

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ÜLKEMİZDE ORMAN ALANLARI İÇİN
HARİTA PROJESİYONU SEÇİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Müh. Adem KURTİPEK

**HAZİRAN 2017
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce

Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : / /

Tezin Savunma Tarihi : / /

Tez Danışmanı :

Trabzon

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun / / gün ve sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda
YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan :

Üye :

Üye :

Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ

Enstitü Müdürü

ÖNSÖZ

"ÜLKEMİZDE ORMAN ALANLARI İÇİN HARİTA PROJEKSİYONU SEÇİMİ" başlıklı bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmamın fikir aşamasından sonuçlanmasına kadar her aşamada değerli zamanını bana ayıran, karşılaştığım her sorunda bana yardımcı olan, sabırla bu çalışma boyunca benimle yürüyen ve asla yalnız bırakmayan, bilgilerini, görüşlerini ve yapıcı eleştirilerini benimle paylaşan, kıymetli tez danışmanım Doç. Dr. Faruk YILDIRIM'a teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince beni destekleyen, sabrını ve anlayışını esirgemeyerek bana yardımcı olan eşime ve bugünlere gelmemde her türlü fedakarlığı gösteren aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Adem KURTİPEK

Trabzon 2017

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “ÜLKEMİZDE ORMAN ALANLARI İÇİN HARİTA PROJEKSİYONU SEÇİMİ” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Faruk YILDIRIM’ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 16/06/2017

Adem KURTIPEK

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.1.1. Problemin Tanımı.....	2
1.1.2. Tezin Amacı.....	3
1.1.3. Metodoloji.....	4
1.2. Orman Genel Müdürlüğü Faaliyetleri.....	5
1.2.1. Haritacılık Faaliyetleri.....	5
1.2.2. Kurumda CBS Faaliyetleri.....	6
1.2.2.1. Parsel Alanları (Yüzölçümü) Gerektiren Uygulamalar.....	7
1.2.3. Mühendislik Uygulamaları Kaynaklı Yer Deformasyonları.....	8
1.3. Alan Hesabı.....	9
1.4. Projeksiyon ve Tasvir Yöntemleri.....	9
1.4.1. Deformasyonlarına Göre Projeksiyon Çeşitleri.....	10
1.4.2. Ülkemizde Kullanılan Projeksiyonlar.....	11
1.4.2.1. 3 Derecelik UTM.....	13
1.4.2.2. 6 Derecelik UTM.....	13
1.4.3. Alan Koruyan Projeksiyonlar.....	14
1.4.3.1. Albers Alan Koruyan Konik Projeksiyon.....	14
1.4.3.2. Alan Koruyan Silindirik Projeksiyon.....	15
1.4.3.3. Behrmann Alan Koruyan Silindirik Projeksiyon.....	15
1.4.3.4. Bonne Alan Koruyan Projeksiyon.....	16
1.4.3.5. Lambert Azimutal Alan Koruyan Konik Projeksiyon.....	16
1.4.3.6. Sinusoidal Alan Koruyan Projeksiyon.....	18

2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR	20
2.1.	Uygulama Parsellerinin Seçimi ve Gösterimi	21
2.2.	Kullanılan Alan Hesabı Yöntemleri, Karşılaştırılması ve Seçimi	23
2.2.1.	Alan Hesabı İçin Kesin Alan Değerlerinin Belirlenmesi	23
2.2.1.1.	Kimerling Yöntemi	24
2.2.1.2.	Gillissen Yöntemi	26
2.2.1.3.	Danielsen Yöntemi	29
2.3.	ArcGIS Yazılımında Projeksiyonların Seçimi	33
2.3.1.	Konform Projeksiyonlar (3 ve 6 Derecelik UTM)	34
2.3.2.	Alan Koruyan Projeksiyonlar	34
2.4.	Projeksiyonlardan Hesaplanan Alan Değerleri	35
2.5.	Projeksiyon Alan Değerleri ile Gillissen Alan Değerleri Karşılaştırılması	42
3.	BULGULAR VE İRDELEMELER	50
3.1.	Yöntemlerin Karşılaştırılması	50
3.1.1.	Alan Koruyan Projeksiyonların İrdelenmesi	51
3.1.2.	Konform Projeksiyonların İrdelenmesi	57
3.1.3.	Alan Büyüklüklerine Göre Projeksiyon Seçimi	59
3.1.4.	Konform Projeksiyonlarda Alan Deformasyonu Büyüklüğü	62
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	64
5.	KAYNAKLAR	67
6.	EKLER	69
	ÖZGEÇMİŞ	

ÜLKEMİZDE ORMAN ALANLARI İÇİN
HARİTA PROJEKSİYONU SEÇİMİ

Adem KURTİPEK

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Doç. Dr. Faruk YILDIRIM
2017, 67 Sayfa, 5 Sayfa Ek

Yeryüzünün harita düzlemine aktarılmasında, yeryüzünü tam anlamıyla temsil eden bir geometrik şeklin bulunmaması nedeniyle, küre ve elipsoid gibi geometrik yüzeyler referans yüzeyi olarak kabul edilir. Bu nedenle yeryüzünün açı, doğrultu ve alan özelliklerinin tamamının korunması ve deformasyona uğramadan harita düzlemine aktarılması mümkün değildir. Dolayısıyla yapılacak çalışmalarda açı, doğrultu ve alan özelliklerinden çalışmanın amacına uygun olan özelliklerin korunarak haritaların oluşturulması yoluna gidilir.

Ülkemizde, alan deformasyonunu korumayan konform projeksiyonlar tercih edilmektedir. Projeksiyon koordinatlarıyla hesaplanan alan değerleri kesin alan değerleri değildir ve indirgeme getirilmesi gerekir. Gerçek alanlar coğrafi koordinatlar ile elipsoid yüzeyinde hesaplanmalıdır.

Tez kapsamında, Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları dahilinde ve 300-3000 hektar aralığındaki orman parsellerinin alanları; konform UTM(3° ve 6°) ve ArcGIS 10.3 yazılımındaki altı farklı alan koruyan projeksiyon ile hesaplanarak sadece projeksiyon seçiminden kaynaklanan deformasyonlar irdelenmiştir.

Sonuç olarak, çalışma alanındaki 3000 hektara kadar olan 25 adet orman parselinin tamamında Gillissen yöntemiyle hesaplanan gerçek alan değerleri ile Lambert azimutal alan koruyan konik projeksiyonla hesaplanan alan değerleri arasındaki farkların 50 m²'nin altında olduğu, %96 oranında 30 m²'nin altında olduğu, bunlardan 6 tanesinin de m² doğruluğunda kullanılabilir olduğu gözlenmiştir. Batı-Doğu yönünde çok fazla boylamda yer alan ve merkez boylamdan uzaklaşmanın alan deformasyonu açısından etkisi ve önemi bulunmayan Lambert Azimutal alan koruyan konik projeksiyon ülkemizde orman alanlarında harita projeksiyonu olarak kullanılabilir. Bu tarz büyük alanları ilgilendiren uygulamalarda, sonucu doğrudan etkileyen koordinat verisinin günümüz teknolojisinin imkanlarının en iyi şekilde kullanılarak yüksek doğruluk ve hassasiyet seviyesinde elde edilmesine özen gösterilmelidir.

Anahtar Kelimeler: UTM, DUTM, Alan deformasyonu, Alan koruyan projeksiyon, Orman

Master Thesis

SUMMARY

MAP PROJECTION SELECTION FOR COUNTRY FOREST AREAS

Adem KURTIPEK

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geomatics Engineering Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Faruk YILDIRIM
2017, 67 Pages, 5 Pages Appendix

In transferring from earth to the map plane, because of the lack of a geometric figure that properly represents the earth, geometric surfaces such as sphere and ellipsoid are considered as reference surfaces. Therefore, it is not possible to protect entirely the angle, direction and area features of the earth and transfer it to the map plane without distortion. Thus, in studies appropriate angle, direction and area features for the purpose of study are preserved in order to create maps.

Conformal projections that are not very suitable for the area calculations are preferred in our country. Areas calculated by projection coordinates are not exact areas and must be reduced. Actual areas should be calculated on the ellipsoid surface with geographical coordinates.

Within the scope of the thesis, forest parcel areas within the boundaries of Kütahya Forestry Regional Directorate and in the range of 300-3000 hectares; by calculating with conform UTM (3° and 6°) and six different equal-area projections in ArcGIS 10.3 software, only the deformations caused by the projection selection are examined.

As a result, it was determined that the differences between the actual areas calculated by the Gillissen method and areas calculated by the Lambert azimuthal equal-area conic projection are less than 50 m² in all 25 forest parcels up to 3000 hectares in the study area, 96% less than 30 m², 6 of them can be used in m² accuracy. Located in too much longitude in the West-East direction and Lambert azimuthal equal-area projection which has no effect and no precaution in terms of field deformation of getting away from center longitude, can be used as a map projection in forest areas in our country. In applications that deal with such large areas, coordinate data that directly affecting the end result care should be taken to achieve high levels of accuracy and precision using the facilities of today's technology in the best possible way.

Key Words: UTM, Area Distortion, Equal-Area Projection, Forest

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. OGM orman kadastro bilgi sistemi (KADBİS).....	6
Şekil 2. Biyolojik çeşitlilik ve odun dışı orman ürünleri (BİYOD) veritabanı	7
Şekil 3. OGM GeoPortal	7
Şekil 4. UTM sistemini oluşturan Gauss-Krüger tasvir koordinatlarının hesabı	11
Şekil 5. Gauss-Krüger koordinatlarından oluşan UTM dilimleri.....	12
Şekil 6. Türkiye’de UTM Dilimleri.....	12
Şekil 7. 3 derecelik UTM	13
Şekil 8. Lambert Konform Konik tasvir koordinatları	17
Şekil 9. Lambert Konform Konik (LKK) projeksiyonu	18
Şekil 10. Orman bölge müdürlükleri haritası	20
Şekil 11. Çalışma alanının uydu fotoğrafı üzerindeki görünümü.....	21
Şekil 12. Kimerling yönteminde üçgen alanlarının toplanması ya da çıkarılması	24
Şekil 13. Kutupsal koordinat sistemi.....	27
Şekil 14. Jeodezik eğrinin kırıslara ayrılması.....	28
Şekil 15. Danielsen, Gillissen, Kimerling ve ITRF96 3 derecelik projeksiyonda hesaplanan alan farkları grafiği	50
Şekil 16. Gillissen – Albers AKK projeksiyon alan farkları grafiği	51
Şekil 17. Gillissen – AKS projeksiyon alan farkları grafiği.....	52
Şekil 18. Gillissen – Behrmann AKS projeksiyon alan farkları grafiği	53
Şekil 19. Gillissen – Bonne Alan Koruyan projeksiyon alan farkları grafiği.....	53
Şekil 20. Gillissen – Lambert Azimutal AKK projeksiyon alan farkları grafiği.....	54
Şekil 21. Gillissen – Sinusoidal Alan Koruyan projeksiyon alan farkları grafiği	54
Şekil 22. Gillissen – ITRF96 3 derecelik konform projeksiyon alan farkları grafiği.....	57
Şekil 23. Gillissen – ITRF96 6 derecelik konform projeksiyon alan farkları grafiği.....	58
Şekil 24. ITRF96 6 ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyon alan farkları grafiği	58
Şekil 25. Gillissen ve alan koruyan projeksiyonların alan farkları.....	59
Şekil 26. Gillissen ve alan koruyan projeksiyonların alan farkları.....	60

Şekil 27. Albers AKK projeksiyon ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyon alan farkları	61
Şekil 28. Bonne alan koruyan projeksiyon ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyon alan farkları	61
Şekil 29. Lambert Azimuthal AKK projeksiyon ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyon alan farkları.....	62
Şekil 30. ITRF96 3 derecelik projeksiyon ile Albers AKK, Bonne AKK ve Lambert Azimutal alan koruyan projeksiyonların karşılaştırılması.....	63
Şekil 31. ITRF96 6 derecelik projeksiyon ile Albers AKK, Bonne AKK ve Lambert Azimutal alan koruyan projeksiyonların karşılaştırılması.....	63



TABLolar DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1. Çalışma alanı köşe koordinatları	20
Tablo 2. Test orman parselleri ve alanları	22
Tablo 3. Kimerling yöntemine göre hesaplanan orman parsel alanları	25
Tablo 4. Gillissen yöntemine göre hesaplanan orman parsel alanları	28
Tablo 5. Danielsen yöntemine göre hesaplanan orman parsel alanları	32
Tablo 6. Uygulamada kullanılan projeksiyonlar	33
Tablo 7. UTM ve DUTM projeksiyonlardan hesaplanan orman parsel alan değerleri	35
Tablo 8. Albers AKK projeksiyondan hesaplanan orman parsel alan değerleri	36
Tablo 9. AKS projeksiyondan hesaplanan orman parsel alan değerleri	37
Tablo 10. Behrmann AKK projeksiyondan hesaplanan orman parsel alan değerleri	38
Tablo 11. Bonne alan koruyan projeksiyondan hesaplanan orman parsel alan değerleri	39
Tablo 12. Lambert azimutal alan koruyan konik projeksiyondan hesaplanan orman parsel alan değerleri	40
Tablo 13. Sinusoidal AK projeksiyondan hesaplanan orman parsel alan değerleri.....	41
Tablo 14. Orman parsellerinin DUTM projeksiyonu ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması	42
Tablo 15. Orman parsellerinin UTM projeksiyonu ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması.....	43
Tablo 16. Orman parsellerinin Albers AKK projeksiyon ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması	44
Tablo 17. Orman parsellerinin AKS projeksiyon ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması	45
Tablo 18. Orman parsellerinin Behrmann AKS projeksiyon ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması	46
Tablo 19. Orman parsellerinin Bonne alan koruyan projeksiyon ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması	47
Tablo 20. Orman parsellerinin Lambert azimutal alan koruyan konik projeksiyon ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması	48

Tablo 21. Orman parsellerinin sinusoidal alan koruyan projeksiyon ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması 49

Tablo 22. Gillissen ve alan koruyan projeksiyonlar arası farkların parsel sayısı ile ilişkisi.. 56



SEMBOLLER DİZİNİ

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistem(ler)i
UTM	: Universal Transverse Mercator (6 derecelik meridyen dilimli)
DUTM	: Değiştirilmiş UTM (3 derecelik meridyen dilimli)
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
ITRF	: International Terrestrial Reference Frame
MATLAB	: Matrix Laboratory
GPS	: Global Positioning System
GNSS	: Global Navigation Satellite System
KUSS	: Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi
OBM	: Orman Bölge Müdürlüğü
BÖHHBÜY	: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
KADBİS	: Orman Kadastro Bilgi Sistemi
BİYOD	: Biyolojik Çeşitlilik & Odun Dışı Orman Ürünleri Veri Tabanı
GRS80	: Geodetic Reference System 1980
DOM	: Dilim Orta Meridyeni
JTP	: Jeodezik Temel Problem
LKK	: Lambert Konform Konik
CORS	: Continuously Operating Reference Stations
CAD	: Computer Aided Design
AKK	: Alan Koruyan Konik
AKS	: Alan Koruyan Silindirik

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Günümüzde konumsal tabanlı birçok uygulamada koordinatlar ile birlikte alan verisi de kullanılmaktadır. Alan verisinin hesaplanmasında kullanılan koordinatların hassasiyet derecesi ve uygulanan hesaplama yöntemleri alanın doğruluk düzeyini doğrudan etkilemektedir. Alan hesabının doğruluk düzeyi çalışmanın niteliğine ve büyüklüğüne göre önemli olabilmektedir.

Günümüzde alan verisi mühendislik, istatistik, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) gibi birçok alanda sıkça kullanılmaktadır. Geçmişten günümüze koordinat temininde kullanılan yöntem ve araçlarda meydana gelen hızlı teknolojik değişim günden güne doğruluk düzeyini de artırmaktadır.

Haritada alan bilgisinin değerlendirilmesinde projeksiyon bilgisi önemli bir etkidir. Ülkemizde kullanılan 1/1000, 1/5000 ve 1/10000 ölçekli haritalar Değiştirilmiş UTM (DUTM, 3° lik dilim sistemi) ve 1/25000, 1/50000, 1/100000 ve 1/250000 ölçekli haritalar ise UTM (6° lik dilim) projeksiyonunda üretilmektedir. UTM sistemi konform olup alan deformasyonu, alanın büyüklüğüne ve başlangıç boylamından olan uzaklığına göre değişir. Dolayısıyla kesin alan değeri için, UTM koordinatları yerine coğrafi koordinatlarla alan hesabına gerek duyulur. Fakat coğrafi koordinatlarla alan hesabı jeodezik amaçlı yazılımlarda mevcut olmayıp, ayrı bir yazılım ve ek hesap yükü getirir. Bunun yerine genellikle alan koruyan projeksiyon seçimine gidilir (Yıldırım ve Kaya, 2005).

Bu çalışmada Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü (OBM) sınırları içerisinde bulunan ve alanları 339 hektar (ha) ile 2857 hektar (ha) arasında değişen 25 adet orman parseli ele alınmıştır. Bu orman parsellerinde, elipsoid düzlemde coğrafi koordinatlar ile hesaplanan gerçek alanlar ile ArcGIS 10.3 CBS yazılımında mevcut altı farklı alan koruyan ve UTM projeksiyon koordinatlarıyla hesaplanan alanlar arasındaki farklar irdelenmiştir. Bu farklardan büyük orman sahalarında alan deformasyonu en az olan alan koruyan projeksiyonun belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.1.1. Problemin Tanımı

Ülkemizde orman sınırları Anayasamızın 169. ve 170. maddeleri, 6831 Sayılı Orman Kanunu ile 3234 sayılı Orman Genel Müdürlüğü Teşkilat Kanunu hükümlerine göre güvence altına alınmıştır. Ülkemizde ormanların mülkiyetinin yaklaşık olarak %99'u Devlete aittir. Orman Genel Müdürlüğü, hem Devlet ormanlarının hem de özel şahıslara ve hükmi şahsiyeti haiz amme müesseselerine ait orman alanlarının hukuki ve fiziki varlığının korunması, gözetilmesi, denetlenmesi ve orman varlığının artırılarak devam ettirilmesinde en önemli konumdadır.

OGM'nce yürütülen ve orman alanları ile doğrudan veya dolaylı olarak alakalı olan çalışmalar şunlardır:

- Orman kadastro çalışmaları,
- Rehabilitasyon ve ağaçlandırma sahalarında yapılacak çalışmalar,
- Orman ve orman kaynaklarının planlanması,
- Oduna dayalı ve odun dışı orman ürünlerinin üretimi ve pazarlanması,
- Silvikültürel çalışmalar,
- Orman alanlarında tutulacak karbon miktarı,
- Rekreasyon alanlarına yönelik çalışmalar,
- Orman alanlarından verilen izinlere yönelik çalışmalar,
- Mera ıslahı ve erozyon kontrol çalışmaları,
- Yangın gören orman alanlarının silvikültürel açıdan yeniden değerlendirilmesine yönelik çalışmalar,
- Orman amenajman planlaması,
- Baltalık ve koru ormanları ile ağaç türüne göre iğneli ve yapraklı türlerin alanlarına yönelik çalışmalar,
- Orman serveti ve eta çalışmaları,
- Yıllık ve genel cari artımın hesaplanması,
- Gençleştirme alan miktarlarının belirlenmesi.

Bu çalışmalar arasında orman alanlarında yapılan, koordinat ve alan hassasiyeti bakımından en hassas çalışmaları orman kadastrosu çalışmaları oluşturmaktadır. Orman kadastrosunun konusunu;

- Devlet ormanları ile hükmi şahsiyeti haiz amme müesseselerine ait ormanların ve hususi ormanların tayini ve tespiti,
- Bu ormanların içinde ve bitişiğinde bulunan her çeşit taşınmaz malların ormanlarla müşterek sınırlarının tayini ve tespiti,
- 6831 Sayılı Orman Kanunu'nun 2'nci madde uygulamaları ile ilgili olarak kadastrosu kesinleşmiş yerlerde tespit edilen fennî hataların düzeltilmesi işleri,
- Sınırları kesinleşen ormanların tapuya tescil işlemleri oluşturmaktadır.

Orman kadastrosu, orman sınırlarının ve alanlarının kesin olarak ortaya konulması, sürdürülebilir bir orman yönetiminin sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi bakımından OGM için oldukça önemlidir. Orman kadastrosu haritaları 1/5000 ölçekli olarak ITRF96 datumunda ve DUTM projeksiyonunda üretilmektedir.

OGM'nce yürütülen çalışmalarda alan hesabı için kullanılan UTM projeksiyonları konform olup, özellikle de alan büyüklükleri dikkate alındığında alan deformasyonları daha da artmaktadır. Konform projeksiyonlar açı koruduğu için haritalarda şekil korunur, dolayısıyla alan hesabının önemli olduğu uygulamalarda alan deformasyonu artmaktadır.

OGM tarafından CBS ve orman kadastrosu faaliyetlerinde ve özellikle de büyük alanlı orman parselleri için alan koruyan projeksiyonların seçimi konform projeksiyonlara nazaran parsel alanlarının deformasyonunu azaltacaktır. Bu tez çalışmasında, konform ve alan koruyan projeksiyonlar karşılaştırılarak alan deformasyonları incelenmiş ve ülkemiz için CBS yazılımında kullanılan alan koruyan projeksiyonlardan en hassas olanının belirlenmesi amaçlanmıştır.

UTM projeksiyonu Gauss-Krüger tasvirinden elde edilir. Gauss-Krüger, elipsoidin bir başlangıç meridyeninde uzunluk korunarak diferansiyel geometriden yararlanılarak düzleme tasviridir. Gauss-Krüger açı veya şekil koruyan (konform), x başlangıç eksenini ekvator ve y eksenini başlangıç boylamı olan bir tasviridir. Ülkemiz için Gauss-Krüger tasviri ile UTM projeksiyonu aynı anlamda kullanılmaktadır. UTM sistemi Gauss-Krüger tasvirinden elde edildiği için, elipsoidin düzleme konform tasviri olmasından dolayı konform bir tasviridir.

1.1.2. Tezin Amacı

Türkiye Orman Varlığı 2015 kitabında 1972 yılında 20,2 milyon hektar olan orman sahasının 2015 yılı verilerine göre 22,3 milyon hektara ulaştığı, buna paralel olarak ise orman sahalarından elde edilen odun servetinin ise 1972’de 0,9 milyar m³ iken 2015 yılında 1,6 milyar m³’e yükseldiği ifade edilmektedir (URL-1, 2017). Fakat burada ifade edilen orman varlığı alanları kesinleşmiş orman kadastrosu alanlarına göre değil, amenajman planı verilerine göre çıkarılmaktadır. OGM’nün 2015 yılı itibarıyla yapılan tespitlerine göre ormanlık alanlar 22.342.935,0 hektar ile ülke alanının %28,6’sını kapsamaktadır.

İstatistiksel veriler göz önünde bulundurulduğunda ülkemizde orman alanları ve orman alanlarından elde edilen servet artış göstermektedir. Orman kadastrosunun tamamlanması ile kesin orman alanları ve oranları yüksek doğrulukta belirlenmiş olacaktır.

Orman parsellerinin sınır hattı koordinatları DUTM projeksiyonunda Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemleri (KUSS/GNSS) (GPS, Glonass vd.) aracılığıyla ölçülmektedir. Orman alanları hesapları da yine bu koordinatlar ile DUTM projeksiyonunda hesaplanmaktadır.

Konform olan DUTM projeksiyon sisteminde hesaplanan orman alanları büyüdükçe gerçek alanı temsil etmekten uzaklaşır. Orman alanları hem ülke topraklarında büyük bir orana sahiptir hem de genellikle büyük parsel alanlarından oluşmaktadır. Bundan dolayı orman alanlarının kesin alan değerlerinin hesaplanmasında konform olan DUTM projeksiyon yerine alan koruyan projeksiyonların kullanılması uygun olacaktır.

Bu kapsamda DUTM projeksiyonundaki orman sınırı köşe koordinatları coğrafi koordinatlara dönüştürülerek hesaplamaların ellipsoid yüzeyinde yapılması gerekmektedir. Elipsoidde alan hesabı yapmak için Matlab yazılımı ortamında geliştirilen algoritma ile Kimerling, Gillissen ve Danielsen yöntemlerinde hesaplamalar yapılarak karşılaştırılmıştır. Bu yöntemlerin karşılaştırılması sonucu Elipsoid yüzeyinde alan hesabı için Gillissen yöntemi tercih edilmiştir. Daha sonra çalışma alanında yer alan orman alanları ArcGIS 10.3 yazılımındaki 6 farklı alan koruyan projeksiyon ile hesaplanarak irdelenmiştir. Bu alanlar karşılaştırılarak orman alanlarında kullanılacak en uygun alan koruyan projeksiyonların belirlenmesi amaçlanmıştır.

