



Türkiye’de sıcaklık terselmesinin dağılışı¹

The spatial distribution of temperature inversions in Türkiye¹

Zeynep Zobu^{ab*}  Erkan Yılmaz^a 

^aAnkara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara, Türkiye.

^bAnkara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Coğrafya (Fiziki Coğrafya) Anabilim Dalı, Ankara, Türkiye.

ORCID: Z.Z. 0000-0001-9585-3871; E.Y. 0000-0002-3821-3648

BİLGİ/INFO

Geliş/Received: 05.07.2025

Kabul/Accepted: 19.09.2025

Anahtar Kelimeler:

Sıcaklık terselmesi
İstasyon çifti
Terselme yoğunluğu
Kondüksiyon

Keywords:

Temperature inversion
Station pairs
Inversion intensity
Conduction

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(Z. Zobu) zzobu@ankara.edu.tr

DOI: [10.17211/tcd.1735155](https://doi.org/10.17211/tcd.1735155)



Athf/Citation:

Zobu, Z. & Yılmaz, E. (2025). Türkiye’de sıcaklık terselmesinin dağılışı. *Türk Coğrafya Dergisi* (88), 41-59.

<https://doi.org/10.17211/tcd.1735155>

ÖZ/ABSTRACT

Normal şartlar altında yerden yükseldikçe azalması beklenen sıcaklığın, tam tersine artması olarak tanımlanan sıcaklık terselmesi, esasında normal bir atmosferik olay olsa da hava kirliliğinin etkisini arttıran, meyve ağaçlarının çiçek açma döneminde dona veya radyasyon sisleri gibi doğa olaylarına sebebiyet vererek gündelik hayatı önemli ölçüde etkileyen bir duruma da dönüşebilir. Sıcaklık terselmesi özellikle Türkiye’de yapılan klimatoloji çalışmalarında yeterince incelenmemiş, çoğunlukla hava kirliliği çalışmalarında konuya etki eden bir faktör olarak kısaca ele alınmıştır. Bu çalışmada Türkiye’nin farklı bölgelerinden seçilen 89 istasyon çifti analiz edilmiş ve buna göre sıcaklık terselmesinin meydana geldiği çok sayıda alan, geniş bir zaman ölçeğinde incelenerek sıcaklık terselmesinin varlığı ortaya konmaya çalışılmıştır. Çalışma sonucunda Türkiye’de terselme yoğunluklarının genel olarak soğuk dönemde arttığı görülmektedir. Sıcak dönemde terselme yoğunluğu daha fazla olan çiftler incelendiğinde, 13 çiftin 8 tanesinin alçak istasyonunun bir baraj veya göl çevresinde kurulmuş olması dikkat çekicidir. Sıcak dönem terselme yoğunlukları üzerinde kondüksiyon etkisinin veya sürekli sulanan alanların varlığının bir etkisi olduğu düşünülmektedir. İstasyon çiftlerinin terselme yoğunlukları incelendiğinde de terselme oranı %30’dan fazla olan 7 istasyon çifti tespit edilmiş, bunlar içerisinde en yüksek orana sahip çiftin % 48,13 ile Iğdır-Iğdır Üniversitesi çifti olduğu, gerek sıcak dönemde gerekse soğuk dönemde en çok sıcaklık terselmesinin bu sahada yaşandığı görülmüştür.

Temperature inversion, defined as the increase in temperature contrary to expectations as altitude increases, is essentially a normal atmospheric phenomenon, but it can also turn into a situation that significantly affects daily life by increasing the impact of air pollution, causing frost during the flowering period of fruit trees or natural phenomena such as fogs. Temperature inversion has not been sufficiently analyzed in climatology studies conducted in Turkey, and it has mostly been briefly discussed as a factor affecting the issue in air pollution studies. In this study, 89 station pairs selected from different regions of Türkiye were analyzed and accordingly, a large number of areas where inversion occurs were examined on a large time scale and the existence of inversion was tried to be revealed. The results of the study show that inversion intensities generally increase during the cold period in Turkey. When pairs with higher inversion densities during the warm season were examined, it was notable that 8 out of 13 pairs had their lower stations located near a dam or lake. It is thought that the presence of conduction effects or continuously irrigated areas may influence inversion densities during the warm season. When the inversion intensities of the station pairs were examined, 7 station pairs with an intensities of more than 30% were identified, and the pair with the highest rate was Iğdır-Iğdır University pair with 48.13%, and it was observed that the highest inversion was experienced in this area both in the warm and cold periods.

¹Bu makale 1. yazarın 2. yazar danışmanlığında sürdürmekte olduğu doktora tez çalışmasına dayanmaktadır.

¹This article is derived from the doctoral dissertation research conducted by the first author under the supervision of the second author.

Extended Abstract

Introduction

Understanding the factors that influence the development of air temperature and create local variations is crucial to understanding our atmosphere. For example, the phenomenon where “temperature, which is expected to decrease with altitude under normal conditions, instead increases” is a situation dependent on various local factors. This phenomenon, referred to in the literature as “temperature inversion,” can be interpreted as an anomaly within the troposphere or as a normal atmospheric event that varies according to local conditions (Erol, 1995; Çimen et al., 2007; Kopar & Zengin, 2009; Erol, 2011; Kachar et al., 2015; Buldur & Sarı, 2018; Çukur & Aygören, 2018; Hu et al., 2018; Khalesi & Mansouri Daneshvar, 2020).

In previous studies, temperature inversion has mostly been studied in air pollution studies (Özdemir & Boyraz, 2002; Sever, 2008; İbret & Aydınözü, 2009; Kopar & Zengin, 2009; Akmaz, 2017; Buldur & Sarı, 2018; İskan & Koç, 2021). Additionally, there are studies indicating that temperature inversion causes a reversal in vegetation development on slopes (Yılmaz et al., 2021) or that temperature inversion affects agriculture in low-lying areas of depressions, particularly during the flowering period of fruits due to frost (Alım & Kaya, 2005; Hatun, 2010). Previous studies indicate that temperature inversion in Turkey is most observed in low-lying areas relative to their surroundings, particularly during the winter and spring seasons.

Studies generally focus on winter and rarely on spring, and while temperature inversion is briefly addressed as a factor affecting the subject under study, there is no detailed study covering the whole of Turkey and the entire year. With this study, numerous areas where temperature inversion occurs were examined over a broad time scale to determine the presence and timing of temperature inversion.

Data and Method

To determine the distribution of temperature inversion in Turkey, OMGİ stations belonging to the General Directorate of Meteorology were examined, and 89 station pairs were identified (Figure 2). When determining the station pairs, the aim was to ensure that the distance between them was no more than 30 km, and the elevation difference was at least 200 m. The 89 station pairs were matched and analysed, and first, the start dates of temperature data for the 10-year period from January 1, 2013, at 00:00 to December 31, 2022, at 23:00 were examined. If the data from one of the stations was measured at a later date, the analysis of the pair was also started from that date.

To determine the actual years, the number of hours without measurements in the data set was first determined from the start date of the stations, and then the ratio of these hours to the total number of hours was calculated to find the missing data ratio for that station. Similarly, the ratio of hours with measurements in the data set was used to calculate the actual year. For pairs, if there were no measurements at the high (low) station of a pair at the same month, day, and hour, the ratio of hours in which the measurement value at the low (high) station was also ignored was accepted as the pair's missing data ratio.

After calculating the missing data rates and the number of hours with measurements (actual year), the low station values were subtracted from the high station values for each pair, and the number of hours for which each pair yielded positive values was determined. The ratio of the number of hours yielding positive values to the total number of hours measured was accepted as the inversion intensity. The relationship between the obtained results and the elevation difference between the pairs, the distance of the stations from the sea, and the average elevation of the pairs was examined. Additionally, the extent of change in the inversion intensity of the pairs during the warm (April-October) and cold (November-March) periods in Turkey was investigated.

Results and Discussion

In this study, 89 station pairs were analysed, and it was observed that annual inversion densities ranged from 0.62% to 48.13%. The Iğdır-Iğdır University pair had the highest annual inversion density at 48.13%, cold season inversion density at 54.89%, and warm season inversion density at 41.44%. In general, inversion densities were found to be higher during the cold period across the country. This finding is consistent with the existing literature.

The results obtained show that inversion intensities can vary greatly even within the same province. This makes it difficult to make regional interpretations for Turkey. For example, while one of two pairs located very close to each other may have a higher cold period inversion density, the other may have a higher warm period density. When examining pairs with higher inversion intensities during the warm period, it is noteworthy that 8 out of 13 pairs have their low stations located near a dam or lake.

Among the pairs with higher inversion densities during the warm period, three of the pairs have their low stations directly on the shore of a lake or dam, suggesting that the inversion occurring in these areas may be directly related to the presence of the water body. Especially in early spring and summer, lakes are still cold after winter, and when they come into contact with warmer air masses from the land, they create a negative lapse rate at lower levels (Laird et al., 2001), which causes inversion during the warm season. In other words, it is thought that air masses near the water surface cool through conduction, remaining cooler than upper levels, thereby creating conditions conducive to the formation of inversion at ground level (Qi et al., 2025). Although not directly adjacent to a water body, it is thought that five of the pairs with high inversion intensity during the warm season are influenced by nearby lakes or reservoirs. The distance from the low-level station of these pairs to the water body ranges from 2.8 km to 14.5 km. Furthermore, it is thought that the fact that four of these low-lying stations are located in permanently irrigated land may directly create inversion conditions (Bonan, 2000; Broadbent et al., 2017) or, combined with the conduction effect from the water body, may increase the inversion intensity.

1. Giriş

Hava sıcaklığında yerel ölçekte farklılıklar yaratan durumların bilinmesi atmosferimizi anlamak için oldukça önemlidir. Örneğin; “normal şartlar altında yerden yükseldikçe azalması beklenen sıcaklığın, tam tersine artması”, çeşitli yerel faktörlere bağlı bir durumdur. Literatürde “sıcaklık terselmesi” olarak geçen bu konu, troposfer içerisindeki bir anomali gibi veya yerel koşullara göre değişen normal bir atmosferik olay olarak yorumlanabilmektedir (Erol, 1995; Çimen vd., 2007; Kopar & Zengin, 2009; Erol, 2011; Kachar vd., 2015; Buldur & Sarı, 2018; Çukur & Aygören, 2018; Hu vd., 2018; Khalesi & Mansouri Darneshvar, 2020).

Gerek bir yerin yerel jeomorfolojik özelliklerine bağlı olarak, gerekse büyük basınç merkezleri ve atmosfer sirkülasyonu sonucunda gelişmiş olsun (Bailey vd., 2011) sıcaklık terselmesi, özellikle Türkiye’de yapılan klimatoloji çalışmalarında yeterince incelenmemiştir. Önceki çalışmalarda sıcaklık terselmesi çoğunlukla hava kirliliği çalışmalarında (Özdemir & Boyraz, 2002; Sever, 2008; İbret & Aydınözü, 2009; Kopar & Zengin, 2009; Akmaz, 2017; Buldur & Sarı, 2018; İskan & Koç, 2021), atmosferdeki kirlleticilerin dağılımını etkileyen bir etmen olarak ele alınmıştır. Ayrıca sıcaklık terselmesine bağlı olarak yamaçlar üzerinde vejetasyon gelişiminde de bir terselme durumu olduğu (Yılmaz vd., 2021) veya çukur alanların alçak kesimlerinde tarımı, özellikle meyvelerin çiçek açma dönemlerinde gerçekleşen don nedeniyle (Alım & Kaya, 2005; Hatun, 2010) etkilediğini, benzer şekilde bazı bölgelerde meydana gelen sis olaylarının temel sebebi olduğunu (Buldur & Sarı, 2018; Kunt & Dursun, 2018) belirten çalışmalar da bulunmaktadır. Önceki çalışmalar, Türkiye’de sıcaklık terselmesinin, çoğunlukla çevresine göre alçak, çanak alanlarında, kış ve ilkbahar mevsiminde yoğun olarak yaşandığını belirtmektedir. Türkiye’de sıcaklık terselmesinin yaşandığı yerlere Ankara (Emiroğlu, 1967; Şahin, 1989; Çiçek vd., 2004; Çiçek, 2005; Çiçek & Doğan, 2005), Elazığ (Özdemir & Boyraz, 2002), Malatya (Sever, 2008), Kahramanmaraş (Yıldırım & Korkmaz, 1998; Gürbüz & Özdemir, 2016), Siirt (Alkan, 2018), Bitlis (Alkan, 2015), Isparta (Buldur & Sarı, 2018), Kastamonu (İbret & Aydınözü, 2009), Balıkesir (Türkes, 1996; Tağıl, 2007), Erzurum (Kopar & Zengin, 2009), Bursa (Gariapaoglu & Duman, 2017; İskan & Koç, 2021), Düzce (Akmaz, 2017), Kütahya (Keser, 2002), Diyarbakır (Karadoğan & Kavak, 2017), Konya (Çiftçi vd., 2013; Kunt & Dursun, 2018), Karabük (Safranbolu) (Coşkun vd., 2020), Ağrı (Yılmaz & Özcanlı, 2022) ve Denizli’de (Çukur & Aygören, 2018) yapılan şehir ısı adası, sıcaklık terselmesi ve hava kirliliği çalışmalarında değinilmiştir. Bu çalışmaların sınırlı bir kısmının (Buldur & Sarı, 2018; Coşkun vd., 2020; İskan & Koç, 2021) esas konusu sıcaklık terselmesi olmuştur.

Buldur ve Sarı, (2018) Kasım-Aralık 2011 tarihinde Isparta’nın günlük verilerini analiz ettikleri çalışmada, yüksek atmosfer balonları verilerinden sıcaklık terselmesi değerlerini hesaplamış ve kirleticiler arasındaki ilişkiyi analiz etmişlerdir. Bu dönemde Isparta’daki yer seviyesi sıcaklığı troposfer seviyesindekinden daha düşüktür ve bu günlerde yüzey ile 1500 metre arasındaki sıcaklık farkı 5,7 ila 10,3 °C arasında değişmektedir, bu da o günlerde önemli bir sıcaklık terselmesi olduğuna işaret etmektedir. Yapılan regresyon analizine göre, PM 10 yoğunluğu üzerinde sıcaklık terselmesinin tek başına %38,8’lik; sıcaklık terselmesi

ile rüzgâr hızı ile birlikte %47,7’lik, rüzgâr hızı ile birlikte sıcaklık terselmesinin %23,4’lük bir etkisi olduğu görülmüştür. İskan ve Koç, (2021) İnegöl’ün (Bursa) hava kirliliğini araştırdıkları çalışmada, Kasım-Aralık 2016 ile Ocak-Şubat 2017 kış döneminin hava kalitesi özelliklerini ve fiziki ortam özelliklerini inceledikleri çalışmada İnegöl havzası üzerinde dört farklı yükseltiye (284 m, 316 m, 426 m, 827 m) kurdukları sıcaklık ölçüm istasyonu verileriyle PM10 ve SO2 verilerini incelemiş, elde edilen sıcaklık verileriyle, havza üzerinde sıcaklık terselmesinin geliştiğini tespit etmişlerdir.

