

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**SENTETİK AÇIKLIKLI RADAR (MİKRODALGA)
UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK
TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENEBİLİRLİĞİ
ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

Mustafa Tolga ESETLİ

**Toprak Anabilim Dalı
Bilim Dalı Kodu: 501.13.01**

Sunuş Tarihi: 14.02.2008

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Yusuf KURUCU

Bornova-İZMİR

Mustafa Tolga ESETLİLİ tarafından doktora tezi olarak sunulan **“Sentetik Açıklıklı Radar (Mikrodalga) Uydu Görüntüleri Kullanılarak Toprak Özelliklerinin Belirlenebilirliği Üzerine Bir Araştırma”** başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 14.02.2008 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı :	Prof. Dr. Yusuf KURUCU	
Üye :	Prof. Dr. Ünal ALTINBAŞ	
Üye :	Prof. Dr. Kamil Okyay SINDIR	
Üye :	Prof. Dr. Derya MAKTAV	
Üye :	Doç. Dr. Mustafa BOLCA	

ÖZET

SENTETİK AÇIKLIKLI RADAR (MİKRODALGA) UYDU GÖRÜNTÜLERİ KULLANILARAK TOPRAK ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENEBİLİRLİĞİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

Mustafa Tolga ESETLİLİ

Doktora Tezi, Toprak Bölümü

Tez Yöneticisi: Prof. Dr. Yusuf KURUCU

Şubat 2008, 342sayfa

Yeryüzündeki canlı yaşamın sürdürülebilir olması için, toprakların özelliklerinin coğrafi olarak belirlenmesi, değişen iklim ve kullanım koşullarına bağlı olarak izlenmesi oldukça önemlidir. Geniş alan çalışmaları gerektiren bu gereksinimin geleneksel yöntemlerle gerçekleştirilmesinde önemli güçlükler vardır. Bu araştırma ile yeryüzünün sürekli izlenmesine olanak sağlayan uzaktan algılama tekniği uygulamaları çerçevesinde SAR (RADARSAT-1 ve ENVISAT) uydu görüntülerinin toprak özelliklerinin belirlenmesinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, 2006 yılının Nisan ve Ekim ayları arasında alımı yapılmış, 2 adedi RADARSAT-1 ve 5 adedi ENVISAT-ASAR olmak üzere toplam 7 adet SAR görüntüsü kullanılmıştır. Yardımcı veri olarak, 2006 yılı Mayıs ayında çekimi yapılmış bir optik uydu görüntüsü (SPOT 2) kullanılmıştır. Araştırma, Menemen ovası (İzmir) ve deltasını

VI

oluşturan düz araziler üzerinde gerçekleştirilmiştir. Uydu görüntülerinin alımı ile eşzamanlı olarak gerçekleştirilen arazi çalışmaları ile toprak örnekleri alınmış ve laboratuvar analizleri ile nem, bünye, organik madde, pH, tuzluluk ve kireç içerikleri belirlenmiştir. Bu veriler ile mikrodalga boyundaki enerjiyi gerisaçılım ilişkilerini incelemek için SAR görüntülerinde betanought ve sigmanought dönüşümleri yapılmıştır. Araştırma sonucunda, toprak nemi miktarı ve toprak dokusu ile gerisaçılım değerleri arasında önemli düzeyde istatistikî ilişki saptanmıştır. SAR görüntüleri ile toprak özelliklerinin belirlenmesine yönelik olarak sadece gerisaçılım analizleri yapılmamış, ayrıca “fusion” tekniği de kullanılmıştır. Bu amaçla SPOT-2 uydu görüntüsü ile RADARSAT-1 görüntüsü bütünleştirilmiş ve üzerinde bitki örtüsü olan ve çıplak alanlarda toprak nemi izlenmiştir. Toprak yüzeyini örten buğday ve diğer tek yıllık bitkilere rağmen, SAR görüntülerinin “C” bandının kullanılması ile toprak nemindeki değişikliklerin izlenebileceği belirlenmiştir.

Anahtar Sözcükler: Sentetik Açıklıklı RADAR, Toprak, Gerisaçılım, Menemen.

ABSTRACT**A RESEARCH ON DETERMINATION OF SOIL PROPERTIES
USING SYNTHETIC APERTURE RADAR SATELLITE IMAGES****Mustafa Tolga ESETLİ**

PhD in Soil Science

Supervisor: Prof. Dr. Yusuf KURUCU

February 2008, 342page

In this study, the contribution of SAR images to soil properties observations was investigated in a selected study area. In this respect, seven SAR images (2 of RADARSAT-1 and 5 of ENVISAT ASAR) gathered between April and October 2006. An SPOT-2 image of May 2006 that belongs to same area was used as an ancillary data. The study area is in the low lands of Menemen (Izmir) Plain on the west of Gediz Basin, and covers about 400 km². The relation between soil properties, which was believed to affect backscattering directly, and soil texture, organic matter, soil salinity, pH content and lime content, in soil were investigated. To see the correlation between the soil properties and radar backscatter, the sigmanought and betanought values of RADARSAT-1 and ENVISAT-ASAR image were calculated. A comparison among the spatial distribution of retrieved soil moisture changes from SAR images was done. The correlations between the soil moisture content, soil texture

VIII

and backscattering of ENVISAT-ASAR, RADARSAT-1 images were found very high. Despite the wheat and annually cultivated plants on the study area, it is observed that there is a possibility to determine the moisture changes of the soil with the SAR images having C band ($\lambda=5.6$ cm) beside using only SAR images, fusion of SAR and Optical images was investigated for detection of the soil moisture.

Keywords: Synthetic Aperture Radar, Soil, Backscatter, Menemen.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun seçimiyle, sadece doktora çalışmalarımı ve tezimin hazırlamasında değil bütün akademik çalışmalarında engin bilgilerini benimle paylaşan ve değerli katkılarda bulunan E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü öğretim üyesi sayın hocam Prof. Dr. Yusuf KURUCU'ya, çalışmalarında bana destek sağlayan sayın hocam Prof. Dr. Ünal ALTINBAŞ' a, doktora çalışmalarım boyunca değerli bilgileriyle beni yönlendiren Sayın Prof. Dr. Kamil Okyay SINDIR'a, tez çalışmam süresince bilgilerini ve deneyimlerini paylaşan Yıldız Teknik Üniversitesi öğretim görevlisi Sayın Dr. Füsun BALIK ŞANLI'ya, tezimin bazı aşamalarının belirlenmesinde ve yönlendirilmesinde değerli bilgilerini benimle paylaşan ITC öğretim üyesi Ass. Prof. Dr. Yousif A. Hussin'e, çalışmalarında yardımcı olan Sayın Doç. Dr. Mustafa BOLCA'ya, araştırmam sürecinde E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü'ndeki Laboratuvar olanaklardan yararlanmamı sağlayan Toprak Bölümü Başkanı sayın Prof. Dr. Dilek ANAÇ' a, arazi ve laboratuvar çalışmalarında yardımcı olan Zir. Yük. Müh. Ece EROĞLU ile Zir. Yük. Müh. Özlem KONUKÇU'ya ve Araş. Gör. Fulsen ÖZEN'e, tez çalışmalarımın tüm aşamalarında benim yanımda olan ve bana destek veren sevgili eşim Araş. Gör. Bihter ÇOLAK ESETLİLİ'ye ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Tez araştırmamda, kullandığım SAR uydu görüntülerini sağlayan TÜBİTAK'a, EBİLTEM'e ve ESA (European Space Agency)'ya; optik görüntüsüyle destek veren O.A.S.I.S (Optimising Access to SPOT Infrastructure for Science)'e teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	V
ABSTRACT	VII
TEŞEKKÜR.....	IX
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XV
ÇİZELGELER DİZİNİ	XXIII
KISALTMALAR DİZİNİ.....	XXIX
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ.....	6
3. UZAKTAN ALGILAMA TEKNİĞİ VE TEMEL İLKELERİ ..	15
3.1. Aktif Uzaktan Algılama	20
3.1.1 Gerçek Açıklıklı Radar (RAR).....	27
3.1.2 Yapay (Sentetik) Açıklıklı Radar (SAR)	32
3.1.3 SAR Görüntüsünün Geometrik Özellikleri	34
3.1.4 SAR Görüntülerinin Obje ile Etkileşimi	37
3.1.5 RADAR Uydu Görüntülerinin Kullanım Alanları	50
3.2. Pasif Uzaktan Algılama.....	60
3.2.1. Bitki Örtüsünün Yansıtma Özellikleri.....	62
3.2.2. Suların Yansıtma Özellikleri	63
3.2.3. Toprakların Yansıtma Özellikleri.....	64
4. TOPRAK NEMİ.....	68
4.1. Doğrudan Uygulanan Yöntemler	72
4.1.1. Ağırlık Nem (Gravimetrik Nem).....	73

4.1.2.	Hacim Nem (Volümetrik Nem)	74
4.1.3.	Derinlik Nem	75
4.2	Dolaylı Yöntemler.....	75
4.3	Toprak Nemi ve Mikrodalga Enerjinin Etkileşimi	76
5.	ARAŞTIRMA YERİ, İKLİMİ VE TOPRAK ÖZELLİKLERİ...	84
5.1	Araştırma Yeri.....	84
5.2.	Araştırma Yöresi İklim Özellikleri	89
5.3.	Araştırma Yöresinin Jeoloji ve Jeomorfolojisi	91
5.4.	Araştırma Yöresi Toprak Özellikleri	92
6.	MATERYAL VE YÖNTEM.....	98
6.1.	Materyal	98
6.2.	Yöntem.....	102
6.2.1.	Görüntülerin Ön İşleme Hazırlıkları	103
6.2.2.	Arazi Çalışmaları ve Toprak Haritasının Revizyonu.....	109
6.2.3.	SAR Görüntülerinde Geri Saçılım Analizleri ve Yorumlanması114	
6.2.4.	Optik-SAR Görüntü Birleştirme (Image Fusion) Uygulaması ..	117
6.2.5.	Optik Görüntülerden NDVI Üretilmesi ve Bitki Dağılımının Belirlenmesi	125
6.2.6.	Test Noktalarının Seçilmesi	130
6.2.7.	Toprakta Nem Ölçüm Yöntemleri	130
6.2.8.	Toprak Örneklerine Uygulanan Analizler.....	134
7.	BULGULAR.....	157
7.1.	SAR Uydu Görüntüleri İle Toprak Nemi İlişkileri	157
7.1.1	RADARSAT–1 Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Nemi İlişkileri	158
7.1.2	ENVISAT ASAR Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri ile Toprak Nemi İlişkileri	166

7.2.	SAR Uydu Görüntüleri İle Toprak Bünyesi İlişkileri	188
7.2.1	RADARSAT–1 Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Bünyesi İlişkileri	188
7.2.2	ENVISAT ASAR Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Bünyesi İlişkileri	198
7.3.	SAR Uydu Görüntüleri İle Toprak Tuz İçeriği İlişkileri.....	223
7.3.1	RADARSAT–1 Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Tuzluluğu İlişkileri	223
7.3.2	ENVISAT-ASAR Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Tuzluluğu İlişkileri	230
7.4.	SAR Uydu Görüntüleri İle Toprak pH İlişkileri	251
7.4.1	RADARSAT–1 Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Tepkimesi İlişkileri	251
7.4.2	ENVISAT-ASAR Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Tepkimesi İlişkileri	258
7.5.	SAR Uydu Görüntüleri İle Toprak Kireç İçeriği İlişkileri	280
7.5.1	RADARSAT–1 Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Kireçi İlişkileri	280
7.5.2	ENVISAT-ASAR Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Kireçi İlişkileri	284
7.6.	SAR Uydu Görüntüleri İle Toprak Organik Maddesi İlişkileri	290
7.6.1	RADARSAT–1 Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Organik Madde İlişkileri	290
7.6.2	ENVISAT-ASAR Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Organik Madde İlişkileri	293
7.7.	Görüntü Birleştirme (Image Fusion) Tekniği Uygulaması İle Toprak Nemi Belirlenmesi	299
8.	SONUÇ	309
	KAYNAKLAR DİZİNİ	317
	ÖZGEÇMİŞ	342

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Pasif uzaktan algılama sistemleri.....	17
Şekil 3.2. Aktif uzaktan algılama sistemleri	18
Şekil 3.3. Dalga hareketi	19
Şekil 3.4. Elektromanyetik dalga	20
Şekil 3.5. Elektromanyetik spektrum	21
Şekil 3.6. Radar sisteminde enerji iletimi	23
Şekil 3.7. Farklı yer yüzeyi özelliklerine göre yüzey pürüzlülüğü	24
Şekil 3.8. Dalga boylarının nesne üzerine etkisi	27
Şekil 3.9. Radar uydusunun algılama geometrisi.....	28
Şekil 3.10. Vuruş süresi ve nesnelerin ayıt edilebilirliği	29
Şekil 3.11. Eğik ve yatay uzaklık arasındaki ilişki	30
Şekil 3.12. Azimut (iz boyunca) çözünürlüğü	32
Şekil 3.13. SAR anten uzunluğu	33
Şekil 3.14. Kısa görüntüleme	35
Şekil 3.15. Ters görüntüleme	36
Şekil 3.16. Gölge geometrisi.....	37
Şekil 3.17. Yüzeylerin gerisaçılımı.....	39
Şekil 3.18. Elektromanyetik sinyallerin yüzey pürüzlülüğü ile ilişkisi ..	42
Şekil 3.19. Geliş açısı ve Lokal geliş açısı.....	43

Şekil 3.20. Bakış yönü veya alım açısı	44
Şekil 3.21. Objelerin ve yer yüzeyi su içeriğinin radarın gerisaçılımına etkisi.....	47
Şekil 3.22. Hacim saçılması.....	48
Şekil 3.23 Yatay (HH), düşey (VV), ve yatay-düşey (HH-VV) polarizasyon	49
Şekil 3.24. Orman dokusunda gerisaçılım düzeyleri	53
Şekil 3.25. Su, toprak ve bitki gibi önemli öğelerin spektral yansıtma özellikleri	61
Şekil 3.26. Topraklardaki nem ve diğer temel bileşenlerine bağlı olarak gelişen renk farklılıklarının ASTER, (321) uydu görüntülerindeki görünüşü, Menemen-İzmir	66
Şekil 4.1. Fizyoğrafik birimlerle topraklar arasındaki ilişki	70
Şekil 4.2. Farklı toprak nemine sahip toprakların dielektrik özellikleri ..	78
Şekil 4.3. Farklı bünye özelliğine sahip beş toprağın dielektrik katsayısı ile volümetrik nem içeriği ilişkileri.....	80
Şekil 4.4. HH polarizasyonda 4 farklı frekansa sahip gerisaçılım katsayısına dielektrik katsayısının etkisi.....	81
Şekil 4.5. Farklı 3 frekans için nem içeriğinin fonksiyonu olarak penetasyon derinliği.....	83
Şekil 5.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası	86
Şekil 5.2. SPOT görüntüsünde çalışma alanı ve çevresi.....	87

Şekil 5.3. Çalışma alanını oluşturan pamuk ekili araziler.....	88
Şekil 5.4. Çalışma alanını oluşturan, düz-düze yakın eğimli araziler.....	94
Şekil 5.5. Çalışma alanını oluşturan, düz-düze yakın eğimli ve mera kullanımlı tuzlu-alkali araziler	95
Şekil 5.6. Çalışma alanının delta bölgesinde yer alan toprak yüzeyinde tuz kristalleri oluşmuş araziler	96
Şekil 5.7. Çalışma alanı batı bölümünü oluşturan delta arazi tipi üzerinde yer alan kaba (kumlu) toprak bünyeli araziler	97
Şekil 6.1. Araştırmada görüntülerin rektifikasyonunda kullanılan ve arazi gözlemlerinin girildiği 1/5.000 ölçekli sayısal altlık harita	104
Şekil 6.2. Georektifikasyon öncesi RADARSAT-1 görüntüsü	105
Şekil 6.3. RADARSAT-1 görüntüsünün “Image to map” yöntemiyle rektifikasyonu.....	106
Şekil 6.4. Geo-rektifikasyon ve filtreleme sonrası RADARSAT-1 görüntüsü.....	107
Şekil 6.5. Spot görüntüsünün “Image to map” yöntemiyle rektifikasyonu.....	108
Şekil. 6.6. Rektifikasyon (yataylama) yapıldıktan sonra çalışma alanı SPOT görüntüsü	109
Şekil 6.7. Çalışma alanı ait revize edilmemiş toprak haritasından üretilmiş toprak bünyesi tematik harita örneği.....	111
Şekil 6.8. Çalışma alanına ait revize edilmiş toprak bünyesi tematik harita örneği.....	112

XVIII

Şekil 6.9. Çalışma alanı arazileri tuzluluk–alkalilik tematik haritası	113
Şekil 6.10. Radar gerisaçılım değerinin izdüşüm değerleri	115
Şekil 6.11. Araştırmada uygulanan piksel tabanlı görüntü birleştirme (fusion) işlem akış diyagramı.....	123
Şekil 6.12. Çalışma alanı renklendirilmiş NDVI haritası	127
Şekil 6.13. Çalışma alanı NDVI haritası.....	128
Şekil 6.14. Renklendirilmiş ve sayısal altlık ile karşılaştırılmış NDVI haritası.....	129
Şekil 6.15. TDR cihazı ile toprakta relatif nem ölçümü	132
Şekil 6.16. Gravimetrik yöntem ile nem ölçümü yapılmasında kullanılan çelik silindirler ve otoklavda kurutulması.....	133
Şekil 6.17. Çalışma alanı batı bölümü, tuzlu araziler ve yüzey toprağı örneklemeşi	134
Şekil 6.18. Çalışma alanı toprak özelliklerin belirlenmesinde kullanılan örneklerle ait analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri	156
Şekil 7.1. Toprak nemi ile 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü betanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki	161
Şekil 7.2. Toprak nemi ile 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü betanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki	165
Şekil 7.3. Toprak nemi ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki.....	170

Şekil 7.4. Toprak nemi ile 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	174
Şekil 7.5. Toprak nemi ile 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	178
Şekil 7.6. Toprak nemi ile 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	182
Şekil 7.7. Toprak nemi ile 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	186
Şekil 7.8. Toprak bünyesi ile 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsü betanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki	192
Şekil 7.9. Toprak bünyesi ile 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsü betanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki	197
Şekil 7.10. Toprak bünyesi ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	204
Şekil 7.11. Toprak bünyesi ile 08 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	208
Şekil 7.12. Toprak bünyesi ile 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiki ilişki	213

Şekil 7.13. Toprak bünyesi ile 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler	218
Şekil 7.14. Toprak bünyesi ile 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler	222
Şekil 7.15. Toprak tuzluluğu ile 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsü betanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler	226
Şekil 7.16. Toprak tuzluluğu ile 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsü betanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler	230
Şekil 7.17. Toprak tuzluluğu ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler	235
Şekil 7.18. Toprak tuzluluğu ile 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler	238
Şekil 7.19. Toprak tuzluluğu ile 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler	243
Şekil 7.20. Toprak tuzluluğu ile 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler	247

Şekil 7.21. Toprak tuzluluğu ile 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	250
Şekil 7.22. Toprak tepkimesi ile 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsü betanought değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	254
Şekil 7.23. Toprak tepkimesi ile 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsü betanought değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	258
Şekil 7.24. Toprak tepkimesi ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	263
Şekil 7.25. Toprak tepkimesi ile 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler.....	267
Şekil 7.26. Toprak tepkimesi ile 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki.....	271
Şekil 7.27. Toprak tepkimesi ile 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki.....	275
Şekil 7.28. Toprak tepkimesi ile 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki.....	279

Şekil 7.29. Toprak kireç içeriği ile 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü gerisaçılım değerleri arasındaki istatistikî ilişki	283
Şekil 7.30. Toprak kireç içeriği ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü gerisaçılım değerleri arasındaki istatistiksel ilişki.....	289
Şekil 7.31. Toprak organik madde içeriği ile 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü gerisaçılım değerleri arasındaki istatistiksel ilişki.....	293
Şekil 7.32. Toprak organik madde içeriği ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü gerisaçılım değerleri arasındaki istatistiksel ilişki.....	298
Şekil 7.33. Toprak örneklerindeki nem içeriğinin, kil, mil ve kum miktarları ile ilişkisi	301
Şekil 7.34. Üzerinde bitki örtüsü bulunan ve bulunmayan tarlaların nem değerleri ile birleştirilmiş (FUSE) ve NIR görüntü yansıma değerleri arasındaki ilişki.....	304
Şekil 7.35. Araştırma yöresine ait aynı alanın; (a) Spot-2 false color composite görüntüsü (b) Spot-2 3. bant (NIR) görüntüsü ve (c) RADARSAT-1 görüntüsü ile Spot-2 görüntüsü 3. bandın birleştirilmesi ile üretilen yeni görüntü.....	306
Şekil 7.36. Spot 3. band (NIR) ve RADARSAT–1 görüntüsünden birleştirme (fusion) yöntemi ile üretilen görüntüde nemin belirginleşmesi	307
Şekil 7.37. Çalışma alanına ait toprak nem haritası örneği	308

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. SAR algılayıcıları ve genel özellikleri.....	25
Çizelge 3.2. SAR bantları.....	26
Çizelge 6.1. Araştırmada kullanılan RADARSAT–1 uydu görüntülerine ait temel özellikler.....	99
Çizelge 6.2. Araştırmada kullanılan ENVISAT-ASAR uydu görüntülerine ait temel özellikler	99
Çizelge 6.3. Araştırmada kullanılan SPOT uydusuna ait temel özellikler.....	100
Çizelge 6.4. Test noktalarına ait toprak analiz sonuçları	136
Çizelge 7.1. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri.....	159
Çizelge 7.2. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü betanought ve toprak nemi değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri	162
Çizelge 7.3. 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri.....	163
Çizelge 7.4. 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü betanought ve toprak nemi değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri	166

Çizelge 7.5. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri	167
Çizelge 7.6. Toprak nemi ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistiksel verileri	171
Çizelge 7.7. 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri	172
Çizelge 7.8. Toprak nemi ile 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistiksel verileri	175
Çizelge 7.9. 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri	176
Çizelge 7.10. Toprak nemi ile 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistiksel verileri	179
Çizelge 7.11. 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri	180
Çizelge 7.12. Toprak nemi ile 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistiksel verileri	183

Çizelge 7.13. 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri.....	184
Çizelge 7.14. Toprak nemi ile 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistiksel verileri	187
Çizelge 7. 15. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye bilgileri ...	189
Çizelge 7.16. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye değerlerinin tanımlayıcı özet istatistiksel verileri.....	191
Çizelge 7.17. 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye bilgileri ...	193
Çizelge 7.18. 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri	196
Çizelge 7.19. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye bilgileri ...	199
Çizelge 7.20. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprak bünye değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri	203
Çizelge 7.21. 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye bilgileri ...	205

Çizelge 7.22. 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprak bünye değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri.....	207
Çizelge 7.23. 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye bilgileri.....	209
Çizelge 7.24. 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprak bünye değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri.....	212
Çizelge 7.25. 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye bilgileri.....	214
Çizelge 7.26. 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprak bünye değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel veriler	217
Çizelge 7.27. 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye bilgileri.....	219
Çizelge 7.28. 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprak bünye değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri	221
Çizelge 7.29. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri	224
Çizelge 7.30. 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri	227
Çizelge 7.31. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri	231

- Çizelge 7.32. 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri 236
- Çizelge 7.33. 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri 239
- Çizelge 7.34. 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri 244
- Çizelge 7.35. 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri 248
- Çizelge 7.36. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri..... 252
- Çizelge 7.37. 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri..... 255
- Çizelge 7.38. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri..... 259
- Çizelge 7.39. 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri..... 264
- Çizelge 7.40. 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri..... 268
- Çizelge 7.41. 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri..... 272
- Çizelge 7.42. 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri..... 276

XXVIII

Çizelge 7.43. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların kireç düzeyleri ...	281
Çizelge 7.44. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların kireç düzeyleri ...	284
Çizelge 7.45. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların organik madde düzeyleri.....	291
Çizelge 7.46. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların organik madde düzeyleri.....	294
Çizelge 8.1 Farklı dönemlerdeki RADARSAT-1 ve ENVISAT-ASAR görüntülerindeki gerisaçılım değerleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi belirten korelasyon tablosu	315

KISALTMALAR DİZİNİ

ADRO	: Applications Development and Research Opportunity
ALOS	: Advanced Land Observation Satellite
CSA	: Canada Space Agency
EBİLTEM	: Ege Üniversitesi Bilim Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi
ENVISAT	: Environmental Satellite
ERS	: Earth Resources Satellite
ERTS	: Earth Resources Technology Satellite
ESA	: European Space Agency
JERS	: Japanese Earth Resources Satellite
NASDA	: National Space Development Agency of Japan
OASIS	: Optimizing Access to SPOT Infrastructure for Science
SAR	: Synthetic Aperture Radar
SIR	: Shuttle Imaging RADAR
SLAR	: Side Looking Airborne Radar
SRTM	: Shuttle RADAR Topography Mission

XXX

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama yöntemiyle tarımsal alanların belirlenmesi ve gözlenmesine yönelik çalışmalar 19. yüzyılda balondan çekilen fotoğraflarla başlamıştır. Büyük alanları, çok kısa sürede sadece tarımsal amaçlı değil diğer başka amaçlara yönelik olarak ta gözlenebilmesi uzaktan algılamanın en önemli avantajlarından. Bu özelliğinden dolayı çok farklı alanlarda kullanılmasıyla birlikte hızlı bir gelişim göstermiştir. Gerçek anlamda, toprak araştırmaları ve ürün envanterinin çıkarılması gibi zirai işlemlerde düzenli bir şekilde kullanılır hale gelmesi ancak 20. yüzyılda hava fotoğraflarının temel bilgi kaynağı olarak kullanılmasıyla başlamıştır.

İlk ERTS uydusunun 1972 yılı Temmuz ayında fırlatılması ile uzaktan algılama sistemlerinin tarımsal uygulamaları için evrim niteliği taşımaktadır. Bu tarihten sonra optik algılayıcılara sahip uydu görüntüleri özellikle toprak ve arazi sınıflandırılmalarına yönelik orta ölçekli haritaların üretilmesinde çok önemli bir yer almaktadır. Ancak, optik algılayıcıların kullanıldığı pasif uzaktan algılama sistemlerinde atmosferik koşullara, havanın bulutluluk durumuna veya görüntü çekiminin yapılabilmesi için güneş ışığına ihtiyaç duyması gibi koşullar ise dezavantajları olarak sıralamak mümkündür.

Radar algılayıcılarının tarımsal amaçlara yönelik olarak işlerlikle kullanılması ise son 30–35 yıllık bir süreyi içermektedir. Bütün hava koşullarında, gece veya gündüz görüntü alabilme yeteneği, bulutluluktan

etkilenmeme gibi özellikleriyle veri elde etmede optik algılayıcılardan daha elverişli ve kullanışlıdır. Optik görüntülerle elde edilemeyen verilerin RADAR uydu görüntüleri ile elde edilebilir olması tarımsal amaçlı uygulamalara yönelik olan ürün deseninin ve rekoltesinin belirlenmesi, toprak neminin tahmini, toprak korunumu, arazi yönetimi ve bu uygulamalara ait veritabanların güncellenmesi veya güncel tutulması gibi alanlarda sıklıkla kullanılmasını sağlamıştır (Henderson F.M. and Lewis A.J., 1998).

Bununla birlikte, toprak yüzeyinin bitki örtüsü ile kaplı olduğu tropik bölgelerde dikkate alınması gerekli bir veri kaybı söz konusudur. Solar aydınlanma ve atmosferik koşullardan bağımsız olan RADAR görüntüleme tekniği, coğrafi bilgi elde etme imkânları sınırlı olan bu bölgelerde bulunan birçok gelişmekte olan ülke için çok önemli bir veri kaynağı oluşturmuştur.

Tropik bölgelerde uçaktan alınan radar görüntülerinin kullanım kolaylığı ilk defa 1970'li yılların başlarında NIRAD (Nijerya), Radam (Brezilya), Proradam (Kolombiya) gibi önemli projelerde ortaya konulmuştur. Uydudan alınan radar görüntülerinin kullanımı ise 1978 SeaSat uydusu ile beraber başlamıştır. Daha sonra sırasıyla 1981 ve 1984 yıllarında SIR-A ve SIR-B (Shuttle Imaging RADAR) ile denemeler yapılmıştır. Sivil uygulamalar için planlı uzun süreli RADAR çalışmaları 1987 yılında ALMAZ-1, 1991 yılında ALMAZ-2 ve 1991 yılında da ERS-1 uydularının fırlatılmasıyla başlamıştır. ERS-1 uydusundan 7 ay sonra, Japonya optik ve mikrodalga görüntüleme sistemleri içeren uzun süreli çalışmalar için JERS-1 uydusunu

yörüngesine yerleştirmişlerdir. Bundan sonra, Nisan 1995'te ERS-2, Kasım 1995'te Kanada'ya ait olan RADARSAT-1, 11 Şubat 2000 tarihinde SRTM uydusu, 1 Mart 2002 tarihinde ESA tarafından yönetilen ENVISAT uydusu, 24 Ocak 2006 yılında NASDA tarafından yönetilen ALOS uydusu ve 14 Aralık 2007 tarihinde RADARSAT-2 uydusu başarıyla fırlatılmıştır. Devamlı dalga sistemlerinin 1922 yılında ilk kullanımlarından sonra RADAR sistemi gelişmeye başlamıştır. 1930'larda Sir Watson-Watt pratik bir uçak izleme radarı geliştirmiştir.

Elektromanyetik dalganın taşınması, dalganın metalik veya metalik olmayan cisimlerden yansıdığı, ilk defa 1886 yılında Hertz tarafından ispatlanmıştır. Yer bazlı RADAR sistemi, ABD Donanması Araştırma Laboratuvarları'nda 1920 ve 1930'lu yıllarda Taylor ve meslektaşları tarafından gemi ve uçakları izlemek için geliştirilmiştir.

İlk RADAR görüntüleme sistemi, I. Dünya Savaşı sırasında PPI'nın (Plan Positioning Indicator) gelişimi ile gece bombardımanlarında yardımcı veri olarak kullanılmıştır. Yansıyan sinyaller katod bir ışın tüpünün (CRT) üzerinde gösterilmiştir. RADAR kodları savaş zamanında sınıflandırılmış ve bu nedenden dolayı kodlar kullanılan dalga boylarına göre; L-band, C-band, X-band gibi isimlendirilmiştir. Uçaktan görüntüleme yapan yan bakışlı RADAR'lar (SLAR), arazi gözlemi için geliştirilmiştir. Bu sistemde RADAR, arazinin uçuş rotasına paralel bir ışın gönderir. Geri yansıyan dalgalar CRT kullanılarak bir film üzerine kaydedilir. Gerçek Açıklıklı RADAR'ın dezavantajı yüksek azimut çözümlemesi için gerçekçi olmayacak kadar çok uzun boyutlarda anten uzunluğuna ihtiyaç

duymasıdır. Bu problem 1950’lerde Amerikan ordusunun Sentetik Açıklıklı RADAR (SAR) geliştirmesiyle çözülmüştür. Bundan sonra çalışmalar çok frekanslı ve çok polarize görüntüler üzerine yoğunlaşmıştır.

Radar ve radar uydu görüntülerinin kullanımı yıllar geçtikçe hızlı bir artış göstermiştir. Bu kullanım alanlarından birisi de tarımsal amaçlı uygulamalardır. Bu tez çalışmasında, SAR uydu görüntüleri, doğrudan ve optik görüntü ile birleştirilmesi (fusion) suretiyle kullanılarak toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenebilirliği araştırılmıştır.

Çalışmanın birinci ve ikinci bölümünü oluşturan giriş ve literatür bildirişlerinden sonra, üçüncü bölümde optik ve radar sistemlerinin özellikleri, algılama prensipleri ve uygulama alanları anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, toprak nemi ve belirlenmesinde kullanılan yöntemlerle birlikte mikrodalga enerji ile olan etkileşimi ele alınmıştır. Ayrıca, radar uçak veya uydu görüntülerinin kullanım alanları hakkında bilgiler verilmiştir.

Beşinci bölümde, araştırmanın gerçekteştirildiği İzmir-Menemen Ovası hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Altıncı bölümde, araştırmada kullanılan uydu görüntüleri, uydu görüntülerinin işlenmesi ve örnek noktalarının toprak özellikleri analizleri hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Yedinci bölümde, SAR uydu görüntülerindeki ve görüntü birleştirilmesi (image fusion) işlemi sonucu üretilen görüntüdeki gerisaçılım değerleri ile toprak özellikleri arasındaki istatistiksel ilişkiler incelenerek yorumlamalar gerçekleştirilmiştir.

Son bölümde ise; çalışma sonucu elde edilen sonuçlar irdelenmiştir.

2. LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

Uydu görüntülerinin, en başta ekonomik açıdan ele alındığında çok büyük alanları örttükleri düşünülerek, uzaktan algılama çalışmalarının atası sayabileceğimiz hava fotoğraflarına göre çok sayıda avantajlarından bahsetmek mümkündür (Berger, Z., 1994). Dijital uydu verileri hem çok kolay değerlendirilebilir hem de elektromanyetik spektrumun farklı aralıklarında alınan görüntülerle değişik bilim dallarında araştırma yapılmasına imkân verir. Uçak platformlardan alınan veriler ile uydu platformlardan alınan görüntüler arasındaki en büyük fark ise mekânsal çözünürlüğün düşük olması ve uçuş yönü seçimindeki zorluklardır.

RADARSAT uydusu ticari anlamda çalışan ve 10°'den 60°'ye kadar değişen farklı görüş açıları ile çeşitli stereo çiftlerin alınabildiği ilk uydudur. C bandında algılama yapan ve hiçbir hava koşulundan etkilenmeden, gece ve gündüz olmak üzere dünyanın her yerine ait görüntü alabilen aktif bir sistemdir. Kanada Uzay Ajansı (Canada Space Agency) tarafından desteklenen ADRO projesi sayesinde araştırmacılar farklı parametrelere sahip uydu görüntüleri ile dünyanın her yerine ait değerlendirme yapma imkanı bulabilmişlerdir (Toutin Th., 2000).

Toprak nem içeriğinin farklı düzeylerde iken yapacağı mikrodalga enerji yansıma değerleri toprak suyunun dielektrik katsayısı ile doğrudan ilişkili olduğu önceden yapılan araştırmalar sonucunda belirlenmiştir (Ulaby et al.1978, Dobson and Ulaby, 1986, Dubois et al. 1995, Shi et al. 1997). Shao et al., 2003, nemli ve tuzlu topraklarda dielektrik

özelliklerinin gerisaçılım katsayısına olan etkisini RADARSAT-1 uydu görüntüsünden çıkarılması isimli çalışmayı gerçekleştirmişlerdir. Bu araştırmada, tuz gölünden alınan nemli ve tuzlu topraklardaki dielektrik özelliklerindeki değişimler deneysel olarak incelenmiştir. Araştırma sonucunda RADARSAT-1 uydu görüntüsünden elde edilen gerisaçılım değerleri ile alınan toprak örneklerindeki tuzluluk değerleri arasındaki korelasyon katsayısını 0.69 olarak belirlenmiştir.

Peplinski, N. R. et al., 1995, 0,3-1,3 GHz aralığındaki toprakların dielektirk özelliklerini araştırmışlardır. Çalışmada, toprakların bünyesi, volümetrik nem içeriği ve suyun dielektrik katsayısı mikrodalga frekansı ve fiziksel sıcaklık ile belirlenebildiği açıklanmıştır. Ayrıca dielektrik katsayısının içerdiği kil tipine bağlı olduğunu vurgulanmıştır. Aynı oranda kil içeren, ancak farklı kil tipi içeren topraklar arasında çok büyük farklılıklar olduğunu ve bunun da kil tiplerinin farklı spesifik yüzey alanına sahip olmalarından kaynaklandığı belirtilmiştir. Çalışma, JPL AIRSAR sisteminin P band kanalı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, Georgia Kaolin, Kentucky Ball ve western Bentonite kil tiplerinin dielektrik geçirgenlik özellikleri incelenmiş ve spesifik yüzey alanı artışıyla dielektrik geçirgenliklerinin lineer olarak arttığı belirtilmiştir.

Moran et al., 2000, toprak nemini kurak iklim koşullarındaki arazilerde RADARSAT-1, ERS-2 ve LANDSAT-5 optik uydu görüntülerini birlikte kullanarak belirmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada, teorik olarak SAR gerisaçılımın (dB) belirlenmesinde uydu alıcılarının θ açısı ile doğrudan ilişkili olduğunu, ayrıca pratikte gerisaçılım değerinin

bitki yoğunluğundan, topoğrafik özelliklerden ve mikrorölyef'den etkilendiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, SAR görüntülerindeki bitki örtüsünden kaynaklanan sinyallerin engellenmesi için optik algılayıcılardan elde edilen bilgilerin birleştirilmesiyle SAR tabanlı yansımaların doğruluğunun arttıracağını belirtmişlerdir.

Romshoo et al., 2002, Tayland'ta 10 hektarlık çeltik tarımı yapılan ancak çalışma sırasında boş olan arazilerde RADARSAT-1 uydusu C band'ını kullanarak toprak nemini tahmin etmeye çalışmışlardır. Bu çalışmada radar uydu görüntüsü olarak ERS-2 SAR, RADARSAT (S1 mode) ve optik uydu görüntüsü olarak da LANDSAT ve JERS-1 OPS verilerini kullanmışlardır. Çalışmada radar görüntüleri toprak nemini tahmin etmede, optik görüntü ile ise NDVI oluşturmada kullanılmıştır. Araştırmada, SAR verilerindeki gerisaçılım katsayısı'nın çalışma alanındaki toprakların 0-5 cm derinliğindeki volümetrik toprak nemine karşı hassas olduğu ve korelasyonun makul olduğu belirlenmiştir. Gözlemler süresince, toprak nemi ile gerisaçılım katsayısı arasında önemli bir istatistiksel ilişki ($r^2 = 0,92$) olduğu belirlenmiştir.

Wang Cuizhen et al., (2003), ERS-2 ve LANDSAT-TM uydu görüntüleri kullanarak yarı kurak iklim kuşağındaki arazilerde toprak nemini tahmin etmeye çalışmışlardır. Araştırmacılar, ERS-2/LANDSAT-TM uyumu ile bitki örtüsü olan arazilerde toprak neminin belirlenmesinde, olumsuz yönde etkileyen parametreleri elimine etmeye çalışmışlardır. İlk yaklaşım olarak yüzey mikrorölyefinin etkisini, geçici diferansiyel gerisaçılım katsayısını kullanarak düşürmüşler ve sonra optik/mikrodalga uyumu sağlanarak toprak nemi, NDVI ve toplam

gerisaçılım katsayısı arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmışlardır. NDVI hesaplamasını kış mevsiminde çekilmiş LANDSAT-TM uydu görüntüsünden ve toplam gerisaçılım katsayısı değerini ise toprağın nemli ve kuru olduğu zamanlarda çekilmiş ERS-2 uydu görüntüsünden elde etmişlerdir. Toprak nemi haritasını, çöl bitkileri ve maki-fundalık alanlarda nemli dönemde çıkarmışlardır. Sonuçlar, yarı kurak iklim kuşağındaki alanlarda, radar gerisaçılımı kuru topraklarda oluşturulan NDVI ile pozitif korelasyon sağlamış, ancak toprak nemi yüksek olan alanlarda ise negatif korelasyon bulunmuştur.

Habambyingwe et al., (1998), ERS-1 görüntülerini kullanarak farklı tropikal orman tiplerini belirlemişlerdir. 23 Haziran ve 23 Ağustos tarihli görüntülerle çalışan araştırmacılar yer gerçeği bilgilerine sahip olmamaları nedeniyle kontrolsüz sınıflandırma yöntemini kullanmışlar ve çalışmalarında kenar belirleme (edge detection) yöntemlerini ve bu bağlamda her bir yönteme ait eşik değerlerini (threshold value) belirlemişlerdir.

Grover et al., (1999), Tropikal orman alanlarının belirlenmelerinde ERS-1 radar görüntüsünü kullanmışlardır. Çalışmalarında orman ve açık alanları, toprak nemini de dikkate alarak birbirinden kolaylıkla ayırt edilebileceğini saptamışlardır. Grupların oluşturulmasında en önemli güçlük olarak engebeli arazi rölyefini belirten araştırmacılar, çalışmalarında C band kullanımının uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Zribi M. et al., 2003, kurak iklim koşullarına sahip Avdat (İsrail) ve Fountillich (Morocca) bölgelerini içeren 2 adet ERS-2 radar görüntüsüyle çalışmışlardır. Çalışma ile topraklardaki taşlılığın radar görüntülerindeki gerisaçılıma olan etkisini araştırmışlardır. Sonuçta, radar uydu görüntülerindeki gerisaçılıma ile topraktaki taşlılık arasında yüksek korelasyonun olduğu belirlenmiştir. Geri saçılma değerlerinde toprak neminin etkisini en aza indirmek için kurak iklim kuşağında ve yağış olmayan dönemde çekilmiş radar uydu görüntüleri kullanmışlardır. Araştırma alanı, jeomorfolojik birimler belirlendikten sonra taşlılık oranlarına göre 5 farklı alana ayrılmıştır. Araştırma sonucunda, taşlılık ve gerisaçılım verileri arasında yüksek düzeyde korelasyon olduğunu saptamışlardır.

Uzaktan algılama tekniği ile ilgili olarak çalışan araştırmacılar yaklaşık son on yıl içerisinde yaptıkları çalışmalar sonucunda, SAR gerisaçılımı ile toprak nemi arasında güçlü bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Bu araştırmaların çoğunda aynı toprak özelliklerine sahip alanlarda aynı uydunun (RADARSAT-1, ERS1/2 veya ENVISAT) farklı polarizasyon ve alım açılarındaki görüntüleri kullanılarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Bazı araştırmalarda ise iki farklı uydu görüntüsünün (RADARSAT ile ERS1/2 ya da RADARSAT-1 ile ENVISAT) toprak neminin belirlenebilirliği amacıyla birbirleri ile karşılaştırılmalar yapılmıştır (Baghdadi et al., 2002; Baghdadi et al., 2006; Boisvert et al., 1997; Beaudoin et al., 1990; Alvarez-Mazos et al., 2005; Holah et al., 2005; Kelly et al., 2003; Oldak et al., 2003; Siegert and Ruecker, 2000; Sahebi et al., 2003; Srivastava et al., 2003; Zribi et al., 2005a, 2005b).

Toprak nemi, bitki örtüsü gelişiminin önemli ölçüde su kullanımına bağlı olduğu yarı kurak arazilerde önemli bir bilgidir. Toprak neminin belirlenmesi çalışmalarında, sentetik açıklıklı radar görüntüleri boş ve düz arazilerde başarılı olarak kullanılabilen ancak bitki örtüsüyle kaplı alanlarda ise başarı oranı düşmektedir. Cuizhen et al., 2004, yaptıkları çalışmada, toprak nem tahmininde ERS-1 ve Landsat-TM görüntülerinin kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Bu çalışmada optik/mikrodalga modeli kurulmuş ve toprak nemi, pürüzlülüğü ve NDVI arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Çalışma alanı olarak, yaklaşık 400 km² genişliğindeki, üzerinde otsu bitkilerin bulunduğu, kumlu tın toprak bünyeli ve düz eğimli allüvial araziler (Arizona, USA) tercih edilmiştir. Bu çalışmada, aynı yıla ait üç mevsimde dört çift ERS-2 ve LANDSAT-TM verileri ile çalışılmıştır. Araştırmacılar, önce temporal diferansiyel gerisaçılım katsayısını ($\Delta\delta_{\text{wet-dry}}$) kullanarak yüzeydeki sertlik etkisini azaltmak için bir yaklaşım geliştirmişlerdir. Bundan sonra toprak nemi, NDVI ve $\Delta\delta_{\text{wet-dry}}$ arasındaki ilişkiye benzetilerek bir sentetik optik/mikrodalga modeli kurulmuştur. Araştırmacılar, toprağın nemli olduğu mevsimde TM görüntüsünden NDVI, nemli-kuru mevsimde ERS-2 görüntüsünden $\Delta\delta_{\text{wet-dry}}$ hesaplamalarıyla birlikte nemli mevsimde bozkır ve fundalık alanlar üzerinde toprak nem haritaları üretmişlerdir. Yarı kurak arazilerde sonuçlar, radar gerisaçılımları toprak kuruyken ($m_v < 10\%$) NDVI ile pozitif bir bağ, toprak nemi yüksekken ($m_v > 10\%$) negatif bir bağ kurduğunu göstermiştir. Araştırmadaki yaklaşım bir bozkır bitki örtüsü alanı için geliştirilmiştir.

Srivastava et al., 2006, Hindistan'ın Agra, Mathura ve Bharatpur bölgelerinde gerçekleştirdikleri çalışmada RADARSAT-1 uydusuna ait, düşük alım açısına sahip 2 adedi 1999 yılı diğer ikisi ise 2000 yıllarına ait toplam 4 adet SAR uydu görüntüsü kullanarak toprak nem içeriği ve toprak bünyesi ile radar gerisaçılım katsayısı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Arazi çalışmaları ile, 13 Mart 1999 tarihinde 13 noktadan, Aralık 1999 tarihinde 30 noktadan, 27 Ocak 2000 tarihinde 4 noktadan ve son olarak 15 Mart tarihinde 10 noktadan toplam olarak 50 noktadan uydu görüntüsünün çekim tarihine uyumlu olarak toprak örnekleme yapılmış ve istatistiksel ilişkiler incelenmiştir. Toprak nem içeriğinin belirlenmesi için gravimetrik yöntem kullanılmış ve toprağa ait diğer özelliklerin belirlenmesi için toprak örnekleri alınmıştır. Araştırmada, Radarsat-1 uydu görüntüleri dijital yansıma değerleri ($\sigma^0 = 10.0 \log_{10}((DN^2 + \text{offset})/\text{gain}) + 10.0 \log_{10}(\sin(\alpha))$) formülü kullanılarak gerisaçılım katsayısına (σ^0) çevrilmiştir. Üretilen bu gerisaçılım katsayısı ile gravimetrik toprak nem içeriği ve volümetrik nem içeriği değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler incelenmiş ve regresyon katsayısı (R^2) 0.88 ile 0.96 arasında olduğunu saptamışlardır.

Shoshany, M. et al., 2000, İsrail'in Avisur ve Lehavim bölgelerinde gerçekleştirdikleri araştırmada ERS-2 SAR görüntülerini kullanarak gerisaçılım değerleri ile toprak nem ilişkisini belirmeye çalışmışlardır. 29 Mart, 10 Nisan ve 8 Mayıs 1997 tarihli ERS-2 SAR uydu görüntülerindeki dijital değerleri gerisaçılım katsayısına dönüştürebilmek için Laur et al., 1997 kullandıkları yöntem uygulanarak sigmanought (σ^0) verisine dönüştürmüşlerdir. Toprak neminin belirlenmesine yönelik

olarak, uydu görüntülerinin çekim tarihlerine uyumlu şekilde gerçekleştirdikleri arazi çalışmalarında 10 noktadan gravimetrik yöntemle toprak örnekleri almışlardır. Araştırma sonucunda, volümetrik toprak nemi (0-%40) ile SAR görüntülerindeki gerisaçılım değerleri arasındaki korelasyon katsayısını 0.85 den daha büyük olarak belirlemişlerdir.

Shakil A. Romshoo et al., 2000, Japonya'nın Chiba bölgesinde gerçekleştirdikleri çalışmada hyperspektral ve C banda sahip HH, HV ile VV polarizasyona sahip farklı geliş açıları olan SAR görüntüleri kullanarak toprak nemine olan hassasiyetleri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda SAR uydu görüntülerinde bütün polarizasyon türevleri için 23^0 geliş açısına sahip görüntülerin 35^0 ve 45^0 geliş açısına sahip görüntülere göre daha yüksek korelasyon katsayısına sahip olduğunu ve bunun yanında 23^0 geliş açısına sahip görüntüler içerisinde de en yüksek korelasyon katsayısının (0.76) VV polarizasyona sahip olan SAR görüntüsünden elde edildiğini bildirmişlerdir.

Weimann, A., et al., 1998, C bandına(5.3 GHz) sahip VV polarizasyonda görüntü alan ERS-1 SAR uydu görüntülerini kullanarak toprak nem düzeyi ile gerisaçılım değerleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma alanını Almanya'nın *Thüringer Becken* alanında Weimar bölgesinin kuzeyinde yer alan Großobringen tarımsal arazileri oluşturmaktadır. SAR uydu görüntülerinin çekim tarihi ve saatlerinde her bir alandan 27 toprak örneği alınmış ve toprak nem içerikleri volümetrik olarak hesaplanmıştır. Elde edilen nem değerleri ile SAR görüntüsünden elde edilen gerisaçılım değerleri istatistiksel olarak incelendiğinde yukarı

(descending) modda çekilen görüntülerde korelasyon katsayısı 0.84, aşağı (ascending) modda çekilen görüntülerde ise korelasyon katsayısının 0.46 bulunduğunu bildirmişlerdir.

3. UZAKTAN ALGILAMA TEKNİĞİ VE TEMEL İLKELERİ

Uzaktan algılama tekniğı, elektromanyetik spektrumun morötesi ile radyo dalga ışınları arasındaki bölümler kullanılarak, algılayıcılar aracılığı ile havadan veya uzaydan bir obje, alan ya da olay hakkında bilgi toplama, kaydetme ve inceleme bilimidir (Lillesand T.M. and R.W. Kiefer, 2000; Örüklü, 1988). Bu tekniğın uygulanmasında incelenen objeler ile doğrudan fiziksel temasa geçilmez. Ancak, yeryüzünden belirli uzaklıkta konumlandırılmış platformlara yerleştirilmiş algılayıcılar aracılığıyla, bu objelerin yansıttıkları elektromanyetik enerji kaydedilir. Canlı veya cansız nesneler, güneşten yeryüzüne ulaşan ya da yapay olarak üretilen enerjiyi yapılarına ve büyüklüklerine göre yutma ya da yansıtmaya özelliklerine sahiptirler. Objelerin elektromanyetik enerjiyi yansıtabilme karakteristikleri dikkate alınarak tanımlamaları yapılabilir ve yeryüzündeki coğrafi dağılımları belirlenebilir. Yansıyan enerji dijital görüntü şeklinde kaydedilir.

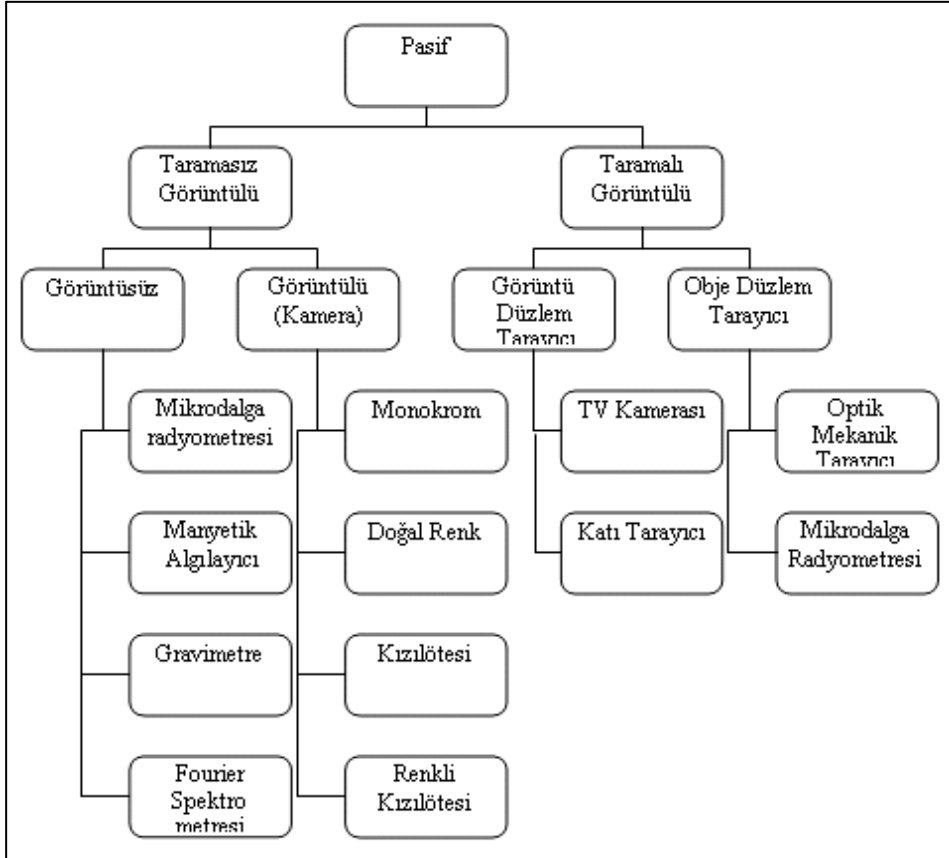
Uzaktan algılamanın en önemli kaynağını uzay ve uydu görüntüleri oluşturur. Uzay fotoğrafçılığı insanların uzaya açılmasından 10 yıl kadar önce, 1946 yılında başlamıştır. İkinci dünya savaşında Almanlar'dan alınan V-2 roketlerinin bazıları 1946 yılında ABD'de uzayın bilinmeyenlerini incelemeye yarayacak bir takım gereçlerle donatılarak fırlatılmış ve yerin 105 km yükseklikten ilk kez resmi çekilmiştir. 1955 yılında Viking-12 roketi ile 244 km ve 1959 yılında da Atlas roketi ile 1120 km yükseklikten ABD'nin bazı bölgelerinin fotoğrafları çekilebilmiştir. Dünyada ilk uydunun 1957 yılında Sovyetler Birliğı (SSCB) tarafından, Sputnik adıyla uzaya gönderilmesi ile yeni bir

çağ açılmıştır. Yerin uzaydan otomatik fotoğraf makineleri ile fotoğraflarını çeken ilk insansız uydu 1959 yılında ABD tarafından uzaya gönderilen Explorer-6 uydusudur.

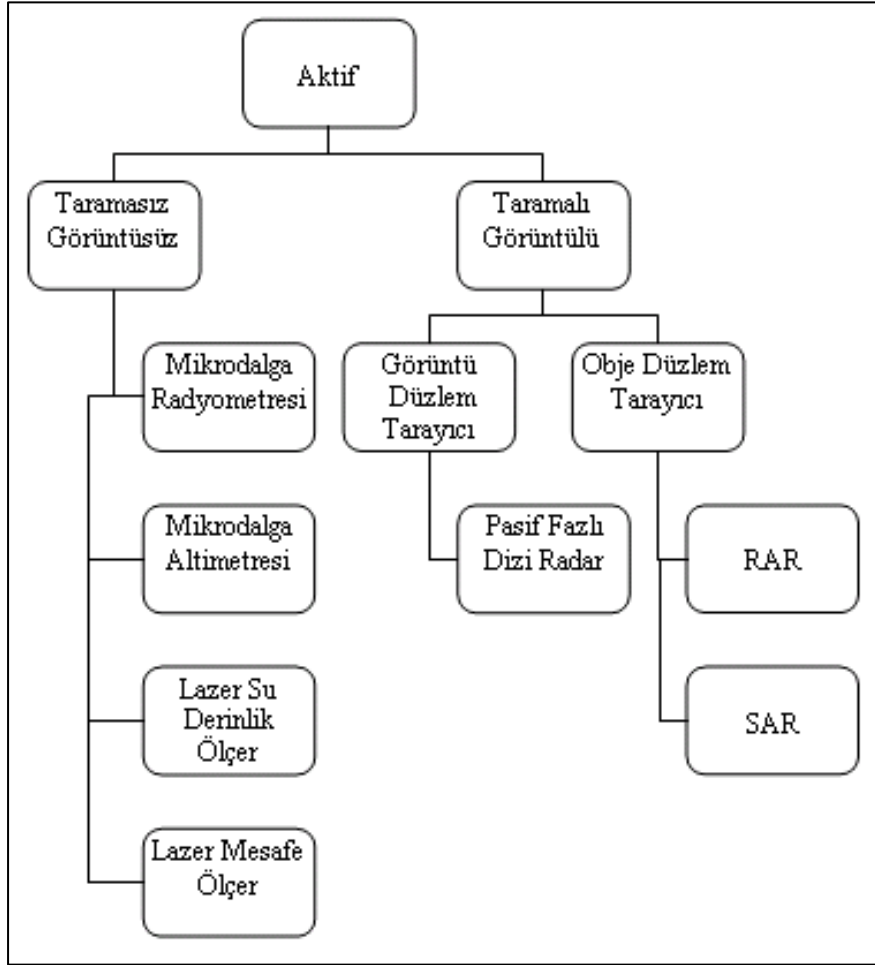
Yer kaynaklarının araştırılması ve yeryüzünün incelenmesi amacı ile uzaya gönderilen ilk uydu ERTS uydusudur. Bu uydu 23 Temmuz 1972 yılında ABD tarafından yörüngesine yerleştirilmiş ve adı daha sonra LANDSAT-1 olarak değiştirilmiştir. Bundan sonra 1975 yılında LANDSAT -2, 1978'de LANDSAT -3, 1982'de LANDSAT -4, 1985'de LANDSAT -5 ve LANDSAT-7 izlemiştir. Bu uydunun amacı tarım, orman, jeoloji, su kaynakları vb. yeryüzü kaynaklarının araştırılmasıdır.

Uzaktan algılama tekniğinde elektromanyetik enerji kaynağı güneş ya da elektromanyetik dalga üreten yapay bir cihaz olabilir. Uzaktan algılama tekniği, yeryüzüne ulaşp yansıyan ve algılanan enerjinin kaynağına ve türüne göre aktif ve pasif olmak üzere iki temel başlık altında incelenir (Şekil 3.1, 3.2). Güneş eş zamanlı hareket eden pasif sistemler güneş ışığı olmaksızın görüntü elde edemezler. Aktif sistemlerde ise enerji kaynağını algılayıcı kendisi üretir. Aktif uzaktan algılama tekniğinde enerji kaynağı uydu ya da uçak gibi taşıyıcı platformların sahip olduğu düzeneklerdir. Bu teknikte kullanılan enerji çeşidi mikrodalga boyutundaki enerjilerdir. Pasif uzaktan algılama tekniğinde ise enerji kaynağı güneştir. Bu nedenle gündüz saatlerinde ve açık havada görüntü alınabilmesi koşulu olan bu teknikte enerji çeşidi ise görünür bölgedeki mavi, yeşil, kırmızı dalga boyundaki elektromanyetik enerji ile insan gözü ile görülemeyen kızılötesi ve termal elektromanyetik enerjilerdir (Balık, 2004).

Uzaktan algılamanın temeli elektromanyetik ışımanın temel özelliği ve davranışı olan dalga hareketine dayanır (Şekil 3.3). Bu nedenle algılanacak nesne ilk olarak aktif veya pasif sistem mantığına göre aydınlatılmalı ve nesneden gelen enerji algılanmalıdır. Bu enerjinin formu elektromanyetik ışıma şeklindedir. Elektromanyetik ışımanın yol aldığı yöne dik doğrultu elektrik alanı (E), elektrik alanla sağ yönde açığa çıkan alan ise manyetik alanı (M) oluşturur (Şekil 3.4).

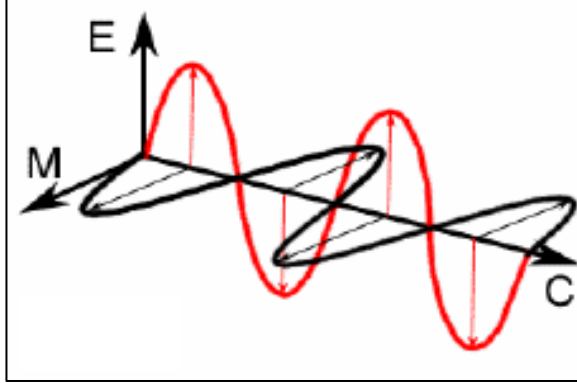


Şekil 3.1. Pasif uzaktan algılama sistemleri [<http://www.profc.udec.cl/~gabriel/tutoriels>]



Şekil 3.2. Aktif uzaktan algılama sistemleri

[<http://www.profc.udec.cl/~gabriel/tutoriels>]

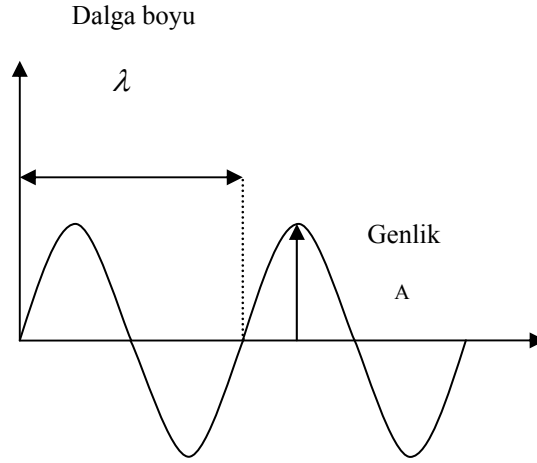


Şekil 3.3. Dalga hareketi [www.ccrs.nrcan.gc.ca]

Yatay ve dikey olarak ilerleyen elektromanyetik enerjinin her ikisi de ışık hızında hareket eder. Elektromanyetik enerjinin hareketini sağlayan dalga üzerinde, en kısa iki (alçak ya da yüksek) komşu nokta arasındaki uzaklık λ dalga boyudur (Eşitlik 2.1). Elektro manyetik dalganın frekansı f , yayılma hızı v ise dalga boyudur.

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (3.1)$$

Dalganın denge halinden tepe noktasına olan uzaklık A genlik değeridir. Genlik arttıkça, taşınan enerji de artar. E elektrik alan, M manyetik alan olmak üzere Şekil 3.4’de dalganın hareketi görülmektedir (Abdikan, 2007).

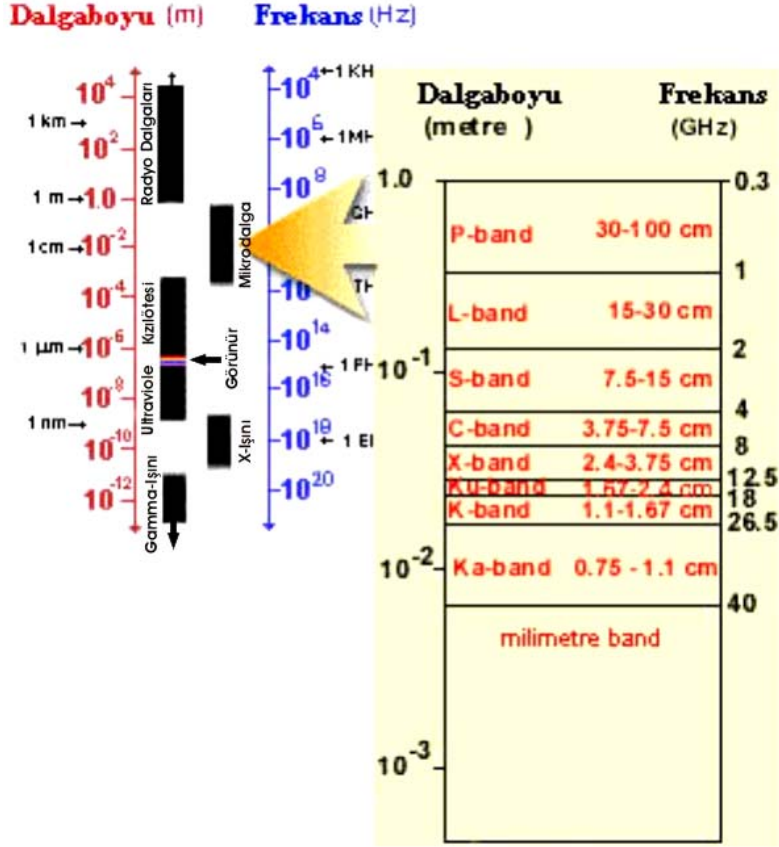


Şekil 3.4. Elektromanyetik dalga

3.1.Aktif Uzaktan Algılama

Aktif sistemler kendi enerji kaynaklarını kullanırlar, yani hedef nesne sistemin enerji kaynağı tarafından aydınlatılır. Bu sistemler, hedefe ürettikleri elektromanyetik dalga sinyallerini yollar ve hedeften saçılan enerjiyi algırlar.

Aktif algılama sistemleri gece ve gündüz, her türlü hava koşullarında çalışabilmektedirler. Bu sistemler görüntü kaydeden ve etmeyenler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Görüntü kaydeden aktif mikrodalga algılayıcı olarak en iyi bilinen sistemler RADAR’lardır. RADAR kelimesi, **R**Adio **D**etection **A**nd **R**anging kelimelerinin kısaltılmasından oluşmuştur. Uzaktan algılamada kullanılan en uzun dalga boyu mikrodalga bölgesinde yer almaktadır ve RADAR bu bölgede 1 cm ile 1 m dalga boyları arasında değerler alır (Şekil 3.5).



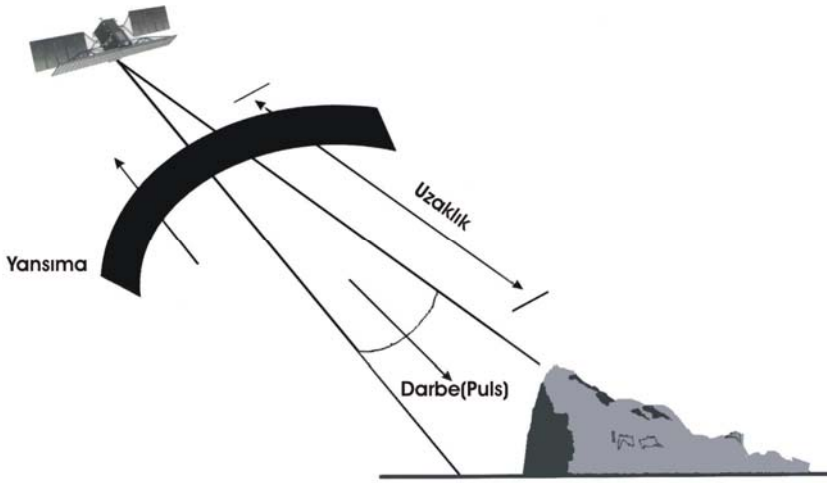
Şekil 3.5. Elektromanyetik spektrum [<http://www.geog.ucsb.edu>]

Radar görüntüleri, alınan verilerin yapısı ve alınma yöntemi açılarından optik görüntülerden ayrılmaktadır. LANDSAT, SPOT, ASTER vb optik uydular pasif sistemler olup, ancak güneş ışınlarının aydınlattığı yeryüzünü görüntüleyebilir. Bu da elektromanyetik spektrumun yansıma yapan aralığına denk gelir. Elektromanyetik spektrumun görünür, kızılötesi ve ısı kızıltı bölgesinden daha uzun dalga uzunluklarında siyah cismin ışıma gücü azalır ve bu bölgede optik sistemlerle algılayamaz.

Aktif uzaktan algılama tekniğinde, algılayıcı sistem olarak cisim ve atmosfer tarafından üretilen, cismin yüzeyi tarafından yansıtılan ve yeraltından gönderilen mikrodalga bölgesindeki işaretleri algılayan anten kullanılır. Radar görüntüleri elektromanyetik spektrumun insan gözünün göremediği ışık aralığında kaydedilir. Aktif bir sistem olması nedeni ile gönderilen enerjinin güç, frekans ve polarizasyon gibi özellikleri çalışma amacına uygun olarak ayarlanabilir. Atmosferik koşullardan bağımsız olarak yüksek radyometrik ve geometrik çözünürlük sağlar, hareketli hedefler izlenebilir ve görüntülenebilir. Kullanılan dalga boyuna bağlı olarak bitki örtüsüne ve toprağa penetre olabilme özelliği taşır. Ancak, radar sistemlerinin pahalı ve karmaşık sistemler olması nedeni ile algılanan görüntülerin geometrik hataları, optik sistemlerden çok farklı ve görüntülerdeki benek/gürültü etkisi ile işlenmesi ve değerlendirilmesi güçtür.

Radar görüntüsü, yer yüzeyine yollanan enerji ile uyduya geri dönen enerji arasındaki oran hesaplanarak oluşturulur. Algılayıcıya geri dönen enerjiye gerisaçılım (backscatter) denir (Şekil 3.6). Görüntülenen bir alanın gerisaçılımı o bölgenin topografyasına, cm büyüklüğündeki pürüzlülüğüne ve nem oranı ile doğrudan etkilenen dielektrik özelliğine bağlı olarak değişiklik gösterir (Balık Şanlı ve Abdikan, 2006). Gerisaçılımın az olması koyu renkli yani gri skalanın yaklaşık siyah aralığında görüntü oluşmasına neden olurken, yüksek gerisaçılımlar açık tonlu, yani gri skalanın beyaza yakın aralığında görüntü verir. Renkli görüntü oluşturmak için optik uydularda olduğu gibi (LANDSAT, SPOT, vb) çok bantlı görüntülere ihtiyaç vardır. Örneğin LANDSAT-TM elektromanyetik spektrumun 7 farklı aralığındaki yer yüzeyi

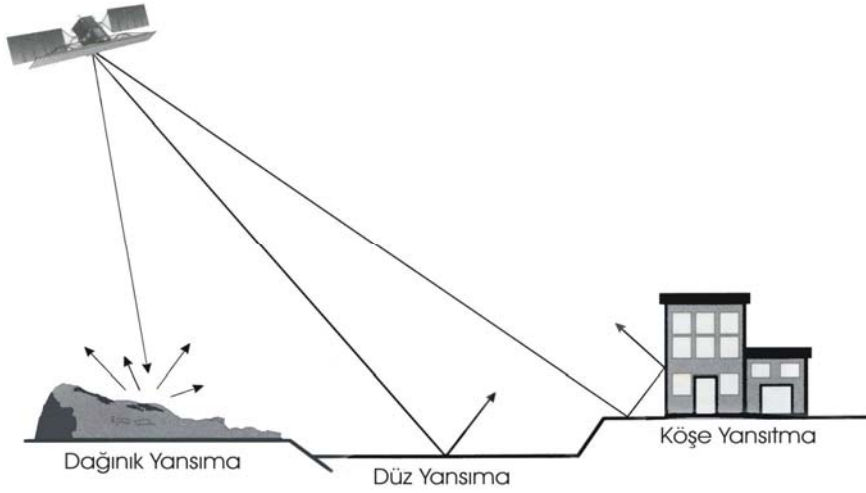
yansımalarını kaydedebilmekte böylece 7 farklı bant kombinasyonuna imkân tanımaktadır. Renk, bu bantlardan herhangi 3 tanesinin birleştirilmesi ile elde edilmektedir. SAR görüntüleri ise (RADARSAT, ERS vb) elektromanyetik spektrumun tek bir aralığında kayıt yaptığından sadece tek bir bant olarak siyah-beyaz bir görüntü verebilir (Balık, 2004).



Şekil 3.6. Radar sisteminde enerji iletimi (Canadian Space Agency, 1996)

Radar görüntüleri geniş bir kullanıcı grubuna çok değerli bilgiler sağlar. Jeoloji, tarım, arazi örtüsü ve arazi kullanımı haritalarının yapılması, hidroloji, maden haritalarını yapılması, SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) modellerinin oluşturulması vb birçok konuyu bunların arasında saymak mümkündür. Aynı zamanda, aynı bitki örtüsü ile kaplı olan farklı iki arazi birimi birbirinin aynı olmamasına rağmen arazi örtüsü sınıflarının oluşturulmasında da kullanılmaktadır. Yüzeyin su içeriği arttıkça ya da su yüzeylerinin kendisi tam yansıma (specular reflection) yapması nedeniyle zayıf bir yansıma geriye dönecektir ve bu

bölgeler koyu tonlarda görünecektir. Bunun aksine yerleşim alanları daima köşe yansıtıcısı (corner reflector) özelliği göstermesi nedeniyle daha parlak bir görünüme sahiptir (Şekil 3.7). Bu iki sınır arasında kalan her bir objenin gerisaçılımı ise birbirinden farklı gri tonlarda görüntülenir. Görüntüdeki her bir farklı gri ton, doku (texture) ve desen (pattern) özellikleri ile birlikte yorumlanarak jeolojik yapı, tarım alanlarının arazi kullanım haritaların yapılması ve benzeri birçok konuda bilgi elde edilmesi mümkün olmaktadır.



Şekil 3.7. Farklı yer yüzeyi özelliklerine göre yüzey pürüzlülüğü
(Canadian Space Agency, 1996)

SAR görüntülerinde renk bilgisi, temelde hedef nesnelerin pürüzlülüğü, yükseklik, dalga boyu, geliş açısı ve polarizasyona gibi parametrelere bağlıdır. Bu parametreler uydudan uyduya farklılık göstermektedir. Farklı amaçlar için ve uygulamalarda karşılaşılan bazı eksiklikleri gidermek için farklı özelliklere sahip uydular geliştirilmiştir (Çizelge 3.1).

Enerji kaynağını kendisi üreten SAR görüntülerinde, algılayıcının bant çeşidine göre detay değişimi gözlenir. Radar algılayıcı bantları, kullanılan dalga boyu ve frekansına göre çeşitli harflerle anılırlar. Bu harfler tamamen rastgele verilmiştir (Çizelge 3.2) (Hussin, 2005).

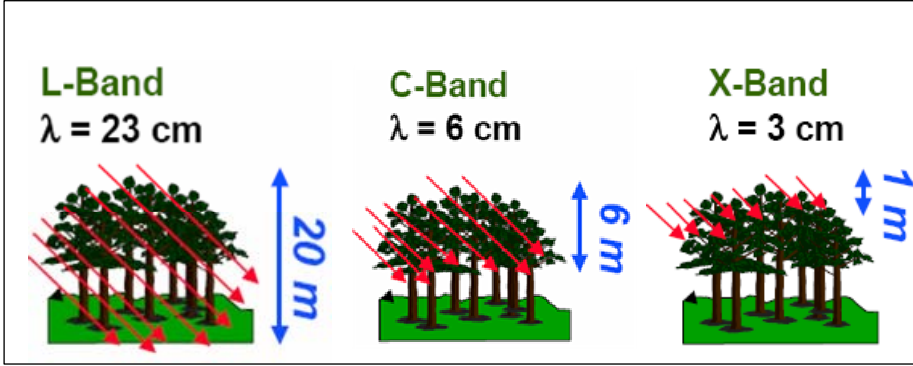
Çizelge 3.1. SAR algılayıcıları ve genel özellikleri

	ERS 1/ ERS 2	J-ERS	RADARSAT	ENVISAT	SRTM	ALOS/ PALSAR
Dalga boyu	C	L	C	C	C-X	L
Geçiş	Tekrarlı	Tekrarlı	Tekrarlı	Tekrarlı	Tek	Tekrarlı
Tekrarlı Geçiş	35 gün Tandem 1 gün	44 gün	24 gün	35 gün	-	46 gün
Yörünge Doğruluğu	+	-	-	+	+	+
Geliş Açısı	23°	40°	10°-60°	13°-39°	20°-60°	8°-60°
Çözünürlük	25m	25m	10m-100m	30m-1km	30m-90m- 1km	7m
Tarama Genişliği	100 km	100km	Max-500km	100- 400km	225km	70
Scan SAR Modülü	Yok	Yok	Var- 500m	Var-400m	Var	Var-100m
Polarizasyon	VV	HH	HH	VV/HH, VV/VH, HH/HV	VV/HH VV/VH HH/HV	HH+HV VH+VV

Radar bantlarının dalga boylarının farklı olması, dalga boylarının nesneyi geçme (penetration) özelliğini değiştirir. Uzun dalga boyuna sahip L bandı, nesneleri geçerek yere kadar etki edebilir ancak kısa dalga boyuna sahip X bandı nesnelerden geri döner (Şekil 3.8). Böylece farklı dalga boyuna ait bantlar farklı nesnelere ait bilgilerin üretilmesinde kullanılır.

