



# MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi

<https://www.mta.gov.tr/mtayerbilimleri/>



## Tatların-Tuzköy ve Hacılar-Karaburna çevresinin Kuvaterner yapısal jeolojisi ve morfolotektoniği, Nevşehir-Kapadokya

Uğur DOĞAN<sup>a\*</sup> ve Ali KOÇYİĞİT<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Ankara Üniversitesi Coğrafya Bölümü 06100 Sıhhiye, Ankara, Türkiye

<sup>b</sup>Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Aktif Tektonik ve Deprem Araştırma Lab. Ankara, Türkiye

Araştırma Makalesi

### Anahtar Kelimeler:

Salanda Fay Zonu, Yıllık kayma hızı, Morfolotektonik, Terselmiş vadi, Kızılırmak Vadisi, Kapadokya.

### ÖZ

Bu çalışma Kızılırmak vadisinin güneyindeki Tatların ve kuzeyindeki Karaburna arasında kalan jeotransvers kuşaklarının Kuvaterner'deki morfolotektonik gelişimini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda seçilen alanlarda ayrıntılı jeolojik ve jeomorfolotik haritalama yöntemi kullanılmış, kesitler çizilmiş, ayrıca fay aynalarından alınan ölçümler stereografik izdüşüm yöntemiyle analiz edilmiştir. Bu kapsamda yüksek çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli ve uydu görüntülerinden de yararlanılmıştır. Bu çalışma ile bir yandan önceden çalışılmamış kesimde yeni bulgular ortaya konurken, diğer yandan da detaylandırılan verilerle önceki çalışmaların sonuçları geliştirilmiştir. Çalışmada, Kızılırmak Vadisi'nin güneyindeki Çiftlikköy yakınlarında yeni bir fay takımı saptanmış, haritalanmış ve analiz edilmiştir. Kızılırmak Nehri'nin kuzeyinde yer alan Salanda Ana Fayı'nda son 1.228 My'daki yanal atım 5 km (4.07 mm/yıl), düşey atım 46 m (0.037 mm/yıl) olarak ve nehrin güneyindeki Çiftlikköy Fayı'nda son 2 My'daki yanal atım 175 m (0.87 mm/yıl), düşey atım 36 m (0.037 mm/yıl) olarak hesaplanmıştır. Terselmiş bir paleovadi tabanında yer alan yaklaşık 2 My yaşında ve 15 km uzunluğunda olan Evren Sırtı Bazaltı'nın Tatların Cüruf Konisi'nden kaynaklandığı belirlenmiştir. Sırtın çok sayıda fayla kesilmesi sonucunda fayların oluşturduğu düşey atımlar ve fay bloklarındaki geriye doğru eğimlenmeler paleovadi profinin bozulmasına yol açmıştır. Bu bozulmalara rağmen paleovadi tabanı vasıtasıyla Erken Pleyistosen'deki bölgesel yükselme hızının sonraki dönemlere göre oldukça düşük olduğu saptanmıştır.

Gönderim Tarihi: 06.08.2024

Kabul Tarihi: 30.10.2024

### Keywords:

Salanda Fault Zone, annual slip rate, morphotectonic, inverted valley, Kızılırmak Valley, Cappadocia.

### ABSTRACT

This study was conducted to reveal the morphotectonic development during the Quaternary of the geotransverse belts between Tatların in the south and Karaburna in the north of the Kızılırmak Valley. For this purpose, detailed geological and geomorphological mapping methods were used in the selected areas, cross-sections were drawn, and measurements taken from fault planes were analyzed using the stereographic projection method. In this context, high-resolution Digital Surface Model and satellite images were also used. While this study revealed new findings in a previously unstudied section, it also improved the results of previous studies with detailed data. In the study, a new fault set was detected, mapped and analyzed near Çiftlikköy in the south of the Kızılırmak Valley. The lateral slip in the last 1.228 Ma on the Salanda Main Fault located north of the Kızılırmak River was calculated as 5 km (4.07 mm/year), the vertical slip as 46 m (0.037 mm/year), and the lateral slip in the last 2 Ma on the Çiftlikköy Fault south of the river was calculated as 175 m (0.87 mm/year), the vertical slip as 36 m (0.037 mm/year). It was determined that Evren Ridge Basalt, which is approximately 2 Ma old and 15 km long and located at the bottom of an inverted paleovalley, originated from Tatların Cinder Cone. As a result of the ridge being cut by

Received Date: 06.08.2024

Accepted Date: 30.10.2024

Atf Bilgisi: Doğan, U., Koçyiğit, A. 2024. Tatların-Tuzköy ve Hacılar-Karaburna çevresinin Kuvaterner yapısal jeolojisi ve morfolotektoniği, Nevşehir-Kapadokya. MTA Yerbilimleri ve Madencilik Dergisi 6, 33-52.

\*Başvurulacak yazar: Uğur DOĞAN, [geoankara@gmail.com](mailto:geoankara@gmail.com)

*numerous faults, vertical slips formed by faults and back tilting in the fault blocks caused the paleovalley profile to deteriorate. Despite these deteriorations, it was determined that the regional uplift rate in the Early Pleistocene via the paleovalley bottom was considerably lower than in later periods.*

## 1. Giriş

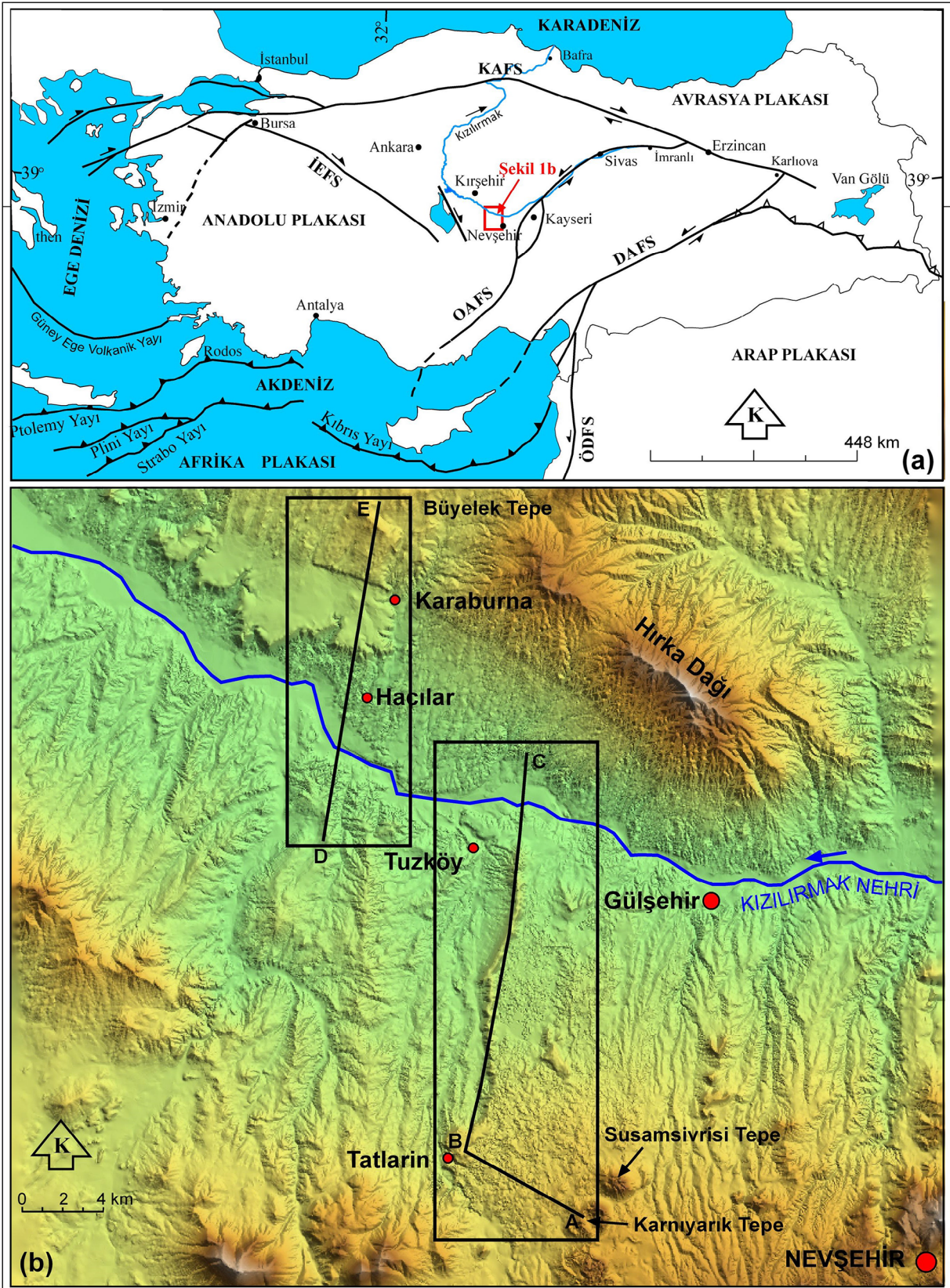
Kapadokya'nın kuzey kesiminin Kuvaterner jeolojisi ve jeomorfolojisini aydınlatmaya yönelik çalışmaların sayısında son yıllarda önemli bir artış olmuştur (Toprak, 1994; Türkecan vd., 2004, 2014; Aydar vd., 2012, 2013; Çiner vd., 2015; Koçyiğit ve Doğan, 2016; Gürbüz vd., 2019; Doğan ve Şenkul, 2020; Doğan, 2021; Brocard vd., 2021; Koçak vd., 2021; Demircioğlu ve Coşkuner, 2022; Demircioğlu ve Oktar, 2024). Çalışmaların önemli bir kısmı da Kızılırmak Nehri'nin drenaj sisteminin kuruluşu, vadisinin gelişimi ve seki basamakları üzerine odaklanmıştır (Avşin-Görendağlı, 2011; Doğan, 2009, 2010, 2011; Çiner vd., 2015; Doğan vd., 2020; Doğan ve Şenkul, 2020; Brocard vd., 2021). Bu çalışmalarda sekiler haritalanmış, jeomorfolojik kesitleri çizilmiş, nehrin uzun dönemli iklim değişimi ve tektoniğe verdiği tepki aydınlatılmaya çalışılmıştır. Gülşehir yakınlarında Kızılırmak vadisinin jeomorfolojisinin aydınlatılmasına temel oluşturan ilk çalışmada (Doğan, 2011) Salanda Fayı ve Tuzköy Fayı arasına yerleşmiş olan Kızılırmak Nehri'nin son 2 My içerisinde oluşmuş 15 seki basamağı saptanmıştır. Burada asimetrik bir vadi içerisinde akan nehrin sekileri vadinin kuzey kesiminde daha iyi korunduğu gösterilmiştir. Bu sekilerden en eskisi, güncel nehir seviyesinden 160 m yukarıda Evren Sırtı Bazaltı altında saptanmıştır. Kızılırmak Nehri'nin bir paleo-yankolu içerisinde akmış olan bazaltın aşınmaya karşı dayanıklı olması, bu yankol vadisinin terselmesine yol açmıştır. Avanos yakınlarında yapılmış olan iki çalışmayla (Çiner vd., 2015; Doğan ve Şenkul, 2020) birlikte son 2.7 my içerisinde vadide korunmuş olan toplam seki sayısının 17 tane olduğu ortaya konulmuştur (Doğan ve Şenkul, 2020). Kapadokya'da Kızılırmak Nehri drenaj sisteminin kuruluşu Doğan ve Şenkul (2020)'a göre 2.7-5 My arasında, Brocard vd. (2021) göre ise 4.2 My öncesidir.

Kızılırmak vadisinin batıda Kesikköprü ve doğuda Bayramhacı arasında kalan kesiminin

tektonik özellikleri Koçyiğit ve Doğan (2016) tarafından yapılmış olan ayrıntılı bir çalışmayla ortaya konulmuştur. Bu çalışmada Salanda Fay Zonu içerisinde yer alan Kızılırmak vadisinin Kuvaterner'de doğrultu atımlı neotektonik rejim etkisinde kaldığı belirlenmiştir. Bu fay zonunun günümüzde de aktif olduğu ve nehrin güncel yatağının da faylar tarafından denetlendiği belirlenmiştir (Koçyiğit ve Doğan, 2016). Salanda Fay Zonu'nda yapılmış olan başka iki çalışmada ise Salanda Fayı'nın sağ yanal doğrultu atım bileşenine sahip normal fay karakterinde olduğu belirtilmiştir (Demircioğlu ve Coşkuner, 2022; Demircioğlu ve Oktar, 2024). Bu çalışmaların ilkinde jeomorfik-morfometrik indislerin ve diğer bulguların Salanda Fayı'nın yüksek ve orta derecede tektonik bir aktiviteye sahip olduğunu gösterdiği sonucuna varılmıştır (Demircioğlu ve Coşkuner, 2022). İkinci çalışmada ise (Demircioğlu ve Oktar, 2024) PSInSAR yöntemiyle benzer bir sonuca varmışlardır. Salanda Fay Zonu üzerinde yer alan ve Avanos yakınlarında Balkayası ve Sarıhıdır travertenlerinde yapılan bir çalışmada travertenlerdeki çökme yaşının 55 ile 9 bin yılları arasında değiştiği saptanmıştır (Koçak vd., 2021). Kuvaterner'deki bölgesel yükselme hızının sekilere dayalı olarak 0.05 mm/yıl (Çiner vd., 2015) ile 0.08 mm/yıl (Doğan, 2010; Doğan ve Şenkul, 2020) arasında değiştiği ortaya konulmuştur. Bu yeni çalışmada ise Kapadokya'da Kızılırmak Vadisi'nin güneyinde yer alan Tatların ve kuzeyinde yer alan Karaburna arasında kalan jeotransvers kuşaklarının son 2 My'deki morfolojik gelişimi ele alınmıştır. Bu çalışma kapsamında, özellikle Evren Sırtı Bazaltı boyunca saptanmış olduğumuz yeni verilerle, daha önce yapmış olduğumuz çalışma sonuçlarının güvenilirliği bir kez daha kanıtlanmıştır.

