

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Ladik-Taşova Segmenti Üzerinde Devam Eden
Deformasyonun Takibi

Esra Tunçel

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Aralık 2015

Monitoring of the Ongoing Deformation on Ladik-Taşova Segment of North Anatolian
Fault Zone

Esra Tunçel

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Geological Engineering

December 2015

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Ladik-Taşova Segmenti Üzerinde Devam Eden
Deformasyonun Takibi

Esra Tunçel

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Yönetmeliği Uyarınca
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Genel Jeoloji Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır

Danışman: Prof. Dr. Erhan Altunel

"Bu Tez TÜBİTAK tarafından \“112Y134\” no'lu proje çerçevesinde desteklenmiştir"

Aralık 2015

ONAY

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi Esra Tunçel'in YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı "Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun Ladik-Taşova Segmenti Üzerinde Devam Eden Deformasyonun Takibi" başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Erhan Altunel

İkinci Danışman : -

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye : Prof. Dr. Erhan Altunel

Üye : Prof. Dr. Semih Ergintav

Üye : Prof. Dr. Faruk Ocakoğlu

Üye : Doç. Dr. Cahit Çağlar Yalçiner

Üye : Doç. Dr. Ali Kayabaşı

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Hürriyet ERŐAHAN
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Prof. Dr. Erhan Altunel danışmanlığında hazırlamış olduğum “Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun Ladik-Taşova Segmenti Üzerinde Devam Eden Deformasyonun Takibi” başlıklı tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel etik ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim. 19/11/2015

Esra Tunçel

İmza

ÖZET

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun (KAFZ) Ladik-Taşova segmenti, 1943 yılında meydana gelen $M=7.6$ büyüklüğündeki deprem ile kırılmıştır. Fay zonu üzerinde yer alan Destek Beldesi'nde 1980 yılında yapıldığı ileri sürülen bir bahçe duvarının, 2003 yılında dış bükey olarak yamulduğu fark edilmiştir. Duvar bir yıl sonra yıkılmış ve yeniden bir beton duvar inşaa edilmiştir. Duvarın yıkılmasına neden olan hareketin krip olduğu düşünüerek, bu beton duvar 2007-2009 yılları arasında yersel LIDAR ile periyodik olarak takip edilmiş ve fay zonu üzerinde $6.0-7.2\pm 4$ mm/yıl hareket olduğu ileri sürülmüştür.

Bu tez kapsamında KAFZ'nun Ladik-Taşova segmenti üzerinde krip olarak yorumlanan hareketin fay zonu boyunca ne kadarlık bir alanda etkili olduğunu ortaya koymak amacıyla dört yeni gözlem istasyonu kurulmuş, mevcut duvar ve yeni istasyonlar Eylül 2013-Eylül 2015 arasında periyodik olarak yersel LIDAR ile takip edilmiştir. Ölçüm süresi boyunca yapılan karşılaştırmalarda Ladik-Taşova segmenti üzerinde herhangi bir deformasyon belirlenememiştir.

Ladik-Taşova segmenti üzerinde varlığı ileri sürülen ve krip olarak yorumlanan hareket, tez çalışması sırasında elde edilen verilere dayanılarak 1943 depreminin postsismik deformasyonu olarak yorumlanmıştır. Bu durum, deprem sonrası (postsismik) deformasyonun segment üzerinde yaklaşık 70 yıl süre ile devam ettiğini göstermektedir. Sonuç olarak aktif fay zonları üzerinde yapılan paleosismolojik çalışmalarda deprem sonrası (postsismik) deformasyonun önemli bir etken olduğu ortaya çıkmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kuzey Anadolu Fay Zonu, Ladik-Taşova segmenti, 1943 depremi, krip, postsismik deformasyon, yersel LIDAR

SUMMARY

Ladik-Taşova segment of the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) was reactivated with the 1943 earthquake ($M=7.6$). In the Destek village, a stone wall was constructed across the 1943 Tosya rupture in 1980, and it was noticed in 2003 that there is a warp towards the west in this wall. This wall collapsed in 2004, and a concrete wall was rebuilt at the same location. Warping of the wall with time and its collapse suggest a creep on the fault, therefore the wall had been monitored with terrestrial LIDAR periodically during 2007-2009. LIDAR results suggested about $6.0-7.2\pm 4$ mm/year movement on the fault.

In this study, in order to understand the effect of the creep along the Ladik-Taşova Segment of NAFZ, four new observation stations were established along the fault zone. New stations and existing wall were monitored with terrestrial LIDAR periodically between September 2013-September 2015. After comparing the measurements with each other, it was realized that there is no deformation on Ladik-Taşova Segment during this period.

Considering the results obtained during this thesis, the movement, which was attributed to creep previously, interpreted as postseismic deformation of the 1943 earthquake. This conclusion suggests that postseismic deformation of the 1943 earthquake persists for about 70 years. This result shows that postseismic deformation should not be ignored in paleoseismological studies on active faults.

Key words: North Anatolian Fault Zone (NAFZ), Ladik-Taşova Segment, 1943 earthquake, creep, postseismic deformation, terrestrial LIDAR

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesinden tamamlanış aşamasına dek, beni yönlendiren, destekleyen ve en önemlisi bana bu fırsatı sunan danışmanım Prof. Dr. Erhan ALTUNEL'e çok teşekkür ederim.

Tez çalışmalarında desteğini esirgemeyen, özellikle yersel LIDAR cihazı ile ilgili tecrübelerini benimle paylaşan, Doç. Dr. Volkan KARABACAK (Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü)'a teşekkürü borç bilirim.

Tezin Jeofizik ile ilgili kısımlarındaki çalışmaların yapılması ve yorumlanmasında yardımlarını esirgemeyen, Doç. Dr. C. Çağlar YALÇINER (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Maden Teknolojileri Bölümü)'e çok teşekkür ederim.

Tezin her aşamasında yanımda olan, arazi ve büro çalışmalarında yardım ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen kıymetli arkadaşım Jeo. Yük. Müh. Sevgi Altınok Erayık'a, saha çalışmalarında katkılarından dolayı sınıf arkadaşım, Jeo. Müh. Kazım Başkaya'ya teşekkürü bir borç bilirim. Onların destekleri olmasaydı çalışmalarımı tamamlamam zor olurdu.

Saha çalışmalarında katkılarından dolayı Jeofizik Müh. Yunus Can Kurban ve Jeofizik Müh. İkbal Topçu'ya çok teşekkür ederim.

1943 yüzey kırığı hava fotoğraflarının incelenmesindeki yardımlarından dolayı, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü'nden Hidrojeoloji Müh. Ahmet Hamdi Sargın'a çok teşekkür ederim.

Son olarak hep yanımda olan, beni her zaman destekleyip bugünlere ulaştıran aileme sonsuz teşekkür ederim.

Bu tez çalışması, 112Y134 no'lu TÜBİTAK Projesi ve 201415D06 no'lu Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi tarafından desteklenmiştir.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
SUMMARY	vii
TEŞEKKÜR	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1. Krip Üzerine Çalışmalar	3
2.1.2. Ülkemizde krip üzerine çalışmalar	4
2.1.2.1. Ladik-Taşova segmenti üzerindeki önceki çalışmalar.....	7
2.2. Postsismik Deformasyon Üzerine Çalışmalar	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	12
3.1. Çalışmanın Amacı	12
3.2. Yöntem	14
4. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE NEOTEKTONİK KONUMU	17
4.1. Çalışma Alanının Jeolojisi.....	17
4.2. Çalışma Alanının Neotektoniği	19
4.2.1. KAFZ'nun neotektonik özellikleri	19
4.2.2. Ladik-Taşova segmentinin sismotektoniği	21
5. GÖZLEM İSTASYONLARININ KURULUMU	25
5.1. Yer Seçimi	25
5.1.1. Jeolojik çalışmalar	25
5.1.2. Jeofizik çalışmalar	32
5.2. Gözlem İstasyonlarının Kurulumu	41
6. LIDAR ÖLÇÜMLERİ	45
6.1. Eylül 2013 Ölçümü.....	46

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
6.2. Mart 2014 Ölçümü	51
6.3. Temmuz 2014 Ölçümü	56
6.4. Aralık 2014 Ölçümü	60
6.5. Eylül 2015 Ölçümü.....	64
7. BULGULAR	67
7.1. Mart 2014 Ölçümü	70
7.1.1. Aktaş istasyonu.....	71
7.2.2. Bilal bey istasyonu	72
7.2.3. Destek bahçe duvarı.....	73
7.2.4. Destek istasyonu	74
7.2.5. Sepetli istasyonu	75
7.2. Temmuz 2014 Ölçümü	76
7.2.1. Aktaş istasyonu.....	77
7.2.2. Bilal bey istasyonu	78
7.2.3. Destek bahçe duvarı.....	79
7.2.4. Destek istasyonu	80
7.2.5. Sepetli istasyonu	81
7. 3. Aralık 2014 Ölçümü	82
7.3.1. Aktaş istasyonu.....	83
7.3.2. Bilal bey istasyonu	84
7.3.3. Destek bahçe duvarı.....	84
7.3.4. Destek istasyonu	85
7.3.4. Destek istasyonu	85
7.3.5. Sepetli istasyonu	86

İÇİNDEKİLER (devam)

	<u>Sayfa</u>
7.4. Eylül 2015 Ölçümü.....	87
7.4.1. Aktaş istasyonu.....	88
7.4.2. Bilal bey istasyonu	89
7.4.3. Destek bahçe duvarı.....	90
7.4.4. Destek istasyonu	90
7.4.5. Sepetli istasyonu	91
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	92
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	98

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Doğrultu atımlı faya ait blok diyagram.....	1
1.2. Üzerinde krip gözlemlenen doğrultu atımlı faya ait blok diyagram.....	2
2.1. 1944 depremi yüzey kırığı üzerinde yer alan İsmetpaşa asfalt istasyonu duvarı	4
2.2. İsmetpaşa asfalt istasyonu krip ölçüm sonuçlarına ait grafik	5
2.3. 1943 depremi yüzey kırığının uzanımı ve Ladik-Taşova segmentinin konumu.	7
2.4. Türkiye diri fay haritasına göre 1943 ve 1942 yüzey kırıklarının uzanımı ve Destek ile Çevresu Köyleri'nin konumu.	8
2.5. Destek'te fay uzanımına yaklaşık dik inşa edilen duvarlar	9
3.1. Destek'te yer alan bahçe duvarı	13
3.2. Çalışma alanına ait uydu görüntüsü.	13
3.3. Kurulacak gözlem istasyonlarının şematik gösterimi.	15
3.4. PolyWorks 12 programı ile yapılacak olan karşılaştırma işleminin mantığı.	16
4.1. Çalışma alanı ve civarı boyunca görülen jeolojik birimler	18
4.2. Türkiye'nin ve çevresinin ana neotektonik unsurları.	19
4.3. KAFZ genel uzanımı ile 20. yy'da üzerinde yüzey kırığı oluşturan depremler ve yer değiştirme miktarları	20
4.4. 1943 yüzey kırığı boyunca atım dağılımı grafiği	22
4.5. Destek yakınlarında gerçekleştirilmiş paleosismoloji çalışmasının yeri.....	24
5.1. Deformasyon takibi için belirlenen lokasyonların yer bulduru haritası	26
5.2. Ladik Gölü - Sepetli Köyü arasına ait jeoloji haritası ve fay zonu	27
5.3. 1. lokasyona ait uydu görüntüsü.....	28
5.4. 1. Lokasyon.	28
5.5. 2. Lokasyon.	29
5.6. 3. Lokasyon.	30
5.7. 3. Lokasyonda yer alan bir tarla sınırı.....	30
5.8. 4. lokasyona ait uydu görüntüsü.....	31
5.9. 4. Lokasyon	31
5.10. 1. lokasyona ait uydu görüntüsü.....	33
5.11. 1. lokasyonda gerçekleştirilen GPR çalışması.	33
5.12. 1. lokasyonda alınan GPR profili. a. Ham veri, b. İşlenmiş veri.....	34
5.13. 2. lokasyona ait uydu görüntüsü.....	35
5.14. 2. lokasyonda gerçekleştirilen GPR çalışması.	36

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.15. 2. lokasyonda alınan GPR profili	36
5.16. 3. lokasyona ait uydu görüntüsü.....	37
5.17. 3. lokasyonda gerçekleştirilen GPR çalışmasının yeri	37
5.18. 3. lokasyonda alınan GPR ölçüm sonuçları.....	38
5.19. 4. lokasyona ait uydu görüntüsü.....	39
5.20. 4. lokasyonda gerçekleştirilen GPR çalışması	39
5.21. 4. lokasyonda GPR ölçüm sonuçları	40
5.22. Fay zonu üzerine yerleştirilen direklerin kurulum aşamaları	42
5.23. Aktaş istasyonu	43
5.24. Bilal Bey istasyonu.....	43
5.25. Destek istasyonu.....	44
5.26. Sepetli istasyonu.....	44
6.1. Aktaş istasyonu Eylül 2013 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	46
6.2. Bilal Bey istasyonu Eylül 2013 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	47
6.3. Destek'te yer alan bahçe duvarının Eylül 2013 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	48
6.4. Destek istasyonu Eylül 2013 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	49
6.5. Sepetli istasyonu Eylül 2013 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	50
6.6. Aktaş istasyonu Mart 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	51
6.7. Bilal Bey istasyonu Mart 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	52
6.8. Destek'te yer alan bahçe duvarının Mart 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	53
6.9. Destek istasyonu Mart 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	54
6.10. Sepetli istasyonu Mart 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	55
6.11. Aktaş istasyonu Temmuz 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.....	56
6.12. Bilal Bey istasyonu Temmuz 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.....	57
6.13. Destek bahçe duvarının Temmuz 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	58
6.14. Sepetli istasyonu Temmuz 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.....	59
6.15. Aktaş istasyonu Aralık 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.....	60
6.16. Destek bahçe duvarının Aralık 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü	61
6.17. Destek istasyonu Aralık 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.....	62
6.18. Sepetli istasyonu Aralık 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.....	63
6.19. Aktaş istasyonu Eylül 2015 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	64
6.20. Bilal Bey istasyonu Eylül 2015 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	65

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
6.21. Sepetli istasyonu Eylül 2015 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.	66
7.1. İki ayrı döneme ait Yersel LIDAR görüntülerinin Surfer programında kuş bakışı görünümü. 68	68
7.2. İki ayrı döneme ait Yersel LIDAR görüntülerinin PolyWorks 12 programında görünümü.	69
7.3 Çakıştırma işlemi sonrasında oluşturulan deformasyon haritası ve direklerin görünümü.	69
7.4. Aktaş istasyonunda yapılan Eylül 2013-Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması	71
7.5. Bilal Bey istasyonunda yapılan Eylül 2013-Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması.....	72
7.6. Destek'te bahçe duvarında yapılan Eylül 2013-Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması	73
7.7. Destek istasyonunda yapılan Eylül 2013-Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması.....	74
7.8. Sepetli istasyonunda yapılan Eylül 2013-Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması.....	75
7.9. Aktaş istasyonunda yapılan Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması	77
7.10. Bilal Bey istasyonunda yapılan Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması	78
7.11. Destek bahçe duvarına ait Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması.....	79
7.12. Sepetli istasyonunda yapılan Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması	81
7.13. Aktaş istasyonunda yapılan Eylül 2013-Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması.....	83
7.14. Destek bahçe duvarına ait Eylül 2013-Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması.....	84
7.15. Destek istasyonunda yapılan Eylül 2013-Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması	85
7.16. Sepetli istasyonunda yapılan Eylül 2013-Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması	86
7.17. Aktaş istasyonunda yapılan Eylül 2013-Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması.....	88
7.18. Bilal Bey istasyonunda yapılan Eylül 2013-Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması.....	89
7.19. Sepetli istasyonunda yapılan Eylül 2013-Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması.....	91
8.1. Ladik-Taşova segmenti boyunca istasyonlarda elde edilen ölçüm sonuçlarına ait grafik.	93
8.2. İki ayrı dut ağacı fotoğrafı.....	94
8.3. Destek'te fay zonu üzerine inşa edilmiş duvarlar	95
8.4. Yeni duvarın 2014 yılında yersel LIDAR ile elde edilmiş kuşbakışı görüntüsü.....	96

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.1. 1943 yüzey kırığı boyunca yapılmış ötelenme ölçümleri.....	23
5.1. Çalışma alanında yapılan GPR profillerine ait özellikler.....	32
5.2. Çalışma alanı içerisine kurulan istasyonların konum bilgileri.....	41
6.1. Yersel LIDAR kullanılarak çalışma alanı içerisinde gerçekleştirilen ölçümler.....	45
7.1. Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırma sonuçları.....	70
7.2. Mart 2014 ve Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılma sonuçları.....	76
7.3. Mart 2014, Temmuz 2014 ve Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırma sonuçları.....	82
7.4. Mart 2014, Temmuz 2014, Aralık 2014 ve Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırma sonuçları..	87
8.1. Yersel LIDAR kullanılarak çalışma alanı içerisinde gerçekleştirilen ölçümlerin sonuçları	92

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Kısaltma

KAFZ

SAFZ

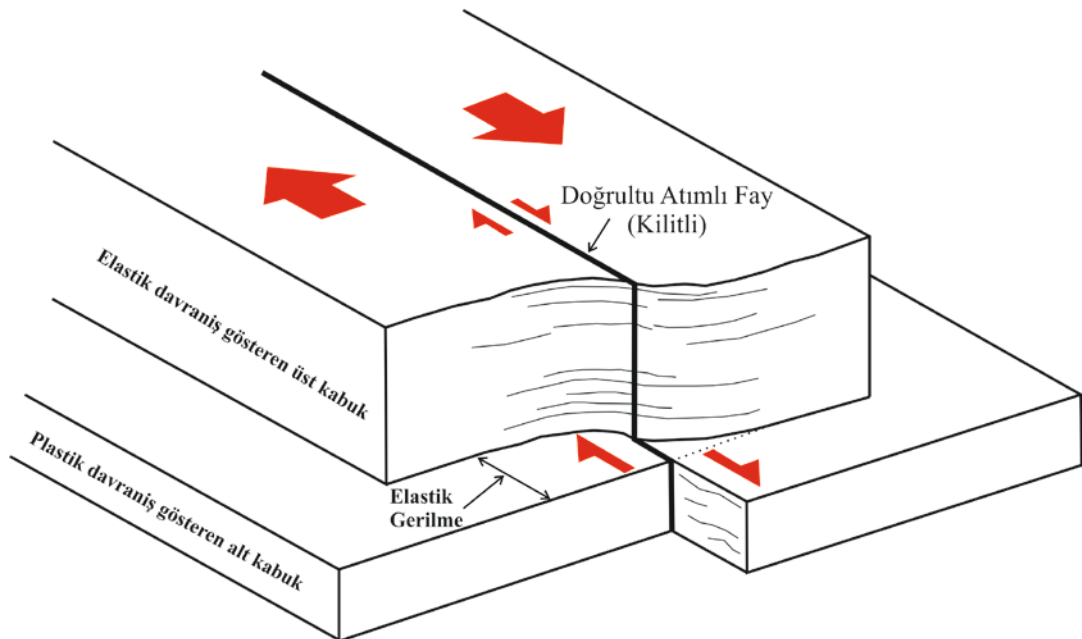
Açıklama

Kuzey Anadolu Fay Zonu

San Andreas Fay Zonu

1. GİRİŞ

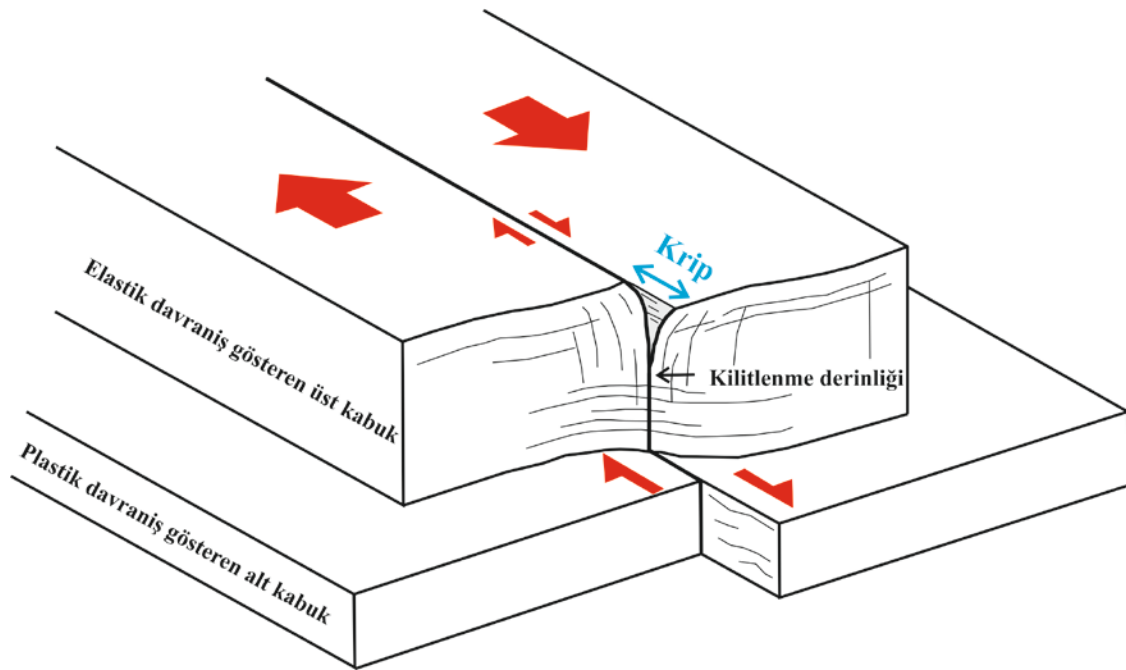
Kayaçlar yeryüzüne yakın bölgelerde elastik, derinlerde ise sıcaklık ve basıncın artmasına bağlı olarak plastik davranış sergilerler (Hatcher, 1995). Gerilmeye maruz kalan kabukta, elastik davranış gösteren kayaçlar gerilirken, plastik davranış gösterenler ise sünerler. Elastik davranış gösteren kısımda biriken deformasyon enerjisi kayacın elastik kırılma sınırını aşınca belirli bir zon boyunca kırılma gerçekleşir ve oluşan kırığın her iki yanındaki bloklar zıt yönlerde hareket ederler (Şekil 1.1). Kaymanın gerçekleştiği düzleme fay, oluşan sarsıntıya da deprem adı verilir (Ketin ve Canitez, 1972). Deprem sırasında gerçekleşen yer değiştirme (kosismik) miktarı zon boyunca biriken elastik deformasyon enerjisi ile doğru orantılıdır. Kırılma gerçekleştikten sonra ortamın yeniden dengeye ulaşması (fay üzerinde kaymanın tamamen durması) zaman almaktadır ve kırılma anı ile dengeye ulaşılan zaman aralığı içinde fay üzerinde yer değiştirme (postsismik) devam etmektedir (Hearn vd., 2009; Wang vd., 2009).



Şekil 1.1. Doğrultu atımlı faya ait blok diyagram. Elastik davranış gösteren kabukta biriken deformasyon enerjisinin kayacın elastik kırılma sınırını aşması sonucunda fay boyunca kırılma gerçekleşmekte ve oluşan kırığın her iki yanındaki bloklar zıt yönlerde hareket etmektedir (SFSU, 2015).

Fay zonları boyunca deformasyon enerjisinin bazı alanlarda deprem olmaksızın açığa çıktığı görülmektedir. Yani, yüzeye yakın kesimlerde fay boyunca zamana bağlı olarak kayma gerçekleşmektedir (Şekil 1.2). Krip olarak adlandırılan (Steinbrugge, 1957) bu hareketin nedeni tam olarak anlaşılmamış olmasına rağmen ortamın litolojisi üzerinde durulmaktadır (Carpenter vd., 2011).

Krip gerçekleşen alanlarda krip hızının uzun dönem plaka hızına eşit olması halinde faylar üzerinde deprem oluşturacak deformasyonun birikmediği (Thatcher, 1979; Burford ve Harsh, 1980), krip hızının daha düşük olması halinde ise fay zonları üzerinde deprem olma tehlikesinin devam ettiği bilinmektedir (Lienkaemper ve Williams, 1999; Schmidt vd., 2005; Champenois vd., 2012). Bu nedenle krip hareketinin ve hızının belirlenmesi önem taşımaktadır. Bazı aktif fay zonları üzerinde krip varlığı tespit edilmiştir, bu fay zonları üzerinde yapılmış başlıca çalışmalar aşağıda verilmiştir.



Şekil 1.2. Üzerinde krip gözlemlenen doğrultu atımlı faya ait blok diyagramı. Krip hareketi ile deformasyon enerjisinin bir kısmı deprem olmaksızın yüzeye yakın kesimlerde açığa çıkmaktadır (SFSU, 2015).

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1. Krip Üzerine Çalışmalar

Kabukta deprem olmaksızın deformasyon enerjisinin kayma hareketiyle açığa çıkma ihtimali önceki çalışmalarda tahmin edilse de (Louderback, 1942), krip hareketinin varlığı ilk kez 1956 yılında Amerika'da San Andreas Fay Zonu'nda (SAFZ) tespit edilmiştir (Steinbrugge, 1957). Krip fay zonu üzerine yerleştirilmiş bir binada gerçekleştirilen yapı denetimi sırasında beton döşemelerde yer değiştirme, beton duvarlarda ise çatlamlar ile gözlemlenmiştir (Steinbrugge, 1957). 1948 yılında yapılmış olan bu binalar kullanılarak 1956-1960 yılları arasında krip ölçümü yapılmış, 1948 yılından beri yıllık 12 mm'lik bir hızın varlığı ortaya konmuştur (Steinbrugge ve Zacher, 1960). İlk kripmetreler ise bina çevresine 1957 yılında yerleştirilmiştir (Tocher, 1960). Daha sonra SAFZ boyunca başka alanlarda da genellikle mühendislik yapılarındaki ötelenmelerin fark edilmesi ile kripin varlığı tespit edilmiştir (Brown ve Wallace, 1968). Yine SAFZ içerisinde yer alan Hayward fayı üzerinde 1960 yılında (Cluff ve Steinbrugge, 1966), Calaveras Fayında ise 1966 yılında krip tespit edilmiştir (Rogers ve Nason, 1971).

1970'li yıllara gelindiğinde Amerika'da yer alan Concord Fayı (Sharp, 1973), Green Valley Fayı (Frizzell ve Brown, 1976) ve Maacama Fayı (Harsh vd., 1978) üzerinde krip belirlenmiş, daha sonra yapılan çalışmalar ile bu faylar dışında güney Californiya bölgesinde yer alan birçok fayda (Louie vd., 1985) kripin varlığı ortaya konulmuştur. Krip hareketinin ölçülmesi ilk olarak kripmetre ve teodolit ile yapılırken daha sonrasında GPS ve InSAR yardımıyla ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Amerika'da yapılan gözlemlerden sonra Türkiye (Ambraseys, 1970; Aytun, 1982), Taiwan (Lee vd., 2001), Filipinler (Duquesnoy vd., 1994) ve Venezuela'da (Jouanne vd., 2001) yer alan faylarda krip tespiti ve ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

2.1.2. Ülkemizde krip üzerine çalışmalar

Türkiye’de ilk kez krip Ambraseys (1970) tarafından KAFZ üzerinde, Bolu-Gerede’de meydana gelen 1944 depremi yüzey kırığı üzerine inşa edilmiş İsmetpaşa asfalt istasyonu duvarında tespit edilmiştir (Şekil 2.1.a,b). Duvar üzerinde 1957-1969 yılları arasında metre ile gerçekleştirilen ilk krip ölçümünde 20 mm/yıl kayma hızı belirlenmiştir (Ambraseys, 1970). Bunun yanı sıra araştırmacı istasyon duvarının güneyinde yer alan tren yoluna ait onarım raporlarına dayanarak 1944 depreminden 1951 depremine kadar bölgede 50 mm/yıl’lık bir kripin varlığını önermiştir (Ambraseys, 1970). Krip hareketinin gerçekleştiğinin ileri sürülmesiyle bu lokasyon konu ile ilgilenen araştırmacıların ilgisini çekmiş ve zaman içerisinde farklı jeodezik teknikler kullanılarak krip ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

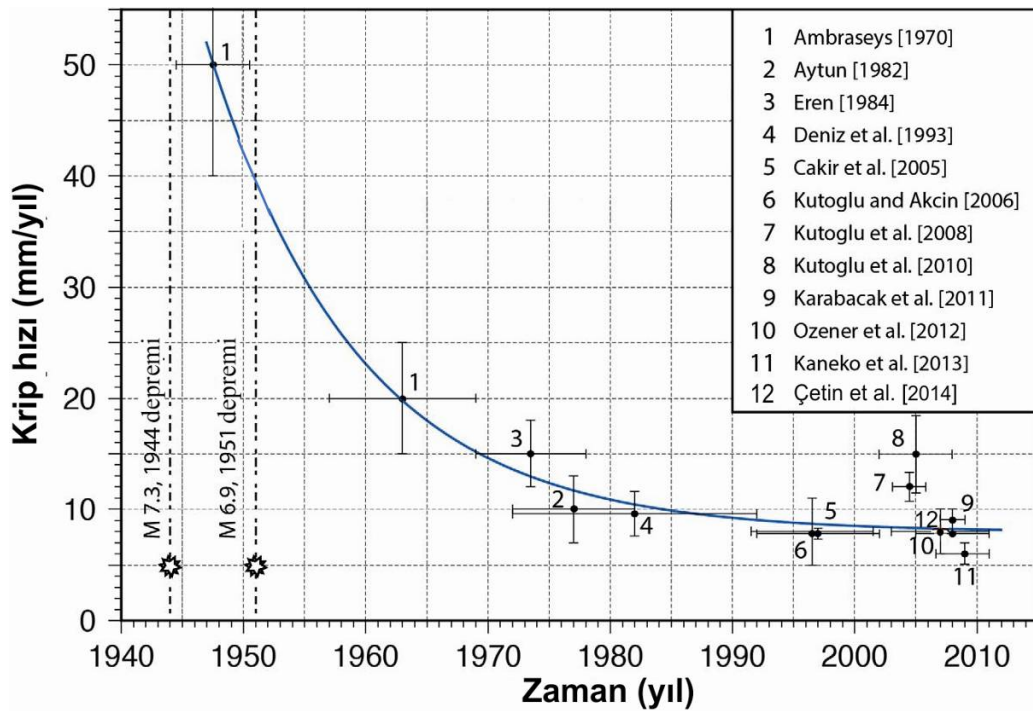


Şekil 2.1. 1944 depremi yüzey kırığı üzerinde yer alan İsmetpaşa asfalt istasyonu duvarı **a**. Duvarın genel görünümü (fay uzanımı kırmızı kesikli çizgi ile görülmektedir) **b**. Duvar üzerinde krip nedeniyle oluşmuş ötelenmenin yakından görünümü.

Metre ile gerçekleştirilen ilk ölçümden sonra İsmetpaşa istasyonu civarına altı noktadan oluşan küçük bir jeodezik ağ kurulmuş ve bu ağ vasıtasıyla ölçümler yapılmıştır (Aytun, 1982; Deniz vd., 1993; Kutoğlu ve Akçin, 2006). InSAR tekniği ilk kez 1992-2002 yılları arasında kullanılmış ve yıllık 8 ± 3 mm hız belirlenmiştir (Çakır vd., 2005). Daha sonraki yıllarda yine GPS ve InSAR teknikleri kullanılarak çeşitli çalışmalar gerçekleştirilmiştir. 2007-2009 yılları arasında ise bu yöntemlerden farklı olarak yersel LIDAR sistemi kullanılmış duvar üzerinde $6.8-10.1\pm 4$ mm/yıl krip hızı belirlenmiştir

(Karabacak vd., 2011). Bu istasyonda gerçekleştirilmiş ölçümlere ait değerler Çizelge 2.1’de görülmektedir.

Bugüne kadar yapılmış çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde krip hızının zaman içinde 1980’li yıllara kadar azaldığı ve bu tarihten sonra elde edilen değerlerin birbirine yakın olduğu görülmektedir (Şekil 2.2). Bazı araştırmacılar 1999 depremlerinden sonra İsmetpaşa çevresinde 6 cm civarında bir tetiklenmiş kaymanın gerçekleştiğini ifade etmektedir (Doğan vd., 2002) ancak bu durum GPS (Kutoğlu ve Akçın, 2006) ve InSAR (Çakır vd., 2005; Çakır ve Akoğlu, 2008) çalışmalarında gözlenmemektedir. Ayrıca bazı araştırmacılar 2002-2007 yılları arasında GPS verileri ile 12.0 ± 1.1 mm/yıl ve 15.1 ± 0.41 mm/yıl gibi diğer ölçüm sonuçlarına göre daha yüksek değerler elde etmiştir (Kutoğlu vd., 2008; Kutoğlu vd., 2010). Bu durumun krip hızının zaman içinde değişiklik göstermesiyle ilişkili olabileceği öne sürülse de (Kutoğlu vd., 2008; Kutoğlu vd., 2010) hızdaki bu değişimin tektonik mi yoksa uygulanan yöntemden mi kaynaklandığı konusunda bir kesinlik olmadığını söylemek mümkündür.



Şekil 2.2. İsmetpaşa asfalt istasyonu duvarında bugüne kadar gerçekleştirilen çalışmalarda elde edilen krip ölçüm sonuçlarına ait grafik (Çetin vd., 2014’den değiştirilerek alınmıştır).

Çizelge 2.1. İsmetpaşa asfalt istasyonu duvarında gerçekleştirilmiş krip ölçümleri.

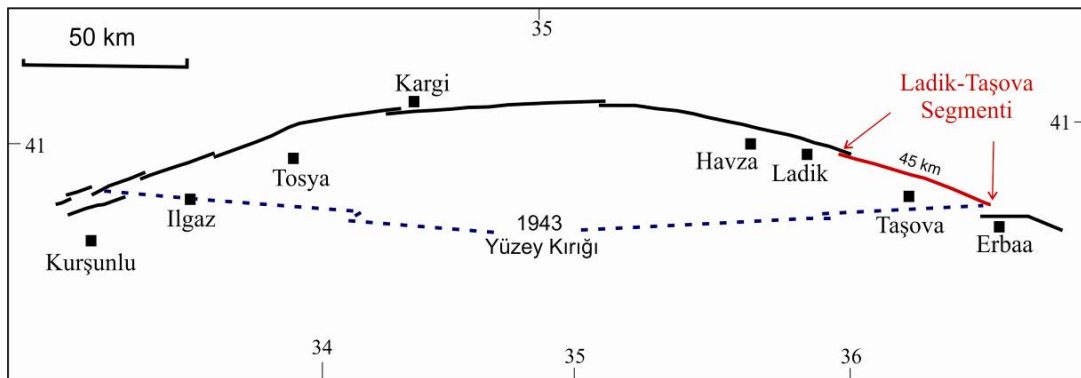
Kaynakça	Ölçüm Yılı	Krip Oranı (mm/yıl)	Ölçüm Yöntemi
Ambraseys, 1970	1957-1969	20	Şerit metre
Aytun, 1982	1957-1969	15	Triangulation
Eren, 1984	1972-1982	10	Triangulation ve Trilateration
Deniz vd., 1993	1972-1992	9.6	Triangulation
Altay ve Sav, 1991	1982-1990	7-12	Kripmetre
Çakır vd., 2005	1992-2002	8±3	InSAR
Kutoğlu ve Akçin, 2006	1972-1982	10.2±0.6	GPS
	1982-1992	9.3±0.7	
	1992-2002	7.8±0.5	
Kutoğlu vd., 2008	2002-2007	12.0±1.1	GPS
Kutoğlu vd., 2010	2002-2007	15.1±0.41	GPS
Fialko vd., 2011	2007-2010	10	InSAR
Karabacak vd., 2011	2007-2009	6.8-10.1±4 9.1-10.1±4	LIDAR
Deguchi, 2011	2007-2011	6.5	InSAR
Özener vd., 2012	2005-2011	7.6±1	GPS
Kaneko vd., 2013	2007-2011 2004-2010	9	InSAR
Çetin vd., 2014	2003-2010	8±2	InSAR

İsmetpaşa istasyonunun 2 km doğusunda bulunan Hamamlı Köyü içinde bir ahır duvarında da krip tespit edilmiştir (Karabacak vd., 2011). 1944 depremi yüzey kırığı üzerinde yapılmış bu noktasal krip gözlemlerinin dışında, InSAR tekniği kullanılarak İsmetpaşa ile Bayramören arasında yaklaşık 70 km'lik bir alanda krip varlığı belirlenmiştir (Çakır vd., 2005; Kaneko vd., 2013). Yine InSAR kullanılarak yapılmış son çalışmalar kripin Bayramören'de bitmediğini, doğuya doğru 1943 depremi yüzey kırığı üzerinde en az 30 km boyunca devam ettiğini ortaya koymaktadır (Çetin vd., 2014).

Türkiye’de KAFZ’nun dışında Batı Anadolu bölgesinde normal fay karakterinde olan Alaşehir Fay Zonu üzerinde kripe ilişkin gözlemler vardır (E. Altunel, 2014, sözlü görüşme). Alaşehir Fayı üzerinde krip olduğunu destekleyen tarihsel veriler de bulunmaktadır. Örneğin, MÖ 64-MS 24 yılları arasında yaşayan Strabon notlarında ‘Lydia’dan sonra Mysia ve daima depremlere maruz kalan Philadelphia (bugün ki Alaşehir) kenti gelir. Evlerin duvarları devamlı olarak çatlar ve kentin çeşitli yerleri çeşitli zamanlarda bu şekilde etkilenir. Bu nedenle kentte az insan yaşar ve çoğu yaşamını, kent dışında çiftçi olarak sürdürür. Sayıları az da olsa evleri bu kadar güvensiz olan bir yere bağlananlara insan şaşabilir ve bu kenti kuranlara daha da fazla hayret edebilir’ diyerek muhtemel bir krip hareketinden bahsetmiştir (Strabon, 2005). Ancak literatürde bölgede yapılmış herhangi bir ölçüm bulunmamaktadır.

2.1.2.1. Ladik-Taşova segmenti üzerindeki önceki çalışmalar

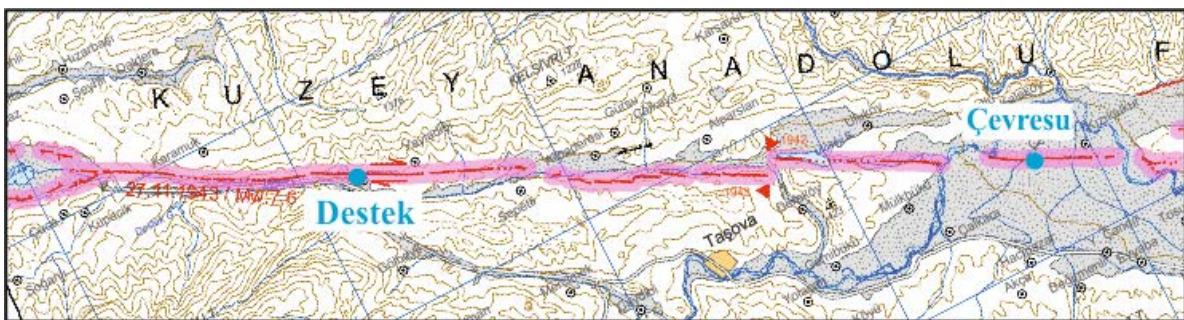
KAFZ üzerinde meydana gelen 1943 Tosya-Ladik depremi ($M=7.6$) doğuda Erbaa’nın kuzeybatısı ile batıda Kurşunlu (Bayramören)’nun kuzeyi arasında yüzey kırığı oluşturmuştur (Ketin, 1969). Kırık Barka ve Kadinsky-Cade (1988) tarafından segmentlere ayrılmıştır. Araştırmacıların segmentasyonuna göre doğuda Erbaa’nın kuzeybatısı ile batıda Samsun-Ladik ilçeleri arasında kalan segmentin adı bu çalışma kapsamında Ladik-Taşova segmenti olarak adlandırılmıştır (Şekil 2.3). Segment üzerinde krip ile ilgili bazı gözlem ve çalışmalar mevcuttur.



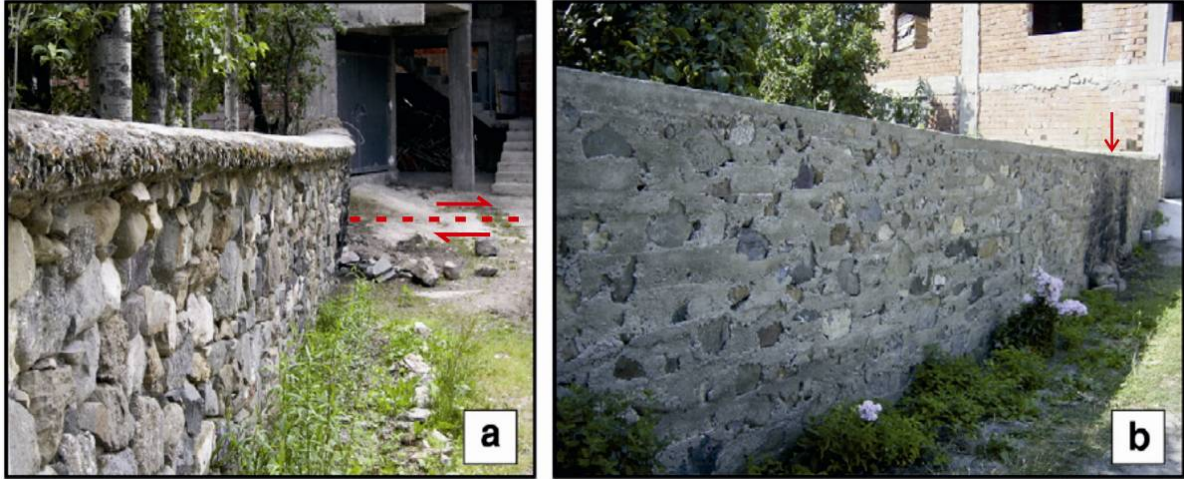
Şekil 2.3. Kurşunlu kuzeyi ile Erbaa arasında yer alan 1943 depremi yüzey kırığının uzanımı ve Ladik-Taşova segmentinin konumu (Barka ve Kadinsky (1988)’den sadeleştirilmiştir).

Bazı araştırmacılara göre 1943 yüzey kırığı doğuda evresu (Ravak) Köyü'ne kadar devam etmektedir (Barka, 1996; Blumenthal,1945 (a)). Barka (1996) fay zonu üzerinde yer alan köyde yeni yapılmış evlere ait bahçe duvarlarında gözlemediği çatlamların sebebini muhtemel bir krip hareketiyle ilişkilendirmiştir. MTA tarafından hazırlanılan diri fay haritasına (Emre vd., 2012) göre ise köy 1942 yüzey kırığı üzerinde yer almaktadır (şekil 2.4).

