



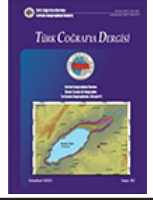
Basılı ISSN 1302-5856

Türk Coğrafya Dergisi

Turkish Geographical Review

www.tcd.org.tr

Elektronik ISSN 1308-9773



Türkiye’de belirlenen istasyon çiftlerinde yağış-yükselti ilişkisi¹

The precipitation-elevation relationship in identified station pairs in Turkey²

Büşra Kırıcı ^{a*}  Erkan Yılmaz ^b ^a Kastamonu Üniversitesi, İnsan ve Toplum Bilimleri Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Kastamonu, Türkiye.^b Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ankara, Türkiye.

ORCID: B.K. 0000-0002-2731-3846; E.Y. 0000-0002-3821-3648

BİLGİ / INFO

Geliş/Received: 13.05.2023

Kabul/Accepted: 20.06.2023

Anahtar Kelimeler:

İstasyon çifti

Yağış gradyanı

Yoğuşma seviyesi

Keywords:

Station pairs

Precipitation gradient

Condensation level

*Sorumlu yazar/Corresponding author:

(B. Kırıcı) busrakirci@kastamonu.edu.tr

DOI: 10.17211/tcd.1296754



Atf/Citation:

Kırıcı, B., & Yılmaz, E. (2023). Türkiye’de belirlenen istasyon çiftlerinde yağış-yükselti ilişkisi. *Türk Coğrafya Dergisi*, (82), 51-62. <https://doi.org/10.17211/tcd.1296754>

ÖZ / ABSTRACT

Yükselti arttıkça yağışın da artacağı yönündeki genel kabul, uluslararası literatürde geçerliliğini korurken, ulusal yayınlarda çoğunlukla Schreiber Formülü olarak bilinen eşitlikten yararlanılmaktadır. Formülün, yağışın belirli bir yükselti mesafesinde belirli bir miktarda artacağını önerdiği model, statik bir yaklaşım olup, yağışın yükseltiyle artmadığı durumları tespit etmede kullanışsızdır. Yağış, doğal çevrenin başlıca bileşenlerinden biri olarak, beşeri hayatı doğrudan veya dolaylı yollardan etkilemektedir. Bu bakımdan yağışın gerçeğe yakın modellenmesi, ekonomik faaliyetlerin sürdürülebilirliği ve planlaması açısından önemlidir. Yağışın yükseltiyle nasıl değiştiğini incelemeye alan bu çalışmanın temel yöntemi, belirlenen istasyon çiftlerinde yağış gradyanlarının hesaplanmasına dayanmaktadır. Türkiye’de yeterli veri uzunluğuna sahip 542 adet istasyon çiftinde okunan sonuçlar, yağışın yükseltiyle azaldığı durumların da dikkat çekici ölçülerde olduğunu ortaya koymaktadır. Çiftlerden 130 tanesinde negatif gradyan, pozitif gradyandan daha çok sayıdadır. 2005-2021 dönemine ait aylık verilerle elde edilen sonuçların işaret ettiği bir diğer husus, pozitif ve negatif gradyanların görülme yüzdeleri arasındaki belirgin mevsimselliklerdir. Buna göre negatif gradyanının görülme yüzdesi soğuk periyotta fazlalaşmakta, yazın ise azalmaktadır. İki mevsim arasındaki hava sıcaklıklarıyla birlikte yoğuşma seviyesindeki belirgin farklılıklar gradyanın pozitif ya da negatif olmasını belirlemektedir. Yoğuşma seviyesinin bir diğer deyişle bulut tabanı yüksekliğinin alçaldığı kış aylarında negatif gradyan tespit etmek daha olasıdır.

While international publications generally assume that precipitation increases with increasing elevation, the local literature mostly uses the Schreiber formula, which simply shows that precipitation increases by a certain amount at a given elevation distance. The Schreiber formula based model is a static one and not useful in identifying situations where precipitation does not increase with elevation. As a main component of the natural environment, precipitation directly and indirectly impacts human activities. Hence, realistic precipitation modeling is important for sustainability and economic planning. In this study, the variation of precipitation with elevation was investigated by calculating precipitation gradients at 542 identified station pairs with sufficient data length in Turkey. The findings from these station pairs revealed that there were a remarkable number of cases where precipitation decreases with elevation. In 130 pairs, the negative gradient outnumbered the positive gradient. Using monthly data for the period 2005–2021, it was pointed out that there is significant seasonality between the percentages of positive and negative gradients. The percentage of negative gradient increases during the winter and decreases in summer. Significant differences in the condensation level along with air temperatures between the two seasons determine a positive or negative gradient. A negative gradient is more likely to be detected in winter when the condensation level, that is, the cloud base height, is lower.

¹ Bu çalışma sorumlu yazarın yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

² This study was produced from the master’s thesis of the responsible author.

Extended Abstract

Introduction

As a climatic parameter, precipitation impacts human and economic activities. Its spatial distribution is very difficult to predict. Topographical features of the area where precipitation occurs significantly influence its distribution. Features such as proximity to water bodies, latitude, aspect, the degree of topography fragmentation, orientation toward or away from the prevailing wind direction, and elevation cause significant differences in the amount of precipitation over short distances. In Turkey, the precipitation–elevation relationship is mostly evaluated using the Schreiber formula, which states that precipitation always increases by a constant value (54 mm per 100 m) with increasing elevation, neglecting the variability of precipitation, thus increasing the errors in the models using the formula. This study aims to determine how precipitation changes with elevation in Turkey, and the findings of this study will help improve modeling methods and approaches.

Data and Method

Monthly precipitation data for the period 2005–2021 were obtained from The Turkish General Directorate of Meteorology. The months where precipitation is more than 500 mm and precipitation is zero for three consecutive months for summer months were excluded. Stations within the same subbasin and at the shortest possible distance with an elevation difference of at least 100 m were paired together, and precipitation gradients were calculated by proportioning precipitation differences to elevation differences in the identified pairs. Pairs with at least 60 gradients were considered. In 542 pairs, the data length was 60 or more.

Results and Discussion

A positive gradient means increasing precipitation with elevation, while a negative gradient means decreasing precipitation with elevation. Despite variable amounts where there was an increase or decrease, in most of the pairs, annual precipitation increased or decreased by at most 25 mm per 100 m. Thus, using the Schreiber formula in most places where there is a positive gradient would result in a modeling error of more than a factor of two. On a monthly basis, there is strong variability in the gradient, and generally, in most pairs, the increase or decrease was found to be at most 5 mm per 100 m. In this regard, consistency can be considered to be achieved in the modeling where the Schreiber formula is adapted to monthly precipitation with a 4.5 mm increase. However, it is worth noting that, in some pairs, the increase or decrease is more than 5 mm and the direction and amount of change in each pair vary from month to month. It can be inferred that the station pair method is more successful in revealing local precipitation variability than the Schreiber method. In addition, one of the remarkable findings of this study is the seasonality of the gradient patterns. The station pair method models negative gradients in more station pairs in winter than in summer. Although both gradients can be seen in both seasons, the higher number of negative gradients in the winter suggests that the condensation level controls the gradient. In winter, the condensation level is expected to be lower than in summer. The increasing condensation level in summer explains the positive

gradient. The same pattern was reported in a study conducted in the northern part of the Tien Shan Mountains, which suggested that the condensation level has significant influence on gradient. Indeed, the results for the pair in Erzurum, which is the most similar to the northern part of the Tien Shan Mountains in terms of both elevation and continentality in Turkey, confirms this observation. The percentage of negative gradient ranges from 80 to 100 in winter but drops to 20 in summer. A similar pattern is observed in the east of the Antalya Gulf. On the eastern Black Sea coast, the percentage of negative gradient is higher in winter than in summer but is almost absent in spring. The Foehn effect causes the condensation level to rise higher and higher, so the negative gradient is impossible. Humidity and temperature affect condensation. The percentage of negative gradient occurrence in the pair north of the Keban Dam is less than 50 throughout the year but increases from about 20 in winter to 40 in summer. In summer, more water vapor enters the atmosphere, limiting the rise in condensation. The percentage of negative gradient in the Nevşehir plateau in summer can be as high as that in winter but can also be low. This may be related to convective cells. Precipitation from a precipitation cell affects one station of the pair while the other remains outside the cell and does not receive the precipitation, making it equally probable for the gradient to be positive or negative depending on whether they are high or low stations.

Conclusion

A realistic representation of precipitation distribution by the static Schreiber method is difficult to obtain. Hence, the station pair method can be adopted as a practical approach to reveal local rainfall variability. Condensation levels can explain the seasonality between positive and negative gradients. In the case of convective cells, precipitation variability acquires a strong additional dimension. Nonetheless, more extensive studies are needed to elucidate the precipitation–elevation and condensation level–precipitation gradient relationships.

1. Giriş

İklim parametrelerinin insan yaşamını etkilediği, bu parametreler içerisinde sıcaklık ve yağışın daha belirleyici olduğu bilinmektedir. Sıcaklığın mekandaki dağılışını modellemek daha mümkünken, yağış dağılışını modellemek özellikle topografyanın parçalı olduğu bölgelerde oldukça zordur. Meteoroloji istasyonları vasıtasıyla sağlanan verilerden tüm bir sahanın genelini karakterize edebilecek modeller üretilse de çok sayıda değişkenle yapılan tahminlerin isabet derecesi düşmektedir. Genel sirkülasyona bağlı olarak meydana gelen yağış, yerel topografik şartlar tarafından değiştirilebilmektedir. Bu bakımdan, topografyanın yağış üzerindeki etkisinin açıklığa kavuşturulması, model sonuçlarının iyileştirilebilmesinde etkili olacaktır.