## 2. Genel Stratigrafik Özellikler

Orta Anadolu volkanik bölgesinin (OAVB) kuzey yarısı ile onu akaçlayan Kızılırmak Nehri'ni de kat eden transvers kuşakları (4-6 km genişlikte) ayrıntılı olarak haritalanmış, incelenmiş ve gözlemlenen tüm



Şekil 1- a) Türkiye ve yakın çevresinin önemli tektonik yapılarını ve çalışma alanını gösteren yalınlaştırılmış harita, DAFS: Doğu Anadolu Fay Sistemi, KAFS: Kuzey Anadolu Fay Sistemi; OAFS: Orta Anadolu Fay Sistemi ve ÖDFS: Ölü Deniz Fay Sistemi. b) Çalışma alanının/jeotransvers kuşaklarının yer buldu haritası.

kaya birimleri, dokanaklar, morfotektonik, yapısal ve stratigrafik ögeler tartışılarak sonuçta iki jeolojik harita (Geological strip map) oluşturulmuştur (Şekil 2 ve 3a). Genel olarak, OAVB iki büyük kıtasal blok üzerinde yer alır. Bunlar Orta Anadolu Kristalin Kütleleri ve Toroslar'dır. Çalışma alanımız ve yakın çevresinde yüzeyleyen kayalar; litolojik özellikleri, yaşları, geçirmiş oldukları deformasyon türleri ve oluştukları tektonik dönemler baz alınarak iki kaya topluluğuna ayrılmıştır. Bunlar sırayla: (1) Kuvaterner öncesi yaşlı ve deformasyon geçirmiş temel kayalar ya da paleotektonik kaya topluluğu ve (2) Kuvaterner yaşlı ve deformasyon geçirmemiş neotektonik kaya topluluğu ya da havza dolgusudur.

Kuvaterner öncesi yaşlı temel kayalar yaşlıdan gence doğru sırayla; metamorfite (mermer, gnays, kuvarsit, amfibolit, kalkşist ve şist ardaşımından oluşan Kırşehir Masifi), onu tektonik olarak üzerleyen Geç Kretase-yaşlı ofiyolitli karışık (Anadolu Napı), her iki birimi ve aralarındaki tektonik dokunağı kesip sokulum yapmış olan Geç Maastrichtiyen-Erken Paleosen yaşlı Granitoid-Siyenitoid (Akçataş sokulumu); bu birimleri açılı uyumsuzlukla üzerleyen, fakat aynı zamanda ilk iki birim tarafından da tektonik olarak üzerlenen Geç Paleosen yaşlı Göynük olistostromal birimi; tüm bu birimleri açılı uyumsuzlukla örten Orta-Geç Eosen yaşlı, sığ denizel-karasal bir istif (Akmezardere Formasyonu); Akmezardere Formasyonu ve onu tektonik olarak üzerleyen Kırşehir Masifi metamorfite (mermer) de açılı uyumsuzlukla üzerleyen Tuzköy Formasyonudur. Aynı zamanda ekonomik düzeyde kömür de içeren Tuzköy Formasyonu egemen olarak akarsu-göl ortamında çökelmiş çakıltaşı, kumtaşı, şeyl, çamurtaşı ve jips ardalannasından oluşur. Formasyon Kırşehir Masifi'nin mermerleri tarafından tektonik olarak üzerlenir. Temel kaya topluluğunun en genç birimi Ürgüp Grubu'dur (Pasquare, 1968). Geç Orta Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı bu birim (Koçyiğit ve Doğan, 2016; Doğan ve Şenkul, 2020; Brocard vd., 2021) çalışma alanımız içindeki en yaygın birim olup, önceki tüm birimleri açılı uyumsuzlukla üzerler. Daha yaşlı birimlerin aşınım yüzeyi üzerinde çok bileşenli çakıltaşı ile başlayan istif üstte doğru kumtaşı, kireçtaşı, diatomit, ignimbirit, tüfit ve kıltaşı ardalannasıyla devam eder. Özetle volkanosedimanter bir istifle

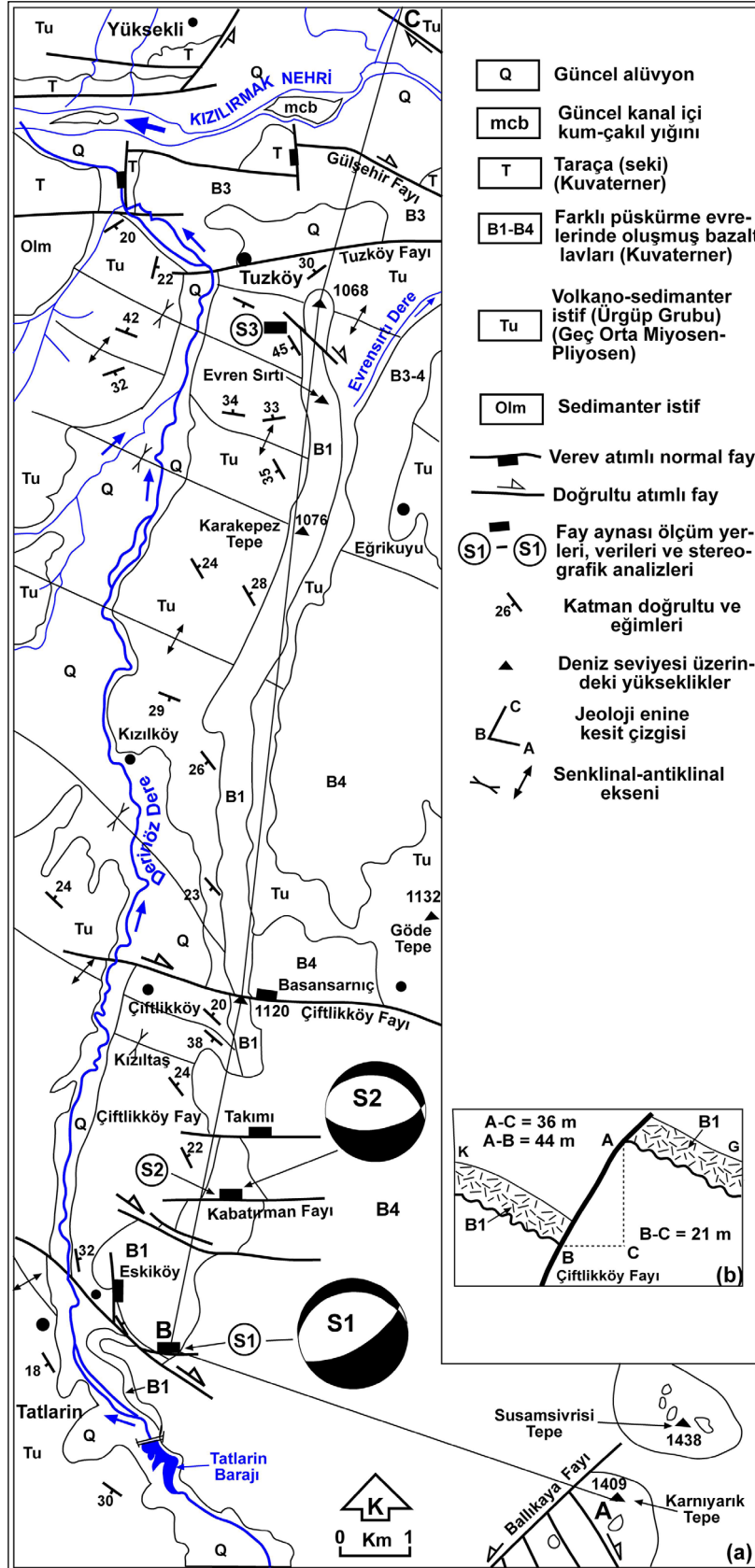
temsil edilen Ürgüp Grubu Erken Pliyosen yaşlı Kışladağ kireçtaşı ile son bulur. Kalınlığı birkaç on metre ile 1 km arasında değişen Ürgüp Grubu yer yer dikçe eğimli ve kıvrımlı olup oluşumu sonrası deformasyon geçirmiştir. Tüm bu temel birimler aynı zamanda Orta Anadolu kristalin kütlelerini ve Kuvaterner öncesi örtüsünü de oluşturan kaya topluluğudur (Koçyiğit ve Doğan, 2016). Temel kaya topluluğu, henüz deformasyon geçirmemiş (yatay konumlu) volkanosedimanter bir istif tarafından açılı uyumsuzlukla örtülür. Aynı zamanda havza dolgusu olarak da adlanan Kuvaterner yaşlı bu birim tabanda gevşek yapılı akarsu-göl istifi ile başlayıp üstte doğru değişik yaş ve kalınlıkta akarsu sekisi tortulları ve değişik püskürme evresinde oluşmuş bazalt lavı düzeylerinin ardalannasıyla devam eder. Bu çalışmanın ana ilgi alanı anılan bu havza dolgusunun, yaşı, yapısı, morfolojisi, temel birimlerle ilişkisi, oluşumu ve oluşumunu denetleyen neotektonik rejim ile ilgili faylanmanın özelliğidir.

### 3. Yapısal Jeoloji

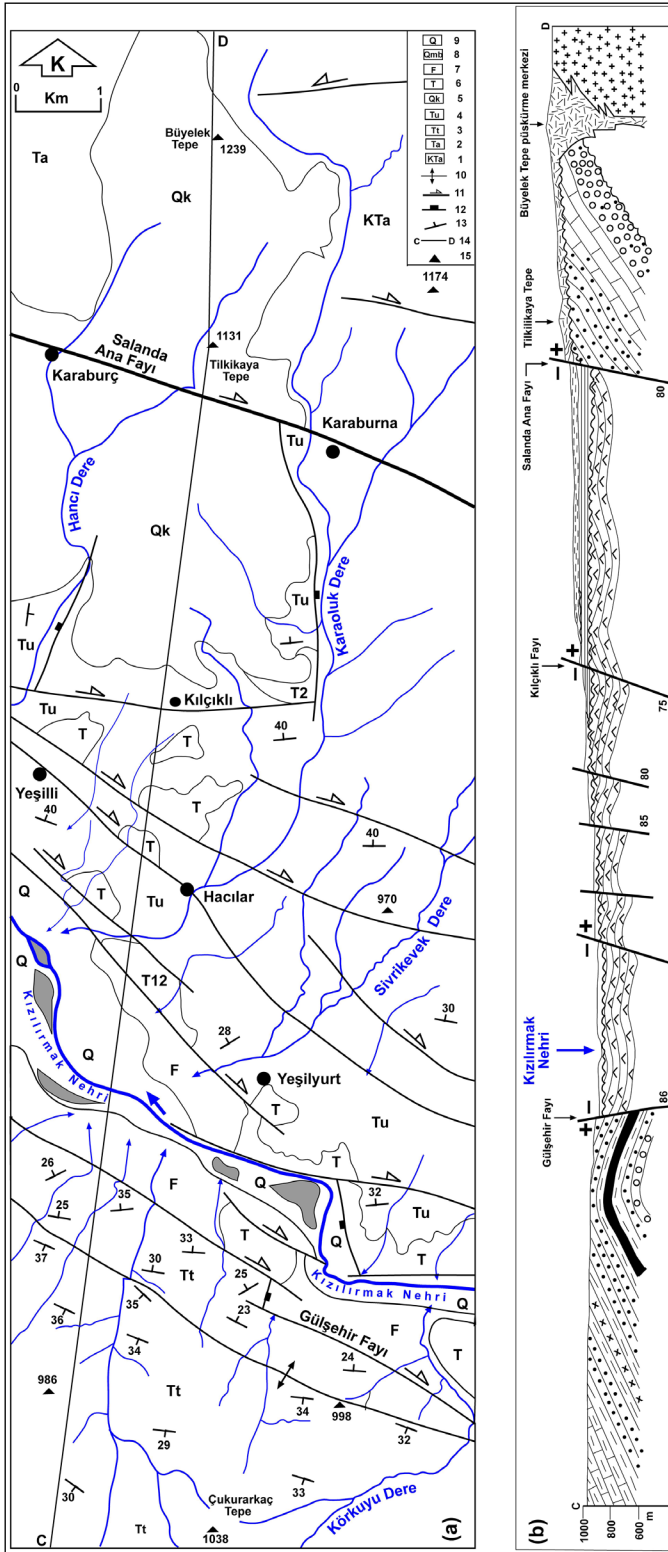
Çalışma alanı ve yakın çevresini şekillendiren en önemli beş yapısal öge oluşum sırasına göre katmanlanma, yapraklanma (foliasyon), kıvrımlanma-kıvrımlar, uyumsuzluklar ve faylardır. Her beş öge aşağıda öz bir şekilde açıklanmıştır.