1.1.3. Metodoloji

Genel bilgilerde;

- Orman Genel Müdürlüğü'nde yürütülen haritacılık faaliyetleri ile kurumdaki CBS faaliyetleri,
- Kurumda parsel alanları gerektiren uygulamalar,
- Mühendislik kaynaklı yer deformasyonları,
- Düzlem Gauss, küre ve elipsoid alan hesap yöntemleri,
- Çalışma için uygun alan hesap yönteminin seçilmesi,
- Projeksiyon ve tasvir yöntemleri,
- Ülkemizde kullanılan projeksiyonlar,

Yapılan çalışmalarda;

- Çalışma alanındaki parsel alanlarının seçilmesi ve gösterimi,
- Matlab yazılım algoritması,
- Kullanılan alan hesabı yöntemlerinin karşılaştırılması ve seçimi,
- Alan hesabı için kesin alan değerlerinin belirlenmesi,
- Konform ve alan koruyan projeksiyonlardan alan değerlerinin hesaplanması,
- Konform ve alan koruyan projeksiyonlardan hesaplanan alan değerleri ile elipsoid alan hesap yöntemlerinden Gillissen yönteminde hesaplanan alan değerlerinin karşılaştırılması konuları incelenerek,

Bulgular ve irdelemeler bölümünde;

- Yöntemlerin karşılaştırılması,
- Konform ve alan koruyan projeksiyonların irdelenmesi,
- Alan büyüklüklerine göre projeksiyon seçimi,
- Konform projeksiyonlarda meydana gelen alan deformasyonu büyüklüğü konuları irdelenerek son bölümde sonuç ve öneriler belirlenmiştir.

1.2. Orman Genel Müdürlüğü Faaliyetleri

1.2.1. Haritacılık Faaliyetleri

Türkiye’de orman sınırlarının tayini ve tespiti, orman sahaları ile ilgili tespit edilen fenni hataların düzeltilmesi görevi 6831 sayılı Orman Kanunu’nun 7. maddesi ile OGM bünyesindeki orman kadastro komisyonlarına verilmiştir. Orman kadastro çalışmalarını OGM’de Kadastro ve Mülkiyet Dairesi Başkanlığı yürütmektedir. Orman kadastro komisyonu kuruluş ve görevleri ise 20.11.2012 tarih ve 28473 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan Orman Kadastrosu ve 2/B Yönetmeliği’nin ikinci bölümünde açıkça tanımlanmıştır.

Orman kadastrosu verilerinin farklı kanun, yönetmelik ve tekniklerle farklı datum ve projeksiyonlarda üretilmesi, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBYY)’nin yürürlüğe girmesinden önce OGM bünyesinde tescile konu orman kadastro haritalarının bu alanda yetkin harita teknik elemanlarınca üretilmemesi gibi sebeplerden dolayı tescil oranı oldukça düşük kalmıştır.

OGM’de yapılan haritacılık faaliyetleri tek bir birimde değil, farklı birimlerde farklı amaçlar için gerçekleştirilmektedir. Kurumdaki haritacılık faaliyetleri kısaca aşağıdaki gibi özetlenebilir;

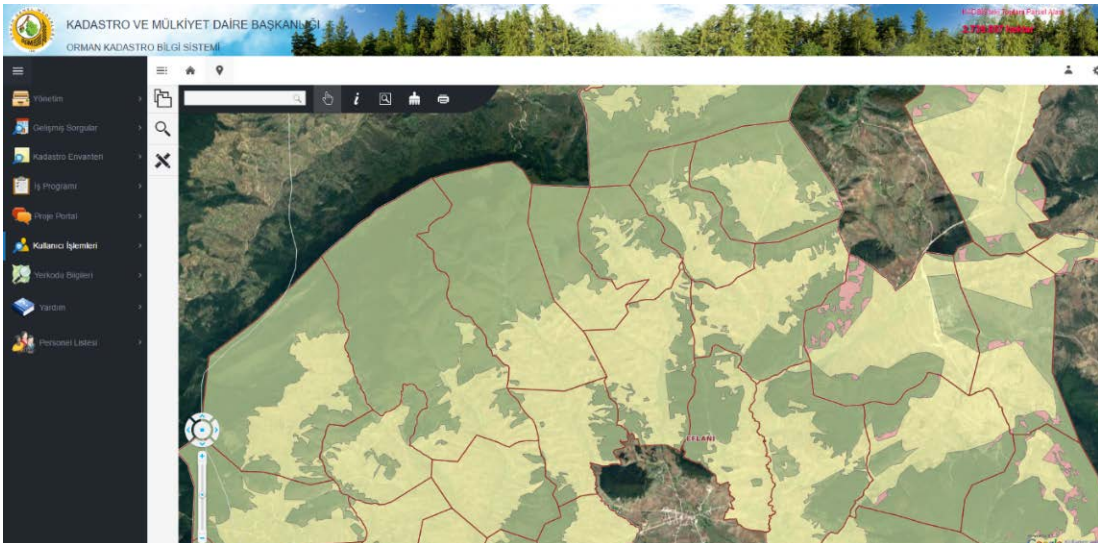
- Orman kadastrosu ve 2/B md. uygulaması için yapılan işler (ölçü, harita vb.)
 - Bu kapsamda orman kadastro komisyonlarınca tespiti yapılan orman sınır noktalarının ölçülmesi,
 - 1/5000 ölçekli orman kadastrosu haritalarının hazırlanması,
 - 6831 sayılı Orman Kanunu 2/B madde uygulaması çalışmaları kapsamında orman kadastro komisyonları tarafından orman vasfını yitiren arazilerin tespit edilmesi sonrası, 2/B parsellerinin ölçülmesi ve haritalarının üretilmesi,
 - Orman alanlarına ve 6831 sayılı Kanun’a göre 2/B madde uygulama alanlarına ait sınır köşe koordinatlarının, alan hesaplarının, krokilerinin ve diğer teknik evrakların hazırlanması,
 - Belirlenen orman alanlarının Hazine adına orman vasfı ile tescil edilmesi için hazırlanan ve teknik kontrol ve tescil için Kadastro müdürlüğüne gönderilen Orman kadastrosu tescil dosyasının hazırlanması
- İfraz, tahsis, mahkeme kararlarına göre değişen orman sınırlarının haritalarında

düzeltilmesi vb. işler.

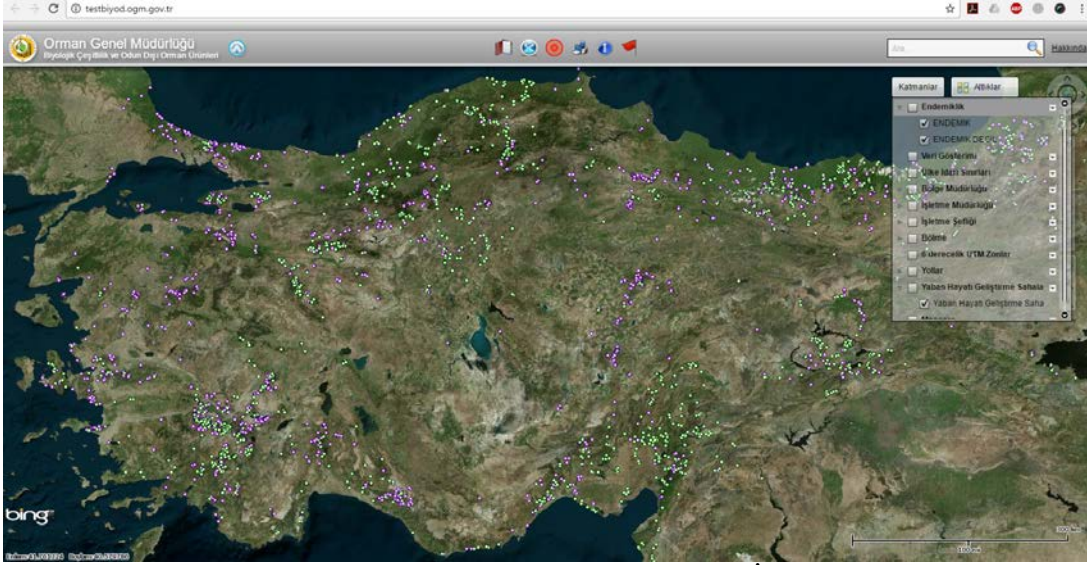
- KADBİS sistemine tescil olan orman ve 2/B alanlarının aktarılması,
 - Orman Kadastro Bilgi Sistemi (KADBİS)'ne aktarılacak verinin standartlaştırılması,
 - Coğrafi veri sunucusuna orman kadastro verisinin aktarılması ve kontrolü,
- Meşcere haritalarının hazırlanması
- Uydu ve kızılötesi hava fotoğraflarının rektifikasyon işlemleri vs.
- Fotogrametrik haritaların hazırlanması
- CBS altlık verilerinin hazırlanması
- İzin ve irtifak bilgi sistemi çalışmaları
- Kurumda yürütülen CBS faaliyetleri

1.2.2. Kurumda CBS Faaliyetleri

- ❖ OGM orman kadastro bilgi sistemi (KADBİS)
- ❖ Biyolojik çeşitlilik ve odun dışı orman ürünleri
- ❖ OGM GeoPortal
- ❖ Ağaçlandırma bilgi sistemi
- ❖ Orman izinleri takip sistemi
- ❖ Taşınmazlar bilgi sistemi
- ❖ Orman yangın yönetim sistemi
- ❖ Harita arşiv sistemi



Şekil 1. OGM orman kadastro bilgi sistemi (KADBİS)



Şekil 2. Biyolojik çeşitlilik ve odun dışı orman ürünleri (BİYOD) veritabanı



Şekil 3. OGM GeoPortal

1.2.2.1. Parsel Alanları (Yüzölçümü) Gerektiren Uygulamalar

Ülkemizde yüzölçümü gerektiren uygulamalarda parsel alanları DUTM koordinatlarından Gauss alan hesabı yöntemiyle hesaplanmaktadır. Gauss alan hesabı tasvir koordinatlarından yapılan bir alan hesabı olduğu için düzlemedir ve orijinal elipsoid yüzeyinden yapılmamaktadır.

Orman işletmelerinde yürütülen birçok çalışmada orman alanlarına göre uygulamalar yapılmaktadır. Bu uygulamaların çeşitli aşamalarında orman alanlarına göre çalışmalar

yürütülmektedir. OGM merkez ve taşra tekiatlarında orman alanları ile doğrudan veya dolaylı olarak bağlantılı çalışmalar; orman kadastro çalışmaları, rehabilitasyon ve ağaçlandırma sahalarında yapılacak çalışmalar, orman ve orman kaynaklarının planlanması, oduna dayalı ve odun dışı orman ürünlerinin üretimi ve pazarlanması çalışmaları, silvikültürel çalışmalar, orman alanlarında tutulacak karbon miktarı, rekreasyon alanlarına yönelik çalışmalar, orman alanlarından verilen izinlere yönelik çalışmalar, mera ıslahı ve erozyon kontrol çalışmaları, yangın gören orman alanlarının silvikültürel açıdan yeniden değerlendirilmesine yönelik çalışmalar, orman amenajman planlaması, baltalık ve koru ormanları ile ağaç türüne göre iğneli ve yapraklı türlerin alanlarına yönelik çalışmalar, orman serveti ve eta çalışmaları, yıllık ve genel cari artımın hesaplanması, gençleştirme alan miktarları çalışmalarıdır.

Hesaplanan orman parseli alanlarının orman teşkilatında özellikle ormancılık işletme ekonomisi faaliyetlerinde ayrı bir önemi vardır. Teşkilatta planlamalar, uygulamalar ve çıktılar büyük oranda orman alanlarına göre şekillendirilmektedir.

1.2.3. Mühendislik Uygulamaları Kaynaklı Yer Deformasyonları

Gerek yer kabuğu hareketlerini, gerekse mühendislik yapılarında zamanla oluşabilecek deformasyonları izlemek üzere, jeodezik ve jeodezik olmayan bir çok yöntem kullanılmaktadır. Jeodezik yöntemlerde, yatay ve düşey yöndeki deformasyonların izlenmesi, bu amaç için oluşturulmuş kontrol noktalarında (ağlarında), periyodik olarak yapılan klasik ve/veya GPS ölçülerinin değerlendirilmesine ve analizine dayanır. Jeodezik olmayan yöntemlerde ise yapıda ve çevresinde oluşan deformasyonlar, deformasyonlara neden olan yük değişimleri, yer altı su seviyesi değişimi, gerilme, sıcaklık gibi değişik faktörlerin büyüklükleri ve değişimleri bazı özel donanım ve yöntemlerle ölçülür (Kalkan vd., 2005).

Jeodezik deformasyon ölçmelerinin amacı, araştırma bölgesinin davranışlarını modellemek, araştırma konusunu temsil eden bir geometrik model oluşturmak, modelin çevresine göre yatay konum ve yükseklik değişimlerini belirlemek ve oluşan şekil değişikliklerini zamanın bir fonksiyonu olarak elde etmektir. Bu amaçla araştırma konusu cisim bağımsız deformasyon noktaları ile temsil edilir. Bu noktaların koordinatları belirli zaman aralıkları ile yeniden belirlenir. Başka bir deyişle araştırılan cisim sürekli izlenir (Konak vd., 2005).

1.3. Alan Hesabı

Alan verisi CBS’de ve farklı mühendislik uygulamalarında sıkça kullanılan bir bilgidir. Mevcut parselin köşe koordinatları kullanılarak alan hesabı yapılır. Bu nedenle koordinat bilgisinin doğruluğu alan hesabı için önem taşımaktadır. Orman parselleri gibi köşe nokta sayısı fazla ve büyük alanların köşe koordinat bilgisinin doğruluğu daha fazla önem kazanmaktadır.

Orman parsellerinin köşe koordinat bilgileri günümüzde GNSS ve CORS aracılığıyla yüksek doğrulukta elde edilmektedir. Sayısal verilerin yetersiz olduğu hallerde ise uydu ya da hava fotoğraflarından, meşcere haritalarından, fotogrametrik amaçlı üretilen haritalardan da koordinat bilgileri elde edilebilmektedir. Koordinat bilgisinin temin edildiği haritaların hangi datum ve projeksiyonda üretildiği de orman parsellerinin alan bilgisi için önemlidir. Geçmişte orman kadastro haritaları ED50 datumunda ve UTM 6° projeksiyonunda üretilirken, günümüzde ITRF96 datumunda ve UTM 3° projeksiyonunda üretilmektedir. Bu durum temin edilen koordinat verisinin güncel datum ve projeksiyona dönüştürülmesi ile alan bilgisinin deformasyona uğramasına neden olmaktadır.

1.4. Projeksiyon ve Tasvir Yöntemleri

Haritacılıkta projeksiyon kavramı, fiziksel yeryüzünden elde edilen ve referans yüzeyine indirgenmiş yeryüzü bilgilerinin yatay, küre ya da ellipsoid gibi bir harita düzlemine geometrik yöntemlerle izdüşürülerek aktarılmasını sağlayan kural ve yöntemleri inceler. Tasvir kavramı ise, fiziksel yeryüzü bilgilerinin bir referans yüzeyden (küre, ellipsoid) bir başka yüzeye (düzlem, küre) veya bunun tersine bir işlemin matematiksel yöntemler ile aktarılmasını sağlayan kural ve yöntemleri inceler.

Geniş anlamda projeksiyon da bir tasvir türü olmakla beraber, tasvir kavramını projeksiyon kavramı ile ifade etmek mümkün değildir (Kaya, 1999).

Harita projeksiyonları ile üç boyutlu yeryüzü iki boyutlu düzleme aktarılır. Fakat üç boyutlu fiziksel yeryüzü bilgilerinin deformasyona uğramadan projeksiyon düzlemine aktarılması mümkün değildir. Orijinal yüzeyin (ellipsoid veya küre) yardımcı düzleme tasvirinde uzunluk, alan ve açı (doğrultu) deformasyonları ortaya çıkmaktadır. Bu deformasyonların hepsinin birden giderilerek yardımcı düzleme tasviri mümkün olmamasına rağmen, original yüzeydeki bazı niceliklerin (uzunluk, alan ve açı) korunarak

düzleme aktarılması mümkündür.

Düzlem üzerine aktarılan objelerin nasıl ve ne şekilde değişime uğrayacağı, değişime uğradığı miktar ve deformasyon büyüklükleri literatürde geçen her projeksiyon için farklıdır. Bir projeksiyon yüzeyine göre silindirik, düzlem ve konik biçimde sınıflandırıldığı gibi yüzey konuma göre de, normal konumlu, eğik konumlu ve transversal konumlu olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca projeksiyonlar barındıkları deformasyona göre, uzunluk, alan ve açı koruyan olmaları bakımından da sınıflandırılmaktadır (Uraz ve Yılmaz, 2013).

1.4.1. Deformasyonlarına Göre Projeksiyon Çeşitleri

Düzgün olmayan fiziksel yeryüzünü ifade etmek için kullanılan ve matematiksel olarak boyutları hesaplanabilen, ellipsoid veya küre kabul edilen original yüzeylerin doğrudan düzleme tasvir edilememesi nedeniyle, yeryüzü bilgilerinin deformasyonsuz olarak yardımcı düzleme aktarılması mümkün değildir. Ancak uzunluklar, alanlar ya da diferansiyel anlamda açı özelliklerinin tamamı aynı anda korunamasa da, bir veya birkaçı korunabilir. Bu aktarımda önemli olan amaca uygun özelliklerin korunarak haritaların oluşturulmasıdır. Dolayısıyla harita projeksiyonları deformasyonlarına göre üçe ayrılır;

1. Alan koruyan projeksiyonlar
2. Uzunluk koruyan projeksiyonlar
3. Açı koruyan projeksiyonlar

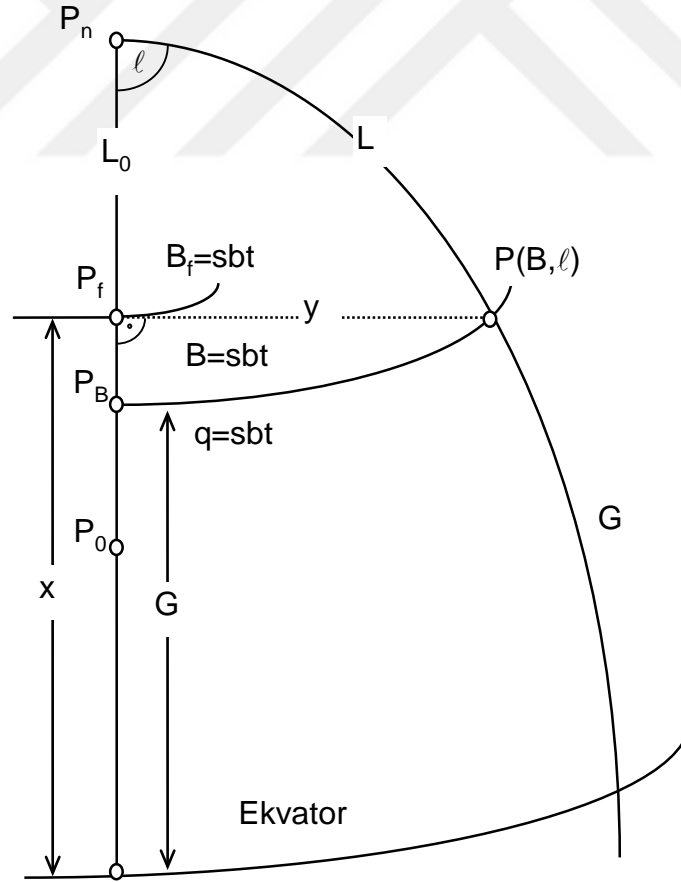
1/1000, 1/2000, 1/5000 ve 1/10000 ölçekli haritalar büyük ölçekli haritalardır. Ülkemizde büyük ölçekli haritaların üretilmesinde, 2005 yılında yürürlüğe konulan BÖHHBYY izdüşümde referans olarak GRS80 elipsoidini belirtmektedir. Yönetmelik gereği büyük ölçekli haritalar üretilirken UTM projeksiyonlar kullanılır. Bu haritalar DUTM sisteminde ulusal olarak 3° lik dilimde hazırlanır. UTM projeksiyonlar konform, yani açı veya şekil koruyan projeksiyonlardır. UTM projeksiyonda referans elipsoidi üzerinde 3 derecelik dilimler oluşturulur ve her dilim için ayrı ayrı tasvir uygulanır. Bu yüzden her dilimin koordinat sistemi farklıdır. İzdüşümden kaynaklanan deformasyonlar dilim sınırlarına yaklaşıldıkça artar. Bu nedenle koordinatlara DUTM sisteminde küçültme (m_0) çarpanı değeri 1 ve UTM sisteminde 0.9996 olarak uygulanmaktadır.

Büyük ölçekli haritaların üretildiği haritacılık uygulamalarında ve projelerde şeklin korunması amaçlandığından dolayı, yönetmelik gereği kullanılan UTM projeksiyonu

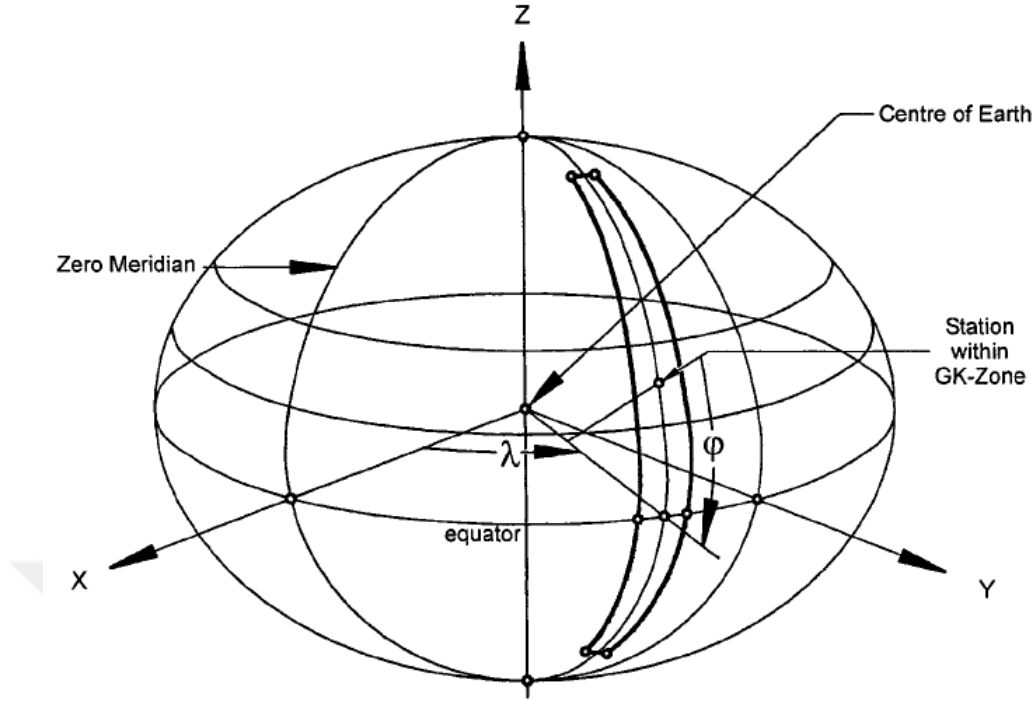
konform bir projeksiyondur. Böylece uygulamalarda şekiller korunarak büyük ölçekli haritalara aktarılır.

1.4.2. Ülkemizde Kullanılan Projeksiyonlar

Ülkemizde 1/10000 ve daha büyük ölçekli haritalar 3° lik UTM (DUTM) sisteminde ve 1/25000 ve daha küçük ölçekli haritalar ise 6° lik UTM sisteminde üretilmektedir. Türkiye coğrafi konumu gereği $26^\circ - 45^\circ$ doğu boylamları ile $36^\circ - 42^\circ$ kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Bu 19° lik boylam farkında ülkemiz UTM için 6° lik 4 dilime (zone), DUTM için ise 3° lik 7 dilime ayrılmıştır. Türkiye UTM sistemi için $27^\circ, 33^\circ, 39^\circ$ ve 45° başlangıç boylamlarını (central meridian, L_0) içermektedir. Konform olan UTM sisteminde alandaki bozulma miktarı/oranı alanın büyüklüğüne ve başlangıç boylamından olan uzaklığına göre değişir.



