

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ORHANELİ TERMİK SANTRALİ'NDAN KAYNAKLANAN KÜKÜRTDİOKSİT
EMİSYONUNUN ÇEVRE TOPRAKLARI İLE KARAÇAM (*Pinus Nigra*) VE
KIZILÇAM (*Pinus Brucia*) ÜZERİNE ETKİSİ

Tolga YILDIZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ
TOPRAK ANABİLİM DALI

47812

Bu tez 26./11/1996 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından 85 (s.kaen.bea.) not
takter edilerek Oybirliği/Oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Doç.Dr. Sevinç ARCAK Prof.Dr. Ali Kerim ÇOLAK Prof.Dr. Koray HAKTANIR
(Danışman)

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**ORHANELİ TERMİK SANTRALİ'NDAN KAYNAKLANAN KÜKÜRDTİOKSİT
EMİSYONUNUN ÇEVRE TOPRAKLARI İLE KARAÇAM (*Pinus nigra*)
VE KIZILÇAM (*Pinus brutia*) ÜZERİNE ETKİSİ**

Tolga YILDIZ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr.Sevinç ARCAK
1996, Sayfa: 78

Jüri: Doç.Dr.Sevinç ARCAK
Prof.Dr.Koray HAKTANIR
Prof.Dr.Ali Kerim ÇOLAK

Bu çalışmada Bursa'nın Orhaneli İlçesinde bulunan Orhaneli Termik Santrali'nin çevre toprakları ve çevredeki bitki örtüsü üzerine oluşturabileceği etkiler araştırılmıştır. Araştırma konusu kükürtdioksit üzerine yoğunlaştırılmıştır.

Çalışmada ayrıca 0-5 cm yüzey toprak katmanı ile 5-10 cm derinlik katmanında, 1994-1995 yıllarının Nisan ve Eylül ayları kükürtdioksit etkilerinin farkları araştırılmıştır.

Araştırma sonucunda elde edilen verilerden kükürtdioksitin yöre topraklarına ve bitki örtüsüne akut bir etkisinin olmadığı, fakat bununla birlikte birçok değer (kükürt değerlerinin) kritik sınırlar mertebesinde olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Toprak, bitki, kükürtdioksit, asidifikasyon, kükürt.

ABSTRACT

Master's Thesis

**THE EFFECTS OF SULPHURDIOXID ORIGINATING FROM ORHANELİ
THERMAL POWER PLANT ON SURROUNDING SOILS, *Pinus nigra* AND
*Pinus brutia***

Tolga YILDIZ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Soil Science

Supervisor: Assoc.Prof.Dr.Sevinç ARCAK
1996, Page: 78

Jury: Assoc.Prof.Dr.Sevinç ARCAK
Prof.Dr.Koray HAKTANIR
Prof.Dr.Ali Kerim ÇOLAK

The impacts that may be caused by Orhaneli Power Plant located in Orhaneli, Bursa on the surrounding soil and flora around was investigated in this study. The research was focused on sulphur dioxide.

The differences of the Sulphur Dioxide effects in April and September of 1994 and 1995 on the 0-5 cm surface soil layer and 5-10 cm sub soil layer were also investigated within in this study.

Based on the data obtained from this study, it was observed that sulphur dioxide didn't have a permanent effect on the surrounding soil and flora but most of the sulphur values measured were at critical values.

Key Words: Soil, Plant, Acidification, Sulphur Dioxide.

TEŞEKKÜR

Bu alıőmanın planlanması ve yűrűtűlmesinde desteęini gűrdűęűm Sayın Hocam Do.Dr.Sevinç ARCAK'a (A.Ŭ.Ziraat Fakűltesi), alıőmalarımnda bana bűyűk destek olan ve hiçbir yardımlarını esirgemeyen Sayın Mehmet SARIGŬL, Sayın Ahmet YILMAZ, Sayın Muzaffer KOÇ ve çalıőmada emeęi geçen bűtűn Orman Bakanlıęı Araőtırma Enstitűsű çalıőanlarına teőekkűr ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2.1. Toprak Aşidifikasyonu	6
2.2. Orman Ekosisteminde Asidifikasyonun Rolü	10
2.3. Azotun Orman ve Sulak Ekosistemlerdeki Rolü	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Materyal	14
3.1.1. Santral hakkında genel bilgi	14
3.1.2. Meteorolojik veriler	18
3.1.3. Orman varlığı	22
3.1.4. Tarım potansiyeli	23
3.1.5. Araştırmaya konu olan topraklar	24
3.1.5.1. Kahverengi orman toprakları	24
3.1.5.2. Kireçsiz kahverengi orman toprakları	24
3.1.6. Toprak örneklerinin alındığı yerler ve özellikleri hakkında kısa bilgiler	25
3.2. Yöntem	27
3.2.1. Toprak örneklerinde yapılan analizler	30
3.2.2. Toprakların genel özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler	30
3.2.2.1. pH (Toprak Reaksiyonu)	30
3.2.2.2. Bünye analizi	30

	<u>Sayfa</u>
3.2.2.3. Organik madde tayini	30
3.2.2.4. Toplam tuz tayini	30
3.2.2.5. Toprakta % toplam kükürt tayini	31
3.2.2.6. Toprakta kireç tayini	31
3.2.2.7. Değişebilir katyonların tayini	31
3.2.2.7.1. Değişebilir sodyum tayini	32
3.2.2.7.2. Değişebilir potasyum tayini	32
3.2.2.7.3. Değişebilir magnezyum tayini	32
3.2.2.7.4. Değişebilir kalsiyum tayini	32
3.2.2.8. Toprakta katyon değişim kapasitesi tayini	32
3.2.2.9. Toprakta toplam azot	33
3.2.2.10. Toprakta toplam fosfor	33
3.2.2.11. Bitkide toplam kükürt tayini	33
3.2.2.12. Bitkide renk değişimi tayini	34
4. SONUÇLAR	35
4.1.. Bursa-Orhaneli Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	35
4.2. Orhaneli İlçesi'nin topraklarının termik santraldan kaynaklanan kükürt etkileşimleri	54
4.3. Bitkilerde gözlenen kükürtdioksit etkileri	62
4.4. Bitkilerde gözlenen renk değişimleri	69
5. TARTIŞMA	70
KAYNAKLAR	74
EK	76
ÖZGEÇMİŞ	78

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil No:</u>		<u>Sayfa No:</u>
Şekil 1.1.	Santralin genel görünüşü	2
Şekil 2.1.	Toprak solüsyonu, toprak parçacığı ve ağaç kökü arasındaki kation değişimi	8
Şekil 2.2.	Çekoslovakya'daki bir istasyondaki ölçümlerde yıllık ortalama SO ₂ konsantrasyon ile günlük % 97.5 ortalama değer arasındaki ilişkiler	12
Şekil 2.3.	Toprak kimyasında asit depolanmasının etkileri	13
Şekil 3.1.	Santral sahasını çevreleyen yükseltiler	15
Şekil 3.2.	Santral bacası ve soğutma kulesi	16
Şekil 3.3.	Bursa-Orhaneli ilçesine ait rüzgar gülü	21
Şekil 3.4.	Bursa-Orhaneli ormanlarında bir kesit	23
Şekil 3.5.	İşlem sahası	28
Şekil 3.6.	Numune noktasından bir kesit	29
Şekil 3.7.	Deneme alanının planı	29
Şekil 4.1.	Bursa-Orhaneli ilçesinin bir planı	55
Şekil 4.2.	Orhaneli ilçesinin yıllık SO ₂ konsantrasyonu	56
Şekil 4.3.	Orhaneli ilçesinin 24 saatlik SO ₂ konsantrasyonu	57
Şekil 4.4.	Topraklarda kükürt dağılımları (1994 Nisan)	58
Şekil 4.5.	Topraklarda kükürt dağılımları (1994 Eylül)	59
Şekil 4.6.	Topraklarda kükürt dağılımları (1995 Nisan)	60
Şekil 4.7.	Topraklarda kükürt dağılımları (1995 Eylül)	61
Şekil 4.8.	Bitkilerdeki kükürt dağılımları (1994)	67
Şekil 4.9.	Bitkilerdeki kükürt dağılımları (1995)	68

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge No:</u>	<u>Sayfa No:</u>
Çizelge 2.1. Norveç ladininde kükürtdioksit etkisi görülmeye başlamasından sonraki yıllara bağlı olarak gelişen değişmeler	10
Çizelge 3.1. Orhaneli'ye ait meteorolojik veriler	18
Çizelge 4.1. Numunelerin alındıkları yerler	35
Çizelge 4.2. Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1994 Nisan)	38
Çizelge 4.3. Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1994 Eylül)	42
Çizelge 4.4. Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1995 Nisan)	46
Çizelge 4.5. Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1995 Eylül)	50
Çizelge 4.6. Bursa-Orhaneli bitki analiz sonuçları (1994 Nisan)	62
Çizelge 4.7. Bursa-Orhaneli bitki analiz sonuçları (1994 Eylül)	63
Çizelge 4.8. Bursa-Orhaneli bitki analiz sonuçları (1995 Nisan)	64
Çizelge 4.9. Bursa-Orhaneli bitki analiz sonuçları (1995 Eylül)	65
Çizelge 4.10. Bitkilerde gözlenen renk değişimleri	69
Çizelge 5.1. Muamele x Ay interaksiyonu	72
Çizelge 5.2. Muamele x Yıl interaksiyonu	73

1. GİRİŞ

Bilindiği gibi bugüne kadar tamamlanmış bulunan 5 yıllık kalkınma planı döneminde, elektrik enerjisinin sürekli güvenilir ve ucuz bir biçimde sağlanması hedef olarak belirlenmiştir. Bu hedef doğrultusunda elektrik enerjisi üretiminde, diğer sanayi dallarında değerlendirilmesi mümkün olmayan düşük kaliteli linyitlerin kullanılmasına gidilmiştir. 1970 yılında 2235 MWe olan elektrik enerjisi üretimi kurulu gücü, 1991 yılında 17206 MW'ye ulaşmıştır. 1991 yılı itibarı ile 5072 MWe olan linyite dayalı üretim tesisleri kurulu gücü, ülkemizdeki termik santrallerin hemen hemen tümü 1974-1984 yılları arasında planlanmıştır.

Bu planlanan santrallerden birisi olan Orhaneli Termik Santrali Bursa'nın Orhaneli ilçesinde, Kocasu vadisinde, 500-600 m yükseklikte tepelerle çevrili çukur bir konuma sahiptir (Santralin genel görünümü Şekil 1.1'de gösterilmektedir). Santralda enerji kaynağı olarak linyit kömürü kullanılmaktadır. Vadinin tabanına kurulan santral 1 x 210 MWe güce göre planlanmıştır. Yakıt olarak kullanılacak linyit kömürünün % 1.9'u yanabilen kükürt ile, % 26.52 kül ve % 28.52 rutubet içerdiği bilinmektedir. Katı emisyonları tutmak için baca girişinden önce elektrostatik bir filtre bulunmaktadır.

Ülkemiz linyitlerine dayalı elektrik enerjisi üretim tesislerinin kurulması, 1970'li yıllarda ortaya çıkan petrol krizinden sonra hız kazanmış olup, 2010 yılına kadar yapılan üretim planlamalarında da ağırlıklı biçimde yer almaktadır. 2010 yılında ülkemizin taşkömürü ve linyit rezervlerinin % 69'unun elektrik enerjisi üretiminde kullanılması hedeflenmiştir. Bu çerçevede 2010 yılına kadar elektrik enerjisi üretim sistemimize ilave edilecek olan ülkemiz linyit ve taşkömürlerine dayalı santrallerin toplam kurulu gücü 12380 MWe olacaktır. Bu ilave kapasitenin 10280 MWe lik kısmını ülkemiz linyitlerine dayalı termik santraller sağlayacaktır. Bu da her koşulda ülkemizde elektrik enerjisi üretiminde linyit ve taşkömürlerinin kullanımının önümüzdeki dönemlerde de ağırlıklı olarak süreceğini göstermektedir.



Şekil 1.1. Santralin genel görünüşü

Bilindiği gibi termik santrallerin çevre üzerindeki gaz, katı ve sıvı atıkları ile çeşitli etkileri olabilmektedir. Termik santrallarda yakıtın yanması sonucu oluşan ve atmosfere verilen başlıca kirletici emisyonlar kükürt oksitleri, azot oksitler ve partikül maddeleridir. Bu emisyonlar kullanılan yakıtın türüne, yakıtın bileşimine ve kullanılan yakma teknolojisine göre değişiklikler göstermektedir. Ülkemiz linyitlerinin yüksek kükürt içerikleri ve düşük ısı değerleri ile neden oldukları yüksek emisyon değerlerinin önlenmesi için alınması gerekli önlemler termik santrallerin yatırım maliyetlerine % 25'e varan bir artış getirmektedir.

Ülkemizdeki linyitlerin yüksek kükürt içeriği ve düşük kalori değeri nedeniyle linyite dayalı termik santrallerin hemen hemen tümünde baca gazlarındaki kükürü oksitleri Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği Sınır Değeri olan 1000 mg/NM³'ün üzerindedir (Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği 1986)

Termik santrallerin bulunduğu yöreler ve bu yörelerdeki nüfus yoğunluğu, tarım, orman, turizm potansiyeli vb. faktörler göz önünde tutularak termik santraller desulfirizasyon tesislerinin kurulması açısından bir öncelik sıralamasına tabi tutulması gerekmektedir.

Genel olarak linyite dayalı termik santraller, baca gazları, sıvı atıkları ve katı atıkları ile, önlem alınmadığı takdirde çevreyi olumsuz yönde etkileyebilecek enerji üretim tesisleridir.

Santraldan atılan gazların en önemlilerinden birisi SO₂ gazıdır. Yakılan kömürün miktarı, zararı belirleyici yegane faktör değildir. Asıl önemli olan SO₂ gazının herhangi bir yerdeki yoğunluğu ile oradaki kalış süresidir. Buna ilave olarak bitki türünü de ifade etmek gerekir.

Baca gazlarındaki katı tanecikler (uçucu kül) kömüre dayalı tüm termik santrallarda tesis edilmiş bulunan ve verimi santrallerin kuruldukları yıllardaki mevcut teknolojilere göre değişen elektrofilitrelerde tutulmaktadır. Verimleri % 99.2-% 99.82 arasında değişen elektrofilitrelerin bulunduğu santrallarda uçucu kül emisyon değerleri Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliğindeki partikül emisyon sınır değerlerinin altında kalmaktadır. Ancak elektrofilitre değerlerinin daha düşük olduğu santrallarda elektrofilitrelerde iyileştirme çalışmalarının yapılmasına gerek vardır. İlgili yönetmeliğin yayınlanmadığı dönemde planlanmış bulunan santrallarda, santral teknik parametreleri ve santrallerin bulunduğu yöredeki meteorolojik şartlar göz önüne alınarak baca gazlarının yer seviyesinde düşük konsantrasyonlarda kalması için gerekli yayılımı sağlayacak seviyede baca inşasına gidilmiştir. Ancak ilgili yönetmeliğin 1986 yılında yayınlanması ile termik santrallarda hava kalitesi yerine baca gazındaki kömür oksitleri içeriği, yani kömür oksitleri emisyonu sınırlayıcı kriter olarak kabul edilmiştir. Bu nedenle işletmede bulunan veya kurulmakta olan tüm termik santrallerin baca gazı kömür arıtma tesisleri (FGD) ile teşhizi gerekli olmuştur. Türkiye Elektrik Kurumunda yapılan bir çalışmaya göre linyite dayalı tüm termik santrallerin FGD tesisleri ile teşhizi için 1987 yılı fiyatları ile 1.5 milyar ABD doları tutarında bir yatırım yapılması gerekmektedir (Esin 1994a).

Yanma ürünü olan emisyonlara ilaveten, kömürün nakli ve depolanması sırasında katı taneciklerin ve kömürün kendi kendine yanması sonucu oluşan kükürt oksitlerin çevreye yayılımı da söz konusudur.

Santraldan atılan, toprak ve bitkilere en fazla olumsuz etkiyi yapan gaz kükürtdioksit gazıdır. Kükürtdioksit yaprakların stomalarından içeri girerek asite dönüşmekte (H_2SO_4) ve klorofil maddesiyle plazmayı tahrip etmekte ve sonunda bitkilerin asimilasyon organları ölmektedir (Günay 1969). Bu olayın iğne yapraklılardaki görünümü şöyledir; ilk etki iğne yaprakların renk değiştirmesi şeklinde olur ve genellikle bu değişim iğne yaprağın ucundan başlar ve geriye doğru ilerler. İlk etkilenen iğne yapraklar yaşlı olanlardır ve hemen dökülürler. Bu durum gazın yoğun olduğu yerlerde ilk önce kendini gösterir.

SO_2 'inin yapraklı ağaçlar üzerindeki etkisi, iğne yapraklarda olduğu kadar önemli değildir. Kuvvetli ve sürekli gaz etkisi altında kalan yapraklarda, özellikle yaprakların damarları arasında kalan alanlarda az çok büyük sarı veya kırmızı-kahverengi lekeler meydana gelir. Gaz miktarı arttıkça lekeler genişler, yapraklar solar, diriliğini kaybeder ve çok kere kuruyarak bir süre sonra dökülür.

Topraklarda da kükürtdioksit etkisi olumsuz yöndedir. Kükürtdioksit toprağın önce üst tabakasını etkiler. Toprakta kükürt birikmesi asidifikasyona neden olur. Toprak pH'sı giderek düşer ve toprak asitleşir. Buna bağlı olarak toprak ve toprakta yetişen bitkiler de bundan olumsuz yönde etkilenirler. Toprağın asidifikasyondan etkilenmesi, toprağın tamponluk kapasitesiyle yakından ilgilidir. Eğer toprağın tamponlama kapasitesi yüksekse, asidifikasyonun da etkilenmesi de o derece geç olmaktadır.

Termik santral tasarımları, santrallarda kullanılacak olan kömürün özelliklerine göre yapılmakta ve çevre kirliliğini önleyici tesislerin tasarımında da aynı özellikler esas alınmaktadır. Bu nedenle, herhangi bir termik santralin dizayn çalışmalarına başlamadan her sanayi tesisinde olduğu gibi hammadde, yani kömür özelliklerinin sağlıklı bir biçimde belli olması gerekmektedir. Genellikle termik santral tasarımına esas alınacak kömür özellikleri TEAŞ (Türkiye Elektrik Üretim-İletim Anonim Şirketi) ile santrala kömür sağlayacak TKİ (Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu) arasında protokollerle belirlenmekte, gerek kömür üretim

projesinde gerekse santral tasarımında protokolle belirlenen kömür özellikleri esas olarak alınmaktadır.

Ülkemizde kömür yatakları ile ilgili araştırmalar yapılır ve rezervler belirlenirken kömürün alt ısıl değeri, kül ve nem oranları araştırmalarda esas kriterler olarak kabul edilmektedir. Kömürdeki S içeriği dahi çoğu kez sadece toplam S olarak incelenmekte ve kömür yatakları ile ilgili araştırmalarda S analizi yapılan numune sayısı diğer özelliklerin saptanması için analiz edilen numune sayısından çok daha düşük olmaktadır. Bu nedenle kömür yataklarının belirlenen S içeriği tüm yatağı temsil etme açısından yeterince sağlıklı olmayabilmektedir. 1990 yılında Kemerköy Termik Santralı FGD tesisinin fizibilite çalışmasına başlamadan Türkiye Elektrik Kurumu ve Maden Tetkik Arama Müdürlüğü ortak bir çalışmaya girmiş, çok sayıda yeni S sondajı yapılmış ve söz konusu S oranı tespit edilmiştir (Esin 1994b).

Tüm dünya ülkelerinde olduğu gibi ülkemizde de, kömürün yakılmasından sonra çıkan baca gazlarını yanma sonrası önlemlerle temizlenmesi ve bu yolla çevrenin korunması yerine, yanma öncesi ve/veya yanma sırasında uygulanacak önlemler ve kullanılacak teknolojilerle emisyonların kontroluna gidilmesi daha rasyonel bir yöntem olarak görülmektedir. Bu çerçevede, uygulanabilecek yanma teknolojileri incelenmektedir.

Bugün termik elektrik enerjisi üretim tesisleri kurulu gücünün % 25'ini karşılayan linyite dayalı termik santralların çevreye olan etkilerinde kömürün önemli olduğu açıktır. Santralların tasarımında baz alınan kömür kriterlerinin yine tasarım sırasında alınan önlemlerin ve söz konusu santralların planlandığı ve tesis edildiği dönemlerden sonra yayınlanan ilgili yönetmeliklere uymak için yapılmakta olan iyileştirme çalışmalarının işletme döneminde iyi sonuç verebilmesi için kömür özelliklerinin sürekli olarak belli bir çizgiyi tutturması gerekir. Santrala kömür vermek üzere kömür işletmeciliği yapan tüm kurum ve şirketlerin termik santralların çevrede olumsuz etkilerde bulunmaması için santrala tasarımda esas alınan özelliklerde veya bu özelliklere yakın nitelikte kömür teminine özen göstermeleri gerekmektedir.

2. KURAMSAL TEMELLER VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

Orhaneli Termik Santralında yapılan bu araştırmaya, benzer araştırma birçok yabancı araştırmacı tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu tür araştırmalar termik santralların ve benzer tesislerin çevreyle uyum sağlayarak çalışması açısından oldukça önem taşımaktadır. Bu bağlamda ülkemizdeki termik santralların çevre kirliliği üzerindeki etkileri konusunda yapılacak araştırmalar daha geniş kapsamlı olarak yürütülmelidir. Bu bölümde azot ve kükürtün orman ekosistemlerindeki rolü, toprak asidifikasyonu ve buna bağlı olarak gelişen olaylarla ilgili yapılmış araştırmalar ve bu konularla ilgili geliştirilmiş görüşlerden söz edilecektir.