Yukarıda sözü edilen her iki kaya topluluğu da katmanlıdır. Ancak temel kayaları oluşturan katmanlar eğimlenmiş ve kıvrımlanmış olmasına karşın (Şekil 2, 3 ve 4), havza dolgusunu oluşturan katmanlar yatay konumludur. Katmanlı kayaların, oluşumları sonrası geçirmiş oldukları deformasyon (başkalaşım, kıvrımlanma, vb.) sırasında, katmanları oluşturan sedimanlar içinde, geçirdikleri yüksek basınç ve sıcaklık nedeniyle, yeni mineraller oluşmuş ve onların dizilimiyle de yeni bir düzlemsel yapı (yapraklanma: foliasyon) gelişmiştir. Bu yapı ise Kırşehir Masifi gibi kristalin kayaları temsil eder.

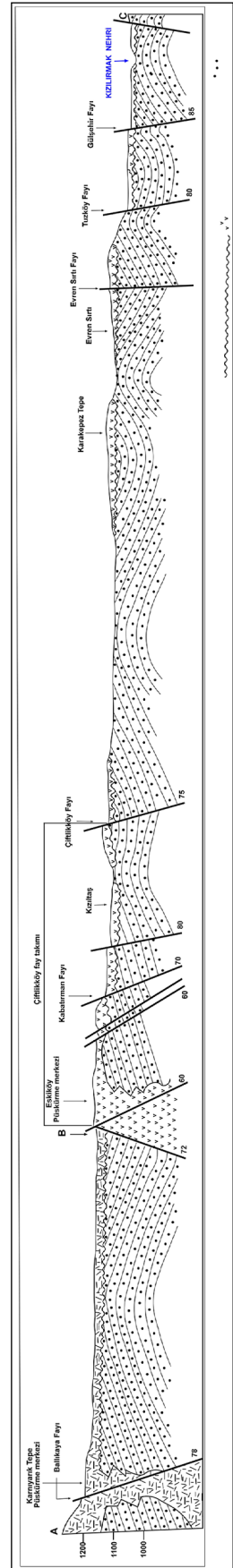
Çalışma alanı içinde, özellikle Ürgüp Grubu'nu oluşturan volkanosedimanter istif ve onu temsil eden katmanlar yer yer dikçe eğimli (Şekil 5a) ve yer yer de antiklinal ve senklinaller biçiminde deformasyon geçirmiştir, başka bir deyişle, Ürgüp Grubu



Şekil 2- a) Tatlarin-Tuzköy arasındaki jeolojik haritası. b) Evren Sırtı Bazaltını (B1) kesip ötelemiş Çiftlikköy Fayı.



Şekil 3- a) Çukurarkaç Tepe-Büyelek Tepe jeolojik harita. 1. Akçatas sokulumu, 2. Akmezardere Formasyonu, 3. Tuzköy Formasyonu, 4. Ürgüp Grubu, 5. Karaburna Bazaltı, 6. Taraça (seki), 7. Yelpeze-önlük tortulları, 8. Kanal içi kum-çakıl yığı (bar) ve 9. Güncel alüvyon; b) 10. Antiklinal eksen, 11. Doğrultu atımlı fay, 12. Verrev atımlı normal fay, 13. Katman doğrultu-eğimi, 14. Jeoloji enine kesit çizgisi ve 15. Yükseklik değerleri. (Şekil 3b Şekil 3a'daki C-D hattı boyunca alınmış kesittir).



Şekil 4- Yapısal-morfolojik öğeleri gösteren, Şekil 2a'daki A-B-C çizgisi boyunca çizilmiş jeolojik enine kesiti.

volkanosedimanter istifi yalnızca dikçe eğimli değil fakat aynı zamanda kıvrımlıdır (Şekil 2, 3 ve 5b).

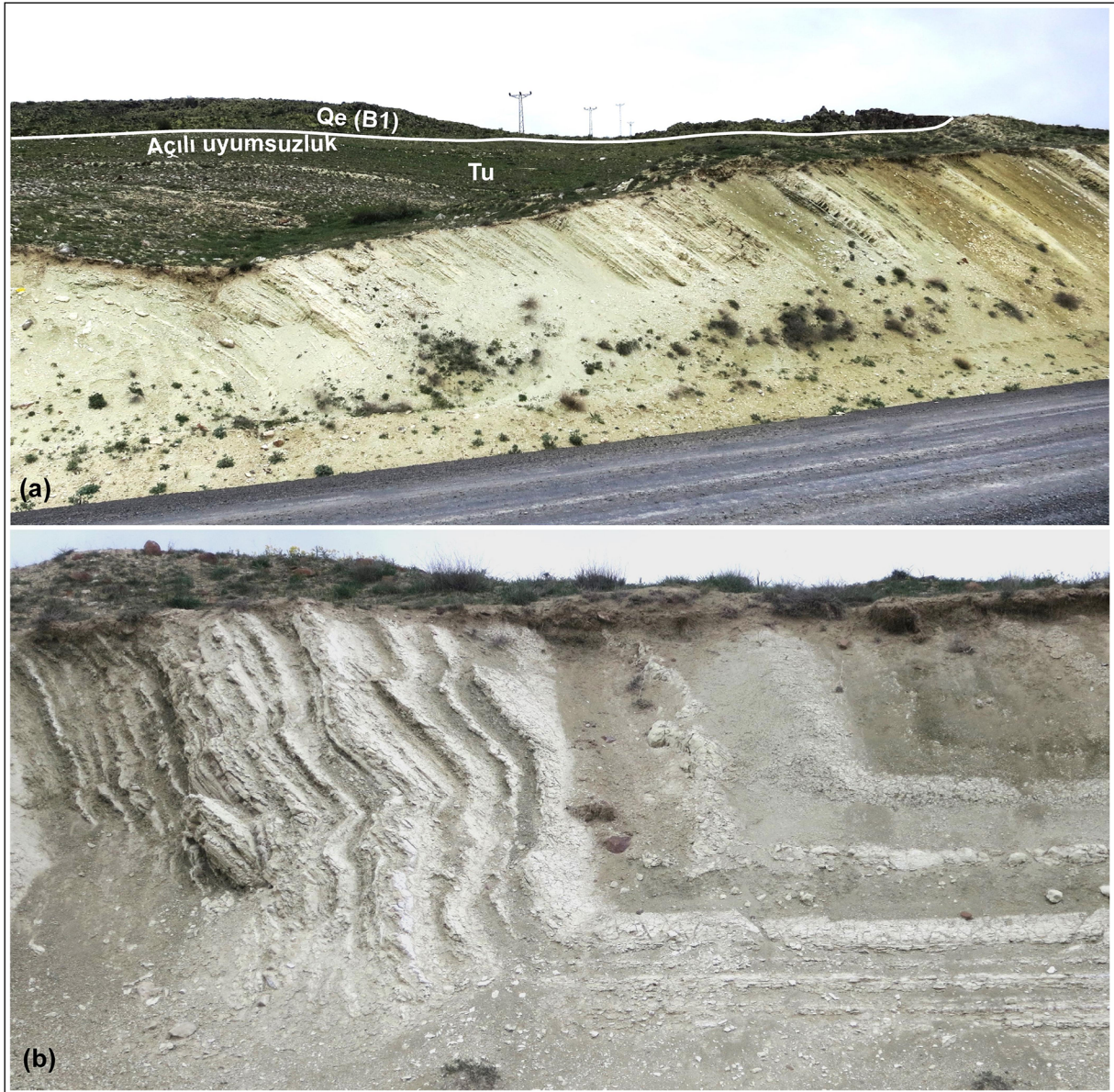
Çalışma alanı ve yakın çevresinde, Geç Paleosen, Orta-Geç Eosen, Orta Miyosen, Geç Orta Miyosen ve Kuvaterner tabanında beş ayrı açılı uyumsuzluk gelişmiş olup, Bunlardan en genci Kuvaterner tabanındaki uyumsuzluk olup (Şekil 5), altta yer alan daha yaşlı temel kayaları, üstte yer alan deformasyon geçirmemiş havza dolgusu ya da neotektonik kaya topluluğunu birbirinden ayırır. Başka bir deyişle; bu

açılı uyumsuzluk paleotektonik dönemin sonunu, neotektonik dönemin de başlangıcını belgeler (Şekil 2, 3, 4 ve 5).

### 3.1. Faylar

#### 3.1.1. Salanda Fay Kuşağı

Anılan bu yapı yaklaşık 5-22 km genişliğinde, 180 km uzunluğunda ve BKB (K75-80B) gidişli, sağ yanal doğrultu atımlı potansiyel aktif bir deformasyon kuşağıdır. Batıda Bala ile doğuda Avanos ilçeleri



Şekil 5- a) Tuzköy güneyinde dikçe eğimli Geç Orta Miyosen-Pliyosen yaşlı Ürgüp Grubu sedimanter istifi (Tu) ve onu açılı uyumsuzlukla üzerleyen Kuvaterner yaşlı Evrensirtı bazaltının (Qe: B1) genel görünümü (Doğuya bakış). b) Tuzköy güneyinde Ürgüp Grubu içinde gelişmiş kıvrımlardan birinin genel görünümü (Doğuya bakış).

arasında (çalışma alanı dışı) kesintili olarak yüzeyleyen Salanda Fay Kuşağı, ilkin Koçyiğit ve Doğan (2016) tarafından ayrıntılı olarak çalışılmıştır. Salanda Fay Kuşağı'nın kuzeyde Büyelek Tepe ile güneyde Tuzköy arasında yüzeyleyen, yaklaşık 5 km uzunluğunda ve 22 km genişliğindeki kesimi bu yeni çalışma alanı içinde kalmaktadır (Şekil 2 ve 3a). Genel olarak Salanda Fay Kuşağı, yakın ve uzak aralıklı (0.2-3 km), kısa ve uzun (1.6.-23 km) çok sayıda tekil yapısal segment ile birkaç tane fay takımından oluşur. Bu tekil ve takım olan fay segmentleri egemen olarak BKB gidişli olmasına karşın, sınırlı sayıda da D-B, K-G ve KD gidişli fay segmentleri de vardır (Şekil 2 ve 3a). Önemli tekil faylar ve fay takımları arasında, kuzeyden güneye doğru Hırkadağ ve Yürücek tekil fayları ile Tuzköy ve Karadağ fay takımları sayılabilir. Bunlardan Tuzköy Fay Takımı ile fay kuşağının ana fayını temsil eden Salanda Fayı'nın sınırlı uzunluktaki bir kesimi bu yeni çalışma alanı içinde de yer almaktadır. Ayrıca, bu yeni çalışma kapsamında, Salanda Fay Kuşağı'nın dışında ve güneyinde, fakat tüm özellikleri ile anılan fay kuşağı ile aynı özelliklere sahip yeni bir fay takımı (Çiftlikköy Fay Takımı) daha saptanmış, haritalanmış ve analiz edilmiştir (Şekil 2).

### 3.1.2. Salanda Ana Fayı

Salanda Ana Fayı'nın (Şekil 3a) yaklaşık 5.5 km uzunluğundaki Karaburna-Karaburç kesimi çalışma alanımız içinde kalmaktadır. Bu fay BKB gidişli, güneye dikçe eğimli (80°), önemli miktarda eğim atım bileşeni de olan sağ yanal doğrultu atımlı potansiyel aktif bir yapıdır. İnceleme alanı içinde 1.228 My yaşlı Karaburna Bazaltı'nı (B2) (Doğan, 2009, 2011) ve onun altında yer alan Erken Kuvaterner yaşlı Eskiyaaylacık Formasyonu'nu (Qse) keser ve 46 m kadar düşey yönde öter (Şekil 6). Buna karşın Karburç Köyü'nün hemen batısında Orta-Geç Eosen yaşlı Akmezardere Formasyonu'nu ve Karaburna bazaltını keser, 5 km boyunca sağ yanal yönde öter ve bu iki değişik yaşlı birimi tektonik olarak karşı-karşıya getirir (Koçyiğit ve Doğan, 2016'da 4 no'lu şekil).