Bu gözlemin dışında 1943 yüzey kırığı üzerinde yer alan Destek Köyü (metin içinde Destek olarak geçmektedir) evresinde 2002 yılında yapılan arazi çalışmalarında, fay uzanımının yaklaşık olarak dik kestiği 1980'li yıllarda yapılan bir bahçe duvarının, 2004 yılında kendiliğinden yıkıldığı ve yerine yapılan yeni duvarda (şekil 2.5.a,b) yamulma olduğu yerel halk tarafından dile getirilmiştir (E. Altunel, 2014, sözlü görüşme). Bu bilgi zerine Altunel ve Karabacak ESOĞ BAP tarafından desteklenen 200615006 ve 200615026 Nolu projeler kapsamında bahçe duvarını 2007-2009 yılları arasında yersel LIDAR ile periyodik olarak ölçmüş ve duvarda değişim olup olmadığını takip etmiştir (Karabacak vd., 2011). Üç yıl boyunca yapılan ölümler sonucu bu lokasyonda $6.0-7.2\pm 4.00$ mm/yıl hareket tespit edilmiştir (Karabacak vd., 2011). Araştırmacılar tarafından krip hareketi olarak yorumlanan bu değer, bölgedeki ilk sayısal veriyi ortaya koymaktadır. Ancak deformasyon hareketine dair başka ölüm olmadığı için hızın zaman içinde değişim gösterip göstermediği henüz bilinmemektedir.



şekil 2.4. Emre vd., (2012) tarafından hazırlanan Türkiye diri fay haritasına göre 1943 ve 1942 yüzey kırıklarının uzanımı ve Destek ile evresu Köyleri'nin konumu.



Şekil 2.5. Destek'te fay uzanımına yaklaşık dik inşa edilen duvarlar **a.** 1980 yılında fay uzanımına (kırmızı kesikli çizgi) yaklaşık olarak dik inşa edilen bahçe duvarının 2003 yılında çekilmiş fotoğrafı (E. Altunel'in arşivinden). **b.** 2004 yılında yıkılan duvarın yerine yeniden inşa edilen duvar. Görüntüde yer alan kırmızı ok fayın duvarı kestiği yeri göstermektedir.

2.2. Postsismik Deformasyon Üzerine Çalışmalar

Büyük depremler sırasında yüzey kırıkları boyunca oluşan deformasyon her ne kadar deprem anında meydana gelen yerdeğiştirme şeklinde gözükse de bazı alanlarda bu deformasyonun deprem sonrasında da devam ettiği gözlenmiştir (Wyatt vd., 1994; Bear vd., 2001; Prescott ve Lisowski, 1980). Bu şekilde deprem olduktan sonra meydana gelen postsismik kaymaların zamanla azalan bir hızla fay zonu boyunca yer değiştirmeler meydana getirdiği bilinmektedir (Thatcher vd., 1980; Prescott ve Lisowski, 1980; Thatcher, 1983,a; Çakır vd., 2012). Postsismik deformasyon özelliklerinin bilinmesi ile deprem süreçlerinin doğru belirlenmesi mümkündür ancak bu konuda yapılmış çalışmalar sınırlıdır (Kenner ve Segall., 2000).

Yapılmış çalışmalarda postsismik kaymaların genellikle göreceli olarak kısa zamanları, birkaç ay veya yılı kapsadığı belirlenmiştir (Wdonski vd., 1994, Wyatt vd., 1994, Shen vd., 1994, Savage ve Svarc 1997, Donnellan ve Lyzenga, 1998, Bear vd., 2001, Okada ve Nagata, 1953; Fujita, 1972; Kasahara, 1975; Brown vd., 1977). Örneğin, 1992 $M=7.3$ Landers, Californiya depremi sonrasında bölgede devam eden geçici bir postsismik kaymanın varlığı çeşitli araştırmacılar tarafından tesbit edilmiştir (Wyatt vd., 1994, Shen vd., 1994, Savage ve Svarc, 1997). Deprem sonrasında bölgede 22 ± 10 gün boyunca merkezüstüne yakın birkaç bölgede, kosismik yerdeğiştirmelerin %10-20'si kadar

postsismik yerdeğiştirmelerin meydana geldiği belirlenmiştir (Wdowinski vd., 1997). 1994 (M=6.7) Norridge, Californiya, depreminden sonra ise bölgede 2 yıl süreyle postsismik deformasyon gözlenmiştir (Donnellan ve Lyzenga, 1998). 1995 yılında Nuweiba depremi (M= 7.2) sonrasında araştırmacılar InSAR alışmaları ile bölgede altı ay boyunca postsismik hareketin varlığını belirlemiştir (Bear vd., 2001). 26 Aralık 2004 tarihinde meydana gelen Sumatra depreminden sonra ise Port Blair'de (Andaman Adaları) 3.1 m olarak ölçülen yerdeğiştirme miktarının 2 yıl sonra yeniden ölçülmesiyle yerdeğiştirme miktarının 32 cm daha fazla olduğu belirlenmiştir (Paul vd., 2007).

Bu çalışmaların yanısıra bazı büyük depremlerden sonra uzun dönemde postsismik kaymanın varlığı ortaya konulmuştur (Thatcher vd., 1980; Prescott ve Lisowski, 1980; Thatcher, 1983). Örneğin, KAFZ ile benzer özellikler taşıdığı bilinen San Andreas Fay Zonu (Ketin, 1976) zerinde meydana gelen 1906 M=8.3 San Francisco (Thatcher, 1975) depremi sonrasında gözlemlenen postsismik hareket için hesaplanan uzun dönemli kayma süresi 36 ± 16 yıldır (Kenner ve Segall, 2000). San Andreas Fayı'nın tamamı için ise bu süre 30 yıl olarak tahmin edilmektedir (Thatcher, 1983).

Türkiye'de de çeşitli fay zonları üzerinde meydana gelen depremlerden sonra postsismik deformasyon gözlemleri ve ölçümleri yapılmıştır. Örneğin, 1976 Çaldıran depremi (M=7.3) sonrasında Çaldıran kasabasında bir su arkında yapılan ötelenme ölçümlerinin altı yıl boyunca tekrarlanmasıyla ~90 cm civarında bir artış olduğu, bu değerin ilk atımın % 43'ne karşılık geldiği belirlenmiştir (şaroğlu ve Erdoğan, 1983; şaroğlu ve Barka, 1995). Başka bir alışma 1983 Horasan-Narman depremi (M=6.9) sonrasında yapılmıştır. Deprem sonrasında Barka vd., (1983) tarafından 0.8-1 m maksimum sol yanal ötelenme ölçülen bir lokasyonda yaklaşık 11 ay sonra yeniden yapılan ölçümlerde ötelenme miktarının 1.2 m'ye çıktığı gözlenmiştir (şaroğlu ve Barka, 1995). Benzer şekilde 1939 Erzincan depremi (M=7.9-8) sonrasında meydana gelen atımların 50 yıl içinde 1-2 m artmış olabileceği ve daha fark edilir değerlere ulaşıldığı düşünülmektedir (şaroğlu ve Barka, 1995).

Bu gözlemlerin dışında 1999 İzmit (M=7.4) ve Düzce (M=7.2) depremlerinin yüzey kırıkları üzerindeki postsismik deformasyonlar GPS ve InSAR alışmaları ile llmştir. Ergintav vd. (2009), GPS alışmaları sonucunda depremlerden 7 yıl sonra

Kuzey Anadolu Fay Zonu'nun bu kesimi üzerindeki deprem sonrası deformasyon hızının ~10 mm/yıl'a ulaştığını belirlemiştir. Yine Çakır vd. (2012), InSAR yöntemi kullanarak 1999 İzmit depremi yüzey kırığı üzerinde logaritmik olarak azalan ve bir sonraki deprem döngüsüne kadar devam edeceğini düşündükleri bir postsismik hareketin varlığını ortaya koymuşlardır. 1999 depremi sonrasında yapılan başka bir çalışmada ise depremde ötelenmiş ve halen mevcudiyetini koruyan yapılar 12 yıl sonra yersel LIDAR yardımıyla yeniden ölçülmüş ve bölgede kosismik yerdeğişirmelerin yaklaşık %6-22 oranında arttığı ortaya konmuştur (Tunçel vd., 2013).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

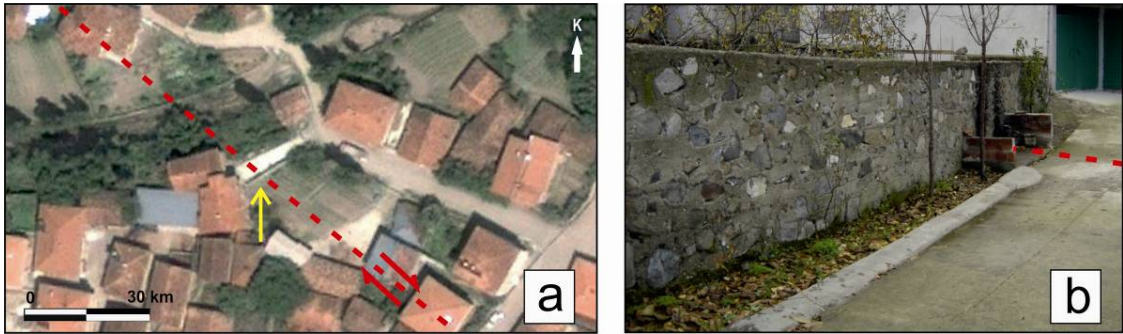
3.1. Çalışmanın Amacı

İlk kez 1956 yılında SAFZ üzerinde fark edilen krip hareketi zamanla başka fay zonları üzerinde de tespit edilmiştir. Krip hızı başlangıçta metre ile ölçülmüş, teknolojinin ilerlemesi ile yeni teknikler kullanılarak daha hassas ölçümler ve ayrıntılı araştırmalar yapılmıştır. Bugüne kadar krip ölçümünde eğik mesafe ölçümü, kripmetre, teodolit, GPS, InSAR ve LIDAR gibi farklı jeodezik teknikler kullanılmıştır. Başlangıçta krip hareketinin ilk olarak belirlendiği, tek bir lokasyonda sınırlı kalan ölçümler yeni tekniklerle fay zonu boyunca yapılmış ve kripin fay boyunca etki uzunluğu anlaşılmaya çalışılmıştır.

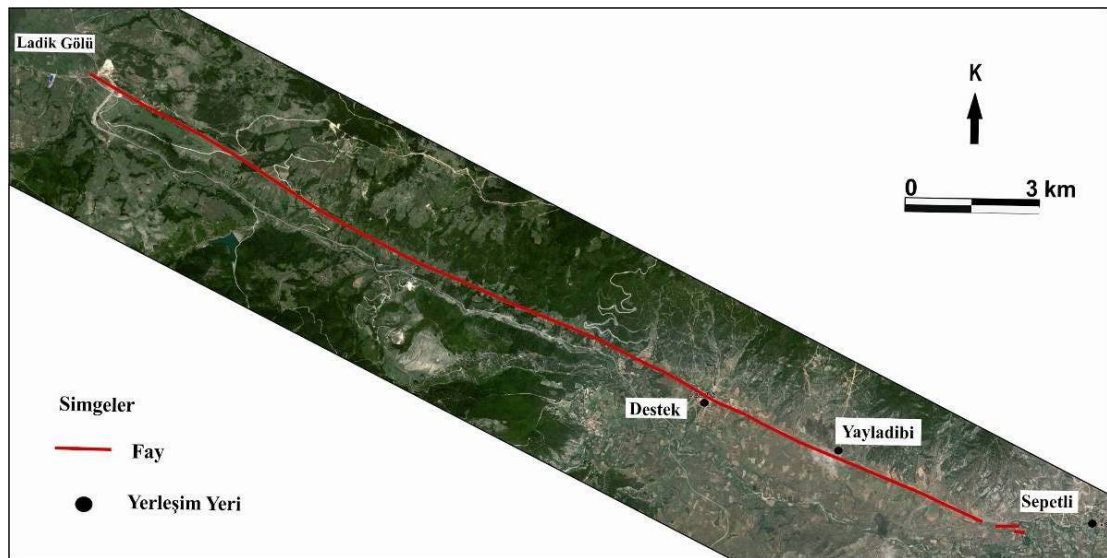
KAFZ'nun Ladik-Taşova segmenti boyunca deformasyon takibinde alanın yoğun bitki örtüsü ile kaplı olması InSAR verilerinin kullanılmasını olanaksız kılmaktadır (Z. Çakır, 2014, sözlü görüşme). Bölgede bilginiz kadarıyla kurulmuş herhangi bir GPS ağıda bulunmamaktadır. Segment üzerinde deformasyona ait tek sayısal veri Karabacak vd. (2011) tarafından, Destek'te yer alan bahçe duvarının (Şekil 3.1) 2007-2009 yılları arasında yersel LIDAR kullanılarak takibi ile elde edilmiştir. Krip olarak yorumlanan bu veri tek bir lokasyonda yapılan ölçümlere dayanmaktadır ve deformasyonun fay boyunca devam edip etmediği hakkında bilgi vermemektedir. Ancak araştırmacı Destek'in yaklaşık 10 km batısında gerçekleştirilmiş paleosismoloji çalışmasının (Fraser vd., 2009) sonuçları ile kendi ölçüm sonuçlarını birlikte değerlendirerek, kripin Destek'in en az 10 km batısına kadar etkin olabileceğini ileri sürmüştür. Çünkü bu paleosismoloji çalışmasında 1943 depremi de dahil son 2700 yılda 7 büyük depremin izi belirlenmiştir ve araştırmacılar bu 7 depremde 1943 depremindeki ile benzer şekilde (~ 2.3 m) yanal ötelenme meydana gelmesi durumunda fay segmenti boyunca ~ 6 mm/yıl'lık bir hareket hızı ortaya çıkacağını belirlemişlerdir. Oysa ki, fay zonunun bu kesimlerinde yapılan jeomorfolojik çalışmalarda 20.5 ± 5 mm/yıl (Kozacı vd., 2007) ve GPS çalışmalarında ise 25.8 ± 0.2 mm/yıl'lık (Reilinger vd., 2006) bir kayma hızı ortaya konulmuştur. Dolayısıyla, yaklaşık 20 mm/yıl'lık bir kayma hızına ulaşmak için 2700 yılda meydana gelen 7 depremde ortalama 7.7 m yerdeğiştirme gerekmektedir. Bu nedenle Fraser vd.,(2009) bu durumu hendekte gözden kaçmış depreme ait izler olması ile açıklamaya çalışırken, Karabacak vd. (2011) ise

bu segment üzerinde bir krip hareketinin varlığını ve paleosismolojik çalışmalarda ortaya çıkan kayma hızı kaybını bu harekele ilişkili olabileceğini önermiştir.

Bu nedenlerden dolayı, 1943 depreminden yaklaşık 60 yıl sonra tek bir lokasyonda fark edilen ve krip olarak yorumlanan bu deformasyonun sebebinin ortaya konması, krip ise kayma hızının ve etki uzunluğunun belirlenmesi önem arz etmektedir. Bu çalışmanın amacı, KAFZ'nun Ladik-Taşova segmenti üzerinde batıda Ladik Gölü ile doğuda Sepetli Köyü arasında kalan uzanımı boyunca (Şekil 3.2) krip olup olmadığının araştırılması, varsa hızının, zaman içinde değişiminin gözlenmesi ve fay boyunca etkili olduğu uzunluğun ortaya konmasıdır.



Şekil 3.1. Destek'te yer alan bahçe duvarı **a.** Destek'te yer alan bahçe duvarı (sarı ok) ve onu dik kesen faya (kırmızı kesikli çizgi) ait uydu görüntüsü (Google Earth). **b.** Bahçe duvarının fotoğrafı ve fayın konumu (kırmızı kesikli çizgi).



Şekil 3.2. Batıda Ladik Gölü ile doğuda Sepetli Köyü arasında fay boyunca güneydoğuya doğru bir alanı kapsayan çalışma alanına ait uydu görüntüsü (Uydu görüntüsü Google Earth'den alınmıştır. Fay zonu çiziminde Emre vd., 2012'den yararlanılmıştır).

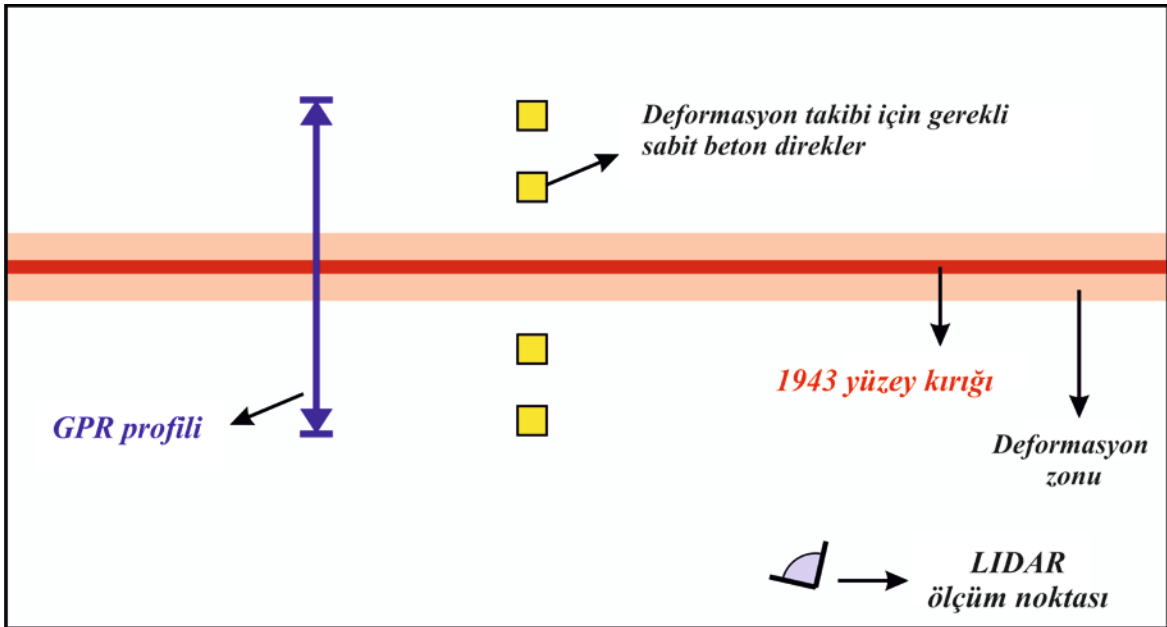
3.2. Yöntem

Tez çalışmasında KAFZ'nun Ladik-Taşova segmenti boyunca deformasyon takibinde yersel LIDAR (Light detection and ranging) cihazı kullanılmıştır. Aktif bir uzaktan algılama sistemi olan yersel LIDAR, geleneksel ölçme tekniklerine alternatif bir yöntemdir ve sensör teknolojisindeki hızlı gelişme ile günümüzde santimetrenin de altında çözünürlükte dijital modelleme yapılmasına olanak sağlamaktadır (Optech, 2006). LIDAR çalışma prensibi, lazer tarayıcı sistem tarafından gönderilen ve obje yüzeyinden yansıyan lazer sinyalinin alıcıya geri dönme süresinin ölçülme işlemine dayanır (Petrie ve Toth, 2009). Bu teknoloji ile taranılan nesnelerin, 3 boyutlu nokta verisi elde edilmekte ve bu nokta bulutları ile nesnelerin 3 boyutlu modelleri oluşturulmaktadır (Gümüş ve Erkaya, 2007).

Mühendislik ve madencilik çalışmaları, tarihi ve kent alanlarının üç boyutlu modellenmesi gibi pek çok alanda sayısal verinin elde edilmesinde, yersel LIDAR sistemi önemli bir yöntem haline gelmiştir (Gümüş ve Erkaya, 2007). Sistemin hassas veri sağlaması özellikle yer bilimleri disiplinlerinde yüzey topografyasının çok detaylı ölçümünün yapılması gereken durumlarda, giderek daha yaygın şekilde kullanılmasının önünü açmıştır (Ekercin ve Üstün, 2004; Niemi vd., 2004; Nagihara, 2006). Fizyografik özelliklerin daha yüksek hassasiyette ve istenilen yoğunlukta belirlenmesi amacıyla yersel LIDAR sistemi son zamanlarda deprem araştırmaları (Bawden vd., 2004; Altunel vd., 2009; Yönlü vd., 2010), stratigrafik modelleme (Bellian vd., 2005; Janson vd., 2007; Bonnaffe vd., 2007) ve aktif tektonik çalışmaları (Karabacak vd., 2008) gibi alanlarda jeoloji amaçlı kullanılmış, çok iyi sonuçlar alınmıştır. Sistemin kolay kurulum, sürdürülebilir ölçüm ve kısa zamanda ürettiği milimetre hassasiyetindeki veriler ile krip hareketinin izlenmesinde etkin olarak kullanılabilirliği, sağladığı tutarlı sonuçlarla ortaya konulmuştur (Karabacak vd., 2011).

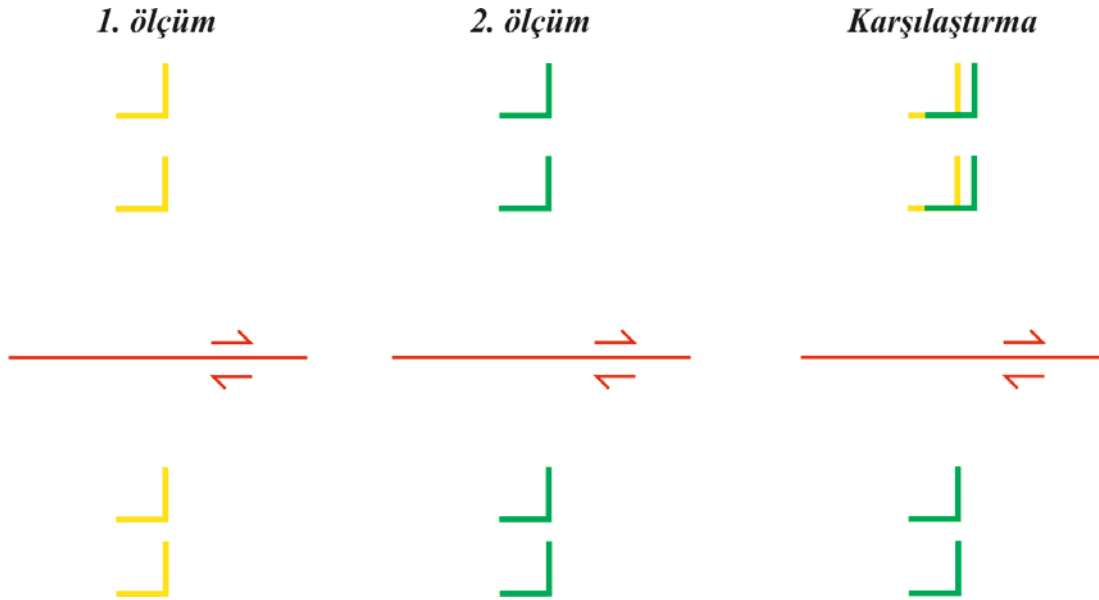
Tez çalışmasında cihaz aynı alandan farklı zamanlarda mm hassasiyetinde nokta bulutlu görüntülerin elde edilmesinde kullanılmıştır. Yersel LIDAR ile alınan her bir görüntü üç boyutlu nokta verisi olarak elde edildiği için cihazın ölçümler sırasında aynı noktaya kurulma gerekliliği bulunmamaktadır. Ancak aynı alandan alınmış iki farklı görüntüde karşılaştırma yapabilmek için arazide referans oluşturacak sabit noktalara

ihtiyaç vardır. Bu özellik nadiren de olsa fay zonu üzerine yaklaşık olarak dik inşa edilmiş duvar gibi yapılarla sağlanmaktadır. Tez kapsamında gerçekleştirilecek ölçümlerde çalışma alanında böyle bir duvarın yanı sıra, fay zonu boyunca gözlem istasyonlarının kurulumu planlanmıştır. İstasyonlar fay uzanımına dik, fay zonunun her bir tarafına ikişer tane olacak şekilde düzgün yüzeyli dört adet sabit beton direkten oluşmaktadır. Direklerin yerleştirilmesinden önce deformasyon zonunun hassas bir şekilde belirlenmesinde ise GPR çalışmalarının yapılması hedeflenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Kurulacak gözlem istasyonlarının şematik gösterimi.

Yerleştirilecek gözlem istasyonları ve mevcut duvardan yersel LIDAR sayesinde elde edilmiş görüntülerin PolyWorks 12 yazılımı ile birbirlerine göre karşılaştırılması planlanmıştır. Gözlem istasyonlarında, yersel LIDAR'ın kurulduğu noktadan beton direklerin yalnızca iki yüzeyinin görüntüsünün alınması mümkündür. Bu nedenle fay zonunun bir tarafında kalan yüzeylerin üst üste çakıştırılıp, diğer tarafta, faya dik olan yüzeylerde yer değiştirme olup olmadığına bakılarak karşılaştırmanın yapılması planlanmıştır (Şekil 3.4). Mevcut duvar üzerinde ise çakıştırma işleminden sonra duvar yüzeyinde deformasyonun incelenmesi mümkündür. Karşılaştırma işleminin mantığı bu şekilde olup detaylara Bölüm 7'de yer verilmiştir.



Şekil 3.4. PolyWorks 12 programı ile yapılacak olan karşılaştırma işleminin mantığı (kuş bakışı görüntüde). Yersel LIDAR ile alınan iki farklı ölçümün karşılaştırılma işleminde alanda deformasyon olması halinde fay zonunun bir tarafında kalan yüzeylerin program yardımı ile çakıştırılmasından sonra diğer taraftaki yüzeylerde bu hareketin görülmesi beklenir.

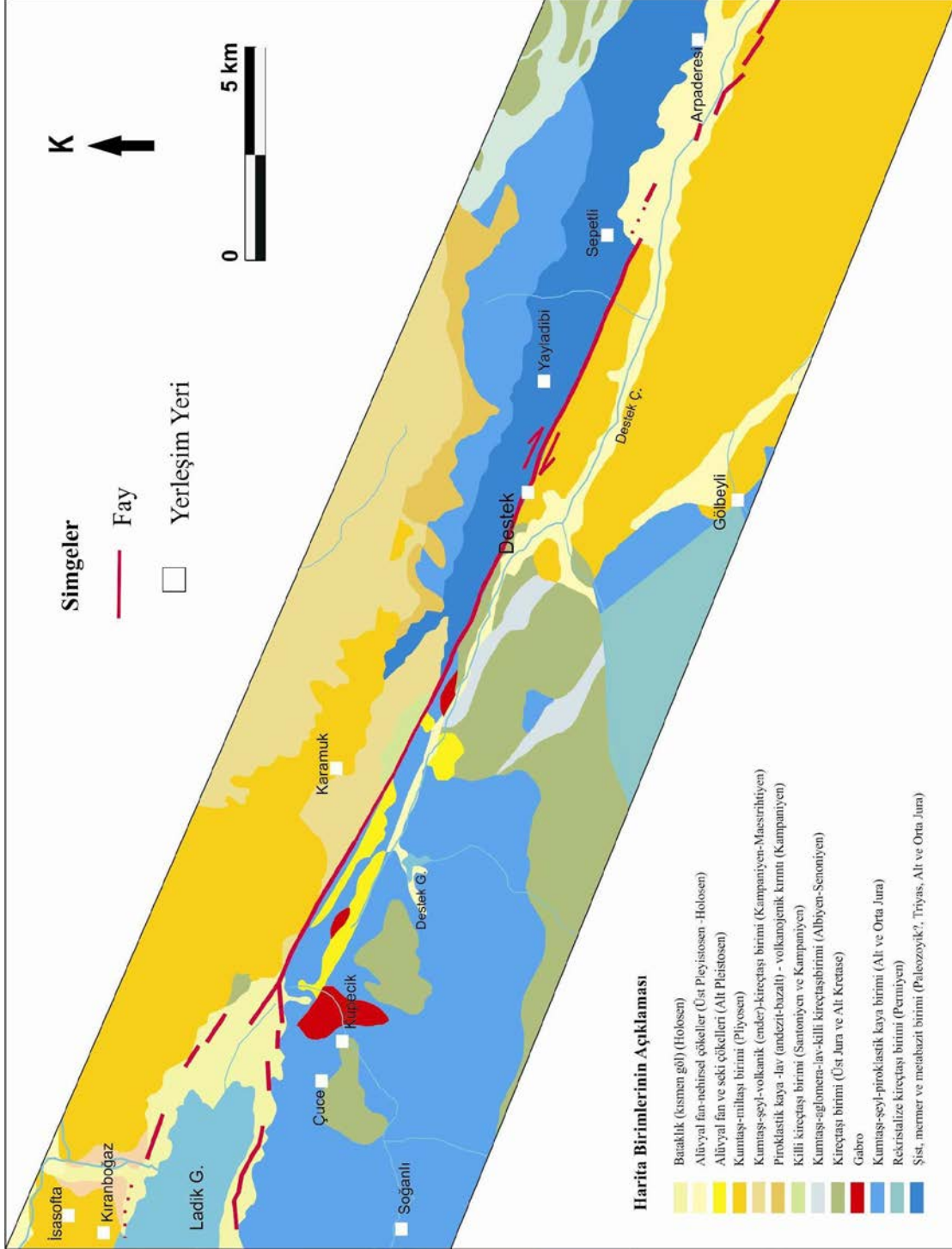
4. ÇALIŞMA ALANININ JEOLJİSİ VE NEOTEKTONİK KONUMU

4.1. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanı ve civarı, KAFZ üzerinde yer aldığı için bölgede daha önce birçok araştırmacı tarafından farklı amaçlar doğrultusunda jeolojik haritalamalar ve bazı bölgelerde detaylı litolojik ayrımlar yapılmıştır (Örneğin; Blumenthal, 1950; Öztürk, 1979; Özcan vd., 1980; Yoldaş vd, 1985). Tez çalışmasının konusu bölgede deformasyon olup olmadığının belirlenmesi olduğundan, birimlerin ayrıntısına girilmemiş, çalışma alanı sınırları içerisinde yer alan birimlere stratigrafik dizilimleri göz önüne alınarak yer verilmiştir. Şekil 4.1’de MTA tarafından hazırlanan jeoloji haritasında (Herece ve Akay, 2003) çalışma alanı ve yakın çevresinde yer alan farklı jeolojik birimler görülmektedir. Bu çalışmaya göre segment boyunca Paleozoik?’den Kuvaterner’e kadar değişen çeşitli yaşlarda ve farklı litolojilerde kaya toplulukları yüzeylemektedir.

Çalışma alanı sınırları içinde yer alan en yaşlı birim Pontit Birliği içinde yer alan Paleozoik?, Triyas, Alt-Orta Jura yaşlı şist, mermer ve metabaziklerdir. Fay zonunun kuzeyinde yer alan bu temel kayalar Destek’in 10 km kuzeybatısından başlayarak doğuda Sepetli’ye kadar yüzeyler. Pontit Birliği’nden sonra alanda Sakarya Birliği’ne ait birimler görülmektedir. Bunlardan en yaşlıları fay zonu güneyinde yüzeyleyen Permiyen yaşlı rekristalize kireçtaşlarıdır. Bu birimi ise açıl uyumsuzlukla Alt-Orta Jura yaşlı kumtaşı, şeyl ve piroklastik kayalar takip etmektedir. Stratigrafik olarak birlik içinde yer alan gabrolar fay zonu güneyinde, çok geniş alanlarda olmasada yüzeylemektedir. Bu birimden sonra Üst Jura-Alt Kretase dönemine ait kireçtaşları ve bu kireçtaşı birimi sınırları içinde mostra vermiş Albiyen-Alt Senoniyen yaşlı kumtaşı, şeyl, aglomera, lav, kırmızı killi kireçtaşı ve tüfit birimlerinden oluşan kaya topluluğu yer almaktadır. Sakarya, Pontit birliklerin üzerinde gelişmiş Üst Senoniyen ve Kampaniyen yaşlı killi kireçtaşları, Kampaniyen yaşlı piroklastik kaya-lav(andezit-bazalt)-volkanojenik kırıntılar, Kampaniyen ve Maestrihtiyen yaşlı kumtaşı, şeyl, kireçtaşı, killi kireçtaşı ve volkaniklerden oluşan alt havzalar fay zonunun kuzeyinde yer almaktadır. Bu birimlerden sonra ise çalışma alanının kuzeybatı ve güneydoğusunda Pliyosen yaşlı çakıltaşı-kumtaşından oluşan çökeller gözlenmektedir. Alt Pleyistosen yaşlı alüvyal fanlar, seki

çökelleri ve Holosen yaşlı Destek Çayı'na ait nehirsel çökeller dere yatağı ve çevresini, Ladik Gölü yakınlarında ise bataklıklar, diğer birimleri örtmektedir (Herece ve Akay, 2003).

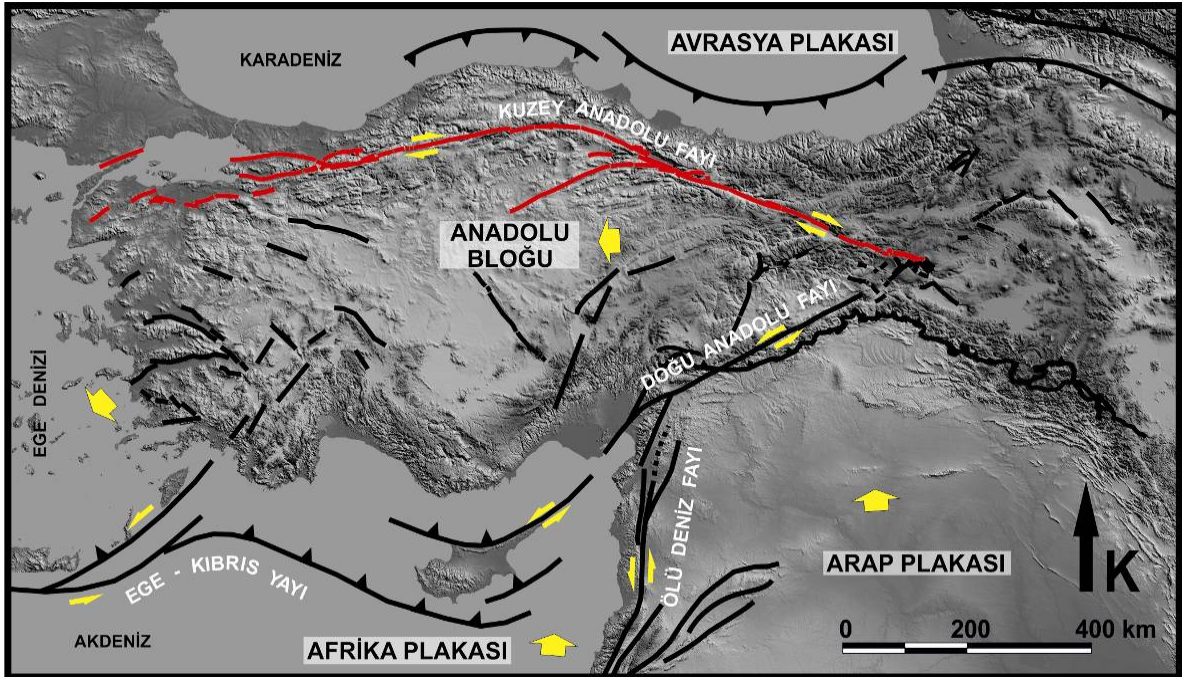


Şekil 4.1. Çalışma alanı ve civarı boyunca görülen jeolojik birimler (Herece ve Akay, (2003)'dan sadeleştirilmiştir).

4.2. Çalışma Alanının Neotektoniği

4.2.1. KAFZ'nun neotektonik özellikleri

Geç Kretase'de Anatolid-Torid platformunu Afrika-Arap Plakaları'ndan ayıran Neotetis'in güney kolunun Afrika ve Avrasya Plakaları arasında kapanmaya başladığı bilinmektedir (McKenzie, 1972; Şengör ve Yılmaz, 1981; Le Pichon ve Gaulier, 1988). Bu kapanma Miyosen'de Anadolu Bloğu ve Arap Plakası'nın Bitlis-Zagros kesiminde çarpışması ile sonuçlanmıştır (Şengör ve Yılmaz, 1981). Türkiye'nin neotektonik döneminin başlangıcı olarak düşünülen (Şengör ve Yılmaz, 1981) bu olayın sonucunda Anadolu Bloğu sıkışarak kalınlaşmış ve yeni dönemde oluşan Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu boyunca batıya kaçmaya başlamıştır (Şekil 4.2.) (McKenzie, 1972; Le Pichon ve Angelier, 1979; Şengör, 1980; Şengör vd., 1985; Le Pichon ve Gaulier, 1988).



Şekil 4.2. Türkiye'nin ve çevresinin ana neotektonik unsurları. KAFZ'nun genel uzanımı kırmızı ile gösterilmiştir (Şaroğlu vd., 1992; Barka ve Reilinger, 1997; McClusky vd., 2000; Bozkurt, 2001; Reilinger vd., 2006) (Sarı oklar plaka hareketlerini göstermektedir, sayısal yükseklik modeli GTOPO 30 (USGS) verileri kullanılarak üretilmiştir).

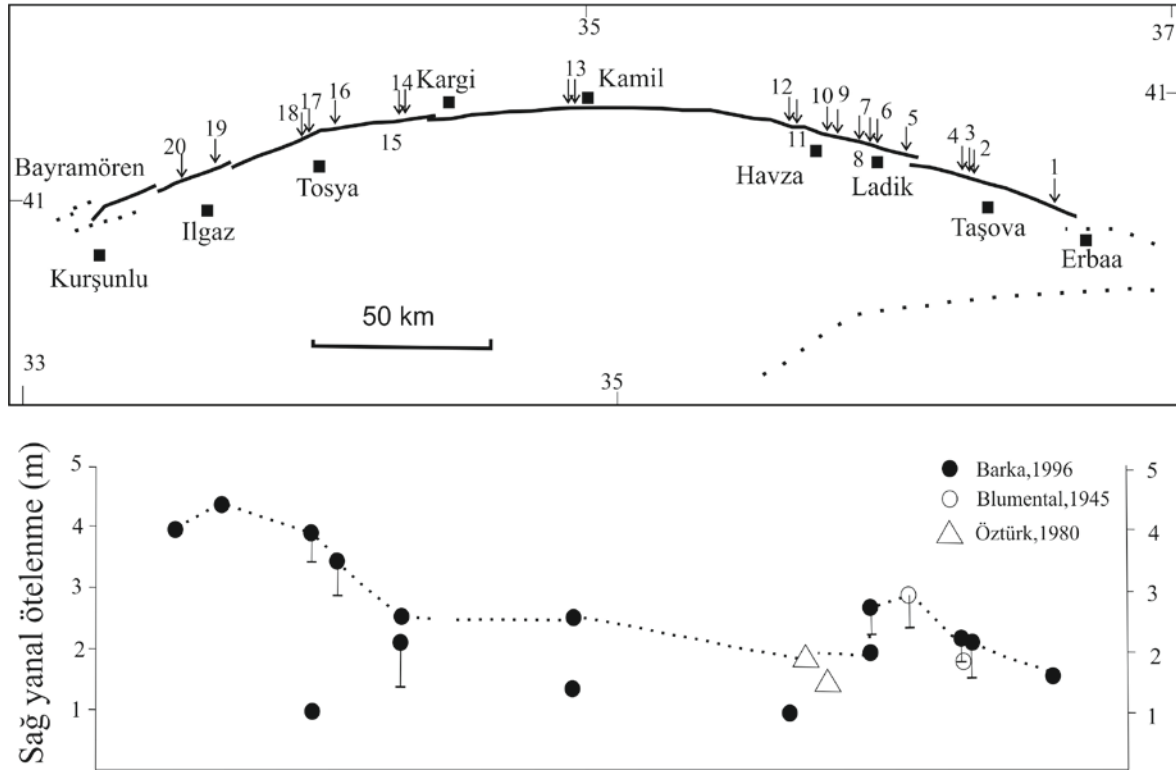
4.2.2. Ladik-Taşova segmentinin sismotektoniği

Türkiye’de aletsel dönem deprem kayıtları 1900’lü yıllardan itibaren başlamıştır ancak tarihsel dönem içinde yıkıcı depremlerin olduğu da bilinmektedir. Bu nedenle yalnızca aletsel dönem kayıtları fay sistemlerinin davranışının anlaşılmasında yetersiz kalmaktadır (Tan, vd., 2008). Tarihsel dönem içinde gerçekleşen depremler ise genellikle büyük yerleşim yerlerinde kayıt altına alınmıştır. Çalışma alanı sınırları içerisine denk düşen herhangi bir antik yerleşim yeri yoktur, ancak civarda hasar meydana getirmiş olabilecek depremler bugün bilinen adlarıyla Niksar ve Amasya şehirlerinde kayıt altına alınmıştır. Niksar’ın KAFZ üzerinde yer alması nedeni ile birçok deprem kaydının bölgede tutulmuş olması muhtemeldir. Bu depremlerin Niksar’dan başka Anadolu’nun bu kısmında bulunan Amasya, Erbaa, Taşova, Suşehri ve Koyulhisar gibi tarihi yerlerde de geniş hasar yaptıkları tahmin etmek mümkündür. Ancak, o zaman ‘Nikomedia’ namı ile tanınan Niksar o devirde bölgenin en önemli yeri olduğundan, bu dolaylarda meydana gelmiş olan bütün depremler Niksar’a atfedilmiştir (Pınar ve Lahn, 1952). Amasya şehri ise KAFZ ve tali kollarında oluşacak depremlerin etki alanı içindedir (Pınar ve Lahn, 1952) bu nedenle kayıtların her iki kol üzerinde meydana gelmiş depremleri kapsadığını düşünmek mümkündür.

Bölgede en eski deprem kayıtları MS 127/8, MS 335, MS 343, MS 345, MS 366 ve MS 499 yıllarında olup Niksar’da kayıt edilmiştir. Bu depremlerden MS 499 depreminin Amasya ve Suşehri’nde de hasar oluşturduğu bilinmektedir. MS 523 ve MS 543 yıllarında bir veya birden fazla depremin olduğu Amasya ve civarda bulunan başka antik yerleşim yerlerinde kayıt edilmiştir (Guidoboni vd., 1994). MS 528’e ait kayıtlar Amasya’da büyük hasar oluşturmuş bir deprem olduğunu belirtmektedir (Pınar ve Lahn, 1952). MS 1598’de Amasya ve Çorum bölgelerinde büyük hasara yol açmış, etki alanı büyük bir deprem mevcuttur (Pınar ve Lahn, 1952). Daha sonrasında MS 1668 yılına ait kayıtlar Bolu ve Erzincan illeri arasında yaklaşık 600 km uzunluğunda ve 100 km genişliğinde bir alan boyunca hasar meydana getiren bir depremden bahsetmektedir (Ambraseys ve Finkel, 1995).

Ladik-Taşova segmenti üzerinde bilinen en son yüzey kırığı oluşturmuş deprem ise 1943 Tosya-Ladik depremdir. Merkez üssünün Tosya’nın kuzeyi olduğu düşünülen (Dewey, 1976) deprem doğuda Erbaa ile batıda Kurşunlu arasında yaklaşık 280 km yüzey

kırığı oluşturmuştur (Ketin, 1969). Deprem sonrasında yapılmış araştırmalar sınırlıdır, yalnızca birkaç araştırmacı gözlem ve ötelenme ölçümü gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalarda yer alan ötelenme ölçümleri Çizelge 4.1’de, fay zonu boyunca atım dağılım grafiği ise Şekil 4.4’de görülmektedir. Aşağıda yapılan bu gözlem ve ölçümlerden çalışma alanı ve civarında olanlara ait detaylar doğudan batıya doğru anlatılmaktadır.