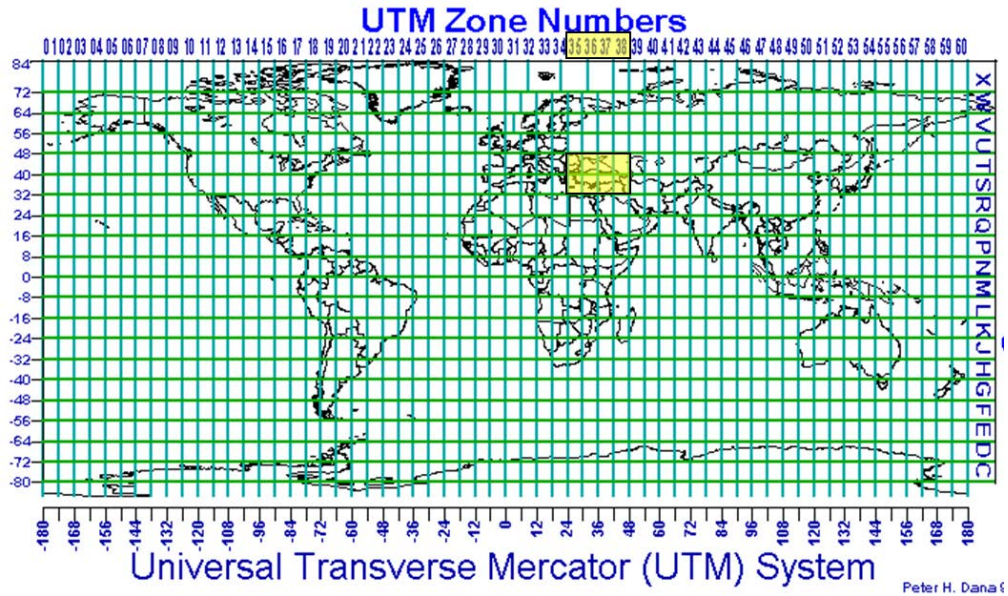
Şekil 4. UTM sistemini oluşturan Gauss-Krüger tasvir koordinatlarının hesabı



Şekil 5. Gauss-Krüger koordinatlarından oluşan UTM dilimleri

UTM projeksiyonu orta meridyenden uzaklaştıkça hızla büyüyen deformasyonlar nedeni ile orta meridyene göre oluşturulan bir dilim içinde kullanılır. Referans yüzeyi elipsoid alınarak iki tür yaygın uygulaması vardır.

1. UTM (Uluslar arası)
2. DUTM (Lokal) (URL-2)

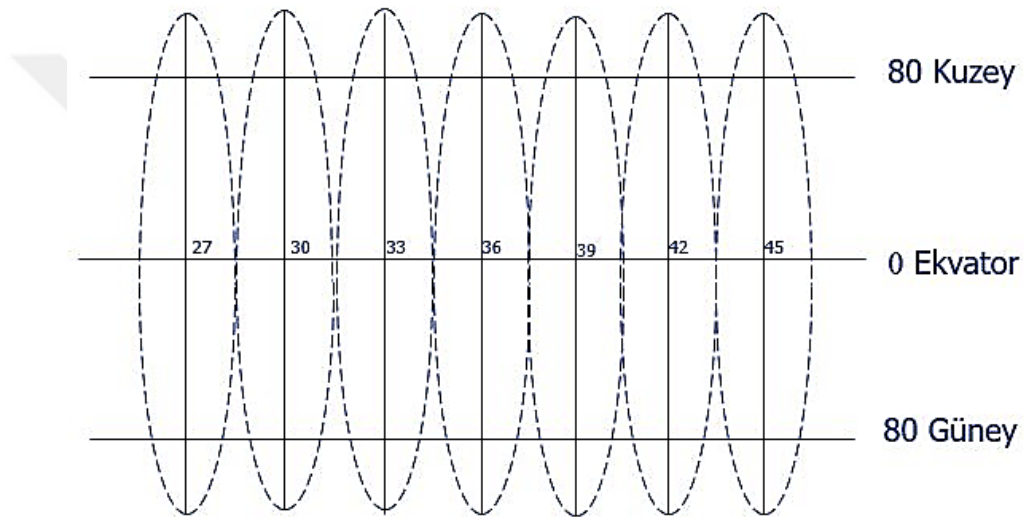


Şekil 6. Türkiye’de UTM Dilimleri

1.4.2.1. 3 Derecelik UTM

3 derecelik UTM projeksiyonunda, UTM dilimleri ile uyumlu 3° lik dilimler kullanılarak ülke standardında değiştirilmiş UTM projeksiyonu oluşturulmaktadır. Teğet meridyenden fazla uzaklaşmadan 3° de bir silindir geçirilerek deformasyonların önlenmesi amaçlanmaktadır.

Ülkemizde 1/10000 ve daha büyük ölçekli haritalar 3° lik UTM (DUTM) projeksiyon sisteminde hazırlanmaktadır.



Şekil 7. 3 derecelik UTM

1.4.2.2. 6 Derecelik UTM

6 derecelik UTM projeksiyonu Gauss-Krüger esasına dayanmaktadır. Bu projeksiyonda Dünya 6° lik 60 adet dilime izdüşürülür. Dilim orta meridyenlerinin (DOM) 3° sağ ve 3° solu aynı dilimde kalacak şekilde oluşan her bir dilim bir projeksiyon sistemini belirtir. 6° de bir geçirilen silindirler dilim orta meridyenleri boyunca yeryüzüne teğettir. 3° lik DUTM projeksiyonunda dilimlerde koordinat değerleri 1.000 küçültme faktörü ile çarpılırken, 6° lik UTM projeksiyonunda deformasyonu azaltmak amacıyla dilimlerde koordinat değerleri 0.9996 küçültme faktörü ile çarpılır.

Türkiye'de 6° lik DOM'leri : 27°, 33°, 39°, 45° ve bunların bulunduğu dilimler 35°, 36°, 37°, 38° dir. Ülkemizde 1/25000 ve daha küçük ölçekli haritalar 6° lik UTM projeksiyon

sisteminde hazırlanmaktadır.

Mühendislik ve CBS uygulamalarında projenin tamamının tek bir koordinat sisteminde olmaması, kullanıcılara projenin farklı koordinat sistemlerinde saklanması ve çakışma bölgelerinde düzlem geometrisinin sadeliğinden çok fazla dönüşüm hesabı ile işlem yükünü beraberinde getirir.

Projenin komşu dilimlerdeki fazla kısmı 0.5° veya 1° lik bindirme bölgesi içindeyse, dilim dönüşümü yapılabilir. Şayet uygulama alanı komşu dilimde bindirme bölgesinin dışına taşıyorsa, dilim dönüşümü yapılmaz. Bu durumda, projede tek bir koordinat sisteminde çalışmak mümkün olamaz. UTM sisteminden, başka sistemlere geçiş yapılması gerekir. Dolayısıyla, tek UTM dilimini aşan Mühendislik ve CBS uygulamaları için mevcut UTM sistemi yetersiz kalmaktadır. (Yıldırım, 2004)

UTM ve DUTM koordinatlarıyla üretilen haritalardan alınan koordinatlar, sağa ve yukarı değerleridir. Bu değerlerden (x,y) Gauss-Krüger düzlem koordinatlarına geçilir ve hesaplamalar bu koordinat çiftiyle yapılır. Unutulmaması gereken önemli bir husus; (x,y) ile hesaplanan uzunluk ve açı değerleri, düzlem değerleridir. Referans elipsoidindeki karşılıklarını elde etmek için, bu değerlere indirgeme getirilmesi gerekir. Mühendislik ve CBS uygulamalarında, uzunluk ve doğrultu indirgeme miktarlarının sonucu ne kadar etkilediği de irdelenmelidir. (Yıldırım, 2004)

Türkiye enlem ve boylam sınırları içinde, UTM için dört DUTM için ise yedi farklı koordinat eksen başlangıcı vardır. Dolayısıyla her bir dilim kendi içinde koordinat altlığına sahiptir. Dolayısıyla Türkiye sınırlarının tek bir koordinat sistemiyle tanımlanması için UTM yetersizdir (URL-3, 2017).

UTM sistemi, ülkemiz sınırlarının bu sistem ile tek bir koordinat sisteminde tanımlanması bakımından yetersiz olması, birden fazla dilimde yer alan projeler ve uygulamalarda yetersiz kalması, UTM sisteminin konform olmasından dolayı alan hesabında da gerçek alandan uzaklaşılması nedeniyle uygun değildir.

1.4.3. Alan Koruyan Projeksiyonlar

1.4.3.1. Albers Alan Koruyan Konik Projeksiyon

Bu konik projeksiyon standart bir paralel ile bir projeksiyonun bazı deformasyonlarını azaltmak için iki standart paralel kullanır. Ne şekil ne de doğrusal ölçek gerçekten doğru

olmasa da (olmamasına rağmen), bu özelliklerin deformasyonu standart paraleller arasındaki bölgede en aza indirgenmiştir. Enlem ve boylamlar arasındaki 90 derecelik açı korunur, fakat boylam çizgileri boyunca olan ölçek, enlem çizgileri boyunca olan ölçeğe uymadığından, son projeksiyon konform değildir.

Bu projeksiyonun Kuzey-Güney yönünde uzanan yeryüzü kütlelerinden ziyade Doğu-Batı yönünde uzananlar için kullanımı en uygundur. Ağırlıklı olarak Doğu-Batı yönlü bölgeler ve orta enlemlerde yer alan bölgelerde en iyi sonucu verir. Kuzeyden güneye doğru enlemin toplam aralığı 30-35 dereceyi aşmamalıdır. Doğudan Batı'ya doğru sınırlama yoktur. Küçük bölgeler veya ülkeler için kullanılır, ancak kıtalar için kullanılamaz (URL-4, 2017).

1.4.3.2. Alan Koruyan Silindirik Projeksiyon

Normal konumlu alan koruyan silindirik projeksiyon 1772 yılında Lambert tarafından kullanılmıştır. Bu nedenle projeksiyona “Lambert’in alan koruyan silindirik projeksiyonu” adı verilir. Lambert, taban çemberinin yarıçapı kürenin R yarıçapına, h yüksekliği de kürenin çapına ($2R$ ye) eşit olan bir silindirin yan yüzey alanının, küre alanına eşit olduğunu göstermiştir. Kürenin böyle bir silindirik yüzeye aktarılması halinde alan koruyan bir harita projeksiyonu elde edilmektedir.

Alan koruyan normal konumlu silindirik projeksiyonda paralel ve meridyenler doğrudan doğruya çizilebilir. Önce çizim ölçeğinde olmak üzere ekvator çizilir. Verilen boylam farkları için meridyenler arasındaki uzaklıklar hesaplanarak ekvator üzerine geçirilir ve meridyenler çizilir. Paralel dairelerin küre üzerindeki bitim noktalarından ekvatora çizilen paralel doğrular da projeksiyon yüzeyindeki paralel dairelerini temsil eder. Küçük ölçekli harita yapımında bu çizim yönteminden yararlanır (Çobanoğlu, 2016).

Silindirin küreyi kestiği paralel dairelerinin uzunlukları korunmaktadır. Ayrıca, bu paralel daireleri arasında ve bu paralel daireler ile herhangi bir paralel daire arasında kalan alanlar korunmaktadır (URL-5, 2017).

1.4.3.3. Behrmann Alan Koruyan Konik Projeksiyon

Behrmann alan koruyan konik projeksiyon, dünya haritasına uygun alan koruyan bir projeksiyondur. Standart paraleller 30° Kuzey ve 30° Güneyde bulunur. Standart paraleller yakınında deformasyon asgaridir. Şekiller standart paraleller arasında Kuzey-Güney yönde, 30° Kuzey üzerinde ve 30° Güney altında ise Doğu-Batı yönde deforme olur. Doğrultular genellikle deformasyona uğrar. Mesafeler genellikle ekvator boyunca bozulmuştur. Sadece dünya haritaları için kullanışlıdır (URL-6, 2017).

1.4.3.4. Bonne Alan Koruyan Projeksiyon

Bu alan koruyan projeksiyon, merkezi meridyende ve tüm paralellerde gerçek ölçektedir. Enlem paralelleri eşit derecede aralıklı konsantrik dairesel yaylar olup, meridyenler için ölçeğe göre doğru olarak işaretlenmiştir. Şekil yönünden orta meridyen ve standart paralel boyunca bozulma yoktur, hata bu standart paralellerden uzaklaştıkça artar (URL-7, 2017).

Genellikle kıtalar veya daha küçük bölgelerin haritaları ile sınırlıdır. Deformasyon modeli diğer alan koruyan projeksiyonları tercih edilebilir yapar (URL-7, 2017).

Bonne alan koruyan projeksiyon 19. ve 20. yüzyılın başlarında Asya, Avustralya, Avrupa ve Kuzey Amerika atlas haritaları için kullanıldı. Rand McNally & Co. ve Hammond Inc. tarafından kıta haritalandırması için Lambert azimutal alan koruyan projeksiyonla değiştirildi (URL-7, 2017).

Fas ve diğer bazı Akdeniz ülkeleri ile birlikte Fransa ve İrlanda'nın büyük ölçekli topoğrafik haritalandırmasında kullanılmıştır (Snyder, 1993).

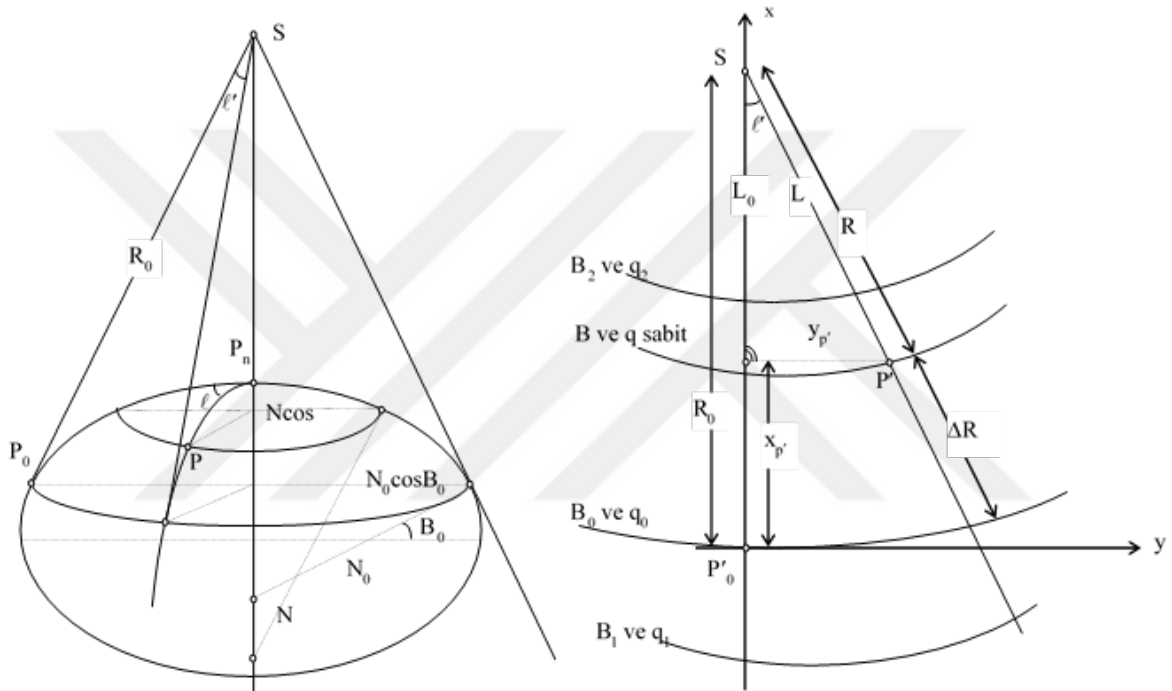
1.4.3.5. Lambert Azimutal Alan Koruyan Konik Projeksiyon

Lambert Konform Konik (LKK) projeksiyonu büyük ölçüde orta meridyenlerde yer alan ve özellikle enlem farkları az olmasına rağmen boylam farkları fazla olan, doğu-batı yönünde uzanan ülkelerin ve kıtaların haritalarının yapımında yaygın olarak kullanılan bir projeksiyondur.

Bu projeksiyon, aynı anda merkezden açılı (şekil) korunurken, tek tek çokgenlerin alanını

da korur. Simetrik orantılı, yuvarlak veya kare olan yeryüzü kütleleri için en uygundur. Bu projeksiyon ekvatorial, polar ve oblik yönlerin hepsini barındırabilir. (URL-8, 2017)

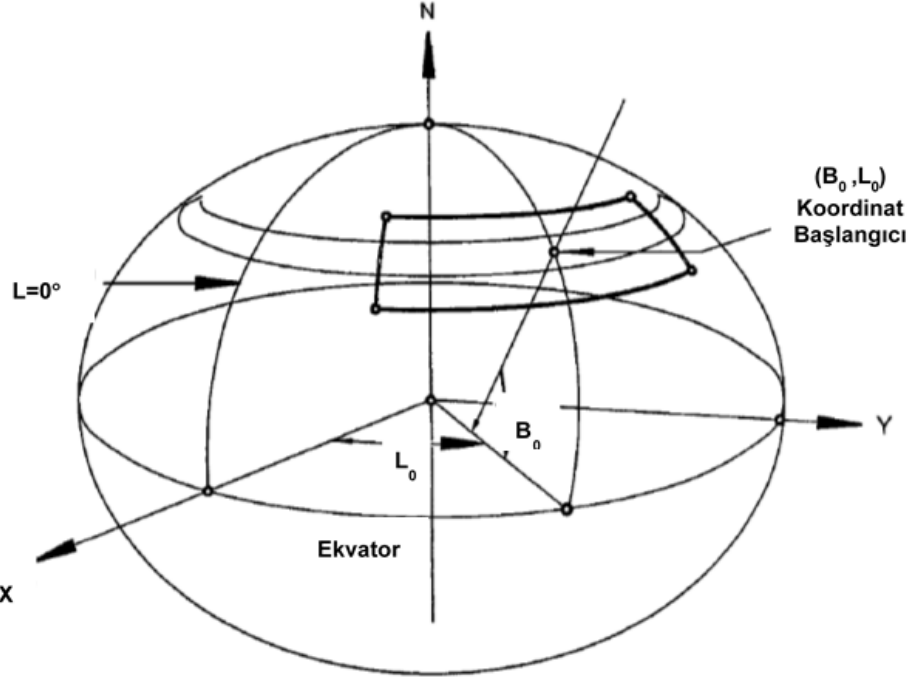
Lambert Konform Konik projeksiyonda meridyenler tek noktadan yayılan düz çizgiler, paraleller ise gerçek uzaklıkta çizilen iç içe daireler şeklindedir. Paralel ve meridyenler dik olarak kesişirler ve paralel dairelerin merkezi meridyenlerin birleşim noktasıdır. 1:500 000 ve daha küçük ölçekli haritalarımız bu projeksiyon yöntemiyle yapılmıştır. (URL-9, 2017)



Şekil 8. Lambert Konform Konik tasvir koordinatları

Şekil odak noktasının 15° içerisinde % 2'den daha az oranda asgari olarak bozulmuştur. Bunun ötesinde, açısal bozulma daha belirgindir; küçük şekiller merkezden radyal olarak sıkıştırılır ve dikey olarak uzatılır. (URL-8, 2017)

Paralellerin eşit olmayan aralıklarla aynı merkezli daireler şeklinde olduğu LKK projeksiyonda Doğu-Batı yönünde bozulma oranı yoktur.



Şekil 9. Lambert Konform Konik (LKK) projeksiyonu

Ülkemizde olduğu gibi Doğu-Batı yönünde uzanan ülkelerde, ülkenin haritasının bir bütün olarak çizilmesi durumunda ya da ülke coğrafi sınırları içerisinde tüm uygulamaların birlikte değerlendirilmesi için LKK projeksiyonu tercih edilebilir.

1.4.3.6. Sinusoidal Alan Koruyan Projeksiyon

Sinusoidal alan koruyan projeksiyon, tüm paralellerin ve merkez meridyenin düz olduğu sözde (sahte/pseudo) bir projeksiyondur. Bu projeksiyon konformal bozulmaya rağmen eşit alanı korur ve alanlar doğru bir şekilde temsil edilir.

Meridyenler, sinüs fonksiyonlarına dayanan, merkez meridyenden uzaklaştıkça genliklerin arttığı eğrilerdir. Merkezi meridyen ve ekvator boyunca bozulma yoktur. Daha küçük bölgeler dünyanın kesintisiz sinüs izdüşümünden daha az bozulma sergiler. Bu nedenle Sinusoidal alan koruyan projeksiyon tüm dünya yerine daha küçük yeryüzü kütleleri için kullanıldığında deformasyon azaltılır. Bu özellikle ekvatora yakın bölgeler için geçerlidir (URL-10, 2017).

Alternatif formatlar, projeksiyonun okyanuslar üzerindeki sürekliliğini keserek ve kıtaları kendi merkez meridyenleri etrafında ortalayarak, dış meridyen boyunca bozulmayı azaltır veya tersini sağlar. Yerel açılar, merkezi meridyende ve ekvatorunda doğrudur, ancak

başka yerlerde deformasyona uğramıştır. Tüm paraleller ve projeksiyonun merkezi meridyeni boyunca ölçeği doğrudur. Güney Amerika, Afrika kıtaları ve bazen de kendi merkez meridyeni olan başka yeryüzü kütlelerinin haritaları için kullanılır (URL-10, 2017).



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Uygulama Parsellerinin Seçimi ve Gösterimi

Türkiye Batı-Doğu yönünde uzanan, kendisini sınırlayan enlem ve boylamlar içerisinde tek bir UTM dilimine sığmayan büyük bir ülkedir. OGM teşkilatında 28 adet OBM bulunmaktadır. Bazı orman bölge müdürlükleri tek bir il sınırında faaliyet gösterirken, birçok OBM ise iki veya daha fazla il sınırında faaliyetlerini sürdürmektedir.

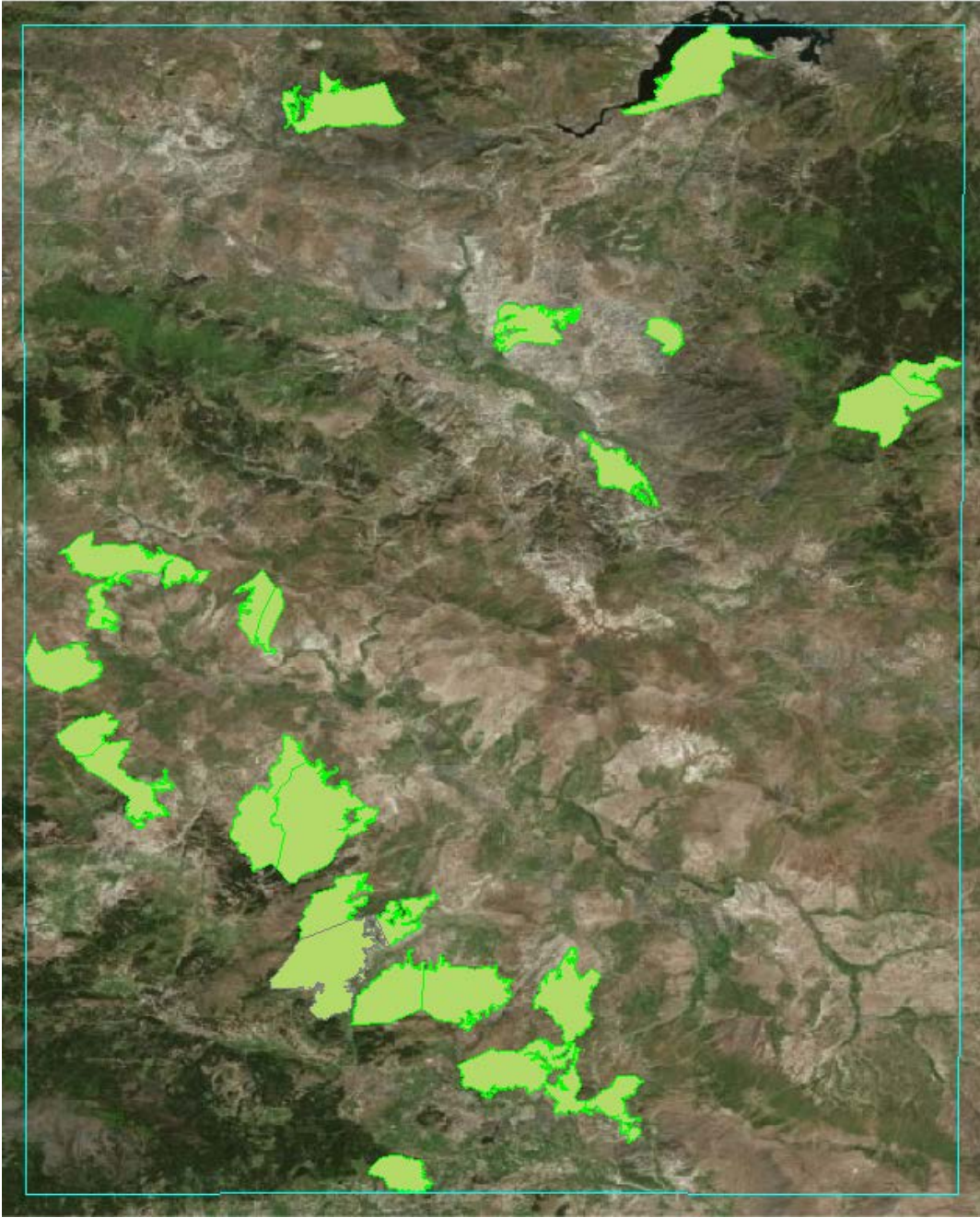


Şekil 10. Orman bölge müdürlükleri haritası

Çalışma alanı Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunan, orman kadastro çalışmalarının tamamlanması neticesinde orman sınırları kesinleşmiş 25 adet test orman parselinden oluşmaktadır. Bu orman parsellerinin yer aldığı alanın köşe koordinatları Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Çalışma alanı köşe koordinatları

KÖŞE	ITRF96_30-3		COĞRAFİ	
	Y	X	Y	X
SOL ALT	478187.91490161	4304531.07579214	29.74865095	38.87386369
SAĞ ALT	531148.60229332	4304531.07579213	30.35893566	38.87358258
SAĞ ÜST	531148.60229332	4389439.93585926	30.36285664	39.63837168
SOL ÜST	478187.91490161	4389439.93585926	29.74590520	39.63866050



Şekil 11. Çalışma alanının uydu fotoğrafı üzerindeki görünümü

Tez çalışmasında belirlenen çalışma alanındaki orman parselleri, Kütahya OBM sınırlarında yer almaktadır. Kütahya OBM, 6 adet orman işletme müdürlüğü ve 40 adet orman işletme şefliği ile yaklaşık 2 milyon hektar alana sahiptir. Orman kadastro yapılan 457 birimdeki orman alanı 644,544.4 ha ve orman kadastro yapılacak 95 birimdeki tahmin edilen yaklaşık orman alanı 64,240.00 ha'dır. Kütahya OBM sınırları dahilindeki 552 birimdeki orman alanı yaklaşık 708,784.40 ha ile orman bölge müdürlüğü alanının yaklaşık %36'sını oluşturmaktadır.