### 3.1.3. Tuzköy Fay Seti

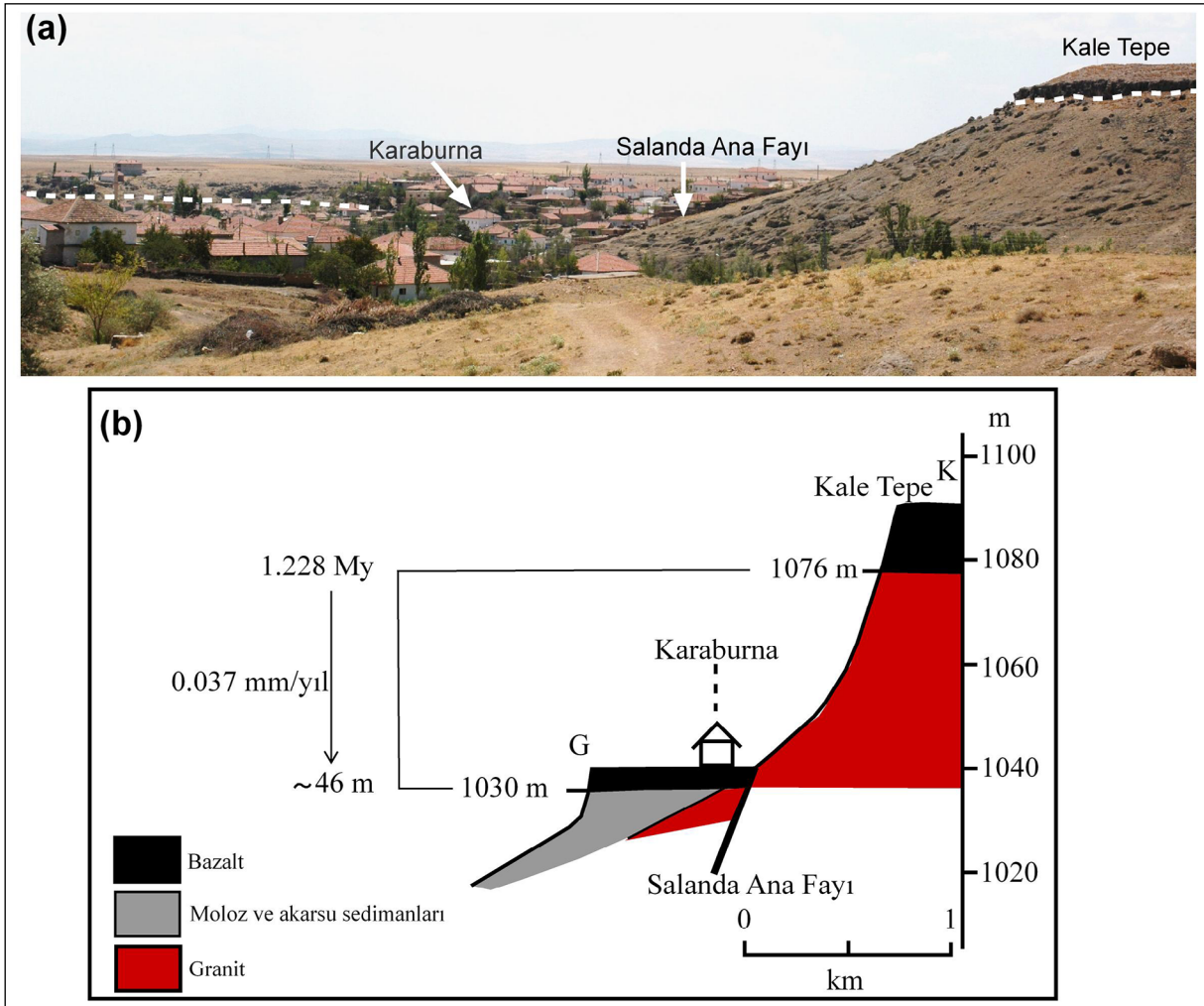
Doğuda Gülşehir ile batıda Karaboğaz Köyü arasında, Kızılırmak Nehri'nin kuzey ve güney

kenarları boyunca kesikli olarak yüzeyleyen yaklaşık 0.9-7 km genişlikte ve 47 km uzunlukta aktif bir deformasyon kuşağı gözlenir. Anılan bu deformasyon kuşağı daha önce Koçyiğit ve Doğan (2016) tarafından saptanmış, Tuzköy Fay Takımı olarak adlanmış ve analiz edilmiştir. Tuzköy Fay Takımı'nın sınırlı bir kesimi (Tuzköy-Hacılar kesimi) çalışma alanımız içinde yüzeylemektedir (Şekil 2 ve 3). Genel olarak BKB gidişli, sık aralıklı, değişik uzunlukta, kuzey ve güneye dikçe eğimli çok sayıda yapısal fay segmentinden oluşan Tuzköy Fay Takımı, Kızılırmak Nehri'ni ve yan kollarını denetlemektedir. Kuvaterner öncesi yaşlı temel kaya topluluğunun en genç birim olan Miyosen-Pliyosen yaşlı Ürgüp Grubu volkanosedimanter istifi ve onu açılı uyumsuzlukla örten Kuvaterner yaşlı havza dolgusu birimleri Tuzköy Fay Takımı fayları tarafından kesilip düşey ve yanal yönde ötelenmiştir. Örneğin Gülşehir ilçesi yakın batısında (çalışma alanı doğusu ve dışı), yine Ürgüp Grubu kayalarını, onu açılı uyumsuzlukla üzerleyen sekiyi ve 96 bin yıl yaşındaki Karnıyarıktepe Bazaltını (B4) kesip öteleyen bir sıkışma yapısı (yüksek açılı bir ters fay), Tuzköy Fay Takımı'nı oluşturan önemli yapılardan biri olan Gülşehir fayı tarafından kesilip ötelenmiştir (Koçyiğit ve Doğan 2016'da Şekil 13b). Özetle, Tuzköy Fay Takımı kökensel olarak, paleotektonik dönemden kalıtsal normal faylanma ile temsil edilmiş bir yapı olup, Kuvaterner yaşlı neotektonik dönemde sağ yanal doğrultu atımlı bir yapı olarak yeniden etkinlik kazanmıştır. Bu nedenle fay segmentlerinin önemli miktarda eğim atım bileşeni de vardır.

### 3.1.4. Çiftlikköy Fay Takımı

Çalışma alanının güney kesiminde, kuzeyde Çiftlikköy ile güneyde Eskiköy yerleşkeleri arasında değişik uzunlukta (0.8-6 km), egemen olarak BKB gidişli, kuzeye dikçe eğimli (60-80 derece arasında), yaklaşık birbirine koşut uzanımlı yedi adet yapısal fay segmenti yüzeyler. İlkin bu çalışma kapsamında saptanmış ve haritalanmış olan bu fay segmentleri Çiftlikköy Fay Takımı olarak adlanmış ve analiz edilmiştir (Şekil 2 ve 4). Bunlar arasında en uzun olan Çiftlikköy Fay Segmenti olup bu fay altta yer alan Ürgüp Grubu kayalarını ve onun üzerinde açılı uyumsuzlukla bulunan 1.989 My yaşındaki Evren Sırtı





Şekil 6- a) Salanda Ana Fay sarplığının genel görünümü (Batıya bakış). b) Aynı fay sarplığının jeolojik enine kesiti ve düşey atım miktarı (Doğan, 2009 ve 2011'den yeniden çizilmiştir).

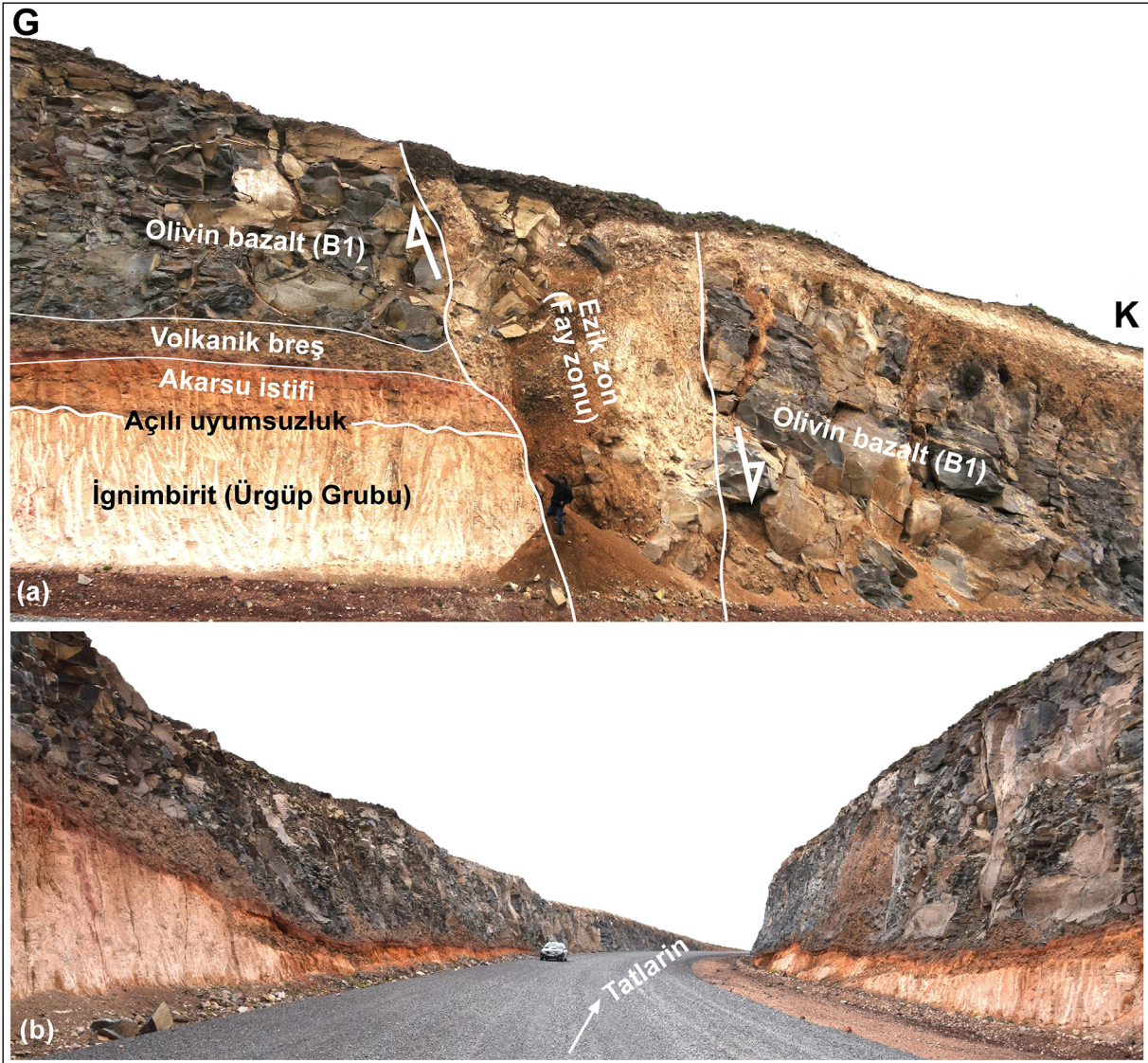
Bazaltı'nı (B1) (Doğan, 2011) keser ve düşey yönde 36 m kadar ötele (Şekil 2b'de A-C). Fay segmentleri genel olarak iyi korunmuş fay aynaları sunmakta olup, fay aynalarından ölçülen kayma verilerinin kinematik analizi ve arazi gözlemleri bu fayların egemen olarak doğrultu atım bileşenli (100m -175m arasında değişir) yapılar olduğunu kanıtlamıştır (Şekil 2'de S1, S2 ve S3). Fayların varlığını kanıtlayan diğer iki önemli yapısal veri ise fay bloklarının geriye doğru eğimlenmesi ve genişliği 5 metreye varan ezik-breşik zonların gelişmiş olmasıdır. Bu zon özellikle yol yarmasında gözlenmiş olan Kabatırman Fay Segmenti için oldukça karakteristiktir (Şekil 7a). Anılan bu fay tarafından kesilmiş olan Geç Kuvaterner yaşlı istif (alttan üste doğru sırayla akarsu tortulu, volkanik breş ve bazaltik lav), fayın kuzey bloğunda faya doğru, güney bloğunda ise faydan uzağa doğru  $10^\circ$

kadar eğimlenmiştir (back tilting) (Şekil 7b). Bu faylar boyunca gözlenen önemli miktardaki eğim atım bileşeni, fayların neotektonik dönemde yeni bir düzlem oluşturma yerine var olan eski düzlemi kullanmış olması nedeniyledir.

#### 4. Jeomorfolojik Özellikler

Çalışma alanı Kızılırmak vadisinin güneyi ve kuzeyi olmak üzere iki bölümde incelenmiştir. Her iki alan da topografik olarak Kızılırmak vadisine doğru alçalmaktadır.

