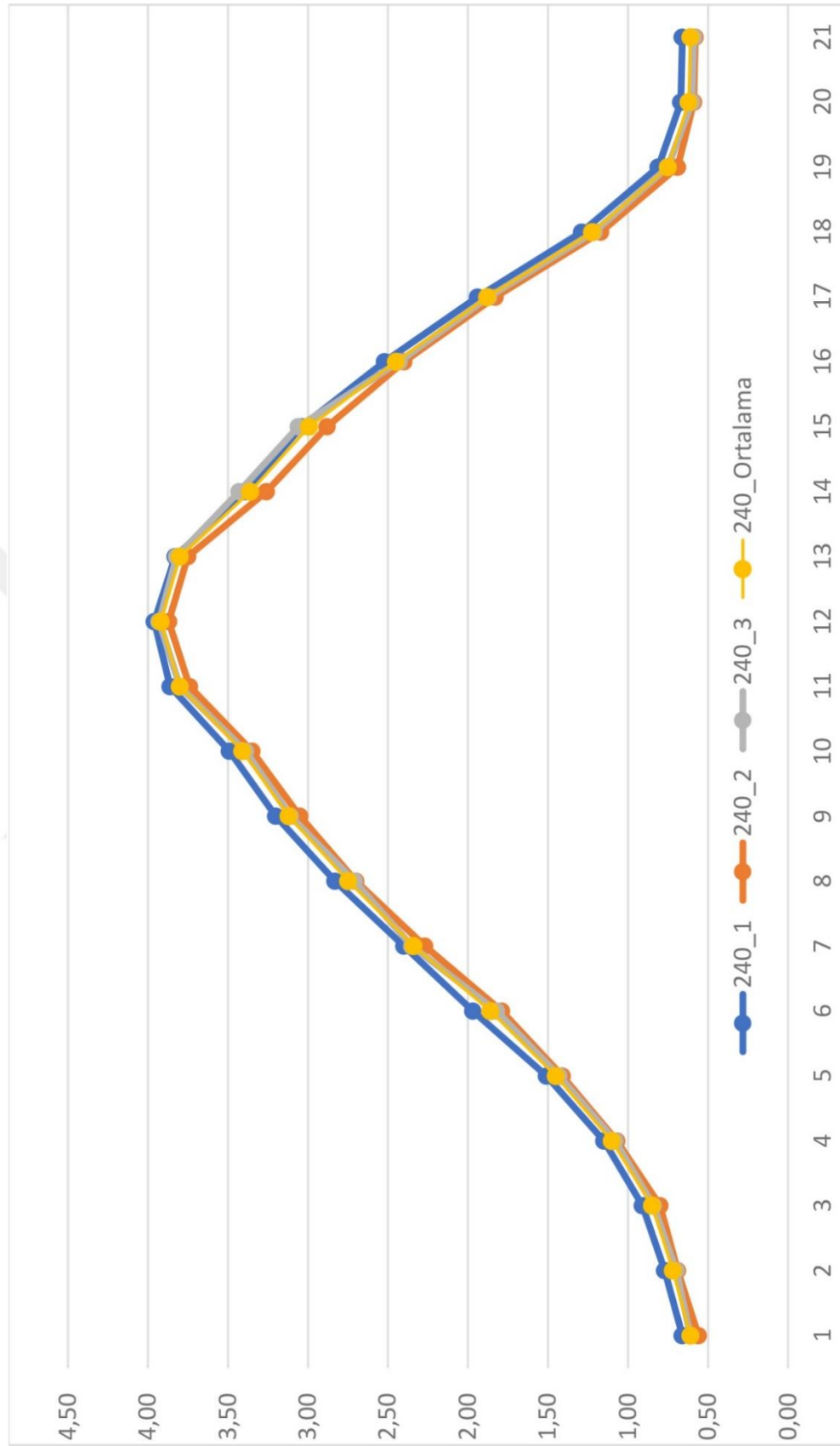
Şekil 3.10: 180 m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.



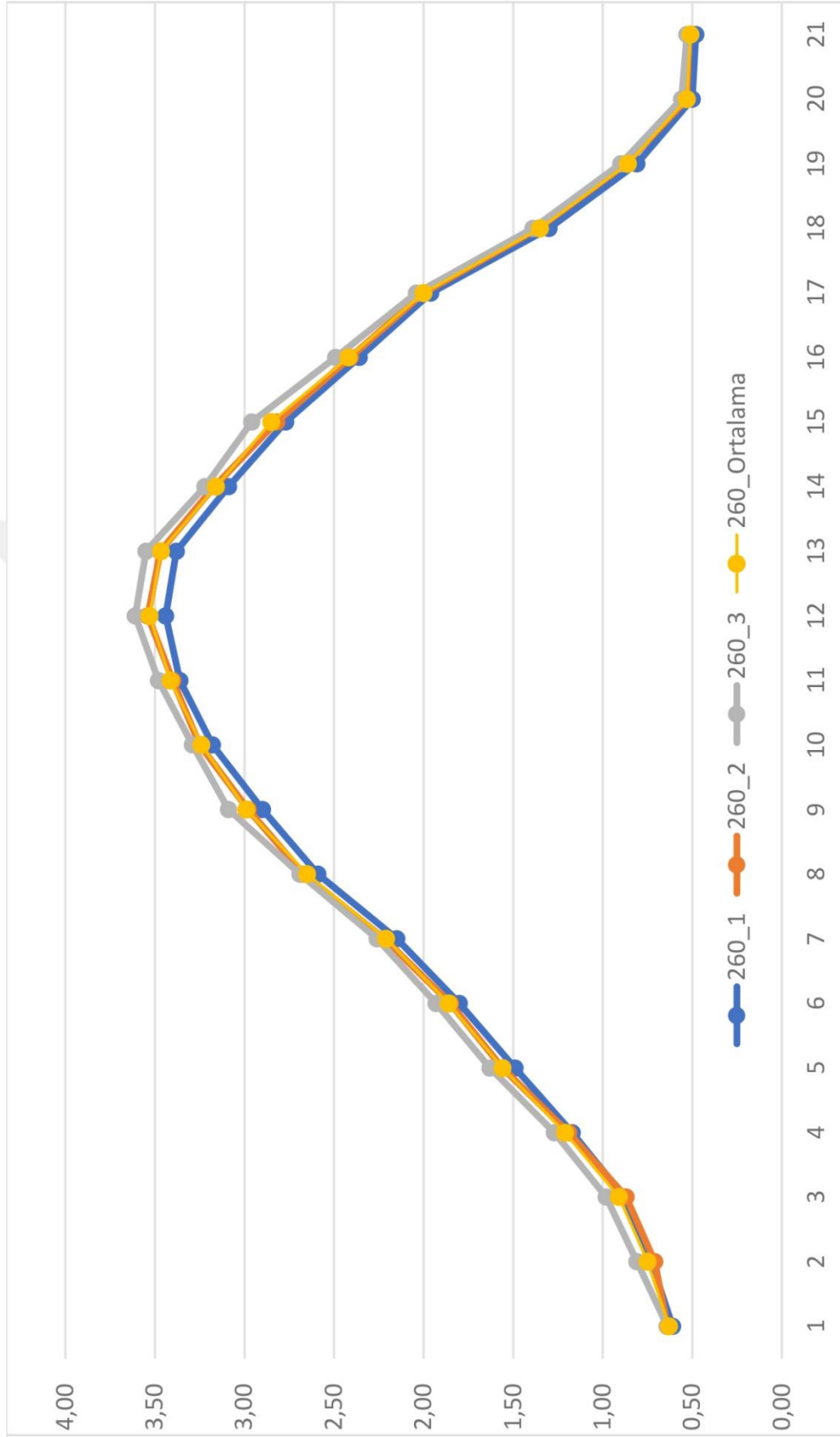
Şekil 3.11: 200 m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.