Topografyanın yağışa etkisini kantitatif olarak inceleyen ilk çalışmalardan biri Colorado'nun batısında Spreen (1947) tarafından gerçekleştirilmiştir. 11 yıllık periyodun kış ayları yağışları ilk olarak yükseltiyle, sonra yükseltiyle birlikte eğim, bakı ve topografya uzanışı özellikleri gibi 4 parametreyle değerlendirilmiş; sadece yükselti ile yapılan analizde varyans %30 olarak hesaplanırken, diğer değişkenlerle yapılan analizde %88 olarak

belirlenmiştir. California'da yine 11 yıllık periyot Burns (1953) tarafından dikkate alınmış ve yıllık ortalama yağışla yükselti arasındaki korelasyona ait ortalama hata değeri 1'den fazlayken, yükseltiyle birlikte eğim, baki, topografya uzanışı, çalışma sahasındaki yükselti farkı gibi değişkenlerle birlikte bu, 1'in altına düşmektedir. Benzer teknik ve parametrelerle Linsley (1958) California'da 2 yılı oluşturan saatlik verileri incelemiş, çoklu korelasyon katsayısını 0.88 olarak belirlemiştir. Yağışı kriging teknikleriyle modellemeye çalışan Diodato (2005), yükselti değişkenli co-kriging'in sıradan kriging'ten, topografik indeks şeklinde tanımladığı değişkenin kullanıldığı co-kriging'in ise yükselti olanından daha iyi sonuçlar verdiğine ulaşmıştır. Bir topografya üzerinde yağışın değişiminde sadece yükselti değil, diğer parametreler de etkili olsa da bunlar içerisinde yükselti, yağışı daha fazla değiştirmektedir (Unwin, 1969).

Yağış miktarının yükseklik arttıkça nasıl değiştiğini araştıran çalışmalardan ilki, bilindiği kadarıyla Heberden (1769)'e aittir. Sonrasında Homersham (1851)'in çalışması gelmektedir ki, her iki yazar da büyük yağış toplamlarını alçak yerlerde saptamıştır. Genel kabulle çelişkili bu sonuçların kullanılan ölçüm yöntemleriyle alakalı olduğu düşünülmüştür (Jevons, 1861). Yağışın yükseltiyle artacağı yönündeki bir kabul, fiziki coğrafyanın öncü isimlerinden Davis'in 1894 ve 1899 yıllarında kaleme aldığı yazıların arka planından çıkarılabilmektedir. Bu çıkarımlardan biri örneğin, aşındıkça yükselti kaybeden bir sahada yağışın da buna paralel azalacağı yönündedir. Benzer şekilde Robbins (1910) de bir topografya boyunca yükseldikçe nem isteği yüksek bitki türlerinin sahayı kaplar hale gelmesini, yağış artışının bir sonucu olarak değerlendirmektedir. Bununla birlikte Robbins (1910) yağışın yükseltiyle artmadığı gibi istisna durumlar olduğunu ifade etmiş, McAdie (1909) de bunu çalışma sahasındaki bazı istasyonlarda gözlemlemiş olsa da genel olarak yağışın yükseltiyle arttığının kabul edilebileceğini bildirmiştir.

Yükselti arttıkça yağışın ne kadar artacağı yönündeki bir araştırma konusu çeşitli yazarlarca incelenmiş, farklı çalışma sahalarında farklı miktarlar belirlenmiştir (Fernow & Gannett, 1888; Hilgard, 1893; Lee, 1911; McAdie, 1909, 1914; Poulter, 1936). Clyde (1931)'in belirttiğine göre artış miktarları her yıl için farklıdır. Varney (1920), Lull ve Ellison (1950), Smallshaw (1953), Hanson (1982) gibi kimi yazarlar artış miktarının yıl içerisinde de belirgin ölçülerde değiştiğine ulaşmışlardır. Yağışların fazlaştığı kış döneminde pozitif gradyan büyürken, yazın gradyan minimumdur. Seko (1987) ve Glazirin (1997) de benzer sonuçlar belirlemekle birlikte yılın belli dönemlerinde yağışın yükseltiyle artışı yerine negatif gradyan tespit ederek sözü edilen diğer yazarlardan ayrılmaktadırlar. Basist vd. (1994) ise yıllık yağış gradyanını British Columbia'da negatif hesaplamıştır. Çoklu regresyon modeline göre yağış burada, her 100 m'de 35 mm azalmaktadır.

Uluslararası literatürde olduğu gibi Türkiye'de de çalışmalar yağışın yükseltiyle arttığı kabulü üzerine şekillenmiştir. Özellikle yağışın yükseltiyle sabit bir oranda hep artacağı varsayımını içeren Schreiber formülünü kullanan yayınların çokluğu dikkati çekmektedir. Bununla birlikte Atalay (2010, s. 476), pozitif gradyanı Türkiye'de her yerde ve her zaman belirlemenin mümkün olmadığını belirtmiştir. Aydınöz (2008), formülün 54 mm'lik artış değerini sınımış ve belirlediği istasyon çiftlerinde hesapladığı her bir gradyanı, Schreiber gradyanından

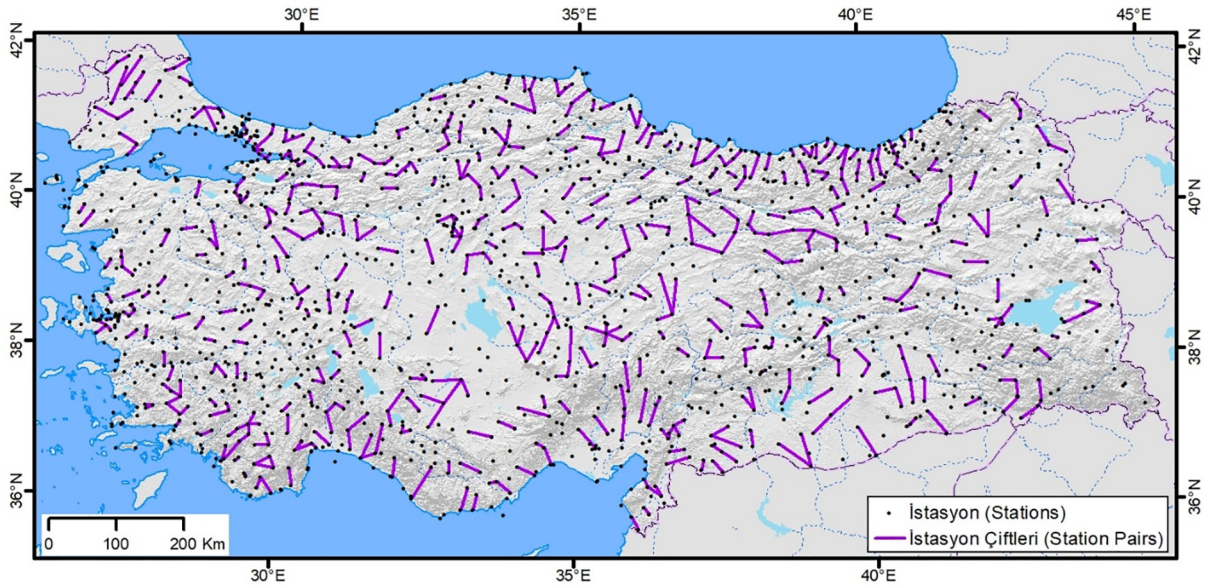
farklı bulmuştur. Eriş ve Ağırlioğlu, (2009) Doğu Karadeniz'de çoklu doğrusal regresyonla yıllık ortalama yağışın yükseltiyle azalışını belirlemiştir. Işık vd. (2019) benzer sonuca Schreiber formülünün Artvin'de kullanılabilirliğini değerlendirerek ulaşmıştır. Hatipoğlu ve Uzun (2020), Melet havzasındaki erozyon riskini modelledikleri çalışmalarında Schreiber formülüyle hesaplanmış yağış verisinin hatalı sonuçlara yol açacağını belirtmiştir. Formülü Bursa-Uludağ örneği üzerinden ilk olarak açıklayan Ardel (1960), yağışın yükseltiyle değişmesi başlığı altında, yağışın her 100 m'deki artışının ne olduğuna yönelik hesaplama sonuçlarının bir yerden diğerine farklılaşacağına da yer vermiştir. Biricik, (2009, s. 155) yıllık yağış verisi için kullanılan 54 mm artış sabitesinin 12'ye bölünmesiyle elde edilen ve böylece her ay için eşit bir değişimi öngören 4.5 mm artış gradyanının, bazı aylarda hiç yağış düşmemesiyle ilişkili olarak her ay için kullanılmayacağını bildirmiştir. Ayrıca, yıllık veya aylık gibi içerisinde birkaç yağış olayının birikimli sonucunu içeren uzun zaman dilimleri (Wang vd., 2018) ile pozitif gradyan arasındaki ilişki de dikkat çekicidir. Yağışın yükseltiyle arttığını belirten birçok yayında kullanılan veri seti bu özelliğindedir. Günlük gibi daha ayrıntılı bir zamansal çözünürlükle çalışıldığında negatif gradyan tespit etmek mümkündür (Sevrük & Miegilitz, 2002). Nitekim Türkiye'nin güneybatısında günlük veriyi kullanan bir çalışmada negatif gradyan da gözlemlenmektedir (Sarış vd., 2021).

Genel olarak değerlendirildiğinde önceki çalışmaların ortaya koyduğu bulgular, yağış-yükselti ilişkisine dair genel kabulün geçerliliğini sorgulamanın faydalı olacağını göstermiştir. Türkiye'de yağışın yükseltiyle nasıl değiştiğini araştıran bu çalışma için 3 amaç belirlenmiştir. 1) Yağış yükseltiyle her zaman ve her yerde artıyor mu veya azalma da görülmekte midir? 2) Yağış nerelerde ve ne zaman yükseltiyle azalmaktadır? 3) Yükseltiyle artma ve azalma gradyanları arasında belli bir dönemsellik belirlenebilir mi? Çalışma kapsamında bu sorulara cevap aranmıştır.

2. Veri ve Yöntem

Türkiye'de sayısı günümüzde 2350'yi bulan meteoroloji istasyonlarından otomatik olanlarının (OMGİ) yaygınlaşması 2000'lerden sonrasına rastlamaktadır (Yılmaz & Darende, 2021). Kurulumunun ve işletilmesinin daha kolay olduğu OMGİ'lerin bu özelliği, daha yüksek sahalarda meteorolojik ölçüm ve gözlemlerin yapılmasını olanaklı hale getirmiştir. Türkiye'de yağış-yükselti ilişkisini incelemeyi amaçlayan bu çalışma, 2005-2021 dönemine ait OMGİ verilerini dikkate almaktadır.

