



İHA Destekli Dijital ve Termal Kamera Görüntülerine Dayalı Jeotermal Analiz Yöntemleri

Program Kodu: 3001

Proje No: 114Y005

Proje Yürütücüsü:
Yrd. Doç. Dr. Özgün AKÇAY

Araştırmacılar:

Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK

Doç. Dr. Zeki KARACA

Yrd. Doç. Dr. Ramazan Cüneyt ERENOĞLU

Yardımcı Personel:

Dr. Oya ERENOĞLU

Bursiyer:

Aykut DURGUT

Önsöz

“İHA Destekli Dijital Ve Termal Kamera Görüntülerine Dayalı Jeotermal Analiz Yöntemleri” isimli ve 114Y005 numaralı proje 15 Mayıs 2014 -15 Mayıs 2015 tarihleri arasında gerçekleştirilmiş olup, proje “TÜBİTAK 3001 Başlangıç ARGE projeleri destekleme programı” çerçevesinde TÜBİTAK tarafından desteklenmiştir. Çalışma süresi boyunca projeye önemli katkıları bulunan, proje araştırmacıları Yrd. Doç. Dr. Ramazan Cüneyt Erenoğlu’na, Doç. Dr. Ferruh Yilmaztürk’e, Doç. Dr. Zeki Karaca’ya, yardımcı personel Dr. Oya Erenoğlu’na, bursiyer Aykut Durgut’a teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca ÇAYDAG proje sorumlusu Sayın Gültekin Yılmaz’a ve MADES sorumlusu Sayın Zuhal Esra Bilir Kat’a proje süresince, projenin yürütülmesinde yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Yrd. Doç. Dr. Özgün AKÇAY
Proje Yürütücüsü

İçindekiler

Tablo listesi	iii
Şekil listesi	iv
Özet ve Abstract	vii
1. Giriş	1
1.1 İlgili çalışmalar (literatür taraması)	2
2.Çalışma bölgesi	4
3. Çalışma planı	6
4. Fotogrametrik çalışmalar	9
4.1 Dijital kamera kalibrasyonu	10
4.2 Termal kamera kalibrasyonu	13
4.3 Kendi kendine kalibrasyon	19
4.4 Jeodezik çalışmalar	26
4.5 Dijital görüntüler ile fotogrametrik dengeleme	39
4.6 Dijital görüntüler ile üç boyutlu model	41
4.7 Termal görüntüler ile fotogrametrik dengeleme.....	42
4.8 Termal görüntüler ile üç boyutlu model	44
4.9 Jeodezik ve fotogrametrik ölçmelerin karşılaştırılması.....	45
5. Çalışma alanı jeolojisi	46
5.1 Kaya birimi petrografisi	50
5.2 Kaynak sularının fiziksel özellikleri	52
6. Regresyon analizleri	54
6.1 Regresyon modelinin seçimi	54
6.2 Matematiksel regresyon modeli	55
7. Tartışma	68
8. Sonuçlar ve Öneriler	70
9. Kaynaklar.....	71

Tablo listesi

Tablo 1. İş paketlerinin gerçekleşme tarihleri	7
Tablo 2. Geniş açılı kameraların kalibrasyon raporu	12
Tablo 3. Balık gözü kameranın kalibrasyon raporu	12
Tablo 4. PCE PI450'nin teknik özellikleri	14
Tablo 5. Performans analizi için kullanılan şablonların özellikleri	15
Tablo 6. Şablonların kalibrasyon sonuçları	17
Tablo 7. Şablonun 30°C ve 38°C olarak alınan görüntülerinin kalibrasyon kıyaslamaları	19
Tablo 8. Canon 650D ile kendi kendine kalibrasyon için oluşturulan farklı test grupları.....	20
Tablo 9. Canon 650D için kendi kendine kalibrasyon ile elde edilen kamera parametreleri.	20
Tablo 10. Optris PI 450 ile kendi kendine kalibrasyon için oluşturulan farklı test grupları ...	23
Tablo 11. Optris PI 450 için kendi kendine kalibrasyon ile elde edilen kamera parametreleri	24
Tablo 12. Arazi çalışma tarihleri ve çalışma bölgeleri.....	27
Tablo 13. Tuzla termal alanındaki statik GPS/GNSS ölçmelerine ilişkin temel bilgiler.....	28
Tablo 14. Seçilen IGS noktalarına ait konum bilgileri	29
Tablo 15. GPS/GNSS verilerinin değerlendirilmesinde oluşturulan bazlar ve uzunlukları ...	31
Tablo 16. Seçilen IGS noktalarına ait konum bilgileri	31
Tablo 17. Özel termal hedeflerin RTK-GPS ölçmelerine ilişkin bilgiler.....	33
Tablo 18. Termal alan alt sınırının RTK-GPS ölçmelerine ilişkin bilgiler.....	34
Tablo 19. Termal alan alt sınırının RTK-GPS ölçmelerine ilişkin bilgiler (devamı)	35
Tablo 20. Termal alan üst sınırının RTK-GPS ölçmelerine ilişkin bilgiler	36
Tablo 21. Fotogrametrik projelerin büyüklüklerine ve dengeleme sonuçlarına ait değerler.	40
Tablo 22. Fotogrametrik projelerin büyüklüklerine ve dengeleme sonuçlarına ait değerler.	43
Tablo 23. İHA üzerindeki EOS M kamera ile alınan görüntülerin sonucu elde edilen koordinatlar ile GPS/GNSS koordinatlarını karşılaştırılması (6 Mayıs 2015)	45
Tablo 24. İHA üzerindeki Optris termal kamera ile alınan görüntülerin sonucu elde edilen koordinatlar ile GPS/GNSS koordinatlarını karşılaştırılması (6 Mayıs 2015).....	45
Tablo 25. Tuzla jeotermal suyunun kimyasal ve izotopik verileri (Mützenberg, 1997)	53
Tablo 26. Çalışma alanındaki iki farklı jeotermal su örneklerinin fiziksel parametreleri	54
Tablo 27. 6 Mayıs 2015 tarihine ilişkin çoklu regresyon sonuçları	67

Şekil listesi

Şekil 1. Çanakkale ili ve çevresini kapsayan jeoloji haritası	5
Şekil 2. Jeotermal alanın konumu	5
Şekil 3. Jeotermal alandan bir görünüm.....	6
Şekil 4 Arazide suyun fiziksel özelliklerinin tespitinden bir görünüm.....	6
Şekil 5. Kamera parametrelerinin Pix4Mapper'a eklenmesi için kullanılan arayüz.....	10
Şekil 6. Özel hedeflerden oluşan kalibrasyon test alanı	11
Şekil 7. Özel hedeflerden Total Station ile ölçümü.....	11
Şekil 8. PI450 termal kamera	14
Şekil 9. Örnek kalibrasyon şablonları.....	15
Şekil 10. Termal görüntüde kullanılan kalibrasyon desenleri.....	16
Şekil 11. Şablon 1'in kalibrasyon sonrası dış yöneltme görseli.....	16
Şekil 12. Piksel hatası kıyaslaması.....	18
Şekil 13 Odak uzaklığı kıyaslaması.....	18
Şekil 14. Canon 650D için farklı testler sonucu elde edilen odak uzaklıklarının karşılaştırılması	21
Şekil 15. Canon 650D için farklı testler sonucu elde edilen radyal distorsiyon parametresi K1 değerlerinin karşılaştırılması	21
Şekil 16. Farklı testler sonucu elde edilen Canon 650D için radyal distorsiyon parametresi K2 değerlerinin karşılaştırılması	22
Şekil 17. Canon 650D için farklı testler sonucu elde nokta sayılarının karşılaştırılması	22
Şekil 18. Canon 650D için farklı testler sonucu resim ölçmelerinde elde edilen KOH değerlerinin karşılaştırılması	23
Şekil 19. Optris PI 450 için farklı testler sonucu elde edilen odak uzaklıklarının karşılaştırılması	24
Şekil 20. Optris PI 450 için farklı testler sonucu elde edilen radyal distorsiyon parametresi K1 değerlerinin karşılaştırılması	25
Şekil 21. Farklı testler sonucu elde edilen Optris PI 450 için radyal distorsiyon parametresi K2 değerlerinin karşılaştırılması	25
Şekil 22. Optris PI 450 için farklı testler sonucu elde nokta sayılarının karşılaştırılması	25
Şekil 23. Optris PI 450 için farklı testler sonucu resim ölçmelerinde elde edilen KOH değerlerinin karşılaştırılması	26
Şekil 24. Statik GPS/GNSS ölçmelerinden görünüm: TUZ1 (solda) ve TUZ2 (solda) noktaları.....	27
Şekil 25. Statik GPS/GNSS ölçmelerinde kullanılan SL500 alıcısının entegre anten parametreleri.....	28

Şekil 26. Çalışmada kullanılan IGS noktaları (IGS, 2015).....	29
Şekil 27. Çalışmada kullanılan IGS noktaları ile TUZ1 ve TUZ2'nin konumsal dağılımı.....	30
Şekil 28. Çalışmada kullanılan TUZ1, TUZ2 ile IGS noktalarından oluşan veri seti.....	30
Şekil 29. Dengeleme sonrasında noktalardaki hata elipsleri.....	31
Şekil 30. Termal alanda sabit ve gezici RTK-GPS ölçmeleri.....	32
Şekil 31. Özel yansıtıcı hedeflerde gerçekleştirilen RTK ölçmeleri.....	32
Şekil 32. RTK-GPS tekniği ile ölçülen detay noktaları.....	33
Şekil 33. TUZ1 ile TUZ2 sabit noktalarından elde edilen koordinat farkları (Termal hedefler).....	37
Şekil 34. TUZ1 ile TUZ2 sabit noktalarından elde edilen koordinat farkları (Alt sınır).....	38
Şekil 35. TUZ1 ile TUZ2 sabit noktalarından elde edilen koordinat farkları (Üst sınır).....	38
Şekil 36. Bir yer kontrol noktası: a- Optris PI 450 termal görüntüsü b- Canon EOS M görüntüsü c- Canon 650D görüntüsü.....	39
Şekil 37. Yersel bir fotogrametrik projede izdüşüm merkezleri ve ışın demetlerinden bir görünüm.....	41
Şekil 38. İHA ile elde edilen ortofoto.....	41
Şekil 39. Termal bölgeye ait bir nokta bulutu.....	42
Şekil 40. Termal görüntüde yer alan diğer resimlerde en az bir eşlemesi yapılan noktalar.	42
Şekil 41. İHA destekli termal görüntülerle elde edilen 3 boyutlu nokta bulutu.....	44
Şekil 42. İHA ile oluşturulan termal su kaynağı ve göle ait ortofoto.....	44
Şekil 43. Çalışma alanının jeoloji haritası ve jeolojik en kesiti (Karamenderesi, 1986'dan değiştirilmiştir)	47
Şekil 44. Tuzla tepe civarında ignimbrit ve sedimanter kayalar üzerinde gözlenen silisli, killi ve demirli alterasyon.....	48
Şekil 45. İstifin alt seviyelerinde yer alan konglomera-kumtaşı ardalanması.....	49
Şekil 46. Çalışma alanındaki sedimanter birimler ile ignimbrit kayalarının oluşturduğu istifin genel görünümü.....	50
Şekil 47. a) Sedimanter birimler içinde gözlenen faylanma; b) ignimbritler içinde gözlenen faylanma.....	50
Şekil 48. Kristalen ve litik ignimbritlerin incekesit görüntüleri (Çift Nikol, Q: Kuvars, L: Litik malzeme- Kaya kırıntısı, VC: Volkanik cam)	51
Şekil 49. Volkanik camda gözlenen demirli alterasyon (Çift ve Tek nikol görüntü, Q: Kuvars, VC: Volkanik cam).....	52

Şekil 50. 7 Temmuz 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve yersel ölçüler arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	57
Şekil 51. 7 Temmuz 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model sıcaklıkları ve PH değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	57
Şekil 52. 7 Temmuz 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve elektrik iletkenliği değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	58
Şekil 53. 15 Eylül 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve yersel ölçüler arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	59
Şekil 54. 15 Eylül 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve PH değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	59
Şekil 55. 15 Eylül 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve elektrik iletkenliği değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	60
Şekil 56. 11 Kasım 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve yersel ölçüler arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	60
Şekil 57. 11 Kasım 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve PH değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	61
Şekil 58. 11 Kasım 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve elektrik iletkenliği değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	61
Şekil 59. 30 Ocak 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve yersel ölçüler arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	62
Şekil 60. 30 Ocak 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve PH değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	62
Şekil 61. 30 Ocak 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve elektrik iletkenliği değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	63
Şekil 62. 13 Mart 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve yersel ölçüler arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	63
Şekil 63. 13 Mart 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve PH değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	64
Şekil 64. 13 Mart 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve elektrik iletkenliği değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	64
Şekil 65. 6 Mayıs 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve yersel ölçüler arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	65
Şekil 66. 6 Mayıs 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve PH değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	65
Şekil 67. 6 Mayıs 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve elektrik iletkenliği değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları.....	66

Özet

Projenin amacı Çanakkale Tuzla jeotermal gölü ve çevresindeki jeotermal alanların yersel sıcaklık ölçmeleri ve İnsansız Hava Aracı (İHA) destekli termal kamera görüntüleri ile analizidir. Bu proje sonunda jeotermal alanın üç boyutlu modeli ve sıcaklık haritası ortaya konulmuştur. Fotogrametrik çalışmaları yanısıra arazide tesis edilen ve hassas olarak ölçülen jeodezik kontrol noktaları, yersel sıcaklık ölçmeleri, hidrotermal alterasyonların gözlenmesi tamamlayıcı yersel çalışmalardır. Jeotermal alanlarındaki fizibilite çalışmalarında jeolojik bilgilerin yanı sıra, görüntüye dayalı yöntemlerle kaya sınıflandırılması ve alterasyonlar etkin olarak belirlenmiştir.

Abstract

The aim of the project is to analyze geothermal fields of Çanakkale Tuzla geothermal lake and vicinity of it with thermal camera images from Unmanned Aerial Vehicle (UAV). At the end of the project, 3d model and temperature map of the geothermal area are obtained. Beyond the photogrammetric works, geodetic points that are fixed on the field and measured precisely, observation of hydrothermal alterations are other complementary terrestrial works. Rock classifications and alterations are determined efficiently as well as geological information at study of the feasibility in geothermal site.

1. GİRİŞ

Bu çalışmanın amacı, görünür dalga boyuna ait görüntüler üreten dijital kamera ve sıcaklığa duyarlı görüntüler üreten termal kamera ile fotogrametrik yöntemlerle jeotermal bölgenin üç boyutlu model üretimleri ile yine jeotermal bölgenin jeolojik analizleri, termal su kaynaklarının fiziksel analizlerinin birlikte yorumlanması ve değerlendirmesini kapsamaktadır. Çalışma alanı olarak Çanakkale ili, Ayvacık ilçesi sınırlarındaki Tuzla köyünde bulunan termal bölge olarak belirlenmiştir.

Bölgedeki arazi çalışmaları 6 ayrı zamanda, jeodezik ölçme, dijital ve termal görüntü alımı, kaya örneklerinin toplanması, su örneklerinin toplanması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarına uygun olarak elde edilen veriler jeodezik, fotogrametrik ve jeolojik açıdan değerlendirmelere tabii tutularak, analizler yapılmıştır. Çalışmalar, proje süresi içerisinde toplam 12 ay olarak öngörüldüğü şekilde gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında biri yürütücü, üçü araştırmacı olarak toplam dört öğretim üyesi çalışmıştır. Yürütücü ve iki araştırmacı Geomatik Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri, diğer bir araştırmacı ise Maden Mühendisliği Bölümü öğretim üyesidir. Ayrıca bir Arş. Gör. Dr. Jeoloji Mühendisi uzman personel, bir yüksek lisans öğrencisi bursiyer projede olarak yer almıştır.

Projede bilimsel açıdan farklı konular değerlendirmeye alınmış olup, proje önerisinde yer alan araştırma sorularının kapsamını daha da genişleterek, aşağıdaki sorulara cevaplar arayan uygun çalışma ve analizler yapılmıştır:

- 1)Termal kameranın geometrik kalibrasyonunda elde edilen sonuçların doğrulukları nedir? Kalibrasyon için test alanı olarak kullanılan şablonların sonuçlara etkisi nedir?
- 2) Termal kameralarla üç boyutlu model üretiminde yersel ve İHA fotogrametrisinde otomatik nokta çıkarımı, nokta eşleme ve nokta ölçümü potansiyeli nedir? Nasıl bir yer kontrol noktası kullanılmalıdır?
- 3) Üç boyutlu modelde elde edilecek geometrik doğruluk nedir? Dijital görüntülerle, termal görüntülerden elde edilen nokta bulutların uyumu nasıldır?
- 4) Zamansal olarak termal bölgedeki sıcaklık değişimleri nedir? Termal kameralarla üretilen üç boyutlu nokta bulutlarıyla izlenebilirliği olabilir mi? Elde edilecek sıcaklık haritası doğruluğu nedir?
- 5) Termal bölgedeki kayaların çeşitliliği ve sıcak su kaynaklarının alterasyona etkisi nedir?
- 6) Termal bölgedeki, kayalara ve su kaynaklarına ait dijital ve termal görüntülerin, dijital görüntü işleme yöntemleri ve fotogrametri ile analizi ve ilişkilendirilmesi mümkün müdür?

Proje raporundaki ikinci bölümde çalışma bölgesi tanıtılacaktır. Üçüncü bölümde ise uygulanan çalışma planı açıklanmıştır. Dördüncü bölümde fotogrametrik modellerde kullanılan yer kontrol noktalarının ve sınırların jeodezik ölçmelerle belirlenmesi anlatılmıştır. Beşinci bölümde, dijital ve termal görüntülere ait fotogrametrik değerlendirme yöntemleri ve

sonuçları iki alt bölüm olarak verilmiştir. Altıncı bölümde jeolojik etüt ve analiz çalışmaları sunulmuştur. Bölüm 7 de elde edilen çeşitli verilerin entegrasyonu ve birlikte değerlendirilmesi ele alınmıştır. Sekizinci ve dokuzuncu bölümlerde ise tartışma ve önerilerle rapor sonuçlandırılmıştır.

1.1 İlgili Çalışmalar

Genel olarak fotogrametrik çalışmalar dijital kameralar için uzun süredir devam etmektedir. Yakın resim fotogrametrisi ve hava fotogrametrisinde kullanılmak üzere kalibrasyon çalışmaları 1970 li yıllardan günümüze merkezi izdüşümün matematiksel modeli üzerine kurulan, çalışma esnasında veya laboratuvar ortamında gerçekleştirilebilen farklı ccd alıcılarla ve değişik yöntemlerle ortaya konulmuştur. (Brown 1971, Brown 1972, Ziemann 1986, Fraser 1997, Clarke 1998, Lerma ve diğ. 2010, Tang ve diğ. 2012, Tang ve Fritsch 2013, Akca 2013). İnsansız Hava Araçlarının (İHA) kullanılmaya başlanması ile birlikte, hafif olması nedeni ile yakın resim fotogrametrisinde kullanılan dijital kameralar hava fotogrametrisinde de kullanılmaya başlanmıştır. Eisenbeis (2011) farklı İnsansız Hava Aracı sistemlerini kullanarak, arkeolojik dokümantasyon sonuçlarını açıklamıştır. Farklı araçlara, farklı ccd alıcılara ve farklı uçuş planlarına bağlı elde edilen doğrulukları karşılaştırılmıştır. Niethammer (2012), İHA'yı heyelan izlemek maksadıyla kullanmıştır. İHA ile elde edilen görüntüleri fotogrametri olarak değerlendirip üretilen sayısal arazi modeli üzerinde toprak yüzeyindeki yer değiştirme ve çatlakları tespit etmiştir. Bu çalışmalarda başarılı sonuçlar elde edilse de fotogrametrik ürünlerin ortalama doğruluk değeri $\pm 0,02m$. dir. Bu çalışmada kullanılacak daha gelişmiş kamera ile elde edilen doğruluk değerlendirilecektir. Uygulama bölgesine tesis edilecek kontrol noktaları ile oluşturulacak test alanı üzerinde alınacak görüntülerden kalibrasyon sonuçları değerlendirilecektir.

Fotogrametrik kapsamda ele alınacak bir diğer konu İHA lara entegre edilecek termal kamera görüntülerinin fotogrametrik değerlendirmesi ve geometrik doğrulukların ortaya konulmasıdır. Termal kameraların fotogrametride kullanılma ihtiyacı, uzaktan izlenebilen yüksek sıcaklık kaynağına sahip hedeflerin geometrik olarak modelleme ihtiyacından kaynaklanmıştır. Ancak termal kameraların hava fotogrametrisi dışında, yakın resim fotogrametrisi çalışmalarında da kullanıldığı görülmektedir. James ve diğ. (2006) termal ve dijital kameraları Sicilya'nın Etna dağındaki lav akışını izlemek için kullanmıştır. Yakın resim fotogrametrisi teknikleriyle termal görüntülerden lav akışına ait ortofotolar elde etmeyi başarmışlardır. Yersel fotogrametrik uygulamaların aksine, termal alıcıların uzaktan algılama yöntemleri ile İHA da kullanımına da çalışılmıştır. Berni ve diğ. (2009), İHA ile termal ve multispektral alıcılar ile tarım alanlarını uzaktan algılama uydu görüntülerine göre daha az maliyetli olarak gözlemlemeyi amaçlamıştır. Bu amaçla kullanılan termal alıcı COTS ile yüzey sıcaklığını $\pm 40cm$ geometrik çözünürlük ile ortaya koymuştur.

Bu projenin kapsamında yer alan yersel resim çekimi ve İHA destekli resim çekimi ile elde edilen termal ve dijital kamera görüntüleri kullanılarak fotogrametrik yöntemlerle değerlendirme yapılacaktır. İHA destekli termal kamera ile yapılan ve "İHA fotogrametrisi" olarak da adlandırılabilen çalışmalar son birkaç yılda artış göstermiştir. Termal kamera kullanımı ile ilgili ilk karşılaşılan problem kameraların geometrik kalibrasyonudur. Lagüela ve diğ. (2011) termal kameraların geometrik kalibrasyonu hakkında fazla bir bilgi olmadığını vurgulamıştır. Kalibrasyon için 64 adet ampulden oluşan bir test alanı ile kalibrasyon parametrelerini belirlemiştir. Daha sonra geometrik doğruluğu metal bir test alanında sınamıştır. Termal kamera görüntüleri ile ölçmelerden, seçilen kamera modeline bağlı olarak en yüksek $\pm 0,5\text{mm}$ ile en düşük $\pm 7\text{mm}$ arasında doğruluk elde edilmiştir. Vidas (2012) termal kameraların kalibrasyonunu maske yöntemi ile gerçekleştirmiştir. Hartman (2012) termal kamera kalibrasyonunu alüminyum test alanında gerçekleştirdikten sonra, İHA dan alınan görüntülerle, demet dengelemesi sonucu üzerinden yatayda $\pm 1\text{cm}$, düşeyde $\pm 4\text{cm}$ doğruluk değerlerine ulaşmıştır.

Projenin İHA fotogrametrisi kapsamında, kalibrasyon ve üç boyutlu değerlendirmeler İHA dan alınacak görüntülerle farklı fotogrametrik yazılımlarda gerçekleştirilecektir (Photomodeler, Pix4DMapper gibi).

Hem dijital hem de termal kameraların kalibrasyon ve değerlendirmeleri:

- Uygulama bölgesine tesis edilen kontrol noktalarını farklı sayılarda ele alarak
- Farklı yüksekliklerden elde edilen farklı resim ölçekleri ile ele alarak
- Farklı sayıda resim ele alarak

sonuçlandırılacaktır. Bu testlerin doğruluk sonuçları karşılaştırılıp, uygun İHA dijital ve termal fotogrametrik yöntemler ortaya konulup önerilecektir.

2) Jeotermal gölün fiziksel parametrelerinin gözlenmesi

Bölgedeki jeotermal kaynaklı göl suyu, NaCl miktarındaki fazlalıktan dolayı tuzlu su özelliğine ve 173°C 'ye varan su sıcaklığına sahiptir. Bu sıcaklık yüzeyde $32-86^{\circ}\text{C}$ arasında değişmektedir (Baba vd., 2009). Tuzla ve çevresi yaygın olarak riyolitik lav ve piroklastiklerden oluşan volkanik kaya litolojilerini içermektedir ve etkin şekilde KB-GD uzanımlı birçok fay gözlenmektedir (Gevrek vd., 1985). Tuzla civarındaki bu faylar ve fayların yakınlarında gözlenen çatlaklar, jeotermal akışkanın hareket yeteneğini artırmış ve hidrotermal alterasyona zemin hazırlamıştır (Gevrek vd., 1985). Hidrotermal alterasyon sonucu kayalarda oluşan yeni mineraller ile jeotermal akışkanın sıcaklığı arasında yakın bir ilişki bulunduğu önceki bazı çalışmalarda belirtilmiştir (Gevrek vd., 1985; Gevrek ve Sener, 1985; Sener ve Gevrek, 2000). Bu araştırma kapsamında herhangi bir kimyasal analiz planlanmamaktadır.

Bu projedeki fiziksel parametrelerin analizi kapsamında planlanan çalışmalar aşağıda sıralanmıştır:

- Tuzla gölü ve civarındaki jeolojik araştırmalar, 2 aylık periyotlarda gerçekleştirilecek olan arazi çalışmalarında göl çevresinde ve gerekli görüldüğünde sıcak su kaynakları başında Eutech CyberScan PCD 650 pH/iletkenlik/iyon cihazı ile suların sıcaklık ($T^{\circ}\text{C}$), pH, iletkenlik ($\text{EC } \mu\text{S/cm}$) ve redoks (Eh) gibi fiziksel özelliklerini ölçmek olacaktır.
- Ölçümler süresince sıcak suların fiziksel parametreleri ile bu değerlerde meydana gelebilecek değişimler insansız hava aracına entegre termal kamera kullanılarak elde edilecek bulgularla birlikte değerlendirilecek ve analiz edilecektir. Görüntülerden elde edilen üç boyutlu model ile yersel gözlemlerin arasındaki ilişki regresyon modeli ile ortaya konulacaktır.
- Ayrıca jeotermal alandaki kaya litolojilerinin ve hidrotermal alterasyonun sayısal kameralarla elde edilen görüntüler yardımıyla belirlenebilirliği ortaya çıkarılacaktır.

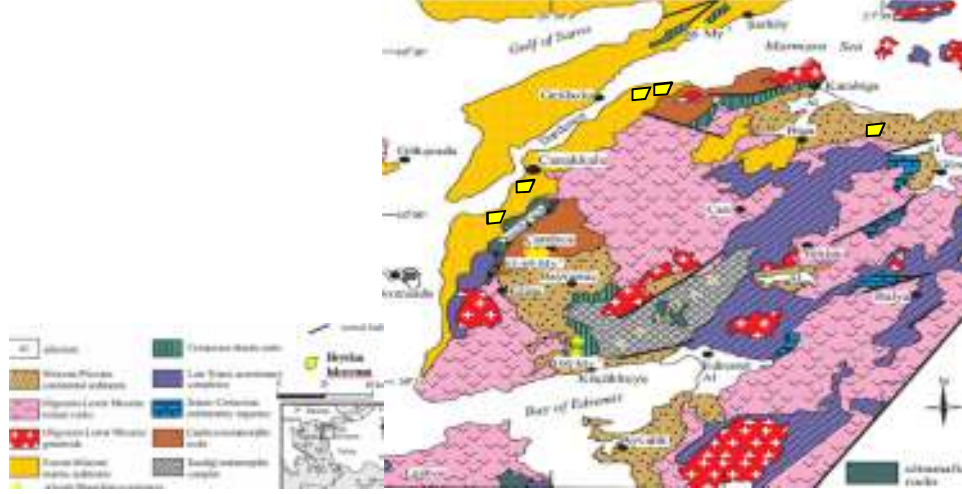
2. ÇALIŞMA BÖLGESİ

Çanakkale; Türkiye'nin kuzeybatısında Anadolu'nun batı uzantılarından biri olan Biga Yarımadası ile Balkan Yarımadasının Doğu Trakya bölgesine bağlanmış Gelibolu Yarımadası toprakları üzerinde bulunmaktadır. Edremit Körfezi'nden başlayarak kuzeydoğudaki Erdek Körfezi'ne doğru çekilen hattın batısında kalan yaklaşık 10 bin km^2 'lik bölüme "Biga Yarımadası" denir. Yarımada bu adı, kuzeydoğusunda bulunan Biga ilçesinden almaktadır. Biga Yarımadası'ndaki başlıca morfolojik üniteler ise batı, kuzey ve güneyde irili ufaklı kıyı ovaları ve bunların gerisinde tepelikler, platolar ve iç kesimlerde yüksek dağlık alanlardır. Ancak orta kesimlerde platolar ve dağlık kütleler arasına sıkışmış tektonik depresyonlara sıkça rastlamak mümkündür (Şekil 1).

Çanakkale ilinde, Akdeniz ve Karadeniz iklimlerinin geçiş iklimi hüküm sürmektedir. Çalışma alanlarında, suyun temel kaynağı yağmur suları olup, bu sular hidrolojik çevrimin en önemli bileşenidir. Yağışlar genellikle bahar ve kış aylarında olmaktadır. Yağışlar her mevsime dağılmakla beraber, Aralık- Nisan dönemlerinde yoğun şekilde gerçekleşmektedir. En fazla yağış Aralık ayında olup $96,9 \text{ kg/m}^2$ 'dir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2012).

Çalışma bölgesi Çanakkale ili sınırları içerisinde Ayvacık ili Tuzla köyü içerisinde yer almaktadır. Çanakkale il merkezine 90km uzaklıkta, araçla ulaşımı yaklaşık 1 saat mesafede bulunan Tuzla köyü termal kaynaklar açısından zengin bir yapıya sahiptir (Şekil 2). Birçok jeotermal enerji kaynağına dayalı faaliyet gösteren özel firma sahip olduğu ruhsatlı alanlarda çalışmaktadır. Proje çalışmasına konu olan bölge ise kayalık bir yamaç üzerinde yer almakta ve farklı noktalarında termal su kaynakları bulunmaktadır (Şekil 3).

Çanakkale Tuzla jeotermal kaynağı, 150°C kadar sıcaklığa ulaşan düşük sıcaklıklı sistemlerle, 200°C kadar sıcaklığa ulaşan yüksek sıcaklıklı sistemler arasında yer almaktadır. Bölgenin tahmini elektrik üretim projeksiyonu 174°C ortalama sıcaklığı ile 80 MegaWatt elektrik (MWe) kapasiteye sahiptir (Sepron 2009).



Şekil 1. Çanakkale ili ve çevresini kapsayan jeoloji haritası (Şengün, 2011).



Şekil 2. Jeotermal alanın konumu (Görüntüler Google Earth'den alınarak hazırlanmıştır)



Şekil 3. Jeotermal alandan bir görünüm

3. ÇALIŞMA PLANI

Projede 6 farklı tarihte arazi çalışmaları yapılmıştır. Arazi çalışmaları ve arazi sonrası gerçekleştirilen çalışmalar iş paketleri çerçevesinde Tablo 1 de belirtilmiştir.

Arazi çalışmaları kapsamında termal kaynaklardaki suların fiziksel özellikleri (Şekil 4), jeodezik çalışmalar kapsamında GPS ölçmeleri, fotogrametrik çalışmalar kapsamında yersel olarak ve İHA ile termal ve dijital görüntü alımları, jeolojik gözlemler ve petrografik çalışmalar için kaya örneklerinin toplanması olarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler tematik olarak sıcaklık bilgisini de içerecek şekilde geometrik ve morfolojik açıdan ele alınmıştır.



Şekil 4. Arazide suyun fiziksel özelliklerinin tespitinden bir görünüm

Tablo 1. İş paketlerinin gerçekleşme tarihleri.

İş paketi	İP Tanımı	Çalışma tarihleri	Gerçekleşen Ay	Proje önerisinde öngörülen ay
1	Kameraların kalibrasyon ölçmeleri ve değerlendirmesi	15 Mayıs 2014- 06 Temmuz 2014	1-2	1
2-3-4-5	Periyot-1 arazi çalışması (Jeodezik sabit noktalarının ölçmesi, yer control noktalarının ölçmesi, fotogrametrik resim çekimleri, hidro-jeolojik veri toplanması)	07 Temmuz 2014	2	1
6-7	Periyot-1 deki görüntülerle fotogrametrik değerlendirme ve model üretimi, hidro-jeolojik verilerin kayıt edilmesi	08 Temmuz 2014 – 14Eylül 2014	2-3-4	1-2
8-9	Periyot-2 arazi çalışması (Yer control noktalarının ölçmesi, fotogrametrik resim çekimleri, hidro-jeolojik veri toplanması)	15 Eylül 2014	4	3
10-11	Periyot-2 deki görüntülerle fotogrametrik değerlendirme ve model üretimi, hidro-jeolojik verilerin kayıt edilmesi	16 Eylül 2014- 10 Kasım 2014	5-6	3-4
12-13	Periyot-3 arazi çalışması (Yer kontrol noktalarının ölçmesi, fotogrametrik resim çekimleri, hidro-jeolojik veri toplanması)	11 Kasım 2014	6	5
14-15	Periyot-3 deki görüntülerle fotogrametrik değerlendirme ve model üretimi, hidro-jeolojik verilerin kayıt edilmesi	12 Kasım 2014- 29 Ocak 2015	6-7-8-9	5-6

Tablo 1. İş paketlerinin gerçekleşme tarihleri (devamı).

İş paketi	İP Tanımı	Çalışma tarihleri	Gerçekleşen ay	Proje önerisinde öngörülen ay
16-17	Periyot-4 arazi çalışması (Yer control noktalarının ölçmesi, fotogrametrik resim çekimleri, hidro-jeolojik veri toplanması)	30 Ocak 2015	9	7
18-19	Periyot-4 deki görüntülerle fotogrametrik değerlendirme ve model üretimi, hidro-jeolojik verilerin kayıt edilmesi	31 Ocak 2015- 12 Mart 2015	9-10	7-8
20-21	Periyot-5 arazi çalışması (Yer control noktalarının ölçmesi, fotogrametrik resim çekimleri, hidro-jeolojik veri toplanması)	13 Mart 2015	10	9
22-23	Periyot-5 deki görüntülerle fotogrametrik değerlendirme ve model üretimi, hidro-jeolojik verilerin kayıt edilmesi	14 Mart 2015- 05 Mayıs 2015	10-11-12	9-10
24-25	Periyot-6 arazi çalışması (Yer control noktalarının ölçmesi, fotogrametrik resim çekimleri, hidro-jeolojik veri toplanması)	06 Mayıs 2015	12	11
26-27	Periyot-6 deki görüntülerle fotogrametrik değerlendirme ve model üretimi, hidro-jeolojik verilerin kayıt edilmesi	07 Mayıs 2015-15 Mayıs 2015	12	11-12

Proje önerisinde öngörülen ay planlaması ile gerçekleşen aylar arasında maksimum 1-2 aylık gecikmeler olmasına rağmen proje önerisindeki tüm çalışmalar iş paketlerine uygun sıra ve sürede gerçekleştirilmiştir. Söz konusu zamansal gecikmelerin sebebi; proje sözleşmesinde 15 Mayıs 2014 olarak belirtilen başlangıç tarihine rağmen, proje yürütücüsünden kaynaklanmayan nedenlerle sözleşmenin yaklaşık 1 aylık gecikmeli olarak imzalanması, termal kameranın yurt dışından temin edilmesi sürecinde gümrük işlemlerinin uzaması ve arazi çalışmalarının bazı ölçüm dönemlerinde mevsim koşullarına bağlı olarak aşırı yağmur nedeniyle aksamasıdır.

4. FOTOGRAMETRİK ÇALIŞMALAR

Fotogrametrik çalışmalar kapsamında öncelikle bölüm 4.1 ve 4.2’de sırasıyla klasik olarak kullanılan, görünür ışığa duyarlı dijital kameraların kalibrasyonları ve termal kameranın kalibrasyonu açıklanacaktır. Daha sonra bölüm 4.3’de arazideki fotogrametrik görüntü alımından önce yapılan, yer kontrol noktalarının tesisi ve bu noktaların hassas koordinatlarının tespiti için yapılan jeodezik çalışmalar açıklanacaktır. Bölüm 4.4 ve 4.5 de dijital kamera görüntülerin (görünür ışığa duyarlı dijital kameralar ile) elde edilmesi, fotogrametrik olarak değerlendirilmesi ve 3 boyutlu modelin oluşturulması açıklanacaktır. Bölüm 4.6 ve 4.7 de ise termal görüntülerin elde edilmesi, fotogrametrik olarak değerlendirilmesi ve 3 boyutlu modelin oluşturulması açıklanacaktır. Çalışmada yazılım olarak proje kapsamında temin edilen Pix4D Mapper fotogrametrik yazılımı kullanılmıştır. Kalibrasyon aşamalarında ayrıca, Photomodeler ve Matlab yazılımından faydalanılmıştır. Son olarak bölüm 4.8 de fotogrametrik olarak elde edilen noktaların sonuçları ile jeodezik noktalar karşılaştırılmıştır.

Proje önerisinin konu kapsam bölümünde, projede kullanılabilecek yazılımlar olarak Photomodeler, LPS (Leica Photogrametry Suite), Pictran vb. belirtilmiştir. Pictran programı otomatik ölçme yönünden zayıf olması ve nokta bulutu üretimi yapmaması nedeniyle ne termal ne de dijital görüntü ile kullanımı tercih edilmemiştir. Photomodeler programının tercih edilmesinin sebebi yakın resim fotogrametrisinde tanımlanmış karakteristik “özel hedefleri” otomatik tanıma özelliği olmasıdır. Bu sebeple dijital kamera kalibrasyonu esnasında özel hedefler, nokta ölçme doğruluğunu arttırmak ve çok sayıda noktayı hızlı bir şekilde ölçmek için Photomodeler tercih edilmiştir. Pix4Mapper yazılımının ise LPS’ye tercih edilmesinin sebebi, termal kamera gibi özel uzantılı dosya formatları ve farklı spektral bölgelerdeki verileri analiz edebilme yeteneği nedeni ile kullanılmıştır. Pix4Mappper programı, otomatik eşleme sırasında ve yöneltme sonrası nokta bulutu üretiminde başarılı performans sergilediği tespit edilmiştir. Termal kamera kalibrasyonunda ise düşük çözünürlük nedeni ile hedef nokta tesisi yapılmamış, kare gridlerden oluşan alüminyum kaplı satranç tahtası deseninde bir düzlemsel ağ oluşturulmuştur.

Inpho ve LPS gibi yazılımların kamera kalibrasyon dosyaları Pix4D Mapper ile uyumlu olmasına rağmen bu projede kullanılan diğer yazılımların dosyaları Pix4DMapper ile uyum sağlamamaktadır. Farklı yazılımlardan elde edilen kalibrasyon sonuçları Pix4DMapper yazılımına şu şekilde aktarılmıştır: Pix4Mapper programındaki kamera özelliklerini editlemeyi sağlayan arayüz kullanılarak kalibrasyon dosyası aktarılmıştır (Şekil 5). Ayrıca, Pix4DMapper yazılımının “initial” klasöründe yer alan *.cam uzantılı kamera parametre dosyası bir text editöründe açılarak kamera parametreleri editlenebilmektedir.

Bir sonraki aşama olan fotogrametrik dengeleme esnasında, kamera parametreleri optimizasyonu yapılarak, kalibrasyon sonuçlarının ayrıca iş sırasındaki durumuna göre iyileştirilmesi sağlanmıştır.

The screenshot shows the 'Edit Camera Model' window with the following details:

- Camera Model:** EXIF ID: 0.0_382x288, Camera Model Name: TernaCam. Buttons: Save to DB, Cancel Edit.
- Camera Model Bands:** Bands: RGB. Button: Edit...
- Camera Model Parameters:**
 - Buttons: Clear, Estimate from EXIF, Load Optimized Parameters.
 - Warning: wrong parameters can cause failure in the reconstruction. Read the Help for more information.
 - ☒ Perspective Lens, ☐ Fisheye Lens.
 - ☐ Image Width [pixel]: 382, Image Height [pixel]: 288.
 - ☒ Sensor Width [mm]: 36, Sensor Height [mm]: 27.1414, Pixel Size [µm]: 94.2408, Focal Length [mm]: 9.86455, Principal Point x [mm]: 5.04031, Principal Point y [mm]: 5.04031.
 - ☒ Camera Model with Distortions:
 - Radial Distortion R1: -0.439514, Radial Distortion R2: 0.363867, Radial Distortion R3: -0.226984.
 - Tangential Distortion T1: 0.00474926, Tangential Distortion T2: 0.00174164.
- Buttons: OK, Cancel, Help.

Şekil 5. Kamera parametrelerinin Pix4Mapper'a eklenmesi için kullanılan arayüz

4.1 Dijital kamera kalibrasyonu

Günümüz fotogrametrik modelleme yöntemleri, kamera parametrelerini, üretilen yüksek sayıdaki noktalar yardımıyla kendi kendine kalibrasyon yardımıyla çözebilme yeteneğine sahiptir. Bu çözümleme, yüksek doğruluk gerektiren işlemlerde hata kaynağına sebep olabilmektedir. Ancak kamera kalibrasyonu ile daha önceden özel olarak belirlenmiş kamera

parametreleri, iş sırasındaki kamera parametrelerini daha doğru elde edilmesine, modelin doğruluğunun artmasına olanak tanımaktadır. Bu nedenle proje kapsamında yapılan çalışmalarda kalibrasyon işlemleri gerçekleştirilmiştir. Proje kapsamında üç adet dijital kamera kullanılmıştır. Birinci kamera 18MP Canon 650D, ikincisi 18MP Canon EOS M diğeri ise 7MP geniş açı GoPro Hero 3 dür.