Çizelge 3.2. SAR bantları (Hussin, 2005)

Bantlar	Frekans (GHz)	Dalga boyu(cm)
P	0.225 – 0.39	133–76.90
L	0.39 – 1.55	76.9–19.40
S	1.55 – 3.90	19.4–7.69
C	3.9 – 5.75	7.69–5.21
X	5.75 – 10.90	5.21–2.75
Ku	10.9 – 18	2.75–1.67
K	18 – 26.50	1.67–1.13
Ka	26.5 – 36	1.13–0.83
Q	36 – 46	0.83–0.63
V	46 – 56	0.63–0.53
W	56 – 100	0.53–0.30



Şekil 3.8. Dalga boylarının nesne üzerine etkisi (Sarti, 2005)

3.1.1 Gerçek Açıklıklı Radar (RAR)

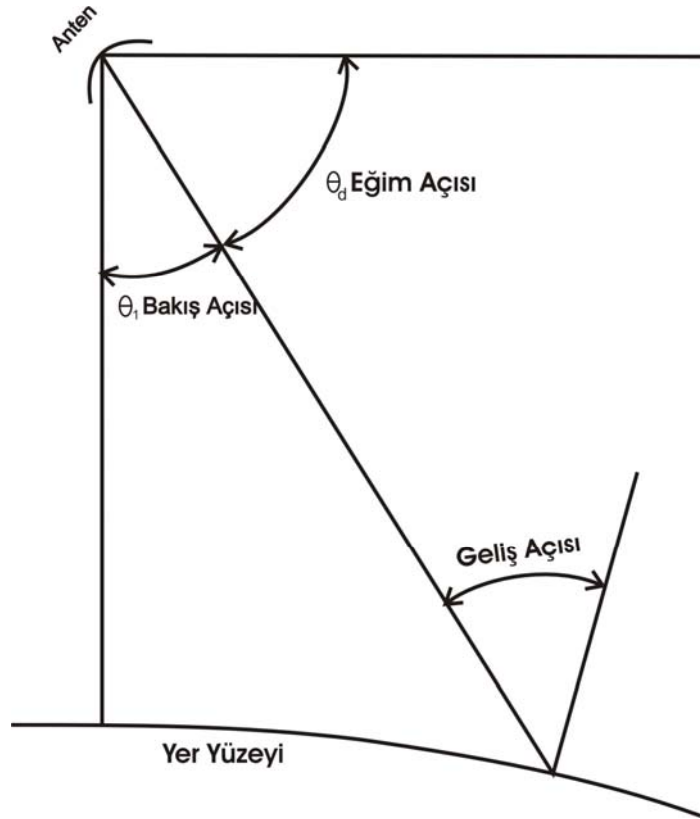
Radar uyduları yollanan ve geri dönen her bir radar darbesi (pulse) arasındaki zaman farkını ölçer bu da nesnelerin yerlerinin hassas bir şekilde belirlenmesini sağlar. Gönderilen bu sinyalin (enerjinin) yayılım hızı bilindiğinden obje ile enerji gönderen anten arasındaki eğik uzaklık (slant range) hesaplanabilmektedir. Enerji havada yaklaşık $c = 300 \times 10^6$ m/sn ışık hızı ile yayılır.

$$R = \frac{ct}{2} \quad (3.2)$$

Burada; R sinyalin gönderildiği radar anteninden nesneye olan eğik mesafe, c ışık hızı ve t ise gönderilen ve dönen sinyal darbesi arasında geçen süredir. Sinyal yolculuğu gidiş ve dönüş şeklinde çift yönlü olduğu için, uzaklık hesaplarında sinyal yolculuk süresinin yarısı alınır.

Mikrodalga enerjisi yaklaşık 10^{-6} sn gibi çok kısa aralıklarla darbeler şeklinde yollar ve antenden yollanan bu enerji darbelerinden

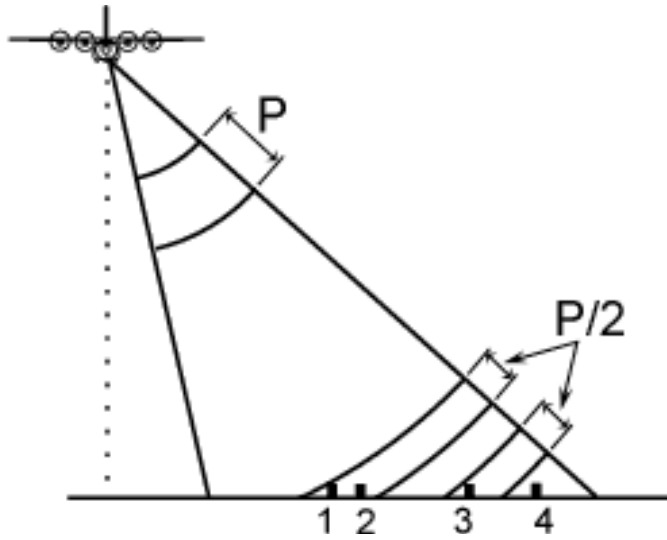
geriye dönen sinyaller sırasıyla kaydedilir. Tipik bir radar uydusunun algılama geometrisi Şekil 3.9’da görülmektedir. Sistemin bakış açısı (look angle) nadir noktası ile hedef arasındaki açıdır. Eğim açısı (depression angle), bakış açısının bütünleyenidir ve geliş açısı bakış açısının yer yüzeyinin normali ile yaptığı açıdır.



Şekil 3.9. Radar uydusunun algılama geometrisi (Lillesand and Kiefer, 2000)

Optik sistemlerden farklı olarak radarın yersel ayırma gücü mikrodalga ışınımının ve geometrik etkilerin bir fonksiyonudur. Radar görüntülerinin çözünürlükleri, azimut ya da iz boyunca (along track) ve ize dik yönde (across track) çözünürlük şeklinde ayrı ayrı tanımlanır.

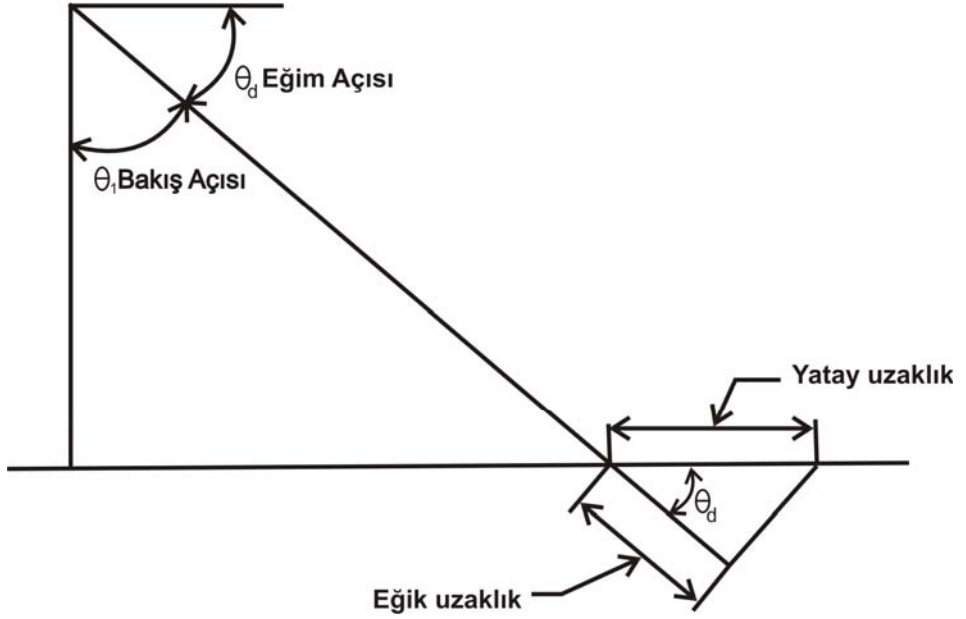
İze dik yönlü çözünürlük, sinyalin yüzeye geliş açısı ve darbe vuruş süresi (P) ile belirlenir. Sinyallerin kaynak merkezi olan radar cihazından itibaren eğik uzaklık yönünde alınacak bir düşey kesit üzerinde, dalgaların tam dairesel hareketi izlenebileceğinden uçuş doğrultusuna dik yöndeki bu çözünürlük aynı zamanda açısal çözünürlük (R_{rdy}) olarak da isimlendirilir. Işınım demetinin uzun eksenini üzerindeki bu kesit teorik olarak sinyal vuruş süresinin yarısı kadar bir zamanda ($P/2$) dalga'nın yayılım yönünde algılanan uzaklığa karşılık gelir (Şekil 3.10) (Sabins, 1987). Örneğin Şekil 3.10'daki 1 ve 2 hedefleri ayırt edilemezken 3 ve 4 hedefleri birbirinden ayırt edilecektir. Eğik uzaklık çözünürlüğü bu uzaklıktan bağımsız olarak her zaman sabittir. Ancak eğik uzaklıktan yatay uzaklığa (ground range) dönüştürüldüğünde yerdeki çözünürlük eğim açısına (θ_d) bağlı olacaktır (Şekil 3.11).



Şekil 3.10. Vuruş süresi ve nesnelerin ayırt edilebilirliği [www.ccrs.nrcan.gc.ca]

$$R_{rdy} = \frac{C\tau}{2} \quad (3.3)$$

Burada R_{rdy} ışınal çözünürlük; C dalga yayılım hızı (ışık hızı, 300×10^6 km/sn), τ ise şekil 3.10'da P ile tanımlanan sinyalin vuruş süresidir.



Şekil 3.11. Eğik ve yatay uzaklık arasındaki ilişki (Lillesand and Kiefer, 2000)

Görüntüdeki iz yönüne dik çözünürlük yatay uzaklık (R_r) olarak ifade edilir ve yatay uzaklık eğim açısına bağlı olarak hesaplanır.

$$R_r = \frac{C\tau}{2 \cos \theta_d} \quad (3.4)$$

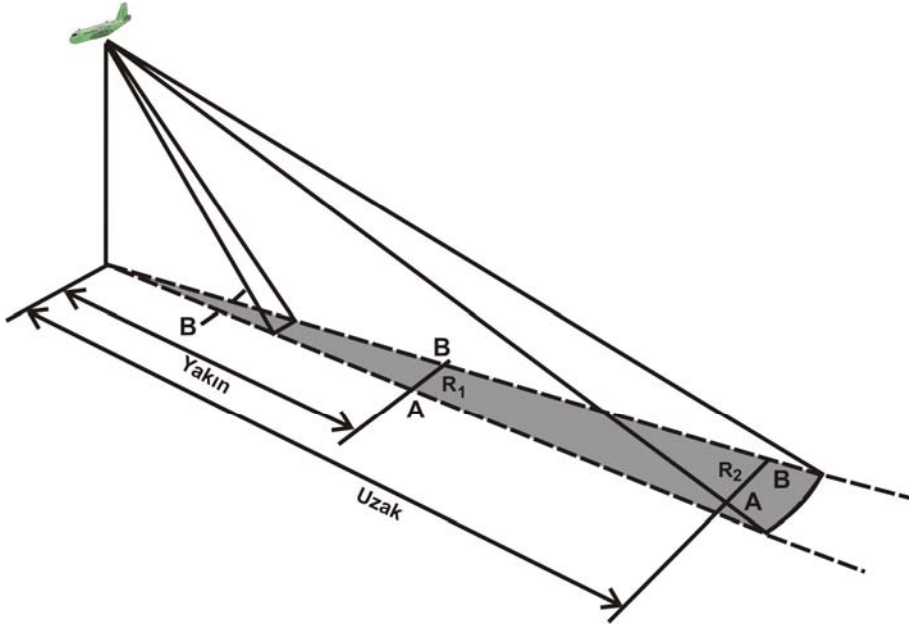
İz boyunca, yani radarın uçuş yönü doğrultusundaki çözünürlüğü olarak tanımlanan azimut çözünürlüğü (R_a), uydudan itibaren belirli bir açısal açıklıkla uzanan ışınlam demetinin, yerde oluşturduğu iz (lob) üzerindeki son genişliği ile ifade edilir. Uçuş doğrultusu yönünde olup demet genişliği (β) olarak isimlendirilen uzaklığın oluşmasını sağlayan açının radyan cinsinden değeri (β_{rdy}) açısal çözünürlük olarak adlandırılır.

$$\beta_{rdy} = \frac{\lambda}{L} \quad (3.5)$$

Görüntüdeki azimut çözünürlüğüne karşılık gelen yerdeki demet genişliği uydudan olan eğik uzaklık (R) ile doğru orantılıdır. Bu durumda açısal çözünürlüğün radyan değeri ile yerdeki noktanın uyduya olan uzaklığının çarpımı azimut çözünürlüğünü (R_a) verecektir (Şekil 3.12) (Köse, 2000).

$$R_a = R\beta_{rdy} \quad (3.6)$$

Yerdeki noktaların uyduya olan uzaklığı arttıkça demet genişliği ve dolayısıyla da azimut çözünürlük değeri büyüyecektir. Bu durumda da Şekil 3.12’de görüldüğü gibi, uyduya yakın alım noktasındaki (near range) A ve B nolu hedefler birbirinden ayırt edilebilirlerken uzak alım noktasındaki (far range) A ve B hedefleri ayırt edilemeyeceklerdir.

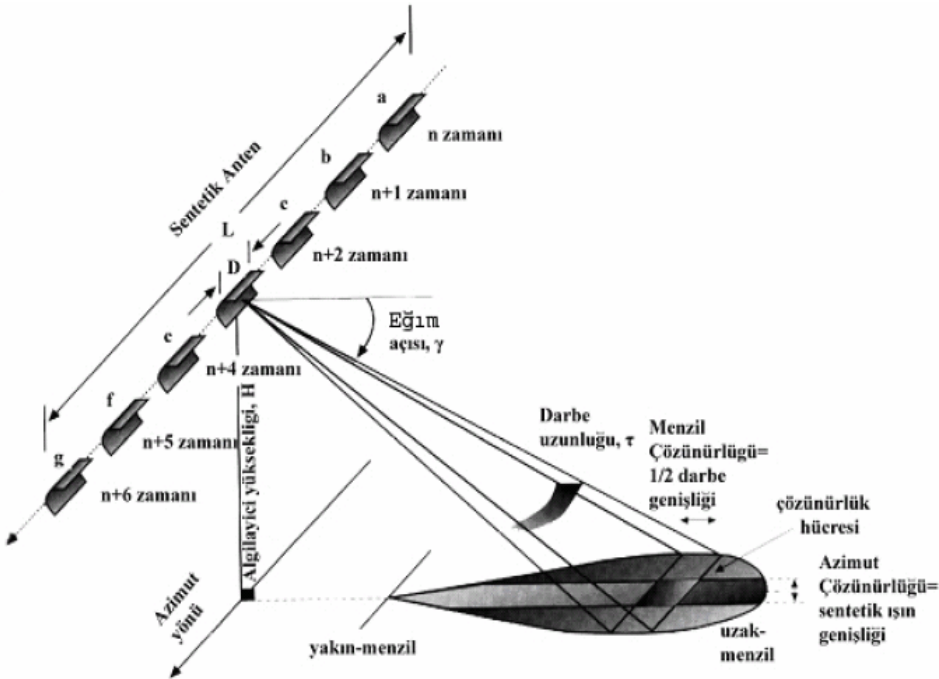


Şekil 3.12. Azimut (iz boyunca) çözünürlüğü (Lillesand and Kiefer,2000)

3.1.2 Yapay (Sentetik) Açıklıklı Radar (SAR)

Yüksek bir çözünürlük, kısa darbe vuruş süresi ve enerji seviyesi yüksek bir dalga gönderilmesi ile elde edilir. Radar dalga boyu anten boyu ile ters orantılıdır (Eşitlik 3.5). Bu da uzun antenin dar bir ışın yollayacağı, böylece daha yüksek ayırma gücü elde edileceği anlamına gelir. Bu durumda, yüksek bir azimut çözünürlüğü anten boyunu arttırarak elde edilir. Ancak bir uydu ya da uçak üzerinde taşınabilecek anten boyu sınırlıdır. Uçaklar için anten boyu 1–2 m ile sınırlı iken uydular için bu uzunluk ancak 10–15 m' ye kadar artmaktadır. Anten boyunu daha fazla uzatmak mümkün olmadığından ayırma gücünü

arttırabilmek için bu sınırlamanın önüne geçebilmek amacıyla geri saçılan yansımayı farklı bir şekilde kaydederek ve işleyerek uzun bir antenin işlevini yapay olarak yapabilen yapay açıklıklı radar (SAR=Synthetic Aperture Radar) sistemden yararlanılır, böylece azimut yönündeki çözünürlük arttırılmış olur. SAR sistemleri, SLAR sistemlerle aynı geometrik özelliklerde ve elektro-fizik koşullarında fakat bu defa uçakların uçuş mesafesinde değil uzaydan gerçekleştirilmektedir. Bu sistemde kısa bir anten, uzun bir antenin görevini görecektir şekilde tasarlanarak yapay olarak uzatılmıştır. SAR sistemine göre gönderilen ışın demeti genişliği RAR sistemine göre daha dardır. Burada Doppler prensibi temel alınmıştır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. SAR anten uzunluğu (Avdan, 2005)

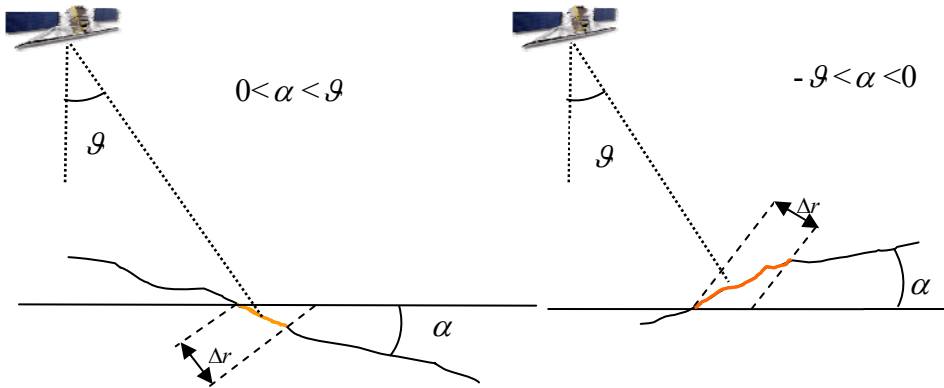
Doppler prensibine göre n zamandan $n+3$ zamana gidene kadar frekans artar ve $n+3$ zamanda maksimum değere ulaşır. Hedef nesne sabit alınır ve uydunun hareketinden faydalanarak Doppler prensibi uygulanır. Hedef nesne birden fazla görüntülenir ve bunların ortalaması alınarak gerisaçılım değerleri hesaplanır.

3.1.3 SAR Görüntüsünün Geometrik Özellikleri

Geometrik hatalardan tamamen arındırılmış uydu görüntüleri ile yer yüzeyini algılamak imkânsızdır. SAR sistemleri, bilinen optik sistemlere göre çok farklı bir geometriye sahiptir. Yan bakışlı olan SAR görüntülerinde nesneler radar uydusuna doğru eğilmiş bir şekilde algılanır. SAR sistemleri nesnenin algılayıcıya olan uzaklığı ölçerken yatay uzaklık yerine aradaki eğik uzaklık ölçüldüğü için optik sistemlerdekinden çok farklı geometrik hatalar oluşmaktadır. Kısa görüntüleme (foreshortening), ters-gölge (pseudo-shadow), ters görüntüleme (layover) ve gölge (shadow) problemleri radar görüntülerine özgü karakteristiklerdir (Elachi, 1987).

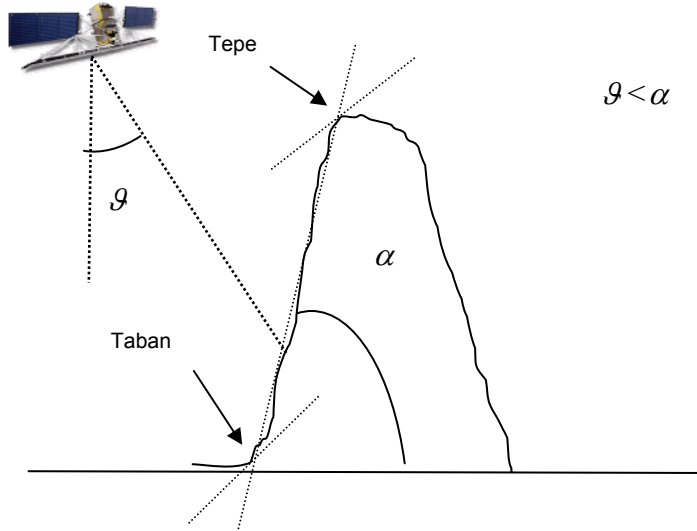
Kısa görüntüleme hatası, radar görüntülerinde objelerin uyduya bakan yönde sıkıştırılmış gibi ve uyduya doğru eğilmiş gibi görünmelerine neden olur. Bunun sebebi, radar ışınının yüksek bir objenin (örn. dağın) radar yönündeki tabanına tepesinden önce ulaşması durumunda taban ve tepe arasındaki uzaklığın olduğundan kısa algılanmasıdır. Böyle bir durumda dağın ya da tepenin tabanından, ön yüzeyinden (foreslope) ve tepesinden dönen sinyaller SAR anteni tarafından aynı anda algılanır ve üst üste çakışarak görüntülenir. Kısa

görüntüleme etkisi, SAR ışınlarının yüzeye dik gelmesi ile daha da artar bu da tepe ve dağların eğimlerinin artması ile ilgilidir. Radar görüntülerinde eğimlerin algılayıcıya bakan tarafı daha parlak gözükür ve bu parlaklık, eğimin uyduyu görmeyen tarafındaki dikliğine bağlı olarak giderek azalır ve sinyalin dönmediği noktalarda karanlık olur. Kısa görüntüleme hatasının büyüklüğü geliş açısı (incidence angle) ile ilişkili olup, yatık geliş açısı kullanarak bu hata azaltılabilir. Geliş açısının 90° ye ulaştığı anda ise kısa görüntüleme hatası ortadan kalkar ancak bu durumda önemli düzeyde bir gölge hatası oluşur. Bakış açısının seçilmesinde kısa görüntüleme ya da gölge problemi arasında daima bir öncelik belirlemek gerekir. (Şekil 3.14). Pseudo gölgeler, dağ ve tepelerin arka yüzeylerinin de (back slopes) ön yüzeyleri kadar enerji ile aydınlatılmaları durumunda gerçekleşir, fakat geri dönen sinyal arka yüzeyin yatay uzaklığından daha geniş bir aralıkta yayılır (Leonardo, 1983). Dağınık olarak dönen bu sinyaller her zaman SAR antenine ulaşmayabilir, anten tarafından kaydedildiğinde ise söz konusu dağ ve tepelerin arka yüzeyi uzamış bir şekilde görüntülenir.



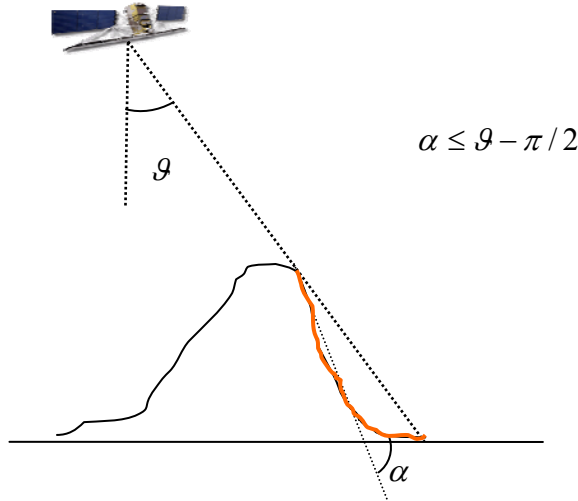
Şekil 3.14. Kısa görüntüleme (Franceschetti and Lanari, 1999)

SAR görüntülerinde optik görüntülerde ve hava fotoğraflarında da olduğu gibi dağlar uyduya doğru öne eğilmiş gibi görülebilir. Bu durumun çok yüksek olduğu anlarda ters görüntüleme hatası oluşabilir. Ters görüntüleme hatası objenin tepesinden dönen sinyalin tabanından dönen sinyalden önce kaydedilmesi durumunda olur (Şekil 3.15). Ters görüntüleme tamamen görsel bir etkidir yani bir objenin görüntüsünün SAR antenine doğru eğilmiş gibi görünmesi durumudur. Bu durumda kaydedilen sinyaller görüntüye dönüştürüldüğünde objenin tepesinde tabanına göre yükseklik farklarından ileri gelen bir öteleme olduğu görülür. Ters görüntüleme etkisi, görüntülerin yakın görüntüleme noktasında (close range) algılanmış taraflarında daha büyüktür.



Şekil 3.15. Ters görüntüleme (Franceschetti and Lanari, 1999)

Gölge, radar ışın demetinin yeryüzünü aydınlatamadığı yerlerde görülür. Bu bölgelere ait geri saçılım bilgisi kayıt edilemediği için siyah kaydedilir. Geliş açısı yakın menzilden uzak menzile doğru arttıkça, radar ışınları daha eğimli gelecektir ve gölge etkisi artacaktır (Şekil 3.16). Yüzey eğimi, ışın demetinin geliş açısından daha dik ise gölge oluşur (Abdikan, 2007).



Şekil 3.16. Gölge geometrisi (Franceschetti and Lanari, 1999)

3.1.4 SAR Görüntülerinin Obje ile Etkileşimi

SAR görüntülerinde objelerin gri ton değerleri; yollanan enerjinin miktarına ve bu enerjinin obje yüzeyinden gerisaçılımına bağlı olarak değişir. Geri saçılan enerjinin büyüklüğü ya da başka bir deyişle yoğunluğu, enerjinin obje yüzeyi ile etkileşimine bağlı olarak değişmektedir. Bu etkileşim, radar sisteminin (frekans, polarizasyon,

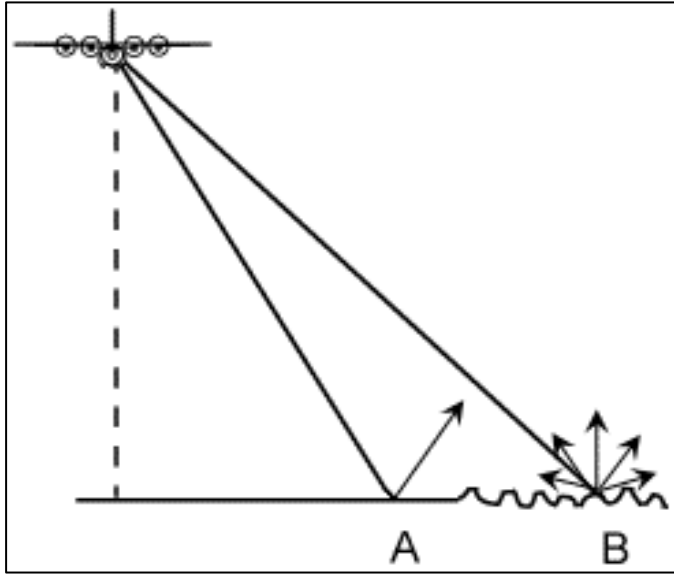
alım açısı) ve yer yüzeyinin (arazi örtüsü, topoğrafya, rölyef vb) özelliklerini de içine alan birçok parametreye bağlıdır. Bu parametrelerin birçoğunun birbiri ile ilişkili olması nedeniyle, radar görüntülerinde her birinin etkisini tek tek belirleyebilmek çok güçtür. Radar görüntülerinin gri ton değerleri, bu değişkenlerin birleşiminin bir sonucudur. Bu parametreler, temel olarak üç grup ile sınıflandırılabilir:

- ❖ Objenin yüzey pürüzlülüğü (surface roughness),
- ❖ Radarın görüntüleme geometrisi ve topografya ilişkisi,
- ❖ Objenin nem içeriği ve dielektik özellikleri.

Yüzey pürüzlülüğü, mikrodalga enerjisinin yer yüzeyi ile nasıl bir etkileşim göstereceğini belirler ve genellikle objenin gri ton değerinin belirlenmesinde baskın bir parametredir. Yüzey pürüzlülüğü objenin düzlemde olan yükseklik farklılıkları anlamına gelmektedir ve cm bazında ölçülmektedir. Bir yüzeyin pürüzlü olarak ölçülmesi o yüzeyi algılayan radar sisteminin dalga boyuna ve alım açısına bağlı olarak değişmektedir.

Basit bir deyişle; yüzeye ait yükseklik değişiklikleri radar dalga boyundan küçük ise pürüzsüz (smooth) yüzey olarak algılanırken, yükseklik değişiklikleri dalga boyuna ulaştığında yüzey pürüzlü olarak algılanacaktır. Böylece aynı bir yüzey sistemin dalga boyu kısaldıkça pürüzsüz olarak görünürken, uzadıkça pürüzlü olarak görünebilecektir. Pürüzsüz yüzeyler (A), gelen enerjiyi saçılmadan yansıtırlar ve

gönderilen enerjinin ancak küçük bir miktarı algılayıcıya geri dönebilmektedir (Şekil 3.17). Bu da pürüzsüz yüzeylerin radar görüntülerinde koyu gözükmeye neden olur. Pürüzlü yüzeyler (B), gelen enerjiyi bütün yönlerde hemen hemen eşit miktarda saçarlar ve saçılan enerjinin büyük bir kısmı radar sistemlerince kaydedebilir. Pürüzlü yüzeyler radar görüntülerinde daha açık tonlarda görünürler. Alım açısı ve dalga boyu yüzeyin pürüzlü olarak algılanmasında önemli bir rol oynar. Herhangi bir yüzey ya da dalga boyu için alım açısı genişledikçe yüzey daha pürüzsüz gözükecektir. Bu nedenle yakın görüntüleme noktasından uzak görüntüleme noktasına doğru ilerledikçe, algılayıcıya dönen enerji azalacak ve görüntünün gri ton değeri koyulaşacaktır.



Şekil 3.17. Yüzeylerin gerisaçılımı [www.ccrs.nrcan.gc.ca]

Radar görüntülemesinde, Huygens Prensiplerinin ele alındığı dalga geometrisi ön plana çıkar. Uydu platformda taşınan radar sistemleri ile alınan görüntülerinin geometrik ilişkileri, 1950’li yıllarda geliştirilen yan bakışlı radar sistemlerinin (SLAR= Sight Looking Aperture Radar) görüntü alım koşulları ile tamamen aynıdır. Bu sistemlerde, dalganın yüzeye eğik çarpması söz konusu olduğundan yüzeye gelen radar ışınım sinyallerinin yüzeyden geri dönmeyeceği düşünülebilir. Ancak yüzeylerin belirli derecede pürüzlülüğe sahip olması, radar ışınımının sinyal kaynağı yönünde geri kazanılmasına olanak yaratır.

Tüm elektromanyetik ışınım türleri için, Rayleigh (1879) ölçütü yüzeyleri pürüzlü ve pürüzsüz olarak ele alır.

$$h < \frac{\lambda}{8 \cos \theta} \quad (3.7)$$

Eşitlik 3.7’ de h yüzey pürüzlülüğündeki düşey kabartı, λ radar dalga boyu ve θ sinyalin yüzeye geliş açısıdır. Buradan da anlaşılabacağı gibi, ışınımın kaynaktan geliş yönünde geri kazanılmasında esas alınan pürüzlülük sınırı, ışınımın dalga boyuna ve yüzeye geliş açısına bağlı göreceli bir ölçüttür. Dolayısıyla, farklı radar dalga boylarında işlem gören farklı radar uydularının bir kısmı için bir yüzey pürüzlü iken, bir kısmı için aynı yüzey pürüzsüz olacaktır.

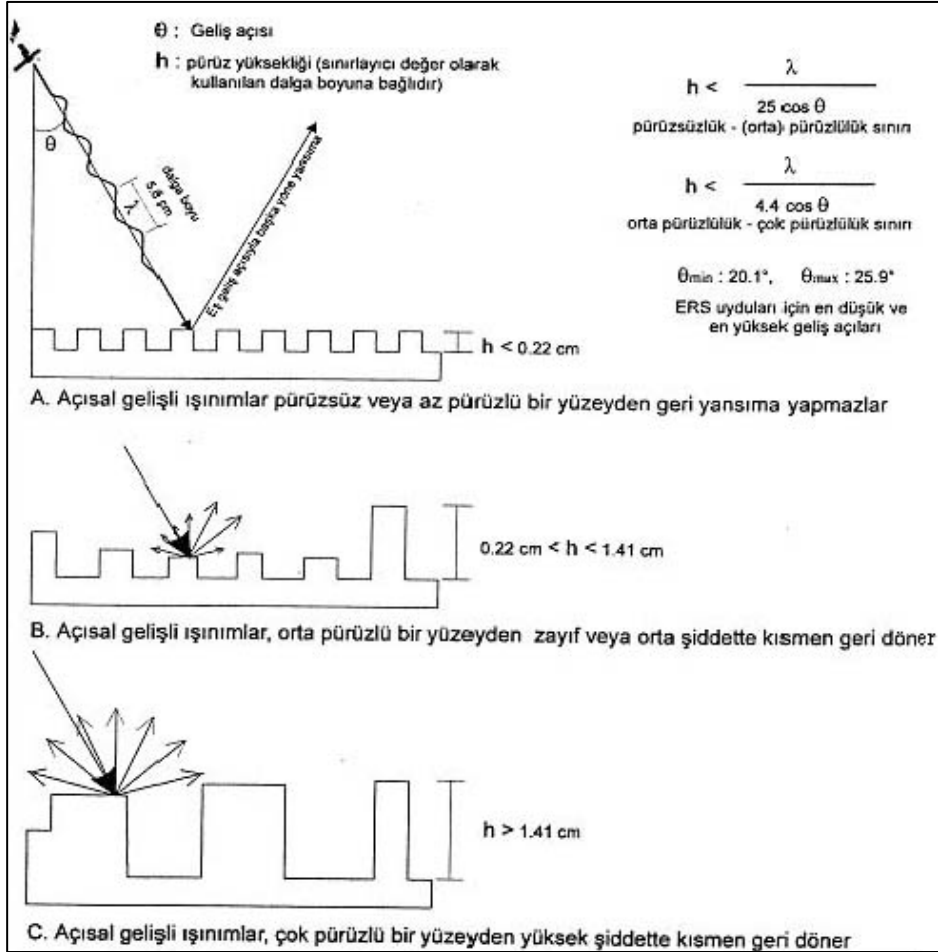
Yüzeyin dokusal bir özelliği olan pürüzlülük değişik boyutlarda olabildiği için, Rayleigh ölçütü daha sonra yeniden düzenlenmiştir (Peak and Oliver, 1971). Yeni düzenlenmesinde, orta derecedeki pürüzlülüğün alt ve üst sınırları ölçütlendirilmiştir (Şekil 3.18).

$$h < \frac{\lambda}{25 \cos \theta} \quad (3.8)$$

Kullanılan uydunun parametrelerine (λ, θ) bağılı olarak, bu ölçütün (Bağıntı 3.8) altında pürüz yüksekliği değerine (h) sahip bir yüzeyden uydu ile görüntü alınamaz (Şekil 3.18a). Bu ölçüt pürüzsüz veya az pürüzlü bir yüzey ile orta dereceli pürüzlülüğe sahip yüzeylerin sınırını teşkil eder.

$$h < \frac{\lambda}{4.4 \cos \theta} \quad (3.9)$$

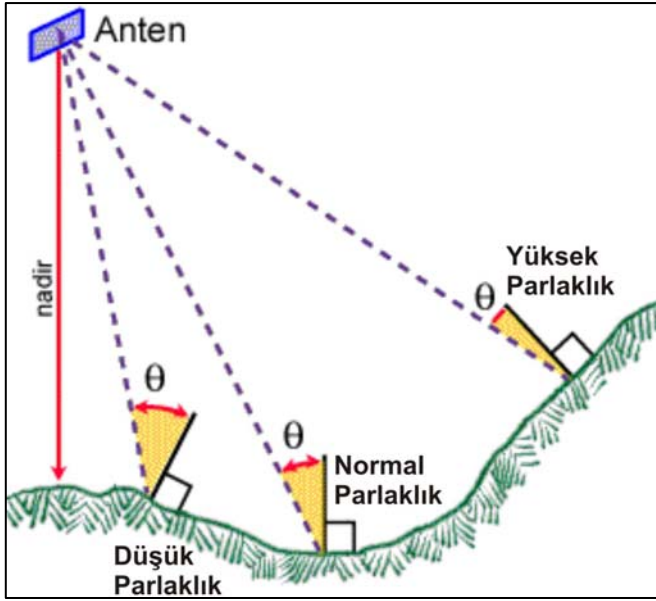
Orta pürüzlülüğten çok pürüzlülüğe geçiş sınırı olan ölçüt (Bağıntı 3.9) ile pürüzlülük geçiş sınırı arasında (Bağıntı 3.8) yer alan pürüz yüksekliği (h) değerine sahip yüzeylerden, ilgili uydu ile orta şiddette geri yansıma kazanılabilmektedir (Şekil 3.18b). Çok pürüzlülük sınırının üzerindeki pürüz yüksekliği (h) durumlarında ise yüzeyden mümkün olabilen en yüksek düzeyde gerisaçılımlar alınabilir (Şekil 3.18c), (Köse, O., 2000).



Şekil 3.18. Elektromanyetik sinyallerin yüzey pürüzlülüğü ile ilişkisi (Köse, 2000)

Daha önceki bölümlerde geliş açısının görüntünün geometrisi ile ilişkisi açıklanmıştı ancak yüzeyin geometrisi ile ilişkili olarak gelen enerjinin obje ile etkileşimi dikkate alındığında bölgesel geliş açısı önem kazanmaktadır. Bölgesel geliş açısı (local incidence angle), radar ışını ile alım anındaki obje yüzeyinin eğimine dik olan çizgi arasındaki açıdır (Şekil 3.19).

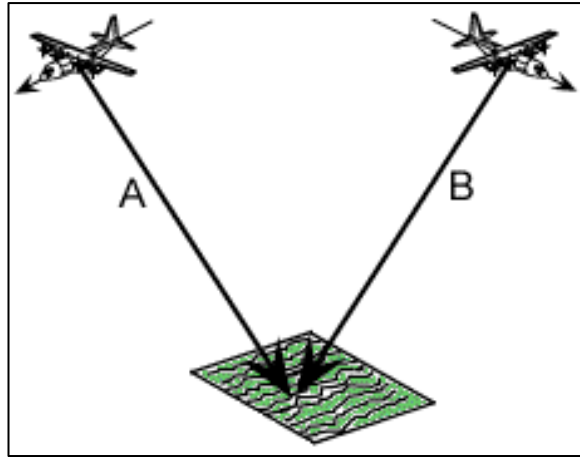
Düzlem yüzeylerde bölgesel geliş açısı radar sisteminin geliş açısı (B) ile aynıdır. Yükseklik farklarının olduğu yüzeyler için bu durum söz konusu değildir. Genellikle radara doğru bakan eğimli yüzeyde bölgesel alım açısı küçük olacağından algılayıcıya doğru daha fazla gerisaçılım söz konusudur, bu da görüntünün bu kısımların daha fazla parlak görünmesine sebep olmaktadır.



Şekil 3.19. Geliş açısı ve Lokal geliş açısı [www.ccrs.nrcan.gc.ca]

Radar sistemlerinin görüntüleme geometrisi ile yer yüzeyinin geometrisi arasındaki ilişki dikkate alındığında, radarın objeyle göstereceği etkileşimini ve kaydedilen gerisaçılım değerini belirleyebilmek açısından bölgesel alım açısının önemi büyüktür. Sistemlerin alım geometrisindeki değişiklikler topografyanın belirlenmesini farklı şekillerde etkileyecektir. Örneğin farklı miktarda kısa algılama, ters algılama yâda gölge alanlar kaydedilir.

Radarın bakış yönü radar ışınının yer yüzeyindeki doğrusal özelliklere göre yönünü belirlemektedir. Özellikle görüntülenen objeler tarım arazileri, dağlar gibi doğrusal özellikteyse, bakış açısı bir radar görüntüsünde objenin görünümünü etkileyen önemli bir özelliktir. Bakış yönü, algılanan objenin yönüne hemen hemen dik ise (A) yollanan enerjinin çok büyük bir kısmı tekrar yansıtılacak ve algılayıcı tarafından kaydedebilecektir. Görüntü açık tonlarda olacaktır. Eğer bakış yönü objenin yönüne göre eğik durumda ise (B), daha az enerji geri dönecektir ve görüntü daha koyu renkte kaydedilecektir (Şekil 3.20) Bakış yönü radar görüntülerinde objeler arasındaki kontrastı zenginleştirmek açısından önemlidir. Özellikle dağlık bölgelerde, gölgenin önemi üst üste binme ve kısa görüntülenmenin etkisini azaltabilme açısından büyüktür. Aynı bölgenin farklı bakış açıları ile görüntülenmesi ile objenin özellikleri hakkında farklı bilgilerin elde edilmesi mümkün olabilmektedir.



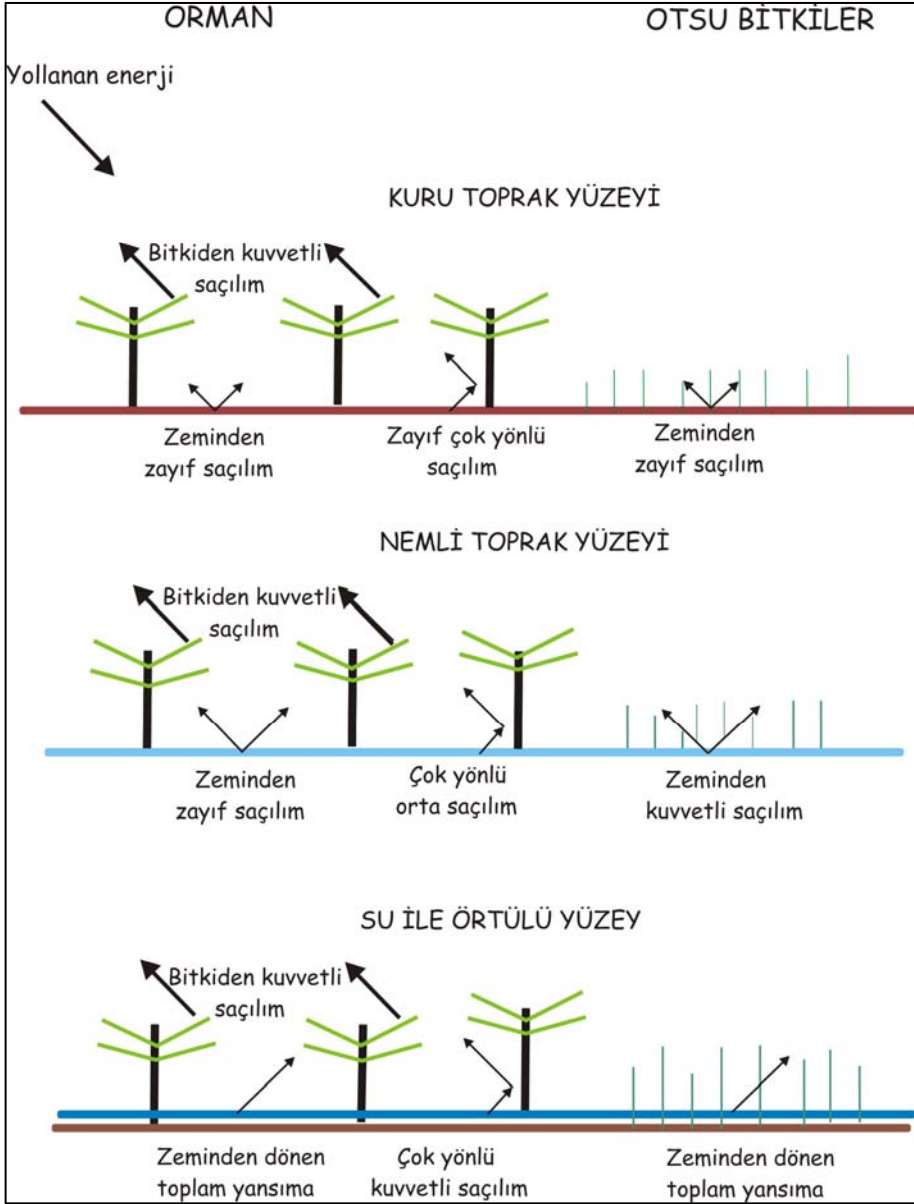
Şekil 3.20. Bakış yönü veya alım açısı [www.ccrs.nrcan.gc.ca]

Birbirine dik birden fazla yüzeyi olan objeler, gelen radar ışını ile karşılaşırsa köşe yansımasına sebep olabilir. Birbirine dik olan bu yüzeyler, iki kere yansımadan dolayı gelen enerjinin büyük bir kısmının geri yansımasına neden olur. Köşe yansıması genellikle yerleşim alanlarında karşılaşılan bir problemdir. Binalar, yollar, köprüler ve diğer insan yapımı objelerde bu durum fazlası ile söz konusudur. Doğal oluşan köşe yansıtmaları ise kayalık, uçurum yüzeylerde ya da bölgelerde söz konusudur. Her durumda köşe yansıtmaları objelerin çok parlak gözükmesine neden olur.

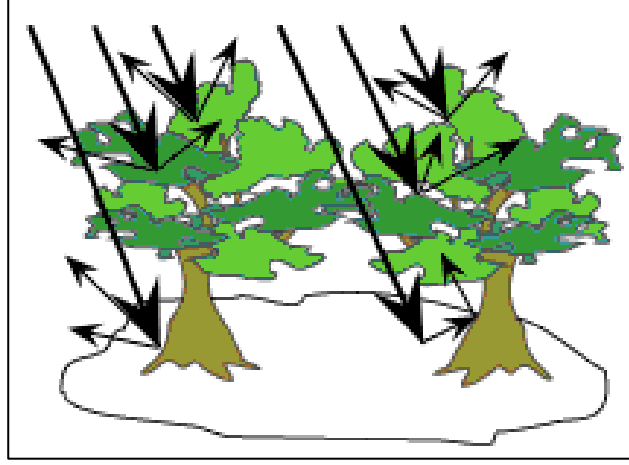
Nem miktarı objenin elektrik özelliklerini etkilemektedir. Elektrik özelliklerindeki değişiklikler de objenin gelen elektromanyetik enerjiyi yutma, iletme ve gerisaçılım özelliklerini etkilemektedir. Bu sebeple objenin veya yer yüzeyinin nem miktarı gelen radar enerjisinin yansımasını ve bu yansımanın radar görüntüsündeki görünüşünü etkileyecektir. Genellikle gerisaçılım (görüntünün parlaklığı) nem miktarı arttıkça artmaktadır.

Objeye nemli iken en üst yüzeyden saçılma yani yüzey saçılması (surface scattering) daha çoktur. Yansıma şekli ve büyüklüğü, objenin radara pürüzlü bir yüzey gözükme derecesine bağlı olarak değişmektedir. Eğer obje kuru ise yüzeyi pürüzsüz gözükmektedir ve yüzey orman örtüsü gibi fazla saçılmaya neden olan ya da toprak, kum ve buz gibi homojen bir yüzey olmasından bağımsız radar enerjisi yüzeyden derinliklere kadar ilerleyebilmektedir. Bu durumda herhangi bir yüzey için uzun dalga boyları kısa dalga boylarından daha ileriye ulaşabilmektedir (Şekil 3.21).

Radar enerjisinin yüzeyden derinliklere ilerlemesi mümkün olduğunda hacim saçılması (volume scattering) gerçekleşir (Şekil 3.22). Hacim saçılması belli bir hacimdeki yüzeyden yâda ortamdan olan saçılmadır ve saçılma olan yüzeyin farklı bileşenlerinden aynı anda gerçekleşen yansımalar topluluğudur. Örneğin ormanda saçılma en tepede bitki örtüsünün yapraklarından, derinlerde yaprak ve dallarından, daha derinlerde ise ağaç gövdesi ve topraktan olan yansımadır. Hacim saçılması geri saçılan enerjinin miktarına bağlı olarak görüntünün gri ton değerinin artmasına da azalmasına da neden olabilir.



Şekil 3.21. Objelerin ve yer yüzeyi su içeriğinin radarın gerisaçılımına etkisi



Şekil 3.22. Hacim saçılması [www.ccrs.nrcan.gc.ca]

Polarizasyon

SAR görüntülerinden bilgi üretilmesini sağlayan diğer bir faktör polarizasyondur. SAR antenleri polarize edilmiş (elektrik dalgalarının titreşimi, uçuş yönüne dik, tek bir düzlemden iletilmesi için enerji vuruşlarının filtreden geçirilerek gönderilmesi) enerjiyi gönderir ve alırlar. Elektromanyetik enerjinin vuruşu anten tarafından dikey polarizasyonlu ya da düşey polarizasyonlu olarak iletilir. Polarizasyon, elektro manyetik dalganın aldığı yol boyunca yaptığı salınım hareketidir. Düşey bir polarizasyon dalgası aşağı yukarı salınım şeklinde ileri doğru hareket eder. Bir vuruş algılayıcıdan gönderildiğinde, anten tasarımına göre elektrik alan vektörü dalgayı düşey (V) ya da yatay (H) olarak titretir (Şekil 3.23).

Polarizasyon, antenin dalgayı gönderiş ve alışı şekline göre ayarlanabilir. Çoğunlukla gönderilen vuruşlar paralel-polarizasyon

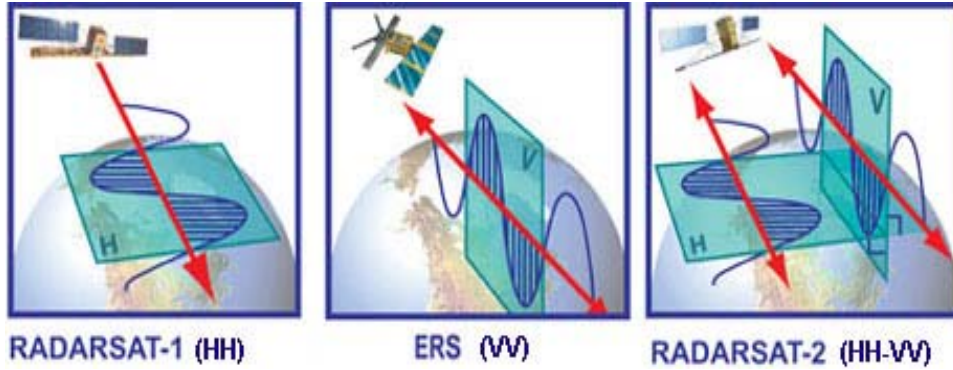
şeklidir. Elektrik alan titreşimi, gönderildiği gibi alınır, bu durumda düşey-düşey (HH) ya da yatay-yatay (VV) polarizasyon elde edilir. Diğer bir anten konumu olan çapraz-polarizasyonda dalga'nın gönderildiği ve alındığı durumları farklıdır, VH ya da HV konumundadırlar. Buna göre elektro manyetik dalga'nın gönderim ve alım türüne göre dörde ayrılır;

Tek Polarizasyon: VV, HH

Tek çapraz Polarizasyon: HV, VH

Çift Polarizasyon: VV/HH, HH/VV, HH/HV, VV/VH

Tam Polarizasyon: HH+HV+VH+VV



Şekil 3.23 Yatay (HH), düşey (VV), ve yatay-düşey (HH-VV) polarizasyon

[www.radarsat2.info]

Bir elektromanyetik dalga, değişen bir ortama geçtiğinde ya da bir nesneden geri saçıldığında, yansıtıcının şekli ve yönü ile ilgili karakteristik bilgiler elde edilir. Polarimetri hedef yakalama parametrelerine pek çok yeni tanımlayıcı bilgi üretir. Mikrodalgaların nesneden olan yansıma özelliği nesnenin geometrik yapısının ve polarizasyonun birbiriyle olan ilişkisine bağlıdır. Bazı özellikler her iki

paralel ya da çapraz polarizasyonlu görüntülerde aynı görünür. Ancak örneğin bitki örtüsü gibi yaprak, çalılık ve bitki gövdesinden gelen çoklu geri saçılım değerleri HV ya da VH durumunda farklı parlaklıkta görüntüler oluştururlar. Bu nedenle hedef nesne ile nesnenin dışındaki ayrıntıları ayırt edebilmek için doğru polarizasyon bileşimi seçilmelidir. Araziye ekilen ürün türünün ve arazi kullanım sınıflandırma sonuçlarının artırılması ve biyofiziksel, jeofiziksel parametrelerin (ormanın biyokütlesi) doğruluğunun belirlenmesinde kullanılan polarizasyon tekniğine ayrıca PolSAR da denilmektedir (Ouarzeddine, 2002).

3.1.5 RADAR Uydu Görüntülerinin Kullanım Alanları

Aktif ve pasif uzaktan algılama tekniği kullanılarak elde edilen uydu görüntüleri ile dünyamızın en önemli doğal kaynağı olan toprakların, toprak taksonomik birimlerinin ortaya konulması ve doğal sınırlarının çizimi, arazi kullanım şekilleri ve bu bağlamda her türlü arazi kullanım tasarımı, farklı tarımsal alanların sınırları, yüz ölçümleri, ürün rekoltesi, jeoloji ve jeomorfoloji, petrol ve madencilik, fay hatlarının belirlenmesi, haritacılık ve yeryüzü coğrafyası, meteoroloji, yeşil doku deseni, havza etütleri, sanayi alanları, kent yönetimi ve yeni yerleşim alanların tasarımı, pestisid ve insektisid'ten kaynaklanan bitkisel zararların saptanması, toprak ve su kirliliği, okyanus, deniz, göl, akarsular ve kar üzerinde araştırmalar, jeotermal alanlar, doğal ve hızlandırılmış toprak aşınımı, ormancılık, doğal, tarihsel ve arkeolojik sit alanları, topoğrafik, askeri amaçlı etütler vb. doğal ve kültürel kaynakların ortaya konulması gibi geniş bir yelpazede kullanılmaktadır.

3.1.5.1. Tarımsal Uygulamalar

Elektromanyetik spektrumun görünür ve yakın kızılötesi bölgesi kullanılarak algılanan optik uydu görüntüleri kullanılarak bitki örtüsünün gözlemlenmesi, sınıflandırılması ve rekoltesinin belirlenmesi gibi işlemleri yapmak mümkündür (Wiegand et al., 1989; Idso et al, 1978; Philipson and Teng, 1989; Kurucu ve diğ., 2004). Ancak atmosfer koşullarının olumsuz veya bulutluluk oranın yüksek olduğu koşullarda optik görüntülerin kullanımı mümkün olmamaktadır. Bu bağlamda, ancak radar uydu görüntüleri kullanılarak bitki örtüsünü belirlemek ve ürün rekolte tahmini yapabilmek olanaklı hale gelmektedir.

Daha öncede bahsettiğimiz gibi dielektrik katsayısı ile algılanan nesnenin su içeriği arasında kuvvetli bir ilişki vardır. Buna bağlı olarak, bitkinin içerdiği su miktarı ile radar gerisaçılımı arasında da bir bağlantı olduğu bilinmektedir. Ancak, radar gerisaçılımı ile ürün rekoltesinin belirlenebilmesi için mutlaka regrasyon analizleri veya gerisaçılımı etkileyecek olan diğer faktörlerinde dikkate alındığı bir model uygulanması gerekmektedir.

LAI (Leaf Area Index) ile radar gerisaçılım değerleri arasında çok kuvvetli bir ilişki vardır (Henderson F.M. and Lewis A.J., 1998). Major et al. (1986), LAI'ı bitkinin toplam fotosentetik oranı ve biyomas'ı hakkında bilgi veren bir gösterge olarak tanımlamıştır.

Ulaby and Bush (1976), X band'a sahip VV polarizasyonlu ve geliş açısı nadir noktasına çok yakın olan radar görüntülerindeki gerisaçılım değerleri ile hasattan bir aya öncesindeki buğday bitkisinin fizyolojik ve morfolojik değişimleri arasında güçlü bir ilişki bulunduğunu belirtmişlerdir.

Le Thoan et al. (1984), dokuz GHz frekansında X band radar görüntülerinde gerisaçılım değerleri ile LAI arasında kuvvetli bir istatistikî bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu ilişkinin bitkiden bitkiye farklılık gösterdiğini saptamışlardır. Wu et al. (1985), X band ve VV polarizasyona sahip, 30 ile 50 derecelik geliş açısı bulunan radar uydu görüntülerindeki gerisaçılım değerlerinin, buğday bitkisinin yeşil aksamının toprağı tamamen örttüğü başaklanma döneminden hemen sonraki zamanda en yüksek ilişki düzeyine sahip olduğunu belirtmişlerdir.

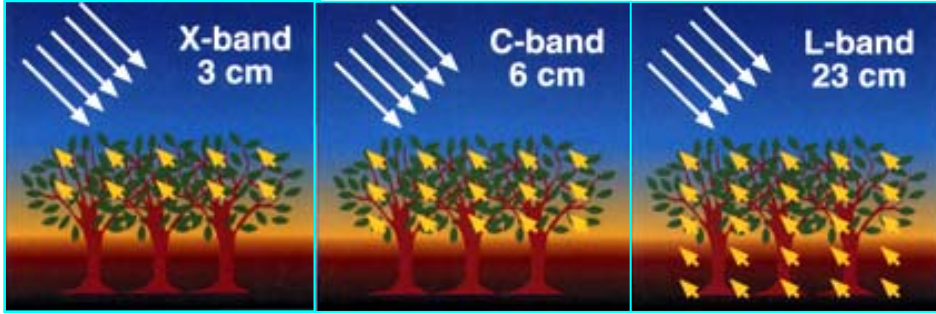
Ulaby et al. (1984), K_u-band (13 GHz) VV polarizasyona sahip ve geliş açısı 50⁰ olan radar görüntülerindeki gerisaçılım değerleri ile buğday bitkisine ait LAI değerleri arasında 0.90 değerinde bir determinasyon katsayısını bulmuşlardır. Topraktan gelen gerisaçılım değerlerinin çok önemli ve etkili olduğunun bu nedenle görüntünün bitkinin gelişim periyodunda toprağı en iyi örttüğü zamanda alınmasının gerekli olduğunu belirtmişlerdir. Mısır ve sorgum bitkilerinin LAI değerleri ile radar gerisaçılım değerleri arasında bir ilişki belirlemişler ancak bu ilişki buğday bitkisinde belirledikleri ilişki kadar yüksek olmadığını saptamışlardır.

3.1.5.2. Ormancılık

Ormanlar, dünyada en baskın bitki türü olmasının yanında ekonomik ve çevresel etkisi de önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Dünyamızın karayla kaplı parçasının yaklaşık olarak %27'sini (3.6 milyon ha) örtmektedir. Özellikle gelişmekte olan birçok

ülkede enerji elde etmede kullanılmasının yanında ekonomik olarak gelir getirici bir konumdadır. Ayrıca ormanlar, biyolojik çeşitliliğe, ekolojik dengeye ve vahşi yaşam üzerine etkili olan temel unsur olmasının yanında canlılar için de oksijen sağlayan en önemli kaynaktır.

Radar uydu görüntülerinde seçilen banda bağlı olarak; gerisaçılım değerleri bitkinin yapısına ve dönüklüğüne, bitkinin yaprak genişliğine ve bitkinin nem içeriğine gibi özelliklerine karşı çok hassastır. Şekil 3.24.'de kullanılan radar uydu görüntüsünün band özelliğine göre gerisaçılımın orman dokusunun hangi bölgesinden olacağını göstermektedir. Buna bağlı olarak; gerisaçılımın X bandta ince dallara ve ağaç yapraklarına karşı yüksek duyarlılık göstereceği, C bandta ise gerisaçılımın yaprak dönüklüğüne ve geometrisine bağlı olduğu ve L bandta ise ağaç dalları ve gövdelerinin yanında daha derine penetre olarak toprak ve yüzey hakkında bilgi sağlanabileceği anlaşılmaktadır.



Şekil 3.24. Orman dokusunda gerisaçılım düzeyleri [<http://srtm.die.unifi.it>]

Radar uydu görüntüleri, ormanların envaterinin çıkartılmasında ve bu çalışmalarda kullanılacak olan verilerin standartlaştırılmasında önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, bu teknik ile çekilmiş olan uydu görüntüleri

kullanılarak, ormanların yoğunluğunu, yüksekliklerini ve kapladıkları alan bilgileri gibi verilere ulaşılması optik görüntülere göre daha sağlıklı ve kolay olmaktadır.

Kathleen at al., (1998), Michigan, Wisconsin ve Minnesota yöresi orman örtüsünün biomas ve haritalama çalışmalarını SAR görüntüleri kullanarak gerçekleştirmişlerdir. 70 ayrı orman alanı içerisinde 4'er hektarlık test alanları oluşturulmuş ve ağaçların türü, yaşı ve yoğunluğu belirlenmiştir. Biomas belirleme çalışmalarında radar görüntüsü kullanımı yanında yer çalışmaları ile ağaç türü, çapı ve yükseklik algoritmaları dikkate alınmıştır.

Habambyingwe at al., (1997), ERS-1 ve SAR PRI radar görüntülerini kullanarak farklı tropikal orman tiplerini belirlemişlerdir. 23 Haziran ve 23 Ağustos tarihli görüntülerle çalışan araştırmacılar yer gerçeği bilgilerine sahip olmamaları nedeniyle kontrolsüz sınıflandırma yöntemini kullanmışlar ve çalışmalarında kenar belirleme (edge detection) yöntemlerini ve bu bağlamda her bir yöneme ait eşik değerlerini (treshold value) belirlemişlerdir.

3.1.5.3. Jeoloji

Radar uydu görüntüleri, yüzeyde desimetre düzeyinde meydana gelen değişimlere ve yüzey pürüzlülüğünde ise santimetre düzeyinde meydana gelen değişimlere karşı hassastır. Radar görüntüleri, topoğrafik özelliklerde ve kaya yüzeylerinde meydana gelen yapısal değişimlere karşı optik görüntülerden daha hassastır. Ayrıca yüzeyin dielektrik

özellikleri radar gerisaçılım şiddetine etkilemektedir. Mineralojik içerik ve nem içeriğinin miktarı sedimentlerin ve kayaçların tanımlanmasına olanak tanır. Sürekli bulutlu olan alanlar için radar görüntülerinin kullanılması tek ve en uygun yöntemdir. İşte bu nedenlerden dolayı, radar görüntüleri birikim gösteren sedimentlerin ve volkanik yüzeylerin özelliklerinin belirlenmesi, yoğun orman dokusunun altındaki yüzeyin hakkında jeolojik ve jeomorfolojik haritaların üretilmesi (Sabins, 1983), lav akıntıları ve oluşturduğu zararın tespiti ile allüvial fanların tespiti (Arvidson et al., 1993; Evans et al., 1992), stereo radar görüntü çiftleriyle topoğrafik rölyefin elde edilmesi ve buradan elde edilen verilerle sayısal yükseklik modelinin oluşturulması, depremde sonra meydana gelen yer değişimlerin belirlenmesi gibi jeolojik çalışmalarda işlerle birlikte kullanılmaktadır. SAR görüntüleri, diferansiyal interferometri ile yeryüzü hareketlerinin tespiti ve heyelan riski olan alanların izlenmesi gibi değişik uygulamalarda kullanılabilmektedir (Zebker H. A. and Goldstein R.M., 1986). Ayrıca, yağışlı bölgelerde mikrodalga enerjinin yüzeyden penetre olma özelliğinden yararlanılarak yüzey altındaki tarihi drenaj sistemleri belirlenebilmektedir (Henderson F.M. and Lewis A.J., 1998).

3.1.5.4. Hidroloji

Radar görüntüleri; akarsular, göller, kuru dere yatakları, sel baskınları ve kapladığı alanlar, ıslak alanlar ve kar ile örtülü alanlar gibi hidrolojik elemanların belirlenmesi ve haritalanması için güçlü bir araçtır. Bu teknik kullanılarak, su akış yönlerinin tespiti, su depolama ve taşıma kapasitelerinin belirlenmesi gibi temel hidrolojik verilerin elde

edilmesiyle birlikte belirli alanlarda hidrolojik sistemin davranışlarının tahmin edilmesi mümkün olmaktadır (Henderson F.M. and Lewis A.J., 1998).

Mikrodalga enerji toprak üst tabakasındaki nem içeriğine karşı duyarlıdır. Aktif ve pasif mikrodalgalarla elde edilen toprak nem ölçümlerine olan ihtiyaç; toprak özellikleri, bitki örtüsü gibi parametrelerin fonksiyonu olan toprak nem içeriğinin yüksek konumsal ve zamansal değişkenliğinden kaynaklanmaktadır.

Yer ölçümlerin birçoğu sadece bir noktada geçerli olması ve alansal olarak ifade etmesinin zor olmasından dolayı mikrodalga ile uzaktan algılama güçlü bir potansiyele sahiptir. Yüksek temporal çözünürlük global veya kıtasal seviyede toprak nem haritalarını üretmek için radar oldukça yararlıdır. Sinoptik görünümünden dolayı oldukça yararlı alım aracı olan uydu görüntüleri ile elde edilen bu tür bilgiler meteorolojik modeller için girdi verisi olarak kullanılabilir. Birçok hidrolojik uygulamalar için, toprak nemindeki değişiklik toprak neminin gerçek değerinden daha yararlı olabilmektedir.

Radar görüntülerinde, yüzey pürüzlülüğü, bitki örtüsü ve toprak nemliliği ile ilgili olan yansıma bileşenlerini ayırmak zordur. Ancak izleme amaçlı kısa periyotlarda, pürüzlülüğün neden olduğu değişiklik nem değişiklik etkisiyle ile kıyaslandığında çok küçük ve ihmal edilebilir seviyededir (FAO, 1993).

3.1.5.4. Oşinografi, Deniz Buzulları ve Kar Çalışmaları

Okyanus yüzeyine gelen mikrodalga enerji birçok yöne yansımaktadır. Bu enerjinin bir kısmı radara geri dönmekte ve deniz yüzeyi ile ilgili bilgiler taşımaktadır. Geri saçılan sinyalin yoğunluğu; radar görüntüleme açısı, frekans, polarizasyon ve gelen radyasyon dalga boyuna bağlı olan deniz yüzey pürüzlülüğü gibi birkaç parametrenin fonksiyonudur. Bu bağlamda SAR görüntüleri kullanılarak okyanus veya denizlerdeki dalgaların yüksekliği ve yönü, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü gibi verileri elde etmek mümkündür. Bu veriler; gemilere rota verme, balık avlama, petrol platformları ve sahil çalışmaları için gözlemler şeklinde hizmet vermektedir. Ayrıca global hava ve deniz durum tahmin modelleri içinde önemli bir veri kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Kutupsal bölgelerde, ilk uydu radar görüntüleri buz dağlarının mevcudiyeti ve hareketleri ile buz durumlarını değerlendirmek için kullanılmıştır. Bu tür bir uygulama, buz kıran hareketlerinin optimizasyonu için kullanılmakta ve Kanada RADARSAT projesinin temel konseptlerinden bir tanesini teşkil etmektedir. Sonuçlar, genç buz, yeniden donmuş parçalar, büyük akıntılardaki yaşlı buzullar, moloz alanlar, pürüzsüz birinci yıl buzları gibi farklı buz tipleri SAR verileri kullanılarak ayırt edilebileceğini göstermiştir (Stein et al., 1992).

SAR görüntüleri kullanılarak karla kaplı alanların belirlenmesi ise ayrı uygulama olarak karşımız çıkmaktadır. Kuzey yarımkürenin kış döneminde yaklaşık olarak %40'ı karla kaplı olduğu düşünülürse bu alanların tespit edilmesi hem dünyamızın enerji dengesinin ortaya

konulması hem de potansiyel su kaynaklarının belirlenebilmesi için önemli bir rol oynamaktadır. SAR görüntüleri kullanılarak, ıslak karla kaplı alanların haritalanması, hacminin ve yaşının belirlenmesi vb. uygulamalara yönelik birçok çalışma yapılmıştır (Rott and Nagler, 1995; Seglenieks et al., 1995; Maxfield 1994; Ulaby and Stiles 1980; Stiles and Ulaby, 1980).

3.1.5.5. Çevresel Çalışmalar

Siegal (1980), stereoskopik SLAR görüntüleri kullanarak Filipinler’de kurulan ilk nükleer santral için en uygun ve güvenli alanın seçilmesini sağlamıştır.

Koopmans and Forero (1993), Kolombiya’da LANDSAT MSS ve SAR görüntülerini “görüntü birleştirme” tekniği ile birleştirdikten sonra volkanik risk değerlendirmesini yapmışlar ve bu risk altında olan alanları haritalamışlardır.

Radar görüntüleri kullanılarak denizlerde veya okyanuslarda seyir halinde bulunan gemilerden değişik nedenlerle sızan yağ veya petrolün dağılım alanlarının belirlenebilmektir. Çevre için kirlетici etmen olan yağ veya petrol sızıntılarının belirlenmesine yönelik birçok çalışma gerçekleştirilmiştir (Fraser and Morris, 1976; Estes et al., 1980; Witte, 1991; Bern et al., 1993).

Maktav ve diğ., 2000, ERS-1/2 radar görüntüleri ile LANDSAT, SPOT ve KFA-1000 optik uydu görüntülerini birlikte kullanarak Türkiye’nin güneybatısında yer alan Dalyan-İztuzu sahilinde bulunan ve

koruma altına alınmış “Caretta-caretta” ve “Chelonia mydas” türlerine ait kaplumbağaların yaşam alanlarının belirlenmesi ve korumaya alınması gerekli bölgelerin tespit edilmesini sağlamışlardır.

3.1.5.6. Kentsel Analiz, Yerleşim Yeri Tespiti ve Nüfus Tahmini

Nüfus büyüklüğü ve dağılımı, gelecekteki ekonomik planlamaların yapılabilmesi, kaynakların kullanımının belirlenmesi ve çevresel yönetim gibi alanlarda en kritik veriler dizinini oluşturmaktadır (Henderson F.M. and Lewis A.J., 1998). Dünya nüfusunun 1990- 2050 yılları arasında 10 Milyarı aşacağı tahmin edilmektedir. Özellikle kentsel alandaki nüfusun artış hızı kırsal bölgelerdeki artış oranından 4 kat fazla olduğu düşünüldüğünde kent gelişiminin izlenmesinde uzaktan algılama tekniği ve coğrafi bilgi sistemlerinin kullanılmasının önemi ortaya çıkmaktadır (Maktav ve diğ., 2005).

Geleneksel yöntemlerle nüfusun belirlenmesi ve yerleşim alanlarının sınırlarının çizilmesi çok uzun zaman aldığı gibi yüksek maliyeti beraberinde getirmektedir. Bu konuda radar uydu görüntüleri kullanılarak yapılan ilk çalışma, Lewis (1968) tarafından Ka bandı HH, HV, VV ve VH polarizasyona sahip radar görüntüsüyle San Diego, California, Wisconsin ve Kansas eyaletlerinin belirli bölgelerindeki kentsel yerleşim alanlarının tespit edilebilirliğinin araştırılmasıyla başlamıştır. Sabol (1969), ise kentsel yerleşim alanı ile nüfus ilişkisini radar görüntüleri kullanarak belirlenebileceğini ortaya koymuştur.

Endlicher (1982) ve Endlicher and Kessler (1982) yaptıkları çalışmada SEASAT görüntüleri ile Almanya'nın Cologne bölgesindeki köyler ve kasabalar ve bunların içerisinde yer alan yerleşim alanları, sanayi alanları, yollar, parklar gibi soysal alanları tespit etmişlerdir.

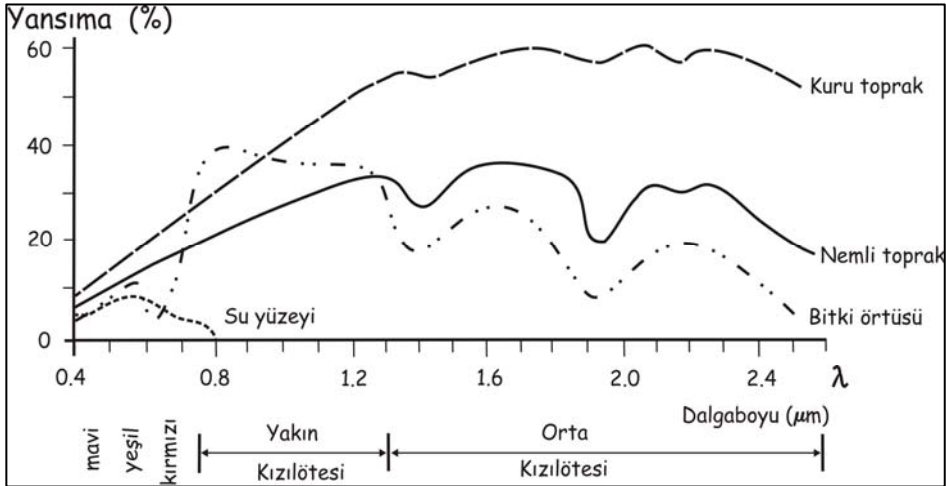
Melia and Sobrino (1987), İspanya'nın doğusunda yer alan şehir ve kasabalardaki nüfus yoğunluğunu SIR-A radar görüntüleri kullanarak nüfusu 200.000'nin üzerindeki yerleşim yerlerinde 0.98 korelasyon katsayısı ile nüfusu 1.000 ile 10.000 arasında olan yerleşim yerlerinde 0.89 korelasyon katsayısı ile belirlemişlerdir.

3.2. Pasif Uzaktan Algılama

Pasif uzaktan algılama tekniğinde yüzeye çarparak yansıyan ışının kaynağı güneştir. Güneşten dünya atmosferine ve yeryüzüne ulaşan elektromanyetik enerjiyi, cisimler doku özelliklerine, büyüklüklerine ve doğada duruş konumlarına bağlı olarak farklı şiddetlerde ve dalga boylarındaki enerjiyi yansıtırlar. Görüntünün çözünürlük özelliğine de bağlı olarak cismin ya da cisimlerin büyüklükleri, görüntüyü oluşturan piksellerin yansıma değerlerini (Digital Numbers) etkilerler. Yer yüzeyine paralel duran cisimler, dik duranlara oranla gelen enerjiyi daha şiddetli yansıtırlar. Özellikle bünyesinde su içeren ya da dokularında gözeneklilik özelliği bulunan cisimler daha düşük yansıma yaparlar. Bu nedenle, her cismin kendine özgü yansıma veya enerji salma (emissive) özelliği vardır. Uzaktan algılayıcılar, elektromanyetik tayfın değişik dilimlerinde (0.3–15 μm), her cismin özelliklerine göre kendilerinden yansıyan enerjiyi farklı dalga boylarında kayıt ederek çalışırlar.

Pasif uzaktan algılama tekniğinde alıcılar, elektromanyetik spektrumun görünebilir (0.4–0.5 μm mavi, 0.5–0.6 μm yeşil, 0.6–0.7 μm kırmızı) ve kızıl ötesi (0.7–1.35 μm yakın kızıl ötesi; 1.35–3.00 μm orta kızıl ötesi; 3–15 μm uzak kızıl ötesi veya termal) bölgelerindeki enerjiyi algılamaktadırlar (Kurucu ve diğ., 2000)

Yeryüzündeki her materyal değişik yollarla elektromanyetik ışınımı absorbe eder, yansıtırlar veya yayarlar (Şekil 3.25). Yansıyan elektromanyetik ışınım, suyun sedimantasyon seviyesine, toprağın nem içeriğine ve bitki pigmentleri gibi birçok özelliğe göre kızılötesi (infrared) ve görünür (visible) bölgede uzaktan algılama platformlarındaki algılayıcı düzenekler tarafından ölçülür (Richards,1986).



Şekil 3.25. Su, toprak ve bitki gibi önemli öğelerin spektral yansıtma özellikleri

3.2.1. Bitki Örtüsünün Yansıtma Özellikleri

Bitkiler elektromanyetik spektrumun değişik dalga boylarını bünyelerinde kullanmaktadır. Görünebilir (visible) bölge dışında kalan spektral alanda bitkiler yakın kızılötesi (0.7–0.9 μ m) dalga boyunu hemen hemen hiç kullanmadan yansıtırlar ve bu özellikleri nedeniyle uydu görüntülerinde toprak, su, jeolojik özdek vb. diğer öğelerden kolay bir şekilde ayırt edilirler. Bunun yanında bitki yapraklarının yeryüzündeki konumları yani toprağa dik ya da paralel olma durumları, bitkinin boyutları, yaprak şekilleri, hücre şekilleri, bitkideki su miktarı, toprağı örtme oranları gibi birçok faktör yansıma değerlerini etkiler ve böylece her bitki için özgün bir yansıma özelliği oluşmuş olur. Bu veriler değerlendirilerek bitkiler kendi içinde ayrıca sınıflandırılabilirler.

Her bitkinin kendine özgü fizyolojik yapısı ve hücre şekli ile büyüme zamanına sahip olması onların doğadaki yerlerinin ve yoğunluklarının, uzaktan algılama tekniğı ile kolaylıkla saptanmasına yardımcı olmaktadır. Örneğın orman ya da maki-funda vb. doğal bitki örtüsü sınırlarının belirlenmesi ya da haritalanması bu teknik kullanılarak kolaylıkla yapılabilir. Yer çalışmaları desteğı ile orman alanı içerisindeki bitki türleri ve dağılım alanları belirlenebilir. Yangın sonrası hasar saptaması ve yörenin ağaçlandırılması için zemin ve diğer koşullar hakkında önemli bilgiler sağlanabilir. Ayrıca su ve rüzgar erozyonunun etkili olduğı alanlar kolaylıkla ve büyük doğruluk ile belirlenebilir (Kurucu ve diğ., 2000).