OMGİ ağı içerisinde, aynı alt havzada bulunan, kuş uçuşu mesafenin mümkün olduğunca kısa, yükselti farkının 100 metreden fazla olduğu istasyonlar eşleştirilerek istasyon çiftleri oluşturulmuştur. Aynı yamaçtaki istasyonlar seçilmeye çalışılsa da, bu şart bazen sağlanamamış, aynı hava kütesinden etkilenme olasılığı yüksek istasyonlar çift olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Çiftlerde, çifti oluşturan her iki istasyonun ortak ölçüm yaptığı aylar kullanılmış, en az 60 ay ortak ölçümün olmasına dikkat edilmiş ve 542 çiftin yeterli veri uzunluğuna sahip olduğu anlaşılmıştır (Şekil 1).



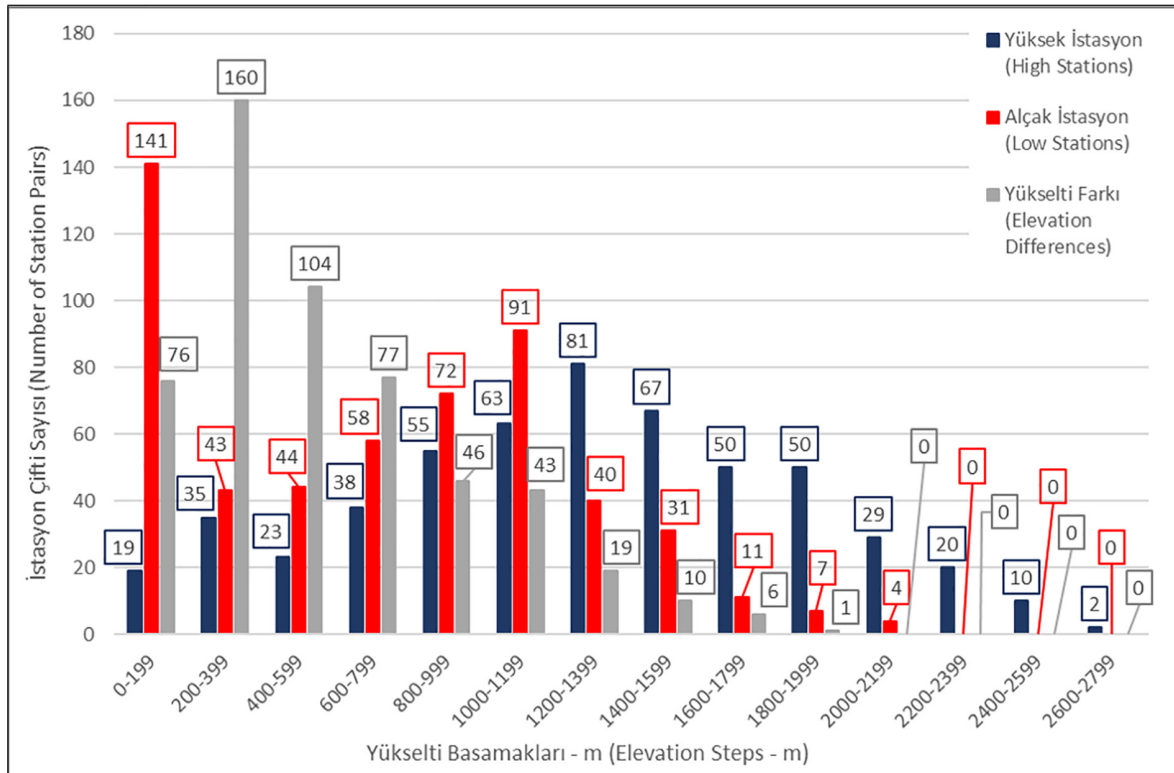
Şekil 1. Türkiye’de belirlenen istasyon çiftleri

Figure 1. Station pairs identified in Turkey

Çiftlerin 170 tanesinde yüksek istasyonun yükseltisi 1000 m’den daha alçakta, 311 tanesinde 1000 ile 2000 m arasında, 61 tanesinde 2000 ile 2800 m arasındadır (Şekil 2). Yüksek istasyon yükseltisi en fazla 2800 m kadardır. Dolayısıyla bu seviyeden sonrası için yağışın yükseltiyle değişimi hakkında bir bilgi edinilememektedir. Alçak istasyonu 1000 m’den daha alçakta olanların sayısı 358, 1000 ile 2000 m arasında olanların sayısı 180 ve sadece 4 çiftte yükselti 2000-2200 m arasındadır. Yükselti farkı ise sadece 1 çiftte 2000 m kadardır. Çiftlerin 340 tanesinde yükselti farkı 100 ile 600 m’ler arasında değişmektedir.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden temin edilen aylık toplam yağış veri setinde kontrol işlemleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre ilk olarak 500 mm ve daha büyük olan değerler veri se-

tinden çıkarılmıştır. Ayrıca kimi aylarda yağış toplamalarının 0 olarak işlendiği görülmüştür. Bunun o ay için yağış yokluğunu ya da ölçümün olmadığını mı ifade ettiği ise belirsizdir. Bu sebeple yağışın yaz ayları haricinde art arda 3 kez 0 olduğu aylar genel olarak tüm istasyonlarda veri setinden kaldırılmıştır. Bununla birlikte eğer istasyon Güneydoğu Anadolu’da bulunuyorsa yaz ve eylül ayları haricinde geri kalan aylarda verinin 3 kez üst üste 0 olup olmadığına bakılmıştır. Eğer istasyon Doğu Karadeniz’de denize dönük yamaçta yer alıyorsa yaz ayları da dahil tüm bir yılda art arda 3 kez 0 olduğu tespit edilen kısımlar veri setinden silinmiştir. Bu işlemler sonrasında çiftlerin veri uzunlukları tespit edilmiştir. 542 adet çiftte veri uzunluğu en az 60 aydan oluşmakta ve 2 çiftte de en fazla 204 olmaktadır.



Şekil 2. İstasyon çiftlerini oluşturan yüksek, alçak istasyonların yükseltileri ve yükselti farklarının yükselti basamaklarına göre dağılımı

Figure 2. Distribution of elevations and elevation differences of high and low stations forming station pairs according to elevation steps

Her iki istasyonun ortak ölçümünün olduğu aylarda, aylık yağış gradyanları hesaplanmıştır (Eşitlik 1). Yüksek istasyonun yağışından (Ph) alçak istasyonun yağışı (Pl) çıkarılmış ve bulunan yağış farkı, yükselti farkının (Eh-El) 100'e bölünmesiyle bulunan değere bölünmüştür. Sonuçta elde edilen gradyan, her 100 m'deki yağış değişim miktarıdır.

$$G = \frac{P_h - P_l}{(E_h - E_l)/100} \quad [1]$$

3. Bulgular

Hesaplanan gradyan değeri pozitifse bu, yağışın yükseltiyle arttığını, negatifse de yağışın yükseltiyle azaldığını belirtmektedir. Yıllık ölçekte azalma en fazla her 100 m'de 150-300 mm ile örneğin Rize doğusunda, artmaysa 300-450 mm ile Antalya Körfezi doğusunda küçük bir sahada görülmektedir (Şekil 3). Çiftlerin büyük bir çoğunluğunda 25 mm'ye varan pozitif gradyan belirlenmiştir. 25-50 ve 50-75 mm artmanın olduğu çiftler, Türkiye'nin batısında ve güneydoğusunda yoğunlaşmaktadır. Karadeniz kıyılarında negatif gradyan görülmektedir. Azalmanın belirlendiği çoğu çiftte bu 25 mm kadardır.

Aylık gradyanların 45 mm azalış ile 50 mm artış arasında değiştiği belirlenmiş ise de bu ranjin yazın daraldığı anlaşılmıştır (Şekil 4). Örneğin ocak ayında Kaz Dağlarında yağış her 100 m'de 15-30 mm artarken, Cihanbeyli Platosunda 5 mm azalmaktadır. Güneydoğu Anadolu'da, yağışın artışı 5-10, 10-15, 15-30 mm arasında değişen değerlerde olmaktadır. Aynı değerlerde azalma Palandöken-Bingöl dağları ve çevrelerinde görülmektedir. Temmuzda yağışın yükseltiyle artışının çoğu çiftte en fazla 5 mm, yükseltiyle azalmanın olduğu çiftlerde de çoğunlukla bunun en fazla 5 mm olduğu belirlenmiştir. Negatif gradyan belirlenen çift sayısı kışın, yaza göre daha fazladır. Ocakta 542 çiftin %40'ında, temmuzda %33'ünde negatif gradyan hesaplanmıştır. Ortalama azalma ocak için 6.6, temmuz için 2.5 mm'dir.

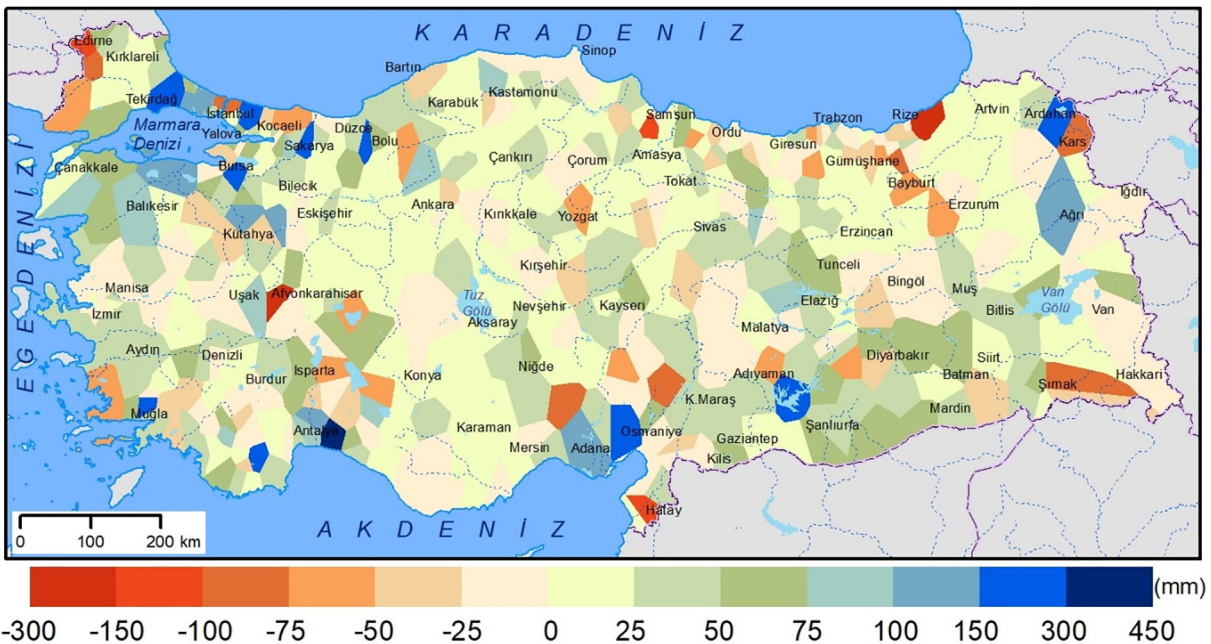
Daha bol yağışlı soğuk periyotta yağışın yükseltiyle değişimi de fazladır. Gradyanların mutlak büyüklüğünün yıl içerisindeki değişimi Şekil 5 ile gösterilmektedir.