2.1. Toprak Asidifikasyonu

Kara ve su ekosistemlerinde asit depolanmasının sonuçları son on yılda çoğu bölgelerde özellikle Avrupa'da ciddi bir ilgi odağı haline gelmiştir. Etkilerin ilk belirtileri İskandinavya'daki korumasız göl ekosistemlerinde görülmüştür. Yaklaşık on yıl sonra Orta Avrupa'daki toprak bilimcileri orman topraklarının kimyasında zararlı değişimleri rapor etmişlerdir (Makela ve Schopp 1990).

Toprak asidifikasyonu göl asidifikasyonu ile yakından ilgilidir. Çünkü göle karışan tüm sular, direkt yağışlar hariç toprakla temas halindedir. Eğer toprak tampon özelliğini yitirirse asit yükü göl sularına ulaşır. Gölün alıkoyma süresine bağlı olarak gölün asitlenmesine kadar bir zaman gecikmesi vardır. Bu toprak, göl ve yeraltı suyu asidifikasyonu arasındaki bağlantı, çeşitli fiziksel-kimyasal modellerle açıklanmıştır (Makela ve Schopp 1990).

Orman tahribatı durumunda, toprak asidifikasyonu bağlantısı iyi anlaşılammıştır. Toprak tampon kapasitelerindeki azalma, değişik elementlerin dengesiz sağlanmasından dolayı bitki yetişmesini etkileyen toprağın beslenme oranlarındaki değişikliklere sebep olabilmektedir. Asidifikasyon yeterince ilerlediğinde, alüminyum çözünmesi bitki, balık ve vahşi yaşama zehirli olabilecek alüminyum konsantrasyonlarına sebep olur. Diğer taraftan geleneksel biliminde

belirttiği gibi, orman azalmasına çeşitli etkiler neden olmaktadır. Bunlardan sadece birisi toprak asidifikasyonudur.

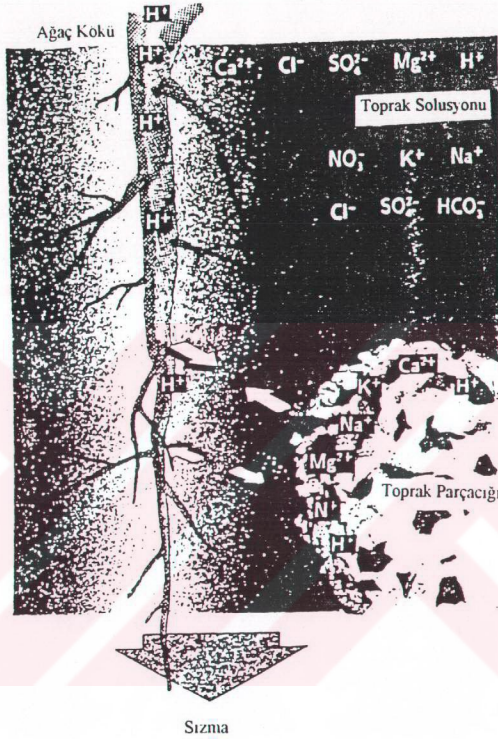
Toprak asidifikasyonu toprağın solüsyon dönemini de içeren inorganik bölümünün asit nötralize kapasitesindeki azalma olarak tarif edilmektedir. Asit nötralizasyon kapasitesi (ANC) ise bazik bileşenler ile kuvvetli asidik bileşenler arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır (Makela ve Schopp 1990).

Makela and Schoop'un (1990) konseptini, gerçek ve potansiyel asidifikasyon olgusunu getirerek yeniden tanımlamıştır. Asit nötralizasyon kapasitesi (ANC) ve baz nötralizasyon kapasitesini (BNC) birbirinden ayırmışlardır. ANC, bazik bileşenlerin toplamı olarak tarif edilirken, BNC, kuvvetli ve zayıf asitlerin toplamı olarak tarif edilmiştir. Hem ANC hem de BNC organik ve inorganik bölümleri, ayrıca toprak solüsyonunu içerir. "Gerçek toprak asidifikasyonu", sonra ANC'deki azalma, "potansiyel toprak" asidifikasyonu BNC'deki artış olarak tarif edilir. Böylece gerçek asidifikasyon başlıca anyonların mobilitesiyle düzenlenmesinden dolayı topraktan katyonların sızmasıyla ortaya çıkar.

Potansiyel asidifikasyon, başlıca atmosferden alınan azot ve kükürtün birikmesi neticesinde oluşur. Asit organik maddenin birikmesiyle oluşan asidite akış verisindeki artış toprağın BNC'sini artırdığından zayıf organik asitler BNC'nin tarifine dahil edilmiştir. Potansiyel asidifikasyon, bitki yetişmesinin durmasından sonra mineralizasyon proseslerinde gerçek asidifikasyona dönüşür (Makela ve Schopp 1990).

Toprak asidifikasyonunun flora ve fauna üzerindeki etkisi yoğunluk olarak oldukça değişiklik gösterir. Ancak hiçbir durumda böyle değişimler faydalı olarak düşünülemez. Toprakta katyonların sızması, besleyicilerin dengesinin bozulması ve Al^{+3} 'ün hareketli hale gelmesi ağaç köklerini ve sonuçta ağaç beslenmesini ve sağlığını etkileyebilen mekanizmalar olarak açıklanmıştır (Makela ve Schopp 1990).

Ağaç köklerinde özellikle önemli etkisi bulunan bir toprak asidifikasyon prosesi, katyon alış-verişi şematik olarak verilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Toprak solüsyonu, toprak parçacığı ve ağaç kökü arasındaki katyon değişimi

Toprak asidifikasyonu çeşitli nedenlerden kaynaklanmaktadır. Makela and Schopp (1990), aşağıda verilenleri tespit etmiştir;

- Asit veya potansiyel asitleştirici bileşiklerin birikmesindeki artış,
- Asit nötralize eden bileşiklerin birikmesindeki azalma,
- Birincil üretimdeki (primer produktivite) artış,

- d) Nitrifikasyon veya kükürt oksidasyonu hızındaki artış,
- e) Toprak kullanımındaki değişiklikler (Örneğin ormanlaştırma, asitleştirici yeni türlerin getirilmesi ve orman yönetimindeki değişiklikler),
- f) Kuru ot ve toprak organik maddelerinin çözünme hızındaki azalma,
- g) Organik asitlerin dikey hareketlerindeki ve üretimlerindeki artış.

- Bu olayların toprak asidifikasyonuna katkısı bazı araştırmacılar, örneğin Makela and Schopp (1990) tarafından hesaplanmıştır. Araştırmacılar 100 yıldan eski bazı toprakları da içeren toprak örnekleri üzerine çalışmalar yapmış, hem de Rothamstead'deki (İngiltere) ağaçlık ve çimenlik alanlarda toprak kimyası ölçümleri yapmışlardır. Son 10-20 yılda asit birikmesinin asit yüküne katkısını % 30-70 olarak hesaplamışlardır.

- Avrupadaki orman ekosistemlerindeki H^+ iyonlarının kaynak veya yutulma noktalarının hepsini sayabilmek, H^+ çevriminin, doğadaki her biyokimya reaksiyonunda olduğundan, dolayısıyla element çevrimlerinin en karmaşığı olduğundan adeta imkansızdır. Bu en geniş H^+ üretim ve tüketim sahasının göreceli önemi konusunda bilimsel bir görüş birliği oluşmuştur. Avrupa ormanlarında pratik bilgi olarak, doğal toprak asidifikasyonu, kalkerli topraklarda toprak asidifikasyon prosesine baskındır ve kalkerli olmayan topraklarda atmosferik birikme daha baskın hale gelir (Makela ve Schopp 1990). Bu kurala dayanarak bölgesel istisnalar şunlardır;

- Asit sülfat topraklar
- Ferrolize topraklar
- Azot fiksasyonu güçlü ekosistemler
- Orman hasatının etkisinin doğal asidifikasyon ve atmosferik birikme etkilerini aştığı kirlenmemiş bölgelerdeki asit topraklar.

2.2. Orman Ekosisteminde Asidifikasyonun Rolü

Yüksek SO₂ konsantrasyonlarında (> 100 µgm⁻³) olumsuz etkiler, ağaçlarda kırmızı kahverengi ibreler ve her yıl dökülen beyazlaşmış yaprak görünimleri şeklinde farkedilebilir. Geçen yüzyıldan beri orman zararlarıyla bağlantılı olarak akut yaralanmalar metal ergitici gibi ana emisyon kaynakları yanında gözlemlenmiştir (Kauppi, Kamari ve Posch 1990). Örneğin Kanada Sudbury yakınında Inco maden ergitme durumu bu olaya en iyi örnek olarak verilmiştir (Kauppi, Kamari ve Posch 1990).

Yaprakların ölümünün başlangıcı ve zarar belirtileri çeşitli konsantrasyonlarda uzun bir zaman periyodunda gelişmektedir. İlk çalışmalardan birisi 1960'larda devam eden Biersdorf alan çalışmasıdır. Ilımlı ağaç türlerinin sayılarında kısa bir zaman aralığında (3-5 yıl gibi), yaklaşık 50 µgm⁻³ SO₂ miktarı yıllık olarak aritmetik bir anlam taşımaktadır. Temiz ve zarar görmemiş bitkilerin azalmaları bu olaya bağlı olarak tespit edilmiştir (Kauppi, Kamari ve Posch 1990).

Norveç ladininin tepkisi üzerine yoğunlaştırılmış bir çalışma uzun zamanlı SO₂ altındaki çevresel koşullara dayanmaktadır. Bütün ürün zararları dönüşü olmayan bir başlangıç, uyumsuzluk ve sonucu bütün ürünlerin ölümü anlamına gelen bir olay olarak rapor edilmiştir. Olaydaki ana bulgular bitkinin olaya maruz kalmasındaki başlangıç ile bitkide uyumsuzluğun başlaması arasındaki gecikmeler ve bu gecikmenin olaya maruz kalma anındaki SO₂ konsantrasyonuna ve bitkinin büyüme oranına bağlanmasıdır (Kauppi, Kamari ve Posch 1990) (Tablo 2.1).

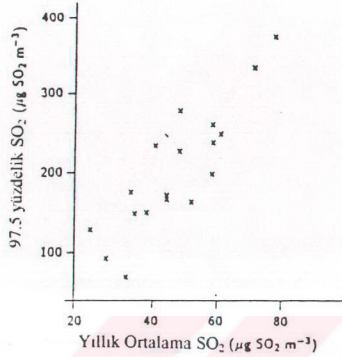
Tablo 2.1. Norveç ladininde kükürtdioksit etkisi görülmeye başlamasından sonraki yıllara bağlı olarak gelişen değişimler

SO ₂ µg m ⁻³	Denizden yükseklik (m)			
	0-600	600-900	900-1.050	1.050+
< 20	-	-	-	-
20-30	-	-	30-40	20
30-50	50-60	20-30	20	-
50-70	40-50	20	10	-
70-90	30-40	10-15	-	-
90+	20-30	10	-	-

Arazi çalışması sonuçlarının yorumu kesin değildir. Çünkü potansiyel faktörlerin rollerini ayırd etmek zordur. Kauppi, Kamari and Posch (1990) yılında zararların, uzun zaman havadan kaynaklı SO_2 'ye maruz kalma ve bunun sonucunda bulaşıcı yaralanmalar oluşmasından kaynaklandığı sonucuna varmıştır. İlk önce sülfür uzun süreli yüksek konsantrasyonlarda kirletici olarak bulunmuştur. Bu zamanda hidrojen florür ve azot oksit ise eser miktarlarda bulunmuştur. İkinci olarak, toprak karakteristikleri oluşan zararlardan bağımsız olarak gözükmekteydi. İstatistiksel analizler ile bu olay sonuçlandırılmıştır. Üçüncü olarak, yaralanmaların gelişmesinde olan olaylar gibi, doğal faktörlerle birlikte birbirini etkileyen sülfür belirtileri de, göze çarpmıştır (Kauppi, Kamari ve Posch 1990).

Sonuç olarak, olaylar esnasındaki üç noktadaki konsantrasyonların akut etkisinden ziyade, havadan gelen düşük SO_2 konsantrasyonunun kronik etkisi daha çok zararlara yol açmaktadır. Aynı zamanda zararlar ve akut yaralanmalar için sınır konsantrasyon değerleri aşılmamaktadır (Ladin için 30 dakika süreyle 1000 Mg m^{-3} ün üzerinde). Daha fazlası, gözüken belirtiler, spesifik olmayan, daha çok kronik etkiler bitkilerde organik yapıların çevresindeki değişiklikler ve gelişmemiş ibrelerdeki sarkmalar olarak gözlenmiştir (Kauppi, Kamari ve Posch 1990).

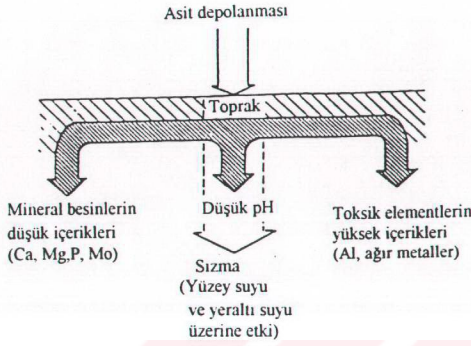
Buna karşın yıllık ortalama konsantrasyona nazaran SO_2 'nin eşik konsantrasyonuna bir tepki olarak kronik etkilerin ortaya çıkması bu olayın tamamen dışında tutulamaz. Çünkü uzun süreli ortalamalar ile onlar arasında lineer bir korelasyon vardır (Kauppi, Kamari ve Posch 1990) (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Çekoslavya'daki bir istasyondaki ölçümlerde yıllık ortalama SO₂ konsantrasyon ile günlük % 97.5 ortalama değer arasındaki ilişkiler (Kauppi, Kamari ve Posch 1990)

Bu sonuçlar Avrupa'nın birçok bölümlerinde de görüldüğü gibi uzun süreli SO₂'ye maruz kalmanın şiddetli orman zararlarına neden olacağını göstermektedir. Açıktaki bitkiler SO₂'ye maruz kalmakta, düşük bir toleransa sahiptirler. Avrupa merkezinin yüksek ormanlarında sert çevresel koşullara bağlı olarak bu tür düşük toleranslar gözükmektedir.

Son 20-50 yıldır Avrupa'daki geniş orman alanlarındaki toprağın kimyası, asitide de önemli derecede bir artış ile değişmiş bulunmaktadır. Bu değişime kükürt ve azot birikimi katkıda bulunmuştur. Asit nötrale yetenekleri az olan topraklarda bu değişiklikler, pH, alkalinite, baz doygunluğu ve her bir bitki için alınabilecek mineral besin miktarlarında azalmaya neden olmuş ve daha da önemlisi asidifikasyon, alüminyum ve diğer toksik metallerin toprak solüsyonlarında artmasına neden olmuştur (Kauppi, Kamari ve Posch 1990) (Şekil 2.3).



Şekil 2.3. Toprak kimyasında asit depolanmasının etkileri (Kauppi, Kamari ve Posch 1990)

2.3. Azotun Orman ve Sulak Ekosistemlerindeki Rolü

Azot depolanması bazı zamanlarda gübre etkisi yapmakla beraber bazen de toprağı kirlenmektedir. Burada da belirtildiği gibi azot birçok bitki ekosistemlerinde belirleyici besindir. Fakat çok fazla miktarlarda ekosistemleri bozabilir. Avrupa ve Kuzey Amerika'daki birçok "terrestrial" ekosistemde olduğu gibi azotun büyümeyi belirleyici ekosistemlerde, fazladan yüklenen azot genellikle artan bir birincil üretime yol açacaktır. Buna rağmen büyüyen bir ormanın ihtiyacı 0.5 ila $0.8 \text{ gm}^{-2}\text{g}^{-1}$ azot olmasına karşın yağışlarla azot depolanması şu anda güney İsveç'te aşağı yukarı $2.0 \text{ gm}^{-2}\text{g}^{-1}$ ve Orta Avrupa'da $4.0 \text{ gm}^{-2}\text{g}^{-1}$ olarak gerçekleşmektedir (Kauppi, Kamari ve Posch 1990).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Santral hakkında genel bilgi

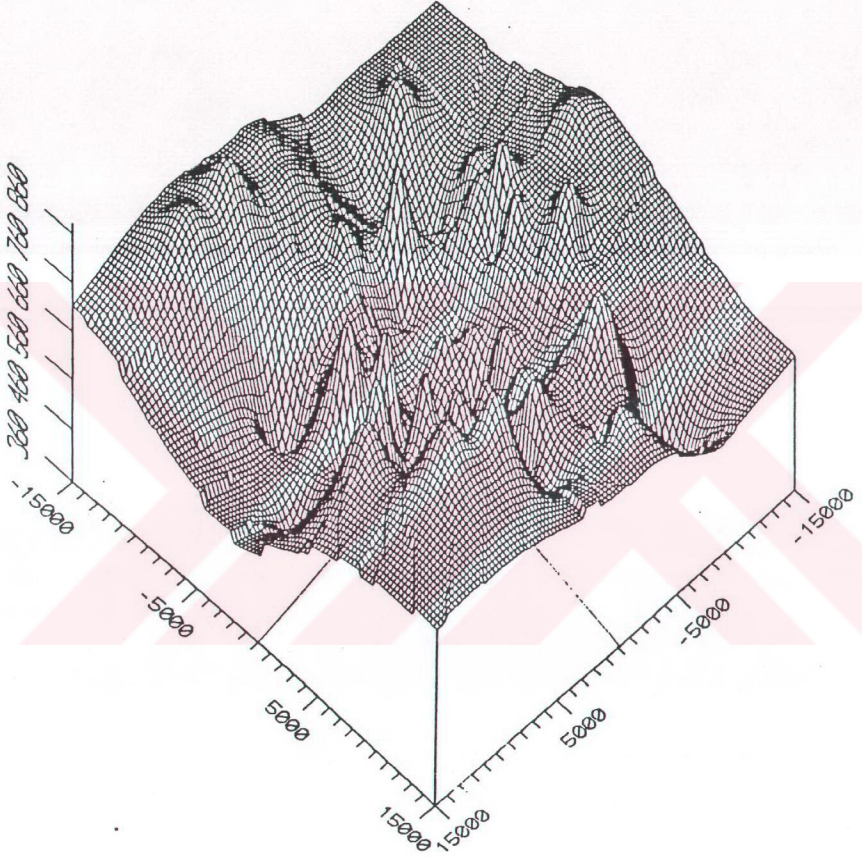
Orhaneli Termik Santrali Bursa ilinin Orhaneli kasabasında Kocasu nehrinin kuzeyine yerleştirilmiştir. Santral Orhaneli'nin yaklaşık 12 km kuzeybatısında ve Bursa'nın 32 km güney-batısındadır. Bölgenin coğrafik koordinatları 40°11 kuzey ve 29°04 Doğu olarak verilmiştir. Santral 500-700 m yükseklikteki sırtlar tarafından çevrelenmiş Kocasu Vadisinde 350 m'lik Çaltı düzlüğünde inşa edilmiştir. Santral sahasını çevreleyen yükseltiler Şekil 3.1'de gösterilmektedir.

Santral alanı kesif bir orman alanıyla kaplıdır. Bu orman türlerinde daha çok rastlanan kızılçam ve karaçam vejetasyonudur. Orman alanları santral bölgesinde 50 km² bir alana 105129 ha olarak dağılmıştır. Kızılçamlar, Karaçamlardan daha yoğun bir biçimde dağılmışlardır.

Vadi tabanındaki düzlüğe kurulan santral 1 x 210 MW gücüne göre planlanmıştır. Santralın bacası ise 9 m ağız çapına ve 270 m yüksekliğine sahiptir. Santral bacasının ve soğutma kulesinin bir görünüşü Şekil 3.2'de verilmektedir.

Santral enerji kaynağı olarak linyit kömürü yakmaktadır. Yapılan planlamaya göre yılda 1.340.000 ton kömür yakılması öngörülmektedir. Buna göre günde 3722 ton kömüre ihtiyaç olacaktır. Buradan çıkan emisyonların çıkış sıcaklığı 150°C olacaktır.

Termik santralın bacasından çevreye yayılacak olan emisyonlar, tozlar, gazlar, buhar ve aerosollerden ibaret olacaktır. Tozların kaynağı yakıt olarak kullanılan linyit kömürüdür.



Şekil 3.1. Santral sahasını çevreleyen yükseltiler



Şekil 3.2. Santral bacası ve soğutma kulesi

Termik santrallerin çevresinde etkilenecek en yakın yerleşme yeri Orhaneli ilçesi ve çevredeki köylerdir. Daha doğuda Keleş ilçesinin de hava kirliliği ve asit yağışların etkisinde kalması söz konusudur. Orhaneli ilçesi 173100 ha yüzölçüme sahiptir. İlçenin tarıma elverişli alanının 1993 yılında 92446 dönüm olduğu ve bu alanın % 83.6'sında (77311 dönüm) tarım yapılmaktadır (TEK raporu 1992). Bu kadar dar tarım alanına sahip olan Orhaneli'nin gelirinin çok önemli kısmı Orman işletmesinin faaliyetlerinden kaynaklanmaktadır. Orhaneli ve çevresinde yetiştirilen tarım bitkilerinin önemli bölümü kuru tarım bitkileridir (buğday, arpa, ayçiçeği, tütün, fiğ vb.).