Proje kapsamında 100 adet noktadan oluşan bir kalibrasyon test alanı tasarlanmıştır (Şekil 6). Kalibrasyon alanındaki noktalar Total Station ile ölçülerek koordinatları tespit edilmiştir (Şekil 7). Daha sonra yukarıda ismi geçen kameralarla alınan konvergent açılı resimleri değerlendirilerek kamera parametreleri tespit edilmiştir. Test alanındaki noktaların resim koordinatları doğruluğunu arttırmak için noktalar için temin edilen ve hepsi birbirinden farklı olan özel hedefler otomatik yöntemle ölçülmüştür. Elde edilen kalibrasyon sonucu kamera parametreleri Tablo 2 ve 3'deki gibi belirlenmiştir.



Şekil 6. Özel hedeflerden oluşan kalibrasyon test alanı



Şekil 7. Özel hedeflerden Total Station ile ölçümü

Tablo 2. Geniş açılı kameraların kalibrasyon raporu

Kamera	Canon EOS 650D	EOS M
Objektif	Geniş aç	Geniş aç
Odak uzaklığı	19,2362 mm	18,6970 mm
Sensör genişliği	22,9141 mm	22,7683 mm
Sensör yüksekliği	15,1638 mm	15,1638 mm
Ana nokta (x_0)	11,5437 mm	11,6326 mm
Ana nokta (y_0)	7,7077 mm	7,7821 mm
Radyal distorsiyon K1	4,790e-004	4,947e-004
Radyal distorsiyon K2	-9,293e-007	-8,669e-007
Teğetsel distorsiyon P1	-1,348e-004	-6,402e-005
Teğetsel distorsiyon P2	9,951e-006	1,169e-004

Tablo 3. Balık gözü kameranın kalibrasyon raporu

Kamera	GoPro Hero 3
Objektif	Balık gözü
Odak uzaklığı	4,5176 mm
Sensör genişliği	4,6500 mm
Sensör yüksekliği	3,4870 mm
Ana nokta (x_0)	2,3185 mm
Ana nokta (y_0)	1,7035 mm
Poly[0]	-0,001156
Poly[1]	1,0
Poly[2]	-0,177779
Poly[3]	0,292447
c (Afin dön. par.)	2876,77
f (Afin dön. par.)	2876,77
d (Afin dön. par.)	0
e (Afin dön. par.)	0

4.2 Termal kamera kalibrasyonu

Kameralardaki hataları gidermek için geliştirilmiş olan matematiksel modeller ile odak uzaklığı, resim orta noktası koordinatları, distorsiyon parametreleri ve kamera yöneltme parametreleri gibi kameranın iç ve dış yöneltme parametreleri hesaplanabilmektedir. Bu parametrelere kalibrasyon parametreleri denilmektedir (Yang, 2011). Bu çalışmada matematiksel model olarak en yaygın kullanılan yöntem olan Tsai DLT modeli kullanılmaktadır (Zhang, 2000).

Bu yöntemin en büyük avantajı, çözümün lineer olması ve yaklaşık değer probleminin olmamasıdır. DLT eşitlikleri (Eşitlik 4.3-4.4) ile direkt olarak resim koordinatlarından uzay koordinatlarına ulaşmak mümkündür. 11 parametreye ilave edilmiş parametrelerle birlikte DLT eşitlikleri aşağıdaki denklemlerde verilmiştir (Abdel-Aziz ve Karar, 1971). Resim koordinat sistemi ile cisim koordinat sistemi arasındaki ilişki matematiksel olarak şu şekilde ifade edilir.

$$u-u_0 = \frac{d}{\lambda_u} \frac{r_{11}(x-x_0)+r_{12}(y-y_0)+r_{13}(z-z_0)}{r_{31}(x-x_0)+r_{32}(y-y_0)+r_{33}(z-z_0)} \quad (4.1)$$

$$v-v_0 = \frac{d}{\lambda_v} \frac{r_{21}(x-x_0)+r_{22}(y-y_0)+r_{23}(z-z_0)}{r_{31}(x-x_0)+r_{32}(y-y_0)+r_{33}(z-z_0)} \quad (4.2)$$

Burada, u_0, v_0 : noktanın resim noktaları, u, v : ana noktanın resim koordinatları, r_{ij} : dönme matrisi elemanları, x, y, z : noktanın cisim koordinatları, λ_u, λ_v : birim dönüşümü katsayıları, d : ölçek faktörü, $L_1, \dots, L_{11}$: Kamera kalibrasyon parametreleri için katsayılardır (Eşitlik 4.5-4.12).

Bu eşitliği tekrar düzenleyerek aşağıdaki eşitliği elde ederiz:

$$u = \frac{L_1 x + L_2 y + L_3 z + L_4}{L_9 x + L_{10} y + L_{11} z + 1} \quad (4.3)$$

$$v = \frac{L_5 x + L_6 y + L_7 z + L_8}{L_9 x + L_{10} y + L_{11} z + 1} \quad (4.4)$$

$$L_1 = \frac{u_0 r_{31} - d_u r_{11}}{D} \quad L_2 = \frac{u_0 r_{32} - d_u r_{12}}{D} \quad (4.5)$$

$$L_3 = \frac{u_0 r_{33} - d_u r_{13}}{D} \quad (4.6)$$

$$L_4 = \frac{(d_u r_{11} - u_0 r_{31})x_0 + (d_u r_{12} - u_0 r_{32})y_0 + (d_u r_{13} - u_0 r_{33})z_0}{D} \quad (4.7)$$

$$L_5 = \frac{v_0 r_{31} - d_v r_{21}}{D} \quad L_6 = \frac{v_0 r_{32} - d_v r_{22}}{D} \quad (4.8)$$

$$L_7 = \frac{v_0 r_{33} - d_v r_{23}}{D} \quad (4.9)$$

$$L_8 = \frac{(d_v r_{21} - v_0 r_{31})x_0 + (d_v r_{22} - v_0 r_{32})y_0 + (d_v r_{23} - v_0 r_{33})z_0}{D} \quad (4.10)$$

$$L_9 = \frac{r_{31}}{D} \quad L_{10} = \frac{r_{32}}{D} \quad L_{11} = \frac{r_{33}}{D} \quad (4.11)$$

$$D = -(x_0 r_{31} + y_0 r_{32} + z_0 r_{33}) \quad d_u = \frac{d}{\lambda_u} \quad d_v = \frac{d}{\lambda_v} \quad (4.12)$$

Burada Δu ve Δv optik distorsiyon nedeniyle oluşan hatalardır.

Çalışmada proje kapsamında temin edilen PI450 model termal kamera kullanılmıştır (Şekil 8). PI450 saniyede 96 resim ve 32 Hz ile gerçek zamanlı termal görüntü alabilmektedir. Detaylı teknik özellikleri Tablo 4 de listelenmektedir.

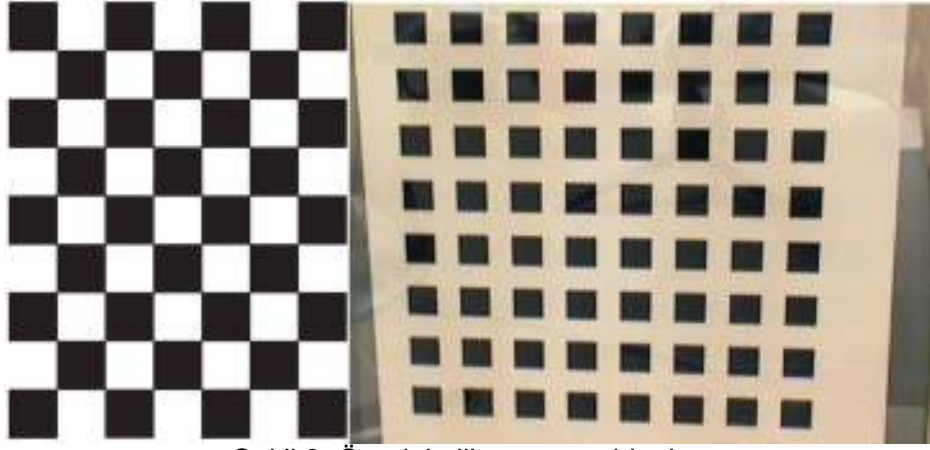


Şekil 8. PI450 termal kamera

Tablo 4. PCE PI450'nin teknik özellikleri

Detektör	FPA, soğutulmamış (25 x 25 μ m)
Optik çözünürlük	382 x 288 Piksel
Spektral aralık	7,5 - 13 μ m
Sıcaklık aralığı	-20 - +100°C, 0 - +250°C, +150 - +900°C
Görüntü frekansı	80 Hz
Optikler (FOV)	38° x 29° FOV / f = 15 mm, +900°C' ye kadar veya 62° x 49° FOV / f = 8 mm, +900°C' ye kadar veya 13° x 10° FOV / f = 41 mm, +900°C' ye kadar veya 38° x 29° FOV / f = 15 mm, +1.500°C' ye kadar veya 62° x 49° FOV / f = 8 mm, +1.500°C' ye kadar veya 13° x 10° FOV / f = 41 mm, +1.500°C' ye kadar
Termik hassasiyet (NETD)	38° x 29° FOV ile 0,04 K / F = 0,8 62° x 49° FOV ile 0,04 K / F = 0,8 13° x 10° FOV ile 0,06 K / F = 1,0
Sistem hassasiyet	$\pm 2^\circ\text{C}$ veya $\pm 2\%$
Bağıl Nem	20 ... 80 % b.N., buğulaşmayan
Gövdenin boyutları	46 x 56 x 90 mm
Ağırlık	320 gr., Lens dahil
Güç kaynağı	USB üzerinden

Kalibrasyon metotları 2 ana kategoriden oluşmaktadır: geleneksel kalibrasyon ve kendi kendine kalibrasyon. Geleneksel kalibrasyonda satranç tahtası (Yang ve diğ., 2010), daire ve halka şablonu kullanılmaktadır (Songand ve Wang, 2007; Vidas ve diğ, 2013). Çalışmalarda kullanılan şablonların boyutları değişmektedir. Şablonlarda kullanılan köşe sayıları 10cmX10cm, 7cmX9cm gibi çeşitli aralıklarda ve olabilmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Örnek kalibrasyon şablonları

Termal kameralar nesnelerden yayılan ısıları algıladığından kalibrasyon için hazırlanan şablonunda farklı düzeylerde ısı yayması gerekmektedir. Termal deseni sağlamak için kullanılan satranç desenleri üzerindeki siyah alanlar alüminyum bant ile kapatıldı. Alüminyum, emisivite değeri düşük olduğundan daha az ısınması dolayısıyla şablonun zemini ile arasında fark oluşturması için kullanılmıştır. Beyaz alanlar ise boş bırakıldı. Şablonlar ısıtıcı ile ısıtılarak alüminyum ile kapalı alanlar ve arka plan arasında ısı farkı yaratıldı. Başka şablon tipi olarak 6 cm aralıkla yerleştirilen küçük ampuller ve çit teli ısıtılarak kullanılmıştır. Işıkların donanımından ve çit telinin sıcaklığını koruma zorluğundan bu sistemlerden verimli termal görüntü alınamamıştır. Şekil 10 de termal kamera ile görüntülenmiş kalibrasyon şablonları gösterilmektedir.

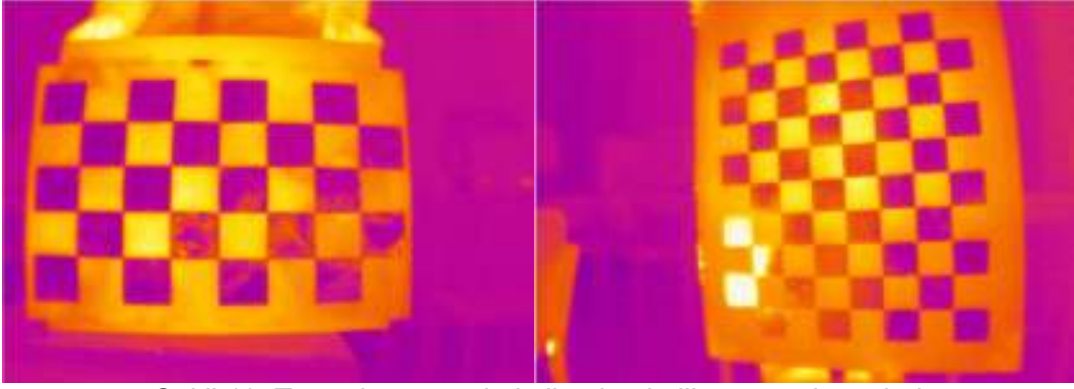
Performans analizi için 3, 4, 5 cm boyutlarında çeşitli şablonlar tasarlandı. Şablonların boyutları A4 ve A3 kağıtları ebatlarında hazırlandı. Uygulamada kullanılan şablon özellikleri Tablo 5’de listelenmiştir.

Tablo 5. Performans analizi için kullanılan şablonların özellikleri

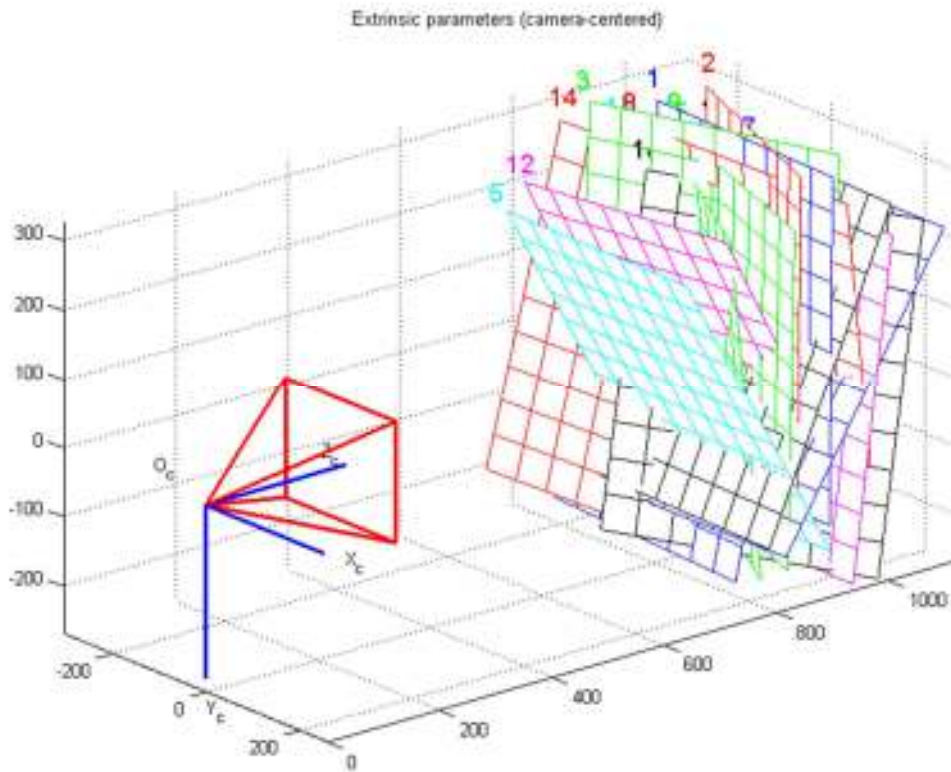
	Şablon dış boyut	Kare boyutu (cm)	Kare sayısı
Şablon 1	50*40	5*5	8*10
Şablon 2	25*40	5*5	5*8
Şablon 3	18*27	3*3	6*9
Şablon 4	15*21	3*3	7*5
Şablon 5	24*36	4*4	6*9

Tasarlanan şablonların ısıtıcı ile ısıtılarak termal kamera karşısında 12 farklı açıdan görüntüleri alınmıştır. Alınan görüntülerin kalibrasyonu Matlab Camera Calibration Toolbox ile hesaplanmıştır (Bouguet, 2015).

Şablon 1 için kalibrasyon sonucu elde edilen dış yöneltme parametrelerinin görsel olarak gösterimi Şekil 11 de yapılmıştır.



Şekil 10. Termal görüntüde kullanılan kalibrasyon desenleri

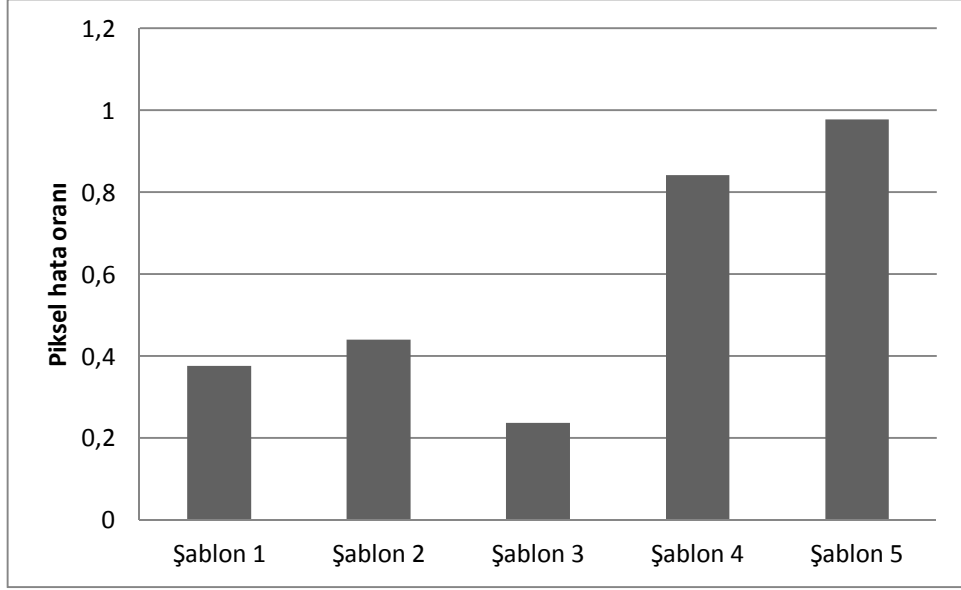


Şekil 11. Şablon 1'in kalibrasyon sonrası dış yöneltme görseli

Hazırlanan şablonların için Matlab programından alınan kalibrasyon sonuçları tablolarda görülmektedir. Kalibrasyon şablonundaki satranç karesi eşit olduğunda şablonun ebat olarak büyük olması sonuçlar üzerinde önemli fark yaratmadığı Tablo 6 dan anlaşılmaktadır. Tasarlanan şablon 3 ve şablon 4'te karenin boyutları küçültülerek termal kameradan görüntüsü alınmıştır. Karenin boyutunun küçülmesi ile odak uzaklığı ve ana noktanın sapma oranının arttığı gözlenmiştir.

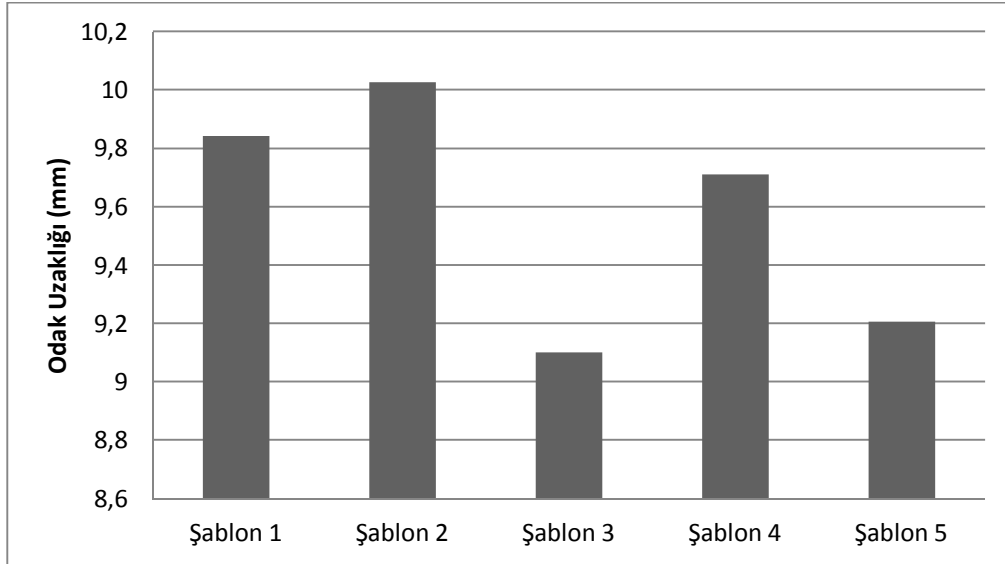
Tablo 6. Şablonların kalibrasyon sonuçları

	ŞABLON 1	ŞABLON 2	ŞABLON 3	ŞABLON 4	ŞABLON 5
Odak uzaklığı (fc) (mm)	9,864551309	10,03044252	9,105342144	9,717862342	9,225323011
Ana nokta (mm)	5,040312437 4,773575554	5,040312437 4,773575554	5,079233174 4,825456641	5,215328488 4,858735844	5,080197051 4,806697155
Distorsiyon Katsayıları (k1,k2,k3,p1,p2)	-0,41135 0,25431 0,00422 -0,00040 0,00000	-0,39447 0,17413 0,00791 -0,00375 0,00000	-0,39479 0,65871 0,00138 -0,00158 0,00000	-0,23752 0,12065 0,00093 -0,00182 0,00000	-0,31120 0,68864 -0,00546 -0,00515 0,00000



Şekil 12. Piksel hatası kıyaslaması

Şekil 12'deki piksel hatası kıyaslaması sonucunda, Şablon 5 ve Şablon 3'ün kare sayıları aynı olmasına rağmen dış boyutları ve kare boyutlarındaki farklılıklardan dolayı Şablon 3'ün piksel hatası daha düşük oranda çıkmıştır. Şekil 13 de ise farklı şablonlarda hesaplanan odak uzaklıklarının grafik olarak karşılaştırılması verilmiştir.



Şekil 13. Odak uzaklığı kıyaslaması

Kalibrasyon şablonlarının sıcaklığının sonuçlara etkisini inceleyebilmek için şablon sıcaklığı değiştirilerek görüntüler alınmış ve kalibrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Aynı şablonun 30°C ve 38°C olarak alınan görüntülerinin kalibrasyon sonuçları Tablo 7 de görülmektedir.

Tablo 7. Şablonun 30°C ve 38°C olarak alınan görüntülerinin kalibrasyon kıyaslamaları

	Şablon 30°C	Şablon 38°C
Odak uzaklığı (mm)	10,75060728	11,8754886
Ana nokta (mm)	3,859849833 3,400891147	5,242309374 4,861722557
Distorsiyon Katsayıları (k1,k2,k3,p1,p2)	-0,50479 -0,76020 0,00736 0,06397 0,00000	-0,56299 2,28574 -0,01161 0,00694 0,00000

4.3 Kendi kendine kalibrasyon

İHA uçuşları sırasında alınan farklı sayıda ve yükseklikte görüntü ile dijital ve termal kameraların kendi kendine kalibrasyonları (self calibration) yapılarak sonuçları karşılaştırılmıştır. Kalibrasyon sırasında demet dengelemesini gerçekleştirmek için resimler üzerinde elle yer kontrol noktası ölçmeleri yerine otomatik tespit ve eşleme yöntemiyle belirlenen noktalar kullanılmıştır. Bu noktalar elle ölçmelerle üretilebilecek nokta sayısına oranla oldukça yüksek sayıda olduğundan, sağlanan fazla ölçü sayısı elde edilmiş ve ayrıca yüksek oranda KOH'ya sahip ölçme noktalarının elemine edilmesi sağlanmıştır. Sonuç olarak kamera parametreleri de ek bilinmeyen olarak çözümlenebilmiştir. Otomatik elde edilen noktalar kullanılan resim sayıları ile doğru orantılı olarak arttığından, kalibrasyon sonuçlarının ölçülen nokta sayısı ile ilişkisi kalibrasyon sonuçlarının değişiminde değerlendirilmektedir. Tablo 8 de Canon 650D için farklı sayıda resim ölçmesi (10, 15, 20 ve 25 resim) ve farklı uçuş yükseklikleri (ortalama 40m uçuş no 1 ve ortalama 25m uçuş no 2) ile yapılan testler görülmektedir. Tablo 8 incelendiğinde uçuş yükseklikleri arasındaki fark, yer örnekleme çözünürlüğünü etkilediğinden ölçülen nokta sayısı uçuş yüksekliği arttığında azalma göstermektedir. Diğer taraftan resim sayısındaki artış ölçülen otomatik nokta sayısını doğru oranda arttırmıştır.

Tablo 8. Canon 650D ile kendi kendine kalibrasyon için oluşturulan farklı test grupları

Test no	Uçuş no	Otomatik ölçülen nokta sayısı	Resim sayısı	Ort. uçuş yük. (m)
1	1	1259	10	40
2	1	1385	15	40
3	1	1777	20	40
4	1	2946	25	40
5	2	2910	10	25
6	2	4291	15	25
7	2	5722	20	25
8	2	6567	25	25

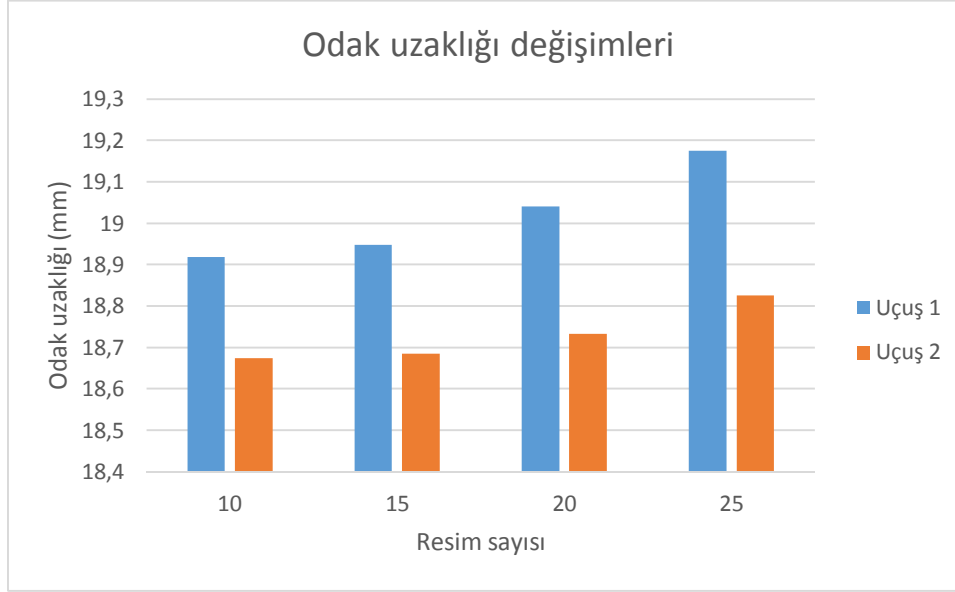
Tablo 9 incelendiğinde, nokta sayısındaki artmaya etki eden resim sayısındaki artış, noktalar için resim ölçmelerinin KOH nı da etkilemiştir. Ancak artış oranlarının makul seviyeler içerisinde gerçekleştiği ve testler arasında nokta doğrulukları açısından önemli bir etkiye sebep olmadığı görülmüştür. Diğer taraftan yine iki farklı uçuş yüksekliğinden kaynaklanan yer örnekleme çözünürlüğü arasındaki fark yaklaşık iki katı olmasına rağmen ölçmelerin KOH arasında o miktarda olumsuz bir etkileneceği tespit edilmiştir. İlk aşamada uçuş yüksekliğinin fotogrametrik ölçmeleri doğru oranda etkilemesine rağmen doğruluğu fazla etkilemediği ortaya koyulmaktadır.

Tablo 9. Canon 650D için kendi kendine kalibrasyon ile elde edilen kamera parametreleri

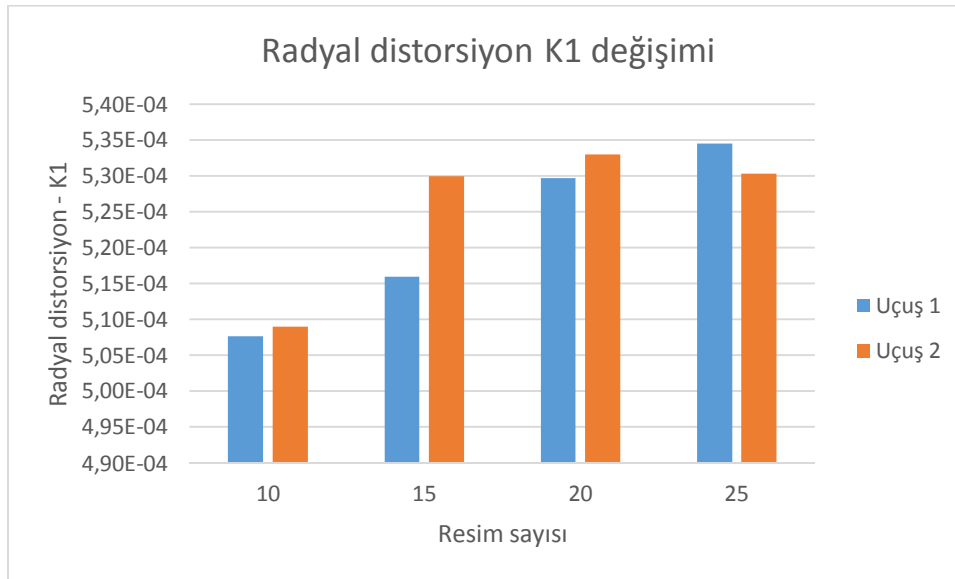
Test no	Odak uzaklığı (mm)	x_0 (mm)	y_0 (mm)	K1	K2	Resim ölçüleri KOH (Piksel)
1	18,9197	11,3538	7,5819	5,08E-04	-1,38E-06	0,588
2	18,9479	11,3538	7,5819	5,16E-04	-1,43E-06	0,596
3	19,0418	11,3538	7,5819	5,30E-04	-1,48E-06	0,607
4	19,1755	11,3538	7,5819	5,35E-04	-1,52E-06	0,64
5	18,6752	11,3538	7,5819	5,09E-04	-1,25E-06	0,513
6	18,6858	11,3538	7,5819	5,30E-04	-1,24E-06	0,549
7	18,7343	11,3538	7,5819	5,33E-04	-1,30E-06	0,589
8	18,827	11,3538	7,5819	5,30E-04	-1,31E-06	0,604

Tablo 9 ile ilgili bahsedilebilecek iki konu ise radyal distorsiyon parametrelerinin başarı ile çözülmesine rağmen teğetsel distorsiyon değerleri elde edilememiştir. Test sonuçlarını en iyi

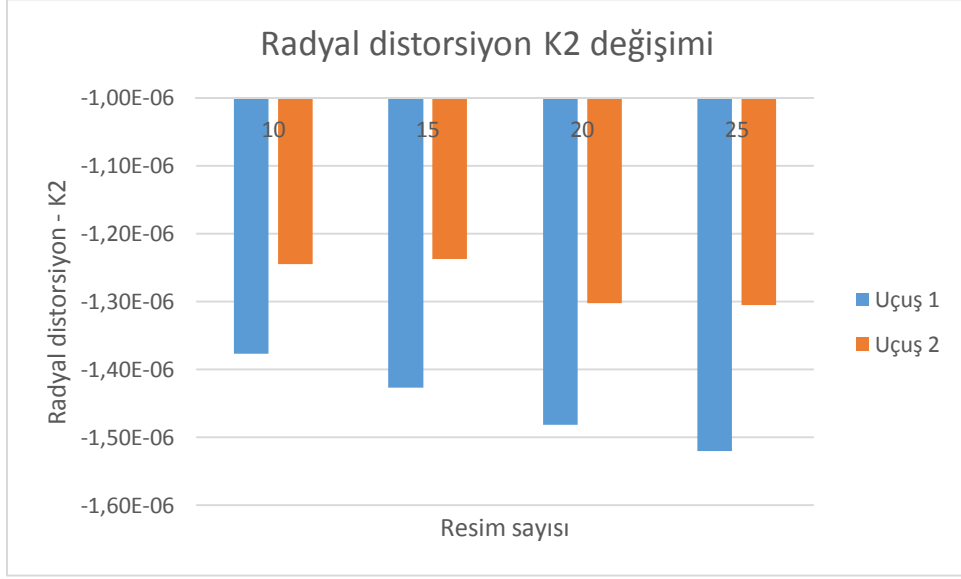
şekilde değerlendirebilmek için kendi kendine kalibrasyon çalışmalarında laboratuvar ortamında elde edilen öncül kalibrasyon değerleri hesaba katılmadan yapılmıştır. Bu durum kameraların ayrıca laboratuvar ortamında kalibrasyon edilmesi gerekliliğini açıkça ortaya koymaktadır. Tablo 9 daki değerleri daha iyi inceleyebilmek ve karşılaştırmak maksadı ile kalibrasyonlar sonucu elde edilen odak uzaklığı değişimleri şekil 14 de, radyal distorsiyon parametresi K1 ve K2 katsayılarının karşılaştırılması sırasıyla şekil 15 ve 16 da, otomatik eşleme ile ölçülen nokta sayısı karşılaştırması şekil 17 de, ölçülen noktaların KOH larının karşılaştırılması şekil 18 de verilmiştir.



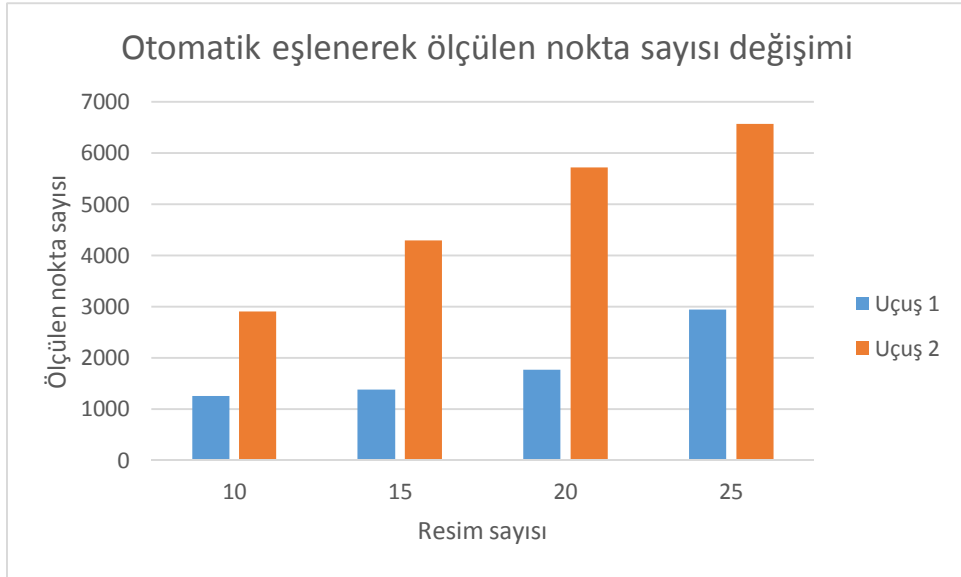
Şekil 14. Canon 650D için farklı testler sonucu elde edilen odak uzaklıklarının karşılaştırılması



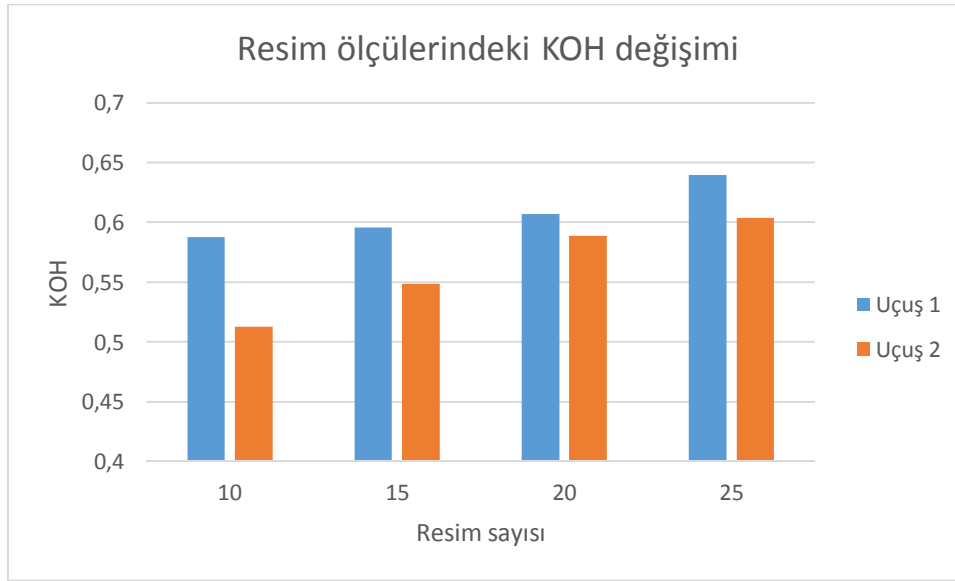
Şekil 15. Canon 650D için farklı testler sonucu elde edilen radyal distorsiyon parametresi K1 değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 16. Farklı testler sonucu elde edilen Canon 650D için radyal distorsiyon parametresi K2 değierlerinin karşılaştırılması



Şekil 17. Canon 650D için farklı testler sonucu elde nokta sayılarının karşılaştırılması



Şekil 18. Canon 650D için farklı testler sonucu resim ölçmelerinde elde edilen KOH değerlerinin karşılaştırılması

Benzer değerlendirmeler yine 8 adet test ile Optris PI 450 termal kamera ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar tablo 10 ve tablo 11 de açıklanmıştır. Dijital kamerada görüldüğü gibi, termal kamerada beklenildiği şekilde resim sayısı ile doğru orantılı artış gösteren nokta sayıları ile kendi kendine kalibrasyon testleri yapılmıştır. Tablo 11 de belirtildiği gibi KOH'larda belirgin farklar gözlenmemiştir. Bunu sebebi termal kameraların dijital kamerayla karşılaştırıldığında oldukça düşük çözünürlüğe sahip olmalıdır. Belli bir mesafeden sonra kamera ile alınan görüntülerden üretilen ölçmelerde belirgin bir doğruluk farklılığı beklenmemektedir. Ancak 3 boyutlu nokta üretiminde elde edilecek detay anlamında mutlaka farklar ortaya çıkacağı aşikârdır. Diğer taraftan sonuçlar değerlendirildiğinde dijital kamerada olduğu gibi düzenli değişimler görülmemiştir. Bunun sebepleri olarak yine kameranın düşük çözünürlüğü ve ayrıca resimlerin video formatından çerçeve olarak elde edilmesi sırasındaki kayıplar olarak düşünülmektedir.