Söz konusu çalışmaların çoğunlukla kış mevsimine odaklanması, kışın etkili olan yüksek basınç nedeniyle havanın aşırı soğuması ve bu dönemde ısınma ihtiyacının artmasıyla beraber daha fazla yakıt kullanımı ve havanın daha fazla kirlenmesinden kaynaklanmaktadır (Kopar & Zengin, 2009). Özellikle Kasım-Mart arası dönem ülkemizde çanak alanlarında terselmenin en sık ve en şiddetli yaşandığı, buna bağlı olarak hava kirliliğinin etkilerinin de en fazla olduğu dönemdir (Yıldırım & Korkmaz, 1998; İbret & Aydınözü, 2009; Akmaz, 2017; Buldur & Sarı, 2018). Sadece Yılmaz ve Özcanlı (2022), Ağrı Dağı çevresinde yaz aylarında meydana gelen bir sıcaklık terselmesinin varlığına değinmişlerdir.

Yapılan çalışmalar genellikle kış dönemine odaklanmakta ve sıcaklık terselmesi, çalışılan konuya etki eden bir faktör olarak kısaca ele alınmakla birlikte Türkiye’nin genelini ve tüm yılı kapsayan detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Bu çalışmayla birlikte sıcaklık terselmesinin meydana geldiği çok sayıda alanın, geniş bir zaman ölçeğinde incelenmesi amaçlanmıştır.

2. Veri ve Yöntem

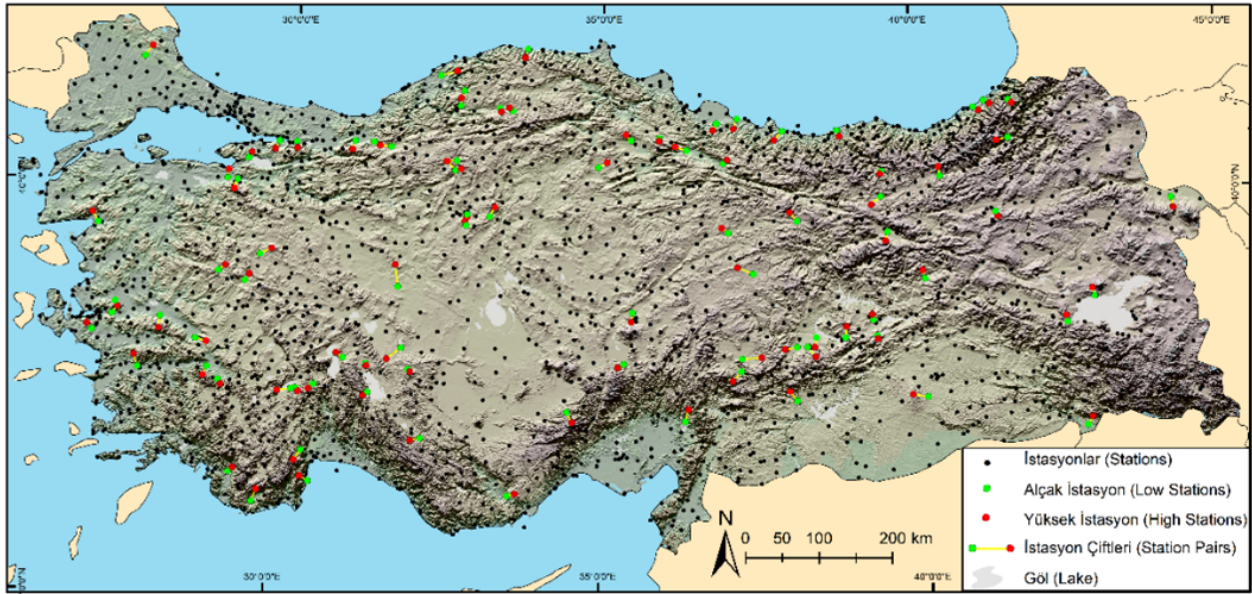
2.1. İstasyon Çifti Belirleme Yöntemi

Türkiye’de sıcaklık terselmesinin dağılışını belirlemek amacıyla potansiyel sıcaklık terselmesi alanlarında (çanak, ova, vadi) Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)’ye ait Otomatik Meteoroloji Gözlem İstasyonları (OMGİ) incelenmiş ve ilk başta, saatlik ölçümü olan istasyonlar değerlendirilmiştir (Şekil 1). Çiftler belirlenirken aralarındaki mesafe farkının en fazla 30 km, yükselti farkının ise en az 200 m olması amaçlanmıştır.

İstasyonların tüm Türkiye’yi karakterize etmesi amacıyla tüm bölgelerden çiftler seçilmiş, Güneydoğu Anadolu Bölgesi’ndeki çift sayısı, şartları karşılamamaları nedeniyle sınırlı kalmıştır (Şekil 1). Seçilen istasyonlar, alçak ve yüksek istasyon şeklinde adlandırılmış, yükseklikleri farklılık göstermiştir (Şekil 2). İstasyonlar arasındaki yükselti farkı 1800 metreye kadar çıksa da büyük çoğunluğu 200-1000 metre arasında kalmıştır. İstasyonlar arasındaki mesafe ise 11-15 km arasında yoğunlaşmış, istasyon çifti sıklığını artırmak amacıyla 30 km’ye kadar olanlar seçilebilmiştir.

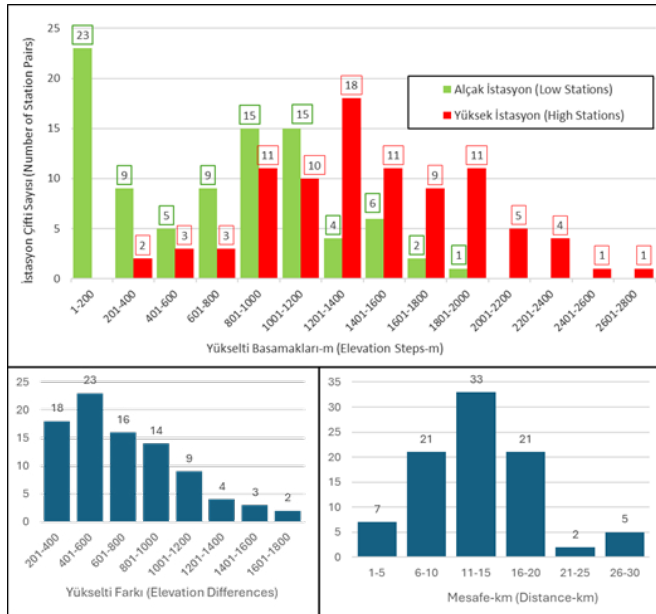
2.2. İstasyon Çifti Ölçüm Başlangıcı Belirleme

MGM saatlik veri paylaşımını 5 yıl ile sınırlandırdığından, veri istemi farklı zamanlarda iki seferde gerçekleştirilmiş ve istasyonlara ait saatlik hava sıcaklıkları veri tabanları oluşturulmuştur. Daha sonra istasyonların 1.01.2013 saat 00:00’dan 31.12.2022 saat 23:00’a kadar olan 10 yıllık tarih aralığında sıcaklık verilerinin ne zaman başladığı incelenmiştir.



Şekil 1. Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne ait OMGI istasyonları ve belirlenen istasyon çiftleri.

Figure 1. OMGI stations of the General Directorate of Meteorology and identified station pairs.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan istasyon çiftlerinin alçak ve yüksek istasyonlarının yükselti bilgisi, çiftler arasındaki yükselti ve mesafe farklarını gösteren histogramlar.

Figure 2. Histograms showing the elevations of the low and high stations of the station pairs used in this study, and the elevation and distance differences between the station pairs.

İstasyonlardan hangisinin verileri daha geç bir tarihte ölçülmeye başlandıysa çiftin analizi de o tarihten başlatılmıştır. Örneğin Çeltik (Konya) istasyonunun sıcaklık verileri 5.04.2014-15:00'da başlarken çiftin yüksek istasyonu Günyüzü Kayakent Mevkii (Eskişehir) sıcaklık verileri 17.08.2017-09:00'da başlamıştır. Dolayısıyla bu çiftin analizleri bu tarihten itibaren yapılmıştır.

2.3. İstasyon Veri Uzunluklarının Belirlenmesi

Çiftler arasındaki bir diğer sorun da aynı ay, gün ve saatte her zaman her iki istasyonun da verilerinin olmamasıdır. Belli bir ay, gün ve saatte bir çifti oluşturan yüksek ve alçak istasyonun her ikisinin de o ay için ölçümü olması gerekmektedir. Örneğin 2018 temmuz ayının herhangi bir gününde veya saatinde, ya

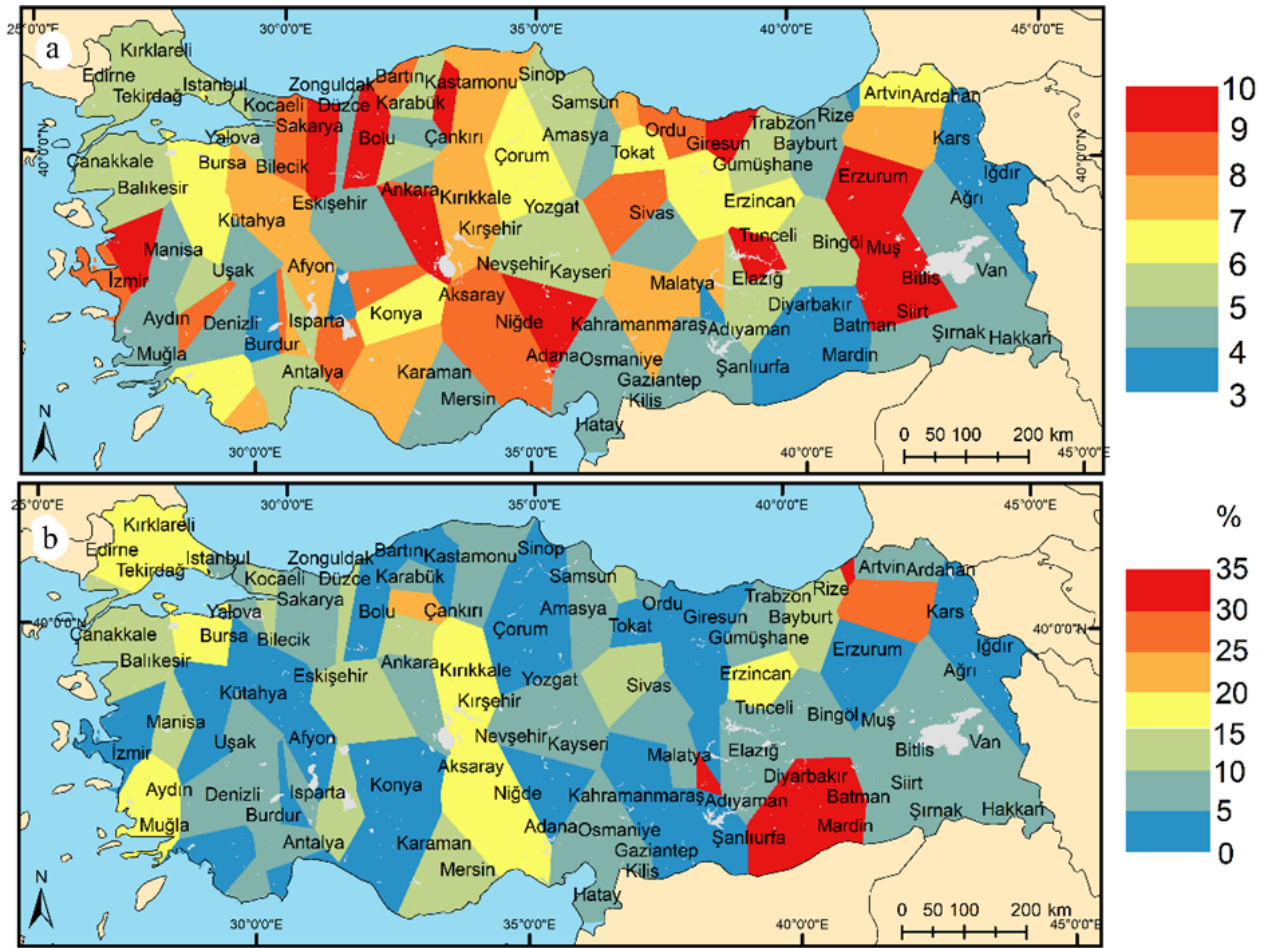
da ayın tamamında, bir çiftin yüksek istasyonunda ölçüm yoksa, alçak istasyondaki ölçüm değeri de göz ardı edilmiş, sonuçta söz konusu ay, gün ve saatte o çifte ait bir sıcaklık verisi bulunmadığı kabul edilmiştir. Bu sebeple çiftler ardışık bir tarih sırasıyla değil, her iki çiftin de ortak ölçümünün olduğu tarihlere göre analiz edilmiştir. 3 yıllık verisi bulunan çiftlerin veri başlangıcı 2017 ile 2019 arasında değişmektedir. Dolayısıyla her ne kadar MGM'den 10 yıllık veriler talep edilse de aslında istasyonlar ve çiftler 10 yıllık veriye (87648 saat) sahip değildir. Bu nedenle önce alçak ve yüksek istasyonların, sonra istasyon çiftlerinin kaç saatlik veriye sahip olduğu tespit edilerek terselme yoğunluğu da 10 yıllık değil, çift gerçekte kaç yıllık veri sunuyorsa o kadar yıl üzerinden hesaplanmıştır.

Şartlara uyan 103 çiftin hem alçak ve yüksek istasyonunun eksik veri oranı ile gerçek yılı, hem de çiftlerin eksik veri oranı ile gerçek yılları hesaplanmış, her ne kadar gerçek yılı 5'in üzerinde olan çiftler analiz edilmek istense de eşleştirilen çiftlerden 38 tanesinin gerçek yılı 5'in altında kaldığı için Türkiye'nin büyük çoğunluğunu temsil etmesi açısından gerçek yılları 3'ün üzerinde olan çiftlerde yüksek istasyon ile alçak istasyonlar arasındaki sıcaklık farkları analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. 103 istasyon çiftinden 14'ünün gerçek yılı 3'ün altındadır ve bu nedenle çalışmada sadece 89 istasyon çifti analiz edilebilmiştir (Şekil 3).

Analiz edilmeye uygun, en az 3 yıllık veriye sahip çiftlerin sayısının 89'a düşmesinin temel nedeni, yüksek istasyonların eksik veri oranlarının fazla olması ve gerçek yıllarının kısa olmasıdır. Çiftlerin eksik veri oranlarına bakıldığında ise (Şekil 3) yalnızca 64 çiftin eksik veri oranının %10'un altında kaldığı, 25 çiftin ise %10 ile %35 arasında eksik veri oranına sahip olduğu görülmüştür.