Coğrafi koordinatlarla köşe noktaları belirlenen parsellerin gerçek alanları Gillissen yöntemiyle hesaplanmıştır. Bu çalışma alanında seçilen 25 adet orman parselinden en küçük orman parseli 3.389.640,34 m² (338,96 ha) ve en büyük orman parseli ise 28.570.400,06 m² (2857,04 ha) alana sahiptir.

Tablo 2. Test orman parselleri ve alanları

Parsel Adı	Alan (m²)	Alan (ha)
A1	28570400.06	2857.04
A2	24240478.09	2424.05
A3	19454337.93	1945.43
A4	18201879.62	1820.19
A5	16730812.85	1673.08
A6	16398436.25	1639.84
A7	15951099.00	1595.11
A8	14808973.85	1480.90
A9	14780005.79	1478.00
A10	12920294.08	1292.03
A11	12718478.73	1271.85
A13	11066946.98	1106.69
A14	10550250.17	1055.03
A15	9498504.81	949.85
A16	9275751.70	927.58
A18	7246669.96	724.67
A20	6575812.50	657.58
A21	6190103.84	619.01
A22	6122998.27	612.30
A23	5774533.42	577.45
A25	5395176.25	539.52
A26	5301967.84	530.20
A29	3673392.08	367.34
A30	3563645.43	356.36
A32	3389640.34	338.96

Çalışma alanında yer alan 25 adet test orman parselinin seçiminde, bu çalışmada seçilen alan koruyan ve UTM projeksiyon sistemlerinin farklı büyüklükteki orman parsellerinde oluşan alan deformasyonlarını daha iyi tespit edebilmek amacıyla 300 hektardan büyük ve yaklaşık 3000 hektara kadar olan orman alanları tercih edilmiştir.

Alan koruyan ve UTM projeksiyon sistemlerinde hesaplanan orman parseli alanları, Gillissen yöntemiyle hesaplanan gerçek alan değerleri ile karşılaştırılmıştır.

2.2. Kullanılan Alan Hesabı Yöntemleri, Karşılaştırılması ve Seçimi

2.2.1. Alan Hesabı İçin Kesin Alan Değerlerinin Belirlenmesi

Orman kadastro haritaları 1/5000 ölçekli olarak üretilmektedir. Orman parsellerinin UTM koordinatlı köşe noktalarından alanları hesaplanmaktadır. Orman parselleri genellikle alan olarak büyük parsellerdir. İstisnaları olsa da 6831 sayılı Orman Kanunu'nun 1. maddesinin G bendine göre ormanlar üç hektardan (30.000 m^2) büyük alanlardır. Orman parsellerinin büyüklüğü göz önünde bulundurulduğu takdirde, alanlarda meydana gelen deformasyonlar daha da önem kazanacaktır.

Alan büyüdükçe küçük ölçekli haritalardan UTM veya coğrafi koordinatlarla alan hesabı, hem ölçek hem de düzlem geometri nedeniyle gerçek alanı yansıtmamaktadır. Dolayısıyla büyük ölçekli haritaların haricindeki büyük alanlı parsel alanlarının hesaplanması, günümüz modern uzay konumlandırma teknolojilerine yanıt vermesi ve daha yüksek hassasiyetlere gereksinim jeodezik hesaplamaların orijinal yüzeyi elipsoid'de yapılmasına genellikle ihtiyaç duyulmaktadır. Elipsoid yüzeyindeki hesaplamalar düzlem ve küreye nazaran daha karışık ve uzun olmasına karşılık günümüz hesap imkanları düşünüldüğünde bu hesap güçlüğü rahatlıkla ortadan kaldırılabilir.

Ülkemizde kullanılan DUTM ve UTM projeksiyon sistemlerinde koordinatlar konformdur. Bu sistemlerde alan deformasyon miktarı hesaplanan alanın büyüklüğüne ve başlangıç meridyeninden olan uzaklığına göre değişmektedir. Parsellerin kesin alan değerlerinin hesaplanabilmesi için coğrafi koordinatlarına ihtiyaç duyulur. Fakat CBS ve CAD yazılımlarında coğrafi koordinatlarla alan hesabı bulunmamaktadır. CBS ve CAD yazılımlarında koordinatlarla sadece düzlem alan hesabı yapılmaktadır. Bu şekilde hesaplanan düzlem alan verisi gerçek alan bilgisini vermemektedir. Bu nedenle en uygun alan koruyan projeksiyon seçilerek deformasyonların minimize edilmesi ile gerçek alana en

yakın alan hesabı yapılabilir.

Kesin alan değerini hesaplayabilmek için çalışma alanındaki orman parsellerinin köşe koordinatları coğrafi koordinatlara dönüştürülmüş ve hesaplama işlemi elipsoid yüzeyinde yapılmıştır.

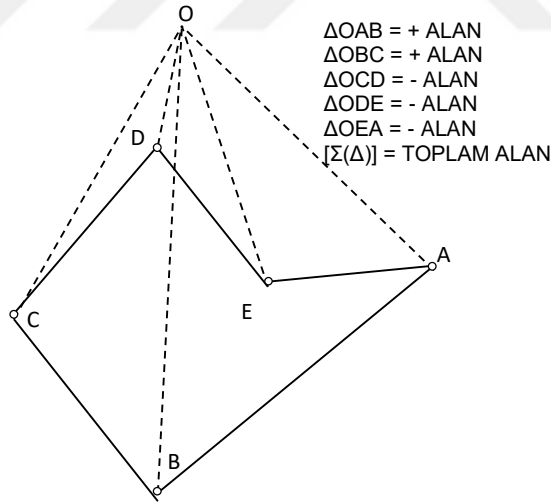
Elipsoid yüzeyinde coğrafi koordinatlar ile orman parsellerinin kesin alanlarının hesabı için Kimerling, Danielsen ve Gillissen yöntemleriyle alan hesapları yapılmıştır.

2.2.1.1. Kimerling Yöntemi

Kimerling yönteminde coğrafi koordinatlar ile elipsoid yüzeyine indirgenen alanların, elipsoid yüzeyinde alanı hesaplanır.

Elipsoid üzerindeki herhangi bir düzensiz şeklin alanının coğrafi koordinatlardan hesaplanması ile tanımlanabilir.

Harita üzerinde düzensiz herhangi bir poligonun yüzey alanı keyfi seçilen bir başlangıçla oluşturulan üçgenlerin toplamıyla hesaplanabilir (Şekil 12).



Şekil 12. Kimerling yönteminde üçgen alanlarının toplanması ya da çıkarılması

O noktası poligonun içinde veya dışında herhangi bir noktadan konumlandırılır. Şekil 12'deki ABCDE poligonunun yüzey alanı OAB, OBC, OCD, ODE ve OEA yönlendirilmiş üçgenlerin toplamıyla bulunur. OAB ve OBC sağ dönüş iken diğer üçü sol dönüştedirler. Sınırdaki iki ucun yatay konumu üçgen dönüklüğünü verir.

Üçgen yönlendirme kavramı küre veya elipsoid içinde verilebilir. Şekil küredeki bir

poligon gibi gösterilebilir. Ortak uç (O) güney veya kuzey kutup noktası olabilir.

Üçgen alanlarının toplamının mutlak değeri poligon alanlarıdır. Her bir üçgen alanı küresel eksenle olan ilişkisinden hesaplanabilir.

$$F = \varepsilon R^2 \quad (1)$$

Küresel üçgenin eksesi iç açılarının toplamından

$$\varepsilon = 2 \arctan \left(\frac{\cos \frac{\Delta\varphi}{2}}{\tan \frac{\Delta\lambda}{2} \cos \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}} \right) + \Delta\lambda - \pi \quad (2)$$

elde edilir. (1) deki yarıçap, Gauss ortalama yarıçapı alınır ve hesabında üçgenin ortalama enlemi seçilir (Kimerling,1984).

Bu çalışmada Matlab yazılımı ortamında Kimerling yöntemiyle elipsoidde alan hesabı yapmak için bir algoritma geliştirilmiştir (Ek 1). Bu algoritma ile Kimerling yöntemine göre test orman parsellerinin alanları hesaplanmıştır. Bu alanlar aşağıdaki tablo 3'te listelenmiştir.

Tablo 3. Kimerling yöntemine göre hesaplanan orman parsel alanları

PARSEL NO	YÖNTEM	
	KIMERLING (m ²)	KIMERLING (ha)
A1	28570395.177	2857.040
A2	24240469.578	2424.047
A3	19454328.124	1945.433
A4	18201876.395	1820.188
A5	16730813.168	1673.081
A6	16398457.767	1639.846
A7	15951113.029	1595.111
A8	14808966.726	1480.897
A9	14780011.616	1478.001
A10	12920310.368	1292.031
A11	12718482.380	1271.848

Tablo 3'ün devamı

A13	11066941.056	1106.694
A14	10550257.580	1055.026
A15	9498503.708	949.850
A16	9275748.747	927.575
A18	7246671.007	724.667
A20	6575813.245	657.581
A21	6190103.461	619.010
A22	6122992.352	612.299
A23	5774532.879	577.453
A25	5395172.234	539.517
A26	5301966.921	530.197
A29	3673391.662	367.339
A30	3563646.517	356.365
A32	3389639.007	338.964
TOPLAM	288400604.707	28840.060

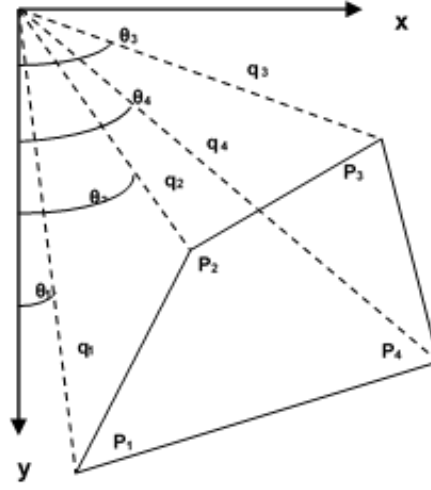
2.2.1.2. Gillissen Yöntemi:

Elipsoid coğrafi koordinatlardan, Albers AKK projeksiyon kullanılarak hesaplanacak alanın köşelerinin kutupsal projeksiyon koordinatları (ρ, θ) ile alan hesabı yapılır (şekil 13).

$$\rho = \sqrt{\frac{N_1^2}{n^2} \cos^2 B_1 + \frac{2a^2}{n} (1 - e^2)(\beta_1 - \beta)}$$

$$\theta = \frac{\frac{\cos^2 B_1}{1 - e^2 \sin^2 B_1} - \frac{\cos^2 B_2}{1 - e^2 \sin^2 B_2}}{2(1 - e^2)(\beta_2 - \beta_1)} (L - L_0) \quad (3)$$

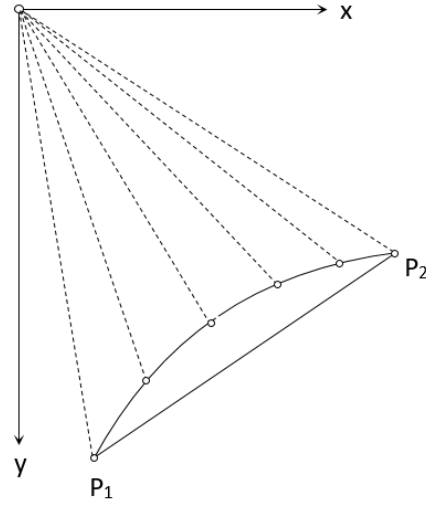
AKK projeksiyon koordinatlarında B_1 ve B_2 standart paraleller ve L_0 seçilen başlangıç boylamıdır.



Şekil 13. Kutupsal koordinat sistemi

Düzlem projeksiyon koordinatlarıyla hesaplanacak alanın kenarları elipsoiddeki jeodezik eğrinin projeksiyonu olmayıp bir doğrudur. Jeodezik eğrinin projeksiyondaki karşılığına göre alan hesaplamak için, jeodezik eğri üzerinde ara noktalar (kirişler) alınarak; nokta düzleme aktarılır. Bu kirişlerin boyu ne kadar kısa alınırsa jeodezik eğri o kadar iyi temsil edilir.

Kiriş yöntemi için öncelikle kenarın, ilk ve son noktalarının coğrafi koordinatlardan elipsoidal ikinci jeodezik temel problem (JTP2) çözümüyle azimut ve kenar uzunluğu hesaplanır. İlk noktadan itibaren kiriş boyu belirlenerek kenar üzerindeki nokta sayısı belirlenir. Kenar üzerindeki her bir noktanın coğrafi koordinatlarını bulmak için elipsoidal birinci jeodezik temel problem (JTP1) çözümü kullanılır. JTP1 çözümünde kenarın ilk noktasının coğrafi koordinatları ve azimutu sabit olup kiriş boyları değişkendir. Bir sonraki noktada kiriş boyu iki kat artırılır ve sırasıyla kenar katlanarak devam ettirilir. Böylece hesaplanacak alana ait bir kenar üzerinde kiriş yöntemiyle belirlenen ara noktaların projeksiyon koordinatları hesaplanır ve oluşan üçgenlerin alanları toplamı ile söz konusu kenar ve harita tepe noktasından oluşan üçgenin kesin alanı hesaplanır (şekil 14). Hesaplanacak alanın diğer kenarları içinde aynı işlemler tekrarlanarak jeodezik eğri karşılığı elipsoidal alan hesaplanır (Gillisen, 1993).



Şekil 14. Jeodezik eğrinin kırıtlara ayrılması

Albers AKK projeksiyon ile düzleme geçiş ve düzlemde kutupsal koordinatlarla alan hesabı;

$$F = \frac{1}{2} [(\rho_1 - \rho_2) \sin(\theta_2 - \theta_1) + (\rho_2 - \rho_3) \sin(\theta_3 - \theta_2) + \dots + (\rho_{n-1} - \rho_n) \sin(\theta_n - \theta_{n-1}) + (\rho_n - \rho_1) \sin(\theta_1 - \theta_n)] \quad (4)$$

Bu çalışmada Matlab yazılımı ortamında elipsoidde alan hesabı yapmak için geliştirilen algoritma (Ek 2) ile Gillissen yöntemine göre hesaplanan test orman parsellerinin alanları aşağıda tablo y'de listelenmiştir.

Tablo 4. Gillissen yöntemine göre hesaplanan orman parsel alanları

PARSEL NO	YÖNTEM	
	GILLISSEN (m ²)	GILLISSEN (ha)
A1	28570400.061	2857.040
A2	24240478.094	2424.048
A3	19454337.931	1945.434
A4	18201879.619	1820.188
A5	16730812.852	1673.081
A6	16398436.252	1639.844

Tablo 4'ün devamı

A7	15951099.003	1595.110
A8	14808973.848	1480.897
A9	14780005.793	1478.001
A10	12920294.084	1292.029
A11	12718478.729	1271.848
A13	11066946.977	1106.695
A14	10550250.167	1055.025
A15	9498504.813	949.850
A16	9275751.703	927.575
A18	7246669.960	724.667
A20	6575812.498	657.581
A21	6190103.844	619.010
A22	6122998.275	612.300
A23	5774533.424	577.453
A25	5395176.254	539.518
A26	5301967.838	530.197
A29	3673392.084	367.339
A30	3563645.430	356.365
A32	3389640.344	338.964
TOPLAM	288400589.875	28840.059

2.2.1.3. Danielsen Yöntemi:

Danielsen yönteminde alan hesabı için; elipsoidde (B,L) koordinatlarıyla tanımlı jeodezi eğri yerine, kürede (β,λ) koordinatlarıyla tanımlı büyük daire yayı kullanılmıştır. Kimerling yönteminde de olduğu gibi saat ibresi yönünde ilerledikçe boylam farkının işaretiyle değişecek olan jeodezik eğrinin altındaki alanların toplamı hesaplanmak istenen parselin alanını verecektir.

$$\begin{aligned}
F = b^2 & \left[a_{00} \Delta\theta - (a_{10} + a_{11} p^2 + a_{13} p^6) p^2 \Delta J_1 \right. \\
& - (a_{20} + a_{21} p^2 + a_{22} p^4) p^4 \Delta J_3 \\
& \left. - (a_{30} + a_{31} p^2) p^6 \Delta J_5 - a_{10} p^8 \Delta J_7 \right]
\end{aligned} \quad (5)$$

Burada $\Delta\theta$ ve ΔJ katsayıları için; Helmert'in küresel yaklaşımla jeodezik eğri hesabı ve Sodano'nun ellipsoid ve küre arasındaki boylam farkı düzeltmesi (λ -L) kapalı çözüm hesabındaki eşitlikler

$$\begin{aligned}
\Delta\theta &= \arcsin(\sin \xi \sin \lambda_2) - \arcsin(\sin \xi \sin \lambda_1) \\
\Delta J_n &= \sin \theta_2 / \cos^n \theta_2 - \sin \theta_1 / \cos^n \theta_1 \\
p &= \cos \xi \\
\tan \xi &= \tan \beta_i / \cos \lambda_i \quad i = 1, 2 \\
\tan \lambda_1 &= (\tan \beta_2 / \tan \beta_1 - \cos \Delta\lambda) / \sin \Delta\lambda \\
\lambda_2 &= \lambda_1 + \Delta\lambda \\
\Delta\lambda &= \Delta L + f \cdot p_m \frac{(1 - k/2)\sigma - D}{1 - f \cdot p_m (1 - k/2)(p_m + G\sigma)} \\
\cos \sigma &= \sin \beta_1 \sin \beta_2 + \cos \beta_1 \cos \beta_2 \cos \Delta L \\
p_m &= \cos \beta_1 \cos \beta_2 \sin \Delta L / \sin \sigma \\
k &= f(1 - p_m^2) / 2 \\
G &= \cot \Delta L - p_m \cot \sigma \\
D &= k(2 \sin \beta_1 \sin \beta_2 / (1 - p_m^2) - \cos \sigma) \sin(\sigma / 2)
\end{aligned} \quad (6)$$

kullanılır ve (5)'de ki katsayılar aşağıdaki gibi hesaplanır (Danielsen, 1989).

$$\begin{aligned}
a_{00} &= 1 + \frac{2}{3}e'^2 - \frac{1}{15}e'^4 + \frac{4}{105}e'^6 - \frac{8}{315}e'^8 \\
a_{10} &= \frac{2}{3}e'^2 - \frac{1}{15}e'^4 + \frac{4}{105}e'^6 - \frac{32}{315}e'^8 \\
a_{11} &= \frac{2}{45}e'^4 - \frac{8}{105}e'^6 - \frac{32}{315}e'^8 \\
a_{20} &= \frac{1}{45}e'^4 - \frac{4}{105}e'^6 + \frac{16}{315}e'^8 \\
a_{12} &= \frac{32}{1575}e'^6 - \frac{256}{4725}e'^8, \quad a_{13} = \frac{384}{33075}e' \\
a_{21} &= \frac{16}{1575}e'^6 - \frac{128}{4725}e'^8, \quad a_{13} = \frac{16}{3675}e'^8 \\
a_{30} &= \frac{4}{525}e'^6 - \frac{32}{1575}e'^8, \quad a_{40} = \frac{8}{2205}e'^8 \\
a_{22} &= \frac{64}{11025}e'^8
\end{aligned} \tag{7}$$

Yöntemlerin hassasiyetlerini kontrolünde, herhangi birisini en doğru kabul ederek diğerlerinden farkı alınması gerekmektedir. Bunun için kutuplardan basık dönел elipsoid (oblate ellipsoid) alanı

$$F_{elipsoid} = 2\pi a^2 \left(1 + \frac{(1-e^2)}{e} \arctan h(e) \right) \tag{8}$$

kullanılmıştır. Elipsoidde iki nokta; ekvator da ($B_1=B_2=0^\circ$) ve boylamları ($L_1=0^\circ, L_2=90^\circ$) ile seçilir. Bu iki nokta kutup noktasıyla birleştirilerek kutup üçgeni oluşturulur. P1P2PN kutup üçgeninin alanı (18) verilen alanın 1/8 olur. Böylece hem yöntemler içinde hasas olanı belirlenir hem de enlem ve boylamın özel durumları ($0^\circ, 90^\circ$) için yöntemler irdelenmesi sağlanır.

Bu çalışmada Matlab yazılımı ortamında Danielsen yöntemiyle elipsoidde alan hesabı yapmak için geliştirilen algoritma (Ek 3) ile Danielsen yöntemine göre test orman parsellerinin alanları hesaplanmıştır. Bu alanlar aşağıda tablo 4'de listelenmiştir.

Tablo 5. Danielsen yöntemine göre hesaplanan orman parsel alanları

PARSEL NO	YÖNTEM	
	DANIELSEN (m ²)	DANIELSEN (ha)
A1	28570403.642	2857.040
A2	24240471.391	2424.047
A3	19454374.205	1945.437
A4	18201867.804	1820.187
A5	16730816.942	1673.082
A6	16398439.169	1639.844
A7	15951094.999	1595.109
A8	14808972.997	1480.897
A9	14780011.170	1478.001
A10	12920252.149	1292.025
A11	12718473.882	1271.847
A13	11066955.840	1106.696
A14	10550247.366	1055.025
A15	9498499.811	949.850
A16	9275748.557	927.575
A18	7246666.585	724.667
A20	6575817.915	657.582
A21	6190102.046	619.010
A22	6122994.177	612.299
A23	5774533.892	577.453
A25	5395176.547	539.518
A26	5302010.728	530.201
A29	3673381.412	367.338
A30	3563642.156	356.364
A32	3389640.706	338.964
TOPLAM	288400596.087	28840.060

Orman alanlarının jeodezik hassasiyetle belirlenebilmesi için orman kadastro çalışmalarında projeksiyon seçimi önem kazanmaktadır. Orman parsellerinde alanlar tesis

kadastrosundaki alan büyüklüklerinin aksine çok daha büyük alanları ifade etmektedir. Orman alanlarının büyümesiyle birlikte bu alanlarda meydana gelen deformasyonlar da artmaktadır.

Parsel köşe koordinat verilerinin hassasiyeti çalışma sonuçlarını doğrudan etkileyen bir faktör olması bakımından önemlidir. Orman kadastrosu çalışmalarında parsel köşe koordinatları BÖHHBÜY’nde bahsedilen koordinat hassasiyeti kriterlerinde elde edilmektedir. Bu çalışmada veri olarak kullanılan orman parsellerine ait köşe koordinatları 5304 sayılı Kanunla değişik 3402 sayılı Kadastro Kanunu esaslarınca üretilmiştir ve BÖHHBÜY kriterlerine uygundur.

Büyük alanlı projelerde kullanıcılar alan bilgisinin hassasiyeti için, ülkemizde mevcut harita altlık verilerinin üretildiği UTM ve DUTM konform projeksiyonlarından ArcGIS 10.3 CBS yazılımında mevcut alan koruyan projeksiyonlara geçiş yapabilirler. Bu noktada dikkat edilmesi gereken husus, konform projeksiyondaki koordinatların coğrafi koordinatlara dönüştürülerek alan hesabının elipsoid yüzeyinde yapılmasıdır. Böylece projeksiyon seçiminden kaynaklanan alan deformasyonunun önüne geçilmesi amaçlanmaktadır. Bu çalışmada elipsoid yüzeyinde alan hesabı için Gillissen yöntemi seçilmiştir.