Orhaneli vadisinin çevresindeki dağlık arazide mevcut topraklar asit karakterli topraklardır. Termik santralin etkisinde oluşacak asit yağışlar bu toprakların hızla yıkanmalarına sebep olacaktır. Arazinin dik eğimli yamaçlardan oluşması ve bozuk orman alanlarında aşırı bir otlatma baskısının bulunması toprağın

erozyona uğrayıp taşınmasına sebep olmuştur. Dik yamaçlı arazide toprakların erozyona uğrayıp sığlaşmış olmaları su tutma kapasitelerinin azalmasına, kuraklılık etkisinin artmasına sebep olmaktadır. Toprakları sığlaşmış olan yamaç arazideki orman ekosistemlerinin zararlı etkilere (hava kirliliği dahil) karşı dirençleri de azalmaktadır. Diğer bir deyimle bu ekosistemler "Ekolojik Bakımdan Hassas" ekosistemlerdir.

Orhaneli ilçesi ve yakın çevresindeki köyler içeren bir topoğrafik harita Ekler bölümünde 3.3'de gösterilmektedir. Orhaneli Termik Santrali'nin 270 m'lik bacasından yani nokta kaynaktan yayılan emisyon 4 km²'lik bir alana yayılacağına ve çökeleceğine göre, bir hesap yapılırsa 16 km²'lik bir alan karşımıza çıkar. Buna göre 1 km²'lik alana isabet edecek kül miktarı yılda 22210 tonu bulacaktır. Santraldan kaynaklanan kül miktarı "Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği"nde endüstri bölgeleri için 450 mg/m²/gün UVS olarak verilmiştir (Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği 1986).

Santraldan atılan gazların en önemlilerinden birisi SO₂ gazıdır. Yakılan kömür miktarı, zarar belirleyici yegane faktör değildir. Asıl önemli olan SO₂ gazının herhangi bir yerdeki yoğunluğu ile oradaki kalış süresidir. Buna ilave olarak bitki türünü de ifade etmek gerekir.

Atmosfere bırakılan bu gaz rüzgarında yardımı ile yöre ormanlarında değişik şiddetlerde gaz zararına neden olmaktadır. Değişik şiddetlerdeki gaz zararından etkilenen alanlarda toprakta meydana gelen değişimler ve buna paralel olarak da orman ağaçlarında görülen kurumalara ilişkin araştırmaya dayalı bilgiler değişik ağaç türlerinde özellikle Batı Avrupa ülkelerinde yapılan çalışmalarla sınırlıdır.

3.1.2. Meteorolojik veriler

Orhaneli'ne mahsus meteorolojik veriler Bursa Meteoroloji istasyonundan sağlanmış ve 1929-1970 yılları arasındaki 42 yıllık ortalamaları yansıtmaktadır. Uzun yıllar ortalamasını temsil eden bu değerler Bursa için günümüzde de kabul edilebilir. Öte yandan Bursa'ya has meteorolojik veriler, Bursa'da aşağı yukarı 50 km uzaklıktaki Orhaneli içinde yeterli sayılabilir. Bursa'nın Orhaneli ilçesine ait meteorolojik veriler Çizelge 3.1'de gösterilmektedir (Meteoroloji Yayınları 1996).

Buna göre aylık sıcaklık ortalamaları Mayıs-Ekim arasında sırayla 17, 21, 24, 23, 19, 15 derece olarak seyretmektedir. Görülüyor ki vejetasyon süresi içinde aylık ortalama sıcaklıklar ne düşük, ne de yüksektir. Bu değerler o bölgede bulunan bitki varlığının gelişmesi için çok uygundur. Bu değerler aynı zamanda gökyüzünün yılın 182 gününde bulutlu oluşunun sonucudur. Bursa'nın Orhaneli ilçesine ait bir rüzgar gülü şekil 3.3'de verilmektedir.

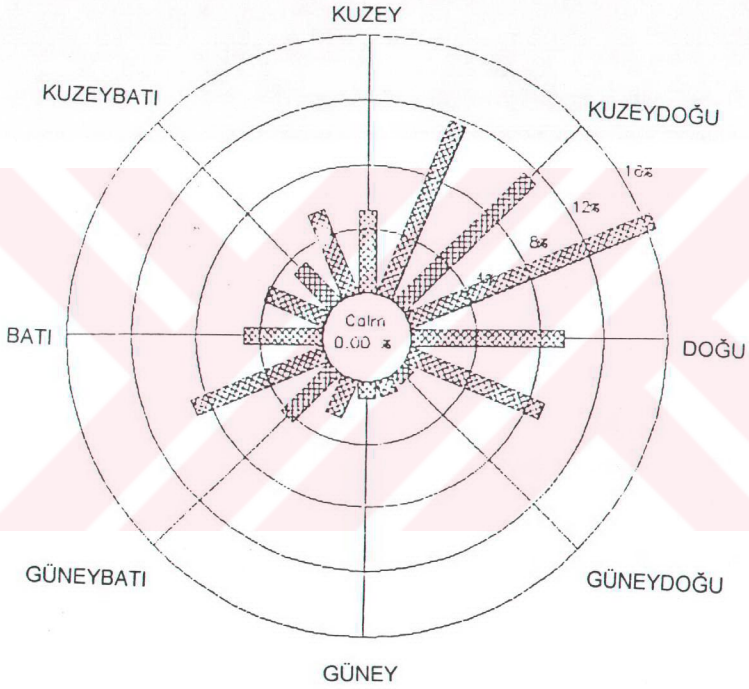
Çizelge 3.1. Orhaneliye ait meteorolojik veriler

Meteorolojik Elementar	A Y L A R												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık
Saat 07 ⁰⁰ iletü aylik ortalaması sıcaklık (°C)	3,6	3,0	2,4	7,8	12,6	16,5	18,2	18,1	14,5	9,2	7,8	3,7	9,8
Saat 14 ⁰⁰ iletü aylik ortalaması sıcaklık (°C)	7,9	6,2	9,4	16,4	23,8	26,2	29,6	29,7	27,2	18,0	14,6	9,4	18,2
Saat 21 ⁰⁰ iletü aylik ortalaması sıcaklık (°C)	5,0	4,0	4,5	10,8	16,6	19,4	22,2	22,0	19,0	11,9	10,0	5,6	12,6
Aylik ortalaması sıcaklık (°C)	5,4	3,5	5,2	11,4	17,4	20,4	23,0	23,0	19,9	12,8	10,6	6,1	13,2
Ortalama yüksek sıcaklık (°C)	9,8	8,0	11,2	18,6	24,9	27,7	30,8	30,7	28,2	19,0	16,2	10,6	19,6
Ortalama düşük sıcaklık (°C)	1,9	-1,5	0,2	6,4	10,6	12,8	15,0	15,8	11,6	7,2	6,0	2,2	7,4
En yüksek sıcaklık günü	29,9	14,9	30,9	17,9	23,9	28,9	29,9	1,9	21,9	7,9	14,9	6,9	28,9
En yüksek sıcaklık (°C)	18,7	22,3	23,4	30,0	34,0	36,7	40,8	38,2	36,3	35,6	26,2	21,9	40,8
En düşük sıcaklık günü	28,9	21,9	19	15,9	9,9	13,9	5,9	31,9	15,9	29,9	14,9	7,9	21,9
En düşük sıcaklık (°C)	-9,8	-18,4	-12,3	-0,3	0,1	6,5	7,5	9,2	5,0	0,0	-5,2	-7,0	-18,4
Ortalama buhar basıncı (mb)	6,9	5,8	6,2	8,2	11,8	15,2	15,2	16,0	12,8	9,8	9,2	7,2	10,4
Saat 07 ⁰⁰ iletü aylik Ort. nisbi nem (%)	8,0	8,0	8,0	7,6	7,2	7,3	6,9	7,5	7,0	8,0	8,0	8,5	7,6
Saat 14 ⁰⁰ iletü aylik Ort. nisbi nem (%)	6,6	6,6	5,7	4,8	4,2	5,0	3,9	4,0	3,8	5,0	5,9	6,0	5,1
Saat 21 ⁰⁰ iletü aylik Ort. nisbi nem (%)	7,7	7,8	7,0	6,4	6,4	6,6	5,8	6,2	6,0	7,3	7,6	8,0	6,9
Aylik ortalaması nisbi nem (%)	7,5	7,4	6,9	6,2	6,0	6,4	5,5	6,0	5,6	6,7	7,2	7,5	6,6
En düşük nisbi nem günü	3,1	1,5	1,6	1,3	1,4	1,0	1,4	1,4	1,4	4	2,0	1,4	4
Saat 07 ⁰⁰ iletü aylik Ort. bulutluluk (0-10)	8,0	1,8	7,4	6,9	5,4	3,4	2,8	3,0	3,9	6,3	6,6	7,8	5,7
Saat 14 ⁰⁰ iletü aylik Ort. bulutluluk (0-10)	7,6	7,5	6,9	6,6	5,4	3,7	2,5	2,6	2,6	5,6	6,3	7,4	5,4
Saat 21 ⁰⁰ iletü aylik Ort. bulutluluk (0-10)	7,3	7,4	6,3	5,8	4,4	2,6	1,6	2,0	2,9	5,0	5,9	7,0	4,8
Aylik ortalaması bulutluluk (0-100)	7,6	6,8	6,9	6,5	5,1	3,2	2,1	2,5	3,2	5,6	6,2	7,4	5,3
Ortalama aşık günler sayısı (0,0-1,9)	1,8	7,3	2,2	2,6	6,3	10,9	18,2	14,1	10,8	3,8	2,8	1,3	76,8
Ortalama bulutlu günler sayısı (2,0-1,9)	1,8	11,1	14,3	16,0	18,8	16,1	12,1	14,9	16,9	18,0	16,4	13,1	179,2

Çizelge 3.1. (devam) Orhaneliye ait meteorolojik veriler

Meteorolojik Elementler	A Y L A R												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Yıllık
Ortalama kapalı günler sayısı (8.1-10.0)	16	17.4	14.6	11.6	6.7	2.8	0.9	1.2	2.4	9.3	10.8	16.4	108.6
Yağış miktarı aylık ortalaması (mm)	25	86.2	62.4	61.7	50.1	44.8	28.3	8.4	8.5	36.6	33.4	50.5	101.3
Günlük en çok yağış miktarı (mm)	29	42.2	48.9	46.4	34.4	36.9	40.1	25.8	25.9	3.2	37.2	39.6	97.1
Yağış \geq 0.1 mm olduğu günler sayısı	25	12.5	10.5	11.1	9.5	7.5	4.3	1.8	1.8	0.7	6.1	8.6	12.6
Yağış \geq 10.0 mm olduğu günler sayısı	25	2.6	2.1	1.8	1.6	1.6	1.0	0.2	0.2	1.0	1.8	3.2	17.8
Yağış \geq 50.0 mm olduğu günler sayısı	24												0.0
Ortalama karlı günler sayısı	25	3.3	2.1	1.5	0.2						0.6	1.7	9.2
Ortalama karlı ortalsu günler sayısı	25	4.6	3.5	1.0						0.0	0.2	2.1	11.6
En yüksek kar örtüsü kalınlığı (cm)	25	3.3	3.4	1.5						3	1.2	3.1	3.4
Ortalama seli günler sayısı	25	1.1	0.5	1.5	0.6	0.5	0.2	0.0	0.1	1.2	1.3	1.8	1.6
Ortalama dolulu günler sayısı	25	0.1	0.1		0.9	0.3	0.2	0.1			0.1		0.1
Ortalama kurgulu günler sayısı	25	2.7	1.7	2.4	1.0	1.0	0.1			0.4	2.5	3.2	2.6
Ortalama erozyon günler sayısı	25	0.3	0.3	0.4	2.2	3.4	3.0	1.4	0.8	1.2	0.9	0.4	0.4
Saat 14 ⁰⁰ deki ayık ort. rüz. kuv. (h/or)	2	1.0	0.4	0.5	0.7	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.7
Saat 14 ⁰⁰ deki ayık ort. rüz. kuv. (h/or)	2	1.8	1.2	1.5	2.1	1.6	2.4	2.2	2.4	2.6	1.6	0.7	1.2
Saat 21 ⁰⁰ deki ayık ort. rüz. kuv. (h/or)	2	1.8	1.0	0.7	1.0	0.7	0.6	0.6	0.8	0.8	0.9	0.6	1.0
Aylık ortalama rüzgar kuvveti (h/or)	2	1.5	0.9	0.9	1.3	0.9	1.2	1.0	1.2	1.3	0.9	0.6	1.0
En kuvvetli esen rüzgar yönü ve kuvveti (h/or)	28	gSE	gSH	gSH	gSH	gSH	gSH	gSH	gSH	gSH	gSH	gSH	gSE/NE/Ş
Ortalama fırtınalı gün sayısı (s4 bdf/or)	16	0.1		0.1									0.2
Orn. kuvvetli rüz. gün sayısı (e-7 bdf/or)	16	0.2	0.2	0.1	0.5	0.1				0.1	0.1	0.2	0.1
En çok esen rüzgar yönü	2	E	W	W	W	W	W	N	W	W	N	W	W

SE: Güney Batı NW: Kuzey Batı SW: Güney Batı N: Kuzey W: Batı E: Doğu S: Güney



Şekil 3.3. Bursa-Orhaneli ilçesine ait rüzgar gülü

3.1.3. Orman varlığı

Çukur biçiminde bir konumu olan santral inşaat alanının çevresinde, idaresi Orhaneli Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Gümüşdere Serisi, Kocasu Serisi ve Eğrekler Serisi ormanları bulunmaktadır.

Gerek bu serilerdeki, gerekse yörenin tüm ormanlarındaki hakim bitki topluluğu çam ağacıdır. Çamın genellikle iki türü bulunmaktadır. Burada, bunlardan birisi en yaygın olanı Kızılçam (pinus brucia) diğeri daha az bulunan Kara Çam (Pinus nigra)'dır. Orhaneli ormanlarındaki çam ağaçları 60-80 yaşlarına gelmiş olup, kesim devresine girmiş bulunmaktadır. Diğer ağaç türleri önemli değildir. Sadece Kocasu dere yatağı boyunca çınar ağaçları yer almış olup, Bursa-Orhaneli ormanlarına ait bir görüntü Şekil 3.4'te verilmiştir. Orman içlerinde az miktarda ardıça (Juniperus) rastlanmaktadır (Karaca 1989).

Bonitet açısından Kocasu Serisi biraz zayıf olmakla beraber Gümüşdere ve Eğrekler serileri çok değerli parselleri içermektedir.

Kocasu Orman Serisi Santralın kurulduğu alanı içine almaktadır.



Şekil 3.4. Bursa-Orhaneli ormanlarından bir kesit

3.1.4. Tarım potansiyeli

Orhaneli Termik Santrali çevresinde tarım bir potansiyel teşkil edecek düzeyde değildir. Çünkü arazi yapısı buna uygun değildir.

Ayrıca Kocasu Vadisi istikametinde nokta kaynağa 1.5 Km uzaklıkta Yürücekler 80 hane, 5 Km uzaklıkta Akçabük 75 hane, 6 Km uzaklıkta Çörelere 35 hane, 2.250 Km'de Girencik 30 hane bulunmaktadır.

Yukarıda adı geçen köyler Kocasu boyunca kurulmuş yerleşim merkezleri olup, çiftçilik ve hayvancılık yapan köylü halktan oluşmuştur. Bunların çalıştığı araziler köylerin yer aldığı sırtlara dağılmış küçük boyutlu (1-2 dekar) tarlalar olup kuru ziraat yapılmaktadır. Ancak sözü edilen köylülerin hemen hepsinin Kocasu

boyunca sulanabilen tarlaları vardır. Bu vadideki sulanabilir tarlalardan, aile başına en çok 10 dekardan fazla düşmemektedir (Karaca 1989).

3.1.5. Araştırmaya konu olan topraklar

Orhaneli Termik Santrali'nin çevre ormanlarına ve topraklarına etkisinin araştırılması için yapılan bu çalışmada alınan toprak numunelerinin ait oldukları büyük toprak grupları kahverengi orman toprakları ve kireçsiz kahverengi orman toprakları oluşturmaktadır.

3.1.5.1. Kahverengi orman toprakları

Bu topraklar yüksek kireç içeriğine sahip anamadde üzerinde oluşurlar. A(B)C profilli olup, horizonlar birbirlerine tedricen geçişyaparlar. Koyu kahverengi olan A horizonu belirgindir. Gözenekli veya granüler bir yapıya sahiptir. Reaksiyonu kalevi, bazen de nötrdür. A horizonundaki organik madde mull şeklindedir. Yani mineral madde ile iyice karışmıştır. B horizonu daha açık renktedir ve genellikle kahverengidir. Renk bazen kırmızıdır. Reaksiyonları kalevi bazen de nötrdür. Granüler veya yuvarlak köşeli granüler yapıdadır. Çok az miktarda kil birikmesi olabilir. Horizonun aşağı kısımlarında CaCO_3 birikmesi görülebilir.

Bu topraklar genellikle geniş yapraklı orman örtüsü altında oluşur. Bunlarda etkili olan toprak oluşum işlemleri kalsifikasyon ve podzollaşmadır. Drenajları iyidir. Çoğunlukla orman, funda ve mera olarak kullanılırlar. Bir kısmında ise kuru tarım yapılmaktadır.

3.1.5.2. Kireçsiz kahverengi orman toprakları

A(B)C profilli topraklardır. A horizonu iyi oluşmuş ve gözenekli bir yapıya vardır (B) horizonu zayıf oluşmuştur. Kahverengi veya koyu kahverengi, granüler veya yuvarlak köşeli blok yapıdadır. (B) horizonunda kil birikimi yok veya çok az miktardadır. Horizon sınırları geçişli ve tedricidir.

Kireçsiz kahverengi orman toprakları genellikle yaprağını döken orman örtüsü altında oluşurlar. Bu topraklara ilin tüm ilçelerinde rastlamak mümkündür. Özellikle Orhaneli, Mustafakemalpaşa ilçelerinde yoğunluk kazanmaktadır.

3.1.6. Toprak örneklerinin alındığı yerler ve özellikleri hakkında kısa bilgiler

Bursa'nın Orhaneli ilçesine bağlı Orhaneli termik santralının çevre topraklarına etkisinin araştırılması amacıyla santral çevresinden en uygun noktalardan toprak örnekleri alınmaya çalışılmıştır. Alınan toprak örnekleri yukarıdaki bölümde de belirtildiği gibi kahverengi orman toprakları ve kireçsiz kahverengi orman topraklarına dahildirler. Alınan toprak örneklerinden sadece ikisi kahverengi orman topraklarından, diğer 6 adet örnek noktası kireçsiz kahverengi orman topraklarından seçilmiştir.

1 nolu Toprak Örneği

1 nolu toprak örneği Ömeraltı köyüne giderken yoğun orman tabakasının bulunduğu bir bölgeden alınmıştır. Genellikle kızılçam türü ağaçlar bölgeye hakimdir. Örnek alınan nokta meyilli bir arazidedir. Numune noktası santral bacasını karşıdan görmektedir. Kireçsiz kahverengi orman toprakları sınıfında yer almaktadır. Etki içi alan olarak tespit edilmiştir.

2 nolu Toprak Örneği

Söz konusu toprak örneği Ömeraltı köyüne varmadan yol üstünden tavukçultepe olarak anılan bölgeden alınmıştır. Toprak örneğinin alındığı yer santrali görmemektedir. Büyük toprak grubu olarak kireçsiz kahverengi orman toprağı sınıfında yer almaktadır.

Eğim sınıfı olarak çok dik eğime sahip bir arazidir. Genellikle kızılçam türü ağaçlar mevcuttur. Etki içi alan olarak tespit edilmiştir.

3 nolu Toprak örneği

3 nolu toprak örneği Orhaneli Bursa yolu üstünde yer alan bir derenin yukarı kesimindeki ormanlık bölgeden alınmıştır. Büyük toprak grubu olarak kahverengi orman toprakları sınıfına girmektedir. Çok dik eğimli ve şiddetli erozyona sahip bir alandır. Burada genellikle karaçam ağaç türü bölgeye hakimdir. Etki dışı alan olarak tespit edilmiştir.

4 nolu Toprak Örneği

Orhaneli'nden Bursa gidiş istikametinde yol üstünden alınmıştır. Arazi kızılçam ağaç türüne sahiptir. Orta eğimli ve orta erozyon şiddetine sahip bir arazidir. Büyük toprak grubu olarak kahverengi orman toprakları grubuna girmektedir. Santrali girmeyen bir noktadır. Etki dışı alan olarak tespit edilmiştir.

5 nolu Toprak Örneği

5 nolu toprak örneği Orhaneli-Kemalpaşa sınırı üzerinde Kızılpelit yolu kenarından alınmıştır. Arazinin taşlılık, erozyon gibi sorunları mevcuttur. Santrali görmeyen bir noktadır. Büyük toprak grubu olarak kireçsiz kahverengi orman toprakları sınıfına girmektedir. Genellikle kızılçam ağaç türüne sahip bir bölgedir. Etki içi alan olarak tespit edilmiştir.

6 nolu Toprak Örneği

Orhaneli'nin kuzeyinde yer alan Toprak köyü yakınlarından santrali karşıdan gören bir bölgeden alınmıştır. Arazi orta eğimli ve orta erozyon derecesine sahip bir bölgededir. Kızılçam ağaç türü hakimdir. Kireçsiz kahverengi orman toprakları grubunda yer almaktadır. Etki içi alan olarak tespit edilmiştir.