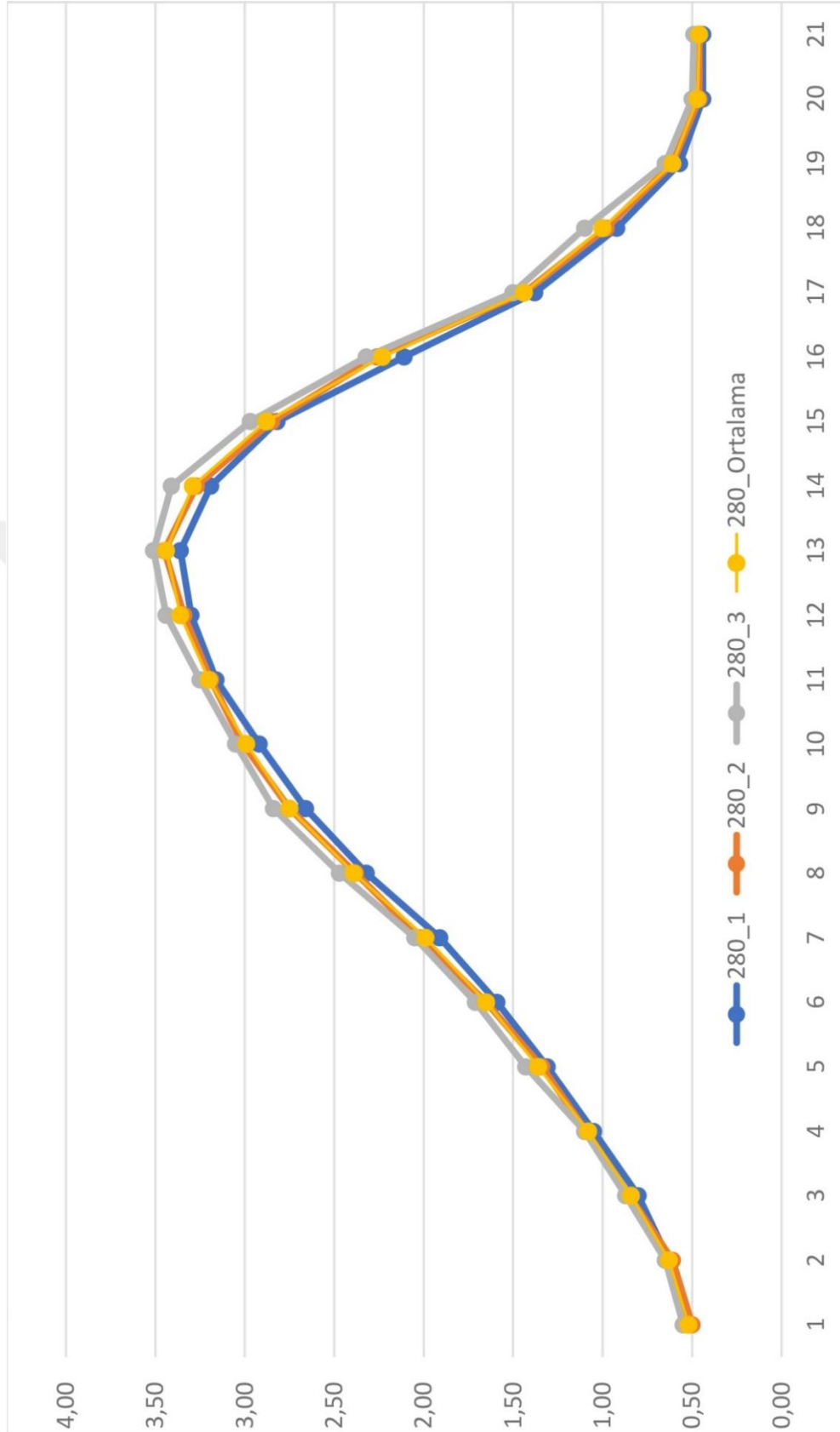
Şekil 3.12: 220 m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.



Şekil 3.13: 240 m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.



Şekil 3.14: 260 m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.

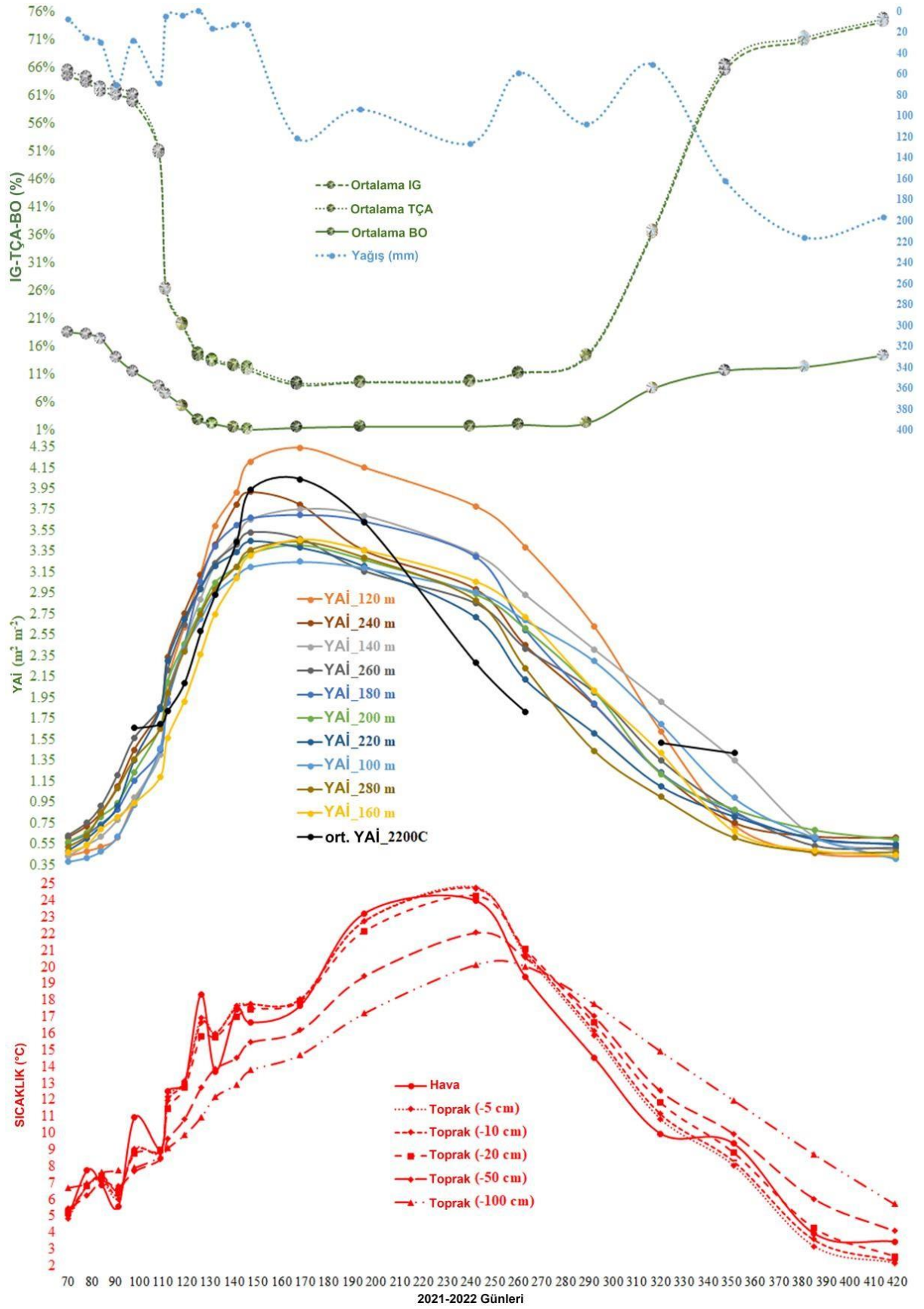


Şekil 3.15: 280 m yükseltide 3 farklı yarı-küre fotoğraflama noktasına ait YAI değerleri ve ortalaması.

4. BULGULAR

Bu çalışmanın genel sonuçlarına göre, yıl içi olarak birbiriyle benzer görüntüler sergilemekle birlikte, yükseltiye bağlı YAI değerleri az çok farklı seyirler sergilemiştir. Bununla birlikte, yarı-küre fotoğraflardan elde edilen YAI değerleri, LAI-2200C cihazından alınan ortalama YAI değerleri ile aşağı yukarı örtüşmektedir (Şekil 4.1). Ayrıca, bu LAI-2200C'ye ait YAI değerleri de en alçaktan en yüksek yükseltiye kadar kesin artış veya azalma eğilimi göstermemiştir (Şekil 4.1). Ancak, YAI değerlerinin genel seyri hemen hemen benzer modeli izlemiştir. Hava ve toprak sıcaklıkları ise neredeyse örtüşmektedir (Şekil 4.1). Öte yandan, bu 10 yükseltideki tüm noktaların ortalama IG ve TÇA yüzdeleri, yaklaşık olarak simetrik bir model göstermiştir. YAI ve sıcaklık değerlerinin genel seyri ise birbiriyle uyumlu model göstermiştir. Oysaki, ortalama BO yüzdelerinin modeli için, belirgin şekilde, özellikle zamansal uzantı boyunca daha dar bir aralıkta belirgin düşük yüzdelerle değişen model tespit edilmiştir (Şekil 4.1). Bu fizyolojik ve sıcaklık parametrelerinin yıl içi seyirleri arasındaki az çok benzerliklere rağmen, bu fizyolojik parametrelerin yıl içi seyirleri ile aynı zamansal uzantı boyunca yağış değerlerinin seyri arasında belirgin bir farklılık tespit edilmiştir (Şekil 5.1.).

İzleme periyodunun başlangıcında (YG: 70), karışık orman meşcere ağaçlarının yaprak dökülmesi nedeniyle hemen hemen yapraksız kaldığı dönemde, en yüksek YAI değeri $0,63 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ile 260 m rakımında analiz edilirken, en düşük YAI değeri $0,38 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ile 100 m rakımında analiz edilmiştir (Şekil 4.1). O gün boyunca, en yüksek IG ve TÇA yüzdeleri, her ikisi de 100 m yükseltide sırasıyla yaklaşık %70 ve %71 olarak ölçüldü. Bununla birlikte, en yüksek BO yüzdesi 240 m yükseltide yaklaşık %25 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.1). Böylece, o günü içeren bir önceki hafta boyunca (YG: 70), ortalama hava sıcaklığı $5,1^\circ\text{C}$ ve toprak sıcaklığı -5 cm derinlikte $4,9^\circ\text{C}$ 'den -1 m derinlikte $6,7^\circ\text{C}$ 'ye yükselirken, o zamana kadar birhaftalık toplam yağış 7,2 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Yaprak alan indeksi, hava ve toprak sıcaklıkları, IG, TÇA, BO, değerleri (Şeklin Orijinali Melih Öztürk tarafından hazırlanmıştır).

Yaklaşık bir ay sonra; yaprak dökümü başlangıcında (YG:98), ilk taze yapraklar belirgin bir şekilde görülmeye başlayınca, en yüksek YAI değeri $1,56 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ile 260 m rakımda analiz edilmiştir. En düşük YAI değeri $0,92 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ile 100 m rakımında analiz edilmiştir (Şekil 4.1). O gün boyunca, en yüksek IG, TÇA ve BO yüzdeleri, tümü 140 m yükseltide sırasıyla yaklaşık %67, %69 ve %14 olarak ölçülmüştür (Şekil 4.1). Bununla birlikte, o günü içeren bir önceki hafta boyunca (YG: 98), ortalama hava sıcaklığı $11,0^\circ\text{C}$ idi ve toprak sıcaklığı -5 cm derinlikte $9,0^\circ\text{C}$ 'den -50 cm derinlikte $7,7^\circ\text{C}$ 'ye düşmüş ve o zamana kadar bir haftalık toplam yağış 27.2 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1).