Şekil 4.4. 1943 yüzey kırığı boyunca atım dağılımı grafiği (Barka (1996)’dan yeniden çizilmiştir).

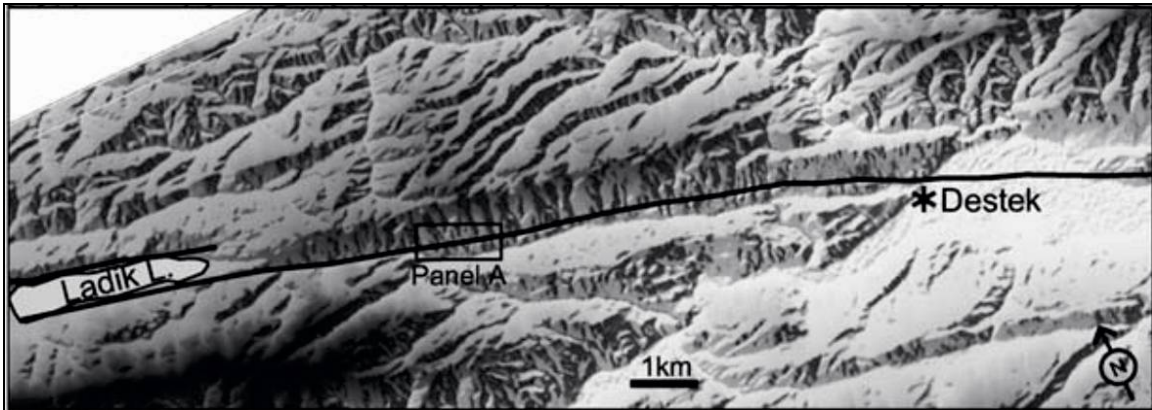
Daha önce değinildiği gibi Barka (1996) çalışma alanının yaklaşık 20 km güneydoğusunda bulunan Çevresu (Ravak) Köyü’nde bazı yeni evlerin duvarlarında görülen çatlamların sebebini muhtemel bir krip hareketiyle ilişkilendirmiştir. Bu gözlemin dışında araştırmacı köy içinde bir dut ağacında 1.7 m sağ yanal ötelenme ölçmü ve yöre halkından deprem sonrasında köy yakınlarında 1 m civarında düşey yer değiştirmelerin görüldüğünü öğrenmiştir. Destek’in doğusunda ise yöre halkı depremden sonra tarla sınırlarında 1.5 ile 2 m arasında değişen ötelenme ve bu kaymalar boyunca 0.4-0.5 m arasında düşey yönde yer değiştirmelerin görüldüğünden bahsetmektedir (Öztürk, 1980). Bu gözlemlerin dışında Destek’te Barka (1996) 1.8 ile 2.0 m arasında değişen ötelenme ölçümleri yapmıştır. Farklı araştırmacılar Destek içinde fay tarafından ötelenmiş bir dut ağacının varlığından bahsetmektedir (Öztürk, 1980; Barka, 1996). Barka (1996) bu

ağaçtaki ötelenmenin 1.7 ile 2.3 m arasında olduğunu belirtmektedir. Destek beldesinin batısında ise bugün halen mevcudiyetini koruyan bir tarla sınırında 2 m'lik ötelenme ölçülmüştür (Barka, 1996).

Çizelge 4.1. 1943 yüzey kırığı boyunca yapılmış ötelenme ölçümleri (Barka (1996)'dan değiştirilmiştir. Dikey yerdeğiştirmelerde yükselen taraf güney ise G+, kuzey taraf ise K+ ile gösterilmiştir).

	Bölge	Ötelenen Yapı	Yatay Kayma (m)	Dikey Kayma (m)	Halk Bilgisi	Kaynakça
1	Çevresu	Ağaç	1.7	0.9-1.0(G+)	+	Barka, 1996
2	Destek	Tarla sınırı	1.5-2.0	0.4-0.5(G+)	+	Öztürk, 1980
3	Destek	Tarla sınırı/yol	1.8-2.0	-	-	Barka, 1996
4	Destek	Ağaç	1.7-2.3	-	+	Barka, 1996
5	Kıranboğazı	Ağaç sınırı	2.5-3.0	-	+	Öztürk, 1980
6	Aslantaş	Tarla sınırı	2.3-2.5	-	-	Barka, 1996
7	Aslantaş	Ağaç	2	-	+	Barka, 1996
8	Hasırcı	Yüzey kırığı	-	0.9 (K+)	-	Blumenthal, 1945 (a)
9	Yenice	Fay yüzeyi	1-2	1.5 (G+)	-	Blumenthal, 1945 (a)
10	Havza	Tren yolu	2	-	+	Blumenthal, 1945 (a)
11	Dinardibi	Beşçayvadisi	-	1 (G+)	+	Blumenthal, 1945 (b)
12	Dinardibi	Duvar	1	-	+	Barka, 1996
13	Kamil	Tarla sınırı	1.4-2.6	-	+	Barka, 1996
14	Sopsökü	Tarla sınırı	2.6	-	+	Barka, 1996
15	Sopsökü	Tarla sınırı	1.2-2.2	-	-	Barka, 1996
16	Tekkeler	Yol/Tarla sınırı	2.8-3.5	-	-	Barka, 1996
17	Yukarıberçi	Fay yüzeyi	1	2 (K+)	+	Barka, 1996
18	Yukarıberçin	Tarla sınırı	3.5-4	-	-	Barka, 1996
19	Eksik	Tarla sınırı	4.5	1.5 (G+)	+	Barka, 1996
20	Kırçapınar	Yüzey kırığı	3.8-4	-	-	Barka, 1996

1943 depremi yüzey kırığı üzerinde Destek'in yaklaşık 10 km kuzey batısında Fraser vd. (2009) tarafından paleosismoloji çalışması yapılmıştır (Şekil 4.5). Bu çalışma sonuçlarına göre tarihsel kaynaklarda civarda kayıt altına alınmış depremlerden yalnızca MS 1598 ve MS 1668 depremleri, hendekte görülen bir olayın yaş aralığını (MS 1437-1788) kapsamaktadır (Fraser vd., 2009). Ayrıca daha öncede belirtildiği gibi bu çalışma sonucunda her bir depremin yer değiştirme miktarının 1943 depremininkine benzer olması durumunda segment üzerinde ~ 6 mm/yıl'lık bir kayma hızı ortaya çıkmaktadır ve bu hız bölgede jeomorfolojik (20.5 ± 5 mm/yıl)(Kozacı vd., 2007) ve GPS çalışmalarında (25.8 ± 0.2 mm/yıl) (Reilinger vd., 2006) elde edilen kayma hızlarından oldukça düşüktür. Bu kayma hızı kaybını araştırmacı, diğerlerine göre daha küçük olan depremlerin paleosismoloji çalışması sırasında gözden kaçmış olma ihtimaliyle açıklanmaya çalışmıştır. Karabacak vd. (2011) ise bu durumun Destek'te krip olarak yorumladıkları deformasyonun batıya doğru devamlılığı ile ilişkili olabileceğini ileri sürmüştür.



Şekil 4.5. Destek yakınlarında gerçekleştirilmiş paleosismoloji çalışmasının yeri. Panel A adı ile kare içinde alınmış alan Fraser vd. (2009) tarafından yapılan paleosismoloji çalışmasının yerini göstermektedir (Fraser vd., 2009).

5. GÖZLEM İSTASYONLARININ KURULUMU

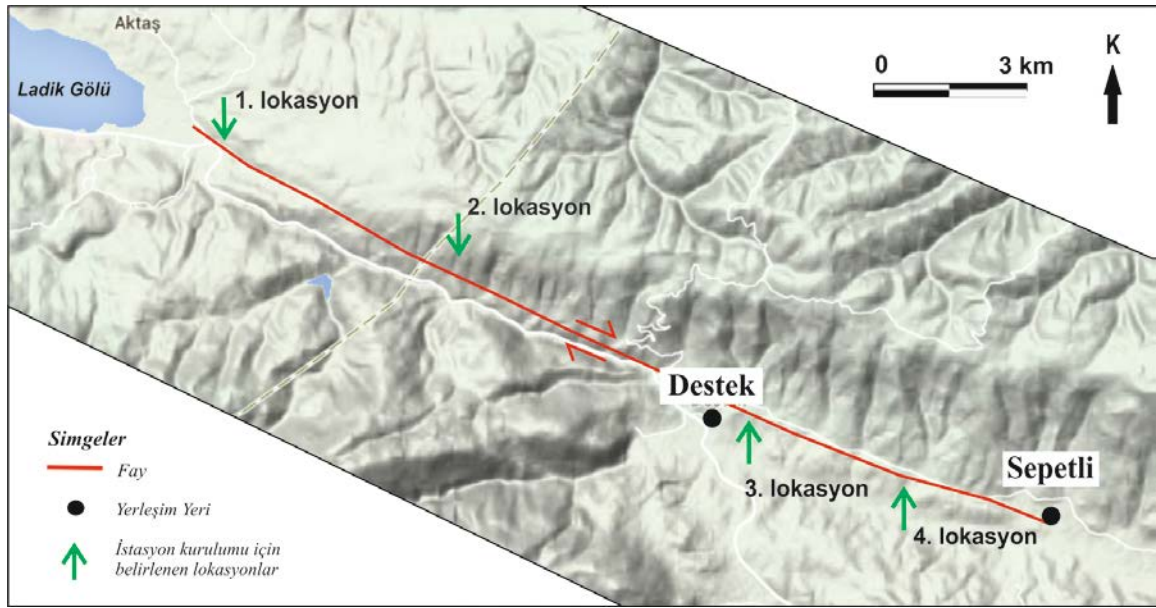
5.1. Yer Seçimi

Deformasyon takibi amacıyla kurulacak olan gözlem istasyonlarının yer seçiminde belirli kıstaslar göz önünde tutulmuştur. İstasyonların olacağı mevkide fayın tek kol halinde gitmesi ve deformasyon zonunun dar olması olası bir hareketin istasyonlarda görülebilmesi açısından önemlidir. Ayrıca istasyonlarda yer alacak beton direklerin deformasyon zonunun içinde kalması hatalı ölçümlere sebep olabileceği için bu zonun hassas bir şekilde belirlenmesi ve direklerin bu zonunun dışına inşa edilmesi önemlidir. Dikkat edilmesi gereken diğer bir kıstas ise istasyonların yerleştirildiği alandaki zemin yapısıdır. Örneğin, çevre koşullarından kolayca etkilenen gevşek bir zeminde, alanda fay kaynaklı bir deformasyon olmasa da hareket gözlenmesi mümkündür. Bu nedenle arazide mümkün olduğunca fayın ana kayayı kestiği bölgelerin belirlenmesi ve heyelan tehlikesi olan bölgelerden uzak durulması önemlidir. Bu koşullar göz önünde alınarak arazide çeşitli jeolojik çalışmalar yürütülmüş ve gözlem istasyonu kurulumu için lokasyonlar belirlenmiştir. Deformasyon zonunun sınırlarının hassas bir şekilde belirlenmesi için ise jeofizik çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalara ait detaylar jeolojik ve jeofizik çalışmalar başlıkları altında yer almaktadır.

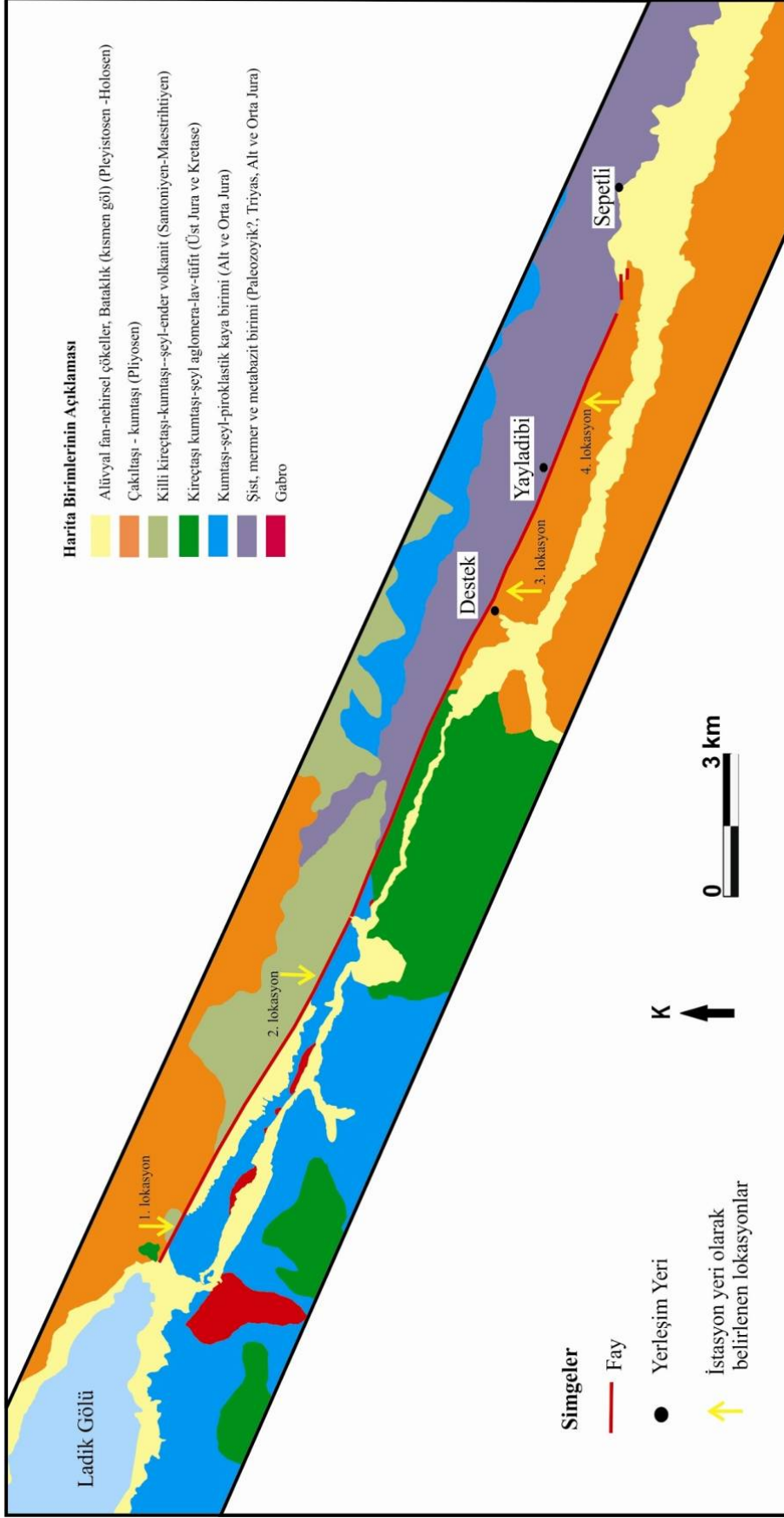
5.1.1. Jeolojik çalışmalar

Çalışma alanında gerçekleştirilen jeolojik çalışmalar kapsamında fay zonu haritalanmış ve alanın jeoloji haritası oluşturulmuştur. Jeoloji haritası oluşturulurken Herece ve Akay'ın (2003) yapmış olduğu 1/ 100 000 ölçekli haritadan yararlanılmıştır. Bu gözlemler sonucunda jeolojik birimler haritalanmış, alanda yer alan sağlam zeminler belirlenmiştir (Şekil 5.2). Fay zonunun çalışma alanındaki izinin ayrıntılı olarak haritalanabilmesi için uzaktan algılama ve saha gözlemleri olmak üzere iki farklı aşama izlenmiştir. Faylar ve ilişkili yapıların arazi çalışmaları öncesinde belirlenebilmesi için bölgenin 1/25 000 ölçekli topoğrafik haritaları (Emre vd., 2012) ve 5 m. çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılmıştır. Tektonik ve jeomorfolojik yapıların uzaktan algılama ile belirlenmesinin ardından, bu yapılar arazi çalışmaları ile kontrol edilmiş ve çalışma

alanının aktif fay haritası hazırlanmıştır (Şekil 5.2). Ayrıntılı bir şekilde haritalanan Ladik - Taşova segmentinin çalışma alanındaki uzanımı boyunca fayın doğrusal gittiği ve zonun en dar olduğu lokasyonlar belirlenmiştir. Zemin durumu ve fayın konumu göz önünde bulundurularak arazide deformasyon takibinin yapılmasına uygun dört ayrı lokasyon belirlenmiştir. Bu lokasyonlara ait detaylara batıdan doğuya doğru sırasıyla 1. 2. 3. ve 4. lokasyon başlıkları altında yer verilmiştir (Şekil 5.1).

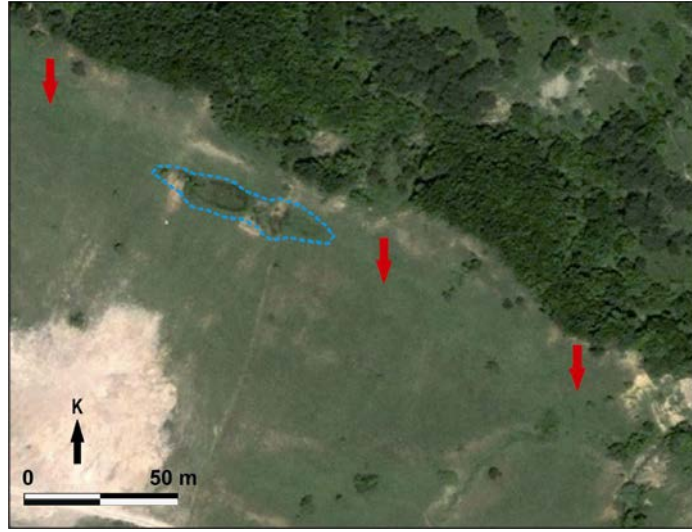


Şekil 5.1. Deformasyon takibi için belirlenen lokasyonların yer bulduru haritası (Uydu görüntüsü; Google Earth'den alınmıştır. Fay zonu çiziminde Emre vd., 2012'den yararlanılmıştır).



Şekil 5.2. Ladik Gölü - Sepetli Köyü arasında ait jeolojik haritası ve fay zonu (Jeolojik haritası Herece ve Akay (2003)'den değiştirilmiştir, fay zonu çiziminde Emre vd. (2012)'den yararlanılmıştır).

1. lokasyon: Çalışma alanı sınırları içerisinde en batıda kırığın net bir şekilde tek kolda izlenebildiği alan Ladik Gölü'nün yaklaşık 2 km güneyinde Aktaş Köyü'nün yaylası olarak adlandırılan mevkide başlamaktadır. Bu alan deformasyon takibi için belirlenen batıdaki ilk lokasyondur. Lokasyonda fay dar bir zonda devam etmektedir ve oluşturduğu zayıf zon boyunca su birikintisi gözlenmektedir (Şekil 5.3, 5.4). Fay zonu kuzeyinde Pliyosen yaşlı çakıltaşı kumtaşı yer alırken, zonun güneyinde ise Jura yaşlı kumtaşı, şeyl ve piroklastik kayalar bulunmaktadır (Herece ve Akay,2003) (Şekil 5.2).



Şekil 5.3. 1. lokasyona ait uydu görüntüsü (Google Earth'den alınmıştır). Kırmızı oklar fayın uzanımını, kesikli mavi çizgi su birikintisinin sınırlarını göstermektedir (Alanın koordinatı: 40.8879, 36.0742).



Şekil 5.4. 1. Lokasyon. Ladik Gölü'nün doğusunda yer almaktadır, kırmızı oklar fayın uzanımı göstermektedir (Alanın koordinatı: 40.8879, 36.0742).

2. lokasyon: Destek'in yaklaşık 6 km kuzeybatısında yer alan bu lokasyonda fay oluşturduğu boyun yapısıyla net bir şekilde takip edilebilmektedir (Şekil 5.5). Bu alanda 1. lokasyonda olduğu gibi fay zonu kuzeyinde Pliyosen yaşlı çakıltaşı kumtaşı yer alırken, zonun güneyinde ise Jura yaşlı kumtaşı, şeyl ve piroklastik kayalar bulunmaktadır (Herece ve Akay,2003) (Şekil 5.2).

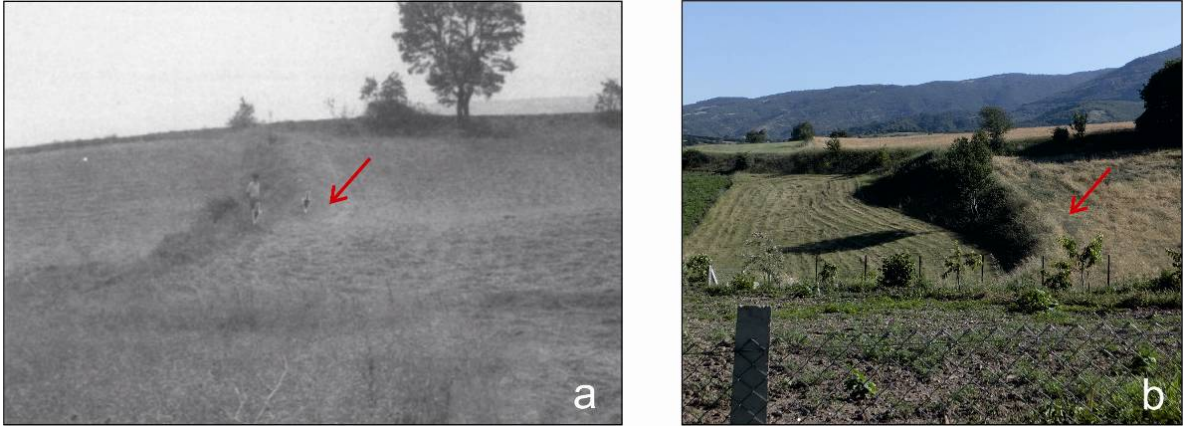


Şekil 5.5. 2. Lokasyon. Destek'in yaklaşık 6 km kuzeybatısında bulunan lokasyonda fay boyunca (kırmızı oklar) net bir boyun yapısı görülmektedir (Alanın koordinatı: 40.8707, 36.1152).

3. lokasyon: Fay Destek'in içinden geçerek köyün güneydoğusunda yer alan tarlalar boyunca belirgin bir morfoloji sunmaktadır (Şekil 5.6). Barka (1996) bu alanda 1943 depreminden sonra bugün halen mevcudiyetini koruyan bir tarla sınırlarında ötelenme ölçümü gerçekleştirmiştir (Şekil 5.7). 3. Lokasyon olarak belirlenen bu alanda fayın kuzeyinde çalışma alanı içinde görülen en yaşlı kayalar olan Paleozoik?, Triyas, Alt ve Orta Jura yaşlı şist, mermer ve metabazikler görülürken, güneyinde Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimi bulunmaktadır (Herece ve Akay,2003) (Şekil 5.2). Tüm bu birimler üzerinde tarla olarak kullanılan toprak yer almaktadır.



Şekil 5.6. 3. Lokasyon. Destek'in güneydoğusunda yer almaktadır, fayı (kırmızı kesikli çizgi) alanda bulunan tarlalar boyunca net bir şekilde takip etmek mümkündür.



Şekil 5.7. 3. Lokasyonda yer alan bir tarla sınırı **a.** Sınırdaki Barka (1996) tarafından 1943 depreminden sonra ötelenme ölçümü gerçekleştirilmiştir **b.** Bu sınırın 2014 yılında arazi çalışmaları sırasında çekilmiş fotoğrafı (Alanın koordinatı: 40.8463, 36.1883).

4. lokasyon: Yayladibi Mahallesi'nin yaklaşık 1.5 km güneydoğusunda yer alan bu lokasyonda fay morfolojisi dar bir boyun içinden devam etmekte ve bu alanda fay uzanımı boyunca su birikintisi görülmektedir (Şekil 5.8, 5.9). Fay bu lokasyondan sonra Sepetli Köyü güneyinde alüvyal malzemenin içine girerek kollara ayrılmaktadır, bu nedenle segment üzerinde gözlem için belirlenen en doğudaki lokasyon burasıdır. Lokasyonda fayın kuzeyinde Paleozoik?, Triyas, Alt ve Orta Jura yaşlı şist, mermer ve metabazikler, güneyinde ise Pliyosen yaşlı çakıltaşı, kumtaşı birimi bulunmaktadır (Herece ve Akay,2003) (Şekil 5.2).



Şekil 5.8. 4. lokasyona ait uydu görüntüsü (Google Earth'den alınmıştır). Yayladibi Mahallesi'nin yaklaşık 1.5 km güneydoğusunda yer alan lokasyona ait uydu görüntüsünde, kırmızı oklar fayın uzanımını gösterirken kesikli mavi çizgi ise su birikintisinin sınırlarını göstermektedir (Alanın koordinatı: 40.8354, 36.2256).



Şekil 5.9. 4. Lokasyon. Fay zonu kırmızı kesikli çizgi ile su birikintisi görülen alan ise mavi ok ile belirtilmiştir (Alanın koordinatı: 40.8354, 36.2256).

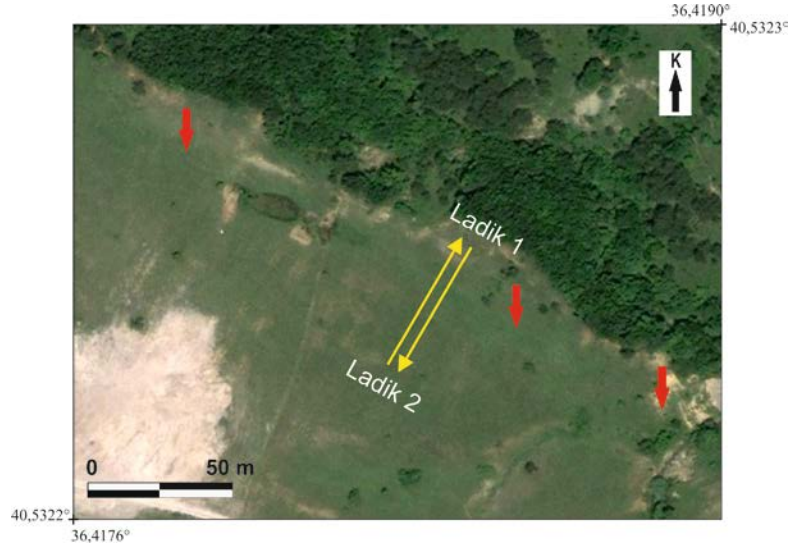
5.1.2. Jeofizik çalışmalar

İstasyonlarda doğru gözlemlerin yapılabilmesi için inşa edilecek direklerin deformasyon zonunun dışında bulunması gerekmektedir. Bu nedenle fayın kesin yeri ve deformasyon zonunun genişliğini belirlemek amacıyla sığ jeofizik yöntemlerden biri olan GPR (Ground Penetrating Radar) yöntemi kullanılmıştır. Her bir lokasyonda belirlenen sınırlarda fay uzanımına dik GPR profilleri alınmıştır (Şekil 5.1). Elde edilen ham veriler çeşitli filtreler kullanılarak işlenmiş ve profiller yorumlanmıştır. Dört ayrı lokasyonda 8 ayrı GPR profili alınmıştır. Profillerin konum ve teknik özellikleri Çizelge 5.1’de verilmiştir. Bu ölçümlerde 250 MHz’lik anten kullanılmış ve yüzeyden maksimum 9 m derinliğe kadar inilmiştir. 250 MHz antenin hata payı yatayda ± 10 cm’dir.

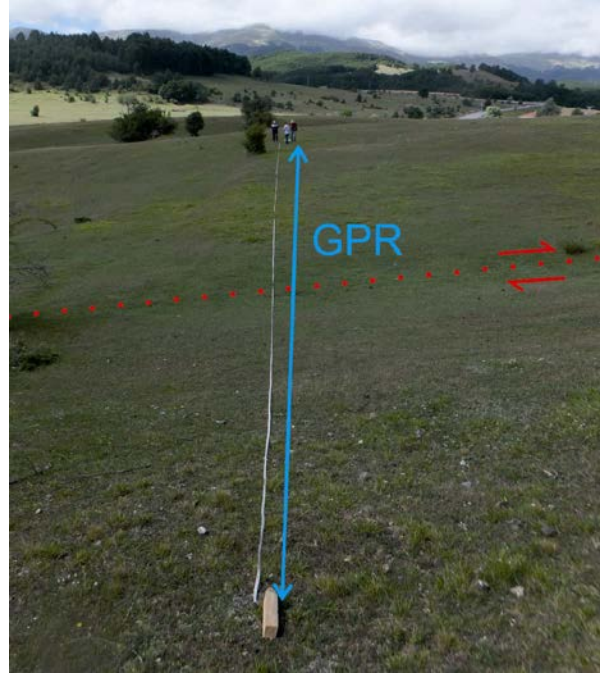
Çizelge 5.1. Çalışma alanında yapılan GPR profillerine ait özellikler.

Ölçüm Yapılan Lokasyon	Profil Adı	Profil Uzunluğu	Profil Doğrultusu	Derinlik (m)	Anten (MHz)
Lokasyon 1	Ladik 1	45 m	KD-GB	9	250
Lokasyon 1	Ladik 2	45 m	GB-KD	9	250
Lokasyon 2	DB1	50 m	KD-GB	9	250
Lokasyon 2	DB2	50 m	GB-KD	9	250
Lokasyon 3	Prf 1	70 m	KD-GB	9	250
Lokasyon 3	Prf 2	70 m	GB-KD	9	250
Lokasyon 4	Prf 1	50 m	GB-KD	9	250
Lokasyon 4	Prf 2	50 m	KD-GB	9	250

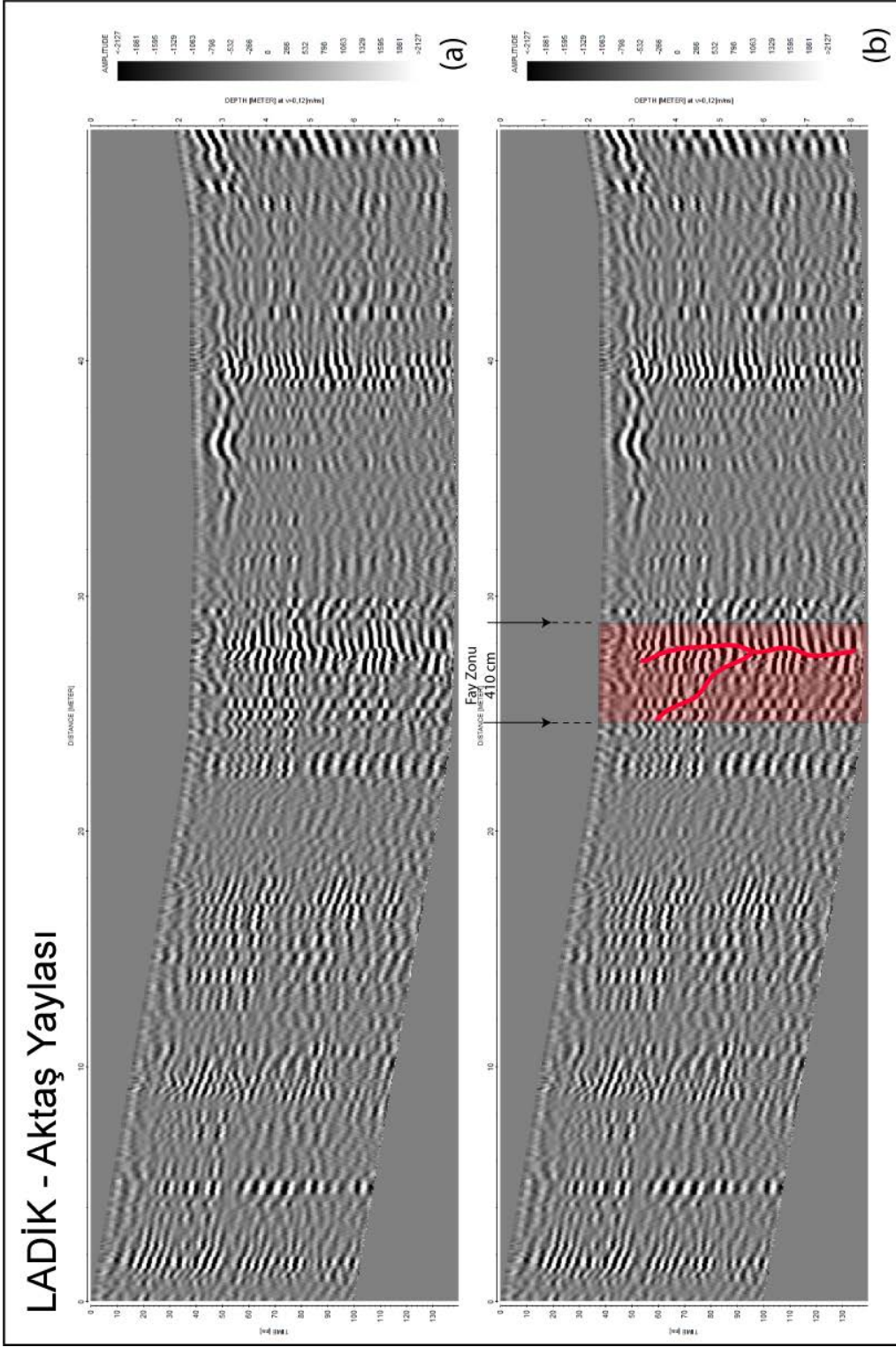
1. Lokasyon: Ladik Gölü'nün yaklaşık 2 km doğusunda bulunan bu lokasyonda iki adet GPR profil alınmıştır (Şekil 5.10, 11). GPR profillerinde deformasyon zonunun genişliğinin yaklaşık 4 m civarında olduğunu görülmektedir (Şekil 5.12).



Şekil 5.10. 1. lokasyona ait uydu görüntüsü (Google Earth'den alınmıştır). Kırmızı oklar fayın uzanımını, sarı oklar alınan GPR profillerinin konumunu göstermektedir.

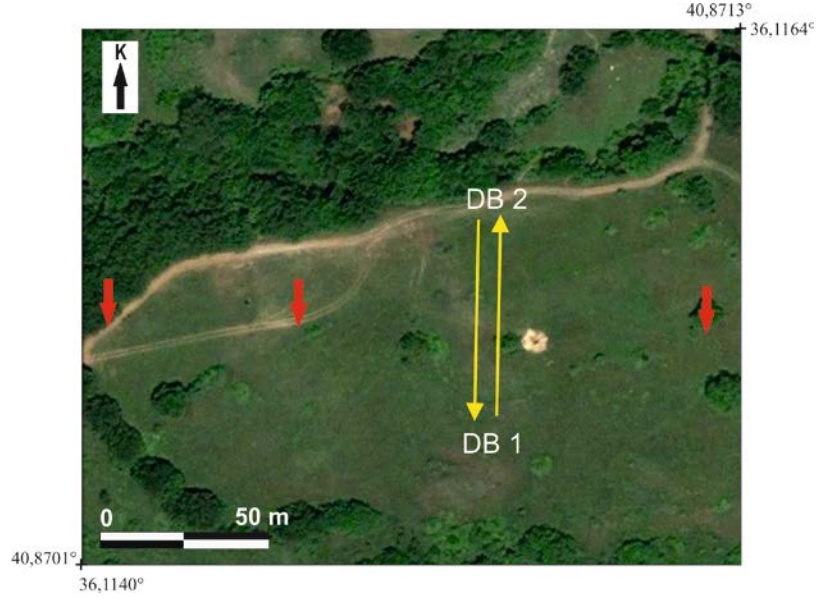


Şekil 5.11. 1. lokasyonda gerçekleştirilen GPR çalışması. Mavi çizgi GPR yapılan güzergahı, kırmızı kesikli çizgi ise fayın konumu göstermektedir.

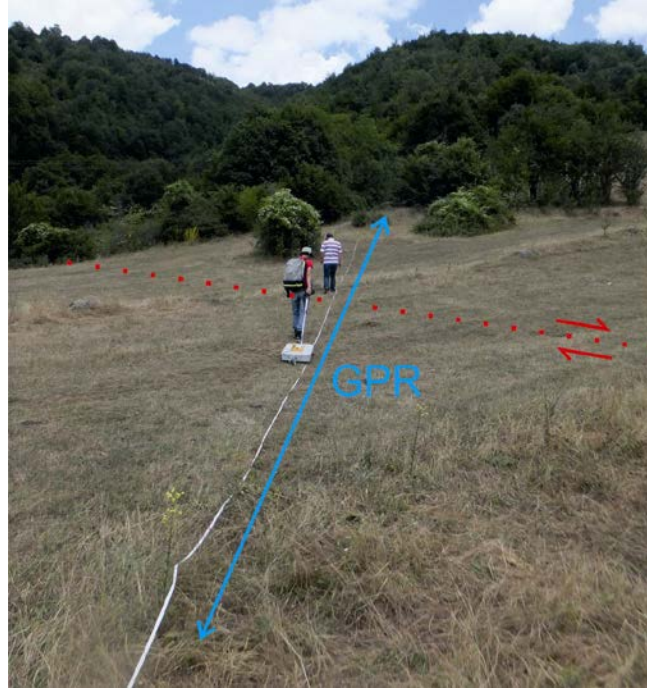


Şekil 5.12. 1. lokasyonda alınan GPR profili. a. Ham veri, b. İşlenmiş veri.

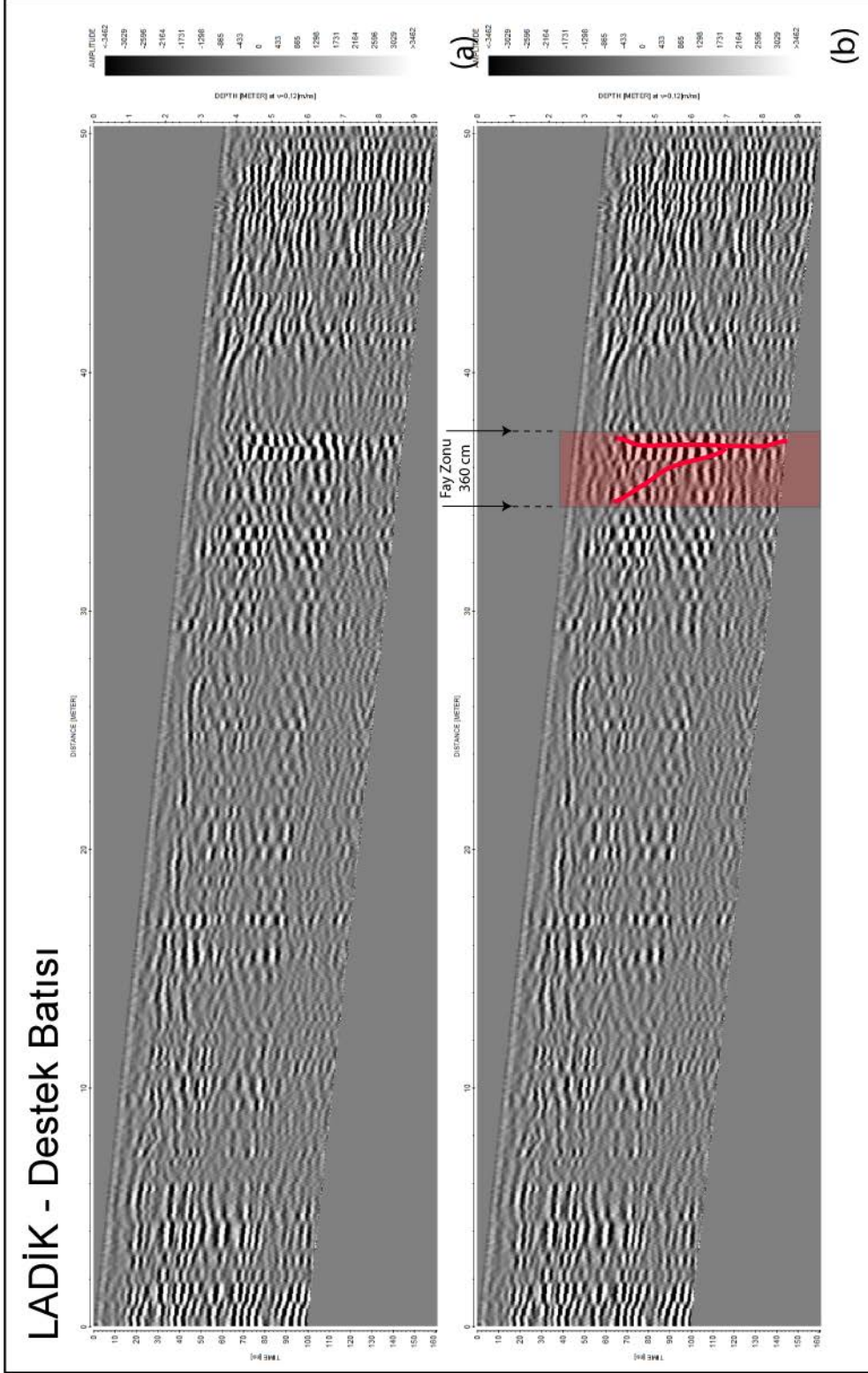
2. lokasyon: Destek'in yaklaşık 6 km batısında bulunan bu lokasyonda iki adet GPR profil alınmıştır (Şekil 5.13, 14). GPR profillerinde deformasyon zonunun genişliğinin 4 m'ye yakın olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.15).



Şekil 5.13. 2. lokasyona ait uydu görüntüsü (Google Earth'den alınmıştır). Kırmızı oklar fayın uzanımını, sarı oklar alınan GPR profillerinin konumunu göstermektedir.



Şekil 5.14. 2. lokasyonda gerçekleştirilen GPR çalışması. Mavi çizgi GPR yapılan güzergahı, kırmızı kesikli çizgi ise fayın konumu göstermektedir.

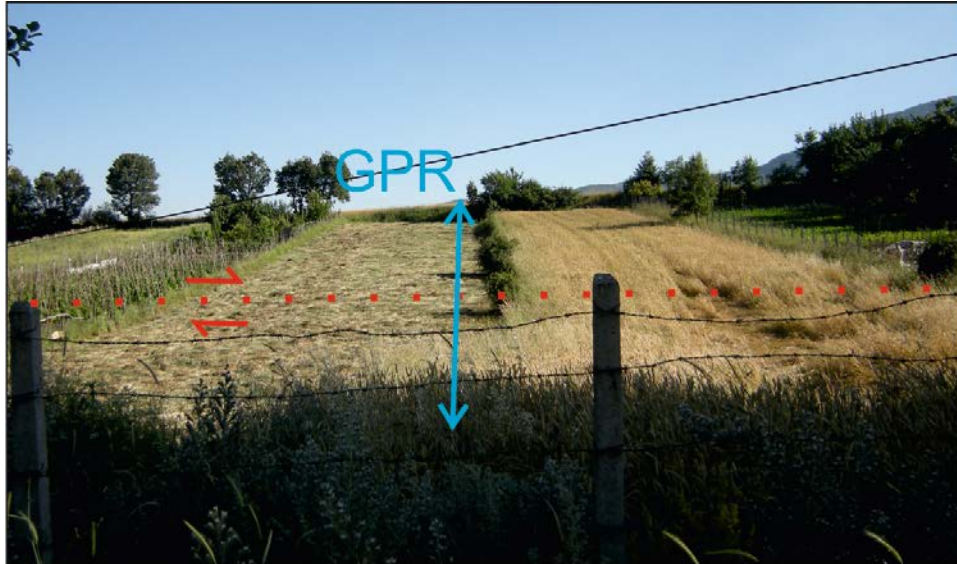


Şekil 5.15. 2. lokasyonda alınan GPR profili. a. Ham veri, b. İşlenmiş veri.