7 nolu Toprak Örneği

Orhaneli'nin kuzeyinde yer alan Topuk köyüne giderken yol üstünden alınmıştır. Arazi orta eğimli ve orta erozyon şiddetini sahiptir. Kızılçam ağaç türü hakimdir. Kireçsiz kahverengi orman toprakları grubunda yer almaktadır. Santrali görmeyen bir noktadır. Etki dışı alan olarak tespit edilmiştir.

8 nolu Toprak Örneği

Orhaneli'nden Bursa istikametine giderken yol üstünde bulunan Atatürk Ormanı'ndan alınmıştır. Arazide çeşitli meşe, ardıç ve karaçam ağaç türleri hakimdir. Etki dışı alan olarak tespit edilmiştir. Kahverengi orman toprakları grubunda yer almaktadır. Arazi az eğimli ve düşük erozyon şiddetine sahiptir. Santrali görebilen bir noktadan alınmıştır.

3.2. Yöntem

Bursa'nın Orhaneli ilçesinde hakim rüzgar yönü, kuzey-kuzeydoğudan gelip, güney-güneybatı istikametinde esen rüzgardır. İkinci derece hakim rüzgar ise doğu-batı yönünde esmektedir. Santral merkez olmak üzere baca yüksekliği gözönüne alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda, santral çevresinde 8 km²'lik bir alan saptanmıştır.

Bu 8 km²'lik alan içerisinde kalan bölgeler etki dışı, bu alan dışarısında kalan bölgeler etki içi alan olarak kabul edilmiştir. Bu durum bir şemsiye olarak kabul edilmektedir. Yapılan modelleme çalışmasında baca yüksekliği de dikkate alınarak bacadan çıkan emisyon bu 8 km² alan içinde bir çökmeye uğramayacaktır. Bu alan dışına çıktığında meteorolojik olaylara da dayanılarak çökme başlayacaktır. Araştırmada Orhaneli Termik Santrali odak noktası olarak alınmıştır. Meteorolojik veriler de göz önüne alınarak toplam sekiz deneme alanı tespit edilmiştir. Seçilen bu sekiz ana noktanın her biri kendi arasında işlem ve kontrol olmak üzere ayrılmıştır. İşlem kısmında ağaç kesimleri yapılmış, böylece toprağa çökebilecek kükürt miktarı tespit edilebilmiş, kontrol kısmında ise ağaç kesimine izin verilmemiştir. İşlem kısmının bir görüntüsü şekil 3.5'de verilmiştir. Bu örnek noktalarında topraktan ve çam ağaçlarından her yılın Nisan ve Eylül aylarında örnekler alınmıştır. İbre örnekleri tepe çatısından, bir alt dallardan 1 ve 2 yaşlı ibrelerden alınmıştır. İbre örnekleri alımında 4 ayrı istikametten (Kuzey, Güney, Doğu, Batı) toplanmasına özen gösterilmiştir.

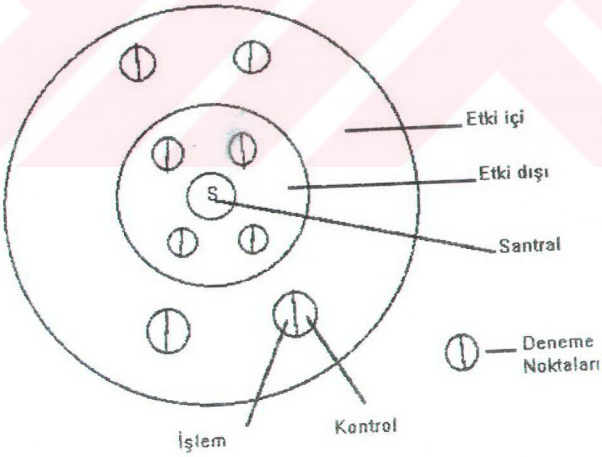
Bu örneklerin alındığı alanlarda genellikle karaçam ve kızılçam ağaçlarına yoğun olarak rastlanmaktadır. Deneme alanlarının tümünde ibre örneklerinin alınması sırasında iki ayrı derinlikten (0-5 ve 5-10 cm) toprak örnekleri de alınmıştır. Numune noktalarından birisi Şekil 3.6'da verilmiştir. Böylece her deneme alanından 4 adet olmak üzere toplam 32 adet toprak örneği alınmıştır. Deneme alanının bir planı Şekil 3.7'de verilmiştir. Araştırma iki yıl boyunca sürmüştür.



Şekil 3.5. İşlem sahası



Şekil 3.6. Numune noktasından bir kesit



Şekil 3.7. Deneme alanının planı

3.2.1. Toprak örneklerinde yapılan analizler

Bursa Orhaneli Termik Santrali'nda saptanmış alanlardan alınan bitki ve toprak numunelerinde yapılan analizler pH, bünye analizi, organik madde, kireç, değişebilir kationlar, toplam kükürt, toplam azot, toplam tuz, toplam fosfor, bitkilerde toplam kükürt ve bitkilerde renk değişiminin saptanmasından oluşmaktadır.

3.2.2. Toprakların genel özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan yöntemler

3.2.2.1. pH (Toprak Reaksiyonu)

pH, 1/1 oranındaki su, toprak karışımıyla hazırlanan saturasyon çamurunda cam elektrodlu dijital pH metre ile ölçülmüştür (Richards 1954).

3.2.2.2. Bünye analizi

Toprak örneklerinin kum, mil ve kil fraksiyonları, Bouyoucos (1951) tarafından bildirildiği şekilde hidrometre yöntemine göre belirlenmiş ve tekstür sınıfları Soil Survey Manual'e (1951) göre saptanmıştır.

3.2.2.3. Organik madde tayini

Jackson (1965) tarafından bildirildiği şekilde Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir.

3.2.2.4. Toplam tuz tayini

Richards (1954) tarafından bildirildiği şekilde 1: 2.5 oranında toprak-su ekstraktı hazırlanmış, ağzı kapatılıp 5-30 dakika süreyle çalkalanmış, şişe içeriği

filtre kağıdından süzülerek (Whatman 42) ekstrakt çıkarılmış conductivity Bridge Model RC-216-B1 aletinde belirlenmiştir.

3.2.2.5. Toprakta % toplam kükürt tayini

Johnson'ın (1952) bildirdiği şekilde 250 ml'lik erlenmayere 20 gr hava kurusu toprak örneği tartılmış, üzerine 50 ml Morgan ekstraksiyon solüsyonu ilave edilmiştir. Bu karışım yarım saat süreli çalkalanmıştır. Daha sonra (Whatman 42) filtre kağıdından süzülüş, elde edilen süzükten 10 ml süzük alınıp 25 ml'lik balona konulmuştur. Üzerine 1 gr BaCl₂ ilave edilmiştir. Kükürt oranı 20 ppm kadar olanların üzerine 1 ml çamsakızı solüsyonu, 20 ppm'den fazla olanlara 2 ml çam sakızı solüsyonu ilave edilmiştir. Bu karışım yaklaşık elde 1 dakika çalkalanmıştır. Hazırlandıktan sonra 5-30 dk arasında kolorimetrede okunmuştur.

Hesaplama

$$1. \text{ Sulandırma Faktörü} \quad 50/20 = 2.5$$

$$2. \text{ Sulandırma Faktörü} \quad 25/10 = 2.5$$

$$\text{Toplam Sulandırma Faktörü} = 2.5 \times 2.5 = 6.25 \text{ dir.}$$

Numunedeki toplam kükürt,

$$\text{ppm} = \text{Okuma değeri (numune için)} \times \text{Kurve Faktörü} \times \text{Sulandırma Faktörü}$$

$$\text{Numunedeki Toplam S, \%} = \text{S ppm}/10.000$$

3.2.2.6. Kireç tayini

Çağlar (1949) tarafından açıklandığı şekilde Scheibler kalsimetresinde, laboratuvar şartlarında okunan CO₂ hacimleri Boyle-Mariot-Gay-Lusak kanunlarına göre düzeltildikten sonra belirlenmiştir.

3.2.2.7. Değişebilir katyonların tayini

3.2.2.7.1. Değişebilir sodyum tayini

Değişebilir sodyum tayini Knudsen'nin (1982) belirttiği şekilde atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntemle göre belirlenmiştir.

3.2.2.7.2. Değişebilir potasyum tayini

Değişebilir potasyum tayini de değişebilir sodyum tayininde olduğu gibi Knudsen'e (1982) göre atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntemle göre tayin edilmiştir.

3.2.2.7.3. Değişebilir magnezyum tayini

Toprağın nötr 1.0 N amonyum asetat çözeltisiyle gerçekleştirilen ekstraktında Mg miktarını atomik absorpsiyon spektrofotometrede belirlenmesi esasına dayanılarak yapılmıştır (Thomas 1982).

3.2.2.7.4. Değişebilir kalsiyum tayini

Toprağın nötr 1.0 N amonyum asetat çözeltisiyle gerçekleştirilen ekstraktında Ca miktarının değişebilir magnezyum tayininde olduğu gibi atomik absorpsiyon spektrofotometrede belirlenmiştir (Thomas 1982).

3.2.2.8. Toprakta katyon değişim kapasitesi tayini

Chapman (1965) tarafından bildirildiği şekilde 1N sodyum asetat (pH= 8.2) ile doyurulan toprak örneği, alkolle yıkandıktan sonra 1N amonyum asetat (pH= 7.0) ile muamele edilerek toprak tarafından tutulan sodyum ekstrakte edilmiştir. Sözükteki sodyum miktarı Lange 6 a fleym fotometresinde belirlenmiştir.

3.2.2.9. Toprakta toplam azot

Bremmer (1965), tarafından bildirildiği şekilde Kjedadhl yöntemine göre belirlenmiştir.

3.2.2.10. Toprakta toplam fosfor

Murphy, J. ve J.P. Riley'in (1962) bildirdiği şekilde toprak örneklerinde toplam fosfor miktarı toprak örneklerine Fleischmann's asit çözeltisi uygulanarak iki tekrarlamalı ve spektrofotometrik olarak analiz edilmiştir.

Toprak örnekleri, içerdikleri toplam fosforu bulmak için Fleischmann's asit ile yakma yapılarak ekstrakte edilmiş ve bu eriyikteki fosforun karışık ayraç (50 ml 2.5 M H₂SO₄, 15 ml amonyum molibdat, 30 ml askorbik asit, 5 ml potasyum antimon tartarat) ile meydana getirdiği mavi rengin intensitesi 720 nonomikron ışık maksimumlu spektrofotometrede (Bousch-Lamb Spectronik 20) tayin edilmiş ve toprakların toplam fosfor miktarları belirlenmiştir.

3.2.2.11. Bitkide toplam kükürt tayini

Johnson and Nishita'nın (1952) bildirildiği şekilde yaş yakma ile elde edilen numuneden 10 ml örnek alınıp 2.5 ml'lik balona konulmuştur. üzerine 5 ml CH₃COONH₄ eriyiği ilave edilmiştir. Daha sonra 1 gr baryum klorür ilave edilmiştir. 1 dakika kadar çalkalanmıştır. 1 ml çam sakızı eriyiği ilave edilip yeniden çalkalanmıştır. Saf su ile 2.5 ml'ye tamamlanmıştır. 5 dakika sonra türbit eriyiğinin ışık absorpsiyonu 430 milimikron ışık maksimumlu spektrofotometre de tesbit edilmiştir.

Hesaplama

0.5 gr bitki numunesi yakılmış ve 100 ml'ye tamamlanmış olduğuna göre;

1. Sulandırma Faktörü = 100/0.5 = 200'dür.

Bitki eriğinden alınan 10 ml süzükte ve 2 ml'lik ölçü balonunda türbidite oluştuğunda;

2. Sulandırma Faktörü = $25/10 = 2.5$ olur.

Numunedeki toplam S,

ppm = O.D (Numune için) x Kurve Faktörü x Toplam Sulandırma Faktörü

Numunedeki toplam S, % = $S.ppm/10000$

3.2.2.12. Bitkide renk değişimi tayini

Termik santraldan kaynaklanan kükürtdioksit gazının, kızılçam ve karaçam ibrelerinde neden olacağı kurumaya bağlı olarak gelişen renk değişimi, Birleşmiş Milletler Çevre Programı-Avrupa Ekonomi Komisyonu Skalasına göre yapılan değerlendirmelerle belirlenmiştir.

4. SONUÇLAR

4.1. Bursa-Orhaneli topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Numunelerin nerelerden alındıkları ve daha ayrıntılı bilgiler ise Çizelge 4.1'de sunulmaktadır.

Çizelge 4.1. Numunelerin alındıkları yerler

Lab. No	Örnek No	Derinlik (cm)	Alındığı Yer
860.6 861.6	1	0-5 5-10	Ömeraltı Köyü (Kontrol) Ömeraltı Köyü (Kontrol)
862.6 863.6	1	0-5 5-10	Ömeraltı Köyü (İşlem) Ömeraltı Köyü (İşlem)
864.6 865.6	2	0-5 5-10	Tavukcutepe (Kontrol) Tavukcutepe (Kontrol)
666.6 867.6	2	0-5 5-10	Tavukcutepe (İşlem) Tavukcutepe (İşlem)
868.6 869.6	3	0-5 5-10	Orhaneli Bursa yolu üstü Derenin Karşısı (Kontrol) Orhaneli Bursa yolu üstü Derenin Karşısı (Kontrol)
870.6 871.6	3	0-5 5-10	Orhaneli Bursa yolu üstü Derenin Karşısı (İşlem) Orhaneli Bursa yolu üstü Derenin Karşısı (İşlem)
872.6 873.6	4	0-5 5-10	Orhaneli Bursa yola altı (Kontrol) Orhaneli Bursa yola altı (Kontrol)
891.6 892.5	4	0-5 5-10	Orhaneli Bursa yolu altı (İşlem) Orhaneli Bursa yolu altı (İşlem)
874.5 875.6	5	0-5 5-10	Kızılpelit yolu Kemalpaşa sınırı (İşlem) Kızılpelit yolu Kemalpaşa sınırı (İşlem)
876.6 877.6	5	0-5 5-10	Kızılpelit yolu Kemalpaşa sınırı (Kontrol) Kızılpelit yolu Kemalpaşa sınırı (Kontrol)
879.6 880.6	6	0-5 5-10	Topuk köyü üstü (Kontrol) Topuk köyü üstü (Kontrol)
883.6 884.6	6	0-5 5-10	Topuk köyü üstü (İşlem) Topuk köyü üstü (İşlem)
881.6 982.6	7	0-5 5-10	Orhaneli Topuk yolu üstü (Kontrol) Orhaneli Topuk yolu üstü (Kontrol)
885.6 886.6	7	0-5 5-10	Orhaneli Topuk yolu üstü (İşlem) Orhaneli Topuk yolu üstü (İşlem)
887.5 888.6	8	0-5 5-10	Orhaneli Bursa yolu üstü Atatürk Ormanı (İşlem) Orhaneli Bursa yolu üstü Atatürk Ormanı (İşlem)
889.6 890.6	8	0-5 5-10	Orhaneli Bursa yolu üstü Atatürk Ormanı (Kontrol) Orhaneli Bursa yolu üstü Atatürk Ormanı (Kontrol)

Bursa-Orhaneli topraklarından alınan numunelerden elde edilen analiz sonuçlarına göre, bu yöre topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 4.2, 4.3, 4.4 ve 4.5'de sunulmuştur. Çizelgelere göre bu toprakların tekstür olarak, kum, silt ve kil yüzdeleri sırasıyla verilmiştir. Sonuçlardan anlaşılacağı üzere deneme toprakları orta bünyelidir. Bu topraklardaki kum miktarı % 49.4 (1 nolu örnek, 0-5 cm, 1994 Eylül Kontrol) % 67.6 (3 nolu örnek, 0-5 cm, 1995 Nisan, işlem) , % 25 (1 nolu örnek, 5-10 cm, 1995 Eylül, işlem) ile % 44.2 (8 nolu örnek, 5-10 cm, 1994 Nisan, işlem) arasında değişmektedir. Kil miktarları % 37.8 (4 nolu örnek, 5-10 cm, 1994 Nisan, işlem), % 34.4 (8 nolu örnek, 0-5 cm, 1995 Nisan, Kontrol) olarak değişmektedir. Topraklardaki silt miktarları ise % 33 (1 nolu örnek, 0-5 cm, 1995 Eylül, kontrol), % 18 (3 nolu örnek, 0-5 cm, 1995 Nisan, işlem), % 32 (8 nolu örnek, 5-10 cm, 1994 Eylül, işlem) ile % 26 (6 nolu örnek, 5-10 cm, 1994 Nisan, Kontrol) arasında değişmektedir. Deneme topraklarında belirtilen kum, silt ve kil oranları bu bölge topraklarının genellikle kumlu-tıندان, killi tına kadar değişen bir tekstüre sahip olduklarını göstermektedir.

Topraklardaki kireç miktarı 1994 ve 1995 yıllarında yapılan analizler sonunda genellikle eser miktarda saptanmıştır. Örneğin % 0.53 (2 nolu örnek, 0-5 cm derinlik, 1994 Eylül, Kontrol) değeri buna misal olarak gösterilebilir.

Deneme topraklarının pH'sı 7.04 (8 nolu örnek, 5-10 cm, 1994 Eylül, İşlem), 6.70 (1 nolu örnek, 0-5 cm, 1994 Nisan, Kontrol), 6.81 (4 nolu örnek, 5-10 cm, 1995 Nisan, Kontrol) 6.94 (6 nolu örnek, 5-10 cm, 1995 Eylül, Kontrol) arasında değişmektedir. Buna göre bu topraklar nötral topraklar grubuna girmektedirler (Jackson 1958). pH zayıf asitten, zayıf alkaliye doğru bir değişim göstermektedir.

Deneme topraklarında yapılan analizler sonucunda elektriksel iletkenlik değerleri eser miktarda saptanmıştır.

Topraklardaki organik madde miktarı 9.12 (1 nolu örnek, 0-5 cm, 1995 Eylül, Kontrol), 3.99 (8 nolu örnek, 5-10 cm, 1994 Eylül, İşlem), 9.36 (3 nolu örnek, 0-5 cm, 1994 Nisan işlem) arasında değişmektedir. Bu değerlere göre bölge toprakları organik maddece zengin durumdadırlar (Akalan 1983).

Deneme topraklarındaki toplam fosfor miktarları % 0.069 (1 nolu örnek, 0-5 cm, 1995 Eylül, Kontrol), % 0.004 (5 nolu örnek, 0-5 cm, 1995 Nisan, kontrol), %

0.014 (8 nolu örnek, 5-10 cm, 1994 Eylül, işlem) ve % 0.022 (1 nolu örnek, 0-5 cm, 1994 Nisan, Kontrol) arasında değişmektedir. Alınan sonuçlar bölge topraklarının fosfor açısından fakir olmadığını göstermektedir. Dönemler içindeki değişiklikler topraktaki yıkanmanın bir sonucudur.

Deneme topraklarındaki % toplam azot miktarları % 0.207 (3 nolu örnek, 5-10 cm, 1995 Nisan, İşlem), % 0.141 (7 nolu örnek, 0-5 cm, 1994 Nisan, İşlem), % 0.588 (1 nolu örnek, 0-5 cm, 1994 Eylül, Kontrol) ile % 0.846 (2 nolu örnek, 0-5 cm, 1995 Eylül, Kontrol) arasında değişmektedir.

Jackson'ın (1958) belirttiği kriterlere göre toprakların büyük bir miktarı yeter düzeyde toplam azot içermektedir.