Bitki grafik eğrisi toprak ve suya göre daha fazla komplekstir. Orta kızıl ötesi alanda 1.4 μm , 1.1 μm , 2.7 μm dalga boyunda su absorbsiyon bantları baskındır. Görülebilir dalga boylarında bitki renkleri hâkimdir. Bitkilerin fotosentez için klorofil absorbsiyondan dolayı 0.6–0.7 μm dalga boylarında grafik aşağıya doğru eğri oluşturmuştur.

3.2.2. Suların Yansıtma Özellikleri

Yeryüzünün 2/3' ünden fazlasını göl, deniz ve okyanuslar örtmektedir. Su yüzeylerinden olan yansıma karakteristikleri ile sadece su yüzeyi değil suyun belirli derinliklerindeki özellikleri hakkında da bilgi sağlanmaktadır. Suyun klorofil içeriği, askıdaki inorganik ve organik parçacıkların miktarı, suyun derinliği gibi özellikleri güneş radyasyonunun yansımısını etkilemektedir (Dinç, 1997).

Suyun temiz olması halinde, mavi ışık genellikle nispeten yüksek yansıma değeri verir, yansıma değeri kırmızı bantta ve sonrada yeşil bantta düşer. Spektrumun kızılötesi alanında, enerjinin büyük bölümü su tarafından absorbe edilir. Eğer su temiz değilse yani, askıda katı madde içeriği var ise yeşil bant' ta nispeten yüksek yansıma algılanır ve kırmızı bant' ta olduğu kadar mavi bantta ise yansıma değeri düşer (Mather, 1987).

Yüzeysel sulara, lagün oluşumu gözlenen durgun su ortamında veya kirlilik belirtileri olan akarsularda enerjiyi yansıtma veya soğurma değerleri konum ve içeriklerine göre değişebilir. Bunun yanında termal bant kullanılarak sadece yansıma değil yayılan (emissive) enerjiyi

algılamak yoluyla akarsulara veya denizlere karışan evsel ve kimyasal kaynaklı atıkları ısı farklılıklarından saptamak mümkündür.

3.2.3. Toprakların Yansıtma Özellikleri

Toprakların yansıtma karakterlerinin bilinmesi sadece toprağın incelenmesinde değil, toprağı örten bitki örtüsü çeşitlerinin belirlenebilmesinde de çok önemlidir. Toprak yüzeyinden elektromanyetik ışınımın yansıtması, toprağın organik madde içeriğine, toprağı oluşturan taneciklerin dağılımına, nem içeriğine, tuzluluğa ve demir oksit vb. özelliklere bağlıdır. Şekil 2.16’ da gösterildiği gibi toprak yansıtma eğrisinde dalga boyu monoton olarak artmaktadır fakat 1.4 μm , 1.9 μm ve 2.7 μm dalga boyu civarında eğrinin merkezi aşağıya doğru inmektedir. Bu çökmeler “su absorpsiyon bantları” olarak isimlendirilir. Çok kuru kumlu toprakta, “su absorpsiyon bantları” dikkate alınmaz ve toprak koyu ve nemli iken toplam yansıtma düşer (Richards, 1986).

Organik madde, toprağın spektral özelliklerini etkileyen baskın bir toprak özelliğidir. Az ayrıışmış organik maddeye sahip toprakların yansıtması özellikle yakın kızıl ötesi’ nde yüksek, aşırı ayrıışmış organik maddeye sahip toprakların yansıtmasında ise 0.5-2.3 μm dalga boylarının hepsinde düşüktür (Stoner vd., 1980).

Topraklar, %45 oranında inorganik madde, %5 organik madde, %25 hava ve %25 su temel bileşenlerinden oluşur. Toprakların katı maddesini oluşturan organik ve inorganik maddeler toprağın bünyesini oluşturlar. Toprağın inorganik katı maddeleri kayaların çeşitli ayrışma

ürünleri ile değişik irilik ve bileşime sahip mineraller ve kaya parçalarından oluşurlar (Altınbaş ve ark. 2004). Kum, Mil ve kil olarak tanımlanan bu inorganik maddelerin, bir arada bulunma oranları toprağın bünyesini belirler. Örneğin kum miktarının diğerlerine göre daha fazla bulunması geçirgen, su tutma kapasitesi düşük, genelde açık renkli kumlu toprakları oluştururken, kil miktarının fazla olması ise ağır topraklar olarak bilinen ve geçirimsiz, su tutma kapasitesi yüksek, genellikle nemli olan killi bünyeli, koyu renkli toprakları oluştururlar.

Toprak rengi, toprakların tanımlanmasında, diğer toprak özelliklerine göre daha fazla kullanılan morfolojik bir toprak özelliği olan toprak rengi, toprağın pek çok özelliği ile bilgi vermektedir. Toprağın organik madde miktarı, doğal drenaj ve havalanma durumu, yıkanma ve birikme olayları, toprak bünyesi ile ilgili ön bilgiler toprak rengine bakılarak elde edilirler (Altınbaş ve ark. 2004). Toprakların renk saptamalarında standart değerlendirmelerin sağlanması amacıyla “Munsell Toprak Renk Kartları” kullanılır. Toplam 196 renk içeren bu kartlarda renkler, Hue (renk), Chroma (ton) ve Saturation (koyuluk) şeklinde 3 temel bileşen ile tanımlanırlar. Bu araştırmada da toprak incelemelerinde renk ölçümleri, Munsell renk kartları kullanılarak yapılmıştır. Toprak rengini belirleyen diğer bir etmen ise koyu rengi ile organik madde içeriğidir. Toprak rengi, toprak bünyesi ve nem içeriği gibi diğer toprak özellikleri de önemli düzeyde ortalama piksel yansıma verilerini etkilemektedir (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Topraklardaki nem ve diğer temel bileşenlerine bağlı olarak gelişen renk farklılıklarının ASTER, (321) uydu görüntülerindeki görünüşü, Menemen-İzmir (Koyu mavi-yeşil renk killi ve nemli, açık yeşil ise kumlu-tınlı bünyeli ve daha kuru arazileri göstermektedir)

Optik görüntülerde piksel ortalama yansımaya değerini etkileyen faktörler incelendiğinde, önce bitki örtüsünün toprağı örtme oranının dikkate alınması gerektiği bilinmektedir. Bundan başka, toprağın su tutma kapasitesi ya da açık renkli minerallerden olan ve özellikle yansımayı arttıran kuvars ve kalsit minerallerinin içeriğı ve toprak bünyesi dikkate alınmalıdır. Toprak bünyesi içeriğindeki kil mineralleri niceliğı, su tutma özelliklerine bağılı olarak toprağın rengini koyulaşmasına ve absorbsiyon özelliğinin artmasına neden olmaktadır.

Toprak strüktürü (yapısı), topraktan yansıyan ışığın miktarını etkilemektedir. Strüktürü zayıf gelişmiş veya strüktürsüz topraklardan yansıyan ışık, iyi strüktürlü topraklardan % 15–20 daha fazladır. Bu durum, büyük olasılıkla strüktürü gelişmiş topraklarda doğal toprak kümeleri arasındaki boşluklarda ışığın dağıtılması ve alt katlara hareketi ile ilgilidir. Toprakların kimyasal bileşimi, topraktan yansıyan ışık miktarını etkileyen diğer önemli bir faktördür (Stoner vd., 1980). Demirli mineralleri içeren topraklar kalsite göre toprak üzerinde ışığı daha fazla absorbe ederler. Bu nedenle de yüksek demir içeriğine sahip topraklar uydu görüntüsünde daha koyu tonlarda görülürler (Fitzgerald, 1972).

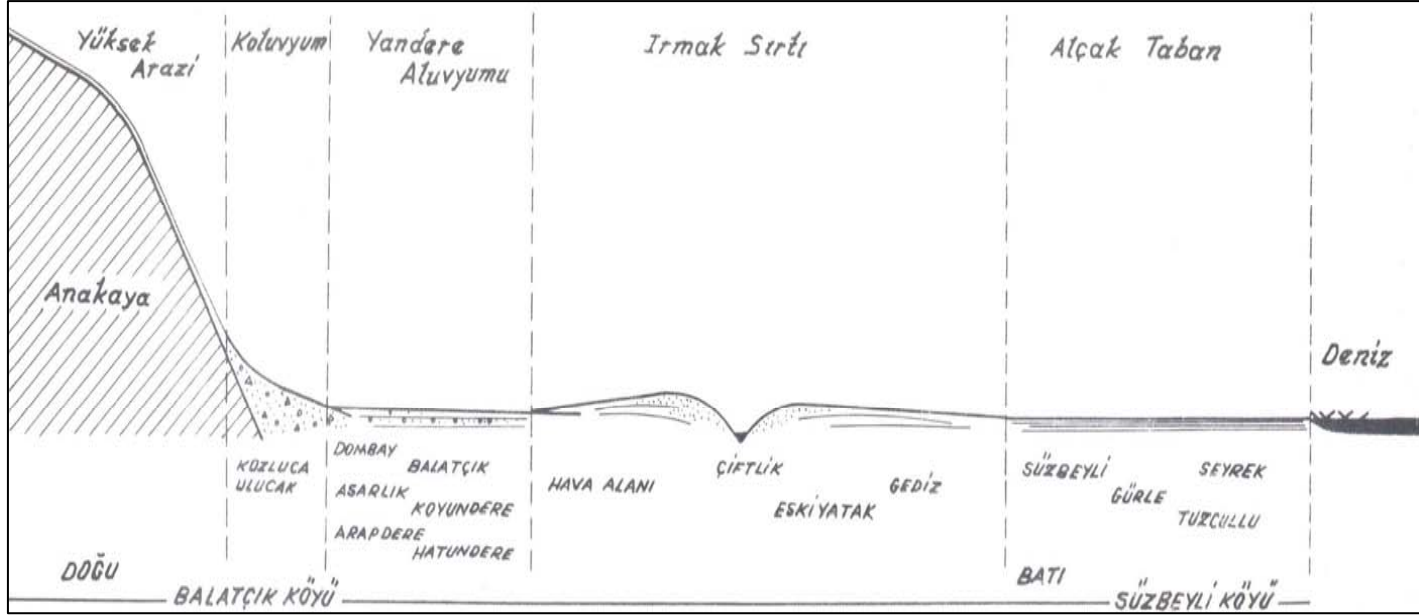
Tuzlu topraklarda yetişen bitkilerde görülebilir dalga boylarında ışığın soğurumu daha fazla olduğundan yansıma daha azdır. Örneğin tuzlu topraklarda yetişen pamuk bitkisinde fazla klorofil soğurumu sonucu yansıma normal pamuk bitkisine göre az olmaktadır (Reeleves ve diğ., 1974).

4. TOPRAK NEMİ

Toprak nemini oluşturan faktörler, arazinin topoğrafik konumuna göre değişim göstermekle beraber, toprağın bünyesini oluşturan kum, mil, kil, organik madde içeriği ve sulama koşulları temel etmenleri oluşturmaktadır.

İklim koşulları aynı olmakla beraber arazinin şekli, doğal nem içeriğini etkilemektedir. Özellikle eğimli yâda ondüle mikro rölyef arazi şeklinin görüldüğü arazilerde, konum oldukça önemlidir. Doğrusal düz eğim şekli, toprak suyunun temel kaynağı olan yağış sularının yüzey akışa geçmelerine ve toprak suyunun dikey değil, yatay hareket etmelerine ve uzaklaşmalarına neden olmaktadır. Bu durumda arazinin eğim derecesi önem kazanmaktadır. Düşük eğimli arazilerde daha az hızla akan yüzey akış, suyun dikey hareketini yani toprak içerisine sızmasını da sağlamaktadır. Eğimin dik olduğu bölgelerde ise, toprak altına su sızma olanağı daha düşüktür. Eğimli yerlerde toprak nemini ya da yağış sularından yararlanma düzeyini arttıran diğer etmenler ise bitki örtüsü ve arazi taşlılığıdır. Bitki örtüsü çeşit ve yoğunluğuna bağlı olarak yağış sularının yüzey akışa geçmesini engeller ve toprak içine sızmasını sağlar. Benzer şekilde, taşlılık da yüzey akış sularının hızlarını keserek, toprak altına sızmalarına fırsat sağlamaktadır. Ayrıca, özellikle damla erozyonu etkisini azaltarak su tutabilecek toprak partiküllerinin yerinde kalmasını sağlar. Dış bükey eğim şekline sahip araziler, yağış sularının ortamdan uzaklaşmasına neden olabilecek bir fizyoğrafik konum özelliği taşır.

Genellikle yerinde oluşmuş toprakların yer aldığı arazilerde görülen bu eğim şekilleri, toprak nemini tayin eden temel etmen özelliği göstermektedir. Taşınmış ve depolanmış toprakların yer aldığı alüvyal oluşumlu arazilerde ise, temel etmenler olarak taban suyu ve mikro rölyeften bahsetmek gerekir. Genel olarak organik madde içeriği düşük olan alüvyal arazilerde, oluşum özelliklerine bağlı olarak görülen mikro rölyefe bağlı çukur araziler, hem yüzey drenajına bağlı olarak yağış ve sulama sularının biriktiği alanlar özelliği taşımakta, hem de taban suyunun yüzeye yakın olduğu ve dolayısıyla nemli bölümleri içerebilmektedir. Alüvyal arazilerde görel olarak çukurda kalan araziler özellikle ırmak yatağından uzak bölgelerde ise, taşkın sularının taşıma gücünün en az olduğu ve ancak kil fraksiyonundaki materyallerin ulaştığı alanları oluşturur. Bu alanlardaki kil birikimi, toprak geçirimsizliğini azalttığı gibi, toprak su tutma kapasitesinin de artmasına neden olmaktadır. Her iki koşula da bağlı olarak, alüvyal arazilerde görülen, görel olarak çukur mikrorölyefe sahip alanlar toprak neminin diğer alanlarına göre daha uzun süre kalabildiği alanları oluşturmaktadırlar. Bu bağlamda, araştırma alanını oluşturan Menemen ovasına ait fizyografik birimler ile toprak oluşum ilişkileri Şekil 4.1.'de ayrıntılı olarak gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Fizioğrafik birimlerle topraklar arasındaki ilişki (ToprakSu, 1971)

Toprak nemin etkileyen bir başka önemli parametre ise, toprakların genel olarak kil ve organik madde içerikleridir. Artan kil içeriği ve organik madde miktarına paralel olarak toprak nemi de artış gösterir.

Özellikle düz eğimli alüvyal arazilerde, drenaj koşulu da toprak nemini etkileyen diğer bir etmeni oluşturur. Toprak drenajı yetersiz olduğu gibi aşırı da olabilmektedir. Yüzey akış sularının mikrorölyefe bağlı olarak çukur alanlarda birikmesi, yüzey drenaj özelliğini tanımlarken, taban suyunun mevsimsel olarak hareket etmesi ve toprak yüzeyine ulaşması ise iç drenaj özelliğini tanımlamaktadır. Yağışın yoğun olduğu ayları takiben özellikle şubat, mart ve nisan aylarında yükselen taban suyu seviyesi, yüzey toprağının nem içeriğini arttırır. Ancak yaz aylarında düşme eğiliminde olan taban suyu, arazinin konumuna göre yüzeyi daha uzun süre ıslak tutabildiği gibi, Nisan aylarından itibaren alt katmanlar seviyesine inebilir ve bu durumda yüzey toprağının kuruması söz konusudur.

Toprak su tutma kapasitesini olumlu yönde etkileyen toprak bünyesindeki kil içeriğinin az olması yâda kum içeriğinin yüksek olması toprak geçirgenliğini arttırdığı gibi su tutma kapasitesinin de düşmesine neden olur. Bu durumda, yağış yâda sulama suyunun hızlıca aşağılara hareket etmesi ve yüzey toprağının kuruması gerçekleşir. Aşırı toprak drenajı olarak da bilinen bu durum, arazilerin daha sık su istemesi nedeniyle tarım açısından toprak yetersizliği olarak kabul edilir.

Araştırma yöresini oluşturan alüvyal araziler üzerinde mikrorölyefe bağlı olarak, farklı su tutma kapasitesi ve drenaj özelliğine sahip toprak yer almaktadır. Özellikle vadinin dağlara yakın, ırmaktan uzak olan bölümleri, depresyon fizyografik özelliğine sahip olup ağır (C, L, SiCL) toprak bünyesine sahiptirler. Gediz Irmağına yakın araziler ise tın (L) kumlu tın (SL) toprak bünyelerinin yer aldığı bölümleri içerirler.

Toprakta su miktarının ölçülmesi ve ifade edilmesi

Toprağın birçok özelliğinin belirlenebilmesi için topraktaki su miktarının diğer bir deyimle toprak neminin ölçülmesi ve uygun bir şekilde ifade edilmesi gerekir. Toprakların nem içeriği yıl boyunca sürekli değişmekle beraber bütün fiziksel, mekanik ve hidrolojik özellikleri toprağın herhangi bir andaki nem miktarıyla doğrudan ilgilidir. Bu yüzden toprak neminin yıllık seyrinin takip edilmesi toprağın kritik fiziksel özelliklerinin ortaya konulması açısından büyük önem taşır.

Toprak nemini ölçülmesinde ve tanımlanmasında doğrudan ve dolaylı olmak üzere başlıca iki temel yöntem vardır;

4.1. Doğrudan Uygulanan Yöntemler

Toprak neminin doğrudan doğruya toprak örneği üzerinde belirlenerek çeşitli şekillerde sınıflandırılması temeline dayanır (Sağlam ve diğ., 1993). Bunlar;

4.1.1. Ağırlık Nem (Gravimetrik Nem)

Belli bir toprak kitlesi içindeki suyun ağırlığının, katı kısım (kuru) ağırlığına oranıdır (Eşitlik 4.1). Genellikle P_w ile gösterilir ve % olarak tanımlanır. Bu araştırmada toprak nemi ölçümünde gravimetrik yöntem tercih edilmiştir.

$$P_w = \frac{W_w}{W_k} \times 100 = \frac{W_t - W_k}{W_k} \times 100 \quad (4.1)$$

Toprak örneğinin 12- 24 saat süreyle, 105–110 °C etüvde kurutularak buharlaşan su miktarının kuru toprak ağırlığına bölünüp 100 ile çarpılmasıyla bulunur. En yaygın kullanılan nem ifade şekli olmakla beraber tayini oldukça zaman alıcıdır. Eşitlik 4.1' den de anlaşılacağı gibi burada, W_t nemli toprak ağırlığını, W_k kuru toprak ağırlığını, P_w ağırlık nem %'sini ifade etmektedir. Şu halde ikinci eşitlik biraz daha geliştirilerek, belli bir nem içeriğindeki, belli miktar bir toprağın kuru miktarını veya tam tersine nemli toprak miktarını hesap etmek mümkündür.

Buna göre;

Kuru toprak miktarını bulabilmek için:

$$W_k = \frac{W_t}{1 + \frac{P_w}{100}} \quad (4.2)$$

Nemli toprak miktarını bulabilmek için ise aşağıdaki eşitlik kullanılabilir:

$$W_t = W_k \left(1 + \frac{P_w}{100} \right) \quad (4.3)$$

Burada amaç ağırlık nemin gerçek değerini ortaya çıkarmaktır. Buna göre ağırlık nem; belirli ağırlıktaki kuru toprağın içerdiği ilave suyun miktarını ifade etmektedir. Bu durum, 100 g kuru toprağın 10 g su içerdiği veya 110 g nemli toprağın etüvde kurutulduğunda 100 g kalacağı anlamına gelmektedir.

4.1.2. Hacim Nem (Volümetrik Nem)

Belirli bir toprak kütlesi içindeki suyun hacminin, kütlenin toplam hacmine oranıdır. Genel olarak P_w ile gösterilir ve % şeklinde tanımlanır; Buradaki suyun hacmi için V_w , Toprağın hacmi için ise V_t , eşitlikleri kullanılır.

$$P_w = \frac{V_w}{V_t} \times 100 \quad V_w = \frac{W_w}{d_w} \quad V_t = \frac{W_k}{d_b} \quad (4.4)$$

Sonuçta buradan $P_v = P_w \cdot d_b$ eşitliği elde edilir.

Bozulmuş toprak örneklerinde ağırlık nem %'sinin, toprağın hacim ağırlığı değeriyle çarpılması sonucu hesaplanabilen hacim nem %'si değeri, bozulmamış toprak örneklerinde ağırlık nem tayininde olduğu gibi, toprak örneğinin 105–110 °C'de etüvde kurutulmasıyla bulunan nem miktarının hacmine eşit olduğu ($d_w = 1 \text{ g/cm}^3$ kabul edildiğinden) varsayılarak, bozulmamış örnek silindirinin hacmine bölünmesiyle de doğrudan bulunabilir.

4.1.3. Derinlik Nem

Matematiksel olarak hacim neme eşit olmakla beraber, fiziksel olarak birim toprak derinliği içindeki su derinliğini tanımlar. P_d ile gösterilir ve % olarak belirtilir.

Buna göre: $P_d = P_v$ olur.

Birim alandaki toprak sütununun hacmi kendi derinliğine (veya yüksekliğine) eşit olduğundan, toprak içerisindeki yer alan suyun hacmi de, birim alandaki su sütununun hacmi şeklinde düşünüldüğü takdirde, kendi yüksekliğine (veya derinliğine) eşit olur. Şu halde derinlik nem ifadesiyle, hacim nem ifadesi arasında matematiksel bir fark olmayıp, sadece düşünsel bir fark vardır. Örneğin; hacmi 100 cm^3 olan bir toprağın taban alanı 1 cm^2 alındığında yüksekliği 100 cm olur. Zira: $V = A \cdot h$ eşitliğinden, $A = 1$ olduğunda $V = h$ 'dır. Derinlik nemden de, hacim nem tayin edilir.

4.2 Dolaylı Yöntemler

Topraktaki nem miktarının dolaylı yoldan çeşitli araçlar kullanılarak ölçülmesi temeline dayanır. Arazide toprağa yerleştirilen bu araçla, toprağın nem miktarını doğrudan belirtmeyip, ancak topraktaki nem miktarıyla, bunların okuma değerleri arasında var olan güvenilir ilişkiye dayanılarak toprak nemini bulmaya aracı olurlar. Bunu için alet okuma değerleri ile doğrudan belirlenen toprak nemi değerleri arasında, her toprak için tipik olan grafikler çizilir. Herhangi bir anda arazide

kaydedilen alet okuma değeri grafikte yerine konularak, buna karşılık gelen nem değeri çizilen eğri yardımıyla bulunmuş olur.

Başlıca; potansiyometrik, tansiyometrik ve radyoaktif olmak üzere, yaygın olarak kullanılan üç çeşit dolaylı toprak nemi belirleme yöntemi vardır. Ayrıca eskiden kullanılan ve daha az yaygın olan “Isı İletkenliği” ve “Karpit” yöntemlerinden de söz edilebilir.

4.3 Toprak Nemi ve Mikrodalga Enerjinin Etkileşimi

Yüzeyden yansıyan radar dalgaları yüzeyin karakteristik özelliklerinden (dielektrik katsayısı, pürüzlülüğü) radar sisteminin özelliklerinden (frekans, polarizasyon) ve geliş açısı gibi koşullardan etkilenmektedir.

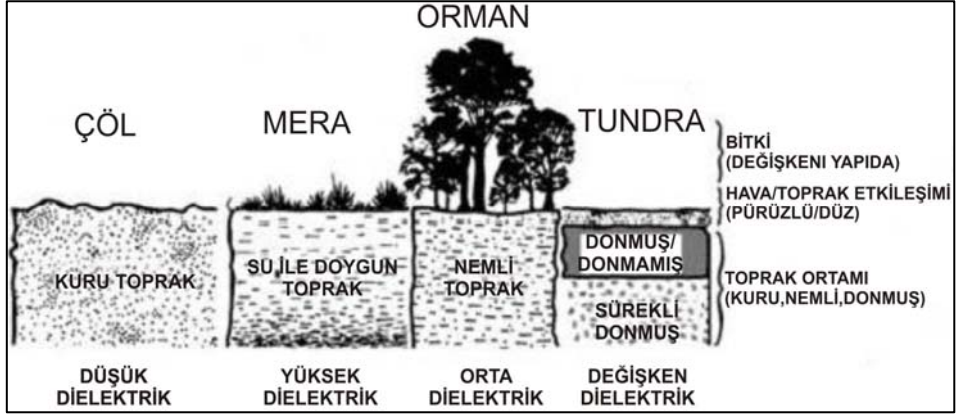
Toprak yüzeyinden gerisaçılan mikrodalgalar diğer faktörlerden çok yüzeyin dielektrik katsayısından etkilenmektedir. Çünkü su için dielektrik katsayısı kuru bir toprağa göre en az 10 kat daha yüksektir. Radar gerisaçılım değerleri yüzey toprağında bulunan su içeriğinden etkilenmektedir (Niko Verhoest, 2000). Ayrıca toprak nem içeriğinin düzeyi radar dalgalarının toprağa penetre olup olmamasını etkiler. Şöyle ki, çöl gibi nem içeriği çok düşük olan kuru topraklara radar dalgaları 1-2 m. penetre olabilirken çok nemli topraklara sadece 3-5 cm kadar penetre olabilmektedir (Lillesand and Kiefer, 1994).

Toprak Nemi ve Dielektrik Katsayısı

Toprak nemi, mikrodalga sinyallerinin gerisaçılımında önemli bir faktör olup dielektrik katsayısında meydana gelen değişimler gerisaçılım değerlerinde de değişime neden olmaktadır.

Dielektrik katsayısı, bir cismin elektriksel enerjiyi iletme yeteneğinin düzeyini gösterir (Campbell, 1996). Toprak ortamı; kum, mil ve kil fraksiyonlarının bir karışımı, hava boşlukları ve su (serbest su + tutulmuş su) içeren bir ortamdır. Toprak ortamında bulunan tutulmuş su; toprak partikülleri tarafından osmatik basınç etkisi, adezyon ve kohezyon kuvvetleri ile bağlanır. Bunun yanı sıra, serbest su ise bu kuvvetlerden bağımsız olarak toprak ortamında hareket kabiliyeti bulunan su şeklindedir (Hallikainen et al, 1985).

Elektromanyetik olarak, toprak ortamı bu 4 unsuru hava, toprak, serbest ve tutulmuş suyun dielektrik karışımıdır. Bu suların kompleks dielektrik katsayısı elektromanyetik frekansın $f[\text{Hz}]$, fiziksel sıcaklığın $T[^\circ\text{C}]$ ve tuzluluğun ayrı ayrı fonksiyonlarının bir bütünüdür. Ayrıca, toprağın dielektrik katsayısı genel olarak, gelen mikrodalganın sıklığının(f), toprak sıcaklığının (T), toprak tuzluluğunun, toplam völümetrik su içeriğinin, toprağın özgül ve hacim ağırlığının ve toprak bünyesinin bir fonksiyonu olarak ta tanımlanabilir (Hallikainen et al, 1985, Ulaby et al, 1986a). Bu bağlamda Şekil 4.2.'de farklı nem düzeylerine sahip toprakların dielektrik özellikleri gösterilmektedir.



Şekil 4.2. Farklı toprak nemine sahip toprakların dielektrik özellikleri

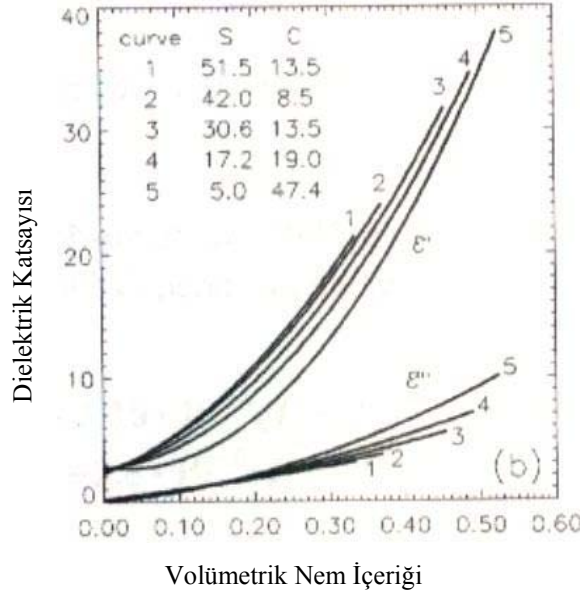
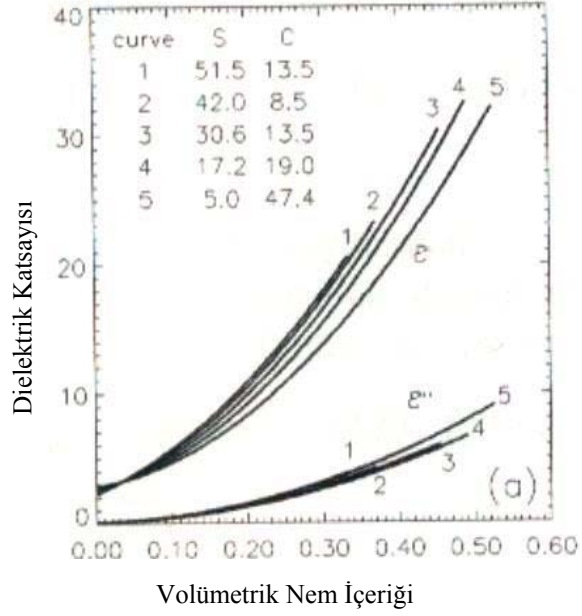
Likit suyun olmadığı koşullarda, mikrodalga dielektrik katsayısının gerçek bölümü ($\epsilon'_{\text{toprak}}$) frekans ve sıcaklıktan bağımsız olarak 2 ile 4 arasındaki bir değerdir. Sanal (imaginary) bölümü ($\epsilon''_{\text{toprak}}$) ise tipik olarak 0.05 den daha küçük bir değerdir (Ulaby et al, 1986b). Birçok toprak için yapılan deneysel ölçümler temel alınarak (Dobson et al, 1985) aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

$$\epsilon'_{\text{toprak}} = (1.01 + 0.44 p_s)^2 - 0.062 \quad (4.5.)$$

p_s : toprak partiküllerinin yoğunluğu (kg/m^3)

Günümüzde yapılan birçok çalışmada, nemli toprakların dielektriksel davranışları tanımlanmaya çalışılmıştır (Topp et al., 1980; Hallikainen 1985; Roth et al., 1990; Brisco et al., 1992; Peplinski et al. 1995b).

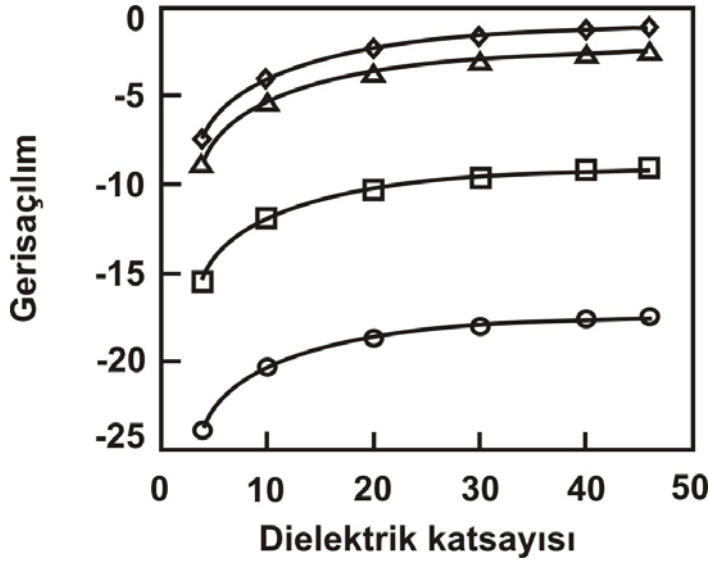
Örneğin, Topp et al., 1980 ve Roth et al., 1990; TDR (Time Domain Reflectometry) yöntemini kullanarak elde ettikleri toprak nem değerleri ile dielektrik katsayısı arasındaki ilişkiyi bir eşitlik ile tanımlamaya çalışmışlardır. Peplinski et al. (1995a), ise farklı toprakların dielektirik özelliklerini ve gerisaçılıma olan etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada toprakların bünyesi, volümetrik nem içeriğinin dielektrik katsayısına etkili olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, bu araştırmacılar toprakların dielektrik katsayısının, kil tipine göre değiştiğini de vurgulamışlar ve kil spesifik yüzey alanı artışıyla dielektrik geçirgenliklerinin lineer olarak arttığını belirtmişlerdir. Hallikainen et al, 1985, belirledikleri eşitliği kullanarak, farklı bünye özelliğine sahip 5 ayrı toprağın volümetrik nem içeriği ile dielektrik özellikleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir (Şekil 4.3.).



Şekil 4.3. Farklı bünye özelliğine sahip beş toprağın dielektrik katsayısı ile volümetrik nem içeriği ilişkileri (1): kumlu tın, (2): tın, (3-4): milli tın, (5): tınlı kil, (a) C-band, 4 GHz, (b): L-band 1.4 GHz

Gerisaçılım Şiddetine Toprak Neminin Etkisi

Gerisaçılım şiddeti gerisaçılımın olduğu ortamın dielektrik katsayısının ve ayrıca ortamın nem içeriğinin bir fonksiyonudur. Teorik çalışmalardan (Fung et al., 1992; Fung 1994) ve arazi çalışmalarından (Oh et al., 1992; Lin et al., 1994; Dubois et al., 1995) çok iyi bilindiği gibi nem içeriği arttıkça gerisaçılım değerinin şiddeti de artmaktadır. Bu ilişki; Fung et al., 1992 ve Fung 1994, tarafından geliştirilen model çerçevesinde boş topraktan gelen gerisaçılım değerleri dikkate alınarak uygulanmış ve Şekil 4.4' de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. HH polarizasyonda 4 farklı frekansa sahip gerisaçılım katsayısına dielektrik katsayısının etkisi. (◇): X band(10 GHz); (△): C-band (5GHz); (□): L band(1.3 GHz); (○): P band(0.5 GHz)

Şekil 4.4'den anlaşılabacağı gibi, farklı bantlar için, gerisaçılım katsayısı ve dielektrik katsayısı arasında benzer ve doğrusal olmayan bir ilişki olduğu anlaşılmaktadır.

Yüzey toprağının nem içeriği aynı zamanda kullanılan dalga boyuna bağlı olarak toprak içerisine penetre olabilme özeliğini etkilemektedir. Eğer ortam toprak gibi homojen yapıya sahip olamayan bir obje ise gerisaçılım sadece yüzey parametrelerine değil aynı zamanda ortamın dielektriksel özelliklerine de bağlıdır.

Penetrasyon derinliği, yüzeyin gelen sinyalin etkisini zayıflatıcı veya değerini düşürücü etkisinin matematiksel olarak tanımlandığı katsayı (α) ile ilişkilidir. Bu katsayısı (α), derinliğin bir katsayısı olarak ta tanımlanabilir. Penetrasyon derinliği (δ); Ulaby et al., 1982 tarafından Eşitlik 4.6.'da gösterildiği şekilde ifade edilmiştir.

$$\delta_p = \frac{1}{2\alpha} \quad (4.6)$$

$$\alpha = \frac{2\pi}{\lambda_0} \left| \text{Im}[\sqrt{\epsilon}] \right| \quad (4.7)$$

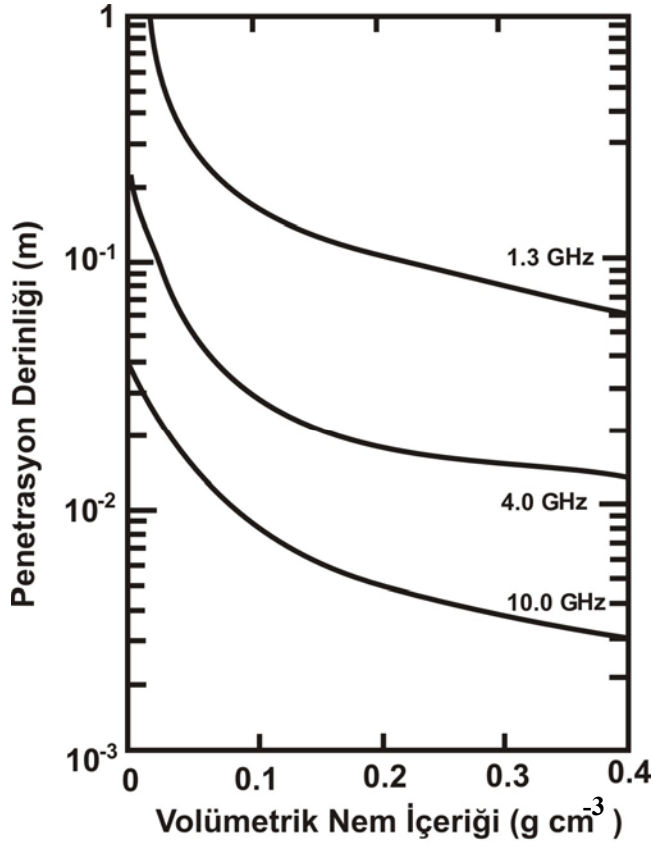
λ_ϵ ; uzay boşluğundaki dalgaboyu olarak tanımlanmıştır.

Birçok doğal obje (su hariç) için $\epsilon''/\epsilon' < 0.1$ olarak bilinir ve buna bağlı olarak yaklaşık olarak penetrasyon derinliği aşağıdaki formül ile hesaplanabilir (Ulaby et al., 1982).

$$\delta_p \cong \frac{\lambda_{0\sqrt{\epsilon'}}}{2\pi\epsilon''} \quad (4.8)$$

Şekil 4.5’ de farklı üç frekanstaki enerjinin tın bünyeye sahip bir toprağın volümetrik nem içeriğine göre penetre olabildikleri derinlikler verilmiştir.

Bu bağlamda, volümetrik nem içeriğinin yüksek olması sonucunda her 3 frekanstaki enerji 10 cm den daha az bir derinliğe penetre olabilmektedir.



Şekil 4.5. Farklı 3 frekans için nem içeriğinin fonksiyonu olarak penetereasyon derinliği

5. ARAŞTIRMA YERİ, İKLİMİ VE TOPRAK ÖZELLİKLERİ

5.1 Araştırma Yeri

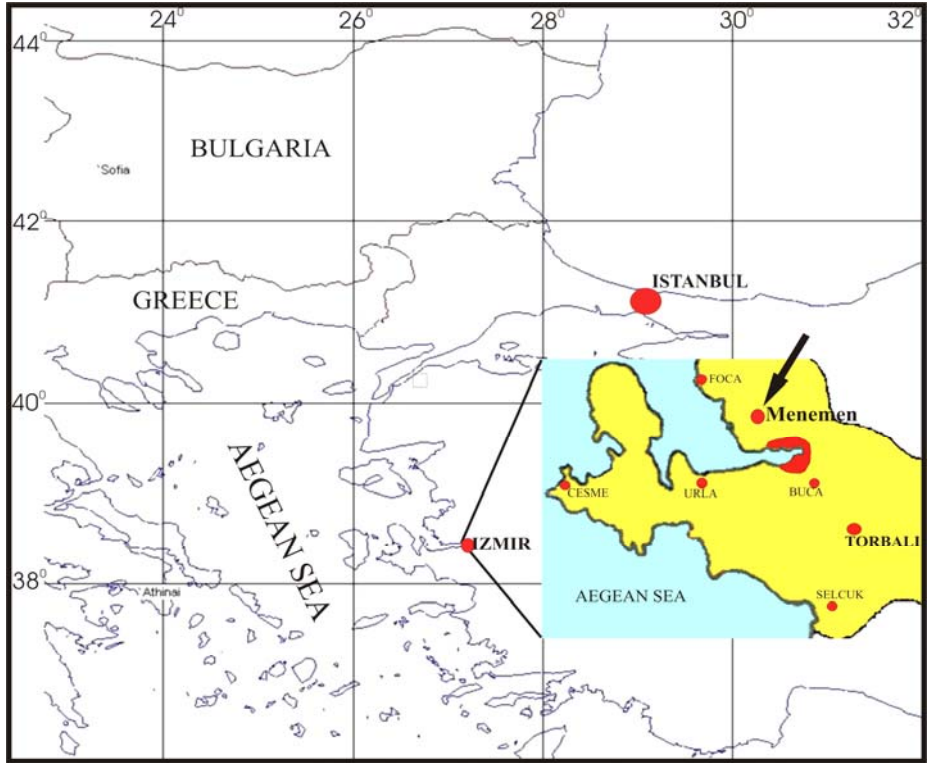
Tez çalışmasının yürütüldüğü Menemen ovası, Gediz havzasının batı bölümünü oluşturmakta ve $38^{\circ} 39' 30''$ / $38^{\circ} 29' 30''$ kuzey enlemleri ile $26^{\circ} 48' 09''$ / $27^{\circ} 04' 46''$ doğu boylamları arasında yer almaktadır. Gediz Havzası, Batı Anadolu' daki 4 büyük vadi arasında havza ve taban genişliği bakımından ikinci sırada yer alır. Havzanın alluvial tabanı Manisa'nın batısındaki Emiralem Boğazı ile ikiye bölünmüştür (Şekil 5.1). Söz konusu boğaz ile deniz arasında kalan kısım Menemen ovasını oluşturur. Bu alan doğusunda Yamanlar dağı, kuzeyinde Foça dağlık yöresi ve batısında ise Ege Denizi ile çevrelenmiştir. Çalışma alanı arazileri, mülki olarak Foça ve Menemen ilçe arazilerini içermektedir.

İzmir Körfezi' nin kuzey sahillerinden itibaren kara yönünde delta ve ova coğrafi şekilli arazileri içeren çalışma alanının yüzölçümü yaklaşık 400km^2 ' dir. (Şekil 5.2). Çalışma alanının tamamına yakın bölümü düz-düze yakın eğimlidir. Arazi yüzeyi, Gediz Irmağının taşkınları nedeniyle hafif ondüle mikrorölyefe sahiptir. Araştırma alanı içerisine yer alan Seyrek, Süzbeyli, Sasalı, Maltepe köylerinde 1993–1998 yılları arasında toplulaştırma projesi uygulanmış ve yüzey rölyefi önemli ölçüde düzleştirilmiştir. Bu durumdan da anlaşılacağı gibi, araştırma düz-düze yakın eğime sahip araziler üzerinde yürütülmüştür.

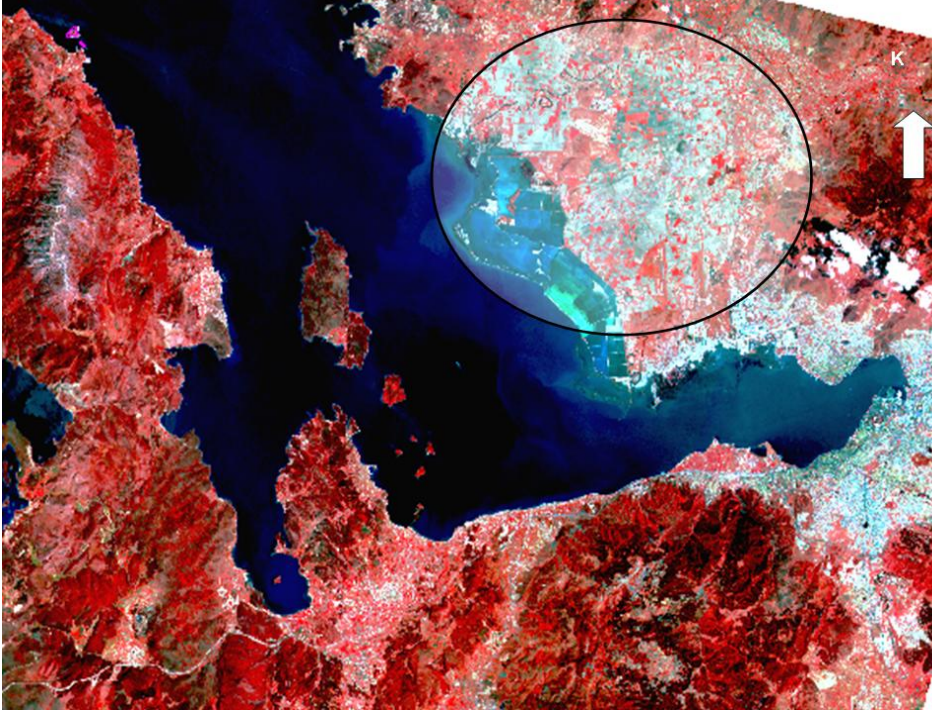
Menemen Ovası'nda, yarı kurak-az nemli, mezotermal iklim hüküm sürer ve 616 mm'lik yağışın büyük kısmı kış aylarında düşer. Bu nedenle yaz aylarında su eksikliği vardır. Yaz döneminde güneşlenme ve buharlaşma fazla, bağıl nem %50 dolaylarındadır. Ovada tüm tarla bitkileri yetiştirilebilmekteyse de yaygın olarak pamuk, mısır, bağcılık, tahıl üretimi yapılmaktadır. Denize yakın çok tuzlu ve bozuk drenajlı alanlar ise doğal mera konumunda olup otlak olarak kullanılmaktadır. Güney bölümlerindeki kıyı arazilerde, TEKEL işletmesine ait tuz üretim sahası mevcuttur. Bu amaçla denizin sığ kısımlarında, buharlaşma ile tuz üretmek amacıyla bölmeler yapılmıştır.

Ova topraklarının tümü derin profilli ve çoğunlukla karışık bünyelidir. Gediz ırmağı, taşkınlarıyla çevresinde sedde (levee), taşkın düzlükleri ve depresyonik jeomorfolojik birimleri oluşturmuştur. Ovadaki toprak bünyesi ve toprak nem dağılımı bu jeomorfolojik birimler ile uyumludur. Depresyonik alanlarda kil bünye başat iken ırmak kenarlarındaki arazilerde kumlu, taşkın düzlüklerinde ise tın bünyeli toprakların yer aldığı görülmüştür. Bu şekli ile hafif dalgalı bir mikro rölyefe sahiptir, ancak genel arazi eğimi %1 civarındadır. Araştırma alanının çok büyük bir bölümünde Mayıs ayı başında pamuk ve mısır tarımı için dikim öncesi toprak işleme ve diğer tarla hazırlıkları tamamlanmaktadır. Tarla yüzeyindeki pürüzlülük özelliği tüm arazilerde benzer durumdadır.

Mayıs ayındaki mevcut ürün deseni ise büyük bir çoğunlukla buğday ve arpadan oluşmaktadır. Yağışın henüz tamamlanmış olması nedeniyle, topraklar su tutabilme yeteneklerine göre değişik düzeyde doğal nem içermektedirler.



Şekil 5.1. Çalışma alanı yer bulduru haritası



Şekil 5.2. SPOT görüntüsünde çalışma alanı ve çevresi

Araştırma yöresini taşkınlarıyla oluşturan, 275 km uzunluğundaki Gediz Nehri 17.220 km²’ lik bir yağış havzasını drene ederek doğudan batıya doğru akar ve İzmir’in hemen kuzeyinden Ege Denizi’ ne dökülür. Akarsu sistemi iki ana rezervuar ve sulama uygulamaları için kullanılan üç regülâtör tarafından kontrol edilmektedir. Yazın sulamada kullanılmak üzere kış yağışları Demirköprü Barajı ve Marmara Gölünde depolanmakta, suyun dağıtımında Adala, Ahmetli ve Emirâlem Regülâtörlerinden yararlanılmaktadır (Toprak su 1977).

Araştırma yöresinde yetiştiriciliği yapılan bitkisel üretim ağırlıklı olarak pamuk, mısır, tahıl, bağ ve sebzeden oluşmaktadır. Pamuk yetiştiriciliği, yöre iklimine bağlı olarak Mayıs ayı ilk haftasında tohum ekimi ile başlar. Pamuk bitkisi en yüksek vegetatif dönemine Ağustos ayında ulaşır ve Eylül ayında kuruma ile birlikte pamuk hasadı başlar. Yörede, aynı yıl içerisinde buğday-mısır, buğday ayçiçeği ya da buğday-pamuk çift ürün tarımı da yapılmaktadır (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Çalışma alanını oluşturan pamuk ekili araziler (Orişinal, 05 Eylül 2006)

5.2. Araştırma Yöresi İklim Özellikleri

Ege Bölgesinde yer alan Gediz Havzası Akdeniz iklimi özelliğine sahiptir. Yazları genellikle kurak ve sıcak, kışları ise nispeten yağışlı ve ılık geçer. Bu bölgede dağların denize dikey olarak uzanmaları nedeniyle denizin etkisi içerilere kadar hissedilmektedir. Bu nedenle, Akdeniz Bölgesine özgü ürün çeşitlerinin birçoğunu Gediz Ovası'nda yetiştirmek olasıdır. Gediz havzasında yağış daha çok kış aylarında meydana gelmektedir. Buna karşılık yaz aylarında kuraklık egemendir.

Menemen'de yıllık ortalama sıcaklık 16,9 °C en düşük ay ortalaması (Ocak) 7,8 °C, en yüksek ay (Temmuz) ortalaması 27 °C' dir. Toplam buharlaşma 1536,1 mm' dir. Menemen'in uzun yıllar ortalaması iklim değerleri Çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Menemen'e İlişkin 54 Yıllık İklim Verileri (KHAE,2007)

1954 – 2007 (54 YILLIK) MENEMEN TOPRAK VE SU KAYNAKLARI ARAŞTIRMA ENST. MÜD. UZUN YIL																
AYLAR			X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	YILLIK	
Yağış mm		Toplam	31.3	77.3	106.8	88.9	70	62.2	41.7	25.7	5.6	26	3		515.1	
		Günlük Maks.	69.2	119.8	75.8	79	64	83.9	42	44.6	32.3	21.6	33.9		119.8	
Sıcaklık (C ⁰)	Hava	Ortalama	17.3	12.9	9.6	7.8	8.7	11	15	20	24.6	27	26.3	22.2	16.9	
		Ext.Maks.	39.4	31.3	25.4	22.8	26.5	31.9	33.8	40.2	43	42.3	44.3	41.4	44.3	
		Ext Min.	1.2	-2	-4.5	-7.6	-5.6	-4.4	1.4	2.8	6.7	10.7	10.8	6	-7.6	
	Toprak	5 cm ORT	17.6	12.1	8.4	7	8.4	11.4	16.5	22.2	26.9	30	29.6	25	17.9	
		5 cm EXT. MIN	3.2	-0.7	-2.3	-4	-4.8	-1.8	3.4	9	12	15.1	16.5	9	-4.8	
Buharlaşma		Toplam	102	58.1	44.4	44.4	49.3	77.8	110.6	169.6	222.4	263.9	230.7	162.9	1536.1	
		Günlük Maks..	11.5	12.1	13.2	20.2	19	15.1	13.6	13.7	15.5	18	15.5	11.2	20.2	
Nispi Nem (%)		Ortalama	59.7	63.7	66.7	65.1	62.1	61	58.1	54.8	48.1	46.3	48.3	54.1	57.4	
		En Yüksek	100	100	100	100	100	100	100	100	99	99	99	100	100	100
		En Düşük	11	12	13	14	14	12	10	10	10	6	6	9	9	6
Rüzgâr (m/sec)		Ortalama Hız	2.3	2.6	3.5	3.8	3.7	3.2	2.6	2.5	2.5	2.8	2.6	2.3	2.9	
		En Çok Res. Yönü	E	E	E	ENE	E	SSE	E	E	SSE	ENE	NE	SE	E	
		En Hızlı	18.6	18	17.7	18.5	22.5	23.5	20.7	17.1	13.9	16.8	18.3	14.2	23.5	
		Yönü	E	SE	S	E	S	SSE	S	NE	ENE	NE	E	SSW	SSE	

Menemen ovasında Akdeniz iklimi başat olup yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Uzun yıllar (54 yıl) ortalama iklim verilerine göre; toplam yıllık yağış 515,1 mm olup bunun yaklaşık % 50'si kış, %25'i ilkbahar, %23'ü sonbahar ve % 2'si yaz aylarında düşmektedir. Ortalama sıcaklık 16.9 °C olup, en sıcak ay ortalaması 27 °C ile Temmuz ve en soğuk ay ortalaması 7.8 °C Ocak ayıdır. Ortalama nispi nem %57.4 olup en yüksek %66.7 ile Aralık, en düşük ise %46.3 ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Toplam buharlaşma 1536.1 mm, en düşük aylık buharlaşma 44 mm ile Aralık ayında, en yüksek buharlaşma ise 263.9 mm ile Temmuz ayında gerçekleşmiştir (KHGM, 2007).

5.3. Araştırma Yöresinin Jeoloji ve Jeomorfolojisi

Denize dikey olarak uzanan Batı Anadolu dağları arasındaki Gediz havzası, Uşak ve Manisa sınırları içerisinde verimli Gediz ovası arazilerini, Manisa yakınlarındaki Muradiye'de dar bir boğaza girdikten sonra Batıya doğru yeniden genişleyerek Menemen ovasını arazilerini oluşturmaktadır. Gediz Ovasını çevreleyen dik eğimli arazilerin neojen devri bağıntısız materyallerinden meydana geldiğinden, yüzey akışları ile aşınıp taşınmaya çok uygundur. Regolitler olarak ta tanımlanan ana materyaller kolayca aşınıp yan dereler ile Gediz ırmağına ulaştırılmaktadır. Gediz ırmağı ise taşıdığı farklı boyutlardaki bu materyalleri özellikle akış hızının düştüğü menemen ovası bölgesinde, sağ ve sol sahiline depolamıştır. Denize ulaşan ırmak taşıdığı depozitlerin denize ulaşmasını da sağlamış ve burada bir delta jeomorfolojik yapısını oluşturmuştur. Gediz ırmağının en çok yatak değiştirdiği bölümleri

oluşturan Menemen ovası güneyinde bulunan tuz işletmesi, geçmişte taşkınlardan çok zarar görmüştür. Bu nedenle 1896 yılındaki bir çalışma ile Gediz nehri yatağı bu günkü yatağına çevrilmiş ve halen Bağarası – Foça arazileri üzerinden Ege denizine ulaşmaktadır.

Gediz havzası esas olarak Prekambriyum devrine ait olduğu tahmin edilen ve başlıca gnays ve mikaşist olan, kuvvetliden mutedile kadar değişen metamorfik kayalardan meydana gelmiştir. Gediz nehrinin esas vadisinin tabanı çakıl, kum, silt ve kil içeren dördüncü zaman oluşumludur (Knappen Tippetts Abbett Eng. Co., 1950).

Foça tepelerinin yapısında neojen yaşta andezitler ve tüfler başlıca jeolojik yapıyı oluşturur. Ovanın batı kısmında Taşlı tepe, Değirmen tepe ve Üç tepe gibi yükseklikler alluviyal zemin üzerinde dik yamaçlarla birer ada gibi yükselirler. Bunlar da volkanik neojenden oluşmuşlardır ve bu yükseklikler arasında kalan geniş vadi alluviyal bir dolgudur (Darkot, 1954).

5.4. Araştırma Yöresi Toprak Özellikleri

Gediz Ovası toprakları genellikle doğal verimlilikleri yüksek olan topraklardır. Ancak ovayı çevreleyen yüksek arazilerde yanlış toprak kullanımının neden olduğu erozyona bağlı olarak ova sık sık sel baskınlarına uğramakta, mil ve sediment ile dolan akarsu yatakları ise gelen suyu drene edemeyerek ovada taban suyunun yükselmesine neden olmaktadır. Genel olarak sıcak ve kurak iklimlerde aşırı buharlaşma sonucunda, tuzlu taban suyuna bağlı olarak arazilerde çoraklaşma

meydana gelmektedir. Yüksek taban suyu ve düzensiz yapılan sulamalara bağlı olarak ovada çeşitli derecede çoraklık görülmektedir. Gediz ovasında tuzluluk, alkalilik, drenaj, taşlılık ve sığlık gibi bitki gelişimini kısıtlayan nitelikte olmayan topraklar 39.573 ha (%39,7); yetersiz ve kötü drenajlı topraklar 16.569 ha (% 16,6); yetersiz drenajla birlikte hafif veya orta derece tuz içeren veya tuzla birlikte alkalilik gösteren topraklar 17.819 ha (%17,9); kötü drenajlı hafif veya orta derecede tuzlu veya alkali topraklar 523 ha (% 0,5); yetersiz drenajlı çok tuzlu ve alkali topraklar 2.888 ha (% 2,9); kötü drenajlı çok tuzlu veya alkali topraklar 1.967 ha (%1,9); hafif eğimli topraklar 5.299 ha (%5,4); orta eğimli, taşlı ve sığ topraklar 5.844 ha (%5,9); su tutma kapasiteleri çok düşük olan topraklar 5.167 ha (%5,2) alanı kaplamaktadır. Sel birikintisi molozları, dere yatağı, kumlu çakıllı alanlar, bir kaç tepe ve bataklık adı altında toplanan araziler ise 4.032 ha (% 4,0) alanı oluşturmaktadır (Anonim, 1971).

Ova topraklarının tümü derin ve çoğunlukla orta-orta ağır bünyelidir. İyi ve orta drenaja sahip tuzsuz yan dere alüvyal arazileri ile Gediz ırmağın sırtı arazileri bağ, sebze, zeytin, meyve üretiminde kullanılmaktadır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. Çalışma alanını oluşturan, düz-düze yakın eğimli araziler
(Orijinal, 8 Haziran 2006)

Ovanın denize yakın bölümlerinde tabansuyu hareketlerine bağlı olarak yetersiz drenaj özelliğine sahip araziler mevcuttur. Bu araziler, tabansuyu kalitesine bağlı olarak tuzluluk ve alkalilik tehdidi altındadırlar. Topraksu, Köy Hizmetleri gibi kurumların yaptığı arazi developman projelerine rağmen, drenaj sisteminin bakımındaki ve kullanımındaki yetersizlikler nedeniyle bazı araziler tekrar tarımsal üretim yapılamayan, çorak araziler özelliği kazanmışlardır. Bu tür araziler ise ya terk edilmekte ya da mera olarak kullanılmaktadır (Şekil 5.5).

Bölgede, sahile bitişik konumdaki arazilerde ise tuzluluk ve alkalilik çok artmaktadır. Tuzlu taban suyu yüzey altından kapillarite ile yüzeye çıkmaktadır. Yaz aylarında hızlı buharlaşmaya bağlı olarak yüzeyde tuz kabukları oluşmaktadır. Bu arazilerde ancak tuzcul bitkiler yaşayabilmektedir (Şekil 5.6, Şekil 5.7).



Şekil 5.5. Çalışma alanını oluşturan, düz-düze yakın eğimli ve mera kullanımlı tuzlu-alkali araziler (Orijinal, 8 Haziran 2006)



Şekil 5.6. Çalışma alanının delta bölgesinde yer alan toprak yüzeyinde tuz kristalleri oluşmuş araziler(Orijinal, Temmuz 2006)



Şekil 5.7. Çalışma alanı batı bölümünü oluşturan delta arazi tipi üzerinde yer alan kaba (kumlu) toprak bünyeli araziler (Orijinal, Temmuz, 2006).

6. MATERYAL VE YÖNTEM

6.1. Materyal

Bu araştırmada toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mikrodalga boyundaki enerjinin gerisaçılım değerlerine etkisini ve aralarındaki ilişkinin incelenmesi amacıyla iki adet RADARSAT–1 ve 5 adet ENVISAT-ASAR uydu görüntüleri kullanılmıştır. Bu amaçla, 4 Mayıs ve 28 Mayıs 2006 tarihlerinde çekimi yapılmış iki adet RADARSAT–1 uydu görüntüsü alınmıştır. RADARSAT–1 uydu görüntülerinin yersel çözünürlüğü 6,25 m dir (Fine Beam). Araştırmada kullanılan RADARSAT–1 uydu görüntüsünün detay özellikleri Çizelge 6.1’ de verilmektedir. Yaz aylarının ilerleyen zaman dilimindeki toprağın nem içeriğinde meydana gelen değişimlerin incelenmesine olanak sağlamak amacıyla ESA’ dan 5 adet daha görüntü sağlanmışır. Her iki görüntü de yaklaşık 5cm dalga boyu açıklıklı, C bandı görüntülerinden oluşmuştur. ENVISAT-ASAR uydu görüntüsü 25 metre çözünürlüğe sahiptir (Çizelge 6.2).

ENVISAT uydu görüntüleri ilk olarak 23.05.2006 tarihinde alınmıştır. Daha sonra, Haziran ayında 2 adet ve Ağustos ayında 2 adet olmak üzere toplam 5 adet görüntü alınmıştır.

Çizelge 6.1. Araştırmada kullanılan RADARSAT–1 uydu görüntülerine ait temel özellikler

Tarih	Yörünge	Işın Modu	Uçuş Yönü	Format	Piksel Aralığı	Polarizasyon
04/05/2006	54796	F1	Yukarı	SGF	6.25 m x 6.25 m	H/H
28/05/2006	55139	F1	Yukarı	SGF	6.25 m x 6.25 m	H/H

Çizelge 6.2. Araştırmada kullanılan ENVISAT-ASAR uydu görüntülerine ait temel özellikler

Tarih	Yörünge	Algılayıcı	Uçuş Yönü	Tarama Genişliği	Format	Piksel Aralığı	Polarizasyon
23/05/2006	22112	ASAR/IM	Yukarı	12	PRI ASA_IMP_1P	12.5 x 12.5 m	V/V
08/06/2006	22341	ASAR/IM	Yukarı	11	PRI ASA_IMP_1P	12.5 x 12.5 m	V/V
11/06/2006	22384	ASAR/IM	Yukarı	13	PRI ASA_IMP_1P	12.5 x 12.5 m	V/V
01/08/2006	23114	ASAR/IM	Yukarı	12	PRI ASA_IMP_1P	12.5 x 12.5 m	V/V
17/08/2006	23343	ASAR/IM	Yukarı	11	PRI ASA_IMP_1P	12.5 x 12.5 m	V/V

Araştırmanın planlanması aşamasında, bir optik uydu görüntüsünün bitki örtüsü ve toprak nemi belirlenmesinde yardımcı veri olarak kullanılması planlanmıştır. Bu amaçla, Mayıs–2006 tarihinde çekimi yapılmış, 15 metre çözünürlüklü ASTER uydu görüntüsü alınması planlanmış ancak, çekim günü araştırma yöresinin bulutlu olması

nedeniyle vazgeçilmiş, yerine yine Mayıs ayı içerisinde çekimi yapılmış, 20m çözünürlükte SPOT -2 uydu görüntüsü, O.A.S.I.S. tarafından bilimsel destek çerçevesinde sağlanmıştır (Çizelge 6.3).

Çizelge 6.3. Araştırmada kullanılan SPOT uydusuna ait temel özellikler

Tarih	GRS referans K/J)	Algılayıcı	Yersel Çözünürlük
14/05/2006	098/272	HRV / HRG	20 m

Araştırmada kullanılan altlık harita, 1/5.000 ölçekli kadastral paftalar üzerinden yol, yerleşim alanı, kanal ve akarsular sayısallaştırılarak üretilmiştir. Bu amaçla Coğrafi Bilgi Sistemi özellikli Geomedia 5.0 yazılımı kullanılmıştır. SAR görüntülerinin gerisaçılım (sigmanouhgt ve betanought) analizlerinin yapılabilmesi ve optik görüntüler ile SAR görüntülerinin birleştirilerek tek bir görüntü haline dönüştürülebilmesi (FUSE) için PCI yazılımı kullanılmıştır.

Yöreyle ait toprak haritası, Mülga Topraksu ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlükleri tarafından yapılmıştır. 1/25.000 ölçekli bu haritalar bir A0 tarayıcı kullanılarak bilgisayar ortamına girilmiş ve yine 1/25.000 ölçekli standart topoğrafik haritalar yardımıyla bilgisayar ortamında geo-rektifiye edilmiştir. Bir CBS özellikli yazılım (Geomedia, Intergraph) kullanılarak sayısallaştırılmış ve detaylı toprak özellikleri toprak grubu poligonlarına öznitelik bilgileri olarak girilmiştir. Sayısallaştırılan bu harita, revize edildikten sonra temel toprak haritası olarak çalışmada işlerle birlikte kullanılmıştır.

SAR uydu görüntülerinde gerisaçılım değerleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin incelenebilmesi için her görüntü alım döneminde (7 kez) arazi çalışması yapılmış ve her dönem test noktalarına ulaşılarak toprak nemi ölçülmüş ve temel toprak özelliklerinin belirlenebilmesi için toprak örnekleri alınmıştır. Toprak nemi ölçümleri, doğrudan SAR görüntülerinin kullanılacağı dönemlerde, doğrudan toprak gerisaçılımının dikkate alınabilmesi için üzerinde bitki örtüsü olmayan tarlalar test noktası olarak seçilmiştir. Görüntü birleştirme işlemi uygulanarak üretilen yeni görüntü yardımıyla toprak neminin belirlenmesi çalışmalarında ise bitki örtüsünün nem gözlemlenmesini etkileme düzeyinin belirlenebilmesi için boş tarlalar ile birlikte üzerinde buğday bitkisi olan arazilerde test noktası olarak seçilmişlerdir. Örnekleme noktalarının uydu görüntüsü ve altlık haritaya girilebilmesi için gerekli olan koordinat bilgileri Magellan-Meridian-Color model el GPS cihazı ile belirlenmiştir.

Toprakların nem ölçümleri çalışmanın en önemli aşamalarından birini oluşturmuştur. Bu nedenle en doğru nem ölçümünün yapılabilmesi için iki farklı yöntem birlikte kullanılmıştır. Bu yöntemlerden birisi olan gravimetrik yöntem ile nem ölçümleri için 100cm³ lük metal silindirler kullanılmıştır.

Nem ölçümü için kullanılan diğer bir yöntemde ise, doğrudan rölatif nem değerinin belirlenebilmesidir. Bu amaçla FieldScout TDR 300 model elektronik nem ölçme cihazı kullanılmıştır. Ancak, bu cihazın çalışma alanı batı bölümünü oluşturan delta bölgesinde yer alan çok tuzlu toprakların nem ölçümünde önemli düzeylerde sapmalar göstermesi,

kalibrasyon vb. çalışmalara rağmen hata payının düşürülememesi sonuç değerlendirmelerimizde sadece gravimetrik ölçüm sonuçlarını dikkate almamıza neden olmuştur.

Uydu görüntülerinin işlenmesinde, Microstation (Bentley) ve Image Analyst-Intergraph (1997) yazılımları kullanılmıştır. Ayrıca, bu amaçla E.Ü. Ziraat Fakültesi Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemi Laboratuvarı yazılım ve donanım olanakları kullanılmıştır.

Toprak örneklerinin analizlerinde ise yine E.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Kimyasal laboratuvarlarındaki cihaz ve malzemelerden yararlanılmıştır.

6.2. Yöntem

Bu çalışmada, yüzeyinde bitki örtüsü olan ya da bitki örtüsü bulunmayan çıplak toprakların karakteristik özelliklerinin SAR uydu görüntüleri ile gözlelenebilirliği araştırılmıştır. Yüzeyi bitki örtüsü ile örtülü koşullarda, doğrudan toprağın görülemediği optik uydu görüntülerinde, toprak neminin belirlenmesinde bitki örtüsü önemli bir engel oluşturmaktadır. Bu nedenle, ince dokulu bitki örtüsüne penetre olabilen, yaklaşık 5cm dalga boyu aralıklı (C band), mikrodalga boyundaki enerjinin gerisaçılımlarını içeren SAR uydu görüntüleri ile toprak neminin belirlenebilmesi denenmiştir. Ayrıca toprak neminin doğrudan SAR uydu görüntülerinden yararlanılarak belirlenmesinin yanı sıra, bir optik uydu görüntüsü olan SPOT uydusuna ait görüntü ile birleştirme işlemi uygulanarak toprak neminin gözlemlenebilme özelliği

incelenmiştir. SPOT uydu görüntüleri, tarlalar üzerindeki bitki örtüsü çeşidi ve yoğunluğunun belirlenmesi için de yardımcı veri olarak kullanılmıştır.

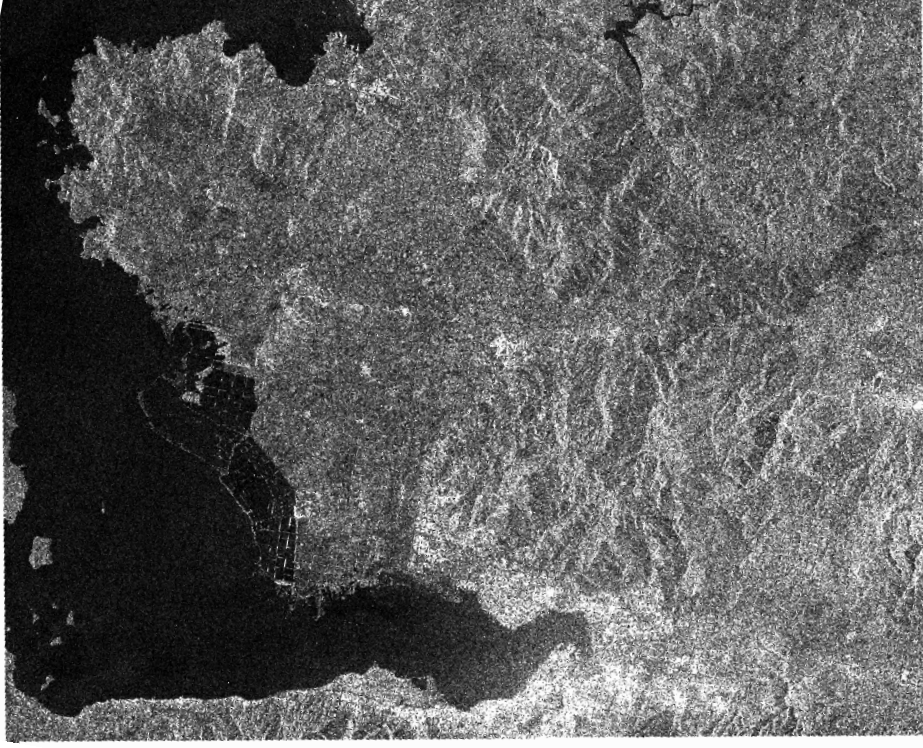
Araştırmada kullanılan ve 7 ayrı zaman dilimine ait olan SAR uydu görüntülerinin çekim tarihleri ile uyumlu olacak şekilde arazi çalışmaları gerçekleştirilmiş ve test noktaları belirlenerek, toprak nemi ve diğer toprak özelliklerinin belirlenebilmesi için toprak örnekleri alınmıştır.

Bu araştırmanın tamamlanması sürecinde, görüntü işleme, arazi çalışmaları ve toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizinin yapılmasını içeren aşamalar gerçekleştirilmiştir.

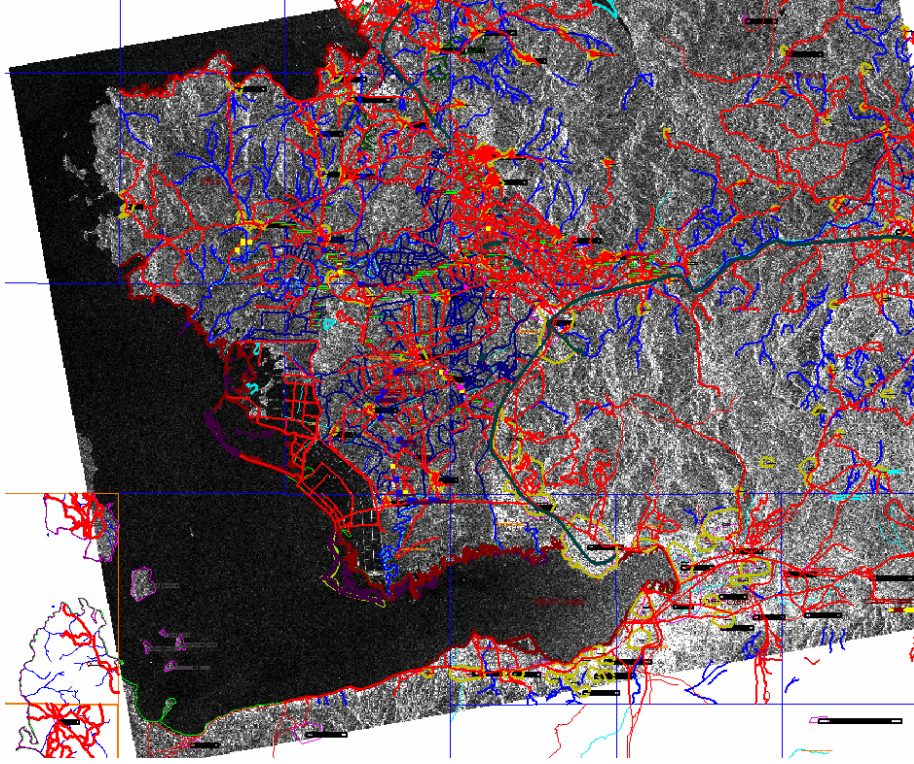
Araştırmanın yapılması sürecinde gerçekleştirilen aşamalar ve kullanılan yöntemler aşağıda verilmektedir.

6.2.1. Görüntülerin Ön İşleme Hazırlıkları

Sayısal altlık haritanın oluşturulması, görüntü işleme aşamasının ilk bölümünü oluşturmaktadır. Uydu görüntülerinin geo-rektifikasyonlarında ve arazi çalışmalarında işlerlikle kullanılan altlık harita 1/5.000 ölçekli kadastral paftalar üzerindeki yol, yerleşim alanı, kanal, ırmak vb. öğelerin sayısallaştırılması ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 1/5.000 ölçekli paftalar A0 tarayıcı yardımı ile taranmış ve sonra bilgisayar ortamında “raster registration” yöntemi ile koordinatlandırılarak araştırma alanı mozaigi oluşturulmuştur. Bu mozaik üzerinden, ekran sayısallaştırılması yöntemi ile ve Coğrafi Bilgi Sistemi kurallarına göre sayısallaştırma tamamlanmıştır (Şekil 6.1).