Ardından 70 gün sonra; yaprakların doruk döneminde (YG: 168) yapraklar sayısal ve boyutsal olarak maksimum uzanımlarına ulaştığında, en yüksek YAI değeri $4,34 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ile yine 120 m yükseltide analiz edilmiştir. En düşük YAI değeri $3,25 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ile 100 m rakımında eğiminde analiz edilmiştir (Şekil 4.1). O gün boyunca, en düşük IG, TÇA ve BO yüzdeleri, tümü 200 m yükseltide sırasıyla yaklaşık %6,6, %6,9 ve %0,5 idi. (Şekil 4.1). Nitekim o gün dahil önceki üç hafta boyunca (YG: 168), ortalama hava sıcaklığı $17,7^\circ\text{C}$ ve toprak sıcaklığı -10 cm derinlikte $18,1^\circ\text{C}$ 'den -1 m derinlikte $14,7^\circ\text{C}$ 'ye düşmüş, o zamana kadarki üç haftada ise toplam yağış 117 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1).

Yaklaşık altı ay sonra; en geç yapraksız dönemin başlangıcında (YG: 351), karışık orman meşcereli ağaçların en son dökülme nedeniyle tekrar neredeyse yapraksız hale geldiği dönemde, en yüksek YAI değeri $1,35 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ile 140 m rakımda analiz edilmiştir. En düşük YAI değeri $0,61 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ile en yüksek rakım 280 m'de analiz edilmiştir (Şekil 4.1). O gün boyunca en yüksek IG, TÇA ve BO yüzdeleri, tümü en düşük rakım olan 100m'de sırasıyla yaklaşık %73, %74 ve %14 idi (Şekil 4.1). Ancak, o gün dahil neredeyse önceki biray boyunca (YG: 351), ortalama hava sıcaklığı $9,4^\circ\text{C}$ ve toprak sıcaklığı -5 cm derinlikte $8,0^\circ\text{C}$ 'den -1 m derinlikte $12,0^\circ\text{C}$ 'ye yükselirken, o zamana kadar yaklaşık bir aylık toplam yağış 162 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1).

Bir önceki arazi çalışmasından 68 gün sonra; izleme periyodunun sonunda (YG: 419), takip eden yaprak patlaması evresinden önce ağaçların hemen hemen tüm yapraklarını döktüğü dönemde, en yüksek YAI değeri $0,61 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ile 240 m rakımında analiz edilmiştir. En düşük YAI değeri $0,41 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ile 100 m rakımında analiz edilmiştir. (Şekil 4.1). O gün boyunca, en yüksek IG, TÇA ve BO yüzdeleri, tümü 140 m rakımda sırasıyla yaklaşık %74, %75

ve %14,3 idi (Şekil 4.1). Ancak, önceki 34 gün boyunca (YG: 419), ortalama hava sıcaklığı 3,5°C ve toprak sıcaklığı -5 cm derinlikte 2,2°C'den -1 m derinlikte 5,7°C'ye yükselirken, o zamana kadarki 34 günlük toplam yağış yaklaşık 190 mm olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.1).



5. TARTIŞMA

Tartışma bölümü çalışmada elde edilen bulguların ve araştırmanın genel anlamının analiz edildiği bölümdür. Bu kısımda, bulguların literatürle uyumunu değerlendirip, elde edilen sonuçların önceki çalışmalarla nasıl ilişkilendirildiğini aşağıda başlıklarla bahsedilen korelasyon çalışmalarında anlatılmıştır. Çalışmanın gelecekteki araştırmalar için önemine vurgu yapılmıştır.

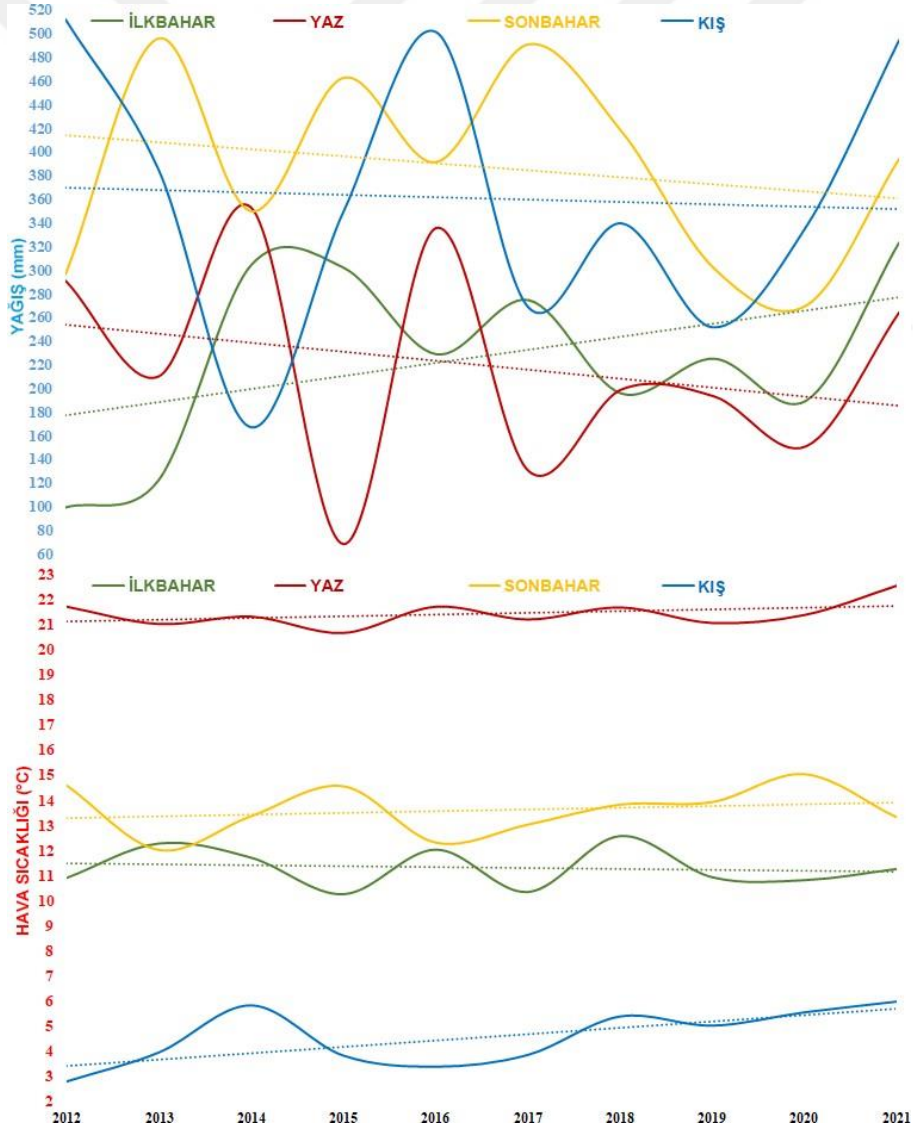
5.1. Hava-toprak sıcaklığı ve YAI, IG, TÇA ve BO korelasyonları (genel seyir ve yaprakların fenolojik dönemleri)

Bu çalışmanın genel sonuçlarına göre, YAI değerleri yükselti kuşaklarına bağlı olarak değişkenlik gösterse de YAI verilerinin genel yıl içi seyri, yıl içi hava ve toprak sıcaklığı verileriyle neredeyse benzer bir model izlemiştir (Şekil 4.1). Böylelikle, yıllık hava sıcaklıkları ile yükselti kuşaklarının her biri için ortalama YAI verileri arasında anlamlı pozitif korelasyonlar ($r=0.84-0.92$; $P<0.001$) tespit edilmiştir. Ayrıca, pozitif anlamlı korelasyonların toprakların yıl içi sıcaklıkları arasında da geçerli olduğu anlaşılmış olup, özellikle -5 cm'de ($r=0.85-0.94$; $P<0.001$), -10 cm ($r=0.84-0.94$; $P<0.001$), -20 cm ($r=0.82-0.93$; $P<0.001$) yıllık ortalama YAI verileriyle (Tablo 5.1; korelasyon tablosu) gösterilmiştir. Bu nedenle, bu anlamlı korelasyonlar, hava-toprak sıcaklığının YAI verilerinin haftalık, aylık, mevsimsel ve mevsimler arası eğilimi üzerindeki doğrudan pozitif etkisini doğrulamış ve desteklemiştir. Bu nedenle, yeni bilimsel çalışmalar hem hava hem de toprak sıcaklıklarının aynı veya benzer orman ağaçlarının mevsimsel ve mevsimler arası yaprak gelişimi ve büyümesi üzerindeki etkisini doğrulamıştır (Urban vd., 2014) ve bunlarla ilişkili YAI değerleri üzerinde benzer şekilde bu parametreler arasında yüksek ve anlamlı korelasyonların var olduğu anlaşılmıştır (Öztürk vd., 2015). Öte yandan, yükselti kuşaklarına bağlı olarak, ortalama IG, TÇA, BO verilerinin tümü havayla sıcaklıklarıyla negatif korelasyon gösterirken, bu korelasyonlar ($r=-0.91, -0.91, -0.87$) anlamlılık ($P<0.001$) göstermiştir ve yüksek önem düzeyindedir. Sırasıyla üst toprak sıcaklıkları (IG ve TÇA için $r=0.93-0.94$, BO için $r=0.89-0.90$; ilk -20 cm derinliğe kadar) Tablo 5.1; korelasyon tablosunda, gösterilmiştir. Böylece, bu anlamlı korelasyonlar, hava-toprak sıcaklığının IG, TÇA, BO verilerinin haftalık, aylık, mevsimsel ve mevsimler arası eğilimleri üzerindeki