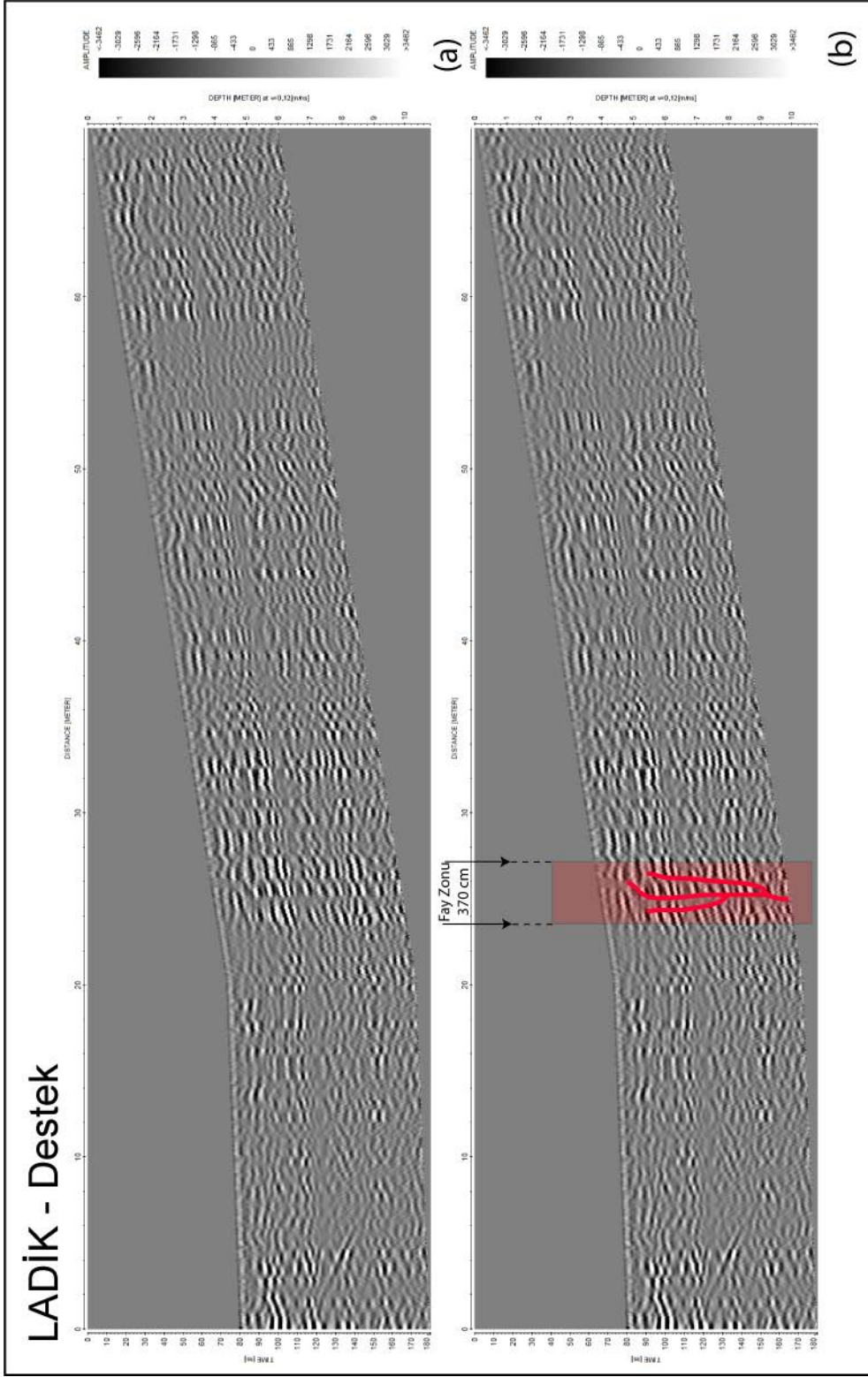
3. lokasyon: Destek'in güneydoğusunda bulunan bu lokasyonda yer alan tarla sınırında iki adet GPR profili alınmış (Şekil 5.16, 17), deformasyon zonunun genişliği yaklaşık 4 m olarak belirlenmiştir (Şekil 5.18).



Şekil 5.16. 3. lokasyona ait uydu görüntüsü (Google Earth'den alınmıştır). Kırmızı oklar fayın uzanımını, sarı oklar alınan GPR profillerinin konumunu göstermektedir.



Şekil 5.17. 3. lokasyonda gerçekleştirilen GPR çalışmasının yeri. Mavi çizgi GPR yapılan güzergahı, kırmızı kesikli çizgi ise fayın konumu göstermektedir.

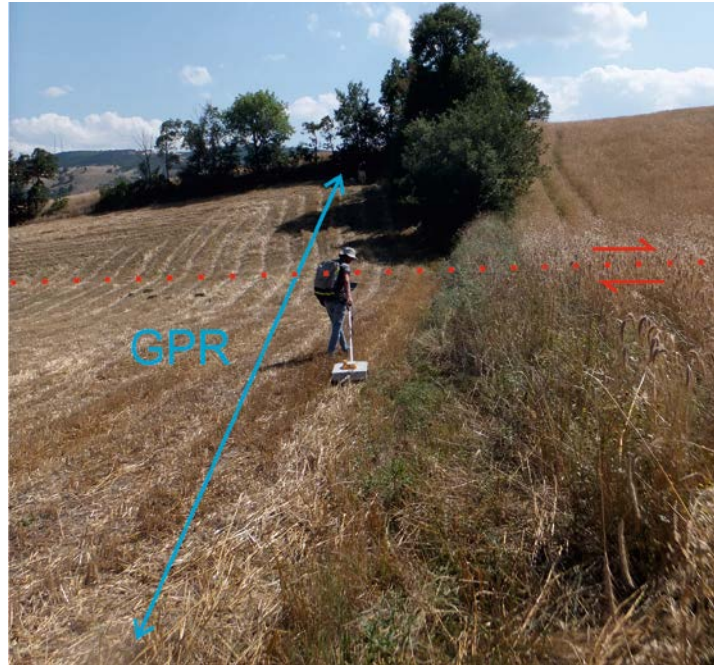


Şekil 5.18. 3. lokasyonda alınan GPR ölçüm sonuçları. a. Ham veri, b. İşlenmiş veri.

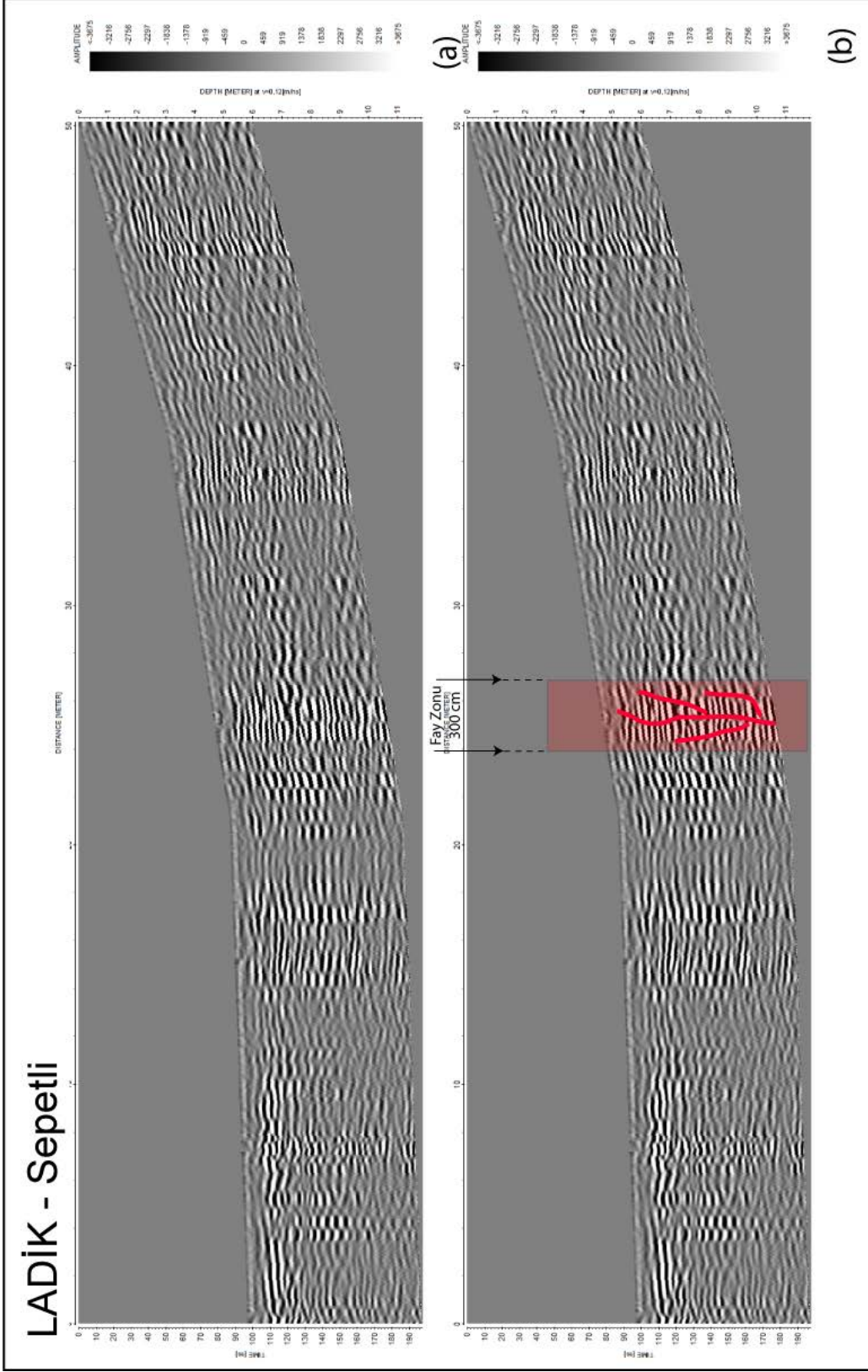
4. lokasyon: Yayladibi Mahallesi'nin yaklaşık 1.5 km güneydoğusunda bulunan bu lokasyonda belirlenen bir tarla sınırında iki adet GPR profili alınmıştır (Şekil 5.19, 20). GPR profillerinin değerlendirilmesi sonucunda deformasyon zonunun genişliğinin 3 m civarında olduğu belirlenmiştir (Şekil 5.21).



Şekil 5.19. 4. lokasyona ait uydu görüntüsü (Google Earth'den alınmıştır). Kırmızı oklar fayın uzanımını, sarı oklar alınan GPR profillerinin konumunu göstermektedir.



Şekil 5.20. 4. lokasyonda gerçekleştirilen GPR çalışması. Mavi çizgi GPR yapılan güzergahı, kırmızı kesikli çizgi ise fayın konumu göstermektedir.



Şekil 5.21. 4. lokasyonda GPR ölçüm sonuçları. a. Ham veri, b. İşlenmiş veri.

5.2. Gözlem İstasyonlarının Kurulumu

Gözlem istasyonlarındaki kurulum düzeni daha öncede belirtildiği gibi fay zonun her iki tarafına iki adet beton direk yerleştirilmesinden oluşmaktadır. İstasyonlarda kullanılan bu beton direkler özel olarak Eskişehir Büyükşehir Belediyesi atölyelerinde yapılmıştır. Direkler düzgün yüzeyli 25×25×80 cm ebatlarında olup 1. kalite betondan dökülmüştür. Beton direklerin yüzeyleri hava koşullarından zarar görmemesi için özel bir madde ile kaplanmıştır.

Gözlem istasyonları kurulurken, en az 1×1 m boyutunda sağlam zemine açılan çukurlarda (Şekil 5.22.a) taş ve çimento ile bir platform yapılmış (Şekil 5.22.b) ve beton direkler bu platforma yerleştirilmiştir (Şekil 5.22.c). Terazide alınan direkler (Şekil 5.22.d), kaide kısmı gömülecek şekilde tekrar çimento ve taş kullanılarak sabitlenmiştir (Şekil 5.22.e). Beton direkler yerleştirilirken fay zonuna dik olmalarının yanı sıra aynı hizada yerleştirilmelerine de özen gösterilmiştir (Şekil 5.22.e). Direklerin ne amaçla dikildikleri konusunda bilgi vermesi için üzerlerine bilgi levhaları yapıştırılmıştır (Şekil 5.22. f, g). Çalışma alanı sınırları içerisinde daha önce metin içinde 1. 2. 3. ve 4. lokasyon olarak anlatılan bu alanlar direklerin dikimiyle sırasıyla Aktaş (Şekil 5.23), Bilal Bey (Şekil 5.24), Destek (Şekil 5.25) ve Sepetli (Şekil 5.26) istasyonları olarak adlandırılmıştır. Tezin bundan sonraki kısımlarında bu isimler kullanılmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Çalışma alanı içerisine kurulan istasyonların konum bilgileri.

Lokasyon /İstasyon Adı	Konum Bilgileri
1. lokasyon / Aktaş istasyonu	37 T 253285.18 d D, 4530616.51 m K
2. lokasyon / Bilal Bey istasyonu	37 T 256971.84 d D, 4528402.72 m K
3. lokasyon / Destek istasyonu	37 T 262875.14 d D, 4525568.41 m K
4. lokasyon / Sepetli istasyonu	37 T 265993.06 d D, 4524195.81 m K



Şekil 5.22.a.b.c.d.e.f.g. Deformasyon takibi amacıyla fay zonu üzerine yerleştirilen direklerin kurulum aşamaları.



Şekil 5.23. Aktaş istasyonu. 1. lokasyona beton direklerin inşasından sonra alanın görüntüsü (kırmızı kesikli çizgi fay uzanımını göstermektedir).



Şekil 5.24. Bilal Bey istasyonu. 2. lokasyona beton direklerin inşasından sonra alanın görüntüsü (kırmızı kesikli çizgi fay uzanımını göstermektedir).



Şekil 5.25. Destek istasyonu. 3. lokasyona beton direklerin inşasından sonra alanın görüntüsü (kırmızı kesikli çizgi fay uzanımını göstermektedir).



Şekil 5.26. Sepetli istasyonu. 4. lokasyona beton direklerin inşasından sonra alanın görüntüsü (kırmızı kesikli çizgi fay uzanımını göstermektedir).

6. LIDAR ÖLÇÜMLERİ

Tez çalışması kapsamında yersel LIDAR kullanılarak yerleştirilen gözlem istasyonlarında ve Destek'te krip olduğu öne sürülen bahçe duvarında iki yıl boyunca ölçümler alınmıştır. Bu ölçümlerden ilki Eylül 2013 ölçümüdür ve bu ölçüm karşılaştırma aşamasında diğer ölçümlere temel oluşturmaktadır. Bu ölçümden sonra ise Mart 2014, Temmuz 2014, Aralık 2014 ve Eylül 2015 olmak üzere toplamda dört ayrı dönemde ölçümler tekrarlanmıştır (Çizelge 6.1). Temmuz 2014 döneminde Destek istasyonuna ait direklerin yer aldığı tarlanın ekinle kaplı olmasından dolayı ölçüm yapılamamıştır. Aralık 2014'de Bilal Bey istasyonunda, Eylül 2015'de Destek istasyonu ve Destek bahçe duvarında ölçüm alınmış olmasına rağmen verinin nokta bulutu görüntüsü elde edilememiştir. Aşağıda alınan nokta bulutu görüntülere ölçüm zamanları esas alınarak yer verilmiştir (PolyWorks 12 programında kuş bakışı görüntü olarak).

Çizelge 6.1. Yersel LIDAR kullanılarak çalışma alanı içerisinde gerçekleştirilen ölçümler (✓: yapılan ölçümler, – : eksik ölçümler).

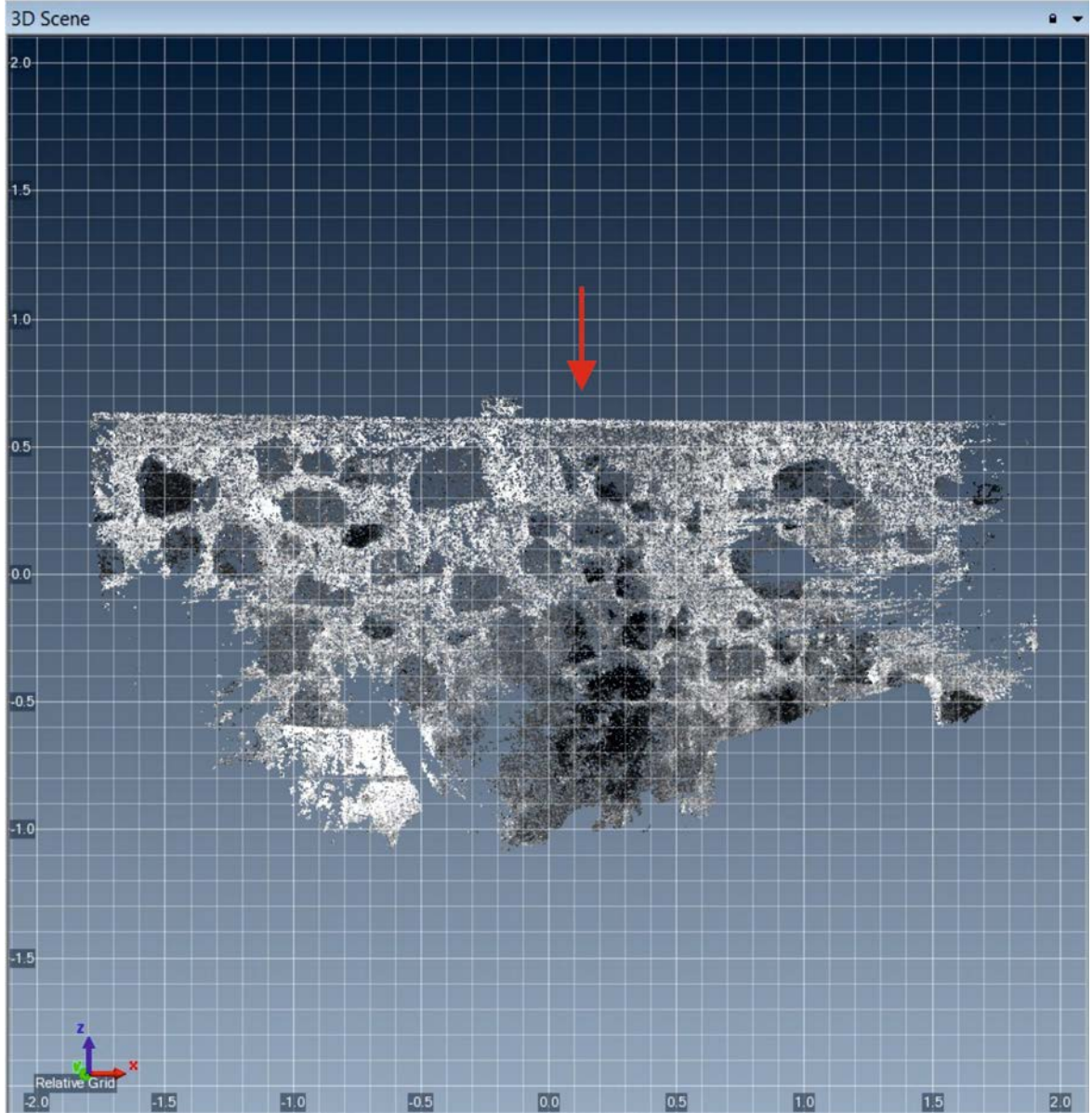
İstasyon / Ölçüm zamanı	Eylül 2013	Mart 2014	Temmuz 2014	Aralık 2014	Eylül 2015
Aktaş istasyonu	✓	✓	✓	✓	✓
Bilal Bey istasyonu	✓	✓	✓	–	✓
Destek istasyonu	✓	✓	–	✓	–
Destek bahçe duvarı	✓	✓	✓	✓	–
Sepetli istasyonu	✓	✓	✓	✓	✓

Bilal Bey İstasyonu: Bu istasyonda 15.09.2013 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.2’de görülmektedir.



Şekil 6.2. Bilal Bey istasyonu Eylül 2013 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

Destek Bahçe Duvarı: Destek'te yer alan bahçe duvarında 14.09.2013 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin görüntüsü Şekil 6.3'de görülmektedir.



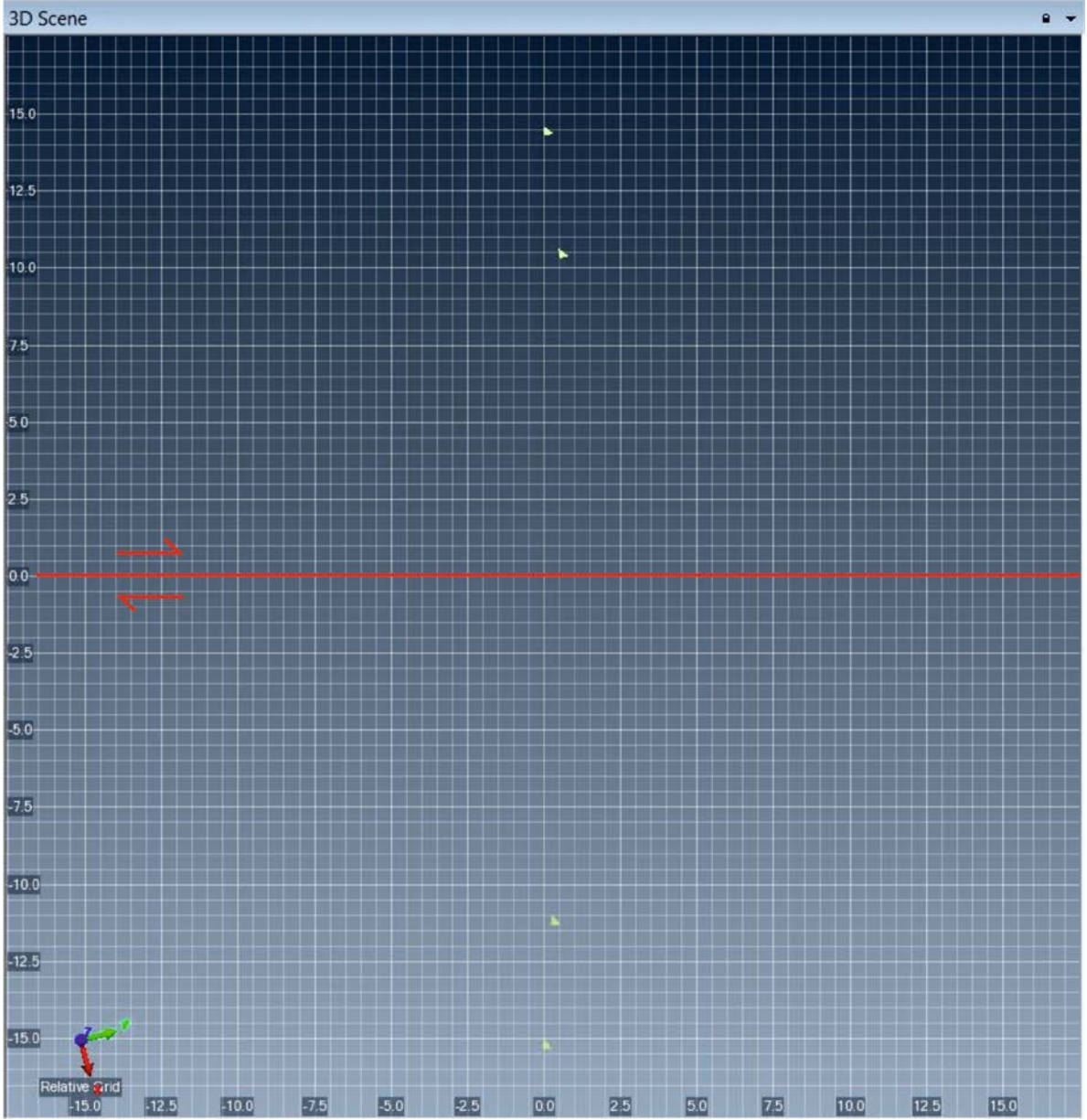
Şekil 6.3. Destek'te yer alan bahçe duvarının Eylül 2013 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü. Kırmızı ok fayın geçtiği yeri göstermektedir.

Destek İstasyonu: Bu istasyonda 14.09.2013 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.4'de görülmektedir.



Şekil 6.4. Destek istasyonu Eylül 2013 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

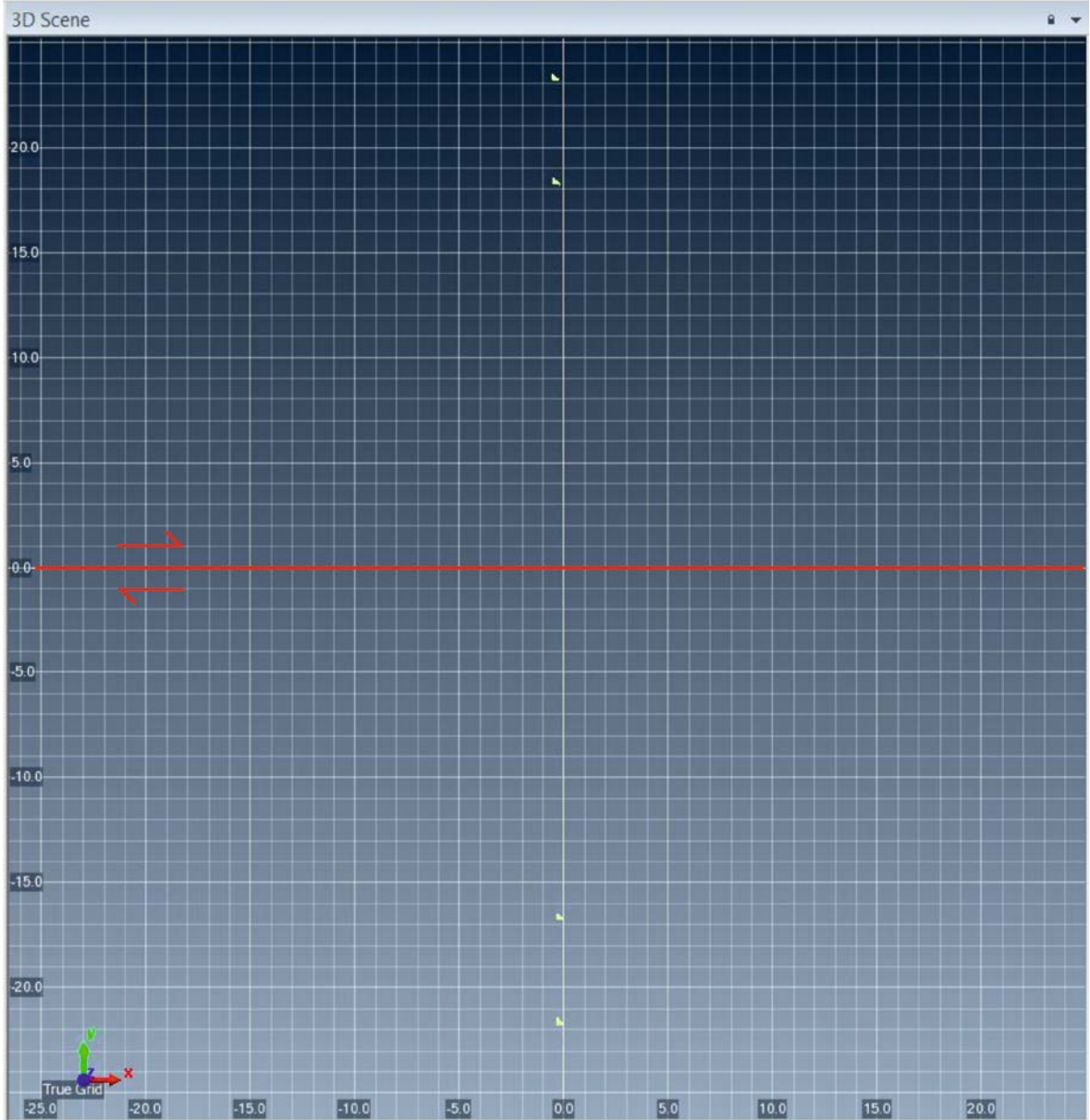
Sepetli İstasyonu: Bu istasyonda 14.09.2013 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.5’de görülmektedir.



Şekil 6.5. Sepetli istasyonu Eylül 2013 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

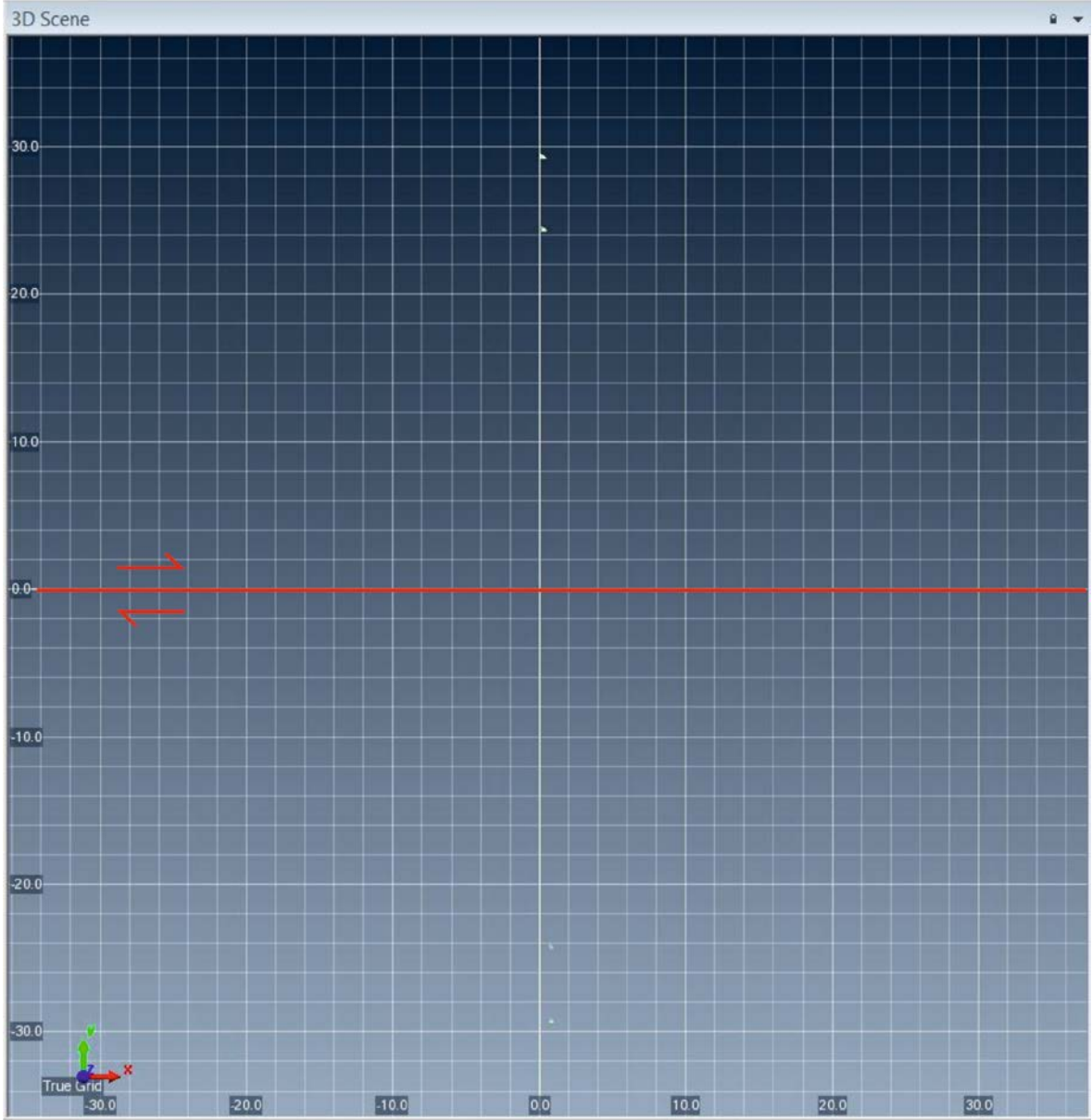
6.2. Mart 2014 Ölçümü

Aktaş İstasyonu: Bu istasyonda 04.03.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.6'de görülmektedir.



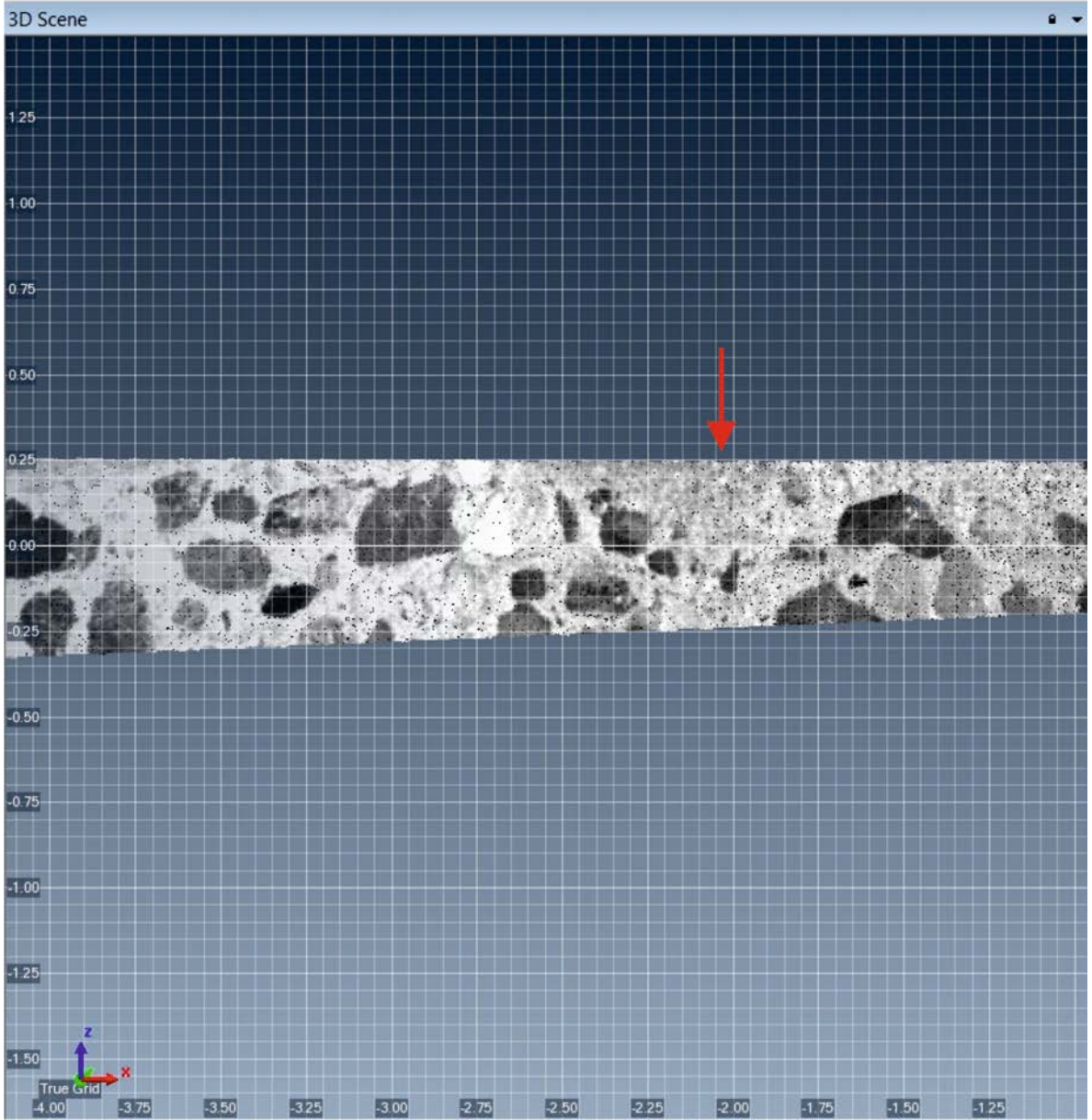
Şekil 6.6. Aktaş istasyonu Mart 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

Bilal Bey İstasyonu: Bu istasyonda 05.03.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.7’de görülmektedir.



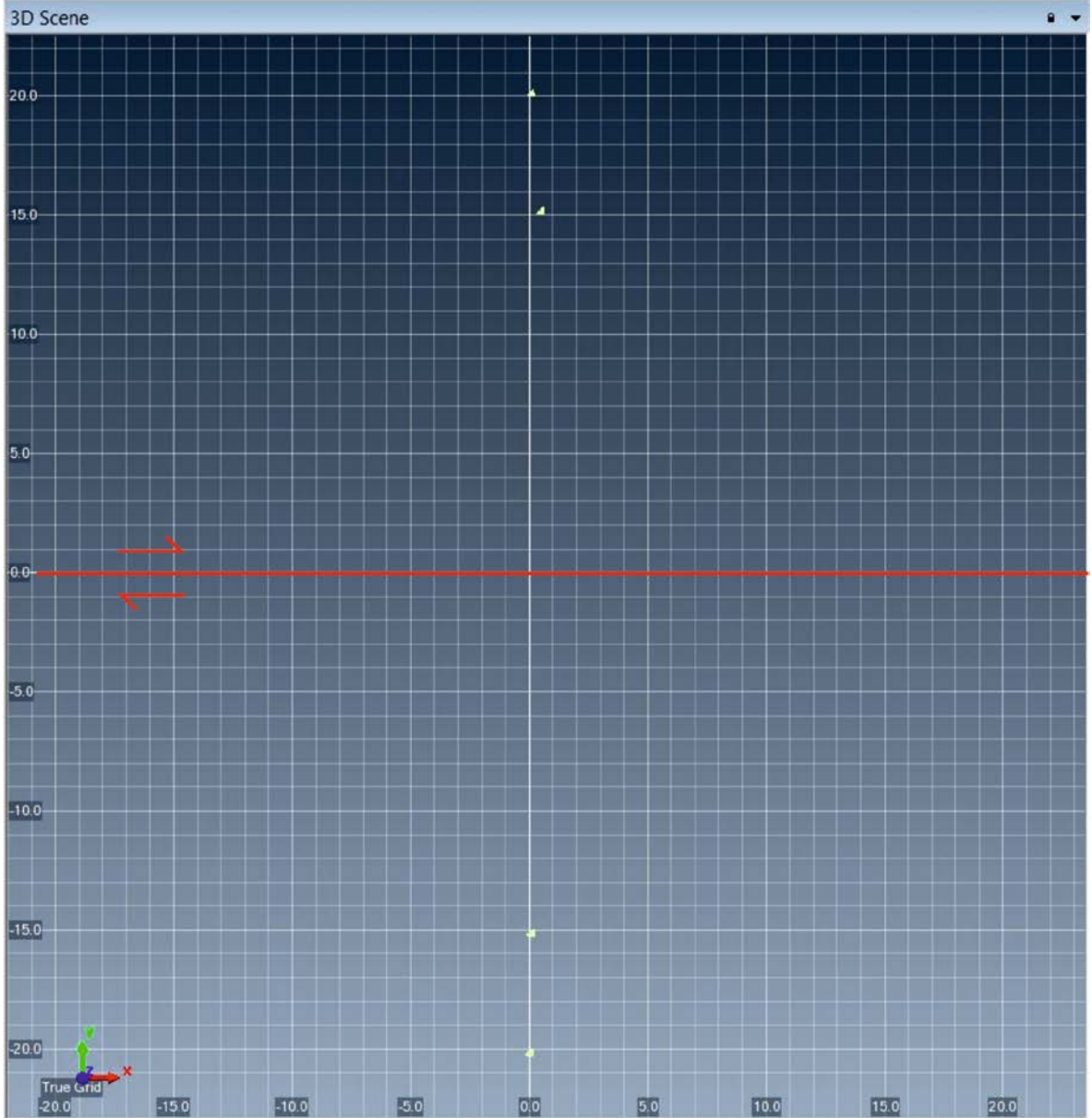
Şekil 6.7. Bilal Bey istasyonu Mart 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

Destek Bahçe Duvarı: Destek'te yer alan bahçe duvarında 05.03.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin görüntüsü Şekil 6.8'de görülmektedir.



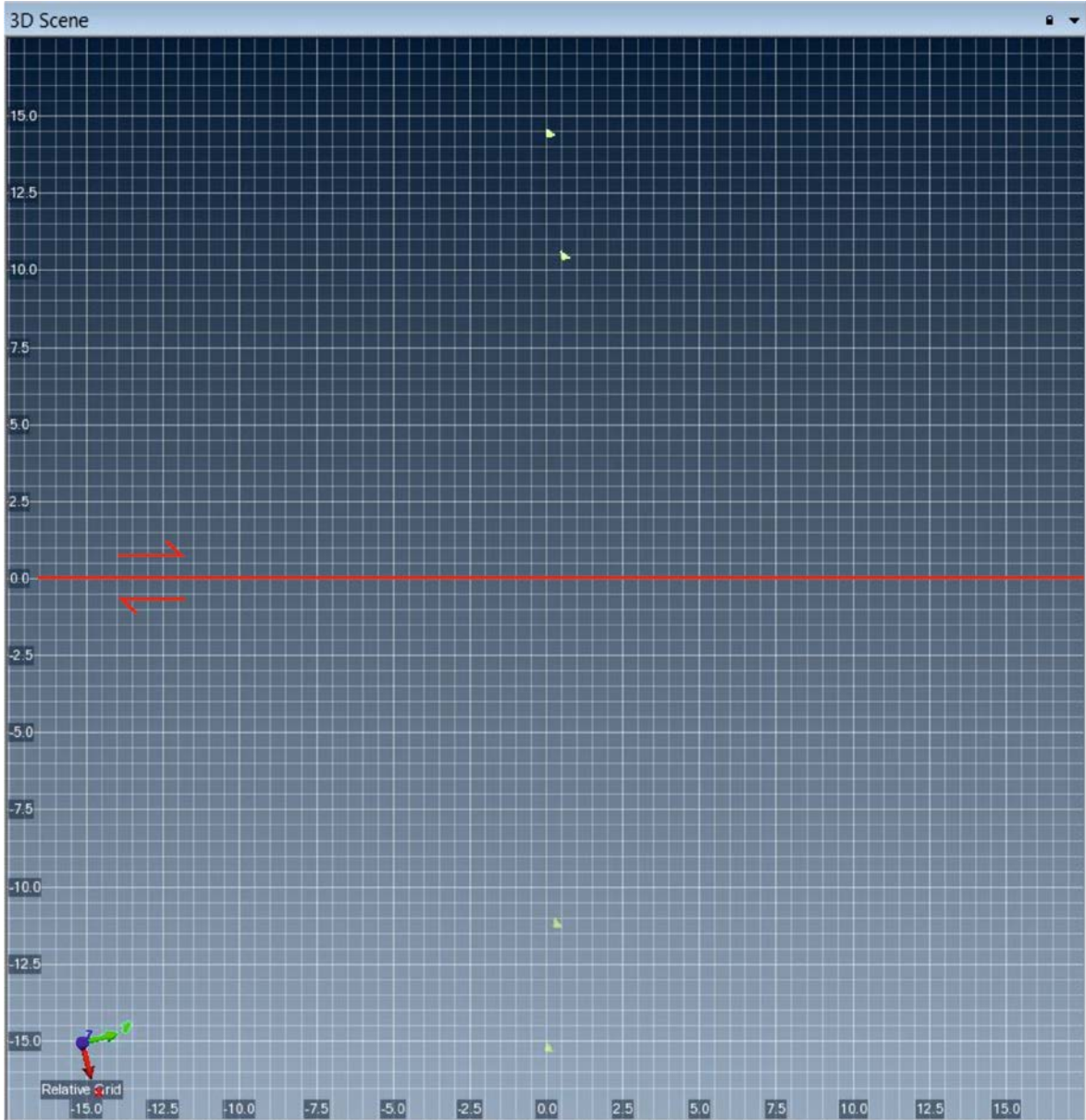
Şekil 6.8. Destek'te yer alan bahçe duvarının Mart 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü. Kırmızı ok fayın geçtiği yeri göstermektedir.