Çizelge 4.2. Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1994 Nisan)

Etik Alanı	Örnek No:	Lab. No:	Derinlik cm	Kum %	% Silt	Kil %	Tekstür	pH 1/2.5 H ₂ O	CaCO ₃ %	Organik Madde %	Toplam N %
Etik içi	1 nolu Kontrol	860	0 - 5	38.2	26.0	35.8	Killi-Tin	6.70	Yok	8.8	0.44
	1 nolu İşlem	861	5 - 10	38.2	24.0	37.8	Killi-Tin	6.76	*	3.8	0.19
	2 nolu Kontrol	862	0 - 5	34.2	26.0	39.8	Killi-Tin	6.70	*	3.26	0.16
Etik içi	1 nolu İşlem	863	5 - 10	38.2	20.0	41.8	Kil	6.75	*	4.46	0.22
	2 nolu Kontrol	864	0 - 5	44.2	26.0	29.8	Killi-Tin	6.55	*	6.37	0.21
	2 nolu İşlem	865	5 - 10	34.2	26.0	39.8	Killi-Tin	6.71	*	6.56	0.32
Etik dışı	1 nolu Kontrol	866	0 - 5	40.2	30.0	29.8	Killi-Tin	6.96	*	5.91	0.29
	1 nolu İşlem	876	5 - 10	34.2	24.0	41.8	Kil	6.90	*	5.58	0.27
	2 nolu Kontrol	868	0 - 5	46.2	22.0	31.8	Kum.Kil.Tin	6.25	*	9.36	0.46
Etik dışı	2 nolu İşlem	869	5 - 10	44.2	20.0	35.8	Killi-Tin	6.70	*	2.56	0.12
	3 nolu Kontrol	870	0 - 5	50.2	20.0	29.8	Kum.Kil.Tin	6.70	*	4.27	0.21
	3 nolu İşlem	871	5 - 10	54.2	20.0	25.8	Kum.Kil.Tin	6.77	*	0.46	0.02
Etik dışı	4 nolu Kontrol	872	0 - 5	52.2	16.0	31.8	Kum.Kil.Tin	7.10	*	0.32	0.01
	4 nolu İşlem	873	5 - 10	42.2	16.0	21.8	Kil	7.01	*	2.49	0.12
	5 nolu Kontrol	891	0 - 5	46.2	22.0	31.8	Kum.Kil.Tin	6.90	*	3.44	0.17
Etik içi	1 nolu İşlem	892	5 - 10	42.2	20.0	37.8	Killi-Tin	6.91	*	2.10	0.10
	2 nolu Kontrol	876	0 - 5	36.2	32.0	31.8	Killi-Tin	6.53	*	6.83	0.34
	2 nolu İşlem	877	5 - 10	32.2	28.0	39.8	Killi-Tin	6.63	*	4.53	0.22
Etik dışı	3 nolu Kontrol	874	0 - 5	54.2	32.0	13.8	Kumlu-Tin	6.07	*	2.23	0.11
	3 nolu İşlem	875	5 - 10	60.2	30.0	9.8	Kumlu-Tin	6.02	*	1.97	0.09

Çizelge 4.2. (devam) Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1994 Nisan)

Etiki Alanı	Örnek No:	Lab. No:	Derinlik cm	Kum %	% Silt	Kil %	Tekstür	pH 1/25 H ₂ O	CaCO ₃ %	Organik Madde %	Toplam N %
Etiki içi	6 nolu	879	0 - 5	38.2	30	31.8	Killi-Tın	6.39	Yok	1.20	0.21
	Kontrol	880	5 - 10	32.2	26	41.8	Kil	6.36	*	1.26	0.21
	6 nolu İşlem	883	0 - 5	40.2	28	31.8	Killi-Tın	6.71	*	6.24	0.31
Etiki dışı	7 nolu	884	0 - 10	42.2	20	37.8	Killi-Tın	6.74	*	2.29	0.11
	Kontrol	881	0 - 5	48.2	22	28.8	Killi-Tın	7.27	*	2.95	0.14
	7 nolu İşlem	882	5 - 10	48.2	20	31.6	Kum.Kil.Tın.	7.14	*	2.43	0.12
Etiki dışı	8 nolu	885	0 - 5	62.2	22	15.8	Kum.Kil.Tın	7.25	*	2.82	0.14
	Kontrol	886	5 - 10	66.2	26	7.8	Kum.Kil.Tın	7.30	*	2.03	0.10
	8 nolu İşlem	889	0 - 5	48.2	26	38.2	Kumlu Kil	6.98	*	5.25	0.26
Etiki dışı	8 nolu	890	5 - 10	46.2	22	31.8	Kum.Kil.Tın	7.06	*	0.65	0.03
	Kontrol	887	0 - 5	46.2	18	35.8	Kumlu Kil	7.15	*	5.51	0.27
	8 nolu İşlem	888	5 - 10	44.2	16	39.8	Kumlu Kil	7.05	*	3.08	0.15

Çizelge 4.2. (devam) Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1994 Nisan)

Etki Alanı	Örnek No:	Değişebilir Katyonlar					KDK Mc/100 g Toprakta	Toplam P %	Tuz %	Toplam S ppm
		Ca ⁺⁺ Mc/100 g	Mg ⁺⁺ Mc/100 g	Na ⁺ Mc/100 g	K ⁺ Mc/100 g					
Etki içi	1 nolu	26,5	17,8	9,0	21,0	53	0,022	Yok	87,5 Aa	
	Kontrol	45,0	38,3	9,0	18,0	60	0,013	*	45,0 Ab	
Etki dışı	1 nolu	38,0	30,0	11,0	21,0	50	0,029	*	36,0 BCa	
	İşlem	35,0	38,5	11,0	16,0	57	Eser	*	44,0 Ab	
Etki içi	2 nolu	34,6	19,4	12,0	23,0	40	0,029	*	82,8 Da	
	Kontrol	30,6	22,0	11,0	21,0	50	0,013	*	29,3 BCb	
Etki dışı	2 nolu	32,6	21,7	9,0	19,0	57	0,029	*	37,1 Ba	
	İşlem	40,8	30,0	9,0	22,0	55	0,020	*	24,8 DEb	
Etki dışı	3 nolu	34,6	14,6	7,6	23,0	26	0,029	*	32,6 CEa	
	Kontrol	43,0	21,0	6,0	15,0	38	0,018	*	29,3 BCa	
Etki dışı	3 nolu	32,0	19,5	6,0	20,0	37	0,020	*	29,3 Efa	
	İşlem	33,0	29,7	6,0	12,0	38	0,041	*	39,4 BCa	
Etki dışı	4 nolu	35,0	21,6	5,0	21,0	50	0,041	*	10,0 Ga	
	Kontrol	45,0	32,0	8,0	26,0	51	0,018	*	24,9 DEb	
Etki dışı	4 nolu	36,7	23,6	5,0	26,0	50	0,018	*	21,3 Ia	
	İşlem	51,0	38,0	11,0	23,0	54	0,031	*	12,5 Jb	
Etki içi	5 nolu	24,4	11,4	6,0	14,0	35	0,019	*	24,8 Hla	
	Kontrol	22,4	11,5	5,0	11,0	22	Eser	*	23,8 DEa	
Etki dışı	5 nolu	16,3	7,6	7,6	8,3	37	0,018	*	27,0 FHa	
	İşlem	22,4	13,7	7,6	4,0	40	0,011	*	22,5 Efb	

* Büyük harfler herbir demirliğin kendi arasındaki karşılaştırması.

* Küçük harfler demirlikler arası karşılaştırma (0-5/5-10 cm)

LSD = 3,698

Çizelge 4.2. (devam) Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1994 Nisan)

Etki Alanı	Örnek No:	Değişebilir Katyonlar				KDK Me/100 g Toprakta	Toplam P %	Tuz %	Toplam S ppm
		Ca ⁺⁺ Me/100 g	Mg ⁺⁺ Me/100 g	Na ⁺ Me/100 g	K ⁺ Me/100 g				
Etki içi	6 nolu	22.4	13.7	5.0	21.0	59	0.013	Yok	37.1 Hla
	Kontrol	28.5	20.0	5.0	25.0	47	0.013	*	36.0 FGa
	6 nolu İşlem	28.5	19.1	6.0	16.0	46	0.029	*	42.9 Hla
Etki dışı	7 nolu İşlem	30.6	24.0	6.0	13.3	38	0.028	*	31.5 Bb
	7 nolu Kontrol	24.4	15.7	5.0	16.0	32	0.045	*	23.6 Ba
	7 nolu İşlem	27.0	10.3	5.0	19.0	36	0.039	*	72.0 Hb
Etki dışı	8 nolu Kontrol	16.3	9.7	2.3	6.0	45	1.017	*	29.3 Ja
	8 nolu İşlem	12.2	7.8	2.3	2.0	40	0.029	*	31.5 Ba
	8 nolu İşlem	53.0	37.7	8.0	36.0	59	0.020	*	16.3 Ia
Etki dışı	8 nolu Kontrol	53.0	42.1	9.0	19.0	40	0.011	*	38.3 FGa
	8 nolu İşlem	20.4	11.6	6.0	31.0	53	0.018	*	22.5 EFa
		45.0	36.1	5.0	30.0	48	0.011	*	16.3 Ib

- Büyük harfler herbir derneğin kendi arasındaki karşılaştırması.

- Küçük harfler dernekler arası karşılaştırma (0.5/5-10 cm)

LSD = 3.698

Çizelge 4.3. Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1995 Nisan)

Etiki Alanı	Örnek No	Lab. No:	Derinlik cm	Kum %	% Silt	Kil %	Tekstür	pH 1/2.5 H ₂ O	CaCO ₃ %	Organik Madde %	Toplam N %
Etiki içi	1 nolu Kontrol	860	0 - 5	47.6	28.0	24.4	Tin	6.55	Eser	11.35	0.56
	1 nolu İşlem	862	0 - 5	41.6	30.0	28.4	Kumlu Kil. Tin	6.80	*	3.59	0.18
	2 nolu Kontrol	864	0 - 5	43.6	22.0	38.4	Killi Tin	6.84	*	7.24	0.36
Etiki dışı	2 nolu İşlem	863	5 - 10	39.6	22.0	38.4	Killi Tin	6.79	*	5.52	0.27
	3 nolu Kontrol	865	0 - 5	41.6	30.0	26.4	Tin	6.56	*	12.02	0.60
	3 nolu İşlem	866	0 - 5	47.6	26.0	32.4	Killi Tin	7.05	*	8.28	0.41
Etiki dışı	4 nolu Kontrol	868	0 - 5	43.6	32.0	20.4	Tin	6.82	*	11.90	0.59
	4 nolu İşlem	876	5 - 10	55.6	24.0	32.4	Killi Tin	6.80	*	8.51	0.42
	5 nolu Kontrol	869	0 - 5	55.6	22.0	22.4	Tin	6.44	*	10.49	0.52
Etiki dışı	5 nolu İşlem	870	0 - 5	67.6	18.0	14.4	Tin	6.69	*	4.20	0.21
	6 nolu Kontrol	871	0 - 5	65.6	16.0	18.6	Kumlu Tin	6.40	*	10.21	0.51
	6 nolu İşlem	872	0 - 5	45.6	26.0	28.4	Tin	6.50	*	4.14	0.20
Etiki dışı	7 nolu Kontrol	873	0 - 5	45.6	28.0	26.4	Kum. Kil. Balç.	6.82	*	7.07	0.35
	7 nolu İşlem	874	5 - 10	49.6	30.0	30.4	Tin	6.81	*	4.71	0.23
	8 nolu Kontrol	891	0 - 5	45.6	30.0	24.4	Kum Kil.Tin.	7.12	*	7.94	0.39
Etiki içi	8 nolu İşlem	892	5 - 10	43.6	34.0	22.4	Kum Kil.Tin.	7.60	*	5.91	0.29
	9 nolu Kontrol	876	0 - 5	39.6	32.0	28.4	Tin	6.16	*	11.21	0.56
	9 nolu İşlem	877	5 - 10	51.6	30.0	18.4	Kil. Tin	6.84	*	6.38	0.31
Etiki dışı	10 nolu Kontrol	874	0 - 5	55.6	30.0	14.4	Tin	5.84	*	7.13	0.35
	10 nolu İşlem	875	5 - 10	43.6	34.0	22.4	Kumlu Tin	6.04	*	4.31	0.21

Çizelge 4.3. (devam) Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1995 Nisan)

Etki Alanı	Örnek No:	Lab. No:	Derinlik cm	Kum %	% Silt	Kil %	Tekstür	pH 1/2,5 H ₂ O	CaCO ₃ %	Organik Madde %	Toplam N %
Etki içi	6 nolu	879	0 - 5	35,6	30,0	34,4	Killi Tın	6,74	Yok	6,09	0,30
	Kontrol	880	5 - 10	35,6	30,0	34,4	Killi Tın	6,87	*	3,81	0,20
	6 nolu	883	0 - 5	41,6	38,0	20,4	Kum.Kil.Tın	6,64	*	5,97	0,30
	İşlem	884	0 - 10	41,6	36,0	22,4	Tın	6,71	*	5,51	0,27
Etki dışı	7 nolu	881	0 - 5	55,6	24,0	20,4	Kil.Tın	7,38	*	7,22	0,36
	Kontrol	882	5 - 10	51,6	16,0	32,4	Kum.Kil.Tın	7,48	*	2,03	0,10
	7 nolu	885	0 - 5	45,6	26,0	28,4	Kum.Kil.Tın	7,26	*	6,24	0,31
	İşlem	886	5 - 10	41,6	20,0	38,4	Killi Tın	7,46	*	2,43	0,12
Etki dışı	8 nolu	889	0 - 5	45,6	20,0	34,4	Kum.Kil.Tın	7,21	*	6,30	0,31
	Kontrol	890	5 - 10	45,6	20,0	34,4	Kum.Kil.Tın	7,26	*	4,92	0,24
	8 nolu	887	0 - 5	69,6	4,0	26,4	Kumlu Tın	7,47	*	4,43	0,22
	İşlem	888	5 - 10	51,6	24,0	24,4	Kum.Kil.Tın	7,44	*	3,94	0,20

Çizelge 4.3. (devam) Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1995 Nisan)

Etki Alanı	Örnek No:	Değişebilir Katyonlar					KDK Mc/100 g Toprakta	Toplam P %	Tuz %	Toplam S ppm
		Ca ⁺⁺ Mc/100 g	Mg ⁺⁺ Mc/100 g	Na ⁺ Mc/100 g	K ⁺ Mc/100 g					
Etki içi	1 nolu	16.6	18.6	13.0	25.0	50.0	0.078	Yok	388.13 Aa	
	Kontrol	12.4	24.7	23.0	17.0	55.0	0.081	*	567.81 Ab	
Etki içi	1 nolu	12.4	18.7	8.0	25.0	48.0	0.093	*	172.50 Ba	
	İşlem	18.7	24.4	6.0	23.0	52.0	0.016	*	172.50 Bb	
Etki içi	2 nolu	22.4	12.2	6.0	34.0	39.0	0.005	*	258.75 Ca	
	Kontrol	20.8	12.5	8.0	23.0	50.0	0.005	*	179.69 Cb	
Etki içi	2 nolu	24.4	14.2	5.0	38.0	57.5	0.019	*	115.50 DEa	
	İşlem	16.6	20.6	8.0	33.0	54.0	0.093	*	109.50 Db	
Etki dışı	3 nolu	18.7	14.6	6.0	30.0	23.0	0.087	*	93.75 Ea	
	Kontrol	18.7	18.5	6.0	22.0	34.0	0.083	*	78.13 Eb	
Etki dışı	3 nolu	22.8	28.0	6.0	25.0	36.0	0.001	*	98.44 Ga	
	İşlem	22.8	8.4	5.0	20.0	31.0	0.087	*	48.38 Fb	
Etki dışı	4 nolu	20.8	10.5	13.0	35.0	50.0	0.090	*	47.25 Ha	
	Kontrol	12.4	18.7	24.0	29.0	47.0	0.050	*	198.38 Gb	
Etki dışı	4 nolu	22.8	14.3	3.0	25.0	53.0	0.011	*	100.00 Ga	
	İşlem	18.7	20.4	5.0	24.0	50.0	0.099	*	105.00 Na	
Etki içi	5 nolu	18.7	4.8	10.0	10.0	36.0	0.004	*	101.56 Ga	
	Kontrol	16.6	6.8	22.0	15.0	30.0	0.083	*	46.13 Ib	
Etki dışı	5 nolu	16.6	3.0	18.0	15.0	38.0	0.078	*	98.44 Ga	
	İşlem	12.4	3.2	13.0	10.0	45.0	0.087	*	70.50 Hb	

- Büyük harfler herbir derinliğin kendi arasındaki karşılaştırması.

- Küçük harfler derinlikler arası karşılaştırma (0-5/5-10 cm)

LSD = 3.698

Çizelge 4.3. (devam) Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1995 Nisan)

Etik Alanı	Örnek No:	Değişebilir Katyonlar					KDK Mc/100 g Toprakta	Toplam P %	Tuz %	Toplam S ppm
		Ca ⁺⁺ Mc/100 g	Mg ⁺⁺ Mc/100 g	Na ⁺ Mc/100 g	K ⁺ Mc/100 g					
Etik içi	6 nolu	12.4	5.0	9.0	23.0	60.0	0.044	Yok	85.94 Ia	
	Kontrol	1.45	15.0	6.0	23.0	47.0	0.093	*	85.94 Ja	
	6 nolu İşlem	16.6	5.0	4.0	23.0	43.0	0.096	*	112.54 Ea	
Etik dışı	7 nolu	12.4	5.0	10.0	18.0	40.0	0.078	*	85.94 Jb	
	Kontrol	16.6	10.8	9.0	28.0	32.0	0.090	*	118.50 Da	
	7 nolu İşlem	12.4	9.0	5.0*	22.0	35.0	0.093	*	115.50 KIa	
Etik dışı	8 nolu	23.0	10.4	4.0	45.0	47.0	0.078	*	76.69 Ja	
	Kontrol	10.4	21.0	5.0	35.0	32.0	0.090	*	244.38 Db	
	8 nolu İşlem	27.0	14.1	5.0	45.8	56.5	0.005	*	135.18 La	
Etik dışı	8 nolu	29.0	18.0	8.0	45.8	40.0	0.093	*	111.00 Ffb	
	Kontrol	12.4	20.8	4.0	34.0	35.0	0.093	*	72.00 Ka	
	8 nolu İşlem	12.4	20.8	3.0	33.0	43.0	0.093	*	43.88 Mb	

* Büyük harfler herbir derinliğin kendi arasındaki karşılaştırması.

* Küçük harfler derinlikler arası karşılaştırma (0-5/5-10 cm)

LSD = 3.698

Çizelge 4.4. Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1994 Eylül)

Etik Alanı	Örnek No:	Lab. No:	Derinlik cm	Kum %	% Silt	Kil %	Tekstür	pH 1/2,5 H ₂ O	CaCO ₃ %	Organik Madde %	Toplam N %
Etik içi	1 nolu	860	0 - 5	49,4	35,4	15,2	Tın	5,97	Eser	11,75	0,58
	Kontrol	861	5 - 10	49,4	31,4	19,2	Tın	6,06	*	3,67	0,18
Etik içi	1 nolu	862	0 - 5	41,4	35,4	23,2	Tın	6,66	*	8,31	0,41
	İşlem	863	5 - 10	37,4	29,4	33,2	Killi Tın	6,78	*	5,86	0,29
Etik içi	2 nolu	864	0 - 5	47,4	33,4	19,2	Tın	6,71	*	21,90	1,09
	Kontrol	865	5 - 10	35,4	33,4	31,2	Killi Tın	6,86	*	7,34	0,36
Etik içi	2 nolu	866	0 - 5	59,4	27,4	13,2	Kumlu Tın	7,07	*	9,79	0,49
	İşlem	867	5 - 10	39,4	27,4	33,2	Killi Tın	6,92	*	5,21	0,26
Etik dışı	3 nolu	868	0 - 5	53,4	29,4	17,2	Kumlu Tın	6,51	0,53	10,79	0,54
	Kontrol	869	5 - 10	47,4	25,4	27,2	Kum.Kil.Tın	6,64	Eser	4,70	0,23
Etik dışı	3 nolu	870	0 - 5	50,8	25,4	23,8	Kum.Kil.Tın	7,00	*	4,67	0,23
	İşlem	871	5 - 10	54,8	21,4	23,8	Kum.Kil.Tın	7,06	*	2,73	0,13
Etik dışı	4 nolu	872	0 - 5	42,8	29,4	27,8	Killi Tın	7,42	*	4,44	0,22
	Kontrol	873	5 - 10	46,8	15,4	37,8	Kumlu Kil	7,30	*	2,44	0,12
Etik dışı	4 nolu	891	0 - 5	46,8	30,0	23,2	Tın	7,12	*	6,60	0,33
	İşlem	892	0 - 10	34,8	32,0	33,2	Killi Tın	7,01	*	5,79	0,29
Etik içi	5 nolu	876	0 - 5	42,8	33,4	23,8	Tın	6,96	*	10,95	0,54
	Kontrol	877	5 - 10	34,8	37,4	27,8	Killi Tın	7,14	*	5,67	0,28
Etik dışı	5 nolu	874	0 - 5	48,8	27,4	23,8	Kum.Kil.Tın	6,28	*	14,49	0,72
	İşlem	875	5 - 10	42,8	33,4	23,8	Tın	6,57	*	5,08	0,25

Çizelge 4.4. (devam) Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1994 Eylül)

Etiket Alanı	Örnek No:	Lab. No:	Derinlik cm	Kum %	% Silt	Kil %	Tekstür	pH 1/2.5 H ₂ O	CaCO ₃ %	Organik Madde %	Toplam N %
Etiket içi	6 nolu Kontrol	879	0 - 5	38.8	37.4	23.8	Tin	6.94	Yok	5.60	0.28
		880	5 - 10	34.8	29.4	35.8	Killi Tin	6.92	*	3.73	0.18
	6 nolu İşlem	883	0 - 5	42.8	25.4	31.8	Killi Tin	7.98	1.52	2.06	0.10
		884	0 - 10	44.8	23.4	31.8	Killi Tin	7.07	Eser	3.60	0.18
Etiket dışı	7 nolu Kontrol	881	0 - 5	48.8	27.4	23.8	Kum.Kil.Tin	7.56	*	5.47	0.27
		882	5 - 10	60.8	17.4	21.8	Kum.Kil.Tin.	7.67	*	3.73	0.18
	7 nolu İşlem	885	0 - 5	48.8	23.4	27.8	Kum.Kil.Tin	7.42	*	4.83	0.24
		886	5 - 10	46.8	22.0	31.2	Kum.Kil.Tin	7.29	*	1.79	0.08
Etiket dışı	8 nolu Kontrol	889	0 - 5	50.8	20.0	29.2	Kum.Kil.Tin	7.25	*	3.54	0.17
		890	5 - 10	46.2	18.0	39.2	Killi Tin	7.22	*	3.35	0.16
	8 nolu İşlem	887	0 - 5	46.8	20.0	33.2	Kumlu Kil.Tin	7.19	*	6.44	0.32
		888	5 - 10	42.8	18.0	39.2	Killi Tin	7.04	*	3.99	0.20

Çizelge 4.4. (devam) Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1994 Eylül)

Etiki Alanı	Örnek No:	Değişebilir Katyonlar				KDK Mc/100 g Toprakta	Toplam P %	Tuz %	Toplam S ppm
		Ca ⁺⁺ Mc/100 g	Mg ⁺⁺ Mc/100 g	Na ⁺ Mc/100 g	K ⁺ Mc/100 g				
Etiki içi	1 nolu	17.4	31.5	14.0	21.0	52.0	0.009	Yok	93.75 Aa
	Kontrol	15.2	23.5	12.0	11.0	50.0	0	*	42.75 Ab
Etiki içi	1 nolu	13.0	25.6	9.0	27.0	48.0	0	*	48.38 Ba
	İşlem	11.0	11.5	11.0	25.0	55.0	0	*	36.00 Bb
Etiki içi	2 nolu	21.8	27.1	11.0	38.0	37.0	0.024	*	18.75 Ca
	Kontrol	13.0	21.6	12.0	25.0	48.5	0	*	67.50 Cb
Etiki içi	2 nolu	17.4	19.2	9.0	26.0	60.5	Eser	*	120.00 Da
	İşlem	13.0	30.0	11.0	23.0	54.0	0.02	*	38.25 Bb
Etiki dışı	3 nolu	19.6	1.06	9.0	30.0	23.0	0	*	108.00 Ea
	Kontrol	20.3	24.5	14.0	27.0	30.5	Eser	*	46.13 Ab
Etiki dışı	3 nolu	17.4	21.3	9.0	26.0	38.5	0	*	42.75 Fa
	İşlem	13.0	27.7	9.0	21.0	35.0	Eser	*	24.75 Db
Etiki dışı	4 nolu	13.0	25.6	7.0	33.0	48.0	Eser	*	38.25 Ga
	Kontrol	13.0	40.0	9.0	32.9	48.5	0.024	*	20.00 Eb
Etiki dışı	4 nolu	13.0	25.6	7.0	23.0	54.0	0.014	*	132.25 La
	İşlem	5.2	27.6	9.0	32.0	52.5	Eser	*	172.50 Lb
Etiki içi	5 nolu	15.2	23.5	10.0	20.0	34.0	0	*	140.88 Ia
	Kontrol	8.5	18.0	9.0	13.0	25.0	0.083	*	46.13 Ab
Etiki dışı	5 nolu	19.6	11.0	10.0	21.0	36.0	0	*	179.69 Ha
	İşlem	13.0	15.4	10.0	12.0	43.5	0	*	108.00 Fb

- Büyük harfler herbir derinliğin kendi arasındaki karşılaştırması.