doğrudan negatif etkisini de doğrulamış ve desteklemiştir. Bilimsel literatür de bu durumu ağırlıklı olarak öne sürmüş ve hava-toprak sıcaklığının bu bitki örtüsü parametrelerinin mevsimsel ve mevsimler arası değişimleri üzerindeki etkisini doğrulamıştır. Nitekim, Orta Avrupa'nın farklı meşe-gürgen ılıman orman türleri içinde (Hederová vd., 2023) bitki örtüsü parametresi TÇA ile hava-toprak sıcaklığı arasındaki negatif korelasyon o kadar yüksek düzeydedir ki TÇA tahminleri, yerinde ölçülen hava ve toprak sıcaklıklarının tahmin edilmesi ve açıklanmasının yanı sıra, diğer bazı ekolojik parametrelerin tahmin edilmesi ve açıklanması için kullanılabilir. Bu nedenle, Kašpar vd. (2021) tarafından yapılan nispeten yeni bir çalışmada da belirtildiği gibi hava-toprak sıcaklık artış eğiliminde, orman örtüsünün tepe çatısı kapalılık derecesinin bir sonucu olabilecek herhangi bir değişiklik, büyük olasılıkla orman örtüsü boşluğunu ve açıklığını etkileyecektir ve bu nedenle, orman örtüsü boyunca ilgili ışık geçirgenliği üzerinde muhtemelen doğrudan bir etkiye sahip olacaktır. Son 10 yılda (2012-2021; MGM, 2022) ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde hava-toprak sıcaklığında doğrudan bir artış eğilimi telaffuz edilememekle birlikte, kış hava-toprak sıcaklığında belirgin bir artış eğilimi göze çarpmaktadır. Bu da kışın olası hafif ısınmayı ve buna bağlı olarak ağaç yaprakları için beklenmeyen daha erken tomurcuklanma tarihlerini ön plana çıkarmaktadır (Şekil 5.1). Aslına bakılırsa, daha erken tomurcuklanma tarihleri su ve toprak muhafazası açısından faydalı olabilir fakat genel rezervuar peyzajı içinde toprak nemi ve besin tüketimi açısından endişe verici olabilir.

Nitekim yarıküre fotoğraf görüntülerinden ya da bunların analizlerinden elde edilen YAI, IG, TÇA ve BO verilerinin mevsimsel seyrine bağlı olarak yaprakların tomurcuk patlaması ve ilk yaprakların çıkışı Mart ayının (2021) ikinci yarısından itibaren gerçekleşmiş; esasen ortalama hava ve toprak(-10 cm) sıcaklıklarının sırasıyla 6,5°C ve 6,9°C olduğu Mart sonu gerçekleşmiştir (Şekil 5.1). Bu yaprakların tomurcuk patlaması ve çıkış döneminde, ortalama YAI 0,38 m² m⁻² ile hafifçe artarken (0,51 m² m⁻²'den 0,89 m² m⁻²'ye), IG ve TÇA'nın ortalama yüzdeleri yaklaşık %3 ile hafifçe azalmış (yalnızca sırasıyla %64-65'ten %61-62'ye) ve ortalama BO yüzdesi yaklaşık %5 (%19'dan %14'e) düşmüştür (Şekil 3). Stagakis vd. (2022) yaptıkları çalışmada yaprakların tomurcuk patlamaları ve ilk çıkışları için Nisan ortasından Mayıs başına kadar olan dönemi işaret etmiştir. Çalışma sahamız (~200 m rakım) ile onların çalışma sahası (400 m rakım ile 2637 m rakım arasında değişen) arasındaki yükseltide farkları dikkate alındığında, bunlar arasındaki ortalama yaz ve yıllık hava sıcaklık farkları (her ikisi için yaklaşık 4,5°C) yaprak patlaması ve çıkış tarihlerinin bu bir aylık

gecikmesinin ana nedeni olabilir. Ayrıca, Nezval vd. (2020) güneydoğu Çekya'da 150 m yükseltideki bir taşkın yatağı ormanında, çalışma sahasının rakımına (200m rakım) yakın olan çalışmada, yaprak tomurcuklanması ve önce Avrupa gürgenlerininve ardından saplı meşelerin yapraklarının tomurcuk patlaması ve ilk çıkış için hemen hemen aynı dönemleri ve tarihleri belirtmiştir. Ayrıca, ortalama rakımla birlikte çalışmamızın sonuçlarıyla örtüşen yaprakların tomurcuk patlaması ve ilk çıkış tarihleri için hemen hemen aynı hava sıcaklığı değerlerini (5°C ila 8°C) doğrulamışlardır. Bununla birlikte, son 10 yıl boyunca (2012-2021; MGM, 2022) Mart ayının ikinci yarısında ortalama hava ve toprak (-10 cm) sıcaklıkları 7,4°C ve 9,2°C olması, yaprak patlaması ve ilk çıkış Mart ayının sonunun olabileceğini teyit etmektedir. Bu nedenle en az son 10 yıl boyunca, rezervuar peyzajının örnek karışık yaprak döken meşceresinde yaprak patlaması ve ilk çıkış dönemi izlenmelidir.



Şekil 5.1: 10 yıllık mevsimsel yağış ve hava sıcaklığı rejimi

Yaprak dökken ağaçların yapraklarının açılmasını, genişlemesini ve sayısal artışını içeren yaprak gelişim dönemi Nisan başı ile Haziran başı arasındaki iki aylık sürede meydana gelmiştir. Yaprak gelişim dönemi, ortalama YAI'nin tam olarak dört katına çıkmasına neden oldu ($0,89 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ 'den $3,56 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ 'ye), ortalama IG ve TÇA yüzdelерinin beşte birden fazla düşmesine (%61-62'den %12'ye) öncülük ederken, ortalama BO yüzdesinin on dört kat düşmesine (%14'ten %1'e) (Şekil 5.1) neden olmuştur. Bu aşamada, yarı-küre fotoğraflarından elde edilen bu ortalama YAI değeri, LAI-2200C cihazından alınan ortalama YAI değeri ile genel olarak uyumludur (Şekil 5.1). Buna bağlı olarak, yaprak gelişiminin aynı iki aylık dönemde ortalama hava ve toprak sıcaklıkları (- 10 cm) sırasıyla $13,7^{\circ}\text{C}$ ve $13,6^{\circ}\text{C}$ olup, yıllık ortalama hava ve toprak sıcaklıklarına çok yakındır (her ikisi de $13,3^{\circ}\text{C}$) ve hava ve toprak sıcaklıkları tomurcuk patlaması ve çıkış döneminin yaklaşık iki katı olmuştur (hava için $6,5^{\circ}\text{C}$ ve -10 cm toprak için $6,9^{\circ}\text{C}$) (Şekil 5.1). Buna bağlı olarak, Zahnd vd. (2023), çalışma alanımız gibi meşe, gürgen ve kayın da dahil olmak üzere çeşitli ağaç türlerini içeren, İsviçre'nin olgun, karışık ılıman ormanı olan çalışma alanlarında, aynı yıl (2021) için genel olarak Mayıs ayının başlarını yaprak gelişim döneminin başlangıcı olarak belirlemişlerdir. Çalışmalarına göre, 2021 yılının ilkbaharında, çalışma alanlarındaki (550 m rakım) ortalama hava sıcaklığı $7,7^{\circ}\text{C}$ olup, bu, ortalama bahar sıcaklığından ($\sim 11,3^{\circ}\text{C}$ için) yaklaşık $3,6^{\circ}\text{C}$ daha düşüktür (2021 yılı). Çalışma sahalarının bizim çalışma sahamızla (~ 200 m rakım) yükselti farkına kıyasla düşey sıcaklık gradyanına karşılık gelen değer yaklaşık $1,0^{\circ}\text{C}/100$ m. Bununla birlikte, bu çalışmayı doğrular şekilde, çalışma sahalarındaki yıllık ortalama hava sıcaklığı $9,6^{\circ}\text{C}$ 'dir ve bu, çalışma sahamızın yıllık ortalama hava sıcaklığına ($\sim 13,3^{\circ}\text{C}$) kıyasla $3,7^{\circ}\text{C}$ ile hemen hemen aynı farkı ortaya koymaktadır. Bu fark sebebiyle yaprak gelişim döneminin başlangıcı ve süresi için bir aylık gecikmeye neden olmaktadır. Öte yandan, son 10 yılda (2012 ve Mayıs) iki aylık yaprak gelişim dönemi (Nisan ve Mayıs) için uzun vadeli ortalama hava ve toprak (-10 cm) sıcaklıkları sırasıyla $13,3^{\circ}\text{C}$ ve $15,6^{\circ}\text{C}$ olmuştur (Şekil 5.1). (2021; MGM, 2022), Macek vd., (2019), karışık orman meşcerelerinin en iyi tahmini için hem yükseltide ve hem de topografya kaynaklı maksimum sıcaklığa da dikkat çekmektedir. Nitekim, hem hava-toprak sıcaklığının hem de yaprak gelişim süresinin son 10 yılda pek değişmediğini öne sürmüşlerdir.