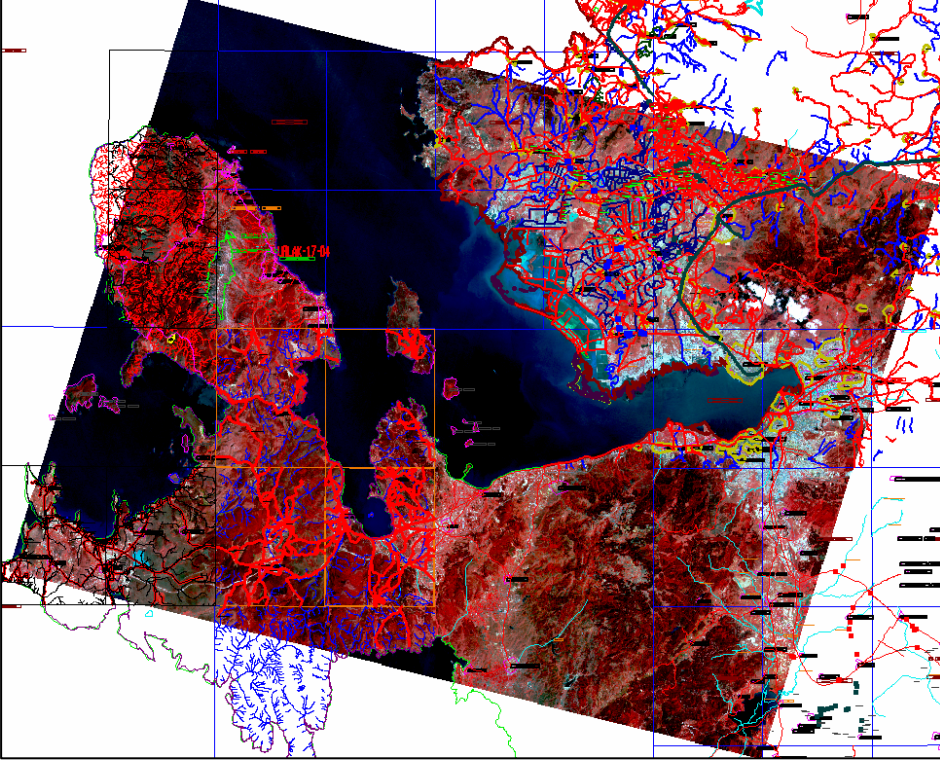
Şekil 6.2. Georektifikasyon öncesi RADARSAT-1 görüntüsü



Şekil 6.3. RADARSAT-1 görüntüsünün “Image to map” yöntemiyle rektifikasyonu



Şekil 6.4. Geo-rektifikasyon ve filtreleme sonrası RADARSAT-1 görüntüsü



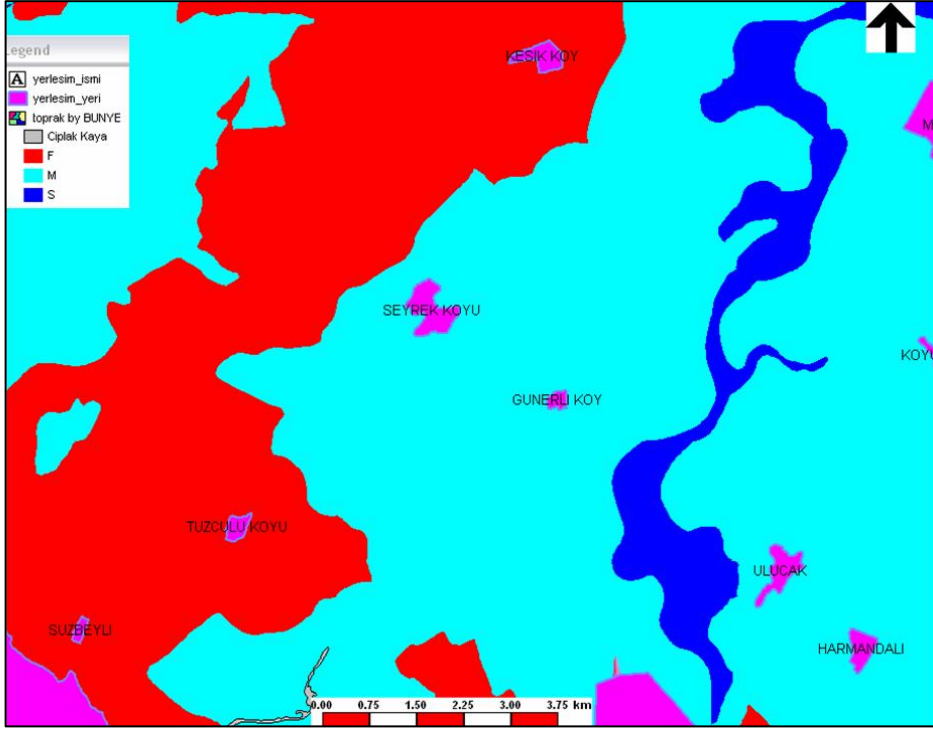
Şekil. 6.6. Rektifikasyon (yataylama) yapıldıktan sonra çalışma alanı SPOT görüntüsü

6.2.2. Arazi Çalışmaları ve Toprak Haritasının Revizyonu

Arazi çalışmaları, araştırma yöresi toprak haritasının revize edilmesi ve toprakların tanımlanmasında kullanılan toprak nemi ile toprak bünyesi, organik madde içeriği, kireç içeriği, tuz içeriği, organik madde miktarı ve toprak tepkimesi gibi özelliklerinin belirlenebilmesi olmak üzere iki ayrı amaç için yapılmıştır.

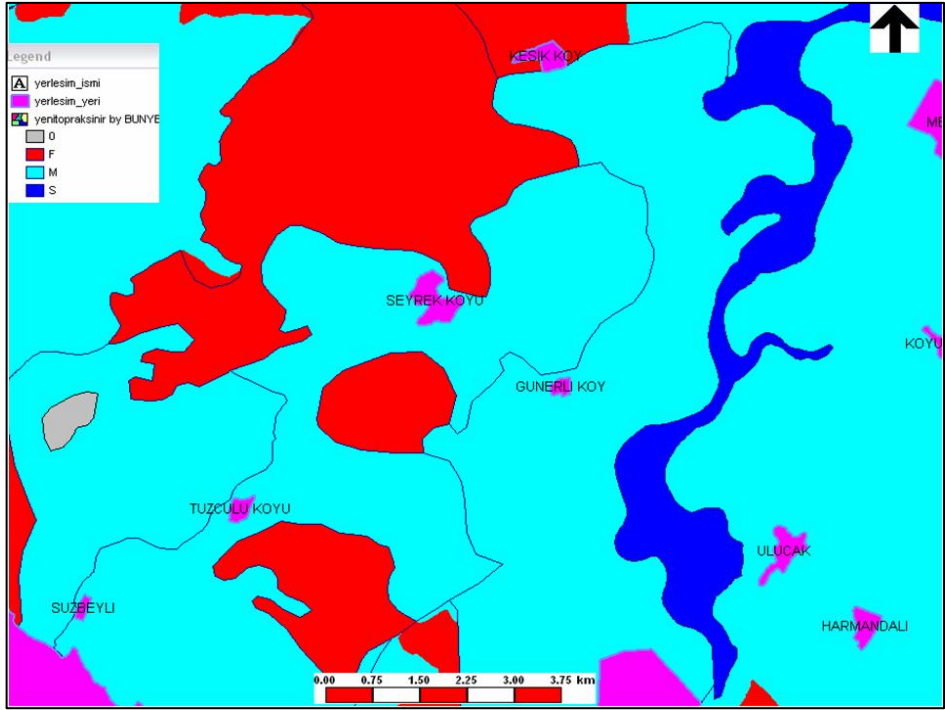
Araştırma yöresi olarak seçilen Menemen Ovası İzmir ilinin kuzey bölümünde yer almaktadır. Menemen Ovası içerisinde, ağır bünyeli depresyon rölyefli araziler, Gediz ırmağı sağ ve sol sahilindeki kaba bünyeli ırmak doğal seddeleri (levee) ve orta bünyeli taşkın düzlükleri yer almaktadır. Toprak bünyesi ve mikro rölyef farklılıklarına bağlı olarak ova içerisinde yer alan toprakların nem düzeyleri ve diğer özellikleri de değişkenlikler göstermektedir. Ayrıca, ovanın delta bölgesinde taban suyu ve farklı derecelerde tuzluluk- alkalik mevcuttur. Araştırma yöresine ait Toprak Su ve Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan 1/25.000 ölçekli toprak haritasında, küçük yüz ölçümlü toprak grupları ve bu gruplara ait toprak bünyesindeki değişiklikler belirtilememiştir (Şekil 6.7).

Mikrodalga boyundaki enerjinin yansıtılması veya soğurulması ile yakından ilişkili olan bazı toprak özelliklerinin toprak haritasında detaylı olarak gösterilebilmesi için, toprak haritası revize edilmiştir. Bu amaçla, araştırmanın başlangıcında 400 adet noktadan örnek alınmış ve E.Ü.Z.F Toprak Bölümü laboratuvarında analiz edilmiştir. Örnek alınacak noktaların belirlenmesinde, toprağın en çıplak olduğu Mayıs ayına ait SPOT görüntüsü kullanılmıştır. Doğal nem farklılıklarına bağlı olarak, toprak yansımalarındaki renk tonu farklılıklarının toprak bünyesi ve diğer toprak özellikleri ile de ilişkili olabileceği dikkate alınarak test noktaları yerleri işaretlenmiş ve örneklemeler yapılmıştır. Rutin olarak yapılan toprak analiz sonuçlarına göre mevcut toprak gruplarının sınırlarında değişiklikler yapılmıştır. Bu çalışmaların sonucunda CBS kurallarına göre sayısal bir revize toprak haritası üretilmiştir (Şekil 6.8, Şekil 6.9).

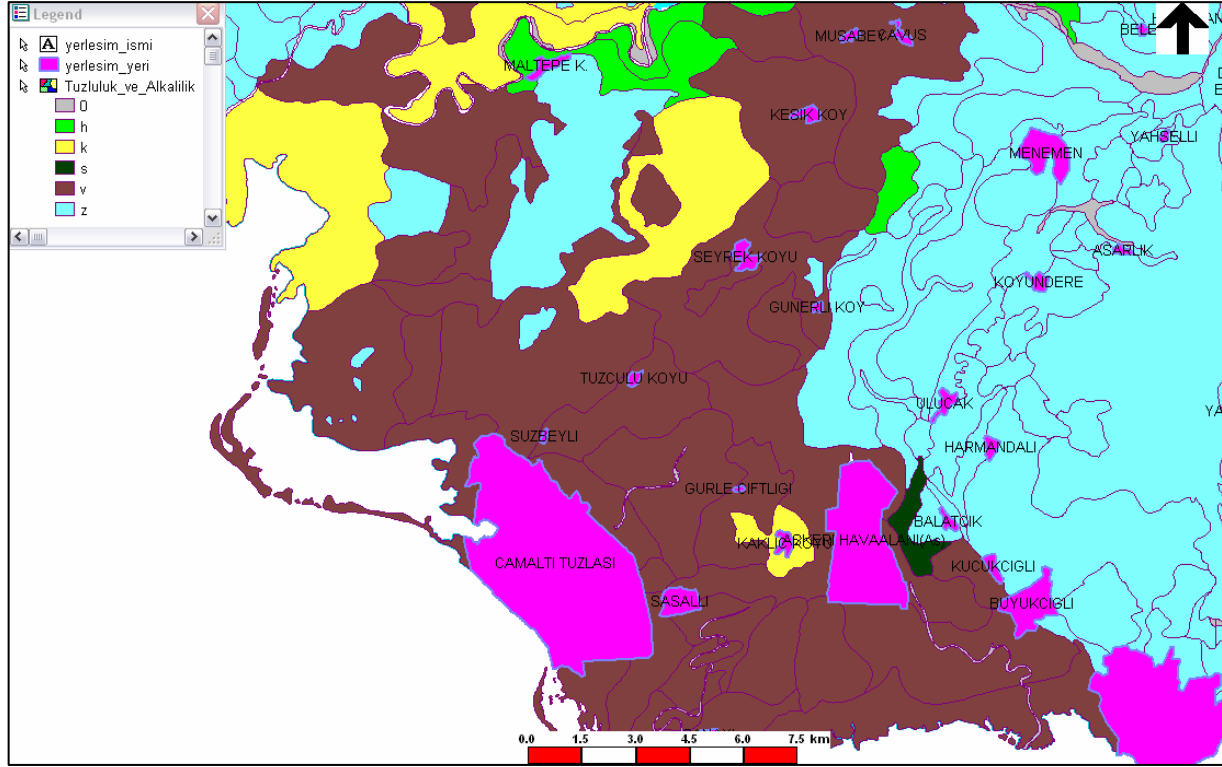


Şekil 6.7. Çalışma alanı ait revize edilmemiş toprak haritasından üretilmiş toprak bünyesi tematik harita örneği (Köy Hizmetleri Gn Md. 1984).

(Lejant açıklaması; F: ince bünye, M:orta bünye, S: kaba bünye)



Şekil 6.8. Çalışma alanına ait revize edilmiş toprak bünyesi tematik harita örneği
(Lejant açıklaması; F: ince bünye, M:orta bünye, S: kaba bünye)



Şekil 6.9. Çalışma alanı arazileri tuzluluk–alkalilik tematik haritası
(Lejant açıklaması; h:hafif tuzlu, k:hafif tuzlu-alkali, s:tuzlu, v:tuzlu-alkali, z: iz miktarda)

Araştırma süresince, toprak nem düzeyleri ile toprak bünyesi, organik madde miktarı, kireç içeriği, tuz içeriği ve toprak tepkimesi gibi toprak özellikleri ile SAR görüntülerinin gerisaçılım değerleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla arazi çalışmaları yapılmıştır. Araştırmada 7 ayrı zamanda çekilmiş SAR uydu görüntüsünün çekim zamanına uyumlu olacak şekilde yapılan arazi çalışmaları ile gravimetrik yöntem gereği, metal silindirler kullanılarak nem ölçümleri yapılmıştır. Spot görüntüsü, bitki örtüsünün bulunmadığı tarlalarda toprağın değişen nemli bölgelerinin belirlenmesi ve toprak haritası revizyonunda yardımcı veri olarak kullanılmıştır. Ayrıca, test noktalarındaki bitki örtüsü varlığı, SPOT görüntüsü kullanılarak yerinde belirlenmiştir.

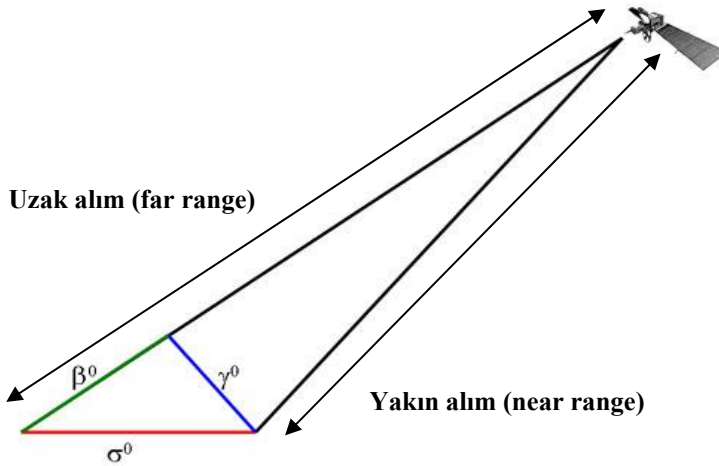
6.2.3.SAR Görüntülerinde Geri Saçılım Analizleri ve Yorumlanması

Araştırmada kullanılmak üzere alımları yapılan uydu görüntüleri, araştırma süresince çekimlerini takip eden günlerde elimize ulaşmış ve önceden oluşturulan altlık harita ile geo-rektifikasyonları yapılmıştır. Her dönem için gerçekleştirilen arazi gözlem noktalarına ait koordinat bilgileri, o döneme ait görüntüler üzerine girilerek, gerisaçılım (backscatter) değerleri belirlenmiştir. Test noktalarının gerisaçılım değerleri, sigmanought ve betanought dönüşümleri yapıldıktan sonra belirlenmiştir. Bu amaçla test noktasına isabet eden merkez piksel ve çevresindeki toplam 9 adet pikselin ortalama değeri gerisaçılım değeri olarak kabul edilmiştir. Bu işlemin yapılması için PCI-Geomatics yazılımı kullanılmıştır. Toprak suyunun dielektirk katsayısı mikrodalga enerjinin yansımısını etkileyen en önemli etmenlerden biri olduğu yapılan araştırmalar sonucunda belirlenmiştir. Wang (1980), radar

gerisaçılım katsayısı (sigmanought ve betanought) ile su ve toprağın dielektrik katsayısıyla, dolasıyla toprak nemiyle, arasında çok kuvvetli bir ilişki olduğunu saptamıştır. Ayrıca, radar gerisaçılım katsayısı (sigmanought ve betanought) toprak nemiyle çok kuvvetli bir ilişkisi olmasının yanında aynı zamanda toprağın bünyesine karşı da duyarlı olduğunu belirtmiştir.

Sigmanought ve Betanought dönüşüm uygulamaları

Radar yansıması gerisaçılım şeklinde olup, lokal geliş açısına bağlı olan sigmanought (σ°), gammanought (γ°) ya da betanought (β°) değerleri ile ifade edilir (Şekil 6.10). Şekil 6.10’da farklı şekillerde iz düşürülerek ifade edilen kalibre edilmiş gerisaçılım değerleri görülmektedir. Kalibrasyon uzmanları eşit aralıklarla dağılmış değerler ile ilgilendikleri için gammanought değerlerini kullanırken sistem tasarımcıları genellikle algılanan yüzeyden bağımsız olan betanought değerlerini kullanmaktadır.



Şekil 6.10. Radar gerisaçılım değerinin izdüşüm değerleri

“Betanought” değeri, antenden gönderilen sinyalin gücü ile antene dönen sinyalin gücü arasındaki orandır. Bir başka deyişle, betanought değeri eğik alım durumundaki gerisaçılım miktarıdır. Bu değerler geometrik olarak yer yüzeyinin gerçek durumuna henüz iz düşürülmemiş değerlerdir. Sigmanought değeri antene dönen sinyalin eğik alım değerinden yatay alım değerine indirgenmiş şeklindedir. Gammanought değeri ise anteni kalibre etmek için kullanılan gerisaçılım değeridir. Şekil 6.10’da da görüleceği gibi, algılanan hücrenin yakın ve uzak alım mesafeleri birbirine eşittir, yani eşit saçılma miktarına sahiptir, bu da anten yüzeyini belirlemek için çok uygundur.

“Sigmanought” değeri, ortalama gerisaçılım (backscatter) değerinin alım açısına oranlanması ile elde edilir. Bu değer objenin ortalama yansımalarının düz bir birim yüzeydeki yansıma değerine göre normalleştirilmesidir. Sigmanought değeri aynı zamanda saçılma katsayısı olarak da ifade edilmektedir. Sigmanought (σ°) değerinin büyüklüğü hedefin/objenin fiziksel ve elektriksel özelliklerine, SAR sisteminin dalga boyu ve polarizasyonuna ve de alım açısına bağlıdır. Alım açısı ise her noktadan yüzeyin lokal eğimine bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

$$\beta^\circ = 10 \log_{10}[(DN2 + A3)/A2] \quad (6.1)$$

$$\sigma^\circ = \beta^\circ + 10 \log_{10}(\sin I) \quad (6.2)$$

Eşitlik 6.1.’de, “DN”, SAR görüntülerinin her bir pikseline ait sayısal değerdir. “A3”; radyometrik kayıttan olan öteleme ve “A2” ise

görüntünün ekrandaki (Look Up Table = LUT) değeridir. Enterpolasyonu lineer olarak yapılmıştır. Eşitlik 6.2.'deki " I " değeri de lokal alım açısıdır (Shepherd, 1998). β° değerinin σ° değerine dönüştürülmesindeki ortalama hata 0.4 dB ve radyometrik belirsizlik ise yaklaşık 1 dB' dir (Canadian Space Agency, 1999a; 1999b).

Her görüntü dönemi için sigmanought ve betanought dönüşümleri yapılan SAR görüntülerinin gerisaçılım değerlerinin istatistiksel analizleri yapılarak, gerisaçılım değerleri ile topraktaki nem miktarı, kum, mil, kil içerikleri, tuzluluk değerleri, organik madde içeriği, kireç içeriği ve toprak tepkimesi arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Bu amaçla, verilerin yorumlanabilmesi için korelasyon analizleri ile birlikte, ortalama, standart sapma, kip, varyans, basıklık, çarpıklık, aralık, en büyük, en küçük değerleri içeren tanımlayıcı istatistik bilgilerini içeren tablolar hazırlanmıştır.

6.2.4.Optik-SAR Görüntü Birleştirme (Image Fusion) Uygulaması

Uydular elektromanyetik tayfin farklı aralıklarında farklı zaman, mekân ve spektral çözünürlüklere sahip görüntüler sağlamaktadır. Farklı kaynaklardan elde edilen bu görüntülerden daha çok bilgi sağlayabilmek amacı ile analog ve dijital görüntü birleştirme teknikleri geliştirilmektedir. Uydulardan farklı zamanlarda, farklı çözünürlüklerde ve farklı frekanslarda elde edilen sayısal verilerin birleştirilerek yeni görüntü üretilmesi, uzaktan algılama tekniği kullanılarak obje belirlenmesi konusunda önemli bir araç haline gelmiştir.

Optik görüntü alan uydular yardımı ile arazi örtüsünün belirlenmesi mümkün olmakla birlikte bitki örtüsü altındaki zemin hakkındaki bilgilere doğrudan ulaşmak mümkün değildir. Ancak yorumlamalar yapılarak toprak ya da jeolojik yapı hakkında bilgiler üretilebilmektedir. Radar görüntülerinin biyofiziksel ve jeofiziksel parametrelerinin arazi örtüsünün belirlenmesindeki güçlükleri azaltacağı bilinmektedir. Görüntü birleştirme teknikleri ile farklı karakterdeki görüntülerin birleştirilmesi sonucunda daha gelişmiş görüntü üretilebilmektedir. Görüntülerin birbirinden farklı zamansal, mekânsal ve spektral çözünürlüklere sahip olması, gözlemlenen obje hakkında birbirini bütünleyen bilgilerin biraya gelmesine neden olmaktadır.

Görüntü birleştirme birbirinden farklı iki yada daha fazla görüntünün belirli bir algoritma kullanarak birleştirilmesi şeklinde tanımlanmıştır (Genderen vd.,1994).

Görüntü birleştirmenin amacı birbirinden farklı uydu verilerini tek bir görüntü içerisinde toplayarak her bir görüntüden tek başına alınabilecek bilgilerin hepsini bir araya getirebilmektir. Buna en iyi örnek görünür bölge ve kızılötesi enerjiye duyarlı optik uydulardan alınmış görüntülerle, aktif bir sistem olan SAR uydularından alınmış görüntülerin birleştirilmesidir. Görünür bölgede toplanmış görüntüler objenin güneş ışığını yansıtması sonucu algılanırken, radar görüntüleri objenin karakteristiğine dayalı olarak gelen sinyalin gerisaçılımını kaydeder. Bu iki farklı verinin birleştirilmesi ise gözlemlenen objenin, daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır.

Herhangi bir görüntü birleştirme tekniğini uygulamadan önce dikkate alınması gereken parametreler şunlardır;

- Kullanıcının amacı/yapacağı uygulama,
- Seçilen veri ya da görüntünün yapılacak uygulamaya uygunluğu,
- Bu verilerin birleştirilmesi için uygulanması gereken en iyi görüntü birleştirme tekniğinin seçimi,
- Gerekli olan ön-görüntü işleme adımlarının belirlenmesi.

Burada en önemli aşama görüntü birleştirme işleminin amacının iyi belirlenmesidir. Buna bağlı olarak, seçilecek görüntülerin hangi spektral aralıkta ve ne kadar mekânsal çözünürlüğe sahip olması gerektiğine karar verilir. Hangi algılayıcının seçileceği ise algılayıcının yörünge, platform optik ve radar uydularının görüntüleme geometrisi gibi karakteristiklerine bağlı olarak belirlenir (Pohl vd., 1993).

Bir sonraki adım ise uygun bir birleştirme modelinin seçilmesidir. Ön görüntü işleme adımları, seçilecek birleştirme modeline göre değişmektedir. Örneğin piksele dayalı görüntü birleştirme teknikleri için en önemli adım yataylamadır. Seçilecek tekniğin belirlenmesi, kullanılacak değerlendirme kriterlerine bağlıdır ve bu teknik genellikle deneme yoluyla anlaşılabilir.

Ayrıca, yapılacak uygulamaya bağlı olarak, hangi mevsim ve hava koşullarında alınan görüntülerin birleştirilmesinin daha iyi sonuç vereceği belirlenir. Doğal olarak gözlemlenen alan için, aynı mevsim ve

hava koşullarında alınmış uydu görüntüleri daha uygundur. Arazi kullanım şekli ve arazi örtüsünün yanı sıra özellikle arazinin topografik yapısı da görüntü birleştirme yöntemlerinin sonuçları üzerinde çok etkili olmaktadır. Görüntü birleştirme tekniğinden tam olarak yararlanabilmek için uygun yorumlama metotlarının seçilmesi dikkate alınması gereken diğer bir önemli bir konudur. Örneğin VIR ve SAR gibi birbirinden çok farklı özelliklere sahip görüntüler birleştirildiğinde elde edilen gri değerler artık arazinin fiziksel özelliklerini ifade etmeyebilirler (Pohl 1996, Polidori vd., 1996).

Görüntü birleştirme işlemi, piksel, nesne ve karar aşaması olmak üzere 3 ayrı aşama da gerçekleştirilir.

Piksel aşaması; görüntü birleştirme tekniğinin en alt seviyesidir, ölçülen fiziksel parametreleri birleştirir. Raster veri kullanılır ve kullanılan raster verilerin en azından birbiri üzerine çakıştırılması (co-registere) gerekmektedir. Fakat çoğunlukla coğrafi olarak kodlandırılmış (geocode) veriler ile çalışmak tercih edilir. Çünkü farklı uydulardan alınmış görüntülerin yanlış çakıştırılması görüntü birleştirilme işlemi sonucunda doğal olmayan renk ya da özelliklerin oluşmasına neden olabilir. Bu durum yanlış yorumların yapılmasına sebep olacağından coğrafi kodlama işlemi görüntü birleştirme işleminin en önemli işlem adımı olarak kabul edilir. Piksel aşamasındaki görüntü birleştirme işlemi, görüntülerin aynı piksel büyüklüğünde yeniden örneklenmesini işlemi içermektedir. Çakıştırma yerine coğrafi kodlama işlemi yapılıyorsa görüntülerin yine aynı piksel büyüklüğü ve aynı projeksiyon sisteminde yeniden örneklenmesi gerektirmektedir (Cheng vd. 1995, Toutin1994).

Nesne aşaması; tanımlanan objelerin segmentasyon gibi görüntü işleme adımları kullanılarak farklı veri kaynaklarından çıkartılması işlemini içermektedir. Burada nesne (future) her bir görüntüden şekil, uzunluk ve komşuluk ilişkisi şeklinde bulundukları ortama bağlı olarak çıkartılmış karakteristikler anlamına gelmektedir (Mangoloni 1994). Farklı görüntülerden elde edilmiş benzer karakteristikler (örneğin alanlar) birbiri ile karşılaştırarak birleştirme işlemi yapılır. Bu işlem yapılırken istatistiksel yaklaşımlar ya da yapay sinir ağları (Artificial Neural Networks) yaklaşımları kullanılır.

Karar aşaması: Karar veya yorumlama aşaması olarak bilinen bu bölümde her bir görüntü birleştirilmeden önce ayrı ayrı işlenmektedir. Bundan sonra elde edilen bilgiler karar verme kurallarına göre aynı olan sonuçları desteklemek ya da farklılıkları çözerek yeniden oluşturulmak üzere birleştirilmektedir (Shen, 1990).

Uzaktan algılama verilerinin sistematik hataları giderildikten sonra radyometrik düzeltmeleri yapılır. SAR verileri ile çalışılırken benekli dokunun giderilmesi birçok uygulama için en temel işlemlerden bir tanesidir. Uygulamaya bağlı olarak benekli dokunun (speckle) giderilmesi farklı işlem aralıklarında gerçekleştirilebilir. Bu işlem “Yer Kontrol Noktaları”nın (YKN) iyi tanımlanabilmesi için “geocoding” aşamasından önce yapılmalıdır. Fakat yeniden örnekleme işleminin tekrarlanmaması için, filtreleme ve benekli dokunun giderilmesi işleminin, geocoding işlemi ile eş zamanlı yapılması da önerilmektedir. SAR görüntüleri ile çalışırken dikkat edilmesi önerilen diğer bir konu ise veri kaybı olmaması için radyometrik çözünürlüğünün 16 bitten 8 bite

dönüştürme işleminin benekli dokunun giderilmesi işleminden sonra yapılmasıdır (Knipp, 1993).

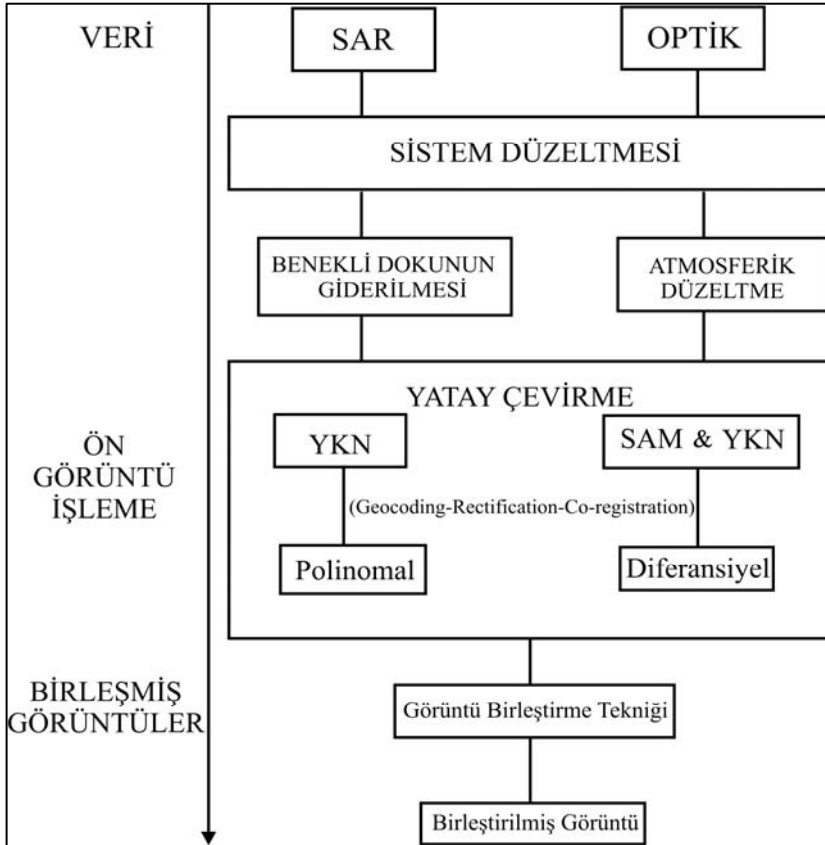
Optik veriler ise atmosferik etkilerden arındırılmalıdır bu nedenle atmosferik düzeltme ve gerek görüldüğünde radyometrik zenginleştirme işlemlerinin yapılması gerekmektedir.

Radyometrik düzeltmelerden sonra görüntüler geometrik olarak düzeltilmekte ve bazı durumlarda, rektifikasyon (yataylama) işlemi yapılan çalışmalarda ise yükseklik farklarına dikkat edilerek piksel piksel “co_registration” işleminin yapılması yeterli görülmektedir. Görüntünün geometrik olarak düzeltilmesi piksel tabanlı görüntü işleme tekniğinin en temel aşamasıdır.

Sonuç olarak veriler görüntü birleştirme tekniklerinden bir tanesi kullanılarak birleştirilir. Bazı durumlarda, özellikle görüntülerin farklı çözünürlüklerde olması durumunda, düşük çözünürlüklü görüntülerin yüksek çözünürlüklü görüntüye göre yeniden örneklenmesi sonucunda görüntü üzerinde küçük piksel kümeleri oluşabilir. Bu nedenle birleşmiş görüntüye bir filtre uygulanarak bu kümelerin belirginliği azaltılabilir (Chavez,1987). Bu işlemlerden sonra elde edilen sonuç görüntü, hedeflenen amaç için kullanılabilir.

Araştırmanın bu bölümünde Menemen Ovası tarım arazilerini içeren, 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 uydu görüntüsü ile 14 Mayıs 2006 tarihli SPOT-2 uydusu yakın kızılötesi (NIR) bandı kullanılmıştır. SAR görüntülerinin katkılarını incelemek için SPOT uydusu yakın kızılötesi bandı, RADARSAT-1 uydu görüntüsü ile birleştirilerek toprak nemi değerlendirilmiştir.

Araştırma yöresi SPOT uydu görüntüleri, 1/5.000 ölçekli kadastral haritalardan üretilmiş sayısal altlık kullanılarak geometrik olarak düzeltilmiştir. RADARSAT-1 görüntüsü ise SPOT-2 görüntüsü kullanılarak “koordinatlı görüntüye göre” (Image to Image) rektifikasyon işlemi uygulanarak geometrik olarak düzeltilmiştir. Görüntülerin birleştirme işlemi uygulamaları PCI-Geomatics yazılımının “FUSE” algoritmalarına göre gerçekleştirilmiştir. Görüntülerin birleştirilmesi için Şekil 6.11’de belirtilen iş akışı uygulanmıştır.



Şekil 6.11. Araştırmada uygulanan piksel tabanlı görüntü birleştirme (fusion) işlem akış diyagramı (Pohl, 1996)

Araştırma alanında, Mayıs ayında yer alan bitki örtüsü dağılım alanlarının belirlenebilmesi amacıyla; SPOT görüntüsü ile NDVI (Normalized Differentiation Vegetation Index), uygulaması yapılarak bitki örtüsü haritası üretilmiştir. Görüntü birleştirme çalışmaları sonucunda RADARSAT-1 ve SPOT-2 görüntülerinin karakteristiklerine bağlı olarak bitki örtüsü olan ve olmayan alanlarda toprak neminin gözlenebilirliği incelenmiştir.

Toprak nem haritası, birleştirme işlemi sonrasında üretilen haritanın piksel değerleri dikkate alınarak ve ‘density slicing’ yöntemi uygulanarak üretilmiştir. Density slicing yöntemi “0-255” arasında değişen yansıtım değerlerinin, arazi verileri dikkate alınarak gruplandırılması ve renklendirilmesi işlemidir. Bu uygulama ile çalışma alanı, su yüzeyleri ve 6 farklı nem düzeyi içeren topraklar olmak üzere 7 sınıf altında toplanmıştır.

Görüntü birleştirme uygulaması için gerçekleştirilen arazi çalışmaları, uyduların görüntüleme tarihine uyumlu olarak gerçekleştirilmiştir. Seçilen test noktalarından 80 adedinde toprağın üzerinde bitki örtüsünün olmadığı, yani yazlık ekim için hazır şekle getirildiği, 55 adedinde ise toprağın buğday ve arpa ile örtülü olduğu görülmüştür. Test noktası olarak, bitki örtüsü olan ve olmayan alanların seçilmesi, birleştirilmiş görüntünün toprak nemi izlenebilmesindeki performansının daha iyi değerlendirmesi amacını taşımaktadır.

6.2.5.Optik Görüntülerden NDVI Üretilmesi ve Bitki Dağılımının Belirlenmesi

SPOT-2 görüntüsünden normalize edilmiş bitki örtüsü indeksi (NDVI) üretilmiş ve arazi içerisindeki, bitki örtüsünün bulunduğu alanlar belirlenmiştir (Şekil 6.12). Test alanları belirlenirken, boş toprak ve üzerinde buğday bitki olan alanlar ayrı ayrı belirlenmiştir. Sadece SAR görüntülerinin geri saçılım değerleri ile nem miktarı arasındaki ilişkilerin incelenebilmesi için değişken faktörün nem olmasına özen gösterilmiştir. Bu nedenle toprak yüzeyinin çıplak olması ve aynı eğim düzeyinde olmasına özen gösterilmiştir. Ancak, birleştirilmiş görüntülerde nem etkisinin gözlemlenebilmesi için ise, boş arazilerin yanı sıra, buğday bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda da nem gözlemleri yapılmıştır. Bu amaçla üretilen NDVI haritasından yararlanılarak üzerinde bitki örtüsü olduğu belirlenen alanlar yerinde görülmüş ve sadece buğday bitki örtüsü olan alanlar, birleştirilmiş görüntü kullanımı için test alanı olarak seçilmiştir.

Yakın kızılötesindeki yansıtım kırmızı banttaki yansıtıma oranlanarak en basit bitki örtüsü indeksi elde edilir. Bundan dolayı bu yöntem Basit Oran veya Oransal Bitki Örtüsü İndeksi olarak adlandırılmaktadır. Basit Oran İndeksi, bitki örtüsündeki büyümeyi gösterir. Elde edilen Basit Oran İndeksi görüntüsünde, yüksek değerler (20'den fazla) yoğun bitki örtüsünü, 1 civarındaki düşük değerler ise toprak, buz veya suyun varlığını göstermektedir. Ancak elde edilen görüntü bölgenin topografyası hakkında bilgi vermez. Sadece spektral bilgiyi içermesinden dolayı sınıflandırma ile uniform spektral sınıflar

elde edilir (Akkartal ve diğ., 2005). NDVI üretimi için aşağıdaki eşitlik kullanılmaktadır;

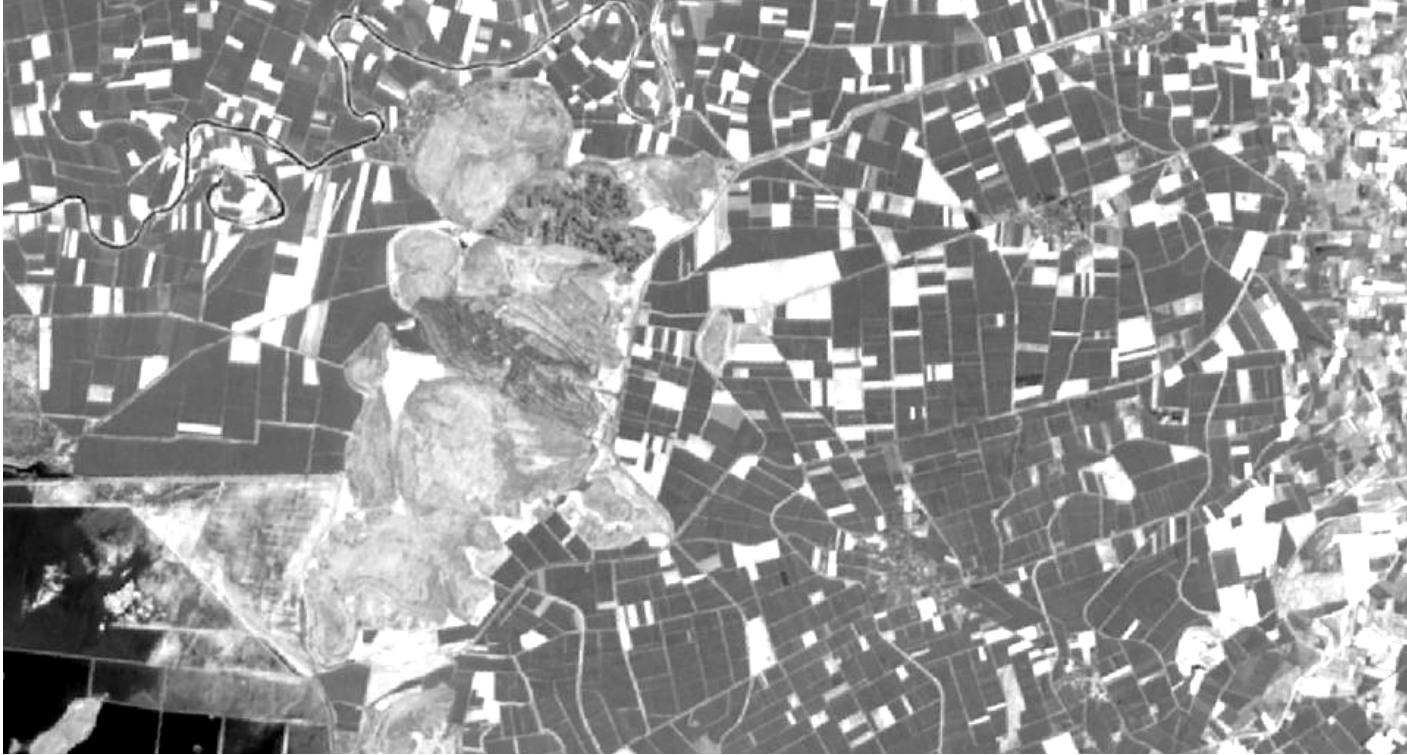
$$NDVI = \frac{NIR - VR}{NIR + VR}$$

Sonuçta, piksel değeri bitki örtüsünün bulunduğu alanın durumuna göre -1 ve +1 değerleri arasında değişim gösterir. Örneğin, eğer elde edilen değer 0,1 veya daha düşükse kayalık alana; 0,2 ile 0,3 arasında ise çayır veya meraya; 0,6 ile 0,8 arasında ise tropikal yağmur ormanlarına karşılık gelmektedir. Dönüştürülmüş Bitki Örtüsü İndeksi, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi'nin kareköküdür. İndeks, bir pikselde bulunan yeşil bitki örtüsü miktarıyla ilişkilidir (Senseman ve diğ. 1996).

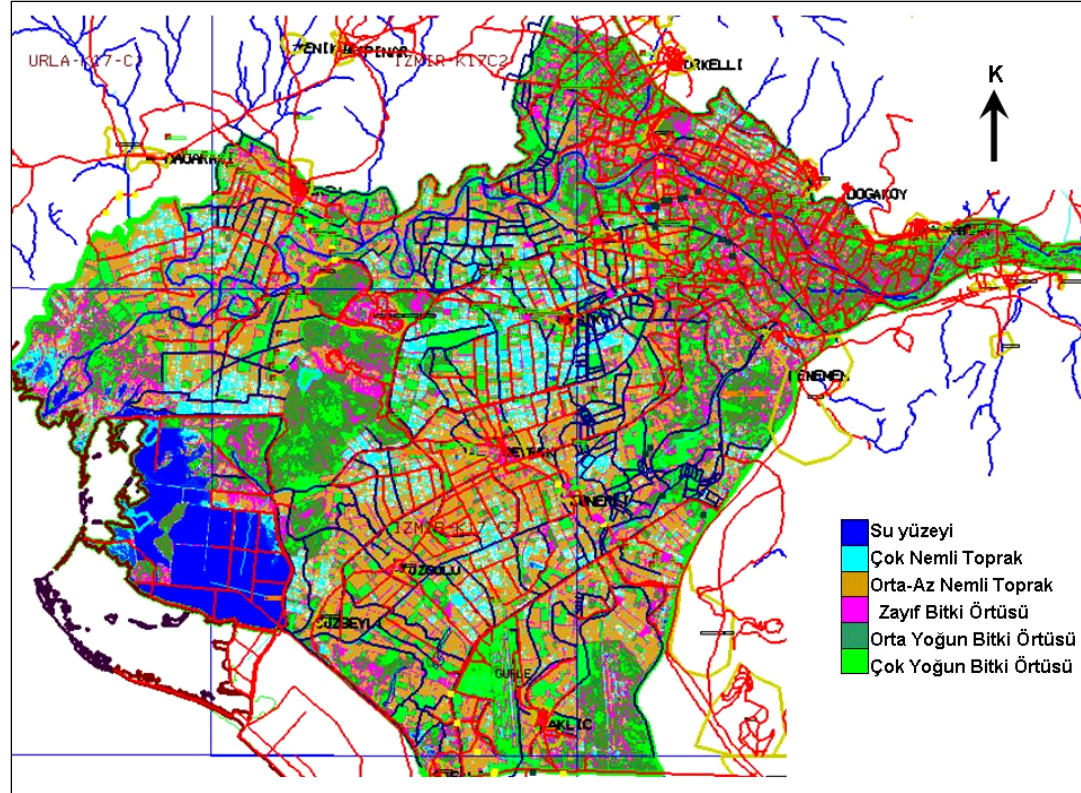
İlk üretilen harita gri renk tonlarından oluşmaktadır. Burada açık renkler bitki örtüsünün varlığını göstermektedir (Şekil 6.13). Proje alanı NDVI görüntüsü üretildikten sonra piksel değerlerine göre renklendirilmiş ve bitki örtüsü haritası oluşturulmuştur. Önceden oluşturulan altlık harita ile karşılaştırılan bu harita ile bitki örtüsü çeşidinin belirlenebilmesi için arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir (Şekil 6.14).



Şekil 6.12. Çalışma alanı renklendirilmiş NDVI haritası



Şekil 6.13. Çalışma alanı NDVI haritası
(Rengin açılması bitki örtüsünün yoğunlaştığını göstermektedir)



Şekil 6.14. Renklendirilmiş ve sayısal altlık ile çakıştırılmış NDVI haritası

6.2.6. Test Noktalarının Seçilmesi

Test noktalarının seçimi için, revize edilmiş toprak haritası, SPOT-2, görüntüsü ve NDVI haritası dikkate alınmıştır. Hem SAR görüntülerinin kullanılacağı, hem de birleştirilmiş görüntünün deneneceği çalışmalar için kullanılacak test noktaları, görüntü ve harita bilgileri dikkate alınarak farklı toprak özelliklerine sahip ve bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda dağılım göstermesi hedeflenmiştir. Her dönem için, toprak özellikleri ve nem değişimini izlemek için mümkün olduğu kadar aynı noktalardan örnekleme yapılmıştır. Ancak, yaz aylarının ilerleyen günlerinde sulama yapılmasına bağlı olarak, test noktalarının örnekleme zamanında henüz sulanmış olması veya ulaşımı engellenmiş olması nedeniyle nem ölçümü yapılamamıştır. Bu durumda, örneklenen noktaların adedini yüksek tutmak amacıyla, ölçüm yapılabilen toplam test noktası adedi, her dönem için yeni gözlem noktaları ilave edilerek arttırılmıştır.

6.2.7. Toprakta Nem Ölçüm Yöntemleri

Araştırmada toprak nem ölçümlerinin projenin başlangıcında TDR ile yapılması planlanmıştır. Ancak, Menemen Ovasının denize yakın bölgelerindeki topraklarda, artan tuzluluğa bağlı olarak nem değerlerinin gerçek nem değerlerinin üzerinde bir başka deyişle hatalı ölçümlendiği belirlenmiştir (Şekil 6.15).

Bu sorun, cihazın kalibrasyonu yapılarak giderilmeye çalışılsa da, yapılan ölçümler toprakların çok tuzlu olmasına bağlı olarak güven vermemiştir. Bu nedenle, toprak nem ölçümlerinde Gravimetrik yöntem kullanılmasına karar verilmiştir (Şekil 6.16).

Gravimetrik yöntem ile nem ölçümleri için toprak örnekleri 100 cm³ lük metal silindirler kullanılarak alınmıştır. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü Laboratuvarları'nda "gravimetrik" yöntemle toprakta nem belirlemeleri yapılmıştır (Black, 1965).

Toprak özelliklerinin belirlenmesi için ovanın her yerine homojen dağılacak şekilde 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 uydu görüntüsü için eşzamanlı olacak şekilde 56 noktada, 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR uydu görüntüsü için 130 noktada, 28 Mayıs 2006 tarihli uydu görüntüsü RADARSAT-1 için 93 noktada, 8 Haziran 2006 tarihli olan ENVISAT-ASAR uydu görüntüsü için 72 noktada, 11 Haziran 2006 tarihinde çekilmiş olan ENVISAT-ASAR uydu görüntüsü için 106 noktada, 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR uydu görüntüsü için 99 noktada ve son olarak 18 Ağustos 2006 tarihinde çekilmiş olan ENVISAT-ASAR uydu görüntüsü için 73 noktada arazi gözlemleri ile toprak örneği alma ve nem ölçme çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Alınan toprak örneklerinde yansıma değerleri ile korelasyonun yapılabilmesi için Hidrometre yöntemine göre toprak bünyesi analizleri (Bouyoucous, 1951) ve diğer toprak analizleri yapılmıştır.



Şekil 6.15. TDR cihazı ile toprakta relatif nem ölçümü



Şekil 6.16. Gravimetrik yöntem ile nem ölçümü yapılmasında kullanılan çelik silindirler ve otoklavda kurutulması

6.2.8. Toprak Örneklerine Uygulanan Analizler

Toprak örnekleri, araştırma yöresinin ve test alanlarının toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla alınmıştır (Şekil 6.17). Bu amaçla alınan toprak örneklerinin bünye, organik madde içeriği, kireç içeriği, tuz içeriği ve toprak tepkimesi (pH) analizleri yapılmış ve tanımlayıcı istatistiksel verileri hazırlanmıştır (Çizelge 6.4, Şekil 6.18).



Şekil 6.17. Çalışma alanı batı bölümü, tuzlu araziler ve yüzey toprağı örnekleme

Toprak Örneklerinin Alınması, Analize Hazırlanması ile Fiziksel ve Kimyasal Analizlerde Uygulanan Yöntemler

Araştırma alanında belirlenen test noktalarından 0–30 cm derinlikten alınan yaklaşık olarak 1.5–2 kg toprak örnekleri laboratuvar ortamında kurutulup hava kurusu haline getirildikten sonra 2 mm'lik eleklerden geçirildi ve analize hazır hale getirildi (Soil Survey Staff, 1951; Jackson, 1958).

Toprak bünyesi (tekstür) tayini; Toprakların %kum, %mil ve %kil nicelikleri hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1962) kullanılarak saptandı ve bu veriler bünye analiz üçgenine uyarlanarak toprak bünyesi belirlendi (Black, 1965).

Toprak tepkimesi (pH) tayini; Saf su ile doygun şekle getirilen örneklerde cam elektrotlu Beckman pH metresi kullanılarak belirlendi (Jackson, 1967).

Kireç tayini; birim toprak üzerine 1/3 lük HCl ilavesiyle açığa çıkan CO₂'nin ölçekli ve kapalı bir sistem olan Scheibler kalsimetresi kullanılarak CaCO₃'içeriği (%) olarak belirlendi (Schlichting ve Blume, 1966).

Suda çözünebilir toplam tuz tayini (%); Saf su ile doygun şekle getirilen toprak örnekleri Beckman geçirgenlik köprüsü aleti ile geçirgenlikleri ohm olarak bulunurken, direnç verileriyle doygun toprak ısısı (Fahrenheit) ve doygunluk (%)'a göre hazırlanmış çizelge kullanılarak saptandı (Soil Survey Staff, 1954).

Organik madde tayini; Toprak örneklerinin K₂Cr₂O₇ ve H₂SO₄ kullanılarak yaş yakma yöntemiyle belirlenen % organik karbon içeriğinin 1.724 sabit sayı ile çarpılarak % olarak bulundu (Black, 1965).

Çizelge 6.4.Test noktalarına ait toprak analiz sonuçları

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
1	Tınlı kum	3.81	Az Kireçli	7.37	Nötr	0.060	İz miktarda	0.75	Az
2	Milli tın	8.10	Kireçli	7.43	Hafif Alkali	0.060	İz miktarda	1.55	Az
3	Kumlu tın	7.79	Orta Kireçli	7.55	Hafif Alkali	0.058	İz miktarda	1.73	Az
4	Kumlu tın	10.12	Kireçli	7.40	Nötr	0.140	İz miktarda	1.22	Az
5	Killi tın	9.25	Kireçli	7.66	Hafif Alkali	0.115	İz miktarda	2.04	Az
6	Kumlu tın	8.46	Kireçli	7.26	Nötr	0.200	Az Tuzlu	2.51	Orta
7	Tınlı kum	5.77	Orta Kireçli	7.72	Hafif Alkali	0.075	İz miktarda	2.92	Yüksek
8	Kumlu tın	9.29	Kireçli	7.84	Hafif Alkali	0.128	İz miktarda	2.87	Orta
9	Kumlu tın	8.73	Kireçli	7.53	Hafif Alkali	0.310	Az Tuzlu	0.52	Çok Az
10	Tın	9.09	Kireçli	7.83	Hafif Alkali	0.440	Orta Tuzlu	1.73	Az
11	Kumlu tın	6.88	Orta Kireçli	7.70	Hafif Alkali	0.215	Az Tuzlu	1.71	Az
12	Kumlu tın	7.43	Orta Kireçli	7.57	Hafif Alkali	0.185	Az Tuzlu	1.73	Az
13	Tınlı kum	6.41	Orta Kireçli	7.76	Hafif Alkali	0.055	İz miktarda	0.91	Çok Az
14	Kumlu tın	8.03	Kireçli	7.49	Hafif Alkali	0.115	İz miktarda	2.66	Orta
15	Kumlu tın	7.99	Orta Kireçli	7.60	Hafif Alkali	0.440	Orta Tuzlu	1.84	Az
16	Killi tın	13.18	Kireçli	7.76	Hafif Alkali	0.118	İz miktarda	2.46	Az
17	Tın	11.79	Kireçli	7.66	Hafif Alkali	0.140	İz miktarda	2.25	Orta
18	Tın	9.74	Kireçli	7.70	Hafif Alkali	0.860	İz miktarda	3.44	Yüksek
19	Tın	10.25	Kireçli	7.57	Hafif Alkali	1.250	İz miktarda	1.89	Az
20	Tın	9.74	Kireçli	7.55	Hafif Alkali	1.440	İz miktarda	1.37	Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
21	Milli tın	10.84	Kireçli	7.77	Hafif Alkali	0.840	Tuzlu	2.25	Orta
22	Milli tın	9.26	Kireçli	8.12	Orta Alkali	0.115	İz miktarda	0.39	Çok Az
23	Milli tın	10.37	Kireçli	7.56	Hafif Alkali	0.650	Tuzlu	1.63	Az
24	Tın	8.07	Kireçli	7.42	Hafif Alkali	0.510	Orta Tuzlu	0.91	Çok Az
25	Tın	10.33	Kireçli	8.09	Orta Alkali	0.400	Orta Tuzlu	0.67	Çok Az
26	Milli tın	10.17	Kireçli	7.80	Hafif Alkali	0.069	İz miktarda	0.88	Çok Az
27	Tınlı kum	5.98	Orta Kireçli	7.84	Hafif Alkali	0.051	İz miktarda	0.36	Çok Az
28	Tınlı kum	6.25	Orta Kireçli	8.06	Orta Alkali	0.062	İz miktarda	0.83	Az
29	Tın	7.16	Orta Kireçli	7.73	Hafif Alkali	0.057	İz miktarda	0.98	Çok Az
30	Tın	9.97	Kireçli	7.61	Hafif Alkali	0.610	Orta Tuzlu	0.67	Çok Az
31	Kumlu tın	7.12	Orta Kireçli	7.65	Hafif Alkali	0.132	İz miktarda	0.36	Çok Az
32	Tın	8.67	Kireçli	7.86	Hafif Alkali	1.250	Tuzlu	1.09	Az
33	Tın	7.99	Orta Kireçli	7.61	Hafif Alkali	0.900	Tuzlu	1.50	Az
34	Kumlu tın	3.09	Az Kireçli	7.43	Hafif Alkali	0.200	Az Tuzlu	2.48	Orta
35	Milli tın	8.59	Kireçli	7.72	Hafif Alkali	0.370	Orta Tuzlu	1.03	Az
36	Tın	9.85	Kireçli	7.83	Hafif Alkali	0.080	İz miktarda	0.88	Çok Az
37	Milli tın	10.88	Kireçli	7.81	Hafif Alkali	0.078	İz miktarda	1.14	Az
38	Milli tın	11.64	Kireçli	7.86	Hafif Alkali	0.057	İz miktarda	0.91	Çok Az
39	Tın	9.42	Kireçli	7.89	Hafif Alkali	0.062	İz miktarda	1.29	Az
40	Tın	9.26	Kireçli	7.65	Hafif Alkali	0.610	Orta Tuzlu	1.55	Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
41	Tın	11.08	Kireçli	7.68	Hafif Alkali	0.110	İz miktarda	1.66	Az
42	Milli tın	11.60	Kireçli	7.79	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	1.29	Az
43	Tın	10.41	Kireçli	7.95	Orta Alkali	0.050	İz miktarda	1.09	Az
44	Tın	8.86	Kireçli	7.76	Hafif Alkali	0.130	İz miktarda	1.34	Az
45	Tın	8.23	Kireçli	7.60	Hafif Alkali	0.138	İz miktarda	0.83	Çok Az
46	Kil	12.78	Kireçli	7.80	Hafif Alkali	0.180	Az Tuzlu	0.67	Çok Az
47	Killi tın	12.39	Kireçli	7.80	Hafif Alkali	0.090	İz miktarda	1.45	Çok Az
48	Kil	12.15	Kireçli	7.73	Hafif Alkali	0.081	İz miktarda	1.81	Az
49	Kil	11.04	Kireçli	7.72	Hafif Alkali	0.110	İz miktarda	1.86	Az
50	Killi tın	12.31	Kireçli	7.74	Hafif Alkali	0.090	İz miktarda	1.19	Çok Az
51	Killi tın	12.66	Kireçli	7.61	Hafif Alkali	0.100	İz miktarda	1.50	Çok Az
52	Killi tın	11.79	Kireçli	7.80	Hafif Alkali	0.108	İz miktarda	1.66	Az
53	Tın	9.97	Kireçli	7.46	Hafif Alkali	0.100	İz miktarda	1.50	Az
54	Killi tın	10.41	Kireçli	7.62	Hafif Alkali	0.110	İz miktarda	1.27	Çok Az
55	Tın	9.18	Kireçli	7.71	Hafif Alkali	0.075	İz miktarda	0.72	Çok Az
56	Tın	9.93	Kireçli	7.62	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	1.29	Az
57	Tın	9.54	Kireçli	7.68	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	1.03	Az
58	Tın	8.39	Kireçli	7.63	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	1.03	Az
59	Tın	7.46	Orta Kireçli	7.55	Hafif Alkali	0.100	İz miktarda	0.83	Çok Az
60	Tın	8.67	Kireçli	7.70	Hafif Alkali	0.055	İz miktarda	1.47	Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
61	Kumlu tın	8.43	Kireçli	7.35	Nötr	0.145	İz miktarda	0.67	Çok Az
62	Kumlu killi tın	8.27	Kireçli	7.62	Hafif Alkali	0.071	İz miktarda	1.71	Az
63	Kumlu tın	7.56	Orta Kireçli	7.42	Hafif Alkali	0.082	İz miktarda	1.09	Az
64	Kumlu tın	7.64	Orta Kireçli	7.35	Nötr	0.083	İz miktarda	1.14	Az
65	Killi tın	10.80	Kireçli	7.57	Hafif Alkali	0.063	İz miktarda	1.76	Az
66	Kumlu tın	7.28	Orta Kireçli	7.43	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	1.37	Az
67	Kumlu tın	7.52	Orta Kireçli	7.60	Hafif Alkali	0.050	İz miktarda	0.93	Çok Az
68	Kumlu tın	7.64	Orta Kireçli	7.69	Hafif Alkali	0.050	İz miktarda	0.98	Çok Az
69	Kumlu tın	7.88	Orta Kireçli	7.87	Hafif Alkali	0.054	İz miktarda	1.03	Az
70	Kumlu tın	7.20	Orta Kireçli	7.40	Nötr	0.125	İz miktarda	0.41	Çok Az
71	Kumlu tın	6.25	Orta Kireçli	7.42	Hafif Alkali	0.490	Orta Tuzlu	0.67	Çok Az
72	Tınlı kum	7.84	Orta Kireçli	7.25	Nötr	1.200	Tuzlu	0.98	Çok Az
73	Kumlu	4.39	Orta Kireçli	7.72	Hafif Alkali	1.115	Tuzlu	0.31	Çok Az
74	Kumlu killi tın	7.92	Orta Kireçli	7.76	Hafif Alkali	1.115	Tuzlu	1.55	Az
75	Kumlu tın	7.04	Orta Kireçli	7.82	Hafif Alkali	>3	Tuzlu	0.93	Çok Az
76	Tın	7.92	Orta Kireçli	7.67	Hafif Alkali	>3	Tuzlu	1.50	Az
77	Kumlu tın	7.24	Orta Kireçli	7.44	Hafif Alkali	>3	Tuzlu	0.26	Çok Az
78	Kumlu tın	5.46	Orta Kireçli	7.97	Orta Alkali	>3	Tuzlu	1.45	Az
79	Milli tın	9.06	Kireçli	7.92	Orta Alkali	2.700	Tuzlu	1.60	Az
80	Kumlu tın	5.42	Orta Kireçli	8.38	Orta Alkali	0.045	İz miktarda	0.41	Çok Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
81	Milli tın	7.36	Orta Kireçli	7.84	Orta Alkali	0.055	İz miktarda	0.67	Çok Az
82	Tın	6.57	Orta Kireçli	8.46	Orta Alkali	>3	Tuzlu	2.07	Orta
83	Milli tın	7.84	Orta Kireçli	7.85	Hafif Alkali	1.440	Tuzlu	0.62	Çok Az
84	Kumlu tın	5.98	Orta Kireçli	7.93	Orta Alkali	2.000	Tuzlu	0.98	Çok Az
85	Tınlı kum	5.70	Orta Kireçli	8.03	Orta Alkali	0.140	İz miktarda	0.62	Az
86	Killi tın	11.36	Kireçli	8.07	Orta Alkali	0.088	İz miktarda	1.38	Çok Az
87	Tın	8.83	Kireçli	8.42	Orta Alkali	0.460	Orta Tuzlu	0.41	Çok Az
88	Tın	9.46	Kireçli	8.14	Orta Alkali	0.088	İz miktarda	3.21	Yüksek
89	Tın	8.35	Kireçli	7.86	Hafif Alkali	0.140	İz miktarda	0.78	Çok Az
90	Kumlu tın	2.06	Az Kireçli	6.59	Nötr	0.075	İz miktarda	2.53	Orta
91	Tın	10.61	Kireçli	7.44	Hafif Alkali	0.130	İz miktarda	0.98	Çok Az
92	Tın	10.93	Kireçli	7.68	Hafif Alkali	0.110	İz miktarda	1.40	Az
93	Kumlu tın	9.13	Kireçli	7.34	Nötr	0.105	İz miktarda	2.32	Orta
94	Tın	12.65	Kireçli	7.56	Hafif Alkali	0.105	İz miktarda	1.71	Az
95	Tın	8.86	Kireçli	7.55	Hafif Alkali	0.100	İz miktarda	0.70	Çok Az
96	Kumlu tın	6.34	Orta Kireçli	7.61	Hafif Alkali	0.043	İz miktarda	1.71	Az
97	Tın	7.58	Orta Kireçli	7.51	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	1.09	Az
98	Kumlu tın	5.66	Orta Kireçli	7.58	Hafif Alkali	0.048	İz miktarda	0.96	Çok Az
99	Tın	7.94	Orta Kireçli	7.48	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	0.67	Çok Az
100	Kumlu tın	6.02	Orta Kireçli	7.58	Hafif Alkali	0.048	İz miktarda	0.78	Çok Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
101	Kumlu tın	3.67	Az Kireçli	7.49	Hafif Alkali	0.255	Az Tuzlu	1.91	Az
102	Kumlu killi tın	2.11	Az Kireçli	6.51	Nötr	0.110	İz miktarda	1.76	Az
103	Kumlu tın	1.44	Az Kireçli	7.52	Hafif Alkali	0.135	İz miktarda	0.54	Çok Az
104	Kumlu tın	8.82	Kireçli	7.71	Hafif Alkali	0.225	Az Tuzlu	1.19	Az
105	Kumlu killi tın	1.48	Az Kireçli	7.41	Hafif Alkali	0.200	Az Tuzlu	1.84	Az
106	Kumlu tın	1.99	Az Kireçli	7.41	Hafif Alkali	0.208	Az Tuzlu	1.48	Az
107	Kumlu tın	1.36	Az Kireçli	7.53	Hafif Alkali	0.125	İz miktarda	1.50	Az
108	Kumlu killi tın	7.66	Orta Kireçli	7.67	Hafif Alkali	0.140	İz miktarda	0.98	Çok Az
109	Kumlu tın	9.33	Kireçli	7.69	Hafif Alkali	0.095	İz miktarda	1.14	Az
110	Kumlu tın	7.06	Orta Kireçli	7.67	Hafif Alkali	0.038	İz miktarda	0.71	Çok Az
111	Kumlu tın	8.50	Kireçli	7.79	Hafif Alkali	0.043	İz miktarda	0.83	Çok Az
112	Kumlu tın	5.82	Orta Kireçli	7.68	Hafif Alkali	0.041	İz miktarda	0.10	Çok Az
113	Tın	7.22	Orta Kireçli	7.69	Hafif Alkali	0.050	İz miktarda	0.43	Çok Az
114	Kumlu tın	9.02	Kireçli	7.72	Hafif Alkali	0.061	İz miktarda	1.68	Az
115	Tınlı kum	5.27	Orta Kireçli	7.70	Hafif Alkali	0.050	İz miktarda	0.57	Çok Az
116	Tın	3.79	Az Kireçli	7.80	Hafif Alkali	0.052	İz miktarda	0.62	Çok Az
117	Tın	6.74	Orta Kireçli	7.77	Hafif Alkali	0.031	İz miktarda	0.62	Çok Az
118	Tın	8.50	Kireçli	7.63	Hafif Alkali	0.088	İz miktarda	1.71	Az
119	Kil	12.33	Kireçli	7.68	Hafif Alkali	0.115	İz miktarda	1.76	Az
120	Kumlu killi tın	11.09	Kireçli	7.63	Hafif Alkali	0.092	İz miktarda	1.30	Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
121	Kil	12.53	Kireçli	7.61	Hafif Alkali	0.082	İz miktarda	2.07	Az
122	Killi tın	14.45	Kireçli	7.06	Nötr	0.410	Orta Tuzlu	1.71	Az
123	Tın	10.45	Kireçli	7.69	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	1.40	Az
124	Kil	12.65	Kireçli	7.78	Hafif Alkali	0.014	İz miktarda	1.66	Az
125	Kumlu killi tın	7.54	Orta Kireçli	7.61	Hafif Alkali	0.053	İz miktarda	1.40	Az
126	Kumlu tın	6.82	Orta Kireçli	7.66	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	0.70	Çok Az
127	Tın	8.86	Kireçli	7.61	Hafif Alkali	0.090	İz miktarda	1.60	Az
128	Kumlu tın	7.34	Orta Kireçli	7.63	Hafif Alkali	0.040	İz miktarda	0.54	Çok Az
129	Tın	9.17	Kireçli	7.65	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	1.40	Az
130	Tın	7.46	Orta Kireçli	7.60	Hafif Alkali	0.060	İz miktarda	0.52	Çok Az
131	Milli tın	8.86	Kireçli	7.71	Hafif Alkali	0.055	İz miktarda	1.66	Az
132	Tın	8.66	Kireçli	7.82	Hafif Alkali	0.042	İz miktarda	0.72	Çok Az
133	Tın	8.94	Kireçli	7.73	Hafif Alkali	0.065	İz miktarda	1.19	Az
134	Tın	9.57	Kireçli	7.65	Hafif Alkali	0.069	İz miktarda	1.16	Az
135	Milli tın	12.41	Kireçli	7.67	Hafif Alkali	0.092	İz miktarda	1.91	Az
136	Milli tın	11.37	Kireçli	7.75	Hafif Alkali	0.072	İz miktarda	1.50	Az
137	Tın	11.29	Kireçli	7.72	Hafif Alkali	0.260	Az Tuzlu	0.57	Çok Az
138	Milli tın	10.69	Kireçli	7.80	Hafif Alkali	0.075	İz miktarda	1.29	Az
139	Tın	8.86	Kireçli	7.62	Hafif Alkali	0.220	Az Tuzlu	1.11	Az
140	Tın	10.45	Kireçli	7.74	Hafif Alkali	0.125	İz miktarda	1.78	Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
141	Tın	8.78	Kireçli	7.91	Orta Alkali	0.062	İz miktarda	1.32	Az
142	Tın	7.70	Orta Kireçli	7.76	Hafif Alkali	0.200	Az Tuzlu	1.58	Az
143	Milli kil	11.37	Kireçli	7.94	Orta Alkali	0.075	İz miktarda	1.09	Az
144	Killi tın	9.41	Kireçli	7.85	Hafif Alkali	0.082	İz miktarda	1.55	Çok Az
145	Killi tın	8.86	Kireçli	7.85	Hafif Alkali	0.075	İz miktarda	1.81	Az
146	Killi tın	8.14	Kireçli	7.84	Hafif Alkali	0.080	İz miktarda	1.66	Az
147	Killi tın	8.94	Kireçli	7.89	Hafif Alkali	0.058	İz miktarda	1.50	Çok Az
148	Kumlu tın	6.90	Orta Kireçli	7.90	Orta Alkali	0.045	İz miktarda	0.72	Çok Az
149	Milli tın	9.33	Kireçli	7.87	Hafif Alkali	0.230	Az Tuzlu	1.76	Az
150	Tın	9.57	Kireçli	8.13	Orta Alkali	0.120	İz miktarda	1.91	Az
151	Killi tın	8.06	Kireçli	7.90	Orta Alkali	0.075	İz miktarda	1.86	Az
152	Kil	8.98	Kireçli	7.72	Hafif Alkali	0.190	Az Tuzlu	0.72	Çok Az
153	Killi tın	6.54	Orta Kireçli	7.95	Orta Alkali	0.080	İz miktarda	2.12	Az
154	Kil	7.82	Orta Kireçli	7.98	Orta Alkali	0.078	İz miktarda	1.71	Az
155	Kil	6.66	Orta Kireçli	7.90	Orta Alkali	0.112	İz miktarda	1.24	Çok Az
156	Killi tın	8.82	Kireçli	8.21	Orta Alkali	0.120	İz miktarda	1.40	Çok Az
157	Killi tın	6.54	Orta Kireçli	7.78	Hafif Alkali	0.155	Az Tuzlu	0.78	Çok Az
158	Kumlu tın	3.27	Az Kireçli	8.12	Orta Alkali	0.052	İz miktarda	0.52	Çok Az
159	Tın	5.82	Orta Kireçli	7.97	Orta Alkali	0.040	İz miktarda	1.14	Az
160	Tın	10.81	Kireçli	8.08	Orta Alkali	0.050	İz miktarda	1.40	Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
161	Tın	10.65	Kireçli	8.04	Orta Alkali	0.047	İz miktarda	1.45	Az
162	Milli killi tın	12.13	Kireçli	8.04	Orta Alkali	0.140	İz miktarda	1.86	Az
163	Kil	12.03	Kireçli	8.01	Orta Alkali	0.320	Az Tuzlu	2.07	Az
164	Killi tın	9.34	Kireçli	7.87	Hafif Alkali	0.780	Tuzlu	1.03	Çok Az
165	Milli kil	10.22	Kireçli	7.79	Hafif Alkali	0.780	Tuzlu	1.34	Çok Az
166	Milli kil	11.23	Kireçli	7.76	Hafif Alkali	0.080	İz miktarda	0.62	Çok Az
167	Killi tın	9.46	Kireçli	7.80	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	0.47	Çok Az
168	Tın	6.13	Orta Kireçli	7.65	Hafif Alkali	0.190	Az Tuzlu	0.62	Çok Az
169	Tın	9.54	Kireçli	7.78	Hafif Alkali	0.080	İz miktarda	2.28	Orta
170	Tın	8.42	Kireçli	7.84	Hafif Alkali	0.043	İz miktarda	0.52	Çok Az
171	Tın	9.46	Kireçli	7.84	Hafif Alkali	0.042	İz miktarda	0.67	Çok Az
172	Tın	9.14	Kireçli	7.83	Hafif Alkali	0.047	İz miktarda	0.78	Çok Az
173	Tın	9.50	Kireçli	7.69	Hafif Alkali	0.079	İz miktarda	0.98	Çok Az
174	Kumlu tın	4.49	Orta Kireçli	7.81	Hafif Alkali	0.035	İz miktarda	1.66	Az
175	Tın	7.74	Orta Kireçli	7.72	Hafif Alkali	0.062	İz miktarda	1.24	Az
176	Kumlu tın	4.05	Orta Kireçli	7.61	Hafif Alkali	0.068	İz miktarda	1.37	Az
177	Tın	5.85	Orta Kireçli	7.78	Hafif Alkali	0.068	İz miktarda	0.35	Çok Az
178	Kumlu tın	6.17	Orta Kireçli	7.87	Hafif Alkali	0.048	İz miktarda	0.75	Çok Az
179	Tın	8.14	Kireçli	7.84	Hafif Alkali	0.048	İz miktarda	1.01	Az
180	Milli tın	7.38	Orta Kireçli	7.69	Hafif Alkali	0.065	İz miktarda	1.84	Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
181	Tın	6.17	Orta Kireçli	7.55	Hafif Alkali	0.050	İz miktarda	1.01	Az
182	Kumlu tın	4.05	Orta Kireçli	7.82	Hafif Alkali	0.130	İz miktarda	1.22	Az
183	Tın	6.58	Orta Kireçli	7.79	Hafif Alkali	0.130	İz miktarda	0.96	Çok Az
184	Tın	5.57	Orta Kireçli	7.70	Hafif Alkali	0.055	İz miktarda	0.70	Çok Az
185	Tın	7.50	Orta Kireçli	7.88	Hafif Alkali	0.200	Az Tuzlu	0.85	Çok Az
186	Tın	6.74	Orta Kireçli	7.55	Hafif Alkali	0.140	İz miktarda	0.39	Çok Az
187	Tın	5.89	Orta Kireçli	7.65	Hafif Alkali	0.045	İz miktarda	1.22	Az
188	Tın	7.58	Orta Kireçli	7.77	Hafif Alkali	0.290	Az Tuzlu	1.16	Az
189	Milli tın	8.58	Kireçli	8.12	Orta Alkali	0.115	İz miktarda	2.82	Orta
190	Tın	4.89	Orta Kireçli	7.77	Hafif Alkali	0.045	İz miktarda	1.03	Az
191	Killi tın	7.54	Orta Kireçli	7.97	Orta Alkali	0.920	Tuzlu	1.66	Az
192	Kil	7.70	Orta Kireçli	7.85	Hafif Alkali	0.110	İz miktarda	1.84	Az
193	Milli killi tın	7.30	Orta Kireçli	7.93	Orta Alkali	0.125	İz miktarda	1.76	Az
194	Killi tın	8.82	Kireçli	7.77	Hafif Alkali	0.080	İz miktarda	1.50	Çok Az
195	Killi tın	9.57	Kireçli	7.78	Hafif Alkali	0.080	İz miktarda	1.55	Çok Az
196	Killi tın	8.78	Kireçli	7.76	Hafif Alkali	0.090	İz miktarda	1.37	Çok Az
197	Killi tın	8.78	Kireçli	7.82	Hafif Alkali	0.080	İz miktarda	1.63	Az
198	Tın	8.06	Kireçli	7.85	Hafif Alkali	0.145	İz miktarda	1.53	Az
199	Kumlu tın	1.88	Az Kireçli	7.72	Hafif Alkali	0.042	İz miktarda	1.99	Az
200	Kumlu tın	5.09	Orta Kireçli	8.84	Kuvvetli Alkali	0.300	Az Tuzlu	1.32	Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
201	Tın	10.38	Kireçli	7.88	Hafif Alkali	0.072	İz miktarda	0.91	Çok Az
202	Tın	6.54	Orta Kireçli	8.10	Orta Alkali	0.041	İz miktarda	1.53	Az
203	Tın	5.65	Orta Kireçli	7.85	Hafif Alkali	0.052	İz miktarda	0.91	Çok Az
204	Kumlu tın	5.09	Orta Kireçli	7.77	Hafif Alkali	0.057	İz miktarda	0.20	Çok Az
205	Tın	5.69	Orta Kireçli	8.03	Orta Alkali	0.200	Az Tuzlu	1.22	Az
206	Tın	7.34	Orta Kireçli	7.82	Hafif Alkali	0.061	İz miktarda	1.37	Az
207	Tın	4.45	Orta Kireçli	7.80	Hafif Alkali	0.092	İz miktarda	0.91	Çok Az
208	Tın	7.54	Orta Kireçli	7.71	Hafif Alkali	0.140	İz miktarda	0.96	Çok Az
209	Milli tın	7.90	Orta Kireçli	7.66	Hafif Alkali	0.110	İz miktarda	1.06	Az
210	Tınlı kum	1.84	Az Kireçli	7.81	Hafif Alkali	0.033	İz miktarda	0.80	Çok Az
211	Milli tın	11.07	Kireçli	7.90	Orta Alkali	0.360	Orta Tuzlu	0.91	Çok Az
212	Killi tın	2.17	Az Kireçli	7.75	Hafif Alkali	0.230	Az Tuzlu	1.42	Az
213	Killi tın	7.18	Orta Kireçli	7.76	Hafif Alkali	0.140	İz miktarda	0.16	Çok Az
214	Tın	3.93	Az Kireçli	7.75	Hafif Alkali	0.057	İz miktarda	1.47	Az
215	Tın	6.13	Orta Kireçli	7.92	Orta Alkali	0.047	İz miktarda	1.06	Az
216	Tın	3.97	Az Kireçli	7.70	Hafif Alkali	0.780	Tuzlu	2.51	Orta
217	Kumlu tın	0.72	Az Kireçli	7.78	Hafif Alkali	0.030	İz miktarda	0.75	Çok Az
218	Tın	6.94	Orta Kireçli	7.84	Hafif Alkali	0.045	İz miktarda	1.06	Az
219	Tın	5.97	Orta Kireçli	7.74	Hafif Alkali	0.067	İz miktarda	1.06	Az
220	Kumlu tın	3.13	Az Kireçli	7.82	Hafif Alkali	0.038	İz miktarda	0.96	Çok Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
221	Tın	4.53	Orta Kireçli	7.70	Hafif Alkali	0.039	İz miktarda	0.80	Çok Az
222	Tın	4.77	Orta Kireçli	7.80	Hafif Alkali	0.078	İz miktarda	1.73	Az
223	Kumlu tın	5.43	Orta Kireçli	7.78	Hafif Alkali	0.050	İz miktarda	0.75	Çok Az
224	Kumlu tın	3.35	Az Kireçli	7.92	Orta Alkali	0.038	İz miktarda	0.80	Çok Az
225	Tın	5.66	Orta Kireçli	7.87	Hafif Alkali	0.042	İz miktarda	0.22	Çok Az
226	Milli tın	6.42	Orta Kireçli	7.80	Hafif Alkali	0.043	İz miktarda	0.96	Çok Az
227	Tın	3.79	Az Kireçli	7.77	Hafif Alkali	0.041	İz miktarda	1.84	Az
228	Tın	8.82	Kireçli	8.43	Orta Alkali	0.225	Az Tuzlu	0.28	Çok Az
229	Tın	5.47	Orta Kireçli	7.90	Orta Alkali	0.095	İz miktarda	1.50	Az
230	Kumlu tın	5.78	Orta Kireçli	7.90	Orta Alkali	0.052	İz miktarda	0.78	Çok Az
231	Tın	5.00	Orta Kireçli	7.72	Hafif Alkali	0.052	İz miktarda	0.31	Çok Az
232	Tın	11.47	Kireçli	7.89	Hafif Alkali	0.065	İz miktarda	0.34	Çok Az
233	Milli tın	7.78	Orta Kireçli	7.86	Hafif Alkali	0.061	İz miktarda	1.27	Az
234	Tın	7.54	Orta Kireçli	8.02	Orta Alkali	0.090	İz miktarda	0.75	Çok Az
235	Kumlu tın	4.93	Orta Kireçli	7.56	Hafif Alkali	0.027	İz miktarda	1.86	Az
236	Tınlı kum	3.93	Az Kireçli	7.48	Hafif Alkali	0.032	İz miktarda	2.79	Orta
237	Tın	7.50	Orta Kireçli	7.65	Hafif Alkali	0.042	İz miktarda	2.66	Orta
238	Kumlu tın	7.22	Orta Kireçli	7.51	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	2.48	Orta
239	Killi tın	8.54	Kireçli	7.60	Hafif Alkali	0.880	Tuzlu	1.94	Az
240	Tın	10.75	Kireçli	7.60	Hafif Alkali	0.078	İz miktarda	2.12	Orta