- Küçük harfler derinlikler arası karşılaştırma (0-5/5-10 cm)

LSD = 3.698

Çizelge 4.4. (devam) Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1994 Eylül)

Etikeli Alanı	Örnek No:	Değişebilir Katyonlar				KDK Me/100 g Toprakta	Toplam P %	Tuz %	Toplam S ppm
		Ca ⁺⁺ Me/100 g	Mg ⁺⁺ Me/100 g	Na ⁺ Me/100 g	K ⁺ Me/100 g				
Etikeli içi	6 nolu	13,0	9,3	7,0	23,0	62,5	0	Yok	93,75 Aa
	Kontrol	11,0	13,5	7,0	26,0	47,0	0	*	82,81 Gb
Etikeli dışı	6 nolu	56,6	0,4	7,0	23,0	42,0	0	*	56,25 Ka
	İşlem	8,5	22,0	11,0	21,0	39,0	0	*	25,00 Db
Etikeli dışı	7 nolu	11,0	17,6	6,0	26,0	33,0	0,012	*	85,94 Ja
	Kontrol	8,5	16,0	6,0	30,0	34,0	0,012	*	45,00 Ab
Etikeli dışı	7 nolu	8,5	18,0	7,0	28,0	43,0	0,083	*	34,88 Ga
	İşlem	8,5	18,0	9,0	37,0	41,0	0,066	*	23,75 Db
Etikeli dışı	8 nolu	85,6	24,0	7,0	37,0	57,0	0,012	*	93,75 Aa
	Kontrol	85,6	32,2	8,0	45,8	40,0	0	*	222,81 Hb
Etikeli dışı	8 nolu	15,2	25,5	7,0	33,0	54,0	0,009	*	38,25 Ga
	İşlem	11,0	36,0	6,0	39,0	45,5	0,012	*	25,88 Db

Çizelge 4.5. Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1995 Eylül)

Etki Alanı	Örnek No	Lab. No:	Derinlik cm	Kum %	% Silt	Kil %	Tekstür	pH 1/2.5 H ₂ O	CaCO ₃ %	Organik Madde %	Toplam N %
Etki içi	1 nolu	860	0 - 5	33.0	31.8	35.2	Killi Tın	6.88	Yok	9.12	0.45
	Kontrol	861	5 - 10	45.0	21.8	33.2	Kum. Kim. Tın	6.86	"	3.91	0.19
Etki içi	1 nolu	862	0 - 5	31.0	39.8	29.2	Killi Tın	6.57	"	12.10	0.60
	İşlem	863	5 - 10	25.0	37.8	37.2	Killi Tın	6.79	"	8.95	0.44
Etki içi	2 nolu	864	0 - 5	39.0	31.8	29.2	Killi Tın	6.83	"	16.91	0.84
	Kontrol	865	5 - 10	35.0	27.8	37.2	Killi Tın	6.97	"	9.15	0.45
Etki içi	2 nolu	866	0 - 5	39.0	35.8	25.2	Tın	6.99	"	11.21	0.56
	İşlem	876	5 - 10	31.0	31.8	37.2	Killi Tın	7.10	"	8.02	0.40
Etki dışı	3 nolu	868	0 - 5	47.0	25.8	27.2	Kum. Kil. Tın	6.75	"	7.62	0.38
	Kontrol	869	5 - 10	47.0	25.8	27.2	Kum. Kil. Tın	6.97	"	3.00	0.14
Etki dışı	3 nolu	870	0 - 5	39.0	29.8	23.2	Tın	6.08	"	11.27	0.56
	İşlem	871	5 - 10	35.0	25.8	35.2	Killi Tın	6.58	"	4.04	0.20
Etki dışı	4 nolu	872	0 - 5	33.0	35.8	29.2	Killi Tın	7.15	"	7.03	0.35
	Kontrol	873	5 - 10	35.0	25.8	41.2	Kil.	7.04	"	3.64	0.18
Etki dışı	4 nolu	891	0 - 5	45.4	30.0	24.6	Tın	7.46	"	5.43	0.27
	İşlem	892	5 - 10	31.4	34.0	34.6	Killi Tın	7.25	"	5.37	0.26
Etki içi	5 nolu	874	0 - 5	35.0	43.8	21.2	Tın	6.20	"	5.50	0.27
	Kontrol	875	5 - 10	35.0	43.8	21.2	Tın	6.28	"	3.78	0.18
Etki içi	5 nolu	876	0 - 5	46.2	31.2	22.6	Tın	6.49	"	14.09	0.70
	İşlem	877	5 - 10	42.2	29.2	28.6	Kil. Tın	6.85	"	10.61	0.53

Çizelge 4.5. (devam) Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1995 Eylül)

Etki Alanı	Örnek No	Lab. No:	Derinlik cm	% Silt	Toz %	Kil %	Tekstür	pH 1/2.5 H ₂ O	CaCO ₃ %	Organik Madde %	Toplam N %
Etki içi	6 nolu	879	0 - 5	40.2	39.2	20.6	Tın	6.76	Yok	4.57	0.22
	Kontrol	880	5 - 10	40.2	23.2	36.6	Killi Tın	6.94	*	3.51	0.17
	6 nolu	883	0 - 5	36.2	35.2	28.6	Killi Tın	6.78	*	6.03	0.30
	İşlem	884	5 - 10	34.2	33.2	32.6	Killi Tın	6.61	*	5.83	0.29
Etki dışı	7 nolu	881	0 - 5	46.2	27.2	26.6	Kum. Kil. Tın	7.34	*	4.97	0.24
	Kontrol	882	5 - 10	46.2	22.8	30.6	Kum. Kil. Tın	7.46	*	2.19	0.11
	7 nolu	885	0 - 5	42.2	27.2	30.6	Killi Tın	7.30	*	4.04	0.20
	İşlem	886	5 - 10	27.4	24.0	48.6	Kil	7.13	*	3.71	0.18
Etki dışı	8 nolu	889	0 - 5	43.4	22.0	34.6	Killi Tın	7.54	*	3.81	0.19
	Kontrol	890	5 - 10	35.4	24.0	40.6	Kil	7.40	*	3.91	0.19
	8 nolu	887	0 - 5	31.4	26.0	42.6	Kil	7.33	*	12.43	0.62
	İşlem	888	5 - 10	33.4	24.0	42.6	Kil	7.34	*	4.51	0.22

Çizelge 4.5. (devam) Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1995 Eylül)

Etki Alanı	Örnek No:	Değişebilir Katyonlar				KDK Mc/100 g Toprakta	Toplam P %	Tuz %	Toplam S ppm
		Ca ⁺⁺ Me/100 g	Mg ⁺⁺ Me/100 g	Na ⁺ Me/100 g	K ⁺ Me/100 g				
Etki içi	1 nolu	18.7	22.8	8.0	24.0	54.0	0.071	Yok	47.2 Aa
	Kontrol	10.4	31.0	8.0	18.0	58.0	0.066	*	162.0 Ab
Etki içi	1 nolu	20.8	14.4	10.0	24.0	51.5	0.069	*	165.0 Ba
	İşlem	14.5	22.6	8.0	22.0	58.0	0.063	*	120.0 Bb
Etki içi	2 nolu	25.0	21.2	8.0	39.0	95.0	0.080	*	153.0 Ca
	Kontrol	16.0	22.5	8.0	35.0	50.0	0.066	*	69.7 CDb
Etki dışı	2 nolu	20.8	16.4	8.0	35.0	58.0	0.071	*	237.5 Da
	İşlem	20.8	16.4	8.0	35.8	56.5	0.075	*	50.6 Eb
Etki dışı	3 nolu	16.6	18.6	8.0	32.0	24.0	0.078	*	67.5 Ea
	Kontrol	18.7	20.4	8.0	22.0	33.0	0.078	*	73.1 CFb
Etki dışı	3 nolu	22.8	14.3	8.0	30.8	37.0	0.071	*	141.0 Fa
	İşlem	27.0	22.0	15.0	22.0	35.5	0.092	*	82.1 Gb
Etki dışı	4 nolu	20.8	10.5	8.0	38.0	48.5	0.078	*	172.5 Ga
	Kontrol	18.7	28.3	8.0	35.0	50.0	0.092	*	58.5 H1b
Etki dışı	4 nolu	18.7	12.3	8.0	22.0	55.0	0.089	*	77.6 Na
	İşlem	14.5	27.0	8.0	24.0	54.0	0.099	*	35.0 Eb
Etki içi	5 nolu	14.5	3.0	8.0	14.0	37.0	0.075	*	45.0 Aa
	Kontrol	10.4	5.2	8.0	8.0	41.0	0.066	*	67.5 Db
Etki dışı	5 nolu	22.8	10.4	8.0	25.0	34.5	0.069	*	221.8 Ha
	İşlem	16.6	14.7	8.0	21.0	27.0	0.063	*	198.4 Jb

- Büyük harfler herbir derinliğin kendi arasındaki karşılaştırması.

- Küçük harfler derinlikler arası karşılaştırma (0-5/5-10 cm)

LSD = 3.698

Çizelge 4.5. (devam) Bursa-Orhaneli toprakları analiz sonuçları (1995 Eylül)

Etki Alanı	Örnek No:	Değişebilir Katyonlar				KDK Mc/100 g Toprakta	Toplam P %	Tuz %	Toplam S ppm
		Ca ⁺⁺ Me/100 g	Mg ⁺⁺ Me/100 g	Na ⁺ Me/100 g	K ⁺ Me/100 g				
Etki içi	6 nolu	12.4	9.0	7.0	25.0	64.0	0.050	Yok	177.0 Ia
	Kontrol	12.4	13.0	8.0	23.0	47.0	0.042	*	76.5 Kb
Etki dışı	6 nolu	12.4	9.0	8.0	23.0	42.0	0.048	*	61.8 KLa
	İşlem	12.4	11.0	8.0	21.0	39.5	0.038	*	120.0 Bb
Etki dışı	7 nolu	14.5	7.0	7.0	25.8	33.0	0.075	*	-
	Kontrol	10.4	5.0	8.0	23.0	35.5	0.063	*	61.8 Fa
Etki dışı	7 nolu	12.4	13.0	8.0	39.0	45.0	0.029	*	58.5 Mb
	İşlem	10.4	26.8	8.0	45.0	41.0	0.075	*	135.0 Ha
Etki dışı	8 nolu	12.4	20.8	8.0	32.0	58.0	0.059	*	63.0 Kb
	Kontrol	12.4	26.8	8.0	35.0	38.0	0.071	*	56.2 Ia
Etki dışı	8 nolu	12.4	26.8	8.0	39.0	54.0	0.080	*	56.2 LNb
	İşlem	14.5	28.5	8.0	35.8	47.0	0.069	*	50.6 La

- Büyük harfler herbir derinliğin kendi arasındaki karşılaştırması.

- Küçük harfler derinlikler arası karşılaştırma (0-5/5-10 cm)
LSD = 3.698

4.2. Orhaneli ilçesi topraklarının, termik santraldan kaynaklanan kükürt etkileşimleri

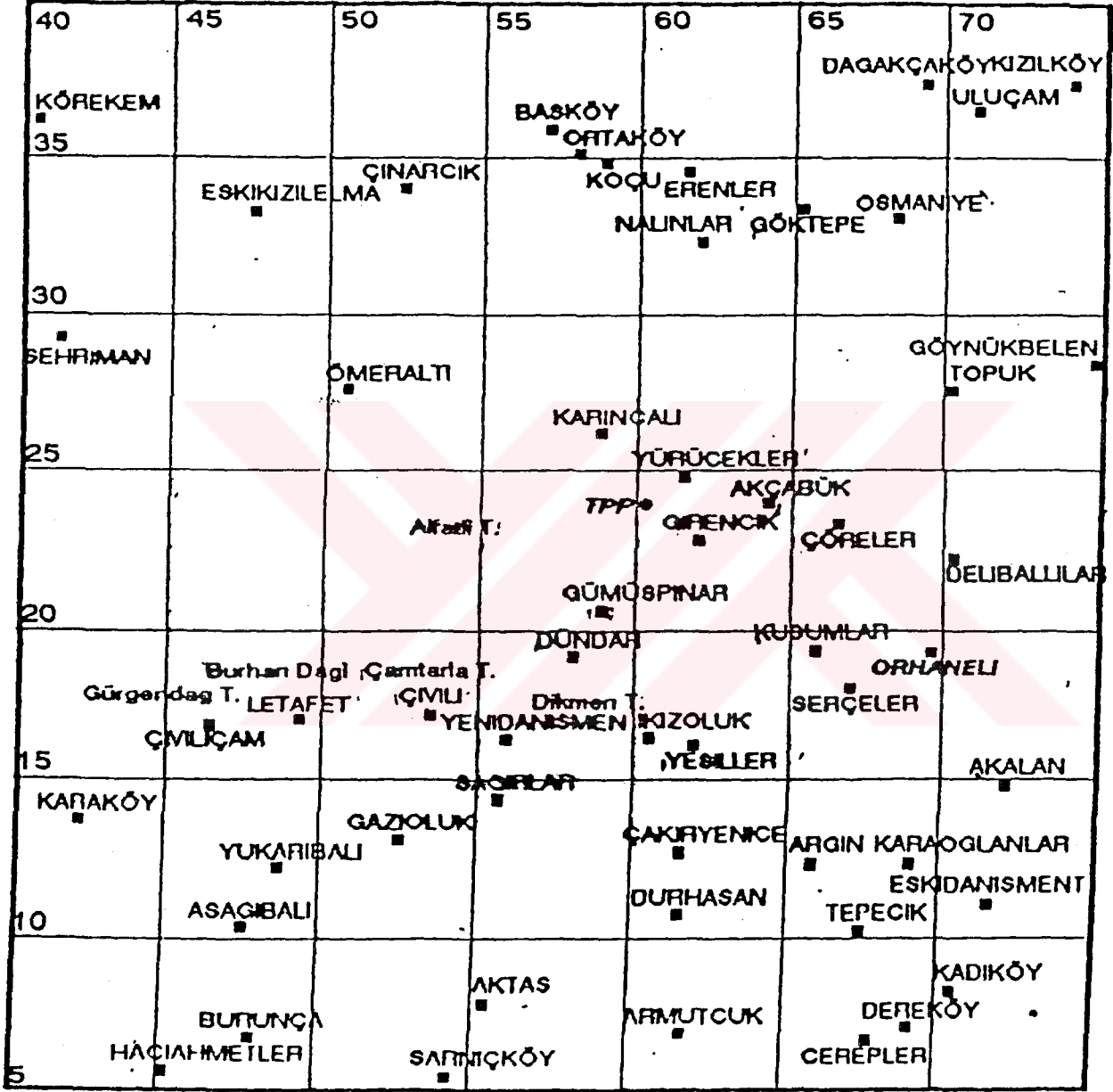
Deneme noktalarından alınan toprak örneklerinden elde edilen analiz sonuçlarına göre topraklardaki, toplam kükürt içerikleri 12.5 ppm (4 nolu örnek, 5-10 cm, 1994 (Nisan İşlem), 25.88 ppm (8 nolu toprak, 5-10 cm, 1994 Eylül, İşlem), % 112.54 ppm (6 nolu örnek, 0-5 cm, 1995 Nisan, Kontrol) ile 58.5 ppm (7 nolu örnek, 0-5 cm, 1995 Eylül, İşlem) arasında değişmektedir.

Elde edilen bu analiz sonuçlarına göre 1995 Nisan ayından sonra alınan toprak örneklerindeki toplam kükürt değerlerinde bir miktar düşme görülmektedir. Bunun nedeni Orhaneli Termik Santrali'nin 1995 Haziran ayından itibaren Baca Gazı Arıtma sistemi yapılıncaya kadar (yaklaşık iki yıl) kapatılmasıdır.

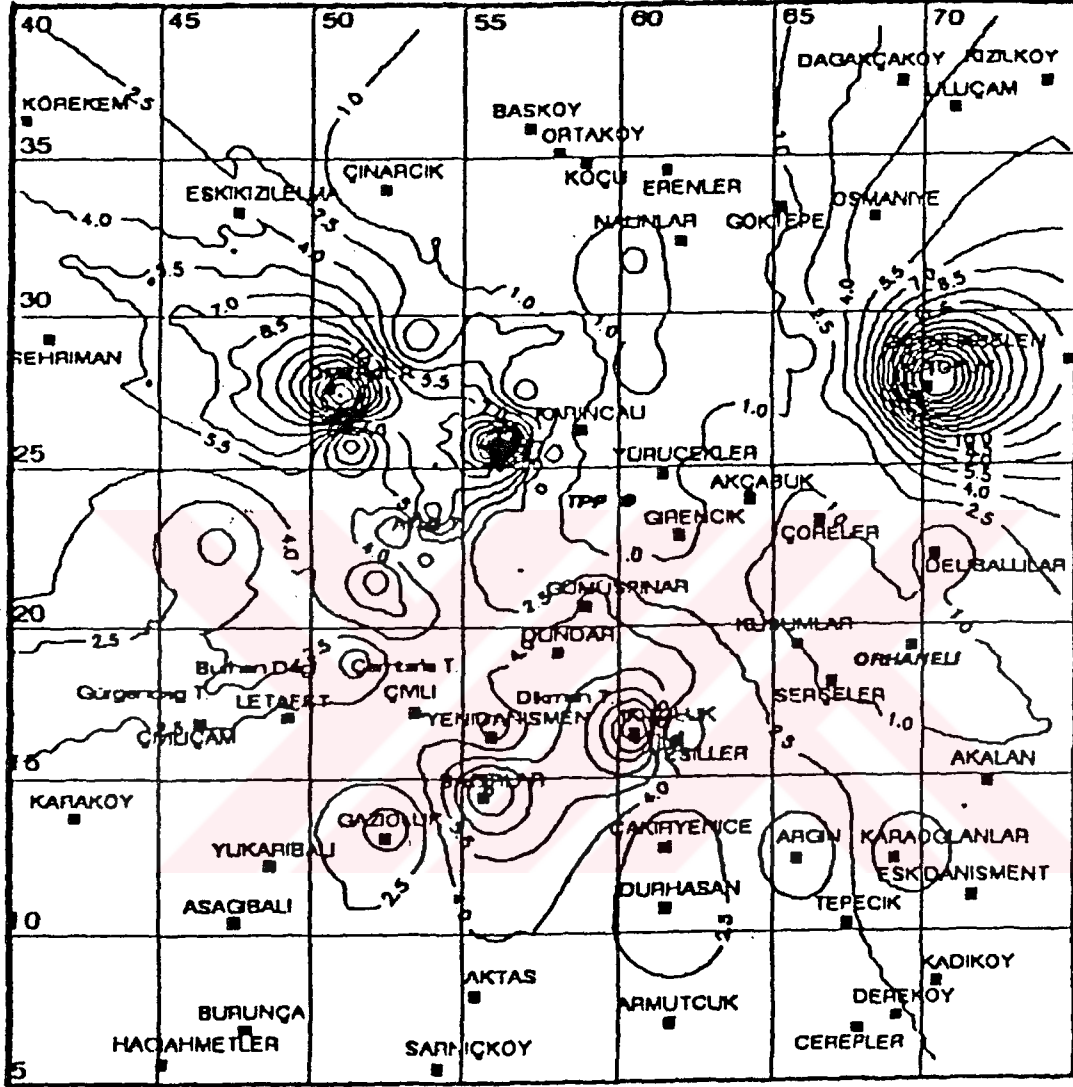
Topraklardaki toplam kükürt değeri 100 ppm'e kadar normal sınırlar altındadır. Bu değer 100-200 ppm arasında kritik sınırlar arasındadır. Toplam kükürt değeri 200 ppm'i aştığından akut etki söz konusudur. Yöre topraklarında sözkonusu kükürt değerine sahip topraklarda akut tehlike söz konusu değildir. Fakat değerlerin birçoğu kritik sınırlar içindedir.