Temel olarak ağaç yapraklarının hem boyutunun hem de sayısının maksimum seviyeye ulaştığı ve neredeyse hiç değişmediği ve Haziran ayı başlarında elde edilen ve büyük olasılıkla Ağustos ortasına kadar iki buçuk ay süren durağan yaprak döneminde, ortalama

YAI yalnızca $3,43 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ile $3,60 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ değerleri arasında nispeten dar aralıkta dalgalanmaktadır (Şekil 4.1). Bu değerler yine LAI-2200C cihazından alınan ortalama YAI değerleri ile uyumludur (Şekil 4.1). Bununla birlikte, bu durağan aşamada, ortalama IG ve TÇA yüzdelerinin her ikisi de yaklaşık olarak %9 ila %12 arasında dar bir aralıklar içindeyken, ortalama BO yüzdesi yine yaklaşık olarak %1 ila %2 arasında dar bir aralık içindedir. Dolayısıyla, aynı iki buçuk aylık durağan yaprak döneminde, ortalama hava ve (-10 cm) toprak sıcaklıkları sırasıyla $22,5^{\circ}\text{C}$ ve $22,6^{\circ}\text{C}$ olup, bunlar ortalama tüm yaz hava ve toprak sıcaklıklarına çok yakındır (sırasıyla $22,6^{\circ}\text{C}$ ve $22,9^{\circ}\text{C}$; Şekil 5.1). Soudani vd. (2021) çalışma sahamızla oldukça tutarlı olan batı Fransa'da bir sahada, yakın rakımda (103 m rakım) yaprak fenolojilerini hem ortalama yaz hem de yıllık hava sıcaklıklarının izlemişlerdir. Ortalama YAI'nin maksimum değerlerine Haziran başında ulaştığını ve neredeyse yaz sonuna kadar (Ağustos sonu) çalışmamızda sabit yaprak dönemi için tanımladığımız süre kadar sürdüğünü belirlemişlerdir (Şekil 4.1).

Öte yandan, durağan yaprak döneminin sonundan yaprak renginin solmasına, yaprak dökülmesine ve yapraksız aşamaya kadar geçen süreyi içeren dönem, yaprak yaşlanma dönemi olarak tanımlanmaktadır. Ağustos ortasından Kasım ayı sonuna kadar olan üç buçuk aylık süre, ortalama YAI'nin $3,43 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ 'den $0,85 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ 'ye düşmesine neden olmuştur (Şekil 4.1). Bu değerler ayrıca bir dereceye kadar LAI-2200C cihazından alınan ortalama YAI değerleri ile uyumludur (Şekil 4.1). Aslında, sonbahar fenoloji çalışmalarının meta-analizine bağlı olarak, Gill vd. (2015) kuzey yarımkürenin daha yakın enlemlerindeki yaprak döken ağaçların sonbaharda yaprak yaşlanması için tespit ettikleri tarihler, çalışmamızla hemen hemen aynı döneme denk gelmektedir. Böylece, bu yaprak yaşlanması döneminde, YAI verilerinin tersine, ortalama IG yüzdesi %9'dan %65'e ve benzer şekilde ortalama TÇA yüzdesi %10'dan %66'ya yükselirken, ortalama BO yüzdesi %1'den yaklaşık 12'ye çıktı % (Şekil 5.1). Bununla birlikte, bu üç buçuk aylık yaşlanma döneminde, ortalama hava ve toprak (-10 cm) sıcaklıkları sırasıyla $14,8^{\circ}\text{C}$ ve $15,9^{\circ}\text{C}$ olup, uzun vadeli ortalama hava ve toprak (-10 cm) ortalamasına yakın sonuç elde edilmiştir. Son 10 yıl boyunca (2012 ve 2021; MGM, 2022) üç buçuk aylık yaprak yaşlanma dönemi (Ağustos ortasından Kasım sonuna kadar) için sıcaklıklar ($14,8^{\circ}\text{C}$ ve $17,6^{\circ}\text{C}$), hem hava-toprak sıcaklığı ve yaprak yaşlanma süresi son on yılda değişim görülmemiştir. Bununla birlikte, Chen vd. (2019) Avrupa'daki baskın ılıman ağaç türlerinden ikisi olan Avrupa kayınları ve Avrupa'daki saplı meşeler üzerinde yaptıkları çalışmada, Avrupa kayınları ve saplı meşelerin yapraklarının yaşlanması için

Eylül sonu ve Ekim başını belirlemiş ve 1951 ile 2013 arasındaki uzun vadeli dönemde özellikle çalışma döneminin son yarısı için küresel ısınma nedeniyle yaprak yaşlanmalarının az çok geciktiğini belirtmiştir.

Yaprak döken ağaçların yapraksız olduğu ve neredeyse çıplak olduğu veya kalan son birkaç kuru yaprağın dallarında soluk bir şekilde sarktığı yapraksız aşamaya Aralık ayı başlarında ulaşılmıştır ve tüm kış boyunca Şubat ayının sonuna kadar üç ay sürmüştür. Muhtemelen, bu yapraksız aşamayı yine bir sonraki yılın tomurcuklarının ilk oluşumuna kadar sürdü ve büyük olasılıkla tomurcuklanma önümüzdeki Mart ayının ilk yarısında kendini göstermiştir. Gerçekte yapraksız dönem sırasında, ortalama YAI $0,85 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ 'den $0,50 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ 'ye düşmüştür, bunun tersine, ortalama IG ve TÇA yüzdeleri yaklaşık olarak her ikisi de %65 ile %75 arasındaki yüksek aralıklarında iken, ortalama BO yüzdesi, yaklaşık olarak %12 ile %14 arasındaki nispeten dar bir yüksek aralıktadır. (Şekil 5.1). Nitekim Bréda (2003) YAI'nin yer tabanlı ölçümlerine dayanan bilimsel çalışmaların gözden geçirilmesine dayanarak, çalışmamız gibi benzer yaprak döken ağaçları da içeren bir Avrupa ormanının YAI değeri bu dönemde düşmüş olduğunu belirtmiştir. $1 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ 'nin altında, özellikle Ekim sonu ve Kasım başı gibi Avrupa'daki önceki dönemler gibi yapraksız dönemin başlaması için yaklaşık bir aylık gecikmenin çalışmamızla karşılaştırıldığında geçerliliğini teyit etmektedir. Öte yandan, çalışmamızda o kış (Aralık-2021, Ocak ve Şubat-2022) boyunca ortalama hava ve (-10 cm) toprak sıcaklıkları sırasıyla $5,0^{\circ}\text{C}$ ve $4,1^{\circ}\text{C}$ idi ve bu sıcaklık değerleri uzun dönem ortlamalarına yakındır (2012 ile 2021 arasında 10 yıl; MGM, 2022). Ortalama kış hava ve toprak (-10 cm) sıcaklıklarının $4,6^{\circ}\text{C}$ ve $5,2^{\circ}\text{C}$ olup, hafif bir ısınmaya rağmen, rezervuar peyzajı içinde ortalama kış hava sıcaklığında olduğu söylenebilir (Şekil 5.1).

5.2. Yağış ve YAI, IG, TÇA ve BO korelasyonu (yıllık seyir ve yaprak fenolojik aşamaları)

Meier ve Leuschner, (2008) Orta Almanya'daki kayın ormanlarındaki Avrupa kayın ağaçlarının izdüşümündeki toprakta, m^2 alanı başına düşen toplam yaprak sayısı üzerinde hava sıcaklığından ziyade önceki yılın yaz yağışlarının olumlu etkisini öne sürmüşlerdir. Aslında bizim çalışmamızda, periyodik toplam yağışlar ile YAI verileri arasındaki korelasyon negatif ve nispeten önemsizdir ($r=-0,230$; $P=0,316$, Tablo 5.1), çünkü elde edilen

sonuçlar yağışın YAI gelişimi üzerindeki zayıf etkisine işaret etmektedir. İlgili saha ziyaretleri arasındaki aralıklarda, hava-toprak sıcaklığı için aynı önemsiz durum söz konusu olurken, bu durum diğer TÇA parametreleri için de geçerli fakat tam tersi olmuş yani pozitif korelasyon katsayıları, IG, TÇA ve BO için sırasıyla $r=0,148$, $0,148$, $0,088$ 'dir (Tablo 5.1). Öteyandan Bequet vd. (2012) Belçika'nın Flanders bölgesindeki ormanlar için yaptıkları çalışmada bir kayın meşceresinde YAI'deki azalmanın nedenlerinden biri olarak önceki yılın daha yüksek yaz yağışlarından dolayı olduğunu ısrar ederken, önceki yılın bahar yağışları ile meşe meşceresindeki YAI arasında pozitif korelasyon olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamız için, bir önceki yılın erken ilkbahar (Mart başı- Nisan 2020 başı) yağışları ile söz konusu dönemin (2021) YAI verileri arasında pozitif ancak önemsiz bir korelasyon olmasına rağmen ($r=0,600$; $P=0,285$, Tablo 5.1), herhangi bir görünür korelasyon tüm bahar sezonu ve hatta tüm yıl için geçerli değildir ($r=-0,162$; $P=0,484$, Tablo 5.1). Ancak diğer TÇA parametreleri için korelasyon katsayıları negatiftir ve önemsizdir. Bir önceki yılın aynı dönemi için IG, TÇA, BO (hepsi için $-0,600$, Tablo 1) erken ilkbahar yağışları tüm yıl için durum geçerli değildir (sırasıyla $r=0,079$, $0,079$, $0,047$, Tablo 1). Ancak bahar yağışlarının özellikle 10 yılda artan eğilimi (Şekil 4.1), yıllık maksimum YAI'yi tetikleyip artmasına yol açabilecektir. Benzer şekilde (Zhang vd., 2015) Çin'in merkezi Loess Platosu'ndaki bazı baskın ağaç ve çalı türleri için yıllar boyunca yıllık maksimum YAI ve yağış gradyanlarının korelasyonuna dikkat çekmiştir.

5.3. İstatistikler ve meteorolojik değişkenlerle korelasyonlar

Uyarlanmış-modifiye edilmiş ortalama hava-toprak sıcaklığı verileri ve uyarlanmış-modifiye edilmiş toplam ortalama yağış verileri ile tüm rakımlar için ortalama YAI, IG, TÇA, BO verileri arasındaki Spearman korelasyonları (r) ve bunların 0,01'deki önem (P) düzeyleri Tablo 5.1'de gösterilmiştir.