Gillissen yönteminde hesaplanan alan büyüdükçe Kimerling ve Danielsen yöntemine göre daha hassas sonuçlar vermektedir. Gillissen yöntemi hesaplama algoritmalarının karmaşıklığı nedeniyle hesap gerçekleştirmede işlem zamanı olarak Kimerling ve Danielsen yöntemlerine göre dezavantajlıdır.

2.3. ArcGIS Yazılımında Projeksiyonların Seçimi

Bu çalışmada ArcGIS 10.3 CBS yazılımında UTM ve DUTM konform projeksiyon koordinatları hesaplanmıştır. Ayrıca yazılımda mevcut 6 alan koruyan projeksiyon irdelenmiştir. Çalışmada kullanılan konform ve alan koruyan projeksiyonların listesi ile projeksiyon başlangıç koordinatları tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 6. Uygulamada kullanılan projeksiyonlar

Projeksiyon	L ₀	B ₀	B ₁	B ₂
DUTM	30°,33°			
UTM	27°			
Albers AKK	30°	30.05°	34.45°	34.85°

Tablo 6'nın devamı

AKS	30°	30.05°		
Behrmann AKK	30°			
Bonne Alan Koruyan	30°			
Lambert Azimutal Alan Koruyan Konik	30°	30.05°		
Sinusoidal Alan Koruyan	30°			

2.3.1. Konform Projeksiyonlar (3 ve 6 Derecelik UTM)

Üç boyutlu dünya yüzeyinin düzlemsel yüzeye indirgenmesinde açı, mesafe ve doğrultuda meydana gelen hataları minimize etmek amacıyla geliştirilen matematiksel ve geometrik kurallı algoritmalar bütününe harita projeksiyonları denilmektedir.

Türkiye için tercih edilen projeksiyon sistemi UTM (Universal Transverse Merkator)'dur. UTM projeksiyon sistemi ise konform bir projeksiyondur. Ters silindirik bir projeksiyon olan UTM sisteminde dünya, 180 derece meridyeninden başlamak üzere 6 derece aralıklarla 60 dilime ayrılmaktadır. Türkiye 35., 36., 37. ve 38. dilimler içerisinde yer almaktadır. Bu dilimlere karşılık gelen dilim orta meridyenleri ise başlangıç meridyeni olan 27°,33°,39° ve 45° dilimlerdir.

Bu çalışmada örnek parsel alanları için, projeksiyonlar ArcGIS yazılımında UTM ve DUTM konform projeksiyonlarında tanımlanmıştır. Örnek parsellerin alanları bu projeksiyon sistemlerinde hesaplanarak, sonuçlar tezin üçüncü bölümünde (Bulgular ve İrdellemeler) irdelenmiştir.

2.3.2. Alan Koruyan Projeksiyonlar

Alan koruyan projeksiyonlarda haritada görüntülenen özelliklerin alanları korunur. Bu projeksiyonlarda meridyenlerin kutup noktasında birleşmesiyle alanların gerçeğe daha yakın bir şekilde çizimi sağlanmaktadır. Fakat meridyenler ile paraleller her zaman dik açılarla kesişmeyebilir. Alanlar korunurken şekil, açı ve uzunluk özellikleri deformasyona uğrar. Alan koruyan projeksiyonlarda orta enlemlerden kutuplara ve ekvatora doğru gidildikçe şekillerde deformasyonlar artmaktadır. Örneğin kuzey-güney yönünde daralan bir alanın haritası yapılıyorsa, alan bilgisinin korunması için bu alanın doğu-batı yönünde genişlemesi gerekmektedir. Bu nedenle deformasyonların en az olduğu orta enlemlerdeki alanların

çiziminde daha sık kullanılmaktadırlar.

Bu çalışmada test parsel alanları, Albers AKK, AKS, Behrmann AKK, Bonne alan koruyan, Lambert azimutal AKK ve Sinusoidal alan koruyan projeksiyon olmak üzere altı farklı alan koruyan projeksiyon sisteminde irdelenmiştir.

Çalışmada kullanılan her bir alan koruyan projeksiyon sistemi, tablo 3'te verilen parametreler esas alınarak ArcGIS CBS yazılımında tanımlanmıştır. Test parsellerin alanları bu projeksiyon sistemlerinde hesaplanarak, sonuçlar tezin üçüncü bölümünde (Bulgular ve İrdemeler) irdelenmiştir.

2.4. Projeksiyonlardan Hesaplanan Alan Değerleri

Tablo 7. UTM ve DUTM projeksiyonlardan hesaplanan orman parsel alan değerleri

PARSEL	DUTM		UTM	
	ITRF96/GRS80 (m ²)	ITRF96/GRS80 (ha)	ITRF96/GRS80 (m ²)	ITRF96/GRS80 (ha)
A1	28570421.774	2857.042	28592928.985	2859.293
A2	24240491.726	2424.049	24259949.213	2425.995
A3	19454360.215	1945.436	19472816.248	1947.282
A4	18201997.722	1820.200	18220906.703	1822.091
A5	16730817.085	1673.082	16745881.440	1674.588
A6	16398464.060	1639.846	16410783.741	1641.078
A7	15951105.646	1595.111	15963663.817	1596.366
A8	14809228.918	1480.923	14826714.331	1482.671
A9	14780100.995	1478.010	14789626.675	1478.963
A10	12920294.789	1292.029	12931242.916	1293.124
A11	12718503.893	1271.850	12730927.454	1273.093
A13	11067018.225	1106.702	11074208.805	1107.421
A14	10550351.283	1055.035	10556689.184	1055.669
A15	9498509.712	949.851	9506131.906	950.613
A16	9275762.399	927.576	9284365.465	928.437
A18	7246694.410	724.669	7253903.649	725.390
A20	6575866.610	657.587	6579950.650	657.995
A21	6190103.981	619.010	6195437.049	619.544
A22	6123019.112	612.302	6129240.873	612.924
A23	5774651.499	577.465	5781638.456	578.164
A25	5395186.747	539.519	5399162.538	539.916
A26	5301967.898	530.197	5306505.940	530.651
A29	3673397.840	367.340	3676148.864	367.615
A30	3563672.444	356.367	3565905.745	356.591
A32	3389657.603	338.966	3393131.347	339.313
TOPLAM	288401646.586	28840.164	288647861.994	28864.786

Tablo 8. Albers AKK projeksiyondan hesaplanan orman parsel alan değerleri

PARSEL NO	Albers AKK Projeksiyon	
	(m ²)	(ha)
A1	28570390.847	2857.039
A2	24240428.709	2424.043
A3	19454331.754	1945.433
A4	18201893.606	1820.189
A5	16730815.813	1673.082
A6	16398447.999	1639.845
A7	15951081.911	1595.108
A8	14808969.185	1480.897
A9	14780007.192	1478.001
A10	12920317.541	1292.032
A11	12718478.928	1271.848
A13	11066952.772	1106.695
A14	10550251.662	1055.025
A15	9498533.562	949.853
A16	9275753.455	927.575
A18	7246670.599	724.667
A20	6575802.912	657.580
A21	6190103.319	619.010
A22	6122997.959	612.300
A23	5774547.548	577.455
A25	5395187.528	539.519
A26	5301982.496	530.198
A29	3673390.666	367.339
A30	3563645.513	356.365
A32	3389640.501	338.964
TOPLAM	288400623.977	28840.062

Tablo 9. AKS projeksiyondan hesaplanan orman parsel alan değerleri

PARSEL NO	AKS Projeksiyon	
	(m ²)	(ha)
A1	28570310.022	2857.031
A2	24239981.719	2423.998
A3	19454273.390	1945.427
A4	18202015.552	1820.202
A5	16730844.411	1673.084
A6	16398550.897	1639.855
A7	15950942.563	1595.094
A8	14808929.578	1480.893
A9	14780020.613	1478.002
A10	12920543.104	1292.054
A11	12718480.626	1271.848
A13	11067004.033	1106.700
A14	10550268.726	1055.027
A15	9498799.828	949.880
A16	9275769.144	927.577
A18	7246676.400	724.668
A20	6575718.759	657.572
A21	6190099.394	619.010
A22	6122995.355	612.300
A23	5774669.404	577.467
A25	5395282.009	539.528
A26	5302110.668	530.211
A29	3673378.152	367.338
A30	3563646.310	356.365
A32	3389641.929	338.964
TOPLAM	288400952.587	28840.095

Tablo 10. Behrmann AKK projeksiyondan hesaplanan orman parsel alan değerleri

PARSEL NO	Behrmann AKK Projeksiyon	
	(m ²)	(ha)
A1	28570310.040	2857.031
A2	24239981.477	2423.998
A3	19454273.455	1945.427
A4	18202015.502	1820.202
A5	16730844.409	1673.084
A6	16398550.777	1639.855
A7	15950942.313	1595.094
A8	14808929.555	1480.893
A9	14780020.665	1478.002
A10	12920542.876	1292.054
A11	12718480.638	1271.848
A13	11067004.047	1106.700
A14	10550268.786	1055.027
A15	9498800.008	949.880
A16	9275769.081	927.577
A18	7246676.313	724.668
A20	6575718.812	657.572
A21	6190099.364	619.010
A22	6122995.341	612.300
A23	5774669.299	577.467
A25	5395282.056	539.528
A26	5302110.682	530.211
A29	3673378.219	367.338
A30	3563646.318	356.365
A32	3389641.885	338.964
TOPLAM	288400951.917	28840.095

Tablo 11. Bonne alan koruyan projeksiyondan hesaplanan orman parsel alan değerleri

PARSEL NO	Bonne Alan Koruyan Projeksiyon	
	(m ²)	(ha)
A1	28570398.433	2857.040
A2	24240439.781	2424.044
A3	19454330.748	1945.433
A4	18201905.701	1820.191
A5	16730817.087	1673.082
A6	16398438.927	1639.844
A7	15951083.998	1595.108
A8	14808967.681	1480.897
A9	14780008.646	1478.001
A10	12920331.270	1292.033
A11	12718478.994	1271.848
A13	11066950.256	1106.695
A14	10550258.458	1055.026
A15	9498533.471	949.853
A16	9275755.467	927.576
A18	7246670.809	724.667
A20	6575805.245	657.581
A21	6190104.381	619.010
A22	6122997.686	612.300
A23	5774549.757	577.455
A25	5395176.736	539.518
A26	5301969.219	530.197
A29	3673391.397	367.339
A30	3563645.652	356.365
A32	3389640.507	338.964
TOPLAM	288400650.308	28840.065

Tablo 12. Lambert azimutal alan koruyan konik projeksiyondan hesaplanan orman parsel alan değerleri

PARSEL NO	Lambert Azimutal Alan Koruyan Konik Projeksiyon	
	(m ²)	(ha)
A1	28570394.684	2857.039
A2	24240435.482	2424.044
A3	19454331.576	1945.433
A4	18201898.402	1820.190
A5	16730816.369	1673.082
A6	16398443.402	1639.844
A7	15951083.866	1595.108
A8	14808968.509	1480.897
A9	14780007.886	1478.001
A10	12920323.775	1292.032
A11	12718478.891	1271.848
A13	11066951.274	1106.695
A14	10550254.629	1055.025
A15	9498532.991	949.853
A16	9275754.377	927.575
A18	7246670.737	724.667
A20	6575804.390	657.580
A21	6190103.921	619.010
A22	6122997.929	612.300
A23	5774548.012	577.455
A25	5395181.933	539.518
A26	5301975.526	530.198
A29	3673391.061	367.339
A30	3563645.585	356.365
A32	3389640.525	338.964
TOPLAM	288400635.731	28840.064

Tablo 13. Sinusoidal alan koruyan projeksiyondan hesaplanan orman parsel alan değerleri

PARSEL NO	Sinusoidal Alan Koruyan Projeksiyon	
	(m ²)	(ha)
A1	28570393.407	2857.039
A2	24240300.340	2424.030
A3	19454305.102	1945.431
A4	18201994.607	1820.199
A5	16730832.345	1673.083
A6	16398448.388	1639.845
A7	15951032.524	1595.103
A8	14808946.400	1480.895
A9	14780018.736	1478.002
A10	12920468.221	1292.047
A11	12718479.831	1271.848
A13	11066962.256	1106.696
A14	10550289.678	1055.029
A15	9498638.321	949.864
A16	9275768.192	927.577
A18	7246674.066	724.667
A20	6575779.490	657.578
A21	6190106.688	619.011
A22	6122995.854	612.300
A23	5774605.976	577.461
A25	5395177.558	539.518
A26	5301974.175	530.197
A29	3673388.753	367.339
A30	3563646.400	356.365
A32	3389640.988	338.964
TOPLAM	288400868.298	28840.087

2.5. Projeksiyon Alan Değerleri ile Gillissen Alan Değerleri Karşılaştırılması

Tablo 14. Orman parsellerinin DUTM projeksiyonu ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması

PARSEL NO	ITRF96	GILLISSEN (m ²)	FARK
	GRS80 (m ²)		
	[1]	[2]	[2] - [1]
A1	28570421.77	28570400.06	21.71
A2	24240491.73	24240478.09	13.63
A3	19454360.22	19454337.93	22.28
A4	18201997.72	18201879.62	118.10
A5	16730817.09	16730812.85	4.23
A6	16398464.06	16398436.25	27.81
A7	15951105.65	15951099.00	6.64
A8	14809228.92	14808973.85	255.07
A9	14780101.00	14780005.79	95.20
A10	12920294.79	12920294.08	0.70
A11	12718503.89	12718478.73	25.16
A13	11067018.23	11066946.98	71.25
A14	10550351.28	10550250.17	101.12
A15	9498509.71	9498504.81	4.90
A16	9275762.40	9275751.70	10.70
A18	7246694.41	7246669.96	24.45
A20	6575866.61	6575812.50	54.11
A21	6190103.98	6190103.84	0.14
A22	6123019.11	6122998.27	20.84
A23	5774651.50	5774533.42	118.08
A25	5395186.75	5395176.25	10.49
A26	5301967.90	5301967.84	0.06
A29	3673397.84	3673392.08	5.76
A30	3563672.44	3563645.43	27.01
A32	3389657.60	3389640.34	17.26
TOPLAM	288401646.59	288400589.88	1056.711

Tablo 15. Orman parsellerinin UTM projeksiyonu ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması

PARSEL NO	ITRF96	GILLISEN	FARK
	GRS80 (m ²) [3]		
A1	28592928.99	28570400.06	22528.92
A2	24259949.21	24240478.09	19471.12
A3	19472816.25	19454337.93	18478.32
A4	18220906.70	18201879.62	19027.08
A5	16745881.44	16730812.85	15068.59
A6	16410783.74	16398436.25	12347.49
A7	15963663.82	15951099.00	12564.81
A8	14826714.33	14808973.85	17740.48
A9	14789626.68	14780005.79	9620.88
A10	12931242.92	12920294.08	10948.83
A11	12730927.45	12718478.73	12448.73
A13	11074208.81	11066946.98	7261.83
A14	10556689.18	10550250.17	6439.02
A15	9506131.91	9498504.81	7627.09
A16	9284365.47	9275751.70	8613.76
A18	7253903.65	7246669.96	7233.69
A20	6579950.65	6575812.50	4138.15
A21	6195437.05	6190103.84	5333.20
A22	6129240.87	6122998.27	6242.60
A23	5781638.46	5774533.42	7105.03
A25	5399162.54	5395176.25	3986.28
A26	5306505.94	5301967.84	4538.10
A29	3676148.86	3673392.08	2756.78
A30	3565905.75	3563645.43	2260.31
A32	3393131.35	3389640.34	3491.00
TOPLAM	288647861.99	288400589.88	247272.12

Tablo 16. Orman parsellerinin Albers AKK projeksiyon ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması

PARSEL NO	Albers AKK Projeksiyon (m ²)	GILLISSEN (m ²)	FARK
	[4]	[2]	[2] - [4]
A1	28570390.85	28570400.06	9.21
A2	24240428.71	24240478.09	49.38
A3	19454331.75	19454337.93	6.18
A4	18201893.61	18201879.62	13.99
A5	16730815.81	16730812.85	2.96
A6	16398448.00	16398436.25	11.75
A7	15951081.91	15951099.00	17.09
A8	14808969.19	14808973.85	4.66
A9	14780007.19	14780005.79	1.40
A10	12920317.54	12920294.08	23.46
A11	12718478.93	12718478.73	0.20
A13	11066952.77	11066946.98	5.79
A14	10550251.66	10550250.17	1.49
A15	9498533.56	9498504.81	28.75
A16	9275753.46	9275751.70	1.75
A18	7246670.60	7246669.96	0.64
A20	6575802.91	6575812.50	9.59
A21	6190103.32	6190103.84	0.52
A22	6122997.96	6122998.27	0.32
A23	5774547.55	5774533.42	14.12
A25	5395187.53	5395176.25	11.27
A26	5301982.50	5301967.84	14.66
A29	3673390.67	3673392.08	1.42
A30	3563645.51	3563645.43	0.08
A32	3389640.50	3389640.34	0.16
TOPLAM	288400623.98	288400589.88	230.850

Tablo 17. Orman parsellerinin AKS projeksiyon ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması

PARSEL NO	AKS Projeksiyon (m ²)	GILLISSEN (m ²)	FARK
	[5]	[2]	[2] - [5]
A1	28570310.02	28570400.06	90.04
A2	24239981.72	24240478.09	496.37
A3	19454273.39	19454337.93	64.54
A4	18202015.55	18201879.62	135.93
A5	16730844.41	16730812.85	31.56
A6	16398550.90	16398436.25	114.64
A7	15950942.56	15951099.00	156.44
A8	14808929.58	14808973.85	44.27
A9	14780020.61	14780005.79	14.82
A10	12920543.10	12920294.08	249.02
A11	12718480.63	12718478.73	1.90
A13	11067004.03	11066946.98	57.06
A14	10550268.73	10550250.17	18.56
A15	9498799.83	9498504.81	295.01
A16	9275769.14	9275751.70	17.44
A18	7246676.40	7246669.96	6.44
A20	6575718.76	6575812.50	93.74
A21	6190099.39	6190103.84	4.45
A22	6122995.36	6122998.27	2.92
A23	5774669.40	5774533.42	135.98
A25	5395282.01	5395176.25	105.76
A26	5302110.67	5301967.84	142.83
A29	3673378.15	3673392.08	13.93
A30	3563646.31	3563645.43	0.88
A32	3389641.93	3389640.34	1.58
TOPLAM	288400952.59	288400589.88	2296.119

Tablo 18. Orman parsellerinin Behrmann AKS projeksiyon ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması

PARSEL NO	Behrmann AKS Projeksiyon (m ²)	GILLISSEN (m ²)	FARK
	[6]	[2]	[2] - [6]
A1	28570310.04	28570400.06	90.02
A2	24239981.48	24240478.09	496.62
A3	19454273.46	19454337.93	64.48
A4	18202015.50	18201879.62	135.88
A5	16730844.41	16730812.85	31.56
A6	16398550.78	16398436.25	114.52
A7	15950942.31	15951099.00	156.69
A8	14808929.56	14808973.85	44.29
A9	14780020.66	14780005.79	14.87
A10	12920542.88	12920294.08	248.79
A11	12718480.64	12718478.73	1.91
A13	11067004.05	11066946.98	57.07
A14	10550268.79	10550250.17	18.62
A15	9498800.01	9498504.81	295.19
A16	9275769.08	9275751.70	17.38
A18	7246676.31	7246669.96	6.35
A20	6575718.81	6575812.50	93.69
A21	6190099.36	6190103.84	4.48
A22	6122995.34	6122998.27	2.93
A23	5774669.30	5774533.42	135.88
A25	5395282.06	5395176.25	105.80
A26	5302110.68	5301967.84	142.84
A29	3673378.22	3673392.08	13.86
A30	3563646.32	3563645.43	0.89
A32	3389641.88	3389640.34	1.54
TOPLAM	288400951.92	288400589.88	2296.162

Tablo 19. Orman parsellerinin Bonne alan koruyan projeksiyon ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması

PARSEL NO	Bonne Alan Koruyan Projeksiyon (m ²)	GILLISSEN (m ²)	FARK
	[7]	[2]	[2] - [7]
A1	28570398.43	28570400.06	1.63
A2	24240439.78	24240478.09	38.31
A3	19454330.75	19454337.93	7.18
A4	18201905.70	18201879.62	26.08
A5	16730817.09	16730812.85	4.23
A6	16398438.93	16398436.25	2.67
A7	15951084.00	15951099.00	15.00
A8	14808967.68	14808973.85	6.17
A9	14780008.65	14780005.79	2.85
A10	12920331.27	12920294.08	37.19
A11	12718478.99	12718478.73	0.27
A13	11066950.26	11066946.98	3.28
A14	10550258.46	10550250.17	8.29
A15	9498533.47	9498504.81	28.66
A16	9275755.47	9275751.70	3.76
A18	7246670.81	7246669.96	0.85
A20	6575805.24	6575812.50	7.25
A21	6190104.38	6190103.84	0.54
A22	6122997.69	6122998.27	0.59
A23	5774549.76	5774533.42	16.33
A25	5395176.74	5395176.25	0.48
A26	5301969.22	5301967.84	1.38
A29	3673391.40	3673392.08	0.69
A30	3563645.65	3563645.43	0.22
A32	3389640.51	3389640.34	0.16
TOPLAM	288400650.31	288400589.88	214.078

Tablo 20. Orman parsellerinin Lambert azimutal alan koruyan konik projeksiyon ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması

PARSEL NO	Lambert Azimutal Alan Koruyan Konik Projeksiyon (m ²)	GILLISSEN (m ²)	FARK
	[8]	[2]	[2] - [8]
A1	28570394.68	28570400.06	5.38
A2	24240435.48	24240478.09	42.61
A3	19454331.58	19454337.93	6.36
A4	18201898.40	18201879.62	18.78
A5	16730816.37	16730812.85	3.52
A6	16398443.40	16398436.25	7.15
A7	15951083.87	15951099.00	15.14
A8	14808968.51	14808973.85	5.34
A9	14780007.89	14780005.79	2.09
A10	12920323.78	12920294.08	29.69
A11	12718478.89	12718478.73	0.16
A13	11066951.27	11066946.98	4.30
A14	10550254.63	10550250.17	4.46
A15	9498532.99	9498504.81	28.18
A16	9275754.38	9275751.70	2.67
A18	7246670.74	7246669.96	0.78
A20	6575804.39	6575812.50	8.11
A21	6190103.92	6190103.84	0.08
A22	6122997.93	6122998.27	0.35
A23	5774548.01	5774533.42	14.59
A25	5395181.93	5395176.25	5.68
A26	5301975.53	5301967.84	7.69
A29	3673391.06	3673392.08	1.02
A30	3563645.58	3563645.43	0.15
A32	3389640.52	3389640.34	0.18
TOPLAM	288400635.73	288400589.88	214.45

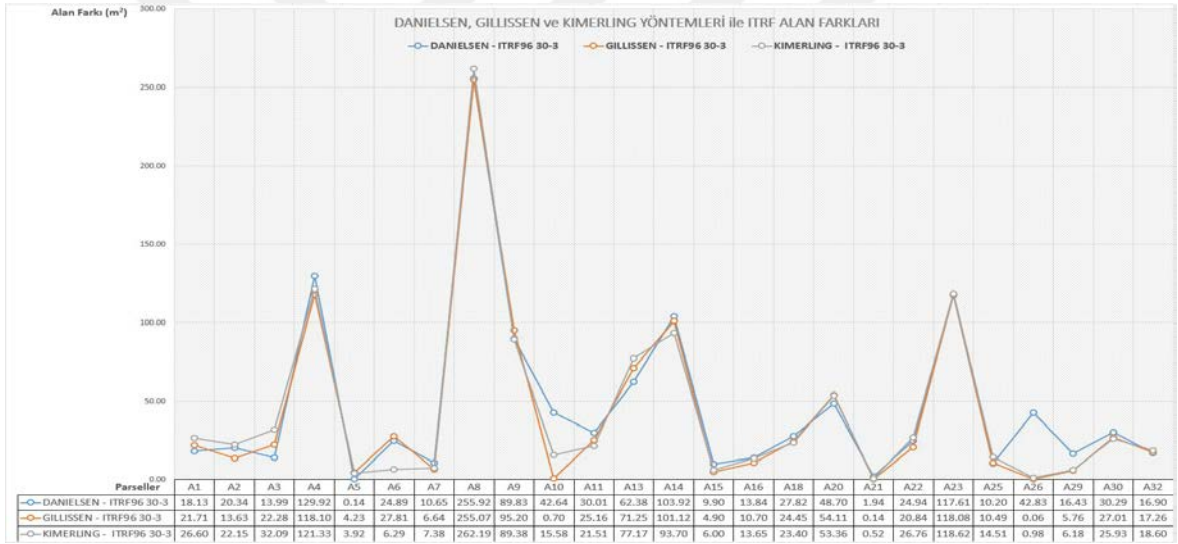
Tablo 21. Orman parsellerinin sinusoidal alan koruyan projeksiyon ve Gillissen yöntemi alan değerlerinin karşılaştırması

PARSEL NO	Sinusoidal Alan Koruyan Projeksiyon (m ²)	GILLISSEN (m ²)	FARK
	[9]	[2]	[2] - [9]
A1	28570393.41	28570400.06	6.65
A2	24240300.34	24240478.09	177.75
A3	19454305.10	19454337.93	32.83
A4	18201994.61	18201879.62	114.99
A5	16730832.34	16730812.85	19.49
A6	16398448.39	16398436.25	12.14
A7	15951032.52	15951099.00	66.48
A8	14808946.40	14808973.85	27.45
A9	14780018.74	14780005.79	12.94
A10	12920468.22	12920294.08	174.14
A11	12718479.83	12718478.73	1.10
A13	11066962.26	11066946.98	15.28
A14	10550289.68	10550250.17	39.51
A15	9498638.32	9498504.81	133.51
A16	9275768.19	9275751.70	16.49
A18	7246674.07	7246669.96	4.11
A20	6575779.49	6575812.50	33.01
A21	6190106.69	6190103.84	2.84
A22	6122995.85	6122998.27	2.42
A23	5774605.98	5774533.42	72.55
A25	5395177.56	5395176.25	1.30
A26	5301974.17	5301967.84	6.34
A29	3673388.75	3673392.08	3.33
A30	3563646.40	3563645.43	0.97
A32	3389640.99	3389640.34	0.64
TOPLAM	288400868.30	288400589.88	978.27

3. BULGULAR VE İRDELEMELER

3.1. Yöntemlerin Karşılaştırılması

Bu çalışmada Matlab yazılımı ortamında Gillissen, Danielsen ve Kimerling yöntemleri için geliştirilen algoritmalar ile elipsoid yüzeyinde alanlar hesaplanmıştır. Bu yöntemlere göre hesaplanan alanlar ile ITRF96 3 derecelik projeksiyonda hesaplanan ve orman kadastro çalışmalarında kullanılan alanlar arasındaki farklar şekil 15'teki grafikte gösterilmiştir. Çalışmada tabloların ve grafiklerin oluşturulmasında ise Microsoft Excel 2016 yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 15. Danielsen, Gillissen, Kimerling ve ITRF96 3 derecelik projeksiyonda hesaplanan alan farkları grafiği

Şekil 15'te parcel alanları en büyük alana sahip parselden (A1) en küçük alanlı parsele (A32) doğru sıralı olarak bulunmaktadır. Her bir yöntemin ITRF96 3 derecelik projeksiyondan olan farkları da veri tablosu olarak grafiğin altında gösterilmiştir. Bu veri tablosu incelendiğinde Danilsen, Gillissen ve Kimerling yöntemlerinden olan farkların birbirine yakın olduğu görülmektedir. Grafiğin büyük bölümünde yöntemlerin değerleri birbirine çok yakın olarak görülmektedir. Fakat grafiğin dikkatli bir şekilde incelenmesi sonucu en uygun iki yöntemin Gillissen ve Kimerling yöntemleri olduğu belirlenmiştir. Bu çalışma için en uygun yöntemin ise Gillissen yöntemi olduğu şekil 15'ten anlaşılmaktadır.