2.4. Sıcaklık Terselmesi Tanımı

Joly & Richard, (2022) Fransa'da günlük maximum ve minimum sıcaklık değerlerinden yararlanılmış; belirledikleri istasyon çiftlerinin, 10 yıllık (2008-2017) süreçte, alçak ve yüksek istasyonları arasındaki sıcaklık farklarını terselme yoğunluklarını



Şekil 3. Belirlenen istasyon çiftlerinin veri uzunlukları (yıl) (a) ve eksik veri oranları (b).
Figure 3. Data length (year) (a) and missing data rates (b) of identified station pairs.

hesaplamak için kullanılmışlardır. Bu çalışmada ise saatlik veriler kullanılarak benzer bir yol izlenmiş ve çiftlerin gerçek yılları hesaplandıktan sonra her iki istasyonda da ölçüm yapılan saatlerde yüksek istasyonun sıcaklık değerlerinden ($T_y(t)$) alçak istasyonun sıcaklık değerleri ($T_a(t)$) çıkarılmış ve aralarındaki fark hesaplanmıştır:

$$\Delta T(t) = T_y(t) - T_a(t)$$

Farkın pozitif olduğu ($\Delta T(t) > 0$), yani yüksek istasyonun alçak istasyondan daha sıcak olduğu durumda sıcaklık terselmesi yaşandığı kabul edilmiş ve pozitif değer veren saatlerin sayısı (p) belirlenmiştir:

$$p = \sum I[\Delta T(t) > 0]$$

Burada H : her iki istasyonda da ölçüm yapılan saatler kümesini (gerçek yıl), $t \in H$: bu saatlerin her birini, $I[\cdot]$: Şu şekilde tanımlanan gösterge fonksiyonunu ifade etmektedir:

$$I[\Delta T(t) > 0] = \begin{cases} 1 & \text{eğer } \Delta T(t) > 0 \\ 0 & \text{aksi takdirde} \end{cases}$$

Pozitif değer veren saatlerin sayısı istasyon çiftinin gerçek yılına ($n=|H|$) bölünmüş ve her çiftin gerçek yılı farklı olduğundan karşılaştırılabilirlik açısından terselme yoğunlukları yüzde üzerinden sunulmuştur:

$$\text{Terselme Yoğunluğu (\%)} = \left(\frac{p}{n} \right) \times 100$$

Benzer şekilde soğuk dönem için Ekim-Mart dönemi ölçüm ya-

pılan saat sayısı kullanılmış, bu aylarda yüksek istasyonun sıcaklığının alçak istasyonun sıcaklığından fazla olduğu saatlerin soğuk dönemde ölçüm yapılan toplam saat sayısına oranı soğuk dönem terselme yoğunluğunu, Nisan-Eylül dönemi ölçümleri ise sıcak dönem yoğunluğunu hesaplamak için kullanılmıştır. Başka bir deyişle, hesaplamalarda gerçek yıl yerine Ekim-Mart (Nisan-Eylül) ölçüm sayısı ile bu aylarda meydana gelen sıcaklık terselmesi sayısı kullanılmıştır.

Haritalamalarda voronoi çokgenleri kullanılmış (Voronoi, 1907), bu sayede benzer saha ve bölgelerin ortaya çıkması amaçlanmıştır.

2.5. Çoklu Regresyon Uygulaması

Çalışmada, terselme yoğunluğu mekânsal dağılışı haritalarla incelenmiş, değişkenler ile terselme yoğunluğu arasındaki ilişki ise korelasyon analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte, birden çok değişken kullanıldığı durumlarda, korelasyon analizi yetersiz kalabilmekte, bir değişkenin etkisi diğer etkiyi gizleyebilmektedir. Bu nedenle çoklu regresyon analizi gerçekleştirilmiş, ilişkilerin etkileri daha açık görülmeye çalışılmıştır.

Çoklu regresyon analizine, bağımlı değişken olarak terselme yoğunluğu; bağımsız değişkenler olarak da yükselti farkı, yükselti ortalaması, denize uzaklık ve enlem tanımlanmıştır. Bağımsız değişkenlere ait katsayılar ve bunların istatistiksel anlamlılık değerleri Türkiye geneli ve her bölge için hem yıllık, hem de sıcak ve soğuk dönem için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

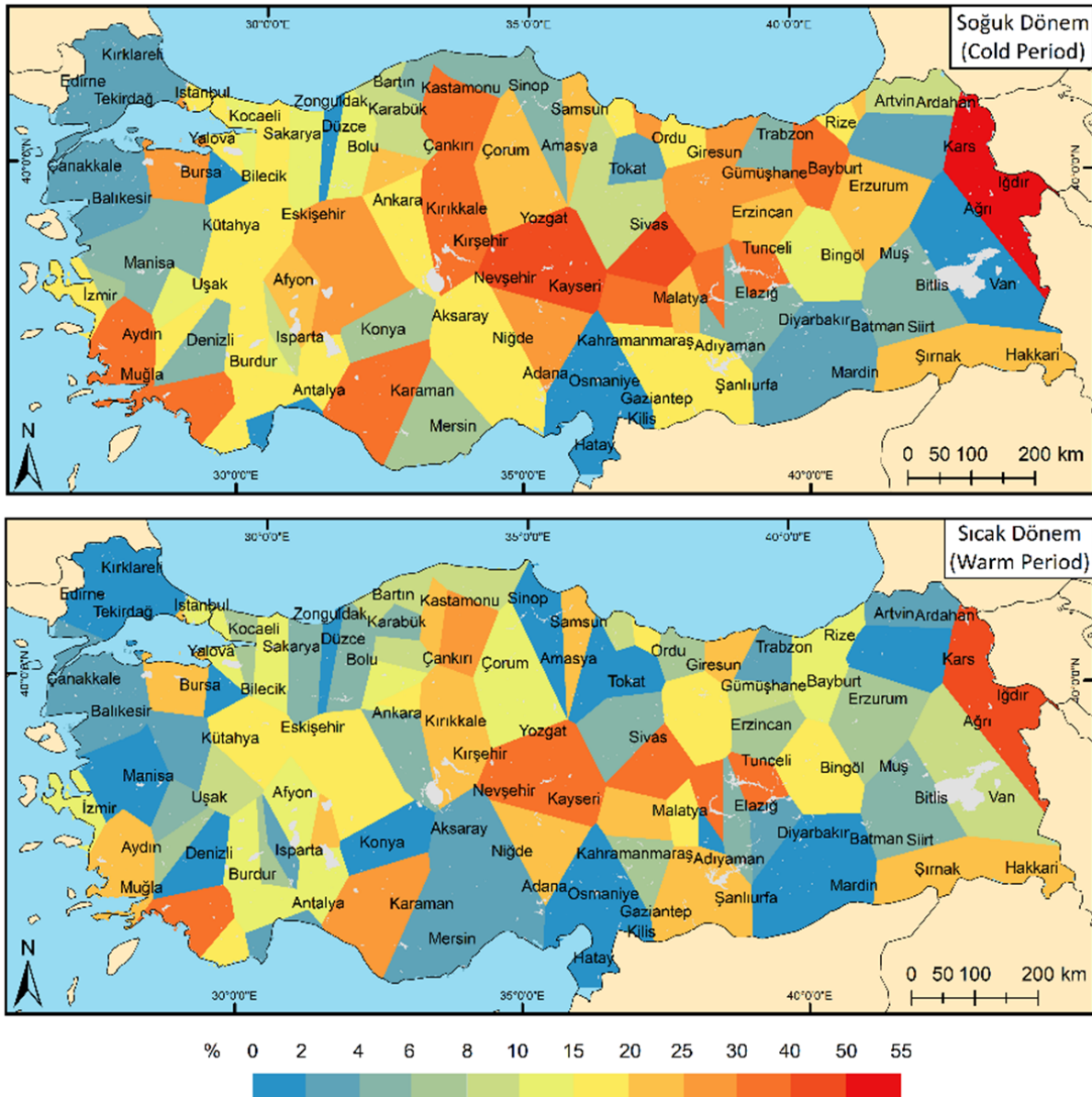
3.2. Sıcak ve Soğuk Dönemdeki Terselme Yoğunlukları ve Farklılıkları

Türkiye’de terselme genel olarak soğuk dönem için düşünülse de sıcak dönemde de terselme yaşanmaktadır. Bu durumu ortaya koymak amacıyla çiftlerin sıcak ve soğuk dönem terselme yoğunlukları incelenmiş (Şekil 5), yıllık terselme yoğunluğu % 48,13 olan Iğdır-Iğdır Üniversitesi (Iğdır) çiftinin soğuk dönemdeki yoğunluğu %54,89’a ulaştığı, sıcak dönemde ise %41,44 olduğu görülmüştür. Bu oranlarla birlikte çiftin hem soğuk dönemde hem de sıcak dönemde en çok terselme görülen saha olduğu da anlaşılmıştır. Soğuk dönem terselme yoğunluğu %50’nin üstünde olan tek çift Iğdır-Iğdır Üniversitesi olmakla birlikte, 2 çiftin soğuk dönem yoğunluğu % 41 civarındadır. Iğdır’dan sonra soğuk dönem yoğunluğu en fazla olan çift Kangal-Ulaş Yağdonduran Çiftidir (41,85) ve bu çifti Kayseri Erkilet Havalimanı-Hacılar çifti (41,31) takip etmektedir. 10 çiftin soğuk dönem yoğunluğu % 31 ile % 40 arasında, 16 çift % 21 ile % 30 arasında, 26 çift % 11 ile % 20 arasında değişmekte ve 34 çift % 10 ve altında değer almaktadır. Yıllık terselme yoğunluğu en düşük olan Gürsu-Uludağ çifti, soğuk dönem yoğunluğu da en

düşük olan çifttir. Soğuk dönem terselme yoğunluğu % 0,83 olan çifti % 0,93 ile Adilcevaz limanı-Adilcevaz Çanakyayla Köyü (Bitlis) çifti takip etmektedir.

Sıcak dönem yoğunlukları incelendiğinde ise Iğdır’dan sonra 3 çiftin % 31 ile % 40 arasında terselme yoğunluğuna sahip olduğu görülmüştür (Şekil 5). Bu çiftler sırasıyla %37,23 ile Battalgazi Meyvecilik Arş. (TAGEM)-Malatya Beydağı Mevki, %32,60 ile Elazığ Bölge-Elazığ Harput ve %32,60 ile Kangal-Ulaş Yağdonduran çiftleridir. 13 çift % 21 ile % 30 arasında, 23 çift % 11 ile % 20 arasında, 49 çift ise %10’un altında terselme yoğunluğuna sahiptir. 9 çiftin terselme yoğunluğu % 0 ile %1 arasında değişmekle birlikte, sıcak dönem terselme yoğunluğu en düşük olan çift %0,08 ile Yusufeli-Yusufeli Dokumacılar Köyü (Artvin) olmuştur.

Sıcak ve soğuk dönem terselme yoğunluk farkları incelendiğinde (Şekil 6), Türkiye’de terselme yoğunluklarının genel olarak soğuk dönemde arttığı görülmektedir. Sadece 13 istasyon çiftinde terselme yoğunluğu sıcak dönemde daha fazladır. Soğuk dönemde terselmenin arttığı çiftler içerisinde soğuk ve



Şekil 5. İstasyon çiftlerinin soğuk dönem ve sıcak dönem terselme yoğunlukları (%).

Figure 5. Cold period and warm period temperature inversion intensity of station pairs (%).

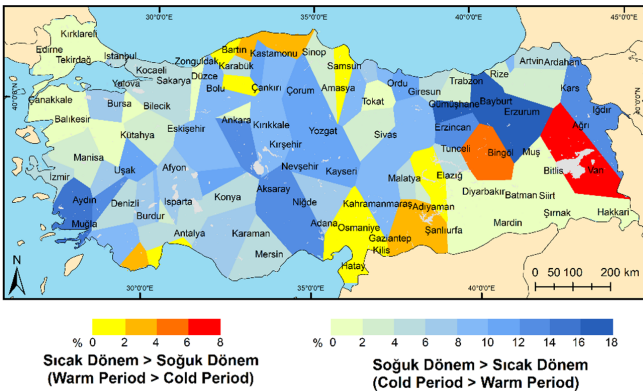
sıcak dönem oranı arasındaki farkın (Şekil 6) en fazla olduğu çift Bayburt Balıkkaya Köyü-Bayburt Üzengili Köyü çiftidir ve soğuk dönemde % 31,4 olan terselme yoğunluğu, sıcak dönemde % 14,14'e düşmektedir.

Sıcak dönemde terselmenin arttığı çiftler arasında en fazla fark Adilcevaz Limanı-Adilcevaz Çanakayla Köyü çiftine aittir ve soğuk dönemde % 0,93 olan terselme yoğunluğu sıcak dönemde % 8,70'e çıkmaktadır. Çiftin yıllık terselme yoğunluğu ise % 4,85 olarak hesaplanmıştır. Sıcak dönem yoğunluğu soğuk dönem yoğunluğundan fazla olan çiftler içerisinde yıllık terselme yoğunluğu en yüksek olan Battalgazi Meyvecilik Arş. (TAGEM)-Malatya Beydağı Mevki çifti bulunmakta ve çiftin sıcak dönem yoğunluğu ile soğuk dönem yoğunluğu arasındaki fark % 0,40 gibi küçük bir oran olmaktadır. Analiz edilen 89 çiftten 10 tanesinde soğuk dönem ve sıcak dönem arasındaki fark % 0 ile % 1 arasında değer almaktadır. Sıcak dönem ve soğuk dönem terselme yoğunlukları arasındaki farka bakıldığında özellikle soğuk dönemde terselmenin fazla olduğu sahalarda farkın daha fazla olduğu görülmekte, bu fark % 18'lere kadar ulaşmaktadır.

3.3. Terselme Yoğunluğu ve Yükselti Farkı Arasındaki İlişkiler

Çalışmada kullanılan istasyon çiftlerinin alçak ve yüksek istasyonları arasındaki yükselti farkı ve yıllık terselme yoğunluğu arasındaki ilişki incelenmiş, istasyonlar arasındaki yükselti farkı azaldıkça Türkiye genelinde terselme yoğunluğunun arttığı görülmüştür (Şekil 7). Dolayısıyla bu iki değişken arasında negatif yönlü bir ilişki olduğu, yükselti farkındaki her 18,16 m azalmanın yıllık terselme yoğunluğunda % 1'lik artışa karşılık geldiği görülmüştür. Elde edilen eğim grafiği Türkiye'de 1800 m'lik yükselti farkının bir sınır değeri olduğunu göstermiştir. Bu farkın üstündeki yüksek istasyonların, alçak istasyondan her zaman daha soğuk olduğu yani sıcaklık terselmesi yaşanmadığını göstermektedir.

Terselme yoğunluğu ve yükselti farkı arasındaki ilişkiler bölgesel olarak ele alındığında, İç Anadolu Bölgesi için yükseklik farkı ile terselme yoğunluğu arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığı görülmüştür ($R^2=0,0076$). Diğer tüm bölgelerde ise yükseklik farkı ile terselme yoğunluğu arasında negatif yönlü bir ilişki mevcuttur ve ilişkinin en güçlü olduğu bölge Güneydoğu Anadolu Bölgesi'dir ($R^2 = 0,9989$) fakat buradaki istasyon azlığının da bu durumun oluşmasında etkili olduğu düşünülmektedir. Güney-



Şekil 6. İstasyon çiftlerinin soğuk dönem ve sıcak dönem terselme yoğunlukları arasındaki fark haritası.