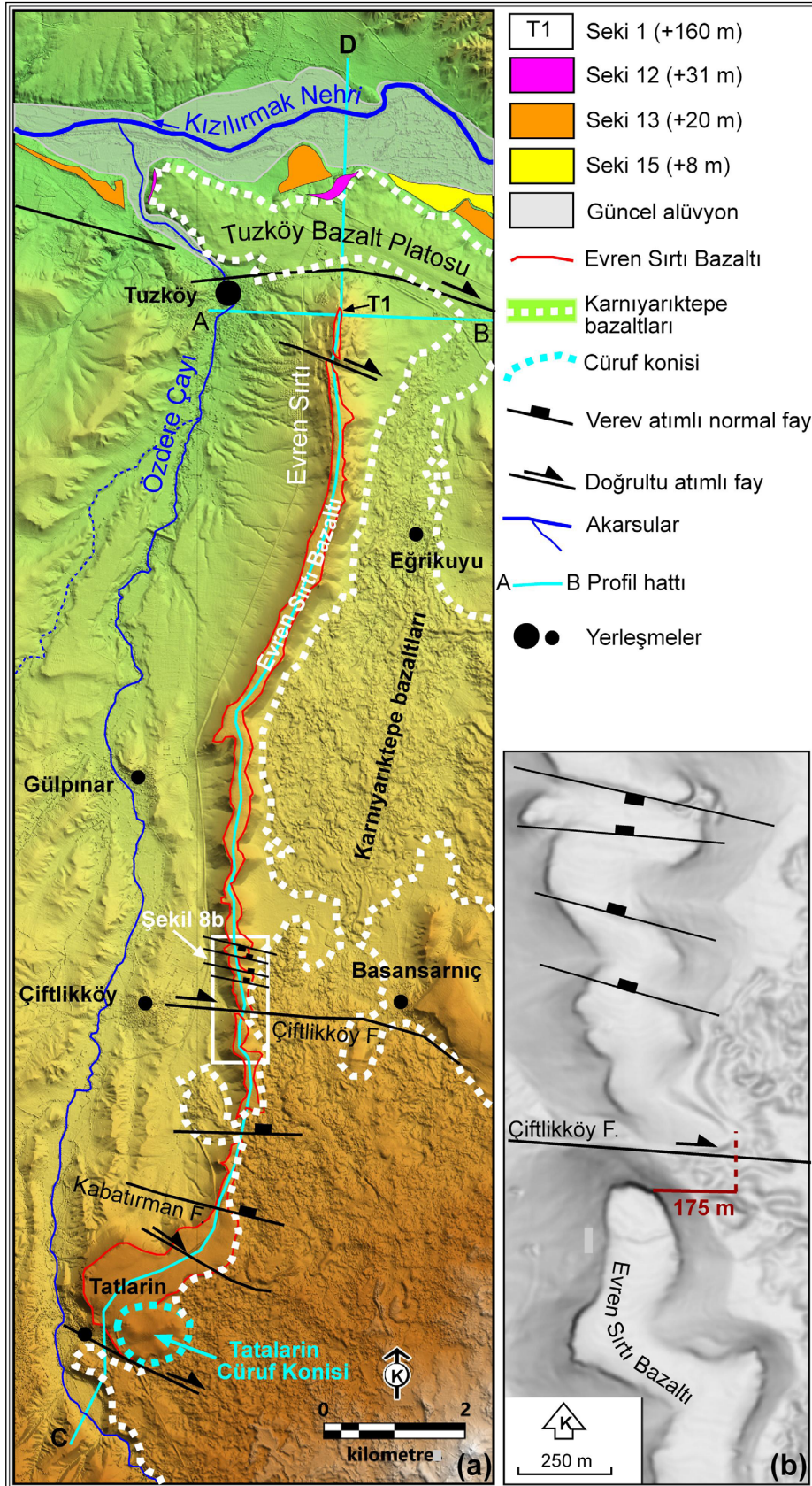
Vadinin güneyinde yer alan ve yaklaşık 15.5 km uzunluğunda olan Evren Sırtı bu kesimde incelediğimiz başlıca jeomorfolojik birimi oluşturur (Şekil 8). Önceki çalışmalardan (Doğan, 2011;



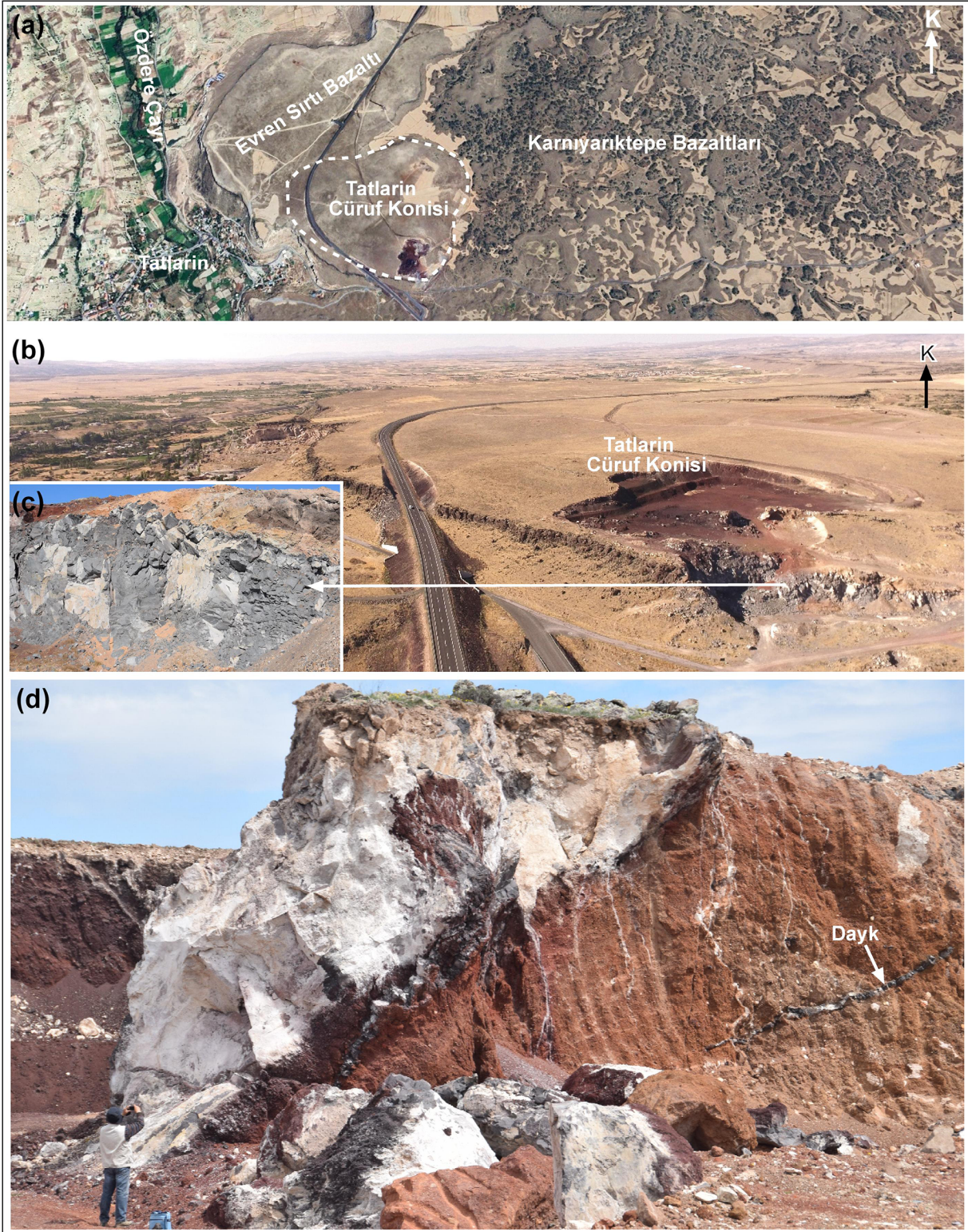
Şekil 7- a) Kabatırman Fayı'nın yakın görünümü (Batıya bakış). b) Kabatırman Fayı tarafından kesilen Geç Kuvaterner yaşlı bazik volkanik istifin geriye doğru eğimlenmesi (Güneye bakış).

Çiner vd., 2015; Koçyiğit ve Doğan, 2016) Evren Sırtı'nın Kızılırmak'ın bir paleo-yan kolunun vadi tabanının terslenmesi sonucunda oluştuğu bilinmektedir. Evren sırtının üzeri kalınlığı birkaç metreden 7 metreye kadar varan bir bazalt ile kaplıdır (Toprak, 1994; Doğan, 2011). Bu bazalt akıntısı üzerinde bulunduğu sırtın adından dolayı Doğan (2011) tarafından Evren Sırtı Bazaltı olarak adlandırılmıştır. Daha sonra yapılan bir çalışmada da Evren Huwayiti adı kullanılmıştır (Türkecan vd., 2014). Bir volkanik püskürme sonucunda yüzeye çıkan Evren Sırtı Bazaltı günümüzden yaklaşık 2 My önce bu vadi boyunca akarak Kızılırmak Nehri yatağına kadar ulaşmıştır (Doğan, 2011; Aydar vd., 2013).

Bu çalışmanın amacı doğrultusunda Evren Sırtı Bazaltı'nın kaynağını araştırdığımızda önceki çalışmalardan farklı bulgulara ulaşılmıştır. Örneğin Doğan (2011) Evren Sırtı Bazaltı'nın çıkış yerinin Karnıyarık Tepe olduğunu belirtmiştir. Bu çalışmada ise Evren Sırtı Bazaltı'nın kaynağının Tatların yerleşmesinin hemen doğusundaki bir cüruf konisinin olduğu saptanmıştır (Şekil 8 ve 9). Doğan'ın (2011) çalışmasından sonra bu cüruf konisi Acıgöl-Tuzköy yolunun yapılması sırasında malzeme temini amacıyla taş ocağı olarak işletilmeye başlanmıştır. Yükseltisi fazla olmayan ve bazalt akıntıları ile çevrili olan koninin insan eliyle yarılmadan önce fark edilmesi kolay olmamıştır.



Şekil 8- a) Evren Sirtı çevresinin geliştirilmiş jeomorfoloji haritası. Sekiler; Doğan 2011'den aynı adla ile alınmıştır. b) Çiftlikköy Fayı ve yakın çevresinin detaylı sayısal yükselti modeli.



Şekil 9- a) Evren Sirtı Bazaltının kaynağını oluşturan Tatlarin Cüruf Konisi ve çevresindeki başlıca jeomorfolojik birimlerin uydu görüntüsü. b-c) Tatlarin Cüruf Konisi ve ondan kaynaklanan Evren Sirtı bazaltın yakın görüntümü. d) Cüruf konisinden yüzeye çıkan cüruf ve bazaltın yakın görünümü.

Evren Sırtı Bazaltı'nın kaynağını aldığı ve bir faya bağlı olarak oluşan cüruf konisi bu çalışmada Tatların Cüruf Konisi olarak adlandırılmıştır. Dolayısıyla ilk olarak Doğan (2011) tarafından adlandırılmış olan Evren Sırtı Bazaltı'nı aynı zamanda Tatların Cüruf Konisi Bazaltı olarak da adlandırmak yanlış olmaz. Evren Sırtı Bazaltı'nın yaşından dolayı Tatların Cüruf konisinin yaşı yaklaşık 2 My olarak kabul edilebilir. Bu koni ve bazalt çıkışı Acıgöl Kalderası'nın içerisinde ve yamaçlarındaki volkanik aktivitenin anlaşılması açısından da önemlidir.

Tatların Cüruf Konisi'nden kaynaklanan bazalt akıntısı cüruf konisinin hemen batısından akışını sürdüren paleo-Özdere Çayı'na kanalize olarak Kızılırmak Nehri'ne kadar akmıştır. Bazaltın aşınmaya karşı vadi yamacını oluşturan kayalardan daha dayanıklı olması ve bazalt akıntısının vadi tabanında oluşturduğu yükselti nedeniyle, bazalt ile yamaç arasında akışını sürdürmeye zorlanan akarsular yamacın hızla aşındırılmasına ve vadi tabanının terselmesine yol açmıştır (Şekil 10).

Evren Sırtı'nın batısında akışını sürdüren Özdere Çayı'nın yaklaşık 2 My önce terselmiş paleovadide akmakta olan akarsu olduğu anlaşılmaktadır. Bir başka ifadeyle Evren Sırtı Bazaltı, Özdere Çayı'nın önceki vadisinin terselerek Evren Sırtı'na dönüşmesine yol açmıştır. Evren Sırtı'nın doğusu ve batısında kalan sahalarda arasında bir asimetri vardır. Sırtın doğu kesimi bugünkü Özdere vadisi kadar derinleştirilmemiştir. Evren Sırtı'nın kuzey kesiminde yaptığımız hesaplamada sırtın batısı (Özdere Çayı vadi tabanı) ve doğusu (Tuzköy Bazalt Akıntısı) arasındaki yükselti farkı 28 m'dir (Şekil 11). Bu durumun başlıca iki nedeni vardır. Bunlardan biri Karnıyarıktepe'den yaklaşık 404 bin yıl (Tuzköy Bazaltı) ve 96 bin yıl (Karnıyarıktepe Bazaltları) önce akarak bu kesimde geniş bir alan kaplayan bazalt örtüleri (Doğan, 2011), diğeri ise bu kesimde önemli bir akarsuyun olmamasıdır.