Bir çiftin, veri uzunluğuyla eş sayıda yağış gradyanı vardır. Hiçbir çiftte veri uzunluğunu oluşturan ayların tümünde pozitif ya da negatif gradyan hesaplanmış değildir. Kimi çiftlerde pozitif, kimilerinde ise negatif gradyan diğer gradyana göre daha çok sayıdadır. 542 çiftin 412 tanesinde pozitif gradyan negatife göre, 130 tanesinde de negatif gradyan pozitifine göre daha çok kez kurulmuştur. Çiftler içerisinde hangi ayda hangi gradyanın daha çok kez ortaya çıktığına da bakılmıştır. Negatif gradyan görülme yüzdesini aylık bazda gösteren haritada (Şekil 6) belli bir mekânsal örüntü elde edebilmek güçtür. Negatif gradyan görülmesinin %50'den daha fazla olduğu çiftlerin haritalandığı Şekil 7'de de yine mekânsal çeşitlilik güçlüdür. Bununla birlikte pozitif ve negatif gradyan görülme yüzdesine odaklanılmıştır. Negatif gradyan görülme yüzdesinin kışın yaza göre daha büyük olması dikkat çekicidir. Bu belirgin mevsimsellik, gradyanların zamansal dağılımını incelemeyi zorunlu kılmaktadır. İki mevsim arasında en belirgin değişen iklimsel parametre sıcaklıktır.

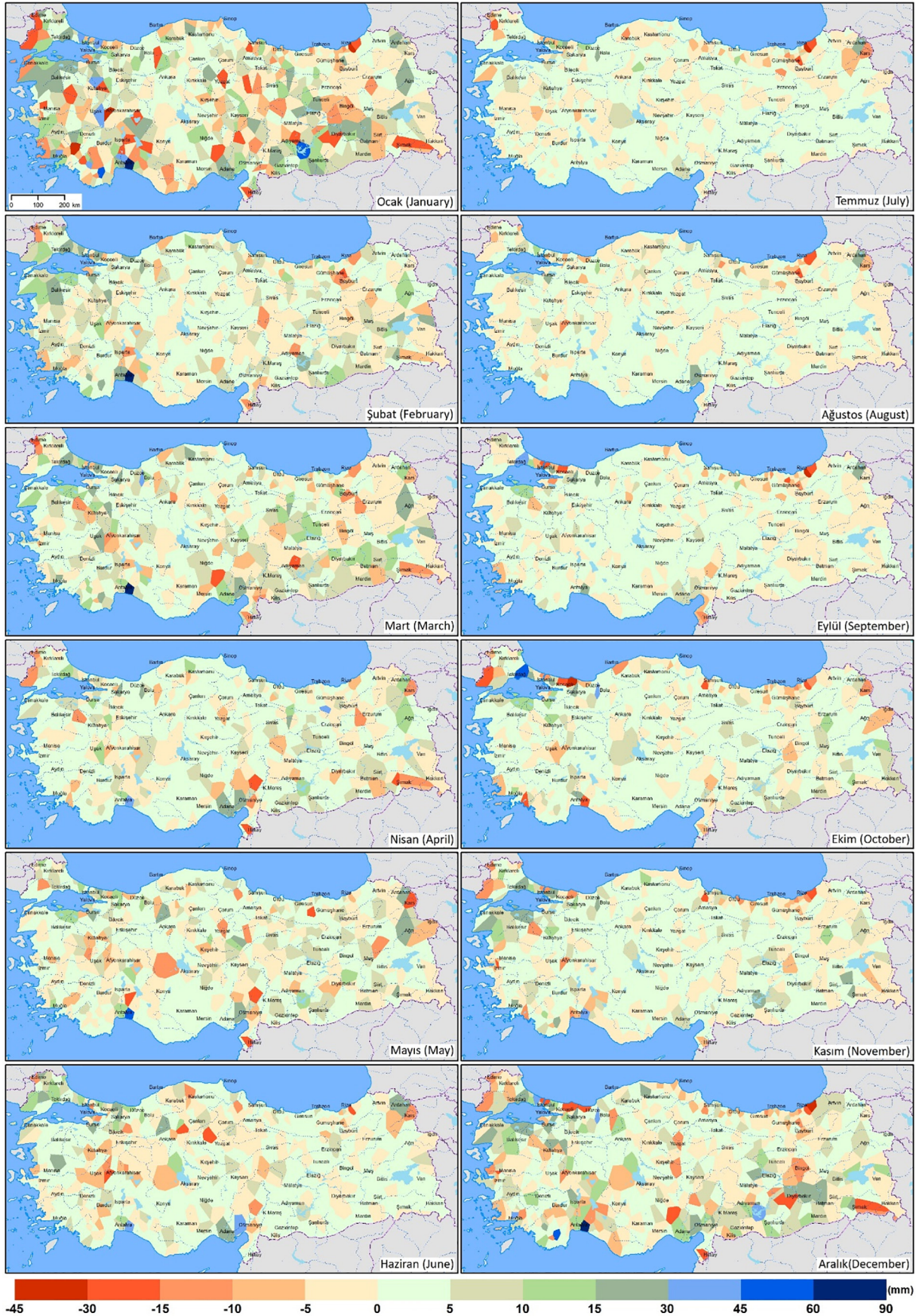
4. Tartışma ve Sonuç

Sanılanın ve kabul edilenin aksine, Basist vd. (1994) ve Glazirin (1997) gibi bazı yazarlarca da ortaya konduğu gibi yağış, yükseltiyle birlikte her yerde ve her zaman artmamaktadır. Bu durum Türkiye için de geçerlidir (Şekil 3, Şekil 4). Bununla birlikte, yağışın yükseltiyle arttığını ifade eden önermenin geçersiz olduğunu söylemek güçtür. 542 çiftten 412'sinde pozitif gradyan, 130'unda negatif gradyan diğer gradyana göre daha çok kez ortaya çıkmıştır.

Pozitif veya negatif gradyanlara ait değerler çeşitlenmekle birlikte, bu gradyanlar mutlak olarak değerlendirildiğinde daha fazla yağışlı kış aylarında değişimin miktarı da büyümektedir (Şekil 5). Türkiye'de kurak geçen yaz aylarında yağışın yükseltiyle azaldığı veya arttığı durumlarda, bu değişim de kışa göre daha küçük olmaktadır. Benzer örüntü, Varney (1920), Smallshaw (1953), Lull ve Ellison (1950), Hanson (1982) gibi yazarlar tarafından çeşitli ABD eyaletlerinde tespit edilmiştir. İstasyonlarda ölçülen yağış miktarının niceliği gradyanın niceliğini de doğrudan belirlemektedir. Bunda gradyan hesabının,



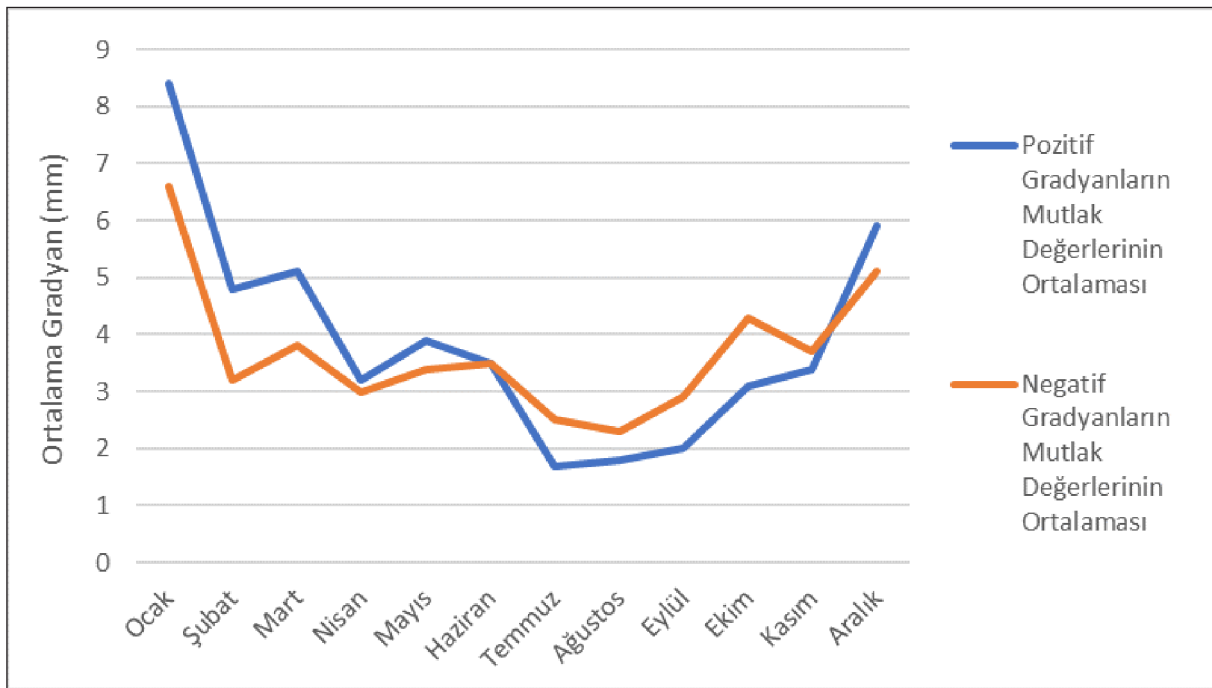
Şekil 3. Belirlenen istasyon çiftlerine ait yıllık yağış gradyanı
Figure 3. Annual precipitation gradient in the identified station pairs



Şekil 4. Belirlenen istasyon çiftlerine ait aylık yağış gradyanları
 Figure 4. Monthly precipitation gradients in the identified station pairs

karmaşık formülasyonlar içermeyecek kadar yalın olması etkili olmaktadır. Çalışma kapsamında 2005-2021 periyodu incelemeye alınmıştır, aynı çiftlerde başka bir zaman diliminde gradyan hesaplandığı takdirde, bulunan sonuç, bu çalışmada tes-

pit edilenden farklı olacaktır. Clyde (1931)'in da belirttiği gibi gradyan, yağışın bir fonksiyonu olarak zamanla değişmektedir. Bir yer için her zaman geçerli sabit bir gradyan tespit etmenin imkansızlığından ötürü, bu çalışmada esas olarak gradyanların



Şekil 5. Türkiye’de aylık pozitif ve negatif yağış gradyanlarının mutlak değerlerinin ortalaması
Figure 5. Average of absolute values of monthly positive and negative precipitation gradients in Turkey

ne olduğundan çok, pozitif ve negatif gradyanların gösterdiği yıl içerisindeki dağılışı örüntüsü üzerinde durulmaktadır.