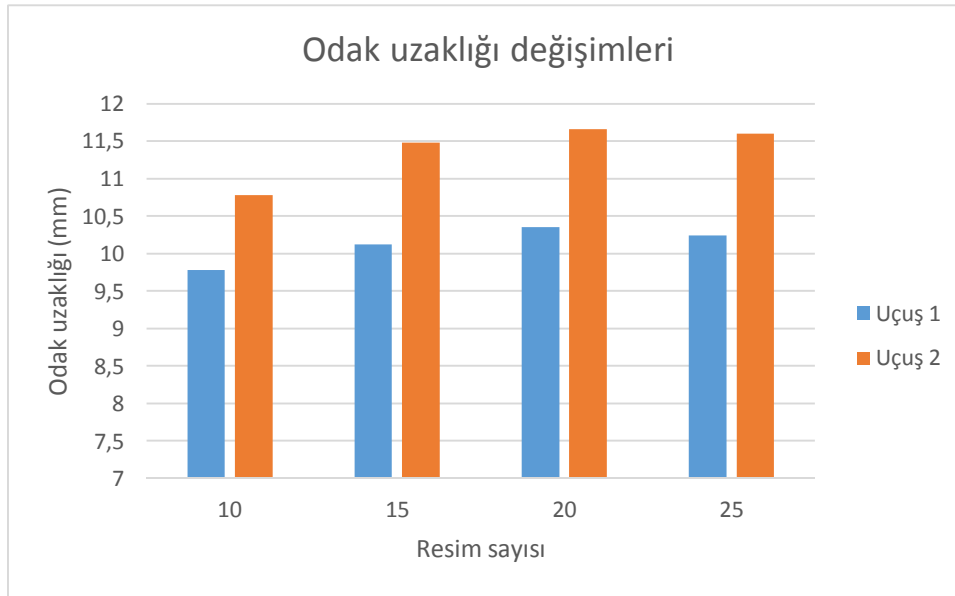
Tablo 10. Optris PI 450 ile kendi kendine kalibrasyon için oluşturulan farklı test grupları

Test no	Uçuş no	Otomatik ölçülen nokta sayısı	Resim sayısı	Ort. uçuş yük. (m)
1	1	83	10	40
2	1	230	15	40
3	1	243	20	40
4	1	266	25	40
5	2	902	10	25
6	2	1320	15	25
7	2	1441	20	25
8	2	1640	25	25

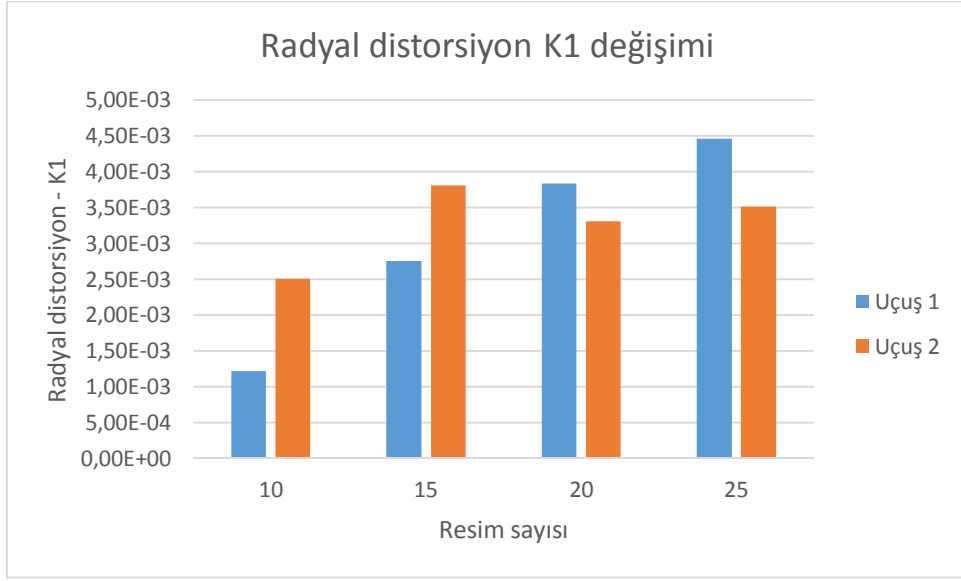
Tablo 11. Optris PI 450 için kendi kendine kalibrasyon ile elde edilen kamera parametreleri

Test no	Odak uzaklığı (mm)	x_0 (mm)	y_0 (mm)	K1	K2	Resim ölçüleri KOH (Piksel)
1	9,7816	4,5000	3,3927	1,22E-03	-3,69E-05	0,892
2	10,1265	4,5000	3,3927	2,76E-03	-2,79E-05	0,897
3	10,3579	4,5000	3,3927	3,84E-03	-4,83E-05	0,942
4	10,2441	4,5000	3,3927	4,46E-03	-4,18E-05	1,006
5	10,782	4,5000	3,3927	2,51E-03	-4,36E-05	0,889
6	11,4872	4,5000	3,3927	3,81E-03	-4,58E-05	0,977
7	11,6613	4,5000	3,3927	3,31E-03	-5,28E-05	0,995
8	11,6017	4,5000	3,3927	3,52E-03	-4,00E-05	0,969

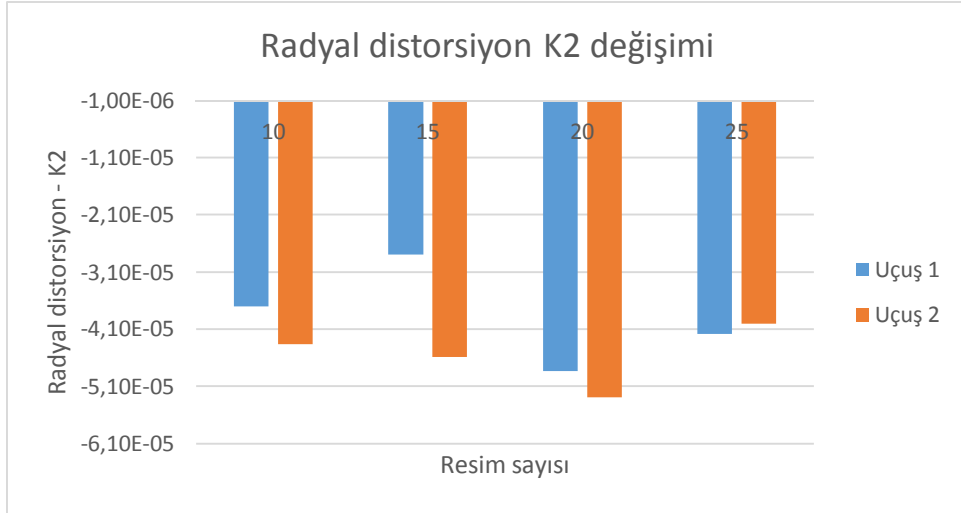
Dijital kamera için yapılan karşılaştırmalar termal kamerada da benzer olarak şekil 19, 20, 21, 22 ve 23 de görülmektedir.



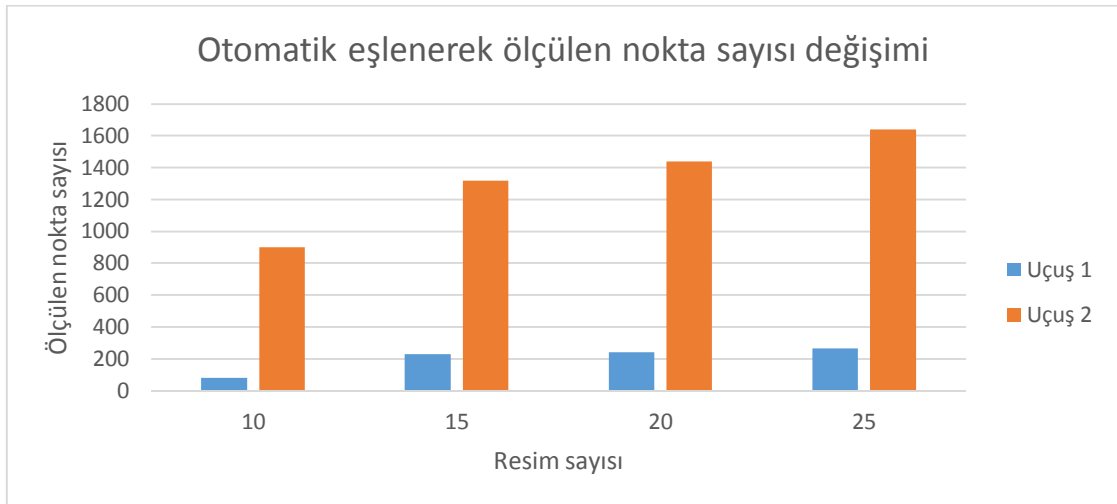
Şekil 19. Optris PI 450 için farklı testler sonucu elde edilen odak uzaklıklarının karşılaştırılması



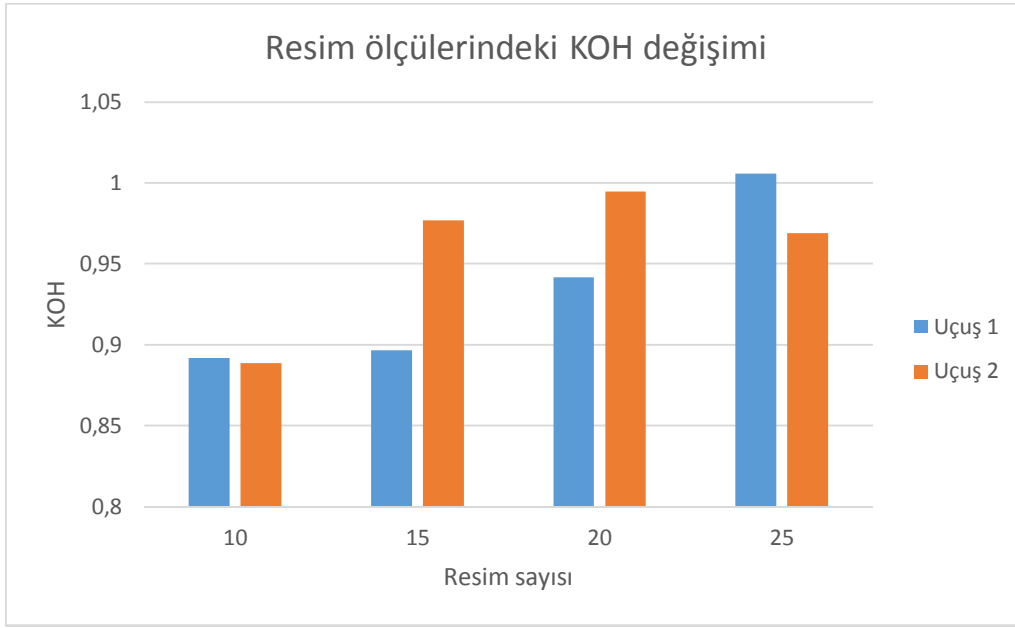
Şekil 20. Optris PI 450 için farklı testler sonucu elde edilen radyal distorsiyon parametresi K1 değışlerinin karşılaştırılması



Şekil 21. Farklı testler sonucu elde edilen Optris PI 450 için radyal distorsiyon parametresi K2 değışlerinin karşılaştırılması



Şekil 22. Optris PI 450 için farklı testler sonucu elde nokta sayılarının karşılaştırılması



Şekil 23. Optris PI 450 için farklı testler sonucu resim ölçmelerinde elde edilen KOH değerlerinin karşılaştırılması

4.4 Jeodezik Çalışmalar

"İHA Destekli Dijital Ve Termal Kamera Görüntülerine Dayalı Jeotermal Analiz Yöntemleri " isimli bilimsel araştırma projesinde planlanan altı adet arazi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda;

- 07 Temmuz 2014 tarihinde 1 (bir) günlük,
- 15 Eylül 2014 tarihinde 1 (bir) günlük,
- 11 Kasım 2014 tarihinde 1 (bir) günlük,
- 30 Ocak 2015 tarihinde 1 (bir) günlük,
- 13 Mart 2015 tarihinde 1 (bir) günlük,
- 06 Mayıs 2014 tarihinde 1 (bir) günlük.

İlgili tarihlerde çalışılan termal alanına Tablo 12'den ulaşılabilir. Belirtilen çalışma bölgelerine günlük seyahatler gerçekleştirildiğinden ilgili alanların Çanakkale merkeze uzaklıklarına göre planlama yapılmıştır.

Tablo 12. Arazi çalışma tarihleri ve çalışma bölgeleri.

Sıra No	Tarih	Çalışma Bölgesi
1	07.07.2014	Tuzla Termal Bölgesi, Ayvacık, Çanakkale
2	15.09.2014	Tuzla Termal Bölgesi, Ayvacık, Çanakkale
3	11.11.2014	Tuzla Termal Bölgesi, Ayvacık, Çanakkale
4	30.01.2015	Tuzla Termal Bölgesi, Ayvacık, Çanakkale
5	13.03.2015	Tuzla Termal Bölgesi, Ayvacık, Çanakkale
6	06.05.2015	Tuzla Termal Bölgesi, Ayvacık, Çanakkale

Proje kapsamında gerçekleştirilecek jeodezik çalışmalara referans olabilmesi için öncelikle 07 Temmuz 2014 tarihinde araziye ulaşıldığında çalışma bölgesine yakın konumda iki adet nokta tesis edilmiştir. Uluslararası GPS Servisinin (IGS- International GPS/GNSS Service) nokta isimlendirme formatına uygun olarak tesis edilen noktalara TUZ1 ve TUZ2 adı verilmiştir. 07.07.2014 tarihinde TUZ1 ve TUZ2 noktalarında SATLAB SL500 model GPS/GNSS alıcıları yardımıyla statik oturum yapılmıştır. Bu noktalardaki GPS/GNSS ölçüleri sırasında alınan fotoğraflar Şekil 24’de görülmektedir.



Şekil 24. Statik GPS/GNSS ölçmelerinden görünüm: TUZ1 (solda) ve TUZ2 (solda) noktaları.

Entegre anten parametreleri Şekil 25’de görülmektedir. Veri toplama aralığı IGS ile senkronizasyon olması bakımından 30 saniye seçilmiştir. Ayrıca çevresel bozucu etkilerden en az düzeyde etkilenmek için uydu yükseklik açısı 10° alınmıştır. UTC zamanı ile 07:57 ile 10:13 saatleri arasında yaklaşık 2 saat 15 dakikalık bir oturum süresi tamamlanmıştır. Statik GPS/GNSS ölçmelerinin anahtar parametreleri Tablo 13’da verilmektedir.

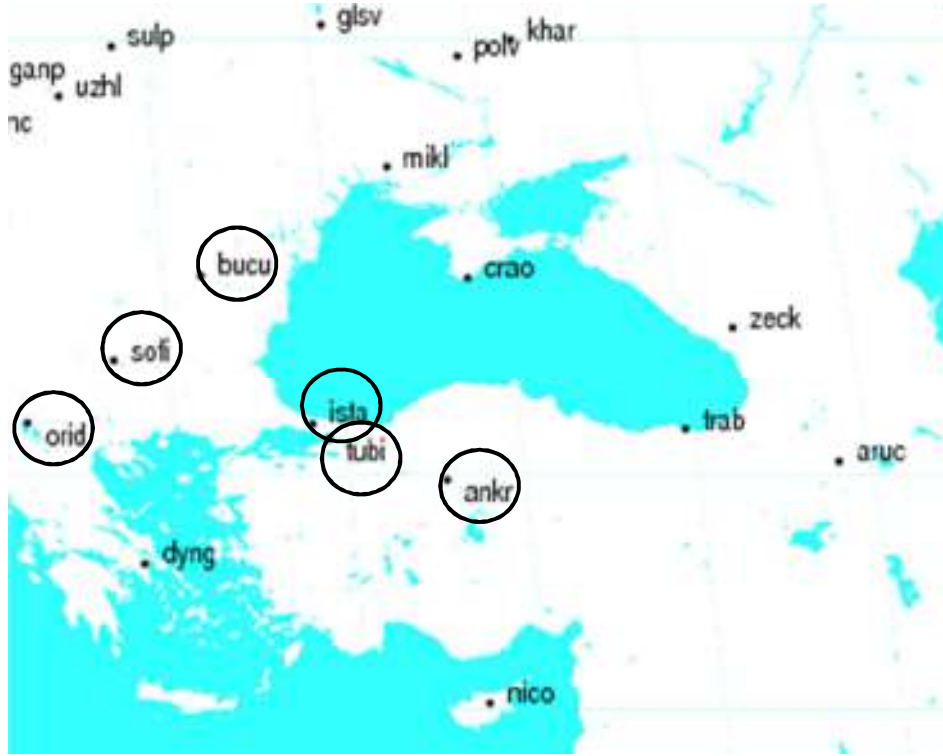
ANTENNA ID	DESCRIPTION	DATA SOURCE (# OF TESTS)	YR/MO/DY
AVE = # in average			
[north] [east] [up]		L1 Offset (mm)	
[90] [85] [80] [75] [70] [65] [60] [55] [50] [45]		L1 Phase at	
[40] [35] [30] [25] [20] [15] [10] [5] [0]		Elevation (mm)	
[north] [east] [up]		L2 Offset (mm)	
[90] [85] [80] [75] [70] [65] [60] [55] [50] [45]		L2 Phase at	
[40] [35] [30] [25] [20] [15] [10] [5] [0]		Elevation (mm)	
SL500	NONE Satlab SL500 DSP->North NGS (3) 12/04/11		
0.1	0.2	128.8	
0.0	0.0	0.5	1.3 2.3 3.3 4.2 5.0 5.5 5.7
5.5	4.8	3.6	1.9 -0.4 -3.3 -6.7 0.0 0.0
-0.5	0.4	120.9	
0.0	-0.2	0.0	0.4 1.0 1.7 2.4 3.0 3.4 3.6
3.5	3.0	2.0	0.5 -1.7 -4.6 -8.2 0.0 0.0

Şekil 25. Statik GPS/GNSS ölçmelerinde kullanılan SL500 alıcısının entegre anten parametreleri.

Tablo 13. Tuzla termal alanındaki statik GPS/GNSS ölçmelerine ilişkin temel bilgiler.

Yer / Tarih	Tuzla / 07.07.2014
Oturum türü	Statik
Alıcı tipi	SATLAB GPS Alıcısı
Anten tipi	Entegre GPS Anteni
GPS ölçüleri	C1, P2, L1, L2, S1, S2
Veri toplama aralığı	30 saniye
Uydu yükseklik açısı	10°
Uydu Yörünge Dosyası	igs56845.eph (hassas yörünge dosyası)
Açıklama	Tuzla termal alanına tesis edilen GPS/GNSS referans noktaları.

Toplanan verilerin değerlendirilmesi için IGS Gözlem Ağının, Avrupa Kıtası'nda Türkiye ve yakın çevresine yayılmış durumda bulunan noktaları arasından toplam altı adet seçilmiştir (Şekil 26). Seçilen noktalar ve bunlara ait bilgiler Tablo 14'da sunulmuştur. Ayrıca çalışmada kullanılan IGS noktaları ile TUZ1 ve TUZ2'nin konumsal dağılımı da Şekil 27'teki haritada verilmektedir.



Şekil 26. Çalışmada kullanılan IGS noktaları (IGS, 2015).

Tablo 14. Seçilen IGS noktalarına ait konum bilgileri.

ID	Şehir	Ülke	Boylam (D)	Enlem (K)	El. Yüks. (m)
ANKR	Ankara	Türkiye	32,7586	39,8875	974,800
BUCU	Bükreş	Romanya	26,1257	44,4639	143,200
ISTA	İstanbul	Türkiye	29,0193	41,1044	147,200
ORID	Ohrid	Makedonya	20,7941	41,1273	773,000
SOFI	Sofya	Bulgaristan	23,3947	42,5561	1119,600
TUBI	Gebze	Türkiye	29,4507	40,7867	974,800



Şekil 27. Çalışmada kullanılan IGS noktaları ile TUZ1 ve TUZ2'nin konumsal dağılımı.

Seçilen noktalara ait gözlem dosyaları ve uydu yörünge bilgilerini içeren hassas efemeris dosyaları, sırasıyla Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC)'ın ftp arşivinden ve IGS' in web sitesinden alınmıştır (SOPAC, 2015). Gözlem dosyaları, IGS noktalarının 07.07.2014 (1800. GPS haftası, haftanın 1. günü) tarihinde, 30 saniye veri toplama aralığında, 23 saat 59 dakikalık gözlemleri içermektedir. Kullanılan hassas efemeris dosyaları ise 1800 (IGS, 2015). GPS haftasına aittir. Ayrıca oluşturulan tüm veri setinin uzunluğu Şekil 28'de verilmiştir.

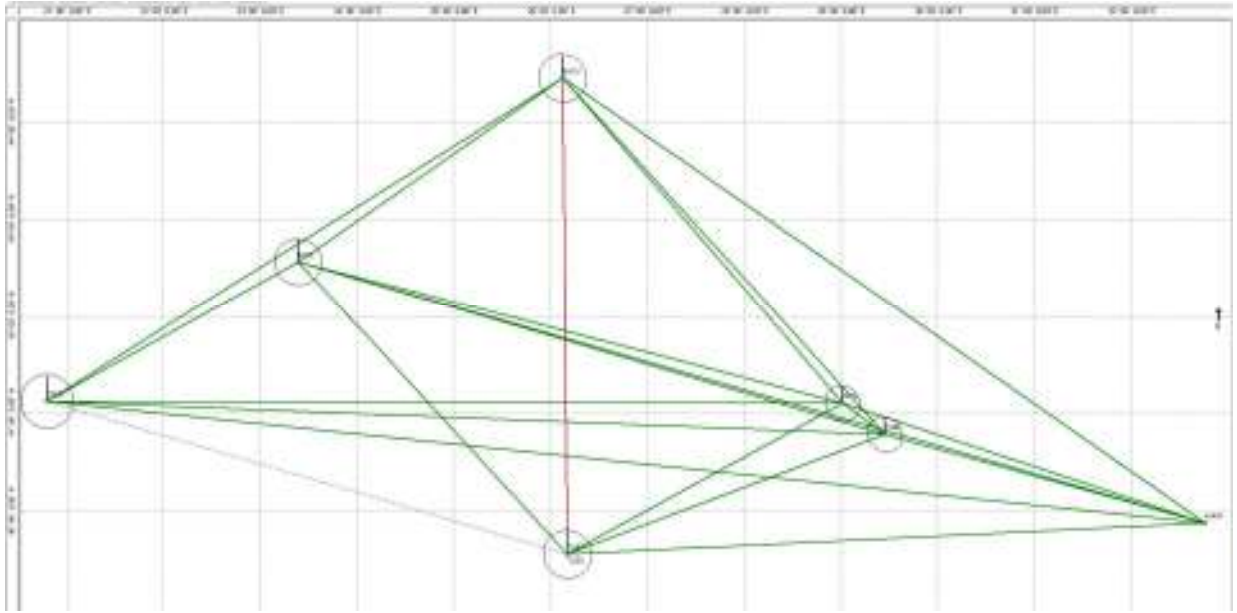


Şekil 28. Çalışmada kullanılan TUZ1, TUZ2 ile IGS noktalarından oluşan veri seti.

Seçilen IGS Gözlem Ağı noktalarıyla, birbirinden farklı uzunluklarda bazlar oluşturmuştur. Söz konusu bazlar ve dengeleme sonrasında elde edilen baz uzunlukları Tablo 15'de sunulmuştur. Ayrıca dengeleme sonrasında noktalardaki hata elipsleri Şekil 29'da verilmektedir. Hata elipsleri incelendiğinde tamamının homojen ve izotrop yapıda olduğu görülmektedir. TUZ1 ve TUZ2 noktalarının dengeleme sonrasında elde edilen dönüştürülmüş koordinatları Tablo 16'de verilmektedir. Her iki noktanın konum doğruluğu yatay düzlemde cm'nin altında, yükseklik bileşeninde ise 2,1 cm'dir.

Tablo 15. GPS/GNSS verilerinin değerlendirilmesinde oluşturulan bazlar ve uzunlukları.

Baz	Uzunluk (m)	Baz	Uzunluk (m)
ANKR-BUCU	746654,566	ORID-ISTA	690283,788
ANKR-ISTA	344535,920	ORID-SOFI	268029,565
ANKR-ORID	21603,404	ORID-TUBI	729139,678
ANKR-SOFI	838208,760	SOFI-ISTA	494083,405
ANKR-TUBI	298262,361	SOFI-TUBI	540984,864
ANKR-TUZ1	565686,456	SOFI-TUZ1	405266,670
ANKR-TUZ2	565684,443	SOFI-TUZ2	405238,967
BUCU-ISTA	441822,851	TUBI-ISTA	50638,840
BUCU-ORID	572034,465	TUBI-TUZ1	310298,931
BUCU-SOFI	306071,873	TUBI-TUZ2	310285,272
BUCU-TUBI	490971,220	ISTA-TUZ1	295978,636
BUCU-TUZ1	543346,389	ISTA-TUZ2	295960,405
BUCU-TUZ2	543313,724	TUZ1-TUZ2	32,702



Şekil 29. Dengeleme sonrasında noktadaki hata elipsleri.

Tablo 16. Seçilen IGS noktalarına ait konum bilgileri.

ID	Kuzey (m)	Doğu (m)	h (m)
TUZ1	4382214,305	428650,201	55,714
TUZ2	4382214,382	428649,722	54,625

Tesis edilen TUZ1 ve TUZ2 referans noktalarına statik tipte GPS/GNSS yöntemiyle yüksek doğruluklu koordinatlar verildikten sonra bu noktalar kullanılarak termal alanda konumlandırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda RTK-GPS yöntemi kullanılmıştır. SATLAB SL500 model iki GPS/GNSS alıcıdan biri sabit (base) noktası olarak TUZ1 noktasına kurularak gerekli ayarlar gerçekleştirilmiştir. Diğer alıcı ise gezici (rover) olarak ayarlanmıştır. Üretilcek modellerin geo-referanslandırılması için termal alanda tesis edilmiş 12 adet özel yansıtıcı hedefe RTK-GPS tekniği ile konumlandırma amaçlı ölçmeler gerçekleştirilmiştir (Şekil 30 ve Şekil 31).



Şekil 30. Termal alanda sabit ve gezici RTK-GPS ölçmeleri.



Şekil 31. Özel yansıtıcı hedeflerde gerçekleştirilen RTK ölçmeleri.

Yapılan RTK/GPS ölçmeleriyle termal alanda üç farklı kapsamda çalışılmıştır:

- 12 adet özel termal hedefin konumlandırılması,
- Termal alanın alt sınırının konumlandırılması (131 nokta),
- Termal alanın üst sınırının konumlandırılması (79 nokta),

Bu çalışmalar sonucunda elde edilen nokta konum bilgileri uydu haritasında verilmiştir (Şekil 32).



Şekil 32. RTK-GPS tekniği ile ölçülen detay noktaları.

Toplam 12 tane termal hedef noktasının RTK-GPS ölçüm değerleri Tablo 17’de verilmektedir. Bu ölçümler sırasında 10 ila 14 noktadan uydu sinyali alınmıştır. RMS ve DOP değerleri de üç boyutlu modellerin üretiminde gereksinim duyulacak doğruluğu karşılamaktadır. Termal hedeflerin Kuzey (Northing) ve Doğu (Easting) koordinatları ile yükseklik bileşeni doğrudan üç boyutlu modelleme aşamasında modellerin geo-referanslandırılmasında kullanılmıştır.

Tablo 17. Özel termal hedeflerin RTK-GPS ölçmelerine ilişkin bilgiler.

Point	Easting	Northing	El. Hgt.	Ep.	H _z	SAT.	hRms	vRms	Pdop	Network	Method	Status	Measure	Ant. Ht.	Latitude (N)	Longitude Code
AYNA1	428691,115	4382198,755	56,557	1	1	14	0,008	0,011	1,487	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'14.71882"	26°10'12.43110"
AYNA2	428723,309	4382199,211	59,487	1	1	14	0,009	0,013	1,486	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'14.74327"	26°10'13.77958"
AYNA3	428740,034	4382197,411	62,643	1	1	12	0,01	0,015	1,599	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'14.68988"	26°10'14.48090"
AYNA4	428747,489	4382207,89	62,371	1	1	12	0,01	0,014	2,19	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'15.03188"	26°10'14.78917"
AYNA5	428755,763	4382210,576	64,554	1	1	10	0,013	0,015	1,827	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'15.12141"	26°10'15.13477"
AYNA6	428747,937	4382218,771	61,11	1	1	11	0,011	0,016	2,065	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'15.38479"	26°10'14.80375"
AYNA7	428748,72	4382229,102	61,023	1	1	11	0,011	0,016	2,058	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'15.71995"	26°10'14.83255"
AYNA8	428750,929	4382242,718	65,917	1	1	12	0,011	0,016	1,839	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.16206"	26°10'14.91981"
AYNA9	428709,37	4382254,299	57,56	1	1	13	0,011	0,015	1,636	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.52512"	26°10'13.17435"
AYNA10	428689,394	4382268,701	57,928	1	1	13	0,011	0,015	1,633	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.98607"	26°10'12.33195"
AYNA11	428682,736	4382271,839	56,609	1	1	13	0,011	0,016	1,616	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.08582"	26°10'12.05180"
AYNA12	428674,974	4382267,854	55,332	1	1	13	0,011	0,016	1,618	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.95428"	26°10'11.72820"

Bunun dışında termal alan sınırlarının RTK-GPS yöntemiyle yüksek doğruluklu olarak belirlenmesi amacıyla, alanın alt ve üst hattında ölçümler yapılmıştır. Bu ölçmelere ilişkin değerler de sırasıyla Tablo 18, Tablo 19 ve Tablo 20’da verilmektedir. Bu noktalar üretilecek üç boyutlu modellerin doğruluk analizlerinde kullanılabilir.

Tablo 18. Termal alan alt sınırının RTK-GPS ölçmelerine ilişkin bilgiler.

Point	Easting	Northing	El.Hgt.	Ep.	Hz	SAT.	hRms	vRms	Pdop	Network	Method	Status	Measure	Ant.Ht	Latitude (N)	Longitude Code
AS1	428670,743	4382272,403	55,371	1	1	13	0,011	0,015	1,621	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.10051"	26°10'11.54917"
AS2	428671,665	4382272,401	55,306	1	1	12	0,011	0,015	1,635	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.10073"	26°10'11.58780"
AS3	428672,369	4382272,567	55,31	1	1	13	0,011	0,015	1,621	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.10631"	26°10'11.61724"
AS4	428673,343	4382272,843	55,293	1	1	13	0,01	0,015	1,621	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.11556"	26°10'11.65792"
AS5	428674,142	4382272,688	55,295	1	1	13	0,011	0,015	1,621	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.11077"	26°10'11.69144"
AS6	428674,939	4382272,598	55,3	1	1	13	0,01	0,015	1,622	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.10807"	26°10'11.72488"
AS7	428675,501	4382272,455	55,286	1	1	13	0,01	0,015	1,622	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.10361"	26°10'11.74846"
AS8	428676,005	4382272,212	55,286	1	1	13	0,01	0,015	1,622	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.09590"	26°10'11.76970"
AS9	428676,523	4382271,797	55,267	1	1	13	0,011	0,015	1,622	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.08258"	26°10'11.79156"
AS10	428677,012	4382271,673	55,288	1	1	13	0,011	0,015	1,622	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.07873"	26°10'11.81208"
AS11	428677,472	4382271,297	55,272	1	1	13	0,011	0,015	1,622	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.06667"	26°10'11.83148"
AS12	428677,785	4382267,857	55,276	1	1	13	0,01	0,015	1,622	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.05249"	26°10'11.84476"
AS13	428677,898	4382270,226	55,351	1	1	13	0,01	0,015	1,623	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.03208"	26°10'11.84977"
AS14	428677,812	4382269,644	55,241	1	1	13	0,011	0,015	1,636	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.01318"	26°10'11.84638"
AS15	428677,574	4382269,161	55,25	1	1	13	0,011	0,015	1,623	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.99744"	26°10'11.83659"
AS16	428677,299	4382268,468	55,236	1	1	13	0,01	0,015	1,623	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.97491"	26°10'11.82532"
AS17	428677,102	4382267,628	55,234	1	1	13	0,01	0,015	1,623	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.94758"	26°10'11.81740"
AS18	428677,533	4382266,811	55,214	1	1	13	0,011	0,015	1,623	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.92123"	26°10'11.83580"
AS19	428678,287	4382266,49	55,203	1	1	13	0,01	0,015	1,623	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.91104"	26°10'11.86748"
AS20	428679,057	4382266,269	55,206	1	1	13	0,01	0,015	1,623	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.90413"	26°10'11.89984"
AS21	428679,821	4382265,66	55,208	1	1	13	0,01	0,015	1,623	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.88462"	26°10'11.93210"
AS22	428680,684	4382265,238	55,197	1	1	13	0,011	0,015	1,623	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.87119"	26°10'11.96839"
AS23	428681,454	4382264,765	55,218	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.85607"	26°10'12.00082"
AS24	428681,545	4382264,137	55,212	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.83573"	26°10'12.00489"
AS25	428681,044	4382263,562	55,195	1	1	13	0,011	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.81694"	26°10'11.98412"
AS26	428680,295	4382263,109	55,18	1	1	13	0,011	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.80204"	26°10'11.95294"
AS27	428679,478	4382262,803	55,173	1	1	13	0,011	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.79188"	26°10'11.91882"
AS28	428679,3	4382262,173	55,168	1	1	13	0,011	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.77140"	26°10'11.91162"
AS29	428679,396	4382261,424	55,147	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.74714"	26°10'11.91590"
AS30	428680,002	4382260,826	55,144	1	1	13	0,011	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.72795"	26°10'11.94153"
AS31	428680,803	4382260,435	55,138	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.71549"	26°10'11.97523"
AS32	428681,894	4382260,014	55,143	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.70217"	26°10'12.01113"
AS33	428682,851	4382259,639	55,117	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.69029"	26°10'12.06134"
AS34	428683,724	4382259,542	55,11	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.68741"	26°10'12.09795"
AS35	428684,637	4382259,45	55,103	1	1	13	0,01	0,015	1,698	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.68471"	26°10'12.13622"
AS36	428685,287	4382258,776	55,105	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.66304"	26°10'12.16372"
AS37	428686,153	4382258,8	55,102	1	1	12	0,01	0,015	1,697	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.66408"	26°10'12.20001"
AS38	428686,706	4382258,931	55,125	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.66851"	26°10'12.22312"
AS39	428687,476	4382259,087	55,124	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.67380"	26°10'12.25531"
AS40	428688,298	4382259,6	55,132	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.69069"	26°10'12.28954"
AS41	428689,039	4382260,15	55,155	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.70872"	26°10'12.32036"
AS42	428689,443	4382261,005	55,17	1	1	12	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.73655"	26°10'12.33699"
AS43	428689,826	4382261,531	55,165	1	1	13	0,01	0,015	1,636	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.75372"	26°10'12.35280"
AS44	428690,383	4382261,766	55,176	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.76154"	26°10'12.37605"
AS45	428691,054	4382261,804	55,18	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.76294"	26°10'12.40417"
AS46	428691,701	4382261,811	55,194	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.76337"	26°10'12.43124"
AS47	428692,36	4382261,81	55,183	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.76355"	26°10'12.45885"
AS48	428692,956	4382261,852	55,19	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.76506"	26°10'12.48380"
AS49	428693,584	4382261,844	55,185	1	1	12	0,01	0,015	1,636	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.76499"	26°10'12.51012"
AS50	428694,153	4382261,648	55,184	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.75884"	26°10'12.53406"
AS51	428694,785	4382261,589	55,211	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.75711"	26°10'12.56052"
AS52	428695,508	4382261,442	55,224	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.75254"	26°10'12.59086"
AS53	428696,337	4382261,411	55,228	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.75178"	26°10'12.62560"
AS54	428697,197	4382262,066	55,247	1	1	13	0,01	0,015	1,624	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.77327"	26°10'12.66139"
AS55	428697,629	4382262,944	55,295	1	1	13	0,01	0,014	1,623	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.80189"	26°10'12.67914"
AS56	428698,394	4382263,448	55,309	1	1	13	0,01	0,014	1,734	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.81845"	26°10'12.71100"
AS57	428699,174	4382263,603	55,335	1	1	12	0,011	0,016	1,735	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.82371"	26°10'12.74361"
AS58	428700,133	4382263,479	55,375	1	1	13	0,01	0,015	1,623	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.81996"	26°10'12.78386"
AS59	428701,281	4382263,374	55,458	1	1	13	0,01	0,015	1,79	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.81690"	26°10'12.83199"
AS60	428701,667	4382262,717	55,474	1	1	12	0,01	0,016	1,79	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.79574"	26°10'12.84841"
AS61	428701,671	4382262,121	55,48	1	1	12	0,01	0,016	1,791	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.77640"	26°10'12.84880"
AS62	428701,095	4382261,47	55,422	1	1	11	0,01	0,017	1,911	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.75513"	26°10'12.82494"
AS63	428700,405	4382260,704	55,369	1	1	11	0,012	0,017	1,911	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.73007"	26°10'12.79632"
AS64	428699,6	4382259,794	55,35	1	1	11	0,011	0,017	1,912	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.70034"	26°10'12.76294"
AS65	428698,978	4382258,837	55,334	1	1	13	0,01	0,015	1,681	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.66912"	26°10'12.73724"
AS66	428697,986	4382258,05	55,298	1	1	13	0,01	0,015	1,622	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.64331"	26°10'12.69598"
AS67	428697,89	4382257,182	55,306	1	1	13	0,01	0,015	1,622	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.61516"	26°10'12.69231"
AS68	428698,405	4382256,144	55,32	1	1	13	0,011	0,015	1,622	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.58164"	26°10'12.71431"
AS69	428699,007	438														

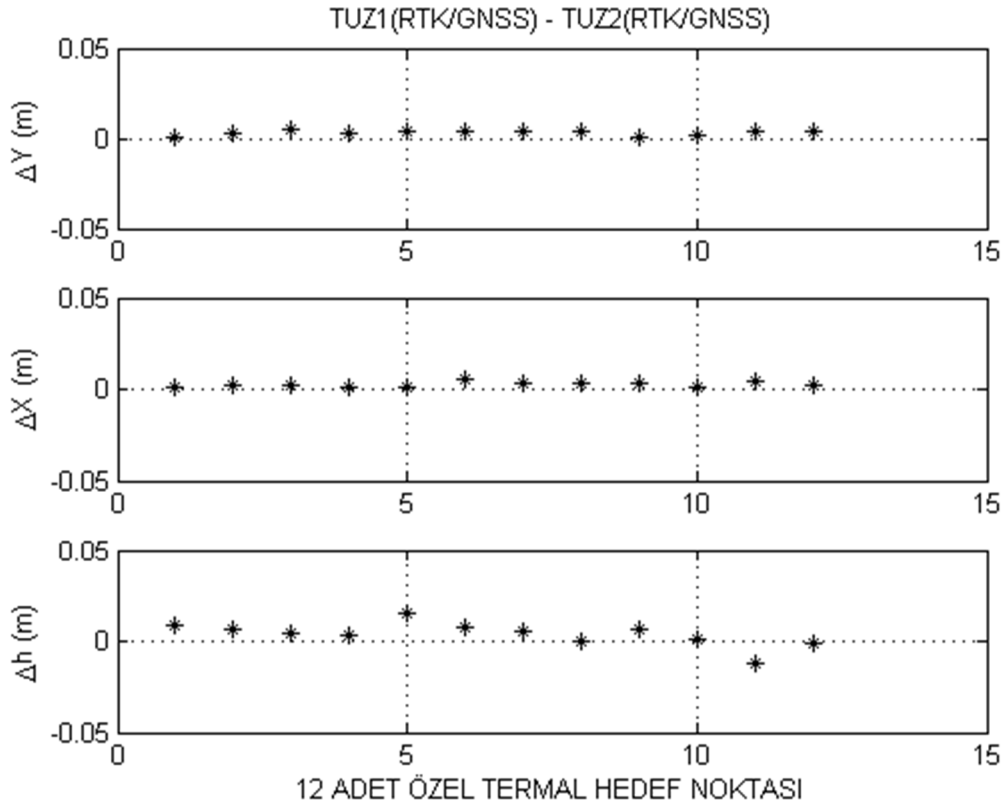
Tablo 19. Termal alan alt sınırının RTK-GPS ölçmelerine ilişkin bilgiler (devamı).