Destek İstasyonu: Bu istasyonda 04.03.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.9'da görülmektedir.



Şekil 6.9. Destek istasyonu Mart 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

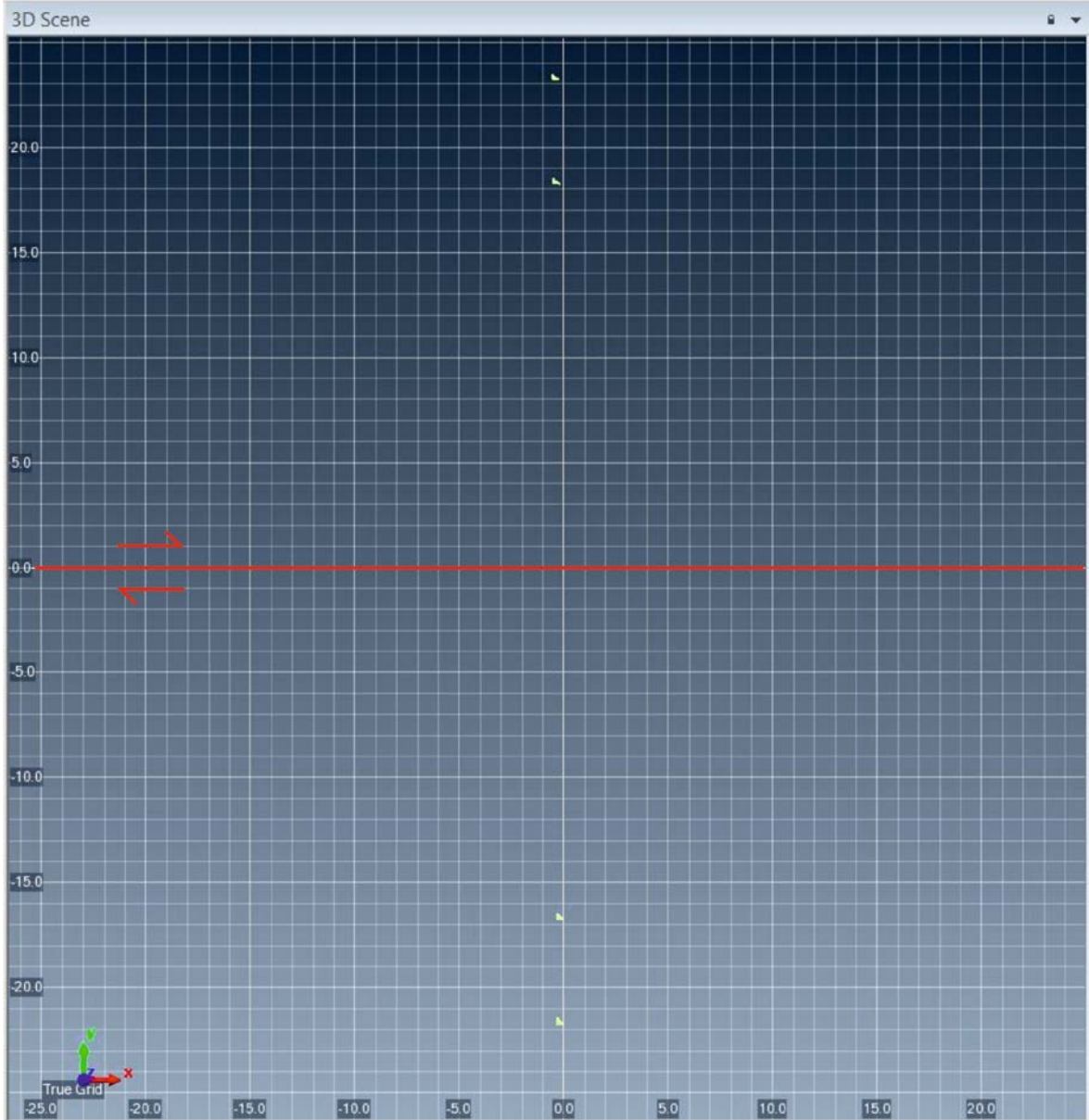
Sepetli İstasyonu: Bu istasyonda 04.03.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.10'da görülmektedir.



Şekil 6.10. Sepetli istasyonu Mart 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

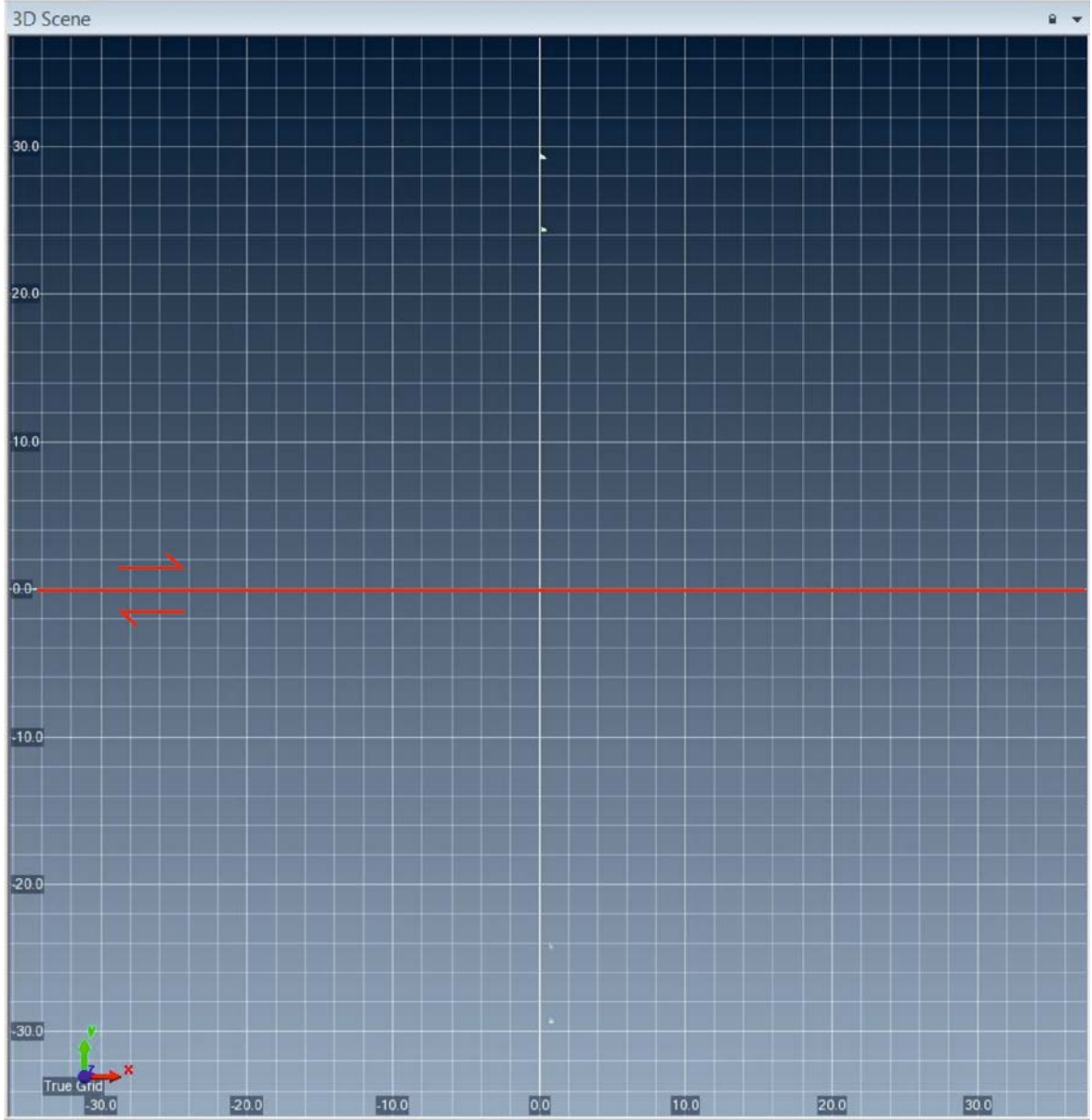
6.3. Temmuz 2014 Ölçümü

Aktaş İstasyonu: Bu istasyonda 08.07.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.11’de görülmektedir.



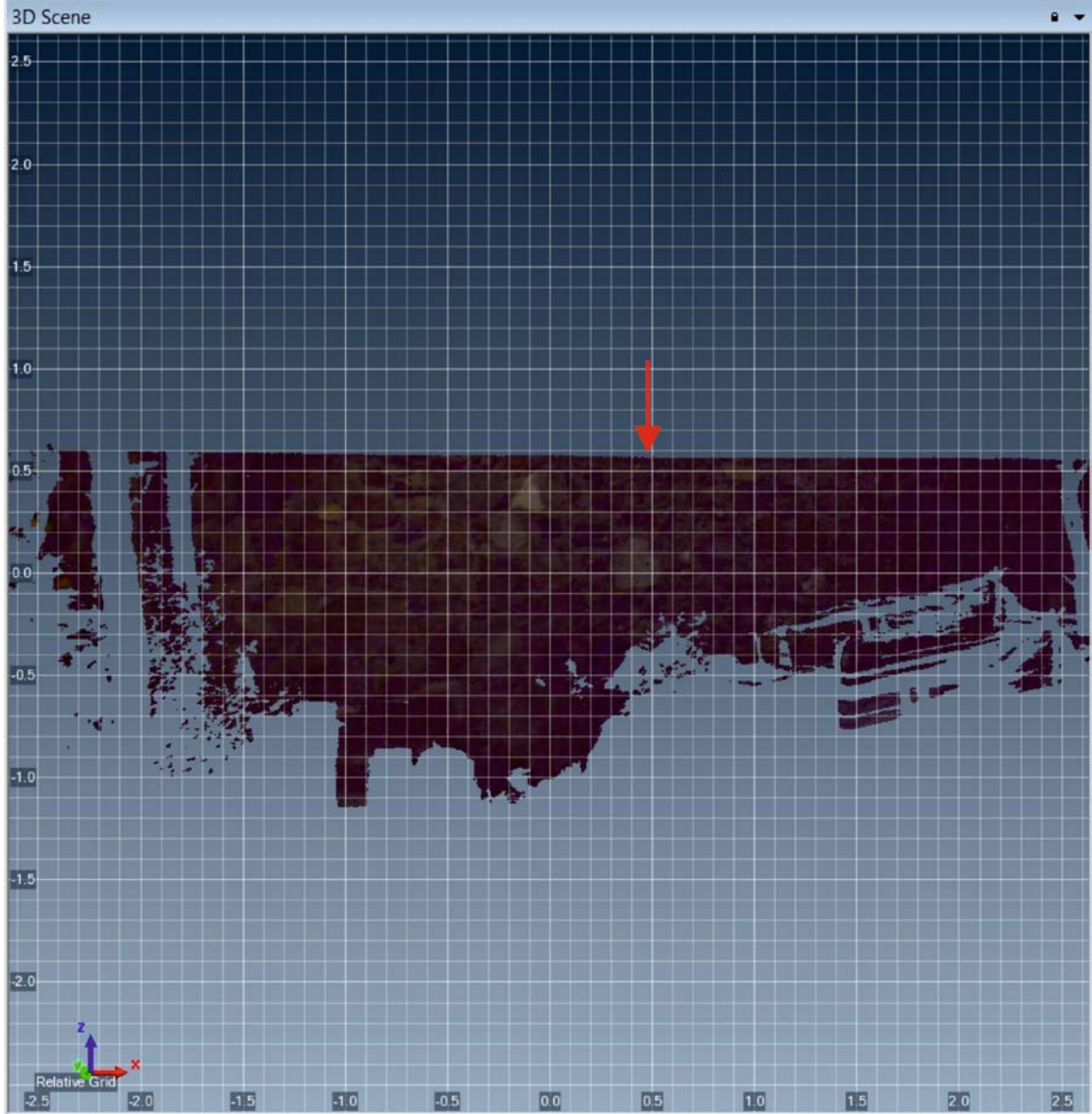
Şekil 6.11. Aktaş istasyonu Temmuz 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

Bilal Bey İstasyonu: Bu istasyonda 08.07.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.12’de görülmektedir.



Şekil 6.12. Bilal Bey istasyonu Temmuz 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

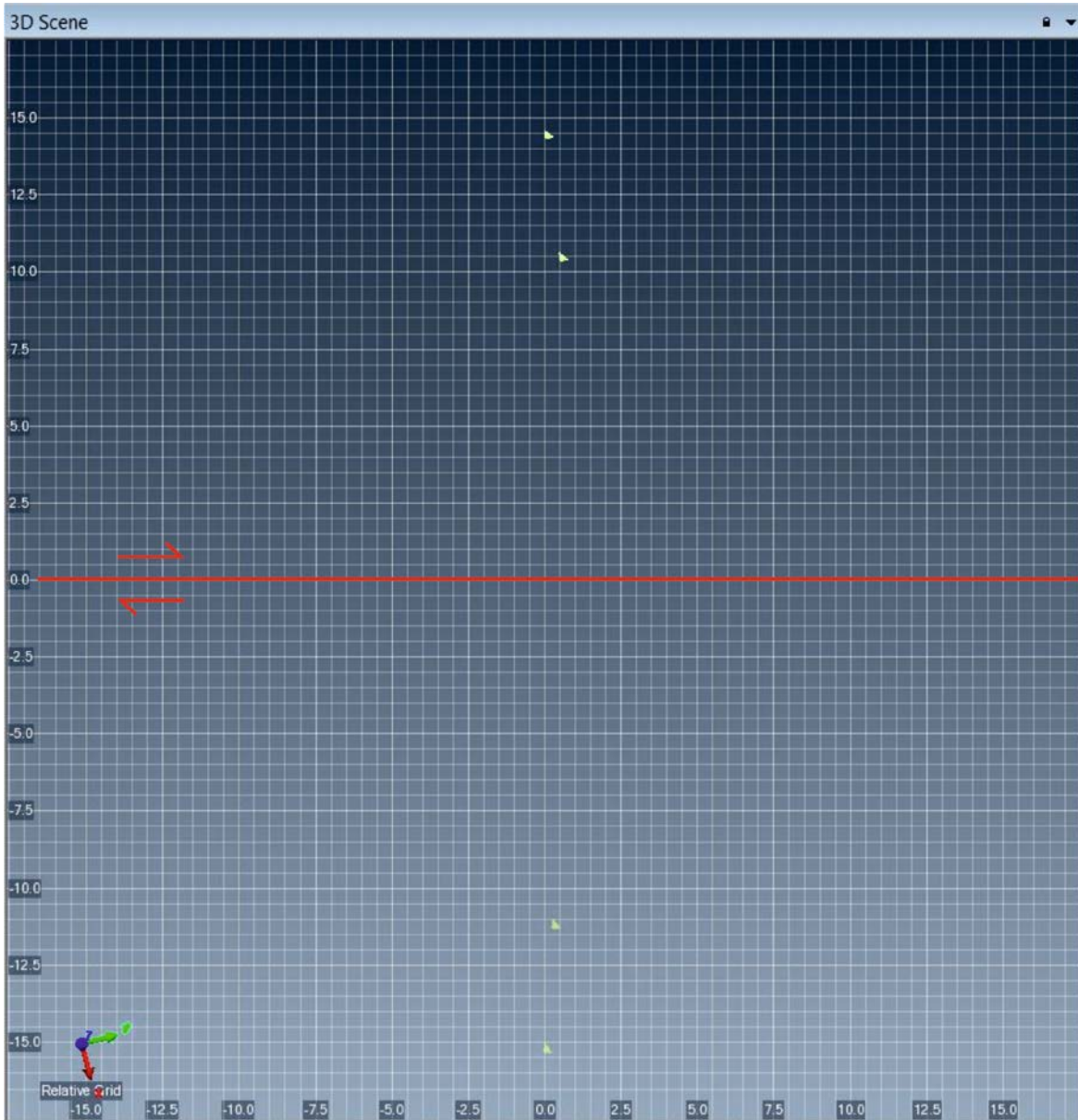
Destek Bahçe Duvarı: Destek'te yer alan bahçe duvarında 08.07.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin görüntüsü Şekil 6.13'de görülmektedir.



Şekil 6.13. Destek'te yer alan bahçe duvarının Temmuz 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü. Kırmızı ok fayın geçtiği yeri göstermektedir.

Destek İstasyonu: Bu istasyonda 08.07.2014 tarihinde yapılan arazi çalışmasında beton direklerin ekinle kaplı tarlanın içinde kalmasından dolayı ölçüm alınamamıştır.

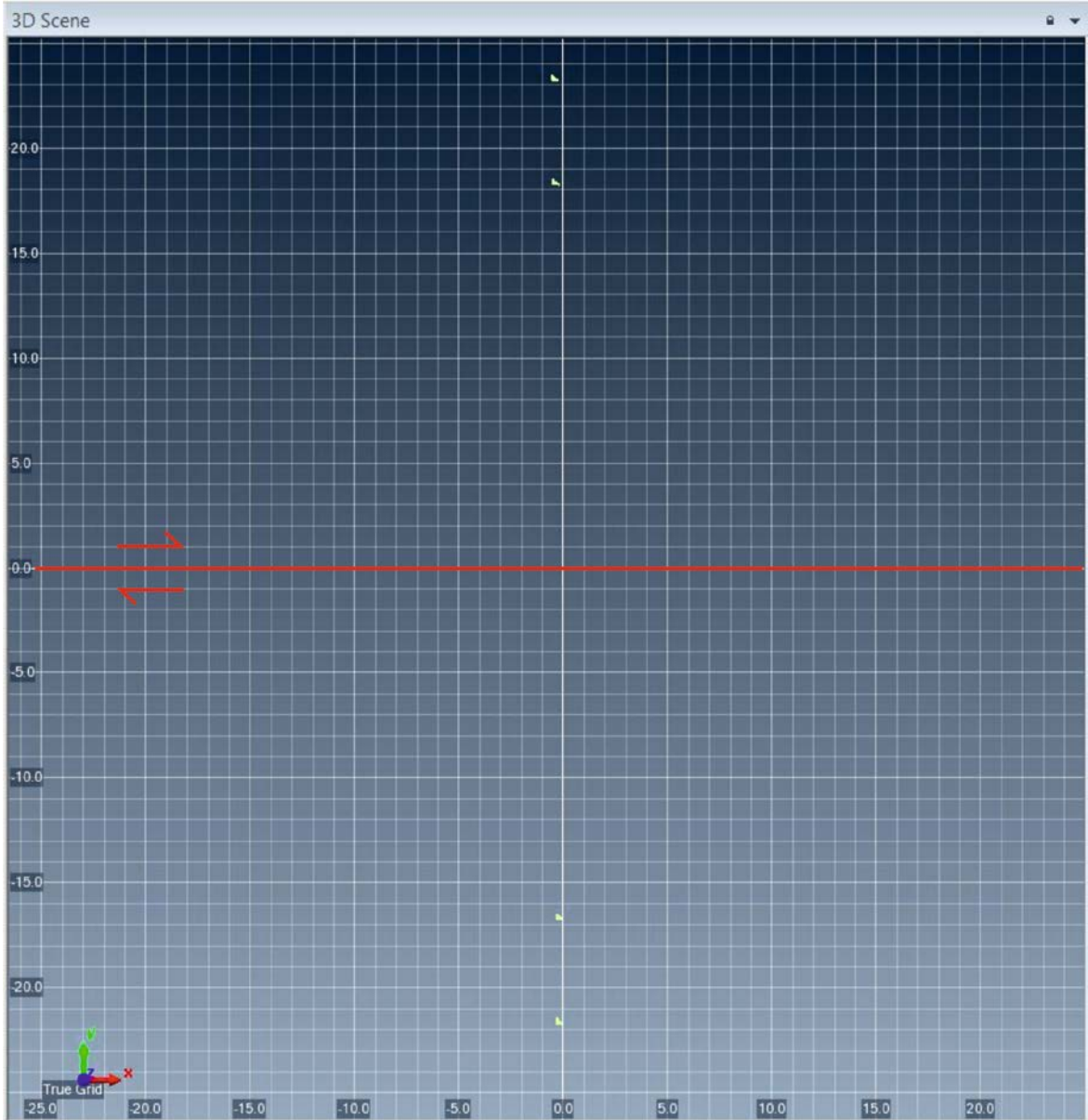
Sepetli İstasyonu: Bu istasyonda 08.07.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.14'de görülmektedir.



Şekil 6.14. Sepetli istasyonu Temmuz 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

6.4. Aralık 2014 Ölçümü

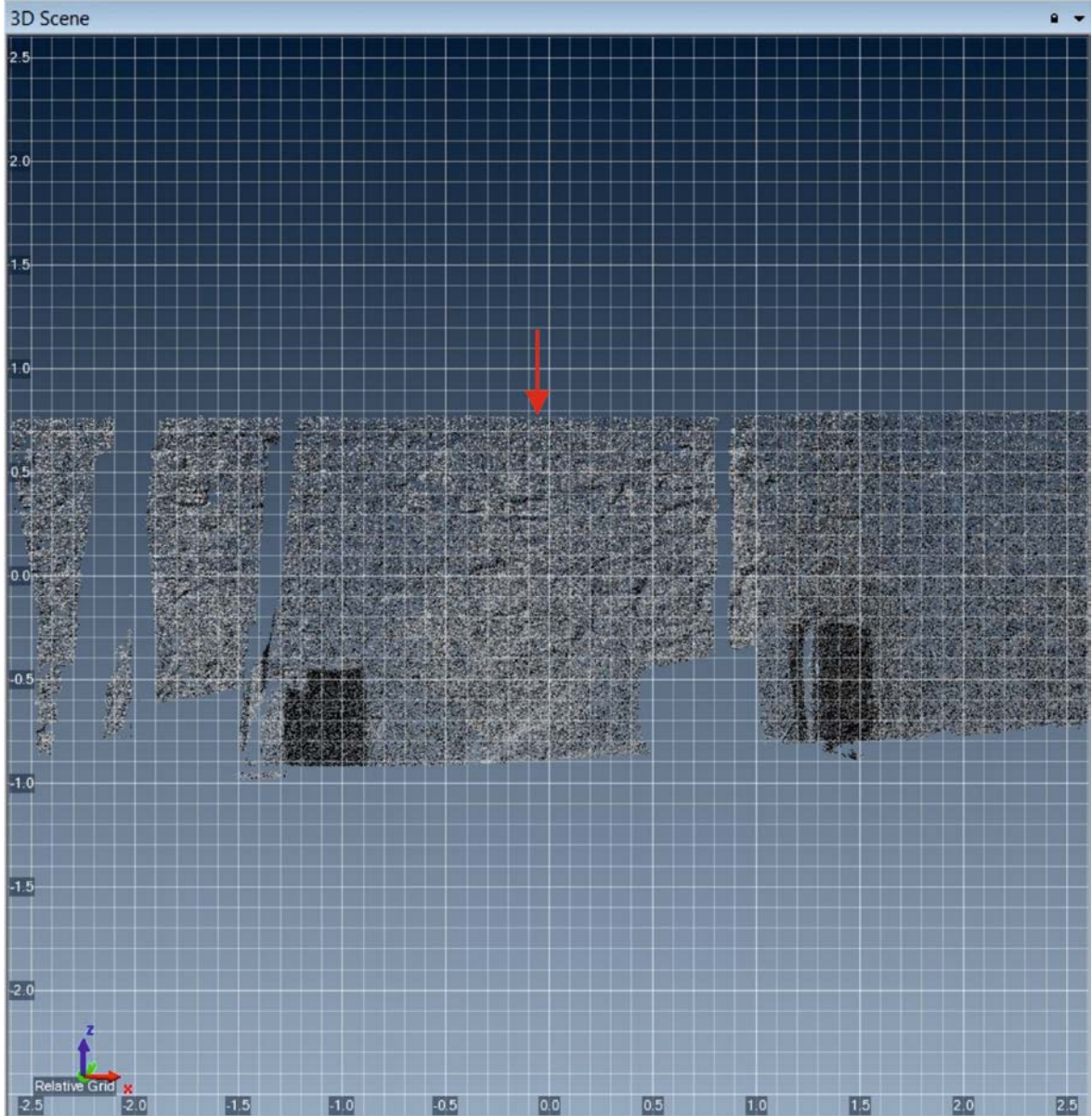
Aktaş İstasyonu: Bu istasyonda 06.12.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.15’da görülmektedir.



Şekil 6.15. Aktaş istasyonu Aralık 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

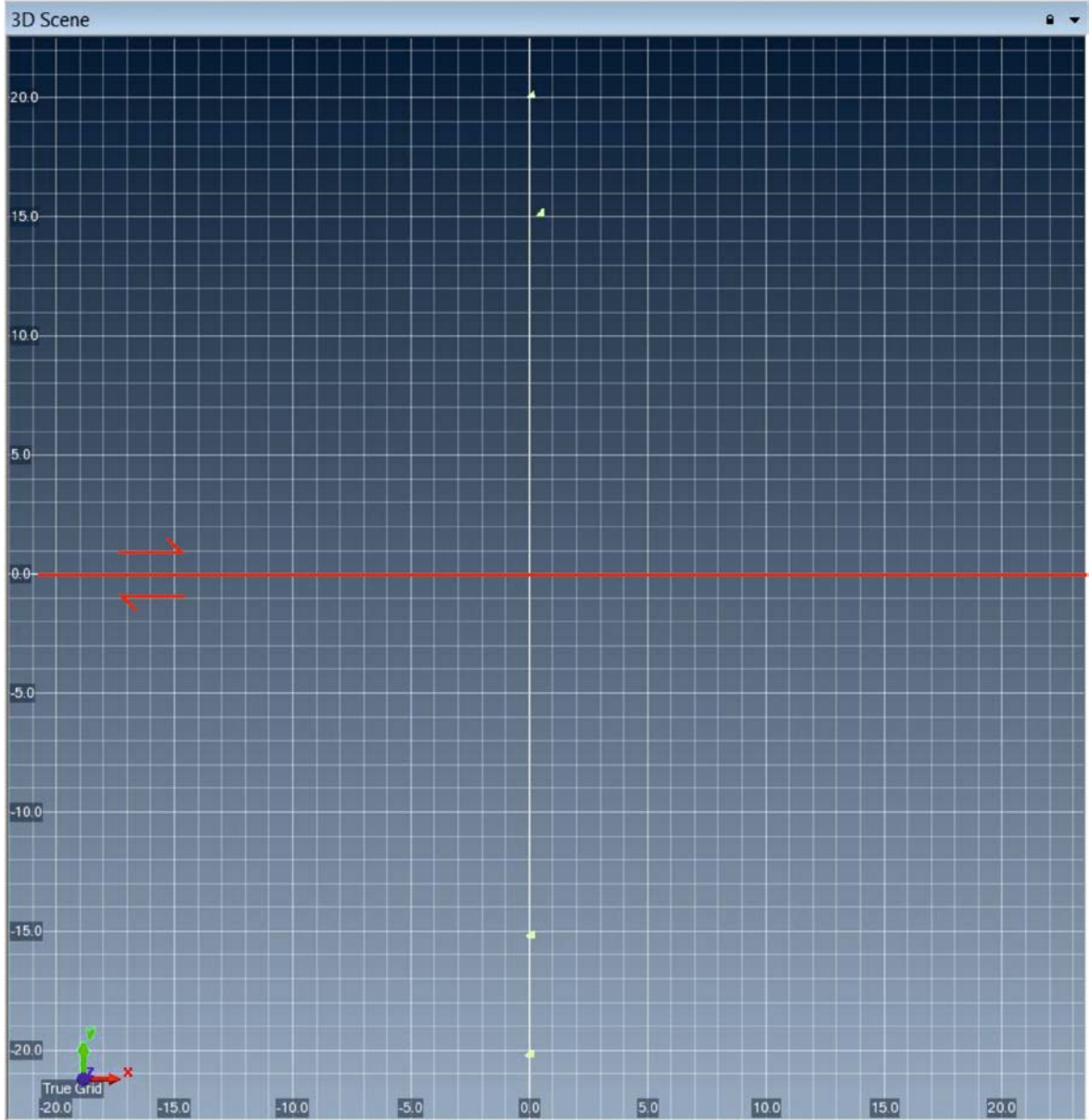
Bilal Bey İstasyonu: Bu istasyonda 06.12.2014 tarihinde yersel LIDAR ile ölçüm gerçekleştirilmiş olmasına karşın verinin açılmamıştır.

Destek Bahçe Duvarı: Destek'te yer alan bahçe duvarında 07.12.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin görüntüsü Şekil 6.16'de görülmektedir.



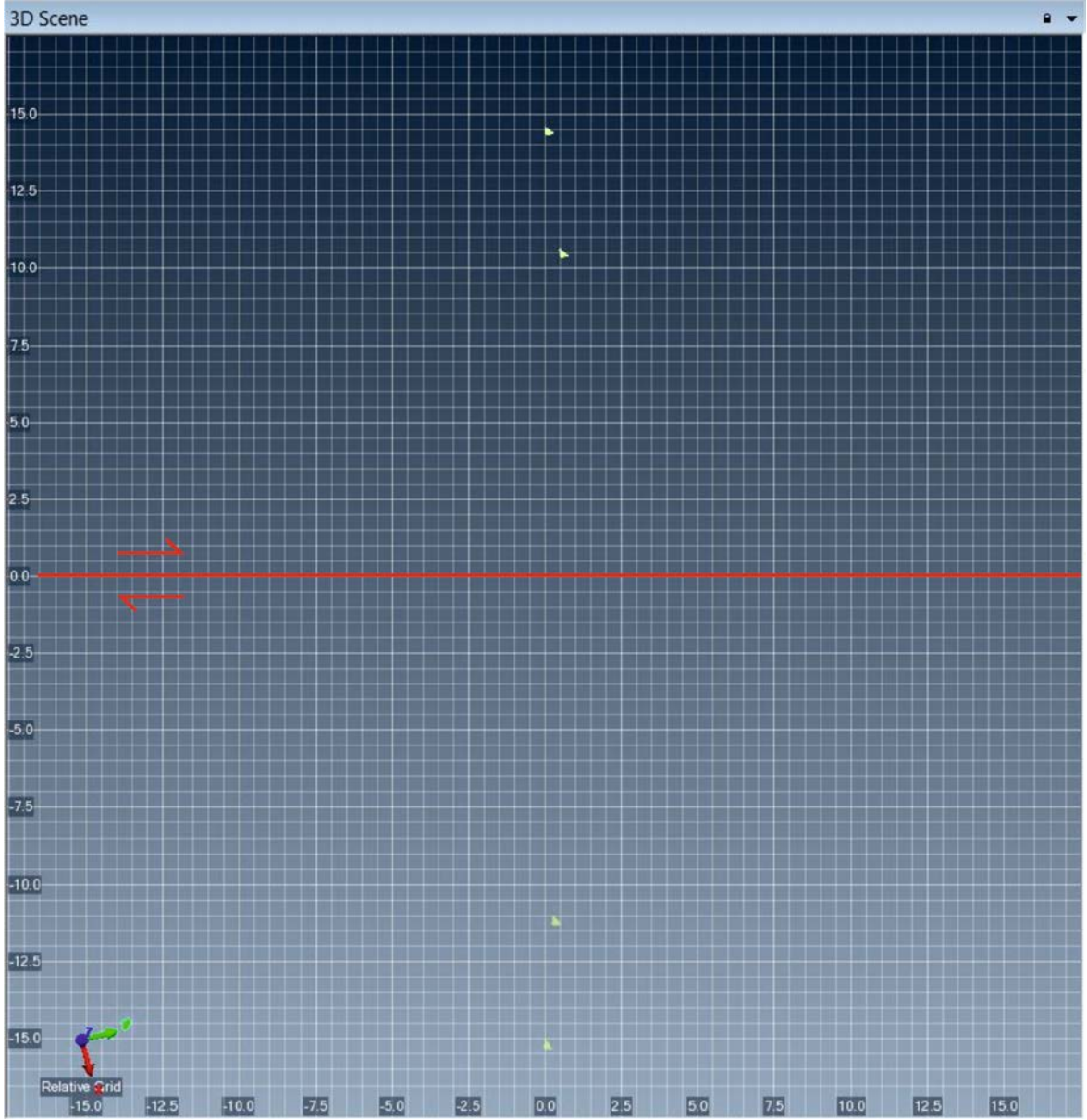
Şekil 6.16. Destek'te yer alan bahçe duvarının Aralık 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü. Kırmızı ok fayın geçtiği yeri göstermektedir.

Destek İstasyonu: Bu istasyonda 06.12.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.17'da görülmektedir.



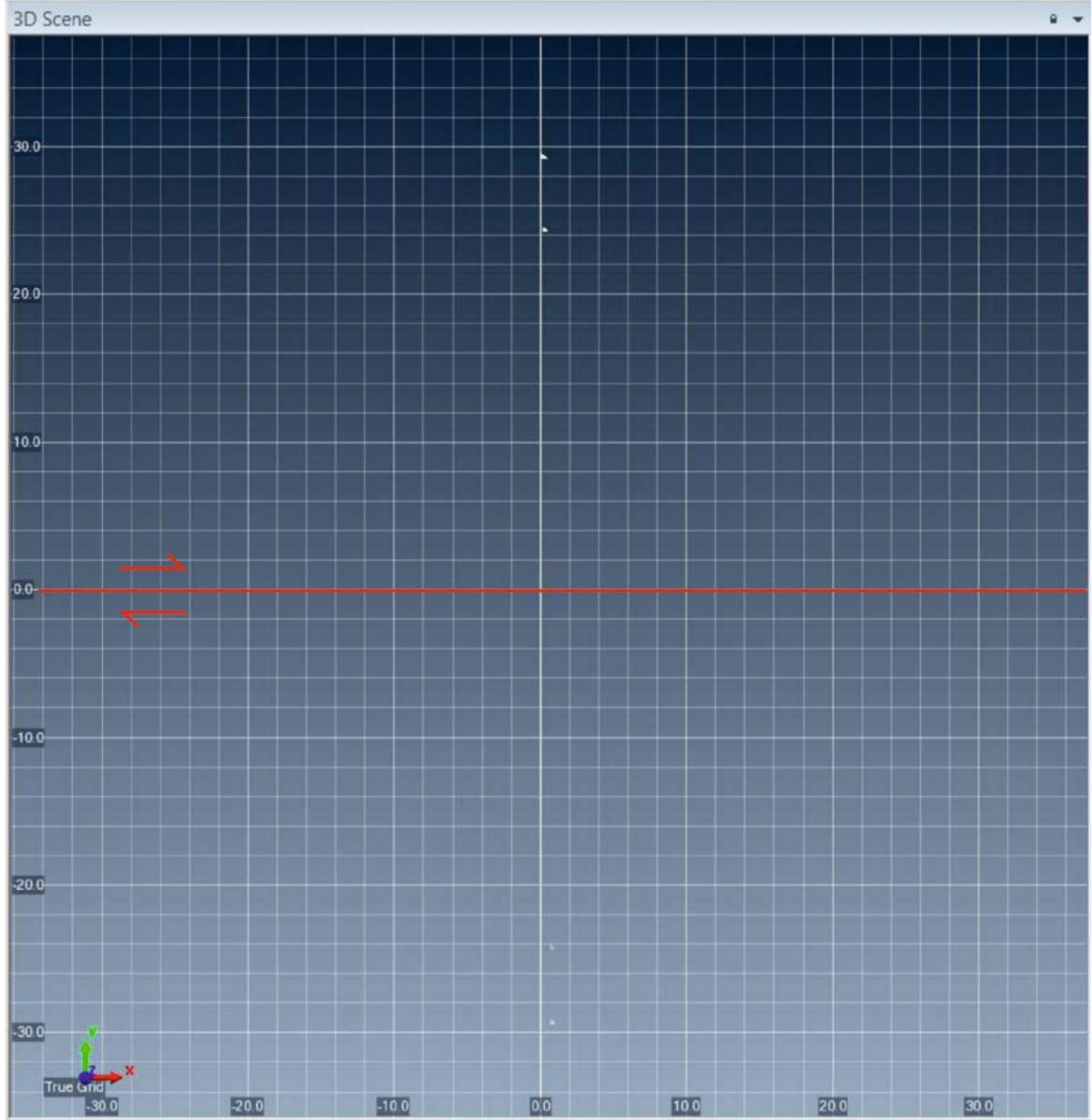
Şekil 6.17. Destek istasyonu Aralık 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

Sepetli İstasyonu: Bu istasyonda 06.12.2014 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.18'da görülmektedir.



Şekil 6.18. Sepetli istasyonu Aralık 2014 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

Bilal Bey İstasyonu: Bu istasyonda 14.09.2015 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.20'de görülmektedir.

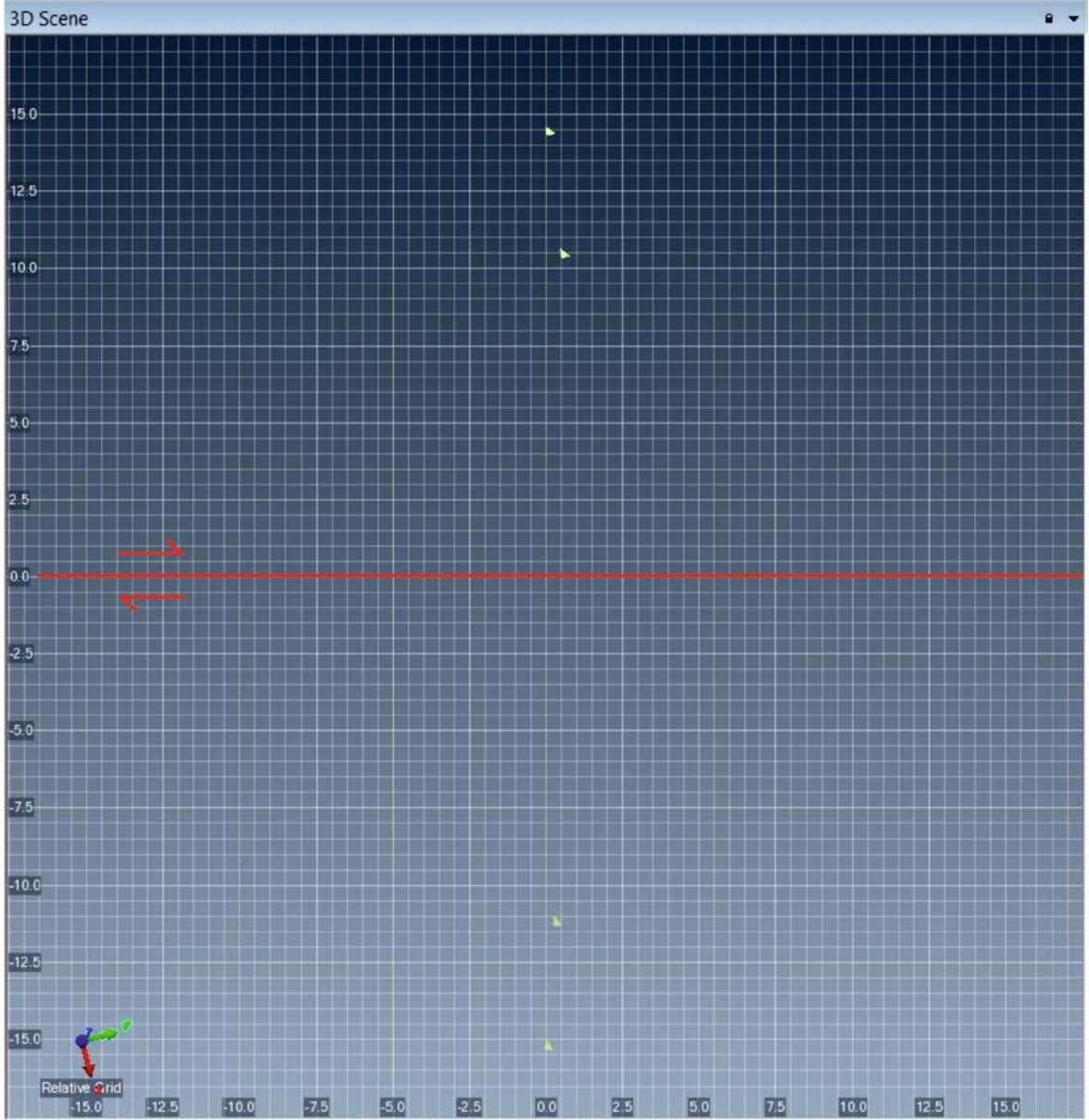


Şekil 6.20. Bilal Bey istasyonu Eylül 2015 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

Destek Bahçe Duvarı: Destek'te yer alan bahçe duvarında 14.09.2015 tarihinde yersel LIDAR ile ölçüm gerçekleştirilmiş ancak nokta bulutu görüntüsü elde edilememiştir.

Destek İstasyonu: Bu istasyonda 14.09.2015 tarihinde yersel LIDAR ile ölçüm gerçekleştirilmiş ancak nokta bulutu görüntüsü elde edilememiştir.

Sepetli İstasyonu: Bu istasyonda 14.09.2015 tarihinde yersel LIDAR ile gerçekleştirilen ölçüme ait nokta bulutu verinin kuş bakışı görüntüsü Şekil 6.21'de görülmektedir.



Şekil 6.21. Sepetli istasyonu Eylül 2015 ölçüm dönemine ait LIDAR verisi görüntüsü.