Türkiye’de belirlenen çiftlerde hesaplanan negatif gradyanların sayısının kışın yaza göre fazlaştığı dikkati çekmektedir. Glazirin (1997) Tanrı Dağları’nın kuzeyinde gerçekleştirdiği çalışmasında yazın pozitif gradyan tespit ederken, kışın negatif gradyan tespit etmiştir ve bu durumun yağış seviyesiyle ilişkili olarak ortaya çıktığını öne sürmüştür.

Genel olarak alt troposferin soğumasıyla yağış seviyesinin alçaldığı kabul edilir (Kollias vd., 2009). Dolayısıyla kışın yağış seviyesinin yaza göre daha alçakta olması beklenmektedir. Yağış seviyesinin ya da başka bir deyişle bulut tabanının üstündeki bir seviyede yağış görülemeyeceği göz önünde bulundurulduğunda, teorik şekil (Şekil 8) pozitif-negatif gradyan kurulma durumunu açıklamaktadır. Şekil, ocağın şubatın, şubatın marttan daha soğuk olduğu varsayılarak tamamen termik koşullarla uyumlu doğrusal bir ilişkiyi yansıtmaktadır. Örneğin yağış seviyesi şubat-kasımındaki gibi bir konumdaysa A ve B yağış ölçerleri arasında pozitif gradyan görülmesi olası iken, B ve C yağış ölçerleri arasında gradyan negatif olacaktır.

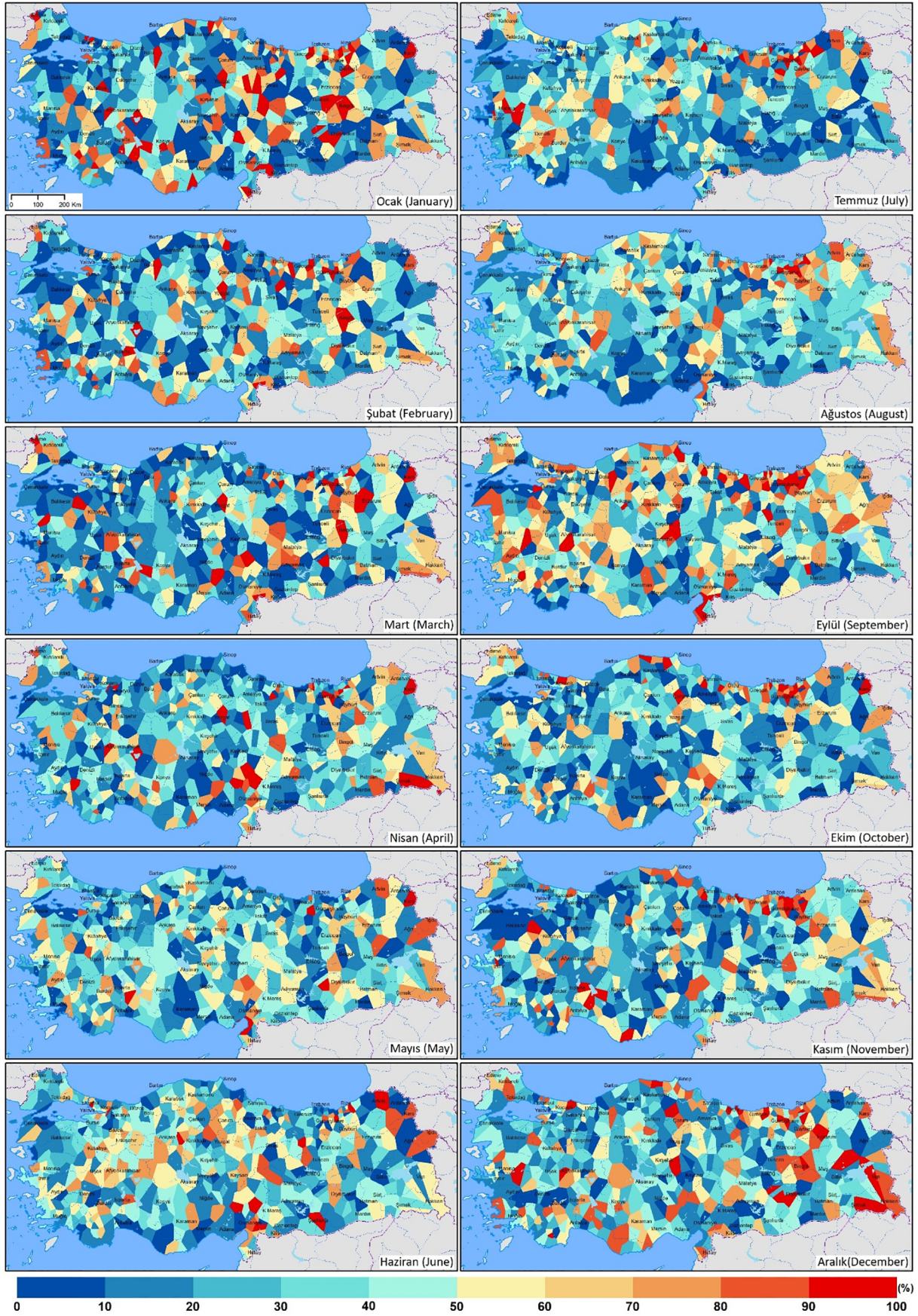
İkinci bir teorik arka plan, yağış süreci düşünüldüğünde ortaya çıkmaktadır. Çiy noktası sıcaklığı, bulut tabanının kurulduğu seviyedeki sıcaklıktır. Buna göre, yağış için ya hava parseli çiy noktası sıcaklığına kadar soğumalı, ya da hava parselinin nem içeriği artmalıdır. Birinci durum, herhangi bir su kütlelerine yakınlıktan çok da etkilenmeksizin kış şartlarında; ikinci durum ise su kütlelerine yakınlığın etkisinin iyice belirginleştiği yaz şartlarında geçerlidir. Başka bir açıdan, denizden uzak kara içlerinde yağış seviyesi termik koşullarla uyumlu bir şekilde değişirken, su kütlelerine yakın yerlerde seviye, sıcaklığın ve nemliliğin bileşkesi olarak belirlemektedir. Bu bakımdan, denize yakın yerlerde yağış seviyesinin daha düzensiz olması bek-

lenmelidir. Yağış ile yağışma seviyesi arasında güçlü bir ilişki olduğu (Kollias vd., 2009) dikkate alınırsa, yağış düzensizliği de denize yakın yerlerde artmalıdır. Nitekim, Yılmaz vd. (2012), Türkiye’de en fazla yağış düzensizliğini, kıyı bölgelerde belirlemiştir. Kıyı bölgeler içerisinde ise sırasıyla Karadeniz, Ege ve Akdeniz şeklinde artan düzensizliğin, deniz suyu sıcaklığı artışıyla uyumluluk göstermesi dikkat çekicidir. Sıcaklık ve nemlilik yağışma seviyesini; yağışma seviyesi, yağışı-yağış gradyanını kontrol etmektedir.³

Türkiye’de yağış düzensizliğinin incelendiği çalışmada (Yılmaz vd., 2012), Keban Barajı çevresindeki düzensizliğin de en az Karadeniz Bölgesi’ndeki kadar olduğuna ulaşılmıştır. Keban Barajı kuzeydoğusunda oluşturulan Hozat (1485 m) - Pertek Aşağı Gülbahçe Köyü (1056 m) çiftinde, negatif gradyan görülme yüzdesi yıl boyunca 50’yi geçmemekle birlikte (Şekil 9), yazın diğer aylara göre negatif gradyan görülmesi daha olasıdır. Sıcak aylarda buharlaşmayla atmosfere sağlanan daha fazla su buharı yağışma seviyesinin yükselmesini sınırlamaktadır.