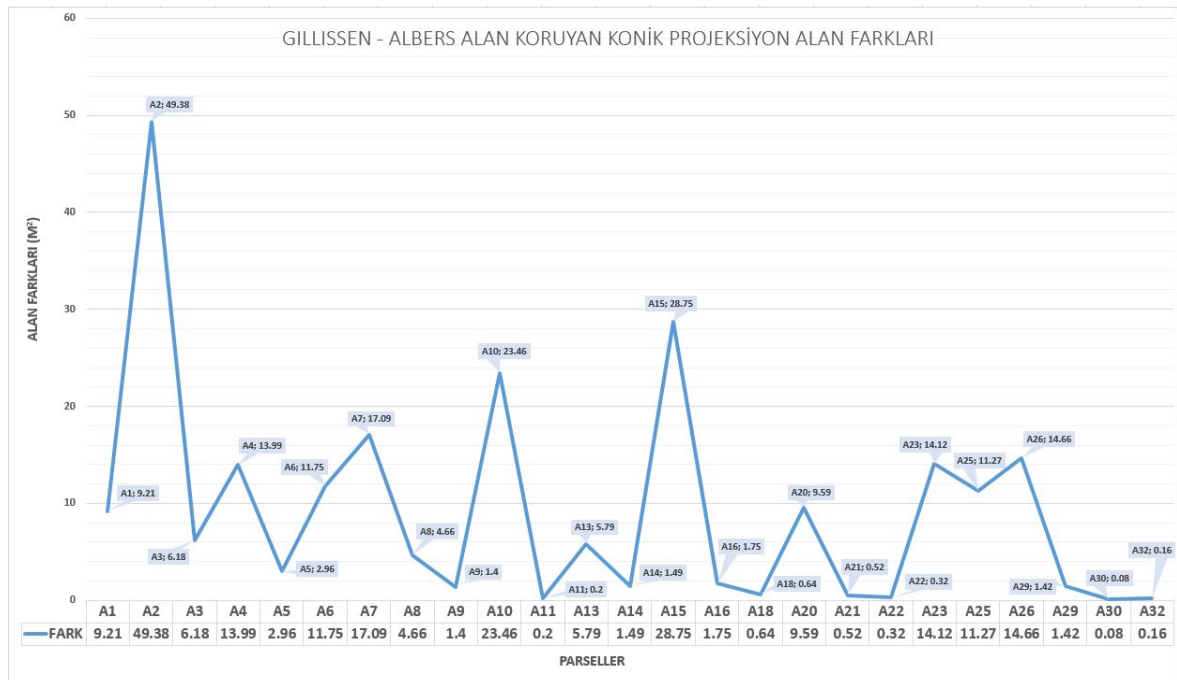
3.1.1. Alan Koruyan Projeksiyonların İrdelenmesi

Elipsoid yüzeyinde alan hesap yöntemi olarak Gillissen yönteminin kullanılmasına karar verildikten sonra, çalışma alanındaki parsellerin 6 farklı alan koruyan projeksiyonda alanları hesaplanmıştır. Hesaplanan bu alan değerleri ile Gillissen yöntemiyle hesaplanan alan değerleri arasındaki farklar tespit edilerek grafik analizleri ortaya konulmuştur. Burada amaçlanan, gerçek alan değerlerine en yakın sonuçların elde edildiği alan koruyan projeksiyonların tespit edilmesi ve bunlar arasından da yapılan çalışmaya en uygun alan koruyan projeksiyonun belirlenmesidir.

Bölüm 2.4'te parsel alanlarına ilişkin verileri içeren tablolar ve Bölüm 2.5'te konform ve alan koruyan projeksiyonlar ile Gillissen yöntemi arasındaki farkları gösterir tablolar yer almaktadır. Grafiklerin hazırlanmasında Bölüm 2.4 ve 2.5'teki veri tabloları kullanılmıştır.

Aşağıda Gillissen yöntemi ile elipsoid yüzeyinde hesaplanan gerçek alan değerleri ile çalışmada kullanılan 6 farklı alan koruyan projeksiyonda hesaplanan parsel alanları arasındaki farklara ilişkin grafiklere yer verilmiştir. Grafiklerde parseller alan büyüklüklerine göre, soldan sağa büyükten küçüğe doğru sıralanmaktadır.

Gillissen yöntemine göre hesaplanan gerçek alan değerleri ile Albers AKK projeksiyonunda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 16'da gösterilmektedir.

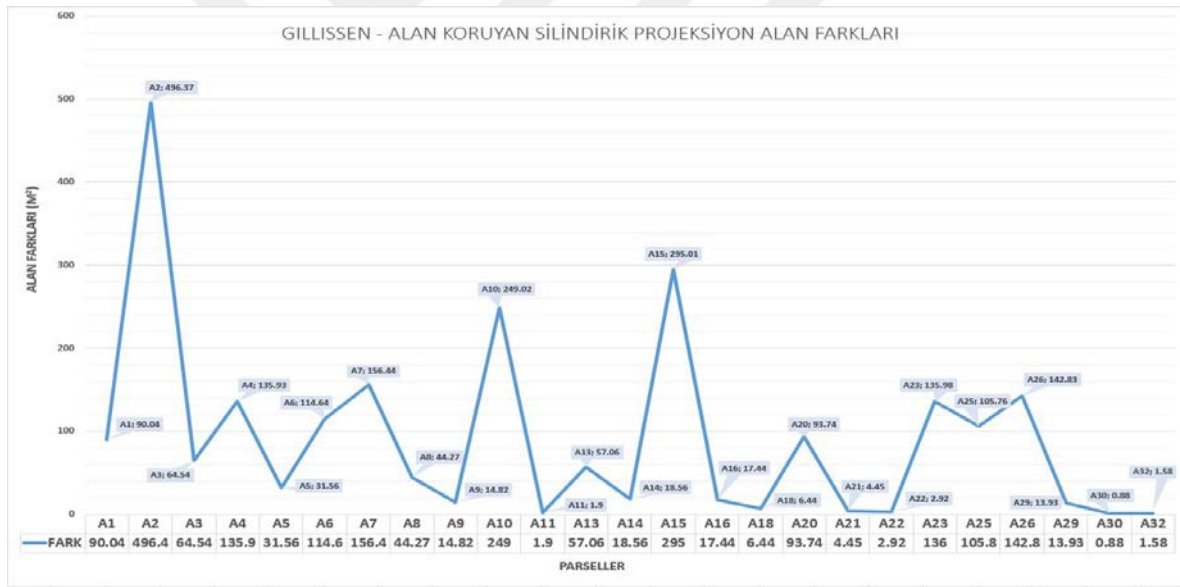


Şekil 16: Gillissen – Albers AKK projeksiyon alan farkları grafiği

Çalışmaya konu olan örnek parseller 3,000,000 m²'den büyük olacak şekilde seçilmiştir. Böylece alan koruyan projeksiyonlar, konform projeksiyonlar ve gerçek alanın hesaplanmasında kullanılan yöntemlerin en doğru ve etkili bir şekilde seçilebilmesi ve alan deformasyonlarının kullanılan projeksiyonlara göre ortaya konulabilmesi amaçlanmaktadır.

Çalışma alanında seçilen ve Gillissen yöntemiyle gerçek alanı hesaplanan en küçük orman parsel alanı 3,389,640.34 m² ve en büyük orman parsel alanı ise 28570400.06 m²'dir. Gillissen ve Albers AKK projeksiyon alan farkları grafiği (şekil 16) incelendiğinde, en düşük alan farkının 0.08 m² ve en yüksek alan farkının ise 49.38 m² olduğu görülmektedir. Ayrıca Gillissen ve Albers AKK projeksiyon alan farkları grafiğinde alan farklarının çok yüksek değerlerde olmadığı görülmektedir.

Gillissen alan değerleri ile alan koruyan silindirik projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 17'de gösterilmektedir.

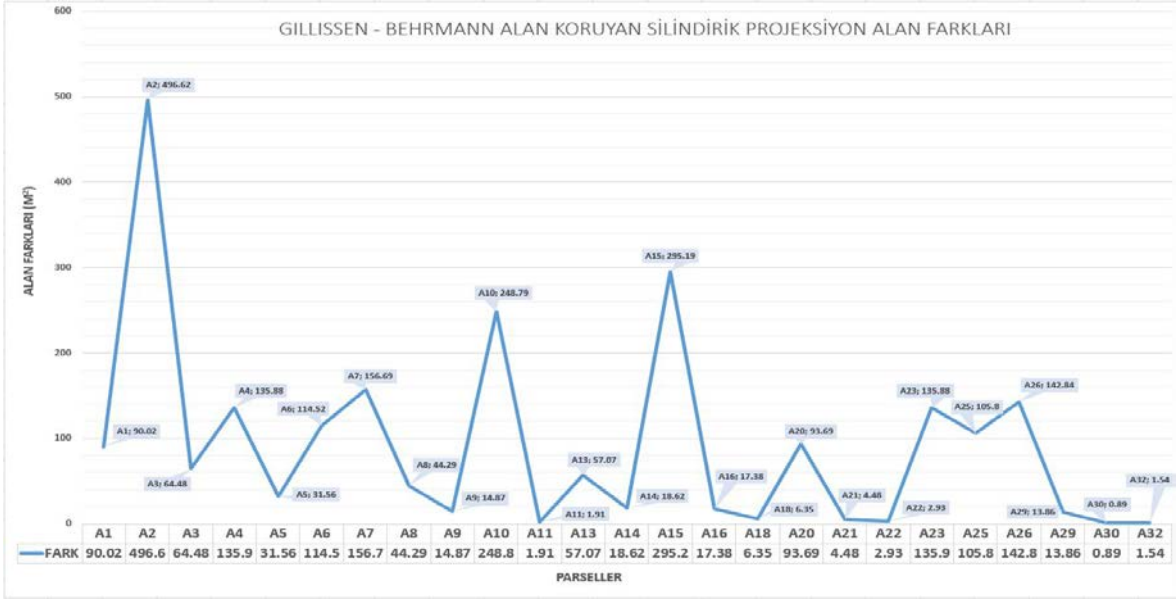


Şekil 17. Gillissen – AKS projeksiyon alan farkları grafiği

Gillissen – AKS projeksiyon alan farkları grafiği (şekil 17) incelendiğinde, en düşük alan farkının 0.88 m² ve en yüksek alan farkının ise 496.37 m² olduğu görülmektedir.

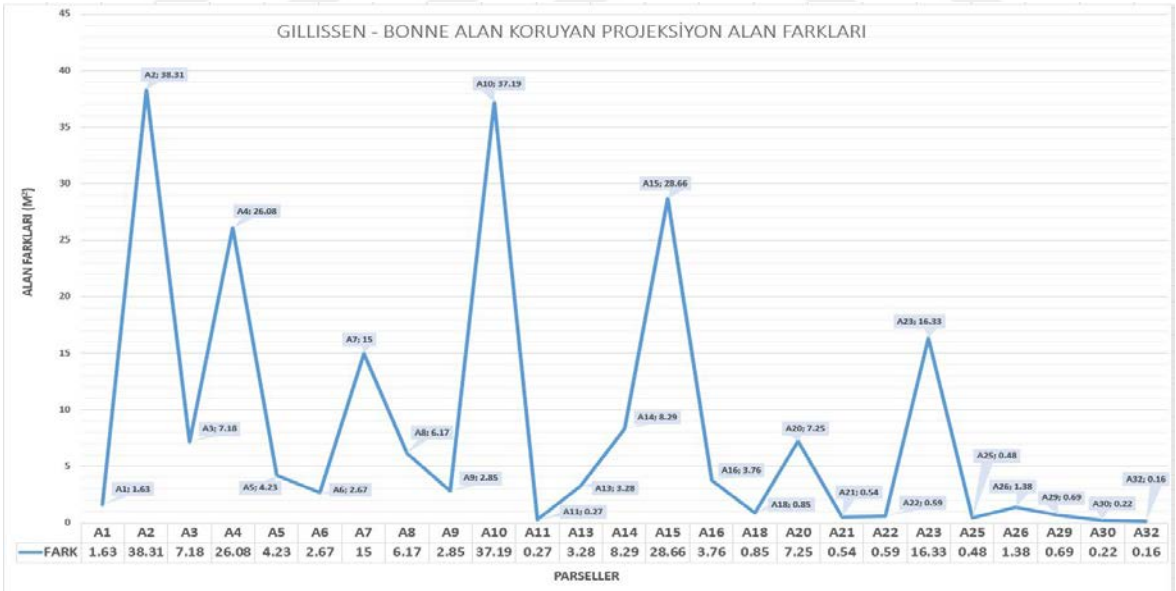
Gillissen alan değerleri ile Behrmann AKS projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 18'de gösterilmektedir.

Gillissen – Behrmann AKS projeksiyon alan farkları grafiği (şekil 18) incelendiğinde, en düşük alan farkının 0.89 m² ve en yüksek alan farkının ise 496.62 m² olduğu görülmektedir.



Şekil 18. Gillissen – Behrmann AKS projeksiyon alan farkları grafiği

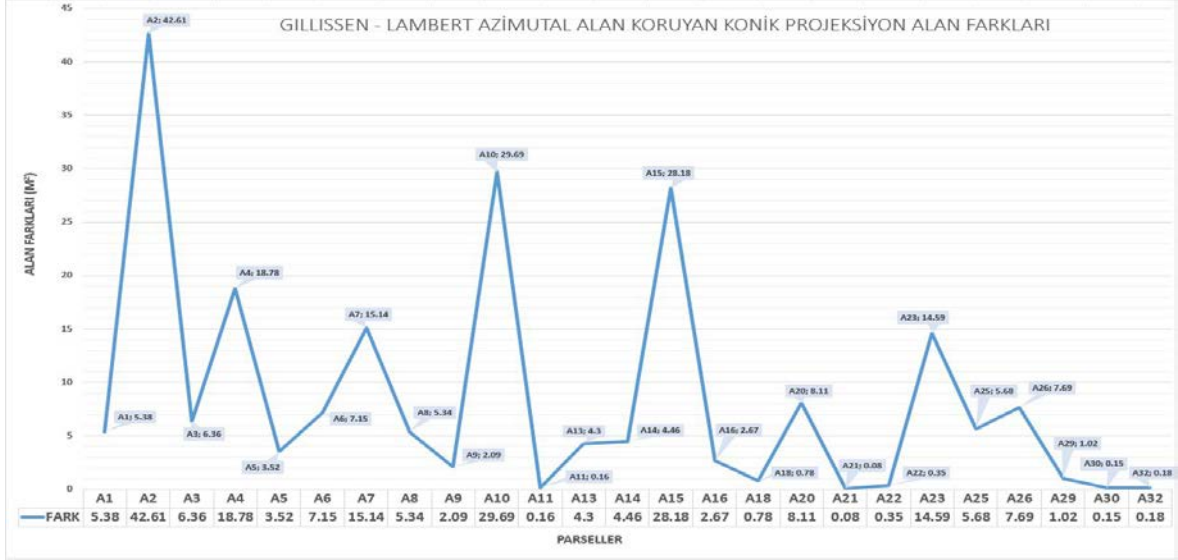
Gillissen alan değerleri ile Bonne alan koruyan projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 19’da gösterilmektedir.



Şekil 19. Gillissen – Bonne Alan Koruyan projeksiyon alan farkları grafiği

Gillissen – Bonne Alan Koruyan projeksiyon alan farkları grafiği (şekil 19) incelendiğinde, en düşük alan farkının 0.16 m^2 ve en yüksek alan farkının ise 38.31 m^2 olduğu görülmektedir.

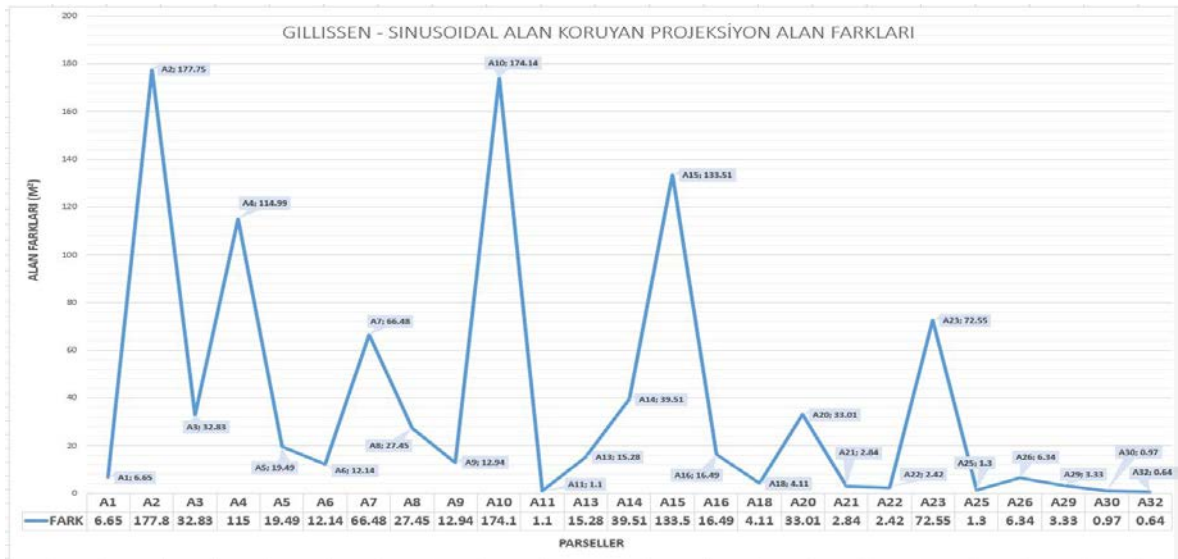
Gillissen alan değerleri ile Lambert Azimutal AKK projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 20’de gösterilmektedir.



Şekil 20. Gillissen – Lambert Azimutal AKK projeksiyon alan farkları grafiği

Gillissen – Lambert Azimutal AKK projeksiyon alan farkları grafiği (şekil 20) incelendiğinde, en düşük alan farkının 0.08 m^2 ve en yüksek alan farkının ise 42.61 m^2 olduğu görülmektedir.

Gillissen alan değerleri ile Sinusoidal alan koruyan projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 21’de gösterilmektedir.



Şekil 21. Gillissen – Sinusoidal Alan Koruyan projeksiyon alan farkları grafiği

Gillissen – Sinusoidal Alan Koruyan projeksiyon alan farkları grafiği (şekil 21) incelendiğinde, en düşük alan farkının 0.64 m^2 ve en yüksek alan farkının ise 177.75 m^2 olduğu görölmektedir.

Alan koruyan projeksiyonlarda hesaplanan parsel alanları ile Gillissen yöntemiyle hesaplanan gerçek alan değeri arasındaki farkların parsel alanının büyüklüğüne bağlı olmadığı grafiklerden anlaşılmaktadır. Bunun nedenleri parsel konumu, başlangıç enlem ve boylamlarına olan uzaklık, parsel büyüklüğü, parselin uzanış yönü (Doğu-Batı, Kuzey-Güney gibi) olarak sıralanabilir.

Tablo 22’de Gillissen ve çalışmada kullanılan alan koruyan projeksiyonlar arası farkların büyüklükleri irdelenmiştir. Gillissen yönteminden olan alan farkları 15, 20, 30, 50 m^2 ’den küçük ve 50 m^2 ’den büyük olacak şekilde sınıflara ayrılmıştır. Bu sınıflandırmada her bir alan farkında kaç adet parselin bulunduğu tespit edilmiştir.

Tablo 22 incelendiğinde Albers AKK, Bonne AKK ve Lambert Azimutal AKK projeksiyonlarda parsellerin tamamında alan farklarının 50 m^2 ’den küçük olduğu anlaşılmaktadır. Albers AKK ve Lambert Azimutal AKK projeksiyonlarda parsellerin %88’inin, yani çalışmada kullanılan 25 parselden 22’sinin Gillissen yönteminden farklarının 20 m^2 ’den küçük olduğu tespit edilmiştir. Bu oran Bonne AKK projeksiyon için %84 olarak tespit edilmiştir. Yani 25 parselden 21 adetinde alan farkı 20 m^2 ’den azdır. Albers AKK projeksiyonda parsellerin %84’ünde, Bonne AKK ve Lambert Azimutal AKK projeksiyonlarda parsellerin %80’inde alan farkları 15 m^2 ’den küçüktür.