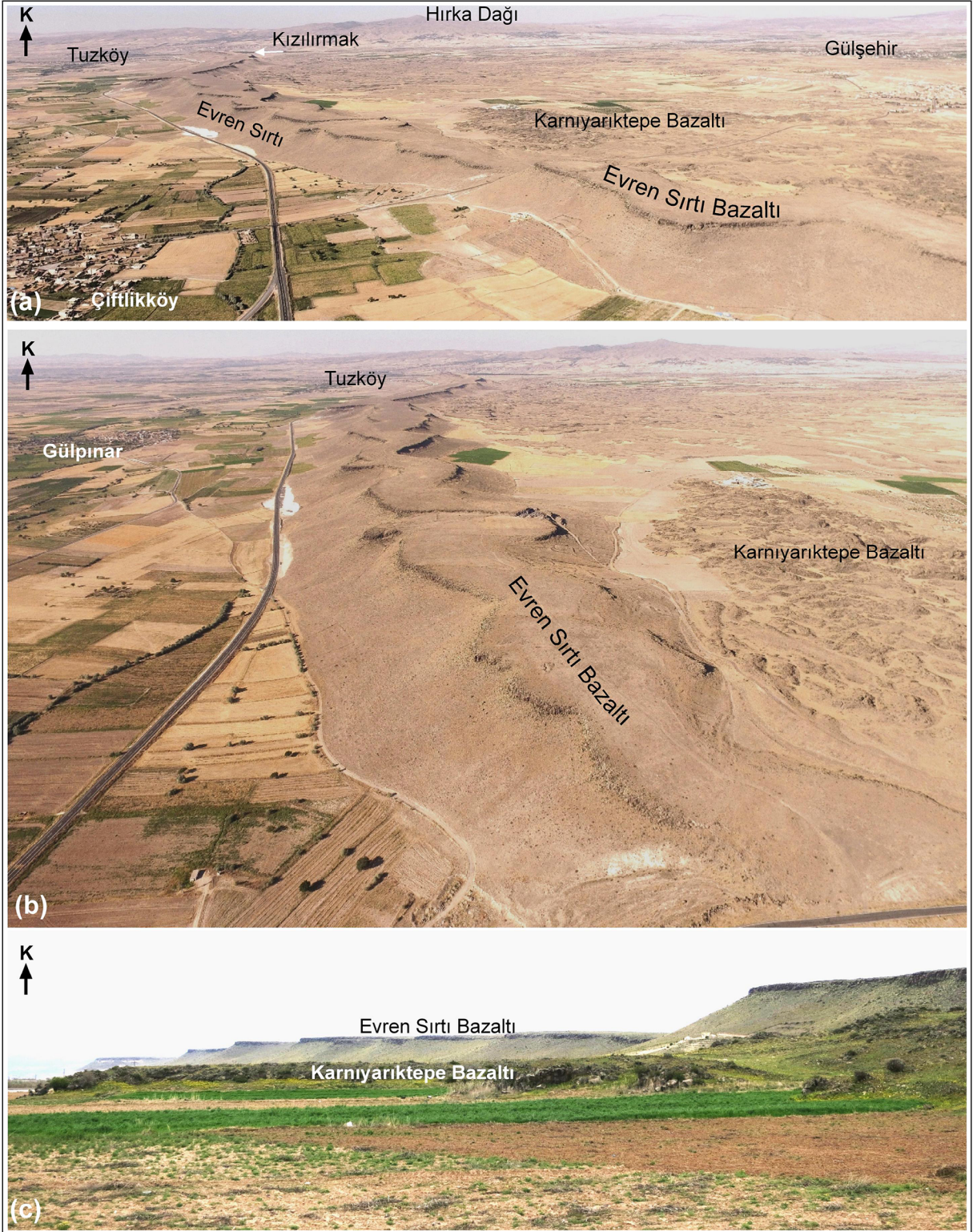
Evren Sırtı'nın güney kesimini kesen yol yarmasında ortaya çıkmış olan paleovadi tabanından elde ettiğimiz bulgular oldukça önemlidir. Yol yarması, Evren Sırtı Bazaltı'nın özellikle Çiftlikköy güneyi ile Tatların beldesi arasında kalan kesimin,

adeta enine kesitini ortaya çıkarmıştır (Şekil 12). Burada tabanda Ürgüp Grubu içerisinde yer alan Zelve ignimbiriti yüzeylenmektedir (Aydar vd., 2012). Zelve ignimbiritini, kalınlığı bazı kesimlerde 1.5 m'yi bulan akarsu çökelleri üzerler. Akarsu çökellerini ise sırasıyla 0.4 m kalınlığındaki cüruf deposu ve kalınlığı 7 m'yi bulan Evren Sırtı Bazaltı üzerler.

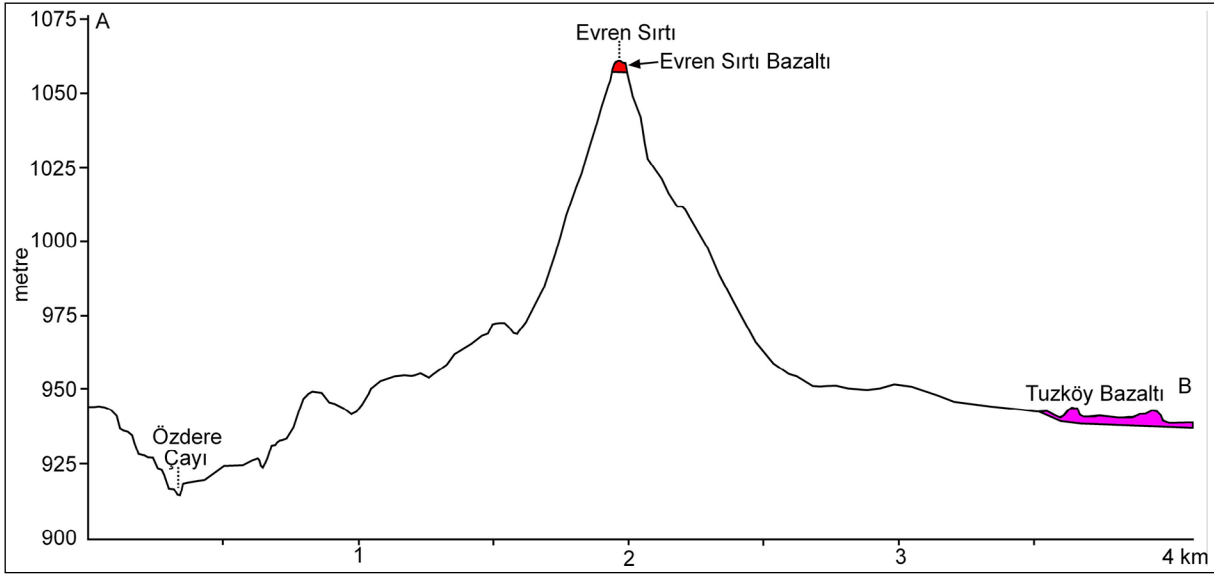
Akarsu çökellerinde masif kaba çakılların kalınlığı 0.7 m'yi bulur. Orta derecede yuvarlaklaşmış ve çoğunlukla volkanik kayalardan oluşan bu çakıllar paleo-Özdere Çayı'na aittir (Şekil 12b). Bazı kesimlerde çakılların üzerinde 0.8 m kalınlığında silt ve kum çökelleri de görülmektedir (Şekil 12c). Bugün terselmiş vadi tabanında bulunan bu akarsu çökelleri aynı zamanda bugünkü Özdere Çayı'nın en eski sekisine ait depolardır. Bu akarsu çökelleri Kızılırmak Vadisi'nin güney yamacında nehir seviyesinden 160 m yukarıda Evren Sırtı Bazaltı altında daha çok orta boy çakıllar halinde saptanmış ve Seki 1 (T1) olarak adlandırılmıştır (Doğan, 2011).

Evren Sırtı'nın boyuna profili, dolayısıyla paleovadi tabanı profili önemli jeomorfolojik ve morfolojik sonuçlara ulaşmamızı sağlamıştır (Şekil 13a). Evren Sırtı'nı kesen çok sayıda faya bağlı olarak oluşan ötelenmeler, düşey atımlar/eğim kırıklıkları ve fay bloklarındaki geriye doğru eğimlenmeler paleovadi tabanının ilksel profilini bozan yapısal etkenler olmuştur. Buna karşın, çizilen profil hem Özdere Çayı'nın 2 My önceki yatak eğimini, fayların etkisine rağmen yaklaşık olarak görmek hem de vadiyi enine kesen fayların bazalt akıntısından sonraki aktivitesini ve dolayısıyla sahanın son 2 My'deki morfolojik özelliklerini anlamak açısından önemlidir. Profil üzerinde faylar ve bazı jeomorfolojik birimler de gösterilmiştir. Profilde fayların eğimleri, hareketlerine bağlı olarak oluşturdukları düşey atımlar ve geriye doğru eğim kazanmış bloklar açıkça görülebilmektedir.

Evren Sırtı'nı kesen ve önemli miktarda düşey bileşene sahip olan sağ yanal doğrultulu atımlı faylardaki maksimum yanal atım miktarı son 2 My'da 175 m'yi bulmuştur. Bu faylardan bazıları 1 m'nin altında düşey atım üretmişken, Çiftlikköy Fayı'nda bu atım miktarı 36 m'yi bulmaktadır (Şekil 14). Hatta Karnıyarık



Şekil 10- a- b) Vadi tabanı terselmesi sonucunda oluşan Evren Sirtı ve Evren Sirtı Bazaltı'nın genel görünümü. c) Çiftlikköy'ün güneydoğusunda fayın alçalan bloğu üzerinden Evren Sirtı'nı aşarak Özdere Vadisi'ne ulaşan Karnıyarıktepe Bazaltı



Şekil 11- Evren Sırtı'nın enine profili. Profil hattı için bakınız Şekil 8a.

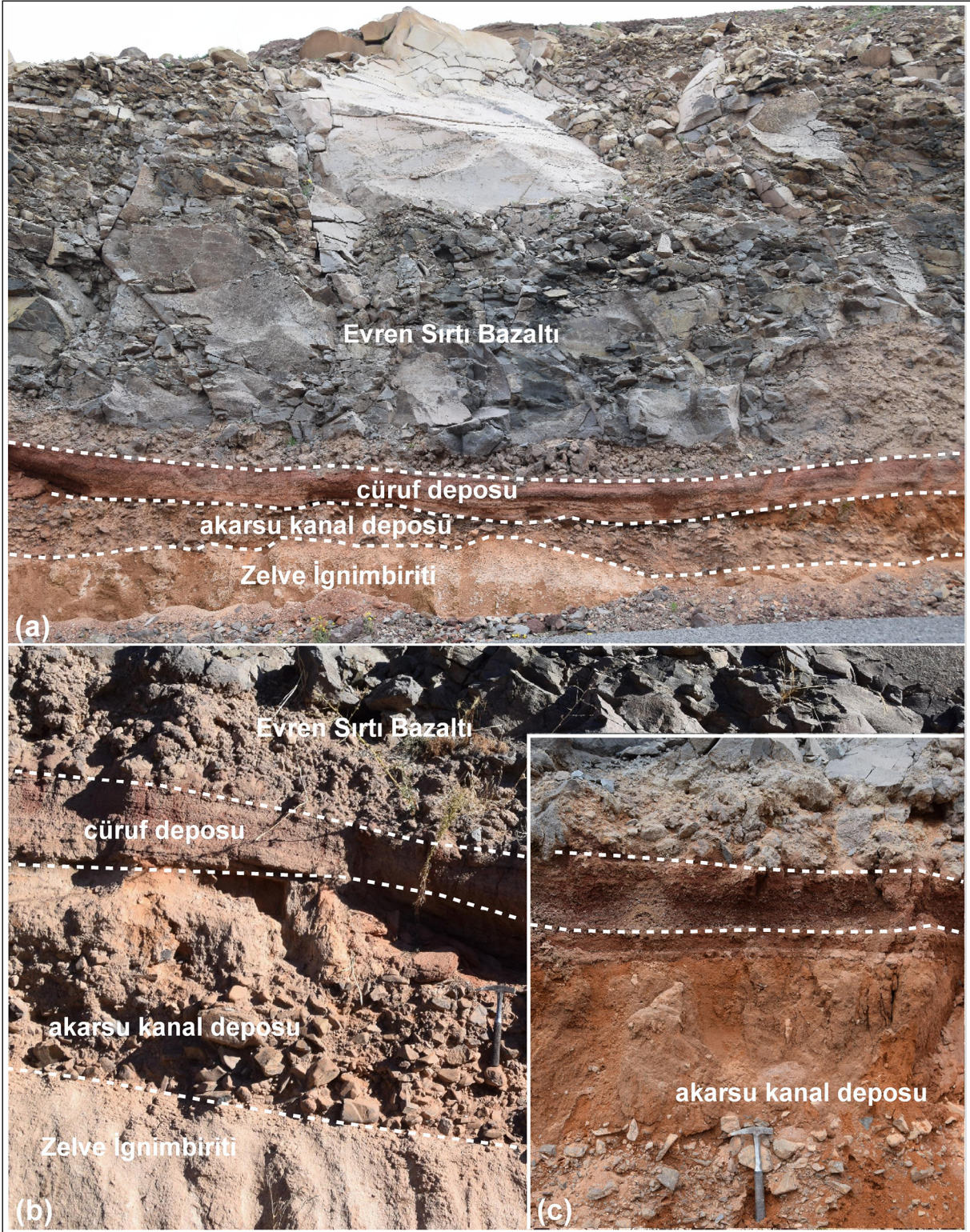
Tepe'den kaynaklanan Geç Pleyistosen bazalt akıntısı (Doğan, 2011) Çiflik Fay Takımı'ndaki bir fayın Evren Sırtı'nda oluşturduğu alçalmaya/gediğe bağlı olarak sırtın batısındaki Özdere Çayı vadisine bir yelpaze oluşturacak şekilde akabilmiştir (Şekil 8, 10c ve 15).