Bursa'nın Orhaneli İlçesi toprak örneklerinden elde edilen sonuçları etkileyen en büyük faktör, meteorolojik olaylardır. Orhaneli Termik Santrali çukur biçiminde bir alanın ortasına oturtulmuştur. Bu alan yılın büyük bir kısmında bir sis zonunun etkisi altında bulunmaktadır. Santraldan çıkan kükürdioksit gazı söz konusu sis zonunun altında kalarak atmosfere çıkmadan çökelmektedir. Orhaneli ilçesi'nin genel bir görünüşü ve aynı zamanda yıllık ve 24 saatlik SO₂ konsantrasyonlarının dağılımları Şekil 4.1, 4.2 ve 4.3'de verilmiştir.

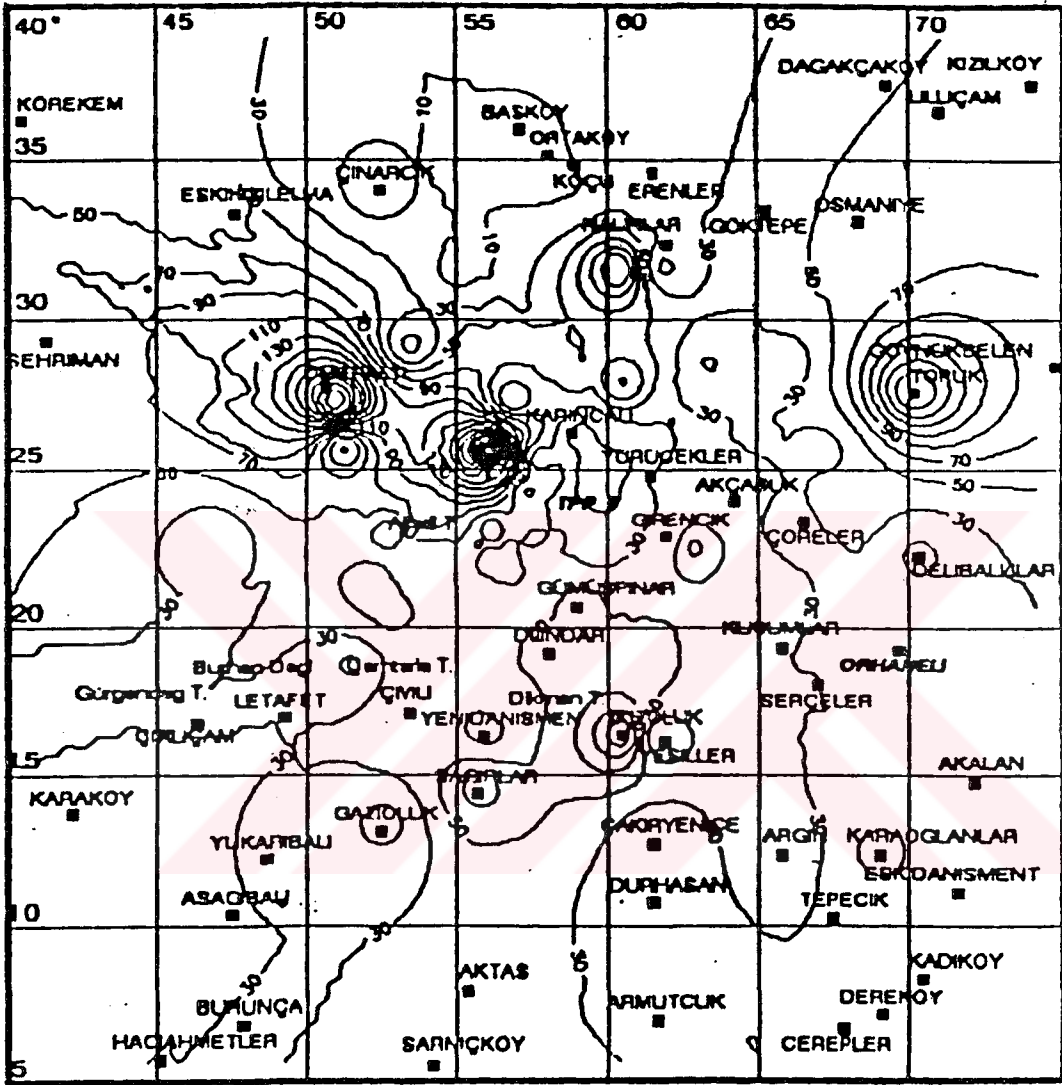
İlerleyen yıllardaki toplam kükürtteki artışın nedeni ise geçen zamandan ötürü oluşan birikime bağlanabilir. Orhaneli ilçesi topraklarından alınan numunelerdeki kükürt dağılımları 1994-1995 Nisan ve Eylül aylarına göre Şekil 4.4, 4.5, 4.6 ve 4.7'de verilmiştir.



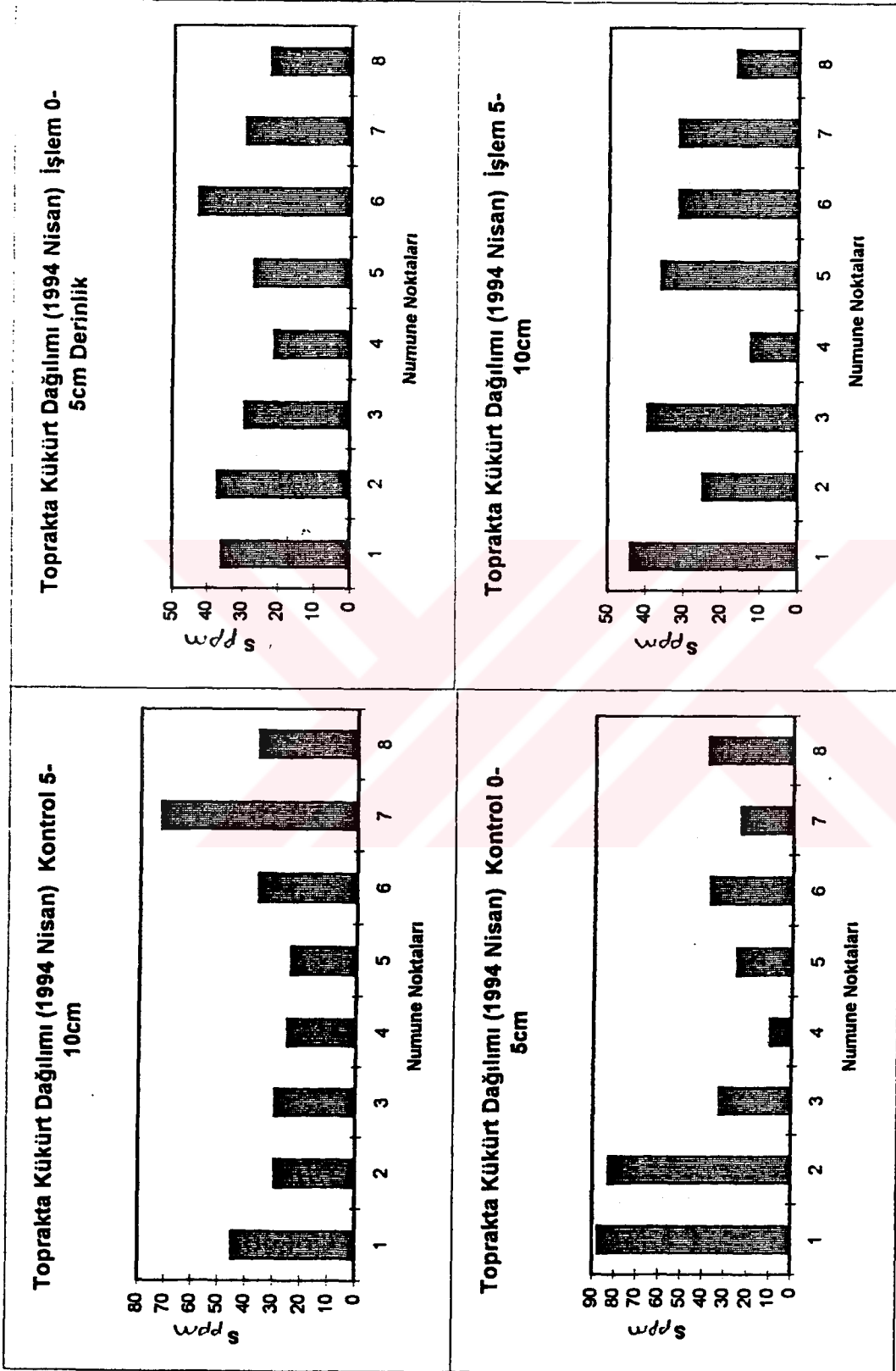
Şekil 4.1. Bursa-Orhaneli ilçesinin bir planı



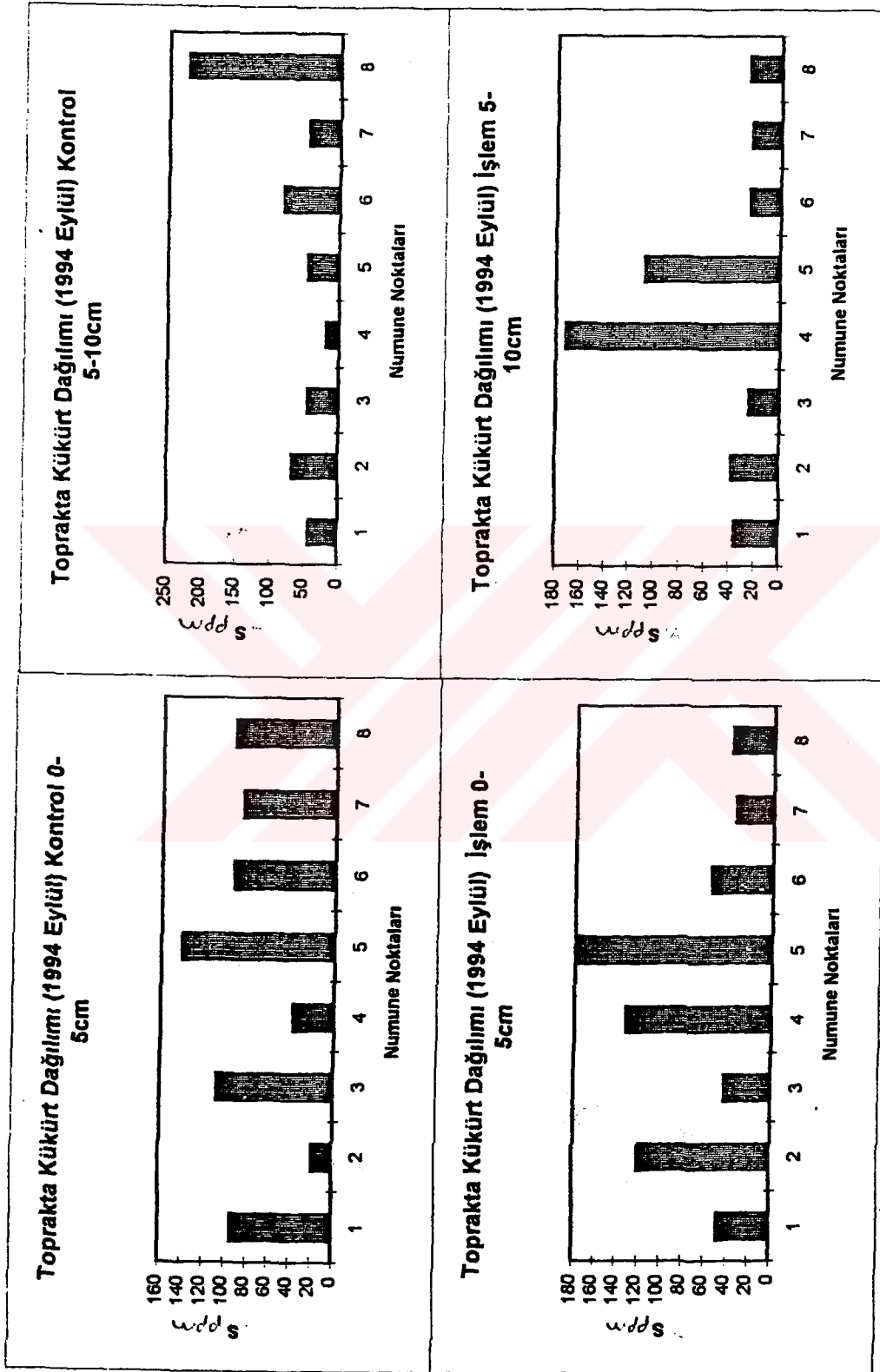
Şekil 4.2. Orhaneli ilçesinin yıllık SO_2 konsantrasyonu



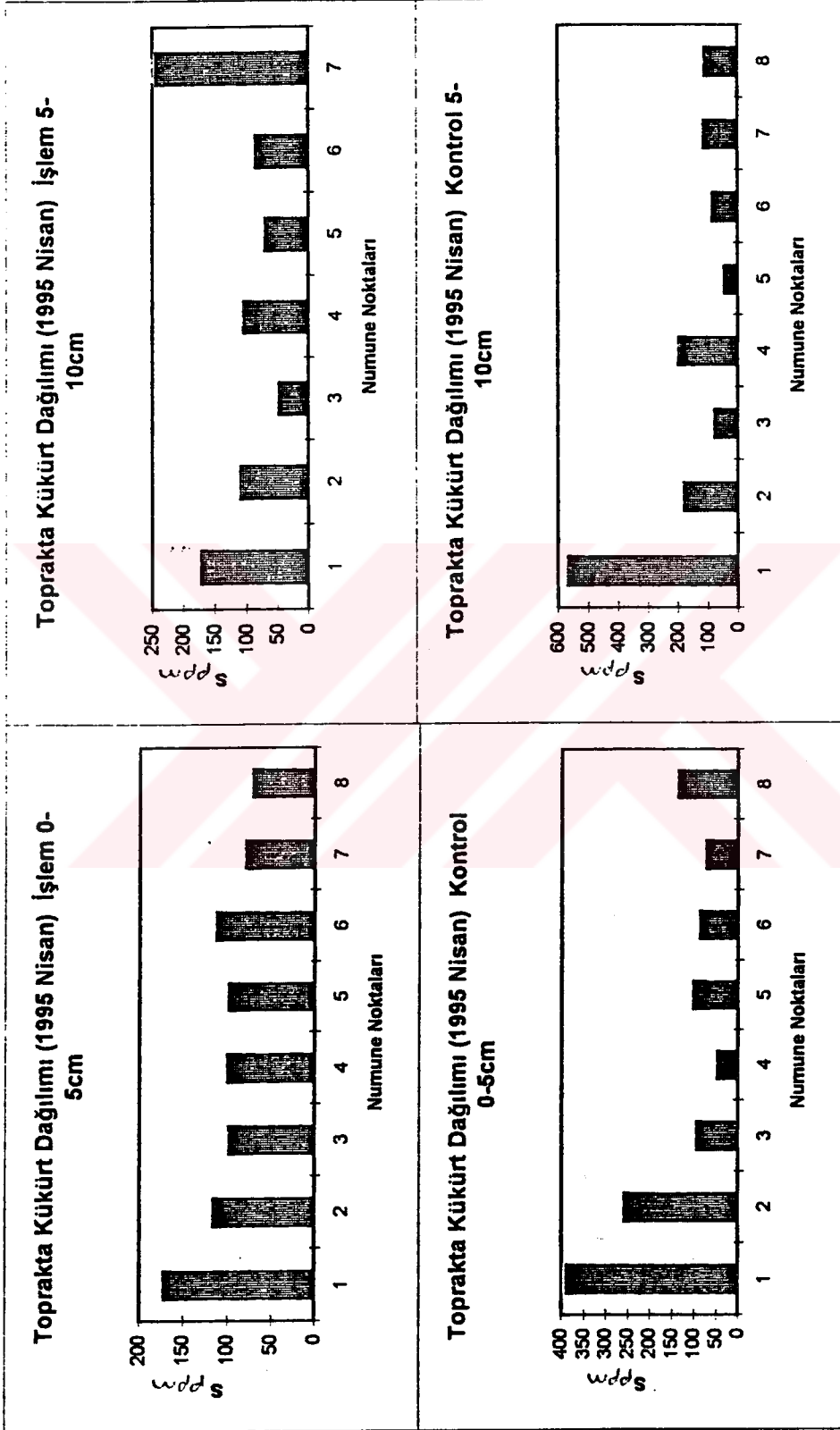
Şekil 4.3. Orhaneli ilçesinin 24 saatlik SO₂ konsantrasyonu



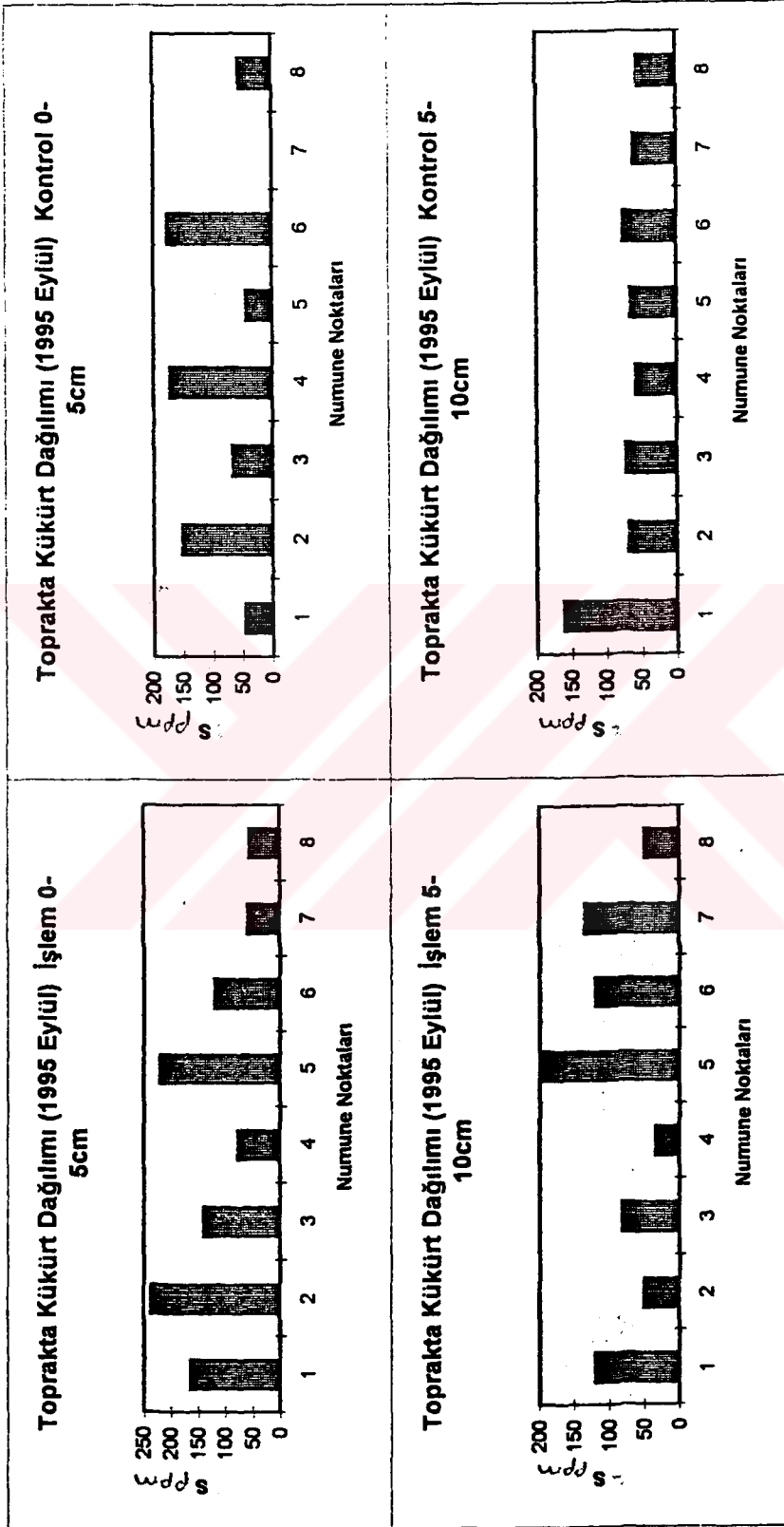
Şekil 4.4. Topraklarda kükürt dağılımları (1994 Nisan)



Şekil 4.5. Topraklarda kükürt dağılımları (1994 Eylül)



Şekil 4.6. Topraklarda kükürt dağılımları (1995 Nisan)



Şekil 4.7. Topraklarda kükürt dağılımları (1995 Eylül)

4.3. Bitkilerde gözlenen kükürtdioksit etkileri

Bursa'nın Orhaneli İlçesi'ne ait bitkilerin Orhaneli Termik Santrali'nden kaynaklanan kükürtdioksit etkileşimleri Çizelge 4.6, 4.7, 4.8 ve 4.9'da verilmektedir. Bu çizelgelerdeki analiz sonuçları toplam kükürt (ppm) olarak gösterilmektedir.