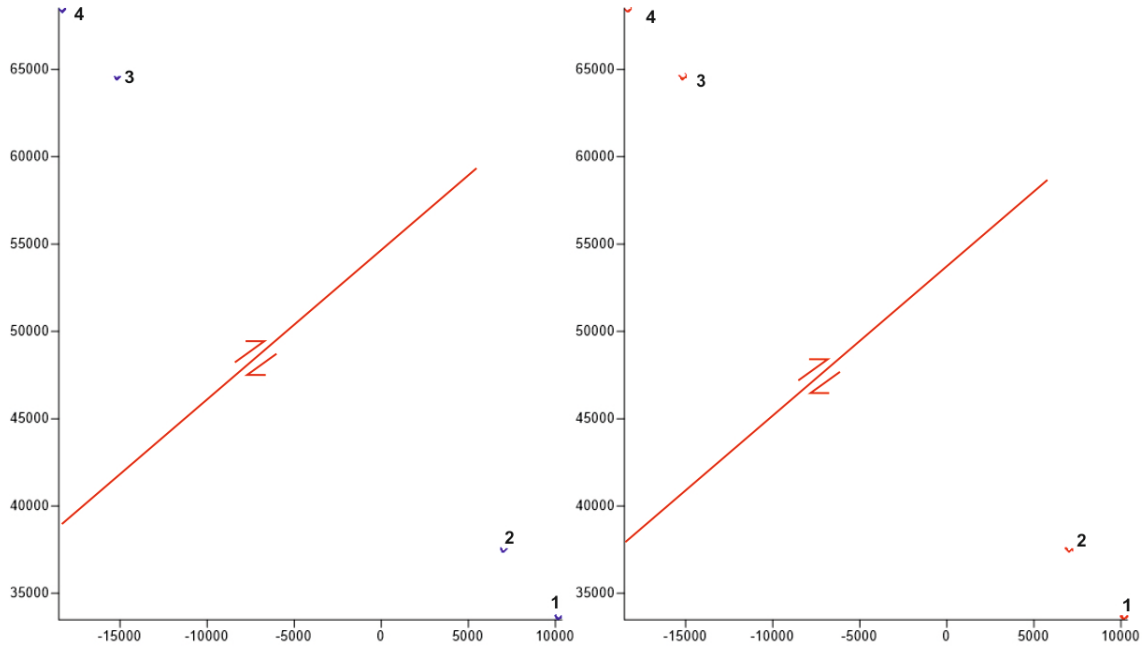
7. BULGULAR

Bahçe duvarı ve istasyonlarda yersel LIDAR ile alınmış beş farklı döneme ait ölçümler mevcuttur. İlk ölçüm olan Eylül 2013 ölçümü referans alınarak Mart 2014, Temmuz 2014, Aralık 2014 ve Eylül 2015’de gerçekleştirilen ölçümler PolyWorks 12 yazılımı ile tek tek kıyaslanmıştır. Yersel LIDAR’ın kurulduğu noktadan dolayı yerleştirilen beton direklerin yalnızca iki yüzeyi görüntü alanına girmektedir ve bu yüzeyler dikkate alınarak karşılaştırma yapılmaktadır. Bu değerlendirme, istasyonlarda deformasyon zonunun bir tarafında kalan yüzeylerin program yardımıyla üst üste çakıştırılmış halinde diğer tarafta kalan yüzeylerde yer değiştirmenin olup olmadığına bakılması işlemine dayanmaktadır. Polyworks 12 yazılımı iki görüntü arasında farklılıklardan yola çıkarak deformasyon haritası çizimi yapmaktadır. Bu durumda elde edilen renk ölçeği kullanılarak deformasyon miktarı ölçülmektedir.

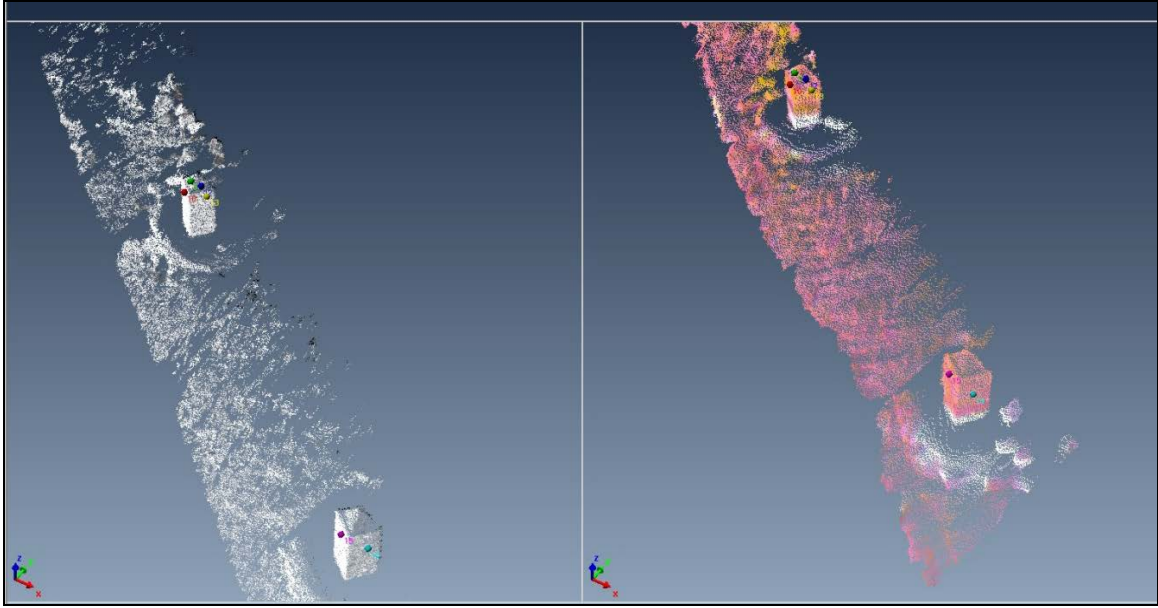
Gerçekleştirilen ölçümlerde hata payının belirlenebilmesi için yerleştirilen beton direklerde aynı gün içerisinde farklı açılardan bakılarak art arda yapılan 4 ölçüm üst üste giydirilmiştir. Üst üste giydirilen görüntüler sonucunda yapılan ölçümlerdeki hata payı 0.001 metre = 1mm olarak hesaplanmıştır. Duvar üzerinde gerçekleştirilen ölçümler için ise hata payı ± 4 mm olarak daha önceden yapılmış çalışmalar ile belirlenmiştir (Karabacak vd., 2011).

Değerlendirmede istasyonlarda izlenen bu işlemlere örnek olarak Aktaş istasyonunun Eylül 2013-Mart 2014 ölçümlerine ait aşamalara yer verilmiştir. Yersel LIDAR cihazı kullanılarak elde edilen ham verilerin öncelikli olarak nokta bulutu şekline dönüştürülmesi gereklidir. Bu nedenle ilk olarak PolyWorks programının bir ara yüzü olan Parser ara yüzü kullanılmaktadır. Bu ara yüz LIDAR ile yapılan ölçümde bir USB beleğe kaydedilen verilerin "pf" uzantılı bir veri haline dönüştürülmesini böylece diğer ara yüzlerde açılması sağlamaktadır. Bu işlemden sonra direk yüzeylerine ait noktalar LIDAR ölçüm alınırken görüntü alanı içinde yer alan zemin, bitki örtüsü gibi çevresel faktörlerden PIFedit ve/veya ImAling arayüzünde temizlenmektedir. Şekil 7.1’de Aktaş istasyonunun Eylül 2013 ve Mart 2014 dönemine ait temizlenmiş nokta bulutları kuş bakışı olarak yer almaktadır (Surfer programında açılarak elde edilmiştir). Temizlenen görüntüler ImAling

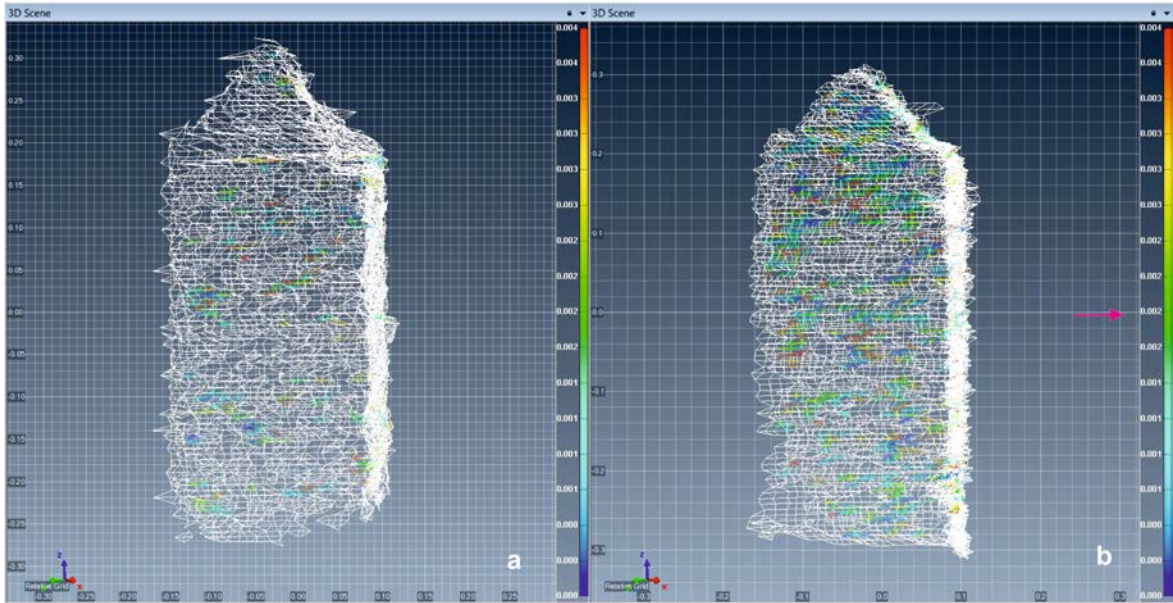
arayüzünde açılarak, fay zonunun bir tarafında kalan ve iki farklı döneme ait görüntülerde ortak olduğu düşünülen noktalar programa tanıtılır. Şekil 7.2’de bu işlem görülmektedir. Daha sonra ise hassas çakıştırma için arayüzün "Best Fit" özelliği kullanılır. Bu özellik görüntülerde yer alan her bir noktanın programa tanıtılan mesafe (1.0 m, 0.1 m, 0.01 m gibi) aralığında çevresindeki diğer noktalar ile kıyaslayarak eşleştirilmesini ve böylece en iyi şekilde çakışmasını gerçekleştirmektedir. Çakıştırmadan sonra diğer tarafta kalan yüzeyler arasındaki deformasyonun incelenmesi için yine ImAling arayüzünde deformasyon haritası çizdirerek (renk skalası olarak), faya dik olan yüzeylerde yer değiştirmenin olup olmadığına bakılır. Direkler üzerindeki deformasyon miktarına bağlı olarak oluşan renk skalası Şekil 7.3’de görülmektedir. Destek’te yer alan duvar üzerinde ise çakışma ve karşılaştırma işlemleri sırasında duvarın faya dik yüzeyi kullanılmıştır. Eylül 2013 ölçümü temel kabul edilip bu işlemler her bir istasyon için bütün ölçüm dönemlerinde tekrarlanmıştır, elde edilen sonuçlara ölçüm zamanları esas alınarak yer verilmiştir.



Şekil 7.1. Aktaş istasyonunda gerçekleştirilen, iki ayrı döneme ait Yersel LIDAR görüntülerinin Surfer programında kuş bakışı görünümü. Mart 2014 dönemi mavi, Eylül 2013 dönemi kırmızı ile ayrı ayrı gösterilmiştir.



Şekil 7.2. Aktaş istasyonunda gerçekleştirilen, iki ayrı döneme ait Yersel LIDAR görüntülerinin PolyWorks 12 programında görünümü. Görüntülerde deformasyon zonunun yalnızca bir tarafında kalan beton direkler yer almaktadır. Bu direkler üzerinde seçilen ortak noktaların (ayne renk yuvarlaklarla görülmektedir) programa tanıtılması sağlanır.



Şekil 7.3 PolyWorks 12 programında yapılan çakıştırma işlemi sonrasında oluşturulan deformasyon haritası ve direklerin görünümü. **a.** 1 numaralı direğin yakından görünümü **b.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

7.1. Mart 2014 Ölçümü

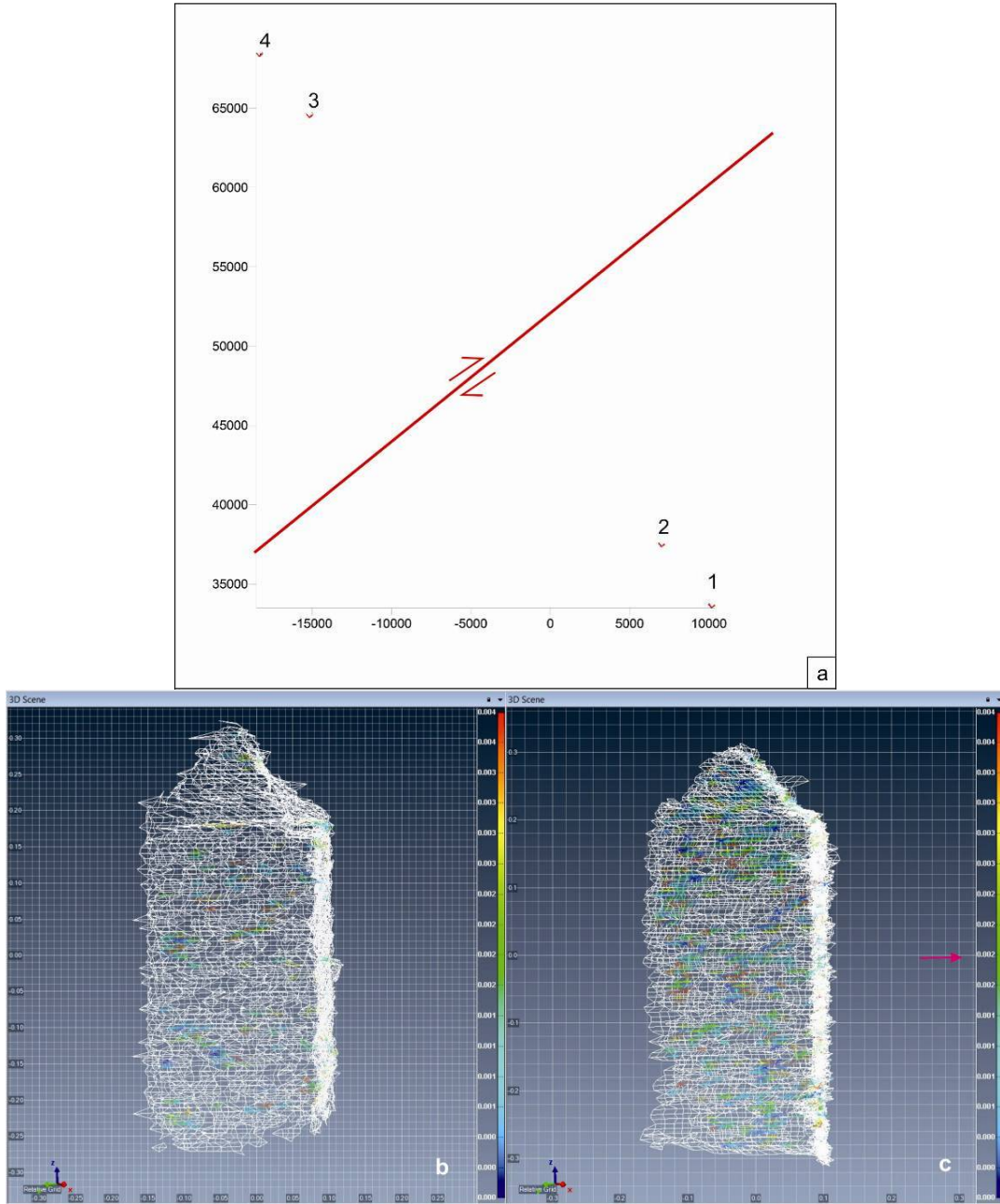
Eylül 2013’de gerçekleştirilen ölçümler temel ölçümlerdir. İlk karşılaştırma Mart 2014’de alınan ölçümler ile yapılmıştır. Aşağıda her bir istasyonda yapılan karşılaştırmalar ayrı ayrı aşağıda yer almaktadır, elde edilen değerler ise Çizelge 7.1’de görülmektedir.

Çizelge 7.1. Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırma sonuçları.

İstasyonlar	Ölçülen Yerdeğiştirme Miktarı (mm)	
	Eylül 2013	Mart 2014
Aktaş	0	2-3±1
Bilal Bey	0	2-3±1
Destek	0	2-3±1
Destek Bahçe Duvarı	0	2-3±4
Sepetli	0	2-3±1

7.1.1. Aktaş istasyonu

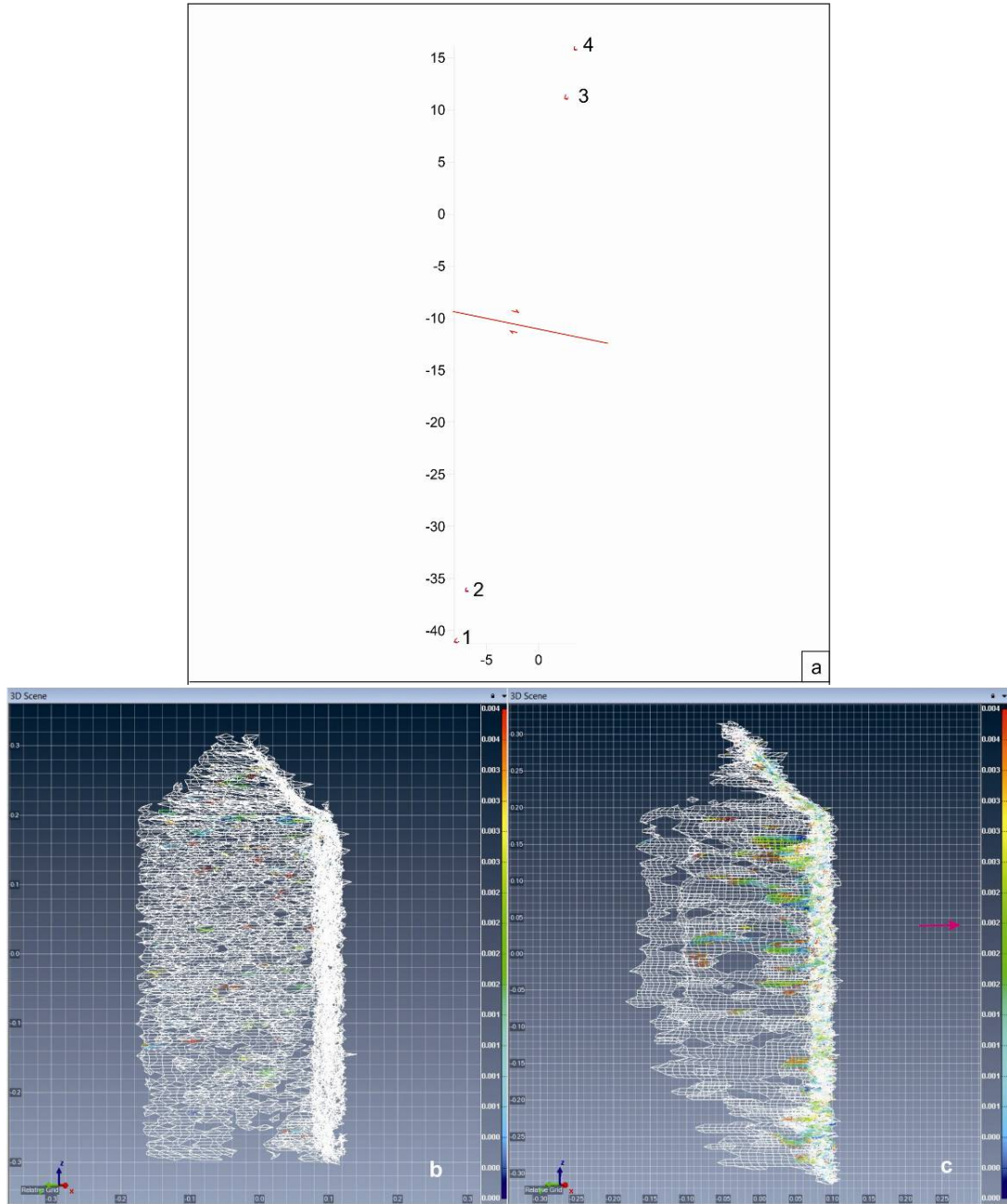
Aktaş istasyonunda Eylül 2013-Mart 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda $2-3\pm 1$ mm'lik bir yer değiştirme görülmektedir (Şekil 7.4.a,b,c).



Şekil 7.4. Aktaş istasyonunda yapılan Eylül 2013-Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Direklerin konumu **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

7.2.2. Bilal bey istasyonu

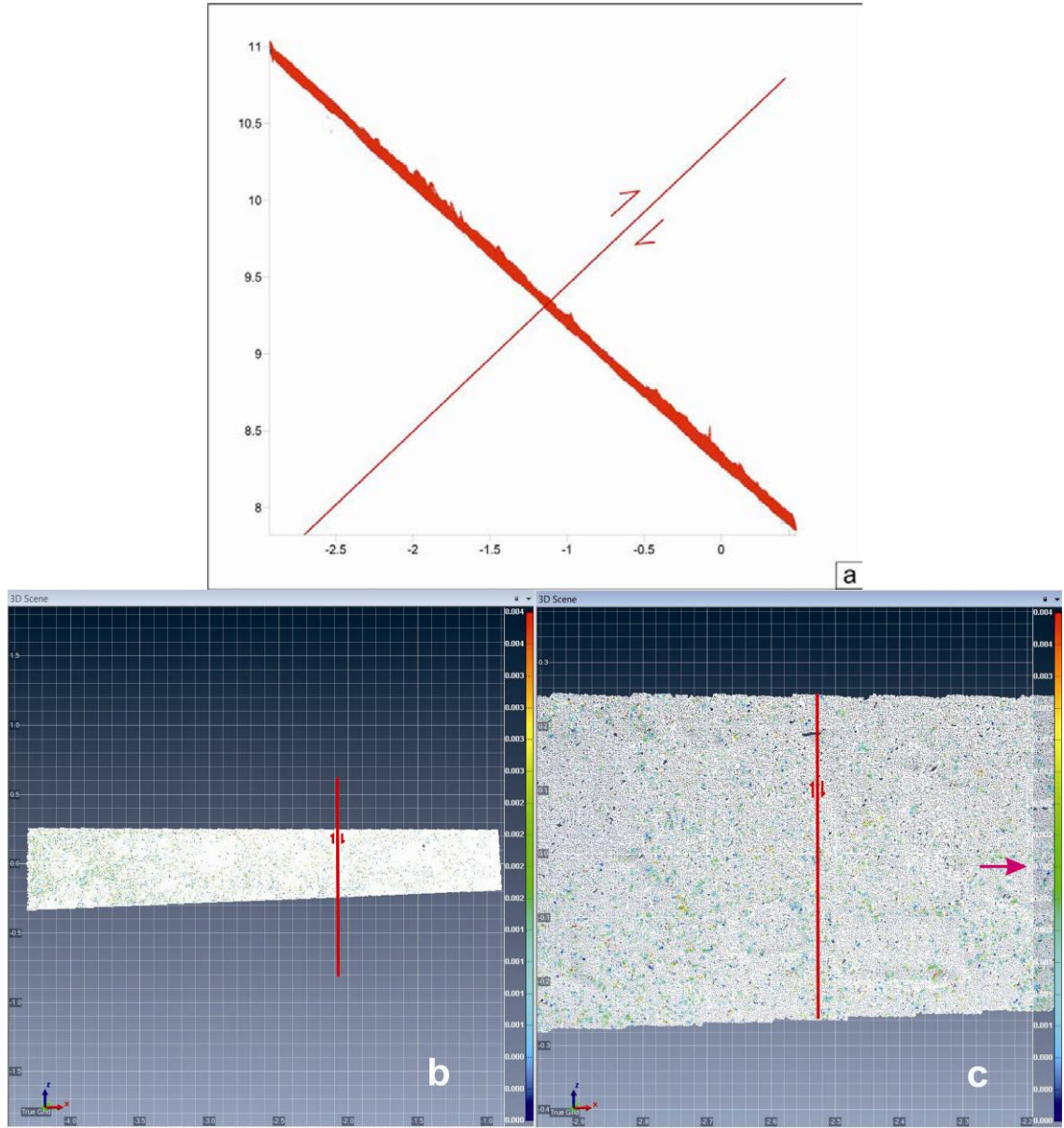
Bilal Bey istasyonunda Eylül 2013-Mart 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda $2-3\pm 1$ mm'lik bir yer değıştirme görülmektedir (Şekil 7.5.a,b,c).



Şekil 7.5. Bilal Bey istasyonunda yapılan Eylül 2013-Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Direklerin konumu **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.

7.2.3. Destek bahçe duvarı

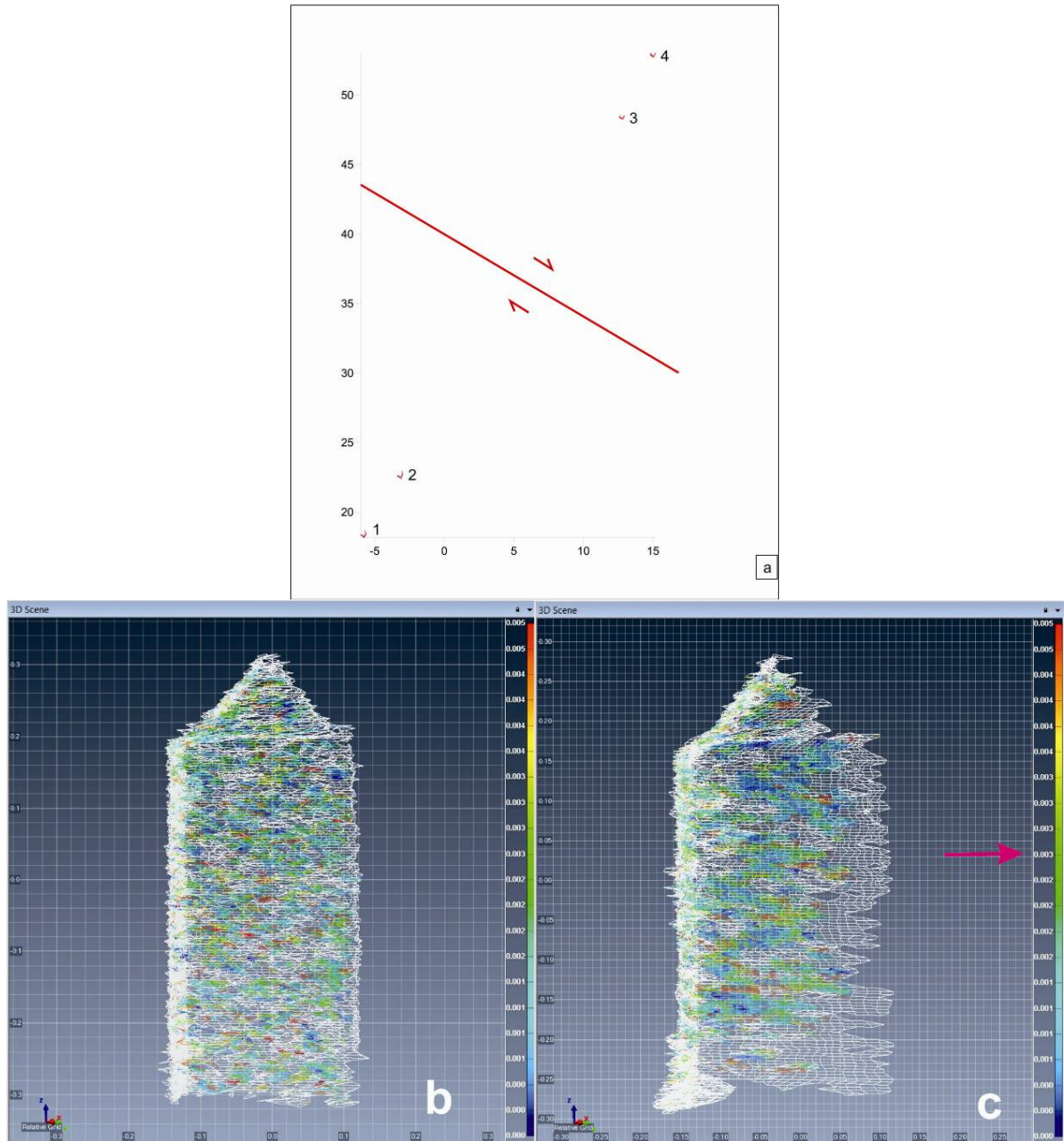
Destek'te yer alan bahçe duvarında yapılan Eylül 2013-Mart 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında $2-3\pm 4$ mm'lik bir yer değiştirme görülmektedir (Şekil 7.6.a,b,c).



Şekil 7.6. Destek'te bahçe duvarında yapılan Eylül 2013-Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Duvarın genel uzanımı **b.** Duvarın uzaktan görünümü **c.** Duvarın yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını, kırmızı ok ise fayın konumunu göstermektedir.

7.2.4. Destek istasyonu

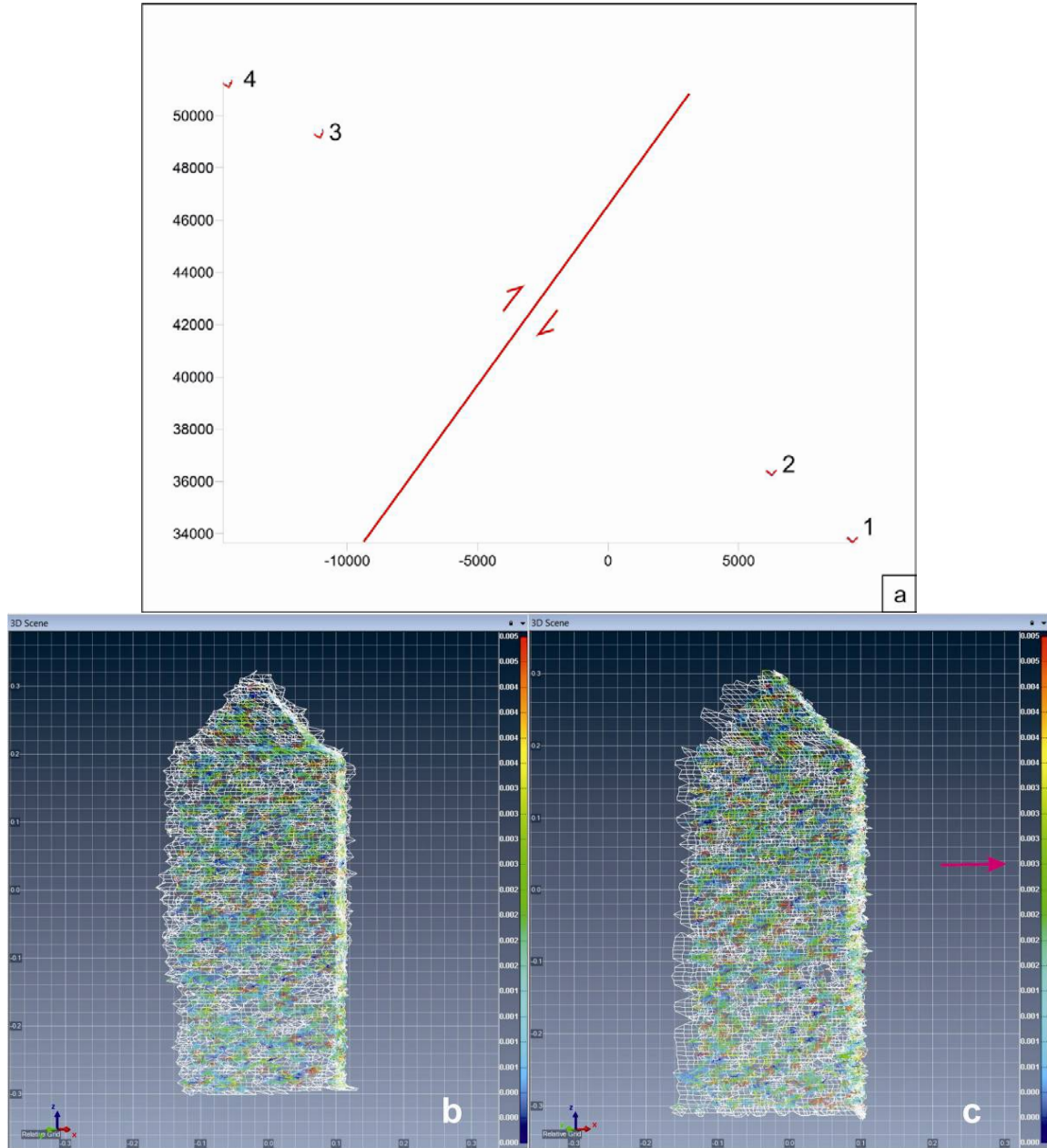
Destek istasyonunda Eylül 2013-Mart 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda $2-3\pm 1$ mm'lik bir yer değiştirme görülmektedir (Şekil 7.7.a,b,c).



Şekil 7.7. Destek istasyonunda yapılan Eylül 2013-Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Direklerin konumu **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

7.2.5. Sepetli istasyonu

Sepetli istasyonunda Eylül 2013-Mart 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda $2-3\pm 1$ mm'lik bir yer değiştirme görülmektedir (Şekil 7.8.a,b,c).



Şekil 7.8. Sepetli istasyonunda yapılan Eylül 2013-Mart 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Direklerin konumu **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

7.2. Temmuz 2014 Ölçümü

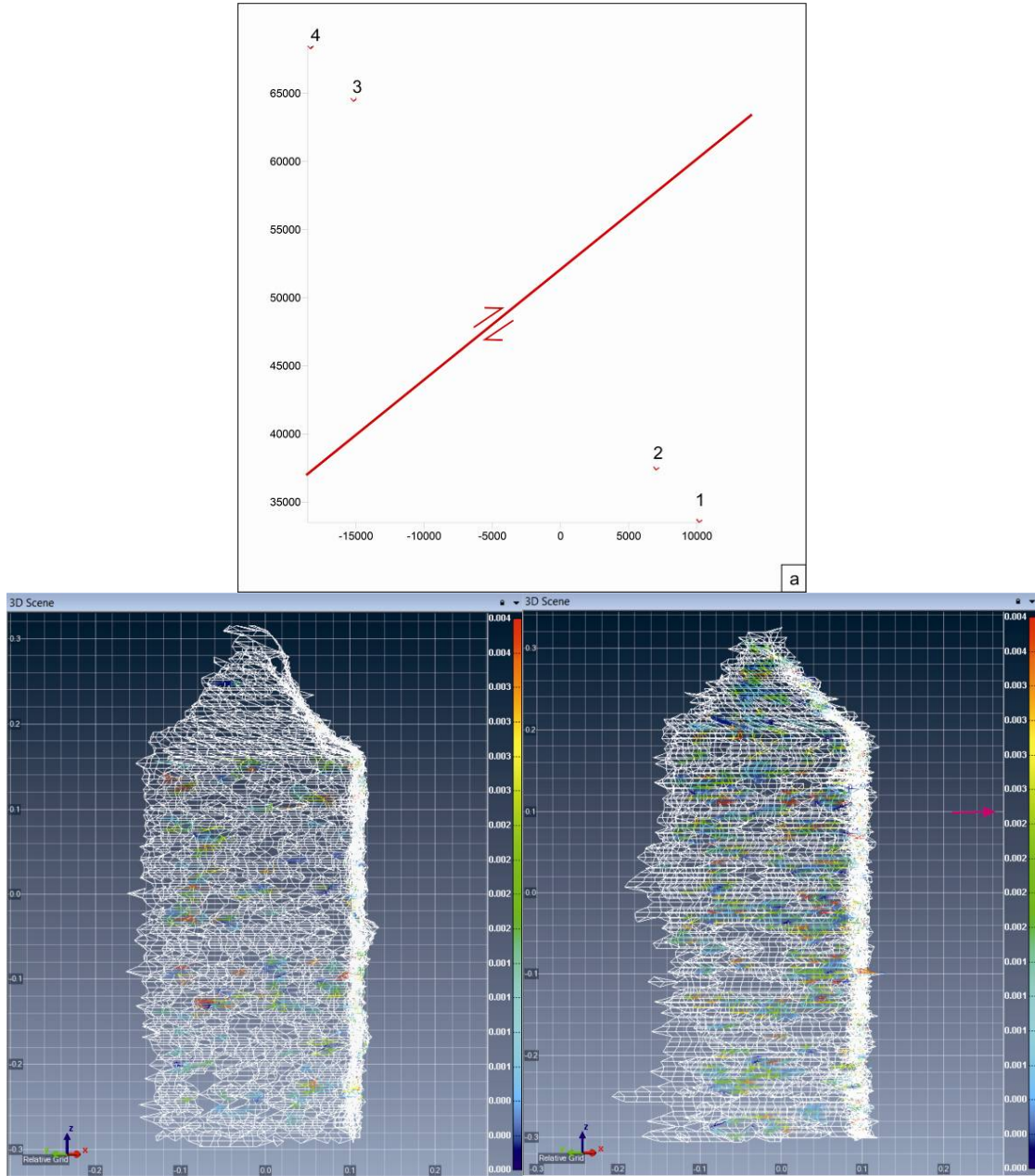
Eylül 2013’de gerçekleştirilen ölçümler temel ölçüm kabul edilerek Temmuz 2014’de alınan ölçümler ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonuçlarının detaylarına aşağıda yer verilmiştir. Karşılaştırma sonucunda elde edilen değerler ise Çizelge 7.2’de görülmektedir.

Çizelge 7.2. Mart 2014 ve Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılma sonuçları.

İstasyonlar	Ölçülen Yerdeğiştirme Miktarı (mm)		
	Eylül 2013	Mart 2014	Temmuz 2014
Aktaş	0	2-3±1	2-3±1
Bilal Bey	0	2-3±1	2-3±1
Destek	0	2-3±1	-
Destek Bahçe Duvarı	0	2-3±4	2-3±4
Sepetli	0	2-3±1	1-2±1

7.2.1. Aktaş istasyonu

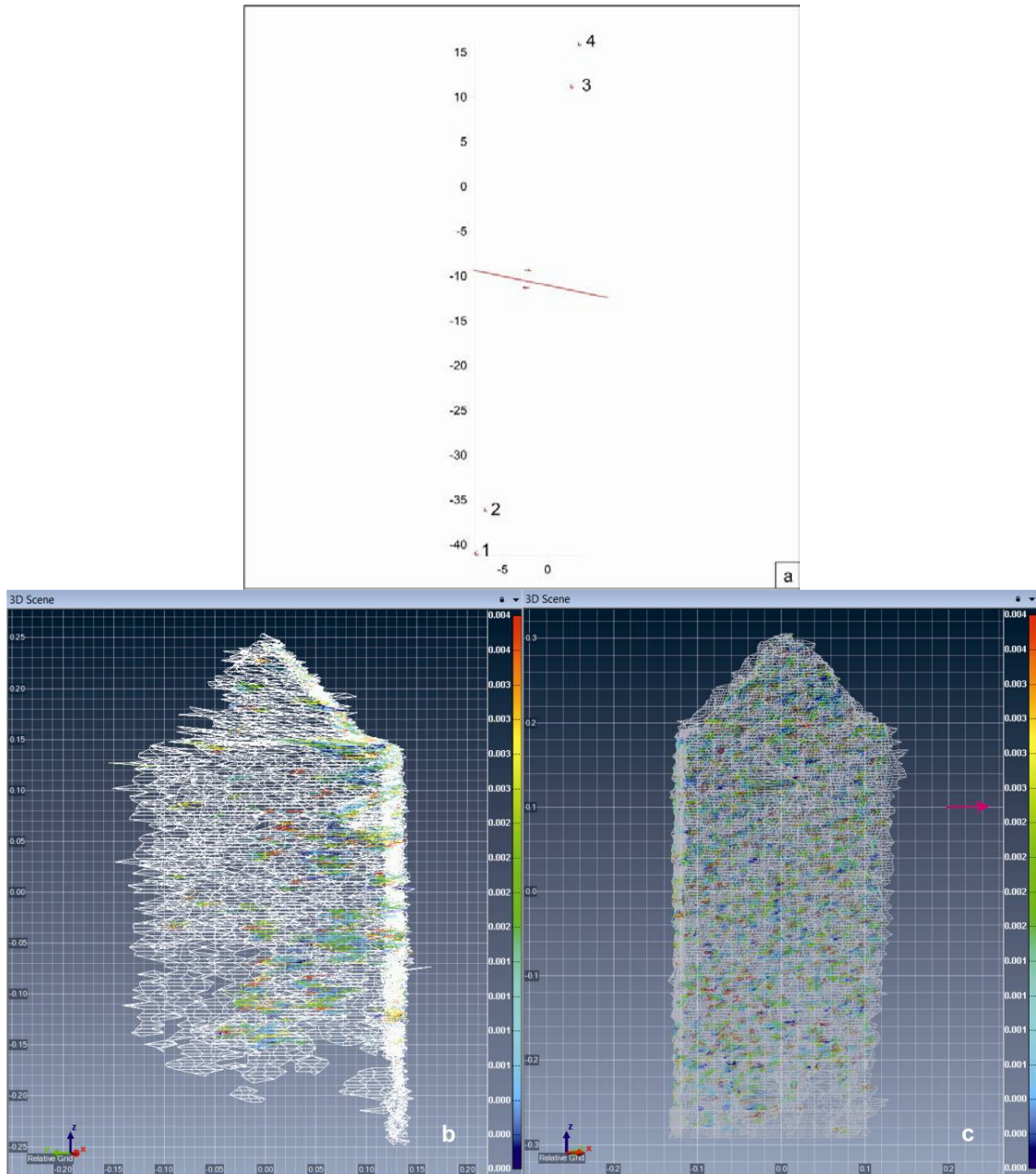
Aktaş istasyonunda Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda $2-3\pm 1$ mm'lik bir yer değıştirme görülmektedir (Şekil 7.9.a,b,c).



Şekil 7.9. Aktaş istasyonunda yapılan Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Direklerin konumu **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değıştirme miktarını göstermektedir.