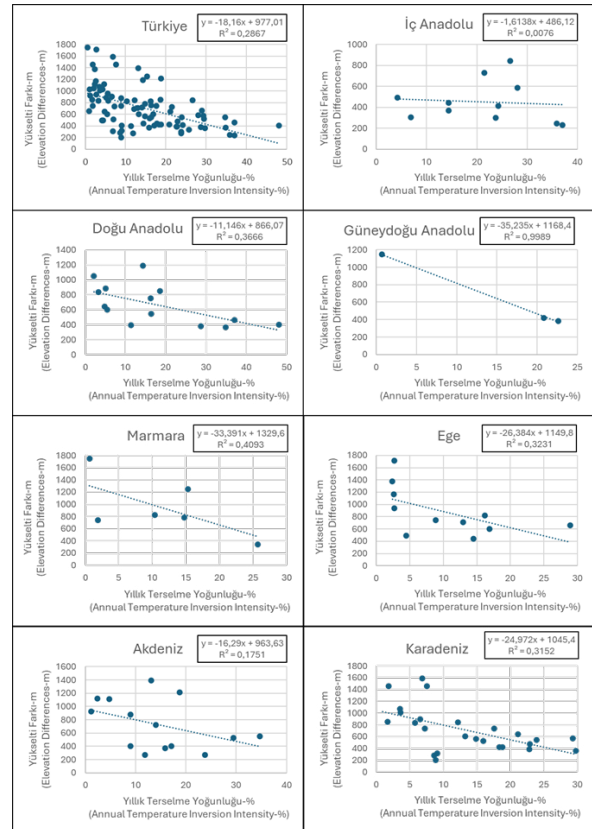
Figure 6. Difference map between cold period and warm period inversion intensity of station pairs.

doğu Anadolu Bölgesi'nde her 35,23 m, Doğu Anadolu'da her 11,15 m, Marmara Bölgesi'nde her 33,39 m, Ege Bölgesi'nde her 26,38 m, Akdeniz Bölgesi'nde her 16,29 m, Karadeniz'de ise her 24,97 m'lik artışın terselme yoğunluğunu %1 oranında azalttığı belirlenmiştir.

3.4. Terselme Yoğunluğu ve Yükselti Ortalaması Arasındaki İlişkiler

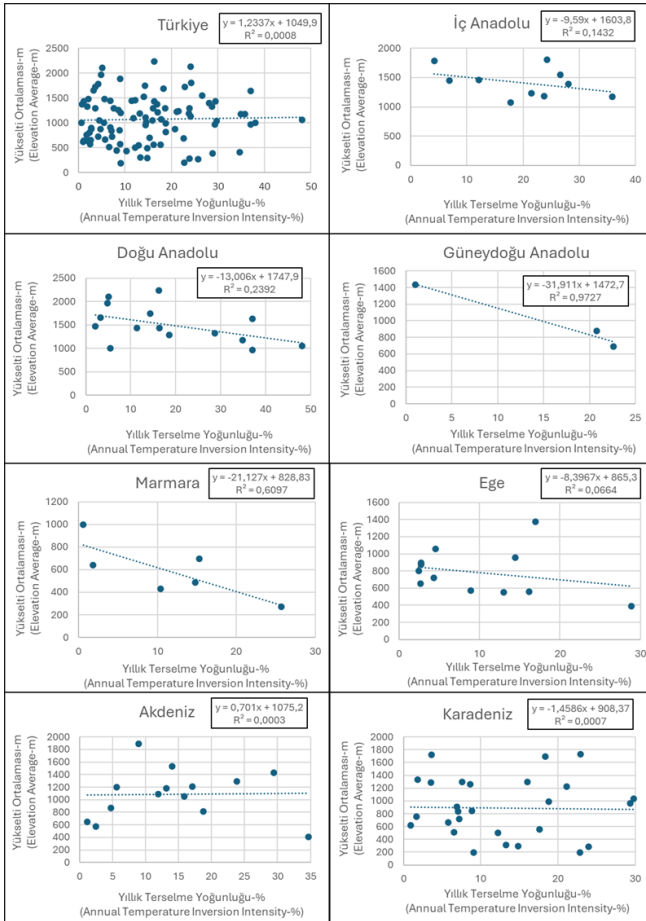
Yıllık sıcaklık terselmesi yoğunluğu ile istasyon çiftlerinin yükselti ortalamaları arasındaki ilişki, Türkiye genelinde ve bölgesel ölçekte farklı düzeylerde ortaya çıkmaktadır (Şekil 8). Türkiye genelinde terselme yoğunluğu ile çiftlerin yükselti ortalamaları arasında son derece zayıf ancak pozitif yönlü bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($R^2=0,0008$). Her ne kadar 1,23 metrede bir terselme yoğunluğu artıyor gibi görünse de ülke genelinde yükselti ortalamaları ile terselme yoğunluğu arasında doğrudan ve tutarlı bir ilişki kurulamamıştır.

Bölgesel olarak Akdeniz Bölgesi dışında tüm bölgelerde negatif bir ilişki söz konusudur. Güneydoğu Anadolu, analiz edilen bölgeler arasında en güçlü negatif ilişkiye sahipken ($R^2=0,9727$), Akdeniz Bölgesinde oldukça düşük, anlamsız bir ilişki görülmektedir ($R^2=0,0003$). Güneydoğu Anadolu'da yükselti ortalamalarındaki her 31,91 m, İç Anadolu'da 9,59 m, Doğu Anadolu'da 13,01 m, Marmara'da 21,12 m, Ege'de 8,39 m, Karadeniz'de ise 1,46 m'de artış, terselme yoğunluğunda %1 azalma oluşturmaktadır. Yıllık terselme yoğunluğu ile istasyonlara ait yükseklik ortalamaları arasındaki ilişki, yükselti arttıkça terselme yoğunluğunun azaldığı yönündedir. Bu durum özellikle Güneydoğu Anadolu ($R^2=0,97$) ve Marmara ($R^2=0,61$) Bölgelerinde anlamlı bir şekilde gözlenmektedir.



Şekil 7. İstasyonların yükselti farkı (m) ve yıllık terselme yoğunluğu arasındaki ilişkiler.

Figure 7. Relationships between stations' elevation difference (m) and annual temperature inversion intensity.



Şekil 8. Çiftlerin alçak ve yüksek istasyonlarının yükselti ortalaması ile terselme yoğunluğu arasındaki ilişkiler.

Figure 8. Relationships between the elevation average of the low and high stations of the pairs and temperature inversion intensity.

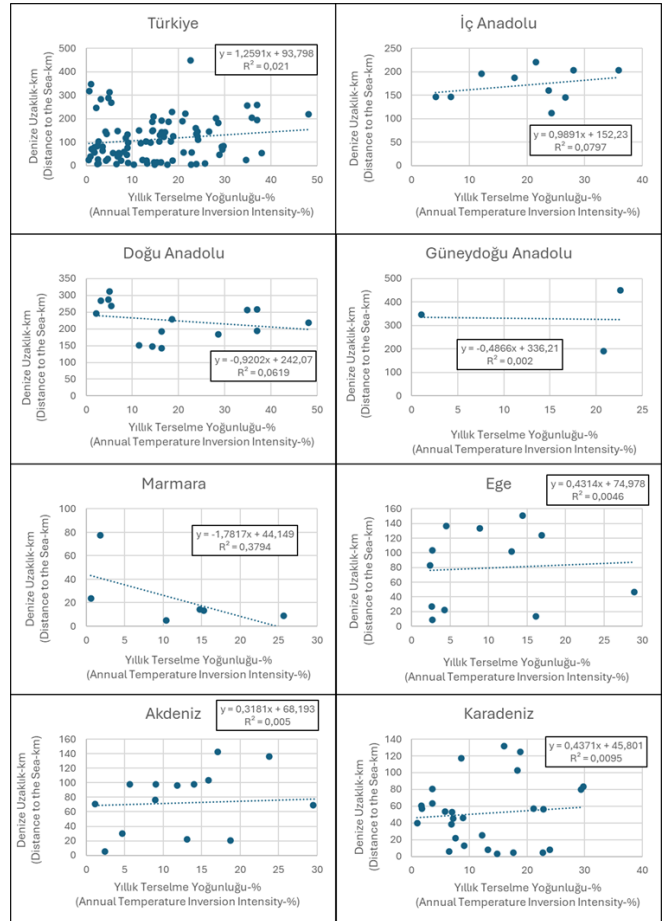
3.5. Terselme Yoğunluğu ve Denize Uzaklık Arasındaki İlişkiler

Türkiye genelinde yıllık terselme yoğunluğu ve denize uzaklık arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu, her 1,25 km'de terselme yoğunluklarının %1 arttığı, ancak bu ilişkinin derecesinin oldukça düşük ($R^2 = 0,021$) olduğu görülmüştür. Ayrıca denize uzaklık ve terselme yoğunluğu arasında bölgesel olarak farklılıklar dikkat çekmektedir. İç Anadolu, Ege, Akdeniz ve Karadeniz'de bu ilişki pozitifken, diğer bölgelerde negatif yönlüdür. Denizden uzaklaştıkça; İç Anadolu'da her 0,98 km, Ege'de her 0,43 km, Akdeniz'de her 0,31 km ve Karadeniz'de her 0,43 km'de terselme yoğunlukları %1 artmakla birlikte bu ilişkiler oldukça zayıf düzeydedir.

Denize uzaklık ile terselme yoğunluğu arasında en anlamlı ilişki ($R^2 = 0,3794$) Marmara'da kurulmuş, denize yakın sahalarda terselmenin daha yoğun yaşandığı görülmüştür. Marmara'da her 1,78 km, Doğu Anadolu'da 0,92 km, Güneydoğu Anadolu'da ise 0,48 km denizden uzaklaştıkça terselme yoğunlukları %1 azalmaktadır, ancak Marmara dışındaki bölgelerde anlamlı bir ilişki kurulamamıştır.

3.6. Terselme Yoğunluğu ve Enlem Arasındaki İlişkiler

Türkiye genelindeki istasyon çiftleri ele alındığında, yıllık terselme yoğunluğu ile enlem arasında çok zayıf ve negatif yönlü bir ilişki olduğu görülmektedir ($R^2 = 0,003$). Ancak bu analiz, sıcaklık terselmesi üzerinde enlemin sınırlı etkisini ortaya koymakla birlikte, Türkiye geneline bakıldığında (Şekil 10) istasyon



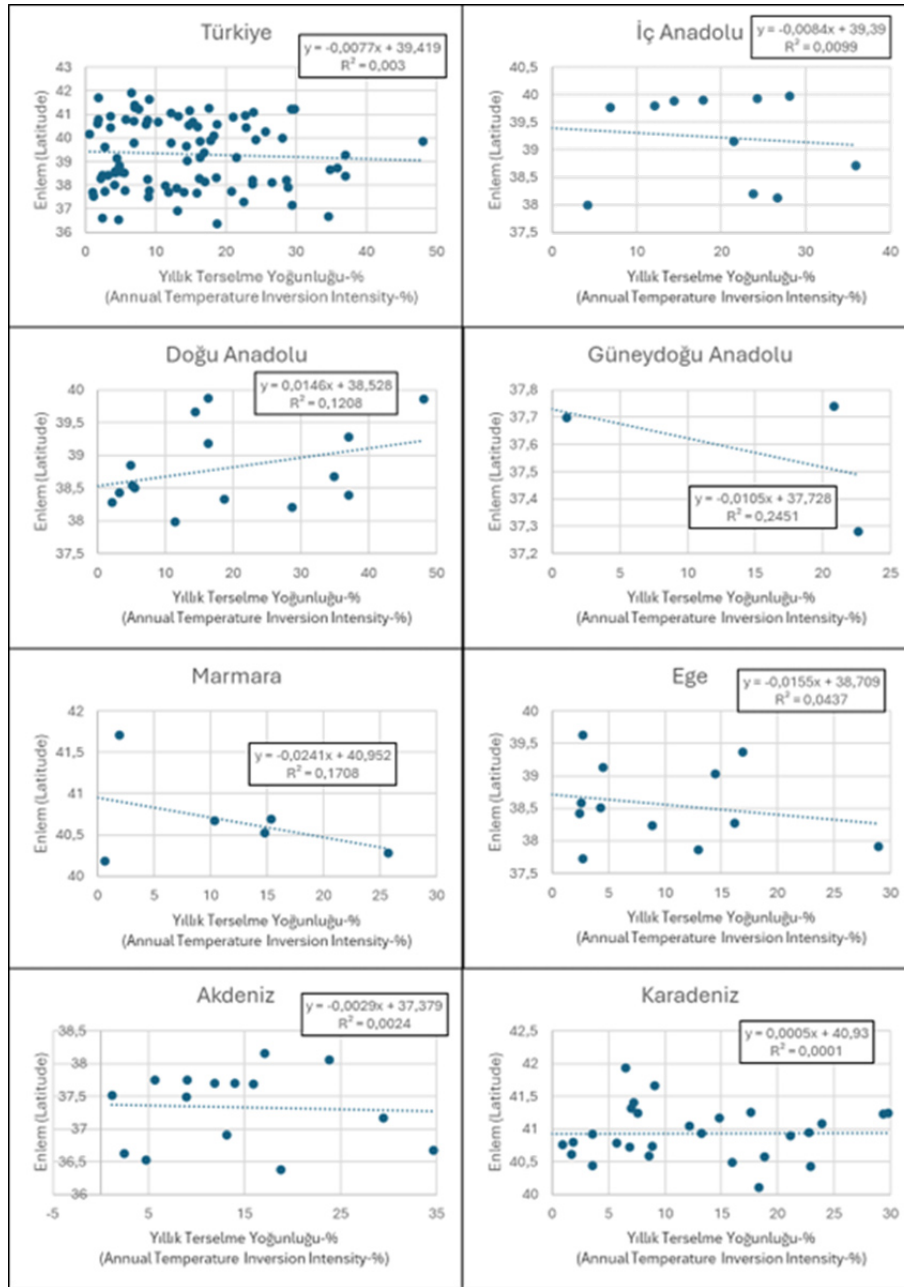
Şekil 9. Denize uzaklık ve yıllık terselme yoğunluğu arasındaki ilişkiler
Figure 9. Relationships between distance to the sea and annual temperature inversion intensity.

çiftlerinin özellikle 38° ve 41° enlemlerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Bu yoğunluğun Türkiye'nin dağ kuşaklarında görülmesi sıcaklık terselmesinin oluşumunda beklenen bir durumdur.

Bölgesel olarak incelendiğinde ise, Güneydoğu Anadolu ($R^2 = 0,2451$) ve Marmara ($R^2 = 0,1708$)'da, terselme yoğunluğu enlemle orta düzeyde anlamlı negatif korelasyon göstermektedir. Doğu Anadolu bölgesinde ise pozitif ve göreceli olarak anlamlı bir ilişki gözlenmiştir ($R^2 = 0,1208$). İç Anadolu, Ege, Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde ise enlem ile terselme yoğunluğu arasında çok zayıf ve anlamsız ilişkiler tespit edilmiştir.

3.7. Terselme Yoğunluğu ile Yükselti Farkı, Yükselti Ortalaması, Denize Uzaklık ve Enlem Arasındaki Çoklu İlişkiler

Çoklu regresyon analizi sonuçlarına göre (Tablo 1) Türkiye genelinde yıllık terselme yoğunluğu için oluşturulan model istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (F testi, $p < 0,05$) ve terselme yoğunluğundaki değişimin % 27'sini açıklamaktadır. Ancak bağımsız değişkenler ayrı ayrı değerlendirildiğinde, yalnızca yükselti farkı değişkeninin anlamlı katkı sağladığı görülmüştür ($p < 0,05$). Üstelik bu ilişkinin negatif yönlü olması, yükselti farkı arttıkça terselme yoğunluğunun azaldığını göstermektedir. Buna karşılık, yükselti ortalaması, denize uzaklık ve enlem değişkenleri istatistiksel açıdan anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Bu sonuç, terselme yoğunluğunu belirlemede özellikle yükselti farkının kritik bir rol oynadığını, diğer değişkenlerin ise sınırlı bir etkisinin olduğunu göstermektedir.