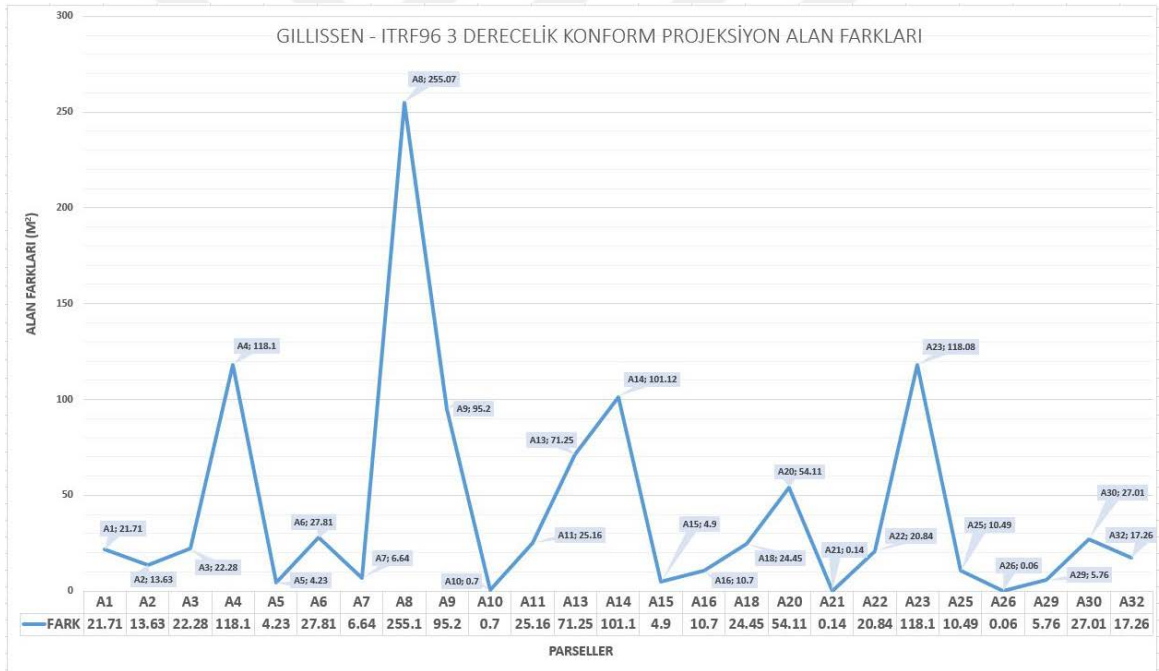
Tablo 22. Gillissen ve alan koruyan projeksiyonlar arası farkların parsel sayısı ile ilişkisi

PROJEKSİYON	GILLISSEN – ALAN KORUYAN PROJEKSİYON FARKLARI	PARSEL SAYISI	ORAN (%)
Albers alan koruyan konik	15 m ² 'den küçük	21	84
	20 m ² 'den küçük	22	88
	30 m ² 'den küçük	24	96
	50 m ² 'den küçük	25	100
	50 m ² 'den büyük	0	0
Alan koruyan silindirik	15 m ² 'den küçük	8	32
	20 m ² 'den küçük	10	40
	30 m ² 'den küçük	10	40
	50 m ² 'den küçük	12	48
	50 m ² 'den büyük	13	52
Behrmann alan koruyan silindirik	15 m ² 'den küçük	8	32
	20 m ² 'den küçük	10	40
	30 m ² 'den küçük	10	40
	50 m ² 'den küçük	12	48
	50 m ² 'den büyük	13	52
Bonne alan koruyan konik	15 m ² 'den küçük	20	80
	20 m ² 'den küçük	21	84
	30 m ² 'den küçük	23	92
	50 m ² 'den küçük	25	100
	50 m ² 'den büyük	0	0
Lambert azimutal alan koruyan konik	15 m ² 'den küçük	20	80
	20 m ² 'den küçük	22	88
	30 m ² 'den küçük	24	96
	50 m ² 'den küçük	25	100
	50 m ² 'den büyük	0	0
Sinusoidal alan koruyan	15 m ² 'den küçük	12	48
	20 m ² 'den küçük	15	60
	30 m ² 'den küçük	16	64
	50 m ² 'den küçük	19	76
	50 m ² 'den büyük	6	24

Alan koruyan silindirik, Behrmann AKS, Sinusoidal alan koruyan projeksiyonlarda ise Gillissen yönteminden olan farkların çok yüksek olduğu görülmektedir. Alan koruyan silindirik ve Behrmann AKS projeksiyonlarda parsellerin %52'sinde, Sinusoidal alan koruyan projeksiyonda ise %24'ünde alan farkları 50 m²'den büyüktür. Aynı şekilde alan koruyan silindirik ve Behrmann AKS projeksiyonlarda parsellerin %32'sinde, Sinusoidal alan koruyan projeksiyonda ise %48'inde alan farkları 15 m²'den küçüktür.

3.1.2. Konform Projeksiyonların İrdelenmesi

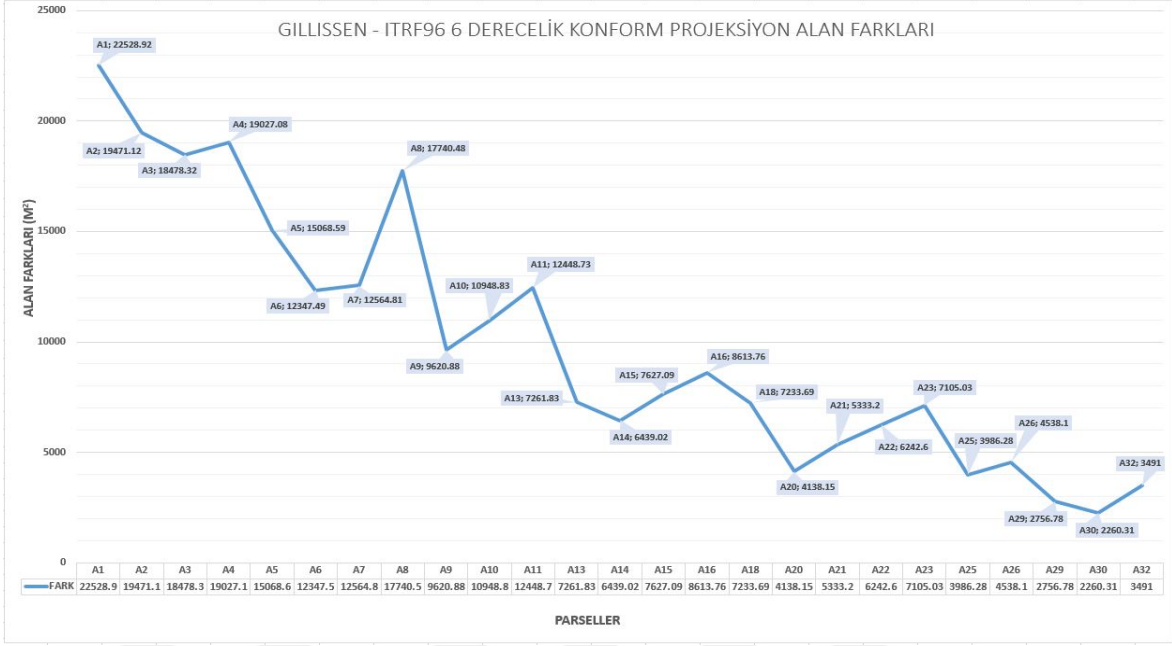
Gillissen alan değerleri ile ITRF96 3 derecelik konform projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 22'de gösterilmektedir.



Şekil 22. Gillissen – ITRF96 3 derecelik konform projeksiyon alan farkları grafiği

Gillissen – ITRF96 3 derecelik konform projeksiyon alan farkları grafiği (şekil 22) incelendiğinde, en düşük alan farkınının 0.06 m² ve en yüksek alan farkınının ise 255.07 m² olduğu görülmektedir.

Gillissen alan değerleri ile ITRF96 6 derecelik konform projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 23'te gösterilmektedir.



Şekil 23. Gillissen – ITRF96 6 derecelik konform projeksiyon alan farkları grafiği

Gillissen – ITRF96 6 derecelik konform projeksiyon alan farkları grafiği (şekil 23) incelendiğinde, en düşük alan farkının 2260.31 m^2 ve en yüksek alan farkının ise 22528.92 m^2 olduğu görülmektedir.

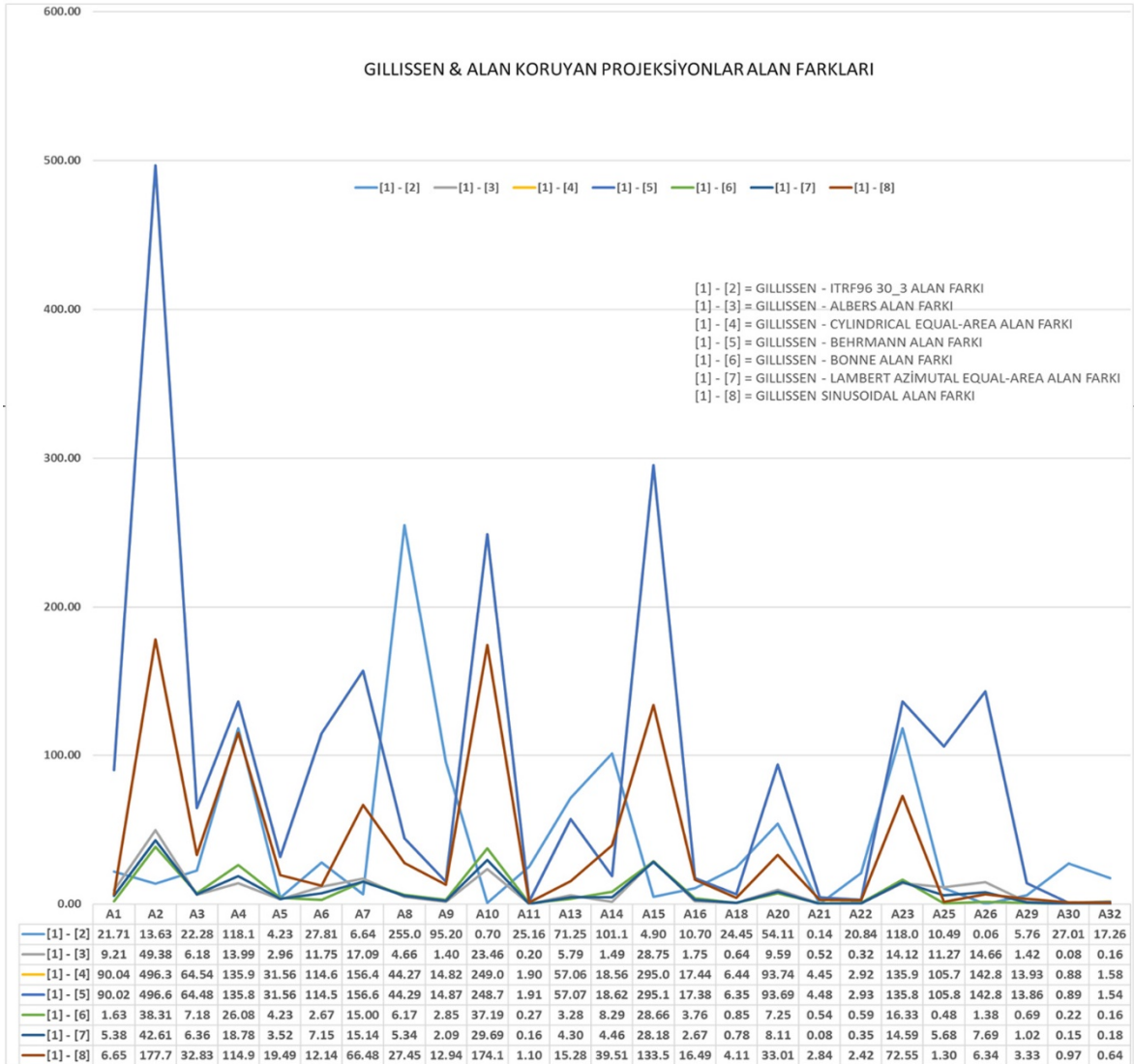
ITRF96 6 ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 24'te gösterilmektedir.



Şekil 24. ITRF96 6 ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyon alan farkları grafiği

ITRF96 6 ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyon alan farkları grafiği (şekil 24) incelendiğinde, en düşük alan farkının 2253.30 m² ve en yüksek alan farkının ise 22507.21 m² olduğu görülmektedir.

3.1.3. Alan Büyüklüklerine Göre Projeksiyon Seçimi



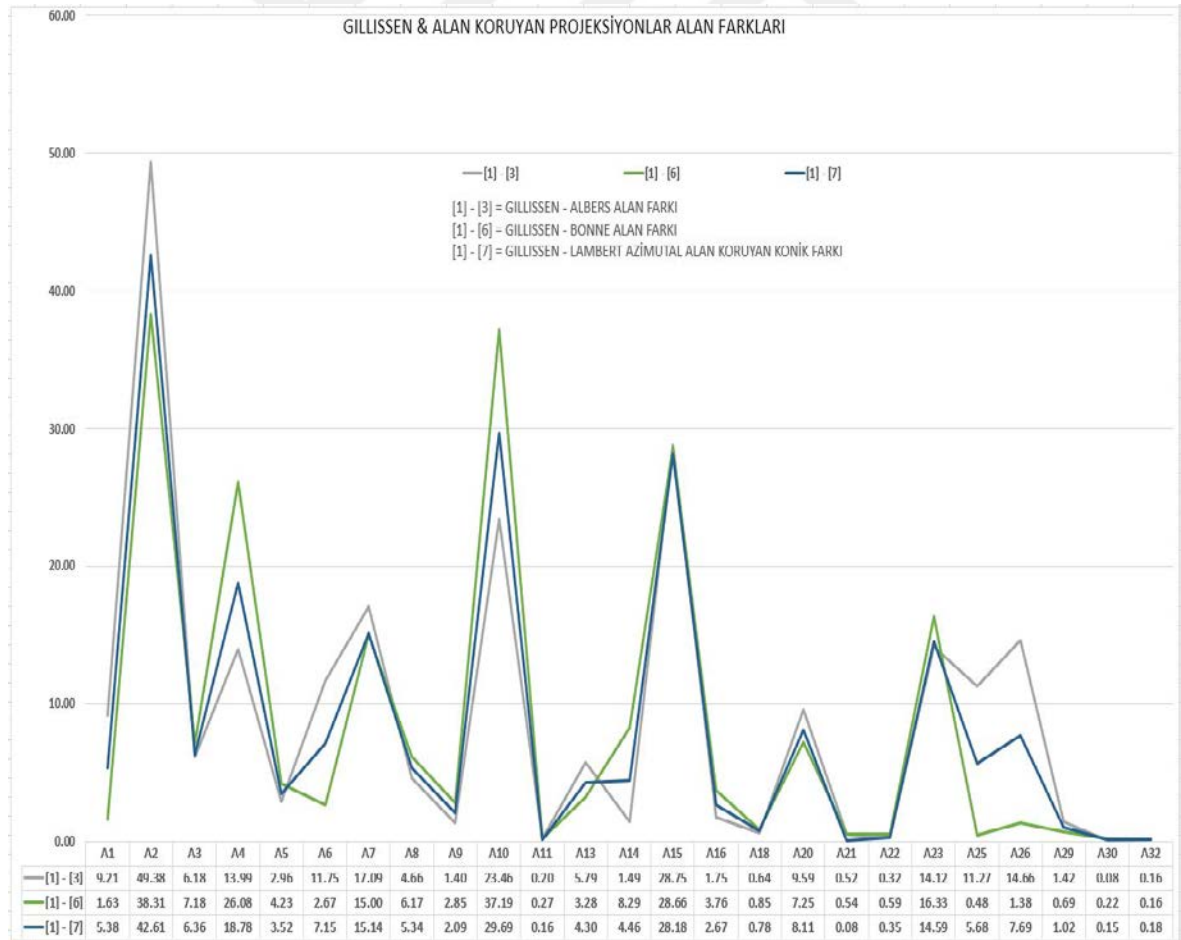
Şekil 25. Gillissen ve alan koruyan projeksiyonların alan farkları

Yukarıdaki grafikte Gillissen yöntemine göre hesaplanmış gerçek alanlar ile konform ITRF96 3 derece ve farklı alan koruyan projeksiyonlarda hesaplanmış parsel alanları farkları gösterilmektedir. Bu grafik dikkatle incelendiğinde gerçek alanlar ile aradaki farkın en az olduğu parsellerin, yani gerçek alana en yakın hesaplanan parsel alanları değerlerinin Albers

AKK, Bonne Alan Koruyan ve Lambert Azimutal AKK projeksiyonlarda yer aldığı görülmektedir.

Ayrıca grafik analiz edildiğinde Gillissen yöntemiyle hesaplanan gerçek alan değerleriyle en az farka sahip projeksiyon alanlarının konik projeksiyonlarda olması ve en fazla farka sahip projeksiyon alanlarının da silindirik projeksiyonlarda yer alması dikkat çekici bir noktadır. Bu durum parsellerin büyüklüğü ve parsel sınır noktalarının x eksenine olan uzaklığı ile açıklanabilir. Grafikte en büyük alana sahip parsel en soldaki A1 ve en küçük alana sahip parsel ise en sağdaki A32 parselidir. Grafikte soldan sağa doğru alanlarına göre büyükten küçüğe doğru sıralı verilen parsellerin alan farklarının, farklı projeksiyonlarda alan büyüklükleri ile doğru orantılı olmadığı görülmektedir.

Şekil 26'da Gillissen yöntemi ile alan koruyan projeksiyonlar arasındaki alan farkları bakımından en iyi 3 sonucun elde edildiği Albers AKK, Bonne Alan Koruyan ve Lambert Azimutal AKK projeksiyonlarına ilişkin grafiğe yer verilmiştir.



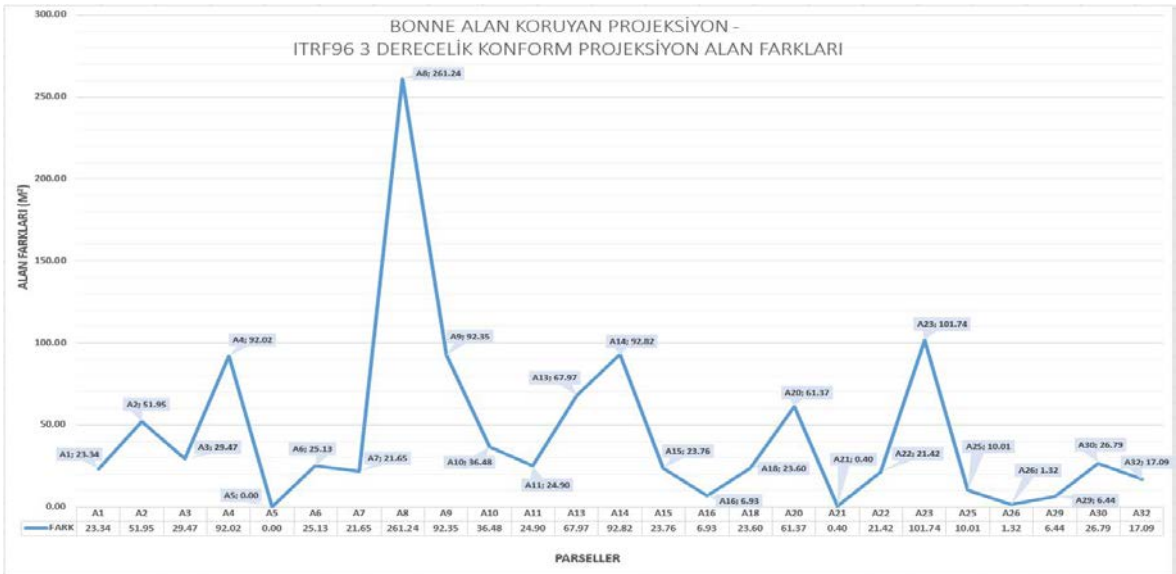
Şekil 26. Gillissen ve alan koruyan projeksiyonların alan farkları

Albers AKK projeksiyon ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 27’de gösterilmektedir.



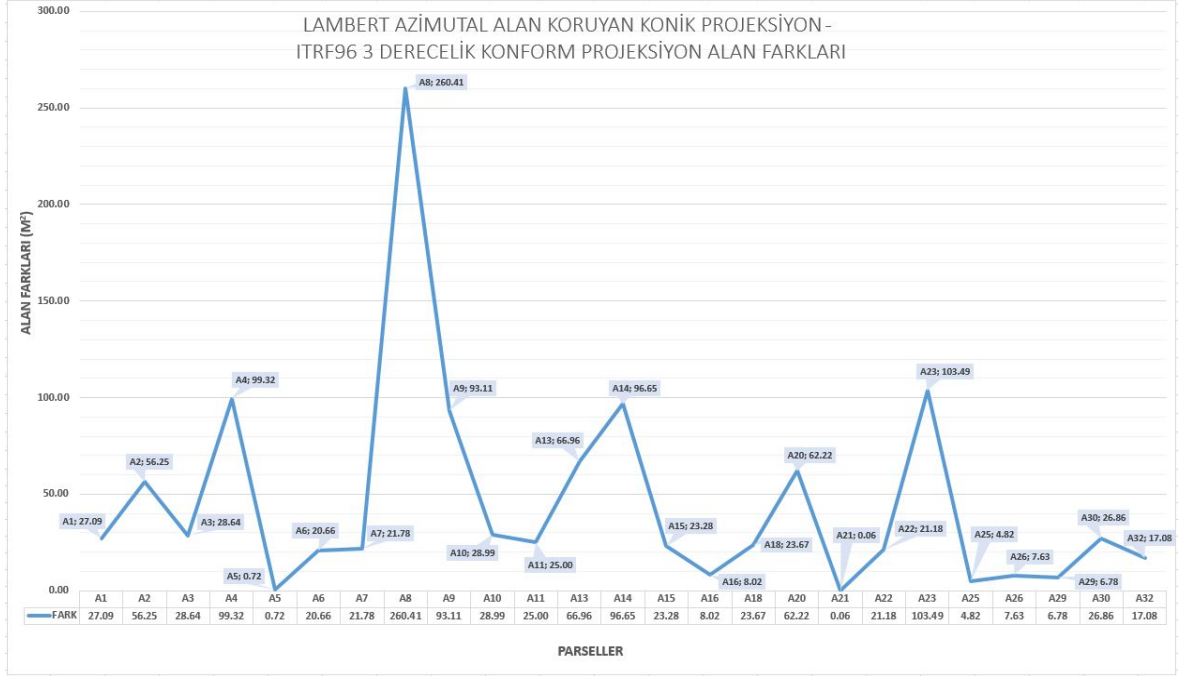
Şekil 27. Albers AKK projeksiyon ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyon alan farkları

Bonne alan koruyan projeksiyon ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik şekil 28’de gösterilmektedir.



Şekil 28. Bonne alan koruyan projeksiyon ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyon alan farkları

Lambert Azimutal AKK projeksiyon ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyonda hesaplanan alan değerleri arasındaki farklara ilişkin grafik Şekil 29’de gösterilmektedir.



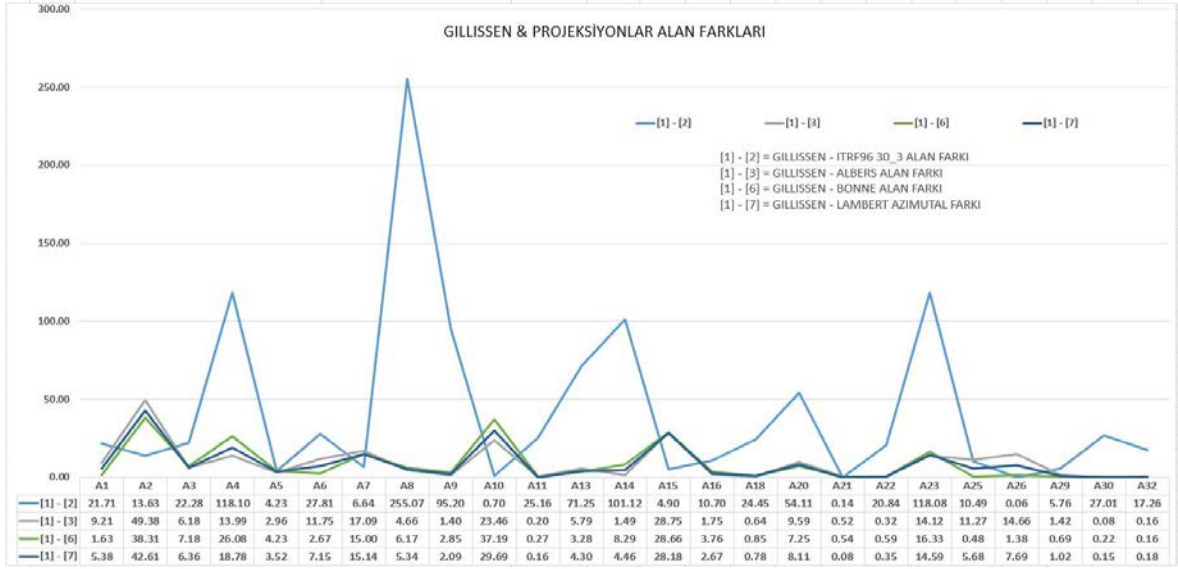
Şekil 29. Lambert Azimuthal AKK projeksiyon ve ITRF96 3 derecelik konform projeksiyon alan farkları

3.1.4. Konform Projeksiyonlarda Alan Deformasyonu Büyüklüğü

Konform projeksiyonlarda alan deformasyonu büyüklüğünün ortaya konulması amacıyla, elipsoid yüzeyinde hesaplanan gerçek parsel alanlarından konform ITRF96 3 ve 6 derecelik projeksiyonlarda hesaplanan alanların farkları alınmıştır. Bu farklar ile önceki kısımlarda alan koruyan projeksiyonlar arasından en iyi sonuçları verdiği tespit edilen üç projeksiyon ile grafik üzerinde karşılaştırılmıştır.