7.2.2. Bilal bey istasyonu

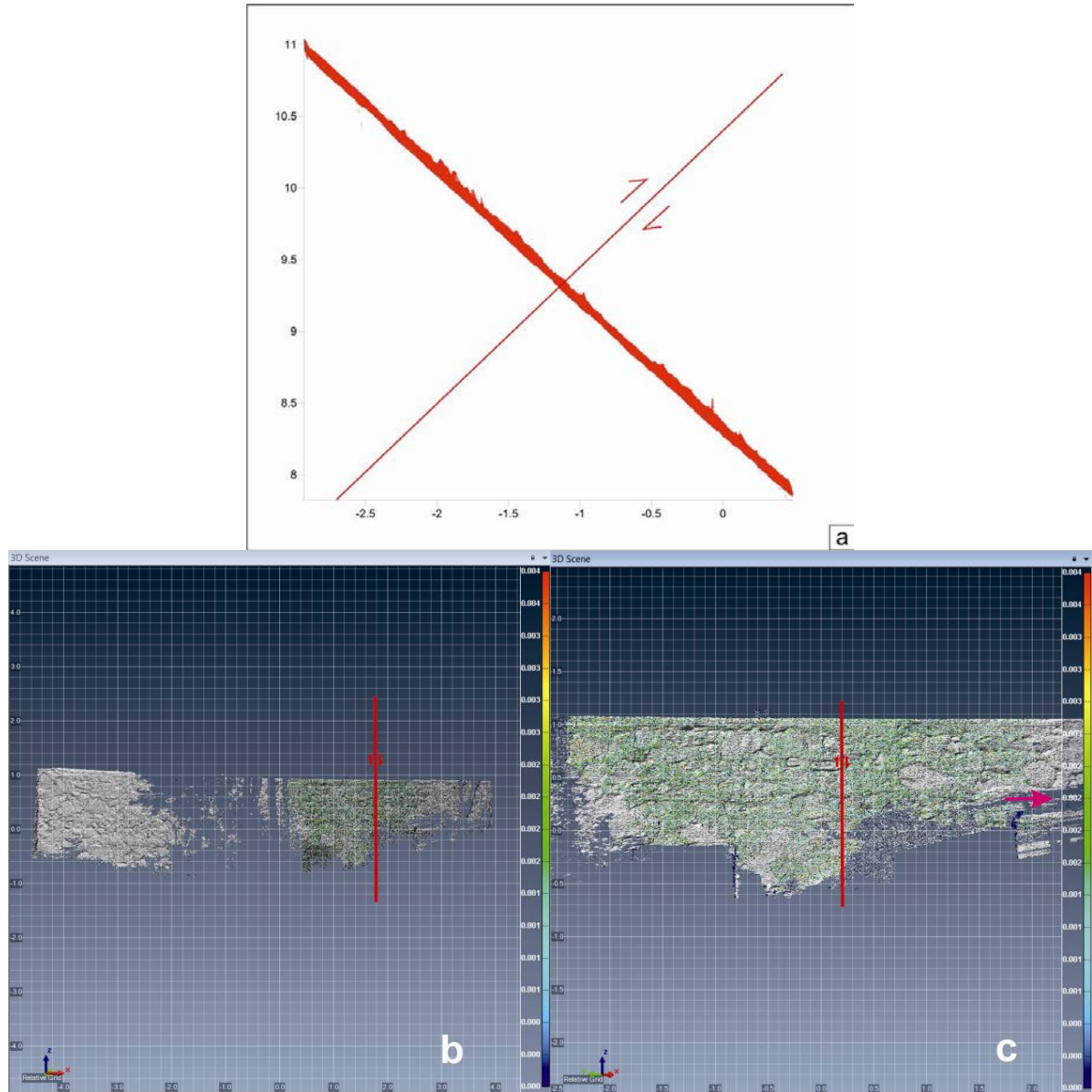
Bilal Bey istasyonunda Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçümlerine göre $2-3\pm 1$ mm yer değiştirme görölmektedir (şekil 7.10.a,b,c).



şekil 7.10. Bilal Bey istasyonunda yapılan Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Direklerin konumu **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

7.2.3. Destek bahçe duvarı

Destek'te yer alan bahçe duvarında yapılan Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında duvarda $2-3\pm 4$ mm'lik bir yer değiştirme görülmektedir (Şekil 7.11.a, b,c).



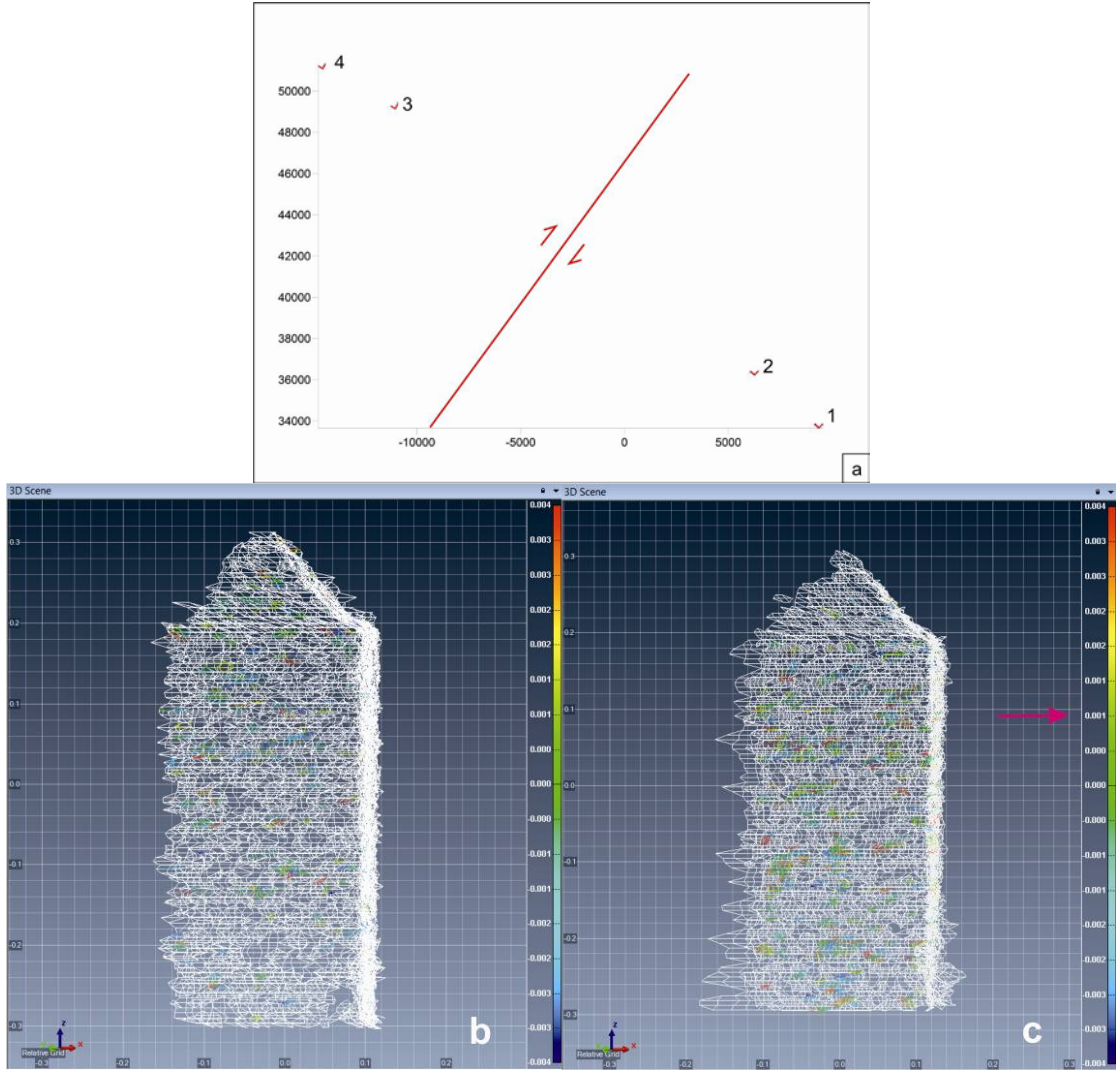
Şekil 7.11. Destek'te fay zonu üzerine yapılmış bahçe duvarına ait Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Duvarın genel uzanımı **b.** Duvarın uzaktan görünümü **c.** Duvarın yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını, kırmızı ok ise fayın konumunu göstermektedir.

7.2.4. Destek istasyonu

Destek istasyonuna 2014 yılı Temmuz ayında yapılan ziyarette gözlem istasyonunu oluşturan beton direklerin tamamen buğday tarlası içinde kalması sebebiyle ölçüm alınamamıştır. Bu sebeple Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçüm dönemlerinin karşılaştırılması gerçekleştirilememiştir.

7.2.5. Sepetli istasyonu

Sepetli istasyonunda Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda $1-2\pm 1$ mm'lik bir yer değiştirme görülmektedir (şekil 7.12.a, b,c).



şekil 7.12. Sepetli istasyonunda yapılan Eylül 2013-Temmuz 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması
a. Direklerin konumu **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü.

7.3. Aralık 2014 Ölçümü

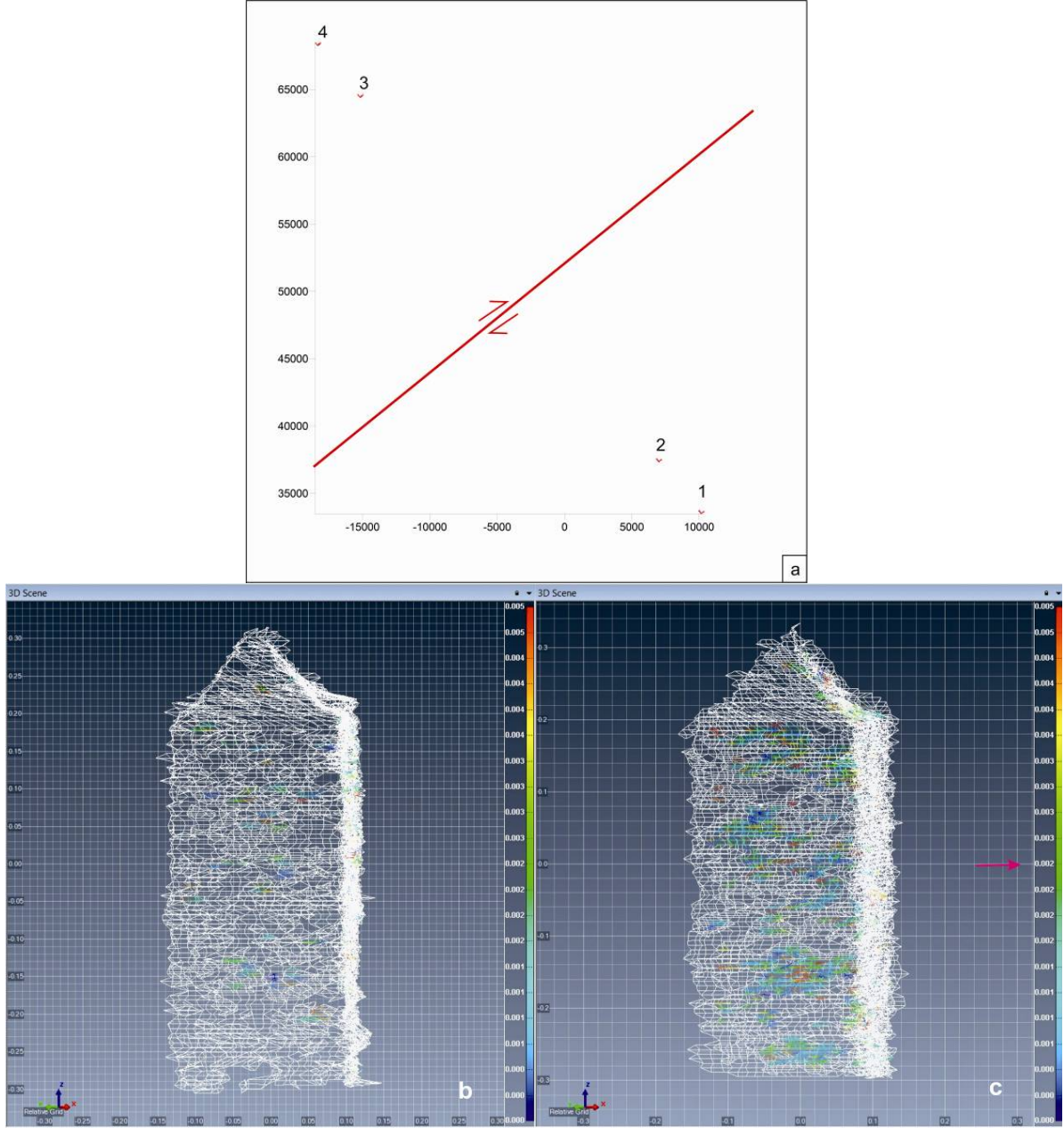
Eylül 2013’de gerçekleştirilen ölçümler temel ölçüm kabul edilerek Aralık 2014’de alınan ölçümler ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonuçlarının detayları aşağıda yer almaktadır, elde edilen değerler ise Çizelge 7.3’de görülmektedir.

Çizelge 7.3. Mart 2014, Temmuz 2014 ve Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırma sonuçları.

İstasyonlar	Ölçülen Yerdeğiştirme Miktarı (mm)			
	Eylül 2013	Mart 2014	Temmuz 2014	Aralık 2014
Aktaş	0	2-3±1	2-3±1	2-3±1
Bilal Bey	0	2-3±1	2-3±1	-
Destek	0	2-3±1	-	2-3±1
Destek Bahçe Duvarı	0	2-3±4	2-3±4	2-3±4
Sepetli	0	2-3±1	1-2±1	2-3±1

7.3.1. Aktaş istasyonu

Aktaş istasyonunda Eylül 2013-Aralık 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda $2-3\pm 1$ mm'lik bir yer değiştirme görülmektedir (Şekil 7.13.a,b,c).



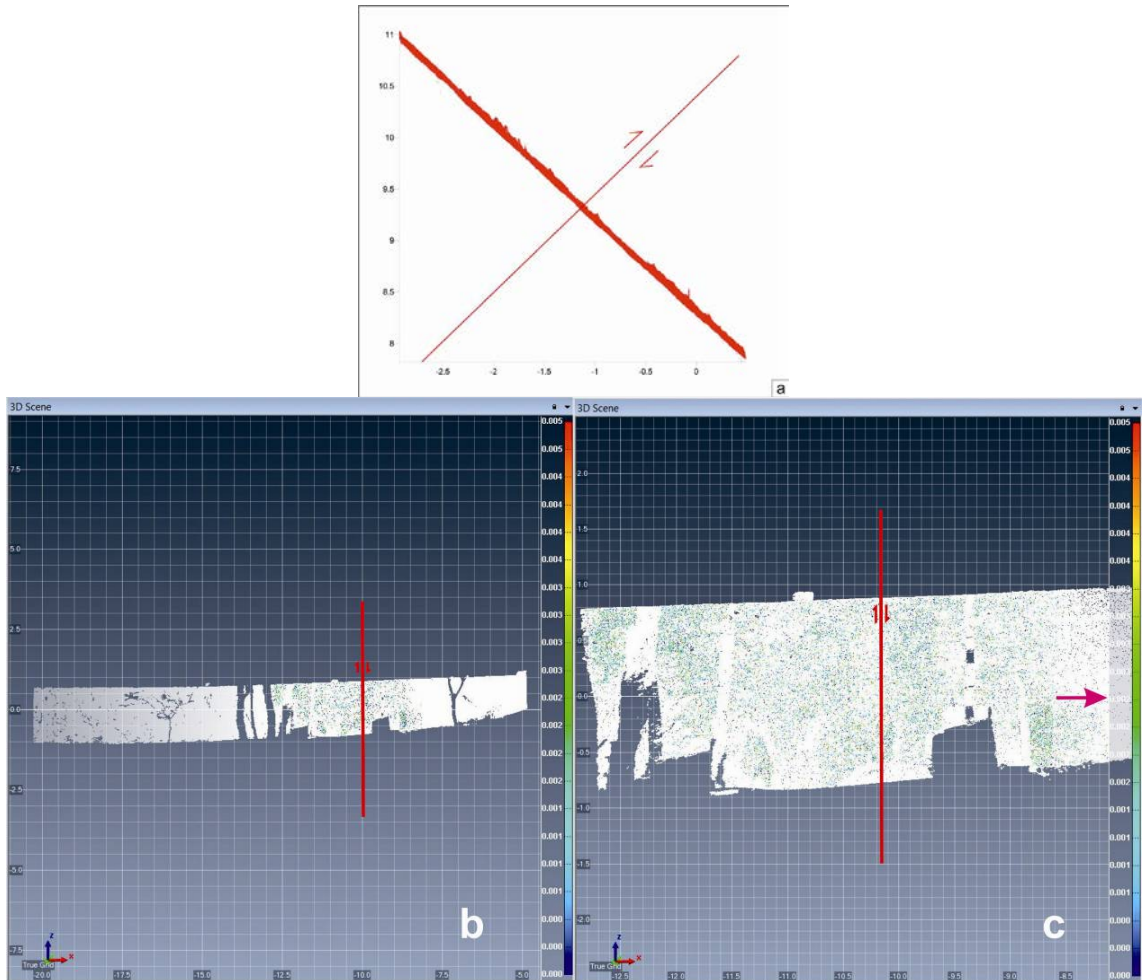
Şekil 7.13. Aktaş istasyonunda yapılan Eylül 2013-Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Direklerin konumu **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

7.3.2. Bilal bey istasyonu

Bilal Bey istasyonuna 2014 yılı Aralık ayında ölçüm alınmış olmasına rağmen bilgisayar ortamında veri düzgün bir şekilde açılmamıştır. Bu sebepten dolayı Eylül 2013-Aralık 2014 ölçüm dönemlerinin karşılaştırılması gerçekleştirilememiştir.

7.3.3. Destek bahçe duvarı

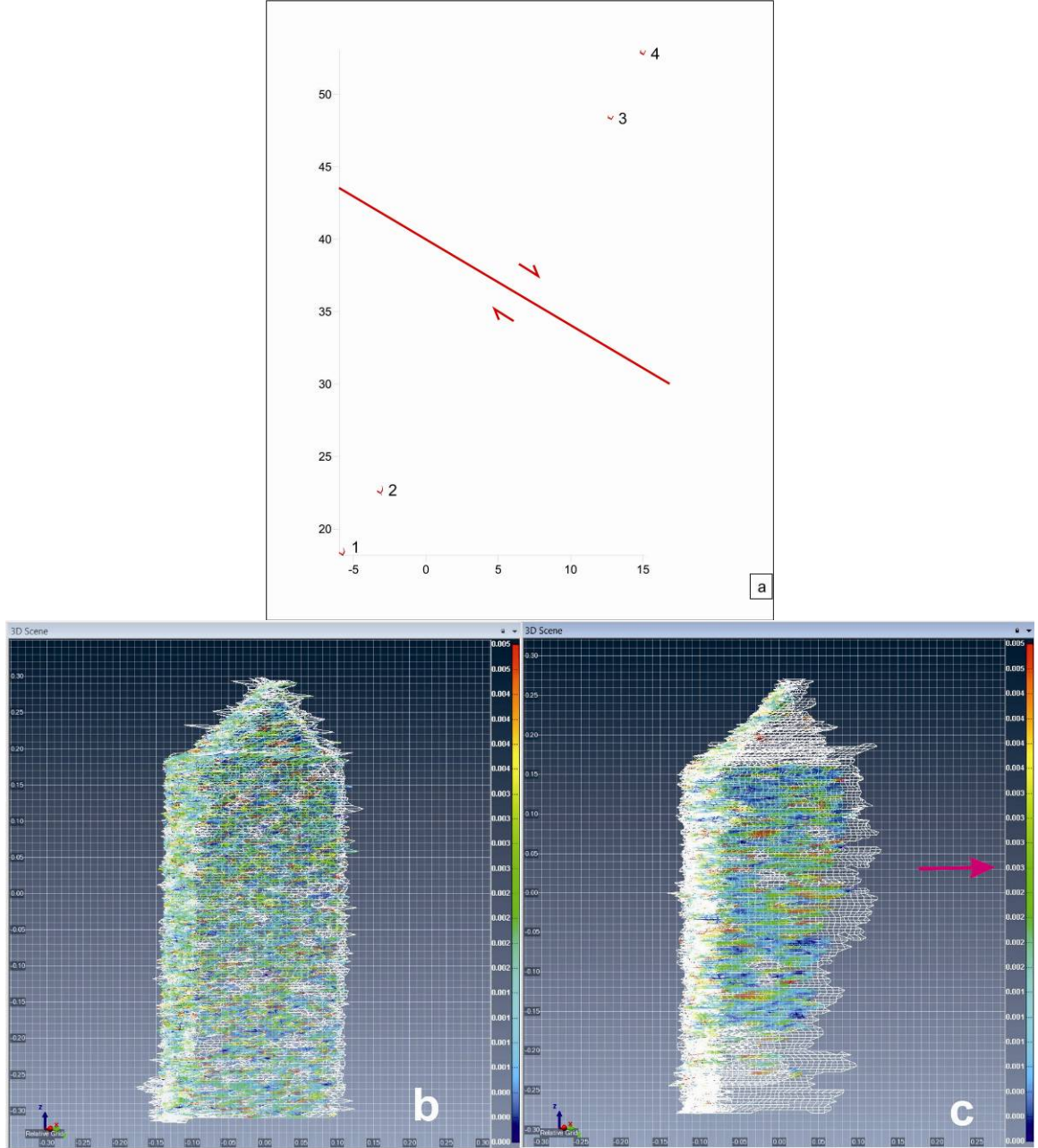
Destek'te yer alan bahçe duvarında yapılan Eylül 2013-Aralık 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında duvarda $2-3\pm 4$ mm'lik bir yer değiştirme görülmektedir (Şekil 7.14.a,b,c).



Şekil 7.14. Destek'te fay zonu üzerine yapılmış bahçe duvarına ait Eylül 2013-Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Duvarın genel uzanımı **b.** Duvarın uzaktan görünümü **c.** Duvarın yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını, kırmızı ok ise fayın konumunu göstermektedir.

7.3.4. Destek istasyonu

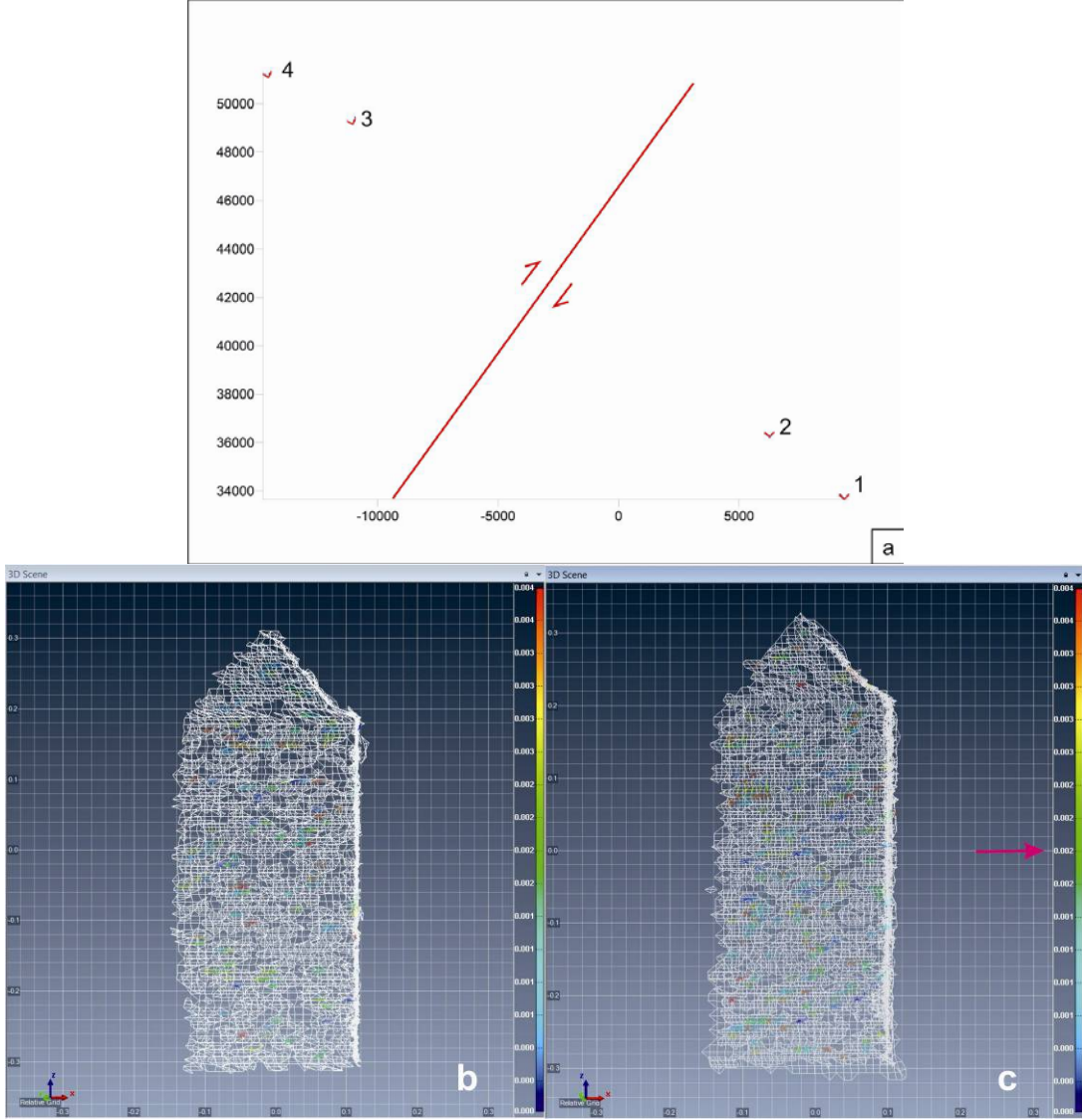
Destek istasyonunda Eylül 2013-Aralık 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda $2-3\pm 1$ mm'lik bir yer değiştirme görülmektedir (Şekil 7.15.a,b,c).



Şekil 7.15. Destek istasyonunda yapılan Eylül 2013-Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Direklerin konumu **b.** 2 numaralı direğin yakından görünümü **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

7.3.5. Sepetli istasyonu

Sepetli istasyonunda Eylül 2013-Aralık 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında 2014 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda $2-3\pm 1$ mm'lik bir yer değiştirme görülmektedir (Şekil 7.16.a,b,c).



Şekil 7.16. Sepetli istasyonunda yapılan Eylül 2013-Aralık 2014 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Direklerin konumu **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü.

7.4. Eylül 2015 Ölçümü

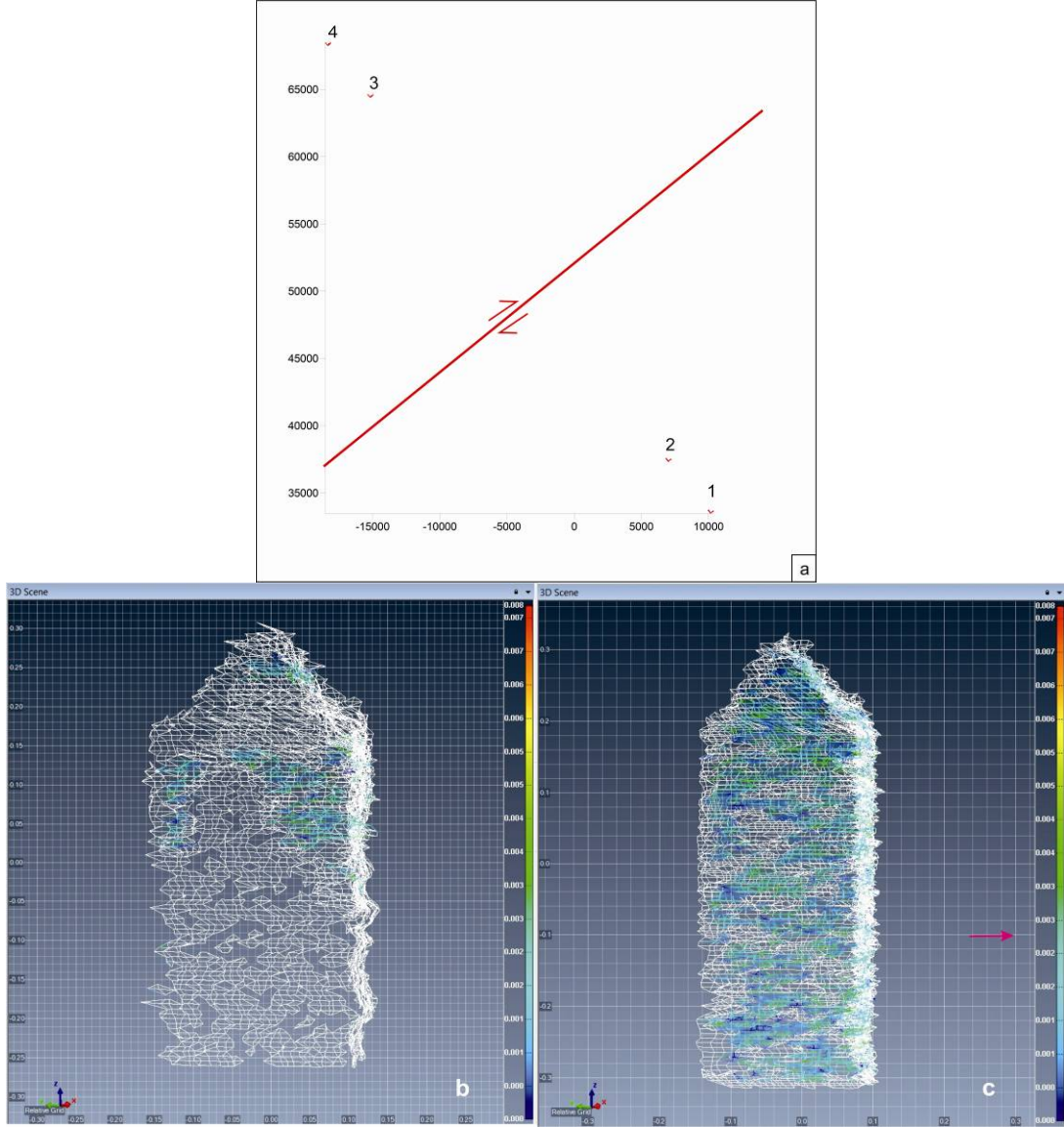
Eylül 2013’de gerçekleştirilen ölçümler temel ölçüm kabul edilerek Eylül 2015’de alınan ölçümler ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma sonuçlarının detayları her bir istasyon için aşağıda yer almaktadır. Karşılaştırma sonucunda elde edilen değerler ise Çizelge 7.4’de görülmektedir.

Çizelge 7.4. Mart 2014, Temmuz 2014, Aralık 2014 ve Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırma sonuçları.

İstasyonlar	Ölçülen Yerdeğiştirme Miktarı (mm)				
	Eylül 2013	Mart 2014	Temmuz 2014	Aralık 2014	Eylül 2015
Aktaş	0	2-3±1	2-3±1	2-3±1	2-3±1
Bilal Bey	0	2-3±1	2-3±1	-	2-3±1
Destek	0	2-3±1	-	2-3±1	-
Destek Bahçe Duvarı	0	2-3±4	2-3±4	2-3±4	-
Sepetli	0	2-3±1	1-2±1	2-3±1	2-3±1

7.4.1. Aktaş istasyonu

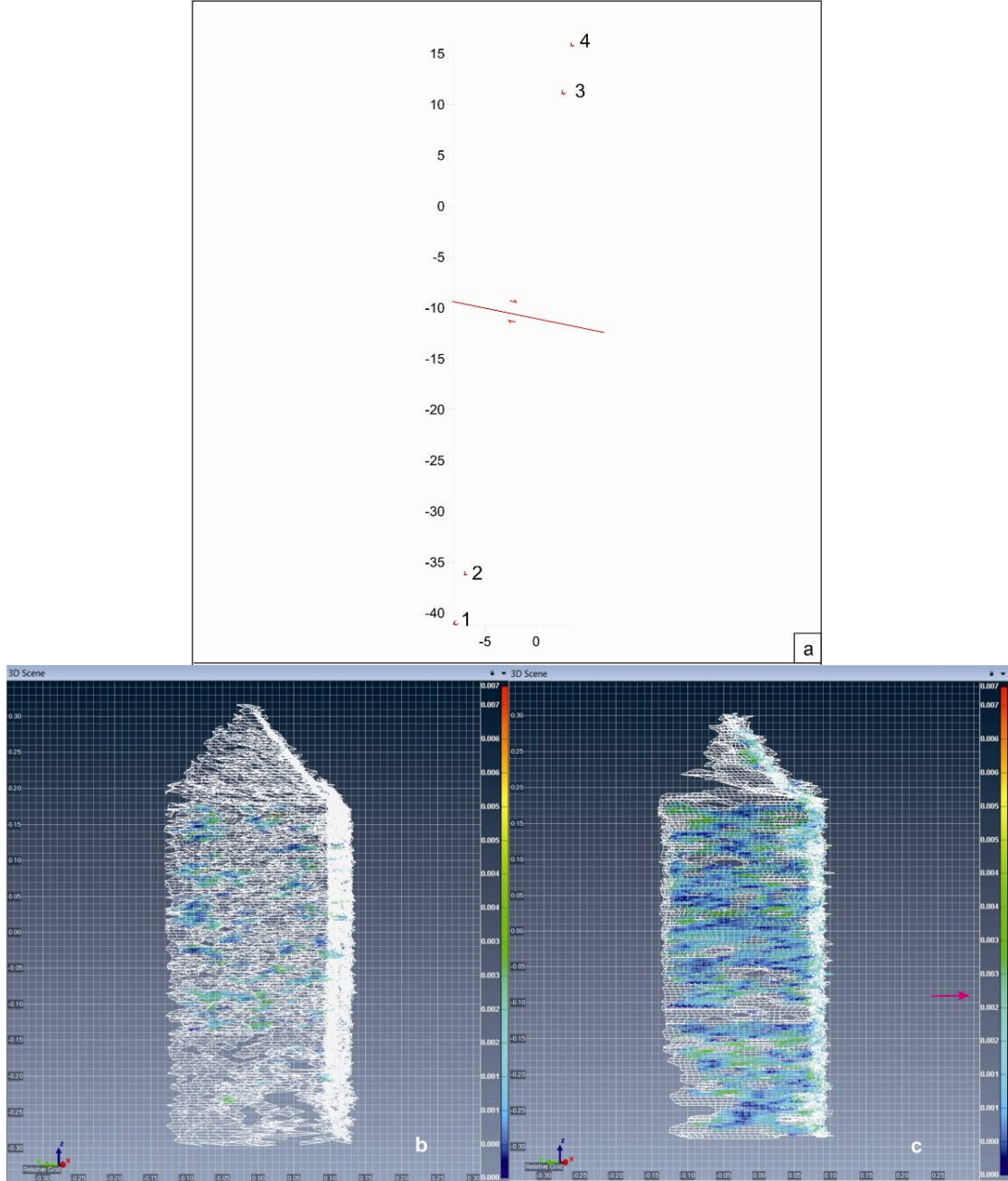
Aktaş istasyonunda Eylül 2013-Eylül 2015 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda $2-3\pm 1$ mm'lik bir yer değiştirme görülmektedir (Şekil 7.17.a,b,c).



Şekil 7.17. Aktaş istasyonunda yapılan Eylül 2013-Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Direklerin konumu **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü, **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

7.4.2. Bilal bey istasyonu

Bilal Bey istasyonunda Eylül 2013-Eylül 2015 ölçümlerine göre $2-3\pm 1$ mm yer değiştirme görülmektedir (Şekil 7.18.a,b,c).



Şekil 7.18. Bilal Bey istasyonunda yapılan Eylül 2013-Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Direklerin konumu **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü **c.** 3 numaralı direğin yakından görünümü. Pembe ok direklerde meydana gelen yer değiştirme miktarını göstermektedir.

7.4.3. Destek bahçe duvarı

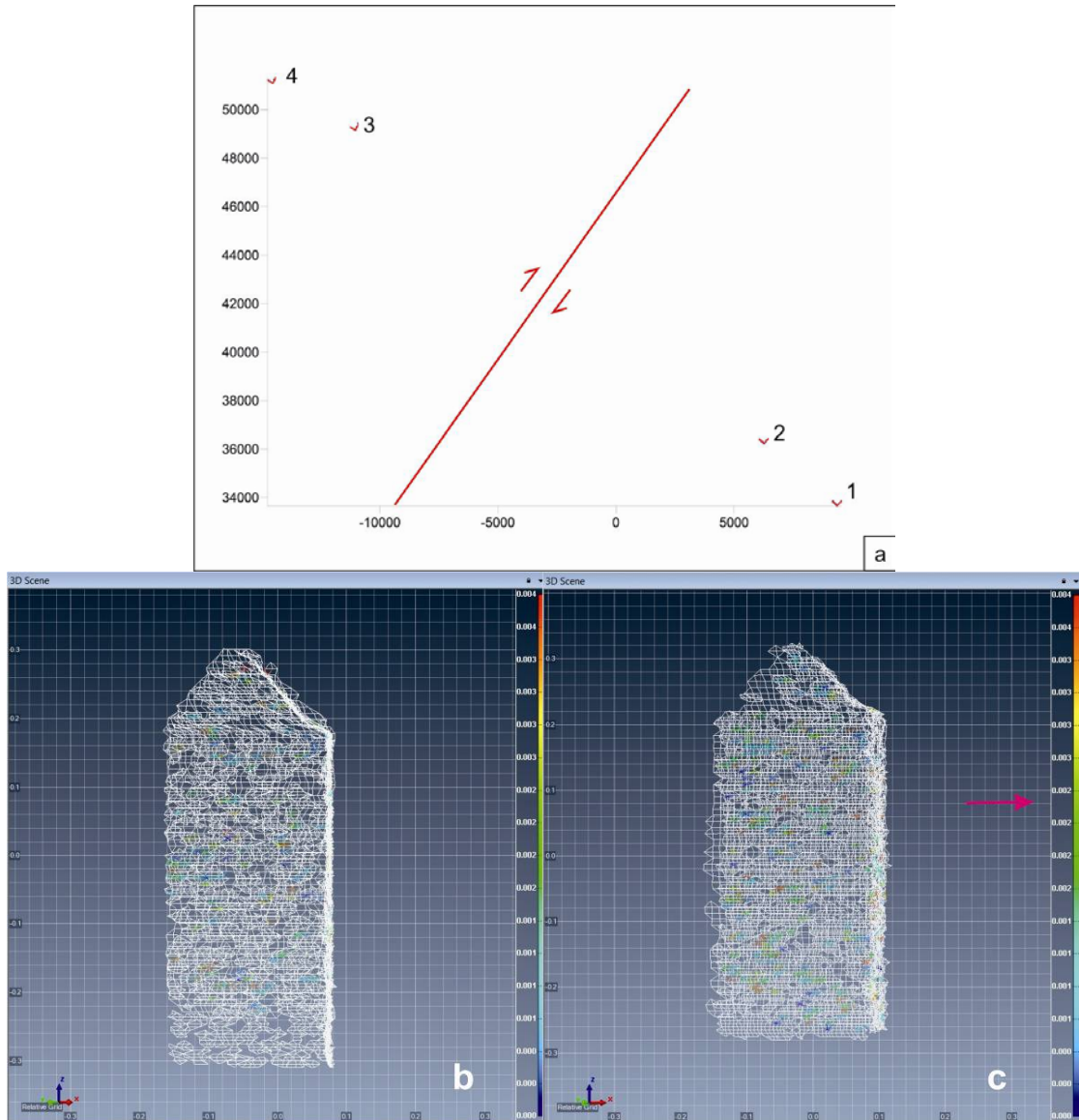
Destek'te yer alan bahçe duvarında yapılan Eylöl 2013-Eylöl 2015 ölçümleri Eylöl 2015 tarihinde alınan veriye ait nokta bulutunun seyrek olması nedeni ile karşılaştırılamamıştır.

7.4.4. Destek istasyonu

Destek istasyonunda Eylöl 2013-Eylöl 2015 ölçümleri Eylöl 2015 tarihinde alınan veriye ait nokta bulutunun seyrek olması nedeni ile karşılaştırılamamıştır.

7.4.5. Sepetli istasyonu

Sepetli istasyonunda Eylül 2013-Eylül 2015 ölçümleri karşılaştırıldığında bu lokasyonda $2-3\pm 1$ mm'lik bir yer değıştirme görülmektedir (Şekil 7.19.a,b,c).



Şekil 7.19. Sepetli istasyonunda yapılan Eylül 2013-Eylül 2015 ölçümlerinin karşılaştırılması **a.** Direklerin konumu **b.** 1 numaralı direğin yakından görünümü **c.** 4 numaralı direğin yakından görünümü.

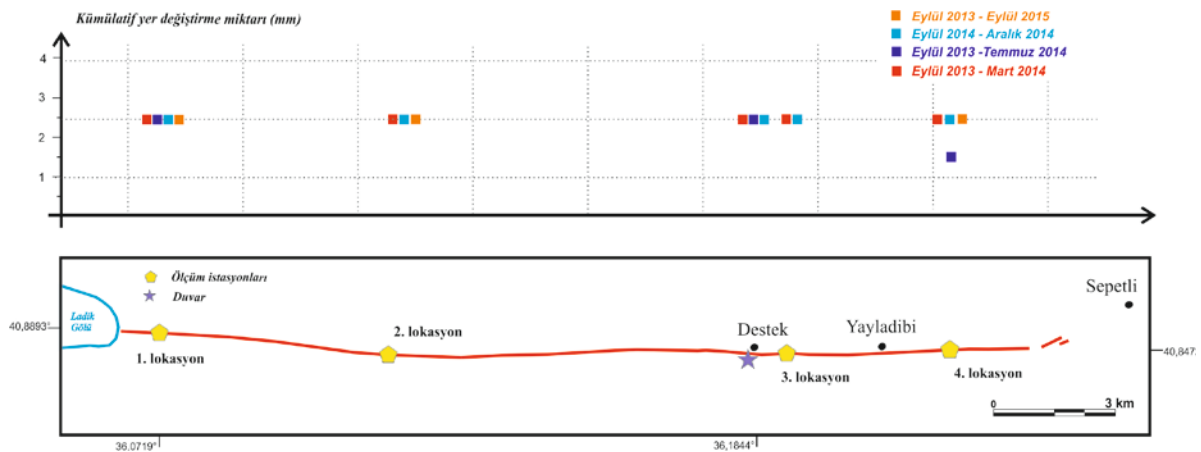
8. SONUÇ VE ÖNERİLER

KAFZ'nun Ladik-Taşova segmenti üzerinde gözlem için kurulan istasyonlarda ve Destek'te bulunan bahçe duvarında Eylül 2013, Mart 2014, Temmuz 2014, Aralık 2014 ve Eylül 2015'de olmak üzere beş ayrı dönemde yersel LIDAR kullanılarak ölçümler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yapılan ölçümler için hata payı 0.001 metre=1mm olarak hesaplanmış, duvar üzerinde gerçekleştirilen ölçümler için ise daha önceden yapılmış çalışmalarda belirlenen hata payı ± 4 mm belirlenmiştir (Karabacak vd., 2011). İstasyonlarda ve duvarda Eylül 2013'de yapılan ilk ölçüm referans alınarak daha sonraki dönemlerdeki ölçümler bu ölçümle tek tek kıyaslanmış, geçen zaman dilimi içinde herhangi bir deformasyon olup olmadığına bakılmıştır. Bu kıyaslama sonrasında elde edilen değerler Çizelge 8.1'de görülmektedir.

Çizelge 8.1. Yersel LIDAR kullanılarak çalışma alanı içersinde gerçekleştirilen ölçümlerin değerlendirme sonuçları (- : Ölçüm alınamayan yada alınan veride bilgisayar ortamında eksiklik olmasından dolayı karşılaştırma gerçekleştirilemeyen dönemleri temsil etmektedir).