Şekil 10. Enlem ve yıllık terselme yoğunluğu arasındaki ilişkiler.

Figure 10. Relationships between latitude and annual temperature inversion intensity.

Bölgesel analizlerde ise modelin, yalnızca Doğu Anadolu için anlamlı olduğu ve terselme yoğunluğundaki değişimin % 71'ini açıkladığı görülmüştür ancak bölgede sadece yükselti farkı ile enlem etkisinin sıcaklık terselmesi yoğunluğunu belirlemede ön plana çıktığı görülmüştür. Diğer etkenler istatistiksel olarak anlamlı değildir. Türkiye geneline benzer şekilde yükselti farkı için bu ilişki negatif yönlüdür. Doğu Anadolu'da enlem etkisi Türkiye'den daha etkili çıkmış, enlem arttıkça terselme yoğunluğunun arttığı görülmüştür. Bu durum akla, Sibiry'a termik yüksek (STYB) ve Basra termik alçak basınçlarını (BTAB) getirmekte, kuzeye gidildikçe STYB sisteminin etkisiyle kış dönemi terselme yoğunluğunun artabileceği, yaz döneminde de BTAB'den uzaklaşmanın terselme yoğunluğunu yükseltebileceği gibi bir durum ortaya çıkmıştır.

Sıcak dönem terselme yoğunluklarında da yine sadece Türkiye geneline ve Doğu Anadolu'da modelin anlamlı olduğu, Türkiye geneli sonuçların yıllık terselme yoğunluklarından farklı olmadığı görülmüştür (Tablo 2). Doğu Anadolu'da ise modelin açık-

layıcılığı %75'e çıkmakta, yükselti farkı ve enlem etkisine ek olarak yükselti ortalamalarının da bölgede terselme yoğunluğu üzerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır. Enlem etkisi, sıcak dönemde de daha belirleyici olmaktadır ve enlem arttıkça terselme yoğunluğu artmakta, BTAB'da uzaklaştıkça daha yüksek terselme yoğunluğu ile karşılaşmaktadır. Yükselti ortalamaları da tıpkı yükselti farkı gibi negatif yönlüdür. Başka bir deyişle Doğu Anadolu'da sıcak dönemde istasyon çiftleri arasındaki fark ve çiftlerin yükseklikleri azaldıkça, enlem de arttıkça terselme yoğunluğu artmaktadır.

Soğuk dönemde de yine Türkiye geneli için benzer sonuçlar çıkmakla beraber, bölgesel olarak sadece Doğu Anadolu'da anlamlı sonuçlara ulaşılmıştır (Tablo 3). Değişkenler ayrı ayrı değerlendirildiğinde ise sadece enlemin etkili olduğu ve yine enlem arttıkça terselme yoğunluğunun arttığı görülmüştür. Gerek yıllık terselme yoğunluğu gerek sıcak ve soğuk dönem terselme yoğunlukları üzerinde Doğu Anadolu'da en etkili faktörün enlem olduğu bu durumun da STYB ile ilişkili olabileceği söylenebilir.

Tablo 1. Yıllık terselme yoğunluğu ile yükselti farkı, yükselti ortalaması, denize uzaklık ve enlem arasındaki çoklu regresyon analizlerine ait regresyon katsayıları ve anlamlılık değerleri ile belirleme katsayısı ve anlamlılık değeri (YFk: Yükselti farkı katsayısı, YOk: Yükselti ortalaması katsayısı, DUK: Denize uzaklık katsayısı, ENk: Enlem katsayısı, n: istasyon çifti sayısını ve X: Veri yetersizliği nedeniyle hesaplanamayan değerleri göstermektedir.)

Table 1. Regression coefficients and significance values from multiple regression analyses between annual temperature inversion intensity and elevation difference, elevation average, distance to the sea, and latitude, along with the determination coefficient and significance value (YFk: Elevation difference coefficient, YOk: Elevation average coefficient, DUK: Distance to the sea coefficient, ENk: Latitude coefficient, n: Number of station pairs, and X: Indicates values that could not be calculated due to a lack of data.)

	YFk	YF (P)	YOk	YO (P)	DUk	DU (P)	ENk	EN (P)	R ²	F (P)	n
Türkiye	-0,014	0,000	0,000	0,734	0,004	0,733	-0,439	0,539	0,273	0,000	89
İç Anadolu	0,001	0,939	-0,014	0,601	0,005	0,976	-1,064	0,841	0,153	0,912	10
Doğu Anadolu	-0,026	0,025	-0,016	0,052	-0,012	0,809	11,677	0,028	0,718	0,008	15
Güneydoğu Ana-dolu	0,000	X	-0,031	X	-0,015	X	0,000	X	1	X	3
Marmara	-0,177	0,304	0,350	0,324	-1,706	0,304	25,23	0,394	0,95	0,313	6
Ege	-0,019	0,038	-0,009	0,528	-0,063	0,361	2,274	0,684	0,538	0,193	12
Akdeniz	-0,022	0,064	0,006	0,440	0,140	0,539	-23,88	0,133	0,437	0,180	15
Karadeniz	-0,013	0,010	0,004	0,426	-0,024	0,705	2,614	0,610	0,281	0,108	27

Tablo 2. Sıcak dönem terselme yoğunluğu ile yükselti farkı, yükselti ortalaması, denize uzaklık ve enlem arasındaki çoklu regresyon analizlerine ait regresyon katsayıları ve anlamlılık değerleri ile belirleme katsayısı ve anlamlılık değeri (YFk: Yükselti farkı katsayısı, YOk: Yükselti ortalaması katsayısı, DUK: Denize uzaklık katsayısı, ENk: Enlem katsayısı, n: istasyon çifti sayısını ve X: Veri yetersizliği nedeniyle hesaplanamayan değerleri göstermektedir.)

Table 2. Regression coefficients and significance values from multiple regression analyses between warm period inversion intensity and elevation difference, elevation average, distance to the sea, and latitude, along with the determination coefficient and significance value (YFk: Elevation difference coefficient, YOk: Elevation average coefficient, DUK: Distance to the sea coefficient, ENk: Latitude coefficient, n: Number of station pairs, and X: Indicates values that could not be calculated due to a lack of data.)

	YFk	YF (P)	YOk	YO (P)	DUk	DU (P)	ENk	EN (P)	R ²	F (P)	n
Türkiye	-0,012	0,000	-0,002	0,225	0,015	0,236	-0,426	0,520	0,272	0,000	89
İç Anadolu	0,003	0,882	-0,019	0,474	-0,035	0,854	-0,739	0,880	0,177	0,885	10
Doğu Anadolu	-0,026	0,011	-0,015	0,033	0,026	0,554	10,403	0,026	0,750	0,004	15
Güneydoğu Ana-dolu	0,000	X	-0,033	X	-0,024	X	0,000	X	1	X	3
Marmara	-0,166	0,319	0,332	0,338	-1,585	0,322	23,64	0,412	0,939	0,36	6
Ege	-0,017	0,033	-0,003	0,803	-0,074	0,222	2,20	0,648	0,512	0,226	12
Akdeniz	-0,018	0,107	0,002	0,736	0,174	0,431	-24,55	0,111	0,412	0,214	15
Karadeniz	-0,011	0,016	0,002	0,626	-0,002	0,964	5,629	0,212	0,298	0,086	27

Tablo 3. Soğuk dönem terselme yoğunluğu ile yükselti farkı, yükselti ortalaması, denize uzaklık ve enlem arasındaki çoklu regresyon analizlerine ait regresyon katsayıları ve anlamlılık değerleri ile belirleme katsayısı ve anlamlılık değeri (YFk: Yükselti farkı katsayısı, YOk: Yükselti ortalaması katsayısı, DUK: Denize uzaklık katsayısı, ENk: Enlem katsayısı, n: istasyon çifti sayısını ve X: Veri yetersizliği nedeniyle hesaplanamayan değerleri göstermektedir.)

Table 3. Regression coefficients and significance values from multiple regression analyses between cold period inversion intensity and elevation difference, elevation average, distance to the sea, and latitude, along with the determination coefficient and significance value (YFk: Elevation difference coefficient, YOk: Elevation average coefficient, DUK: Distance to the sea coefficient, ENk: Latitude coefficient, n: Number of station pairs, and X: Indicates values that could not be calculated due to a lack of data.)

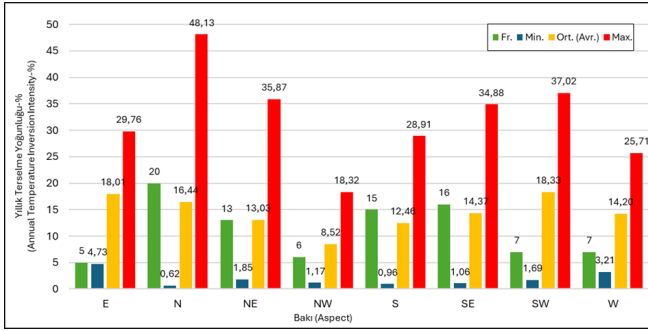
	YFk	YF (P)	YOk	YO (P)	DUk	DU (P)	ENk	EN (P)	R ²	F (P)	n
Türkiye	-0,017	0,000	0,000	0,756	-0,005	0,732	-0,500	0,537	0,263	0,000	89
İç Anadolu	0,000	0,984	-0,011	0,719	0,044	0,844	-1,422	0,808	0,142	0,923	10
Doğu Anadolu	-0,025	0,057	-0,016	0,094	-0,052	0,404	12,73	0,043	0,674	0,015	15
Güneydoğu Ana-dolu	0,000	X	-0,028	X	-0,005	X	0,000	X	1	X	3
Marmara	-0,182	0,307	0,357	0,331	-1,779	0,304	26,00	0,397	0,962	0,286	6
Ege	-0,022	0,047	-0,015	0,375	-0,054	0,504	2,305	0,727	0,560	0,166	12
Akdeniz	-0,026	0,045	0,009	0,246	0,111	0,648	-23,51	0,163	0,464	0,146	15
Karadeniz	-0,015	0,015	0,004	0,463	-0,036	0,643	-0,816	0,895	0,262	0,136	27

3.8. Terselme Yoğunluğu ve Bakı Arasındaki İlişkiler

Çalışmada kullanılan istasyon çiftlerinin terselme yoğunlukları bakı yönlerine göre sınıflandırıldığında (Şekil 11), terselme yoğunluğu %30'un üzerinde olan çiftlerin farklı bakı yönlerine dağıldığı görülmektedir. Ortalama değerler açısından bakıldığında ise doğu (%18,01) ve güneybatı (%18,33) yönleri daha belirgin hale gelmiştir, kuzeybatı (%8,52) ise yoğunluğun en az olduğu yön olarak dikkat çekmektedir. İstasyon sayılarının bakılara eşit dağılmaması, değerlerin yorumlanmasında kritik bir etkidir. Çiftlerin frekans değerleri 5 ile 20 arasında değişmektedir ve bakı yönü doğu olan 5 çift varken kuzey olan 20 çift vardır. Şüphesiz kuzey yönünün bu denli fazla olmasında Karadeniz'e ait çift sayısı etkili olmaktadır.

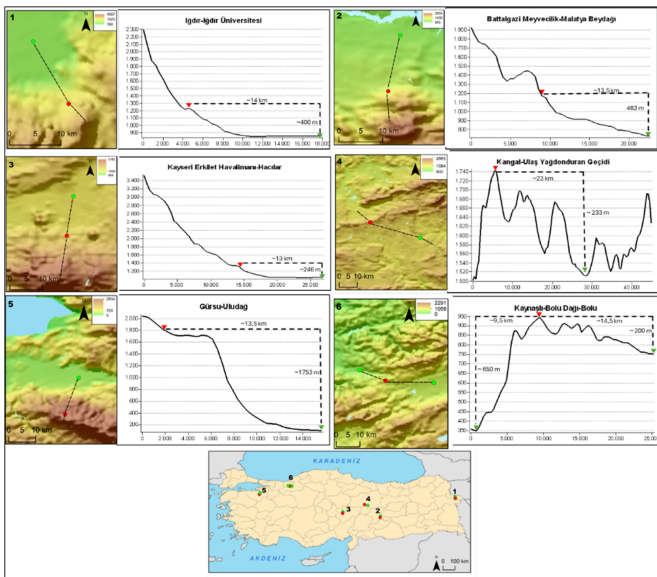
3.9. Morfoloji ve Sıcaklık Terselmesi

Terselme yoğunluğu %30'un üzerine çıkan çiftlerin profil hatları incelendiğinde 3 tanesinin yamaç eğimi, yükseklik farkı ve/veya mesafe farklarının birbirine benzer olduğu görülmüştür (Şekil 12). Yalnızca Kangal-Ulaş Yağdonduran çiftinde alçak istasyon ve yüksek istasyon arasında dalgalı bir morfoloji göze çarp-



Şekil 11. Bakı yönlerine göre maksimum, minimum ve ortalama terselme yoğunlukları (Fr: Frekans, o bakı yönüne sahip istasyon sayısını göstermektedir.)

Figure 11. Maximum, minimum, and average inversion densities according to aspect (Fr: Frequency indicates the number of stations with that aspect).



Şekil 12. Terselme yoğunluğu en yüksek ve en düşük çiftlerin morfolojik konumu ve profil hatları.

Figure 12. Morphological position and profile lines of pairs with the highest and lowest inversion density.

makta, yüksek istasyon güneşlenmeye açık bir konumdayken alçak istasyon kapalı bir konumda kalmaktadır. Çiftin bakışı her ne kadar güneybatı yönünde olsa da konumu gereği daha az güneşlenmektedir. Yıllık terselme yoğunluğu en düşük olan iki çiftin profil hatları incelendiğinde ise terselme yoğunluğu ile yükselti arasındaki ilişki göze çarpmaktadır. Analizlerde, istasyonlar arasındaki yükselti farkı azaldıkça terselme yoğunluğunun arttığı görülmüştür. Üstelik analizler 1800 m yükseltiyle sınırlanmış olsa da çiftler, özellikle 1200 m ve altında yoğunlaşmıştır. MGM'nin sunduğu sıcaklık terselmesi tahminlerinde ise ölçümler ~1500 m (850mb) ile sınırlıdır ve terselmenin genellikle bu seviyenin altında yaşandığı tahmin edilmektedir. Elde edilen bulgular terselme yaşanan yükselti sınırının 1500 m'den daha yüksek olduğunu gösterse de bu seviyelerde yaşanan terselme olayının oldukça zayıf olduğuna işaret etmektedir. ~1753 m yükselti farkına sahip Gürsu-Uludağ çiftinin yıllık terselme yoğunluğu % 0,61'dir ve Uludağ gibi bir dağ kütesinin daha fazla terselme olayına sebep olması beklenen bir durumdur. Kaynarca-Bolu Dağı çifti, bir diğer düşük terselme yoğunluğuna sahip çifttir ve yıllık terselme yoğunluğu % 0,96 olan çiftin yükselti farkı ~650 m'dir.

4. Tartışma

Yıldırım ve Korkmaz, (1998) Kahramanmaraş'ta Kasım ve Mart aylarında gece ve sabaha karşı ışıma yoluyla meydana gelen radyasyon terselmesinin varlığına değinmiş, bu çalışmada analiz edilen Elbistan-Elbistan Kangal Köyü ve Ekinözü-Ekinözü Alişar Köyü çiftlerinde de soğuk dönem terselme yoğunluklarının (sırasıyla % 33,55-% 15,96) sıcak dönem terselme yoğunluklarından (sırasıyla % 24,01- % 7,31) fazla olduğu ancak Andırın Yeşilova Köyü-Andırın çiftinde sıcak dönem terselme yoğunluğunun (% 1,28) soğuk dönem terselme yoğunluğundan (% 1,07) daha fazla olduğu görülmüştür.