Tablo 5.1: Ortalama hava-toprak sıcaklığı ve yağış verileri ile tepe çatısı parametre verileri arasındaki Spearman korelasyonları ve bunların 0,01'deki önem düzeyleri.

	YAI (m ² m ⁻²)	IG (%)	TÇA (%)	BO (%)
Hava Sıcaklığı (°C)	$r=0.894^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.935^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.935^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.887^{**}$ $P=0.000$
Toprak Sıcaklığı (°C, -5 cm)	$r=0.930^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.969^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.969^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.923^{**}$ $P=0.000$
Toprak Sıcaklığı (°C, -10 cm)	$r=0.922^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.968^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.968^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.922^{**}$ $P=0.000$
Toprak Sıcaklığı (°C, -20 cm)	$r=0.913^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.962^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.962^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.922^{**}$ $P=0.000$
Toprak Sıcaklığı (°C, -50 cm)	$r=0.862^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.926^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.926^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.899^{**}$ $P=0.000$
Toprak Sıcaklığı (°C, -1 m)	$r=0.749^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.821^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.821^{**}$ $P=0.000$	$r=-0.836^{**}$ $P=0.000$
Yağış (mm, bir yıl boyunca-2020-21)	$r=-0.162$ $P=0.484$	$r=0.079$ $P=0.733$	$r=0.079$ $P=0.733$	$r=0.047$ $P=0.840$
Yağış (mm, bir yıl boyunca -2021-22)	$r=-0.230$ $P=0.316$	$r=0.148$ $P=0.522$	$r=0.148$ $P=0.522$	$r=0.088$ $P=0.703$
Yağış (mm, erken bahar-2020)	$r=0.600$ $P=0.285$	$r=-0.600$ $P=0.285$	$r=-0.600$ $P=0.285$	$r=-0.600$ $P=0.285$
Yağış (mm, erken bahar-2021)	$r=0.700$ $P=0.188$	$r=-0.700$ $P=0.188$	$r=-0.700$ $P=0.188$	$r=-0.700$ $P=0.188$

Bu çalışmada, yükselti değişimlerine bağlı olarak YAI verilerinin değişmesiyle birlikte, genel yıl içi seyri neredeyse yıl içi hava ve toprak sıcaklığı verileriyle benzer bir seyir izlemektedir (Şekil 4.1). Nitekim yıl içi hava sıcaklıkları ile tüm yükselti kuşakları için ortalama YAI verileri arasında anlamlı pozitif korelasyon ($r=0,894$; $P=0,000$) vardır (Tablo 5.1). Ayrıca yıl içerisinde, toprakların farklı derinlik kademelerindeki sıcaklıkları ile ortalama YAI verileri arasında da pozitif yönde anlamlı korelasyonlar geçerlidir; özellikle -5 cm ($r=0.930$; $P=0.000$), -10 cm ($r=0.922$; $P=0.000$), -20 cm ($r=0.913$; $P=0.000$) (Tablo 1). Dolayısıyla bu anlamlı korelasyonlar, hava-toprak sıcaklığının YAI verilerinin haftalık, aylık, mevsimsel ve mevsimler arası eğilimi üzerindeki doğrudan pozitif etkisini doğrulamakta ve desteklemektedir. Öte yandan, yine yükselti kuşaklarına bağlı olarak değişen ortalama IG, TÇA, BO verilerinin tümü ile üsttoprak sıcaklıkları (sırasıyla IG ve TÇA için $r=-0,96$, BO için $r=0,92$; ilk -20 cm derinliğe kadar) arasındaki korelasyon negatif değer göstermiştir ve anlamlıdır (Tablo 5.1). Ayrıca tüm yükselti kuşaklarındaki tepe çatısı parametre verileri ile hava sıcaklığı verileri arasında da anlamlı negatif korelasyonlar ($P=0,000$) ($r=-0,935$, $-0,935$, $-0,887$) söz konusudur. Dolayısıyla bu anlamlı korelasyonlar, hava-toprak sıcaklığının IG, TÇA, BO verilerinin haftalık, aylık, mevsimsel ve mevsimler

arası eğilimleri üzerindeki doğrudan olumsuz etkisini de doğrulamakta ve desteklemektedir. Bilimsel literatür de ağırlıklı olarak budurumu öne sürerek, hava-toprak sıcaklığının bu vejetasyon parametrelerinin mevsimsel vemevsimler arası değişimleri üzerindeki etkisini doğrulamaktadır.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sürekli yıl içi izleme ve yaprak döken orman ağaçlarının tepe çatısı parametrelerinin analizlerine dayanarak, bu parametrelerin ve buna bağlı olarak fenolojik aşamaların izleme yılı boyuncakesin modeller gösterdiği sonucuna varılabilir. Bununla birlikte, tepe çatısı parametrelerinin yıllık modelleri, yıllık hava-toprak sıcaklık modelleri ile çok benzer örtüşen veya simetrik bir seyir izlemiş, ancak yağış modeli ile aynı olmamıştır. Elde edilen tepe çatısı parametreleri ile hava-toprak sıcaklık verileri arasındaki yüksek ve anlamlı pozitif veya negatif korelasyonlar bu benzerlikleri doğrulamıştır. Özellikle mevsimlerin dönüm noktalarında ve buna bağlı fenolojik dönemlerde hava-toprak sıcaklık değerlerinin tepe çatısı parametreleri üzerindeki belirleyici rolü, bu çalışmanın önemli sonuçlarından biri olmuştur. Bu nedenle, hava-toprak sıcaklık ortalamalarındaki herhangi bir kayma veya dalgalanma büyük olasılıkla ağaç fenolojisinde kaymaya yol açacak ve buna göre orman ekosistemi içindeki yaprak döken ağaçların tepe çatısı eko-fizyolojisi için temel değişiklikleri tetikleyecektir. Bu nedenle çalışmamızın sonuçları, hem yüzey hem de toprak suyunu ve genel fenoloji ve eko-fizyolojiyi etkileyebilecek olan değişen hava-toprak sıcaklıkları veya yağış rejimi düzensizlikleri hakkında daha sonraki yapılacak senaryo analizlerine temel oluşturabilecektir. Rezervuar peyzajını oluşturan ormanlık alanlarda, bilhassa bitkilerin dinlenme ve büyüme mevsimleri arasındaki geçişler sırasında, iklim kaynaklı bu olası fenolojik ve eko-fizyolojik değişiklikler, doğrudan veya dolaylı olarak ağaç fotosentezini ve dolayısıyla rezervuar peyzajı içindeki tüm orman ekosisteminin üretkenliğini etkileyebilir.

Öte yandan, tepe çatısı parametreleri, en alçaktan en yüksek rakımlara doğru kesin bir yükselme veya alçalma eğilimi göstermemiştir. Ancak bu durum, baraj rezervuarı suyunun havayı nemlendirerek nihai sıcaklık düzenleyici etkisinin sonuçlarından biri olarak değişebilir. Ayrıca, yaprak döken ağaç türlerinin hem varlığı hem de çeşitliliği sadece akarsu bölgesindeki suyun değil, tüm baraj rezervuar suyunun korunmasını ve sürdürülebilirliğini temin etmektedir. Sonuç olarak, arazi kullanımı ve orman yönetimi planları, bu doğrultudaki öneriler ve uygulamalar, öncelikli olarak bitki örtüsü, su ve toprağın korunmasına odaklanmalıdır. Bu amaçla, tüm rezervuar peyzajında sürekli olarak yer ve uydu görüntüleri ile yerinde izleme sağlanmalı ve bu izlemenin yanı sıra orman ekosistemlerinde ağaç fenolojisi ve tepe çatısı parametrelerinin izleme ve analizlerinin de yapılması gerekmektedir.

Yaprak Alan İndeksinin peyzaj ekolojisi ve çevre bilimleri alanında potansiyelini daha fazla keşfetmek ve geliştirmek için gelecekte daha fazla çalışma yapılmalıdır. Bu çalışmalar, doğal veya suni olan ekosistemlerin korunması, yönetilmesi ve restorasyonu konusundaki bilimsel temellere dayalı kararlar alınmasına önemli katkılar sağlayabilir. Ayrıca, Yaprak Alan İndeksinin ekosistem hizmetleri ve insan etkileşimlerinin değerlendirilmesi gibi alanlardaki etkinliğinin artırılması, doğal çevrenin sürdürülebilir yönetimi açısından büyük öneme sahiptir. Yaprak Alan İndeksi, peyzaj ekolojisi ve çevre bilimleri alanında çok yönlü bir araç olarak kullanılmaktadır ve gelecekteki araştırmaların odaklanmasıyla daha da ileriye taşınabilir. Bu çalışmalar, ekosistemlerin sağlığının korunması, biyoçeşitliliğin desteklenmesi ve doğal kaynakların sürdürülebilir kullanımı gibi önemli hedeflere ulaşmada değerli bir rol oynayabilir. Yaprak Alan İndeksinin potansiyelini tam olarak açığa çıkarmak için disiplinler arası iş birlikleri ve ileri düzeyde teknolojik gelişmelerin kullanılması önemlidir. Bu şekilde, doğal çevreye ve ekosistemlere dair daha kapsamlı ve bilinçli bir anlayış elde edilebilir.