Nevşehir Platosunda, alçak istasyon olarak 905 m’deki Gülşehir istasyonu; 1275 m’deki Hacıbektaş, 1260 m’deki Nevşehir ve 1250 m’deki Acıgöl istasyonlarıyla 3 çift ve Acıgöl ile Güzelyurt (1524 m) istasyonu ile 1 olmak üzere 4 çift belirlenmiştir (Şekil 10). Bu çiftlerde negatif gradyan görülme yüzdesi ilkbahar aylarında 40’lar civarındadır. Kış aylarında yüzdenin büyüdüğünü (kısmen Acıgöl-Gülşehir çifti hariç tutulursa) söylemek mümkündür. Burada dikkati çeken, yağışma seviyesinin yüksek olduğu, bu sebeple pozitif gradyanın beklendiği yaz aylarında negatif gradyan görülme yüzdesinin, kıştaki kadar yüksek olabiliyorken (%70-90), çok düşük de olabilmesidir (%0-15). Birbirine yakın bu çiftlerde ilkbaharda gözlemlenen tutarlılığı karşıt olarak, yaz aylarında beliren bu uyumsuzluğun konvektif yağış hücreleriyle alakalı olarak ortaya çıktığı düşünülmektedir. Sharon, (1972), yıllık yağış miktarının 30-35 mm arasında

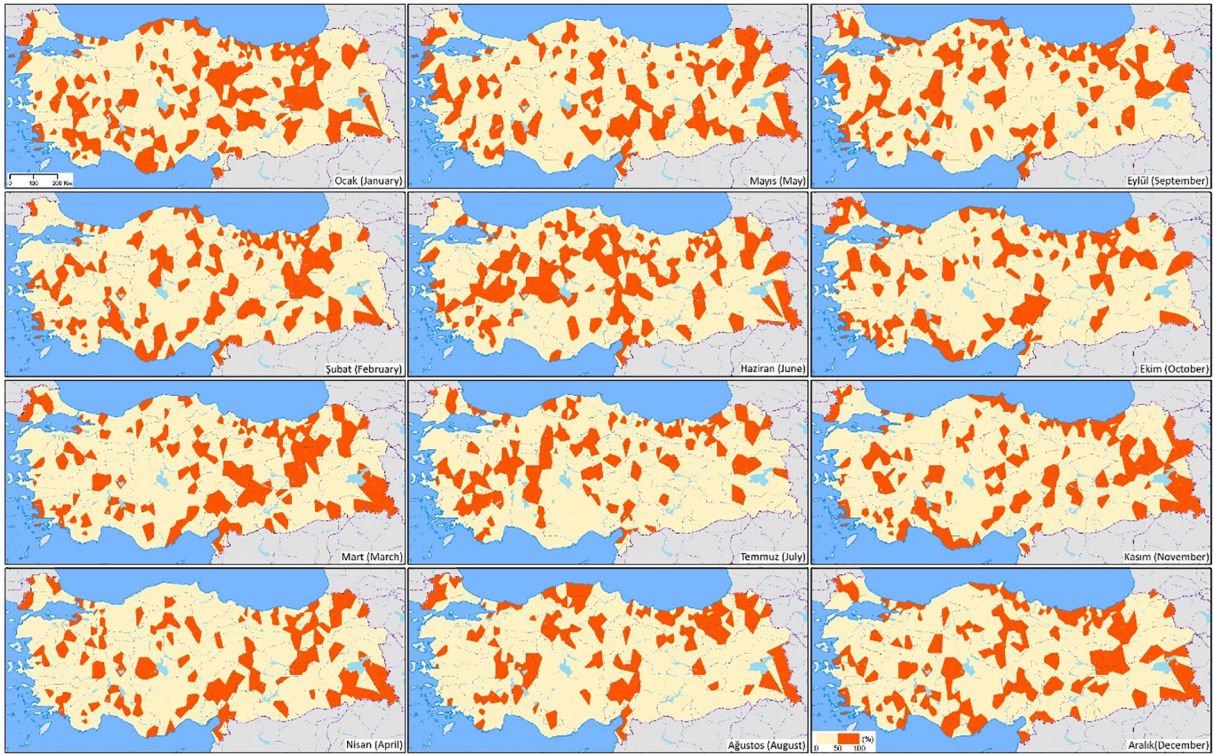
³ Yağış gradyanının, yalın bir eşitlikle elde edilmesinin, yağış ve yağış gradyanı arasındaki doğrusal ilişkiyi bozmadığı düşünülmektedir. Daha önce belirtildiği gibi yağış gradyanı, yağışın doğrudan bir ifadesidir.



Şekil 6. Türkiye’de belirlenen istasyon çiftlerinde aylık negatif gradyan görülme yüzdeleri
 Figure 6. Monthly negative gradient percentages in the identified station pairs in Turkey

değiştirdiği Arava Vadisi’nde (Ölü Deniz güneyi, İsrail) yağış deseninin zamansal ve mekânsal bağlamda güçlü bir düzensizlik sergilediğine ulaşmıştır. Görece düzenli desen, daha çok kış aylarına rastlar; ilkbahar ve sonbahar yağışları konvektif yağış

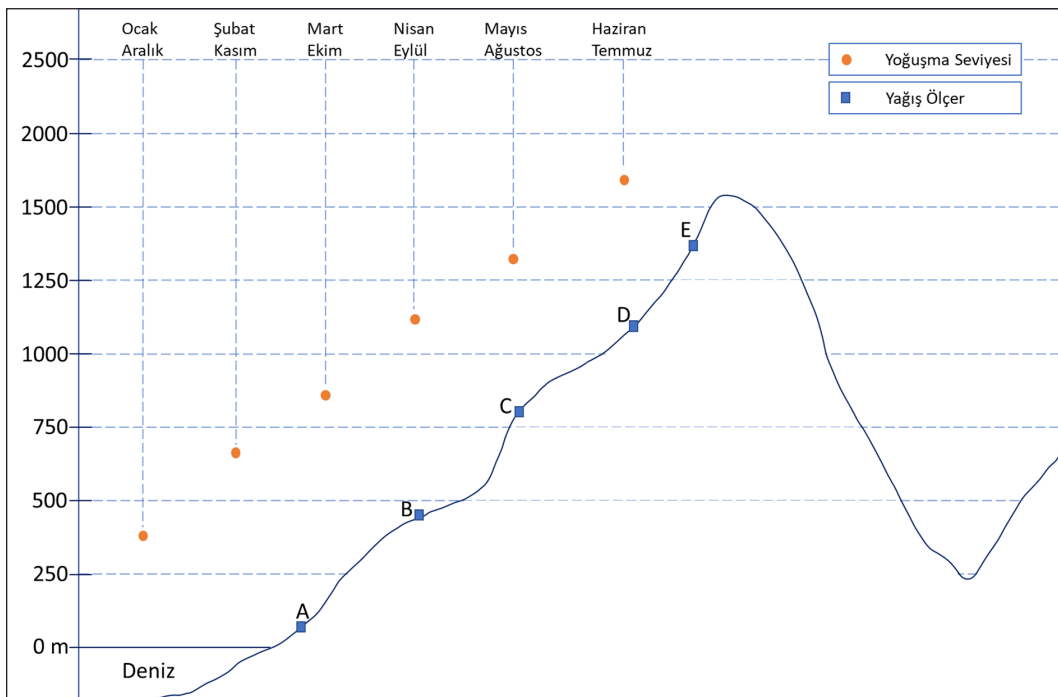
hücrelerinin rastlantısal gelişimiyle uyumlu değişmektedir. Bu hücrelerin ortalama çapını 5 km olarak bulan Sharon (1972), kurak ortam koşullarında hücrelerin birbirinden zamansal ve mekânsal olarak belirgin bir şekilde ayrıldığını, nispeten nemli



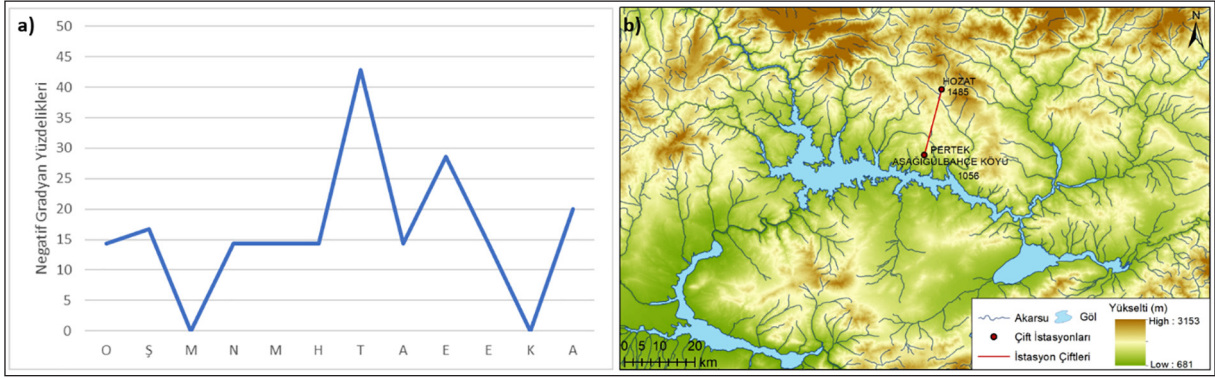
Şekil 7. Aylık negatif gradyan yüzdesinin 50'den büyük olduğu istasyon çiftleri
Figure 7. Station pairs where the monthly negative gradient percentage is greater than 50

yerlerde hücrelerin kümeler oluşturabileceğini ya da birbirine yakın gelişebileceğini tartışmaktadır. Kuraklık Nevşehir Platosunda, Arava Vadisindeki kadar şiddetli olmasa da yazın burada konvektif yağış hücreleri gelişebilmektedir. Hücrelerin sınırlı etki alanları, çift olarak belirlenen her iki istasyonun da aynı yağışı alıp almadığını belirsizleştirir. Başka sözlerle, örneğin bir istasyon bir hücreden gelen yağışı ölçebilirken, diğerinin hücrenin dışında kalması, dışarıda kalanın yüksek veya alçak istasyon olmasına bağlı olarak her iki gradyanın da ortaya çıkmasını eş olasılıklı kılmaktadır. Yağış hücrelerinin etkili olduğu sahalarda ve zaman dilimlerinde gradyanı öngörebilmek güçleşmektedir.