AS71	428700,23	4382252,8	55,282	1	1	13	0,01	0,015	1,621	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.47379"	26°10'12.79203"
AS72	428700,995	4382251,66	55,297	1	1	13	0,01	0,015	1,621	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.43703"	26°10'12.82454"
AS73	428701,853	4382250,409	55,295	1	1	12	0,01	0,016	1,793	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.39675"	26°10'12.86097"
AS74	428702,611	4382250,216	55,283	1	1	12	0,01	0,016	1,793	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.39070"	26°10'12.89276"
AS75	428702,963	4382250,848	55,318	1	1	12	0,01	0,016	1,793	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.41129"	26°10'12.90727"
AS76	428703,503	4382251,661	55,318	1	1	12	0,01	0,016	1,793	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.43782"	26°10'12.92959"
AS77	428704,401	4382252,182	55,357	1	1	12	0,01	0,016	1,793	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.45500"	26°10'12.96699"
AS78	428705,285	4382251,688	55,395	1	1	12	0,01	0,016	1,793	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.43923"	26°10'13.00422"
AS79	428706,091	4382251,443	55,391	1	1	12	0,01	0,016	1,793	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.43152"	26°10'13.03809"
AS80	428706,746	4382251,226	55,414	1	1	12	0,01	0,016	1,793	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.42468"	26°10'13.06563"
AS81	428707,523	4382250,839	55,453	1	1	12	0,011	0,017	1,793	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.41237"	26°10'13.09832"
AS82	428707,345	4382249,929	55,457	1	1	12	0,01	0,016	1,793	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.38282"	26°10'13.09123"
AS83	428706,736	4382248,792	55,382	1	1	12	0,01	0,017	1,793	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.34577"	26°10'13.06614"
AS84	428705,867	4382248,494	55,357	1	1	11	0,01	0,017	1,793	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.33587"	26°10'13.02985"
AS85	428705,586	4382247,672	55,393	1	1	10	0,011	0,018	2,306	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.30912"	26°10'13.01840"
AS86	428705,671	4382246,503	55,469	1	1	12	0,01	0,016	1,938	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.27125"	26°10'13.02240"
AS87	428706,472	4382245,532	55,456	1	1	12	0,01	0,016	1,751	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.24000"	26°10'13.05634"
AS88	428707,251	4382244,729	55,504	1	1	12	0,011	0,016	1,941	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.21419"	26°10'13.08928"
AS89	428707,77	4382243,821	55,536	1	1	12	0,012	0,017	1,942	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.18492"	26°10'13.11139"
AS90	428707,968	4382242,439	55,598	1	1	12	0,012	0,017	1,753	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.14018"	26°10'13.12021"
AS91	428708,497	4382241,307	55,614	1	1	12	0,01	0,016	1,753	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.10364"	26°10'13.14282"
AS92	428708,96	4382240,432	55,633	1	1	12	0,01	0,016	1,754	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.07541"	26°10'13.16254"
AS93	428709,281	4382240,125	55,59	1	1	11	0,014	0,025	2,006	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.06555"	26°10'13.17612"
AS94	428710,578	4382240,52	55,617	1	1	11	0,013	0,024	2,008	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.07872"	26°10'13.20303"
AS95	428712,21	4382241,454	55,658	1	1	11	0,013	0,024	2,01	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.10950"	26°10'13.29830"
AS96	428713,599	4382240,547	55,697	1	1	11	0,013	0,023	2,01	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.08052"	26°10'13.35684"
AS97	428714,161	4382239,582	55,749	1	1	11	0,013	0,023	2,011	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.04938"	26°10'13.38074"
AS98	428715,173	4382238,754	55,793	1	1	11	0,013	0,024	2,012	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.02285"	26°10'13.42347"
AS99	428715,772	4382237,812	55,861	1	1	11	0,013	0,024	2,013	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.99250"	26°10'13.44892"
AS100	428716,727	4382237,913	56,011	1	1	11	0,013	0,024	2,015	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.99607"	26°10'13.48888"
AS101	428717,595	4382238,17	56,091	1	1	11	0,013	0,023	2,016	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.00464"	26°10'13.52514"
AS102	428718,064	4382239,134	56,13	1	1	11	0,013	0,023	2,017	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.03603"	26°10'13.54443"
AS103	428718,722	4382240,03	56,176	1	1	11	0,012	0,023	2,018	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.06530"	26°10'13.57165"
AS104	428719,322	4382240,766	56,122	1	1	11	0,012	0,022	2,02	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.08934"	26°10'13.59649"
AS105	428721,351	4382242,118	56,266	1	1	11	0,012	0,022	2,022	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.13377"	26°10'13.68098"
AS106	428721,706	4382241,219	56,172	1	1	11	0,013	0,022	2,022	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.10472"	26°10'13.69617"
AS107	428722,127	4382240,349	56,116	1	1	11	0,012	0,021	2,024	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.07664"	26°10'13.71417"
AS108	428722,905	4382239,907	56,145	1	1	11	0,012	0,021	2,025	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.06256"	26°10'13.74693"
AS109	428723,906	4382239,645	56,373	1	1	11	0,013	0,021	2,027	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.05435"	26°10'13.78894"
AS110	428725,427	4382239,432	56,463	1	1	11	0,012	0,021	2,028	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.04791"	26°10'13.85277"
AS111	428725,982	4382238,625	56,467	1	1	10	0,012	0,021	2,345	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.02192"	26°10'13.87632"
AS112	428726,414	4382238,082	56,468	1	1	11	0,011	0,02	2,03	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'16.00442"	26°10'13.89464"
AS113	428726,631	4382237,352	56,497	1	1	11	0,011	0,02	2,03	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.98084"	26°10'13.90400"
AS114	428727,329	4382236,477	56,599	1	1	11	0,013	0,021	2,031	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.95265"	26°10'13.93359"
AS115	428728,216	4382235,858	56,653	1	1	11	0,011	0,02	2,032	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.93285"	26°10'13.97100"
AS116	428729,307	4382234,939	56,566	1	1	11	0,013	0,021	2,035	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.90340"	26°10'14.01704"
AS117	428729,771	4382233,868	56,529	1	1	10	0,012	0,021	2,344	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.86881"	26°10'14.03688"
AS118	428730,227	4382232,658	56,405	1	1	10	0,012	0,021	2,343	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.82971"	26°10'14.05646"
AS119	428730,835	4382231,454	56,256	1	1	11	0,012	0,021	1,98	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.79087"	26°10'14.08242"
AS120	428731,734	4382230,626	56,256	1	1	12	0,011	0,02	1,68	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.76430"	26°10'14.12040"
AS121	428732,687	4382229,826	56,473	1	1	12	0,011	0,02	1,682	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.73863"	26°10'14.16061"
AS122	428734,013	4382228,838	56,584	1	1	11	0,013	0,021	1,982	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.70699"	26°10'14.21655"
AS123	428734,952	4382227,522	56,744	1	1	11	0,013	0,021	1,983	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.66462"	26°10'14.25640"
AS124	428735,997	4382226,179	56,939	1	1	11	0,013	0,021	1,984	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.62138"	26°10'14.30068"
AS125	428737,053	4382225,194	57,042	1	1	11	0,012	0,021	1,984	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.58977"	26°10'14.34529"
AS126	428738,751	4382225,416	57,295	1	1	11	0,012	0,021	1,985	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.59748"	26°10'14.41635"
AS127	428739,624	4382225,34	57,549	1	1	11	0,014	0,022	1,985	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.59528"	26°10'14.45296"
AS128	428740,903	4382224,812	57,668	1	1	11	0,012	0,021	1,986	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.57854"	26°10'14.50675"
AS129	428739,888	4382224,319	57,642	1	1	11	0,014	0,022	1,986	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.56223"	26°10'14.46441"
AS130	428739,027	4382223,263	57,627	1	1	11	0,012	0,021	1,987	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.52774"	26°10'14.42874"
AS131	428737,834	4382221,685	57,588	1	1	11	0,012	0,021	1,987	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8 39°34'15.47623"	26°10'14.37938"

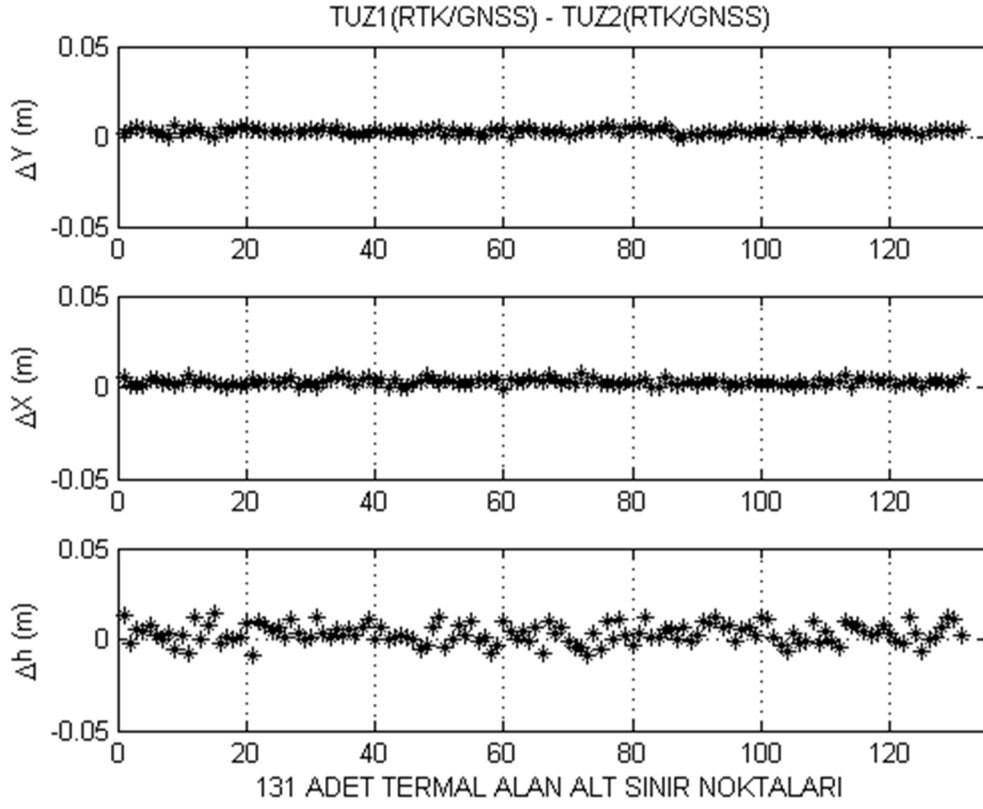
Tablo 20. Termal alan üst sınırının RTK-GPS ölçmelerine ilişkin bilgiler.

Point	Easting	Northing	El.Hgt.	Ep.	Hz	SAT.	hRms	vRms	Pdop	Network	Method	Status	Measure	Ant.Ht	Latitude (N)	Longitude Code
US1	428755,434	4382244,237	67,751	1	1	10	0,019	0,025	2,153	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.21264"	26°10'15.10798"
US2	428754,494	4382244,718	67,609	1	1	9	0,017	0,024	2,154	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.22798"	26°10'15.06838"
US3	428753,563	4382245,531	67,466	1	1	11	0,017	0,024	1,763	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.25404"	26°10'15.02907"
US4	428752,46	4382246,755	67,387	1	1	11	0,019	0,024	1,767	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.29339"	26°10'14.98242"
US5	428751,858	4382247,484	67,394	1	1	10	0,017	0,023	2,231	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.31686"	26°10'14.95689"
US6	428751,383	4382248,539	67,425	1	1	8	0,017	0,024	2,462	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.35092"	26°10'14.93659"
US7	428750,54	4382249,16	67,057	1	1	10	0,019	0,025	2,234	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.37079"	26°10'14.90106"
US8	428749,057	4382249,522	66,518	1	1	9	0,019	0,025	2,236	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.38210"	26°10'14.83878"
US9	428747,635	4382250,193	66,218	1	1	10	0,016	0,024	2,169	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.40344"	26°10'14.77894"
US10	428746,155	4382250,122	65,836	1	1	10	0,016	0,024	2,171	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.40067"	26°10'14.71699"
US11	428745,552	4382251,141	65,763	1	1	10	0,016	0,024	2,172	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.43354"	26°10'14.69132"
US12	428744,552	4382252,291	65,4	1	1	10	0,014	0,02	2,039	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.47051"	26°10'14.64898"
US13	428743,498	4382253,171	64,986	1	1	9	0,015	0,02	2,3	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.49874"	26°10'14.60449"
US14	428742,38	4382254,033	64,622	1	1	9	0,016	0,021	2,342	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.52635"	26°10'14.55733"
US15	428741,394	4382254,9	64,402	1	1	9	0,015	0,02	2,302	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.55418"	26°10'14.51568"
US16	428740,282	4382255,763	64,252	1	1	8	0,018	0,022	2,479	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.58182"	26°10'14.46877"
US17	428739,104	4382256,18	64,083	1	1	9	0,017	0,022	2,248	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.59500"	26°10'14.41923"
US18	428738,125	4382256,588	63,836	1	1	9	0,016	0,021	2,02	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.60792"	26°10'14.37808"
US19	428737,097	4382257,559	63,6	1	1	11	0,014	0,02	1,938	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.63910"	26°10'14.33463"
US20	428736,119	4382258,533	63,652	1	1	11	0,015	0,021	1,939	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.67038"	26°10'14.29330"
US21	428735,181	4382259,201	63,463	1	1	12	0,011	0,02	1,847	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.69177"	26°10'14.25374"
US22	428733,979	4382259,949	63,428	1	1	11	0,012	0,02	1,943	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.71564"	26°10'14.20309"
US23	428732,57	4382260,811	63,616	1	1	12	0,012	0,02	1,823	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.74318"	26°10'14.14372"
US24	428731,437	4382261,408	63,246	1	1	12	0,011	0,02	1,824	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.76218"	26°10'14.09606"
US25	428730,265	4382261,908	62,84	1	1	10	0,014	0,021	2,188	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.77806"	26°10'14.04674"
US26	428728,929	4382262,199	62,449	1	1	10	0,013	0,02	2,426	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.78710"	26°10'13.99065"
US27	428727,238	4382262,413	62,084	1	1	10	0,014	0,022	2,431	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.79350"	26°10'13.91973"
US28	428726,236	4382261,986	61,905	1	1	11	0,013	0,022	2,435	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.77939"	26°10'13.87794"
US29	428724,838	4382262,474	61,873	1	1	12	0,012	0,02	1,827	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.79476"	26°10'13.81918"
US30	428723,765	4382263,267	61,514	1	1	12	0,012	0,02	1,828	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.82018"	26°10'13.77393"
US31	428722,887	4382264,08	61,157	1	1	12	0,011	0,019	1,828	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.84628"	26°10'13.73685"
US32	428721,64	4382265,127	61,235	1	1	12	0,012	0,02	1,829	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.87983"	26°10'13.68418"
US33	428720,478	4382265,446	61,191	1	1	12	0,012	0,02	1,829	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.88984"	26°10'13.63540"
US34	428719,099	4382265,939	61,078	1	1	12	0,012	0,02	1,83	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.90539"	26°10'13.57741"
US35	428717,684	4382266,108	60,978	1	1	12	0,012	0,02	1,831	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.91047"	26°10'13.51808"
US36	428716,224	4382266,584	60,926	1	1	12	0,012	0,02	1,881	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.92544"	26°10'13.45674"
US37	428714,958	4382266,743	60,745	1	1	12	0,012	0,02	1,832	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.93023"	26°10'13.40364"
US38	428713,732	4382267,181	60,476	1	1	12	0,014	0,021	1,833	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.94406"	26°10'13.35212"
US39	428712,636	4382267,726	60,117	1	1	12	0,011	0,019	1,833	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.96141"	26°10'13.30600"
US40	428711,434	4382268,518	59,768	1	1	12	0,011	0,019	1,834	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'16.98627"	26°10'13.25532"
US41	428710,266	4382269,13	59,458	1	1	11	0,012	0,02	1,964	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.00623"	26°10'13.20618"
US42	428709,029	4382269,273	59,322	1	1	11	0,012	0,02	1,964	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.01048"	26°10'13.15426"
US43	428707,602	4382269,756	59,23	1	1	10	0,013	0,021	2,015	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.02570"	26°10'13.09432"
US44	428706,359	4382269,826	59,177	1	1	11	0,012	0,02	1,966	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.02761"	26°10'13.04220"
US45	428705,256	4382270,064	59,071	1	1	11	0,013	0,02	1,967	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.03499"	26°10'12.99590"
US46	428704,063	4382270,39	58,899	1	1	11	0,012	0,02	1,968	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.04522"	26°10'12.94582"
US47	428703,064	4382270,365	58,935	1	1	12	0,012	0,02	1,837	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.04410"	26°10'12.90396"
US48	428702,07	4382270,42	58,734	1	1	12	0,011	0,02	1,838	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.04558"	26°10'12.86230"
US49	428700,94	4382270,4	58,641	1	1	12	0,011	0,019	2,084	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.04460"	26°10'12.81496"
US50	428699,746	4382270,437	58,611	1	1	12	0,011	0,019	2,084	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.04543"	26°10'12.76496"
US51	428698,784	4382271,124	58,499	1	1	12	0,012	0,02	1,839	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.06743"	26°10'12.72439"
US52	428698,241	4382272,277	58,325	1	1	11	0,013	0,02	1,839	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.10465"	26°10'12.70120"
US53	428697,274	4382273,29	58,125	1	1	11	0,013	0,021	1,976	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.13720"	26°10'12.66027"
US54	428696,218	4382273,731	58,11	1	1	11	0,012	0,02	1,977	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.15120"	26°10'12.61588"
US55	428695,188	4382274,341	58	1	1	11	0,012	0,02	1,978	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.17064"	26°10'12.57247"
US56	428694,171	4382274,496	57,915	1	1	10	0,015	0,021	2,068	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.17539"	26°10'12.52984"
US57	428693,158	4382274,303	57,847	1	1	11	0,013	0,02	1,981	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.16880"	26°10'12.48747"
US58	428691,944	4382274,435	57,698	1	1	11	0,014	0,021	1,981	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.17273"	26°10'12.43653"
US59	428690,846	4382275,127	57,564	1	1	11	0,014	0,021	1,983	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.19483"	26°10'12.39027"
US60	428689,758	4382275,739	57,487	1	1	11	0,014	0,021	1,984	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.21434"	26°10'12.34448"
US61	428688,821	4382276,57	57,361	1	1	11	0,013	0,021	1,985	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.24102"	26°10'12.30488"
US62	428687,892	4382277,29	57,288	1	1	11	0,013	0,02	1,986	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.26410"	26°10'12.26571"
US63	428687,094	4382278,064	57,178	1	1	11	0,014	0,021	1,986	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.28894"	26°10'12.23198"
US64	428685,769	4382278,188	56,958	1	1	11	0,013	0,021	1,987	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.29257"	26°10'12.17643"
US65	428684,594	4382278,246	56,699	1	1	11	0,013	0,02	1,989	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.29408"	26°10'12.12718"
US66	428683,692	4382277,784	56,356	1	1	10	0,013	0,021	2,053	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.27886"	26°10'12.08956"
US67	428683,103	4382276,748	56,252	1	1	11	0,013	0,021	1,991	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.24509"	26°10'12.06530"
US68	428681,597	4382276,217	56,205	1	1	11	0,013	0,021	2,057	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.22741"	26°10'12.00241"
US69	428680,2	4382276,172	56,14	1	1	11	0,013	0,021	1,993	CMR+	RTK	FIXED	MEAS	1,8	39°34'17.22554"	26°

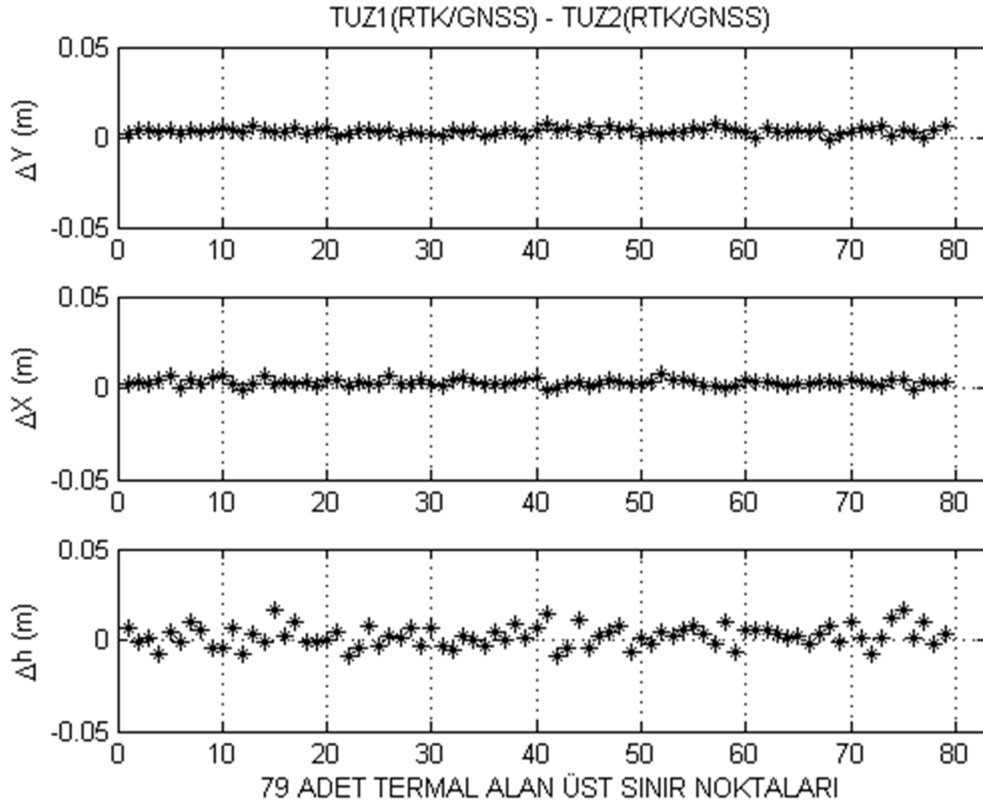
GPS ölçümleri yeniden yapılmıştır. Bu kapsamda hem özel hedef noktaları hem de termal sınırlardaki iz noktaları TUZ2 sabit istasyonundan gelen düzeltmelerle tekrar ölçülmüş ve detay noktalarının konum bilgileri elde edilmiştir. Detay noktaları için elde edilen koordinat değerlerin arasındaki farklara göre grafikler hazırlanmıştır. Termal hedeflerde yapılan RTK-GPS ölçmeleri sonuçları Şekil 33'de verilmektedir. Buna göre yükseklik bileşeninde GPS/GNSS'in doğasından kaynaklanan bir doğruluk kaybı söz konusudur. Koordinat farklarının ayrı ayrı her bileşen için ortalama değerleri ve standart sapmaları hesaplanmıştır. Ortalama değerler Y, X ve h koordinat bileşenleri için sırasıyla 7 mm, 9 mm ve 13 mm'dir. Standart sapmalar ise yine sırasıyla 9 mm, 8 mm ve 11 mm elde edilmiştir. Bu farklar kabul edilebilir düzeyde olup, nedeni ise RTK-GPS yöntemindeki rasgele ölçü hatalarıdır. Benzer karşılaştırma 131 alt sınır ve 79 üst sınır noktası için gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar Şekil 34 ve Şekil 35'da görülmektedir.



Şekil 33. TUZ1 ile TUZ2 sabit noktalarından elde edilen koordinat farkları (Termal hedefler).



Şekil 34. TUZ1 ile TUZ2 sabit noktalarından elde edilen koordinat farkları (Alt sınır).



Şekil 35. TUZ1 ile TUZ2 sabit noktalarından elde edilen koordinat farkları (Üst sınır).

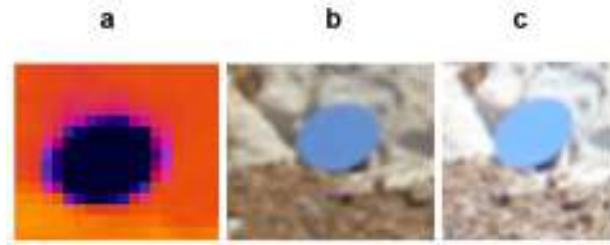
07.07.2014 tarihinde gerekleŖen jeodezik alıŖmalarda tesis edilen TUZ1 ve TUZ2 noktalarının statik yöntemle bulunan yüksek doğruluklu konum bilgileri sonraki arazi alıŖmalarında da referans olarak kullanılmıŖtır. Diğer bir ifadeyle;

- 15 Eylül 2014 tarihinde,
- 11 Kasım 2014 tarihinde,
- 30 Ocak 2015 tarihinde,
- 13 Mart 2015 tarihinde,
- 06 Mayıs 2014 tarihinde

yapılan arazi alıŖmalarında özel termal hedeflerinin konumlandırılması TUZ1 ve TUZ2 noktalarına dayanan RTK-GPS lmleri ile gerekleŖtirilmiŖtir. Bunların kullanıldığı  boyutlu model üretimine iliŖkin alıŖmalar ve sonuçlar ilerideki bölümlerde detaylı olarak verilmiŖtir.

4.5 Dijital Görüntülerle Fotogrametrik Dengeleme

Proje kapsamında 6 dönem boyunca kalibrasyon raporları verilen 3 kamera ile birçok 3 boyutlu model retilmiŖtir. Dijital modeller için termal modellere bir karŖılaŖtırma verisi elde etmek amacıyla oluŖturulmuŖtur. Arazide yer kontrol noktaları olarak proje için özel olarak hazırlanan alüminyum 30cm çapında diskler kullanılmıŖtır. İHA fotogrametrik ölçmelerinde ve yersel ölçmelerinde kullandığımız klasik yer kontrol noktalarının yerine alüminyum disklerin kullanılmasının nedeni termal görüntülerde alüminyum malzemenin sıcaklık yansıtmı değerinin çok az olmasıdır. Bu diskler uygun büyüklükleriyle görece dŖk znrlkl termal görüntülerde kontrol noktalarının ölçmesine imkn tanımaktadır. Ŗekil 36'da yer kontrol noktasının 50 m uzaklıktan bytlmŖ lkte görüntüleri verilmiŖtir.



Ŗekil 36. Bir yer kontrol noktası: a- Optris PI 450 termal görüntüsü b- Canon EOS M görüntüsü c- Canon 650D görüntüsü

Üretilen bazı fotogrametrik modellerin özellikleri aŖađıdaki Tablo 21 de aıklanmıŖtır.

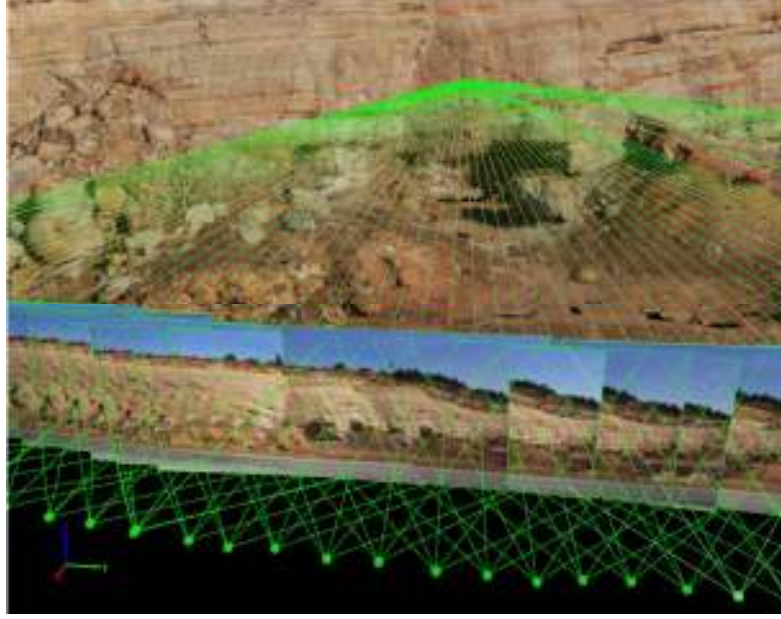
Tablo 21. Fotogrametrik projelerin büyüklüklerine ve dengeleme sonuçlarına ait değerler

Görüntü toplama	Görüntü sayısı	Alım tarihi	Kamera adı	Demet dengelemesi sonuç raporları				
				Bir görüntüdeki ortalama eşlenmiş nokta sayısı	Toplam otomatik belirlenen karakteristik nokta sayısı	Toplam otomatik olarak eşlenen nokta sayısı	Resim ölçmelerine getirilen ortalama düzeltme miktarı (piksel)	Odak uzaklığı optimizasyonu (%) (İlk değer ile son değer farkı)
Yersel	223	07.07.14	650D	29416	6414557	1524258	0,242	3,18
İHA	43	07.07.14	EOS M	8561	813417	197689	0,865	3,66
Yersel	198	15.09.14	650D	27888	5414375	1265030	0,277	3,45
İHA	50	15.09.14	EOS M	8744	1050982	230664	1,394**	4,23**
Yersel	189	11.11.14	650D	25610	5102680	1197427	0,325	2,92
İHA	39	11.11.14	EOS M	6504	779132	176970	0,937	3,71
Yersel	210	30.01.15	650D	28031	5998714	1438699	0,193*	3,07
İHA	49	30.01.15	EOS M	8125	905552	225114	1,290	3,67
Yersel	177	13.03.15	650D	23918	5069383	1005441	0,406	2,53
İHA	37	13.03.15	EOS M	6447	760854	163735	0,736	3,03
Yersel	225	06.05.15	650D	30561	6369045	1481409	0,308	1,48*
İHA	44	06.05.15	EOS M	7608	847342	211803	0,956	4,08

*En düşük değer **En yüksek değer

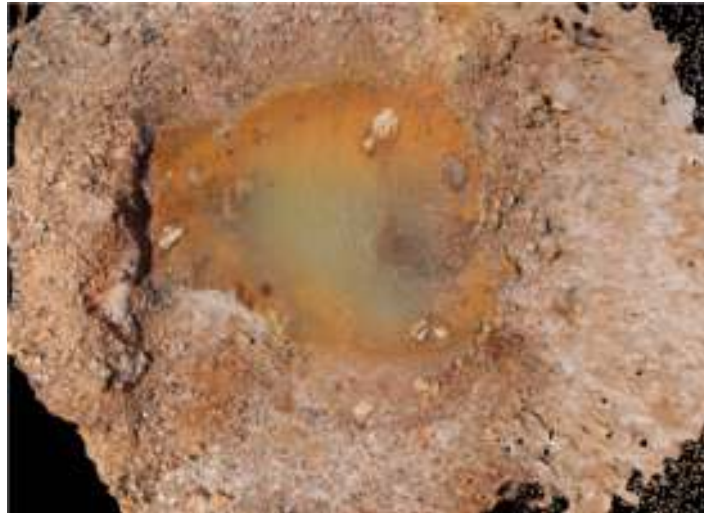
4.6 Dijital görüntüler ile üç boyutlu model

Tüm projeler genelinde ortalama resim ölçme hatası minimum 0,138 piksel ile maksimum 7,684 piksel arasında değişmektedir. Üretilen modeller yersel fotogrametride yüksek örtü oranlarına sahip konvergent çekilen resimlerden ve İHA resimleri ise dik ve yarı dik olarak çekilen resimlerden elde edilmiştir. Şekil 37 de yersel fotogrametri çalışmasından bir örnek görülmektedir.



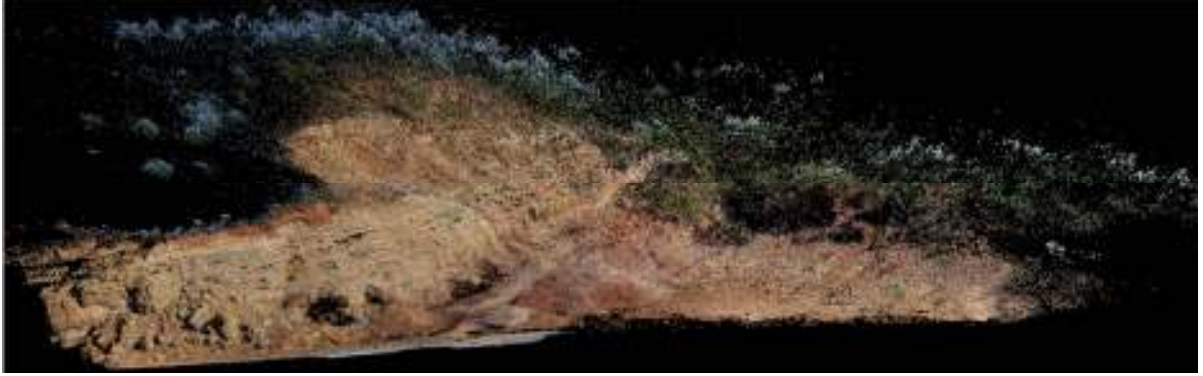
Şekil 37. Yersel bir fotogrametrik projede izdüşüm merkezleri ve ışın demetlerinden bir görünüm

Tüm fotogrametrik modeller için nokta bulutları, giydirilmiş 3 boyutlu modeller ve ortofotolar üretilmiştir. Aşağıda şekil 38’de İHA görüntülerinden elde edilmiş termal gölün ortofotosu görülmektedir.



Şekil 38. İHA ile elde edilen ortofoto

Şekil 39'da, 9 003 659 adet 3 boyutlu noktadan oluşan (metrekareye 23,24 nokta ortalaması ile) termal bölgeye ait bir nokta bulutu görülmektedir.

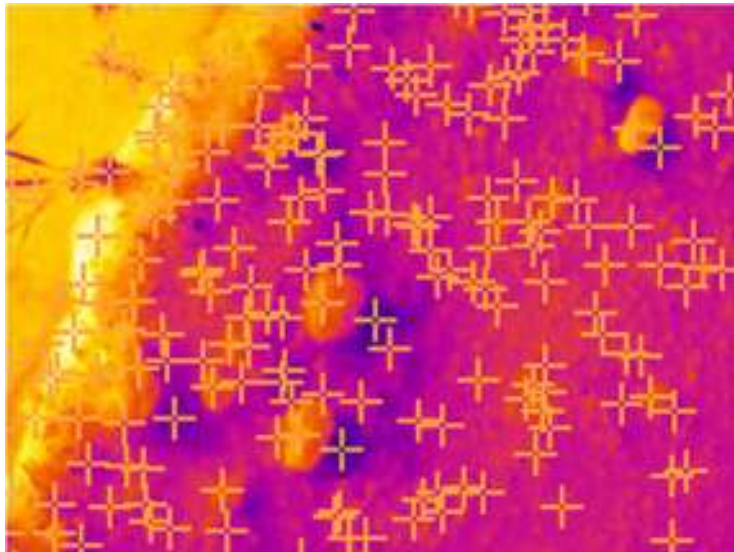


Şekil 39. Termal bölgeye ait bir nokta bulutu

4.7 Termal görüntüler ile fotogrametrik dengeleme

Termal kameralarla yapılan fotogrametrik çalışmalarda gerek dış yöneltme için otomatik nokta eşleme yoğunluğu gerekse üretilen üç boyutlu modelleri oluşturan nokta bulutundaki nokta yoğunluğu, dijital kamera modellerinin görüntülerinden üretilene göre daha az yoğunluklu elde edilmektedir. Görüntü çerçeve başına ortalama 200-300 eşlenmiş nokta elde edilmektedir. Bu sayı görüntüdeki nesnelerin sıcaklık farklarındaki detay zenginlik durumuna göre, diğer görüntülerle örtü oranlarına göre fazla veya az olabilmektedir. Şekil 40 da 252 adet otomatik eşlenmiş nokta içeren termal görüntü gösterilmiştir.

Tablo 22 de ise termal görüntüler kullanılarak elde edilen demet dengelemesi sonuçlarına ait değerler görülmektedir.



Şekil 40. Termal görüntüde yer alan diğer resimlerde en az bir eşlemesi yapılan noktalar

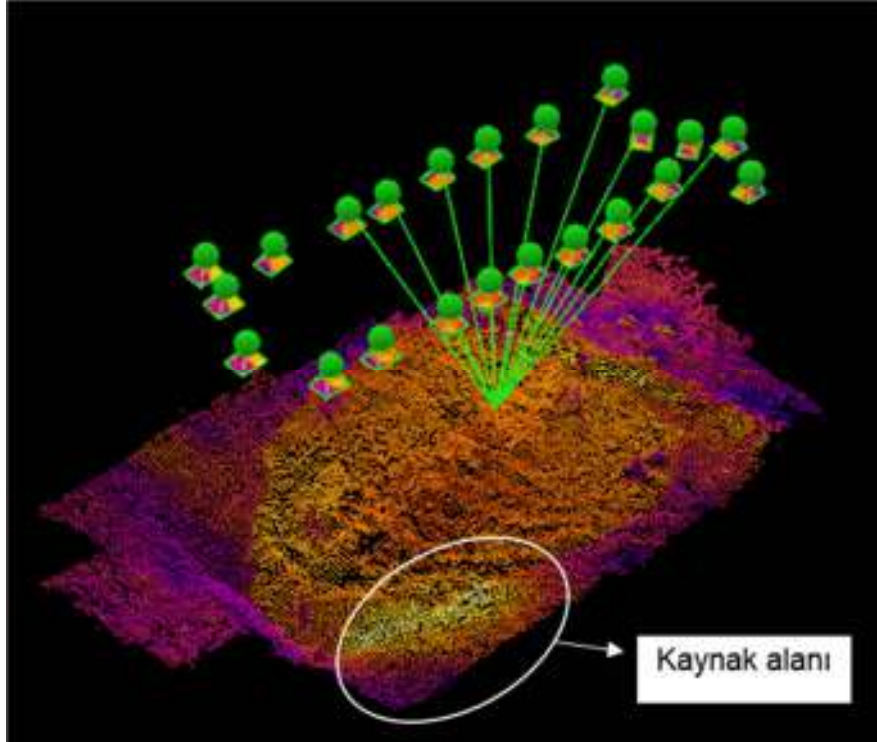
Tablo 22. Fotogrametrik projelerin büyüklüklerine ve dengeleme sonuçlarına ait değerler

Görüntü toplama	Görüntü sayısı	Alım tarihi	Kamera adı	Demet dengelemesi sonuç raporları				
				Bir görüntüdeki ortalama eşlenmiş nokta sayısı	Toplam otomatik belirlenen karakteristik nokta sayısı	Toplam otomatik olarak eşlenen nokta sayısı	Resim ölçmelerine getirilen ortalama düzeltme miktarı (piksel)	Odak uzaklığı optimizasyonu (%) (İlk değer ile son değer farkı)
İHA	25	07.07.14	Optris	313	6921	1879	0,167731	5,601
İHA	22	15.09.14	Optris	276	6557	1636	0,231499	2,964*
İHA	28	11.11.14	Optris	271	7109	2033	0,185900	7,456**
İHA	20	30.01.15	Optris	249	6388	1690	0,309756	5,471
İHA	18	13.03.15	Optris	214	5913	1432	0,159047*	4,669
İHA	33	06.05.15	Optris	322	7274	2064	0,369449**	4,103

*En düşük değer **En yüksek değer

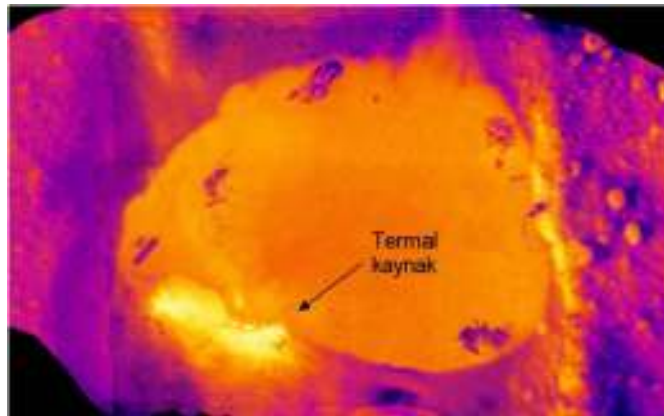
4.8 Termal görüntüler ile üç boyutlu model

Termal görüntülerden oluşturulan 3 boyutlu nokta bulutları sayıları dijital görüntülere oldukça düşüktür. Şekil 41 de göl bölgesine ait sıcaklığa dayalı nokta bulutu ve resimlerin konumları görülmektedir. Nokta bulutundaki bir noktanın, görüntülerdeki izdüşümünü oluşturan ışın demeti de gösterilmiştir.



Şekil 41. İHA destekli termal görüntülerle elde edilen 3 boyutlu nokta bulutu

Aşağıda İHA termal kaynağa ve çevresindeki göle ait üretilen ortofoto görülmektedir (Şekil 42). Bu ortofotodaki harita sıcaklığa bağlı değişmektedir. Sıcaklık koyu renklerden açık sarıya doğru 0'dan +45 °C'a kadar uzanmaktadır.



Şekil 42. İHA ile oluşturulan termal su kaynağı ve göle ait ortofoto

4.9 Jeodezik ve fotogrametrik ölçmelerin karşılaştırılması

Dijital ve termal kamera görüntülerinin fotogrametrik olarak değerlendirmeleri GPS sonuçları ile karşılaştırılmıştır. 6 periyot için elde edilen sonuçlar benzerlikler göstermektedir. Bu kapsamda 06 Mayıs 2015 tarihinde elde edilen görüntülerden elde edilen dijital fotogrametrik koordinatlar ile GPS noktaları arasındaki farklar Tablo 23'da, termal fotogrametrik koordinatlar ile GPS noktaları arasındaki farklar ise tablo 24'de açıklanmıştır.

Tablo 23. İHA üzerindeki EOS M kamera ile alınan görüntülerin sonucu elde edilen koordinatlar ile GPS/GNSS koordinatlarını karşılaştırılması (6 Mayıs 2015).

NN	Jeodezik Koordinatlar			Fotogrametrik Koordinatlar			Koordinat Farkları		
	Y (m)	X (m)	Z (m)	Y (m)	X (m)	Z (m)	ΔY (m)	ΔX (m)	ΔZ (m)
1	428720,719	4380449,206	53,188	428720.625	4380449.188	53.128	0.094	0.018	0.060
2	428678,985	4380461,212	52,635	428678.955	4380461.243	52.626	0.030	-0.031	0.009
3	428750,849	4380444,590	56,606	428750.886	4380444.603	56.433	-0.037	-0.013	0.173
4	428768,228	4380443,477	59,830	428768.146	4380443.417	59.891	0.082	0.060	-0.061
5	428776,041	4380452,483	60,117	428775.961	4380452.378	60.191	0.080	0.105	-0.074
6	428776,007	4380459,169	58,290	428775.995	4380459.189	58.465	0.012	-0.020	-0.175
7	428775,732	4380463,764	57,892	428775.675	4380463.731	57.801	0.057	0.033	0.091
8	428768,795	4380479,202	56,841	428768.754	4380479.226	56.754	0.041	-0.024	0.087
9	428763,686	4380488,633	56,929	428763.785	4380488.610	56.937	-0.099	0.023	-0.008
10	428754,078	4380496,150	56,767	428754.002	4380496.106	56.677	0.076	0.044	0.090
11	428758,935	4380505,677	60,570	428759.001	4380505.739	60.552	-0.066	-0.062	0.018
12	428752,949	4380509,406	59,595	428753.009	4380509.379	59.566	-0.060	0.027	0.029

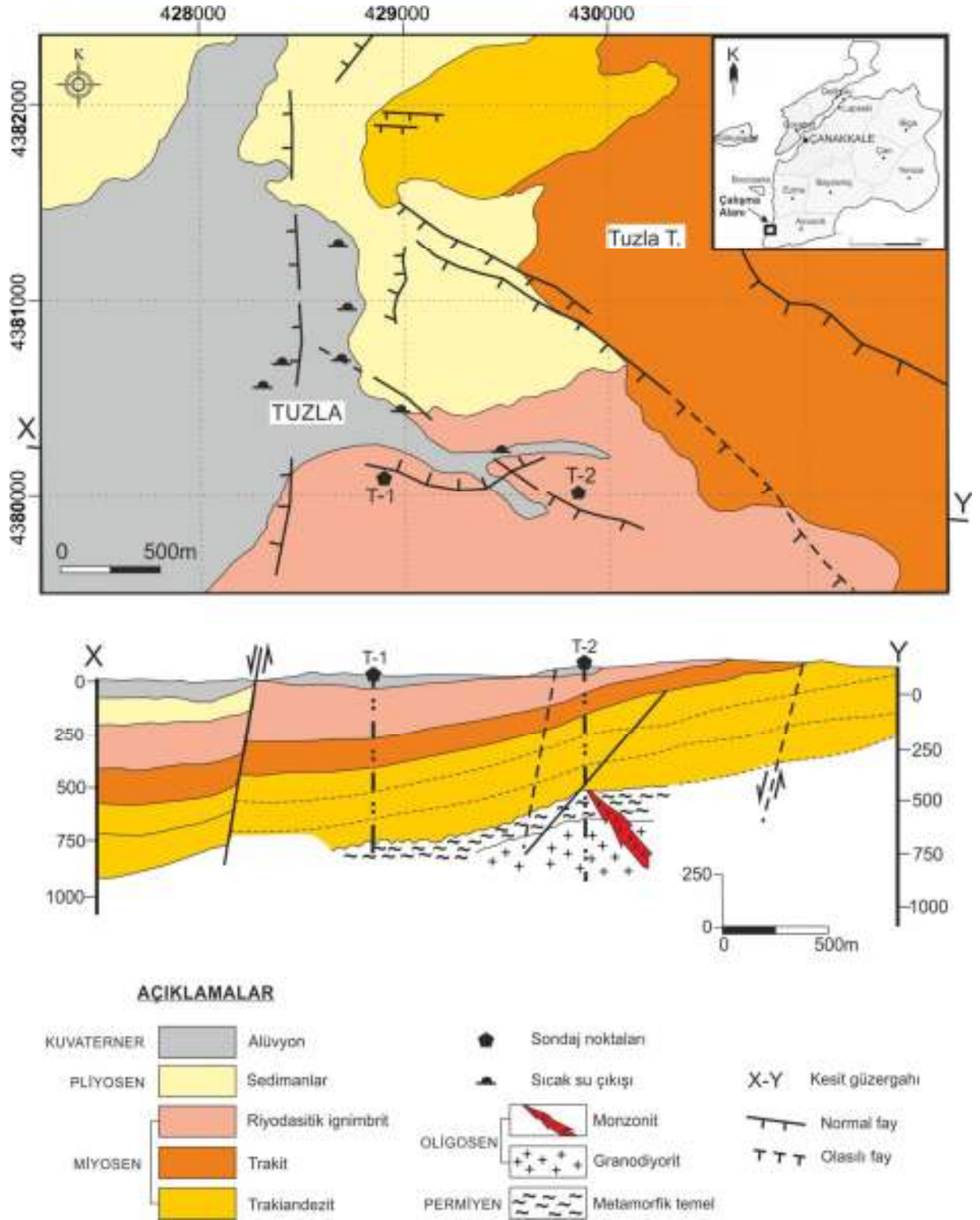
Tablo 24. İHA üzerindeki Optris termal kamera ile alınan görüntülerin sonucu elde edilen koordinatlar ile GPS/GNSS koordinatlarını karşılaştırılması (6 Mayıs 2015).