Sonuç olarak, bu tez, insan eliyle yapılmış suni bir göl peyzajının ekosistemini sağlıklı bir şekilde sürdürülebilirliğini yaprak alan indeksi parametresiyle birlikte yükseltti kuşaklarındaki değişimlerde baz alınarak bitkilerin bir yıllık tepe çatısı verileriyle peyzaj ekolojisi alanındaki önemini ve ekosistemlerin yapısını ve işlevselliğini peyzaj değerini anlatmaktadır. Yaprak Alan İndeksinin peyzaj düzenlemesi, ekosistem yönetimi, biyoçeşitlilik korunması ve ekosistem hizmetleri gibi peyzaj ekolojisi çalışmalarında kullanılarak bilimsel temelli kararlar alınmasına katkı sağlamaktadır. Bu tezin bulguları, doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi ve çevre koruma çabalarında Yaprak Alan İndeksinin değerli bir araç olduğunu ve ekosistem sağlığı ve çeşitliliğinin korunması için önemli bir gösterge olduğunu göstermektedir.

Ağaçların büyüme boy ve çap büyümelerindeki YAI, Işık Geçirgenliği (IG) parametrelerinin değişimi arasında ilişkiler arasında ilişkiler kurmak suretiyle, geleceğe yönelik çalışmalar yapılabilir. Bunun için kumpas ve boy ölçer cihazları kullanılabilir.

YAI IG boşluk oranı (BO) parametrelerinin ölçülmüş olmasıyla, bu parametreler kapalılık göstergesi olarak da kullanılabilir ve silvikültür çalışmalar içerisinde değerlendirilebilir.

Su verimi açısından YAI, IG, TÇA BO baraj havzasındaki suyun verimi akış rejimi ve debisi, barajın sürdürülebilirliği açısından bu parametreler değerlendirilebilir. Bu ölçümler yıllar içerisinde tekrarlanarak peyzaj ekolojisinin günümüzdeki önemli çalışmalarından olan, ekosistemin sağlığı, ekosistemin küresel ısınma ve iklim değişikliği durumundan etkisini ortaya koymak adına elde edilen bu çalışmayla YAI, IG, TÇA, BO parametrelerinin yıllar içerisinde ölçülmesi önemli değer taşıyacaktır. Benzer şekilde ağaçların tepe taçlarını izlerken kaydedilen veriler sayesinde, alanda ağaçların yapraklanması ve yaprak dökümünün hesaplanmasıyla orman toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri ön görülebilir gelecek zaman arasında da ilişki kurulabilir.

Daha önce yükseltiye bağlı olarak ve karışık orman peyzajı ekolojisinin Yaprak Alan İndeksi (YAI) parametresiyle çalışması çok azdır. Peyzaj mimarlığı tecrübesi ve bakış açısıyla çok az irdelenmiş bu çalışma sayesinde yükseltiye bağlı olarak değişen orman ekosisteminin YAI bakımından incelenip orman ekosisteminin, yer altı ve yer üstü su kaynaklarına olan etkisi, su döngüsüne olan etkisi ve orman peyzajının rekreatif değerlerinin hesaplanarak birçok meslek disiplinde bu ve buna benzer çalışmalarda arazi çalışması ve elde edilen veriler doğrultusunda, bir altlık oluşturacak niteliktedir. Böylelikle yeni çalışmalara yeni fikirlere öncülük edecek bu çalışma peyzaj ekolojisi açısından yeni bir parametreyi daha ortaya koymaktadır.

KAYNAKLAR

- Anşin, R. ve Özkan, Z.C. (1997). *Tohumlu Bitkiler (Spermatophyte), Odunsu Taksonlar*. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları. Trabzon, Türkiye.
- Atalay, İ. (2008). *Ekosistem Ekolojisi ve Coğrafyası*. Cilt II, Meta Basım ve Yayıncılık. Bornova, İzmir, Türkiye.
- Atalay, İ. (2011). *Türkiye İklim Atlası*. İnkılâp Kitabevi Basımı, İstanbul, Türkiye.
- Barry, R.G. (2008). *Mountain Weather and Climate*. Third Edition. Cambridge University Press, New York, USA.
- Beatley, T. (2011). *Biophilic Cities: Integrating Nature into Urban Design and Planning*. Island Press. 45-82
- Bequet, R., Campioli, M., Kint, V., Vansteenkiste, D., Muys, B. ve Ceulemans, R. (2011). Leafarea index development in temperate oak and beech forests is driven by stand characteristics and weather conditions. *Trees*. 25, 935-946. <http://dx.doi.org/10.1007/s00468-011-0568-4>
- Bequet, R., Kint, V., Campioli, M., Vansteenkiste, D., Muys, B. ve Ceulemans, R. (2012). Influence of stand, site and meteorological variables on the maximum leaf area index of beech, oak and Scots pine. *European Journal of Forest Research*. 131, 283-295. <http://dx.doi.org/10.1007/s10342-011-0500-x>
- Bock, A. De., Belmans, B., Vanlanduit, S., Blom, J., Alvarado-Alvarado, A.A. ve Audenaert, A. (2023). “A review on the leaf area index (LAI) in vertical greening systems” *Building and Environment*, Volume 229, 1 February 2023, 109926. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360132322011568>
- Bonan, G. (2016). *Ecological Climatology: Concepts and Applications*. Third Edition. Cambridge University Press. New York, USA.
- Bréda, N.J.J. (2003). Ground-based measurements of leaf area index: a review of methods, instruments and current controversies. *Journal of Experimental Botany*. 54(392): 2403- 2417. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg263>
- Bréda, N. ve Granier, A. (1996). Intra- and interannual variations of transpiration, leaf area index and radial growth of a sessile oak stand (*Quercus petraea*). *Annals of Forest Science*. 53: 521-536. <https://doi.org/10.1051/forest:19960232>
- Bulut, S. (2021). Ankara Orman Bölge Müdürlüğü Saf Karaçam Meşcerelerinde Net Birincil Üretim ve Yaprak Alan İndeksinin Uzaktan Algılama Teknikleri İle Modellenmesi. Doktora Tezi, Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Çankırı, 161 s.
- Canım, D.S. (2019). “Yeşil Çatılarda Bitki Taşıyıcı Tabaka Derinliği ve Yaprak Alan İndeksinin Enerji Performans Değerlendirmesi” 14. *Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi*, 17-20 Nisan 2019/İzmir <http://mmoteskon.org/wp-content/uploads/2019/03/2019-150.pdf>

- Chang, M. (2006). *Forest Hydrology: An Introduction to Water and Forests*. Second Edition. CRC, Taylor and Francis. Florida, USA.
- Chen, J.M. ve Cihlar, J. (1995). Quantifying the effect of canopy architecture on optical measurements of leaf area index using two gap size analysis methods. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 33: 777-787. <https://doi.org/10.1109/36.387593>
- Chen, L., Huang, J-G., Ma, Q., Hänninen, H., Tremblay, F. ve Bergeron, Y. (2019). Long-term changes in the impacts of global warming on leaf phenology of four temperate tree species. *Global Change Biology*. 25: 997-1004. <https://doi.org/10.1111/gcb.14496>
- Çepel, N. (1994). *Peyzaj Ekolojisi*. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Davis, P.H. (1982). *Flora of Turkey and the Aegean Islands*. Volumes I and VII. Edinburgh University Press. UK.
- Devore, J. ve Farnum, N. (1999). *Applied Statistics for Engineers and Scientists*, first ed. Duxbury Press, USA.
- Ducousso, A., Guyon, J.P. ve Krémer, A. (1996) Latitudinal and altitudinal variation of bud burst in western populations of sessile oak (*Quercus petraea* (Matt) Liebl). *Annals of Forest Science*, 53: 775-782. <https://doi.org/10.1051/forest:19960253>
- Forman, R.T.T. (1995). *Land Mosaics; The Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
- Forman, R.T.T. ve Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. John Wiley & Sons, Cambridge, UK
- Gill, A.L., Gallinat, A.S., Sanders-DeMott, R., Rigden, A.J., Short Gianotti, D.J., Mantooth, J.A. ve Templer, P.H. (2015). Changes in autumn senescence in northern hemisphere deciduous trees: a meta-analysis of autumn phenology studies. *Annals of Botany*, 116: 875-888. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109308>
- Gitelson, A. A., Viña, A., Arkebauer, T. J., Rundquist, D. C., Keydan, G. ve Leavitt, B. (2003). Remote estimation of leaf area index and green leaf biomass in maize canopies. *Geophysical research letters*, 30 (5).
- Göztaş, S.M. (2019). Sarıçam Klonal Tohum Bahçesinde Yaprak Alan İndeksi ile Kozalak Verimi Arasındaki İlişkiler. Yüksek Lisans Tezi, Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Kastamonu, 39s.
- Hederová, L., Macek, M., Wild, J., Brůna, J., Kašpar, V., Klinerová, T. ve Kopecký, M. (2023). Ecologically relevant canopy openness from hemispherical photographs. *Agricultural and Forest Meteorology*. 330: 109308. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2023.109308>
- Kašpar, V., Hederová, L., Macek, M., Müllerová, J., Prošek, J., Surový, P., Wild, J. ve Kopecký, M. (2021). Temperature buffering in temperate forests: Comparing microclimate models based on ground measurements with active and passive remote

sensing. *Remote Sensing of Environment*. 263: 112522.
<https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112522>