Eriñç (1961)'in Doğu Karadeniz'de fön etkisini incelediği Giresun, Trabzon ve Rize istasyonlarıyla çiftler oluşturulmuştur (Şekil 11). İnşidibi (1113m) - Giresun (38 m), Maçka Altındere (1030 m) - Trabzon (25 m) ve Andon (615 m) - Rize (3 m) istasyonlarıyla oluşturulmuş çiftlerde sonbahar sonu-kış başında negatif gradyan görülme yüzdesi 80'ler civarındadır, şubata doğru 40-60 seviyelerine kadar düşmektedir. 3 çiftte de kışın negatif gradyan görülme yüzdesi, beklendiği gibi yazdakinden daha yüksektir. Ancak yıl içerisindeki en düşük yüzdeler yaz değil, ilkbahara rastlamaktadır. Eriñç (1961)'in de belirttiği gibi bu mevsimde fön etkili olmaktadır. Yoğuşma seviyesinin

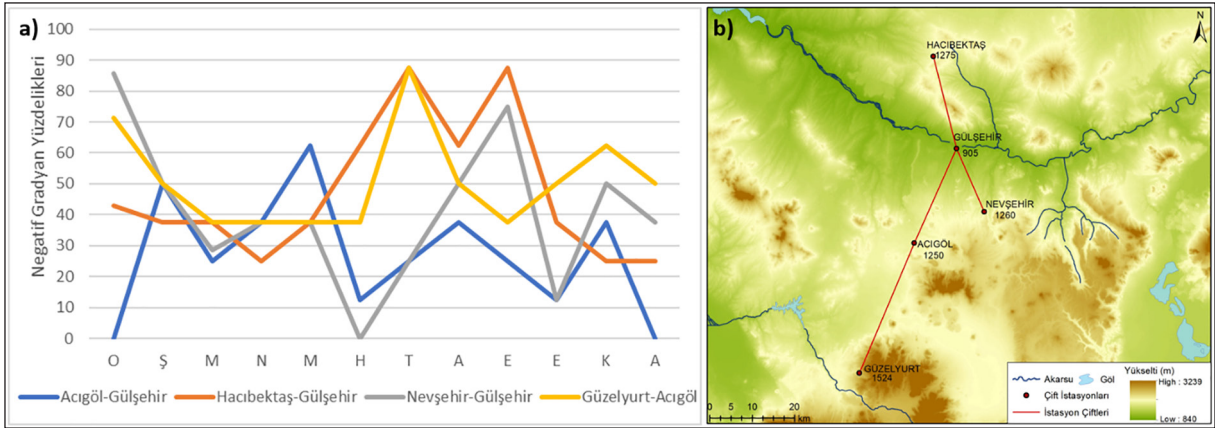


Şekil 8. Yoğuşma seviyesinin aylara göre değişimi
Figure 8. Variations of condensation level by months



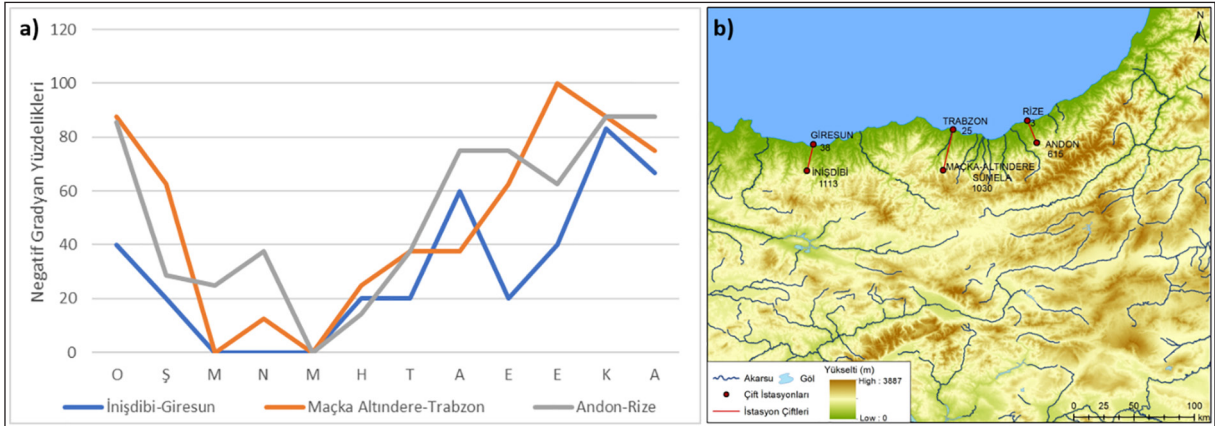
Şekil 9. a) Hozat-Pertek Aşağıgülbahçe Köyü çiftinde negatif yağış gradyanı görülme yüzdesinin aylara göre değişimi, b) Hozat-Pertek Aşağıgülbahçe Köyü çifti çevresi yükselti haritası

Figure 9. a) Variations of the percentage of negative precipitation gradient in Hozat-Asagigulbahce Koyu pair by months, b) Elevation map of around Hozat-Asagigulbahce Koyu pair



Şekil 10. a) Nevşehir Platosundaki istasyon çiftlerinde negatif yağış gradyanı görülme yüzdesinin aylara göre değişimi, b) Nevşehir Platosundaki istasyon çiftleri yükselti haritası

Figure 10. a) Variations of the percentage of negative precipitation gradient in station pairs in the Nevşehir Plateau by months, b) Elevation map of station pairs in the Nevşehir Plateau



Şekil 11. a) Doğu Karadeniz'deki istasyon çiftlerinde negatif yağış gradyanı görülme yüzdesinin aylara göre değişimi, b) Doğu Karadeniz'deki istasyon çiftleri yükselti haritası

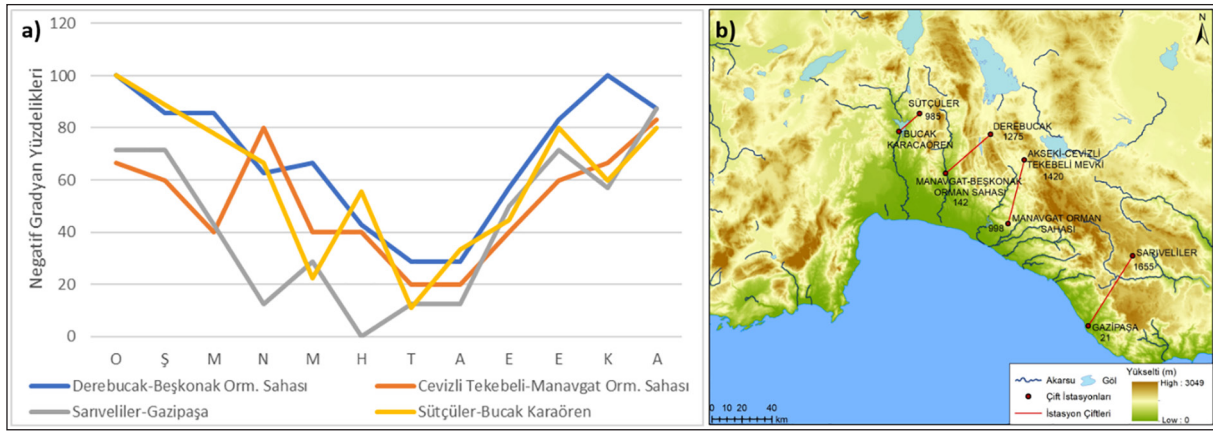
Figure 11. a) Variations of the percentage of negative precipitation gradient in station pairs in the Eastern Black Sea by months, b) Elevation map of station pairs in the Eastern Black Sea

alçılması, fön koşullarında olanaksızlaşmaktadır. Fön periyodu içerisinde görülen yağışlarda negatif gradyan neredeyse hiç kurulmamaktadır.

Antalya Körfezi'nde batı-güneybatılı yağış sistemlerini dik karşılayan kıyılarda, Sütçüler (985 m) - Bucak Karacaören (377 m), Derebucak (1275 m) - Manavgat Beşkonak Orman Sahası (142 m), Akseki Cevizli Tekebeli Mevki (1420 m) - Manavgat Orman Sahası (998 m) ve Sarıveliler (1655 m) - Gazipaşa (21 m) olmak üzere 4 çift oluşturulmuştur (Şekil 12). Çiftlerin hepsi benzer

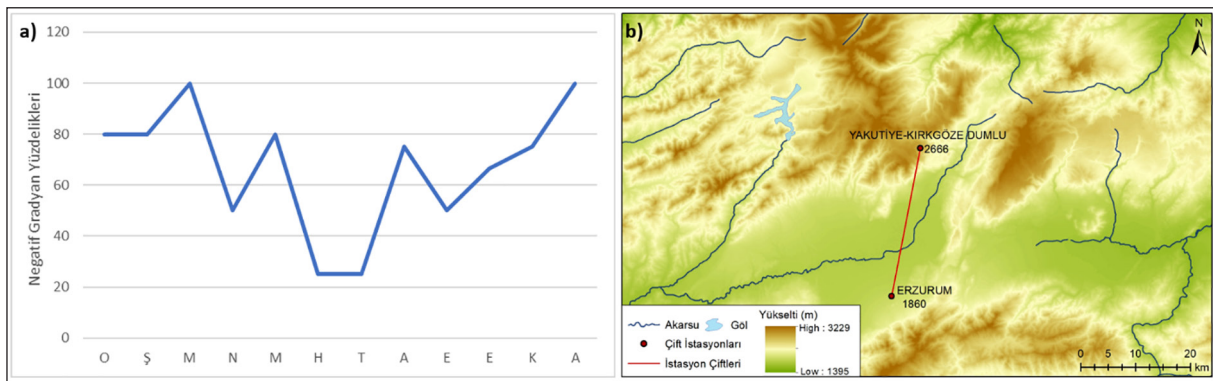
örüntüye sahiptir. Kışın %60'tan daha az olmayan hatta %100'ü bulan bir düzeyde negatif gradyanın görülmesi söz konusudur. Yıl içerisindeki en düşük düzeyler, beklendiği gibi yaz aylarıdır.

Yağış gradyanı üzerinde yoğunlaşma seviyesinin etkisine işaret eden Glazirin (1997), bu sonuca Tanrı Dağları'nın kuzeyinde ulaşmıştır. Türkiye'de karasallığı ve yükseltisi bakımından Tanrı Dağları'na en benzer örnek Erzurum'da oluşturulmuştur (Şekil 13). Burada ulaşılan sonuçlar Glazirin (1997)'in sonuçlarıyla uyumludur. Buna göre Yakutiye Kırkgöze Dumlu (2666 m) - Er-



Şekil 12. a) Antalya Körfezi doğusundaki istasyon çiftlerinde negatif yağış gradyanı görülme yüzdesinin aylara göre değişimi, b) Antalya Körfezi doğusundaki istasyon çiftleri yükselti haritası

Figure 12. a) Variations of the percentage of negative precipitation gradient in station pairs in east of Antalya Gulf by months, b) Elevation map of station pairs in east of the Gulf of Antalya



Şekil 13. a) Yakutiye Kirkgoze-Erzurum çiftinde negatif yağış gradyanı görülme yüzdesinin aylara göre değişimi, b) Yakutiye Kirkgoze-Erzurum çifti çevresi yükselti haritası

Figure 13. a) Variations of the percentage of negative precipitation gradient in Yakutiye Kirkgoze-Erzurum pair by months, b) Elevation map of around Yakutiye Kirkgoze-Erzurum pair

Erzurum (1860 m) çiftinde negatif gradyanın görülme yüzdesi kışın 80'den az değilken, yazın 20'ye kadar düşmektedir.