Faylardaki düşey atımlara bağlı olarak fay bloklarındaki geriye doğru eğim kazanmalar da açık bir şekilde görülmektedir. Dolayısıyla hem geriye doğru eğim kazanmalar, hem de düşey atımlar paleo-Özdere Çayı'nın vadi tabanı profilini bozmuştur. Paleovadinin, fayları göz ardı ederek, yaptığımız ortalama eğimi ile güncel Özdere Çayı'nın eğimini (Şekil 13b) kıyasladığımızda, paleovadinin güncel akarsuya göre daha düşük eğimli bir yatakta aktığı söylenebilir. Bu durum Erken Pleyistosen'deki bölgesel tektonik yükselme hızının daha düşük olduğunu açıkça göstermektedir. Bu veri Kızılırmak Vadisi'nde Doğan (2011) tarafından saptanmış olan vadi kazılma hızı veya bölgesel yükselme hızını doğrular niteliktedir. Doğan (2011) Kızılırmak Vadisi'ndeki kazılma hızını Erken Pleyistosen'de 0.04 mm/yıl, geç Erken ve Orta Pleyistosen'de sırasıyla 0.12 mm/yıl olarak hesaplamıştır.

Kızılırmak Nehri'nin kuzey kesimindeki çalışma alanı ise Karaburna Bazaltı'nın yüzeye çıkış noktasından Kızılırmak Vadisi'nin güneyine kadar

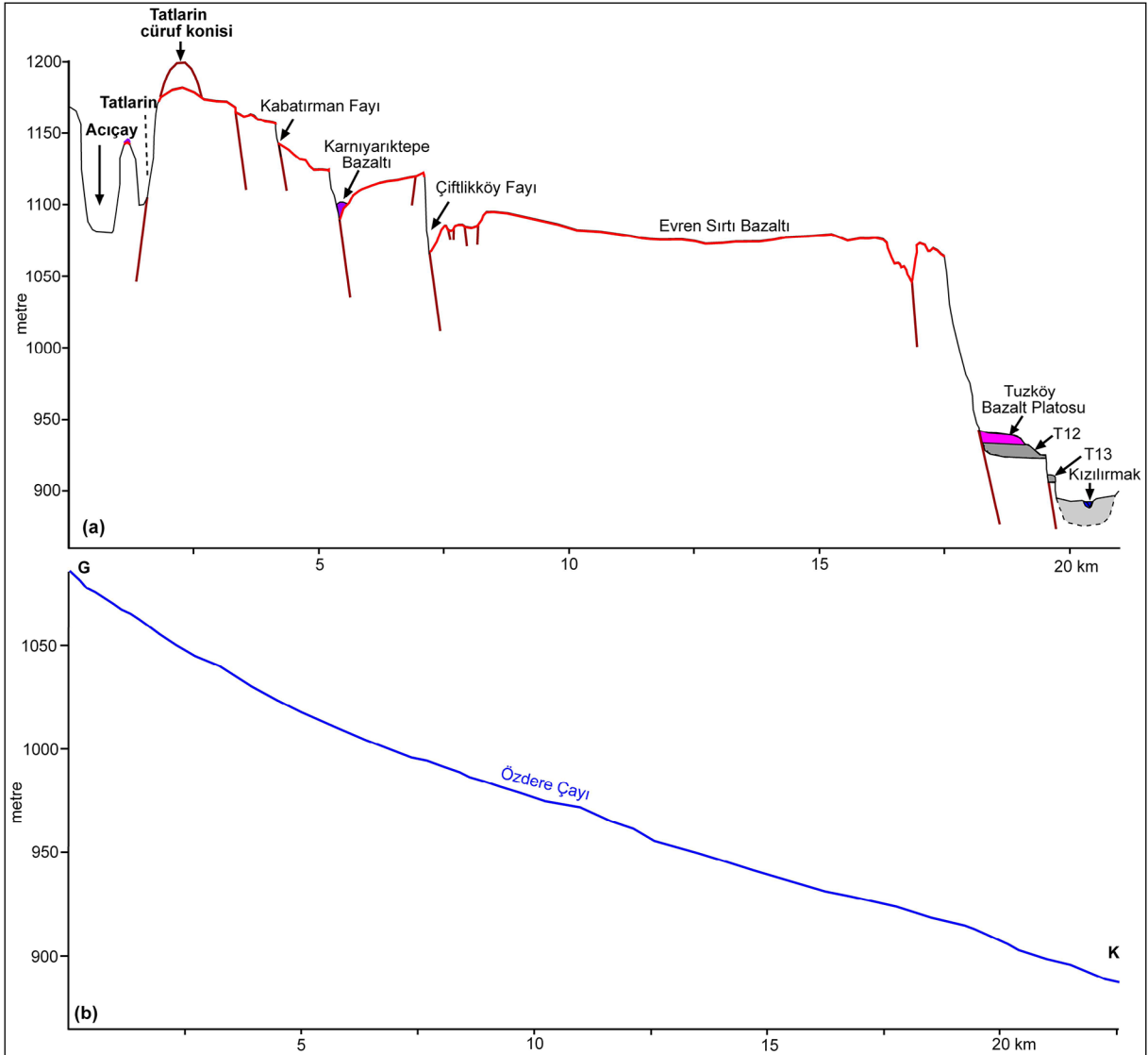
uzanır (Şekil 3). Bu kesimin jeomorfolojik özellikleri Doğan (2011) tarafından ayrıntılı olarak ele alındığı için burada kısaca açıklanmıştır. Bu kesimde Kızılırmak Vadisi Salanda Ana Fayı tarafından sınırlanır. Salanda Fayı üzerinden Kızılırmak Vadisi'ne akarak akarsu depolarını üzerleyen Karaburna Bazaltı, nehrin T2 ve T3 sekileri üzerinden geçerek o günkü vadi tabanı depolarından oluşan T4 (+128 m) sekisi üzerinde son bulmuştur (Doğan 2011). Salanda Fayı'nın aktivitesi 1228.2 bin yıl önceye tarihlendirilmiş olan Karaburna Bazaltı'nın oluşumundan sonra da devam etmiştir. Salanda Fayı'ndaki düşey atım miktarı 46 m (0,037 mm/yıl) olarak ölçülmüştür (Şekil 6). Aynı dönem için bu faydaki yanal atım miktarı da 5 km , yanal kayma hızı ise 4.07 mm/yıl olarak hesaplanmıştır (Koçyiğit ve Doğan, 2016).

Karaburna Bazaltı Platosu ile Kızılırmak vadisi arasında kalan kesimde günümüze kadar korunabilmiş 5 seviye basamağı bulunmaktadır. Burada Salanda Ana Fayı ile Kızılırmak Vadisi arasında yaklaşık olarak onlara paralel olarak uzanan faylar T8 (+78 m) ve T11 (+41 m) sekilerini güneyden sınırlamaktadır. Bir başka deyişle, sekiler fayların yükselen blokları üzerinde korunmuştur (Doğan, 2011). Kızılırmak Nehri'nin yatağı ise her iki taraftan faylarla sınırlanmıştır (Koçyiğit ve Doğan, 2016).



Şekil 12- a-b-c) Evren Sırtı'nı kesen yol yarmasında terselmiş paleovadi tabanının kesiti ortaya çıkmıştır. Fotoğraflarda kesit görüntüsü genelden ayrıntıya doğru sıralanmıştır.





Şekil 13- a) Evren Sirtı'nın boyuna profili, sırtı kesen faylar ve bazı jeomorfolojik birimler. b) Özdere Çayı'nın boyuna profili. Bu profil, Evren Sirtı profilinin başlangıç noktasından itibaren alınmıştır.

## 5. Sonuçlar

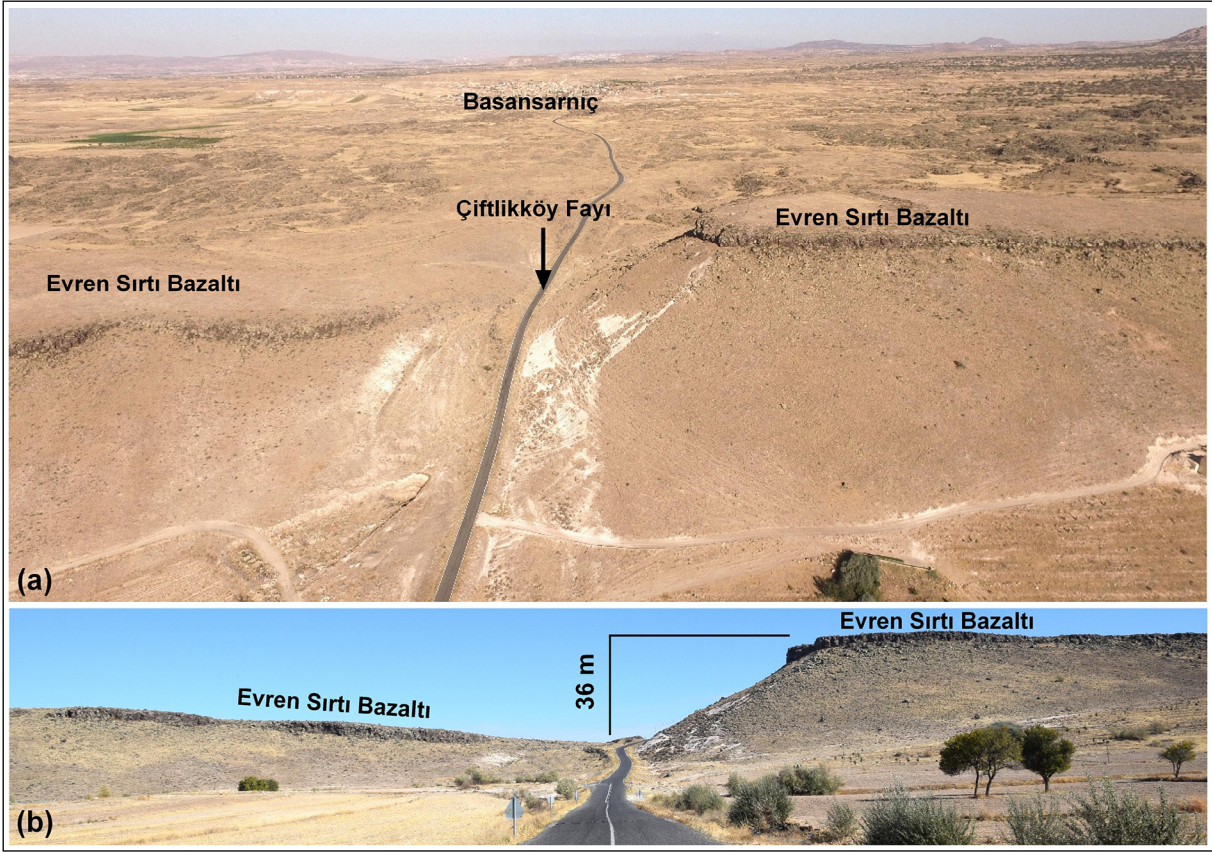
Çalışmada elde edilen bulgulara göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Yeni bir fay takımı (Çiftlikköy fay takımı) saptanmış, haritalanmış ve analiz edilmiştir