NN	Jeodezik Koordinatlar			Fotogrametrik Koordinatlar			Koordinat Farkları		
	Y (m)	X (m)	Z (m)	Y (m)	X (m)	Z (m)	ΔY (m)	ΔX (m)	ΔZ (m)
1	428720.719	4380449.206	53.188	428720.601	4380449.398	53.066	0.118	-0.192	0.122
2	428678.985	4380461.212	52.635	428678.790	4380461.111	52.722	0.195	0.101	-0.087
3	428750.849	4380444.590	56.606	428751.027	4380444.724	57.068	-0.178	-0.134	-0.462
4	428768.228	4380443.477	59.830	428768.115	4380443.513	59.741	0.113	-0.036	0.089
5	428776.041	4380452.483	60.117	428775.753	4380452.421	59.856	0.288	0.062	0.261
6	428776.007	4380459.169	58.290	428776.142	4380459.030	58.506	-0.135	0.139	-0.216
7	428775.732	4380463.764	57.892	428775.972	4380463.812	57.457	-0.240	-0.048	0.435
8	428768.795	4380479.202	56.841	428768.907	4380478.899	57.045	-0.112	0.303	-0.204
9	428763.686	4380488.633	56.929	428763.709	4380488.371	56.674	-0.023	0.262	0.255
10	428754.078	4380496.150	56.767	428753.935	4380496.386	57.039	0.143	-0.236	-0.272
11	428758.935	4380505.677	60.570	428758.810	4380505.665	60.794	0.125	0.012	-0.224
12	428752.949	4380509.406	59.595	428753.154	4380509.644	59.380	-0.205	-0.238	0.215



5. ÇALIŞMA ALANI JEOLJİSİ

Çalışma alanı Biga Yarımadası'nın güneybatısında yer alan Ayvacık ilçesinin batısındaki Tuzla köyüne yakın Tuzla jeotermal alanını kapsar. Tuzla aktif bir jeotermal bölgedir ve Türkiye'nin önemli jeotermal sahalarından biri olması nedeniyle jeotermal sistemin genel karakteristikleri ve çeşitli jeolojik araştırmalarla daha önceki birçok araştırmacı tarafından (Şamilgil, 1966, 1983; Öngür, 1973; Gevrek ve Şener, 1985; Gevrek vd., 1986; Karamanderesi, 1986, 1994; Baba vd., 2005, 2008, 2009) çalışmanın ana konusu olmuştur. Bölgedeki jeolojik birimler metamorfik, magmatik ve sedimanter kayaların varlığı ile temsil edilirler (Şekil 43). Çalışma alanının temelini, gnays, kalkışist ve kuvarşistlerden oluşan Paleozoyik yaşlı metamorfik kayalar oluşturmaktadır. Bunların üzerinde uyumsuz olarak mermer, dolomitik ve rekristalize kireçtaşları gözlenir. Bölgede bu birimleri kesen Oligosen-Alt Miyosen yaşlı granodiyoritik bir plüton yer alır. Bu plüton, Gözler vd., (1983) ve Ercan ve Türkecan, (1984) tarafından Kestanbol (Tuzla) plutonu olarak adlandırılmıştır. Genelde granodiyorit türde olan plüton yer yer monzonit ve kuvars monzonit bileşimler sunar (Bürküt, 1966; Karacık, 1995). Plütonda K/Ar yöntemi ile gerçekleştirilen radyometrik yaş tayininde Fytikas vd., (1976), $28 \pm 0,88$ tüm kayaç yaşı, Delaloye ve Bingöl (2000), hornblend mineralinden $20.5 \pm 0,6$ ve Birkle ve Satır (1995), Rb/Sr yöntemiyle biyotit mineralinden $21 \pm 1,6$ milyon yıllık (Üst Oligosen-Alt Miyosen) bir değer elde etmişlerdir. Çalışma alanında Kestanbol plutonu ile birlikte, volkanik kayalar geniş yer kaplarlar. Bölgede riyoitik tuf ve aglomeralarla etkin olmaya başlayan volkanizma daha sonra trakitik-trakiandezitik lavlar ve son olarak riyoitik tuf ve ignimbritler ile devam etmiştir. Volkanizma birkaç evreli olarak tüm Miyosen zamanı boyunca etkin olmuştur. Miyosen volkanizmasında ayrıntılı çalışmalar yapan Öngür (1973), volkanik etkinliğin Ayvacık-Babakale ve Behram (Assos) volkanları olmak üzere üç volkanik merkezde toplandığını belirtmiştir. Ayvacık volkanının, andezit, latit, trakiandezit türde lav breşlerinden, Babakale volkanının çok sayıda lav ve volkanik breşlerden, Behram (Assos) volkanının ise patlama indisi en yüksek volkanik merkez olup, ilk dönem etkinliklerini kuvarslatit, latit, dasit ve riyoitasit türde lav püskürmeleri olduğunu, ikinci etkinlik döneminde ise çok sayıda ignimbrit püskürmeleri meydana geldiğini ve bu püskürmelerin çok geniş bir alana yayıldığını belirtmektedir. Volkaniklerde K/Ar yöntemi ile radyometrik yaş belirlemeleri yapan Borsi vd., (1972), 16,8, 17,1, 19,5 ve 21,5 milyon yıllık (Alt-Orta Miyosen) değerler elde etmişlerdir. Volkanizmanın en son ürünü ignimbritler üzerinde Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı çökeller yer alırlar. Kuvaterner yaşlı alüvyon malzemeler ise Tuzla ovasında tüm birimleri uyumsuzlukla örter.



Şekil 43. Çalışma alanının jeoloji haritası ve jeolojik en kesiti (Karamanderesi, 1986'dan değiştirilmiştir)

Çalışma alanında Tuzla tepe güneyinde iki farklı yerde daha önce gerçekleştirilen sondaj çalışmaları ile bölgedeki jeolojik birimlerin birbirleri ile olan kontak ilişkileri ve yapısal

durumları ortaya konulmuştur (Karamandere, 1986; Gevrek vd., 1986) (Şekil 43). Granodiyoritik pluton, sahadaki jeotermal akışkanın ısıtıcı kayası, lavların altere kesimleri hazne kayayı, yaygın olarak gözlenen ignimbritik tüfler ve Neojen çökelleri ise örtü kayayı oluşturmaktadır (Gevrek vd., 1986). Çalışma alanının genel tektonik yapısı üç ana süreçle oluşmuştur (Öngür, 1973). Volkanizma öncesinde temeli sınırlandıran ve volkanizma ile birlikte oluşumunu sürdüren BKB-DGD uzanımlı kırılmalar (Üst Oligosen-Alt Miyosen), Assos volkanındaki kaldera çökmesi (Alt Pliyosen) ve hemen bunu izleyen ve tüm Batı Anadolu'yu şekillendiren epirojenik hareketler içindeki Edremit körfezi kuzey kıyısı fay zone (D-B) oluşumu, bu ana süreçleri oluşturur. Sahanın merkezinde yer alan Tuzla tepe yöresindeki faylar ve fayların yakınlarında gözlenen çatlaklar, jeotermal akışkanın hareket yeteneğini artırmış ve hidrotermal alterasyona zemin hazırlamıştır (Gevrek vd., 1986). Çalışma alanında Miyosen yaşlı volkanik kayalar KB-GD gidişli bu faylardan etkilenmiş ve sıcak su kaynaklarının oluşumunu sağlayan fayların çevresinde belirgin bir silisli, killi ve demirli alterasyon oluşmuştur (Şekil 44).



Şekil 44. Tuzla tepe civarında ignimbrit ve sedimanter kayalar üzerinde gözlenen silisli, killi ve demirli alterasyon

Çalışma alanında Tuzla tepe civarında gözlenen konglomera, kumtaşı ve çamur taşlarından oluşan Pliyosen sedimanları ve bunlarla yer yer ardalanmalı gözlenen riyolitik tüf ve ignimbritler, bölgedeki belirgin alterasyon izlerini ve fay etkilerini göstermeleri bakımından dijital ve termal görüntüleme çalışmaları için araştırma alanı olarak seçilmiştir.

Sedimanter birimler ve bunlarla uyumlu ignimbritler tabakalanma gösterirler ve tabaka konumları K56D/21KB olarak ölçülmüştür. İstifin alt seviyelerinde kırmızı-bordo renkli konglomera kumtaşı ardalanması gözlenir (Şekil 45). Konglomerayı oluşturan çakılların tamamı bölgedeki volkanik kaya parçalarından oluşmaktadır. Çakılların boyları 1-10 cm arasında değişiklik gösterir. İstifin üst seviyelerine doğru çakıl boylarında belirgin bir düşüş (0-3 cm) göze çarpar. Ayrıca konglomeralardaki dayanımın zayıf olmasından dolayı kayaç çok kolay parçalanıp, ayrışabilmektedir. Bu seviyenin üstünde gri renkli çamurtaşları ve sarı-beyaz renkli daha ufak çakıllara sahip konglomera ardalanması yer alır (Şekil 46).

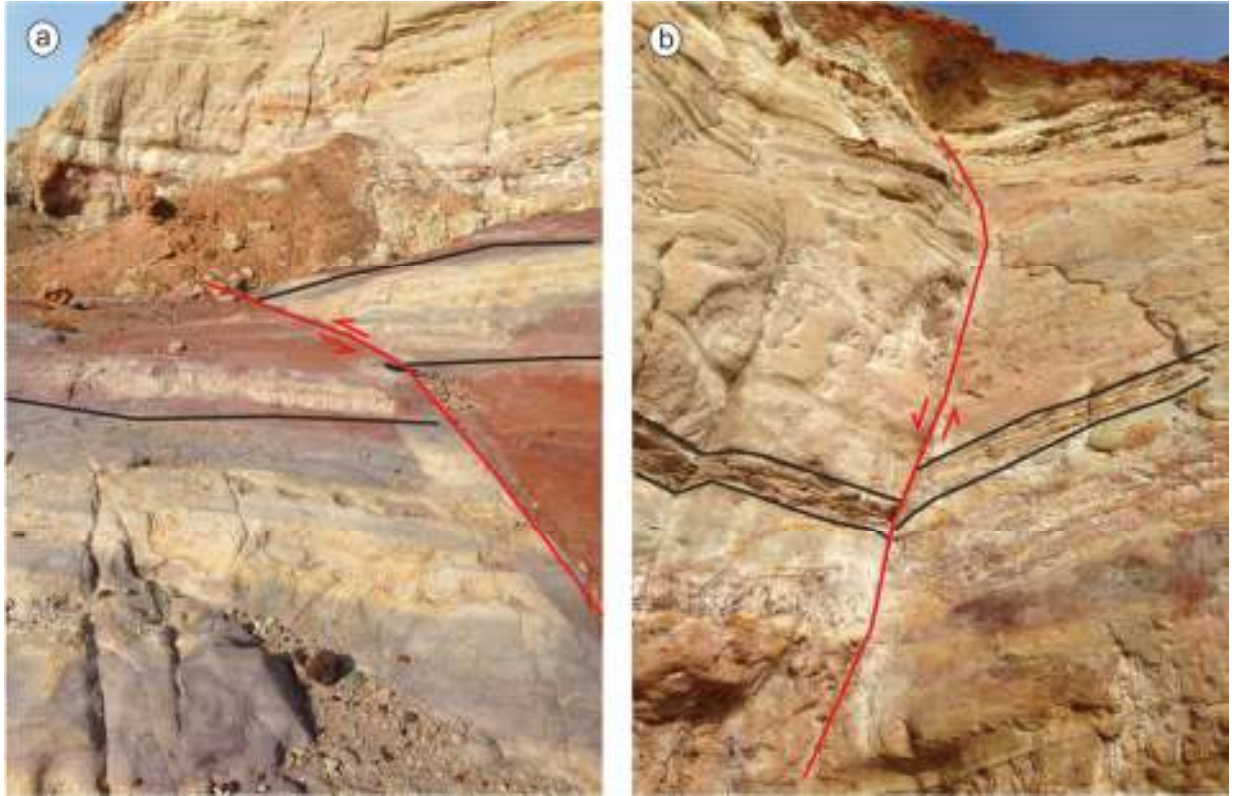
İgnimbritler ise sarı-bej renkli, sedimanter birimlere nazaran oldukça dayanımlı ve bölgedeki silisli hidrotermal alterasyondan oldukça etkilenmiş volkanik kayalar olarak yer alırlar. Bölgede ileri derecede hidrotermal alterasyona ve jeotermal su çıkışlarına neden olan, normal ve doğrultu atımlı faylanmalar gerek sedimanter birimler üzerinde gerekse ignimbritler üzerinde yaygın olarak gözlenmektedir (Şekil 47). Faylardaki atım miktarı 20-30 cm'den 3-4 metreye kadar değişebilmektedir.



Şekil 45. İstifin alt seviyelerinde yer alan konglomera-kumtaşı ardalanması



Şekil 46. Çalışma alanındaki sedimanter birimler ile ignimbrit kayalarının oluşturduğu istifin genel görünümü



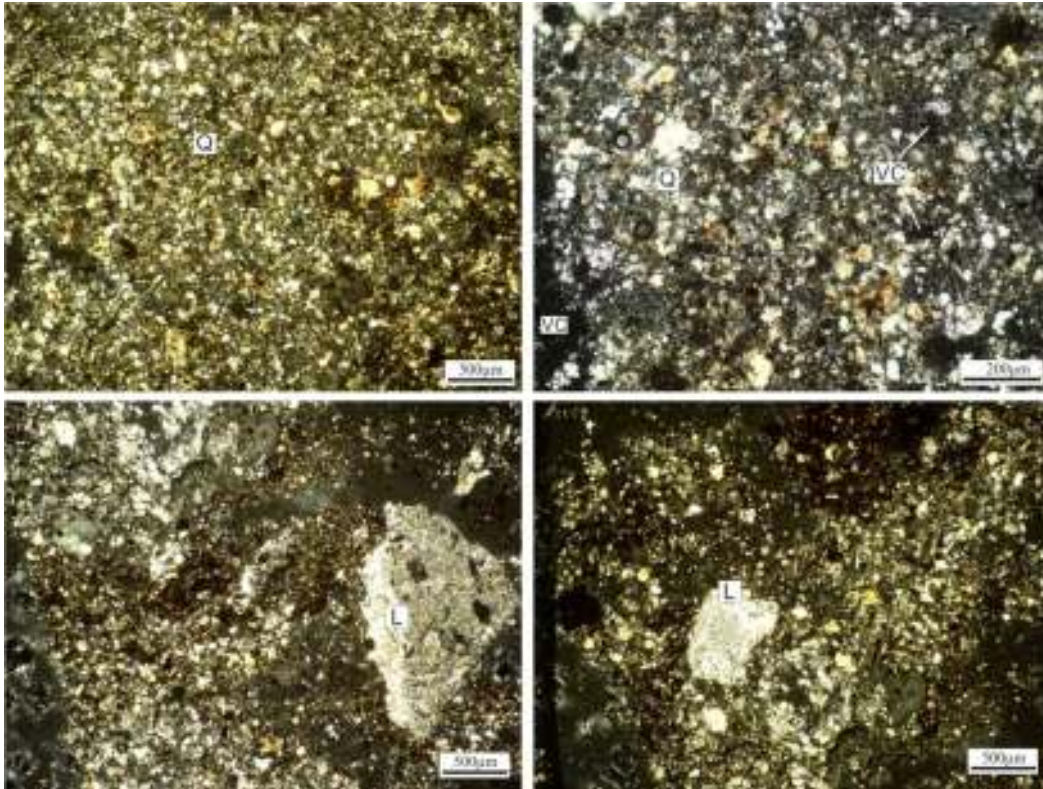
Şekil 47. a) Sedimanter birimler içinde gözlenen faylanma; b) ignimbritler içinde gözlenen faylanma

5.1 Kaya birimi petrografisi

Arazi çalışmaları sonrasında sedimanter birimlere ve ignimbritlere ait toplam 10 kaya örneği derlenmiş ve ignimbrit kayalarından ince kesitler yaptırılmıştır. Hazırlanan ince kesitler polarizan mikroskoplarda incelenmiş, mineralojik bileşimleri belirlenmiş ve petrografik

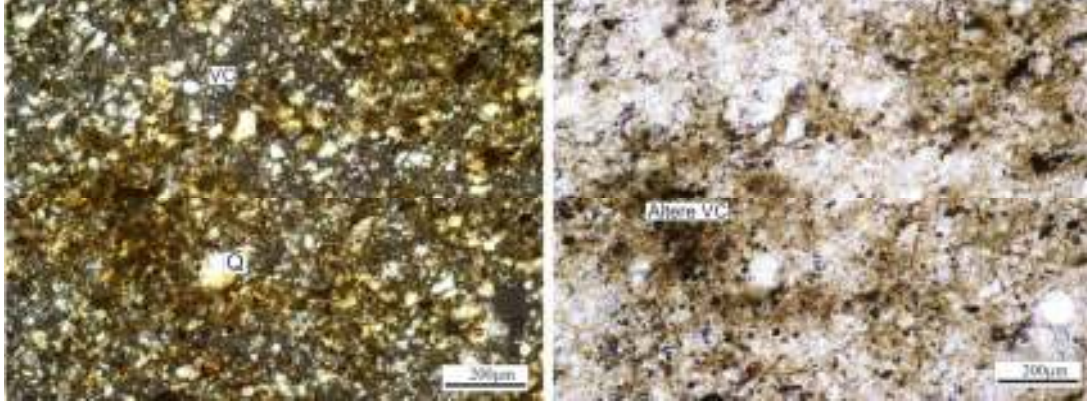
incelemeleri (doku, isimlendirme ve sınıflandırma) ortaya konulmuştur. Ayrıca örneklerin alterasyon düzeyleri ve türleri de belirlenmiştir. İnce kesit çalışmalarında belirlenen önemli doku ve mineral resimleri mikroskoba bağlı Olympus marka bir dijital fotoğraf makinesi ile çekilmiş daha sonra da ölçeklendirilmiştir.

Bölgedeki ignimbitler üzerinde gerçekleştirilen petrografik çalışmalarda, kayalarda kuvars minerallerinin bolluğu göze çarpmaktadır. Başlıca kuvars fenokristalleri ile beraber litik parçalar (kaya kırıntıları) ve volkanik cam kayaçların ana bileşenini oluştururlar (Şekil 48). Volkanik camın görüldüğü hamur malzemesi hyalopilitik dokuyu işaret eder. Kristalen ignimbitlerde kuvars mineralleri özşekilsiz mikro ve orta taneli kristaller şeklinde kayanın geneline dağılmış olarak gözlenirler.



Şekil 48. Kristalen ve litik ignimbitlerin incekesit görüntüleri (Çift Nikol, Q: Kuvars, L: Litik malzeme- Kaya kırıntısı, VC: Volkanik cam)

Litik ignimbitlerde ise mikro kuvars kristallerinin yanı sıra kaya kırıntıları ve volkanik camın varlığı söz konusudur. İnce kesitlerde, izotrop olan volkanik cam tek nikolde renksiz, çift nikoldeki siyah görüntüsü ile hemen ayırtedilmektedir. Bu kayalarda volkanik cam oranının fazla olmasından dolayı dayanımı daha zayıf alterasyondan daha kolay etkilenebilmektedirler. Kesitlerin genelinde de volkanik camın, bölgedeki yoğun hidrotermal alterasyondan dolayı demiroksidasyonuna uğradıkları görülmektedir (Şekil 49).



Şekil 49. Volkanik camda gözlenen demirli alterasyon (Çift ve Tek nikol görüntü, Q: Kuvars, VC: Volkanik cam)

5.2 Kaynak sularının fiziksel özellikleri

Biga Yarımadası'ndaki sıcak sular önceki çalışmalarda gerçekleştirilen kimyasal ve izotopik analizler sonucunda 4 ana su sınıfına ayrılmışlardır. Bunlar sırasıyla; Sülfat baskın sular, Klor baskın sular, Bikarbonat baskın sular ve hiçbir anyonun baskın olmadığı gruplardır. Çalışma alanında yer alan Tuzla jeotermal suyu Klor baskın (başlıca NaCl) gruba girmektedir ve Mützenber, 1997'den alınan kimyasal ve izotopik analiz değerleri Tablo 25'de verilmiştir. Tuzla'da yapılan 1000 m derinliğindeki sondajda Tuzla jeotermal suyundan elde edilen sıcaklık 174°C olup, Biga Yarımadası'ndaki en yüksek jeotermal su sıcaklığıdır.

Çalışma kapsamında alanda belirlenen sıcak su kaynaklarında arazide yerinde ölçümler yapılmıştır. Su örnekleme amaçlı arazi çalışmalarında sıcak su kaynakları başında Eutech CyberScan PCD 650 pH/iletkenlik/iyon cihazı ile suların sıcaklık ($T^{\circ}\text{C}$), pH, iletkenlik (EC $\mu\text{S}/\text{cm}$) ve redoks (Eh) gibi fiziksel özellikleri ölçülmüştür. Su kaynakları seçilirken, suların fiziksel özelliklerini yansıtabilecek örnek noktaları tercih edilmiştir. Bu yüzden örnekleme yapılacak kaynaklarda herhangi bir karışım olmamasına dikkat edilmiştir. Çalışma sahasındaki sıcak su kaynakları iki lokasyon üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu sıcak su kaynaklarından üç farklı dönemde (Eylül 2014, Ocak ve Mayıs 2015) arazi ölçümleri yapılmıştır. Arazide su kaynakları başında yapılan analiz sonuçları ve suların fiziksel özelliklerinden (sıcaklık, elektrik iletkenliği, pH, redoks ve debi) örnek olarak üç tanesi Tablo 26' da verilmiştir.

Tablo 25. Tuzla jeotermal suyunun kimyasal ve izotopik verileri (Mützenberg, 1997)

Su örneği		Tuzla
El tipi GPS alıcısından bulunan UTM koordinatları	metre	35S 429456E 4380234N
Kot (z)	m	28
Sıcaklık	°C	104,4(kaynak); 174(kuyu)
Elek. İletkenlik	µS/cm	74800
pH	-	6,2@ 100°C
Alkalinite	mmol/l	2,3
Asidite	mmol/l	3,2
Na	ppm	18200
K	ppm	1986
Mg	ppm	68
Ca	ppm	2781
Cl	ppm	35273
SO ₄	ppm	240
HCO ₃	ppm	140
Br	ppm	50
F	ppm	2
I	ppm	1,6
Fe _{top}	ppm	2,9
As	ppm	0,05
B	ppm	15,2
Li	ppm	23,4
Al	ppm	3,3
Mn	ppm	5,4
SiO ₂	ppm	158,6
δ ¹⁸ O _{SMOW}	‰	-1,70
δ ² H _{SMOW}	‰	-22,6
³ H	TU	<1,3

Çalışma kapsamında alanda belirlenen sıcak su kaynaklarında arazide yerinde ölçümler yapılmıştır. Su örnekleme amaçlı arazi çalışmalarında sıcak su kaynakları başında Eutech CyberScan PCD 650 pH/iletkenlik/iyon cihazı ile suların sıcaklık (T°C), pH, iletkenlik (EC µS/cm) ve redoks (Eh) gibi fiziksel özellikleri ölçülmüştür. Su kaynakları seçilirken, suların fiziksel özelliklerini yansıtabilecek örnek noktaları tercih edilmiştir. Bu yüzden örnekleme yapılacak kaynaklarda herhangi bir karışım olmamasına dikkat edilmiştir. Çalışma sahasındaki sıcak su kaynakları iki lokasyon üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu sıcak su kaynaklarından üç farklı dönemde (Eylül 2014, Ocak ve Mayıs 2015) arazi ölçümleri yapılmıştır. Arazide su kaynakları başında yapılan analiz sonuçları ve suların fiziksel özelliklerinden (sıcaklık, elektrik iletkenliği, pH, redoks ve debi) örnek olarak üç tanesi Tablo 26’ da verilmiştir.



Tablo 26. Çalışma alanındaki iki farklı jeotermal su örneklerinin fiziksel parametreleri

Tarih	15.09.2014		30.01.2015		6.05.2015	
Tuzla jeotermal alanı su örnekleri	1. kaynak	2. kaynak	1. kaynak	2. kaynak	1. kaynak	2. kaynak
pH	5,7	5,82	6,11	5,65	5,76	5,79
μS	86,42	84,58	83,99	82,14	91,12	82,33
$^{\circ}\text{C}$	33,3	81,9	30,5	86,0	42,4	86,8

1. kaynak UTM: 0428769 D/4380630 K; 2. kaynak UTM: 0428814 D/4380624 K

6. REGRESYON ANALİZLERİ

Ölçülerin ya da çok sayıda bağımsız değişkenin fonksiyonunu belirleme problemi ile sıkça karşılaşılır. Bu bağımlılığı tanımlayan ve bilinmeyen parametreleri, en küçük kareler yöntemine göre dengeleme ile belirlenen fonksiyona **regresyon analizi** adı verilir.

Ölçüler, bir fiziksel olayı ya da bir nesneyi tanımlar. Nesnenin özel durumlarında yapılmış (x_i , y_i) ya da (x_i , y_i , z_i) ölçü değerleri ($i = 1, 2, \dots, n$; kesikli durum) nokta koordinatları anlamında kabul edilirse, bu nokta kümesine olabildiğince iyi uyan $y = f(x)$ dengeleyici eğrisini ya da $z = f(x, y)$ dengeleyici yüzeyini belirleme ödevi söz konusu olur. Kimi durumlarda verilen $y = \phi(x)$ sürekli fonksiyonuna belli bir aralıkta olabildiğince iyi uyan, verilenden daha sade ve amaca uygun $y = f(x)$ eğrisinin (örneğin, a ve b sınırları arasında kalan eğri parçası yerine bir doğrunun) belirlenmesi istenebilir. Bu ödevde, verilen fonksiyonun biçimi göz önüne alınarak yazılan yeni fonksiyonda geçen bilinmeyen parametreler en küçük kareler yöntemine göre dengeleme ile hesaplanmalıdır.

6.1 Regresyon modelinin seçimi

Özellikle, çok değişkenli kesikli ödevlerde ölçü dizisine uyan fonksiyonu saptamak zordur. İki değişkenlilerde ise fonksiyon seçimi kolaydır. Ölçüler arasındaki matematiksel bağıntı biliniyorsa ilgili fonksiyon doğrudan yazılır. Örneğin, n sayıda noktası verilen bir doğrunun belirlenmesi ya da daire ve elips biçimindeki nesnelerin biçim ve büyüklüklerinin saptanması istenirse bunlara ilişkin bilinen bağıntılar kullanılır.

Ölçü değerleri arasındaki matematiksel ilişki bilinmiyorsa bu durumda verilerin çizgisel gösterimi yol gösterici olabilir. (x_i , y_i) ölçü çifti düzlem dik koordinat sisteminde bir nokta belirtir. Ölçülen tüm noktalar koordinat sisteminde işaretlendikten sonra noktalar arasından özenle bir eğri geçirilerek denklemi bilinen hangi standart eğri türünün seçilmesi gerektiği konusunda bir bilgi edinilebilir. Genellikle sonuç böyle çıkmaz. Uygun bağıntı üslü, trigonometrik vb. özellikte olabilir.



Noktalar arasından geçirilen eğri dalgalı bir yapıda ise uygun bağıntı olarak trigonometrik fonksiyonlar (örneğin, $\sin(jx)$ ya da $\cos(jx)$) seçilir. Çizilen yaklaşık eğri doğru ya da periyodik değilse uygun fonksiyon olarak genellikle x 'in kuvvetlerine göre n . dereceden bir polinom öngörülür.

Kuşkulu durumlarda birim ağırlıklı ölçünün s_0 standart sapması seçilen fonksiyon için uygunluk ölçütü olarak kullanılır. Uygun gözüken değişik fonksiyonların her biri için en küçük kareler yöntemine göre dengeleme yapılır. En küçük s_0 değerli fonksiyon uygun dengeleyici fonksiyon olarak seçilir.

Nokta kümesi için x değişkenli bir polinom uygun görülmüşse başlangıçta polinomun derecesi olabildiğince küçük öngörülür ve buna göre dengeleme yapılır. s_0 sonsal standart sapması büyük bir değer çıkmışsa polinoma bir terim daha eklenerek derecesi artırılır. Yeniden dengeleme yapılarak genişletilen polinomun bilinmeyen katsayıları ve s_0 standart sapması hesaplanır. s_0 değeri öncekinden küçükse polinomun derecesi yeniden artırılır ve dengeleme yinelenir. s_0 değerinin yaklaşık değişmediği ve derece artırıldığında büyümeye başladığı durumda en küçük dereceli polinom, nokta kümesine en iyi uyan dengeleyici polinomdur (Wolf, 1975).

6.2 Matematiksel Regresyon Modeli

Örnek olarak Basit regresyon modelinin a ve b parametrelerini belirlemek için genellikle bir doğru denklemi,

$$Y = a + bX \quad (6.1)$$

öngörülür. Bu bağıntıda;

Matematiksel model oluşturulacak olursa;

$$Y_i + v_i = a + bX_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (6.2)$$

doğrusal düzeltme denklemleri elde edilir. $\mathbf{v} = \mathbf{A}\mathbf{x} - \mathbf{l}$ düzeltme denklemleri için,

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & X_1 \\ 1 & X_2 \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot \\ 1 & X_n \end{bmatrix}, \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} a \\ b \end{bmatrix}, \quad \mathbf{l} = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ Y_n \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad \mathbf{P} = \text{diag}(P_1 \ P_2 \ \dots \ P_n) \quad (6.3)$$

elde edilerek matematiksel model en küçük kareler yöntemiyle (EKK) çözülür. Ayrıca hata hesabı için dolaylı ölçüler dengelemesinin bilinen çözüm eşitlikleri uygulanır.



Bu projede sırasıyla;

- 7 Temmuz 2014
- 15 Eylül 2014
- 11 Kasım 2014
- 30 Ocak 2015
- 13 Mart 2015
- 6 Mayıs 2015

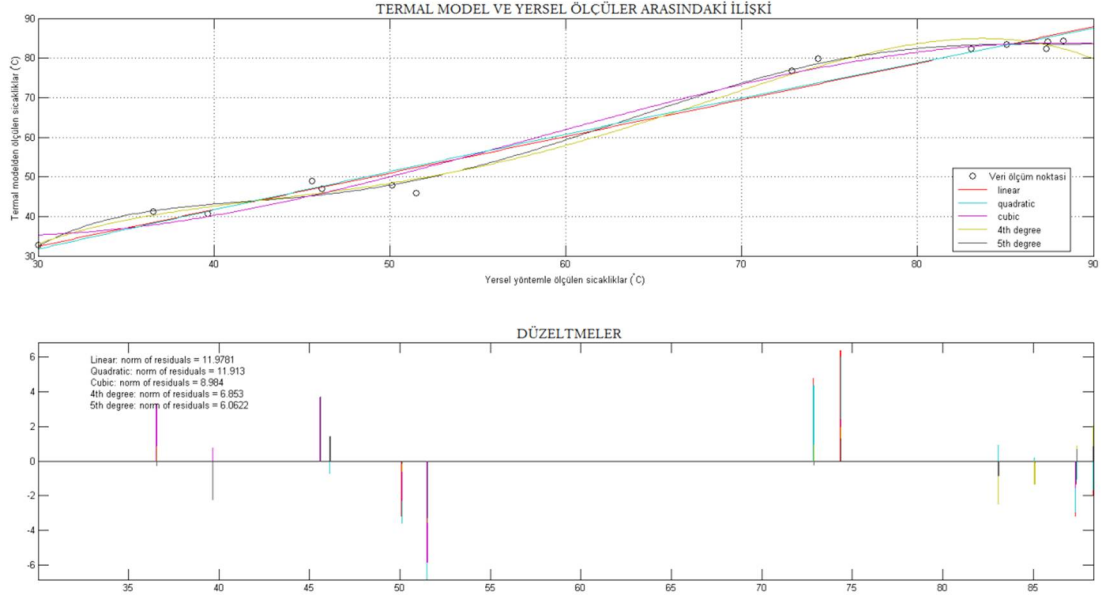
tarihlerinde gerçekleştirilen arazi çalışmaları kapsamında iki adet kaynağın farklı noktalarında klasik yersel ölçme tekniğiyle toplanan sıcaklık ($T_{ölçülen}$), hidrojen gücü (PH) ve elektrik iletkenliği (EC) verileri ile aynı alanlarda termal kamera yardımıyla oluşturulan üç boyutlu termal modellerden alınan noktasal bazlı termal model sıcaklıkları (T_{model}) arasında regresyon analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda;

- Termal model sıcaklıklar ile yersel sıcaklıklar arasında,
- Termal model sıcaklıklar ile PH değerleri arasında,
- Termal model sıcaklıklar ile elektrik iletkenliği değerleri arasında

geliştirilen farklı matematiksel regresyon modelleri kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Değişkenlere en iyi uyan regresyon modelini ortaya çıkarmak için sırasıyla doğrusal regresyon, ikinci dereceden (quadratic) regresyon, üçüncü dereceden (kübik) regresyon, dördüncü dereceden regresyon ve beşinci dereceden regresyon modelleri uygulanmıştır.

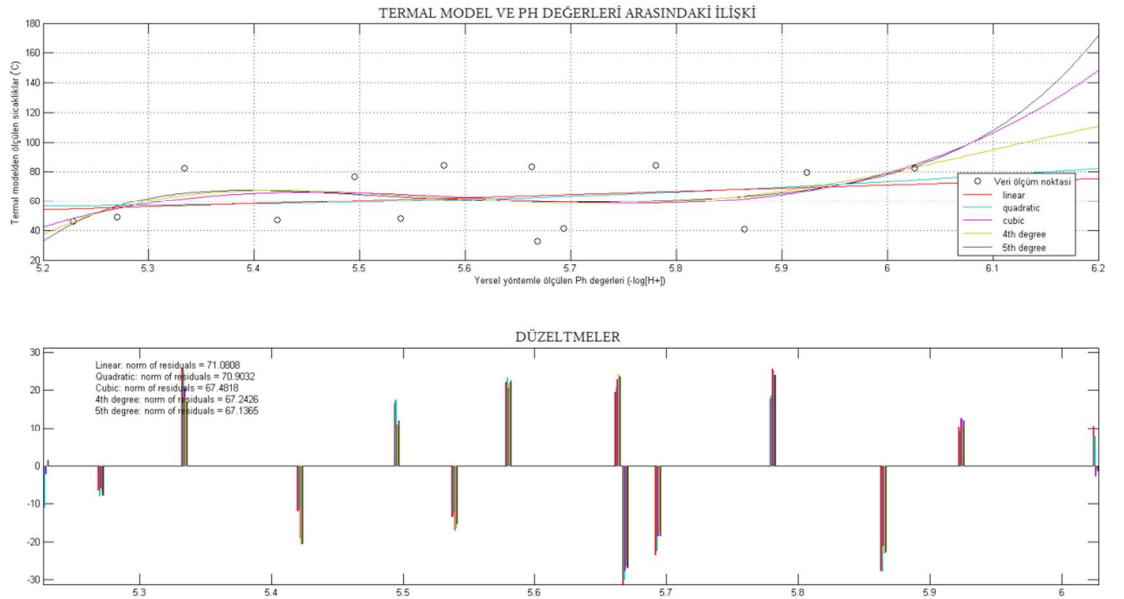
Periyodik olarak çalışılan arazi dönemleri için gerçekleştirilen regresyon analizleri MATLAB v.2013b yazılımında tamamlanarak sonuçlar şekiller halinde aşağıdaki gibi sunulmaktadır:

- 7 Temmuz 2014 tarihine ilişkin analizler; Şekil 50, Şekil 51 ve Şekil 52,
- 15 Eylül 2014 tarihine ilişkin analizler; Şekil 53, Şekil 54 ve Şekil 55,
- 11 Kasım 2014 tarihine ilişkin analizler; Şekil 56, Şekil 57 ve Şekil 58,
- 30 Ocak 2015 tarihine ilişkin analizler; Şekil 59, Şekil 60 ve Şekil 61,
- 13 Mart 2015 tarihine ilişkin analizler; Şekil 62, Şekil 63 ve Şekil 64,
- 6 Mayıs 2015 tarihine ilişkin analizler; Şekil 65, Şekil 66 ve Şekil 67.



Şekil 50. 7 Temmuz 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve yersel ölçüler arasındaki regresyon analizi sonuçları

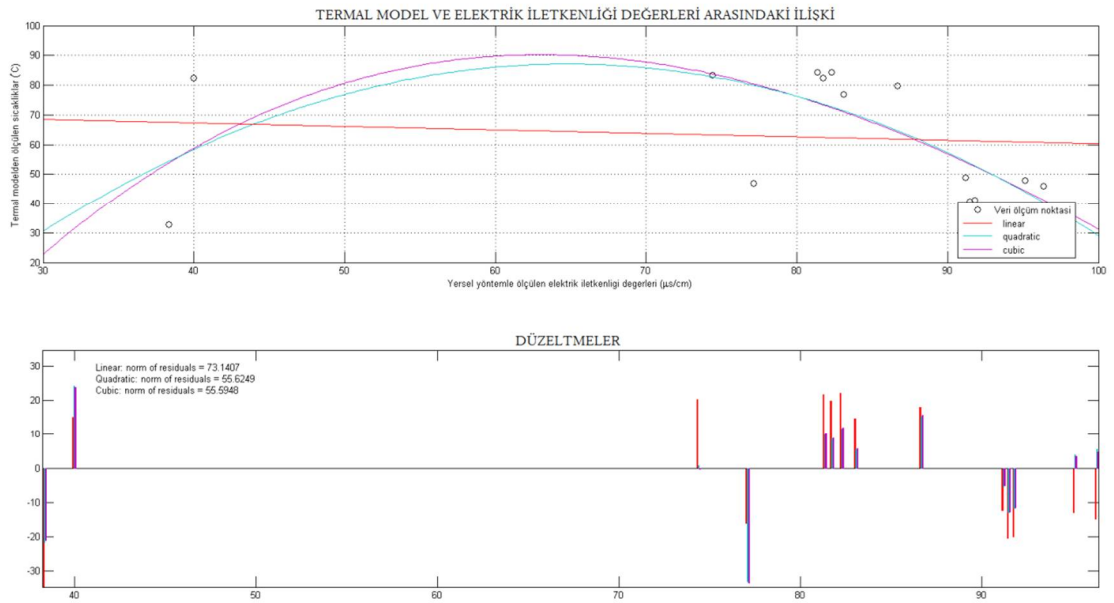
7 Temmuz 2014 verisinin değerlendirilmesi sonucuna elde edilen regresyon modelleri incelendiğinde; Şekil 50'ta sunulan termal ve yersel sıcaklık modelleri için özellikle doğrusal ve ikinci dereceden regresyon modellerinin kendi arasında tutarlı olduğu görülmektedir. Yine aynı şeklin alt şeklinde sunulan düzeltmelerin normları (norm of residuals) incelendiğinde benzer sonuçlara ulaşılmaktadır. Bunun yanı sıra üçüncü, dördüncü ve beşinci dereceden regresyon modelleri de birbirine yakın eğilim sergilemektedir.