Keser (2002), Kütahya'da soğuk dönemde meydana gelen terselmelerin yine termik kökenli olduğunu (radyasyon terselmesi), ayrıca Ekim-Mayıs arasındaki dönemde de sahanın vadi-çanak şekilli olmasından kaynaklı dinamik terselmelerin varlığından bahsetmiştir. Bu çalışmada analiz edilen Gediz-Gediz Yaylaköy ve Simav-Simav Söğüt Orman Sahası çiftlerinde soğuk dönem terselme yoğunluklarının (sırasıyla % 19,46- % 5,19) sıcak dönem terselme yoğunluklarından (sırasıyla % 9,42- % 3,75) fazla olduğu görülmüştür.

Kunt ve Dursun, (2018) Konya merkezinde yaptıkları hava kirliliği çalışmasında Kasım, Aralık, Ocak ve Şubat aylarında meydana gelen yoğun sis sıcaklık terselmesiyle ilişkilendirmiş ve en fazla sisin Aralık ayında meydana geldiğini belirtmiştir. Konya ilinde bulunan Bozkır-Bozkır Sorkun Yaylası ve Derbent-Derbent Aladağ çiftlerinde de soğuk dönem terselme yoğunlukları (sırasıyla % 32,84- % 6,58) sıcak dönem terselme yoğunluklarından (sırasıyla % 26,21-% 1,66) fazla olduğu belirlenmiştir.

İşkan ve Koç, (2021) İnegöl havzasında yaptıkları çalışmada Kasım-Aralık 2016 ile Ocak-Şubat 2017 tarihlerinde farklı yükseltilere kurdukları istasyonların ölçtüğü sıcaklık verilerden yararlanarak bölgede meydana gelen sıcaklık terselmelerini incelemiş ve söz konusu dört ayda da çeşitli günlerde terselme meydana geldiğini özellikle Kasım ayında 16-27 Kasım arasında ısrarla devam eden bir terselmenin varlığından bahsetmişlerdir.

Azor yüksek basıncına bağlı gelişen hava tipleri İnegöl havzasında terselmenin koşullarını hazırlayan birincil etmen olarak dikkat çekmektedir. İnegöl ilçesini temsil eden bir istasyon çifti olmasa da Uludağ'ın eteklerinde kurulu olan Bursa şehrini temsil etmesi açısından Bursa-Osmangazi Gündoğdu çiftinde yıllık terselme yoğunluğu % 25,71 olarak bulunmuş, soğuk dönem terselme yoğunluğunun (% 29,53), sıcak dönem terselme yoğunluğundan (% 21,87) fazla olduğu görülmüştür. Gürsu-Uludağ çiftinde ise terselme yoğunlukları oldukça düşük olup (yıllık % 0,62) yine soğuk dönem terselme yoğunluğunun (% 0,83) sıcak dönem terselme yoğunluğundan (% 0,40) fazla olduğu görülmüştür.

Coşkun vd., (2020) Karabük-Safranbolu Havzasında 5 istasyonda 2014-2015 kış dönemine ait ölçümler yapmışlar ve Aralık ayında başlayan sıcaklık terselmesinin Şubat ayına kadar alanını genişlettiğini bulmuşlardır. Sahayı temsil etmesi açısından bu çalışmada oluşturulan Safranbolu-Safranbolu Orman Sahası çiftinde de yine soğuk dönem terselme yoğunluğu (% 9,66), sıcak dönem terselme yoğunluğundan (% 4,36) fazla çıkmıştır. Bu çiftle aynı yüksek istasyonu paylaşan Safranbolu Ovacuma Beldesi-Safranbolu Orman Sahası çiftinin ise sıcak dönem terselme yoğunluğu (% 8,62) soğuk dönem terselme yoğunluğundan (% 5,82) daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

Malatya'da yapılan çalışmalarda ise sıcaklık terselmesi, ilkbaharda donlara neden olan bir faktör olarak ele alınmaktadır (Hatun, 2010; Balcıoğlu vd., 2022). Malatya Havzasında yapılan çalışmalar özellikle havza veya vadi tabanlarından yamaç arazilere doğru çıkıldıkça meyve (ör; kayısı) veriminde görülen hasarın daha az olduğunu göstermektedir. Yüksek plato sahalarında kayısı veriminde artış olmaktadır. Çünkü bu alanlar çevresine göre alçak ve çanak görünümde olmadığı için soğuyan hava çökmemekte ve terselme oluşmamaktadır (Balcıoğlu 2022). Battalgazi Meyvecilik Arş. (TAGEM)'de 2009 yılında ciddi don olayları yaşanmış ve bu durum sıcaklık terselmesiyle doğrudan ilişkilendirilmiştir (Hatun, 2010). Battalgazi Meyvecilik Arş. (TAGEM)-Malatya Beydağı Mevki çiftinin hem yıllık (%37,03) hem de sıcak dönem (%37,23) terselme yoğunluğu düşünüldüğünde incelenen çiftler içerisinde terselme yoğunluğu Iğdır'dan sonra en fazla olan çifttir ve bu durum literatürle uyumlu olduğu gibi bu sahada don olayları açısından ciddi bir durum oluşturmaya devam etmektedir. Benzer şekilde terselme yoğunluğu en fazla olan Iğdır'da da sıcaklık terselmesine bağlı don olaylarının varlığı bildirilmiş ve bazı yıllarda meyve tarımından hiç verim alınamaması bu don olaylarına bağlanmıştır (Alım & Kaya, 2005).

Önceki çalışmalar Ankara ve çevresinde sonbahar ve kış mevsiminde etkili olan antisiklonik koşullar nedeniyle termik sıcaklık terselmesinin (Emiroğlu, 1967; Çiçek & Doğan, 2005; Çiçek, 2005) varlığından ve hava kirliliğinin etkilerini arttırdığından (Çiçek vd., 2004), hatta soğuk dönemde çanak morfolojisiyle de doğrudan ilişkili olan bu terselmelerin, antropojenik ısının yere yakın kısımda hapis olmasına neden olarak şehir ısı adası (ŞİA) şiddetini arttırdığından (Çiçek, 2005) bahsetmektedir. Sarı ve Buldur (2017), 1980-2011 yılları verilerini kullanarak Kasım-Mart arası dönemde Karaman-Hadim arasında yaptıkları çalışmada Karaman ve Hadim istasyonlarına ait verilerden elde ettikleri sonuçları doğrulamak amacıyla Ankara'ya ait ravinsonde verilerine başvurmuşlar ve Ankara ile Karaman'ın minimum sıcaklıkları arasında anlamlı bir ilişki bulunduğunu ve

Ankara'da kış mevsiminde gerçekleşen sıcaklık terselmesinin Karaman'da da etkili olduğunu belirtmişlerdir. Ankara il sınırları içerisinde yer alan Elmadağ Barutsan-Elmadağ Yeşildere, Kızılcahamam-Kızılcahamam Yıldırım Orman Sahası, Altındağ Gençlik Parkı-Çankaya Çaldağ, Çankaya TBMM-Çankaya Çaldağ çiftlerinde soğuk dönem terselme yoğunlukları (sırasıyla % 32,55-% 21,04-% 18,23-% 16,13) sıcak dönem terselme yoğunluklarından (sırasıyla % 23,59-% 11,40-% 17,41-% 12,58) fazladır. Sadece Kızılcahamam Güvem Beldesi-Çamlıdere Çamkoru çiftinde sıcak dönem terselme oranı (% 8,79), soğuk dönem terselme oranından (% 8,43) fazla çıkmıştır.

Elde edilen sonuçlar terselme yoğunluklarının aynı il sınırları içerisinde bile birbirinden çok farklı değerler alabildiğini göstermiştir. Bu durum Türkiye için bölgesel yorumlar yapmayı zorlaştırmaktadır. Öyle ki birbirine çok yakın iki çiftten birinin soğuk dönem terselme yoğunluğu fazlayken, diğerinin sıcak dönem yoğunluğu daha fazla olabilmektedir. Sıcak dönemde terselme yoğunluğu daha fazla olan çiftler incelendiğinde, 13 çiftin 8 tanesinin alçak istasyonunun bir baraj veya göl çevresinde kurulmuş olması dikkat çekicidir (Şekil 13).

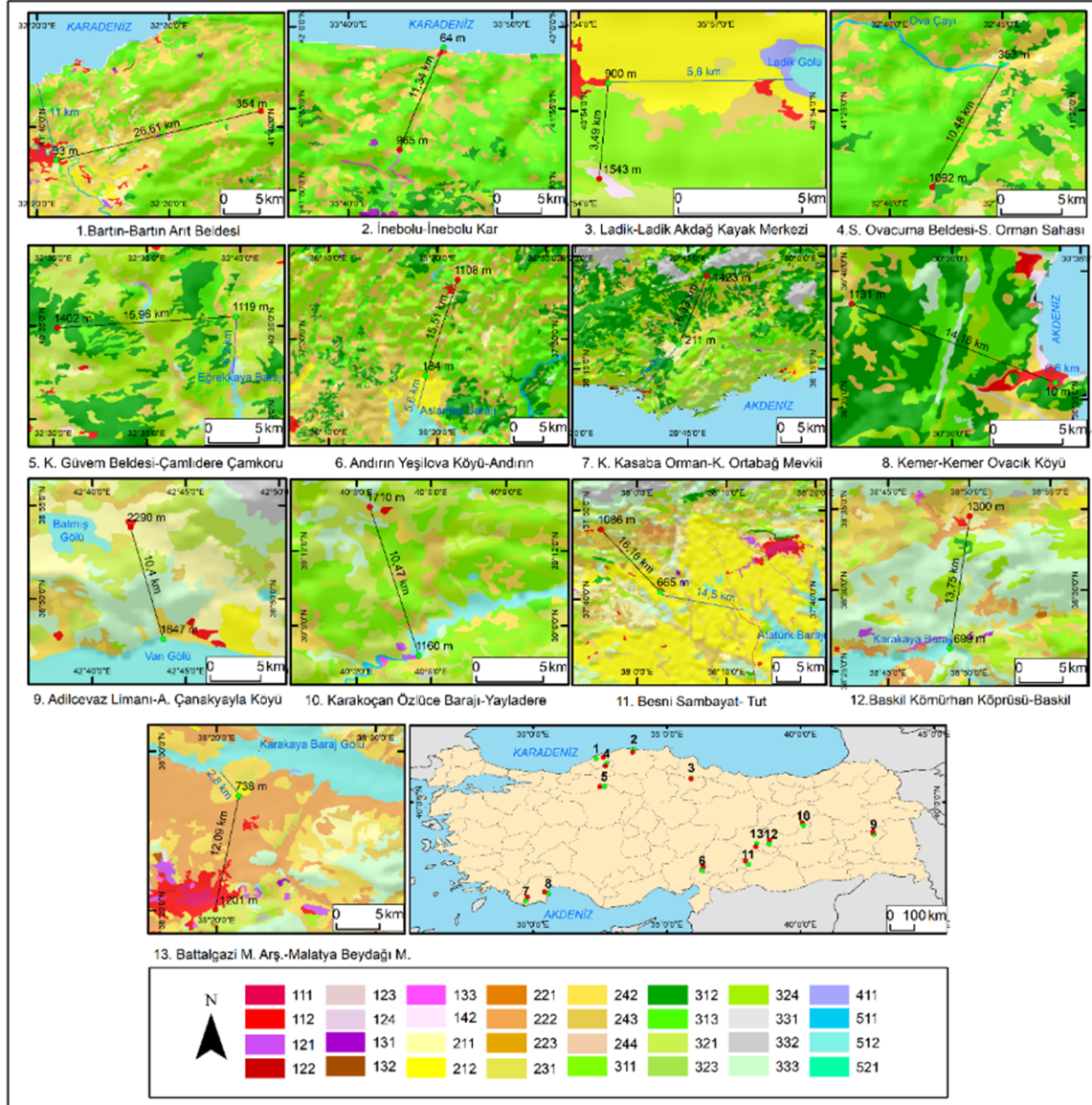
Sıcak dönem terselme yoğunluğu daha fazla olan çiftler içinde Adilcevaz Limanı-Adilcevaz Çanakyayla Köyü (Van Gölü), Karakoçan Özlüce Barajı-Yayladere (Özlüce Barajı) ve Baskil-Kömürhan Köprüsü-Baskil (Karakaya Barajı) çiftlerinin alçak istasyonu doğrudan bir göl veya baraj kenarında yer almakta dolayısıyla buralarda meydana gelen terselmenin doğrudan su kütlesinin varlığına bağlı olabileceğini düşündürmektedir. Göller ve barajlar gibi su kütlelerinin, sıcak dönemlerde etkili bir soğutma sağladığı ve komşu alanlarda ve su üzerinde termal hissi iyileştirdiği sıklıkla varsayılır (İakunin vd., 2018; Jacobs vd., 2020). Sıcak hava dönemlerinde, su kütleleri, özellikle günün en sıcak saatlerinde, üstteki havadan genellikle daha soğuktur (Broadbent vd., 2018). En az yarım metre derinliğe sahip su kütleleri için, suyun büyük ısı kapasitesi ile türbülanslı karışma yoluyla ısıyı yüzeyinden uzaklaştırma yeteneğinin birleşimi nedeniyle bu sıcaklık farklılıklarının olması beklenir (Oke, 1987). Özellikle ilkbahar ve yaz başlarında, göllerin kıştan çıkışta hâlâ soğuk olması, karadan gelen daha sıcak hava kütleleriyle temas ettiğinde aşağı seviyelerde negatif lapse rate oluşturmada (Laird vd., 2001) ve bu durum sıcak dönemde terselmeye neden olmaktadır. Başka bir deyişle, su yüzeyine yakın hava kütlelerinin kondüksiyon yoluyla soğuyarak, üst seviyelere göre daha serin kalabildiği (Qi vd., 2025), böylece yer seviyesinde terselme oluşumuna zemin hazırladığı düşünülmektedir.

Doğrudan bir su kütlesi sınırında olmasa da sıcak dönem terselme yoğunluğu fazla olan çiftlerden 5 tanesinin de yakınındaki göl veya barajdan etkilendiği düşünülmektedir (Şekil 13-3,5,6,11,13). Bu çiftlerin alçak istasyonunun su kütlesine uzaklığı 2,8 km ile 14,5 km arasında değişmektedir. Üstelik bu alçak istasyonlardan 4 tanesinin sürekli sulanan alanlar üzerinde olmasının (Şekil 13-3,6,11,13) da doğrudan terselme koşulları yaratabileceği (Bonan, 2000; Broadbent vd., 2017) veya su kütlesinden kaynaklı kondüksiyon etkisiyle birleşerek terselme yoğunluğunu arttırabileceği düşünülmektedir.