Gözlem Noktaları/ Ölçüm zamanları	Eylül 2013/ Mart 2014	Eylül 2013/ Temmuz 2014	Eylül 2013/ Aralık 2014	Eylül 2013/ Eylül 2015
Aktaş İstasyonu	2-3 \pm 1 mm	2-3 \pm 1 mm	2-3 \pm 1 mm	2-3 \pm 1 mm
Bilal Bey İstasyonu	2-3 \pm 1 mm	2-3 \pm 1 mm	-	2-3 \pm 1 mm
Destek İstasyonu	2-3 \pm 1 mm	-	2-3 \pm 1 mm	-
Destek Bahçe Duvarı	2-3 \pm 4 mm	2-3 \pm 4 mm	2-3 \pm 4 mm	-
Sepetli İstasyonu	2-3 \pm 1 mm	1-2 \pm 1 mm	2-3 \pm 1 mm	2-3 \pm 1 mm

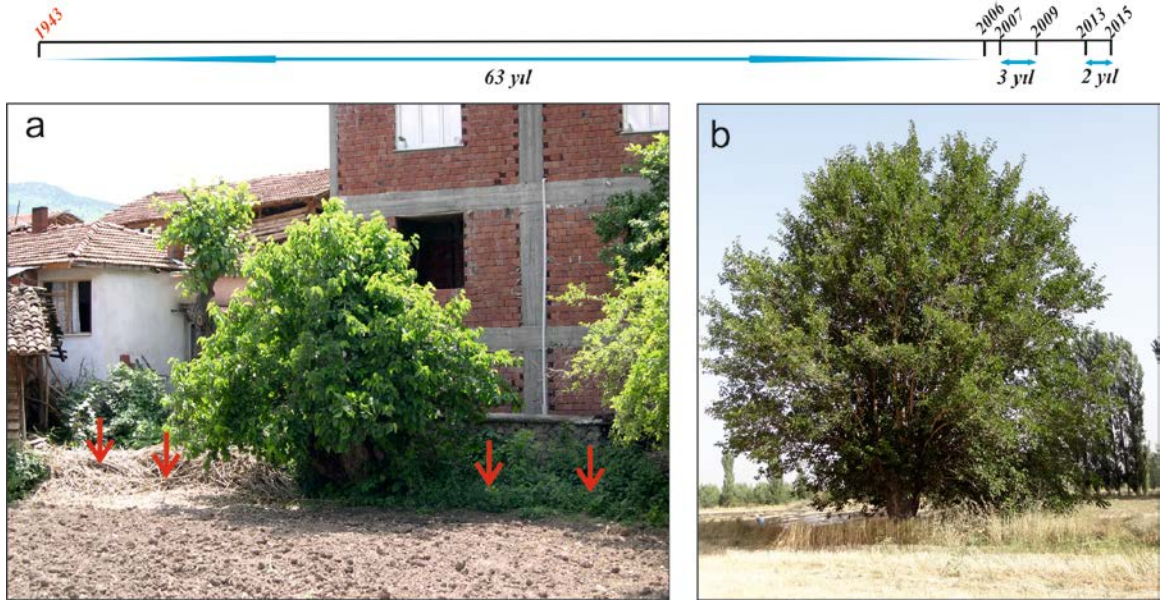
İki yıllık ölçüm dönemi içerisinde yapılan karşılaştırma sonuçlarında gözlemlenen değerlerin istasyonlar için $2-3 \pm 1$ mm'yi, bahçe duvarı için ise $2-3 \pm 4$ mm'yi geçmediği görülmektedir (Şekil 8.1). Her karşılaştırmada kümülatif yer değiştirme miktarına bakıldığı için bölgede 2013-2015 yılları arasında ölçüm istasyonlarının boyunca herhangi bir deformasyon olması halinde elde edilen değerlerde bir artış olmasını beklemek mümkündür. Ancak böyle bir durum söz konusu olmadığı için 2013-2015 yılları arasında segment üzerinde bir deformasyonun olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuç ile birlikte segment üzerinde 1943 Ladik-Taşova depremi sonrasında yapılmış gözlemler ve çalışmalar birlikte değerlendirilerek, deprem sonrasında uzun dönemli bir postsismik hareketin var olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu gözlem ve önceki çalışmalara ait detaylara 1943 depremi sonrasında başlayarak yer verilmiştir.



Şekil 8.1. Ladik-Taşova segmenti boyunca istasyonlarda elde edilen ölçüm sonuçlarına ait grafik.

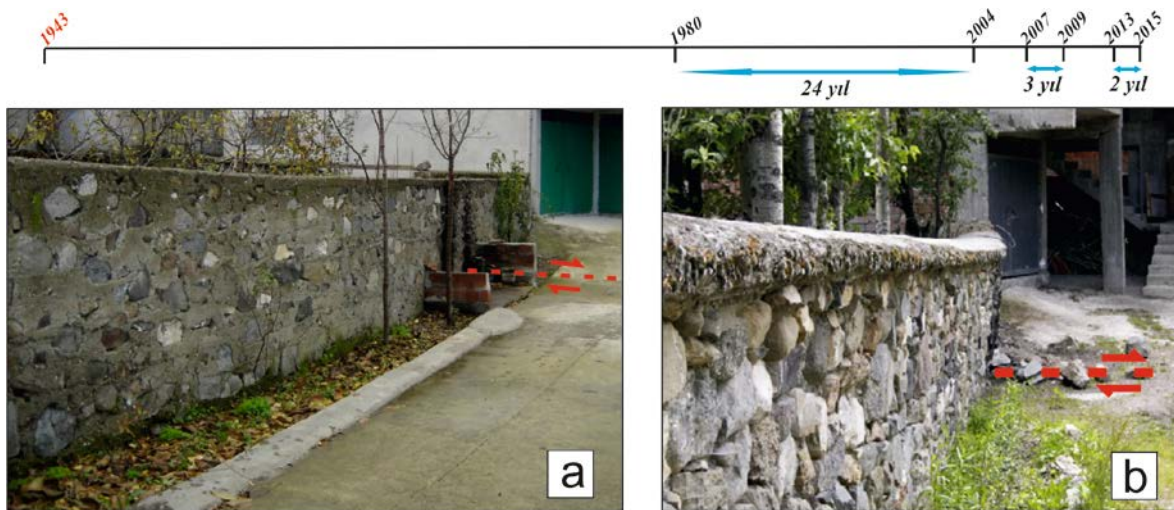
1943 depremi yüzey kırığının Destek'te ölçüm yapılan bahçe duvarı ile aynı güzergahta bir dut ağacından geçerek ağaçta hasar meydana getirdiği bilinmektedir (Barka, 1996). Depremden sonra fay hareketi ile birlikte yer değiştiren ağacın, 2002 yılında Erhan Altunel tarafından yapılan arazi gözlemlerinde yeniden yeşerdiği ancak tam gelişemediği belirlenmiştir (Şekil 8.2.a). Daha sonraki dönemde de gelişemeyen bu ağaç yöre halkından edinilen bilgilere göre 2006 yılından sonra kesilmiştir. Destek'te fay zonu üzerinde büyümüş dut ağacı kalınlığındaki sağlıklı bir dut ağacının boyu 10 m'nin üzerindedir (Şekil 8.2.b) Destek'te yer alan dut ağacının 2002 yılında çekilmiş fotoğrafına bakıldığında (Şekil 8.2.a) ağaç gövdesinin normal büyüklükte gelişmiş bir dut ağacı gövdesi kadar kalın

olduğu ancak depremden sonra gövdenin normal boyutlara göre yaklaşık yarısının fay zonu boyunca gömüldüğü açıkça görülmektedir. Bu gözlem, ağacın 1943 depreminden önce burada büyüdüğünü (herhangi bir deformasyona maruz kalmadığını) ancak depremden sonra zaman içinde faydaki harekete bağlı olarak gömülmüş ve gelişiminin yavaşlamış olabileceğini göstermektedir. Benzer şekilde literatürde yapılmış bazı çalışmalarda krip gözlemlenen alanlarda, hareketin bir deprem ile başlamış olabileceğini önermektedir. Örneğin, bazı araştırmacılara göre KAFZ'nun İsmetpaşa segmentinde ve SAFZ'nun krip gözlemlenen alanlarında krip hareketinin deprem sonrasında postsismik bir hareket olarak başladığı düşünülmektedir. (Çakır vd., 2005; Schmidt vd., 2005).

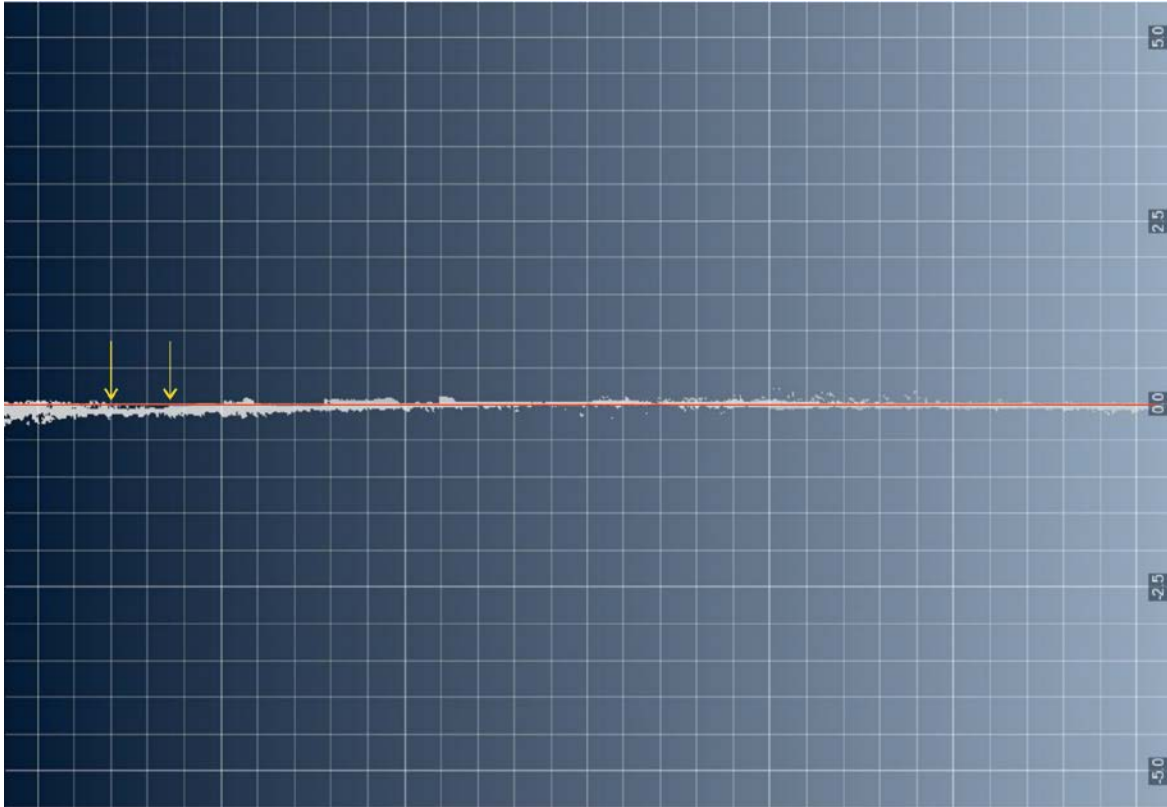


Şekil 8.2. İki ayrı dut ağacı fotoğrafı **a.** Destek'te 1943 depremi yüzey kırığı üzerinde yer alan dut ağacının 2002 yılında çekilmiş fotoğrafı. Kırmızı oklar fay uzanımı göstermektedir, ağacın bu hat boyunca derine gömüldüğü görülmektedir. Ağaç deprem sonrasında 63 yıl mevcudiyetini korumuş, yöre halkı tarafından 2006 yılında kesilmiştir (Erhan Altunel'in arşivinden) **b.** Gelişimi tamamlamış bir dut ağacının fotoğrafı (Erhan Altunel'in arşivinden).

Bu çalışma kapsamında ve önceki çalışmalarda izlenen (Karabacak vd., 2011) bahçe duvarı (Şekil 8.3.a) aslında 2004 yılında yapılmış yeni bir duvardır. Bu bahçe duvarı öncesinde aynı yerde 1980 yılında yapılmış ve 2004 yılında insanların herhangi bir etkisi olmadan yıkılmış bir duvar olduğu bilinmektedir (Şekil 8.3.b). Eski bahçe duvarının 2002 yılında çekilmiş fotoğrafında fay zonu üzerine denk gelen deformasyon net bir şekilde görülmektedir (Şekil 8.3.a). 1980 yılında yapılan bu duvarın deformasyona uğraması ve 24 yıl sonra yıkılması bölgede var olan hareketi tolere edemediğini göstermektedir. 2004 yılında eski duvar yerine yeniden inşa edilen duvarda ise 2007-2009 yılları arasında yıllık $6.0-7.2 \pm 4.0$ mm'lik bir deformasyon ölçülmüştür (Karabacak vd., 2011). 2004 yılında yapılan duvarın tez çalışması sırasında yersel LIDAR ile elde edilen görüntülerinde deformasyon görülmektedir (Şekil 8.4) ancak bu çalışma kapsamında 2013-2015 yılları arasında duvar üzerinde bir deformasyonun varlığı belirlenmemiştir.



Şekil 8.3. Destek'te fay zonu üzerine inşa edilmiş duvarlar **a.** 2004 yılında yıkılan duvarın yerine yeniden inşa edilen duvar. Kırmızı kesikli çizgi fayın uzanımını göstermektedir. 2007-2009 yılları arasında (Karabacak vd., 2011) ve bu çalışma kapsamında 2013-2015 yılları arasında ölçümlerin gerçekleştirildiği duvar bu yeni duvardır. **b.** Destek'te fay uzanımına (kırmızı kesikli çizgi) yaklaşık olarak dik inşa edilen bahçe duvarının 2003 yılında çekilmiş bir fotoğrafı. İlk kez 1980 yılında yapılan duvar bundan 24 yıl sonra 2004 yılında kendiliğinden yıkılmıştır. Duvarda fay ile aynı güzergahta oluşmuş deformasyon net bir şekilde görülmektedir (Erhan Altunel'in arşivinden).



Şekil 8.4. 2004 yılında inşa edilen yeni duvarın 2014 yılında yersel LIDAR ile elde edilmiş kuşbakışı görüntüsü.

Yukarıda belirtilen gözlemler ve veriler ışığında KAFZ'nun Ladik-Taşova segmentinin bu kesiminde 1943 depreminin postsismik deformasyonunun 70 yıl kadar sürdüğü ileri sürmek mümkündür. Farklı fay zonları üzerinde postsismik deformasyonlara ait gözlemler genellikle birkaç ay veya yılı kapsamaktadır (Shen vd., 1994; Savage ve Svarc 1997; Baer vd., 2001; Okada ve Nagata, 1953; Fujita, 1972; Kasahara, 1975; Brown vd., 1977) ancak bazı büyük depremlerden sonra uzun dönemde deformasyonun devam ettiğide ortaya konulmuştur (Thatcher vd., 1980; Prescott ve Lisowski, 1980; Thatcher, 1983,a). Örneğin, KAFZ ile benzer özellikler taşıdığı bilinen SAFZ'nda (Ketin, 1976) uzun dönemde gerilmedeki azalışın en az 30 yıl beklide bir sonraki depreme kadar devam ettiğini belirten çalışmalarda mevcuttur (Thatcher, 1983,b). Bu veriler göz önüne alındığında 1943 depreminin postsismik deformasyonunun uzun sayılabilecek bir süre devam ettiği görülmektedir. Bunun nedenlerinin (fayın geometrisi, ortamın jeolojisi vb.) araştırılması ile aktif fay çalışmalarına önemli katkıların sağlanması mümkündür.

Uzun dönemde devam eden postsismik hareketin varlığının, deprem sırasında oluşan kosismik ötelenme miktarından farklı olarak yer değiştirmeler meydana getirdiği ve toplam yer değiştirme miktarını arttırdığı bilinmektedir (Şaroğlu ve Erdoğan, 1983; Şaroğlu ve Barka, 1995; Paul vd., 2007). Postsismik yerdeğiştirme miktarları ise paleosismoloji çalışma verilerinin doğru yorumlanabilmesi açısından oldukça önemlidir çünkü bu çalışmalarda yer değiştirme miktarları ölçülerek geçmiş depremlerin büyüklükleri hakkında yorum yapılmaktadır (McCalpin, 1996). Bu durumda, kosismik ve postsismik değerlerin bir arada ölçüldüğünü paleosismoloji çalışmalarında postsismik kaymaların göz önüne alınması ile daha doğru sonuçlara ulaşılması mümkündür. Bu nedenle depremler olduktan sonra postsismik hareketlerin ayrıntılı izlenmesi ve araştırılması oldukça önem taşımaktadır.

Ayrıca farklı zaman aralığında ve farklı uzunluklarda meydana gelen deprem süreçlerinin ortaya çıkması için postsismik hareketlerin önemli olduğu bilinmektedir (Kenner ve Segall., 2000). Bu nedenle bu çalışma kapsamında segment üzerinde iki yıllık bir süre içerisinde gerçekleştirilen deformasyonun takibinin devam etmesi ve deformasyon hareketinin zamansal olarak değişiminin belirlenmesi önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Altay, C., Sav, H., 1991, Continuous creep measurement along the North Anatolian fault zone, Turk. Jeol. Kurult. Bul. (6) s.77– 84.
- Altunel, E., Akyüz, S., Meghraoui, M., Kıyak, N., Karabacak, V., Yalçın, C.Ç., 2009. Büyük Menderes Fay Zonunun Arkeosismolojisi ve Paleosismolojisi, 105Y348 nolu TÜBİTAK Projesi Raporu.
- Ambraseys, N. N., 1970, Some characteristic features of the Anatolian fault zone, Tectonophysics 9, p. 143–165.
- Ambraseys, N. N., Finkel, C., 1995, The Seismicity of Turkey and Adjacent Areas: A Historical Review, 1500–1800, Muhittin Salih Eren, Istanbul, 0–240.
- Aytun, A., 1982, Creep measurements in the İsmetpaşa region of the North Anatolian Fault Zone, in: Multidisciplinary approach to earthquake prediction 2, edited by: Isikara, A. M., Vogel, A., Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, p. 279–292.
- Baer, G., Shamir, G., Sandwell, D., Bock, Y., 2001, Crustal deformation during 6 years spanning the Mw = 7.2 1995 Nuweiba earthquake, analyzed by Interferometric Synthetic Aperture Radar, Isr. J. Earth Sci.; 50 p. 9–22.
- Barka, A. A., 1992, The North Anatolian fault zone, Annales Tectonicae, 6, p.164-195.
- Barka, A. A., 1996, Slip distribution along the North Anatolian Fault associated with large earthquakes of the period 1939 to 1967, Bulletin of the Seismological Society of America, 86, p.1238-1254.
- Barka, A. A., Kadinsky-Cade, K., 1988, Strike-Slip Fault Geometry in Turkey and Its Influence on Earthquake Activity, Tectonics, 7, p.663-684.
- Barka, A. A., Şaroğlu, F. Güner, Y., 1983, 1983 Horasan-Narman depremi ve bu depremin Doğu Anadolu neotektoniğindeki önemi. Yeryuvarı ve İnsan, 8/3, 16-21.
- Barka, A., R. Reilinger, 1997, Active Tectonics of Eastern Mediterranean region: deduced from GPS, neotectonic and seismicity data, Annali Di Geofisica, X2(3), p.587–610.
- Bawden, G.W., Kayen, R., Silver, M.H., Brandt, J.T., Collins, B.D., 2004, Evaluating tripod LIDAR as an earthquake response tool. Eos. Trans., AGU, 85, Fall Meet. Suppl. Abstract.
- Bellian, J.A., Kerans, C., Jennette, D.C., 2005, Digital outcrop models: applications of terrestrial scanning LIDAR technology in stratigraphic modeling. Journal of Sedimentary Research. 75, p.166-176.
- Blumenthal, M. M., 1945a, Ladik deprem Hattı, M.T.A. Mec, 1/33, s.153-162

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Blumenthal, M. M., 1945b, Die Kelkit Dislocation und ihre tectonische rolle, Bull. Mineral Res. Explor. Ints. Turkey 2/34, p.372-386.
- Blumenthal, M.M., 1950, Orta ve Aşağı Yeşilirmak bölgelerinin jeolojisi hakkında. MTA Yayınları Seri. D No.4.
- Bonnaffe, F., Jennette, D., Andrews, J., 2007, A method for acquiring and processing ground-based LIDAR data in difficult to access outcrops for use in three dimensional, virtual reality models. Geosphere. 3, 6, p.501-510.
- Bozkurt, E., 2001, Neotectonics of Turkey – a Synthesis. Geodinamica Acta, 14, p. 3-30.
- Brown, L. D., Reillinger, R. E., Holdahl, S. R., Balazs, E. I., 1997, Postseismic crustal uplift near Anchorage, Alaska, J. Geophys. Res., 82, p. 5349-5359.
- Brown, R. D., Jr., Wallace, R. E., 1968, Current and historic fault movement along the San Andreas fault between Paicines and Camp Dix, California, in Proc. of the Conf. on Geologic Problems of the San Andreas Fault System, Stanford Univ. Pub. Geol. Sci. 11, 22–39.
- Burford, R. O., Harsh, P. W., 1980, Slip on the San Andreas fault in central California from alinement array surveys, Bull. Seism. Soc. Am. 70, 1233–1261.
- Cakir, Z., Ergintav, S., Ozener, H., Dogan, U., Akoglu, A. M., Meghraoui, M., Reilinger, R., 2012, Onset of aseismic creep on major strike-slip faults, Geology, 40(12), 1115–1118.
- Carpenter, B.M., Marone, C., and Saffer, D.M., 2011, Weakness of the San Andreas Fault revealed by samples from the active fault zone: Nature Geoscience, v. 4, p. 251–254, doi:10.1038/ngeo1089.
- Champenois, J., Fruneau, B., Pathier, E., Deffontaines, B., Lin, K.-C., Hu, J.-C., 2012, Monitoring of active tectonic deformations in the Longitudinal Valley (Eastern Taiwan) using Persistent Scatterer InSAR method with ALOS PALSAR data, Earth Planet. Sci. Lett., 337–338, 144–155.
- Cluff, L. S., Steinbrugge, K. V., 1966, Hayward fault slippage in the Irvington–Niles districts of Fremont, California, Bull. Seism. Soc. Am. 56, p. 257–279.
- Çakir, Z., Akoglu, A.M., 2008, Synthetic aperture radar interferometry observations of the M=6.0 Orta earthquake of 6 June 2000 (NW Turkey): reactivation of a listric fault. Geochem. Geophys. Geosyst. 9. doi:10.1029/2008GC002031 Q08009.
- Çakir, Z., Akoglu, A.M., Belabbes, S., Ergintav, S., Meghraoui, M., 2005, Creeping along the Ismetpasa section of the North Anatolian fault (Western Turkey): Rate and extent from InSAR. Earth and Planetary Science Letters. 238, p. 225-234.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Çetin, E., Çakir, Z., Meghraoui, M., Ergintav, S., Akoğlu, A., 2014, Extent and distribution of aseismic slip on the İsmetpaşa segment of the North Anatolian Fault (Turkey) from Persistent Scatterer InSAR, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 15, doi:10.1002/2014GC005307.
- Deguchi, T., 2011, Creep Motion Monitoring along North Anatolian Fault by using DInSAR and Time Series Analysis. 8th FIG Regional Conference, Surveying towards Sustainable Development, Montevideo, Uruguay.
- Deniz, R., Aksoy, A., Yalın, D., Seeger, H., Franke, P., Hirsch, O. Bartsch, P., 1993, Determination of crustal movements in Turkey by terrestrial geodetic methods. *J. Geodyn.* 18, p.13-22.
- Dewey, J. W., 1976, Seismicity of Northern Anatolia, *Bull. Seism. Soc. Am.* 66, p.843-868.
- Doğan, A., Kondo, H., Emre, O., Awata, Y., Özalp, S., Tokay, E., Yildirim, C., 2002, Stable creeping and distant triggered slips by the 1999 İzmit Earthquake along the İsmetpaşa section, North Anatolian fault zone, Turkey. *Eos, Trans.—Am. Geophys. Union* 83 (47) Fall Meet. Suppl. Abstract, S11B-1156.
- Donnellan A., Lyzenga, G. A., 1998, GPS observations of fault afterslip and upper crustal deformation following the Northridge earthquake, *J. Geophys. Res.*, 103, 21,285-21,297.
- Duquesnoy, T., Barrier, E., Kasser, M., Aurelio, M., Gaulon, R., Punongbayan, R. S., Rangin, C., Bautista, B. C., Delacruz, E., Isada, M., Marc, S., Puertollano, J., Ramos, A., Prevot, M., Dupio, M., Eto, I., Sajona, F. G., Rigor, D., Delfin, F. G., Layugan, D., 1994, Detection of creep along the Philippine fault: first results of geodetic measurements on Leyte Island, central Philippines, *Geophys. Res. Lett.* 21, p. 975–978.
- Ekercin, S., Üstün, B., 2004, Uzaktan Algılamada Yeni Bir Teknoloji: LIDAR, *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi* 2004/91, s.34-38.
- Emre, Ö., Duman, T. Y., Kondo, H., Özalp, S., Elmacı, H., 2012, 1:250.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi, Tokat (NK 37-13) Paftası, Seri No:35 Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye.
- Eren, K., 1984. Strain analysis along the North Anatolian fault by using geodetic surveys. *Bulletin Geodesique*, p.137–149.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ergintav, S., McClusky, S., Hearn, E. H., Reilinger, R. E., Cakmak, R., Herring, T., Ozener, H., Lenk, O., Tari, E., 2009, Seven years of postseismic deformation following the 1999, $M = 7.4$ and $M = 7.2$, Izmit- Düzce, Turkey earthquake sequence, *J. Geophys. Res.*, 114, B07403, doi:10.1029/2008JB006021.
- Fialko, Y., Kaneko, Y., Tong, X., Sandwell, D. T., Furuya, M., 2011, Investigation of interseismic deformation along the central section of the North Anatolian fault (Turkey) using InSAR observations and earthquake-cycle simulations. In: American Geophysical Union, Fall Meeting, abstract #T31E-08
- Fraser, J. G., Pigati, J. S., Hubert-Ferrari, A., Vanneste, K., Avsar, U., Altinok, S., 2009, A 3000-year record of ground-rupturing earthquakes along the central North Anatolian fault near Lake Ladik, Turkey, *Bulletin of the Seismological Society of America*, v.99, p.2681–2703, doi:10.1785/0120080024.
- Frizzell, V. A., Brown, R. D., 1976, Recently active breaks along the Green Valley fault, Napa and Solano counties, California, U.S. Geol. Surv. Misc. Field Invest. Map MF-743, scale 1:24,000.
- Fujita, N., 1972, Deformation of the rhombus baseline at Mitaka (in Japanese), *J. Geod. Soc. Jpn.* , 18, p.8-16.
- Guidoboni, E., Comastri, A., Traina, G., 1994, Catalogue of ancient earthquakes in the Mediterranean area up to the 10th century, *Istituto Nazionale di Geofisica*, 504.
- Gümüş, K., Erkaya, H., 2007. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Harsh, P. W., Pampeyan, E. H., Coakley, J. M., 1978, Slip on the Willits fault (abstract), *Earthquake Notes* 49, 22.
- Hatcher, R. D., 1995, *Structural Geology: Principles, Concepts and Problems*. 2nd edn. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Hearn, E.H., McClusky, S., Ergintav, S., and Reilinger, R.E., 2009, Izmit earthquake postseismic deformation and dynamics of the North Anatolian Fault Zone: *Journal of Geophysical Research*, v. 114, B08405, doi:10.1029/2008JB006026.
- Herece, E., Akay, E., 2003, *Kuzey Anadolu Fayı Atlası*, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayını, Ankara.
- Hussain, E., Wright, T., Houseman, G., Walters, R., Bekaert, D., 2015, Observations of postseismic creep after the 1999 Izmit earthquake, *FRINGE 2015*, Frascati, Italy. <http://seom.esa.int/fringe2015/files/presentation90.pdf>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Janson, X., Kerans, C., Bellian, J.A., Fitchen, W., 2007, Three dimensional geological and synthetic model of Early Permian redeposited basinal carbonate deposits, Victorio Canyon, West Texas. American Association of Petroleum Geologists Bulletin. 91, 10, p.1-32.
- Jouanne, F., Audemard, A. Frack., Beck,C., Welden, A. V., Ollarves, R., Reinoza, C., 2011, Present-day deformation along the El Pilar Fault in eastern Venezuela: Evidence of creep along a major transform boundary, Journal of Geodynamics 51 p. 398–410.
- Kaneko, Y., Fialko, Y., Sandwell, D. T., Tong, X., Furuya, M., 2013, Interseismic deformation and creep along the central section of the North Anatolian Fault (Turkey): InSAR observations and implications for rate-and-state friction properties. Journal of Geophysical research solid earth, Vol.118, p.1-15,doi:10.1029/2012JB009661
- Karabacak, V., Altunel, E., Yönlü, Ö., Akyüz, H. S., Yalçın, C. Ç., Altınok, S., 2008, Aktif faylanmaya bağlı fizyografik özelliklerin ölçülmesinde yeni bir yöntem: “Yersel LIDAR” teknolojisi, Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu (UJS-2008), Çanakkale.
- Karabacak, V., Altunel, E., Çakır, Z., 2011, Monitoring aseismic surface creep along the North Anatolian Fault (Turkey) using ground-based LIDAR”, Earth and Planetary Science Letters, 304, p. 64-70.
- Kasahara, K., 1975, Aseismic faulting following the 1973 Nemuro-oki earthquake, Hokkaido,Japan (a possibility) Pure Appl. Geophys. 113, p. 127-139.
- Kenner, S., Segall, P., 2000, Postseismic deformation following the 1906 San Francisco earthquake, J. Geophys. Res., 105, 13,195- 1, 209.
- Ketin, İ. ve Canitez N., 1972, “Yapısal Jeoloji”, İTÜ yayını, sayı: 869.
- Ketin, İ., 1948, Über die tektonisch-mechanischen Folgerungen aus den grossen anatolischen Erdbeben des letzten Dezenniums. Geol. Rundsch. 36, 77–83.
- Ketin, İ., 1969, Über die nordanatolische Horizontalverschiebung, Bull Mineral Res. Explor. Inst. Turkey 72, p. 1-28.
- Ketin, İ., 1976, San Andreas ve Kuzey Anadolu Fayları arasında bir karşılaştırma Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, e. 19, s.149-154.
- Ketin, İ., Rösli, F., 1953, Makroseismische Untersuchungen über das nordwestanatolische Beben vom 18 März 1953. Eclogae Geol. Helv., 46, p.187– 208.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kozacı, O., Dolan, J.F., Finkel, C.F., Hartleb, R., 2007. Late Holocene slip rate for the North Anatolian fault, Turkey, from cosmogenic ^{36}Cl geochronology: Implications for the constancy of fault loading and strain release rates. *Geology* 35 (10), 867–870.
- Kutoğlu, H. S., Akçin, H., Gündoğdu, O., Kemaldere, H., Görmüş, K.S., 2010, Relaxation on the Ismetpasa segment of the North Anatolian Fault after the Golcuk Mw= 7.4 and Duzce Mw= 7.2 shocks, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10, p. 2653–2657.
- Kutoğlu, H.S., Akçin, H., 2006, Determination of the 30-year creep trend on the Ismetpasa segment of the North Anatolian Fault using an old geodetic network. *Earth Planets and Space*. 58, 8, p.937-942.
- Kutoğlu, H.S., Akçin, H., Kemaldere, H., Görmüş, K.S., 2008, Triggered creep rate on the Ismetpasa segment of the North Anatolian Fault. *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.* 8, p.1369–1373.
- Le Pichon, X., Angelier, J., 1979, The Hellenic arc and trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 60, 1-42.
- Le Pichon, X., Gaulier, J. M., 1988, The rotation of Arabia and the Levant fault system, *Tectonophysics*, 153, p.271-294.
- Le Pichon, X., Kreemer, C., 2010, The Miocene-to-Present Kinematic Evolution of the Eastern Mediterranean and Middle East and Its Implications for Dynamics, *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 38, 323-351.
- Lee, J. C., Angelier, J., Chu, H. T., Hu, J.-C., Jeng, F. S., 2001, Continuous monitoring of an active fault in a plate suture zone; a creepmeter study of the Chihshang fault, eastern Taiwan, *Tectonophysics* 333, p. 219–240.
- Lienkaemper, J.J. , Williams, P.L., 1999, Evidence for surface rupture in 1868 on the Hayward fault in north Oakland and major rupturing in prehistoric earthquakes, *Geophys. Res. Lett.* 26 (1999) 1949– 1952.
- Louderback, G.D., 1942, Faults and earthquakes: *Seismological Society of America Bulletin*, v.32, p. 305-330.
- Louie, J. N., Allen, C. R., Johnson, D. C., Haase, P. C., Cohn, S. N., 1985, Fault slip in southern California, *Bull. Seism. Soc. Am.* 75, p. 811–833.
- McCalpin, J.P. 1996, *Paleoseismology*. San Diego, Academic Press.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- McClusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan, O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadariya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Tokgöz, M., Veis, G., 2000, Global Positioning System constraints on plate kinematics and dynamics in the eastern Mediterranean and Caucasus, *J. Geophys. Res.*, 105, p. 5695-5719.
- McKenzie, D. P., 1972, Active tectonics of the Mediterranean region, *Geophys. J. Royal Astron. Soc.*, 30, 109–185.
- Nagihara, S., 2006, Use of Ground-Based LIDAR in Geomorphic and Surface Stratigraphic Studies. GCAGS /GCSSEPM, September 25-27, Lafayette.
- Niemi, T.M., Kayen, R., Zhang, H., Dunn, C.R., Doolin, D.M., 2004, LIDAR Imagery of the San Andreas Fault Zone at the Vedanta and Olema Ridge Paleoseismic Trench Sites, Pt. Reyes, CA. *Eos. Trans., AGU, Fall Meet. Suppl. Abstract.*
- Okada, A., Nagata, T., 1953, Land deformation in the vicinity of Muroto Point after the Nankaido great earthquake in 1946, *Bull. Earthquake Res. Inst. Tokyo Univ.*, 31, p. 169-177.
- Optech, 2006. The basics: LIDAR, or laser radar: <http://optech.ca/aboutlaser.htm>
- Özcan, A., Armağan, F., Keskin, E., Oral, A., Özer, S., Sümengen, M., Tekeli, O., 1980, Kuzey Anadolu Fayı ile Kırşehir Masifi arasında kalan alanın temel jeolojisi: MTA Rap., 6722 (yayımlanmamış), Ankara.
- Özener, H., Doğru, A., Turgut B., 2012, Quantifying aseismic creep on the Ismetpaşa segment of the North Anatolian Fault Zone (Turkey) by 6 years of GPS observations, *J. Geodyn.*, doi:10.1016/j.jog.2012.08.002
- Öztürk, A., 1979, Ladik-Destek dolayının stratigrafisi: *Türkiye Jeo. Kur. Bült.*, 22/1, 27-34, Ankara.
- Öztürk, A., 1980, Ladik-Destek yöresinin tektoniği, *Bull. Geol. Soc. Turkey* 23, no. 1, 31-38.
- Paul, J., Lowry, A. R., Bilham, R., Sen, S., Smalley, R., J., 2007, Postseismic deformation of the Andaman Islands following the 26 December, 2004 Great Sumatra-Andaman earthquake, *Geophysical Research Letters*, 34, 19, L19309.
- Petrie G., Toth C., 2009, Airborne and Space borne Laser Scanners. Topographic Laser Ranging and Scanning Principles and processing. Taylor & Francis Group p. 2985.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Pınar, N., Lahn, E., 1952, Türkiye Depremleri İzahli Kataloğu. Türkiye Cumhuriyeti Bayındırlık Bakanlığı Yapı ve İmar İşleri Reisliği Yayınları, Seri.6, Sayı. 36
- Prescott, W. H., Lisowski, M., 1980, Vertical deformation at Middleton Island, Alaska, Bull. Seismol. Soc. Am., 70, 1887-1892.
- Reilinger, R., McClusky, S., Oral, M., King, R., Toksoz, M., Barka, A., Kinik, I., Lenk, O., Sanli, I., 1997, Global Positioning System measurements of present-day crustal movements in the Arabia-Africa-Eurasia plate collision zone, J. Geophys. Res., 102, 9983-9999.
- Reilinger, R., McClusky, S., Vernant, P., Lawrence, S., Ergintav, S., Cakmak, R., Ozener, H., Kadirov, F., Guliev, I., Stepanyan, R., Nadariya, M., Hahubia, G., Mahmoud, S., Sakr, K., ArRajehi, A., Paradissis, D., Al-Aydrus, A., Prilepin, M., Guseva, T., Evren, E., Dmitrova, A., Filikov, S. V., Gomez, F., Al-Ghazzi, R., Karam, G., 2006, GPS constraints on continental deformation in the Africa-Arabia-Eurasia continental collision zone and implications for the dynamics of plate interactions, J. Geophys. Res. 111, p. 1-26.
- Rogers, T. H., Nason, R. D., 1971, Active displacement on the Calaveras fault zone at Hollister, California, Bull. Seism. Soc. Am. 61, p. 399-416.
- Savage, J. C., Svarc, J. L., 1997, Postseismic deformation associated with the 1992 Mw=7.3 Landers earthquake, southern California, J. Geophys. Res., 102, 7565-7577.
- Schmidt, D. A., Bürgmann, R., Nadeau, R. M., d'Alessio, M. A., 2005, Distribution of aseismic slip-rate on the Hayward fault inferred from seismic and geodetic data, J. Geophys. Res., 110, B08406, doi:10.1029/2004JB003397.
- SFSU, 2015 <http://funnel.sfsu.edu/creep/WhatsCreepPage.html>, erişim tarihi: 20.03.2015
- Sharp, R. V., 1973, Map showing recent tectonic movement on the Concord fault, Contra Costa, and Solano counties, California, U.S. Geol. Surv. Misc. Field Invest. Map MF-505, scale 1:24,000.
- Shen, Z.-K., Jackson, D. D., Feng, Y., Cline, M., Kim, M., Fang, P., Bock, Y., 1994, Postseismic deformation following the Landers earthquake, California, 28 June 1992, Bull. Seismol. Soc. Am., 84, p. 780-791.
- Stein, R. S., Barka, A. A., Dieterich, J. H., 1997, Progressive failure on the North Anatolian fault since 1939 by earthquake stress triggering Geophys. J. Int. 128, p. 594-604
- Steinbrugge, K. V., Zacher, E. G., 1960, Creep on the San Andreas fault [California]: Fault creep and property damage, Bull. Seism. Soc. Am. 50, p. 389-396.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Steinbrugge, K.V., 1957, Building damage on the San Andreas fault: report dated February 18, 1957, published by the Pacific Fire Rating Bureau for private circulation.
- Strabon, 2005, Geographika, Antik Anadolu Coğrafyası (Kitap: XII-XIII-XIV), Arkeoloji ve Sanat Yayınları, İstanbul, s. 384, ISBN: 975-7538-20-5.
- Şaroğlu, F. ve Erdoğan, R., 1983, Çaldıran fayının deprem sonrası hareketi ile ilgili gözlemler. Yer Yuvarı ve İnsan. 8/3, 10-11.
- Şaroğlu, F., Emre, Ö., Kuşçu, İ., 1992. Türkiye Diri Fay Haritası. MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Şaroğlu, F.ve Barka, A. A., 1995, Deprem Sonrası Devam Eden Uzun Dönem Yerdeğiştirmelerin Anlamı Ve Önemi. Nezih Canitez Simpozumu. Jeofizik Dergisi, 9, 339-343.
- Şengör, A. M. C., 1980, Türkiye'nin neotektoniğinin esasları, TJK. Konf. Ser. no: 2, s. 40.
- Şengör, A. M. C., Görür, N. and Şaroğlu, F., 1985, Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in Strike-slip Faulting and Basin Formation, edited by Biddke, K.T. and Christie-Blick, N., Society of Econ. Paleont. Min. Sp. Publ., 227-264.
- Şengör, A. M. C., Tüysüz, O., İmren, C., Sakıncı, M., Eyidoğan, H., Gorur, N., Le Pichon, X. ve Ranguin, C., 2005, The North Anatolian Fault: A New Look, Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 33, 37-112.
- Şengör, A. M. C., Yılmaz, Y., 1981, Tethyan evolution of Turkey: a plate tectonic approach, Tectonophysics, 75, p.181-241.
- Tan, O., Tapırdamaz, M.C., Yörük, A., 2008, Turkish Journal of Earth Sciences (Turkish J. Earth Sci.), Vol. 17, p. 405-418.
- Thatcher, W., 1975, Strain accumulation and release mechanism of the 1906 San Francisco earthquake, J. Geophys. Res., 80, 4862-4872.
- Thatcher, W., 1979, Systematic inversion of geodetic data in central California, J. Geophys. Res. 84 p. 2283-2297.
- Thatcher, W., Matsuda, T., Kato, T., Rundle, J. B., 1980, Lithospheric loading by the 1896 Riku-u earthquakes, northern Japan: Implications for plate flexure and asthenospheric rheology, J. Geophys. Res., 85, 6429-6435.
- Thatcher, W., 1983.a, The earthquake deformation cycle on the Nankai Trough, Southwest Japan, Journal of Geophysical Research, Vol. 89, No. B5, Pages 3087-3101, May 10.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Thatcher, W., 1983.b, Nonlinear strain buildup and the earthquake cycle on the San Andreas fault, *J. Geophys. Res.*, 88, p.5893-5902.
- Thatcher, W., Matsuda, T., Kato, T., Rundle, J. B., 1980, Lithospheric loading by the 1896 Riku-u earthquake, northern Japan: Implications for plate flexure and asthenospheric rheology, *J. Geophys. Res.*, 85, 6429-6435.
- Tocher, D., 1960, Creep on the San Andreas fault: Creep rate and related measurements at Vineyard, California, *Bull. Seism. Soc. Am.* 50, p. 396-404.
- Tunçel E., Altınok, S., Karabacak, V., Altunel, E., 2013, 1999 İzmit Depremi Postsismik Deformasyon Ölçümleri, 66. Jeoloji Kurultayı, MTA-Ankara, Turkey.
- Wang, L., Wang, R., Roth, F., Enescu, B., Hainzl, S., Ergintav, S., 2009, Afterslip and viscoelastic relaxation following the 1999 M7.4 Izmit earthquake from GPS measurements: *Geophysical Journal International*, v. 178, p. 1220–1237, doi:10.1111/j.1365-246X.2009.04228.x.
- Wdowinski, S., Bock, Y., Zhang, J., Fang, P., Genrich, J., 1994, Southern California permanent GPS geodetic array: spatial filtering of daily positions for estimating coseismic and postseismic displacements induced by the 1992 Landers earthquake, *Journal of Geophysical Research-Part B-Solid Earth-Printed Edition* 102, No. B8. P.18.057-18.070.
- Wyatt, F. K., Agnew, D. C., Gladwin, M., 1994, Continuous measurements of crustal deformation for the 1992 Landers earthquake sequence, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, 84, 768-779, 1994.
- Yoldaş, R., Keskin, B., Korkmaz, S., Didik, S., Kalkan, I., Ağrıdağ, D.S., Besbelli, B., 1985, Samsun ve dolayının (Kızılırmak-Yeşilirmak arasındaki bölgenin) jeolojisi ve petrol olanakları: MTA Rap., 8130 (yayımlanmamış), Ankara.
- Yönlü, Ö., Altunel, E., Karabacak, V., Akyüz, H.S., Yalçın, C. Ç. (2010). Offset archeological relics on the western part of the Büyük Menderes Graben (western Turkey) and their tectonic implications, *Geological Society of America, Special Paper on "Ancient Earthquakes"*, 471, 269-279, doi:10.1130/2010.2471(21).