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
241	Killi tın	11.07	Kireçli	7.56	Hafif Alkali	0.132	İz miktarda	2.53	Az
242	Kumlu tın	2.73	Az Kireçli	7.24	Nötr	0.112	İz miktarda	1.76	Az
243	Tın	9.22	Kireçli	7.51	Hafif Alkali	0.072	İz miktarda	3.44	Yüksek
244	Tın	7.86	Orta Kireçli	7.36	Nötr	0.068	İz miktarda	3.15	Yüksek
245	Milli tın	15.56	Çok Kireçli	7.70	Hafif Alkali	0.158	Az Tuzlu	2.61	Orta
246	Kumlu tın	3.53	Az Kireçli	7.31	Nötr	0.068	İz miktarda	2.20	Orta
247	Kumlu tın	4.85	Orta Kireçli	7.32	Nötr	0.031	İz miktarda	2.30	Orta
248	Kumlu tın	6.46	Orta Kireçli	7.52	Hafif Alkali	0.040	İz miktarda	1.32	Az
249	Kumlu tın	6.94	Orta Kireçli	7.56	Hafif Alkali	0.034	İz miktarda	0.28	Çok Az
250	Milli tın	9.70	Kireçli	7.63	Hafif Alkali	1.250	Tuzlu	1.06	Az
251	Tınlı kum	7.54	Orta Kireçli	7.90	Orta Alkali	1.050	Tuzlu	0.62	Az
252	Kumlu tın	8.46	Kireçli	7.88	Hafif Alkali	1.050	Tuzlu	0.91	Çok Az
253	Kumlu tın	8.82	Kireçli	7.27	Nötr	1.050	Tuzlu	1.16	Az
254	Kumlu tın	8.66	Kireçli	7.47	Hafif Alkali	1.050	Tuzlu	0.47	Çok Az
255	Kumlu tın	6.62	Orta Kireçli	7.89	Hafif Alkali	1.050	Tuzlu	0.05	Çok Az
256	Kumlu	5.65	Orta Kireçli	8.28	Orta Alkali	0.850	Tuzlu	1.50	Yüksek
257	Kumlu tın	8.66	Kireçli	7.71	Hafif Alkali	1.050	Tuzlu	3.47	Yüksek
258	Tınlı kum	5.13	Orta Kireçli	7.80	Hafif Alkali	1.750	Tuzlu	1.78	Yüksek
259	Tın	11.95	Kireçli	7.41	Hafif Alkali	0.078	İz miktarda	2.12	Orta
260	Killi tın	8.78	Kireçli	7.71	Hafif Alkali	0.162	Az Tuzlu	0.96	Çok Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
261	Kil	10.71	Kireçli	7.59	Hafif Alkali	0.340	İz miktarda	1.78	Az
262	Kil	10.51	Kireçli	7.63	Hafif Alkali	0.300	İz miktarda	2.35	Az
263	Kil	11.51	Kireçli	7.65	Hafif Alkali	0.340	İz miktarda	2.02	Az
264	Kumlu tın	8.70	Kireçli	7.72	Hafif Alkali	0.380	Orta Tuzlu	0.88	Çok Az
265	Tın	10.10	Kireçli	7.61	Hafif Alkali	0.062	İz miktarda	1.40	Az
266	Kumlu tın	9.54	Kireçli	7.52	Hafif Alkali	0.065	İz miktarda	0.78	Çok Az
267	Killi tın	6.32	Orta Kireçli	7.53	Hafif Alkali	0.230	Az Tuzlu	0.98	Çok Az
268	Tın	5.35	Orta Kireçli	7.49	Hafif Alkali	0.088	İz miktarda	0.98	Çok Az
269	Tın	10.31	Kireçli	7.55	Hafif Alkali	0.056	İz miktarda	1.50	Az
270	Tın	6.80	Orta Kireçli	7.37	Nötr	0.065	İz miktarda	0.93	Çok Az
271	Tınlı kum	5.96	Orta Kireçli	7.60	Hafif Alkali	0.057	İz miktarda	0.78	Az
272	Tın	10.10	Kireçli	7.61	Hafif Alkali	0.090	İz miktarda	0.88	Çok Az
273	Tın	9.50	Kireçli	7.60	Hafif Alkali	0.200	Az Tuzlu	0.47	Çok Az
274	Kumlu tın	10.02	Kireçli	7.19	Nötr	0.250	Az Tuzlu	0.47	Çok Az
275	Tın	8.90	Kireçli	7.45	Hafif Alkali	0.160	Az Tuzlu	0.98	Çok Az
276	Tın	11.07	Kireçli	7.53	Hafif Alkali	0.500	Orta Tuzlu	0.78	Çok Az
277	Kumlu tın	8.78	Kireçli	7.32	Nötr	0.110	İz miktarda	0.83	Çok Az
278	Kumlu tın	7.13	Orta Kireçli	7.29	Nötr	0.135	İz miktarda	1.09	Az
279	Kumlu tın	5.96	Orta Kireçli	7.71	Hafif Alkali	0.119	İz miktarda	0.31	Çok Az
280	Kumlu tın	6.32	Orta Kireçli	7.51	Hafif Alkali	0.105	İz miktarda	0.72	Çok Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
281	Kumlu tın	6.36	Orta Kireçli	7.85	Hafif Alkali	0.058	İz miktarda	0.36	Çok Az
282	Milli tın	10.26	Kireçli	7.69	Hafif Alkali	0.295	Az Tuzlu	1.29	Az
283	Tın	8.05	Kireçli	7.63	Hafif Alkali	0.590	Orta Tuzlu	0.93	Çok Az
284	Tın	7.37	Orta Kireçli	7.66	Hafif Alkali	0.072	İz miktarda	0.83	Çok Az
285	Tın	8.98	Kireçli	7.53	Hafif Alkali	0.093	İz miktarda	1.34	Az
286	Tın	3.99	Az Kireçli	7.54	Hafif Alkali	0.100	İz miktarda	1.91	Az
287	Tın	2.98	Az Kireçli	7.66	Hafif Alkali	0.125	İz miktarda	1.03	Az
288	Tın	9.34	Kireçli	7.73	Hafif Alkali	0.086	İz miktarda	1.50	Az
289	Kumlu tın	10.22	Kireçli	7.85	Hafif Alkali	0.078	İz miktarda	1.29	Az
290	Tın	8.82	Kireçli	7.71	Hafif Alkali	0.069	İz miktarda	1.76	Az
291	Tın	8.37	Kireçli	7.73	Hafif Alkali	0.050	İz miktarda	1.40	Az
292	Kumlu tın	5.84	Orta Kireçli	7.76	Hafif Alkali	0.042	İz miktarda	1.09	Az
293	Tınlı kum	5.60	Orta Kireçli	7.66	Hafif Alkali	0.040	İz miktarda	0.67	Az
294	Tın	8.48	Kireçli	7.36	Nötr	>3	Tuzlu	1.66	Az
295	Tın	6.98	Orta Kireçli	7.63	Hafif Alkali	>3	Tuzlu	1.71	Az
296	Kumlu tın	7.71	Orta Kireçli	7.81	Hafif Alkali	0.160	Az Tuzlu	1.66	Az
297	Kumlu tın	6.37	Orta Kireçli	7.79	Hafif Alkali	0.052	İz miktarda	1.09	Az
298	Tın	10.17	Kireçli	7.50	Hafif Alkali	0.100	İz miktarda	1.14	Az
300	Kumlu tın	7.99	Orta Kireçli	7.53	Hafif Alkali	0.051	İz miktarda	1.66	Az
301	Tın	7.43	Orta Kireçli	8.04	Orta Alkali	1.000	Tuzlu	1.76	Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
302	Tın	9.32	Kireçli	7.88	Hafif Alkali	0.270	Az Tuzlu	1.86	Az
303	Tın	10.01	Kireçli	7.60	Hafif Alkali	0.100	İz miktarda	1.91	Az
304	Tın	6.01	Orta Kireçli	7.44	Hafif Alkali	0.250	Az Tuzlu	2.07	Orta
305	Kumlu tın	7.27	Orta Kireçli	7.77	Hafif Alkali	0.165	Az Tuzlu	1.45	Az
306	Tın	10.29	Kireçli	7.66	Hafif Alkali	0.082	İz miktarda	2.07	Orta
307	Tın	8.15	Kireçli	7.66	Hafif Alkali	0.110	İz miktarda	1.14	Az
308	Tın	8.64	Kireçli	7.45	Hafif Alkali	0.130	İz miktarda	1.81	Az
309	Kumlu tın	8.27	Kireçli	7.57	Hafif Alkali	0.085	İz miktarda	1.34	Az
310	Tın	10.20	Kireçli	7.77	Hafif Alkali	0.095	İz miktarda	1.76	Az
311	Tın	9.31	Kireçli	7.75	Hafif Alkali	0.260	Az Tuzlu	1.66	Az
312	Kumlu tın	7.31	Orta Kireçli	7.57	Hafif Alkali	0.088	İz miktarda	1.09	Az
313	Kumlu tın	6.70	Orta Kireçli	7.78	Hafif Alkali	0.028	İz miktarda	1.40	Az
314	Kumlu killi tın	6.83	Orta Kireçli	7.78	Hafif Alkali	0.140	İz miktarda	1.86	Az
315	Kumlu tın	6.02	Orta Kireçli	7.62	Hafif Alkali	0.310	Az Tuzlu	0.98	Çok Az
316	Kumlu tın	6.38	Orta Kireçli	7.60	Hafif Alkali	0.062	İz miktarda	1.29	Az
317	Tın	9.23	Kireçli	7.71	Hafif Alkali	0.165	Az Tuzlu	1.71	Az
318	Tın	10.56	Kireçli	7.66	Hafif Alkali	0.130	İz miktarda	1.45	Az
319	Tın	8.55	Kireçli	7.57	Hafif Alkali	>3	Tuzlu	1.34	Az
320	Tın	8.71	Kireçli	7.77	Hafif Alkali	0.350	Orta Tuzlu	1.91	Az
321	Killi tın	9.06	Kireçli	7.72	Hafif Alkali	2.500	Tuzlu	0.40	Çok Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
322	Tın	9.02	Kireçli	7.59	Hafif Alkali	2.100	Tuzlu	0.81	Çok Az
323	Tın	8.78	Kireçli	7.66	Hafif Alkali	2.100	Tuzlu	1.02	Az
324	Kumlu tın	8.94	Kireçli	7.61	Hafif Alkali	2.100	Tuzlu	0.27	Çok Az
325	Killi tın	13.90	Kireçli	7.89	Hafif Alkali	2.500	Tuzlu	1.23	Çok Az
326	Kil	11.86	Kireçli	7.78	Hafif Alkali	2.600	Tuzlu	1.59	Çok Az
327	Kil	11.33	Kireçli	7.74	Hafif Alkali	>3	Tuzlu	0.92	Çok Az
328	Kil	11.21	Kireçli	7.69	Hafif Alkali	>3	Tuzlu	1.38	Çok Az
329	Kil	11.46	Kireçli	7.56	Hafif Alkali	2.800	Tuzlu	1.57	Çok Az
330	Kil	11.54	Kireçli	7.75	Hafif Alkali	1.250	Tuzlu	1.42	Çok Az
331	Kil	11.82	Kireçli	7.66	Hafif Alkali	0.210	Az Tuzlu	1.18	Çok Az
332	Kil	9.38	Kireçli	7.73	Hafif Alkali	0.115	İz miktarda	2.55	Az
333	Kil	11.33	Kireçli	7.76	Hafif Alkali	0.180	Az Tuzlu	2.25	Az
334	Killi tın	11.05	Kireçli	8.61	Kuvvetli Alkali	0.290	Az Tuzlu	1.74	Az
335	Tın	10.60	Kireçli	7.70	Hafif Alkali	0.290	Az Tuzlu	1.33	Az
336	Milli tın	11.66	Kireçli	8.67	Kuvvetli Alkali	0.190	Az Tuzlu	0.35	Çok Az
337	Tın	9.09	Kireçli	7.71	Hafif Alkali	0.115	İz miktarda	0.97	Çok Az
338	Tın	8.93	Kireçli	7.70	Hafif Alkali	0.050	İz miktarda	0.70	Çok Az
339	Kumlu killi tın	8.85	Kireçli	7.81	Hafif Alkali	0.120	İz miktarda	1.08	Az
340	Kumlu tın	8.52	Kireçli	7.82	Hafif Alkali	0.360	Orta Tuzlu	0.19	Çok Az
341	Milli tın	11.70	Kireçli	7.78	Hafif Alkali	0.110	İz miktarda	1.38	Az

Çizelge 6.4. Devamı

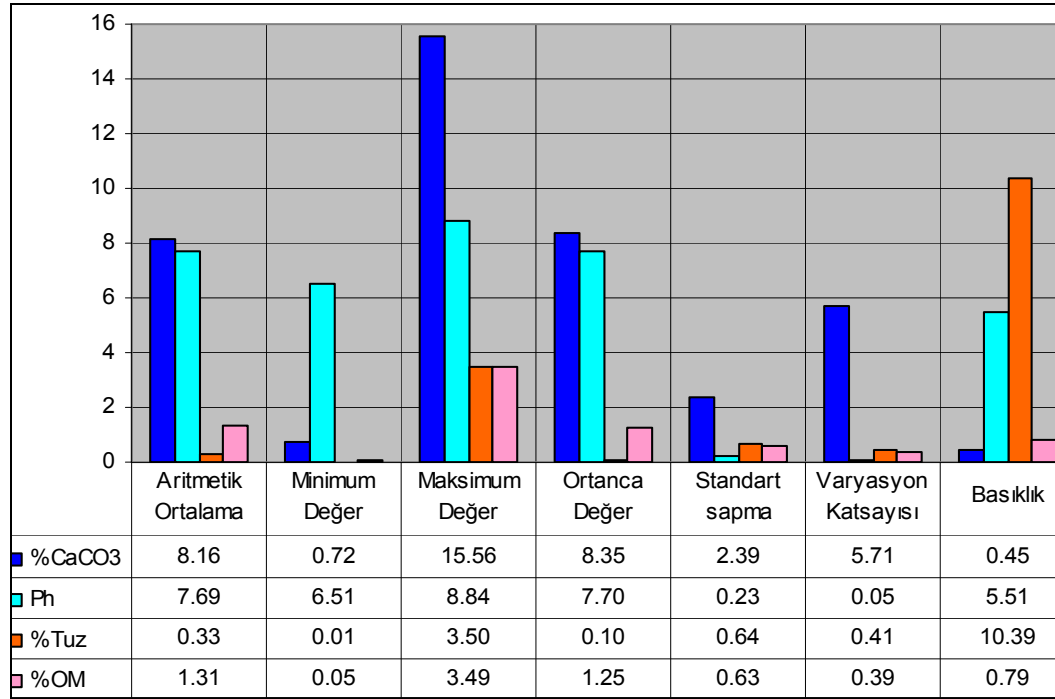
Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
342	Tın	9.87	Kireçli	7.50	Hafif Alkali	0.180	Az Tuzlu	0.76	Çok Az
343	Kumlu tın	7.58	Orta Kireçli	7.78	Hafif Alkali	0.520	Orta Tuzlu	0.89	Çok Az
344	Kumlu tın	7.83	Orta Kireçli	7.73	Hafif Alkali	1.500	Tuzlu	0.31	Çok Az
345	Tın	8.03	Kireçli	8.16	Orta Alkali	0.280	Az Tuzlu	0.80	Çok Az
346	Tın	8.64	Kireçli	7.71	Hafif Alkali	1.150	Tuzlu	0.95	Çok Az
347	Kumlu tın	7.58	Orta Kireçli	7.77	Hafif Alkali	0.059	İz miktarda	0.85	Çok Az
348	Tın	9.62	Kireçli	7.86	Hafif Alkali	0.250	Az Tuzlu	0.90	Çok Az
349	Tın	9.83	Kireçli	7.63	Hafif Alkali	0.300	Az Tuzlu	1.25	Az
350	Killi tın	8.89	Kireçli	7.61	Hafif Alkali	0.330	Az Tuzlu	0.64	Çok Az
351	Tın	7.79	Orta Kireçli	7.45	Hafif Alkali	0.065	İz miktarda	1.52	Az
352	Tın	8.81	Kireçli	7.56	Hafif Alkali	0.068	İz miktarda	0.54	Çok Az
353	Tın	8.81	Kireçli	7.53	Hafif Alkali	0.060	İz miktarda	1.11	Az
354	Killi tın	10.85	Kireçli	7.50	Hafif Alkali	0.148	İz miktarda	1.39	Çok Az
355	Tın	9.05	Kireçli	7.63	Hafif Alkali	0.125	İz miktarda	1.55	Az
356	Tın	10.68	Kireçli	7.59	Hafif Alkali	0.100	İz miktarda	2.97	Orta
357	Tın	8.56	Kireçli	7.19	Nötr	0.210	Az Tuzlu	3.49	Yüksek
358	Tın	9.58	Kireçli	7.67	Hafif Alkali	0.058	İz miktarda	1.61	Az
359	Killi tın	9.83	Kireçli	7.75	Hafif Alkali	0.190	Az Tuzlu	1.78	Az
360	Tın	6.89	Orta Kireçli	7.55	Hafif Alkali	0.042	İz miktarda	0.90	Çok Az
361	Kumlu tın	7.01	Orta Kireçli	7.56	Hafif Alkali	0.039	İz miktarda	0.74	Çok Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
362	Tın	9.62	Kireçli	7.36	Nötr	1.650	Tuzlu	0.85	Çok Az
363	Killi tın	10.19	Kireçli	7.70	Hafif Alkali	0.062	İz miktarda	1.24	Çok Az
364	Kumlu tın	7.18	Orta Kireçli	7.37	Nötr	0.053	İz miktarda	0.57	Çok Az
365	Tın	7.67	Orta Kireçli	7.59	Hafif Alkali	0.061	İz miktarda	1.57	Az
366	Kumlu tın	8.20	Kireçli	7.57	Hafif Alkali	0.047	İz miktarda	1.68	Az
367	Tın	10.03	Kireçli	7.55	Hafif Alkali	0.049	İz miktarda	0.64	Çok Az
368	Killi tın	11.74	Kireçli	7.69	Hafif Alkali	0.078	İz miktarda	2.04	Az
369	Kil	10.60	Kireçli	7.68	Hafif Alkali	0.078	İz miktarda	1.62	Az
370	Tınlı kum	4.72	Orta Kireçli	7.40	Nötr	0.035	İz miktarda	1.55	Az
371	Tın	7.99	Orta Kireçli	7.48	Hafif Alkali	0.060	İz miktarda	1.26	Az
372	Milli tın	7.59	Orta Kireçli	7.48	Hafif Alkali	0.049	İz miktarda	1.01	Az
373	Kumlu tın	6.98	Orta Kireçli	7.31	Nötr	0.078	İz miktarda	1.73	Az
374	Tın	7.31	Orta Kireçli	7.33	Nötr	0.120	İz miktarda	1.19	Az
375	Kumlu	5.13	Orta Kireçli	7.35	Nötr	2.300	Tuzlu	1.01	Az
376	Kumlu tın	5.57	Orta Kireçli	7.30	Nötr	0.080	İz miktarda	1.01	Az
377	Tın	7.55	Orta Kireçli	7.57	Hafif Alkali	0.220	Az Tuzlu	1.11	Az
378	Milli kil	13.00	Kireçli	7.53	Hafif Alkali	0.170	Az Tuzlu	1.19	Az
379	Kil	8.88	Kireçli	7.76	Hafif Alkali	0.105	İz miktarda	1.64	Az
380	Kumlu kil	7.75	Orta Kireçli	7.42	Hafif Alkali	0.087	İz miktarda	0.74	Çok Az
381	Killi tın	7.14	Orta Kireçli	7.40	Nötr	0.200	Az Tuzlu	2.25	Az

Çizelge 6.4. Devamı

Örnek No	Bünye	%CaCO ₃	Değerlendirme	Ph	Değerlendirme	%Tuz	Değerlendirme	%OM	Değerlendirme
382	Tın	7.51	Orta Kireçli	7.63	Hafif Alkali	0.115	İz miktarda	2.04	Orta
383	Tın	7.55	Orta Kireçli	7.45	Hafif Alkali	0.230	Az Tuzlu	0.44	Çok Az
384	Tın	7.59	Orta Kireçli	7.59	Hafif Alkali	0.040	İz miktarda	1.10	Az
385	Kumlu tın	6.58	Orta Kireçli	7.74	Hafif Alkali	0.075	İz miktarda	0.80	Çok Az
386	Tın	7.79	Orta Kireçli	7.61	Hafif Alkali	0.400	Orta Tuzlu	1.73	Az
387	Tın	8.03	Kireçli	7.48	Hafif Alkali	0.180	Az Tuzlu	1.11	Az
388	Tın	9.40	Kireçli	7.69	Hafif Alkali	0.051	İz miktarda	1.53	Az
389	Tın	8.36	Kireçli	7.63	Hafif Alkali	0.055	İz miktarda	1.09	Az
390	Kumlu tın	6.66	Orta Kireçli	7.76	Hafif Alkali	0.040	İz miktarda	0.80	Çok Az
391	Kumlu tın	7.59	Orta Kireçli	7.62	Hafif Alkali	0.590	Orta Tuzlu	1.29	Az
392	Killi tın	9.57	Kireçli	7.74	Hafif Alkali	0.070	İz miktarda	1.53	Çok Az
393	Tın	8.07	Kireçli	7.65	Hafif Alkali	0.120	İz miktarda	1.47	Az
394	Killi tın	9.85	Kireçli	7.71	Hafif Alkali	0.190	Az Tuzlu	2.58	Az
395	Tın	9.61	Kireçli	7.63	Hafif Alkali	0.055	İz miktarda	1.80	Az
396	Tın	9.28	Kireçli	7.74	Hafif Alkali	0.055	İz miktarda	2.32	Orta
397	Tın	9.16	Kireçli	7.59	Hafif Alkali	0.118	İz miktarda	2.63	Orta
398	Tın	9.12	Kireçli	7.52	Hafif Alkali	0.075	İz miktarda	1.77	Az
399	Tın	7.02	Orta Kireçli	7.58	Hafif Alkali	0.043	İz miktarda	1.49	Az
400	Kumlu killi tın	6.46	Orta Kireçli	7.48	Hafif Alkali	0.049	İz miktarda	1.20	Az



Şekil 6.18. Çalışma alanı toprak özelliklerin belirlenmesinde kullanılan örneklere ait analiz sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

7. BULGULAR

Bu araştırmada, farklı düzeylerdeki toprak nem içeriği ile toprak bünyesi, organik madde miktarı, kireç içeriği, tuz içeriği ve toprak tepkimesi gibi toprak  zelliklerinin SAR görüntüleri ile izlenebilirliği incelenmiştir. Değişen toprak neminin izlenmesi için, hem doğrudan SAR görüntüleri, hem de SAR-Optik uydu görüntülerinin birleştirilmesi ile üretilen görüntü kullanılmıştır. SAR görüntüleri olarak, Mayıs ayı içerisindeki çalışmaları oluşturan iki dönem için RADARSAT–1, sonraki dönemlerde ise ENVISAT-ASAR görüntüleri kullanılmıştır. Görüntü birleştirilmesi işlemi için ise 28 Mayıs ayında çekimi yapılmış RADARSAT–1 ve 14 Mayıs tarihinde çekimi yapılmış Spot–2 görüntüsü kullanılmıştır.

7.1. SAR Uydu Görüntüleri İle Toprak Nemi İlişkileri

Projenin planlanması aşamasında sadece RADARSAT–1 görüntüleriyle çalışılması amaçlanmıştır. Bu nedenle, Mayıs–2006 tarihine ait 2 adet RADARSAT–1 görüntüsü alınmıştır. Ancak daha sonra araştırmanın daha detaylı ve bulguların daha güvenilir olabilmesi için, yaz dönemini içeren diğer aylarda toprak nem düzeyi değişiklerinin izlenmesine karar verilmiştir. Bu amaçla, ENVISAT-ASAR uydu görüntülerinin de alınması d ş n lm ş ve bu amaçla ESA’ya başvurulmuştur. ESA, araştırma projelerine sağladığı destek programı çerçevesinde, programlama tarihleri tarafımızdan belirlenmiş 5 adet ASAR-PRI formatında görüntüyü tarafımıza vermiştir.

Toprak nemi ve SAR görüntüsünün istatistiksel olarak ilişkilendirilmesi için, gerisaçılım değerlerine bağlı olarak betanought ve sigmanought değerleri dikkate alınmıştır. Bu amaçla, yüzey toprağının “dielektirik katsayısı” ve “incidence angle” vb değerlerini de dikkate alması nedeniyle betanought ve sigmanought dönüşümleri yapılmıştır. RADARSAT-1 uydu görüntülerinin özelliğine bağlı olarak gerisaçılım değerleri betanought değerlerine dönüştürülmüştür. ENVISAT uydu görüntülerinde ise görüntülerinin özelliğine bağlı olarak sigmanouhgdt dönüşümü yapılmış ve nem değişimleri ile gerisaçılım aralıklarındaki ilişki incelenmiştir.

7.1.1 RADARSAT-1 Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Nemi İlişkileri

RADARSAT-1 görüntüleri araştırmanın başlangıç zaman dilimindeki 4 ve 28 Mayıs 2006 tarihlerinde olmak üzere iki adet alınmıştır.

4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsündeki gerisaçılım değerlerinin toprak nemi ile ilişkilendirilmesi için, 03-06 Mayıs tarihleri arasında toprak nem ölçümüne yönelik arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla toprak haritası ve optik görüntülerden yararlanılarak farklı nem düzeylerine sahip olduğu düşünülen 56 adet test noktası seçilmiştir. Arazi çalışmalarında, test noktasının yaklaşık 10-15 cm derinliğindeki yüzey toprağının gravimetrik nem içeriğinin belirlenmesi için 100 cm³ hacmindeki metal silindirler ile örneklemeler yapılmıştır. Bu dönemde, test noktalarının nem değerleri, en düşük

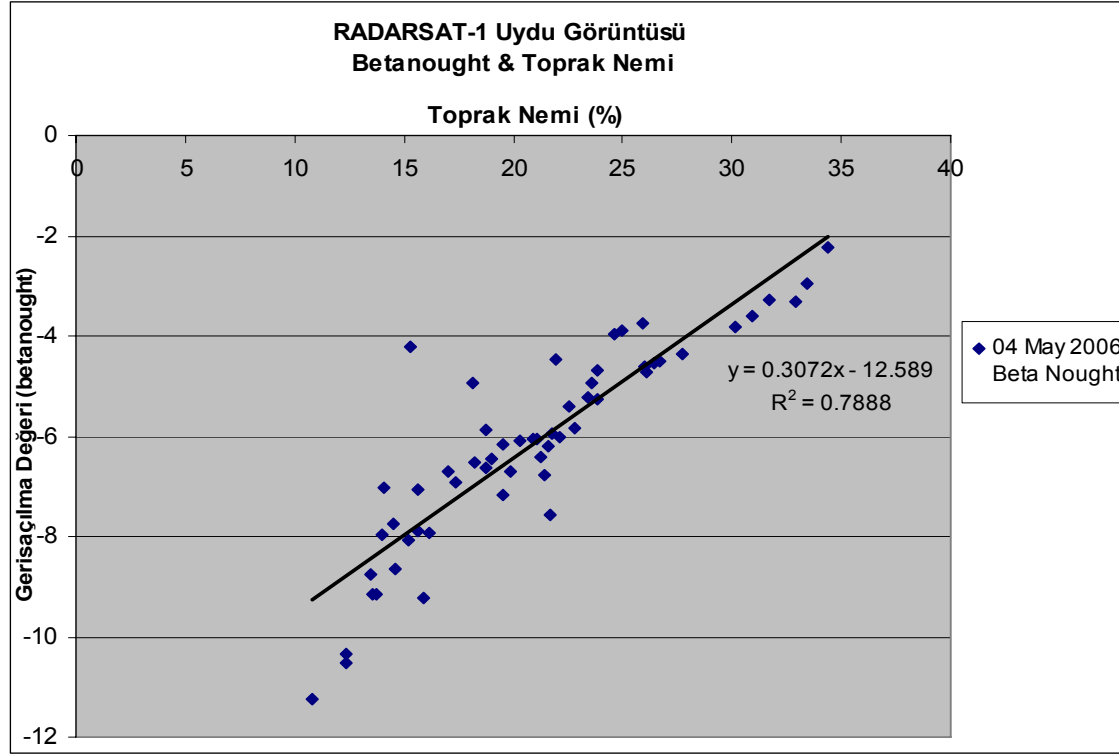
%10.83, en yüksek %34.48 olduğu, ortalamanın ise %20.89 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7.1).

Çizelge 7.1. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri

Örnek No*	Toprak Nemi (%)	Örnek No	Toprak Nemi (%)
E077	15.28	E203	15.60
E111	21.46	E206	34.41
E143	27.77	E208	21.12
E146	26.70	E213	23.80
E150	25.97	E216	21.60
E152	26.46	E217	14.54
E153	13.99	E224	13.49
E154	31.74	E226	20.89
E155	26.10	E228	18.26
E159	15.22	E231	16.16
E161	18.79	E232	24.96
E162	13.58	E235	14.08
E166	14.59	E237	13.78
E170	18.99	E239	22.14
E171	25.89	E240	22.81
E174	30.90	E242	12.35
E176	16.99	E244	18.14
E178	19.49	E246	10.83
E179	23.60	E249	12.36
E184	21.70	E253	23.81
E188	20.30	E254	21.23
E192	33.43	E255	21.97
E193	30.14	E256	15.92
E195	32.95	E257	17.41
E198	18.75	E258	22.52
E199	15.60	E259	19.85
E201	19.49	E260	23.42
E202	21.81	E261	24.59

*: 4 Mayıs 2006 tarihinde alınan toprak örneklerine ait numaralar

Koordinat bilgileri alınan örnekleme noktaları, 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 Uydu görüntüsü üzerine işaretlenmiştir. Her bir test noktasının isabet ettiği merkez piksel ve çevresindeki 9 adet piksele ait gerisaçılım (betanought) ortalaması hesaplanarak o noktalara ait nem değerleri ile ilişkilendirilmiştir. Böylece, oluşturulan gerisaçılım değeri ve nem tablosunun istatistiksel analizleri sonucunda, bu döneme ait nem değerleri ile gerisaçılım değerleri arasında pozitif ve kuvvetli düzeyde ilişki belirlenmiştir ($r=0.88$) (Şekil 7.1, Çizelge 7.2).



Şekil 7.1. Toprak nemi ile 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü betanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki

Çizelge 7.2. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü betanought ve toprak nemi değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri

Toprak Nemi (%)		Gerisaçılım	
Ortalama	20.89	Ortalama	-6.17
Standart Hata	0.78	Standart Hata	0.27
Ortanca	21.00	Ortanca	-6.07
Standart	5.81	Standart Sapma	2.01
Örnek Varyans	33.78	Örnek Varyans	4.04
Basıklık	-0.33	Basıklık	-0.16
Çarpıklık	0.48	Çarpıklık	-0.42
Aralık	23.58	Aralık	9.02
En Büyük	10.83	En Büyük	-11.26
En Küçük	34.41	En Küçük	-2.24

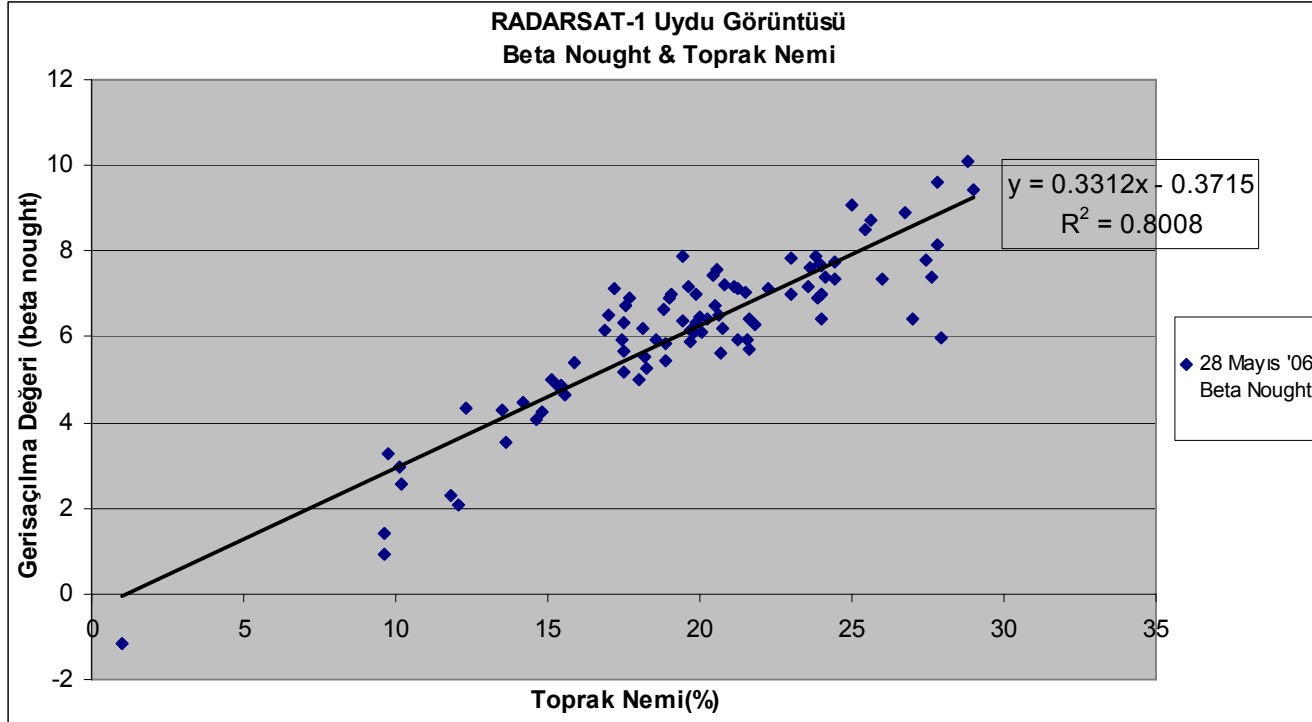
28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 uydu görüntüsündeki gerisaçılım değerlerinin toprak nemi ile ilişkilendirilmesi için 26–28 Mayıs tarihleri arasında toprak nem ölçümüne yönelik arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla toprak haritası ve optik görüntülerden yararlanılarak farklı nem düzeylerine sahip olduğu düşünülen 93 adet test noktası belirlenmiştir. Arazi çalışmalarında test noktasının yaklaşık 10–15 cm derinliğindeki yüzey toprağının nem içeriğinin belirlenmesi için 100 cm³ hacmindeki çelik silindirler ile örneklemeler yapılmıştır. Test noktalarının nem değerleri en düşük %0.99, en yüksek %29.74 olduğu, ortalamanın ise %19.88 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7.3).

Çizelge 7.3. 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak
örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri

Örnek No*	Toprak	Örnek No	Toprak	Örnek No	Toprak
M141	20.50	M180	18.97	M220	10.14
M142	20.66	M184	21.64	M224	9.77
M143	29.01	M185	17.42	M226	18.85
M144	23.53	M186	18.15	M227	18.17
M146	24.02	M187	19.45	M228	14.84
M147	24.02	M188	19.89	M229	15.33
M148	20.55	M189	22.27	M230	18.22
M149	24.98	M190	19.86	M231	16.87
M150	27.03	M192	29.74	M232	21.63
M151	24.01	M193	25.65	M233	24.12
M152	23.61	M194	26.02	M234	21.28
M153	24.45	M195	23.86	M235	0.99
M154	26.73	M196	17.50	M236	9.64
M155	27.82	M197	17.54	M237	19.71
M156	24.01	M199	15.46	M238	17.18
M159	17.51	M200	17.68	M239	20.09
M160	18.83	M201	18.90	M240	14.18
M161	18.59	M202	19.83	M241	20.77
M163	28.83	M203	15.54	M242	11.82
M165	22.97	M205	21.13	M243	20.25
M166	27.61	M206	25.41	M244	19.43
M167	27.44	M208	24.44	M245	23.79
M170	21.52	M209	15.88	M246	10.18
M171	23.00	M210	15.11	M249	9.65
M172	21.24	M211	19.03	M250	12.31
M173	19.64	M212	27.83	M252	12.07
M174	13.52	M213	21.58	M253	23.96
M176	20.45	M215	20.83	M254	27.91
M177	16.97	M217	13.65	M255	20.64
M178	14.65	M218	18.00	M257	19.66
M179	21.81	M219	17.48	M262	20.01

*: 28 Mayıs 2006 tarihinde alınan toprak örneklerine ait numaralar

28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsü üzerine koordinat bilgileri kullanılarak test noktalarının lokasyonları girilmiştir. Her bir test noktasının isabet ettiği merkez piksel ve çevresindeki 9 adet piksele ait gerisaçılım (betanought) ortalaması hesaplanarak o noktalara ait nem değerleri ile ilişkilendirilmiştir. Böylece, oluşturulan istatistiksel analizler sonucunda bu döneme ait nem değerleri ile gerisaçılım değerleri arasındaki pozitif yönde ve kuvvetli düzeyde ilişki belirlenmiştir ($r=0.90$) (Şekil 7.2, Çizelge 7.4)



Şekil 7.2. Toprak nemi ile 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsü betanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki

Çizelge 7.4. 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü betanought ve toprak nemi değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri

Toprak Nemi (%)		Gerisaçılım	
Ortalama	19.88	Ortalama	6.23
Standart Hata	0.53	Standart Hata	0.20
Standart Sapma	5.14	Standart Sapma	1.93
Örnek Varyans	26.39	Örnek Varyans	3.74
Basıklık	1.09	Basıklık	2.48
Çarpıklık	-0.62	Çarpıklık	-0.93
Aralık	28.75	Aralık	12.37
En Büyük	0.99	En Büyük	-1.18
En Küçük	29.74	En Küçük	11.19

7.1.2 ENVISAT ASAR Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri ile Toprak Nemi İlişkileri

Toprak nem düzeyleri ile gerisaçılım değerleri arasında ilişkilerin incelenebilmesi için temin edilen ENVISAT-ASAR görüntüleri, 23 Mayıs, 8 Haziran, 11 Haziran, 01 Ağustos ve 18 Ağustos 2006 tarihlerinde olmak üzere toplam beş adet görüntü üzerinde çalışılmıştır. Bu görüntülerin çekim tarihleri ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmaları ile ölçümlenen toprak nem düzeyleri arasındaki ilişkiler aşağıda verilmiştir.

23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 130 adet test noktasına gidilmiş ve 10-15cm derinliğindeki yüzey toprağının nem içeriği gravimetrik yöntem ile ölçümlenmek üzere örneklenmiştir. Bu dönemde, test noktalarının belirlenen nem değerleri en düşük %1.11, en yüksek %33.35 olduğu, ortalamanın ise %18.92 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7.5).

Çizelge 7.5. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak
örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri

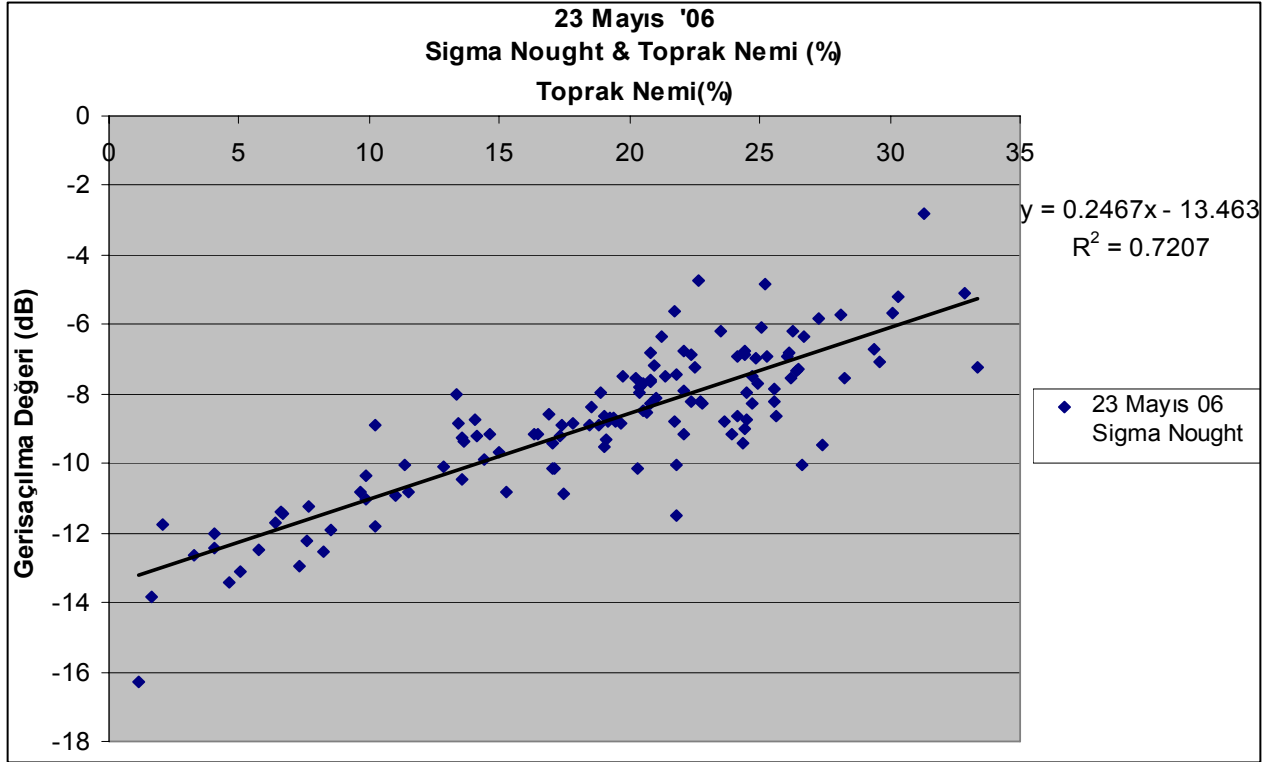
Örnek No*	Toprak Nemi (%)	Örnek No	Toprak Nemi (%)
Y001	20.81	Y077	24.40
Y002	23.47	Y141	18.85
Y003	30.31	Y142	21.26
Y004	28.11	Y143	30.13
Y005	13.64	Y144	24.68
Y007	8.50	Y146	26.13
Y008	20.79	Y147	24.17
Y009	7.30	Y148	18.54
Y010	10.25	Y149	25.53
Y011	1.11	Y150	26.69
Y012	4.06	Y151	24.86
Y014	9.65	Y152	24.15
Y016	6.39	Y153	15.01
Y017	6.57	Y154	26.04
Y018	9.87	Y155	27.41
Y019	5.74	Y156	25.27
Y020	5.07	Y159	13.54
Y021	10.23	Y160	21.04
Y022	7.56	Y161	18.44
Y023	4.60	Y163	32.87
Y024	22.09	Y165	22.35
Y025	14.04	Y166	28.25
Y026	3.28	Y167	29.62
Y027	9.86	Y170	14.43
Y028	4.06	Y171	22.73
Y029	6.64	Y172	19.27
Y030	13.37	Y173	22.49
Y031	7.64	Y176	19.40
Y032	25.09	Y177	11.04
Y033	27.24	Y178	19.01
Y034	2.05	Y179	19.17
Y035	1.60	Y180	21.80

*: 23 Mayıs 2006 tarihinde alınan toprak örneklerine ait numaralar

Çizelge 7.5. Devamı

Örnek No	Toprak Nemi (%)	Örnek No	Toprak Nemi (%)
Y184	22.09	Y227	19.00
Y185	23.94	Y229	20.40
Y187	19.07	Y230	17.10
Y188	22.33	Y231	17.31
Y189	25.64	Y232	23.62
Y190	16.49	Y233	24.35
Y192	33.35	Y234	20.34
Y193	26.22	Y235	17.44
Y194	24.43	Y236	14.66
Y195	26.60	Y237	20.82
Y196	21.75	Y238	17.01
Y197	24.93	Y239	20.24
Y198	17.80	Y240	24.42
Y199	19.74	Y241	29.38
Y200	20.52	Y242	13.43
Y201	17.06	Y243	20.54
Y202	20.42	Y244	19.65
Y203	16.89	Y245	25.17
Y205	21.39	Y246	15.25
Y206	25.57	Y249	8.24
Y208	22.07	Y250	11.53
Y209	20.32	Y252	11.38
Y210	16.31	Y253	24.47
Y211	21.79	Y254	22.63
Y212	26.38	Y255	21.69
Y213	24.51	Y256	24.70
Y216	22.81	Y257	19.49
Y217	13.56	Y258	26.46
Y218	31.31	Y259	18.84
Y219	17.37	Y260	20.65
Y220	12.87	Y261	26.26
Y224	14.11	Y262	21.83
Y226	20.97		

23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR uydu görüntüsü üzerine koordinat bilgileri kullanılarak test noktalarının lokasyonları girilmiştir. Her bir test noktasının isabet ettiği merkez piksel ve çevresindeki 9 adet piksele ait gerisaçılım (sigmanought) ortalaması hesaplanarak o noktalara ait nem değerleri ile ilişkilendirilmiştir. Böylece, oluşturulan istatistiksel analizler sonucunda bu döneme ait nem değerleri ile gerisaçılım değerleri arasındaki pozitif yönde ve istatistiksel olarak önemli düzeyde ilişki belirlenmiştir ($r=0.85$) (Şekil 7.3, Çizelge 7.6).



Şekil 7.3. Toprak nemi ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki

Çizelge 7.6. Toprak nemi ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü
sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistiksel verileri

Toprak Nemi (%)		Gerisaçılım	
Ortalama	18.92	Ortalama	-8.80
Standart Hata	0.64	Standart Hata	0.19
Ortanca	20.47	Ortanca	-8.67
Standart Sapma	7.28	Standart Sapma	2.11
Örnek Varyans	52.94	Örnek Varyans	4.47
Basıklık	-0.25	Basıklık	0.80
Çarpıklık	-0.60	Çarpıklık	-0.47
Aralık	32.24	Aralık	13.45
En Büyük	1.11	En Büyük	-16.28
En Küçük	33.35	En Küçük	-2.83

08 Haziran 2006 tarihli ENVISAT SAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 73 adet test noktasına gidilmiş ve 10-15cm derinliğindeki yüzey toprağının nem içeriği gravimetrik yöntem ile ölçülmek üzere örneklenmiştir. 4. dönem olan bu periyottaki test noktalarının nem değerleri en düşük %4.58 en yüksek %29.41 olduğu, ortalamanın ise %17 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7.7).

Çizelge 7.7. 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak
örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri

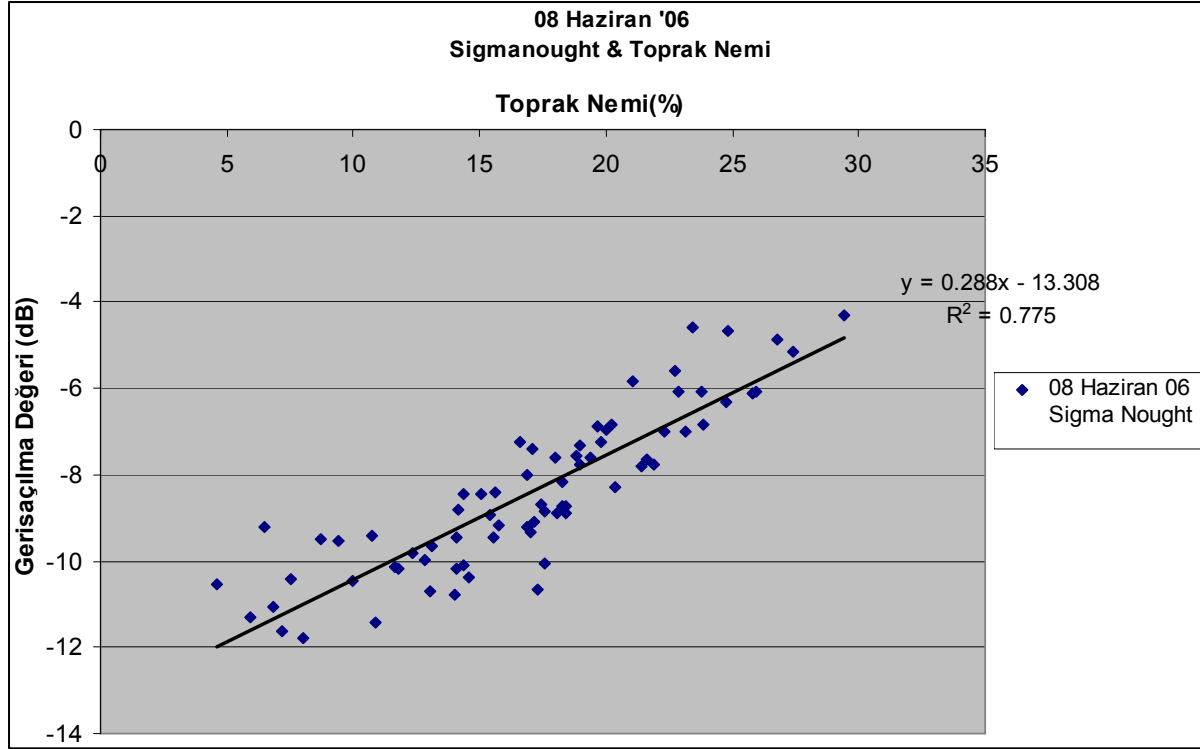
Örnek No*	Toprak Nemi (%)	Örnek No	Toprak Nemi (%)
H141	14.17	H203	8.73
H142	17.03	H205	17.96
H143	24.79	H206	23.14
H144	21.04	H208	18.40
H146	22.72	H209	15.74
H148	16.85	H210	14.05
H149	21.42	H211	21.58
H150	18.95	H212	27.43
H151	24.77	H213	22.33
H152	21.91	H215	17.08
H153	23.41	H216	19.63
H154	13.13	H217	7.99
H155	15.09	H218	20.03
H156	19.39	H219	14.36
H159	22.88	H220	13.05
H160	15.53	H224	6.51
H161	11.81	H226	17.54
H162	5.91	H227	18.26
H163	29.41	H229	14.56
H184	12.33	H230	14.01
H185	20.33	H231	15.59
H186	10.73	H232	14.11
H187	18.79	H233	20.19
H188	9.95	H234	17.26
H189	17.16	H235	7.15
H190	6.85	H236	4.58

*: 8 Haziran 2006 tarihinde alınan toprak örneklerine ait numaralar

Çizelge 7.7. Devamı

H192	25.80	H237	18.99
H193	18.07	H238	17.56
H194	25.94	H239	18.40
H195	23.84	H240	15.40
H196	18.26	H241	16.62
H197	23.76	H242	9.38
H198	16.87	H243	14.40
H199	12.81	H244	10.86
H200	17.44	H245	26.75
H201	7.56	H246	11.63
H202	19.82		

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak nem düzeylerindeki değişimler ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistikî olarak incelenmiş ve nem değerleri ile gerisaçılım değerleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir ilişki belirlenmiştir ($r=0.88$) (Şekil 7.4, Çizelge 7.8).



Şekil 7.4. Toprak nemi ile 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

Çizelge 7.8. Toprak nemi ile 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü
sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistiksel verileri

Toprak Nemi (%)		Gerisaçılım	
Ortalama	16.96	Ortalama	-8.42
Standart Hata	0.66	Standart Hata	0.21
Ortanca	17.26	Ortanca	-8.74
Standart Sapma	5.60	Standart Sapma	1.83
Örnek Varyans	31.36	Örnek Varyans	3.36
Basıklık	-0.38	Basıklık	-0.56
Çarpıklık	-0.14	Çarpıklık	0.33
Aralık	24.83	Aralık	7.48
En Büyük	4.58	En Büyük	-11.78
En Küçük	29.41	En Küçük	-4.30

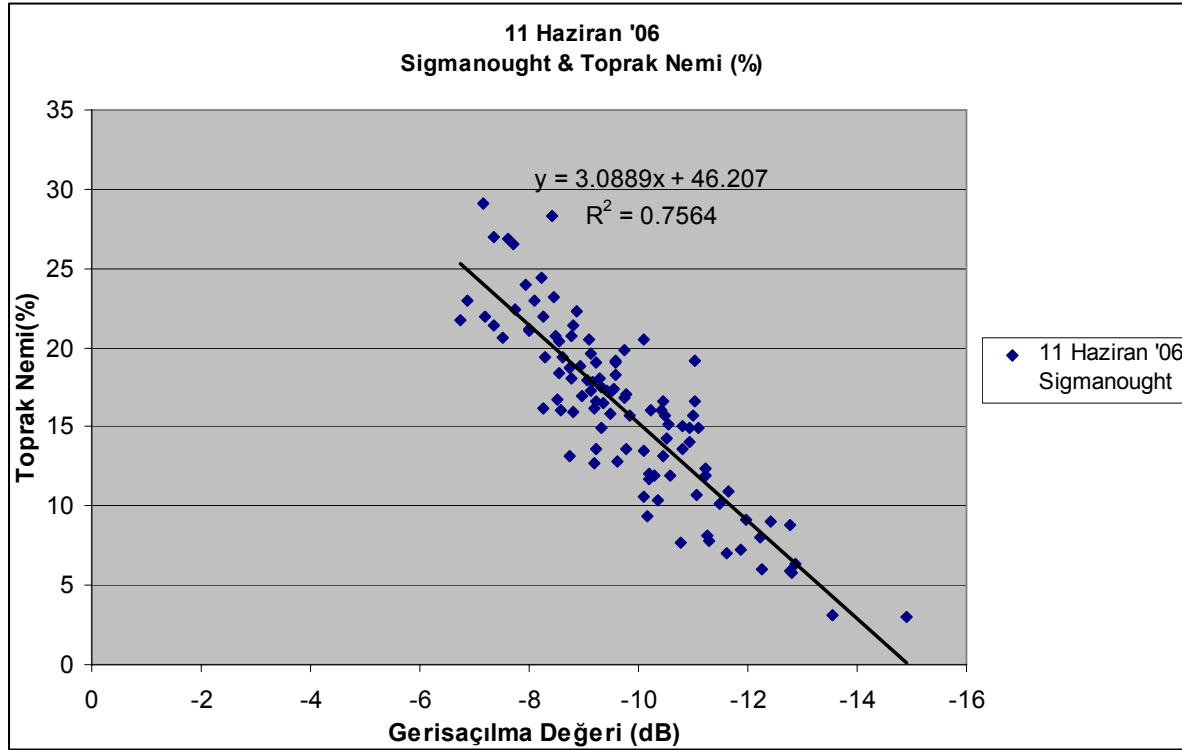
11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT SAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 106 adet test noktasına gidilmiş ve 10-15cm derinliğindeki yüzey toprağının nem içeriği gravimetrik yöntem ile ölçümlenmek üzere örneklenmiştir. 5. dönem olan bu periyottaki test noktalarının nem değerleri en düşük %3.05 en yüksek %29.04 olduğu, ortalamanın ise %16.05 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7.9).

Çizelge 7.9. 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak
örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri

Örnek No*	Toprak Nemi (%)	Örnek No	Toprak Nemi (%)	Örnek No	Toprak Nemi (%)
F001	21.72	F162	7.07	F208	21.92
F002	19.62	F163	28.29	F209	5.96
F003	15.86	F165	15.68	F210	7.83
F004	11.88	F166	19.43	F211	19.13
F007	16.13	F167	29.04	F212	26.52
F008	19.42	F170	20.49	F213	20.53
F011	16.60	F171	16.88	F215	20.38
F012	16.72	F172	17.91	F216	13.58
F013	21.37	F173	11.93	F217	7.29
F014	18.07	F174	10.71	F218	14.90
F015	17.84	F176	18.80	F220	9.16
F016	19.05	F177	12.71	F224	5.80
F017	17.06	F178	8.05	F226	17.24
F018	21.14	F179	21.44	F229	13.63
F019	14.31	F180	19.06	F230	11.87
F024	12.04	F184	16.62	F231	13.56
F025	12.83	F185	15.09	F232	13.48
F141	18.67	F186	17.34	F233	16.51
F142	14.98	F187	16.16	F234	16.03
F143	22.41	F188	17.29	F235	14.05
F144	23.93	F190	7.73	F236	6.37
F146	21.10	F192	20.57	F237	18.26
F147	18.35	F193	21.99	F238	15.69
F148	17.53	F194	18.07	F239	14.94
F149	23.17	F195	24.39	F240	10.17
F150	22.94	F196	19.22	F241	23.02
F151	20.72	F197	15.99	F242	8.77
F152	20.70	F198	10.90	F243	15.66
F153	12.35	F199	11.75	F244	10.60
F154	15.12	F200	16.06	F245	17.32
F155	26.92	F201	6.05	F246	8.18
F156	22.27	F202	19.81	F249	3.05
F159	9.06	F203	9.39	F250	13.21
F160	10.38	F205	16.96	F252	16.09
F161	13.16	F206	26.85	F262	3.16

*: 11 Haziran 2006 tarihinde alınan toprak örneklerine ait numaralar

Bu dönem için, toprak nem düzeylerindeki değişimler ile gerisaçılım değerleri arasındaki ilişkiler istatistikî olarak incelenmiş ve nem değerleri ile gerisaçılım değerleri arasında doğrusal ve önemli düzeyde istatistiksel bir ilişki belirlenmiştir ($r=0.87$), (Şekil 7.5, Çizelge 7.10).



Şekil 7.5. Toprak nemi ile 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

Çizelge 7.10. Toprak nemi ile 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü
sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistiksel verileri

Toprak Nemi		Gerisaçılım	
Ortalama	16.05	Ortalama	-9.76
Standart Hata	0.53	Standart Hata	0.15
Ortanca	16.56	Ortanca	-9.57
Standart Sapma	5.49	Standart Sapma	1.55
Örnek Varyans	30.19	Örnek Varyans	2.39
Basıklık	-0.19	Basıklık	0.37
Çarpıklık	-0.13	Çarpıklık	-0.55
Aralık	25.99	Aralık	8.16
En Büyük	3.05	En Büyük	-14.91
En Küçük	29.04	En Küçük	-6.75

01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT SAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 99 adet test noktasına gidilmiş ve 10-15cm derinliğindeki yüzey toprağının nem içeriği gravimetrik yöntem ile ölçümlenmek üzere örneklenmiştir. Bu periyottaki test noktalarının nem değerleri en düşük %2.43 en yüksek %47.70 olduğu, ortalamanın ise %17.19 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7.11).

Çizelge 7.11. 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri

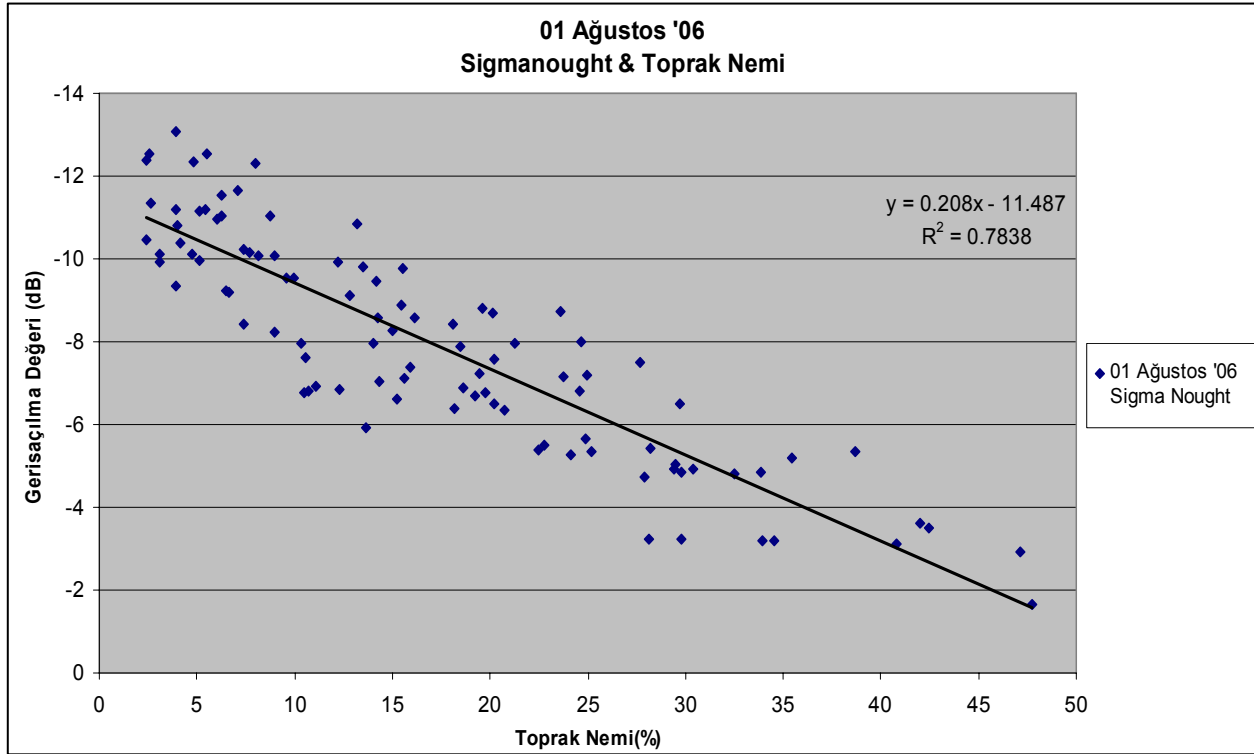
Örnek No*	Toprak Nemi(%)	Örnek No	Toprak Nemi(%)	Örnek No	Toprak Nemi(%)
A001	21.28	A024	3.90	A048	4.11
A002	16.12	A025	2.43	A049	11.07
A003	9.59	A026	8.01	A050	6.63
A004	8.98	A027	15.92	A077	18.10
A005	19.78	A028	15.47	A144	13.47
A006	42.50	A029	9.00	A146	12.22
A007	35.44	A030	9.96	A156	14.00
A008	15.57	A031	4.82	A163	7.40
A009	10.74	A032	2.55	A170	15.24
A010	29.73	A033	5.46	A198	24.16
A011	18.50	A034	7.70	A199	30.41
A012	14.16	A035	5.14	A200	33.96
A013	29.48	A036	8.11	A201	22.77
A014	27.67	A037	5.15	A206	6.47
A015	6.24	A038	3.94	A208	13.65
A016	38.71	A039	5.51	A209	3.12
A017	6.02	A040	47.70	A210	2.61
A018	18.65	A042	3.96	A211	12.28
A019	7.10	A043	8.77	A215	28.15
A020	4.78	A044	6.22	A216	47.17
A021	12.85	A045	2.44	A217	10.31
A022	19.64	A046	3.13	A218	29.78
A023	13.22	A047	10.49	A219	34.57
A220	19.43	A236	14.25	A246	20.72
A224	3.93	A237	24.95	A253	20.17
A227	22.44	A238	25.17	A254	24.59

*: 01Ağustos 2006 tarihinde alınan toprak örneklerine ait numaralar

Çizelge 7.11. Devamı

A229	24.67	A239	29.76	A255	19.27
A230	27.93	A240	32.48	A256	20.13
A231	24.92	A241	40.79	A258	20.24
A232	33.85	A242	15.59	A259	15.00
A233	14.35	A243	28.20	A260	23.57
A234	41.98	A244	18.16	A261	23.75
A235	7.40	A245	29.41		

Bu dönem için, toprak nem düzeylerindeki değişimler ile toprak nemi arasındaki ilişkiler istatistikî olarak incelenmiş ve nem değerleri ile gerisaçılım değerleri arasındaki pozitif ve önemli düzeyde bir ilişki belirlenmiştir ($r=0.89$), (Şekil 7.6, Çizelge 7.12).



Şekil 7.6. Toprak nemi ile 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

Çizelge 7.12. Toprak nemi ile 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü
sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistiksel verileri

Toprak Nemi		Gerisaçılım	
Ortalama	17.19	Ortalama	-7.91
Standart Hata	1.13	Standart Hata	0.27
Ortanca	15.24	Ortanca	-7.96
Standart Sapma	11.23	Standart Sapma	2.64
Örnek Varyans	126.09	Örnek Varyans	6.96
Basıklık	-0.14	Basıklık	-0.69
Çarpıklık	0.72	Çarpıklık	0.16
Aralık	45.27	Aralık	11.41
En Büyük	2.43	En Büyük	-13.06
En Küçük	47.70	En Küçük	-1.65

18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT SAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 73 adet test noktasına gidilmiş ve 10-15cm derinliğindeki yüzey toprağının nem içeriği gravimetrik yöntem ile ölçümlenmek üzere örneklenmiştir. 7. dönem olan bu periyottaki test noktalarının nem değerleri en düşük %0.69 en yüksek %49.61 olduğu, ortalamanın ise %17.39 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 7.13).

Çizelge 7.13. 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak
örneklenen topraklardaki gravimetrik nem değerleri

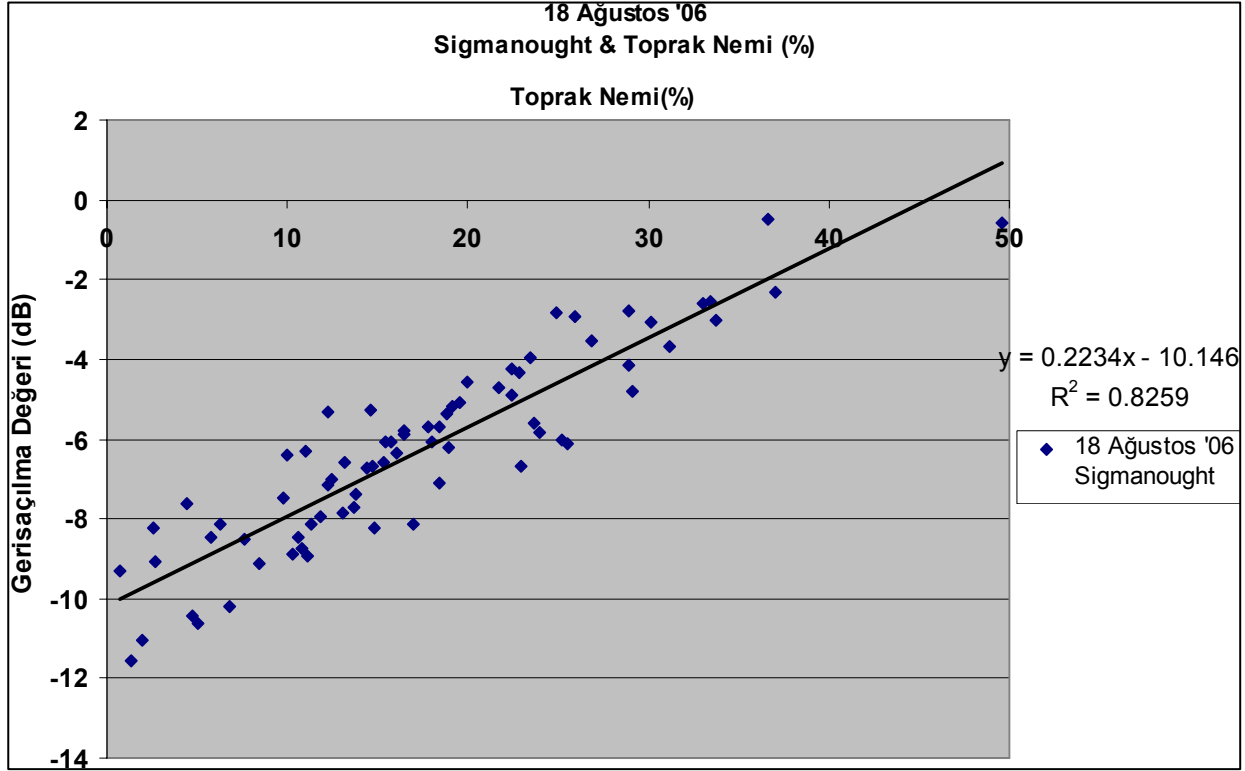
Örnek No*	Toprak Nemi (%)	Örnek No	Toprak Nemi (%)
B001	18.47	B022	10.84
B002	18.47	B023	12.49
B003	13.04	B024	23.50
B004	1.95	B025	5.80
B005	10.26	B026	14.82
B006	0.69	B027	21.74
B007	15.45	B028	24.93
B008	11.14	B029	14.40
B009	37.02	B030	25.88
B010	14.72	B031	4.76
B012	4.44	B032	1.37
B013	2.62	B077	25.17
B014	18.80	B153	22.41
B015	5.02	B155	9.79
B016	19.09	B156	13.20
B017	17.76	B159	6.26
B018	10.63	B160	17.99
B019	36.59	B161	13.64
B020	6.78	B163	33.76
B021	15.31	B197	16.07
B198	30.17	B235	16.45
B199	9.97	B236	15.73
B202	13.81	B238	11.35
B203	7.61	B239	22.39
B206	33.00	B240	10.98
B208	22.83	B241	49.60

*: 18 Ağustos 2006 tarihinde alınan toprak örneklerine ait numaralar

Çizelge 7.13. Devamı

Örnek No	Toprak Nemi (%)	Örnek No	Toprak Nemi (%)
B209	2.72	B244	33.43
B210	12.20	B245	26.84
B211	16.45	B246	25.52
B217	11.81	B253	23.93
B218	8.49	B254	29.07
B219	18.92	B257	22.90
B226	12.25	B258	23.70
B227	28.96	B259	16.96
B229	19.59	B260	31.18
B232	19.91	B261	28.93
B233	14.62		

Bu dönem için, toprak nem düzeylerindeki değişimler ile toprak nemi arasındaki ilişkiler istatistikî olarak incelenmiş ve nem değerleri ile gerisaçılım değerleri arasında pozitif ve önemli düzeyde istatistiksel bir ilişki belirlenmiştir ($r=0.91$), (Şekil 7.7, Çizelge 7.14).



Şekil 7.7. Toprak nemi ile 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

Çizelge 7.14. Toprak nemi ile 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü
sigmanought değerleri tanımlayıcı istatistiksel verileri

Toprak Nemi (%)		Gerisaçılım	
Ortalama	17.39	Ortalama	-6.26
Standart Hata	1.13	Standart Hata	0.28
Ortanca	16.07	Ortanca	-6.21
Standart Sapma	9.68	Standart Sapma	2.38
Örnek Varyans	93.77	Örnek Varyans	5.67
Basıklık	0.58	Basıklık	-0.16
Çarpıklık	0.63	Çarpıklık	0.14
Aralık	48.92	Aralık	11.08
En Büyük	0.69	En Büyük	-11.58
En Küçük	49.60	En Küçük	-0.50
Say	73	Say	73

7.2. SAR Uydu Görüntüleri İle Toprak Bünyesi İlişkileri

Toprak bünyesi veya başka bir anlatımla toprağın kum, mil ve kil içeriğinin oransal olarak dağılımı ile SAR görüntülerindeki gerisaçılım değerleri arasındaki istatistikî ilişki incelenmiştir. Bu amaçla öncelikli olarak RADARSAT-1 ve ENVISAT-ASAR uydu görüntülerinde betanought ve sigmanought dönüşümleri yapılmıştır.

7.2.1 RADARSAT-1 Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Bünyesi İlişkileri

4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 uydu görüntüsündeki gerisaçılıma değerlerinin toprak bünyesi ile ilişkilendirilmesi için, 03-06 Mayıs tarihleri arasında toprak bünyesi ölçümüne yönelik arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 54 adet test noktasında yaklaşık 0-30 cm derinliğindeki yüzey toprağından yaklaşık 1.5-2 kg toprak örneğı alınmış ve bu örneklerin E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü Laboratuvarları'nda analizleri yapılmıştır. Bu dönemde, Toprak örneklerinin bünye dağılımları incelendiğinde ise “Tın” ile “Kumlu tın” toprak bünyesinin başat olduğu görülmüştür (Çizelge 7.15, 7.16).

Çizelge 7. 15. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak
örneklenen toprakların bünye bilgileri

Örnek No	%Kum	%Mil	%Kil	Bünye
E077	57.28	35.84	6.88	kumlu tın
E111	84.56	0.72	14.72	kumlu tın
E143	19.28	40.72	40.00	milli kil
E146	25.28	40.72	34.00	killi tın
E150	27.28	46.72	26.00	tın
E152	23.28	34.72	42.00	kil
E153	25.28	40.72	34.00	killi tın
E154	23.28	36.72	40.00	kil
E155	25.28	34.72	40.00	kil
E159	37.28	42.72	20.00	tın
E161	45.28	34.00	20.72	tın
E166	17.28	42.00	40.72	milli kil
E170	37.28	46.00	16.72	tın
E171	35.28	44.72	20.00	tın
E174	69.28	22.00	8.72	kumlu tın
E176	53.28	32.36	14.36	kumlu tın
E178	53.28	36.36	10.36	kumlu tın
E179	35.28	48.36	16.36	tın
E184	41.28	42.36	16.36	tın
E188	35.28	46.36	18.36	tın
E192	17.28	30.36	52.36	kil
E193	19.28	42.36	38.36	milli killi tın
E195	23.28	40.36	36.36	killi tın
E198	29.28	46.36	24.36	tın
E199	73.28	18.36	8.36	kumlu tın
E201	41.28	44.00	14.72	tın
E202	45.28	42.00	12.72	tın
E203	49.28	40.00	10.72	tın
E206	39.28	44.00	16.72	tın
E208	43.28	44.00	12.72	tın
E213	24.56	46.72	28.72	killi tın
E216	41.28	42.00	16.72	tın

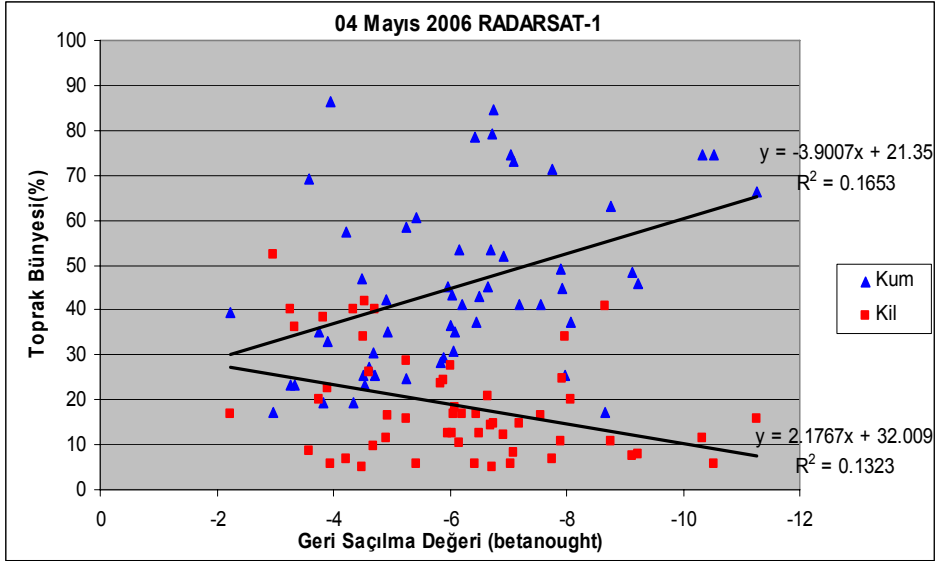
Çizelge 7. 15. Devamı

Örnek No	%Kum	%Mil	%Kil	Bünye
E217	71.28	22.00	6.72	kumlu tın
E224	62.92	26.36	10.72	kumlu tın
E226	30.92	52.36	16.72	milli tın
E228	42.92	44.36	12.72	tın
E231	44.92	30.36	24.72	tın
E232	32.92	44.36	22.72	tın
E235	74.40	20.00	5.60	kumlu tın
E237	48.40	44.00	7.60	tın
E239	36.40	36.00	27.60	killi tın
E240	28.40	48.00	23.60	tın
E242	74.40	14.00	11.60	kumlu tın
E244	42.40	46.00	11.60	tın
E246	66.40	18.00	15.60	kumlu tın
E249	74.40	20.00	5.60	kumlu tın
E253	30.40	60.00	9.60	milli tın
E254	78.40	16.00	5.60	tınlı kum
E255	47.12	48.00	4.88	kumlu tın
E256	46.00	46.00	8.00	kumlu tın
E257	51.84	36.00	12.16	kumlu tın
E258	60.40	34.00	5.60	kumlu tın
E259	79.12	16.00	4.88	kumlu
E260	58.40	26.00	15.60	kumlu tın

Çizelge 7.16. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye değerlerinin tanımlayıcı özet istatistiksel verileri

	Kum	Mil	Kil
Ortalama	44.45	36.61	18.94
Standart Hata	2.50	1.58	1.61
Ortanca	41.84	40.72	15.98
Standart Sapma	18.37	11.63	11.86
Örnek Varyans	337.47	135.21	140.70
Basıklık	-0.72	0.63	0.07
Çarpıklık	0.50	-0.92	0.96
Aralık	67.28	59.28	47.48
En Büyük	17.28	0.72	4.88
En Küçük	84.56	60	52.36

Bu dönem için, toprak bünye değerleri ile gerisaçılım değerleri arasındaki ilişkiler istatistikî olarak incelenmiş ve toprak bünyesi içerisindeki kum değerleri ile gerisaçılım değerleri arasında negatif yönde bir istatistiksel ilişki belirlenirken (korelasyon katsayısı:-0,5), kil değerleri ile gerisaçılım değerleri arasında pozitif yönde istatistiksel bir ilişki (korelasyon katsayısı: 0,4) belirlenmiştir (Şekil 7.8).