Kıyıya yakın istasyonlarda da benzer bir durum geçerlidir. Deniz suyu karaya göre daha yavaş ısındığı için, yaz aylarında sabah saatlerinde ya da deniz meltemi etkisiyle kıyı bölgelerinde alt atmosfer tabakası göreceli olarak daha serin kalabilir. Bu da

özellikle rüzgârsız ve sakin hava koşullarında deniz kaynaklı sıcaklık terselmesi oluşmasına katkı sağlayabilir (Wang vd., 2023). İnebolu-İnebolu Kar çiftinin 64 m yükseklikteki alçak istasyonu denizden doğrudan etkilenmektedir ve iki istasyon arasındaki mesafe (11,34 km) ve yükselti farkı (901 m) incelendiğinde, deniz etkisinin belli bir mesafede etkili olması nedeniyle alçak istasyon daha serin koşullarda olabilir. Kaş-Kasaba Orman Sahası-Kaş Ortabağ Mevkii ve Kemer-Kemer Ovacık Köylerinde de benzer bir durum söz konusudur. Çiftlerin alçak ve yüksek istasyonları arasındaki yükselti farkları da göz

önünde bulundurulduğunda (sırasıyla 1212 m, 1121 m) bu durum olası görülmektedir. Bartın-Bartın Arıt Beldesi çiftinin alçak istasyonu ise kıyıya 11 km mesafede ve 33 m yükseklikte ancak sürekli şehir yapısı içerisinde konumlanmaktadır. Bu durum ŞİA etkisi nedeniyle düşündürücü olsa da istasyonların konumu nedeniyle deniz etkisinin yüksek istasyona ulaşmaması, güneş ışınları yüksek istasyonu ısıtırken alçak istasyonun deniz etkisiyle serin kalması nedeniyle terselme koşulları olası görülmektedir.



Şekil 13. Sıcak dönem terselme yoğunluğu soğuk dönem terselme yoğunluğundan fazla olan istasyon çiftlerinin CORINE Arazi Örtüsü Haritaları (111: Sürekli Şehir Yapısı, 112: Kesikli/Sürekli Şehir Yapısı, 121: Endüstriyel ve Ticari Birimler, 122: Karayolları, Demiryolları ve İlgili Alanlar, 123: Limanlar, 124: Havaalanları, 131: Maden Çıkarım Sahaları, 132: Boşaltım Sahaları, 133: İnşaat Sahaları, 142: Spor ve Eğlence Alanları, 211: Sulanmayan Ekilebilir Alanlar, 212: Sürekli Sulanan Alanlar, 221: Üzüm Bağları, 222: Meyve Bahçeleri, 223: Zeytinlikler, 231: Mera Alanları, 242: Karışık Tarım Alanları, 243: Doğal Bitki Örtüsü ile Birlikte Bulunan Tarım Alanları, 244: Ormanla Karışık Tarım Alanları, 311: Geniş Yapraklı Ormanlar, 312: İğne Yapraklı Ormanlar, 313: Karışık Ormanlar, 321: Doğal Çayırliklar, 323: Sklerofil Bitki Örtüsü, 324: Bitki Değişim Alanları, 331: Sahiller, Kumsallar ve Kumluklar, 332: Çıplak Kayaliklar, 333: Seyrek Bitki Alanları, 411: Karasal Bataklıklar, 511: Su Yolları, 512: Su Kütleleri, 521: Kıyı Lagünleri).

Figure 13. CORINE 2018 Land Cover Maps of station pairs where warm period inversion intensity is higher than cold period inversion intensity (111: Continuous urban fabric, 112: Discontinuous urban fabric, 121: Industrial or commercial units, 122: Road and rail networks and associated land, 123: Port areas, 124: Airports, 131: Mineral extraction sites, 132: Dump sites, 133: Construction sites, 142: Sport and leisure facilities, 211: Non-irrigated arable land, 212: Permanently irrigated land, 221: Vineyards, 222: Fruit trees and berry plantations, 223: Olive groves, 231: Pastures, 242: Complex cultivation patterns, 243: Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation, 244: Agro-forestry areas, 311: Broad-leaved forest, 312: Coniferous forest, 313: Mixed forest, 321: Natural grasslands, 323: Sclerophyllous vegetation, 324: Transitional woodland-shrub, 331: Beaches, dunes, sands, 332: Bare rocks, 333: Sparsely vegetated areas, 411: Inland marshes, 511: Water courses, 512: Water bodies, 521: Coastal lagoons).

Safranbolu Ovacuma Beldesi-Safranbolu Orman Sahası çiftinin durumu ise tartışmaya açıktır. Alçak istasyon karışık tarım alanları üzerinde ve Ova Çayı kenarında kuruludur. Her ne kadar akarsuların da göller gibi serinletici etkisi olduğundan bahseden çalışmalar (Murakawa vd., 1991) olsa da bu çalışmaların kentsel alanlara ve kısa mesafelere odaklanmış olması, çiftin konumu ve arazi örtüsü düşünüldüğünde sıcak dönem terselme yoğunluğunun fazla olmasını açıklama da yeterli görülmemiştir.

Mevcut literatür, doğrudan sıcaklık terselmeleri ile göllerin soğutucusu etkisini tartışmasa da göl ve kıyı bölgelerinde sıcak dönemde sıcaklığı düşürücü etkileri olduğundan, hatta kentsel alanlarda soğutma adaları işlevi gördüğünden bahsetmektedir (Spronken-Smith & Oke, 1998; Sun & Chen, 2012). Saaroni ve Ziv (2003), İsrail'in Tel Aviv kentinde, Begin Parkı'ndaki küçük bir gölün soğutma etkisini incelemiş ve öğle vakti maksimum 1,6 °C'lik bir soğutma etkisi gözlemlemişlerdir. Gündüz saatlerinin çoğunda su buharı basıncında önemli bir değişiklik gözlenmemiş, göl etkisinin nem taşınmasından ziyade soğutma ile ilgili olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, küçük su kütlelerinin bile gündüz saatlerinde, 40 m mesafe içinde, hem kuru hem de nemli sıcak hava koşullarında sıcaklığı düşürücü etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Qi vd. (2025), Temmuz-Ağustos 2024 döneminde Tianlai Gölü'nde saatlik hava sıcaklığı ölçümleri gerçekleştirmiş ve göl sınırından 30 m mesafeye kadar soğutucu etkisi olduğunu, sıcaklığın kıyı şeridinde yakın yerlerde 2 °C'ye kadar düştüğünü belirtmişlerdir. Iakunin vd. (2018), Portekiz'in güneydoğusunda bulunan Alqueva yapay gölünün serinletici etkisinin gündüz saatlerinde kıyından 6 km uzaklığa ve göl yüzeyinden 300 m yüksekliğe kadar gözlemlendiğini belirtmiş; Broadbent vd. (2017), Güney Avustralya'nın Adelaide kentinde su kütlelerinin, yakınındaki alanın maksimum değerinden 1,8 °C daha soğuk olduğunu belirtmişlerdir. İstatistiksel olarak rüzgâr yönünde su oranındaki %25'lik bir artışın -0,10 °C'lik bir soğuma ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada ayrıca sulamanın da sıcaklıkları azaltabileceği belirtilmiştir. Bonan (2000) da sıcak yaz günlerinde Colorado'daki bir mahallede, sulanan alanların bitki örtüsü olmayan alanlardan birkaç derece daha serin olduğunu ve sulanan park alanlarının ortalama sıcaklığının sulanmayan çimenlerden 6 °C daha serin olduğunu belirtmiştir. Laird vd. (2001), Michigan gölü çevresinde göl esintilerinin ilkbahar ve yaz başlarında daha sık meydana geldiğini ve bu durumun, göl yüzeyinin karaya göre daha soğuk olmasıyla ilişkili olduğunu belirtmiştir. Mevcut literatür, yüzeye yakın hava katmanlarının göl yüzeyinden etkilenecek serin kalmasının, yerel sıcaklık profillerinde terselme benzeri yapılar oluşturabileceğini destekler niteliktedir.

Ancak her göl ya da baraj yaz başında soğuk olmayabilir. Sığ ve küçük su kütleleri daha hızlı ısınır. Eğer su yüzeyi çevredeki kara ile benzer sıcaklıktaysa, kondüksiyonla hava katmanını soğutacak bir ısı farkı oluşmaz. Özellikle sığ barajlarda, güneşlenmeye açık ve akıntısı olmayan alanlarda sıcaklık yüksek olabilir. Ayrıca alçak istasyon rüzgâra açık bir noktadaysa bu durum terselme oluşumunu önler, bir yerleşim yerine yakınsa, çevresinde sanayi, beton yüzey, asfalt varsa veya ısı adası konumundaki herhangi bir alanda yer alıyorsa; bu faktörler göl etkisini dengeleyip, yüzeye yakın sıcaklığı artırarak terselmenin oluşmasını engelleyebilir. Üstelik vadi ve çanaklarda kurulmuş şehirlerde ŞIA etkisi ve terselme ilişkisi karmaşıktır. Öyle ki, Li ve Chao (2018) sıcaklık terselmesinin ŞIA kaynaklı dolaşımı genel-

likle zayıflatıldığını ve daha alçak seviyelerde sınırlandığını, ancak terselmenin yoğunluğunun azalması durumunda üst seviyelerdeki sıcaklık gradyanlarının etkisiyle dolaşımın tekrar güçlenebileceğini ortaya koymuştur. Bornstein (1968) ise New York'ta yaptığı gözlemlerle, kent içinde görülen terselmelerin kırsal alanlara göre daha seyrek ve daha zayıf olduğunu rapor etmiştir. Bu, şehirlerde geceleri ŞIA etkisinin terselmeyi kısmen zayıflatıldığını düşündürmektedir. Daneshvar vd. (2024), İran'ın Meşhed kentinde 2018–2022 döneminde yapılan gözlemlerle ŞIA ve sıcaklık terselmesi ilişkisini incelemiş ve terselme olaylarının büyük oranda gece radyasyon terselmesi ile bağlantılı olduğunu, özellikle sakin atmosfer koşullarında, yüksek basınç ve zayıf rüzgâr altında kentsel yüzeylerin geç soğumasının, ŞIA'nın etkisini artırarak terselmenin sıklığını ve yoğunluğunu etkilediğini belirtmişlerdir. Rendón vd. (2015) ise terselmenin atmosferik karışımı baskıladığını ve sınır tabakasını incelttiğini ortaya koymuştur. Bununla birlikte yüzey pürüzlülüğünün (örneğin kentsel yüzeyler, binalar) mekanik karışımı artırarak bu baskıyı kısmen hafifletebildiğini dolayısıyla güçlü terselme koşullarında ŞIA dolaşımı zayıflarken, daha zayıf terselme ve yüksek pürüzlülük koşullarında karışımın korunmasının ŞIA etkisinin tamamen ortadan kalkmasını engellediğini belirtmişlerdir. Yılmaz (2017) ise Türkiye'de, geceleri ısı adası konumunda olan bazı şehirlerin gündüzleri negatif ısı adası özelliği gösterdiğini, yarı kurak alanlarda sabahları ve geçiş mevsimlerinde bazı şehirlerin çevrelerine göre daha geç ısınmasından kaynaklı olarak daha soğuk özellikte kaldığını belirtmiştir. Bu durum, gündüzleri negatif ısı adası konumundaki şehirlerde sıcaklık terselmesi oluşabileceğini göstermektedir. Ayrıca denizel alanların, genel olarak gündüzleri şehre göre soğuk özellik gösterirken, geceleri şehirden daha yüksek sıcaklık özellikleri gösterdiğini ve bu durumun kıyılarda meltemlerin gelişmesine neden olduğunu, meltemler nedeniyle de şehir kıyısındaki sahalarında sıcaklığın azalarak şehir yapısından farklı sıcaklık özellikleri gösterdiğini vurgulamıştır (Yılmaz, 2017). Bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, ŞIA–Terselme ilişkisi çok boyutlu ve karmaşık bir etkileşim sergilemektedir. Bu nedenle, ŞIA–Terselme etkileşimi hem mevsimsel koşullar hem de yüzey–atmosfer etkileşimleri göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

Kondüksiyonla terselme oluşumu ise, gölün fiziksel özelliklerinden meteorolojik koşullara ve hatta istasyonun kendisine kadar uzanan birçok faktöre bağlı olabilir; gölün derinliği/sıcaklığı, rüzgâr durumu, istasyonun konumu, çevresel ısı kaynakları gibi faktörlerin daha detaylı analizine ihtiyaç vardır. Ayrıca bakı, alçak istasyonun güneşlenme süresi, vadi-çanak genişliği-yüksekliği gibi faktörler de alçak ve yüksek istasyon arasındaki sıcaklık farklarına sebep olabilmektedir. Örneğin, vadi tabanları güneşin ilk ışınlarını gün doğumunda komşu tepelerden daha geç alabilir ve öğleden sonra tam tersi olabilir. Dolayısıyla, belirli bir zamanda bu iki yer arasındaki sıcaklık farkı hesaplanandan daha küçük olabilir (Joly & Richard, 2022). İğdır-İğdır Üniversitesi çiftinin yoğunluğunda bu durum etkili olabilir. Çünkü İğdır'ın İğdır Dağının doğusunda vadi tabanında yer alması, yüksek istasyon daha erken ısınırken alçak istasyona güneş ışıklarının daha geç zamanda ulaşmasına, bu durum da doğal olarak sıcaklık terselmesinin sürekli oluşmasına neden olmaktadır. Battalgazi Meyvecilik Arş.-Malatya Beydağı çiftinde her iki istasyon da Beydağı'nın kuzeyinde kalmaktadır ve aynı bakı yönüne sahiptir. Bu duruma ek olarak burada meydana gelen terselmenin baraj etkisiyle beraber daha sık yaşandığı

düşünülmektedir. Kayseri/Erkilet Havalimanı-Hacılar çiftinde de Erciyes dağının kütlesinin alçak istasyonun güneşlenme süresini etkileyebileceği söylenebilir. Ancak bakı da tek başına terselme oluşumunu açıklamada yeterli değildir. Joly ve Richard (2018), terselmenin düşük istasyon yüksek konumdaysa daha sık, yoğun ve uzun süreli olduğunu belirtmiştir. Üstelik bu durum, Bolu Dağı'nın iki farklı yamacındaki sonuçlarla desteklenmektedir (Şekil 12-6). Kaynaşlı-Bolu Dağı çiftinin terselme yoğunluğu % 0,96 iken diğer yamaçtaki Bolu-Bolu Dağı çiftinin yıllık terselme yoğunluğu % 8,88 çıkmaktadır. Bolu istasyonunun hem daha yüksek bir konumda olması hem de etrafının Kaynaşlı'ya göre daha açık bir konumda olması, soğuk hava kütlelerinin hareketine olanak vermekte, bu nedenle terselme yoğunluğunu arttırmaktadır.