Atalay (2010, s. 476) Doğu Karadeniz'de denize dönük yamaçlarda yağışın yükseltiyle artışının belirgin olmadığını, artmadan söz edilecekse bunun için sıcak periyodun daha uygun olduğundan bahsederek Glazirin (1997)'in tespitiyle örtüşen bir özelliğe işaret etmektedir. Bu çalışmayla belirlendiği üzere kışın çiftlerde negatif gradyan görülme yüzdesinin, yazdakinden daha büyük olmasının muhtemel açıklayıcısı yoğunlaşma seviyesidir. Sonuç olarak, bu çalışmanın çıktılarını, yağış gradyanının, yoğunlaşma seviyesi tarafından; yoğunlaşma seviyesinin de sıcaklık ve nemlilik şartları tarafından kontrol edildiği şeklinde özetlemek mümkündür. Konvektif yağış hücrelerinin etkili olduğu zaman dilimlerinde ve sahalarda gradyanın ne olacağını öngörebilmenin ise güç olduğu anlaşılmıştır. Bununla birlikte, yağış-yükselti, yoğunlaşma seviyesi-yağış gradyanı ilişkilerini aydınlatmak üzere daha kapsamlı çalışmalara ihtiyaç vardır.

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

Veri erişebilirliği/Data availability: Mevcut çalışma sırasında kullanılan ve/veya analiz edilen veri setleri, makul bir talep üzerine ilgili yazardan temin edilebilir./The datasets used and/or analysed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Yazar katkısı/Authors' contribution: Giriş bölümü, B. K. tarafından hazırlanmıştır. Makalenin metodoloji ve tartışma bölümleri B.K ve E.Y. tarafından oluşturulmuştur. Introduction was created by B. K. Methodology and discussion parts of the article were created by the B.K and E.Y.

Kaynakça

- Ardel, A. (1960). *Umumi coğrafya dersleri* (2. baskı). İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Atalay, İ. (2010). *Uygulamalı klimatoloji* (1. baskı). META Basım Matbaacılık Hizmetleri.
- Aydınözü, D. (2008). Yükseldikçe bölgelerimize göre her 100 m.deki yağış artışı üzerine bir deneme. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 17, 172–184.
- Basist, A., Bell, G. D., & Meentemeyer, V. (1994). Statistical relationships between topography and precipitation patterns. *Journal of Climate*, 7, 1305–1315. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(1994\)007<1305:SRBTAP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(1994)007<1305:SRBTAP>2.0.CO;2)
- Biricik, A. S. (2009). *Fiziki coğrafya-jeomorfoloji ile hidrolojinin temel prensipleri ve araştırma yöntemleri*. Gonca Yayınevi.
- Burns, J. I. (1953). Small-scale topographic effects on precipitation distribution in San Dimas Experimental Forest. *Transactions, American Geophysical Union*, 34(5), 761–767. <https://doi.org/10.1029/TR034i005p00761>

- Clyde, G. D. (1931). Relationship between precipitation in valleys and on adjoining mountains in northern Utah. *Monthly Weather Review*, 59(3), 113–117. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1931\)59<113:RBPIVA>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1931)59<113:RBPIVA>2.0.CO;2)
- Davis, W. M. (1894). Physical geography in the university. *The University of Chicago Press Journal*, 66–100. <https://doi.org/10.1086/606891>
- Davis, W. M. (1899). The geographical cycle. *The Geographical Journal*, 14(5), 481–504.
- Diodato, N. (2005). The influence of topographic co-variables on the spatial variability of precipitation over small regions of complex terrain. *International Journal of Climatology*, 25(3), 351–363. <https://doi.org/10.1002/joc.1131>
- Eriş, S. (1961). Doğu Karadeniz kıyılarında fön ve termik tesirleri hakkında. *Türk Coğrafya Dergisi*, 21, 15–30.
- Eriş, E., & Ağıriloğlu, N. (2009). Effect of coastline configuration on precipitation distribution in coastal zones. *Hydrological Processes*, 23(25), 3610–3618. <https://doi.org/10.1002/hyp.7464>
- Fernow, B. E., & Gannett, H. (1888). The influence of forests on the quantity and frequency of rainfall. *Science*, 12(303), 242–244. <https://doi.org/10.1126/science.ns-12.303.242>
- Glazirin, G. E. (1997). Precipitation distribution with altitude. Theoretical and Applied Climatology, 58, 141–145. <https://doi.org/10.1007/BF00865014>
- Hanson, C. L. (1982). Distribution and stochastic generation of annual and monthly precipitation on a mountainous watershed in Southwest Idaho. *Water Resources Bulletin*, 18(5), 875–883. <https://doi.org/10.1111/j.1752-1688.1982.tb00085.x>
- Hatipoğlu, İ. K., & Uzun, A. (2020). Melet Irmağı Havzası'nda erozyon riskinin MICONA modeli ile değerlendirilmesi. *Türk Coğrafya Dergisi*, 74, 17–31. <https://doi.org/10.17211/tcd.644135>
- Heberden, W. (1769). Of the different quantities of rain, which appear to fall, at different heights, over the same spot of ground. *Philosophical Transactions (1683-1775)*, 59, 359–361. <http://dx.doi.org/10.1098/rstl.1769.0047>
- Hilgard, E. W. (1893). The physical and industrial geography of California. *The Geographical Journal*, 1(6), 536–539. <https://doi.org/10.2307/1773968>
- Homersham, S. C. (1851). An account of some observations made on the depth of rain which falls in the same localities at different altitudes in the hilly districts of Lancashire, Cheshire and Derbyshire. *Royal Society Publishing*, 5, 759–760. <https://doi.org/10.1098/rspl.1843.0159>
- Işık, F., Bahadır, M., & Çağlak, S. (2019). Artvin ilinde yağışın mekânsal dağılışı üzerine bir deneme, Schreiber formülü. *Uluslararası Artvin Sempozyumu, Ekim 2018*, 391–403.
- Jevons, W. S. (1861). On the deficiency of rain in an elevated rain-gauge, as caused by wind. *London, Edinburgh and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science*, 22(149), 421–433. <https://doi.org/10.1080/14786446108643180>
- Kollias, P., Miller, M. A., Johnson, K. L., Jensen, M. P., & Troyan, D. T. (2009). Cloud, thermodynamic, and precipitation observations in West Africa during 2006. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 114(13), 1–16. <https://doi.org/10.1029/2008jd010641>
- Lee, C. H. (1911). Precipitation and altitude in the Sierra. *Monthly Weather Review*, 39(7), 1092–1099. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1911\)39<1092b:PAaits>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1911)39<1092b:PAaits>2.0.CO;2)
- Linsley, R. K. (1958). Correlation of rainfall intensity and topography in Northern California. *Transactions American Geophysical Union*, 39(1), 15–18. <https://doi.org/10.1029/TR039i001p00015>
- Lull, H. W., & Ellison, L. (1950). Precipitation in relation to altitude in Central Utah. *Ecology*, 31(3), 479–484. <https://doi.org/10.2307/1931507>
- McAdie, A. G. (1909). The rainfall of Hetch Hetchy Valley. *Monthly Weather Review*, 37(12), 1117–1129. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1909\)37\[1117:TROHHV\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1909)37[1117:TROHHV]2.0.CO;2)
- McAdie, A. G. (1914). The rainfall of California. *University of California Publications in Geography*, 1, 127–140. <https://doi.org/10.2307/201288>
- Poulter, R. M. (1936). Configuration, air mass and rainfall. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 62, 49–76. <https://doi.org/10.1002/qj.94706226308>
- Robbins, W. W. (1910). Climatology and vegetation in Colorado. *Botanical Gazette*, 49(4), 256–280. <https://doi.org/10.1086/330175>
- Sarış, F., Keserci, F., & Bayrakdar, C. (2021). Yerel yağış değişkenliğine bir örnek: Fethiye-Söğütlüdere karşılaştırması. *Türk Coğrafya Dergisi*, 77, 87–98. <https://doi.org/10.17211/tcd.928567>
- Seko, K. (1987). Seasonal variation of altitudinal dependence of precipitation in Langtang Valley, Nepal Himalayas. *Bulletin of Glaciological Research*, 5, 41–47.
- Sevruk, B., & Miegliitz, K. (2002). The effect of topography, season and weather situation on daily precipitation gradients in 60 Swiss valleys. *Water Science and Technology*, 45(2), 41–48. <https://doi.org/10.2166/wst.2002.0025>
- Sharon, D. (1972). The spottiness of rainfall in a desert area. *Journal of Hydrology*, 17, 161–175. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(72\)90002-9](https://doi.org/10.1016/0022-1694(72)90002-9)
- Smallshaw, J. (1953). Some precipitation-altitude studies of the Tennessee Valley Authority. *Transactions, American Geophysical Union*, 34(4), 583–588. <https://doi.org/10.1029/TR034i004p00583>
- Spreen, W. C. (1947). A determination of the effect of topography upon precipitation. *Transactions, American Geophysical Union*, 28(2), 285–290. <https://doi.org/10.1029/TR028i002p00285>
- Unwin, D. J. (1969). The areal extension of rainfall records: An alternative model. *Journal of Hydrology*, 7, 404–414. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(69\)90094-8](https://doi.org/10.1016/0022-1694(69)90094-8)
- Varney, B. M. (1920). Monthly variations of the precipitation-altitude relation in the central Sierra Nevada of California. *Monthly Weather Review*, 48(11), 648–650. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1920\)48<648:MVOTPR>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1920)48<648:MVOTPR>2.0.CO;2)
- Wang, L., Chen, R., Song, Y., Yang, Y., Liu, J., Han, C., & Liu, Z. (2018). Precipitation–altitude relationships on different timescales and at different precipitation magnitudes in the Qilian Mountains. *Theoretical and Applied Climatology*, 134(3–4), 875–884. <https://doi.org/10.1007/s00704-017-2316-1>
- Yılmaz, E., Çalışkan, O., Çiçek, İ., & Türkoğlu, N. (2012). Türkiye'de sıcaklık ve yağışın düzensizliği 1964-2003. VII. TÜCAUM Coğrafya Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 57–67.
- Yılmaz, E., & Darende, V. (2021). Türkiye'de yağış ölçümü yapılan manuel-otomatik meteoroloji gözlem istasyonu verilerinin karşılaştırılması. *Türk Coğrafya Dergisi*, 77, 53–66. <https://doi.org/10.17211/tcd.834500>