Şekil 7.8. Toprak bünyesi ile 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü
betanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki

28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 uydu görüntüsündeki gerisaçılım değerlerinin toprak bünyesi ile ilişkilendirilmesi için, 26–28 Mayıs tarihleri arasında toprak bünyesi ölçümüne yönelik arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 93 adet test noktasında yaklaşık 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağından yaklaşık 1.5–2 kg toprak örneğı alınmış ve bu örneklerin E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü Laboratuvarları’nda analizleri yapılmıştır. Bu dönemde, Toprak örneklerinin bünye dağılımları incelendiğinde, “Tın” ile “Kumlu tın” toprak bünyesinin başat olduğu görülmüştür (Çizelge 7.17, 7.18).

Çizelge 7.17. 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsüne eşzamanlı olarak
örneklenen toprakların bünye bilgileri

Örnek No	%Kum	%Mil	%Kil	Bünye
M141	45.28	28.72	26.00	tın
M142	35.28	40.72	24.00	tın
M143	19.28	40.72	40.00	milli kil
M144	23.28	44.72	32.00	killi tın
M146	25.28	40.72	34.00	killi tın
M147	25.28	44.72	30.00	killi tın
M148	53.28	30.72	16.00	kumlu tın
M149	27.28	50.72	22.00	milli tın
M150	27.28	46.72	26.00	tın
M151	23.28	42.72	34.00	killi tın
M152	23.28	34.72	42.00	kil
M153	25.28	40.72	34.00	killi tın
M154	23.28	36.72	40.00	kil
M155	25.28	34.72	40.00	kil
M156	23.28	40.72	36.00	killi tın
M159	37.28	42.72	20.00	tın
M160	43.28	36.72	20.00	tın
M161	45.28	34.00	20.72	tın
M163	17.28	34.00	48.72	kil
M165	17.28	42.00	40.72	milli kil
M166	17.28	42.00	40.72	milli kil
M167	31.28	40.00	28.72	killi tın
M170	37.28	46.00	16.72	tın
M171	35.28	44.72	20.00	tın
M172	37.28	42.00	20.72	tın
M173	29.28	50.00	20.72	tın
M174	69.28	22.00	8.72	kumlu tın
M176	53.28	32.36	14.36	kumlu tın
M177	45.28	34.36	20.36	tın
M178	53.28	36.36	10.36	kumlu tın
M179	35.28	48.36	16.36	tın
M180	31.28	54.36	14.36	milli tın
M184	41.28	42.36	16.36	tın
M185	35.28	44.36	20.36	tın

Çizelge 7.17 Devamı

Örnek No	%Kum	%Mil	%Kil	Bünye
M186	39.28	42.36	18.36	tın
M187	43.28	42.36	14.36	tın
M188	35.28	46.36	18.36	tın
M189	27.28	54.36	18.36	milli tın
M190	43.28	42.36	14.36	tın
M192	17.28	30.36	52.36	kil
M193	19.28	42.36	38.36	milli killi tın
M194	23.28	42.36	34.36	killi tın
M195	23.28	40.36	36.36	killi tın
M196	23.28	50.36	26.36	killi tın
M197	33.28	36.36	30.36	killi tın
M199	73.28	18.36	8.36	kumlu tın
M200	73.28	12.36	14.36	kumlu tın
M201	41.28	44.00	14.72	tın
M202	45.28	42.00	12.72	tın
M203	49.28	40.00	10.72	tın
M205	47.28	38.00	14.72	tın
M206	39.28	44.00	16.72	tın
M208	43.28	44.00	12.72	tın
M209	35.28	54.00	10.72	milli tın
M210	77.28	16.00	6.72	tınlı kum
M211	37.28	52.00	10.72	milli tın
M212	25.28	36.00	38.72	killi tın
M213	24.56	46.72	28.72	killi tın
M215	37.28	48.00	14.72	tın
M217	71.28	22.00	6.72	kumlu tın
M218	49.28	34.00	16.72	tın
M219	49.28	36.00	14.72	tın
M220	57.28	28.00	14.72	kumlu tın
M224	62.92	26.36	10.72	kumlu tın
M226	30.92	52.36	16.72	milli tın
M227	38.92	40.36	20.72	tın
M228	42.92	44.36	12.72	tın
M229	46.92	44.36	8.72	tın

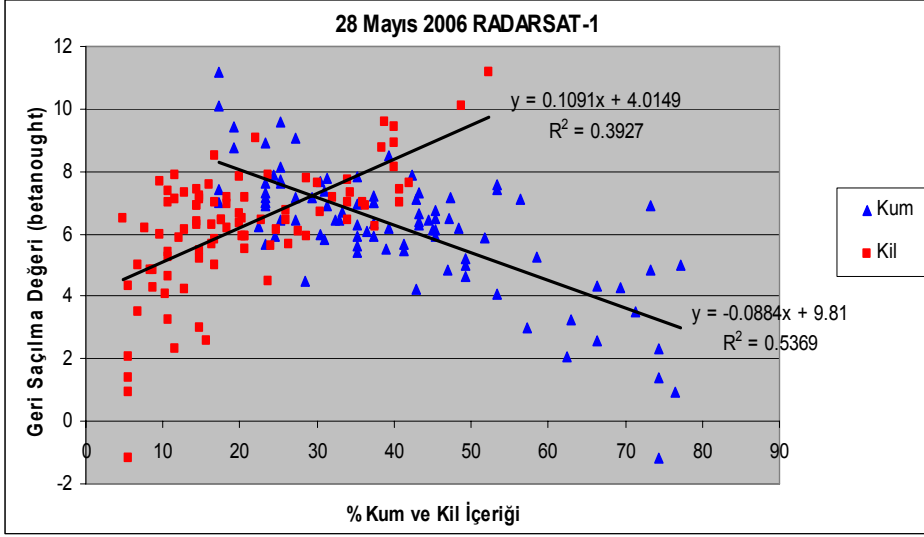
Çizelge 7.17 Devamı

Örnek No	%Kum	%Mil	%Kil	Bünye
M230	58.56	30.72	10.72	kumlu tın
M231	44.92	30.36	24.72	tın
M232	32.92	44.36	22.72	tın
M233	30.92	58.36	10.72	milli tın
M234	42.92	42.36	14.72	tın
M235	74.40	20.00	5.60	kumlu tın
M236	76.40	18.00	5.60	tınlı kum
M237	48.40	44.00	7.60	tın
M238	56.40	32.00	11.60	kumlu tın
M239	36.40	36.00	27.60	killi tın
M240	28.40	48.00	23.60	tın
M241	22.40	40.00	37.60	killi tın
M242	74.40	14.00	11.60	kumlu tın
M243	44.40	38.00	17.60	tın
M244	42.40	46.00	11.60	tın
M245	24.40	52.00	23.60	milli tın
M246	66.40	18.00	15.60	kumlu tın
M249	74.40	20.00	5.60	kumlu tın
M250	66.40	28.00	5.60	kumlu tın
M252	62.40	32.00	5.60	kumlu tın
M253	30.40	60.00	9.60	milli tın
M254	30.40	60.00	9.60	milli tın
M255	47.12	48.00	4.88	kumlu tın
M257	51.84	36.00	12.16	kumlu tın
M261	86.40	8.00	5.60	tınlı kum
M262	32.40	50.00	17.60	tın

Çizelge 7.18. 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri

	Kum	Mil	Kil
Ortalama	40.48	39.21	20.30
Standart Hata	1.66	1.06	1.15
Ortanca	37.28	40.72	16.72
Kip	23.28	42.36	10.72
Standart Sapma	16.02	10.25	11.10
Örnek Varyans	256.64	104.96	123.30
Basıklık	-0.26	0.28	-0.09
Çarpıklık	0.70	-0.59	0.82
Aralık	60.00	47.64	47.48
En Büyük	17.28	12.36	4.88
En Küçük	77.28	60.00	52.36

Bu dönem için, toprak bünye değerleri ile gerisaçılım değerleri arasındaki ilişkiler istatistikî olarak incelenmiş ve kum değerleri ile gerisaçılım değerleri arasındaki korelasyon katsayısı -0,73 olup negatif yönlü kuvvetli bir ilişki belirlenmiş, kil değerleri ile gerisaçılım değerleri arasındaki korelasyon katsayısı ise 0,63 olup pozitif yönlü ve kuvvetli bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 7.9).



Şekil 7.9. Toprak bünyesi ile 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü betanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki

7.2.2 ENVISAT ASAR Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Bünyesi İlişkileri

Toprak bünyesi ile gerisaçılım değerleri arasında ilişkilerin incelenebilmesi için temin edilen ENVISAT-ASAR görüntüleri, 23 Mayıs, 08 Haziran, 11 Haziran, 01 Ağustos ve 18 Ağustos tarihlerinde olmak üzere toplam beş adet görüntü üzerinde çalışılmıştır. Bu görüntülerin çekim tarihleri ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarıyla belirlenen toprak bünyesinin %kum, %mil, %kil değerleri ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler aşağıda verilmiştir.

23 Mayıs tarihli ENVISAT ASAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 130 adet test noktasına gidilmiş ve 0-30cm derinliğindeki yüzey toprağından alınan örneklerin toprak bünye analizleri yapılmıştır. Toprak örneklerinin bünye dağılımları incelendiğinde “Kumlu tın” ile “Tın” bünyenin başat olduğu görülmüştür (Çizelge 7.19, 7.20).

Çizelge 7.19. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak
örneklenen toprakların bünye bilgileri

Örnek No	% Kum	% Mil	% Kil	Değerlendirme
Y001	22.40	49.44	28.16	killi tın
Y002	18.40	30.72	50.88	kil
Y003	40.40	11.44	48.16	kil
Y004	18.40	28.72	52.88	kil
Y005	52.40	32.72	14.88	kumlu tın
Y007	60.40	28.72	10.88	kumlu tın
Y008	38.40	24.72	36.88	killi tın
Y009	50.40	36.72	12.88	tın
Y010	48.40	36.72	14.88	tın
Y011	48.40	38.72	12.88	tın
Y012	84.40	12.72	2.88	tınlı kum
Y014	46.40	39.44	14.16	tın
Y016	52.40	29.44	18.16	kumlu tın
Y017	48.40	42.72	8.88	tın
Y018	32.40	45.44	22.16	tın
Y019	56.40	31.44	12.16	kumlu tın
Y020	60.40	29.44	10.16	kumlu tın
Y021	54.40	37.44	8.16	kumlu tın
Y022	66.40	25.44	8.16	kumlu tın
Y023	52.40	39.44	8.16	kumlu tın
Y024	26.40	51.44	22.16	milli tın
Y025	50.40	33.44	16.16	tın
Y026	32.40	45.44	22.16	tın
Y027	46.40	43.44	10.16	tın
Y028	50.40	33.44	16.16	tın
Y029	44.40	33.44	22.16	tın
Y030	48.40	41.44	10.16	tın
Y031	61.12	26.00	12.88	kumlu tın
Y032	37.12	40.00	22.88	tın
Y033	49.12	36.00	14.88	tın
Y034	71.12	26.00	2.88	kumlu tın
Y035	75.12	22.00	2.88	tınlı kum

Çizelge 7.19. Devamı

Örnek No	% Kum	% Mil	% Kil	Değerlendirme
Y077	57.28	35.84	6.88	kumlu tın
Y141	45.28	28.72	26.00	tın
Y142	35.28	40.72	24.00	tın
Y143	19.28	40.72	40.00	milli kil
Y144	23.28	44.72	32.00	killi tın
Y146	25.28	40.72	34.00	killi tın
Y147	25.28	44.72	30.00	killi tın
Y148	53.28	30.72	16.00	kumlu tın
Y149	27.28	50.72	22.00	milli tın
Y150	27.28	46.72	26.00	tın
Y151	23.28	42.72	34.00	killi tın
Y152	23.28	34.72	42.00	kil
Y153	25.28	40.72	34.00	killi tın
Y154	23.28	36.72	40.00	kil
Y155	25.28	34.72	40.00	kil
Y156	23.28	40.72	36.00	killi tın
Y159	37.28	42.72	20.00	tın
Y160	43.28	36.72	20.00	tın
Y161	45.28	34.00	20.72	tın
Y163	17.28	34.00	48.72	kil
Y165	17.28	42.00	40.72	milli kil
Y166	17.28	42.00	40.72	milli kil
Y167	31.28	40.00	28.72	killi tın
Y170	37.28	46.00	16.72	tın
Y171	35.28	44.72	20.00	tın
Y172	37.28	42.00	20.72	tın
Y173	29.28	50.00	20.72	tın
Y176	53.28	32.36	14.36	kumlu tın
Y177	45.28	34.36	20.36	tın
Y178	53.28	36.36	10.36	kumlu tın
Y179	35.28	48.36	16.36	tın
Y180	31.28	54.36	14.36	milli tın
Y184	41.28	42.36	16.36	tın
Y185	35.28	44.36	20.36	tın

Çizelge 7.19. Devamı

Örnek No	% Kum	% Mil	% Kil	Değerlendirme
Y187	43.28	42.36	14.36	tın
Y188	35.28	46.36	18.36	tın
Y189	27.28	54.36	18.36	milli tın
Y190	43.28	42.36	14.36	tın
Y192	17.28	30.36	52.36	kil
Y193	19.28	42.36	38.36	milli killi tın
Y194	23.28	42.36	34.36	killi tın
Y195	23.28	40.36	36.36	killi tın
Y196	23.28	50.36	26.36	killi tın
Y197	33.28	36.36	30.36	killi tın
Y198	29.28	46.36	24.36	tın
Y199	73.28	18.36	8.36	kumlu tın
Y200	73.28	12.36	14.36	kumlu tın
Y201	41.28	44.00	14.72	tın
Y202	45.28	42.00	12.72	tın
Y203	49.28	40.00	10.72	tın
Y205	47.28	38.00	14.72	tın
Y206	39.28	44.00	16.72	tın
Y208	43.28	44.00	12.72	tın
Y209	35.28	54.00	10.72	milli tın
Y210	77.28	16.00	6.72	tınlı kum
Y211	37.28	52.00	10.72	milli tın
Y212	25.28	36.00	38.72	killi tın
Y213	24.56	46.72	28.72	killi tın
Y215	37.28	48.00	14.72	tın
Y216	41.28	42.00	16.72	tın
Y217	71.28	22.00	6.72	kumlu tın
Y218	49.28	34.00	16.72	tın
Y219	49.28	36.00	14.72	tın
Y220	57.28	28.00	14.72	kumlu tın
Y224	62.92	26.36	10.72	kumlu tın
Y226	30.92	52.36	16.72	milli tın
Y227	38.92	40.36	20.72	tın

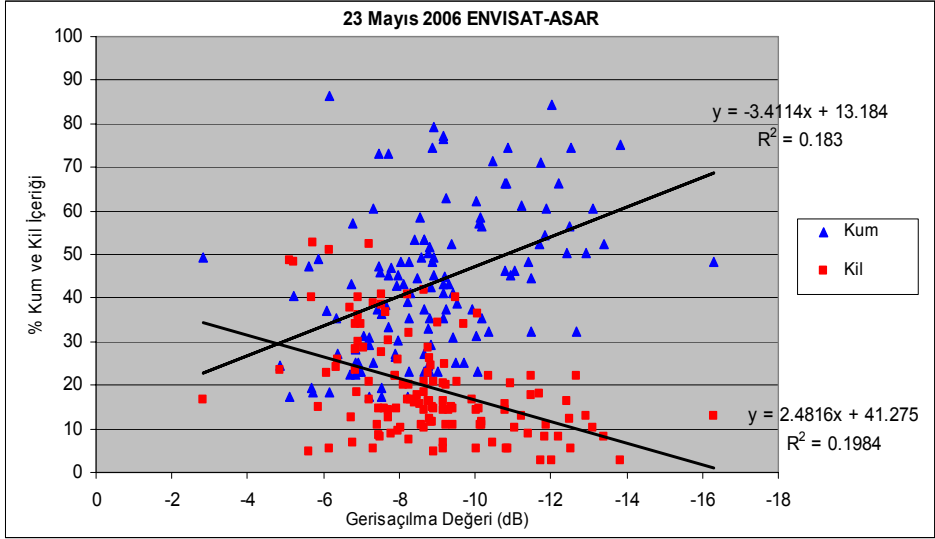
Çizelge 7.19. Devamı

Örnek No	% Kum	% Mil	% Kil	Değerlendirme
Y229	46.92	44.36	8.72	tın
Y230	58.56	30.72	10.72	kumlu tın
Y231	44.92	30.36	24.72	tın
Y232	32.92	44.36	22.72	tın
Y233	30.92	58.36	10.72	milli tın
Y234	42.92	42.36	14.72	tın
Y235	74.40	20.00	5.60	kumlu tın
Y236	76.40	18.00	5.60	tınlı kum
Y237	48.40	44.00	7.60	tın
Y238	56.40	32.00	11.60	kumlu tın
Y239	36.40	36.00	27.60	killi tın
Y240	28.40	48.00	23.60	tın
Y241	22.40	40.00	37.60	killi tın
Y242	74.40	14.00	11.60	kumlu tın
Y243	44.40	38.00	17.60	tın
Y244	42.40	46.00	11.60	tın
Y245	24.40	52.00	23.60	milli tın
Y246	66.40	18.00	15.60	kumlu tın
Y249	74.40	20.00	5.60	kumlu tın
Y250	66.40	28.00	5.60	kumlu tın
Y252	62.40	32.00	5.60	kumlu tın
Y253	30.40	60.00	9.60	milli tın
Y255	47.12	48.00	4.88	kumlu tın
Y256	46.00	46.00	8.00	kumlu tın
Y257	51.84	36.00	12.16	kumlu tın
Y258	60.40	34.00	5.60	kumlu tın
Y259	79.12	16.00	4.88	kumlu
Y260	58.40	26.00	15.60	kumlu tın
Y261	86.40	8.00	5.60	tınlı kum
Y262	32.40	50.00	17.60	tın

Çizelge 7.20. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprak bünye değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri

	Kum	Mil	Kil
Ortalama	43.30	37.33	19.37
Standart Hata	1.47	0.92	1.03
Ortanca	43.28	39.44	16.16
Standart Sapma	16.67	10.41	11.65
Örnek Varyans	278.05	108.32	135.78
Basıklık	-0.39	0.20	0.42
Çarpıklık	0.50	-0.60	1.00
Aralık	69.12	52	50.00
En Büyük	17.28	8	2.88
En Küçük	86.4	60	52.88

23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT ASAR uydu görüntüsü üzerine koordinat bilgileri kullanılarak test noktalarının lokasyonları girilmiştir. Her bir test noktasının isabet ettiği merkez piksel ve çevresindeki 9 adet piksele ait gerisaçılım (sigmanought) ortalaması hesaplanarak belirlenen noktalara ait toprak bünye dağılım değerleri ile ilişkilendirilmiştir. Böylece, oluşturulan istatistikî analizler sonucunda bu döneme ait toprak bünyesine ait % Kum değerleri ile gerisaçılım değerleri arasında negatif bir ilişki ($r = -0.5$), % Kil içeriği ile pozitif yönde ($r = 0.5$) ve önemli düzeyde doğrusal bir istatistikî ilişki olduğu belirlenmiştir (Şekil 7.10).



Şekil 7.10. Toprak bünyesi ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

08 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 73 adet test noktasına gidilmiş ve 0-30cm derinliğindeki yüzey toprağının bünye içeriğini belirlemek üzere örneklenmiştir. 4. dönem olan bu periyottaki test noktalarından alınan toprak örneklerinin bünye dağılımları incelendiğinde “Killi tın” ile “Tın” bünyenin başat olduğu görülmüştür (Çizelge 7.21, 7.22).

Çizelge 7.21. 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak
örneklenen toprakların bünye bilgileri

Örnek No	% Kum	% Mil	% Kil	Bünye
H141	45.28	28.72	26.00	tın
H142	35.28	40.72	24.00	tın
H143	19.28	40.72	40.00	milli kil
H144	23.28	44.72	32.00	killi tın
H146	25.28	40.72	34.00	killi tın
H148	53.28	30.72	16.00	kumlu tın
H149	27.28	50.72	22.00	milli tın
H150	27.28	46.72	26.00	tın
H151	23.28	42.72	34.00	killi tın
H152	23.28	34.72	42.00	kil
H153	25.28	40.72	34.00	killi tın
H154	23.28	36.72	40.00	kil
H155	25.28	34.72	40.00	kil
H156	23.28	40.72	36.00	killi tın
H159	37.28	42.72	20.00	tın
H160	43.28	36.72	20.00	tın
H161	45.28	34.00	20.72	tın
H162	19.28	46.00	34.72	milli tın
H163	17.28	34.00	48.72	kil
H184	41.28	42.36	16.36	tın
H185	35.28	44.36	20.36	tın
H186	39.28	42.36	18.36	tın
H187	43.28	42.36	14.36	tın
H188	35.28	46.36	18.36	tın
H189	27.28	54.36	18.36	milli tın
H190	43.28	42.36	14.36	tın
H192	17.28	30.36	52.36	kil

Çizelge 7.21. Devamı

Örnek No	% Kum	% Mil	% Kil	Bünye
H193	19.28	42.36	38.36	milli killi tın
H194	23.28	42.36	34.36	killi tın
H195	23.28	40.36	36.36	killi tın
H196	23.28	50.36	26.36	killi tın
H197	33.28	36.36	30.36	killi tın
H198	29.28	46.36	24.36	tın
H199	73.28	18.36	8.36	kumlu tın
H200	73.28	12.36	14.36	kumlu tın
H201	41.28	44.00	14.72	tın
H202	45.28	42.00	12.72	tın
H203	49.28	40.00	10.72	tın
H205	47.28	38.00	14.72	tın
H206	39.28	44.00	16.72	tın
H208	43.28	44.00	12.72	tın
H209	35.28	54.00	10.72	milli tın
H210	77.28	16.00	6.72	tınlı kum
H211	37.28	52.00	10.72	milli tın
H212	25.28	36.00	38.72	killi tın
H213	24.56	46.72	28.72	killi tın
H215	37.28	48.00	14.72	tın
H218	49.28	34.00	16.72	tın
H217	71.28	22.00	6.72	kumlu tın
H224	62.92	26.36	10.72	tın
H226	30.92	52.36	16.72	tın
H227	38.92	40.36	20.72	kumlu tın
H229	46.92	44.36	8.72	kumlu tın
H230	58.56	30.72	10.72	milli tın
H231	44.92	30.36	24.72	tın
H232	32.92	44.36	22.72	tın

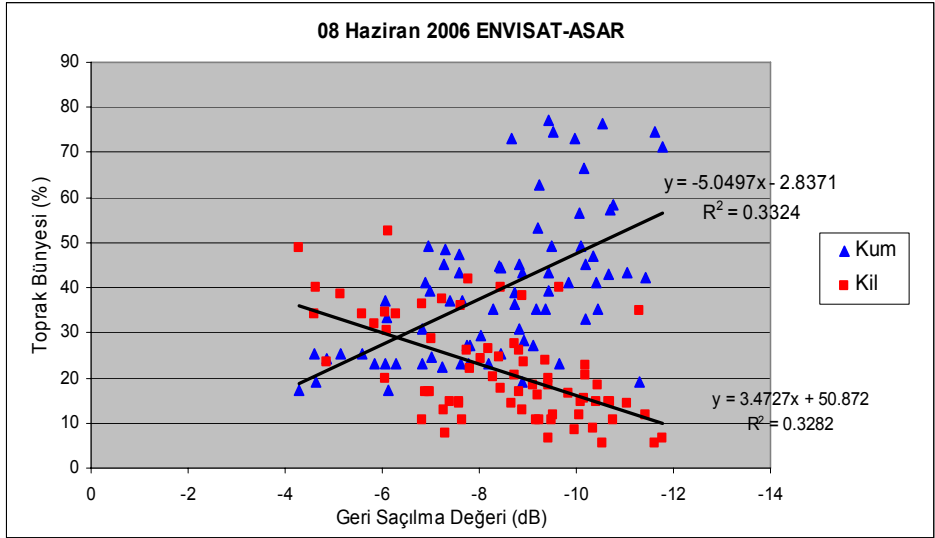
Çizelge 7.21. Devamı

Örnek No	% Kum	% Mil	% Kil	Bünye
H233	30.92	58.36	10.72	kumlu tın
H234	42.92	42.36	14.72	tın
H235	74.40	20.00	5.60	tın
H236	76.40	18.00	5.60	milli tın
H237	48.40	44.00	7.60	tın
H238	56.40	32.00	11.60	kumlu tın
H239	36.40	36.00	27.60	tınlı kum
H240	28.40	48.00	23.60	tın
H241	22.40	40.00	37.60	kumlu tın
H242	74.40	14.00	11.60	killi tın
H243	44.40	38.00	17.60	tın
H244	42.40	46.00	11.60	tın
H245	24.40	52.00	23.60	milli tın

Çizelge 7.22. 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprak bünye değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri

	Kum	Mil	Kil
Ortalama	39.71	38.68	21.61
Standart Hata	1.88	1.17	1.30
Standart Sapma	16.04	9.98	11.10
Örnek Varyans	257.43	99.50	123.30
Basıklık	-0.05	0.48	-0.25
Çarpıklık	0.80	-0.82	0.73
Aralık	60.00	46.00	46.76
En Büyük	17.28	12.36	5.60
En Küçük	77.28	58.36	52.36

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak bünyesi değerleri ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistikî olarak incelenmiş ve toprak bünyesi kum içeriği ile gerisaçılım değerleri arasında negatif yönde doğrusal ve önemli düzeyde ilişki belirlenmiş ($r=-0,58$), kil içeriği ile gerisaçılım değerleri arasında ise pozitif yönde, doğrusal ve önemli düzeyde bir istatistikî ilişki saptanmıştır ($r=0.57$) (Şekil 7.11).



Şekil 7.11. Toprak bünyesi ile 08 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT SAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 106 adet test noktasında 0-30 cm derinliğindeki yüzey toprağının % kum, %mil ve % kil değerlerini belirlemek üzere örneklemeler yapılmıştır. 5. dönem olan bu periyottaki test noktalarından alınan toprak örneklerinin bünye dağılımlarına bakıldığında, “Kumlu tın” ile “Tın” bünyenin başat olduğu görülmüştür (Çizelge 7.23, 7.24).

Çizelge 7.23. 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye bilgileri

Örnek No	% Kum	% Mil	% Kil	Bünye
F001	50.40	36.72	12.88	tın
F002	40.40	44.72	14.88	tın
F003	70.40	18.00	11.60	kumlu tın
F004	74.40	14.00	11.60	kumlu tın
F007	64.40	24.00	11.60	kumlu tın
F008	42.40	40.00	17.60	tın
F011	50.40	36.00	13.60	tın
F012	56.40	32.00	11.60	kumlu tın
F013	30.40	46.00	23.60	tın
F014	38.40	48.00	13.60	tın
F015	32.40	46.00	21.60	tın
F016	52.40	34.00	13.60	kumlu tın
F017	40.40	40.00	19.60	tın
F018	36.40	46.00	17.60	tın
F019	60.40	26.00	13.60	kumlu tın
F024	44.40	36.72	18.88	tın
F025	50.40	34.72	14.88	tın
F141	45.28	28.72	26.00	tın
F142	35.28	40.72	24.00	tın
F143	19.28	40.72	40.00	milli kil

Çizelge 7.23. Devamı

Örnek No	% Kum	% Mil	% Kil	Bünye
F144	23.28	44.72	32.00	killi tın
F146	25.28	40.72	34.00	killi tın
F147	25.28	44.72	30.00	killi tın
F148	53.28	30.72	16.00	kumlu tın
F149	27.28	50.72	22.00	milli tın
F150	27.28	46.72	26.00	tın
F151	23.28	42.72	34.00	killi tın
F152	23.28	34.72	42.00	kil
F153	25.28	40.72	34.00	killi tın
F154	23.28	36.72	40.00	kil
F155	25.28	34.72	40.00	kil
F156	23.28	40.72	36.00	killi tın
F159	37.28	42.72	20.00	tın
F160	43.28	36.72	20.00	tın
F161	45.28	34.00	20.72	tın
F162	19.28	46.00	34.72	milli killi tın
F163	17.28	34.00	48.72	kil
F165	17.28	42.00	40.72	milli kil
F166	17.28	42.00	40.72	milli kil
F167	31.28	40.00	28.72	killi tın
F170	37.28	46.00	16.72	tın
F171	35.28	44.72	20.00	tın
F172	37.28	42.00	20.72	tın
F173	29.28	50.00	20.72	tın
F174	69.28	22.00	8.72	kumlu tın
F176	53.28	32.36	14.36	kumlu tın
F177	45.28	34.36	20.36	tın
F178	53.28	36.36	10.36	kumlu tın
F179	35.28	48.36	16.36	tın
F180	31.28	54.36	14.36	milli tın
F184	41.28	42.36	16.36	tın
F185	35.28	44.36	20.36	tın
F186	39.28	42.36	18.36	tın

Çizelge 7.23. Devamı

Örnek No	% Kum	% Mil	% Kil	Bünye
F187	43.28	42.36	14.36	tın
F188	35.28	46.36	18.36	tın
F190	43.28	42.36	14.36	tın
F192	17.28	30.36	52.36	kil
F193	19.28	42.36	38.36	killi tın
F194	23.28	42.36	34.36	killi tın
F195	23.28	40.36	36.36	killi tın
F196	23.28	50.36	26.36	killi tın
F197	33.28	36.36	30.36	killi tın
F198	29.28	46.36	24.36	tın
F199	73.28	18.36	8.36	kumlu tın
F200	73.28	12.36	14.36	kumlu tın
F201	41.28	44.00	14.72	tın
F202	45.28	42.00	12.72	tın
F203	49.28	40.00	10.72	tın
F205	47.28	38.00	14.72	tın
F206	39.28	44.00	16.72	tın
F208	43.28	44.00	12.72	tın
F209	35.28	54.00	10.72	milli tın
F210	77.28	16.00	6.72	tınlı kum
F211	37.28	52.00	10.72	milli tın
F212	25.28	36.00	38.72	killi tın
F213	24.56	46.72	28.72	killi tın
F215	37.28	48.00	14.72	tın
F216	41.28	42.00	16.72	tın
F217	71.28	22.00	6.72	kumlu tın
F218	49.28	34.00	16.72	tın
F220	49.28	36.00	14.72	tın
F224	62.92	26.36	10.72	kumlu tın
F226	30.92	52.36	16.72	milli tın
F229	46.92	44.36	8.72	tın
F230	58.56	30.72	10.72	kumlu tın
F231	44.92	30.36	24.72	tın
F232	32.92	44.36	22.72	tın

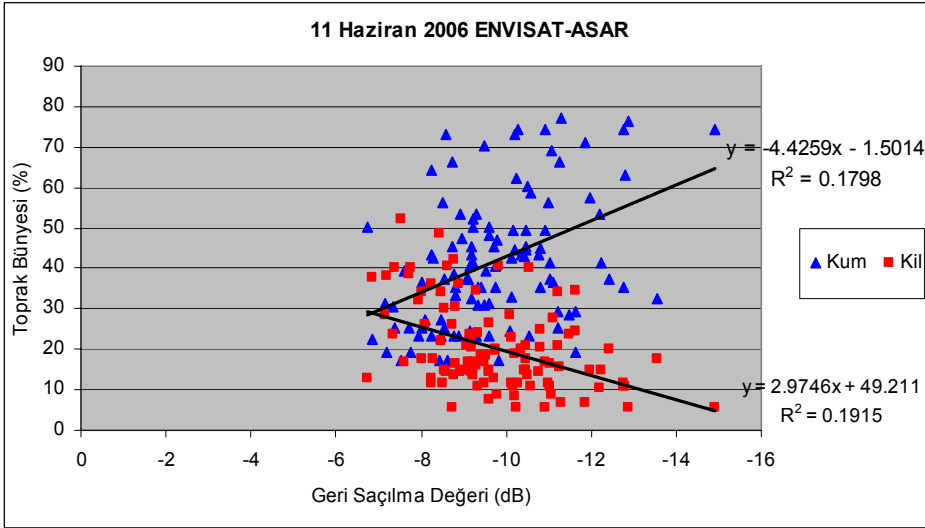
Çizelge 7.23. Devamı

Örnek No	% Kum	% Mil	% Kil	Bünye
F233	30.92	58.36	10.72	milli tın
F234	42.92	42.36	14.72	tın
F235	74.40	20.00	5.60	kumlu tın
F236	76.40	18.00	5.60	tınlı kum
F237	48.40	44.00	7.60	tın
F238	56.40	32.00	11.60	kumlu tın
F239	36.40	36.00	27.60	killi tın
F240	28.40	48.00	23.60	tın
F241	22.40	40.00	37.60	killi tın
F242	74.40	14.00	11.60	kumlu tın
F243	44.40	38.00	17.60	tın
F244	42.40	46.00	11.60	tın
F245	24.40	52.00	23.60	milli tın
F246	66.40	18.00	15.60	kumlu tın
F249	74.40	20.00	5.60	kumlu tın
F250	66.40	28.00	5.60	kumlu tın
F252	62.40	32.00	5.60	kumlu tın
F262	32.40	50.00	17.60	tın

Çizelge 7.24. 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprak bünye değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri

Toprak Bünyesi	Kum	Mil	Kil
Standart Hata	1.57	0.96	1.02
Standart Sapma	16.15	9.90	10.52
Örnek Varyans	260.77	97.98	110.58
Basıklık	-0.49	0.16	0.20
Çarpıklık	0.57	-0.76	0.93
Aralık	60.00	46.00	46.76
En Büyük	17.28	12.36	5.60
En Küçük	77.28	58.36	52.36

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak bünyesine ait oransal (%) olarak belirlenen kum, mil ve kil değerleri ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistikî olarak incelenmiş ve toprak bünyesi içerisindeki kum değerleri ile gerisaçılım değerleri arasında negatif yönde ($r=-0,42$), kil değerleri arasında ise pozitif ($r=0.44$) bir ilişki belirlenirken istatistiksel açıdan yeterli düzeye ulaşamamıştır (Şekil 7.12).



Şekil 7.12. Toprak bünyesi ile 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiki ilişki

01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT SAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 99 adet test noktasında yaklaşık 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağından yaklaşık 1.5–2 kg toprak örneğı alınmış ve bu örneklerin E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü Laboratuvarları’nda analizleri yapılmıştır. Toprak örneklerinin bünye dağılımları incelendiğinde çoğunlukla “Kumlu tın” ile “Tın” toprak bünyesinin başat olduğu görülmüştür (Çizelge 7.25, 7.26).

Çizelge 7.25. 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye bilgileri

Örnek No	%Kum	%Mil	%Kil	Bünye
A001	33.12	36.00	30.88	killi tın
A002	47.12	36.00	16.88	tın
A003	35.12	48.00	16.88	tın
A004	55.12	26.00	18.88	kumlu tın
A005	37.12	32.00	30.88	killi tın
A006	33.12	18.00	48.88	kil
A008	23.12	28.00	48.88	kil
A009	23.12	34.00	42.88	kil
A010	21.12	34.00	44.88	kil
A011	27.12	24.00	48.88	kil
A012	23.84	28.00	48.16	kil
A013	21.84	36.00	42.16	kil
A014	23.84	34.00	42.16	kil
A015	25.84	42.00	32.16	killi tın
A016	47.84	38.00	14.16	tın
A017	33.84	56.00	10.16	milli tın
A018	51.84	34.00	14.16	tın
A019	25.84	48.00	26.16	tın
A020	45.84	26.00	28.16	kumlu killi tın
A021	61.84	26.00	12.16	kumlu tın

Çizelge 7.25. Devamı

Örnek No	%Kum	%Mil	%Kil	Bünye
A022	25.84	50.00	24.16	milli tın
A023	47.84	34.00	18.16	kın
A024	67.84	22.00	10.16	kumlu tın
A025	71.84	20.00	8.16	kumlu tın
A026	49.84	38.00	12.16	kın
A027	49.84	42.00	8.16	kumlu tın
A028	69.84	20.00	10.16	kın
A029	45.84	36.00	18.16	kın
A030	33.84	44.00	22.16	killi tın
A031	41.12	30.72	28.16	kın
A032	49.12	32.72	18.16	kın
A033	45.12	36.72	18.16	kın
A034	41.12	36.72	22.16	killi tın
A035	25.12	40.72	34.16	kın
A036	39.12	36.72	24.16	kın
A037	33.12	46.72	20.16	kın
A038	35.12	42.72	22.16	kın
A039	31.12	46.72	22.16	kın
A040	29.12	42.72	28.16	killi tın
A041	51.12	36.00	12.88	kın
A042	53.12	30.00	16.88	kumlu tın
A043	35.12	44.00	20.88	kın
A044	27.12	40.00	32.88	killi tın
A045	75.12	16.00	8.88	kumlu tın
A046	49.12	36.00	14.88	kın
A047	61.12	28.00	10.88	kumlu tın
A048	45.12	32.00	22.88	kın
A049	29.12	32.00	38.88	killi tın
A050	25.12	30.00	44.88	kil
A077	57.28	35.84	6.88	kumlu tın
A144	23.28	44.72	32.00	killi tın
A146	25.28	40.72	34.00	killi tın
A156	23.28	40.72	36.00	killi tın

Çizelge 7.25. Devamı

Örnek No	%Kum	%Mil	%Kil	Bünye
A163	19.28	46.00	34.72	milli killi tın
A170	37.28	46.00	16.72	tın
A198	29.28	46.36	24.36	tın
A199	73.28	18.36	8.36	kumlu tın
A200	73.28	12.36	14.36	kumlu tın
A201	41.28	44.00	14.72	tın
A206	39.28	44.00	16.72	tın
A208	43.28	44.00	12.72	tın
A209	35.28	54.00	10.72	milli tın
A210	77.28	16.00	6.72	tınlı kum
A211	37.28	52.00	10.72	milli tın
A215	37.28	48.00	14.72	tın
A216	41.28	42.00	16.72	tın
A217	71.28	22.00	6.72	kumlu tın
A218	49.28	34.00	16.72	tın
A219	49.28	36.00	14.72	tın
A220	57.28	28.00	14.72	kumlu tın
A224	62.92	26.36	10.72	kumlu tın
A227	38.92	40.36	20.72	tın
A229	46.92	44.36	8.72	tın
A230	58.56	30.72	10.72	kumlu tın
A231	44.92	30.36	24.72	tın
A232	32.92	44.36	22.72	tın
A233	30.92	58.36	10.72	milli tın
A234	42.92	42.36	14.72	tın
A235	74.40	20.00	5.60	kumlu tın
A236	76.40	18.00	5.60	tınlı kum
A237	48.40	44.00	7.60	tın
A238	56.40	32.00	11.60	kumlu tın
A239	36.40	36.00	27.60	killi tın
A240	28.40	48.00	23.60	tın
A241	22.40	40.00	37.60	killi tın
A242	74.40	14.00	11.60	kumlu tın

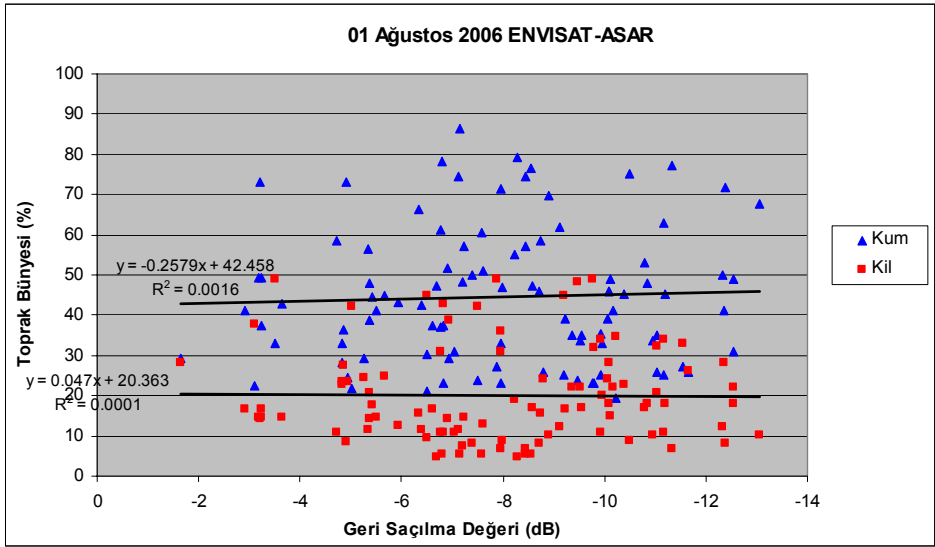
Çizelge 7.25. Devamı

Örnek No	%Kum	%Mil	%Kil	Bünye
A243	44.40	38.00	17.60	tın
A244	42.40	46.00	11.60	tın
A245	24.40	52.00	23.60	milli tın
A246	66.40	18.00	15.60	kumlu tın
A253	30.40	60.00	9.60	milli tın
A254	78.40	16.00	5.60	tınlı kum
A255	47.12	48.00	4.88	kumlu tın
A256	46.00	46.00	8.00	kumlu tın
A258	60.40	34.00	5.60	kumlu tın
A259	79.12	16.00	4.88	kumlu
A260	58.40	26.00	15.60	kumlu tın
A261	86.40	8.00	5.60	tınlı kum

Çizelge 7.26. 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprak bünye değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel veriler

Toprak Nemi	Kum	Mil	Kil
Ortalama	44.50	35.51	19.99
Standart Hata	1.69	1.12	1.19
Ortanca	42.66	36.00	16.80
Standart Sapma	16.78	11.09	11.77
Örnek Varyans	281.42	123.06	138.48
Basıklık	-0.55	-0.39	0.02
Çarpıklık	0.58	-0.29	0.91
Aralık	67.12	52.00	44.00
En Büyük	19.28	8.00	4.88
En Küçük	86.40	60.00	48.88

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak bünyesine ait oransal (%) olarak belirlenen değerler ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistikî olarak incelenmiş ve toprak bünyesi içerisindeki kum değerleri ile gerisaçılım değerleri arasında korelasyon katsayısı -0.22, kil değerleri arasında ise 0.27 olarak belirlenirken istatistikî olarak önemli bir ilişki belirlenememiştir (Şekil 7.13.).



Şekil 7.13. Toprak bünyesi ile 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT SAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 73 adet test noktasına gidilmiş ve yaklaşık 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağından yaklaşık 1.5–2 kg toprak örneğı alınmıştır. Alınan toprak örneklerini toprak bünye

analizleri yapılmıştır. Toprak örneklerinin bünye dağılımları incelendiğinde çoğunlukla “Kumlu tın” ile “Tın” bünyenin başat olduğu görülmüştür (Çizelge 7.27, 7.28).

Çizelge 7.27. 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların bünye bilgileri

Örnek No	Kum	Mil	Kil	Bünye
B001	77.12	18.72	4.16	tınlı kum
B002	41.12	40.72	18.16	tın
B003	49.12	38.72	12.16	milli tın
B004	55.12	34.72	10.16	kumlu tın
B005	47.12	40.72	12.16	tın
B006	89.12	8.72	2.16	kumlu
B007	65.12	22.72	12.16	kumlu tın
B008	47.12	30.72	22.16	tın
B009	9.12	42.72	48.16	milli kil
B010	25.12	32.00	42.88	kil
B012	27.12	34.72	38.16	killi tın
B013	45.12	42.72	12.16	tın
B014	51.12	36.72	12.16	tın
B015	51.12	40.72	8.16	tın
B016	77.84	10.00	12.16	kumlu tın
B017	33.12	46.72	20.16	tın
B018	47.12	44.72	8.16	tın
B019	45.12	40.72	14.16	tın
B020	47.12	36.72	16.16	tın
B021	69.12	20.72	10.16	kumlu tın
B022	65.12	24.72	10.16	kumlu tın
B023	27.12	34.72	38.16	killi tın
B024	41.12	32.72	26.16	tın
B025	27.12	40.72	32.16	killi tın
B026	27.12	46.72	26.16	tın
B027	39.12	40.72	20.16	tın

Çizelge 7.27. Devamı

Örnek No	Kum	Mil	Kil	Bünye
B028	37.12	40.72	22.16	tn
B029	33.12	44.00	22.88	tn
B030	55.12	4.72	40.16	kumlu kil
B031	37.12	42.00	20.88	tn
B032	61.12	20.00	18.88	kumlu killi tn
B077	57.28	35.84	6.88	kumlu tn
B153	25.28	40.72	34.00	killi tn
B155	25.28	34.72	40.00	kil
B156	23.28	40.72	36.00	killi tn
B159	37.28	42.72	20.00	tn
B160	43.28	36.72	20.00	tn
B161	45.28	34.00	20.72	tn
B163	17.28	34.00	48.72	kil
B197	33.28	36.36	30.36	killi tn
B198	29.28	46.36	24.36	tn
B199	73.28	18.36	8.36	kumlu tn
B202	45.28	42.00	12.72	tn
B203	49.28	40.00	10.72	tn
B206	39.28	44.00	16.72	tn
B208	43.28	44.00	12.72	tn
B209	35.28	54.00	10.72	milli tn
B210	77.28	16.00	6.72	tnlı kum
B211	37.28	52.00	10.72	milli tn
B217	71.28	22.00	6.72	kumlu tn
B218	49.28	34.00	16.72	tn
B219	49.28	36.00	14.72	tn
B226	30.92	52.36	16.72	milli tn
B227	38.92	40.36	20.72	tn
B229	46.92	44.36	8.72	tn
B232	32.92	44.36	22.72	tn
B233	30.92	58.36	10.72	milli tn
B235	74.40	20.00	5.60	kumlu tn
B236	76.40	18.00	5.60	tnlı kum
B238	56.40	32.00	11.60	kumlu tn

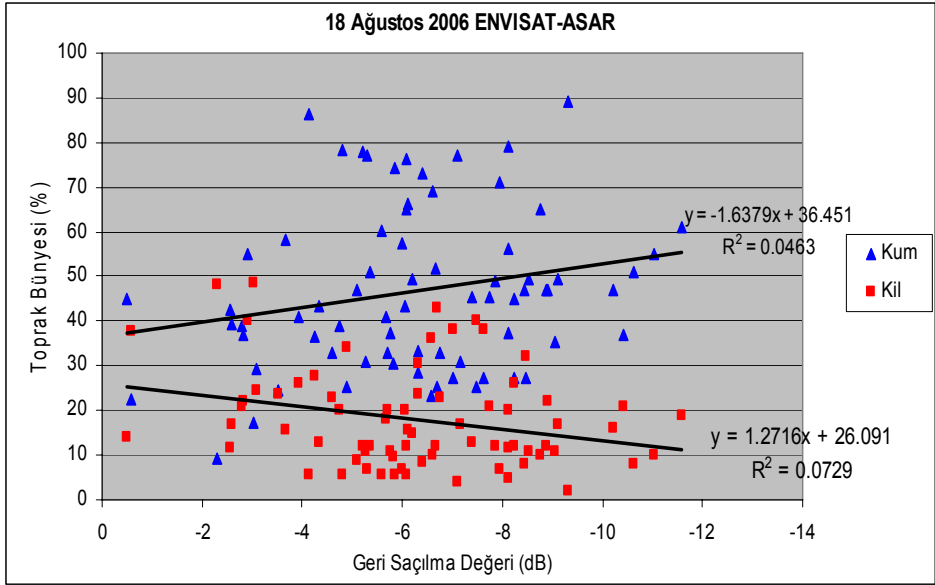
Çizelge 7.27. Devamı

Örnek No	Kum	Mil	Kil	Bünye
B239	36.40	36.00	27.60	killi tın
B240	28.40	48.00	23.60	tın
B241	22.40	40.00	37.60	killi tın
B244	42.40	46.00	11.60	tın
B245	24.40	52.00	23.60	milli tın
B246	66.40	18.00	15.60	kumlu tın
B253	30.40	60.00	9.60	milli tın
B254	78.40	16.00	5.60	tınlı kum
B257	51.84	36.00	12.16	kumlu tın
B258	60.40	34.00	5.60	kumlu tın
B259	79.12	16.00	4.88	kumlu
B260	58.40	26.00	15.60	kumlu tın
B261	86.40	8.00	5.60	tınlı kum

Çizelge 7.28. 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprak bünye değerlerinin tanımlayıcı istatistiksel verileri

Toprak Bünyesi	Kum	Mil	Kil
Ortalama	46.71	35.16	18.13
Standart Hata	2.12	1.42	1.31
Ortanca	45.12	36.72	15.60
Standart Sapma	18.11	12.17	11.21
Örnek Varyans	328.04	148.12	125.69
Basıklık	-0.47	-0.07	0.34
Çarpıklık	0.47	-0.59	1.01
Aralık	80.00	55.28	46.56
En Büyük	9.12	4.72	2.16
En Küçük	89.12	60.00	48.72

Bu dönem için, toprak bünye değerleri ile gerisaçılım değerleri arasındaki ilişkiler istatistikî olarak incelenmiş ve önemli bir ilişki belirlenememiştir. Kum değerleri ile gerisaçılım değerleri arasındaki ilişki negatif olup (korelasyon katsayısı:0,22), kil değerleri ile gerisaçılım değerleri arasındaki ilişki ise pozitif (korelasyon katsayısı:0,27) olarak saptanmıştır (Şekil 7.14).



Şekil 7.14. Toprak bünyesi ile 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

7.3. SAR Uydu Görüntüleri İle Toprak Tuz İçeriği İlişkileri

Toprağın yüzdesel olarak suda çözünür toplam tuz içeriği ile SAR görüntülerindeki gerisaçılım değerleri arasındaki istatistikî ilişkiler incelenmiştir. Bu amaçla RADARSAT-1 ve ENVISAT-ASAR uydu görüntülerinde betanought ve sigmanought dönüşümleri yapılmış gerisaçılım değerleri dikkate alınmıştır.

7.3.1 RADARSAT-1 Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Tuzluluğu İlişkileri

4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 uydu görüntüsündeki gerisaçılım değerlerinin toprak tuzluluğu ile ilişkilendirilmesi için, 03-06 Mayıs tarihleri arasında 56 adet test noktasında yaklaşık 0-30 cm derinliğindeki yüzey toprağından yaklaşık 1.5-2 kg toprak örneğı alınmış ve bu örneklerin E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü Laboratuvarları'nda analizleri yapılmıştır. Bu dönemde, Toprak örneklerinin oransal olarak suda çözünür toplam tuz dağılımları aşağıda verilmiştir (Çizelge 7.29).

Araştırma yöresi topraklarının tuzluluk düzeyi genelde yansımayı etkileyecek düzeyde olmaması nedeniyle, değişen tuz düzeyleri ile gerisaçılım değerleri arasında istatistiksel olarak önemli bir ilişki belirlenememiştir. Diğer toprak parametrelerinin, değişen tuz düzeylerinin gerisaçılıma olan etkilerinin belirlenmesini engellemektedir.

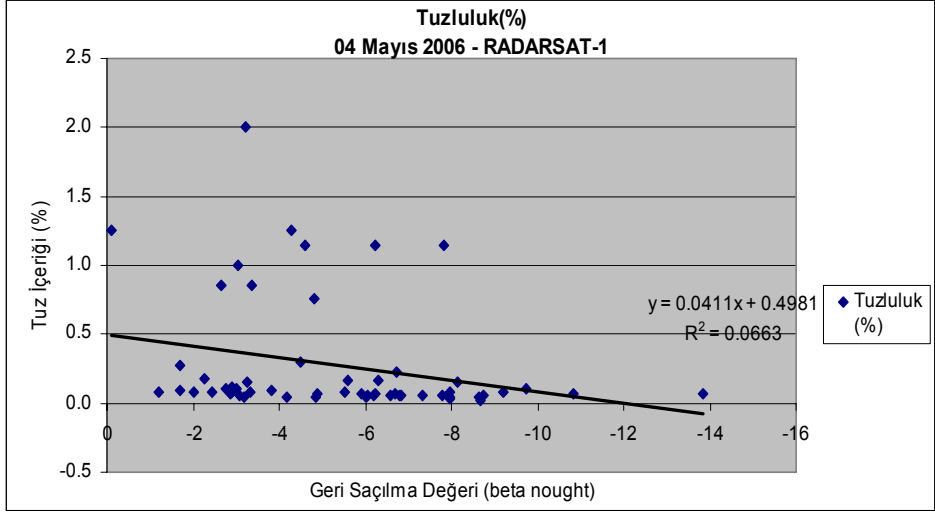
Çizelge 7.29. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
E077	2.000	Tuzlu
E111	0.150	Az Tuzlu
E143	0.095	İz miktarda
E146	0.180	Az Tuzlu
E150	0.080	İz miktarda
E152	0.070	İz miktarda
E153	0.072	İz miktarda
E154	0.075	İz miktarda
E155	0.105	İz miktarda
E159	0.052	İz miktarda
E161	0.049	İz miktarda
E162	0.100	İz miktarda
E166	0.085	İz miktarda
E170	0.052	İz miktarda
E171	0.070	İz miktarda
E174	0.042	İz miktarda
E176	0.072	İz miktarda
E178	0.051	İz miktarda
E179	0.060	İz miktarda
E184	0.048	İz miktarda
E188	0.170	Az Tuzlu
E192	0.100	İz miktarda
E193	0.120	İz miktarda
E195	0.085	İz miktarda
E198	0.160	Az Tuzlu
E199	0.039	İz miktarda
E201	0.054	İz miktarda
E202	0.068	İz miktarda
E203	0.150	Az Tuzlu
E206	0.085	İz miktarda
E208	0.077	İz miktarda
E213	0.280	Az Tuzlu

Çizelge 7.29. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
E216	0.090	İz miktarda
E217	0.055	İz miktarda
E224	0.058	İz miktarda
E226	0.040	İz miktarda
E228	0.230	Az Tuzlu
E231	0.075	İz miktarda
E232	0.080	İz miktarda
E235	0.029	İz miktarda
E237	0.059	İz miktarda
E239	0.300	Az Tuzlu
E240	0.070	İz miktarda
E242	0.040	İz miktarda
E244	0.060	İz miktarda
E246	0.065	İz miktarda
E249	0.025	İz miktarda
E253	1.150	Tuzlu
E254	0.850	Tuzlu
E255	1.250	Tuzlu
E256	1.250	Tuzlu
E257	1.150	Tuzlu
E258	0.760	Tuzlu
E259	1.150	Tuzlu
E260	1.000	Tuzlu
E261	0.850	Tuzlu

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak tuzluluğuna ait yüzdesel olarak belirlenen değerler ile gerisaçılım değerleri (betanought) arasındaki ilişkiler istatistikî olarak incelenmiş ($r=0.25$) ve önemli olmayan düzeyde doğrusal bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 7.15).



Şekil 7.15. Toprak tuzluluğu ile 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsü betanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 uydu görüntüsündeki gerisaçılım değerlerinin toprak tuzluluğu ile ilişkilendirilmesi için, 26–28 Mayıs tarihleri arasında toprak bünyesi ölçümüne yönelik arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 93 adet test noktasında yaklaşık 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağından yaklaşık 1.5–2 kg toprak örneği alınmış ve bu örneklerin E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü Laboratuvarları’nda analizleri yapılmıştır. Bu dönemde, Toprak örneklerinin tuzluluk dağılımları Çizelge 7.30’ da verilmiştir.

Çizelge 7.30. 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak
örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
M141	0.190	Az Tuzlu
M142	0.180	Az Tuzlu
M143	0.200	Az Tuzlu
M144	0.090	İz miktarda
M146	0.210	Az Tuzlu
M147	0.120	İz miktarda
M148	0.049	İz miktarda
M149	0.340	Az Tuzlu
M150	0.055	İz miktarda
M151	0.065	İz miktarda
M152	0.065	İz miktarda
M153	0.075	İz miktarda
M154	0.064	İz miktarda
M155	0.100	İz miktarda
M156	0.200	Az Tuzlu
M159	0.042	İz miktarda
M160	0.210	Az Tuzlu
M161	0.060	İz miktarda
M163	0.090	İz miktarda
M165	0.075	İz miktarda
M166	0.110	İz miktarda
M167	0.075	İz miktarda
M170	0.045	İz miktarda
M171	0.060	İz miktarda
M172	0.041	İz miktarda
M173	0.065	İz miktarda
M174	0.041	İz miktarda
M176	0.045	İz miktarda
M177	0.049	İz miktarda
M178	0.048	İz miktarda
M179	0.042	İz miktarda
M180	0.048	İz miktarda

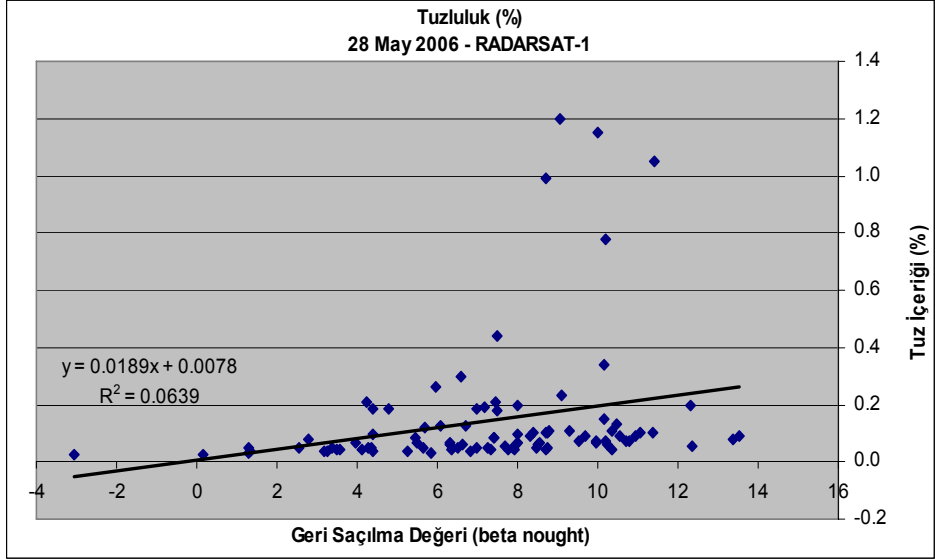
Çizelge 7.30. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
M184	0.061	İz miktarda
M185	0.260	Az Tuzlu
M186	0.058	İz miktarda
M187	0.046	İz miktarda
M188	0.230	Az Tuzlu
M189	0.149	İz miktarda
M190	0.049	İz miktarda
M192	0.078	İz miktarda
M193	0.110	İz miktarda
M194	0.110	İz miktarda
M195	0.075	İz miktarda
M196	0.085	İz miktarda
M197	0.185	Az Tuzlu
M199	0.042	İz miktarda
M200	0.095	İz miktarda
M201	0.065	İz miktarda
M202	0.040	İz miktarda
M203	0.051	İz miktarda
M205	0.130	İz miktarda
M206	0.089	İz miktarda
M208	0.105	İz miktarda
M209	0.045	İz miktarda
M210	0.033	İz miktarda
M211	0.185	Az Tuzlu
M212	0.105	İz miktarda
M213	0.127	İz miktarda
M215	0.127	İz miktarda
M217	0.038	İz miktarda
M218	0.043	İz miktarda
M219	0.051	İz miktarda
M220	0.040	İz miktarda
M224	0.051	İz miktarda
M226	0.051	İz miktarda
M227	0.055	İz miktarda

Çizelge 7.30. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
M228	0.185	Az Tuzlu
M229	0.098	İz miktarda
M230	0.038	İz miktarda
M231	0.100	İz miktarda
M232	0.085	İz miktarda
M233	0.049	İz miktarda
M234	0.059	İz miktarda
M235	0.027	İz miktarda
M236	0.032	İz miktarda
M237	0.105	İz miktarda
M238	0.086	İz miktarda
M239	0.300	Az Tuzlu
M240	0.065	İz miktarda
M241	0.090	İz miktarda
M242	0.048	İz miktarda
M243	0.990	Yüksek Tuzlu
M244	0.070	İz miktarda
M245	0.088	İz miktarda
M246	0.079	İz miktarda
M249	0.027	İz miktarda
M250	0.040	İz miktarda
M252	0.036	İz miktarda
M253	1.200	Yüksek Tuzlu
M254	1.050	Yüksek Tuzlu
M255	0.780	Yüksek Tuzlu
M257	1.150	Yüksek Tuzlu
M262	0.440	Yüksek Tuzlu

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak tuzluluğuna ait oransal olarak belirlenen değerler ile gerisaçılım değerleri (betanought) arasındaki ilişkiler istatistikî olarak incelenmiş ($r= 0.25$) ve önemli bir istatistiksel ilişki belirlenememiştir (Şekil 7.16.)



Şekil 7.16. Toprak tuzluluğu ile 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsü betanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

7.3.2 ENVISAT-ASAR Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Tuzluluğu İlişkileri

Toprak tuzluluğu ile gerisaçılım değerleri arasında ilişkilerin incelenebilmesi için temin edilen ENVISAT-ASAR görüntüleri, 23 Mayıs, 08 Haziran, 11 Haziran, 01 Ağustos ve 18 Ağustos tarihlerinde olmak üzere toplam beş adet görüntü üzerinde çalışılmıştır. Bu görüntülerin çekim tarihleri ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarıyla belirlenen toprak örneklerinin oransal olarak suda çözünür toplam tuz değerleri ile sigmanought dönüşümü yapılmış olan gerisaçılım değerleri arasındaki ilişkiler aşağıda verilmiştir.

23 Mayıs tarihli ENVISAT ASAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 130 adet test noktasına gidilmiş ve 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağının özelliklerini belirlemek üzere örneklenmiştir. ENVISAT-ASAR uydusundan alınan ilk görüntü tarihi olan bu dönemde, test noktalarında belirlenen çözünür toplam tuz seviyeleri Çizelge 7.31’de verilmiştir.

Çizelge 7.31. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
Y001	0.162	Az Tuzlu
Y002	0.340	Az Tuzlu
Y003	0.300	Az Tuzlu
Y004	0.340	Az Tuzlu
Y005	0.380	Tuzlu
Y007	0.065	İz miktarda
Y008	0.230	Az Tuzlu
Y009	0.088	İz miktarda
Y010	0.056	İz miktarda
Y011	0.065	İz miktarda
Y012	0.057	İz miktarda
Y014	0.200	Az Tuzlu
Y016	0.250	Az Tuzlu
Y017	0.160	Az Tuzlu
Y018	0.500	Tuzlu
Y019	0.110	İz miktarda
Y020	0.135	İz miktarda
Y021	0.119	İz miktarda
Y022	0.105	İz miktarda
Y023	0.058	İz miktarda
Y024	0.295	Az Tuzlu
Y025	0.590	Tuzlu
Y026	0.072	İz miktarda
Y027	0.093	İz miktarda

Çizelge 7.31. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
Y028	0.100	İz miktarda
Y029	0.125	İz miktarda
Y030	0.086	İz miktarda
Y031	0.078	İz miktarda
Y032	0.069	İz miktarda
Y033	0.050	İz miktarda
Y034	0.042	İz miktarda
Y035	0.040	İz miktarda
Y077	1.700	Az Tuzlu
Y141	0.290	Az Tuzlu
Y142	0.170	Az Tuzlu
Y143	0.081	İz miktarda
Y144	0.079	İz miktarda
Y146	0.090	İz miktarda
Y147	0.090	İz miktarda
Y148	0.048	İz miktarda
Y149	0.090	İz miktarda
Y150	0.068	İz miktarda
Y151	0.070	İz miktarda
Y152	0.070	İz miktarda
Y153	0.069	İz miktarda
Y154	0.069	İz miktarda
Y155	0.070	İz miktarda
Y156	0.097	İz miktarda
Y159	0.039	İz miktarda
Y160	0.055	İz miktarda
Y161	0.041	İz miktarda
Y163	0.090	İz miktarda
Y165	0.069	İz miktarda
Y166	0.055	İz miktarda
Y167	0.059	İz miktarda
Y170	0.051	İz miktarda
Y171	0.060	İz miktarda
Y172	0.038	İz miktarda
Y173	0.055	İz miktarda

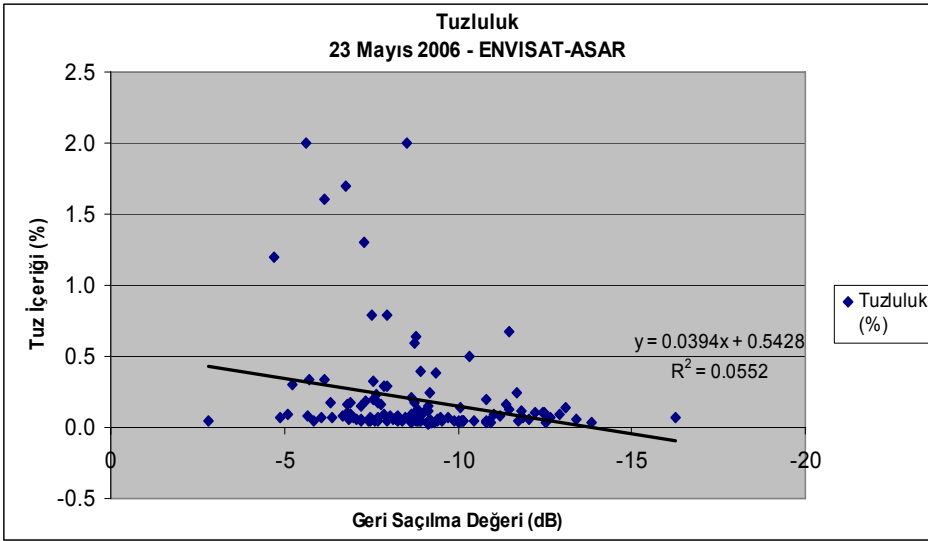
Çizelge 7.31. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
Y176	0.090	İz miktarda
Y177	0.039	İz miktarda
Y178	0.051	İz miktarda
Y179	0.042	İz miktarda
Y180	0.047	İz miktarda
Y184	0.115	İz miktarda
Y185	0.250	Az Tuzlu
Y187	0.039	İz miktarda
Y188	0.180	Az Tuzlu
Y189	0.210	Az Tuzlu
Y190	0.150	Az Tuzlu
Y192	0.150	Az Tuzlu
Y193	0.320	Tuzlu
Y194	0.110	İz miktarda
Y195	0.140	İz miktarda
Y196	0.066	İz miktarda
Y197	0.065	İz miktarda
Y198	0.125	İz miktarda
Y199	0.041	İz miktarda
Y200	0.175	Az Tuzlu
Y201	0.060	İz miktarda
Y202	0.048	İz miktarda
Y203	0.051	İz miktarda
Y205	0.075	İz miktarda
Y206	0.060	İz miktarda
Y208	0.090	İz miktarda
Y209	0.050	İz miktarda
Y210	0.035	İz miktarda
Y211	0.048	İz miktarda
Y212	0.190	Az Tuzlu
Y213	0.170	Az Tuzlu
Y215	0.047	İz miktarda
Y216	0.072	İz miktarda
Y217	0.047	İz miktarda
Y218	0.045	İz miktarda

Çizelge 7.31. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
Y219	0.045	İz miktarda
Y220	0.050	İz miktarda
Y224	0.038	İz miktarda
Y226	0.050	İz miktarda
Y227	0.051	İz miktarda
Y229	0.165	Az Tuzlu
Y230	0.042	İz miktarda
Y231	0.059	İz miktarda
Y232	0.091	İz miktarda
Y233	0.050	İz miktarda
Y234	0.049	İz miktarda
Y235	0.047	İz miktarda
Y236	0.020	İz miktarda
Y237	0.048	İz miktarda
Y238	0.049	İz miktarda
Y239	0.200	Az Tuzlu
Y240	0.060	İz miktarda
Y241	0.080	İz miktarda
Y242	0.041	İz miktarda
Y243	0.067	İz miktarda
Y244	0.050	İz miktarda
Y245	0.065	İz miktarda
Y246	0.041	İz miktarda
Y249	0.030	İz miktarda
Y250	0.035	İz miktarda
Y252	0.032	İz miktarda
Y253	0.790	Çok Tuzlu
Y254	1.200	Çok Tuzlu
Y255	2.000	Çok Tuzlu
Y256	0.790	Çok Tuzlu
Y257	0.640	Tuzlu
Y258	1.300	Çok Tuzlu
Y259	0.390	Tuzlu
Y260	2.000	Çok Tuzlu
Y261	1.600	Çok Tuzlu
Y262	0.670	Çok Tuzlu

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak tuzluluğuna ait oransal olarak belirlenen değerler ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r= 0.23$) ve bir ilişki belirlenememiştir (Şekil 7.17).



Şekil 7.17. Toprak tuzluluğu ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

08 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 73 adet test noktasına gidilmiş ve 0-30cm derinliğindeki yüzey toprağının özelliklerini belirlemek üzere örneklenmiştir. ENVISAT-ASAR uydusundan alınan ikinci görüntü tarihi olan bu dönemde, test noktalarında belirlenen çözünür toplam tuz seviyeleri Çizelge 7.32’ de verilmiştir.

Çizelge 7.32. 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
H236	0.035	İz miktarda
H162	0.098	İz miktarda
H224	0.148	İz miktarda
H190	0.082	İz miktarda
H235	0.070	İz miktarda
H201	0.079	İz miktarda
H217	0.058	İz miktarda
H203	0.052	İz miktarda
H242	0.043	İz miktarda
H188	0.260	Az Tuzlu
H186	0.072	İz miktarda
H244	0.059	İz miktarda
H246	0.039	İz miktarda
H161	0.075	İz miktarda
H184	0.165	Az Tuzlu
H199	0.153	Az Tuzlu
H220	0.059	İz miktarda
H154	0.192	Az Tuzlu
H230	0.037	İz miktarda
H210	0.045	İz miktarda
H232	0.140	İz miktarda
H141	0.340	Az Tuzlu
H219	0.070	İz miktarda
H243	0.065	İz miktarda
H229	0.055	İz miktarda
H155	0.192	Az Tuzlu
H240	0.050	İz miktarda
H160	0.100	İz miktarda
H231	0.070	İz miktarda
H209	0.059	İz miktarda
H241	0.053	İz miktarda
H148	0.130	İz miktarda
H198	0.165	Az Tuzlu

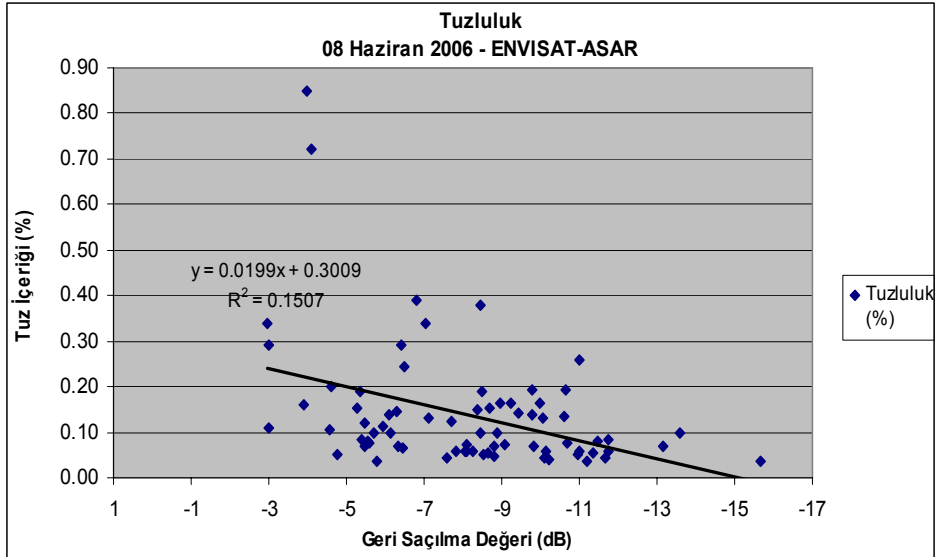
Çizelge 7.32. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
H142	0.245	Az Tuzlu
H215	0.097	İz miktarda
H189	0.380	Tuzlu
H234	0.135	İz miktarda
H200	0.165	Az Tuzlu
H226	0.059	İz miktarda
H238	0.048	İz miktarda
H205	0.130	İz miktarda
H193	0.190	Az Tuzlu
H227	0.058	İz miktarda
H196	0.060	İz miktarda
H208	0.142	İz miktarda
H239	0.390	Tuzlu
H187	0.045	İz miktarda
H150	0.072	İz miktarda
H237	0.037	İz miktarda
H156	0.123	İz miktarda
H216	0.070	İz miktarda
H202	0.100	İz miktarda
H218	0.070	İz miktarda
H233	0.075	İz miktarda
H185	0.290	Az Tuzlu
H144	0.850	Çok Tuzlu
H149	0.146	İz miktarda
H211	0.082	İz miktarda
H152	0.112	İz miktarda
H213	0.140	İz miktarda
H146	0.200	Az Tuzlu
H159	0.050	İz miktarda
H206	0.106	İz miktarda
H153	0.110	İz miktarda
H197	0.100	İz miktarda
H195	0.119	İz miktarda

Çizelge 7.32. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
H151	0.720	İz miktarda
H143	0.160	Az Tuzlu
H192	0.081	İz miktarda
H194	0.153	Az Tuzlu
H245	0.190	Az Tuzlu
H212	0.290	Az Tuzlu
H163	0.340	Az Tuzlu

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak tuzluluğuna ait yüzdesel olarak belirlenen değerler ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r= 0.35$) ve önemli bir ilişki belirlenememiştir (Şekil 7.18).



Şekil 7.18. Toprak tuzluluğu ile 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT SAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 106 adet test noktasında 0-30cm derinliğindeki yüzey toprağının tuz içeriğini belirlemek üzere örneklemeler yapılmıştır. 5. dönem olan bu periyottaki test noktalarından alınan toprak örneklerinin oransal çözünür toplam tuz değerleri Çizelge 7.33’de verilmiştir.