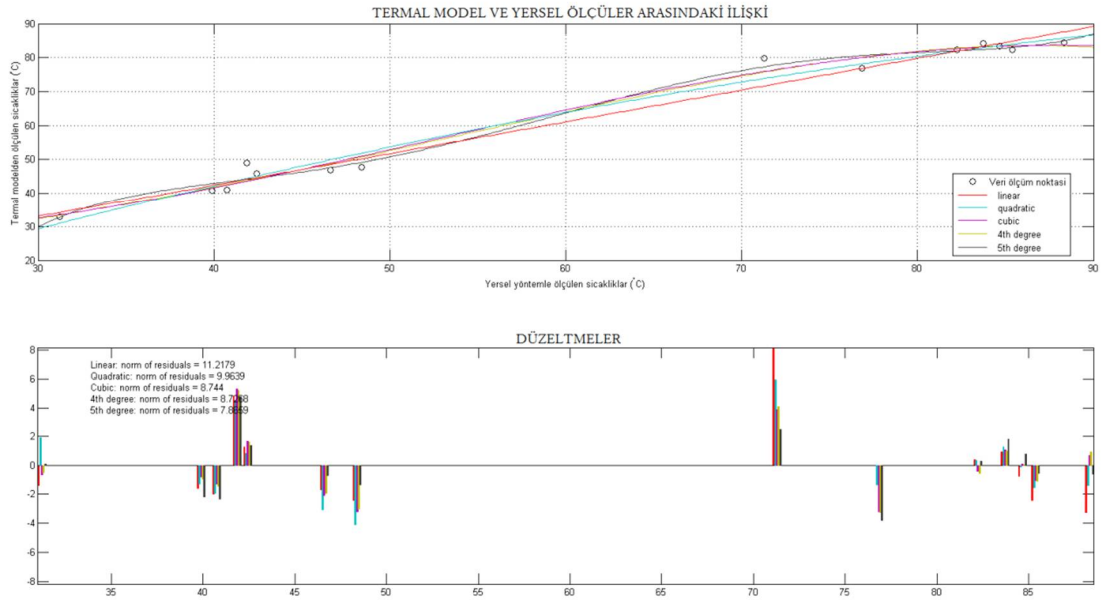
Şekil 51. 7 Temmuz 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model sıcaklıkları ve PH değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları

Şekil 51'deki sonuçlarda; 7 Temmuz 2014 tarihi için bulunan termal model sıcaklıkları ve PH değerleri arasındaki ilişkiyi gözler önüne sermektedir. Sonuçlar irdelenecek olursa ilk iki regresyon modeli veri setine kendi arasında daha iyi uymaktadır. Diğer üç model ise kendi içinde uyumlu olup ilgili regresyon modellerinden elde edilen düzeltmelerin normları birbirine yakındır. Termal model sıcaklıkları ile elektrik iletkenliği verileri çalışılarak oluşturulan regresyon modelleri sonuçları ise Şekil 52'de verilmektedir. Buna göre ikinci ve üçüncü dereceden regresyon modelleri birbirleriyle daha uyumludur. Şekilde verilen düzeltmelerin normları değerleri bunu doğrulamaktadır. Ayrıca ikinci ve üçüncü dereceden regresyon modelleri doğrusal regresyona göre daha uyumludur.

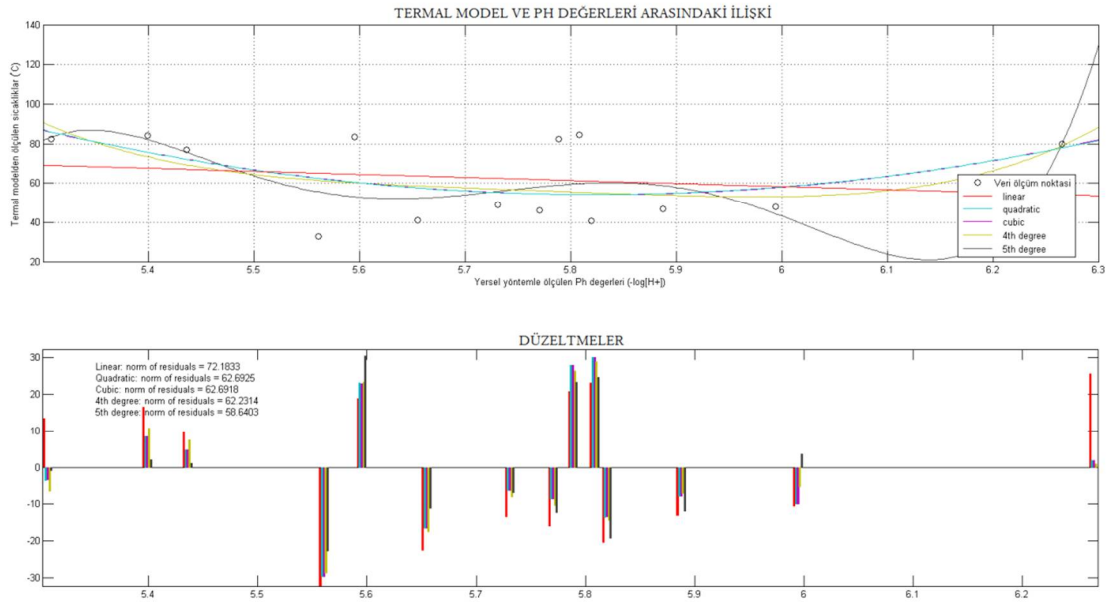
Bu noktadan sonra: Şekil 53, Şekil 54 ve Şekil 55'te 15 Eylül 2014 tarihinde toplanan verilere ilişkin regresyon sonuçları; Şekil 56, Şekil 57 ve Şekil 58'de 11 Kasım 2014 tarihinde toplanan verilere ilişkin regresyon sonuçları; Şekil 59, Şekil 60 ve Şekil 61'de 30 Ocak 2015 tarihinde toplanan verilere ilişkin regresyon sonuçları; Şekil 62, Şekil 63 ve Şekil 64'te 13 Mart 2015 tarihinde toplanan verilere ilişkin regresyon sonuçları; Şekil 65, Şekil 66 ve Şekil 67'de ise 6 Mayıs 2015 tarihinde toplanan verilere ilişkin regresyon sonuçları verilmektedir.



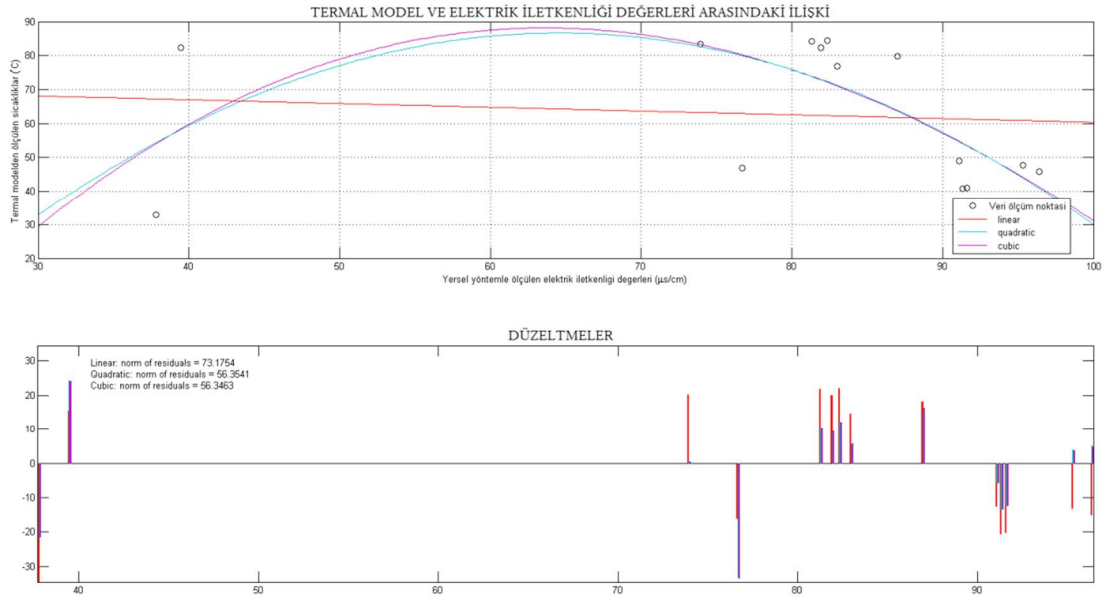
Şekil 52. 7 Temmuz 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve elektrik iletkenliği değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları



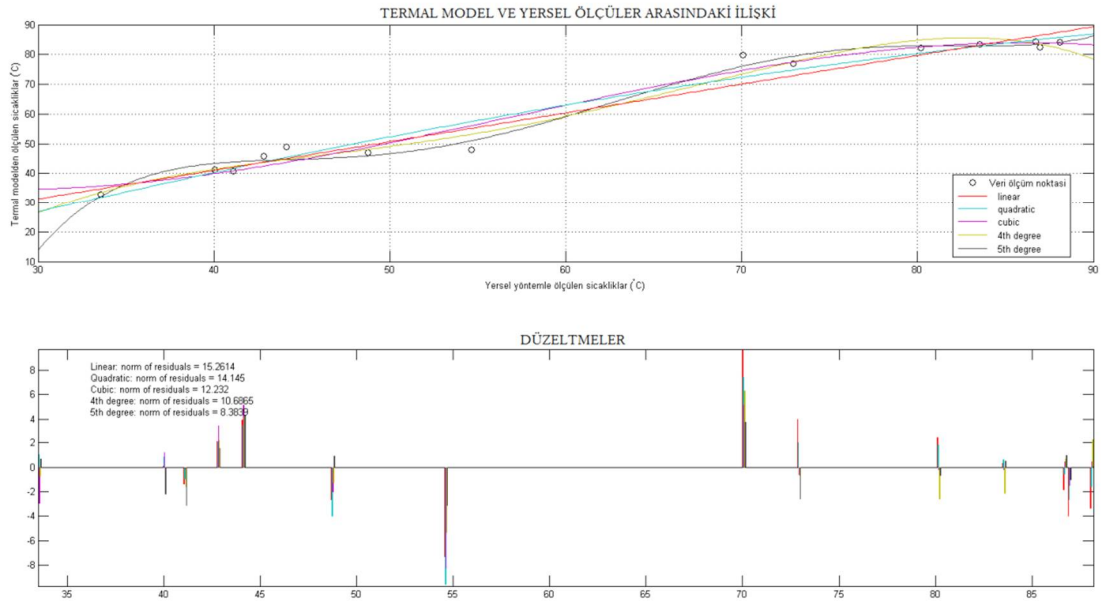
Şekil 53. 15 Eylül 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve yersel ölçüler arasındaki regresyon analizi sonuçları



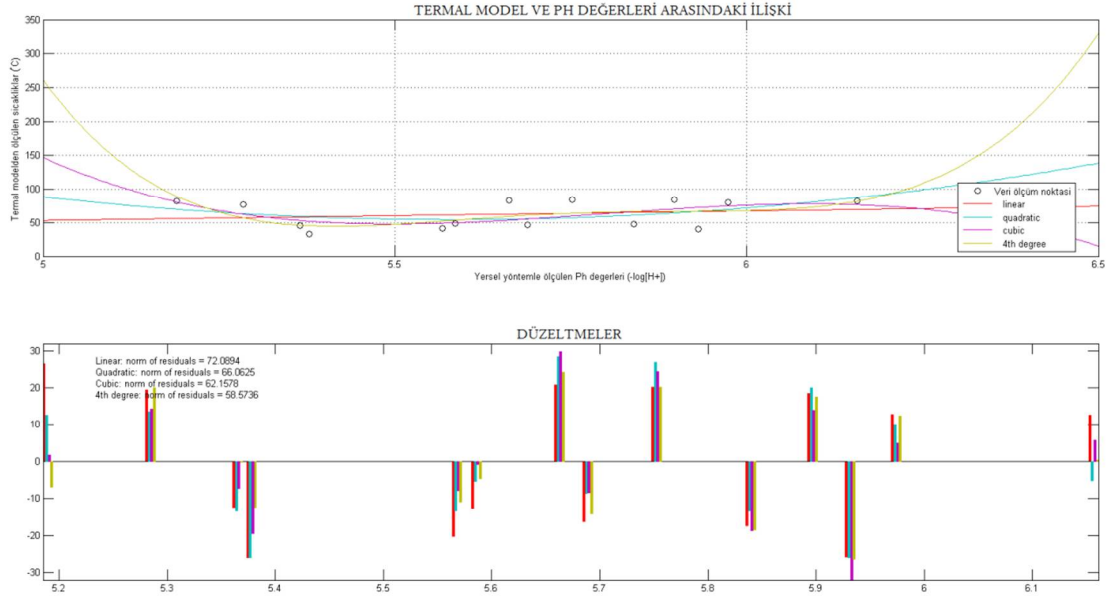
Şekil 54. 15 Eylül 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve PH değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları



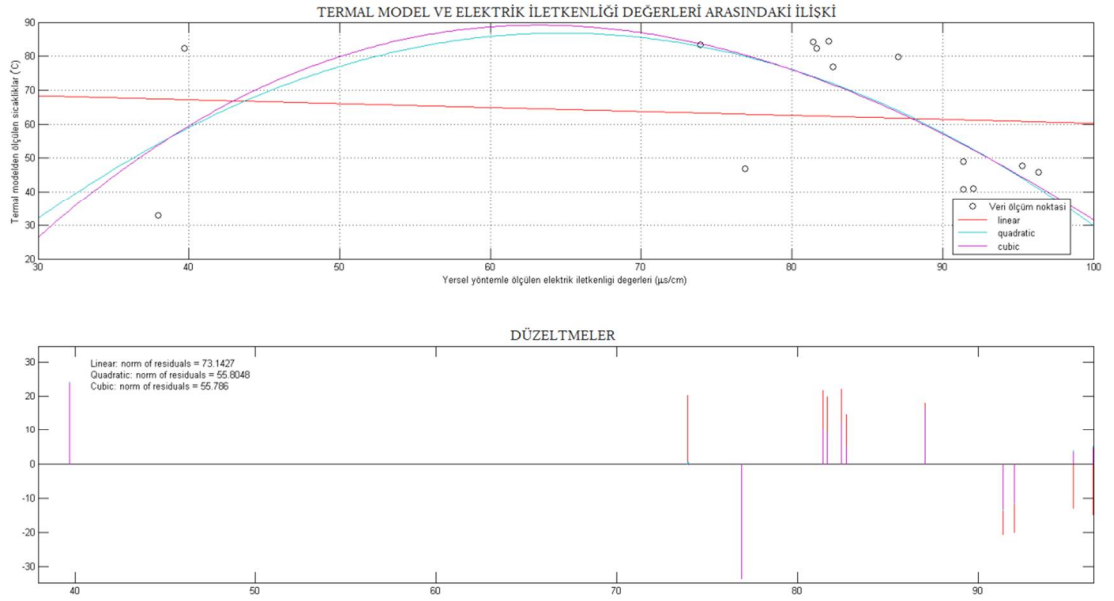
Şekil 55. 15 Eylül 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve elektrik iletkenliği değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları



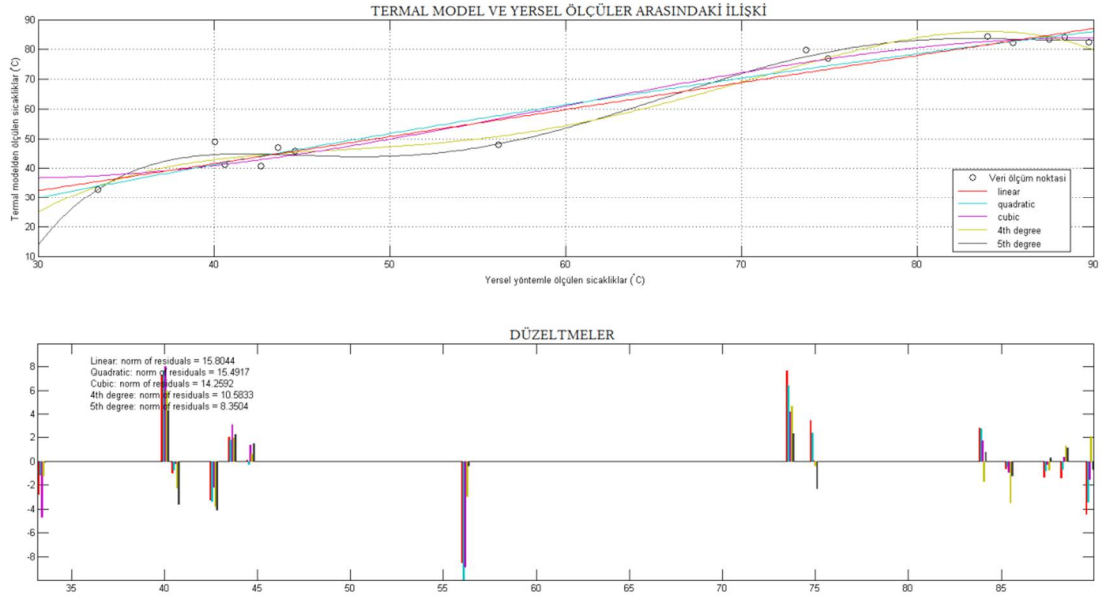
Şekil 56. 11 Kasım 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve yersel ölçüler arasındaki regresyon analizi sonuçları



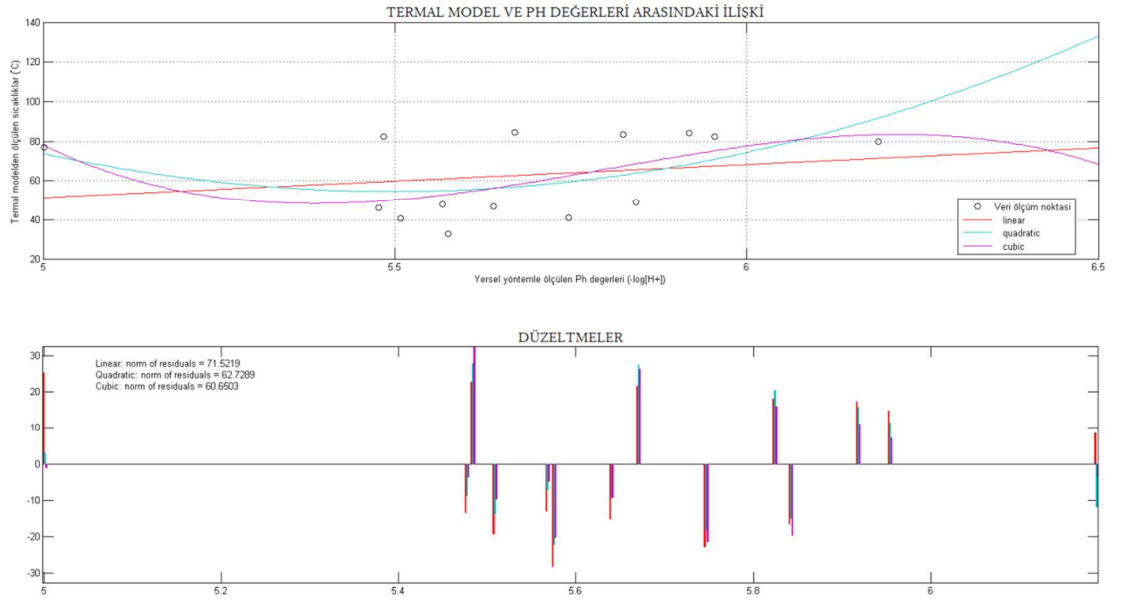
Şekil 57. 11 Kasım 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve PH değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları



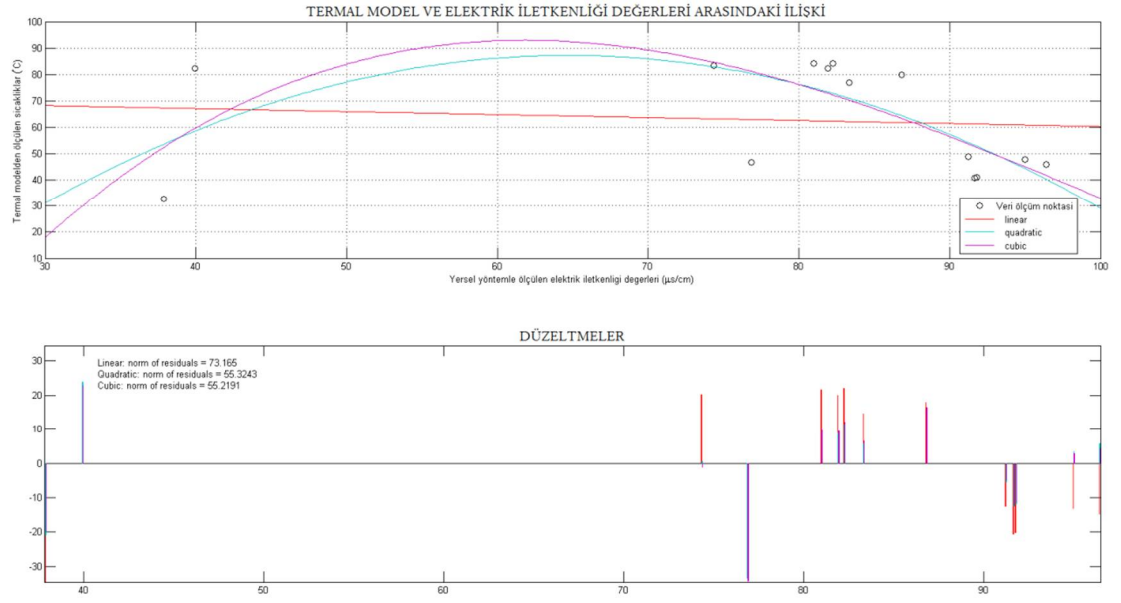
Şekil 58. 11 Kasım 2014 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve elektrik iletkenliği değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları



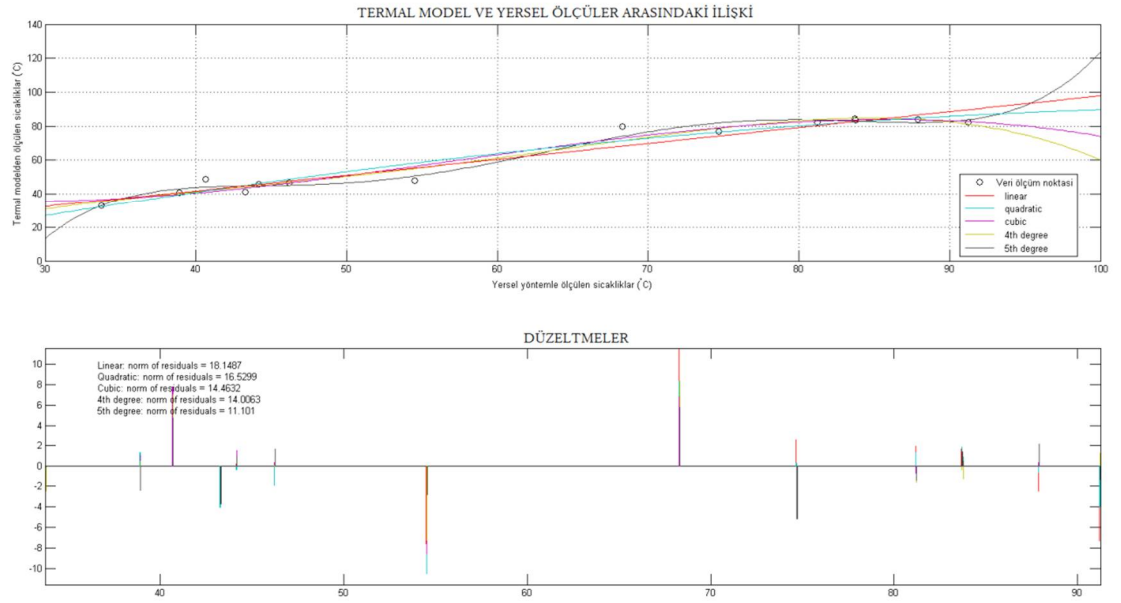
Şekil 59. 30 Ocak 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve yersel ölçüler arasındaki regresyon analizi sonuçları



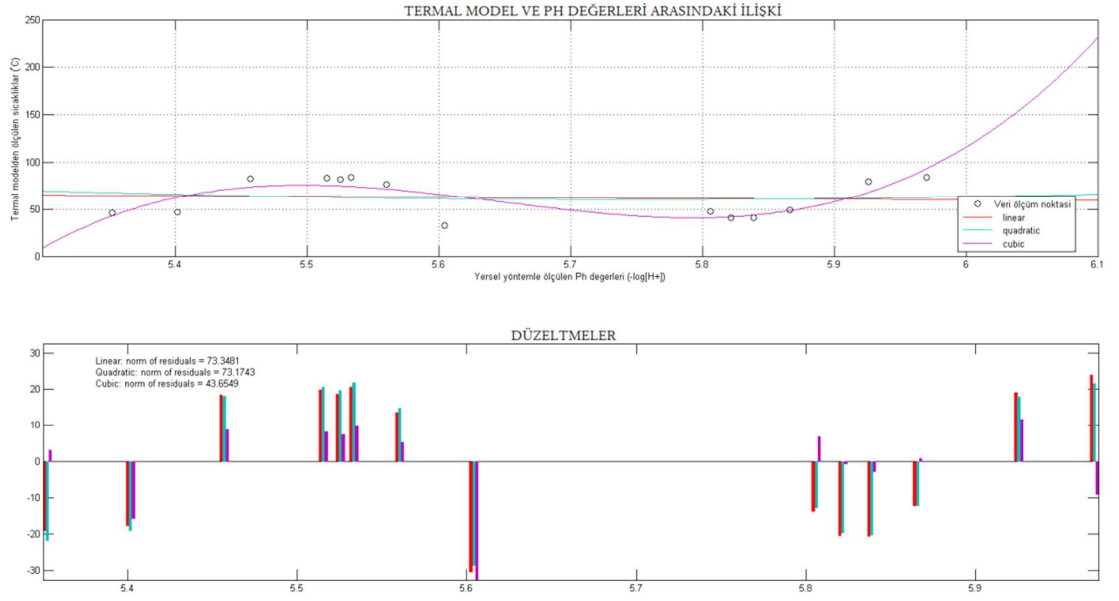
Şekil 60. 30 Ocak 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve PH değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları



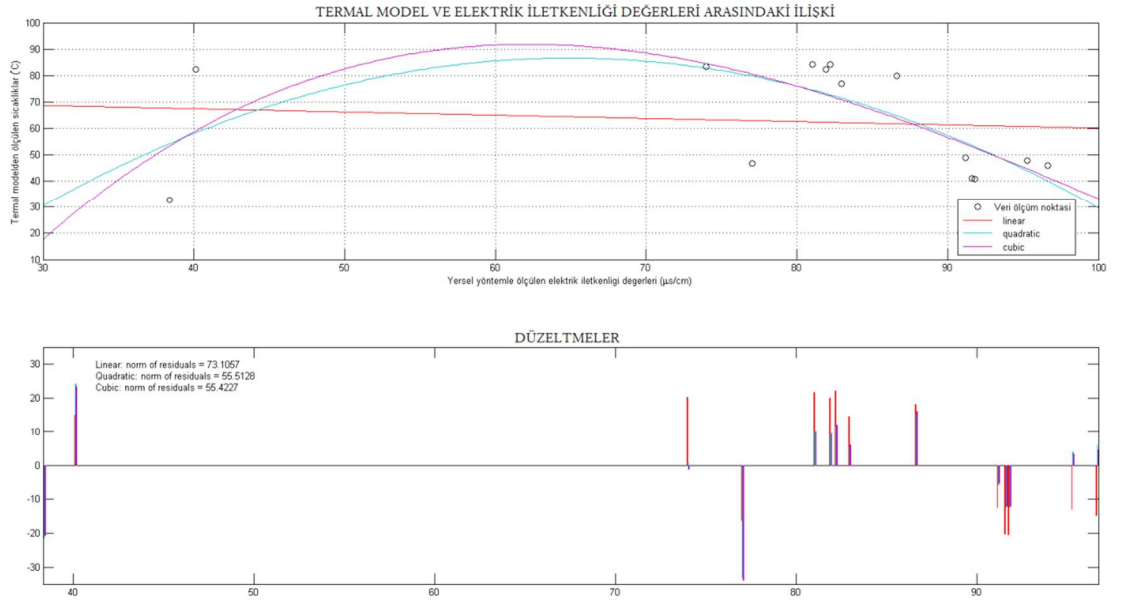
Şekil 61. 30 Ocak 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve elektrik iletkenliği değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları



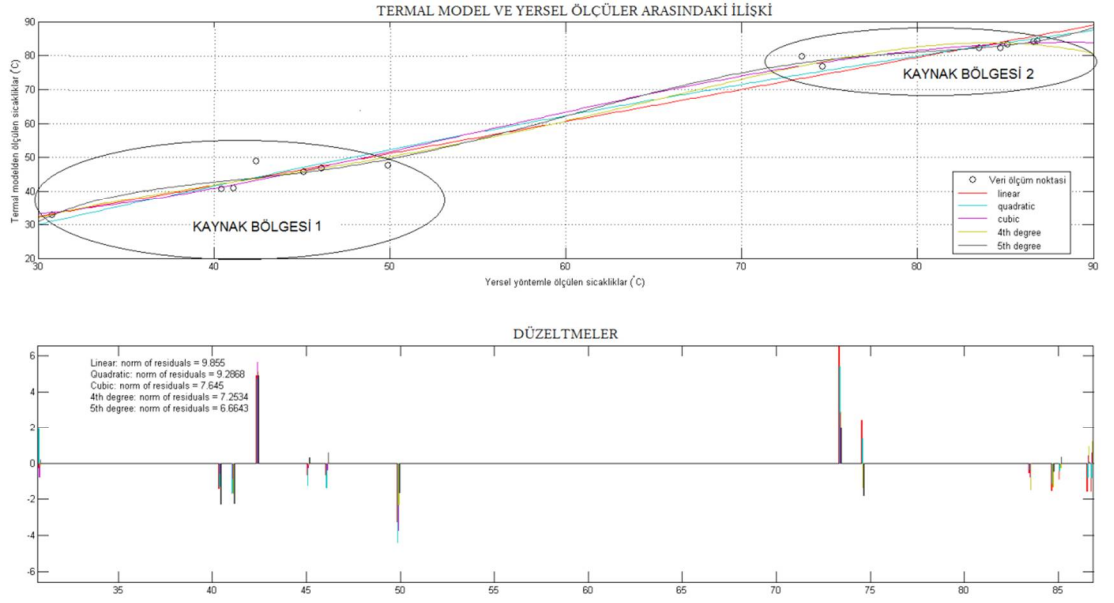
Şekil 62. 13 Mart 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve yersel ölçüler arasındaki regresyon analizi sonuçları



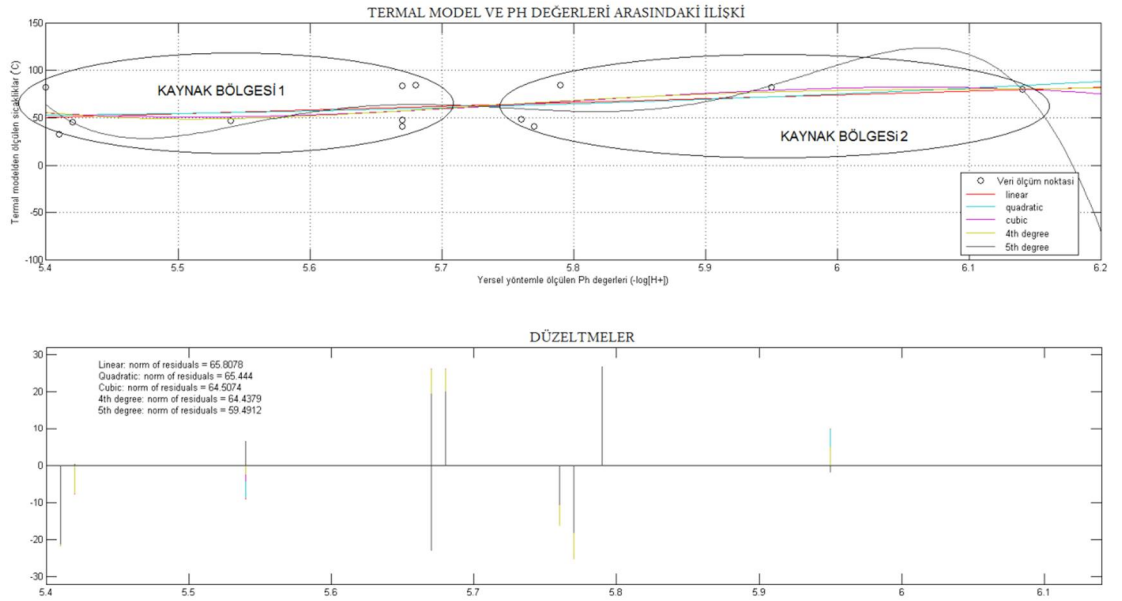
Şekil 63. 13 Mart 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve PH değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları



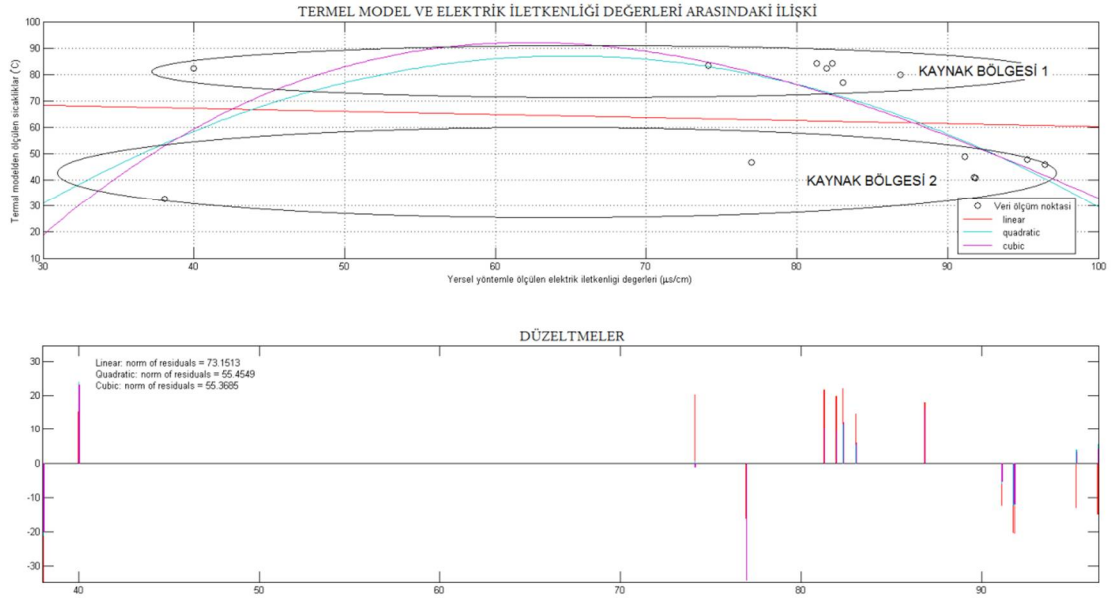
Şekil 64. 13 Mart 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve elektrik iletkenliği değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları



Şekil 65. 6 Mayıs 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve yersel ölçüler arasındaki regresyon analizi sonuçları



Şekil 66. 6 Mayıs 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve PH değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları



Şekil 67. 6 Mayıs 2015 tarihindeki arazi çalışmalarında elde edilen termal model ve elektrik iletkenliği değerleri arasındaki regresyon analizi sonuçları

Sonuçlar genel olarak irdelenirse toplanan veri bazında yersel ölçme tekniğiyle toplanan sıcaklık ($T_{ölçülen}$), hidrojen gücü (PH) ve elektrik iletkenliği (EC) verileri ile aynı alanlarda termal kamera yardımıyla oluşturulan üç boyutlu termal modellerden alınan noktasal bazlı termal model sıcaklıkları (T_{model}) her bir ölçme periyodu dikkate alınırca regresyon analizi bakımından önemsenmeyecek ölçüde farklar meydana gelmektedir. Diğer bir ifadeyle her bir ölçme periyodunda elde edilen yersel sıcaklık, PH ve elektrik iletkenliği verileri birbirine yakın olup mevsimsel etkiden kaynaklanan farklılıklar oluşmamaktadır. Dolayısıyla yapılan regresyon analizi sonuçları da modellerin eğilimlerinin birbirine genel olarak yakın olduğunu kanıtlamakta olup yersel sıcaklık ($T_{ölçülen}$), hidrojen gücü (PH) ve elektrik iletkenliği (EC) verileri ile noktasal bazlı termal model sıcaklıklarının incelendiği regresyon modellerinde (T_{model}) ölçme periyotları arasındaki zamansal farktan kaynaklanan mevsimsel bir etki söz konusu değildir. Ayrıca Şekil 65, Şekil 66 ve Şekil 67’de birbirine yakın olan noktalara ilişkin verilerin hangi kaynağa ait olduğu işaretlenmiştir.

Son olarak tüm verilerin irdelendiği çoklu regresyon modelleme çalışması gerçekleştirilmiştir.

Bu amaçla $T_{\text{model}} = A + B * T_{\text{ölçülen}} + C * PH + D * EC$ çoklu regresyon modeli kullanılmıştır.

Regresyon analizi sonuçları Tablo 27’te verilmektedir.

Tablo 27. 6 Mayıs 2015 tarihine ilişkin çoklu regresyon sonuçları

Regresyon model katsayıları	36,7309; 1,0707; -7,6764; 0,0233
Model katsayıları için %95 güven aralıkları	-18,4321 91,8940 0,9710 1,1705 -18,6537 3,3009 -0,0948 0,1413
R ² -istatistik değeri	0,9858
F-istatistik değeri	232,0720
Modelin p-değeri	1,5319e-009

Sonuçlar irdelendiğinde çoklu regresyon modeli için elde edilen R²-istatistik değerinin 1’e oldukça yakın olduğu görülmektedir. Bu durumda yersel sıcaklık ($T_{\text{ölçülen}}$), hidrojen gücü (PH), elektrik iletkenliği (EC) ve bazlı termal model sıcaklıkları (T_{model}) birbiriyle yüksek derecede uyumlu olduğu ve çoklu regresyon modelini sağladığı görülmektedir. Söz konusu çoklu regresyon modelleme çalışmaları diğer ölçme periyotları için yapılmış ve yine benzer yüksek korelasyonu sonuçlar alınmıştır.

7. TARTIŞMA

Proje kapsamında 6 arazi çalışma periyodunda elde edilen verilere göre dijital ve termal fotogrametri sonuçları farklı olmuştur. Dijital kamera görüntülerinin fotogrametrisinde gerek İHA'da gerekse yersel çalışmalarda yüksek çözünürlüklü kameralarla oldukça iyi sonuçlar bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar fotogrametrik ölçmelerin 5 cm altında doğruluğa ulaştığını göstermektedir. Diğer taraftan, ortalama 60 m yükseklikten İHA ile elde edilen termal görüntüler, çözünürlüklerinin düşük olması nedeni ile fotogrametrik olarak yatayda 15cm düşeyde 25cm doğruluğa ulaşmıştır.

Yapılan jeodezik çalışmalarda GPS/GNSS koordinatları fotogrametrik modelleme sırasında ve sonrasında önemli bir veri kaynağı oluşturmıştır. 1cm doğruluklu yer kontrol nokta ölçmelerinin tüm fotogrametrik çalışmalar için yeterli olduğu anlaşılmaktadır. Termal görüntülerde de kullanabilmek maksadıyla tasarlanan alüminyum hedefler başarı ile kullanılmıştır. Her ne kadar dijital kamera görüntülerinin fotogrametrik değerlendirmesi için 30cm çaplı hedefler büyük olsa da, termal kamera projesi ile uyumlu olması nedeniyle dijital kamera görüntülerinde de kullanılmıştır. Daha önceki çalışmalarda ise daha ince yapılı artı şeklinde hedeflerin manuel ölçmelerde daha keskin görüntü verdiği görülmüştür. Dolayısıyla dijital ve termal kameralar için farklı hedef tipleri zaman kaybına sebep olsa da önerilmektedir.

Termal kamera için alüminyum kullanılarak hazırlanan çeşitli ebatlardaki şablonlar ısıtıldıktan sonra termal kamera ile görüntüsü alınmıştır. Matlab programı ile kalibrasyon testi sonucunda elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında şablonlardaki karenin ve genel şablonun boyutunun küçülmesi ile odak uzaklığındaki ve ana noktadaki standart sapma oranı artmıştır. Bunun nedeni termal kameranın çözünürlüğünün düşük olması olarak düşünülmektedir. Şablonlar çeşitli sıcaklıklarda görüntüsü alınarak kalibrasyon işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem sonucunda piksel hatasının sıcak olan görüntülerden alınan sonuçta daha düşük olduğu görülmüştür. Diğer sonuçlarında benzer şekilde sıcak olan şablondan daha doğru çıktığı görülmüştür.

Regresyon analizleri kaynak ve göl sularının pH, sıcaklık, iletkenlik gibi fiziksel özellikleri ile model görüntülerinden elde edilen sıcaklıklarla doğrusal ilişkili olduğu görülmüştür. Uygulanan farklı modeller ölçme dönemleri arasında benzer sonuçlar vermiştir. Yine jeolojik arazi ve laboratuvar çalışmalarda tespit edilen kayaç sınıflandırmaların ve alterasyonların termal alandaki model sıcaklıklarına uygun farklılıklar gösterdiği görülmüştür. Önemli bir jeotermal kaynağı olan çalışma bölgesinde termal model ile yersel ölçmeler arasındaki ilişki yüksek korelasyonudur. Dolayısıyla termal fotogrametrik modeller arazi yüzeyleri için bir sıcaklık verisi olarak kullanılabilir. Aynı zamanda termal sulardaki fiziksel özellikler, sıcaklık

modeli ile olan ilişkisi farklı periyotlarda da benzer şekilde devam etmiştir. Dolayısıyla termal bölgede mevsime bağlı bir sıcaklık değişimi tespit edilmemiştir.

8. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Araştırma projesi içerdiği, fotogrametri, jeodezi, termal kamera teknolojisi ve jeotermal jeolojisinin oluşturduğu disiplin arası çalışmalar birçok açıdan somut sonuçlar ve bilimsel değerlendirmeler ortaya koymaktadır.

Termal kameranın fotogrametrik anlamda ilk değerlendirmesi kamera parametrelerini belirlemek için ortaya konulan kalibrasyon alternatifleri, kalibrasyon test alanlarının geometrik tasarımının ötesinde test alanındaki hedeflerin homojen ısı kaynaklarından oluşmasının önemi ve gereği ortaya çıkmıştır. Termal kameraların düşük çözünürlükte olması hedeflerin yeteri doğrulukta belirlenmesinin önünde ikinci engel olarak ortaya çıkmaktadır. Sonuçta, kamera parametreleri, belirli hatalarla belirlense de, modern fotogrametrik çözümler, çok sayıda otomatik nokta eşlemeye kaynaklı ölçülere dayalı genişletilmiş kolinearite eşitlikleri ile demet dengelemesi ile yapılabildiğinden yüksek doğrulukla iş anında yenilenebilir.

Termal kameraların gerek İHA fotogrametrisinde gerekse yersel fotogrametride kullanımı, yüksek çözünürlüklü dijital kameralarla karşılaştırıldığında nokta bulutu üretimi sayısı gibi demet dengelemesine ait parametrelerde beklediği gibi düşük sayıda olmuştur. Ancak üç boyutlu yüzeyler ortaya çıkarmaya yeterli olmuştur. Üç boyutlu nokta bulutu üzerine sıcaklığa bağlı giydirilmiş model üretimi belli başlı bazı kaba hatalar içerse de özellikle az değişimli düzgün veya yumuşak çizgilerden oluşan yüzeylerde sağlam bir model ortaya koyabilmektedir.

Termal modellerle dijital modeller veya nokta bulutları arasındaki uyum jeomorfolojik analiz açısından önemli perspektifler koymuştur. Kayaların alterasyon özelliklerinin, termal yer altı kaynaklarına bağlı olarak oluştuğu tespit edilmiştir. Fay hattı sınırı boyunca oluşan termal kaynakların kaya ve toprak yapısı üzerinde büyük etkisi olduğu belirlenmiştir.

9. KAYNAKLAR

- Abdel, A., Karar, Y. 1971. "Direct lineer transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close-range photogrammetry". Proceedings of the Symposium on Close-Range Photogrammetry, 1-8.
- Akca, D., 2013. Photogrammetric monitoring of an artificially generated shallow landslide. Photogrammetric Record, 28(142): 178-195.
- Baba, A., Ozcan, H., Deniz, O. 2005. "Environmental impact by spill of geothermal fluids at the geothermal field of Tuzla, Canakkale-Turkey". In Proceedings of the World Geothermal Congress 2005, April 24–29, 2005, Antalya, Turkey, 1-8.
- Baba, A., Deniz, O., Özcan, H., Erees, S. F., Çetiner, S. Z. 2008. "Geochemical and radionuclide profile of Tuzla geothermal field, Turkey", Environmental Monitoring and Assessment, Springer Netherlands, 145, 1-3.
- Baba, A., Yuce, G., Deniz, O. and Ugurluoglu, D. Y. 2009. "Hydrochemical and isotopic composition of Tuzla geothermal field (Canakkale-Turkey) and its environmental impacts", Environmental Forensics, 10, 2, 144-161.
- Berni, J. A. J., Zarco-Tejada P. J., Suárez L., and Fereres E. (2009) Thermal and narrowband multispectral remote sensing for vegetation monitoring from an Unmanned Aerial Vehicle. IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, Vol. 47, No. 3, March 2009.
- Brown, D. C. 1971. Close-range camera calibration. Photogrammetric Engineering, 37(8): 855–866.
- Brown, D. C. 1972. Calibration of close-range cameras. International Archives of Photogrammetry, 19(5): 26 pages.
- Bouguet J. Y. 2010. "Camera Calibration Toolbox for Matlab", Camera Calibration Toolbox for Matlab.
http://www.vision.caltech.edu/bouguetj/calib_doc
Son erişim tarihi: 28 Nisan 2015.
- Clarke, T. A. and Fryer, J. G. 1998. The development of camera calibration methods and models. Photogrammetric Record, 16(91): 51–66.
- Eisenbeiss, H and Sauerbier M, 2011. Investigation of UAV systems and flight modes for photogrammetric applications. Photogrammetric Record, 26(136): 400-421.
- Gevrek, A. I., Sener, M. 1985. "The determination of hydrothermal alteration zones by clay minerals in Canakkale- Tuzla area". 2nd Turkish National Clay Symposium, Hacettepe University, Ankara, Turkey.
- Gevrek, A. I., Sener, M., Ercan, T., 1985. Çanakkale-tuzla jeotermal alanının hidrotermal alterasyon etüdü ve volkanik kayaların petrolojisi, MTA dergisi, Ankara. s, 55-81.

Gianinetto, M., Roncoroni, F., Scaioni, M. 2005. Calibration of close-range thermal imagery for integration into 3D VR models.

Hartmann, W., Tilch, S., Eisenbeiss, H., Schindler K., (2012) Determination of the UAV Position by Automatic Processing of Thermal Images, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XXXIX-B6, 111-116, 2012 www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XXXIX-B6/111/2012/ doi:10.5194/isprsarchives-XXXIX-B6-111-2012.

Hofmann, W. B., Lichtenegger, H., Collins, J., 1997. GPS Theory and Practice (Fourth Revised Edition). Newyork: Springer –Verlag.

International GPS Service (IGS). “IGS Gözlem Ağı Haritası”.
http://igs.cb.jpl.nasa.gov/network/maps/all_eur.html
Son erişim tarihi: 5 Mayıs 2015.

International GPS Service (IGS). “SP3 Formatlı Hassas Efemeris Dosyaları”,
<http://igs.cb.jpl.nasa.gov>
Son erişim tarihi: 5 Mayıs 2015.

James, M.R., Robson, S., Pinkerton, H. and Ball, M., 2006. Oblique photogrammetry with visible and thermal images of active lava flows. Bull Volcanol 69: 105-108.

Kahveci, M., Yıldız, F. 2005. GPS Global Konum Belirleme Sistemi (2. Baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.

Karamanderesi, I. H. 1986. Hydrothermal Alteration in Well Tuzla T-2, Canakkale, Turkey. Report 3: Geothermal Training Programme in Iceland UNU G.T.P., Iceland, 1-23.

Karamanderesi, I. H., 1994. “Tuzla (Ayvacık-Çanakkale) jeotermal sistemi jeolojisi, potansiyeli ve imkanları”. Türkiye 6. Enerji Kongresi, İzmir. 89-103.

Karamanderesi, I. H., Öngür, T., 1974. “The report of gradient wells finished of Tuzla (Canakkale) geothermal field”, MTA report, No: 5524, Ankara.

Lagüela, S., Gonzalez-Jorge, H., Armesto J., Arias, P. (2011). Calibration and verification of thermographic cameras for geometric measurements. Infrared Physics & Technology 54 (2011) 92–99.

Lerma, J.L., Navarro S., Cabrelles M., Segui A.E. 2010. Camera Calibration with baseline distance constraints. Photogrammetric Record, 25(130): 140-158.

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). “Çanakkale ili ve çevresi yıllık yağış raporları”,
<http://www.mgm.gov.tr>
Son erişim tarihi: 5 Mayıs 2015.

Mekik, Ç. 2004. “Bilimsel yazımda biçim ve GİYBİS düzenlemesi”, HKMO Jeodezi, Jeoinformasyon, Arazi Yönetimi Dergisi, 90, 41.

Mutzenberg, S. 1997. "Nature and origin of the thermal springs in the Tuzla area, Western Anatolia, Turkey, Active Tectonic of Northwestern Anatolia- The Marmara Poly-Project (edited by Schindler, C., and Pfister, M.), vdf hochschulverlag AG an der ETH, Zurich, 301-317.

Niethammer, U., James, M.R., Rothmund, S., Travelletti, J., Joswig, M., 2012. UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results. *Engineering Geology* 128(2012) 2-11.

Öngür, T. 1973. "Volcanology and geological report of Canakkale Tuzla geothermal area", MTA report, Ankara (unpublished).

Scripps Orbit and Permanent Array Center (SOPAC). "IGS noktalarına ait gözlem Dosyaları". <http://sopac.ucsd.edu>
Son erişim tarihi: 5 Mayıs 2015.

Soldan, S., Rangel, J., Kroll, A. 2011. An Overview of Calibration Boards for the Geometric Calibration of Thermal Cameras. *Infra R&D*.

Songand, L., Wang, M. 2007. High precision camera calibration in vision measurement. *Opt. Laser Technol.*

Şamilgil, E. 1966. "Hydrogeological report of geothermal energy possibility survey of hot springs of Kestanbol and Tuzla village of Canakkale", MTA report, no: 4274, Ankara.

Şamilgil, E. 1983. "Geothermal fields in Canakkale and Tuzla drills". *Turkish Geological Bulletin*, 4, 147–148.

Şener, M., Gevrek, A. I., 2000. "Distribution and significance of hydrothermal alteration minerals in the Tuzla hydrothermal system, Canakkale, Turkey", *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 96, 215-228.

Şengün, F., Yiğitbaş, E., Tunç, İ. O. 2011. "Geology and tectonic emplacement of eclogite and blueschists, Biga Peninsula, Northwest Turkey", *Turkish Journal of Earth Sciences*, 20, 273-285.

Tang, R., Fritsch, D., Cramer, M. and Schneider, W., 2012. "A flexible mathematical method for camera calibration in digital aerial photogrammetry", *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 78, 10, 1069–1077.

Teunissen, P. J. G., Kleusberg, A. 1998. *GPS for Geodesy*, 2. Edition, Springer, Verlag, Berlin.

Vidas, S., Lakemond, R., Denman, S., Fookes, C., Sridharan, S., and Wark, T. 2012. "A mask-based approach for the geometric calibration of thermal-infrared cameras", *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 61, 6.

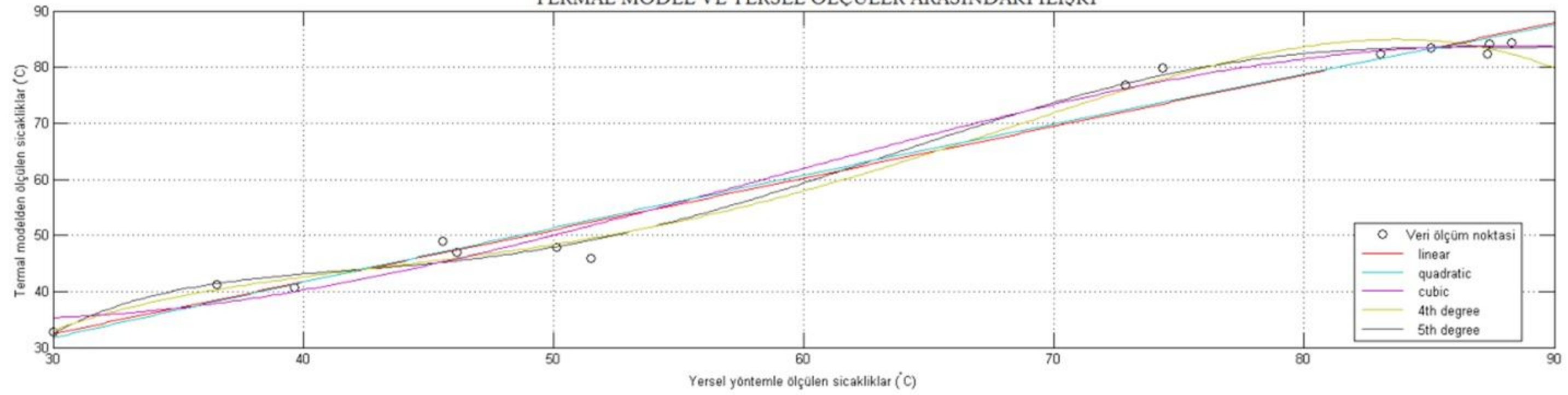
Vidas, S., Moghadam, P., Bosse, M. 2013. "3D thermal mapping of building interiors using an RGB-D and thermal camera". *Robotics and Automation*, 2311-2318.

Yang, W. Y. 2011. "Geometric calibration of IR camera using trinocular vision". *Lightwave Technology*, 29, 24, 3797-3803.

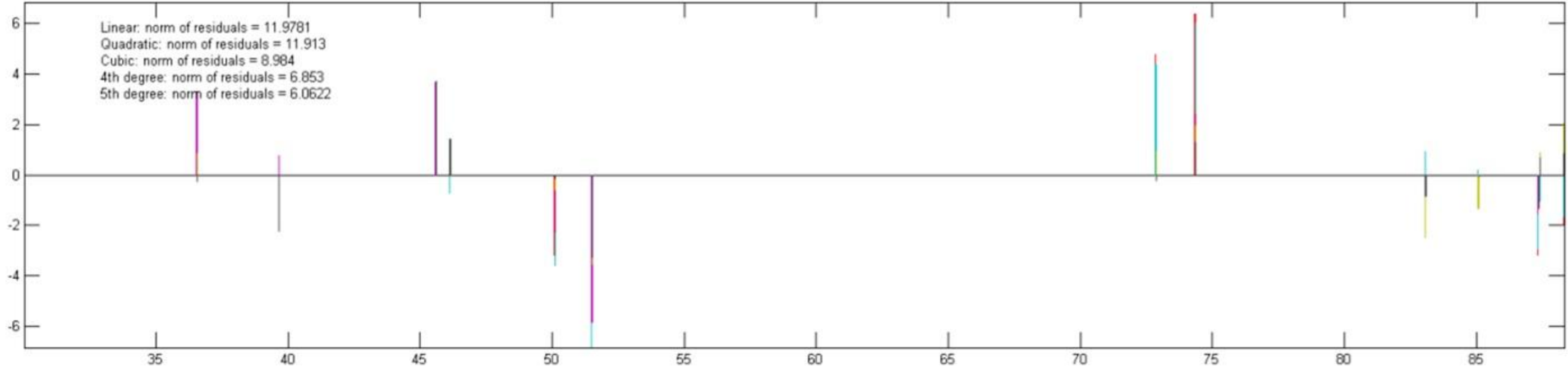
Yang, X., Huang, Y., Gao, F. 2010. "A simple camera calibration method based on sub-pixel corner extraction of the chess board image". *IEEE Int. Conf. ICIS*, Xiamen, 688-692.

Ziemann, H. 1986. "Thoughts on a standard algorithm for camera calibration", *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, 26, 5, 85–93.

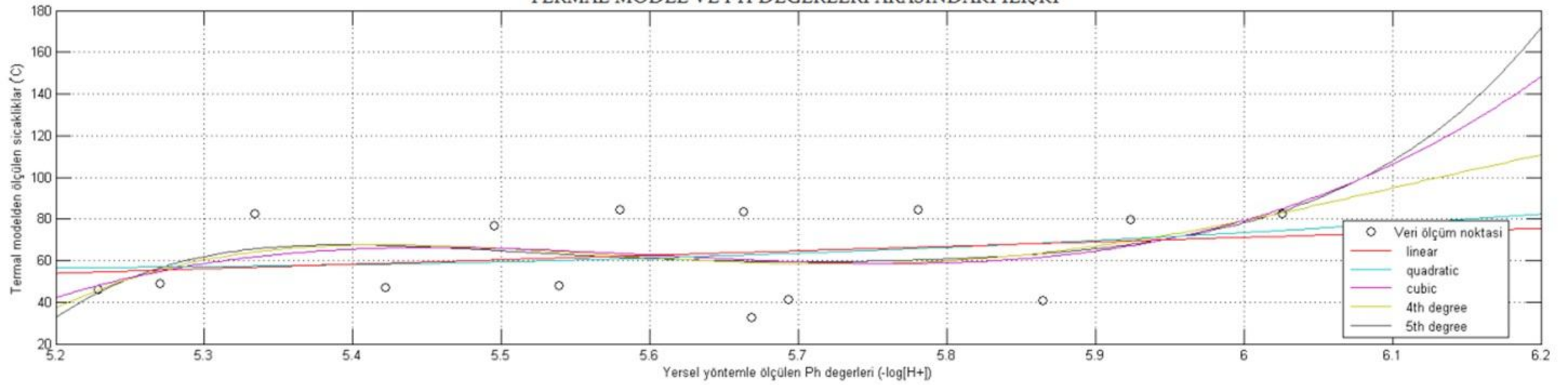
TERMAL MODEL VE YERSEL ÖLÇÜLER ARASINDAKİ İLİŞKİ



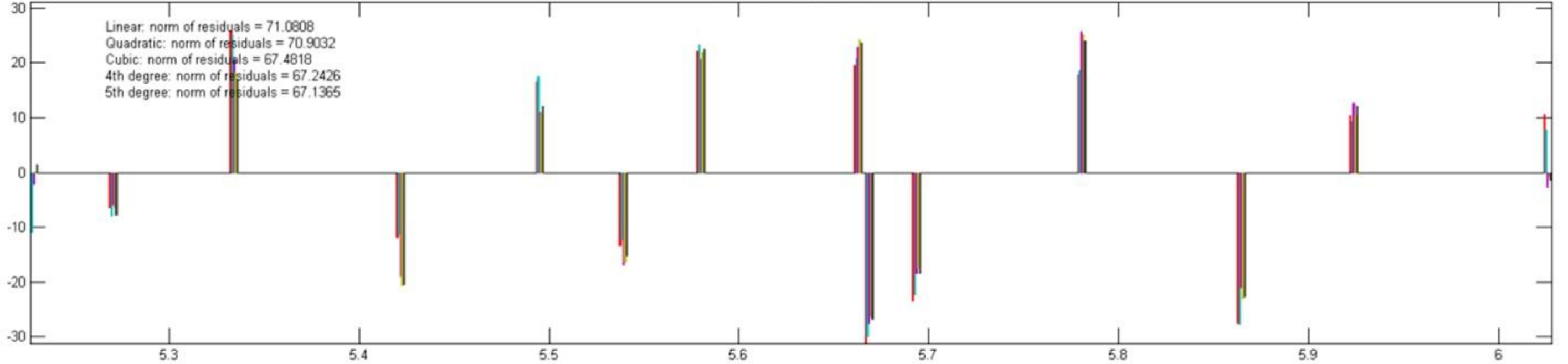
DÜZELTMELER



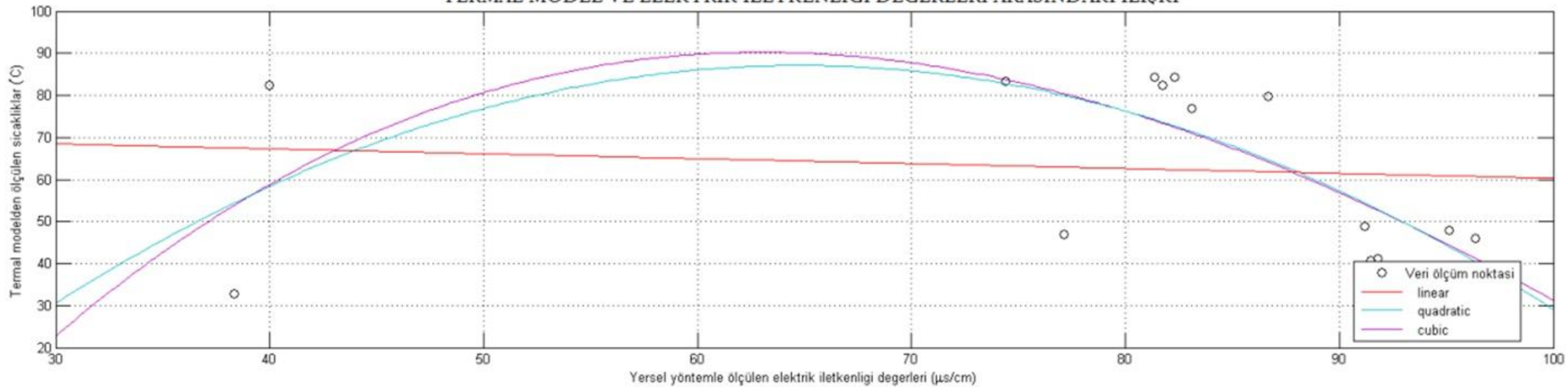
TERMAL MODEL VE PH DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



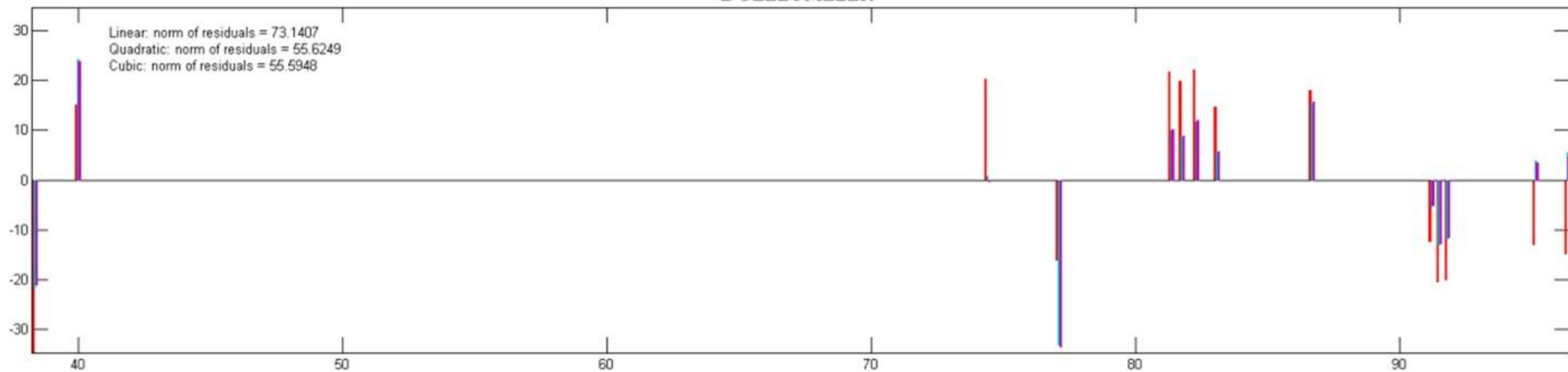
DÜZELTMELER



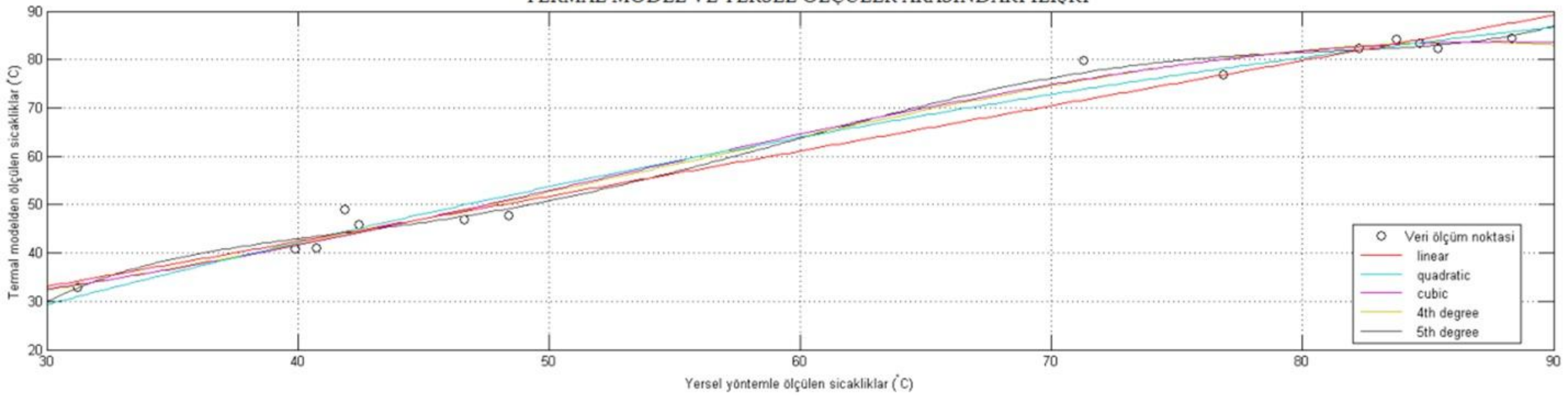
TERMAL MODEL VE ELEKTRİK İLETKENLİĞİ DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



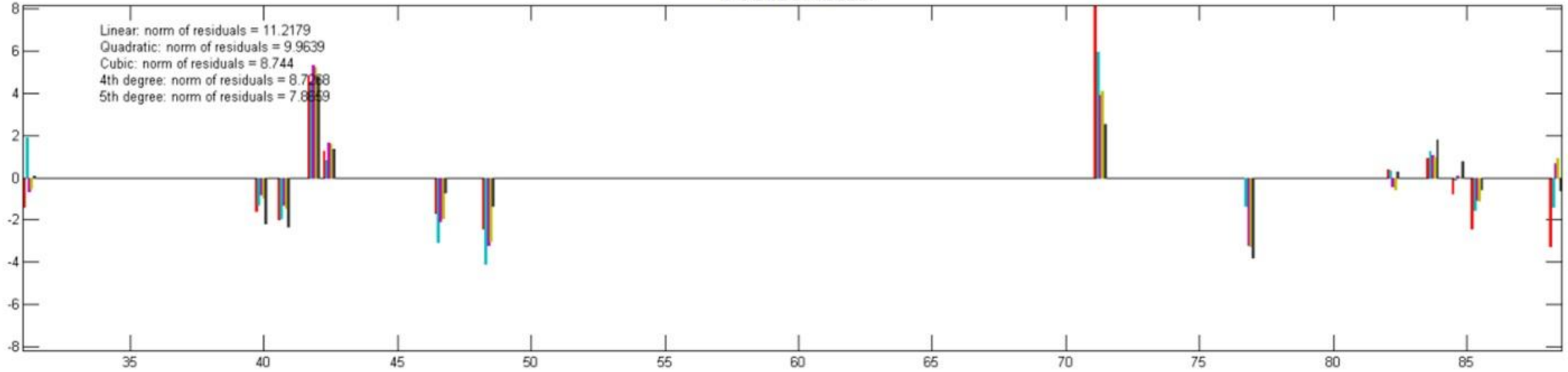
DÜZELTMELER



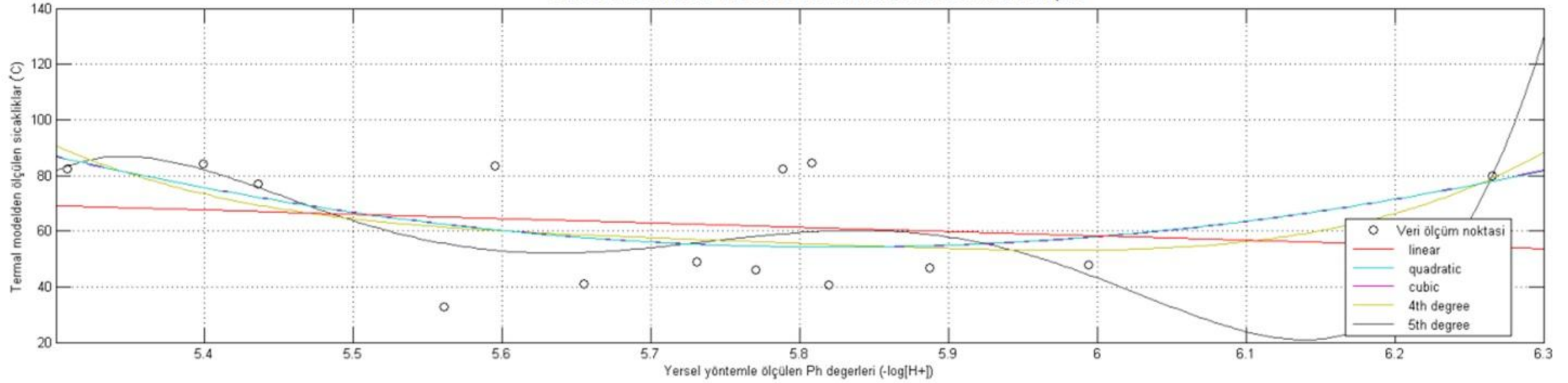
TERMAL MODEL VE YERSEL ÖLÇÜLER ARASINDAKİ İLİŞKİ



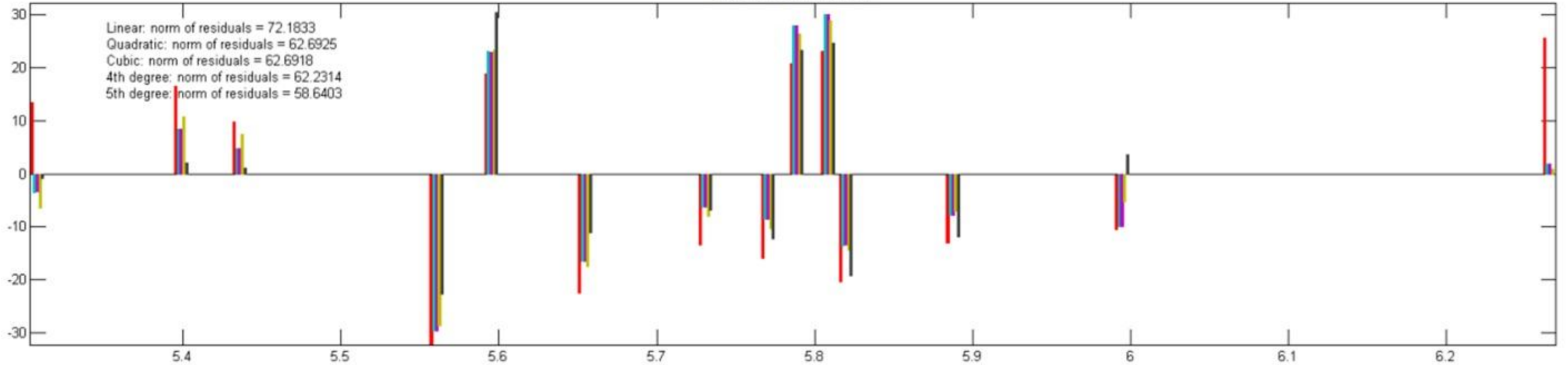
DÜZELTMELER



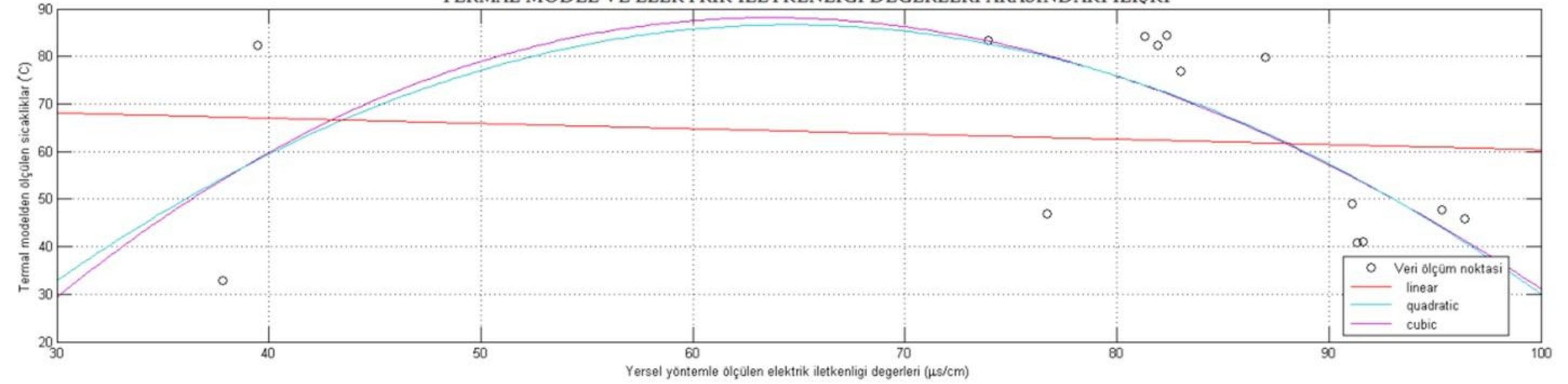
TERMAL MODEL VE PH DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



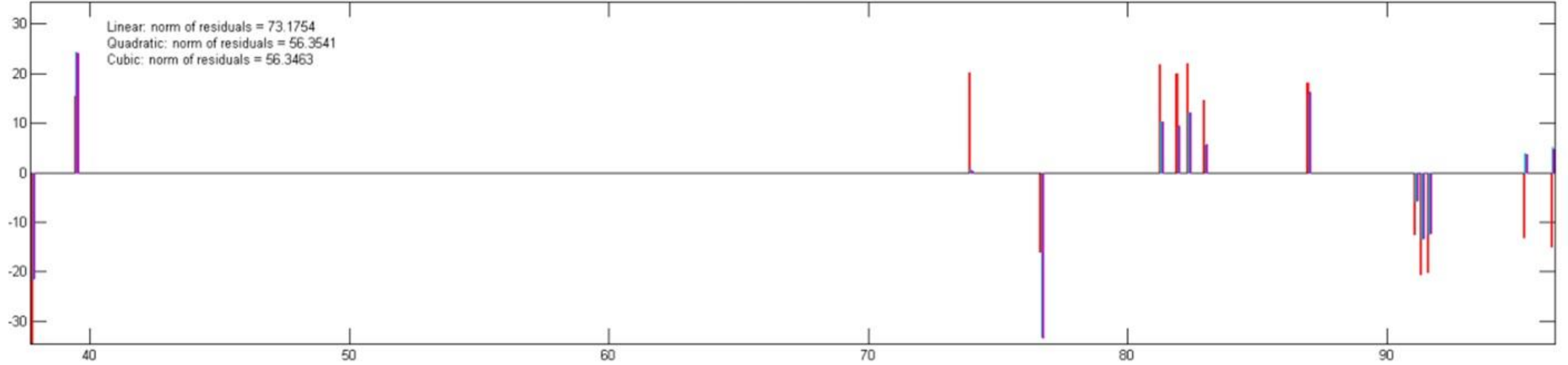
DÜZELTMELER



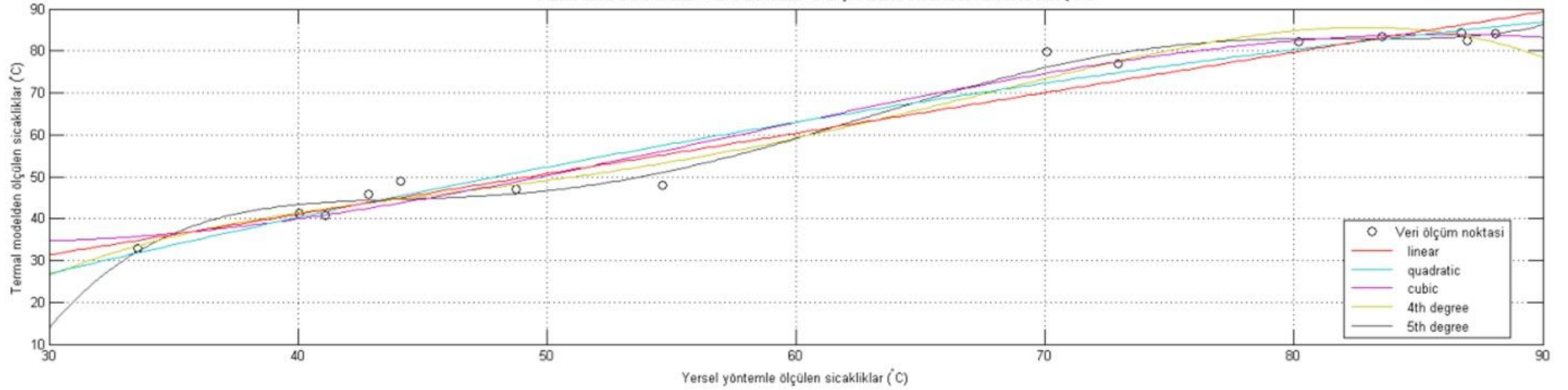
TERMAL MODEL VE ELEKTRİK İLETKENLİĞİ DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



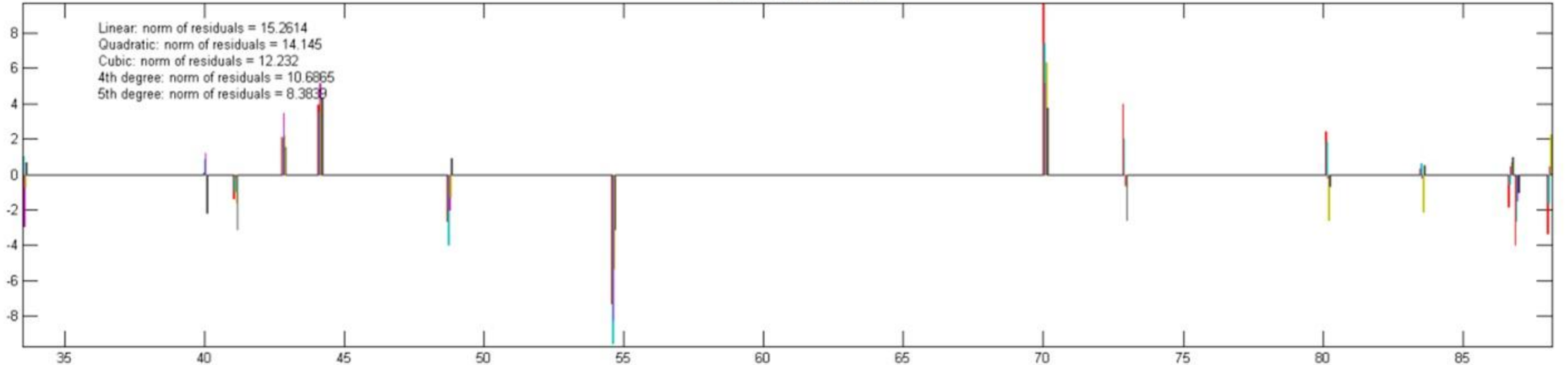
DÜZELTMELER



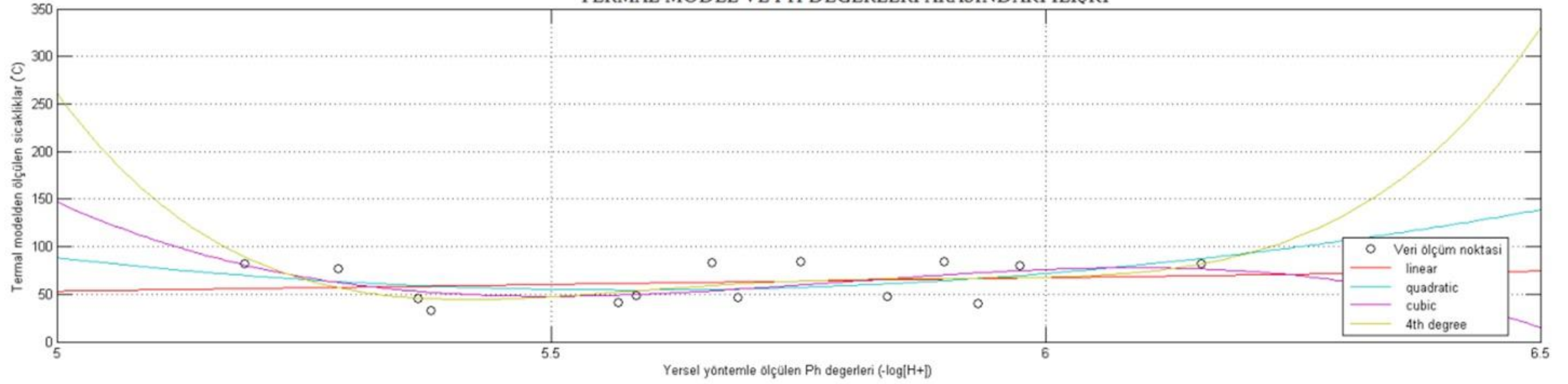
TERMAL MODEL VE YERSEL ÖLÇÜLER ARASINDAKİ İLİŞKİ



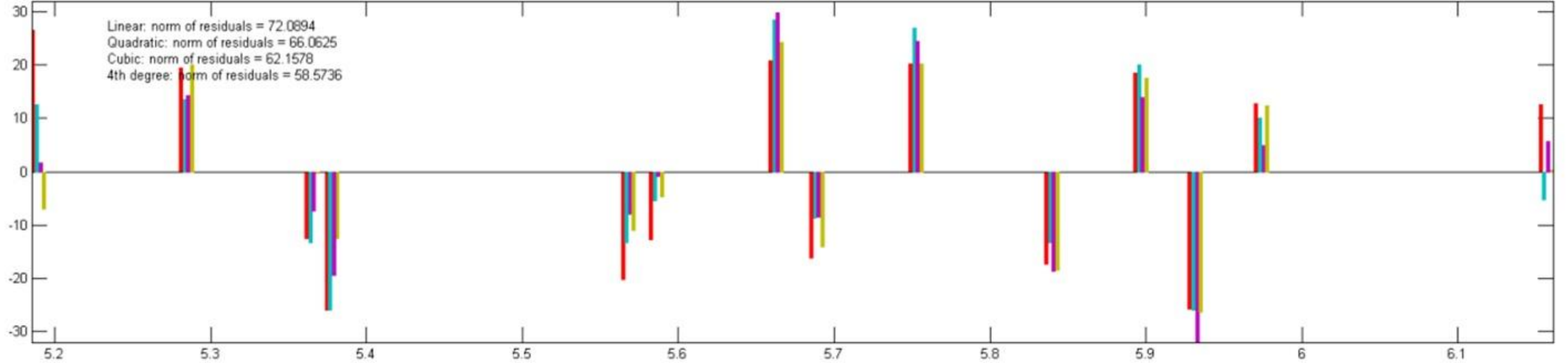
DÜZELTMELER



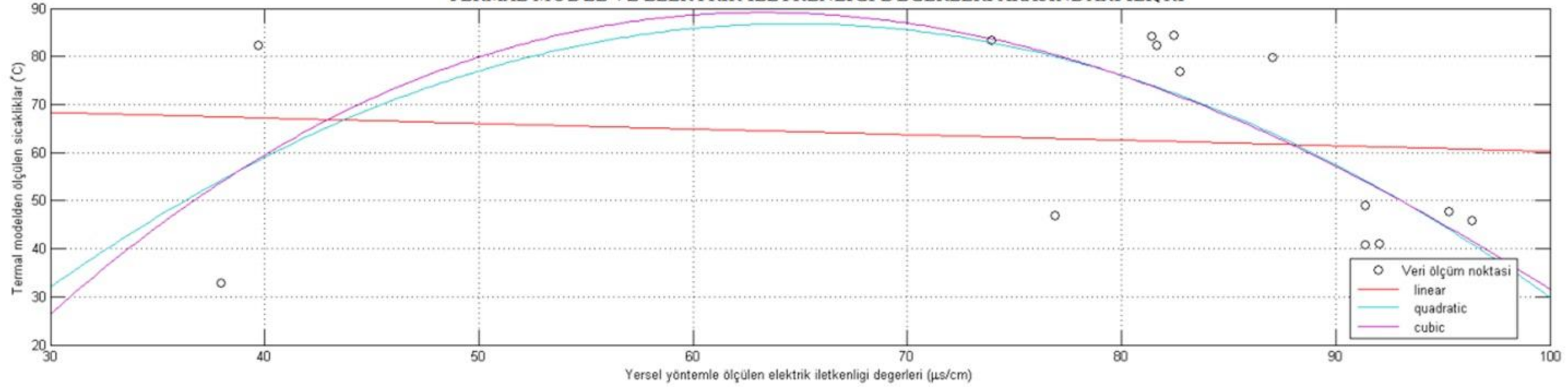
TERMAL MODEL VE PH DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