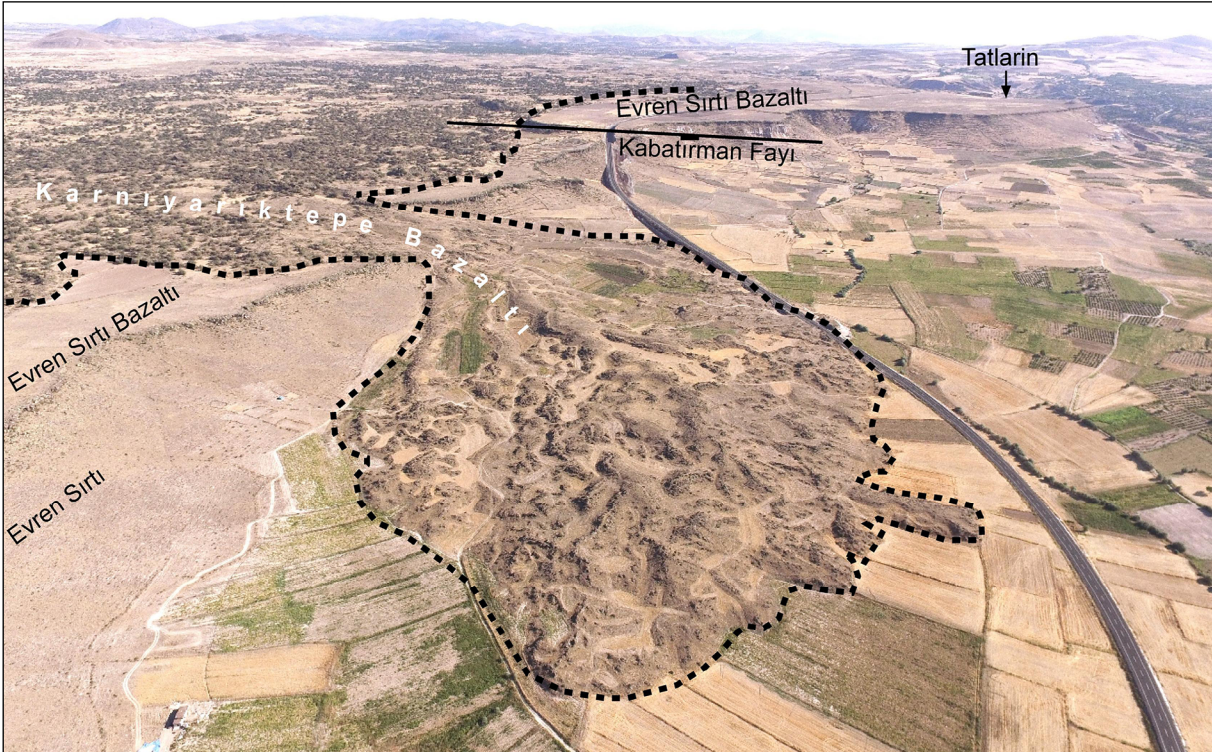
Gerek Salanda Fay Kuşağı ve gerekse Çiftlikköy Fay Takımı, kökensel olarak Miyosen-Erken Pliyosen sırasında normal fay olarak çalışmış paleotektonik bir yapıdır. Buna karşın aynı yapılar, Erken Kuvaterner'den başlayarak, değişen gerilim alanı konumuna (stress field state) bağlı olarak doğrultu atımlı faylar olarak çalışmaya başlamıştır. Başka bir

deyişle her iki yapı da Kuvaterner sırasında yeniden etkinlik kazanmış olup, günümüzde çalışma alanımızı da içine alan daha geniş bir bölgede (Kapadokya'da) neotektonik rejimi karakterize etmektedir.

Salanda Ana Fayı boyunca sağ yanal doğrultu atım miktarı Kuvaterner başlangıcından günümüze kadar yaklaşık 5 km, buna karşın aynı fay boyunca düşey atım miktarı, Karaburna bazaltının oluşumundan (1.228 My) günümüze kadar geçen sürede 46 metredir. Bu değerler sırayla 4.07 mm/yıl ve 0.037 mm/yıl yatay atım ve düşey atıma karşılık gelir ve fay üzerindeki egemen atım miktarının sağ yanal doğrultu atım olduğunu belgeler.



Şekil 14- a-b) Evren Sırtı Bazaltı'nı kesen Çiftlikköy Fayı son 2 My'da yaklaşık 175 m sağ yanal ve 36 m düşey atım üretmiştir.



Şekil 15- Evren Sırtı'nı kesen Çiftlikköy Fay Takımını oluşturan bir fay segmentinin düşen bloğuna bağlı olarak Karnıyarıktepe Bazaltı sırtını batısına geçebilmiştir (Güneye bakış).

Kuvaterner öncesi temel kayalardan en genç olanı orta Geç Miyosen-Erken Pliyosen yaşlı Ürgüp Grubu olup, bu birim oluşumunu izleyen süreçte (olasılıkla Geç Pliyosen?) bölgesel bir sıkışma rejimi yaşamış ve böylece deformasyona (bir seri antiklinal ve senklinalin oluşumuna) uğramıştır. Buna karşın Kuvaterner yaşlı birimler bu tür bir deformasyona uğramamış olup, genelde yatay konumludur. Başka bir deyişle Temel kayalar ve Havza dolgusunu oluşturan birimler arasında bölgesel ölçekli bir açılı uyumsuzluk bulunmaktadır. Ancak, Kuvaterner sırasında etkin olan doğrultu atımlı neotektonik rejimin kinematik özelliği gereği, bu açılı uyumsuzluğu, onun altında yer alan yaşlı temel kayaları ve üstünde yer alan Kuvaterner yaşlı birimleri tümüyle kesip ötelemiş büyük açılı ters faylar da gelişmiştir.

Wells ve Coppersmith (1994) formülüne göre gerek Salanda Ana Fayı ve gerekse Çiftlikköy Fay Takımı, uzunlukları baz alındığında bu iki fayın üretecekler, maksimum deprem büyüklüğü  $M_w \geq 6.0$  olarak hesaplanmıştır. Ancak bu iki yapı henüz yıkıcı deprem üretmemiştir. Başka bir deyişle, bu iki yapı günümüzde potansiyel aktif faylar olup, bu özelliklerini günümüzde de sürdürmektedir. Bu nedenle anılan bu faylar üzerinde ayrıntılı hendek kazılarıyla paleodeprem araştırılması bölge için hayati önem taşır.

Evren Sırtı Bazaltı yaklaşık 2 My önce Tatların Cüruf Konisi'nden kaynaklanmış ve paleo-Özdere Vadisi'nden akarak Kızılırmak Nehri'nin vadi tabanına ulaşmıştır. Bazaltın aşınmaya karşı görece dayanıklı bir katman oluşturması zamanla vadi tabanın terselmesine yol açmıştır. Evren Sırtı'nı kesen çok sayıda fayların oluşturduğu yanal ve düşey atımlar Evren Sırtı Bazaltı aracılığıyla kolayca hesaplanabilmiştir. Faylardaki düşey atımlar sahanın Kızılırmak Vadisi'ne doğru alçalmasına yol açmıştır. Terselmiş paleo-Özdere vadisi ile güncel Özdere vadi tabanının boyuna profilleri arasındaki fark Erken Pleyistosen'de sahadaki bölgesel tektonik yükselme hızının ve dolayısıyla Kızılırmak Nehri'nin derine kazma hızının düşük olduğunu göstermektedir.

Kızılırmak Vadisi'nin kuzey yamacının gelişimi Salanda Ana Fayı ve ona paralel faylar tarafından

denetlenmiştir. Karaburna Bazalt Platosu, Kızılırmak Nehri'nin oluşturduğu Erken Pleyistosen yaşlı üç sekiyi örterek aşımından korunurken, bazalt ile Kızılırmak vadi tabanı arasında kalan sekiler fay basamakları üzerinde korunmuştur.

### Değinilen Belgeler

- Avşin-Görendağlı, N. 2011. Kızılırmak sekilerinin oluşumunda iklim ve tektoniğin rolü, *Avanos. Coğrafi Bilimler Dergisi* 9, 221-238.
- Aydar, E., Çubukçu, H. E., Erdal, Ş., Lütfiye, A. 2013. Central Anatolian Plateau, Turkey: Incision and paleoaltimetry recorded from volcanic rocks. *Turkish Journal of Earth Sciences* 22, 739-746.
- Aydar, E., Schmitt, A.K., Çubukçu, H.E., Akın, L., Ersoy, O., Şen, E., Duncan, R.A., Gökhan, A. 2012. Correlation of ignimbrites in the central Anatolian volcanic province using zircon and plagioclase ages and zircon compositions. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 213-214, 83-97.
- Brocard, G.Y., Meijers, M.J.M., Cosca, M.A., Salles, T., Willenbring, J., Teyssier, C., Whitney, D.L. 2021. Fast Pliocene integration of the Central Anatolian Plateau drainage: Evidence, processes, and driving forces. *Geosphere* 17, 739-765.
- Çiner, A., Doğan, U., Yıldırım, C., Akçar, N., Ivy-Ochs, S., Alfimov, V., Kubik, P.W., Schlüchter, C. 2015. Quaternary uplift rates of the Central Anatolian Plateau, Turkey: Insights from cosmogenic isochron-burial nuclide dating of the Kızılırmak River terraces. *Quat. Sci. Review.* 107, 81-97.
- Demircioğlu, R., Coşkun, B. 2022. Salanda Fay Zonu'nun Kesikköprü (Kırşehir) ve Yeşilöz (Nevşehir) arasındaki kesiminin göreceli tektonik aktivitesinin jeomorfik indislerle incelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 28(3), 464-482.
- Demircioğlu, R., Oktar, O. 2024. Investigation of Salanda Fault Zone, between Yeşilöz and Gümüşkent (Nevşehir-Turkey) with PSInSAR. *Geofisica Internacional* 63, 865 - 879.
- Doğan, U. 2009. Gülşehir-Şahinler Arasında Kızılırmak'ın Uzun Dönemli Sekileri ve Taşkın Ovası'nın Gelişimi, Ankara Üniversitesi BAP Proje No: 06B535804
- Doğan, U. 2010. Fluvial response to climate change during and after the Last Glacial Maximum in Central Anatolia, Turkey. *Quaternary International* 222, 221-229.
- Doğan, U. 2011. Climate-controlled river terrace formation in the Kızılırmak Valley, Cappadocia Section,

- Turkey: Inferred from Ar–Ar dating of Quaternary basalts and terraces stratigraphy. *Geomorphology* 126, 66–81.
- Doğan, U. 2021. Kapadokya: Zamanda Yolculuk. Bilgin Kültür ve Sanat Yayinevi, 139 s., Ankara.
- Doğan, U., Şenkul, Ç. 2020. When did the drainage system of the Kızılırmak River form in Cappadocia (Anatolia, Turkey)? A revised geological and geomorphological stratigraphy. *Turkish J Earth Sci* 29, 1100-1113.
- Doğan, U., Şenkul, Ç., Altıparmak, S. 2020. Kızılırmak Nehri'nin Denizel İzotop Katı 6 Sırasındaki İklim Değişimlerine Tepkisi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi* 5, 48-63.
- Gürbüz, A., Saraç, G., Yavuz, N. 2019. Paleoenvironments of the Cappadocia region during the Neogene and Quaternary, central Turkey. *Med. Geosc. Rev.* 1, 271–296
- Koçak, İ., Temiz, U., Öksüz, N. 2021. Salanda Fay Zonu (SFZ) ile İlişkili Traverten Oluşumlarının Paleoklimsel Önemi Paleoclimatic Significance of Travertine formations associated with the Salanda Fault Zone (SFZ). *Müh. Bil. ve Araş. Der.* (2), 218-225. 5
- Koçyiğit, A., Doğan, U. 2016. Strike-slip neotectonic regime and related structures in the Cappadocia region: A case study in the Salanda basin, Central Anatolia, Turkey. *Turkish J Earth Sci* 25, 393-417.
- Pasquarè, G. 1968. Geology of the Cenozoic volcanic area of central Anatolia. *Atti Accademia Nazionale dei Lincei* 9, 55–204.
- Toprak, V. 1994. Central Kızılırmak Fault Zone: Northern Margin of Central Anatolian Volcanics. *Turk. J. Earth Sci.* 3, 29–38.
- Türkecan, A., Ersoy, O., Atıcı, G., Çubukçu, E., Ulusoy, E. 2014. Vokanizma ve Piroklastik Kayaçlar 25-31 Ağustos 2014 Kapadokya. MTA Genel Müdürlüğü Jeoloji Etüdları Dairesi Hizmet İçi Eğitim Programı Teknik Gezi Kitabı, 54 s., Ankara.
- Türkecan, A., Kuzucuoğlu, C., Mouralis, D., Pastre, J-F., Atıcı, Y., Guillou, H., Fontugne, M. 2004. Upper Pleistocene volcanism and Palaeogeography in Cappadocia Turkey. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Rapor No:10652, Ankara (yayımlanmamış).
- Wells, D.L., Coppersmith, K.J. 1994. New Empirical Relationships among Magnitude, Rupture Length, Rupture width, Rupture Area and Surface Displacement. *Bulletin of the Seismological Society of America* 84, 974-1002.