Çizelge 7.33. 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
F249	0.024	İz miktarda
F262	0.075	İz miktarda
F224	0.066	İz miktarda
F209	0.054	İz miktarda
F201	0.092	İz miktarda
F236	0.032	İz miktarda
F162	0.089	İz miktarda
F217	0.037	İz miktarda
F190	0.141	İz miktarda
F210	0.024	İz miktarda
F178	0.044	İz miktarda
F246	0.038	İz miktarda
F242	0.038	İz miktarda
F159	0.049	İz miktarda
F220	0.048	İz miktarda
F203	0.078	İz miktarda
F240	0.078	İz miktarda
F160	0.081	İz miktarda
F244	0.065	İz miktarda
F174	0.090	İz miktarda
F198	0.130	İz miktarda
F199	0.120	İz miktarda
F230	0.047	İz miktarda
F004	0.052	İz miktarda

Çizelge 7. 33. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
F173	0.044	İz miktarda
F024	0.165	İz miktarda
F153	0.071	İz miktarda
F177	1.000	Çok Tuzlu
F025	0.130	İz miktarda
F161	0.080	İz miktarda
F250	0.043	İz miktarda
F232	0.280	Az Tuzlu
F231	0.062	İz miktarda
F216	0.063	İz miktarda
F229	0.080	İz miktarda
F235	0.039	İz miktarda
F019	0.088	İz miktarda
F218	0.078	İz miktarda
F239	0.050	İz miktarda
F142	0.142	İz miktarda
F185	0.057	İz miktarda
F154	0.120	İz miktarda
F243	0.110	İz miktarda
F165	0.081	İz miktarda
F238	0.048	İz miktarda
F003	0.160	Az Tuzlu
F197	0.220	Az Tuzlu
F234	0.115	İz miktarda
F200	0.128	İz miktarda
F252	0.035	İz miktarda
F007	0.051	İz miktarda
F187	0.200	Az Tuzlu
F233	0.520	Tuzlu
F011	0.250	Az Tuzlu
F219	0.052	İz miktarda
F184	0.210	Az Tuzlu
F012	0.165	Az Tuzlu
F171	0.070	İz miktarda

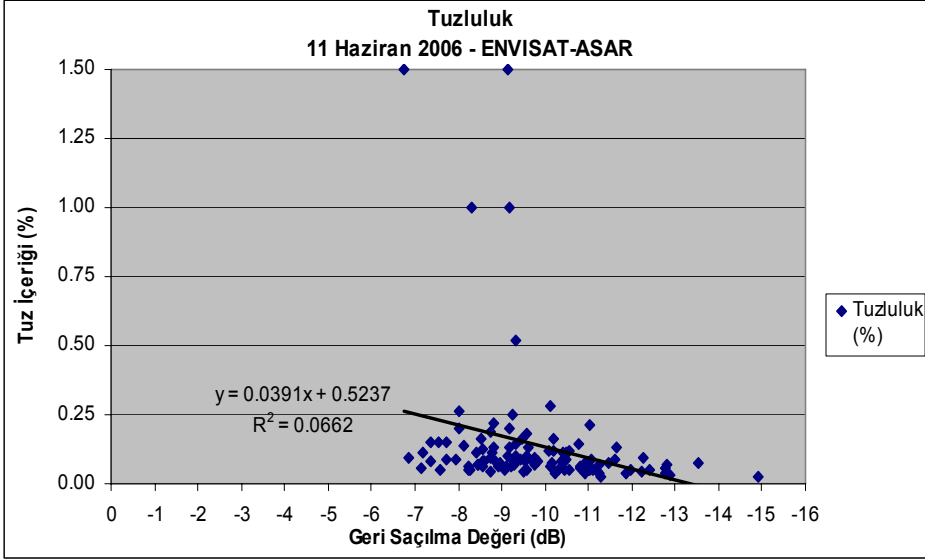
Çizelge 7. 33. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
F205	0.078	İz miktarda
F017	0.095	İz miktarda
F226	0.041	İz miktarda
F188	0.085	İz miktarda
F245	0.098	İz miktarda
F186	0.080	İz miktarda
F148	0.097	İz miktarda
F015	0.130	İz miktarda
F172	0.051	İz miktarda
F014	0.110	İz miktarda
F194	0.071	İz miktarda
F237	0.050	İz miktarda
F147	0.065	İz miktarda
F141	0.190	Az Tuzlu
F176	0.060	İz miktarda
F016	0.085	İz miktarda
F180	0.180	İz miktarda
F211	0.051	İz miktarda
F196	0.100	İz miktarda
F008	1.000	Çok Tuzlu
F166	0.081	İz miktarda
F002	1.500	Çok Tuzlu
F202	0.081	İz miktarda
F215	0.080	İz miktarda
F170	0.062	İz miktarda
F213	0.120	İz miktarda
F192	0.150	Az Tuzlu
F152	0.092	İz miktarda
F151	0.067	İz miktarda
F146	0.200	Az Tuzlu
F018	0.260	Az Tuzlu
F013	0.082	İz miktarda
F179	0.130	İz miktarda
F001	1.500	Çok Tuzlu

Çizelge 7. 33. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
F208	0.050	İz miktarda
F193	0.112	İz miktarda
F156	0.079	İz miktarda
F143	0.150	Az Tuzlu
F150	0.137	İz miktarda
F241	0.092	İz miktarda
F149	0.067	İz miktarda
F144	0.090	İz miktarda
F195	0.060	İz miktarda
F212	0.087	İz miktarda
F206	0.050	İz miktarda
F155	0.150	Az Tuzlu
F163	0.110	İz miktarda
F167	0.054	İz miktarda

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak tuzluluğuna ait yüzdesel olarak belirlenen değerler ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r= 0.23$) ve önemli bir ilişki belirlenememiştir (Şekil 7.19).



Şekil 7.19. Toprak tuzluluğu ile 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü
sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT SAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 99 adet test noktasında yaklaşık 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağından yaklaşık 1.5–2 kg toprak örneğı alınmış ve bu örnekler E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü Laboratuvarları'nda analizleri yapılmıştır. Toprak örneklerinin tuz içerikleri saptanmış ve Çizelge 7.34'te verilmiştir.

Çizelge 7.34. 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri

Örnek No	Tuzluluk(%)	Değerlendirme
A001	1.500	Çok Tuzlu
A002	0.053	İz miktarda
A003	0.065	İz miktarda
A004	0.180	Az Tuzlu
A005	0.034	İz miktarda
A006	0.061	İz miktarda
A007	0.520	Tuzlu
A008	0.053	İz miktarda
A009	0.210	Az Tuzlu
A010	0.039	İz miktarda
A011	0.049	İz miktarda
A012	0.120	İz miktarda
A013	0.330	Az Tuzlu
A014	0.148	İz miktarda
A015	0.100	İz miktarda
A016	0.068	İz miktarda
A017	0.058	İz miktarda
A018	0.190	Az Tuzlu
A019	0.062	İz miktarda
A020	0.290	Az Tuzlu
A021	0.098	İz miktarda
A022	0.078	İz miktarda
A023	0.050	İz miktarda
A024	0.079	İz miktarda
A025	0.052	İz miktarda
A026	0.060	İz miktarda
A027	0.280	Az Tuzlu
A028	0.125	İz miktarda
A029	1.650	Çok Tuzlu
A030	2.100	Çok Tuzlu
A031	0.250	Az Tuzlu
A032	2.100	Az Tuzlu
A033	0.300	Az Tuzlu

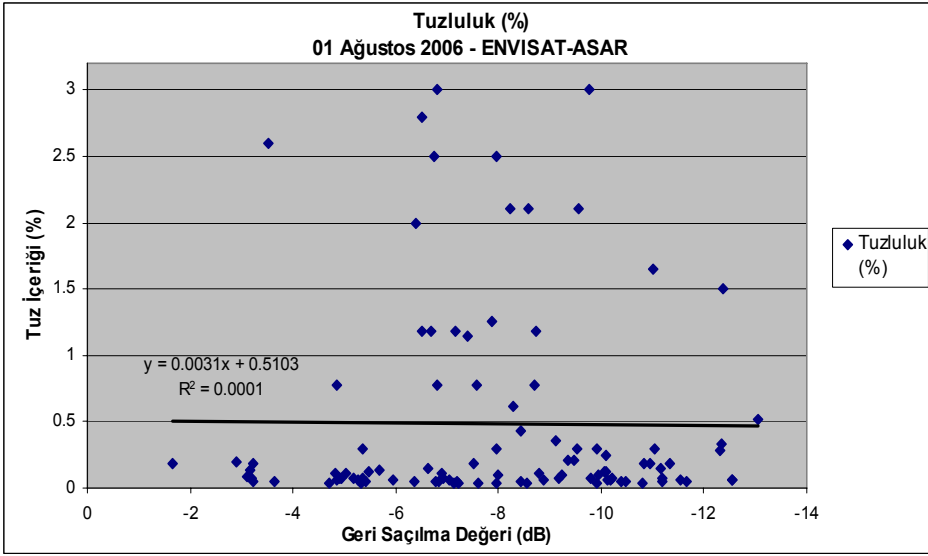
Çizelge 7.34. Devamı

Örnek No	Tuzluluk(%)	Değerlendirme
A034	0.041	İz miktarda
A035	0.047	İz miktarda
A036	0.042	İz miktarda
A037	3.000	Çok Tuzlu
A038	0.078	İz miktarda
A039	0.300	Az Tuzlu
A040	0.047	İz miktarda
A041	0.360	Tuzlu
A042	0.180	Az Tuzlu
A043	0.075	İz miktarda
A044	0.067	İz miktarda
A045	0.300	Az Tuzlu
A046	0.210	Az Tuzlu
A047	0.041	İz miktarda
A048	0.056	İz miktarda
A049	0.610	Tuzlu
A050	0.150	Az Tuzlu
A077	0.059	İz miktarda
A144	3.000	Çok Tuzlu
A146	0.036	İz miktarda
A156	1.150	İz miktarda
A163	2.100	Az Tuzlu
A170	0.430	Az Tuzlu
A198	2.000	Çok Tuzlu
A199	1.250	Çok Tuzlu
A200	0.115	İz miktarda
A201	1.180	Az Tuzlu
A206	0.038	İz miktarda
A208	0.110	İz miktarda
A209	2.500	Çok Tuzlu
A210	0.770	Çok Tuzlu
A211	1.180	Çok Tuzlu
A215	0.770	Çok Tuzlu
A216	0.047	İz miktarda

Çizelge 7.34. Devamı

Örnek No	Tuzluluk(%)	Değerlendirme
A217	2.500	Çok Tuzlu
A218	0.076	İz miktarda
A219	0.129	İz miktarda
A220	1.180	Az Tuzlu
A224	1.180	Az Tuzlu
A227	0.059	İz miktarda
A229	0.770	İz miktarda
A230	0.100	İz miktarda
A231	0.130	İz miktarda
A232	0.044	İz miktarda
A233	0.036	İz miktarda
A234	0.180	Az Tuzlu
A235	0.042	İz miktarda
A236	0.180	Az Tuzlu
A237	0.047	İz miktarda
A238	0.070	İz miktarda
A239	0.115	İz miktarda
A240	2.800	Çok Tuzlu
A241	0.770	Çok Tuzlu
A242	0.053	İz miktarda
A243	0.070	İz miktarda
A244	0.111	İz miktarda
A245	0.056	İz miktarda
A246	0.072	İz miktarda
A253	0.130	İz miktarda
A254	0.070	İz miktarda
A255	0.290	Az Tuzlu
A256	0.090	İz miktarda
A258	0.051	İz miktarda
A259	2.600	Çok Tuzlu
A260	0.200	Az Tuzlu
A261	0.190	Az Tuzlu

Bu dönem için test noktalarında yüzdesel olarak belirlenen toprak tuzluluğuna ait değerler ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r = -0.07$) ve önemli bir ilişki belirlenememiştir (Şekil 7.20).



Şekil 7.20. Toprak tuzluluğu ile 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT SAR uydu görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 73 adet test noktasında yaklaşık 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağının tuz içeriğini belirlemek üzere örneklemeler yapılmıştır. Alınan toprak örneklerinin çözünür toplam tuz değerleri Çizelge 7.35’de verilmiştir.

Çizelge 7.35. 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların tuzluluk bilgileri

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
B001	0.035	İz miktarda
B002	0.060	İz miktarda
B003	0.049	İz miktarda
B004	0.078	İz miktarda
B005	0.120	İz miktarda
B006	2.300	Çok Tuzlu
B007	0.080	İz miktarda
B008	0.220	Çok Tuzlu
B009	0.170	Az Tuzlu
B010	0.105	İz miktarda
B012	0.200	Az Tuzlu
B013	0.115	İz miktarda
B014	0.230	Az Tuzlu
B015	0.040	İz miktarda
B016	0.075	İz miktarda
B017	0.400	Tuzlu
B018	0.180	Az Tuzlu
B019	0.051	İz miktarda
B020	0.055	İz miktarda
B021	0.040	İz miktarda
B022	0.590	Tuzlu
B023	0.070	İz miktarda
B024	0.120	Az Tuzlu
B025	0.190	Az Tuzlu
B026	0.055	İz miktarda
B027	0.055	İz miktarda
B028	0.118	İz miktarda
B029	0.075	İz miktarda
B030	1.900	Çok Tuzlu
B031	0.043	İz miktarda
B032	0.049	İz miktarda
B077	0.750	Çok Tuzlu
B153	0.075	İz miktarda
B155	0.072	İz miktarda

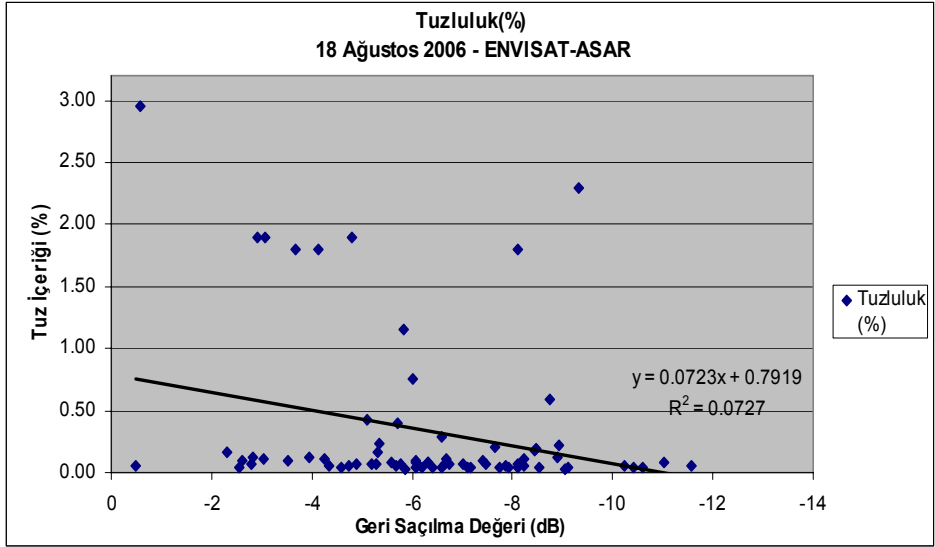
Çizelge 7.35. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
B156	0.290	Az Tuzlu
B159	0.035	İz miktarda
B160	0.100	İz miktarda
B161	0.042	İz miktarda
B163	0.110	İz miktarda
B197	0.085	İz miktarda
B198	1.900	Çok Tuzlu
B199	0.040	İz miktarda
B202	0.095	İz miktarda
B203	0.036	İz miktarda
B206	0.095	İz miktarda
B208	0.050	İz miktarda
B209	0.033	İz miktarda
B210	0.170	Az Tuzlu
B211	0.074	İz miktarda
B217	0.042	İz miktarda
B218	0.045	İz miktarda
B219	0.040	İz miktarda
B226	0.040	İz miktarda
B227	0.074	İz miktarda
B229	0.430	Tuzlu
B232	0.045	İz miktarda
B233	0.074	İz miktarda
B235	0.025	İz miktarda
B236	0.045	İz miktarda
B238	0.070	İz miktarda
B239	0.115	İz miktarda
B240	0.080	İz miktarda
B241	2.950	Çok Tuzlu
B244	0.039	İz miktarda
B245	0.090	İz miktarda
B246	0.050	İz miktarda
B253	1.150	İz miktarda
B254	1.900	Çok Tuzlu

Çizelge 7.35. Devamı

Örnek No	Tuzluluk (%)	Değerlendirme
B257	0.070	İz miktarda
B258	0.079	İz miktarda
B259	1.800	Çok Tuzlu
B260	1.800	Çok Tuzlu
B261	1.800	Çok Tuzlu

Bu dönem için test noktalarından alınan toprak örneklerinde yüzdesel olarak belirlenen çözünür toplam tuz değerleri ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r = 0.27$) ve önemli bir ilişki belirlenememiştir (Şekil 7.21).



Şekil 7.21. Toprak tuzluluğu ile 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

7.4. SAR Uydu Görüntüleri İle Toprak pH İlişkileri

Birim hacimdeki toprağın saf su ile doygun hale getirildikten sonra toprak çözeltisindeki hidrojen iyonlarının eksi logaritması veya kologaritması olarak ifade edilen toprak tepkimesi (pH) değerleri ile SAR görüntülerindeki gerisaçılım değerleri arasındaki istatistikî ilişkiler incelenmiştir. Bu amaçla RADARSAT-1 ve ENVISAT-ASAR uydu görüntülerinde betanought ve sigmanought dönüşümleri yapılmış olan gerisaçılım değerleri dikkate alınmıştır.

7.4.1 RADARSAT-1 Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Tepkimesi İlişkileri

4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 uydu görüntüsündeki gerisaçılım değerlerinin toprak pH değerleri ile ilişkilendirilmesi için, 03-06 Mayıs tarihleri arasında 56 adet test noktasında yaklaşık 0-30 cm derinliğindeki yüzey toprağından yaklaşık 1.5-2 kg toprak örneğı alınmış ve bu örneklerin E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü Laboratuvarları'nda analizleri yapılmıştır. Bu dönemde, Toprak örneklerine ait pH değerleri incelendiğinde “Hafif Alkali” toprak pH'sının başat olduğu görülmektedir (Çizelge 7.36).

Toprak tepkimesi (pH) değerleri ile SAR görüntülerindeki gerisaçılım değerleri arasında önemli bir istatistikî ilişki bulunamamıştır. Diğer toprak özellikleri belirgin olup, pH değişimlerinin fark edilmesini engellemektedir.

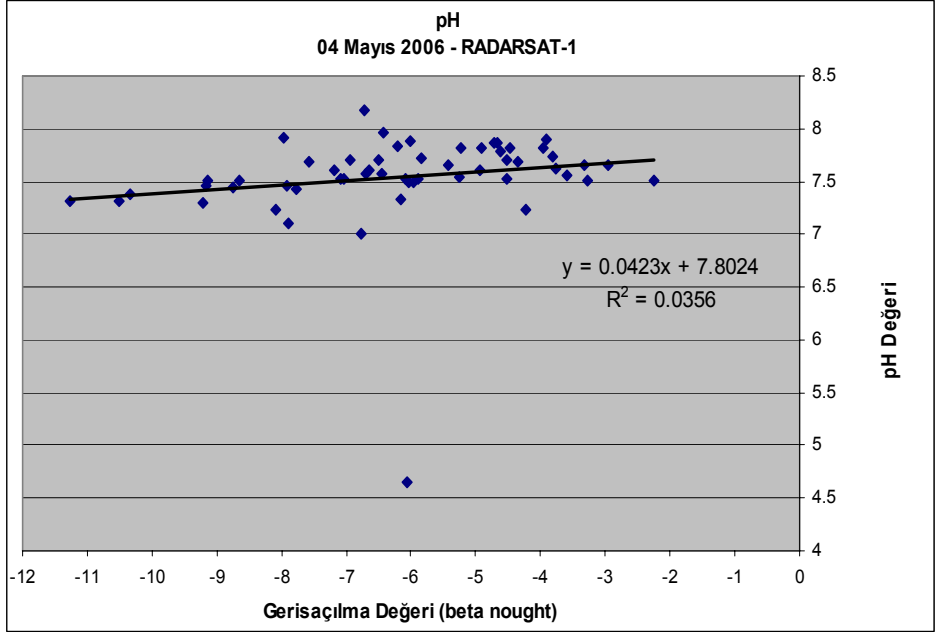
Çizelge 7.36. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri

Örnek No	pH	Değerlendirme
E077	7.24	Nötr
E111	7.00	Nötr
E143	7.68	Hafif Alkali
E146	7.71	Hafif Alkali
E150	7.78	Hafif Alkali
E152	7.52	Hafif Alkali
E153	7.91	Orta Alkali
E154	7.51	Hafif Alkali
E155	7.86	Hafif Alkali
E159	7.23	Nötr
E161	7.60	Hafif Alkali
E162	7.46	Hafif Alkali
E166	7.51	Hafif Alkali
E170	7.57	Hafif Alkali
E171	7.63	Hafif Alkali
E174	7.55	Hafif Alkali
E176	7.57	Hafif Alkali
E178	7.33	Hafif Alkali
E179	7.61	Hafif Alkali
E184	7.69	Hafif Alkali
E188	7.52	Hafif Alkali
E192	7.66	Hafif Alkali
E193	7.73	Hafif Alkali
E195	7.66	Hafif Alkali
E198	7.53	Hafif Alkali
E199	7.52	Hafif Alkali
E201	7.61	Hafif Alkali
E202	7.49	Hafif Alkali
E203	7.10	Nötr
E206	7.51	Hafif Alkali
E208	7.50	Hafif Alkali
E213	7.54	Hafif Alkali
E216	7.84	Hafif Alkali

Çizelge 7.36. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
E217	7.42	Hafif Alkali
E224	7.44	Hafif Alkali
E226	4.65	Hafif Alkali
E228	7.70	Hafif Alkali
E231	7.46	Hafif Alkali
E232	7.90	Orta Alkali
E235	7.53	Hafif Alkali
E237	7.51	Hafif Alkali
E239	7.88	Hafif Alkali
E240	7.72	Hafif Alkali
E242	7.38	Hafif Alkali
E244	7.81	Hafif Alkali
E246	7.31	Hafif Alkali
E249	7.32	Hafif Alkali
E253	7.86	Hafif Alkali
E254	7.96	Orta Alkali
E255	7.82	Hafif Alkali
E256	7.30	Nötr
E257	7.71	Hafif Alkali
E258	7.66	Hafif Alkali
E259	8.18	Orta Alkali
E260	7.81	Hafif Alkali
E261	7.81	Hafif Alkali

Bu dönem için test noktalarından alınan toprak örneklerinde belirlenen pH düzeyleri ile gerisaçılım değerleri (betanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r= 0.19$) ve önemli düzeyde bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 7.22).



Şekil 7.22. Toprak tepkimesi ile 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü betanought değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler

28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 uydu görüntüsündeki gerisaçılım değerlerinin toprak pH değerleri ile ilişkilendirilmesi için, 26–28 Mayıs tarihleri arasında toprak bünyesi ölçümüne yönelik arazi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 93 adet test noktasında yaklaşık 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağından yaklaşık 1.5–2 kg toprak örneği alınmış ve bu örneklerin E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü Laboratuvarları’nda analizleri yapılmıştır. Bu dönemde, Toprak örneklerinin pH dağılımları Çizelge 7.37’ de verilmiştir.

Çizelge 7.37. 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsüne eşzamanlı olarak
örneklenen toprakların pH düzeyleri

Örnek No	pH	Değerlendirme
M141	7.92	Orta Alkali
M142	7.66	Hafif Alkali
M143	7.61	Hafif Alkali
M144	7.73	Hafif Alkali
M146	7.86	Hafif Alkali
M147	7.56	Hafif Alkali
M148	7.62	Hafif Alkali
M149	7.79	Hafif Alkali
M150	7.92	Orta Alkali
M151	7.84	Hafif Alkali
M152	7.84	Hafif Alkali
M153	7.79	Hafif Alkali
M154	7.77	Hafif Alkali
M155	7.71	Hafif Alkali
M156	8.21	Orta Alkali
M159	7.36	Nötr
M160	7.37	Nötr
M161	7.63	Hafif Alkali
M163	7.82	Hafif Alkali
M165	7.43	Hafif Alkali
M166	7.49	Hafif Alkali
M167	7.64	Hafif Alkali
M170	7.58	Hafif Alkali
M171	7.55	Hafif Alkali
M172	7.53	Hafif Alkali
M173	7.49	Hafif Alkali
M174	7.43	Hafif Alkali
M176	7.59	Hafif Alkali
M177	7.44	Hafif Alkali
M178	7.41	Hafif Alkali
M179	7.57	Hafif Alkali
M180	7.42	Hafif Alkali
M184	7.62	Hafif Alkali

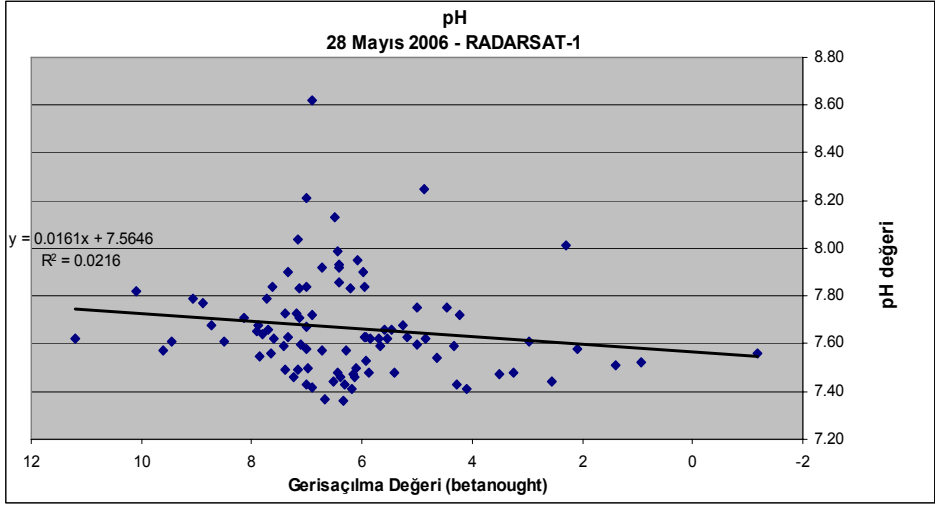
Çizelge 7.37. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
M185	7.84	Hafif Alkali
M186	7.41	Hafif Alkali
M187	7.46	Hafif Alkali
M188	7.50	Hafif Alkali
M189	7.71	Hafif Alkali
M190	7.43	Hafif Alkali
M192	7.62	Hafif Alkali
M193	7.68	Hafif Alkali
M194	7.63	Hafif Alkali
M195	7.72	Hafif Alkali
M196	7.59	Hafif Alkali
M197	7.57	Hafif Alkali
M199	7.62	Hafif Alkali
M200	8.62	Kuvvetli Alkali
M201	7.66	Hafif Alkali
M202	7.50	Hafif Alkali
M203	7.54	Hafif Alkali
M205	8.04	Orta Alkali
M206	7.61	Hafif Alkali
M208	7.90	Orta Alkali
M209	7.48	Hafif Alkali
M210	7.75	Hafif Alkali
M211	7.67	Hafif Alkali
M212	7.57	Hafif Alkali
M213	7.63	Hafif Alkali
M215	7.46	Hafif Alkali
M217	7.47	Hafif Alkali
M218	7.60	Hafif Alkali
M219	7.63	Hafif Alkali
M220	7.61	Hafif Alkali
M224	7.48	Hafif Alkali
M226	7.62	Hafif Alkali
M227	7.62	Hafif Alkali
M228	7.72	Hafif Alkali

Çizelge 7.37. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
M229	8.25	Orta Alkali
M230	7.68	Hafif Alkali
M231	7.46	Hafif Alkali
M232	7.99	Orta Alkali
M233	7.73	Hafif Alkali
M234	7.83	Orta Alkali
M235	7.56	Hafif Alkali
M236	7.52	Hafif Alkali
M237	7.47	Hafif Alkali
M238	7.60	Hafif Alkali
M239	7.95	Orta Alkali
M240	7.75	Hafif Alkali
M241	7.83	Orta Alkali
M242	8.01	Orta Alkali
M243	7.93	Orta Alkali
M244	7.65	Hafif Alkali
M245	7.68	Hafif Alkali
M246	7.44	Hafif Alkali
M249	7.51	Hafif Alkali
M250	7.59	Hafif Alkali
M252	7.58	Hafif Alkali
M253	7.66	Hafif Alkali
M254	7.90	Orta Alkali
M255	8.13	Orta Alkali
M257	7.48	Hafif Alkali
M262	7.48	Hafif Alkali

Bu dönem için test noktalarından alınan toprak örneklerinde belirlenen pH düzeyleri ile gerisaçılım değerleri (betanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r= 0.18$) ve önemli düzeyde bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 7.23).



Şekil 7.23. Toprak tepkimesi ile 28 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsü betanought değerleri arasındaki istatistiksel ilişkiler

7.4.2 ENVISAT-ASAR Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Tepkimesi İlişkileri

Toprağın pH düzeyi ile gerisaçılım değerleri arasında ilişkilerin incelenebilmesi için temin edilen ENVISAT-ASAR görüntüleri, 23 Mayıs, 08 Haziran, 11 Haziran, 01 Ağustos ve 18 Ağustos tarihlerinde olmak üzere toplam beş adet görüntü üzerinde çalışılmıştır. Bu görüntülerin çekim tarihleri ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarıyla belirlenen toprak örneklerinin pH değerleri ile sigmanought dönüşümü yapılmış olan gerisaçılım değerleri arasındaki ilişkiler aşağıda verilmiştir.

Araştırma yöresindeki topraklarda değişen pH değerleri aralığının çok düşük olması, toprakta gerisaçılımı etkileyecek belirgin bir yapılaşma oluşumuna neden olamamıştır. Gerisaçılımı etkileyen toprağa ait diğer faktörler pH etkisinden daha baskın olmaktadır.

23 Mayıs tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 130 adet test noktasına gidilmiş ve 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağının özelliklerini belirlemek üzere örneklenmiştir. ENVISAT-ASAR uydusundan alınan ilk görüntü tarihi olan bu dönemde, test noktalarında belirlenen pH seviyeleri Çizelge 7.38’de verilmiştir.

Çizelge 7.38. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri

Örnek No	pH	Değerlendirme
Y001	7.71	Hafif Alkali
Y002	7.59	Hafif Alkali
Y003	7.63	Hafif Alkali
Y004	7.65	Hafif Alkali
Y005	7.72	Hafif Alkali
Y007	7.52	Hafif Alkali
Y008	7.53	Hafif Alkali
Y009	7.49	Hafif Alkali
Y010	7.55	Hafif Alkali
Y011	7.37	Hafif Alkali
Y012	7.6	Hafif Alkali
Y014	7.6	Hafif Alkali
Y016	7.19	Nötr
Y017	7.45	Hafif Alkali
Y018	7.53	Hafif Alkali
Y019	7.32	Nötr
Y020	7.29	Nötr

Çizelge 7.38. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
Y021	7.71	Hafif Alkali
Y022	7.51	Hafif Alkali
Y023	7.85	Hafif Alkali
Y024	7.69	Hafif Alkali
Y025	7.63	Hafif Alkali
Y026	7.66	Hafif Alkali
Y027	7.53	Hafif Alkali
Y028	7.54	Hafif Alkali
Y029	7.66	Hafif Alkali
Y030	7.73	Hafif Alkali
Y031	7.85	Hafif Alkali
Y032	7.71	Hafif Alkali
Y033	7.73	Hafif Alkali
Y034	7.76	Hafif Alkali
Y035	7.66	Hafif Alkali
Y077	7.25	Nötr
Y141	7.88	Hafif Alkali
Y142	7.73	Hafif Alkali
Y143	7.78	Hafif Alkali
Y144	7.77	Hafif Alkali
Y146	7.84	Hafif Alkali
Y147	7.56	Hafif Alkali
Y148	7.72	Hafif Alkali
Y149	7.98	Orta Alkali
Y150	7.84	Hafif Alkali
Y151	7.84	Hafif Alkali
Y152	7.66	Hafif Alkali
Y153	7.62	Hafif Alkali
Y154	7.68	Hafif Alkali
Y155	7.73	Hafif Alkali
Y156	7.50	Hafif Alkali
Y159	7.35	Hafif Alkali
Y160	7.46	Hafif Alkali
Y161	7.63	Hafif Alkali
Y163	7.81	Hafif Alkali

Çizelge 7.38. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
Y165	7.43	Hafif Alkali
Y166	7.46	Hafif Alkali
Y167	7.63	Hafif Alkali
Y170	7.51	Hafif Alkali
Y171	7.49	Hafif Alkali
Y172	7.57	Hafif Alkali
Y173	7.47	Hafif Alkali
Y176	7.47	Hafif Alkali
Y177	7.51	Hafif Alkali
Y178	7.51	Hafif Alkali
Y179	7.35	Nötr
Y180	7.44	Hafif Alkali
Y184	7.38	Hafif Alkali
Y185	7.40	Hafif Alkali
Y187	7.45	Hafif Alkali
Y188	7.66	Hafif Alkali
Y189	8.14	Hafif Alkali
Y190	7.81	Hafif Alkali
Y192	7.58	Hafif Alkali
Y193	7.63	Hafif Alkali
Y194	7.83	Hafif Alkali
Y195	7.72	Hafif Alkali
Y196	7.57	Hafif Alkali
Y197	7.40	Hafif Alkali
Y198	7.75	Hafif Alkali
Y199	7.52	Hafif Alkali
Y200	8.75	Hafif Alkali
Y201	7.64	Hafif Alkali
Y202	7.52	Hafif Alkali
Y203	7.23	Hafif Alkali
Y205	8.12	Orta Alkali
Y206	7.56	Hafif Alkali
Y208	7.51	Hafif Alkali
Y209	7.59	Hafif Alkali
Y210	7.63	Hafif Alkali

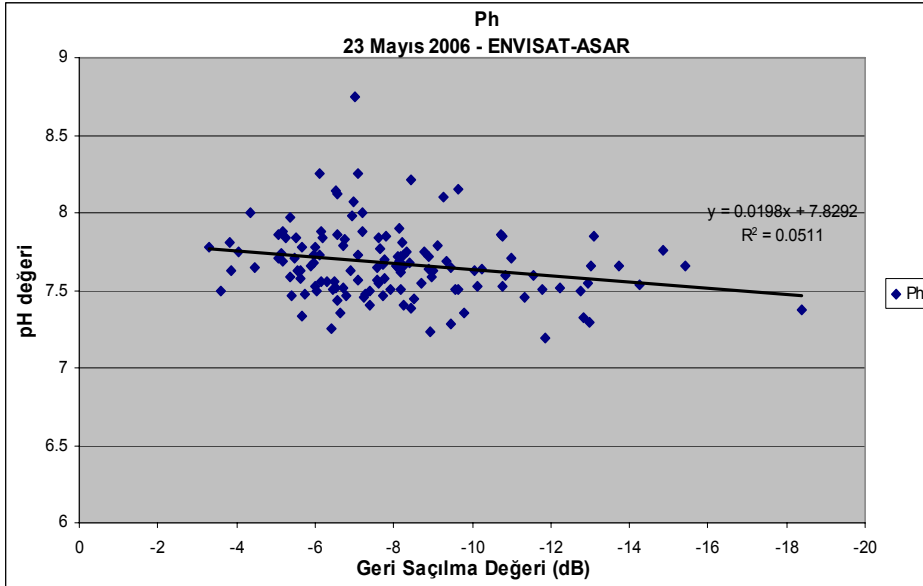
Çizelge 7.38. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
Y211	7.46	Hafif Alkali
Y212	7.56	Hafif Alkali
Y213	7.70	Hafif Alkali
Y215	7.58	Hafif Alkali
Y216	7.78	Hafif Alkali
Y217	7.55	Hafif Alkali
Y218	7.49	Hafif Alkali
Y219	7.66	Hafif Alkali
Y220	7.64	Hafif Alkali
Y224	7.68	Hafif Alkali
Y226	7.69	Hafif Alkali
Y227	7.66	Hafif Alkali
Y229	8.25	Orta Alkali
Y230	7.65	Hafif Alkali
Y231	7.65	Hafif Alkali
Y232	8.07	Orta Alkali
Y233	7.67	Hafif Alkali
Y234	7.78	Hafif Alkali
Y235	7.69	Hafif Alkali
Y236	7.79	Hafif Alkali
Y237	8.00	Orta Alkali
Y238	8.10	Orta Alkali
Y239	8.25	Orta Alkali
Y240	7.86	Hafif Alkali
Y241	7.86	Hafif Alkali
Y242	7.75	Hafif Alkali
Y243	7.90	Orta Alkali
Y244	7.85	Hafif Alkali
Y245	7.97	Orta Alkali
Y246	7.79	Hafif Alkali
Y249	7.55	Hafif Alkali
Y250	7.86	Hafif Alkali
Y252	7.28	Hafif Alkali
Y253	7.84	Hafif Alkali
Y254	7.75	Hafif Alkali

Çizelge 7.38. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
Y255	8.00	Orta Alkali
Y256	7.33	Nötr
Y257	7.51	Hafif Alkali
Y258	7.74	Hafif Alkali
Y259	8.21	Orta Alkali
Y260	7.88	Hafif Alkali
Y261	7.88	Hafif Alkali
Y262	8.15	Orta Alkali

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak pH değerleri ile gerisaılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r = 0.22$) ve önemli düzeyde bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 7.24).



Şekil 7.24. Toprak tepkimesi ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

08 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 73 adet test noktasına gidilmiş ve 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağının pH içeriğini belirlemek üzere örneklenmiştir. 4. dönem olan bu periyottaki test noktalarından alınan toprak örneklerinin pH dağılımları incelendiğinde Hafif Alkali toprak tepkimesinin başat olduğu görülmüştür (Çizelge 7.39).

Çizelge 7.39. 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri

Örnek No	pH	Değerlendirme
H236	7.55	Hafif Alkali
H162	7.44	Hafif Alkali
H224	7.25	Nötr
H190	7.40	Hafif Alkali
H235	7.42	Hafif Alkali
H201	7.61	Hafif Alkali
H217	7.29	Nötr
H203	7.49	Hafif Alkali
H242	7.41	Hafif Alkali
H188	7.69	Hafif Alkali
H186	7.29	Nötr
H244	7.48	Hafif Alkali
H246	7.58	Hafif Alkali
H161	7.68	Hafif Alkali
H184	7.60	Hafif Alkali
H199	7.38	Nötr
H220	7.54	Hafif Alkali
H154	7.58	Hafif Alkali
H230	7.56	Hafif Alkali
H210	7.43	Hafif Alkali
H232	7.86	Hafif Alkali
H141	7.89	Hafif Alkali

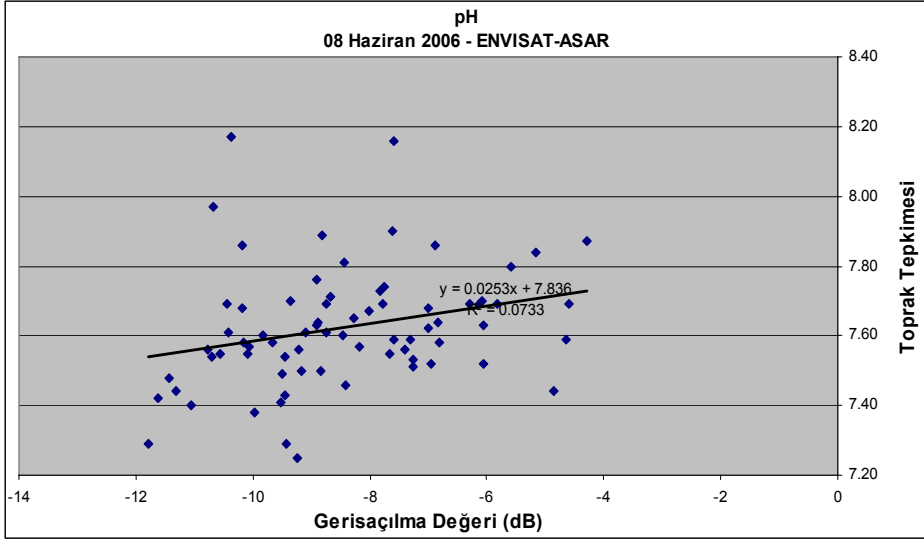
Çizelge 7.39. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
H219	7.55	Hafif Alkali
H243	7.60	Hafif Alkali
H229	8.17	Orta Alkali
H155	7.81	Hafif Alkali
H240	7.63	Hafif Alkali
H160	7.54	Hafif Alkali
H231	7.46	Hafif Alkali
H209	7.50	Hafif Alkali
H241	7.51	Hafif Alkali
H148	7.56	Hafif Alkali
H198	7.67	Hafif Alkali
H142	7.70	Hafif Alkali
H215	7.56	Hafif Alkali
H189	7.61	Hafif Alkali
H234	7.97	Orta Alkali
H200	7.71	Hafif Alkali
H226	7.50	Hafif Alkali
H238	7.57	Hafif Alkali
H205	8.16	Orta Alkali
H193	7.76	Hafif Alkali
H227	7.61	Hafif Alkali
H196	7.57	Hafif Alkali
H208	7.64	Hafif Alkali
H239	7.69	Hafif Alkali
H187	7.59	Hafif Alkali
H150	7.74	Hafif Alkali
H237	7.59	Hafif Alkali
H156	7.90	Orta Alkali
H216	7.86	Hafif Alkali
H202	7.53	Hafif Alkali
H218	7.52	Hafif Alkali
H233	7.58	Hafif Alkali
H185	7.65	Hafif Alkali
H144	7.69	Hafif Alkali

Çizelge 7.39. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
H149	7.73	Hafif Alkali
H211	7.55	Hafif Alkali
H152	7.69	Hafif Alkali
H213	7.68	Hafif Alkali
H146	7.80	Hafif Alkali
H159	7.52	Hafif Alkali
H206	7.62	Hafif Alkali
H153	7.69	Hafif Alkali
H197	7.70	Hafif Alkali
H195	7.64	Hafif Alkali
H151	7.69	Hafif Alkali
H143	7.59	Hafif Alkali
H192	7.69	Hafif Alkali
H194	7.63	Hafif Alkali
H245	7.44	Hafif Alkali
H212	7.84	Hafif Alkali
H163	7.87	Hafif Alkali

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak tepkimesi (pH) değerleri ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r= 0.27$) ve önemli bir ilişki belirlenememiştir (Şekil 7.25).



Şekil 7.25. Toprak tepkimesi ile 8 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişkiler

11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 106 adet test noktasında 0-30cm derinliğindeki yüzey toprağının pH içeriğini belirlemek üzere örneklemeler yapılmıştır. 5. dönem olan bu periyottaki test noktalarından alınan toprak örneklerinin toprak tepkimesi değerleri Çizelge 7.40’da verilmiştir.

Çizelge 7.40. 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri

Örnek No	pH	Değerlendirme
F001	7.36	Nötr
F002	7.63	Hafif Alkali
F003	7.81	Hafif Alkali
F004	7.79	Hafif Alkali
F007	7.53	Hafif Alkali
F008	8.04	Orta Alkali
F011	7.44	Hafif Alkali
F012	7.77	Hafif Alkali
F013	7.66	Hafif Alkali
F014	7.66	Hafif Alkali
F015	7.45	Hafif Alkali
F016	7.57	Hafif Alkali
F017	7.77	Hafif Alkali
F018	7.75	Hafif Alkali
F019	7.57	Hafif Alkali
F024	7.71	Hafif Alkali
F025	7.66	Hafif Alkali
F141	7.95	Orta Alkali
F142	7.81	Hafif Alkali
F143	7.72	Hafif Alkali
F144	7.69	Hafif Alkali
F146	7.99	Orta Alkali
F147	7.77	Hafif Alkali
F148	7.53	Hafif Alkali
F149	7.75	Hafif Alkali
F150	7.76	Hafif Alkali
F151	7.87	Hafif Alkali
F152	7.82	Hafif Alkali
F153	7.85	Hafif Alkali
F154	7.69	Hafif Alkali
F155	7.86	Hafif Alkali
F156	7.84	Hafif Alkali
F159	7.32	Nötr

Çizelge 7.40. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
F160	7.45	Hafif Alkali
F161	7.51	Hafif Alkali
F162	7.45	Hafif Alkali
F163	7.86	Hafif Alkali
F165	7.37	Nötr
F166	7.44	Hafif Alkali
F167	7.54	Hafif Alkali
F170	7.59	Hafif Alkali
F171	7.55	Hafif Alkali
F172	7.52	Hafif Alkali
F173	7.55	Hafif Alkali
F174	7.50	Hafif Alkali
F176	7.32	Nötr
F177	7.00	Nötr
F178	7.25	Nötr
F179	7.27	Nötr
F180	7.58	Hafif Alkali
F184	7.50	Hafif Alkali
F185	7.66	Hafif Alkali
F186	7.46	Hafif Alkali
F187	7.48	Hafif Alkali
F188	7.51	Hafif Alkali
F190	7.32	Nötr
F192	7.56	Hafif Alkali
F193	7.66	Hafif Alkali
F194	7.63	Hafif Alkali
F195	7.57	Hafif Alkali
F196	7.47	Hafif Alkali
F197	7.51	Hafif Alkali
F198	7.86	Hafif Alkali
F199	7.12	Nötr
F200	7.55	Hafif Alkali
F201	7.58	Hafif Alkali
F202	7.56	Hafif Alkali

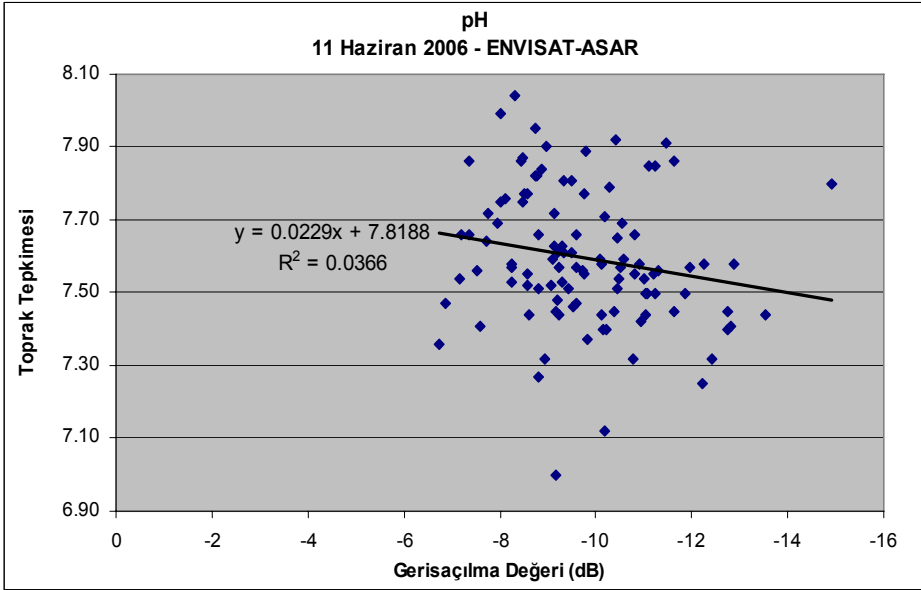
Çizelge 7.40. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
F203	7.40	Nötr
F205	7.90	Orta Alkali
F206	7.41	Nötr
F208	7.58	Hafif Alkali
F209	7.40	Nötr
F210	7.56	Hafif Alkali
F211	7.44	Nötr
F212	7.64	Hafif Alkali
F213	7.59	Hafif Alkali
F215	7.52	Hafif Alkali
F216	7.61	Hafif Alkali
F217	7.50	Hafif Alkali
F218	7.42	Hafif Alkali
F219	7.65	Hafif Alkali
F220	7.57	Hafif Alkali
F224	7.41	Hafif Alkali
F226	7.61	Hafif Alkali
F229	7.89	Hafif Alkali
F230	7.59	Hafif Alkali
F231	7.55	Hafif Alkali
F232	7.58	Hafif Alkali
F233	7.61	Hafif Alkali
F234	7.92	Orta Alkali
F235	7.58	Hafif Alkali
F236	7.58	Hafif Alkali
F237	7.57	Hafif Alkali
F238	7.54	Hafif Alkali
F239	7.85	Orta Alkali
F240	7.91	Orta Alkali
F241	7.47	Hafif Alkali
F242	7.45	Hafif Alkali
F243	7.54	Hafif Alkali
F244	7.44	Hafif Alkali
F245	7.72	Hafif Alkali

Çizelge 7.40. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
F246	7.50	Hafif Alkali
F249	7.80	Hafif Alkali
F250	7.82	Hafif Alkali
F252	7.40	Hafif Alkali
F262	7.44	Hafif Alkali

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak tepkimesine ait değerler ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r = 0.19$) ve önemli bir ilişki belirlenememiştir (Şekil 7.26).



Şekil 7.26. Toprak tepkimesi ile 11 Haziran 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki

01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 99 adet test noktasında yaklaşık 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağından yaklaşık 1.5–2 kg toprak örneğı alınmış ve bu örneklerin pH değerleri saptanmış ve Çizelge 7.41’de verilmiştir.

Çizelge 7.41. 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri

Örnek No	pH	Değerlendirme
A001	7.72	Hafif Alkali
A002	7.59	Hafif Alkali
A003	7.66	Hafif Alkali
A004	7.61	Hafif Alkali
A005	7.89	Hafif Alkali
A006	7.78	Hafif Alkali
A007	7.68	Hafif Alkali
A008	7.74	Hafif Alkali
A009	7.69	Hafif Alkali
A010	7.56	Hafif Alkali
A011	7.75	Hafif Alkali
A012	7.66	Hafif Alkali
A013	7.73	Hafif Alkali
A014	7.76	Hafif Alkali
A015	8.61	Orta Alkali
A016	7.70	Hafif Alkali
A017	8.67	Orta Alkali
A018	7.71	Hafif Alkali
A019	7.70	Hafif Alkali
A020	7.81	Hafif Alkali
A021	7.82	Hafif Alkali
A022	7.78	Hafif Alkali
A023	7.5	Hafif Alkali
A024	7.78	Hafif Alkali

Çizelge 7.41. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
A025	7.73	Hafif Alkali
A026	8.16	Orta Alkali
A027	7.71	Hafif Alkali
A028	7.77	Hafif Alkali
A029	7.86	Hafif Alkali
A030	7.63	Hafif Alkali
A031	7.61	Hafif Alkali
A032	7.45	Hafif Alkali
A033	7.56	Hafif Alkali
A034	7.53	Hafif Alkali
A035	7.50	Hafif Alkali
A036	7.63	Hafif Alkali
A037	7.59	Hafif Alkali
A038	7.19	Hafif Alkali
A039	7.67	Hafif Alkali
A040	7.75	Hafif Alkali
A041	7.55	Hafif Alkali
A042	7.56	Hafif Alkali
A043	7.36	Nötr
A044	7.70	Hafif Alkali
A045	7.37	Nötr
A046	7.59	Hafif Alkali
A047	7.57	Hafif Alkali
A048	7.55	Hafif Alkali
A049	7.69	Hafif Alkali
A050	7.68	Hafif Alkali
A077	7.26	Orta Alkali
A144	7.75	Hafif Alkali
A146	7.85	Hafif Alkali
A156	7.90	Orta Alkali
A163	7.40	Hafif Alkali
A170	7.72	Hafif Alkali
A198	7.83	Hafif Alkali
A199	7.45	Hafif Alkali

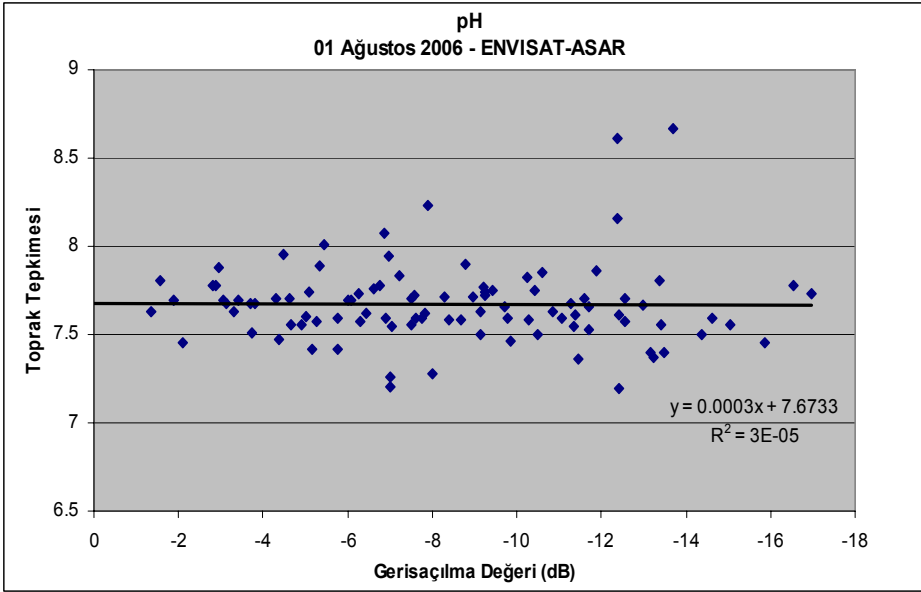
Çizelge 7.41. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
A200	7.88	Hafif Alkali
A201	7.60	Hafif Alkali
A206	7.59	Hafif Alkali
A208	7.62	Hafif Alkali
A209	7.58	Hafif Alkali
A210	7.57	Hafif Alkali
A211	7.62	Hafif Alkali
A215	7.68	Hafif Alkali
A216	7.81	Hafif Alkali
A217	7.58	Hafif Alkali
A218	7.42	Hafif Alkali
A219	7.78	Hafif Alkali
A220	7.59	Hafif Alkali
A224	7.40	Hafif Alkali
A227	7.42	Hafif Alkali
A229	8.07	Orta Alkali
A230	7.56	Hafif Alkali
A231	7.47	Hafif Alkali
A232	7.69	Hafif Alkali
A233	7.70	Hafif Alkali
A234	7.69	Hafif Alkali
A235	7.46	Hafif Alkali
A236	7.50	Hafif Alkali
A237	7.59	Hafif Alkali
A238	7.51	Hafif Alkali
A239	7.63	Hafif Alkali
A240	7.68	Hafif Alkali
A241	7.63	Hafif Alkali
A242	7.58	Hafif Alkali
A243	7.56	Hafif Alkali
A244	7.70	Hafif Alkali
A245	7.69	Hafif Alkali
A246	7.57	Hafif Alkali
A253	7.74	Hafif Alkali

Çizelge 7.41. Devamı

Örnek No	pH	Değerlendirme
A254	7.95	Orta Alkali
A255	8.01	Orta Alkali
A256	7.28	Hafif Alkali
A258	7.94	Orta Alkali
A259	8.23	Orta Alkali
A260	7.59	Hafif Alkali
A261	7.20	Nötr

Bu dönem için test noktalarında belirlenen toprak tepkimesine ait değerler ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r= 0.1$) ve önemli bir ilişki belirlenememiştir (Şekil 7.27).



Şekil 7.27. Toprak tepkimesi ile 01 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki

18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsü ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 73 adet test noktasında yaklaşık 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağının pH düzeyini belirlemek üzere örneklemeler yapılmıştır. Alınan toprak örneklerinin toprak tepkimesi değerleri Çizelge 7.42’de verilmiştir.

Çizelge 7.42. 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların pH düzeyleri

Örnek No	Ph	Değerlendirme
B001	7.40	Hafif Alkali
B002	7.48	Hafif Alkali
B003	7.48	Hafif Alkali
B004	7.31	Nötr
B005	7.33	Nötr
B006	7.35	Nötr
B007	7.30	Nötr
B008	7.57	Hafif Alkali
B009	7.53	Hafif Alkali
B010	7.76	Hafif Alkali
B012	7.40	Hafif Alkali
B013	7.63	Hafif Alkali
B014	7.45	Hafif Alkali
B015	7.59	Hafif Alkali
B016	7.74	Hafif Alkali
B017	7.61	Hafif Alkali
B018	7.48	Hafif Alkali
B019	7.69	Hafif Alkali
B020	7.63	Hafif Alkali
B021	7.76	Hafif Alkali
B022	7.62	Hafif Alkali
B023	7.74	Hafif Alkali
B024	7.65	Hafif Alkali
B025	7.71	Hafif Alkali

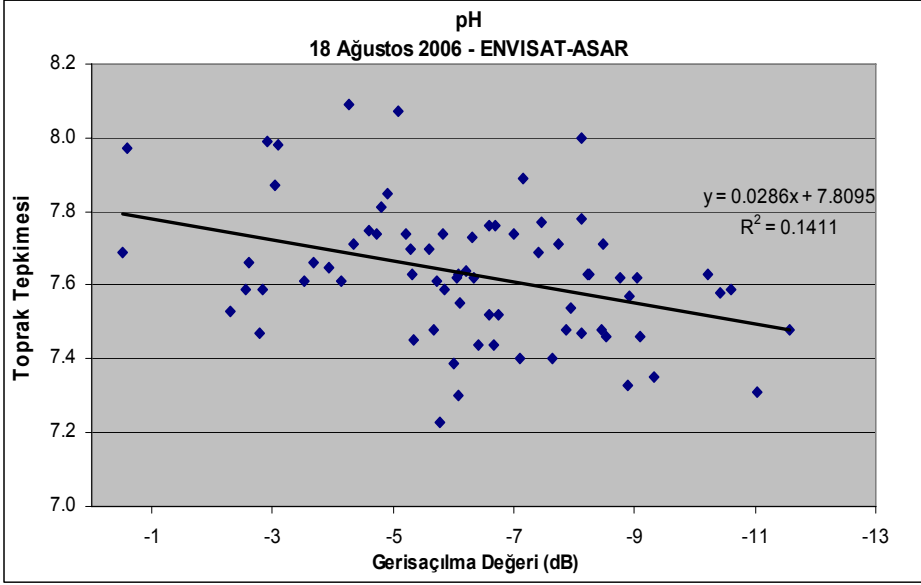
Çizelge 7.42. Devamı

Örnek No	Ph	Değerlendirme
B026	7.63	Hafif Alkali
B027	7.74	Hafif Alkali
B028	7.59	Hafif Alkali
B029	7.52	Hafif Alkali
B030	7.99	Orta Alkali
B031	7.58	Hafif Alkali
B032	7.48	Hafif Alkali
B077	7.39	Nötr
B153	7.85	Hafif Alkali
B155	7.77	Hafif Alkali
B156	7.52	Hafif Alkali
B159	7.78	Hafif Alkali
B160	7.62	Hafif Alkali
B161	7.71	Hafif Alkali
B163	7.87	Hafif Alkali
B197	7.62	Hafif Alkali
B198	7.98	Orta Alkali
B199	7.44	Hafif Alkali
B202	7.69	Hafif Alkali
B203	7.46	Hafif Alkali
B206	7.66	Hafif Alkali
B208	7.71	Hafif Alkali
B209	7.62	Hafif Alkali
B210	7.63	Hafif Alkali
B211	7.23	Nötr
B217	7.54	Hafif Alkali
B218	7.46	Hafif Alkali
B219	7.64	Hafif Alkali
B226	7.89	Hafif Alkali
B227	7.47	Hafif Alkali
B229	8.07	Orta Alkali
B232	7.75	Hafif Alkali
B233	7.70	Hafif Alkali

Çizelge 7.42. Devamı

Örnek No	Ph	Değerlendirme
B235	7.59	Hafif Alkali
B236	7.63	Hafif Alkali
B238	7.47	Hafif Alkali
B239	8.09	Orta Alkali
B240	7.73	Hafif Alkali
B241	7.97	Orta Alkali
B244	7.59	Hafif Alkali
B245	7.61	Hafif Alkali
B246	7.55	Hafif Alkali
B253	7.74	Hafif Alkali
B254	7.81	Hafif Alkali
B257	7.44	Hafif Alkali
B258	7.70	Hafif Alkali
B259	8.00	Orta Alkali
B260	7.66	Hafif Alkali
B261	7.61	Hafif Alkali

Bu dönem için test noktalarından alınan toprak örneklerinde toprak tepkimesi değerleri ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r= 0.38$) ve önemli düzeyde bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 7.28).



Şekil 7.28. Toprak tepkimesi ile 18 Ağustos 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü
sigmanought verileri arasındaki istatistiksel ilişki

7.5. SAR Uydu Görüntüleri İle Toprak Kireç İçeriği İlişkileri

Birim hacimdeki toprağın içerdiği CaCO_3 miktarının yüzdesel olarak ifade edildiği toprak kireç içeriği ile SAR görüntülerindeki gerisaçılım değerleri arasındaki istatistikî ilişkiler incelenmiştir. Bu amaçla RADARSAT-1 ve ENVISAT-ASAR uydu görüntülerinde betanought ve sigmanought dönüşümleri yapılmış olan gerisaçılım değerleri dikkate alınmıştır.

7.5.1 RADARSAT-1 Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Kireçi İlişkileri

Topraktaki kireç içeriği ancak uzun zaman içerisinde değişim gösterebilmektedir. Bu nedenle sadece **4 Mayıs 2006 tarihli** RADARSAT-1 görüntüsündeki gerisaçılım değerlerinin yüzdesel olarak toprak kireç içeriği değerleri ile ilişkilendirilmesi için, 03-06 Mayıs tarihleri arasında 56 adet test noktasında yaklaşık 0-30 cm derinliğindeki yüzey toprağından yaklaşık 1.5-2 kg toprak örneği alınmış ve bu örneklerin E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü Laboratuvarları'nda analizleri yapılmıştır. Bu dönemde, Toprak örnekleri incelendiğinde “Orta Kireçli-Kireçli” toprak kirecinin başat olduğu görülmektedir (Çizelge 7. 43).

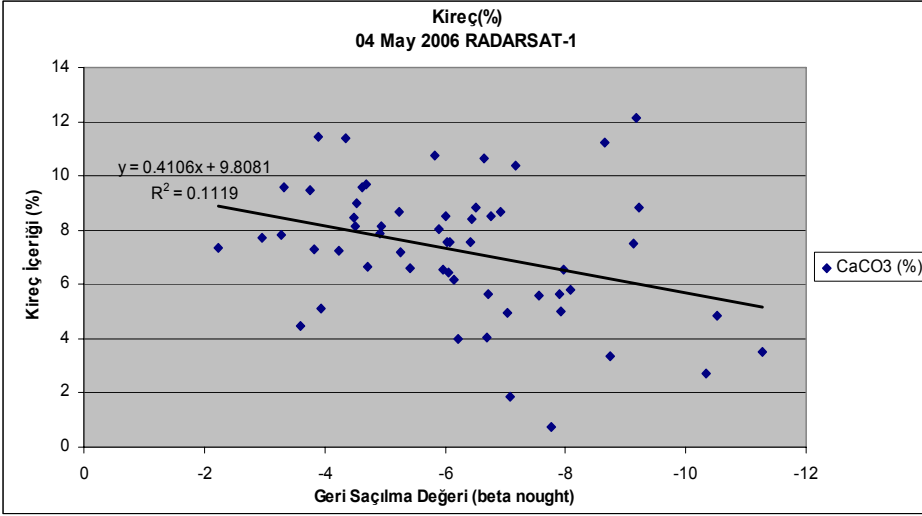
Çizelge 7.43. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların kireç düzeyleri

Örnek No	CaCO ₃ (%)	Değerlendirme
E077	7.24	Orta Kireçli
E111	8.50	Kireçli
E143	11.37	Kireçli
E146	8.14	Kireçli
E150	9.57	Kireçli
E152	8.98	Kireçli
E153	6.54	Orta Kireçli
E154	7.82	Orta Kireçli
E155	6.66	Orta Kireçli
E159	5.82	Orta Kireçli
E161	10.65	Kireçli
E162	12.13	Kireçli
E166	11.23	Kireçli
E170	8.42	Kireçli
E171	9.46	Kireçli
E174	4.49	Orta Kireçli
E176	4.05	Orta Kireçli
E178	6.17	Orta Kireçli
E179	8.14	Kireçli
E184	5.57	Orta Kireçli
E188	7.58	Orta Kireçli
E192	7.70	Orta Kireçli
E193	7.30	Orta Kireçli
E195	9.57	Kireçli
E198	8.06	Kireçli
E199	1.88	Az Kireçli
E201	10.38	Kireçli
E202	6.54	Orta Kireçli
E203	5.65	Orta Kireçli
E206	7.34	Orta Kireçli
E208	7.54	Orta Kireçli
E213	7.18	Orta Kireçli
E216	3.97	Az Kireçli

Çizelge 7.43. Devamı

Örnek No	CaCO ₃ (%)	Değerlendirme
E217	0.72	Az Kireçli
E224	3.35	Az Kireçli
E226	6.42	Orta Kireçli
E228	8.82	Kireçli
E231	5.00	Orta Kireçli
E232	11.47	Kireçli
E235	4.93	Orta Kireçli
E237	7.50	Orta Kireçli
E239	8.54	Kireçli
E240	10.75	Kireçli
E242	2.73	Az Kireçli
E244	7.86	Orta Kireçli
E246	3.53	Az Kireçli
E249	4.85	Orta Kireçli
E253	9.70	Kireçli
E254	7.54	Orta Kireçli
E255	8.46	Orta Kireçli
E256	8.82	Orta Kireçli
E257	8.66	Orta Kireçli
E258	6.62	Orta Kireçli
E259	5.65	Orta Kireçli
E260	8.66	Kireçli
E261	5.13	Orta Kireçli

Bu dönem için test noktalarından alınan toprak örneklerinde belirlenen kireç düzeyleri ile gerisaçılım değerleri (betanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r= 0.41$) ve önemli düzeyde bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 7.29).



Şekil 7.29. Toprak kireç içeriği ile 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT–1 görüntüsü gerisaçılım değerleri arasındaki istatistikî ilişki

7.5.2 ENVISAT-ASAR Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Kireçi İlişkileri

Daha önce de açıklandığı gibi toprağın kireç içeriği 2–3 ay gibi kısa zaman içerisinde değil ancak uzun zaman içerisinde değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle, toprağın kireç düzeyi ile gerisaçılım değerleri arasında ilişkilerin incelenebilmesi için temin edilen ENVISAT-ASAR görüntülerinden sadece **23 Mayıs 2006** tarihli görüntü üzerinde çalışılmıştır. Bu görüntü çekim tarihleri ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 130 adet test noktasına gidilmiş ve 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağının özelliklerini belirlemek üzere örneklenmiştir. ENVISAT-ASAR uydusundan alınan ilk görüntü tarihi olan bu dönemde, test noktalarında belirlenen kireç seviyeleri Çizelge 7.44’te verilmiştir.

Çizelge 7.44. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların kireç düzeyleri

Örnek No	CaCO ₃ (%)	Değerlendirme
Y001	8.78	Kireçli
Y002	10.71	Kireçli
Y003	10.51	Kireçli
Y004	11.51	Kireçli
Y005	8.70	Kireçli
Y007	9.54	Kireçli
Y008	6.32	Orta Kireçli
Y009	5.35	Orta Kireçli
Y010	10.31	Kireçli
Y011	6.80	Orta Kireçli
Y012	5.96	Orta Kireçli

Çizelge 7.44. Devamı

Örnek No	CaCO ₃ (%)	Değerlendirme
Y014	9.50	Kireçli
Y016	10.02	Kireçli
Y017	8.90	Kireçli
Y018	11.07	Kireçli
Y019	8.78	Kireçli
Y020	7.13	Orta Kireçli
Y021	5.96	Orta Kireçli
Y022	6.32	Orta Kireçli
Y023	6.36	Orta Kireçli
Y024	10.26	Kireçli
Y025	8.05	Kireçli
Y026	7.37	Orta Kireçli
Y027	8.98	Kireçli
Y028	3.99	Az Kireçli
Y029	2.98	Az Kireçli
Y030	9.34	Kireçli
Y031	10.22	Kireçli
Y032	8.82	Kireçli
Y033	8.37	Kireçli
Y034	5.84	Orta Kireçli
Y035	5.60	Orta Kireçli
Y077	7.24	Orta Kireçli
Y141	8.78	Kireçli
Y142	7.70	Orta Kireçli
Y143	11.37	Kireçli
Y144	9.41	Kireçli
Y146	8.14	Kireçli
Y147	8.94	Kireçli
Y148	6.90	Orta Kireçli
Y149	9.33	Kireçli
Y150	9.57	Kireçli
Y151	8.06	Kireçli
Y152	8.98	Kireçli
Y153	6.54	Orta Kireçli

Çizelge 7.44. Devamı

Örnek No	CaCO ₃ (%)	Değerlendirme
Y154	7.82	Orta Kireçli
Y155	6.66	Orta Kireçli
Y156	8.82	Kireçli
Y159	5.82	Orta Kireçli
Y160	10.81	Kireçli
Y161	10.65	Kireçli
Y163	12.03	Kireçli
Y165	10.22	Kireçli
Y166	11.23	Kireçli
Y167	9.46	Kireçli
Y170	8.42	Kireçli
Y171	9.46	Kireçli
Y172	9.14	Kireçli
Y173	9.50	Kireçli
Y176	4.05	Orta Kireçli
Y177	5.85	Orta Kireçli
Y178	6.17	Orta Kireçli
Y179	8.14	Kireçli
Y180	7.38	Orta Kireçli
Y184	5.57	Orta Kireçli
Y185	7.50	Orta Kireçli
Y187	5.89	Orta Kireçli
Y188	7.58	Orta Kireçli
Y189	8.58	Kireçli
Y190	4.89	Orta Kireçli
Y192	7.70	Orta Kireçli
Y193	7.30	Orta Kireçli
Y194	8.82	Kireçli
Y195	9.57	Kireçli
Y196	8.78	Kireçli
Y197	8.78	Kireçli
Y198	8.06	Kireçli
Y199	1.88	Az Kireçli

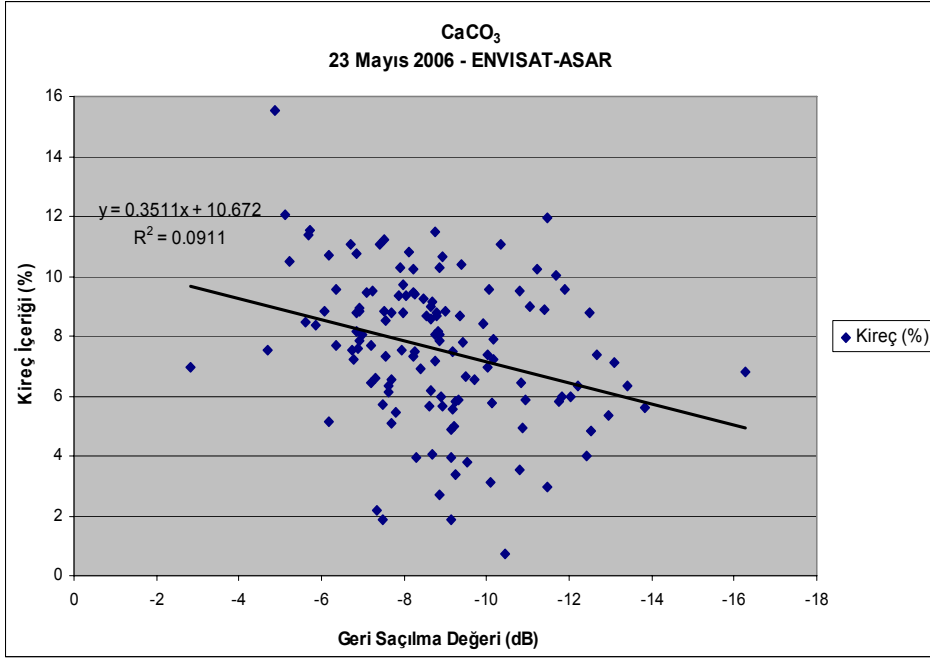
Çizelge 7.44. Devamı

Örnek No	CaCO ₃ (%)	Değerlendirme
Y200	5.09	Orta Kireçli
Y201	10.38	Kireçli
Y202	6.54	Orta Kireçli
Y203	5.65	Orta Kireçli
Y205	5.69	Orta Kireçli
Y206	7.34	Orta Kireçli
Y208	7.54	Orta Kireçli
Y209	7.90	Orta Kireçli
Y210	1.84	Az Kireçli
Y211	11.07	Kireçli
Y212	2.17	Az Kireçli
Y213	7.18	Orta Kireçli
Y215	6.13	Orta Kireçli
Y216	3.97	Az Kireçli
Y217	0.72	Az Kireçli
Y218	6.94	Orta Kireçli
Y219	5.97	Orta Kireçli
Y220	3.13	Az Kireçli
Y224	3.35	Az Kireçli
Y226	6.42	Orta Kireçli
Y227	3.79	Az Kireçli
Y229	5.47	Orta Kireçli
Y230	5.78	Orta Kireçli
Y231	5.00	Orta Kireçli
Y232	11.47	Kireçli
Y233	7.78	Orta Kireçli
Y234	7.54	Orta Kireçli
Y235	4.93	Orta Kireçli
Y236	3.93	Az Kireçli
Y237	7.50	Orta Kireçli
Y238	7.22	Orta Kireçli
Y239	8.54	Kireçli
Y240	10.75	Kireçli

Çizelge 7.44. Devamı

Örnek No	CaCO ₃ (%)	Değerlendirme
Y241	11.07	Kireçli
Y242	2.73	Az Kireçli
Y243	9.22	Kireçli
Y244	7.86	Orta Kireçli
Y245	15.56	Çok Kireçli
Y246	3.53	Az Kireçli
Y249	4.85	Orta Kireçli
Y250	6.46	Orta Kireçli
Y252	6.94	Orta Kireçli
Y253	9.70	Kireçli
Y254	7.54	Orta Kireçli
Y255	8.46	Kireçli
Y256	8.82	Kireçli
Y257	8.66	Kireçli
Y258	6.62	Orta Kireçli
Y259	5.65	Orta Kireçli
Y260	8.66	Kireçli
Y261	5.13	Orta Kireçli
Y262	11.95	Kireçli

Bu dönem için test noktalarından alınan toprak örneklerinde belirlenen kireç düzeyleri ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r= 0.30$) ve önemli düzeyde bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 7.30).



Şekil 7.30. Toprak kireç içeriği ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü gerisaçılım değerleri arasındaki istatistiksel ilişki

7.6. SAR Uydu Görüntüleri İle Toprak Organik Maddesi İlişkileri

Toprağın içerdiği organik karbonun sabit bir katsayı ile çarpıldıktan sonra yüzdesel olarak ifade edildiği toprak organik madde içeriği ile SAR görüntülerindeki gerisaçılım değerleri arasındaki istatistikî ilişkiler incelenmiştir. Bu amaçla RADARSAT-1 ve ENVISAT-ASAR görüntülerinde betanought ve sigmanought dönüşümleri yapılmış olan gerisaçılım değerleri dikkate alınmıştır.

7.6.1 RADARSAT-1 Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Organik Madde İlişkileri

Topraktaki organik madde içerip ancak uzun zaman içerisinde değişim gösterebilmektedir. Bu nedenle sadece **4 Mayıs 2006 tarihli** RADARSAT-1 görüntüsündeki gerisaçılım değerlerinin yüzdesel olarak toprak organik madde içeriği değerleri ile ilişkilendirilmesi için, 03-06 Mayıs tarihleri arasında 56 adet test noktasında yaklaşık 0-30 cm derinliğindeki yüzey toprağından yaklaşık 1.5-2 kg toprak örneği alınmış ve bu örneklerin E.Ü.Z.F. Toprak Bölümü Laboratuvarları'nda analizleri yapılmıştır. Bu dönemde, Toprak örneklerine ait organik madde içeriği değerleri incelendiğinde toprakların organik maddece fakir oldukları görülmektedir (Çizelge 7.45).

Araştırma yöresi topraklarının organik madde içeriğinin çok düşük olması, gerisaçılım değerlerine belirgin bir etki yapamamasına neden olmuştur.