Şekil 30’da çalışma alanındaki orman parsellerinin konform ITRF96 3 derecelik projeksiyon ile Albers AKK, Bonne AKK ve Lambert alan koruyan projeksiyonların Gillissen yönteminden olan farkları grafik üzerinde gösterilmiştir.

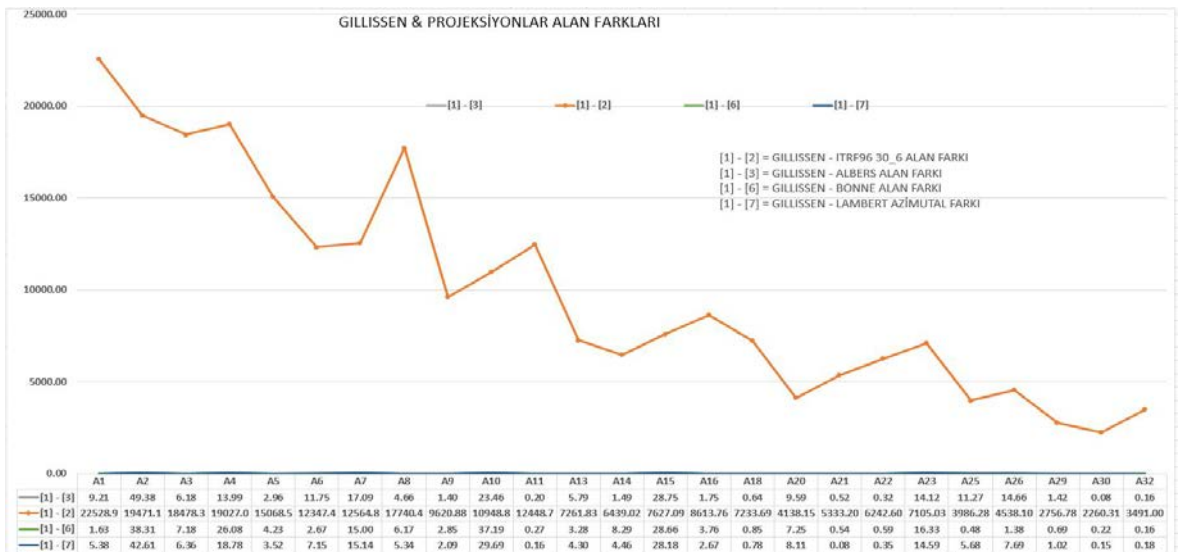
Açık mavi renk ile gösterilen çizgisel grafik Gillissen ve ITRF96 3 derecelik projeksiyon alan farklarını ifade etmektedir. Konform ITRF96 3 derecelik alan farklarının Albers ve Bonne AKK ile Lambert Azimutal alan koruyan projeksiyonlardan çok daha yüksek farklara sahip olduğu açıkça görülebilmektedir.



Şekil 30. ITRF96 3 derecelik projeksiyon ile Albers AKK, Bonne AKK ve Lambert Azimutal alan koruyan projeksiyonların karşılaştırılması

Şekil 31’de çalışma alanındaki orman parsellerinin konform ITRF96 6 derecelik projeksiyon ile Albers AKK, Bonne AKK ve Lambert alan koruyan projeksiyonların Gillissen yönteminden olan farkları grafik üzerinde gösterilmiştir.

ITRF96 6 derecelik projeksiyondaki alan farklarının Albers AKK, Bonne AKK ve Lambert Azimutal alan koruyan projeksiyon ile karşılaştırılmayacak kadar büyük olduğu görülmektedir.



Şekil 31. ITRF96 6 derecelik projeksiyon ile Albers AKK, Bonne AKK ve Lambert Azimutal alan koruyan projeksiyonların karşılaştırılması

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Orman işletmelerinde yürütülen birçok çalışmada orman alanlarına göre çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların çeşitli aşamalarında ya da çıktısında orman alanları ile doğrudan ya da dolaylı bağlantılar bulunmaktadır. Orman kadastro çalışmaları, rehabilitasyon ve ağaçlandırma sahalarında yapılacak çalışmalar, orman ve orman kaynaklarının planlanması, oduna dayalı ve odun dışı orman ürünlerinin üretimi ve pazarlanması çalışmaları, silvikültürel çalışmalar, orman alanlarında tutulacak karbon miktarı, rekreasyon alanlarına yönelik çalışmalar, orman alanlarından verilen izinlere yönelik çalışmalar, mera ıslahı ve erozyon kontrol çalışmaları, yangın gören orman alanlarının silvikültürel açıdan yeniden değerlendirilmesine yönelik çalışmalar, orman amenajman planlaması, baltalık ve koru ormanları ile ağaç türüne göre iğneli ve yapraklı türlerin alanlarına yönelik çalışmalar, orman serveti ve eta çalışmaları, yıllık ve genel cari artımın hesaplanması, gençleştirme alan miktarları gibi birçok çalışmada orman alanları ile doğrudan ya da dolaylı olarak çalışmalar yürütülmektedir.

Orman teşkilatında orman alanlarının büyüklüğü göz önünde bulundurulduğunda orman işletmeleri açısından orman alanlarının gerçek alanı en iyi yansıtabilecek şekilde hesaplanması, sürdürülebilir orman yönetimi amacıyla planların ve bahsedilen diğer çalışmaların sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesi için önem arz etmektedir.

Orman alanlarının gerçeğe en yakın şekilde hesaplanabilmesi için elipsoid yüzeyinde alan koruyan projeksiyonlardan çalışma alanına en uygun projeksiyon ile hesaplanması gerekir.

Birçok orman bölge müdürlüğünün birden fazla UTM diliminde yer almasından dolayı buraların UTM sistemi ile tek bir koordinat sisteminde tanımlanması mümkün değildir. UTM sisteminin birden fazla dilime uzanan uygulamalarda yetersiz olması ve UTM sisteminin konform olmasından dolayı alan hesabına dayalı çalışmalarda gerçek alandan uzaklaşılması nedeniyle kullanılması uygun değildir. Bulgular ve İrdemeler bölümünde (Bölüm 3) yapılan analiz ve değerlendirmeler neticesinde UTM sisteminin yapılan bu çalışma için yetersiz kaldığı anlaşılmıştır. Bu nedenlerden dolayı orman işletmelerinde yapılacak çalışmalarda UTM haricinde bir projeksiyonun kullanılması gerekmektedir.

Büyük alanlı çalışmalarda ve projelerde gerçek alan hesabının elipsoidal coğrafi koordinatlarla yapılması gerekmektedir. Bu algoritmalar CAD yazılımlarında mevcuttur. Bu

nedenle büyük alanlarda gerçekleştirilen ve alan miktarının önemli olduğu çalışmalarda alan koruyan projeksiyonların kullanılması gerekmektedir. Çünkü UTM sistemi konformdur. UTM sisteminde alan büyüklüğü ve başlangıç boylamından olan uzaklığa bağlı olarak alandaki deformasyon miktarı değişir. Coğrafi koordinatlarla kesin alan değeri hesabı jeodezik amaçlı yazılımlarda mevcut değildir. Ayrıca bu işlem oldukça karmaşıktır, işlem yükü ve süresi fazla olmasına rağmen işlem hızı da daha düşüktür. Bu nedenle büyük alanlı çalışmalarda UTM sistemi yerine alan koruyan projeksiyonların kullanılması gerekmektedir.

Çalışmada kullanılan ve alanları 300 ile 3000 hektar arasında değişen 25 adet orman parselinin tamamında hesaplanan gerçek alan değerleri ile Albers AKK, Bonne AKK ve Lambert azimutal AKK projeksiyonlar arasındaki alan farkları 50 m^2 'nin altında olduğu saptanmıştır. Parsellerin yaklaşık yarısı 1000 hektarın altında olup, 300–1000 hektar aralığında alana sahip 12 adet parsel bulunmaktadır. Kalan 13 parselden 6 adedi 1000 – 1500 hektar aralığında ve 7 adedi de 1500 hektardan büyüktür. Albers AKK ve Lambert azimutal AKK projeksiyonlarda gerçek alandan farklar %96 oranında, Bonne AKK projeksiyonda ise %92 oranında 30 m^2 'nin altındadır.

Albers AKK projeksiyonda 21, Bonne AKK projeksiyonda 20 ve Lambert azimutal AKK projeksiyonda 20 parselin gerçek alan değerlerinden farkları 15 m^2 'nin altındadır. İrdelenen bu üç alan koruyan projeksiyon için alan deformasyonu büyüklükleri incelendiğinde çalışma alanındaki 25 orman parseline Albers AKK projeksiyonda 6, Bonne AKK projeksiyonda 8 ve Lambert azimutal AKK projeksiyonda 6 adet parselde m^2 doğruluğunda kullanılabilir olduğu gözlenmiştir. 3000 hektara kadar yapılacak çalışmalarda gerçek alan değerinden alan farkı maksimum 30 m^2 ve altında olmak üzere bu üç projeksiyon önerilebilir. Büyük alanları kapsayan uygulamalarda bu üç projeksiyon arasında bir tercih yapılması gerekirse, Lambert Azimutal AKK projeksiyon ülkemiz gibi Batı-Doğu yönünde uzanan yerlerde daha hassas sonuçlar verdiği için tercih edilmelidir. Bu çalışma için önerilen Lambert azimutal AKK projeksiyonda, Batı-Doğu yönünde uzanan büyük alanlarda çalışmaların çok fazla boylamda yer almasından dolayı merkez boylamdan uzaklaşmanın alan deformasyonu açısından bir önemi ve etkisi yoktur. Bu tarz büyük alanları ilgilendiren uygulamalarda, sonucu doğrudan etkileyen koordinat verisinin günümüz teknolojisinin imkanlarının en iyi şekilde kullanılarak yüksek doğruluk ve hassasiyet seviyesinde elde edilmesine özen gösterilmelidir.

OGM teşkilatı bünyesinde 28 orman bölge müdürlüğü, 244 orman işletme müdürlüğü ve 1435 orman işletme şefliği bulunduğu, bunun yanında 2015 istatistiklerine göre Türkiye'nin orman varlığının 22.3 milyon hektar olduğu düşünüldüğü takdirde, orman alanlarına bağlı olarak gerçekleştirilen çalışmalarda bu çalışmada önerilen Lambert azimutal AKK projeksiyonun seçilmesi büyük bir önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada 3000 hektara kadar olan orman alanlarında, UTM 3 derecelik projeksiyon ile Lambert azimutal AKK projeksiyon arasında 0.06 m^2 'den 260.41 m^2 arasında alan farklarına rastlanmıştır. Çalışmadaki 25 orman parselinde toplam fark 1130.67 m^2 olarak gözlenmiştir. Ülkemizin orman varlığı göz önünde bulundurulduğunda, Lambert azimutal AKK projeksiyon kullanılmamasından dolayı farkın çok yüksek bir değere ulaşacağı anlaşılmaktadır. Bu farklar yüksek ekonomik çıktıları olan orman işletmeleri için gözardı edilemeyecek kadar büyüktür.

Çalışmada elde edilen sonuçlar neticesinde kullanımı önerilen Lambert azimutal AKK projeksiyon, 22.3 milyon hektar orman varlığına sahip ülkemiz için tek bir koordinat sistemi tanımlamaktadır. Sadece orman işletmelerinin orman alanları ile ilgili çalışmalarında değil, ülkenin tamamında birden fazla dilime uzanan, dilimler arasında farklı koordinat sistemlerinde dönüşümlerin yapılarak alan deformasyonlarının meydana geldiği uygulamaların Lambert azimutal AKK projeksiyon ile tek bir koordinat sisteminde yapılması faydalı olacaktır.

Coğrafi koordinatlar ile hesaplanan alanlar elipsodi yüzeyinde hesaplanmaktadır. Dolayısıyla coğrafi koordinatlardan h elipsoid yüksekliğinde hesaplanan alanlarda parsel köşeleri farklı kotlara sahiptir. Bu aşamada elipsoid yüzeyinde bulunan gerçek alanın, arazinin düz ya da eğimli olması bakımından üç boyutlu olarak analiz edilmesi ve yorumlanması gerekmektedir. Özellikle eğimli arazilerde gerçek alanın çok iyi yorumlanması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

Çobanoğlu S., 2016. Kartografya ve Uygulamaları Ders Notları, Harita Genel Komutanlığı Matbaası.

Danielsen J., 1989. The Area Under The Geodesic, *Survey Review*, 232, 30, 61-66.

Gillissen I., 1993. Area Computation of A Polygon on An Ellipsoid, *Survey Review*, 248, 32, 92-98.

Kalkan Y. ve Alkan R.M., 2005, Mühendislik Yapılarında Deformasyon Ölçmeleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ölçme Tekniği Anabilim Dalı, İstanbul.

Kaya A., 1999. Jeodezi II, Küre ve Elipsoidin Düzleme Tasviri, KTÜ Basımevi, Trabzon.

Kimerling J. A., 1984. Area Computation from Geodetic Coordinates on the Spheroid, *Surveying and Mapping*, 44, 4, 343-351.

Snyder, John P. 1993. Flattening the Earth: Two Thousand Years of Map Projections. University of Chicago Press. Chicago, IL.

Uraz M. C. ve Yılmaz İ., 2013. Gerçek Anlamda Olmayan Projeksiyonlar, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 5, 2, 29-49.

Yıldırım, F., 2004. Dilim Esasına dayalı UTM Sistemi İçin Alternatif Çözüm Yöntemlerinin İncelenmesi, Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

Yıldırım F. ve Kaya A., 2005. CBS Uygulamalarında Alan Deformasyonu, 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.

URL-1, <https://www.ogm.gov.tr/Sayfalar/Ormanlarimiz/TurkiyeOrmanVarligi.aspx>, Türkiye Orman Varlığı, 12 Şubat 2017.

URL-2, http://atlas.selcuk.edu.tr/1205633/sunularkisa/hproj_sun03_print.pdf, Harita Projeksiyonları, 21 Şubat 2017.

URL-3, <http://aves.ktu.edu.tr/ImageOfByte.aspx?Resim=8&SSNO=1&USER=3830>, "Datum Harita Projeksiyonu Dönüşüm", 26 Mart 2017.

URL-4, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/projections/albers-equal-area-conic.htm>, Albers Equal Area Conic Projection, 28 Nisan 2017.

URL-5, http://www.yarbis1.yildiz.edu.tr/web/userCourseMaterials/gokgoz_1ec74c2a5d83294f92c5fc9e8c296a25.pdf, Matematiksel Kartografya – Harita Projeksiyonları Kuramı, 28 Nisan 2017.

URL-6, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/projections/behrmann-equal-area-cylindrical.htm>, Behrmann Equal Area Cylindrical Projection, 28 Nisan 2017.

URL-7, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/projections/bonne.htm>, Bonne Projection, 28 Nisan 2017.

URL-8, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/projections/lambert-azimuthal-equal-area.htm>, Lambert Azimuthal Equal Area Projection, 29 Nisan 2017.

URL-9, <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/EgitimDokumanlari/Bilgi%20Sistemleri%20Dairesi%20Ba%C5%9Fkanl%C4%B1%C4%9F%C4%B1/CBS%20E%C4%9Fitim%20Belgeleri/Harita%20Bilgisi.pdf>, Orman Genel Müdürlüğü, Harita Bilgisi Ders Notları, 30 Mayıs 2017.

URL-10, <http://desktop.arcgis.com/en/arcmap/latest/map/projections/sinusoidal.htm>, Sinusoidal Equal Area Projection, 29 Nisan 2017.

6. EKLER

Ek 1: Kimerling yöntemi matlab kodu

```
function[alankim,cpukim] = Kimerlingf(BB,LL)
global a f e12 n
tbas = cputime;
alankim=0;
bm=(max(BB)+min(BB))/2;
V=sqrt(1+e12*(cos(bm))^2);
c=a/(1-f);
N=c/V;
M=c/V^3;
BB(n+1)=BB(1);
LL(n+1)=LL(1);

for j=1:n
    DL=(LL(j+1)-LL(j));
    k1=(BB(j+1)-BB(j));
    k2=(BB(j+1)+BB(j));
    ekses=pi-(abs(DL)+2*atan(cos(k1/2)/(tan(abs(DL)/2)*sin(k2/2))));

    V=sqrt(1+e12*(cos(bm))^2);
    N=c/V;
    M=c/V^3;

    if DL<0
        palan=-ekses*N*M;
    else
        palan=ekses*N*M;
    end

    alankim=alankim+palan;
end
cpukim = cputime-tbas;
```

Ek 2: Gillissen yöntemi matlab kodu

```

function [alangil,cpugil]=Gillissenf(BB,LL)
global a f b e2 e12 n
tbas = cputime;
BB(n+1)=BB(1);
LL(n+1)=LL(1);
    Bs1=BB(1);
    Bs2=BB(1);
    Lo=LL(1);
for i=1:n
    [SS(i),AA1(i),AA2(i)]=JTP2(e12,b,f,BB(i),BB(i+1),LL(i),LL(i+1));
end
smin=min(SS)
smax=max(SS)
for i=1:n
    if LL(i)<Lo; Lo=LL(i); end
    if BB(i)>Bs2; Bs2=BB(i); end
    if BB(i)<Bs1; Bs1=BB(i); end
end
alangil1=0;
for i=1:n
    Be1=BB(i);
    Be2=BB(i+1);
    Le1=LL(i);
    Le2=LL(i+1);
    Rr1=Re1(a,e2,Bs1,Bs2);
    nn=Ha(e2,Bs1,Bs2);
    Bett=Beta(e2,Bs1);
    [S,A1,A2]=JTP2(e12,b,f,Be1,Be2,Le1,Le2);
    par=floor(smin)
    k=double(int32(S/par));
    [BB1,LL1,A2]=JTP1(e12,b,f,Be1,Le1,A1,par);
    Bet1=Beta(e2,Be1);
    Bet2=Beta(e2,BB1);
    R1=sqrt(Rr1^2+2*a^2/nn*(1-e2)*(Bett-Bet1));
    R2=sqrt(Rr1^2+2*a^2/nn*(1-e2)*(Bett-Bet2));
    T1=nn*(Le1-Lo);
    T2=nn*(LL1-Lo);
    Filk=(0.5*R1*R2*sin(T2-T1));

```

Ek 2'nin devamı

```

Fara=0;
for j=1:(k-1)
    [BB1,LL1,A2]=JTP1(e12,b,f,Be1,Le1,A1,par*j);
    [BB2,LL2,A2]=JTP1(e12,b,f,Be1,Le1,A1,par*(j + 1));
    Bet1=Beta(e2,BB1);
    Bet2=Beta(e2,BB2);
    R1=sqrt(Rr1^2+2*a^2/nn*(1-e2)*(Bett-Bet1));
    R2=sqrt(Rr1^2+2*a^2/nn*(1-e2)*(Bett-Bet2));
    T1=nn*(LL1-Lo);
    T2=nn*(LL2-Lo);
    Fara=(Fara+0.5*R1*R2*sin(T2-T1));
end

[BB1,LL1,A2]=JTP1(e12,b,f,Be1,Le1,A1,par*k);
Bet1=Beta(e2,BB1);
Bet2=Beta(e2,Be2);
R1=sqrt(Rr1^2+2*a^2/nn*(1-e2)*(Bett-Bet1));
R2=sqrt(Rr1^2+2*a^2/nn*(1-e2)*(Bett-Bet2));
T1=nn*(LL1-Lo);
T2=nn*(Le2-Lo);
Fson=(0.5*R1*R2*sin(T2-T1));
FFFF=FilK + Fara + Fson;
alangil1 = alangil1 +FFFF;
end

alangil=(alangil1);
cpugil = cputime-tbas;

```

Ek 3: Danielsen yöntemi matlab kodu

```

function [alandan,cpudan]=Danielsenf(B,LL)
global f b e2 e12 n
tbas = cputime;
BB=atan(sqrt(1 - e2) * tan(B));
    BB(n+1)=BB(1);
    LL(n+1)=LL(1);

a0=1+2*e12/3-e12^2/15+4*e12^3/105-8*e12^4/315;
a10=2*e12/3-2*e12^2/15+4*e12^3/35-32*e12^4/315;
a11=2*e12^2/45-8*e12^3/105+32*e12^4/315;
a12=32*e12^3/1575-256*e12^4/4725;
a13=384*e12^4/33075;
a20=e12^2/45-4*e12^3/105+16*e12^4/315;
a21=16*e12^3/1575-128*e12^4/4725;
a22=64*e12^4/11025;
a30=4*e12^3/525-32*e12^4/1575;
a31=16*e12^4/3675;
a40=8*e12^4/2205;

alandan=0;
for i=1:n

    Bb1=BB(i);
    Bb2=BB(i+1);
    LL1=LL(i);
    LL2=LL(i+1);
    DLL=(LL2-LL1);
    cs=sin(Bb1)*sin(Bb2)+cos(Bb1)*cos(Bb2)*cos(DLL);

    if DLL<0
        sn=-sqrt((sin(DLL) * cos(Bb2)) ^ 2 + (sin(Bb2 - Bb1) + 2 * cos(Bb2) * sin(Bb1) *
sin(DLL / 2) ^ 2) ^ 2);
        ds=asin(sn);
    else
        sn=sqrt((sin(DLL) * cos(Bb2)) ^ 2 + (sin(Bb2 - Bb1) + 2 * cos(Bb2) * sin(Bb1) *
sin(DLL / 2) ^ 2) ^ 2);
        ds=asin(sn);
    end
end

```

Ek 3'ün devamı

```

cm=cos(Bb1)*cos(Bb2)*sin(DLL)/sn;
k1=f*(1-cm^2)/2;

if DLL==0
    fe=0;
else
    G=1/tan(DLL)-cm/(sn/cs);
    Dd=k1*(2*sin(Bb1)*sin(Bb2)/(1-cm^2)-cs)*sn/2;
    DL=DLL+f*cm*((1-k1/2)*ds-Dd)/(1-f*cm*(1-k1/2)*(cm+G*ds));
    Le1=atan(-(tan(Bb2)/tan(Bb1)-cos(DL))/sin(DL));
    Le2=Le1+DL;
    ksi=atan(tan(Bb1)/cos(Le1));
    Cc=cos(ksi);
    q1=asin(sin(ksi)*sin(Le1));
    q2=asin(sin(ksi)*sin(Le2));
    fe1=b^2*(a0*(q2-q1)-(a10+a11*Cc^2+a12*Cc^4+a13*Cc^6)*Cc^2*avege(q1,q2,1)-
(a20+a21*Cc^2+a22*Cc^4)*Cc^4*avege(q1,q2,3)-
(a30+a31*Cc^2)*Cc^6*avege(q1,q2,5)-a40*Cc^8*avege(q1,q2,7))
    AA10=b^2*e12^5*((64/3465)*(q2-q1)-(24576/3274425)*Cc^2*avege(q1,q2,1)-
(4096/1091475)*Cc^4*avege(q1,q2,3)-(1024/363825)*Cc^6*avege(q1,q2,5)-
(512/218295)*Cc^8*avege(q1,q2,7)-(64/31185)*Cc^10*avege(q1,q2,9))
    fe=fe1+AA10;
end
alandan=alandan+fe;

end
cpudan = cputime-tbas;

```


ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Ankara’da doğdu. İlköğrenimini Kazan Atatürk ilköğretim Okulu, orta ve lise öğrenimini Kazan İmam Hatip Lisesi’nde tamamladı.

2002 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği bölümünde başladığı lisans öğrenimini 2007 yılında başarıyla tamamlayarak mezun oldu. Aynı yıl Proland Grup şirketlerinden Günka Harita’da yaklaşık bir yıl çalıştıktan sonra, Doğukan Grup şirketi Birlik Harita’da çalışmaya başladı. 2009 yılında Harita Mühendisi unvanıyla atandığı Kastamonu Orman Bölge Müdürlüğü’nde göreve başladı.

2014 yılında kısa dönem ziyaretçi olarak gittiği Kuzey Karolina Eyalet Üniversitesi’nde “Orman Gelişiminin Modellenmesi” konusunda araştırma yaptı. Aynı yıl Amerika’da düzenlenen “2014 Esri Storytelling with Maps” yarışmasında birinci oldu. 2017 yılında geliştirdiği “Etkinlik Noktası” android uygulaması ile “Esri 2017 Genç Bilginler yarışması”nda finale kaldı.

2015 yılı ortalarından itibaren Kütahya Orman Bölge Müdürlüğü’nde Harita Mühendisi unvanıyla görevini sürdürmektedir. Evli ve bir çocuk babasıdır. Bildiği yabancı dil ise İngilizcedir.