- Kellogg, C.H. ve Zhou, X. (2014). Impact of the construction of a large dam on riparian vegetation cover at different elevation zones as observed from remotely sensed data. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 32: 19-34. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jag.2014.03.021>
- Leblanc, S.G. ve Fournier, R.A. (2017). *Measurement of forest structure with hemispherical photography*. In: Fournier, R.A., Hall, R.J. (eds.) *Hemispherical Photography in Forest Science: Theory, Methods, Applications*, Springer Science+Business Media, B.V., Dordrecht, Netherlands, pp. 53-83, https://doi.org/10.1007/978-94-024-1098-3_10
- Macek, M., Kopecký, M. ve Wild, J. (2019). Maximum air temperature controlled by landscape topography affects plant species composition in temperate forests. *Landscape Ecology*, 34: 2541-2556. <https://doi.org/10.1007/s10980-019-00903-x>
- Marsh, W.M. (2010). *Landscape Planning; Environmental Applications*. Fifth Edition. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, USA.
- Meier, I.C. ve Leuschner, C. (2008). Leaf size and leaf area index in *Fagus sylvatica* forests: Competing effects of precipitation, temperature, and nitrogen availability. *Ecosystems*, 11: 655-669. <https://doi.org/10.1007/s10021-008-9135-2>
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü) (2022). Bartın Meteoroloji İstasyonuna ait Meteorolojik Veriler. Ankara, Türkiye.
- MTA (Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü) (2007). Zonguldak E-29 Paftasının Sayısal Jeoloji Haritaları. Ankara, Türkiye.
- Nezval, O., Krejza, J., Světlík, J., Šigut, L. ve Horáček, P. (2020). Comparison of traditional ground-based observations and digital remote sensing of phenological transitions in a floodplain forest. *Agricultural and Forest Meteorology*. 29: 108079. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108079>
- Nıyırğıra, L. (2022). Farklı Sıra Arası Mesafesi ve Ekim Normlarının Susamda (*Sesamum indicum* L.) Verim ve Verim Özellikleri ile Yaprak Alan İndeksi ve Işık Tutma Etkinliği Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa, 51 s.
- Nobis, M. ve Hunziker, U. (2005). Automatic thresholding for hemispherical canopy photographs based on edge detection. *Agricultural and Forest Meteorology*. 128: 243-250. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2004.10.002>
- Nowak, D. J. ve Dwyer, J. F. (2000). *Understanding the Benefits and Costs of Urban Forest Ecosystems*. In *Urban and Community Forestry in the Northeast* (pp. 25-46). Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4020-4289-8_2
- OGM (Orman Genel Müdürlüğü) (2021). Zonguldak Orman Bölge Müdürlüğüne Bağlı Bartın Orman İşletme Müdürlüğü'nün Yenihan İşletme Şefliğine ait Orman

Amenajman Planları (2006 ve 2021). Ankara, Türkiye.

- Özbyram. A. K., Çiçek E. ve Yılmaz F. (2015) Kızılçam ve Karaçam Meşcerelerinde Yaprak Alanı İndeksi (YAI) ile Bazı Meşcere Özellikleri Arasındaki İlişkiler. *Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 2015, 15 (1): 78-85 <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/159769>
- Öztürk, M. ve Gökyer, E. (2018). Spatio-temporal variation of forest trees surrounding the Bartın-Kirazlıköprü dam reservoir: Landscape evaluation around the concept of tourism and recreation. *1st International Conference on Tourism and Architecture*. 24-27 October 2018. Karabük, Turkey.
- Öztürk, M. ve Ağırtaş, L. (2021). Canopy parameters for tree and shrub species compositions in differently intervened land uses of an urban park landscape. *Building and Environment*. 206: 108340. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2021.108340>
- Öztürk, M., Bolat, İ. ve Ergün, A. (2015). Influence of air–soil temperature on leaf expansion and LAI of *Carpinus betulus* trees in a temperate urban forest patch. *Agricultural and Forest Meteorology*. 200: 185-191. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2014.09.014>
- Öztürk, M. ve Copt, N.K. (2019). *Landscape Planning for Sustainable Groundwater Resources*. Chapter 23; pp. 325-332. In: New Approaches to Spatial Planning and Design; Planning, Design and Applications (ed. M. Özyavuz). Peter Lang Publications. Berlin, Germany. <https://doi.org/10.3726/b15609>
- Panyushkina, I.P., Meko, D.M., Macklin, M.G., Toonen, W.H.J., Mukhamadiev, N.S., Konovalov, V.G., Ashikbaev, N.Z. ve Sagitov, A.O. (2018). Runoff variations in Lake Balkhash Basin, Central Asia, 1779–2015, inferred from tree rings. *Climate Dynamics*. 51 (7): 3161-3177. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4072-z>
- Perry, D.A., Oren, R. ve Hart, S.C. (2008). *Forest Ecosystems*. Second Edition. The Johns Hopkins University Press. Maryland, USA.
- Portillo-Quintero, C., Sanchez-Azofeifa, A., Calvo-Alvarado, J., Quesada, M. ve do Espirito Santo, M.M. (2015). The role of tropical dry forests for biodiversity, carbon and water conservation in the neotropics: lessons learned and opportunities for its sustainable management. *Regional Environmental Change*. 15: 1039-1049. <https://doi.org/10.1007/s10113-014-0689-6>
- Saatçioğlu, F. (1976). *Silvikültür I; Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*. İkinci Baskı. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Sağ, A.B. (2018) İki Farklı Taşkın Öteleme Metodu ile Yaprak Alan İndeksinin Dağılı Hidrolojik Model Kalibrasyonuna Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, Hidrolik ve Su Kaynakları Mühendisliği Programı, İstanbul, 73 s.
- Schleppi, P., Conedera, M, Sedivy, I. ve Thimonier, A. (2007). Correcting non-linearity and slope effects in the estimation of the leaf area index of forests from hemispherical photographs. *Agricultural and Forest Meteorology*. 144: 236-242. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2007.02.004>

- Shang, X., He, Z., Chen, W., He, L. ve Yang, H. (2023). Changes and response mechanisms of leaf area index and evapotranspiration in the typical natural landscapes of the Loess Plateau in northern Shaanxi of China under the human intervention. *Ecological Indicators*, 154: 110517.
- Slimane, A.B., Raclot, D., Evrard, O., Sanaa, M., Lefevre, I. ve Bissonais, Y.L. (2016). Relative contribution of rill/interrill and gully/channel erosion to small reservoir siltation in Mediterranean environments. *Land Degradation & Development*, 27: 785-797. <https://doi.org/10.1002/ldr.2387>
- Song, Z., Liang, S., Feng, L., He, T., Song, X-P. ve Zhang, L. (2017). Temperature changes in Three Gorges Reservoir Area and linkage with Three Gorges Project. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 122: 4866-4879. <https://doi.org/10.1002/2016JD025978>
- Soudani, K., Delpierre, N., Berveiller, D., Hmimina, G., Pontailier, J-Y., Seureau, L., Vincent, G. ve Dufrêne, É. (2021). A survey of proximal methods for monitoring leaf phenology in temperate deciduous forests. *Biogeosciences*, 18: 3391-3408. <https://doi.org/10.5194/bg-18-3391-2021>
- Stagakis, S., Markos, N., Vanikiotis, T., Levizou, E. ve Kyparissis, A. (2022). Multi-year monitoring of deciduous forests ecophysiology and the role of temperature and precipitation as controlling factors. *Plants*. 11: 2257. <https://doi.org/10.3390/plants11172257>
- Şentürk, M. (2009). Arıt Yöresindeki Kayın, Gökmar, Gökmar-Kayın Meşcerelerinin Yaprak Alan İndeksi, Ölü Örtü ve Bazı Toprak Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Bartın, 97 s.
- Taşçı, M.B., Bilgilioglu, B.B., Arslan A. E., Musaoğlu, N. ve Erten, E. (2017). Kentsel Yeşil Alanlarda Uzaktan Algılama ile Yaprak Alan İndeksi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 3-6 Mayıs 2017, Ankara.
- TOB (Tarım ve Orman Bakanlığı) (2005). Bartın Çayı Havzasının Sayısal Toprak Haritaları. Ankara, Türkiye.
- Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8 (2): 127-150.
- Turner, M.G. ve Gardner, R.H. (2015). *Landscape Ecology in Theory and Practice; Pattern and Process*. Second Edition. Springer Science + Business Media LLC, New York, USA.
- Urban, J., Bednarova, E., Plichta, R., Gryc, V., Vavřík, H., Hacura, J. ve Kučera, J. (2014). Links between phenology and ecophysiology in a European beech forest. *iForest-Biogeosciences and Forestry*, 8(4): 438.
- Wang, F., Wang, X., Zhao, Y. ve Yang, Z. (2014). Temporal variations of NDVI and correlations between NDVI and hydro-climatological variables at Lake Baiyangdian, China. *International Journal of Biometeorology*. 58: 1531-1543.

<https://doi.org/10.1007/s00484-013-0758-4>

- Waring, R.H. ve Running, S.W. (2007). *Forest Ecosystems: Analysis at Multiple Scales*. Third Edition. Elsevier Academic Press. London, UK.
- Yaltırık, F. (1993). *Dendroloji*. Cilt II. (Angiospermae; I. Amentiferae-II. Floriferae: Apatalae). İkinci Baskı. İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, Türkiye.
- Yang, H., Wang, J., Xiao, W., Lu, F., Wang, Y. ve Jarsjö, J. (2020). Relationship between hydroclimatic variables and reservoir wetland landscape pattern indices: A case study of the Sanmenxia Reservoir wetland on the Yellow River, China. *Journal of Earth System Science*. 129: 83, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s12040-020-1347-7>
- Zahnd, C., Arend, M., Kahmen, A. Ve Hoch, G. (2023). Microclimatic gradients cause phenological variations within temperate tree canopies in autumn but not in spring. *Agricultural and Forest Meteorology*, 331: 109340.
- Zhang, Y., Huang, M. ve Lian, J. (2015). Spatial distributions of optimal plant coverage for the dominant tree and shrub species along a precipitation gradient on the central Loess Plateau. *Agricultural and Forest Meteorology*. 206: 69-84.
- Zhirnova, D.F., Belokopytova, L.V., Meko, D.M., Babushkina, E.A. ve Vaganov, E.A. (2021). Climate change and tree growth in the Khakass-Minusinsk Depression (South Siberia) impacted by large water reservoirs. *Scientific Reports*. 11 (1): 14266. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-93745-0>