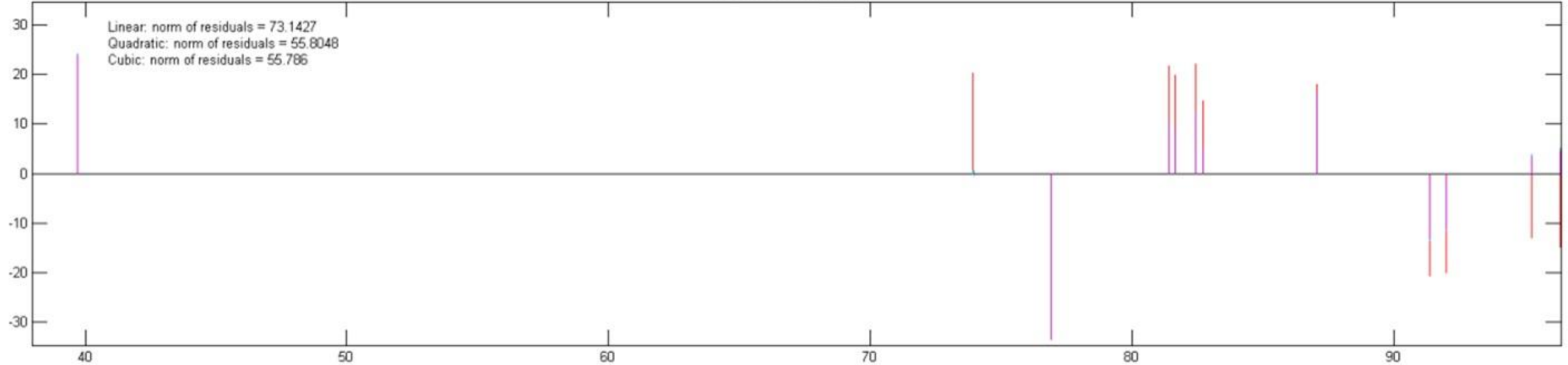
DÜZELTMELER



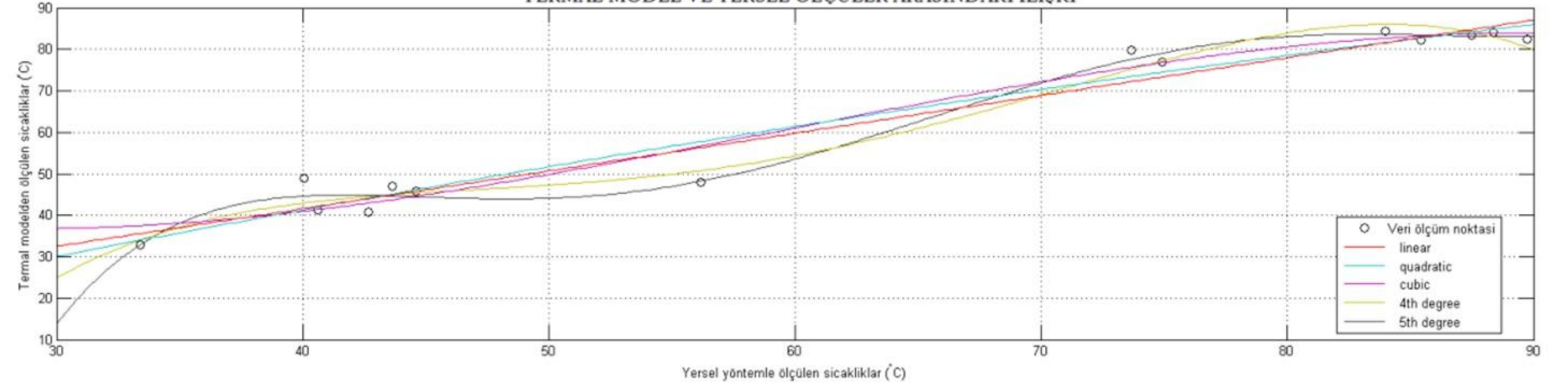
TERMAL MODEL VE ELEKTRİK İLETKENLİĞİ DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



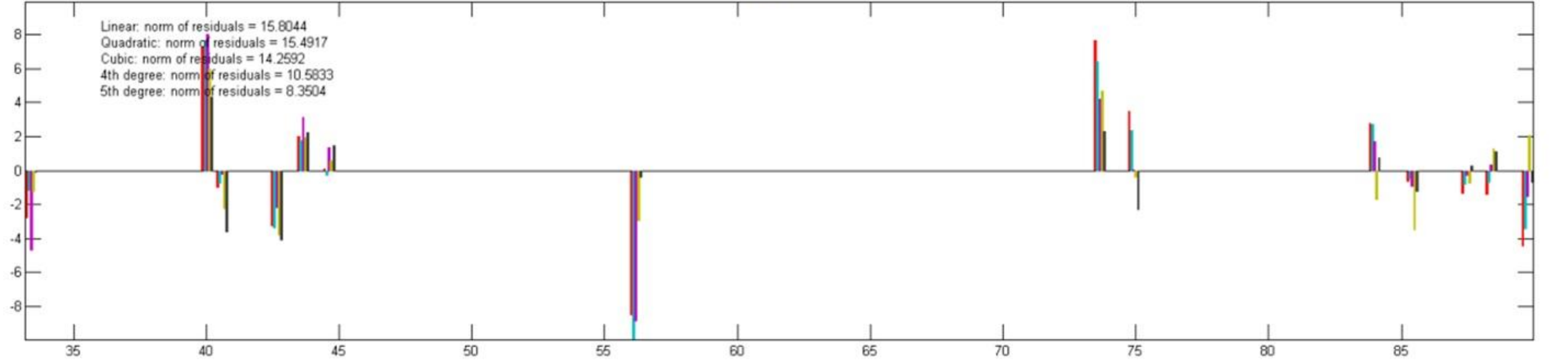
DÜZELTMELER



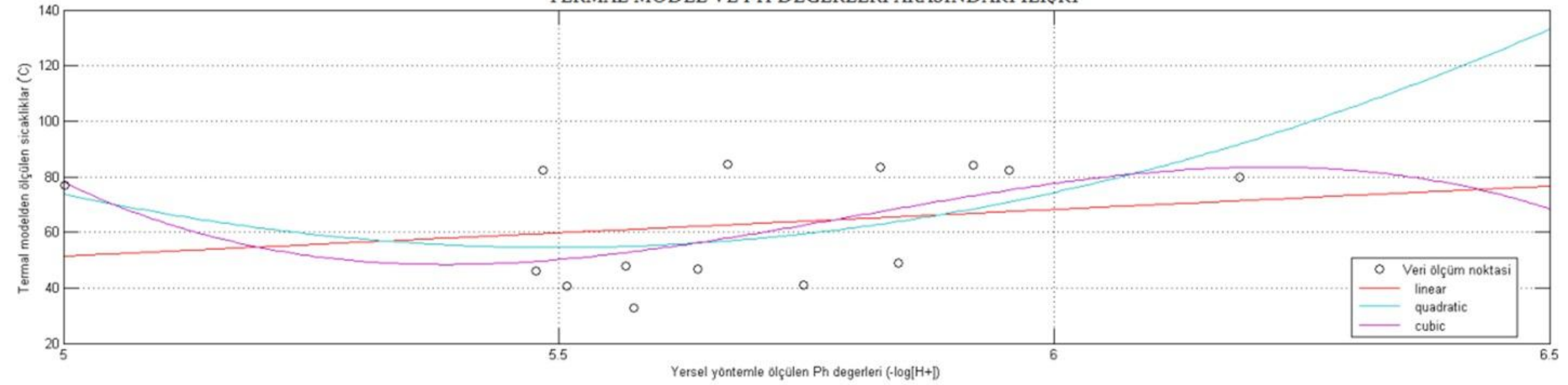
TERMAL MODEL VE YERSEL ÖLÇÜLER ARASINDAKİ İLİŞKİ



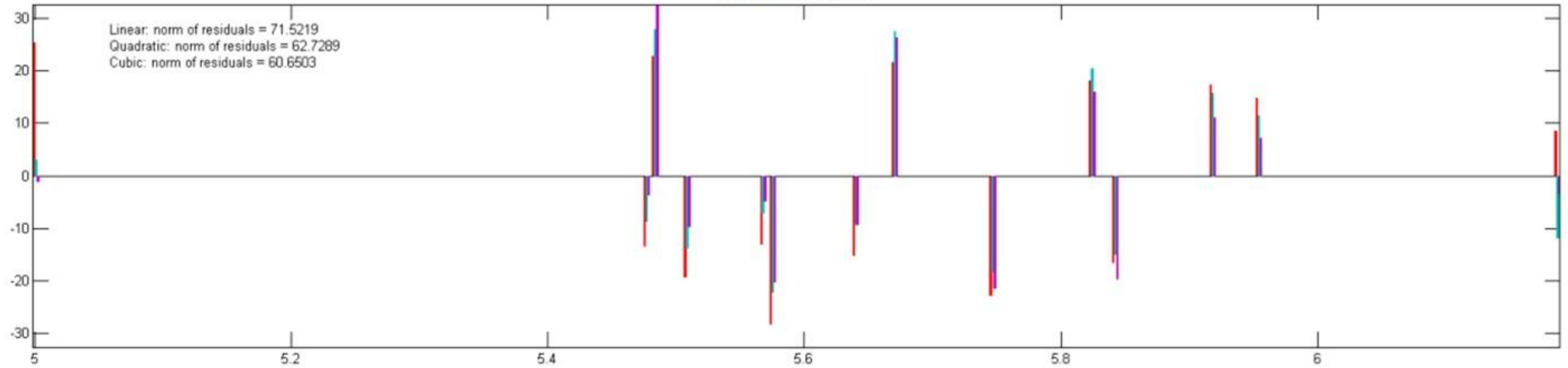
DÜZELTMELER



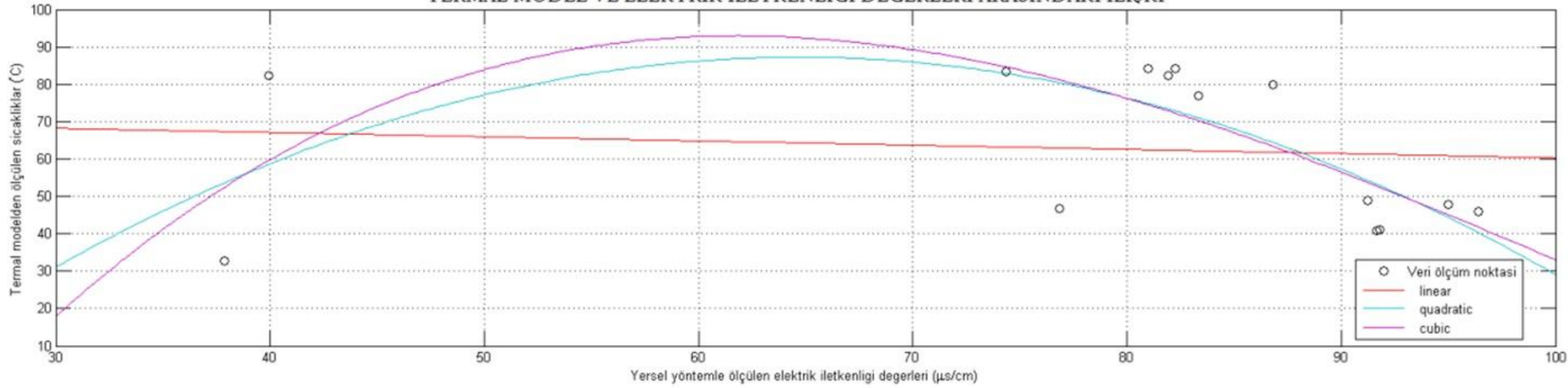
TERMAL MODEL VE PH DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



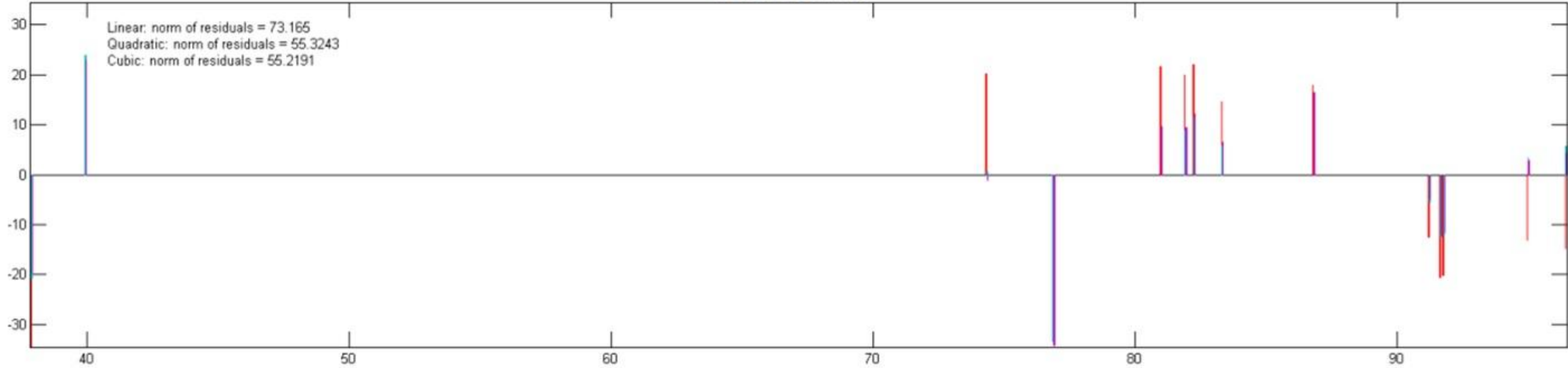
DÜZELTMELER



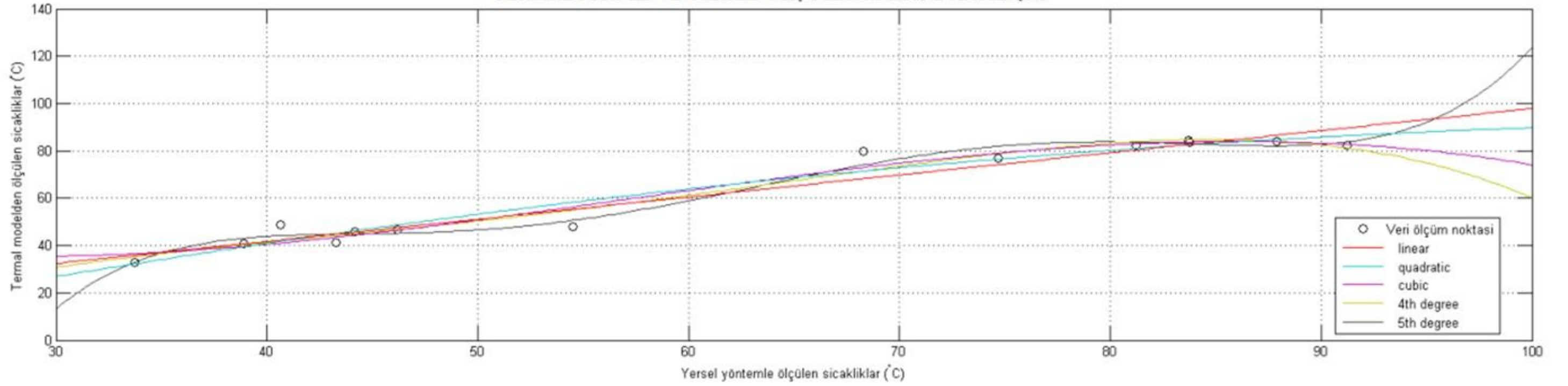
TERMAL MODEL VE ELEKTRİK İLETKENLİĞİ DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



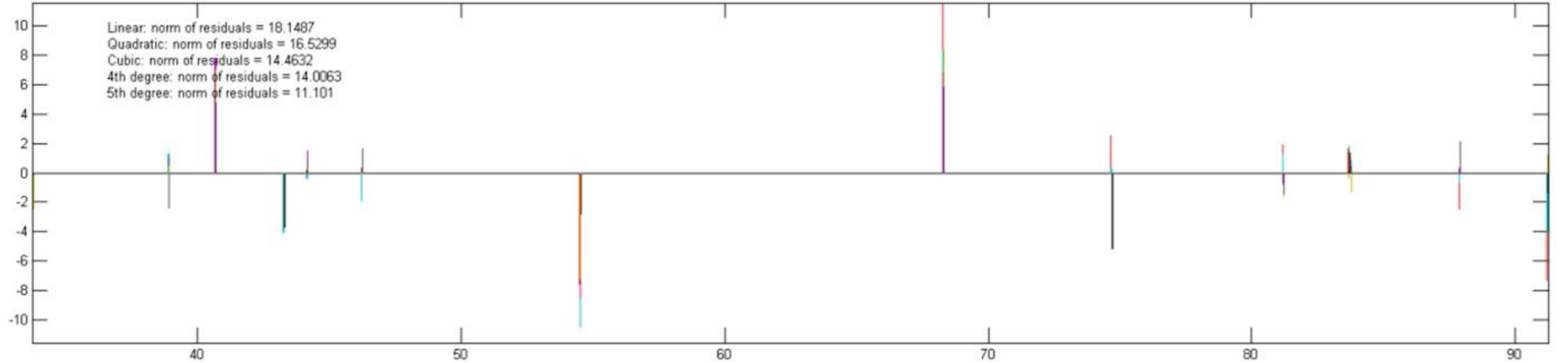
DÜZELTMELER



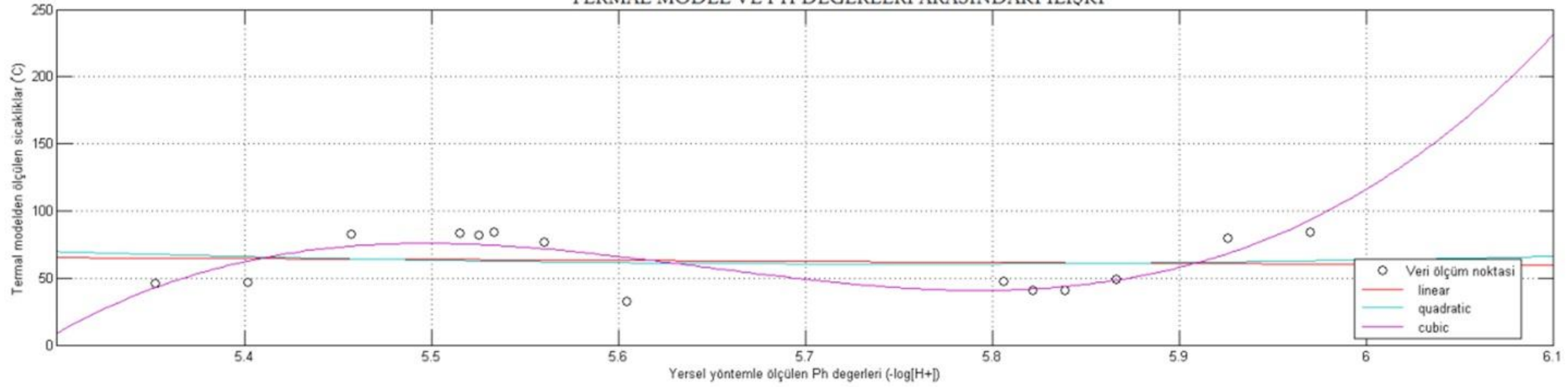
TERMAL MODEL VE YERSEL ÖLÇÜLER ARASINDAKİ İLİŞKİ



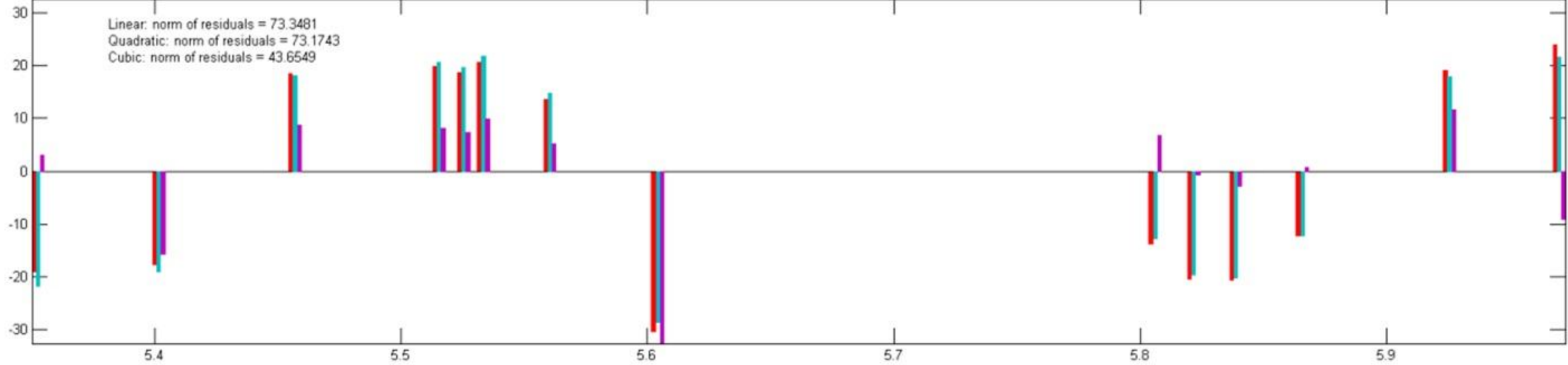
DÜZELTMELER



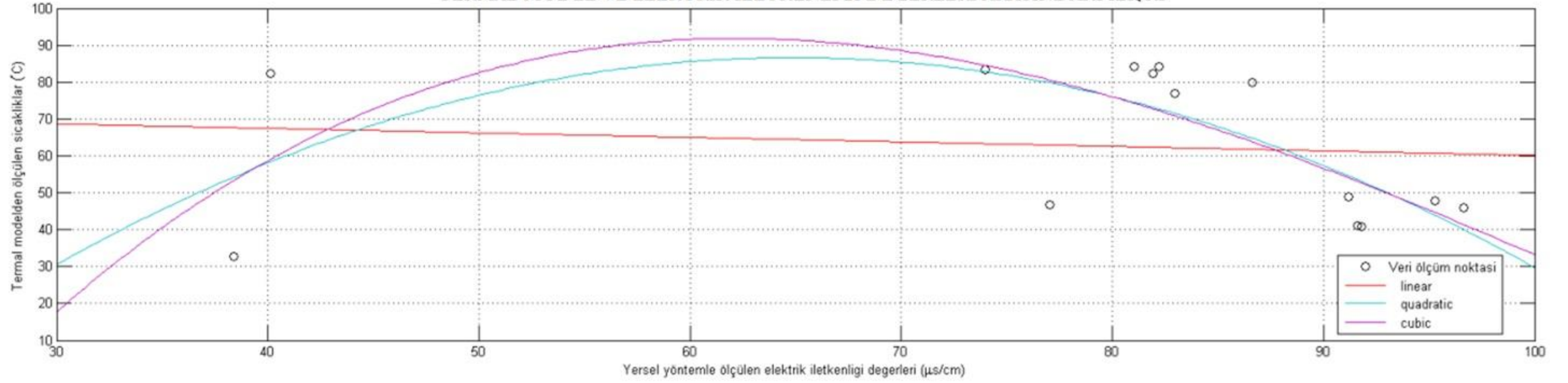
TERMAL MODEL VE PH DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



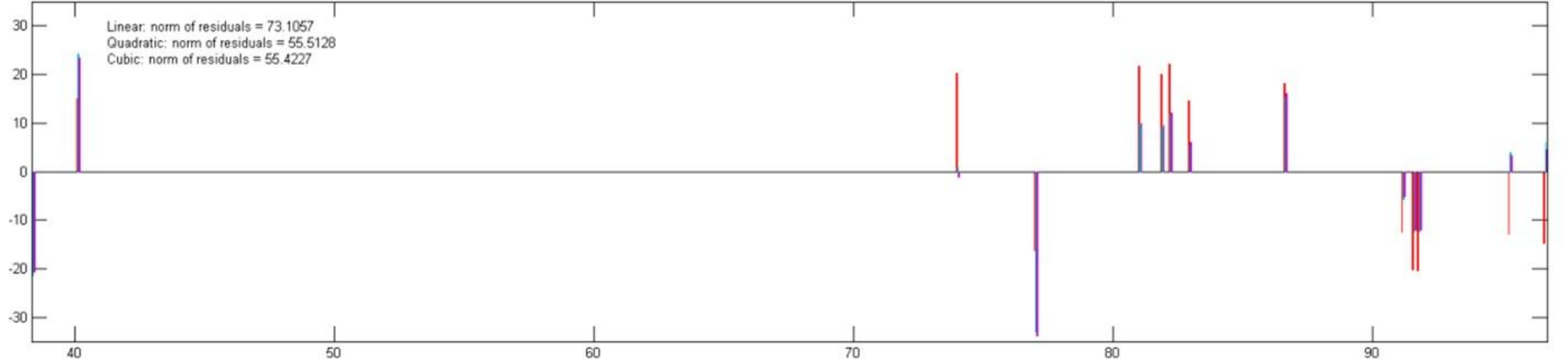
DÜZELTMELER



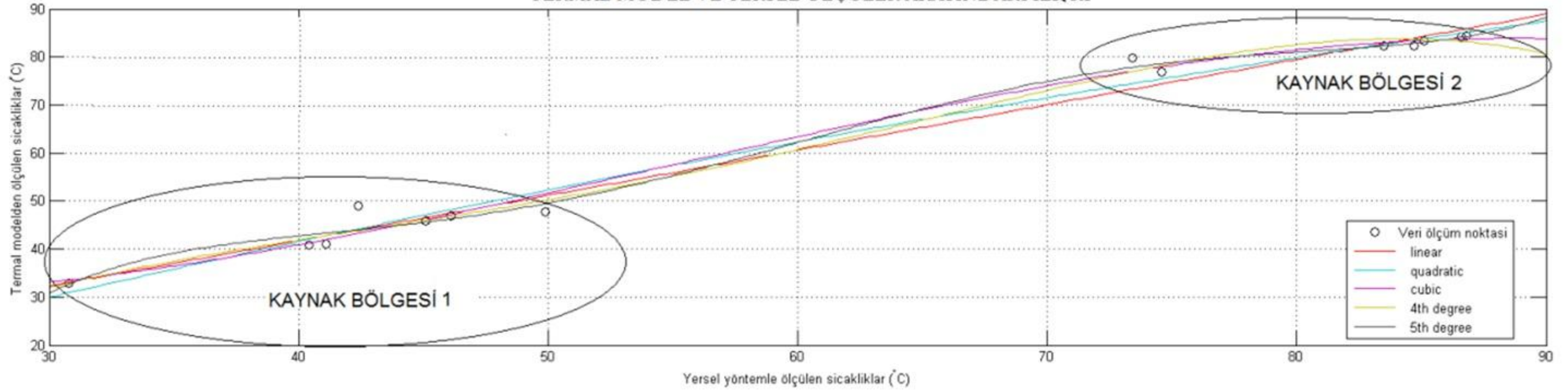
TERMAL MODEL VE ELEKTRİK İLETKENLİĞİ DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



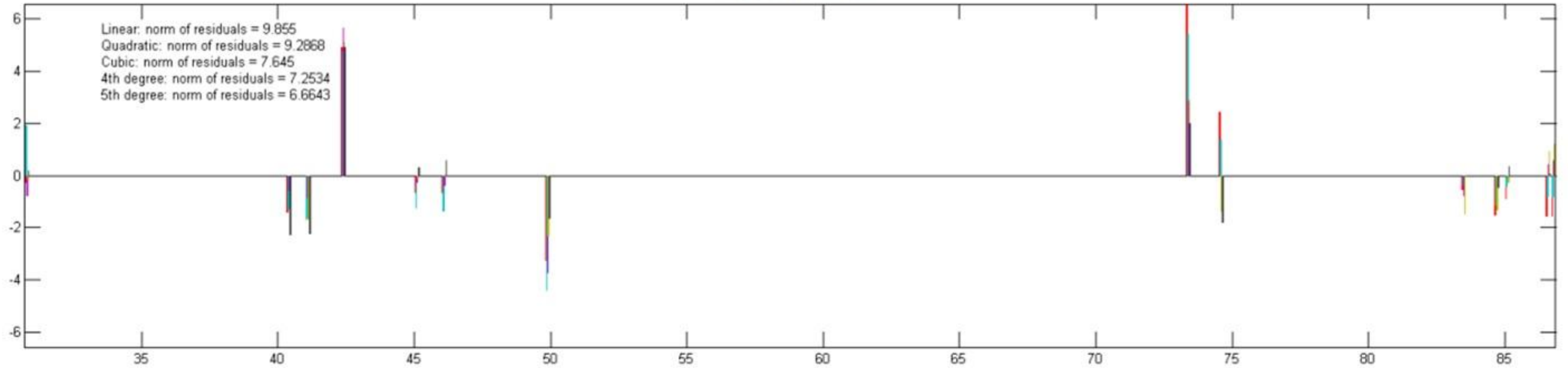
DÜZELTMELER



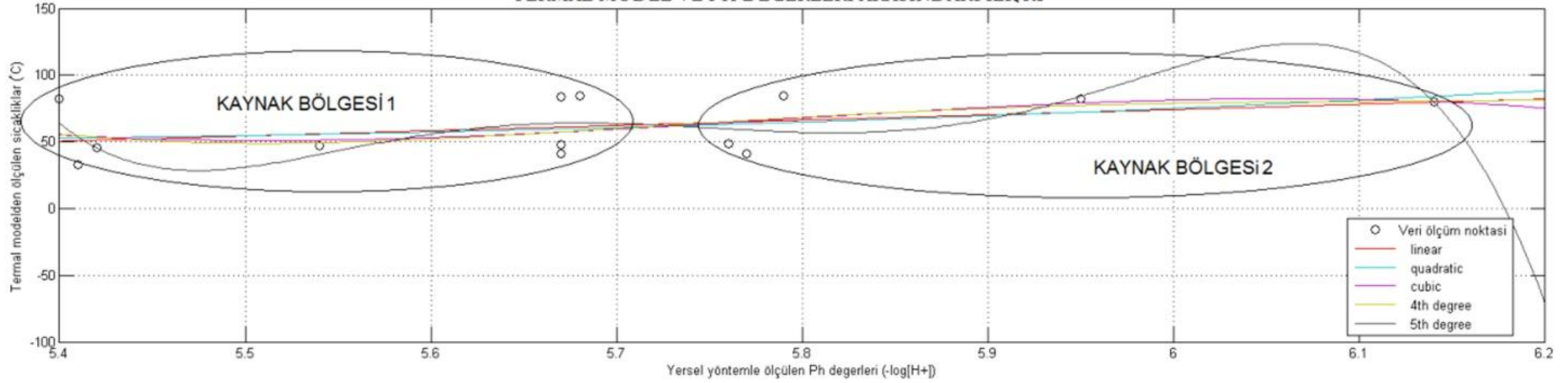
TERMAL MODEL VE YERSEL ÖLÇÜLER ARASINDAKİ İLİŞKİ



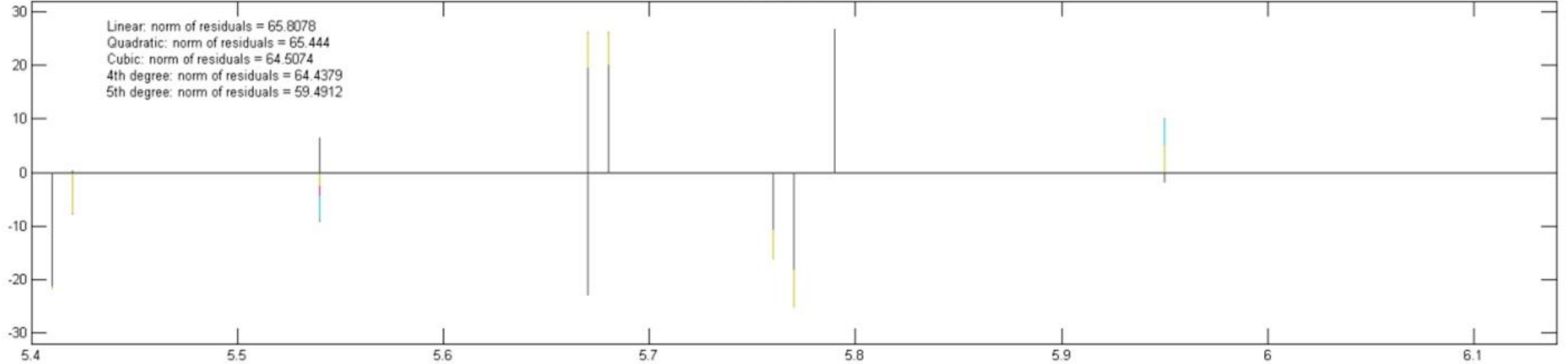
DÜZELTMELER



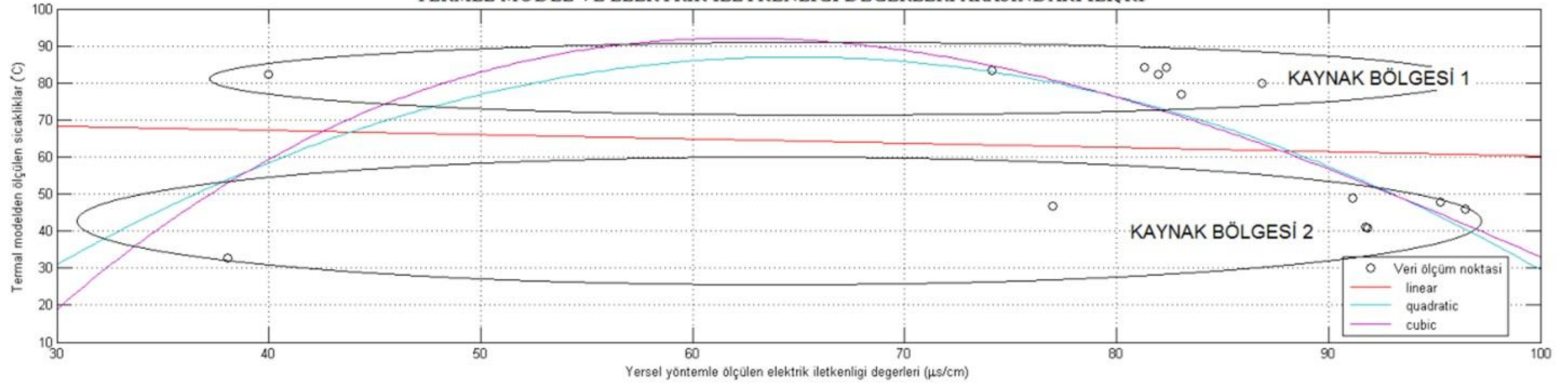
TERMAL MODEL VE PH DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



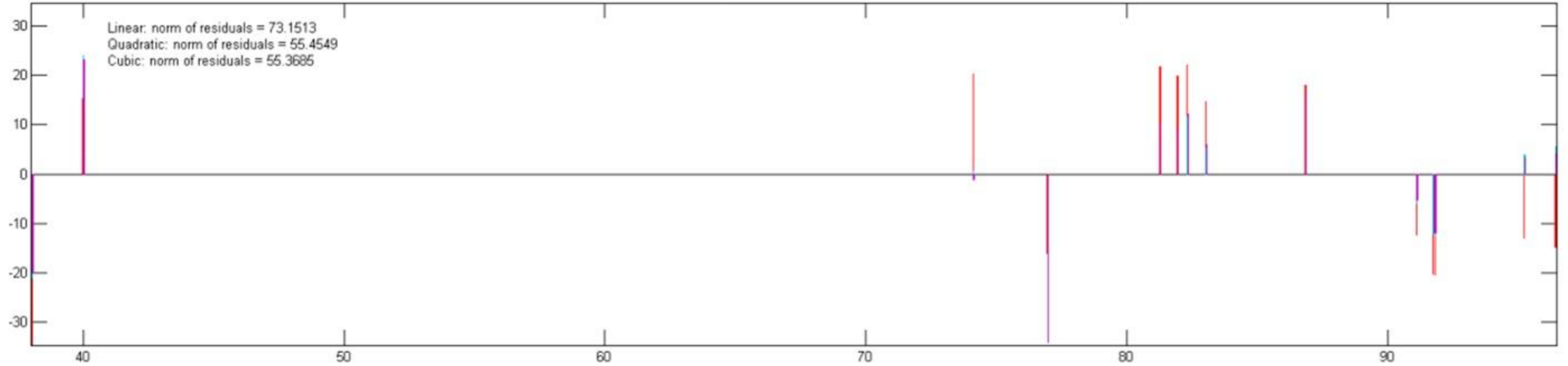
DÜZELTMELER



TERMEL MODEL VE ELEKTRİK İLETKENLİĞİ DEĞERLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİ



DÜZELTMELER



TÜBİTAK
PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

Proje Yürütücüsü:	Yrd. Doç. Dr. ÖZGÜN AKÇAY
Proje No:	114Y005
Proje Başlığı:	İha Destekli Dijital Ve Termal Kamera Görüntülerine Dayali Jeotermal Analiz Yöntemleri
Proje Türü:	3001 - Başlangıç AR-GE
Proje Süresi:	12
Araştırmacılar:	FERRUH YILMAZTÜRK, RAMAZAN CÜNEYT ERENOĞLU, ZEKİ KARACA
Danışmanlar:	
Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:	ÇANAKKALE ONSEKİZ MART Ü. MÜHENDİSLİK MİMARLIK F. GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ B.
Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri:	15/05/2014 - 15/05/2015
Onaylanan Bütçe:	71116.0
Harcanan Bütçe:	55192.88
Öz:	Projenin amacı Çanakkale Tuzla jeotermal gölü ve çevresindeki jeotermal alanların yersel sıcaklık ölçmeleri ve İnsansız Hava Aracı (İHA) destekli termal kamera görüntüleri ile analizidir. Bu proje sonunda jeotermal alanın üç boyutlu modeli ve sıcaklık haritası ortaya konulmuştur. Fotogrametrik çalışmaları yanı sıra arazide tesis edilen ve hassas olarak ölçülen jeodezik kontrol noktaları, yersel sıcaklık ölçmeleri, hidrotermal alterasyonların gözlenmesi tamamlayıcı yersel çalışmalardır. Jeotermal alanlarındaki fizibilite çalışmalarında jeolojik bilgilerin yanı sıra, görüntüye dayalı yöntemlerle kaya sınıflandırılması ve alterasyonlar etkin olarak belirlenmiştir.
Anahtar Kelimeler:	Fotogrametri, Jeotermal, Termal Görüntü, İnsansız Hava Aracı, Kalibrasyon
Fikri Ürün Bildirim Formu Sunuldu Mu?:	Hayır
Projeden Yapılan Yayınlar:	1- Thermal 3D Modeling of Geothermal Area Using Terrestrial Photogrammetry (Bildiri - Uluslararası Bildiri - Sözlü Sunum),