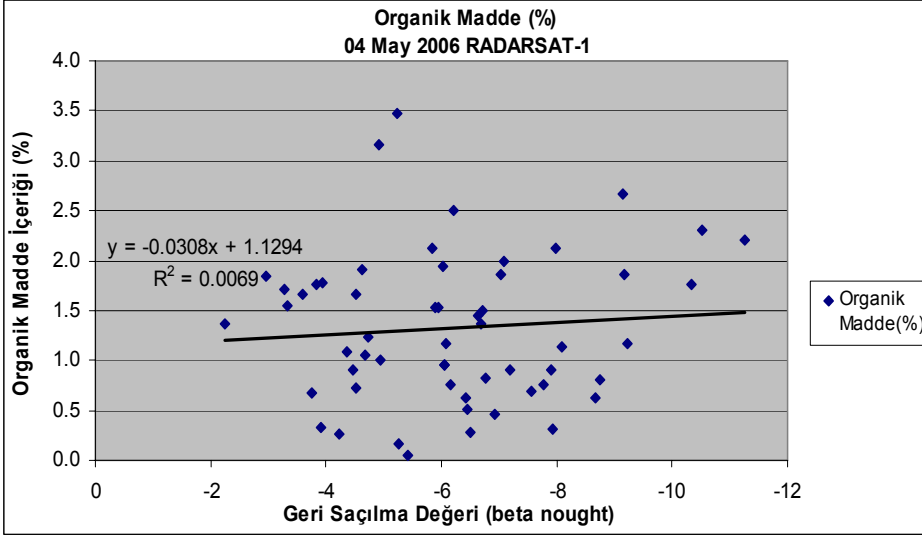
Çizelge 7.45. 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların organik madde düzeyleri

Örnek No	Organik Madde(%)	Değerlendirme
E077	0.26	Çok Az
E111	0.83	Çok Az
E143	1.09	Az
E146	1.66	Az
E150	1.91	Az
E152	0.72	Çok Az
E153	2.12	Az
E154	1.71	Az
E155	1.24	Çok Az
E159	1.14	Az
E161	1.45	Az
E162	1.86	Az
E166	0.62	Çok Az
E170	0.52	Çok Az
E171	0.67	Çok Az
E174	1.66	Az
E176	1.37	Az
E178	0.75	Çok Az
E179	1.01	Az
E184	0.70	Çok Az
E188	1.16	Az
E192	1.84	Az
E193	1.76	Az
E195	1.55	Çok Az
E198	1.53	Az
E199	1.99	Az
E201	0.91	Çok Az
E202	1.53	Az
E203	0.91	Çok Az
E206	1.37	Az
E208	0.96	Çok Az
E213	0.16	Çok Az
E216	2.51	Orta

Çizelge 7.45. Devamı

Örnek No	Organik Madde(%)	Değerlendirme
E217	0.75	Çok Az
E224	0.80	Çok Az
E226	0.96	Çok Az
E228	0.28	Çok Az
E231	0.31	Çok Az
E232	0.34	Çok Az
E235	1.86	Az
E237	2.66	Orta
E239	1.94	Az
E240	2.12	Orta
E242	1.76	Az
E244	3.15	Yüksek
E246	2.20	Orta
E249	2.30	Orta
E253	1.06	Az
E254	0.62	Az
E255	0.91	Çok Az
E256	1.16	Az
E257	0.47	Çok Az
E258	0.05	Çok Az
E259	1.50	Yüksek
E260	3.47	Yüksek
E261	1.78	Yüksek

Bu dönem için test noktalarından alınan toprak örneklerinde belirlenen organik madde düzeyleri ile gerisaçılım değerleri (betanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r = -0.06$) ve önemli bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 7.31).



Şekil 7.31. Toprak organik madde içeriği ile 4 Mayıs 2006 tarihli RADARSAT-1 görüntüsü gerisaçılım değerleri arasındaki istatistiksel ilişki

7.6.2 ENVISAT-ASAR Görüntüleri Gerisaçılım Değerleri İle Toprak Organik Madde İlişkileri

Daha önce de açıklandığı gibi toprağın organik madde içeriği 2–3 ay gibi kısa zaman içerisinde değil ancak uzun zaman içerisinde değişiklik gösterebilmektedir. Bu nedenle, toprağın organik madde düzeyi ile gerisaçılım değerleri arasında ilişkilerin incelenebilmesi için temin edilen ENVISAT-ASAR görüntülerinden sadece **23 Mayıs 2006** tarihli görüntü üzerinde çalışılmıştır. Bu görüntü çekim tarihleri ile eş zamanlı olarak yapılan arazi çalışmalarında 130 adet test noktasına gidilmiş ve 0–30 cm derinliğindeki yüzey toprağının özelliklerini belirlemek üzere örneklenmiştir. ENVISAT-ASAR uydusundan alınan

ilk görüntü tarihi olan bu dönemde, test noktalarında belirlenen organik madde düzeyleri Çizelge 7.46’da verilmiştir.

Çizelge 7.46. 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsüne eşzamanlı olarak örneklenen toprakların organik madde düzeyleri

Örnek No	Organik Madde(%)	Değerlendirme
Y001	0.96	Çok Az
Y002	1.78	Az
Y003	2.35	Az
Y004	2.02	Az
Y005	0.88	Çok Az
Y007	0.78	Çok Az
Y008	0.98	Çok Az
Y009	0.98	Çok Az
Y010	1.50	Az
Y011	0.93	Çok Az
Y012	0.78	Az
Y014	0.88	Çok Az
Y016	0.47	Çok Az
Y017	0.98	Çok Az
Y018	0.78	Çok Az
Y019	0.83	Çok Az
Y020	1.09	Az
Y021	0.31	Çok Az
Y022	0.72	Çok Az
Y023	0.36	Çok Az
Y024	1.29	Az
Y025	0.93	Çok Az
Y026	0.83	Çok Az
Y027	1.34	Az
Y028	1.91	Az
Y029	1.03	Az
Y030	1.50	Az
Y031	1.29	Az

Çizelge 7. 46. Devamı

Örnek No	Organik Madde(%)	Değerlendirme
Y032	1.76	Az
Y033	1.40	Az
Y034	1.09	Az
Y035	0.67	Az
Y077	0.26	Çok Az
Y141	1.32	Az
Y142	1.58	Az
Y143	1.09	Az
Y144	1.55	Çok Az
Y146	1.66	Az
Y147	1.50	Çok Az
Y148	0.72	Çok Az
Y149	1.76	Az
Y150	1.91	Az
Y151	1.86	Az
Y152	0.72	Çok Az
Y153	2.12	Az
Y154	1.71	Az
Y155	1.24	Çok Az
Y156	1.40	Çok Az
Y159	1.14	Az
Y160	1.40	Az
Y161	1.45	Az
Y163	2.07	Az
Y165	1.34	Çok Az
Y166	0.62	Çok Az
Y167	0.47	Çok Az
Y170	0.52	Çok Az
Y171	0.67	Çok Az
Y172	0.78	Çok Az
Y173	0.98	Çok Az
Y176	1.37	Az
Y177	0.35	Çok Az

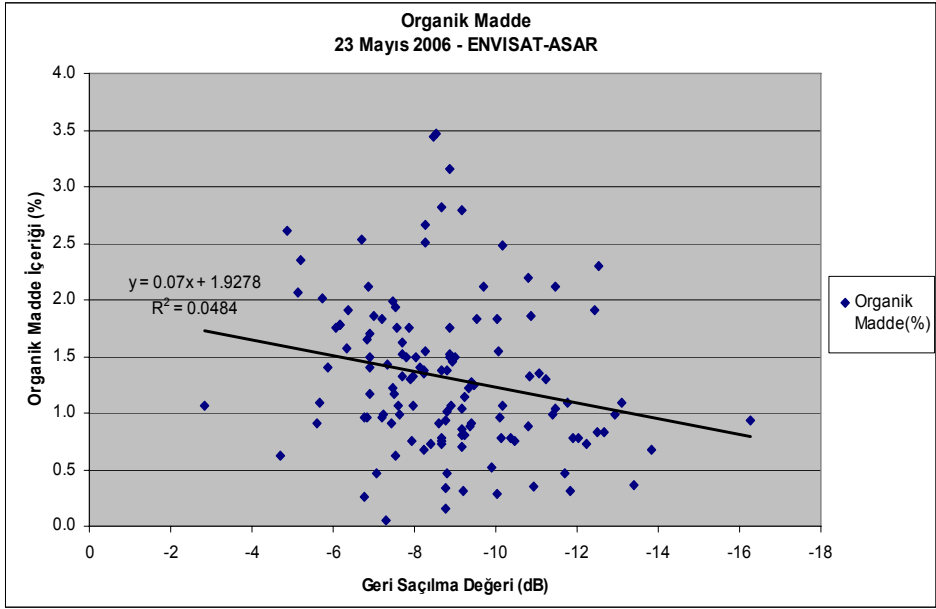
Çizelge 7. 46. Devamı

Örnek No	Organik Madde(%)	Değerlendirme
Y178	0.75	Çok Az
Y179	1.01	Az
Y180	1.84	Az
Y184	0.70	Çok Az
Y185	0.85	Çok Az
Y187	1.22	Az
Y188	1.16	Az
Y189	2.82	Orta
Y190	1.03	Az
Y192	1.84	Az
Y193	1.76	Az
Y194	1.50	Çok Az
Y195	1.55	Çok Az
Y196	1.37	Çok Az
Y197	1.63	Az
Y198	1.53	Az
Y199	1.99	Az
Y200	1.32	Az
Y201	0.91	Çok Az
Y202	1.53	Az
Y203	0.91	Çok Az
Y205	1.22	Az
Y206	1.37	Az
Y208	0.96	Çok Az
Y209	1.06	Az
Y210	0.80	Çok Az
Y211	0.91	Çok Az
Y212	1.42	Az
Y213	0.16	Çok Az
Y215	1.06	Az
Y216	2.51	Orta
Y217	0.75	Çok Az
Y218	1.06	Az
Y219	1.06	Az

Çizelge 7. 46. Devamı

Örnek No	Organik Madde(%)	Değerlendirme
Y220	0.96	Çok Az
Y224	0.80	Çok Az
Y226	0.96	Çok Az
Y227	1.84	Az
Y229	1.50	Az
Y230	0.78	Çok Az
Y231	0.31	Çok Az
Y232	0.34	Çok Az
Y233	1.27	Az
Y234	0.75	Çok Az
Y235	1.86	Az
Y236	2.79	Orta
Y237	2.66	Orta
Y238	2.48	Orta
Y239	1.94	Az
Y240	2.12	Orta
Y241	2.53	Az
Y242	1.76	Az
Y243	3.44	Yüksek
Y244	3.15	Yüksek
Y245	2.61	Orta
Y246	2.20	Orta
Y249	2.30	Orta
Y250	1.32	Az
Y252	0.28	Çok Az
Y253	1.06	Az
Y254	0.62	Az
Y255	0.91	Çok Az
Y256	1.16	Az
Y257	0.47	Çok Az
Y258	0.05	Çok Az
Y259	1.50	Yüksek
Y260	3.47	Yüksek
Y261	1.78	Yüksek
Y262	2.12	Orta

Bu dönem için test noktalarından alınan toprak örneklerinde belirlenen organik madde düzeyleri ile gerisaçılım değerleri (sigmanought) arasındaki ilişkiler istatistiksel olarak incelenmiş ($r= 0.26$) ve önemli düzeyde bir ilişki bulunamamıştır (Şekil 7.32).



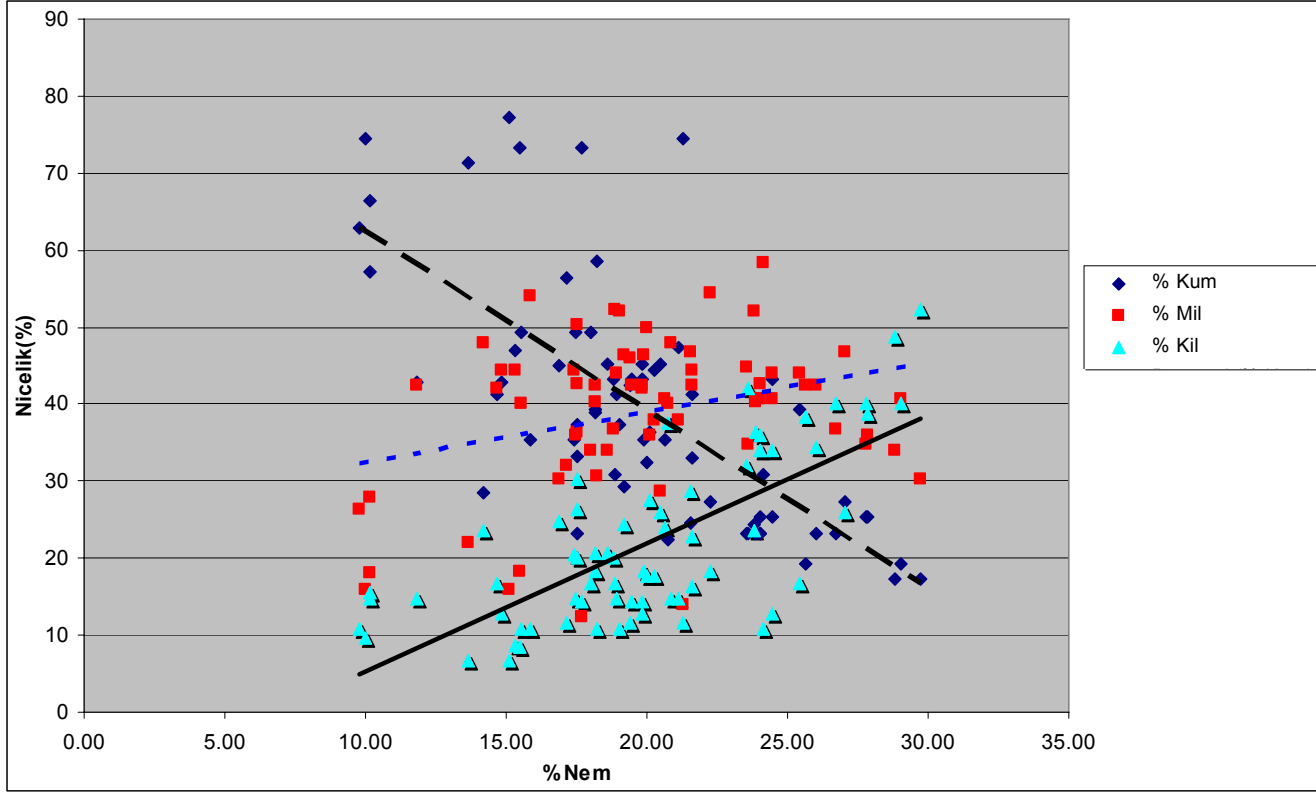
Şekil 7.32. Toprak organik madde içeriği ile 23 Mayıs 2006 tarihli ENVISAT-ASAR görüntüsü gerisaçılım değerleri arasındaki istatistiksel ilişki

7.7. Görüntü Birleştirme (Image Fusion) Tekniği Uygulaması İle Toprak Nemi Belirlenmesi

SAR görüntüleri kullanımının toprak neminin saptanmasında yapacağı katkıların belirlenmesinin amaçlandığı bu araştırmada, SAR görüntülerinin tek başına kullanılarak test edilmesinin yanında, SPOT uydu görüntüsü 3. bandı (NIR) ile görüntü birleştirme tekniği kullanılarak üretilen görüntü ile de test edilmiştir. Optik görüntüleri oluşturan bantlardan özellikle NIR bandın, bitki örtüsünden etkilendiği bilinmektedir. SAR-Optik birleştirilmiş uydu görüntülerinde toprak neminin izlenebilmesi için, yüzeyi örten bitki örtüsünün bir engel olup olamayacağı bu bölümde araştırılmıştır. Bu nedenle seçilen test noktalarının hem boş toprak, hem de buğday bitki örtüsü olan araziler üzerinde yer alması sağlanmıştır. Böylece, birleştirilmiş görüntünün, toprak neminin belirlenmesindeki performansı test edilmiştir.

Bu araştırmada, SAR görüntülerinin yüzey rölyefinden etkileşimleri dikkate alınarak, yüzey pürüzlülüğü veya engebe koşulları homojen, ova özellikli araziler araştırma yöresi olarak seçilmiştir. Arazi eğiminin düz-düze yakın olduğu araştırma yöresinde, yansımayı etkileyecek yüzey taşlılığı ya da kayalılığı da yoktur. Yansımanın zemin özellikleri olarak sadece değişen toprak bünyesi ve nem değerlerinden etkilendiği düşünülmektedir. Araştırma yöresinden, birleştirilmiş görüntü ile nem ilişkilerinin değerlendirilmelerinde kullanılmak üzere 135 adet toprak örneği alınmıştır. Bu örneklerin analizleri sonucunda, yansımayı doğrudan etkilediği bilinen nem içeriği ile diğer temel toprak

parametrelerinden olan kil, mil ve kum miktarı belirlenmiştir. Bu faktörlerin topraktaki bulunma oranı ile yansıma arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Teorik olarak killi bünyenin su tutma kapasitesinin daha yüksek olduğu bilinmekle beraber, araştırma yöresindeki durumun literatüre uygunluğunu belirlemek için yapılan korelasyon analizlerine göre, kil ve nem miktarları arasında 0,72 düzeyinde pozitif ve önemli düzeyde bir istatistiksel ilişki belirlenmiştir. Kum oranı ile nem arasında ise 0,70 düzeyinde negatif ve önemli düzeyde bir istatistikî ilişki bulunmuştur. Mil miktarının ise toprak nemi ile önemli bir ilişkisinin olmadığı görülmüştür (Şekil 7.33). Optik uydu görüntülerinin görülebilir bölge dalga boyundaki enerjiyi içeren bantlar gibi, yakın kızılötesi bölgedeki enerji yansımalarında toprak nem düzeyi ile ilişkili olduğu bilinmektedir. Optik görüntülerin toprak yüzeyi mikro rölyefine hassasiyeti ise SAR görüntülerindeki kadar yüksek değildir. Bu nedenle SAR görüntülerinin bazı dezavantajlarının, optik görüntüler ile birlikte değerlendirilmesi ile azalacağı düşünülmektedir.

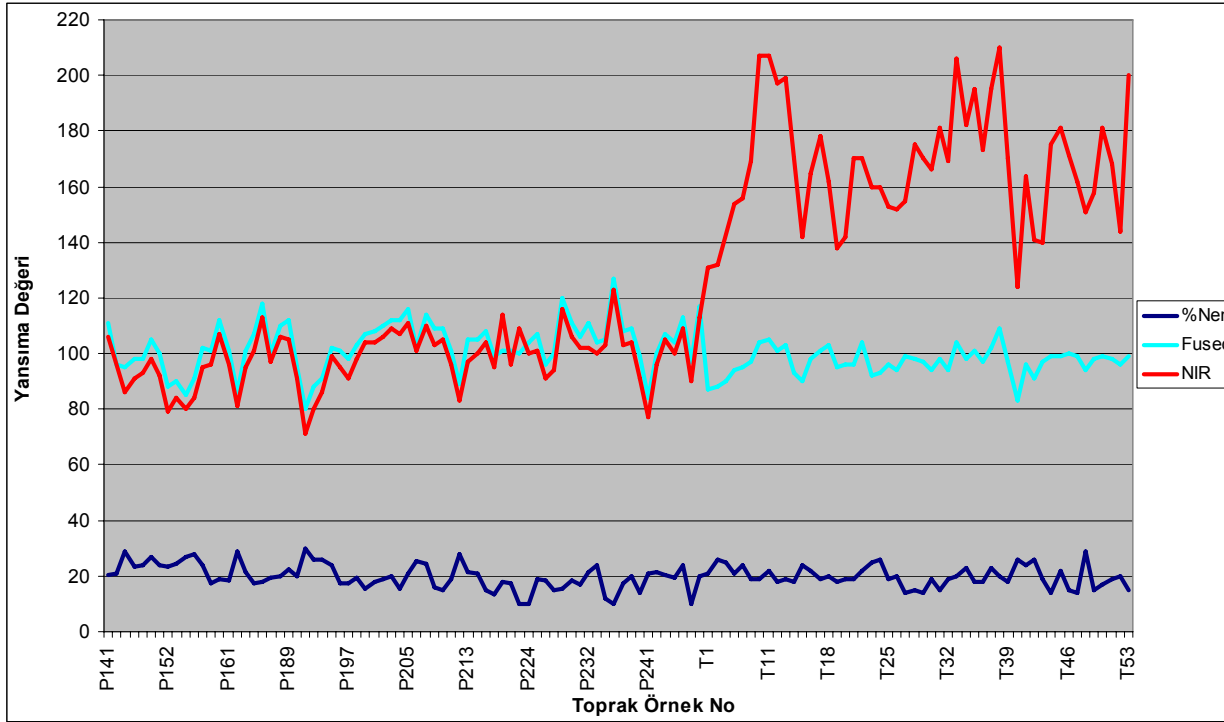


Şekil 7.33. Toprak örneklerindeki nem içeriğinin, kil, mil ve kum miktarları ile ilişkisi

Görüntü birleştirme işleminde SAR görüntüsü olarak kullanılan RADARSAT-1 uydusu algılama düzeneği, C bant olarak tanımlanan ve dalga boyu aralığı 5 cm olan mikrodalga enerjiyi algılamaktadır. C band mikrodalga enerjinin yumuşak bitki dokusundan az etkilendiği, dal ya da ağaç gövdesinden gerisaçılımın fazla olduğu daha önce yapılan çalışmalarda belirtilmiştir. Bu nedenle araştırmada denemek için ağaç türü bitki örtüsü yerine bünyesinde odunsu doku bulunmayan buğday bitki örtüsü tercih edilmiştir. Görüntü birleştirme işleminde kullanılan SPOT uydu görüntüsünün alım tarihi olan Mayıs aylarında, tarlalarda var olan bitki örtüsü dağılım alanlarının belirlenebilmesi amacıyla NDVI (Normalized Differentiation Vegetation Index), uygulaması yapılmış ve araştırma alanı bitki örtüsü haritası üretilmiştir. Araştırma alanında; boş tarla ve bitki örtüsü bulunan tarlaların test noktası olarak seçilebilmesi için üretilen NDVI haritasından yararlanılmıştır. Üzerinde bitki örtüsünün bulunduğu tarlalara gidilmiş ve buğday bitki örtüsünün yer aldığı tarlalardan uygun olanları test noktası olarak seçilmiştir.

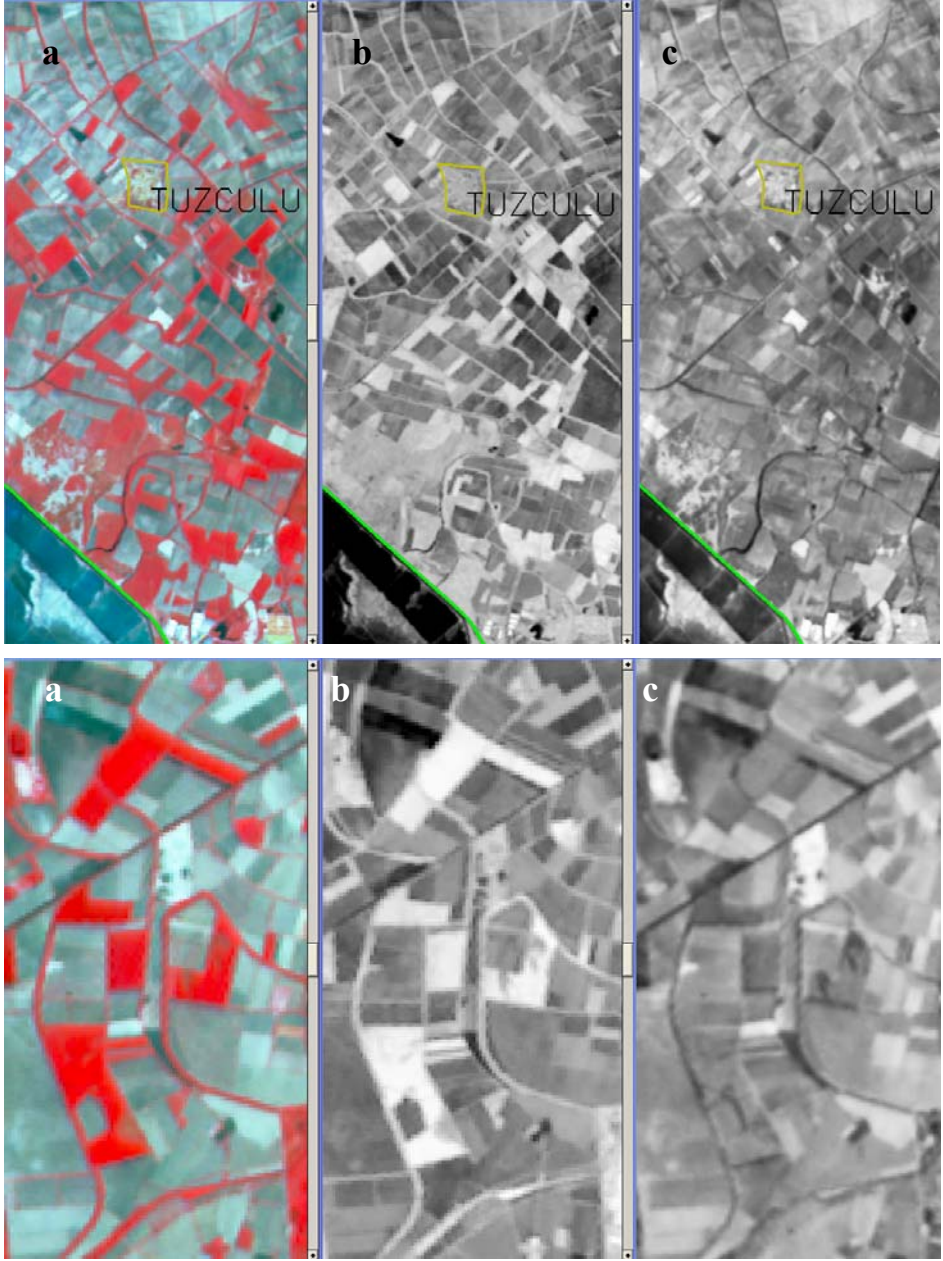
Görüntü birleştirme uygulaması için SPOT-2 uydusu 3. Bandı (NIR) tercih edilmiştir. SPOT-2 uydusu, 3. bandının RADARSAT-1 görüntüsü ile birleştirilmiş şekli ve sadece SPOT 2 uydusu 3. bandı yansımaya verilerinin toprak nem değerleri ile korelasyonu yapılmıştır. Sonuçta, boş topraklı test noktalarında, 3.bant ve birleştirilmiş görüntü yansımaya değerlerinin toprak nemine karşı davranışlarının benzer olduğu, yansımaya şiddetinin artan nem oranına ters orantılı olarak azaldığı saptanmıştır. Ancak bu ilişki toprak yüzeyinde bitki örtüsünün bulunduğu bölgelerde benzerliğini yitirmektedir (Şekil 7.34). NIR enerjinin bitki örtüsü olduğu bölgelerde nemden bağımsız olarak ve şiddetle artmasına

karşın, birleştirilmiş görüntüde yansımanın bitki örtüsünden etkilenmediği ve toprak nemine uyumlu olarak, önemli bir sapma göstermeden algılanabildiği belirlenmiştir.



Şekil 7.34. Üzerinde bitki örtüsü bulunan ve bulunmayan tarlaların nem değerleri ile birleştirilmiş (FUSE) ve NIR görüntü yansım değerleri arasındaki ilişki (P141-P241 numaralı örnekler boş toprak, T1-T53 numaralı örnekler ise buğday ve arpa bitki örtüsü altındadır)

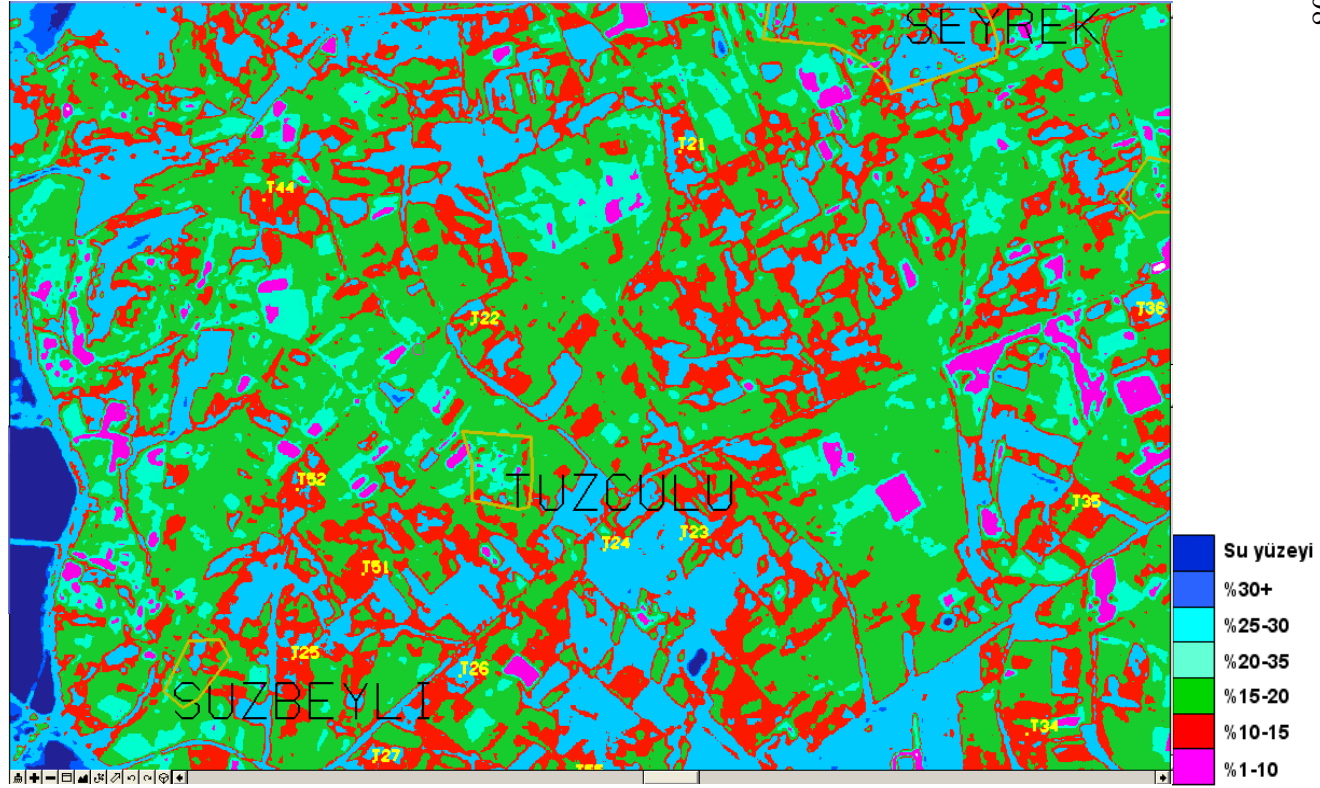
NIR bant yansımalarının, bitki örtüsünün bulunduğu tarlalarda, toprak neminden bağımsız bir şekilde ancak yeşil dokunun yoğunluğuna bağlı olarak artışlar gösterdiği görülmüştür. NIR– yeşil doku yansıma değerleri arasındaki ilişki önceki çalışmalar ile de bilinmektedir. Ancak birleştirilerek üretilen görüntü yansımaları incelendiğinde, buğday bitki örtüsünün bulunduğu tarlalarda, bitki örtüsü etkisinin yansımada hissedilmediği ve toprak nem özelliklerine uyumlu yansıma değerlerinin elde edildiği görülmüştür (Şekil 7.35). SPOT–2 uydu görüntüsü “false color composite” renklendirilmiş görüntüsünde yeşil dokusuna bağlı olarak kırmızı renk ile görülen buğday bitki örtüsü, SPOT uydu görüntüsü (3.bant) NIR bandını içeren siyah beyaz görüntüde de yüksek yansıma değerleri ile belirlenebilmektedir. RADARSAT–1 C bandı ile NIR bandın birleştirilmesi ile üretilen görüntüde ise buğday bitki örtüsü altındaki toprak nem içeriğine göre yansıma değerlerinin algılanabildiği görülmüştür (Şekil 7.36). Toprak örneklerindeki nem içeriği ile uyum gösteren bu görüntünün piksel verileri, “density slicing” yöntemi ile sınıflandırılarak toprak nem haritası üretilmiştir (Şekil 7.37).



Şekil 7.35. Araştırma yöresine ait aynı alanın; (a) Spot-2 false color composite görüntüsü (b) Spot-2 3. bant (NIR) görüntüsü ve (c) RADARSAT-1 görüntüsü ile Spot-2 görüntüsü 3. bantın birleştirilmesi ile üretilen yeni görüntü (kırmızı renk buğday ve arpa bitki örtüsüne aittir, c görüntüsünde bitki örtüsü etkisinin azaldığı görülmektedir)



Şekil 7.36. Spot 3. band (NIR) ve RADARSAT-1 görüntüsünden birleştirme (fusion) yöntemi ile üretilen görüntüde nemin belirlenmesi



Şekil 7.37. Çalışma alanına ait toprak nem haritası örneği

8. SONUÇ

Bu araştırmada, aynı yıl içerisinde farklı tarihlerde alımı yapılmış RADARSAT-1 ve ENVISAT-ASAR görüntüleri kullanılarak toprağın bazı temel özelliklerinin belirlenebilirliği araştırılmıştır. Başta, pek çok toprak özelliğinin bir bileşkesi özelliği taşıyan nem içeriği olmak üzere, toprak bünyesi, kireç, organik madde, toprak reaksiyonu (pH), tuz içerikleri ile mikrodalga gerisaçılım ilişkileri incelenmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle, öncelikle araştırma yöresi topraklarının yukarıda belirtilen özellikleri belirlenmiş ve CBS kurallarına göre oluşturulan altlık üzerine girilmiştir.

Uydu görüntülerinin alımına eş zamanlı olarak gerçekleştirilen arazi çalışmaları sürecinde, gerisaçılımlarının dikkate alınacağı test noktalarında toprak nem ölçümleri yapılmış ve bu noktaların diğer toprak özelliklerinin belirlenerek veritabanının güncellenmesi için toprak örnekleri alınarak kimyasal ve fiziksel analizleri yapılmıştır.

SAR görüntüleri gerisaçılım değerlerinin sigmanought ve betanought dönüşümleri yapılmış ve çalışma alanı içerisinde yer alan toprakların nem içerikleri, bünye (%kum + %mil + %kil), organik madde, tuz, pH ve kireç içeriklerinin değerleri arasında istatistiksel ilişkisi korelasyon analiz tekniği uygulanarak belirlenmeye çalışılmıştır. Test noktalarından örneklenen toprakların analizleri sonucunda belirlenen, organik madde, pH, tuz ve kireç içerikleri ile uydu görüntülerinden elde edilen test noktalarının gerisaçılım değerleri arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde bir ilişki olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 8.1).

SAR görüntülerinin gerisaçılım değerleri ile toprak nemi arasındaki ilişkiler incelendiğinde, araştırmada kullanılan SAR görüntülerinin tamamında pozitif yönde ve önemli düzeyde istatistiksel ilişki olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın başlangıç ve bitiş tarihleri arasındaki zaman diliminde, hem doğal toprak nemi, hem de sulama koşullarında parsel düzeyinde değişen toprak neminin etkileri incelenebilmiştir. Toprak neminin mikrodalga gerisaçılım şiddeti ile doğru orantılı olarak arttığını gösteren bu sonuç, SAR görüntülerinin, toprak neminin izlenmesinde kullanılabileceğini de göstermektedir. Mayıs aylarında alımı yapılmış olan 6,25m çözünürlüklü RADARSAT- 1 görüntülerindeki gerisaçılım değerleri ile toprak nemi arasında önemli düzeyde ($r=0,88$ ve $r=0,90$) ve pozitif yönde ilişki belirlenmiştir. Bir tanesi Mayıs ayına ait olmak üzere, diğerleri ise sulama mevsiminin sürdürüldüğü yaz aylarına ait olmak üzere toplam 5 adet 12,5 m çözünürlüklü ENVISAT-ASAR görüntülerinin geri saçılım değerleri ile toprak nemi arasındaki ilişki incelenebilmiştir. Bu görüntüler ile gerisaçılım verileri arasında da, RADARSAT-1 görüntüsünde olduğu gibi önemli düzeyde ve pozitif yönde istatistiksel ilişkiler ($r= 0,85$; $r=0,88$; $r= 0,87$; $r=0,89$, $r=0,91$) belirlenmiştir. Belirlenen istatistiksel ilişki düzeyinin yüksek olmasında, araştırmanın yoğun sulama zamanında yapılması, bu nedenle sulama yapılmayan çok kuru ve sulamaya bağlı olarak çok ıslak toprakların birlikte bulunması etkili olmuştur. Toprak nem içeriğindeki bu büyük farklılık, gerisaçılım değerlerini de etkilemiştir (Çizelge 8.1). Sulama mevsiminin henüz başlamadığı ve doğal toprak neminin bulunduğu zaman diliminde çekimi yapılmış olan RADARSAT-1 görüntülerindeki gerisaçılım ve toprak nemi arasındaki yüksek önem düzeyindeki

istatistiksel ilişkinin, RADARSAT-1 görüntülerinin daha yüksek çözünürlüklü olması ile ilişkilendirilebilir. SAR görüntülerinin toprak nemine hassas olduğunu gösteren bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, ileri çalışmalar ile toprak nemi izlenmesinde SAR görüntüsü kullanımının yaygınlaştırılması gerekliliğini göstermektedir.

SAR görüntülerinin, özellikle çözünürlük ve polarizasyon özellikleri yönünden toprak nemine hassasiyeti yeni araştırma projeleri ile ayrıca incelenmelidir. Bu çalışmada her ikisi de 5 cm (C bandı) dalga boyundaki gerisaçılımlardan oluşan fakat çözünürlükleri ve polarizasyonları farklı SAR görüntüleri kullanılmıştır. Kullanılan görüntü, dalga boyu özelliği yönüyle yüzey altına kısa mesafeli (5-10cm) olarak penetre olabilmektedir. Bu özelliğe bağlı olarak, C bandı gerisaçılım incelemeleri yüzey toprak neminin belirlenmesi yönünden olumlu sonuçlar vermiştir. Kullanılan görüntülerden RADARSAT-1 görüntüsü HH polarizasyonuna, ENVISAT ise VV polarizasyona sahiptir. SAR görüntülerinin polarizasyon ve çözünürlük özelliklerinin toprak nemi belirlenebilmesi açısından öneminin net olarak söylenebilmesi için, benzer polarizasyonlu fakat farklı çözünürlükte, yâda benzer çözünürlükte fakat farklı polarizasyon özelliğine sahip görüntülerin kullanıldığı araştırmaların yapılması gerekmektedir.

En önemli toprak özelliklerinden olan toprak bünyesinin gerisaçılım değerleri ile ilişkilendirilmesi, bünyeyi oluşturan parametreler bazında yapılmıştır. Toprakların kil içerikleri ile su tutma kapasiteleri arasında pozitif ve doğrusal bir ilişki vardır. Bu araştırmada, gerisaçılım değerlerinin ölçüldüğü test noktalarından alınan toprak örneklerinin

bünye analizleri yapılmıştır. Elde edilen veriler ile SAR görüntülerindeki gerisaçılım değerleri arasındaki istatistikî ilişkiler değerlendirilmiştir. Buna göre, Mayıs ve Haziran ayı başındaki toplam 4 adet SAR görüntüsündeki (2 adet RADARSAT-1 ve 2 adet ENVISAT-ASAR) gerisaçılım değerleri ile toprakların kil içerikleri arasında pozitif yönde, kum içerikleri ile ise negatif yönde önemli düzeyde istatistiksel ilişki olduğu belirlenmiştir (Çizelge 8.1). Bu dönemler dışında kalan 3 adet ENVISAT-ASAR görüntülerinde ise önemli düzeyde istatistikî ilişki belirlenememekle birlikte, bu durum, toprakların bünyelerinden bağımsız, yüzey mikro rölyefine ve drenaj koşuluna bağlı olarak nem içeriklerinin değişebilmesi ile açıklanabilir. Ayrıca, bünyesi ne olursa olsun, sulama mevsiminde tarlaların nem düzeyleri artmakta, bu durum ise gerisaçılım değerlerini bünye özelliklerinden bağımsız olarak etkilemektedir. Ayrıca, nem içeriğine etki eden diğer parametrelerin gerisaçılıma olan etkilerinin belirlenmesi ise ileri aşamada çalışmalar yapılmaya devam edilmesi öngörülmüştür.

SAR görüntülerinin toprak ya da bitkilerden gerisaçılımını etkileyebilecek pek çok parametre olduğu bilinmektedir. Toprak nemi ve toprak bünye değerleri ile gerisaçılım arasında belirlenen önemli düzeyde istatistikî ilişkinin yanında, organik madde, tuz ve kireç içeriği ilişkileri de incelenmiştir. Ancak araştırma yöresi toprak nem içeriğini önemli düzeyde etkileyen organik madde miktarının en düşük ve en yüksek değerleri arasında çok küçük bir fark bulunmuştur. Bu düşük değişen düzeylerin gerisaçılıma olan etkilerinin, daha baskın olan diğer toprak ve arazi özelliklerinin etkileri yanında belirlenmesi oldukça güç görünmektedir. Organik madde miktarlarının değişen düzeyleri

arasındaki farkın büyük olması durumunda toprak nemini de etkileyeceğinden SAR görüntülerinde neme bağlı olarak fark edilebilmesi mümkündür.

Geniş alüvyal düzlüklerde, mikrorölyefe bağlı nem değişikliklerinden yola çıkılarak, yüzey mikrorölyefinin yaklaşık olarak belirlenebileceğini düşünmekteyiz. Göreli olarak çukur olan bölgelerde yıl içerisinde genel olarak daha çok su duracağından, nem içeriği yüksek mikrorölyefli bölgelere göre daha fazla, benzer şekilde SAR gerisaçılımı yüksek olacaktır.

Bu araştırmada, toprak pH değerleri ile gerisaçılım miktarı arasında toprak strüktürüne bağlı olarak bir ilişki beklenmekteydi. Toprak pH değerinin nötr ya da asit olması durumunda genellikle levha strüktür görülmez ve diğer pedogenetik olaylara bağlı olarak strüktür oluşumu söz konusudur. Ancak, alkali topraklarda özellikle üst toprak strüktürünün levha şeklini alması, mikrodalga penetrasyon ve absorbans miktarını etkileyebilecek düzeyde bir yapı oluşturmaktadır. Araştırma yöresinin alkali topraklar bölümünü oluşturan delta bölgelerinde, toplulaştırma ve arazi ıslahı çalışmaları yapılarak toprak işlemeli tarıma başlanmıştır. Üst toprakların sürülmesi, üst toprak strüktürünün bozulması ve furda strüktürüne dönüşmesine neden olunmuş, dolayısıyla gerisaçılım değerleri ile pH arasındaki ilişkilerin net olarak incelenmesi mümkün olamamıştır.

Araştırma yöresi toprakları alüvyal depozitler üzerinde oluşmuştur. Genel olarak Typic Xerofluent taksonomik birimi içerisinde yer alan bu toprakların kireç içeriği orta düzeyde bulunmuştur. Ancak bu

değerlendirme bitki yetiştirme koşulları dikkate alınarak yapılmıştır. Topraklar orta düzeyde kireç içermesine karşın, bu düzey toprağın renk ve bünye-nem içeriğini etkilememektedir. Bu bağlamda, mevcut kireç içeriğinin gerisaçılıma etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.

Çizelge 8.1 Farklı dönemlerdeki RADARSAT-1 ve ENVISAT-ASAR görüntülerindeki gerisaçılım değerleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki istatistiksel ilişkiyi belirten korelasyon tablosu

Gerisaçılım değerlerinin ait olduğu kaynaklar		Nem ve diğer toprak özellikleri ile geri saçılım değerleri arasındaki istatistikî ilişkiler (r)						
Uydu	Uydu Görüntüsü Çekim Tarihi	Gravimetrik Toprak Nemi (%)	Doku (%)		Tuzluluk (%)	pH	CaCO ₃ (%)	Organik Madde (%)
			Kum	Kil				
RADARSAT-1	04 Mayıs '06	0.88	-0.48	0.40	0.25	0.19	0.41	-0.06
	28 Mayıs '06	0.90	-0.73	0.62	0.25	0.17	---	---
ENVISAT-ASAR	23 Mayıs '06	0.85	-0.47	0.47	0.23	0.22	0.30	0.26
	08 Haziran '06	0.88	-0.58	0.57	0.31	0.27	---	---
	11 Haziran '06	0.87	-0.42	0.44	0.23	0.19	---	---
	01 Ağustos '06	0.89	-0.04	0.01	-0.07	0.1	---	---
	18 Ağustos '06	0.91	-0.22	0.29	0.27	0.38	---	---

Ayrıca bu çalışma sonucunda, SAR görüntülerinin optik görüntüler ile birlikte kullanılması durumunda, toprak neminin belirlenebildiği de saptanmıştır. Optik görüntüler kullanılarak özellikle tarımsal bitki örtüsü ile kaplı olan alanlarda toprak neminin belirlenmesi konusunda yaşanan zorlukların, SAR görüntüsünün optik görüntü ile birleştirilmiş olarak kullanılması ile önemli ölçüde ortadan kaldırdığı görülmüştür. Optik görüntülerde bitki örtüsünün bulunduğu bölgelerde, toprağın doğrudan gözlenememesine bağlı olarak veri elde edilmesinde büyük eksiklikler yaşanmaktadır. RGB’ den IHS’ ye dönüştürülen ve tekrar RGB formata dönüştürülürken “intensity” verileri olarak SAR görüntüsünün dikkate alındığı bu uygulama sonucunda üretilen görüntüde, üzerinde bitki örtüsü olan ve olmayan yerler arasında yansıma değerlerinin değişmediği görülmüştür. Bir başka deyişle bitki örtüsü yansıma değerlerine etkili olmamıştır. Böylece, toprak nem değerlerine bağlı olarak değişen yansıma değerleri dikkate alınarak, toprak neminin izlenmesinin mümkün olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Bu yöntem ile üretilen görüntüde, SAR görüntülerinin tersine, nemli yerler düşük yansıma değerleri, yani koyu renk ile ayırt edilmektedir. Arazi nem ölçüm değerleri dikkate alınarak yapılan sınıflandırma (density slicing) işlemi sonucunda nem haritası üretilen bu uygulama ile nem izlemlerinin etkili bir şekilde yapılabileceği örneklenmiştir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abdikan, S.**, 2007, SAR Görüntülerinden Üretilen Interferometrik ve Stereo Sayısal Yükseklik Modelinin Kalitesinin İncelenmesi, (*Yüksek Lisans Tezi*), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü İstanbul.
- Altınbaş, Ü., Çengel M., Uysal H., Okur B., Okur N., Kurucu Y., Delibacak, S.**, 2004, Toprak Bilimi, E.Ü. Basımevi, E.Ü.Z.F Yayınları No:557, Bornova-İzmir, Sayfa No: 113-149.
- Alvarez-Mazos, J., Casali, J., Gonzalez-Audicana, M., Verhoest, N. E. C.**, 2005, Correlation Between Ground Measured Soil Moisture and RADARSAT-1 Derived Backscattering Coefficient over an Agricultural Catchments of Navvare (North of Spain), *Biosystems Engineering* 92, pp: 119-133.
- Akkartal A., O. Türüdü, F.Sunar Erbek**, 2005, Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri İle Bitki Örtüsü Değişim Analizi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, *10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 28 Mart-1 Nisan 2005, Ankara.
- Avdan, U.**, 2005, ERS-2 Verisi ile Eskişehir Yerleşim Bölgesinin Kentsel Gelişiminin İncelenmesi, (*Yüksek Lisans Tezi*), Anadolu Üniversitesi Eskişehir.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Arvidson, R.E., M.K. Shepard, E.A. Guinness, S.B. Petroy, J. J. Plaut, D.L. Evans, T.G. Farr, R. Greeley, N. Lancaster, L.R. Gaddis**, 1993, Characterization of Lava-flow Degradation in the Pisgah and Cima Volcanic Fields, California, Using LANDSAT Thematic Mapper and AIR-SAR Data, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 105, p. 175-118.
- Balık Şanlı, F. ve Abdikan, S.**, 2006, Comparing a Stereoscopic DEM with an Interferometric DEM Using the Same RADARSAT Data Pair, *ISPRS Mid-term Symposium From Pixels to Processes* 08-11 May 2006, Enschede, The Netherlands.
- Balık Şanlı, F.**, 2004, Elektro-optik ve SAR Uydu Görüntüleri ile Arazi Bitki Örtüsünün Belirlenmesi, (*Doktora Tezi*), Yıldız Teknik Üniversitesi. İstanbul.
- Baghdadi, N. and King, C., Chanzy, A., Wigneron, J. P.**, 2002, An Empirical Calibration of The Integral Equation Model Based on SAR Data, Soil Moisture and Surface Roughness Measured over Bare Soils. *International Journal of Remote Sensing* 23, pp: 4325-4340.
- Baghdadi N., Holah N., Zribi M**, 2006, Soil Moisture Estimation Using Multi-Incidence and Multi-Polarization ASAR Data. *International Journal of Remote Sensing* 27, pp: 1007-1920.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Beaudoin, A., Le Toan, T., Gwyn, Q. H. J.,** 1990, SAR Observations and Modeling of the C-Band Backscatter Variability Due to the Multiscale Geometry and Soil Moisture. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 28, pp: 886-895.
- Berger, Z,** 1994, Satellite Hydrocarbon Exploration: Interpretation and Integration Techniques, Springer-Verlag, New York, USA.
- Bern, T., T. Wahl, T. Anderson, R. Olsen,** 1993, Oil Spill Detection Using Satellite Based SAR: Experience from a Field Experiment, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 59 (3), p. 423-428.
- Black, C.A.,** 1965, Methods of Soil Analysis, Part 1, *American Soc. of Agron.*, No 9.
- Black, C.A.,** 1965, Methods of Soil Analysis, Part 2, *American Society of Agronomy*, Inc., Publisher Madison, Wisconsin U.S.A.
- Brisco B., Pultz, T. J., Brown, R., Topp, G. C., Hares, M. A., Zebchuk, W. D.,** 1992, Soil Moisture Measurement Using Portable Dielectric Probes And Time Domain Reflectometry, *Water Resources Res.*, pp: 1339-1346.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Boisvert, J. B., Gwyn, Q.H., Chanzy, A., Major, D. J., Brisco, B., Brown, R. J.,** 1997, Effects of Soil Moisture Gradients on Modeling Radar Backscattering from Bare Soils. *International Journal of Remote Sensing* 18, pp: 153-170.
- Bouyoucous, G.J.,** 1951, Soil Survey Staff, *Soil Survey Manual*. USDA Agric. Handbook. 18.
- Bouyoucous, G.J.,** 1962, Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analysis of Soil. *Agr. Journal*, 54.
- Campbell, J. B.,** *Introduction to Remote Sensing*, Taylor & Francis Ltd., 1996.
- Canadian Space Agency,** 1996, RADARSAT Geology Handbook, *RADARSAT International*, Canada.
- Canadian Space Agency,** RADARSAT-1 scene ID M0190812. [CDROM], *RADARSAT International*, Richmond, B.C., (1999a).
- Canadian Space Agency,** RADARSAT-1 scene ID M0192, (1999b).
- Chavez, R.E.,** 1987, *An Integrated Geophysical Study of The Geothermal Field of Tule Chek, B.C., México*. *Geothermics* 16, pp. 529–538.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Cheng, P., Toutin, T., and Pohl, C., 1995,** A Comparison Of Geometric Models For Multisource Data Fusion. *Remote Sensing, GIS and GPS in Sustainable Development and Environmental Monitoring, GeoInformatics '95*, Proceedings of International Symposium, 26-28 May 1995, Hong Kong (Hong Kong: Chinese University of Hong Kong), pp. 11- 17
- Chandra, A. M., 2002,** *Higher Surveying*, New Age International Pvt.Ltd., Publishers, New Delhi, India.
- Cuizhen, W., Qi, J., Moran, S., and Robin Marsett R., 2004,** Soil Moisture Estimation in a Semiarid Rangeland Using ERS-2 and TM Imagery. *Remote Sensing of Environment*, 90, pp178–189.
- Darkot, B. Erinc, S., 1954,** Güneybatı Anadolu’da Coğrafi Müşahedeler, *İstanbul Üniversitesi Coğ. Enst. Dergisi* Sayı: 5–6, shf: 179–196, İstanbul.
- Dinç, U., 1997,** Toprak Etütlerinde Uydu Verilerinin Kullanılma Olanakları. Workshop 2. 12–14 Şubat 1997, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, İzmir.
- Dobson, M.C., Ulaby, F. T., Hallikainen, M. T., El-Rayes, M. A., 1985,** Microwave Dielectric Behavior of Wet Soil, Part II: Dielectric Mixing Models, *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing*, 23(1), pp: 35-46.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Dobson, M.C. and Ulaby, F. T.,** 1986, Active Microwave Soil Moisture Research. GE24, pp: 23–36.
- Dubois, P.C., Van Zyl, J., Engman, T.,** 1995, Measuring Soil Moisture with Imaging Radars. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 33, pp: 915–926.
- Elachi, C.,** 1987, Introduction to Physics and Techniques of Remote Sensing, John Wiley and Sons, INC., New York, pp: 413, USA.
- Endlicher, W.,** 1982, Radarbilder in den Goewissenschaften, *Geographische Rundschau*, Vol. 7, p. 316-328.
- Endlicher, W. and R. Kessler,** 1982, Goewissenschaftliche Radarbildinterpretation–Systemgrundlagen einer neuen Fernerkundungsmethode am Beispiel eines SAESAT-SAR Bildes der Koelner Bucht, *Bericht der Naturforschenden Gessellschaft*, Freiburg i. Br., p. 17-34
- Estes, J. E., P. O'Neill, M. Wilson,** 1980, Radar Detection of Surface Oil Accumulation, In Radar Geology An Assessment, JPL Publication 80-61, Jet Propulsion Laboratory, JPL, California Institute of Technology, Pasadena, CA, pp. 275-292.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Evans D.L., T.G. Farr, J.J. van Zyl, H.A. Zebker,** 1992, Estimates Surface Roughness Derived from Synthetic Aperture Radar (SAR) Data, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 30, pp: 382–389.
- FAO,** 1993, Radar Imagery: Theory and Interpretation Lecture Notes, *Food and Agriculture Organization of United Nations*, Rome, Italy.
- Fitzgerald, E.,** 1972, Multispectral Scanning Systems and Their Potential Application to Earth Resource Organization, *ESRD*, 2, No. 1673.
- Franceschetti, G. and Lanari, R.,** 1999, Synthetic Aperture RADAR Processing, CRC Press, New York, USA.
- Fraser, D. E. and G. V. Morris,** 1976, Performance of Coherent-on-Receive Synthetic Aperture Side Looking Airborne Radar, *Final Report GED-2213, USGS-D-109-76*, Contract F4260-75-A-1861, 165 p.
- Fung A. K., and Chen, K. S.,** 1992, Backscattering from a Randomly Rough Dielectric Surface, *IEEE Trans. Geoscience Remote sensing* 30(2), pp: 356-359.
- Fung A. K.,** 1994, Microwave Scattering and Emission Models and their Applications. *Artech House*, USA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Genderen, J. L. Van ve Pohl, C.,** 1994, Image Fusion: Issues Techniques and Applications, *Proceedings EARSeL Workshop*, Strasburg, France, 11 September edited by J.L.van Genderen and V. Capellini (Enschede: ITC), pp.18-26.
- Grover, K., Quegan, S., and Freitas, C. C.,** 1999, Quantitative Estimation of Tropical Forest Cover by SAR. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 37, pp: 479–490.
- Idso, S. B., J. L.Hatfield, R. J. Reginato and R. D. Jackson,** 1978, Wheat Yield Estimation by Albedo Measurement, *Remote Sensing of Enviroment*, Vol. 7, pp: 273-276.
- Image Analyst User Guide,** 1997, Intergraph Corp., Manager Mapping Sciences Documentations, Mail Stop IW17 B2-Dept. 3620, One Madison Industrial Park, Huntsville, AL, USA.
- Habambyingwe, J. E. and M. Acheroy,** 1998, SAR Image Geometric Rectification Using An Interferometric DEM. *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings: Volume II*, pp: 55.
- Habambyingwe, J. E., X. Neyt, Y. Ouaghli, V. Lacroix and M. Acheroy,** 1997, Tropical Vegetation Classification from SAR Images.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Hallikainen, M. T., Ulaby, F.T., Dobson, M.C., El-Rayes, M.A., Wu, L.K.,** 1985, Microwave Dielectric Behavior of Wet Soil, Part I: Empirical Models and Experimental Observations, *IEEE Trans. Geoscience Remote Sensing*, 23(1), 25-34.
- Henderson F.M. and Antony J. Lewis,** 1998, Principles & Applications of Imaging RADAR, Third Edition, Volume 2, John Wiley & Sons, Inc., USA, 869 p.
- Holah, N., Baghdadi, N., Zribi, M., Bruand, A., King, C.,** 2005, Potential of ASAR/ENVISAT for The Characterization of Soil Surface Parameters Over Bare Agricultural Fields. *Remote Sensing of Environment* 96, pp: 78-86.
- Hussin, Y.,** 2005, Advanced RS, Image Processing and GIS for NRM, Lecture at ITC, Enschede, the Netherlands.
- Jackson, M. L.,** 1958, Soil Chemical Analysis-Advanced Course. Department of Soils, University of Wisconsin. Madison 6, Wisconsin, USA.
- Jackson, M.L.,** 1967, Soil Chemical Analysis, Prentice Hall.Inc., Engle Wood Cliff, New Jersey, USA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Kathleen, M. Bergen, M. Craig Dobson, Leland E Pierce, Fawwaz T.

Ulaby, 1998, Characterizing Carbon Dynamics in a Northern Forest Using SIR-C/X-SAR Imagery, *Remote Sensing of Environment*, Vol.63, No.1, pp. 24–39.

Kelly, R. E. J., Davie, T. J. A., Atkinson, P. M, 2003, Explaining

Temporal and Spatial Variation in Soil Moisture in a Bare Field Using SAR Imagery. *International Journal of Remote Sensing* 24, 3059-3074.

Knappen, 1950, Tippetts Abbett Engineering. Co., *Loose Materials*, USA.

Knipp, K. H., 1993, Speckle Reduction Applied to ERS-1 Images.

International Mapping From Space, *Proceedings ISPRS Working Group IV12 Workshop and conference*, September 27 - October 1, Hanover, Germany, no 15, pp: 177-190.

Koopmans, B. N. and G. R. Forero, 1993, Airborne SAR and

LANDSAT MSS as Complementary Information Source for Geological Hazard Mapping, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 48 (6): 28-36.

Köse, O., 2000, IFSAR Deprem Kırıklarının Belirlenmesi, (*Doktora*

Tezi), Hacettepe Üniversitesi, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 2007, Meteorolojik Veriler, *Menemen Araştırma Enstitüsü*, Menemen-İzmir.

Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, 1984, İzmir İli 1/25.000 ölçekli Toprak Haritaları.

Kurucu, Y., M.Bolca, Ü.Altınbaş, M.T.Esetlili, N.Özden, F.Özen, 2004, Determination of Electromagnetic Energy Reflection Characteristics of Cotton Planted Areas During by Using Satallite Images and a Portable Spectrometer. *Journal of Applied Sciences - 4 (3)*: pp: 374–379. ISSN 1607–8926.

Kurucu,Y., Ü. Altınbaş, M.Bolca, B. Çokuysal, S. Delibacak, 2000, Reflection Values of Saline Soils of Great Meander Basin in Landsat TM Images and Their Statistical Relationships. *International Symposium on Desertation*, 13-17.06.2000. Konya/Turkey, ().

Leonardo, E. S., 1983, Stereo Models from Synthetic Aperture Radar, *Proceedings of Conference on Extraction of Information from Remotely Sensed Images*, Rochester, N.Y., August, 16-19, pp 105-114.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Le Toan, T., A. Lopes, M. Huet,** 1984, On the Relationships Between Radar Backscattering Coefficient and Vegetation Canopy Characteristics, *International Geoscience and Remote Sensing Proceedings*, Strasburg, France, Aug. 27-30, pp: 155-160.
- Lewis, A. J.,** 1968, Evaluation of Multiple-Polarized Radar Imagery for the Detection of Selected Cultural Features, NASA Technical Letter, NASA 130, Reprinted in R. Holz, (Editor), 1973, *The Surveillant Science*, Houghton Mifflin, Boston, p. 297-313.
- Lillesand, T. M. and Kiefer R. W.,** 2000, Remote Sensing and Image Analysis 4th Edition, *John Wiley and Sons, Inc., USA.* 736 pp.
- Lillesand, T. M. and Kiefer R. W.,** 1994, Remote Sensing and Image Interpretation, *John Wiley and Sons, Inc., USA.*
- Lin D. S., Wood, E. F., Torch, P. A. Mancini, M., Jackson, T. J.,** 1994, Comparison of Remote Sensed and Model Simulated Soil Moisture Over A Heterogeneous Watershed, *Remote Sensing of Environment*, 25, pp: 23-36.
- Major, D. G., G. B. Schaalje, A. Asrar, E. T. Manemosu,** 1986, Estimation of Whole Plant Biomass and Grain Yield from Spectral Reflectance of Cereals, *Canadian Journal of Remote Sensing*, Vol. 12, No. 2, pp: 47-54.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Maktav D., F. Sunar, E. Aslan, 2000, Monitoring Loggerhead Sea Turtle (*Caretta caretta*) Nests in Turkey Using GIS, *Coastal Management*, 28:2, p. 123–132.

Maktav D., F. S. Erbek, C. Jürgens, 2005, Remote Sensing Urban Areas, *International Journal of Remote Sensing*, Volume: 26, No. 4, p: 655–659.

Mangolini, Marc, 1994, Apport De La Fusion D'images Satellitaires Multicapteurs Au Niveau Pixel En Télédétection Et Photo-Interprétation. *Thèse de Doctorat en Sciences de l'Ingénieur, Université de Nice-Sophia Antipolis*, 174 p.

Mather, P.M., 1987, Computer Processing of Remotely Sensed Images an Introduction, *John Wiley and Sons*, Chichester, USA.

Maxfield, A. W., 1994, Radar Satellite Snowmelt Detection in the Canadian Rocky Mountains, *Processing of IGARSS '94*, Vol.4, Pasadena, CA, 8-12 August 1994, 2074-2077.

Melia J. and J. A. Sobrino, 1987, A Study on the Utilization of SAR-A Data for Population Estimation in the Eastern part of Spain, *Geocarto International*, Vol. 4, p. 33-37.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Moran, M.S., D.C. Hymer, J. Qi, and E.E. Sano**, 2000, Soil Moisture Evaluation Using Multi-Temporal Synthetic Aperture Radar (SAR) In Semiarid Rangeland. *Agricultural and Forest Meteorology* (105), pp: 69-80.
- Niko Verhoest**, 2000 Retrieval of Soil Moisture Information from Synthetic Aperture RADAR Data at the Point and at the Catchment Scale, *PhD Thesis*, Universiteit GENT, The Netherlands.
- Oldak, A., Jackson, T.J., Starks, P., Elliott, R.**, 2003, Mapping Near Surface Soil Moisture on Regional Scale Using ERS-2 SAR Data. *International Journal of Remote Sensing* 24, pp: 4579-4598.
- Ouarzeddine, M.**, 2002, Generation of Digital Terrain Models Using Polarimetric SAR Interferometry, Master of Science in Geoinformatics, *International Institute for Geo-information Science and Earth Observation*, Enschede, The Netherlands.
- Örüklü, E.**, 1988, Uzaktan Algılama, *Yıldız Teknik Üniversitesi Yayınları*, No: 198, İstanbul.
- Peak, W.H. and Oliver, T.L.**, 1971, The Response of Terrestrial Surfaces at Microwave Frequencies, *Ohio State University Electrosience Laboratory, 2440-7, Technical Report, AFAL-TR-70-301*, Columbus, Ohio, USA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Peplinski, N. R., Ulaby, F. T., and. Dobson, M. C,** 1995a, Dielectric Properties of Soil in the 0.3-1.3 GHz Range, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 33 (3), pp: 803–807.
- Peplinski, N. R., Ulaby, F. T., and. Dobson, M. C,** 1995b, Corrections to ‘Dielectric Properties of Soil in the 0.3-1.3 GHz Range’, *IEEE Trans. Geosci. Remote Sensing*, 33 (6), pp: 1340.
- Philipson, W. R. and W. L. Teng,** 1988, Operational Interpretation of AVHRR Vegetation Indices for World Crop Information, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 54, No:1, pp: 55-59.
- Pohl, C. and J.L. van Genderen,** 1993, Geometric Integration of Multi-Image Information, *Proceedings of the Second ERS-1 Symposium-Space at the Service of our Environment*, Hamburg, Germany, 11–14 October, pp: 1255–1259.
- Pohl, C.,** 1996, Geometric Aspects of Multisensor Image Fusion for Topographic Map Updating In Humid Tropics, *ITC*, Enschede, The Netherlands.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Polidori, L. and Mangolini, M.,** 1996, Potentialities and Limitations of Multisensor Data Fusion. *In Proceedings of The Conference "Fusion Of Earth Data: Merging Point Measurements, Raster Maps And Remotely Sensed Images"*, Cannes, France, February 6-8, 1996, Thierry Ranchin and Lucien Wald Editors, published by SEE/URISCA, Nice, France, pp. 13-20.
- Rayleigh,** 1879, On the Instability of Jets. *Proceedings of the London Mathematical Society*, Vol: 10, pp: 4–12.
- Reeveles, R.G., D. Landen,** 1974, Manual of Remote Sensing, *American Society of Photogrammetry* Vol. II.
- Richards, J. A.,** 1986, Remote Sensing Digital Image Analysis, an Introduction, Heidelberg, Springer-Verlag Inc.
- Romshoo, S. A, Taikan, O., and Katumi, M.,** 2002, C-Band Radar for Soil Moisture Estimation under Agricultural Conditions. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS '02. IEEE International*, 4, pp: 2217- 2219.
- Roth, K., Schulin R., Flühler, H., Attinger, W.,** 1990, Calibration of Time Domain Relectometry for Water Content Measurement Using a Composite Dielectric Approach, *Water Resources Res.*, 26(10), pp: 2267-2273.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Rott, H. and T. Nagler,** 1995, Monitoring Temporal Dynamics of Snowmelt with ERS-1 SAR, *Proceedings of IGARSS '95*, 10-14 July 1995, Fierenze, Italy, pp. 1747-1749.
- Sabins, F. F, Jr.,** 1983, Geologic Interpretation of Space Shuttle Radar Images Indonesia, *Amer. Assoc. Petroleum Geologists Bull.* 67, pp: 2076-2099.
- Sabins, F.F, Jr.,** 1987, Remote Sensing Principles and Interpretation, Second Edition, W.H Freeman and Company, New York, USA.
- Sabol,** 1969, The Relationship between Population and Radar Derived Area of Urban Places, in D.S. Simonett, *The Utility of Radar and Other Remote Sensors in Thematic Land Use Mapping from Spacecraft: Annual Report*, US Geological Interagency Report-NASA-140, Washington, DC, p. 44-75.
- Sağlam T., M. Bahtiyar, C. Cangir, H. H. Tok.,** 1993, Toprak Bilimi, *Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Tekirdağ.*
- Sahebi, M. R., Bonn, F., Gwyn, Q.H. J.,** 2003, Estimation of the Moisture Content of Bare Soil from RADARSAT-1 SAR Using Simple Empirical Modals. *International Journal of Remote Sensing* 24, pp: 2575-2582.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Sarti, F.**, 2005, SAR Interferometry, Lecture at the *ISPRS WG VI/5 Summer School*, 16-25 June 2005, İTÜ, İstanbul.
- Schlichting, E., and Blume, H.P.**, 1966, *Bodenkundliches Praktikum*, Verlag, Paul Parey, Hamburg und Berlin, Germany.
- Senseman, Gary M. Tweddale, Scott A. Anderson, Alan B. And Bagley, Calvin F.**, 1996, Correlation of Land Condition Trend Analysis (LCTA) Rangeland Cover Measures to Satellite- Imagery-Derived Vegetation Indices, *USACERL Technical Report 97/07*, October 1996.
- Seglenieks, F., S. Dyke, E. D. Souils, N. Kouwen**, 1995, Determination of Snow Covered Area Using ERS-1 C-VV SAR Imagery on Two Small Test Sites in Southern Ontario, *Proceedings of The 52nd Annual Eastern Snow Conference*, 7-8 June 1995, Toronto, Canada, pp. 11-20
- Shepherd, N.**, 1998, Extraction of Beta Nought and Sigma Nought from RADARSAT CDPF Products, *Report AS97-5001 Rev. 2, Canadian Space Agency*, Ottawa, Ont., USA.
- Shen, S. S.**, 1990, Summary of Types of Data Fusion Methods, Utilized in Workshop Papers, *Multisource Data Integration in Remote Sensing Proceedings of Workshop*, Maryland, U.S.A. 14-15 June 1990, NASA Conference Publication 3099(Greenbelt, MD:NASA), pp.145-149.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Shi, J., Wang, J., Hsu, A.Y., O'Neill, E.O., Engman, E.T.,** 1997, Estimation of Bare Surface Soil Moisture and Surface Roughness Parameter Using L-Band SAR Image Data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* No: 35, pp 1254–1266.
- Siegert, F. and Ruecker, G.,** 2000, Use of Multitemporal ERS-2 SAR Images for Identification of Burned Scars in South-East Asian Tropical Forest. *International Journal of Remote Sensing* 21, pp: 831-837.
- Siegal, B. S.,** 1980, Application of SLAR in Nuclear Plant Citing, in Radar Geology An Assessment, *JPL Publication 80-61*, Jet Propulsion Laboratory, JPL, California Institute of Technology, Pasadena, CA, pp. 293-304.
- Shakil A. Romshoo, T. Oki, Katumi Musiake,** 2000, A Multi-polarized and Multi-angle C-band Radar System for Soil Moisture Determination Under Bare Soil Conditions, *Asian Association on Remote Sensing, Proceeding ACRS 2000*, Section: 14, SAR/InSAR.
- Shao Y, Q Hu, H Guo, Y Lu, Q Dong, Chunming Han,** 2003. Effect of Dielectric Properties of Moist Salinized Soils on Backscattering Coefficients Extracted From RADARSAT Image. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, No: 41, pp: 1879–1888.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Shoshany, M., T. Svoray, P. J. Curran, G. M. Foody, A. Perevolotsky,** 2000, The Relationship Between ERS-2 SAR Backscatter and Soil Moisture: Generalization From A Humid To Semi-Arid Transect, *International Journal of Remote Sensing*, 2000, Vol: 21, pp: 2337–2343.
- Srivastava, H. S., Patel, P., Manchanda, M. L., Adiga, S.,** 2003, Use of Multi incidence Angle RADARSAT-1 SAR Data to Incorporate the Effect of Surface Roughness in Soil Moisture Estimation. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 41, pp:1638-1640.
- Srivastava, H.S., P. Patel, R.R. Navalgund,** 2006, Incorporation Soil Texture in Soil Moisture Estimation from Extended Low-1 Beam Mode RADARSAT-1 SAR Data. *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 27, No 13 pp: 2587-2598.
- Soil Survey Staff,** 1954, Soil Survey Manual, *U.S. Department Agriculture Handbook*, U.S. Government Print, Office, Washington, USA.
- Soil Survey Staff,** Soil Survey Manual, 1951, *U.S. Department Agriculture Handbook No: 18*. U.S. Government Print, Office, Washington, USA.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Stoner, E.R., M.F., Baumgardner, R.A., Weismiller, L.L., Biehl, B.F., Robinson,** 1980, Extension of Laboratory Measurement Soil Spectra to Field Conditions, *Soil Sci. Soc. of Am. Jour.* Vol. 45, No:6, pp: 1161.
- Stein S., Johannessen M., Kloster K.,** 1992, ERS-1 SAR Ice Validation Experiment in the Barent Sea, Technical Report No 65, *Nansen Environmental and Remote Sensing Center*, Solheimsviken.
- Stiles W. H. and F.T., Ulaby,** 1980, The Active and Passive Microwave Response to Snow Parameters 1. Wetness, *Journal of Geophysical Research*, 85(C2):1037-1044.
- Ulaby, F. T. and T. F. Bush,** 1976, Monitoring Wheat Growth with Radar, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 42, No. 4, pp: 557–568.
- Ulaby, F.T., Batlivala, P.P., Dobson, M.C.,** 1978, Microwave Backscatter Dependence on Surface Roughness in Soil Moisture and Soil Texture, Part I-Bare Soil, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 16, 286-295.
- Ulaby, F.T. and W. H. Stiles,** 1980, The Active and Passive Microwave Response to Snow Parameters 2. Water Equivalent of Dry Snow, *Journal of Geophysical Research*, 85(C2):1045-1049.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Ulaby, F.T., C. T. Allen, G. Eger, E. Kanemasu**, 1984, Relating the Microwave Backscattering Coefficient to Leaf Area Index, *Remote Sensing of Environment*, Vol. 14, pp: 113-133.
- Ulaby, F. T., Kouyate F., Brisco, B., Williams, T. H. L.**, 1986a, Textural Information in SAR Images, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, GE-24(2), pp: 235-245.
- Ulaby, F. T., Moore R. K., Fung, A. K.**, 1986b, Microwave Remote Sensing, Active and Passive, Volume III: from Theory to Applications, *Artech House*, Inc., USA.
- Toprak Su Araştırma Enstitüsü**, 1977, Menemen Ovası Toprakları, *Menemen Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Yayını*. Menemen-İzmir.
- Topp, G. C., Davis J. L., Annan, A. P.**, 1980, Electromagnetic Determination of Soil Water Content: Measurements in Coaxial Transmission Lines, *Water Resources Res.*, 16(1), pp: 574-588.
- Toprak Su Genel Müdürlüğü**, 1971, Menemen Ovası Temel Toprak Etüdü, Yayın No: 46, Ankara.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Toutin, T.**, 1994, Multisource Data Integration with an Integrated and United Geometric Modelling. Proceedings of 14th EARSeL Symposium on Sensors and Environmental Applications, 6- 8 June 1994, GoÈteborg, Sweden (Paris: European Space Agency), pp. 163± 174.
- Toutin Th.**, 2000, Evaluation of Radargrammetric DEM from RADARSAT Images in High Relief Areas, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 38, No. 2.
- Wang, J.R.**, 1980, The Dielectric Properties of Soil-Water Mixtures at Microwave Frequencies. *Radio Science*, 15, pp: 977-985.
- Wang, C., Qi, J., Moran, S., Marsett, R.**, 2003, Soil Moisture Estimation In A Semiarid Rangeland Using ERS-2 And TM Imagery, *Remote Sensing of Environment* 90, pp: 178-189.
- Weimann, A., von Schonermark, M., Schumann, A., Rorn, P., Gunther, R.**, 1998, Soil Moisture Estimation with ERS-1 SAR Data in the East-German Loess Soil Area, *International Journal of Remote Sensing* Vol.: 19, pp: 237-243.
- Wiegand, C., M. Shibayama, Y. Yamagata and T. Akiyama**, 1989, Spectral Observations for Estimating the Growth and Yield of rice, *Japanese Journal of Crop Science*, Vol. 58, No:4, pp: 673-683.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

- Witte, F.**, 1991, The Archimedes Ila Experiment Remote Sensing of Oil Spills in the North Sea, *International Journal of Remote Sensing*, 12(4), p. 809-821.
- Wu, L. K., R. K. Moore, R. Zoughi**, 1985, Sources of Scattering from Vegetation Canopies at 10 GHz, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. GE-23, No. 5, pp: 737-745.
- Zebker H. A. and Goldstein R.M.**, 1986, Topographic Mapping from Interferometric SAR Observations, *Journal of Geophysical Research*, Vol. 91, No: B5.
- Zribi, M., J. C. Garcia, N. Aqid, E. Adar, V. Ciarletti**, 2003, Modelling of ERS-2 Radar Backscattering Over Rocky Arid Regions, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 24, pp:5229–5242.
- Zribi M., O. N., Holah N., Fafin, O., Guerin, C.**, 2005a, Evaluation of Rough Surface Soil Description with ASAR-ENVISAT Radar Data. *Remote Sensing of Environment* 95, pp: 67-76.
- Zribi M., Baghdadi N., Holah N., Fafin, O.**, 2005b, New Methodology for Soil Surface Moisture Estimation and Its Application to ENVISAT-ASAR Multiincidence Data Inversion. *Remote Sensing of Environment* 96, pp: 485-496.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

İnternet Kaynakları

<http://www.ccrs.nrcan.gc.ca>

<http://www.cscrs.itu.edu.tr>

<http://www.profc.udec.cl/~gabriel/tutoriels>

www.zoi.fuw.edu.pl

<http://www.geog.ucsb.edu>

<http://srtm.die.unifi.it>

ÖZGEÇMİŞ

M. TOLGA ESETLİLİ

12. 11. 1975’ de İzmir’ de doğdu. İlköğrenimini İzmir Vali Rahmi Bey ilkokulunda, ortaöğrenimini Buca Ortaokulunda ve lise öğrenimini İzmir Atatürk Lisesi’ nde tamamladı. 1993 yılında girdiği Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü’ nden 1998 yılı bahar döneminde mezun olduktan sonra aynı yıl güz döneminde Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalında yüksek lisans çalışmalarına başladı ve 2001 yılında bu çalışmasını tamamlayarak aynı yıl Toprak Anabilim Dalında Doktora çalışmalarına başladı. 2001 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü’ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2002 yılında ise Mühendis kadrosuna atanmış ve halen Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü’nde çalışmaktadır. Toprak Etüd ve Haritalama, Toprak Genetiği ve Sınıflandırması, Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Arazi Bilgi Sistemi ve Tarımsal Planlamalar ile Toprak Mineralojisi konusunda çalışmaları vardır.