5. Sonuç

Sonuç olarak bu çalışmada;

- Türkiye'deki 89 istasyon çifti analiz edilmiş ve yıllık terselme yoğunluklarının % 0,62 ile % 48,13 arasında değiştiği görülmüştür.
- Hem sıcak hem de soğuk dönemde terselme olayı görülmekte, terselme olayı yıl boyu oluşabilmektedir.
- İğdır-İğdır Üniversitesi çifti % 48,13 ile yıllık terselme yoğunluğu, %54,89 ile soğuk dönem terselme yoğunluğu, %41,44 ile sıcak dönem terselme yoğunluğu en fazla olan çift olmuştur.
- Terselme yoğunluğu ile yükselti farkı, yükselti ortalaması, denize uzaklık ve enlem arasındaki ilişkiler incelendiğinde Türkiye genelinde terselme yoğunluğu üzerinde özellikle çiftlerin her iki istasyonu arasındaki yükselti farkının ön plana çıktığı görülmüştür. Fark azaldıkça terselme yoğunluğu artmaktadır. Terselme oluşumu özellikle 1500-1800 m civarında sınırlandırılmaktadır.
- Doğu Anadolu Bölgesinde terselme oluşumu üzerinde en önemli etkenin enlem olduğu, bunun basınç sistemleri ilişkili olabileceği değerlendirilmiştir.
- Göl/Baraj gibi su kütlelerinin soğutucu etkisi ile sürekli sulanan alanların çevresine göre daha serin konumda kalarak sıcak dönemde terselme oluşumunu arttırdığı düşünülmektedir.
- Genel olarak Türkiye'de soğuk dönemde terselme yoğunluklarının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bu durum, mevcut literatürle de uyumlu görünmekle birlikte literatürdeki en büyük boşluk, daha önce de belirtildiği üzere Türkiye'de yapılan çalışmaların halihazırda soğuk dönem sıcaklık terselmelerine odaklanmış olmasıdır.

Çıkar Çatışması/Conflict of Interest: Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması yaşamadıklarını beyan ederler./The author declare that they have no conflicting interest.

Etik Kurulu Onayı/ Ethics Committee Approval: Bu çalışma için Etik Kurul Onay Belgesi gerekmemektedir. /Ethics Committee Approval is not required for this study.

Yazar Katkısı/Author contribution: Z.Z. verilerin elde edilmesini ve analizini sağlamış, makalenin ilk taslağını hazırlamıştır. Çalışmanın giriş bölümü Z.Z. tarafından yazılmıştır. E.Y. analiz sonuçlarını kontrol etmiş ve son düzenlemeleri yapmıştır. Makalenin yöntem, bulgular ve tartışma bölümleri Z.Z. ve E. Y. tarafından birlikte yazılmıştır. Z.Z. contributed to the acquisition and analysis of the data and prepared the first draft of the manuscript. The introduction section was written by Z.Z.. E.Y. reviewed the analysis results and made the final improvements. The methods, results, and discussion sections were jointly written by Z.Z. and E.Y.

Katkı Belirtme ve Teşekkür/Acknowledgements: Yazarlar görüş ve önerileriyle çalışmanın daha iyi bir noktaya erişmesine katkı veren hakemlere teşekkür ederler./ The authors would like to thank the referees who contributed to the study reaching a better point with their opinions and suggestions.

Kaynakça

- Akmaz, U. (2017). Düzce ili hava kalitesi indeksi (PM10) izlenmesi ve durum tespiti. İçinde VII. Ulusal hava kirliliği ve kontrolü sempozyumu bildiriler kitabı (ss. 842-852). Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi. <http://hkadtmk.org/Bildiriler/HKK-2017/Bildiriler/071.pdf>
- Alım, M., & Kaya, G. (2005). İğdır'da kayısı tarımı ve başlıca sorunları. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 14, 47-65. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ataunidcd/issue/2435/30937>
- Alpar, R. (2003). *Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel yöntemlere giriş 1*. Nobel Yayın Dağıtım.
- Alkan, A. (2018). Hava kirliliğinin ciddi boyutlara ulaştığı kentlere bir örnek: Siirt. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 641-666. <https://dergipark.org.tr/en/pub/bitlissos/issue/41200/475981>
- Bailey, A., Chase, T. N., Cassano, J. J., & Noone, D. (2011). Changing temperature inversion characteristics in the U.S. southwest and relationships to large-scale atmospheric circulation. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50(6), 1307-1323. <https://doi.org/10.1175/2011JAMC2584.1>
- Balcıoğlu, Y. E., Kaya, C., & Demircan, M. (2022). İklim değişikliğinin Malatya ilinde kayısı rekoltesi ve coğrafi dağılışı etkileri. *JENAS Journal of Environmental and Natural Studies*, 4(2), 119-146. <https://doi.org/10.53472/jenas.1136337>
- Bonan, G. B. (2000). The microclimates of a suburban Colorado (USA) landscape and implications for planning and design. *Landscape and Urban Planning*, 49(3-4), 97-114. [https://doi.org/10.1016/S0169-2046\(00\)00071-2](https://doi.org/10.1016/S0169-2046(00)00071-2)
- Bornstein, R. D. (1968). Observations of the urban heat island effect in New York City. *Journal Of Applied Meteorology and Climatology*, 7(4), 575-582.

[https://doi.org/10.1175/1520-0450\(1968\)007<0575:OOTUHI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0450(1968)007<0575:OOTUHI>2.0.CO;2).

Broadbent, A. M., Coutts, A. M., Tapper, N. J., Demuzere, M., & Beringer, J. (2018). The microscale cooling effects of water sensitive urban design and irrigation in a suburban environment. *Theoretical and Applied Climatology*, 134, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2241-3>

Buldur, A. D., & Sarı, S. (2018). Sıcaklık terselmesinin hava kirliliğine etkisi (Isparta şehir merkezi örneği). *Journal of Turkish Studies*, 13(3), 163-179. <https://doi.org/10.7827/turkishstudies.12858>

Coşkun, M., Coşkun, S., & Gözalan, S. (2020). Temperature inversion winter seasonal in Karabuk-Safranbolu Basin: Possible effects on natural and human environment (Turkey). *Turkish Studies*, 15(1), 71-82. <https://doi.org/10.29228/turkishstudies.40320>

Çiçek, İ. (2005). Ankara'da şehir ve kırsal sıcaklık farklarındaki değişiklikler (1970-2002). *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 1-16. <https://dergi-park.org.tr/en/pub/firatsbed/issue/45191/565904>

Çiçek, İ., & Doğan, U. (2005). Ankara'da şehir ısı adasının incelenmesi. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 3(1), 57-72. https://doi.org/10.1501/Cogbil_00000000049

Çiçek, İ., Türkoğlu, N., & Gürgen, G. (2004). Ankara'da hava kirliliğinin istatistiksel analizi. *Fırat Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(2), 1-18. <https://dergi-park.org.tr/en/download/article-file/71991#page=7>

Çiftçi, Ç., Dursun, Ş., Levend, S., & Kunt, F. (2013). Topoğrafik yapı, iklim şartları ve kentleşmenin Konya'da hava kirliliğine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 1(1), 19-24. <https://dergipark.org.tr/en/pub/ejosat/issue/5383/73020>

Çimen, N., Yağan, Y., & Polatkan, Ö. (2007). *Aeroloji*. Çevre ve Orman Bakanlığı Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü. <https://mgm.gov.tr/FILES/genel/kitaplar/aeroloji.pdf>

Çukur, H., & Aygören, T. (2018). Denizli'de hava kirliliği ve iklimatik özellikler arasındaki ilişkiler. *The Journal of Academic Social Science*, 6(82), 594-611. <http://dx.doi.org/10.16992/ASOS.14336>

Emiroğlu, M. (1967). Ankara şehrinde hava kirlenmesini arttıran doğal faktörler. *Türk Coğrafya Dergisi*, (24-25), 172-193. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/198906>

Erol, O. (2011). *Genel klimatoloji* (9. bs). Çantay Kitabevi.

Garipağaoğlu, N., & Duman, C. (2017). Bursa kenti hava kalitesinin zaman içerisindeki değişimi. *Marmara Coğrafya Dergisi/Marmara Geographical Review*, 36, 57-70.

<https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/325748>

Gürbüz, M., & Özdemir, Y. (2016). Afşin-Elbistan termik santrallerinin çevre kirliliği üzerindeki etkilerinin meşafe tabanlı algı analizi. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 36, 95-118. <https://doi.org/10.17295/dcd.43895>

Hatun, Ü. (2010). *Malatya havzası ve çevresinde iklim özelliklerinin meyveciliğe etkisi* (Tez No. 253977) [Yüksek lisans tezi, Fırat Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/TezGoster?key=NtBAevXNhYaNqJFoAcdBdrG4tqHhSLwYbzOKVfQpNqpeQDWqJgYToaUn-POmeLYs>

Hu, Y. G., Asante, E. A., Lu, Y. Z., Mahmood, A., Buttar, N. A., & Yuan, S. Q. (2018). Review of air disturbance technology for plant frost protection. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(3), 21-28. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181103.3172>

Iakunin, M., Salgado, R., & Potes, M. (2018). Breeze effects at a large artificial lake: summer case study. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(10), 5191-5210. <https://doi.org/10.5194/hess-22-5191-2018>

İbret, B. Ü., & Aydınözü, D. (2009). Şehirleşmede yanlış yer seçiminin hava kirliliği üzerine olan etkisine bir örnek: Kastamonu şehri. *İstanbul Üniversitesi Coğrafya Dergisi*, 18, 71-88. <https://dergipark.org.tr/en/pub/iucografya/issue/25046/264418>

İşkan, S., & Koç, T. (2021). İnegöl (Bursa) havzasında hava kalitesinin fiziki ortam ile ilişkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 77, 7-18. <https://doi.org/10.17211/tcd.871839>

Joly, D., & Richard, Y. (2018). Topographic descriptors and thermal inversions amid the plateaus and mountains of the Jura (France). *Climatologie*, 15, 46-61. <https://doi.org/10.4267/climatologie.1335>

Joly, D., & Richard, Y. (2022). Temperature inversions in France—Part A: time variations. *Climatologie*, 19, 4. <https://doi.org/10.1051/climat/202219004>

Kachar, H., Mobasheri, M. R., Abkar, A. A., & Rahim Zadeh, M. (2015). Detection and modeling of temperature inversion in the atmosphere using MODIS images (Case study: Kermanshah). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences-ISPRS Archives*, 40(1W5), 357-363. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-1-W5-357-2015>

Karadoğan, S., & Kavak, M. T. (2017). Diyarbakır havzasında iklim üzerinde etkili olan yer şekilleri ve litolojik faktörlerin MODIS uydu görüntüsü verileri ile incelenmesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni / Geological Bulletin of*

- Turkey, 60, 557-568. <https://doi.org/10.25288/tjb.363822>
- Keser, N. (2002). Kütahya'da hava kirliliğine etki eden topografik ve iklimatik faktörler. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 5, 69-100. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/718707>
- Khalesi, B., & Mansouri Daneshvar, M. R. (2020). Comprehensive temporal analysis of temperature inversions across urban atmospheric boundary layer of Tehran within 2014–2018. *Modeling Earth Systems and Environment*, 6(2), 967-982. <https://doi.org/10.1007/s40808-020-00732-x>
- Kopar, İ., & Zengin, M. (2009). Coğrafi faktörlere bağlı olarak Erzurum kentinde hava kalitesinin zamansal ve mekânsal değişiminin belirlenmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 53, 51-68. <https://doi.org/10.17211/tcd.80672>
- Kunt, F., & Dursun, Ş. (2018). Konya merkezinde hava kirliliğine bazı meteorolojik faktörlerin etkisi. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(1), 54-61. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ucbad/issue/38456/446065>
- Li, Y., & Chao, J. (2018). Theoretical urban heat island circulation in the temperature inversion profile. *Atmosphere*, 9(3), 98. <https://doi.org/10.3390/atmos9030098>
- Mansouri Daneshvar, M. R., Khatami, R., & Ebrahimi, M. (2024). An analysis of urban heat island based on the temperature inversion across the atmospheric boundary layer in Mashhad, Iran (2018–2022). *Spatial Information Research*, 32(5), 607-622. <https://doi.org/10.1007/s41324-024-00585-x>
- Oke, T. R. (2002). *Boundary layer climates*. Routledge.
- Qi, X., Wang, J., & Yao, F. (2025). Impacts of small lakes and underlying surface characteristics on local thermal environments in summer. *Water*, 17(9), 1327. <https://doi.org/10.3390/w17091327>
- Rendón, A. M., Salazar, J. F., Palacio, C. A., & Wirth, V. (2015). Temperature inversion breakup with impacts on air quality in urban valleys influenced by topographic shading. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 54(2), 302-321. <https://doi.org/10.1175/JAMC-D-14-0111.1>
- Saaroni, H., & Ziv, B. (2003). The impact of a small lake on heat stress in a Mediterranean urban park: the case of Tel Aviv, Israel. *International journal of Biometeorology*, 47, 156-165. <https://doi.org/10.1007/s00484-003-0161-7>
- Sarı, S., & Buldur, A. D. (2017). Topografyanın minimum ekstrem sıcaklıklara etkisi (Karaman-Hadim örneği). *Electronic Turkish Studies*, 12(29). <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.12581>
- Sever, R. (2008). Malatya'daki hava kirliliğine coğrafi bakış. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 13(20), 59-76. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/26710>
- Spronken-Smith, R. A., & Oke, T. R. (1998). The thermal regime of urban parks in two cities with different summer climates. *International Journal of Remote Sensing*, 19(11), 2085–2104. <https://doi.org/10.1080/014311698214884>
- Sun, R., & Chen, L. (2012). How can urban water bodies be designed for climate adaptation?. *Landscape and Urban Planning*, 105(1-2), 27-33. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2011.11.018>
- Şahin, C. (1989). Hava kirliliği ve hava kirliliğini etkileyen doğal çevre faktörleri. *Atatürk Kültür Dil ve Tarih Yüksek Kurumu Coğrafya Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 194-208. https://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/cadata1_3.pdf
- Tağıl, Ş. (2007). Balıkesir'de hava kirliliğinin solunum yolu hastalıklarının mekansal dağılışı üzerine etkisini anlamada jeo-istatistik teknikler. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 5(1), 37-56. https://doi.org/10.1501/Cogbil_0000000070
- Türkeş, M. (1996). Kent ve bölge planlamasında topoğrafyaya bağlı yerel rüzgarlar. *AÜ Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi*, 5, 213-227. https://tucaum.ankara.edu.tr/wp-content/uploads/sites/280/2015/08/tucaum5_9.pdf
- Voronoi, G. (1907). Nouvelles applications des paramètres continus à la théorie des formes quadratiques. *J. reine angew. Math*, 133, 97-178. <https://doi.org/10.1515/crll.1908.133.97>
- Yang, L., Liu, X., & Qian, F. (2020). Research on water thermal effect on surrounding environment in summer. *Energy and buildings*, 207, 109613. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109613>
- Yıldırım, U., & Korkmaz, H. (1998). Kahramanmaraş'ta coğrafi faktörlerin hava kirliliğine etkileri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 33, 389-411. <https://doi.org/10.17211/tcd.62014>
- Yılmaz, E. (2019). Mobil Ölçümlerle Ankara Şehir Isı Adası. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 17(2), 281-317. <https://doi.org/10.33688/aucbd.600933>
- Yılmaz, E., (2017). Türkiye'nin bazı şehirlerindeki ısı adası özellikleri. İçinde Arslan, F. (Ed.), *Prof. Dr. Mesut Elbüyük'e Armağan Kitabı, Türkiye Coğrafyası Araştırmaları* (ss.177-205). Pegem Yayınevi.

- Yılmaz, E., & Özcanlı, M. (2022, Ekim 07). Ağrı Dağı çevresinde arazi örtüsü değişikliği ve sıcaklık bulutluluk eğilimleri, [Konferans sunumu], 4. *Coğrafya Eğitimi Kongresi, UCEK 2022. Karabük, Türkiye.*
- Yılmaz, M., Parlak, S., & Erken, K. (2021). Ormanlarda sıcaklık ve vejetasyon terselmesi. *Ağaç ve Orman*, 2(1), 7-14. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/agacorman>