Çizelge 4.6. Bursa-Orhaneli bitki analiz sonuçları
(1994 Nisan)

Örnek No	Sppm
1 nolu K	3930
1 nolu İ	5960
2 nolu K	4100
2 nolu İ	4220
3 nolu K	2890
3 nolu İ	2700
4 nolu K	1700
4 nolu İ	1900
5 nolu K	2800
5 nolu İ	2200
6 nolu K	2700
6 nolu İ	2100
7 nolu K	2750
7 nolu İ	1500
8 nolu K	2100
8 nolu İ	4000

K= Kontrol sahası

İ= İşlem sahası

Çizelge 4.7. Bursa-Orhaneli bitki analiz sonuçları
(1994 Eylül)

Örnek No	Sppm
1 nolu K	1100
1 nolu İ	3360
2 nolu K	2450
2 nolu İ	3800
3 nolu K	2640
3 nolu İ	3950
4 nolu K	2800
4 nolu İ	1265
5 nolu K	2310
5 nolu İ	2530
6 nolu K	2035
6 nolu İ	1300
7 nolu K	2100
7 nolu İ	3850
8 nolu K	1000
8 nolu İ	3840

K= Kontrol sahası
İ= İşlem sahası

Çizelge 4.8. Bursa-Orhaneli bitki analiz sonuçları
(1995 Nisan)

Örnek No	Sppm
1 nolu K	2300
1 nolu İ	1800
	2400
2 nolu K	3800
2 nolu İ	2800
	2800
3 nolu K	3900
3 nolu İ	2800
	1300
4 nolu K	1900
4 nolu İ	1600
	2800
5 nolu K	6300
5 nolu İ	2000
	3800
6 nolu K	3400
6 nolu İ	3800
7 nolu K	
7 nolu İ	
8 nolu K	
8 nolu İ	

K= Kontrol sahası

İ= İşlem sahası

Çizelge 4.9. Bursa-Orhaneli bitki analiz sonuçları (1995 Eylül)

Örnek No	Sppm
1 nolu K	2810
1 nolu İ	4262
2 nolu K	3630
2 nolu İ	1424
3 nolu K	4125
3 nolu İ	3135
4 nolu K	3570
4 nolu İ	2805
5 nolu K	2530
5 nolu İ	3025
6 nolu K	3300
6 nolu İ	3272
7 nolu K	3635
7 nolu İ	3580
8 nolu K	4080
8 nolu İ	4370

K= Kontrol sahası

İ= İşlem sahası

Orhaneli Termik Santrali'nin çevresini yoğun bir çam ormanı çevrelemektedir. Söz konusu alanda çoğunlukla Karaçam (*Pinus nigra*) ve Kızılçam (*Pinis brutia*) bulunmaktadır. Toplam kükürt analizleri bu çamlardan alınan ibre örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

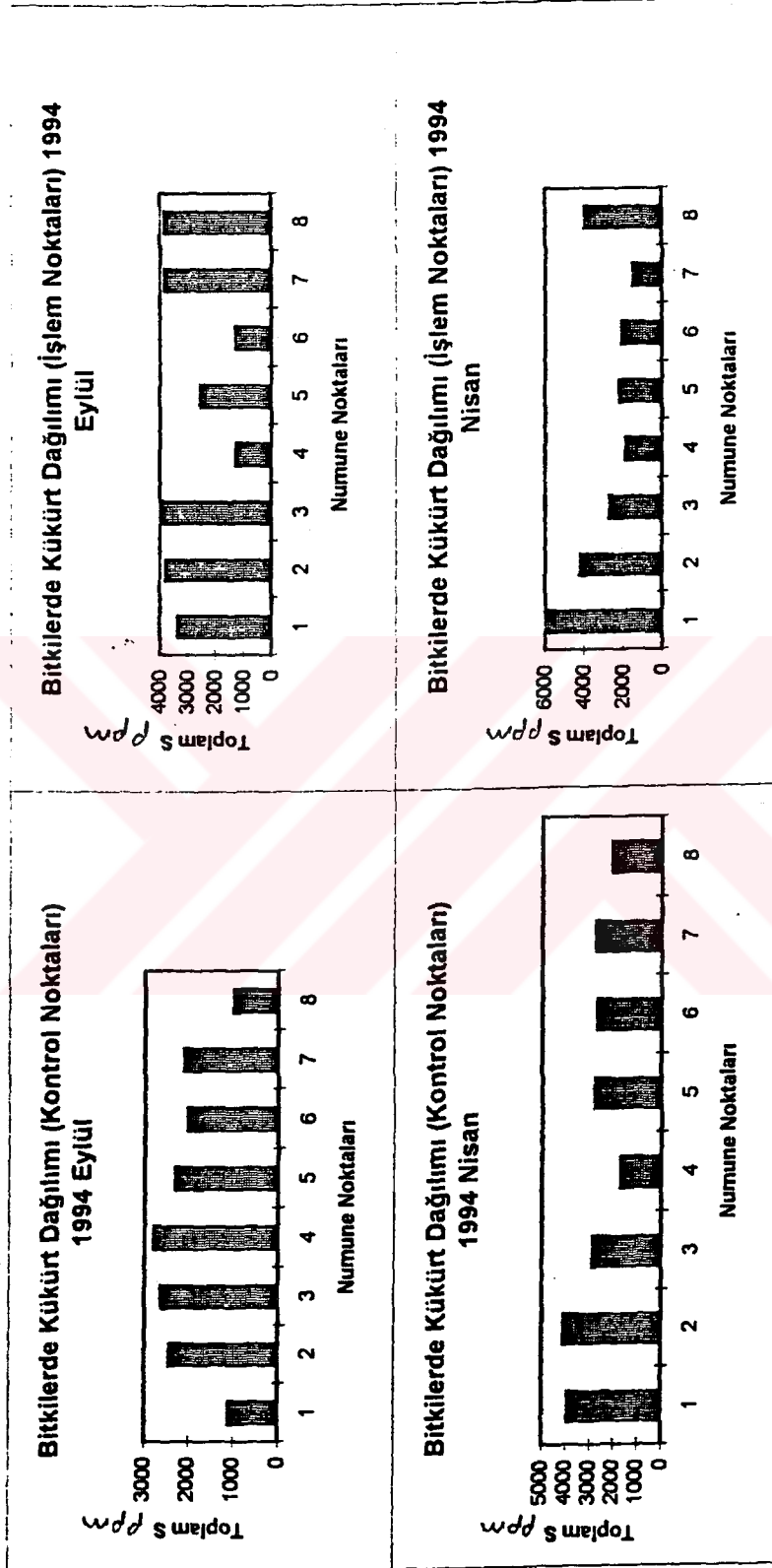
Deneme noktalarından alınan ibre örnekleri üzerinde yapılan analizlere göre % kükürt değerleri 4220 ppm (2 nolu örnek, 1994 nisan, işlem), 2800 ppm (3 nolu örnek, 1995 Nisan, Kontrol), 5370 ppm (8 nolu örnek, 1995 Eylül, İşlem ile 1100 ppm (1 nolu örnek, 1994 Eylül, Kontrol) arasında değişmektedir.

Bu sonuçlardan yola çıkılarak 1994 ve 1995 Nisan ve Eylül aylarına ait kükürt değerlerinde 10.000 ppm'in üzerinde bir değere rastlanmamaktadır.

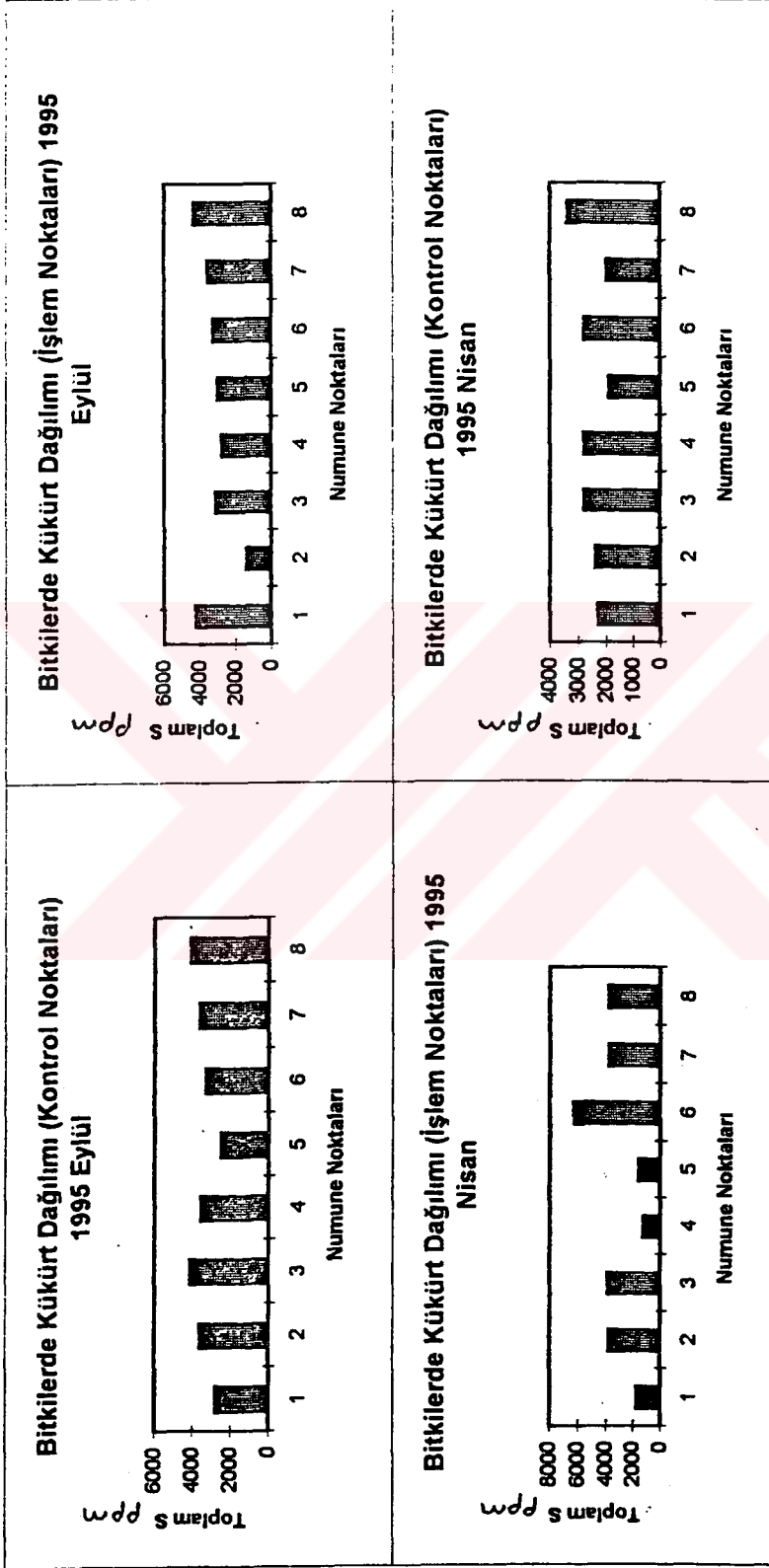
Bitkilerde kükürt değerlerinin kontrol ve işlem noktalarına göre dağılımları Şekil 4.8 ve 4.9'da verilmektedir.

Bitkilerde ölçülen kükürt değerlerinde 1000 ppm'in altında kalan değerler zararsız olarak kabul edilmektedir. 1000-10.000 ppm arasındaki değerler kritik sınırlar içerisinde. Eğer bu değerler 10.000 ppm'den yüksek çıkarsa bitkiler için akut etki söz konusudur. Orhaneli Termik Santralı çevresindeki ormanlarda yapılan kükürt analizlerinden anlaşılacağı gibi akut bir etki söz konusu değildir. Fakat elde edilmiş olan birçok sonuç kritik değerler arasındadır. Bu kritik değerler birikimin de etkisiyle ileriki yıllarda akut etkiye dönüşebilir.





Şekil 4.8. Bitkilerdeki kükürt dağılımları (1994)



Şekil 4.9. Bitkilerdeki kükürt dağılımları (1995)

4.4. Bitkilerde gözlenen renk değişimleri

Bursa'nın Orhaneli ilçesindeki Orhaneli Termik Santrali'nden kaynaklanan kükürtdioksit gazının Kızılçam ve Karaçam ibrelerinde neden olabileceği kurumaya bağlı olarak gelişen renk değişimini gösteren bilgiler çizelge 4.10'da verilmiştir (UNEP-ECE 1991).

Çizelge 4.10. Bitkilerde gözlenen renk değişimleri

Renk Değişimi	Zarar Derecesi	Ağaçların Sağlık Durumu
% 0-10	0	Sağlıklı
% 11-25	1	Sağlıklı
% 26-40	2	Kritik Durumda
% 41-60	3	Hastalıklı
% 61 ve üzeri	4	Ölü

Birleşmiş Milletler Çevre Programı-Avrupa Ekonomi Komisyonu Skalasına göre yapılan değerlendirmeler sonucunda Kızılçam ve Karaçam ibrelerinde 1994-1995 yılları Nisan ve Eylül aylarında herhangi bir renk değişimi gözlenmemiştir. 1994-1995 yılları Nisan ve Eylül aylarında bitkilerdeki gözlenen renk değişimleri yukarıdaki çizelgeye göre 0-1 zarar derecesi sınırındadır. Bu değerlere göre ağaçların sağlık durumu iyi olarak gözükmemektedir. Bu sonuç bize 1995 yılı sonuna kadar elde edilen değerlerde kükürtdioksit bağlı bir yanmadan dolayı ibrelerde herhangi bir renk değişiminin olmadığını göstermektedir.

5. TARTIŞMA

Bursa'nın Orhaneli İlçesinde yer alan Orhaneli Termik Santrali'nin çevre topraklarına ve bitki örtüsüne etkisi; 1994 ve 1995 Nisan ve Eylül aylarında alınan numuneler ve bu numunelerde yapılan analizler sonucu saptanmıştır. Bu analizlerden bizim için en önemli olanı kükürt analizleridir.

Topraktaki sülfür konsantrasyonlarındaki inişler çıkışlar tamamen meteorolojik etkenlerle doğrudan ilişkilidir. Yörenin sis zonu içerisinde yer alması nedeniyle özellikle sonbahar ve kış aylarında yoğun sis baca gazlarının buradan yükselerek atmosfere ulaşmasını engellemekte, dolayısıyla da santral çevresine kirletici gazların yoğunlaşarak inmesine neden olmaktadır. Santraldan kaynaklanan kükürt etkileşiminin nokta kaynaktan (Santral) belirli bir uzaklıkta olması beklenmektedir. Fakat yukarıda bahsettiğimiz sis zonu nedeniyle bu etkileşim daha yakın alanlarda gözlenmektedir.

Topraktaki asidifikasyonun ortaya çıkması veya bunun artması çalışma alanında santral tarafından atılan kükürtdioksite bağlıdır. Santraldan atılan kükürt potansiyel bir asitleştiricidir. Ayrıca bir başka asidifikasyon nedeni ise nitrifikasyon ve kükürt oksidasyonu hızındaki artış olarak gösterilebilir (Kauppi, Kamari ve Posch 1990).

Orhaneli Termik Santrali'nde yapılan çevresel araştırmada numune noktaları seçilirken kontrol ve işlem olarak ikiye ayrılmışlardır. İşlem bölümünde ağaçkesimi yapılarak toprağa çökecek olan kükürtdioksit gözlenmiştir. Yapılan araştırmalar toprak kullanımının toprak asidifikasyonuna büyük etki yaptığını göstermektedir. Söz konusu araştırma toprak kullanımındaki değişiklikler olarak ormanlaştırma, asitleştirici yeni türlerin getirilmesi ve orman yönetimindeki değişiklikler yer almaktadır. (Makela ve Schopp 1990).

Orhaneli Termik Santrali'nde yapılan araştırmada, kükürtdioksitin toprakta ve bitkilerdeki etkisi 2 yıl boyunca çıkmamış olabilir. Fakat yapılan araştırmalarda yaprakların ölümünün başlangıcı ve zarar belirtileri, çeşitli konsantrasyonlarda uzun bir zarar periyodunda geliştiği ortaya çıkmıştır. Buna bir örnek olarak 1960'lardan beri devam eden Biersdorf alan çalışması verilebilir. Burada yapılan çalışmada ılımlı

ağaç türlerinde, belli bir zaman aralığında (3-5 yıl) bazı etkiler görülebilmektedir (Makela ve Schopp 1990).

Bursa'nın Orhaneli İlçesinde yapılan sözkonusu araştırmada topraklardan elde edilen kükürt değerleri ile muamele, yıl ve aylar arasındaki ilişkiler yapılan istatistiksel analizler sonucunda ortaya çıkartılmıştır. Bu analizler sonucunda Muamele x Ay interaksyonu " <0.05 " derecesinde önemli bulunmuştur. Muamele x Yıl interaksyonu ise " <0.01 " derecesinde önemli bulunmuştur. Muamele x Ay ve Muamele x Yıl interaksyon sonuçları Tablo 5.1 ve Tablo 5.2'de verilmektedir. 1994-1995 Nisan ve Eylül aylarına ait 32 muameleye ilişkin DUNCAN testi sonuçları ise bölüm 4'deki çizelgelerde kükürt değerleri ile birlikte verilmektedir.

Sonuç olarak Orhaneli Termik Santrali'nden kaynaklanan kükürtdioksitin 1994 ve 1995 yılları arasında yapılan bu araştırma sonucunda bitkilere ve toprağa akut bir etkisi olduğu söylenemez. Fakat ilerleyen yıllarda birikimin bir sonucu olarak bitki ve toprakta akut etkiler söz konusu olabilir. Bunu önlemek için Baca Gazı Arıtma Sisteminin inşasına başlanılmış olup, bu ünite 1997 yılında santral ile birlikte faaliyete geçecektir.

Orhaneli Termik Santrali'nda yapılan bu çalışma daha önce Yatağan Termik Santralında da gerçekleştirilmiştir. Orhaneli'nde ve Yatağan Termik Santrali'nda gerçekleştirilen bu çalışmalar ülkemizdeki termik santrallerin çevreyle uyum içinde çalışmaları açısından büyük önem arz etmektedir. Bu bağlamda ülkemizdeki termik santrallerin çevre kirliliği üzerine etkileri konusunda yapılacak araştırmalar daha geniş kapsamlı olarak yürütülmelidir. Termik santrallerin çevreye herhangi bir etkisi söz konusu olmasında çeşitli tedbirlerin alınması, hem ülkemizin ekonomisi hemde yaşanabilir bir çevreye sahip olmamız açısından oldukça önemlidir.

Tablo 5.1. Muamele x Ay interaksyonu

Muamele	Derinlik (cm)	S (ppm)	
		1995	1994
1 nolu kontrol	0 - 5	240.93	67.35
	5 - 10	304.88	103.50
1 nolu işlem	0 - 5	110.43	100.50
	5 - 10	104.25	82.00
2 nolu kontrol	0 - 5	138.73	117.90
	5 - 10	123.55	49.50
2 nolu işlem	0 - 5	117.75	137.30
	5 - 10	73.93	37.70
3 nolu kontrol	0 - 5	100.85	50.05
	5 - 10	62.10	51.20
3 nolu işlem	0 - 5	70.57	85.15
	5 - 10	33.38	56.25
4 nolu kontrol	0 - 5	42.70	91.25
	5 - 10	109.25	41.65
4 nolu işlem	0 - 5	111.856	38.75
	5 - 10	138.75	31.55
5 nolu kontrol	0 - 5	121.18	34.90
	5 - 10	46.10	45.65
5 nolu işlem	0 - 5	139.05	52.30
	5 - 10	89.25	28.75
6 nolu kontrol	0 - 5	89.80	129.45
	5 - 10	84.40	117.20
6 nolu işlem	0 - 5	84.35	52.30
	5 - 10	55.50	75.75
7 nolu kontrol	0 - 5	102.25	100.30
	5 - 10	80.25	74.25
7 nolu işlem	0 - 5	57.40	65.65
	5 - 10	134.00	46.65
8 nolu kontrol	0 - 5	114.40	50.65
	5 - 10	166.50	46.10
8 nolu işlem	0 - 5	55.10	40.50
	5 - 10	34.90	75.68

Tablo 5.2. Muamele x Yıl interaksyonu

Muamele	Derinlik (cm)	S (ppm)	
		1995	1994
1 nolu kontrol	0 - 5	217.65	90.63
	5 - 10	364.50	43.87
1 nolu işlem	0 - 5	168.75	42.17
	5 - 10	146.25	40.00
2 nolu kontrol	0 - 5	205.85	50.78
	5 - 10	124.65	48.40
2 nolu işlem	0 - 5	176.50	78.55
	5 - 10	80.10	31.52
3 nolu kontrol	0 - 5	80.60	70.30
	5 - 10	75.60	37.70
3 nolu işlem	0 - 5	119.70	36.03
	5 - 10	62.07	27.55
4 nolu kontrol	0 - 5	109.85	24.10
	5 - 10	128.50	22.40
4 nolu işlem	0 - 5	78.856	76.75
	5 - 10	77.80	92.50
5 nolu kontrol	0 - 5	73.28	82.80
	5 - 10	56.80	34.95
5 nolu işlem	0 - 5	88.00	103.35
	5 - 10	52.75	65.25
6 nolu kontrol	0 - 5	153.85	65.40
	5 - 10	142.20	59.40
6 nolu işlem	0 - 5	87.15	49.50
	5 - 10	103.00	28.25
7 nolu kontrol	0 - 5	147.75	54.80
	5 - 10	96.00	58.50
7 nolu işlem	0 - 5	91.00	32.05
	5 - 10	153.05	27.60
8 nolu kontrol	0 - 5	99.05	66.00
	5 - 10	83.60	129.00
8 nolu işlem	0 - 5	65.25	30.35
	5 - 10	89.40	21.17

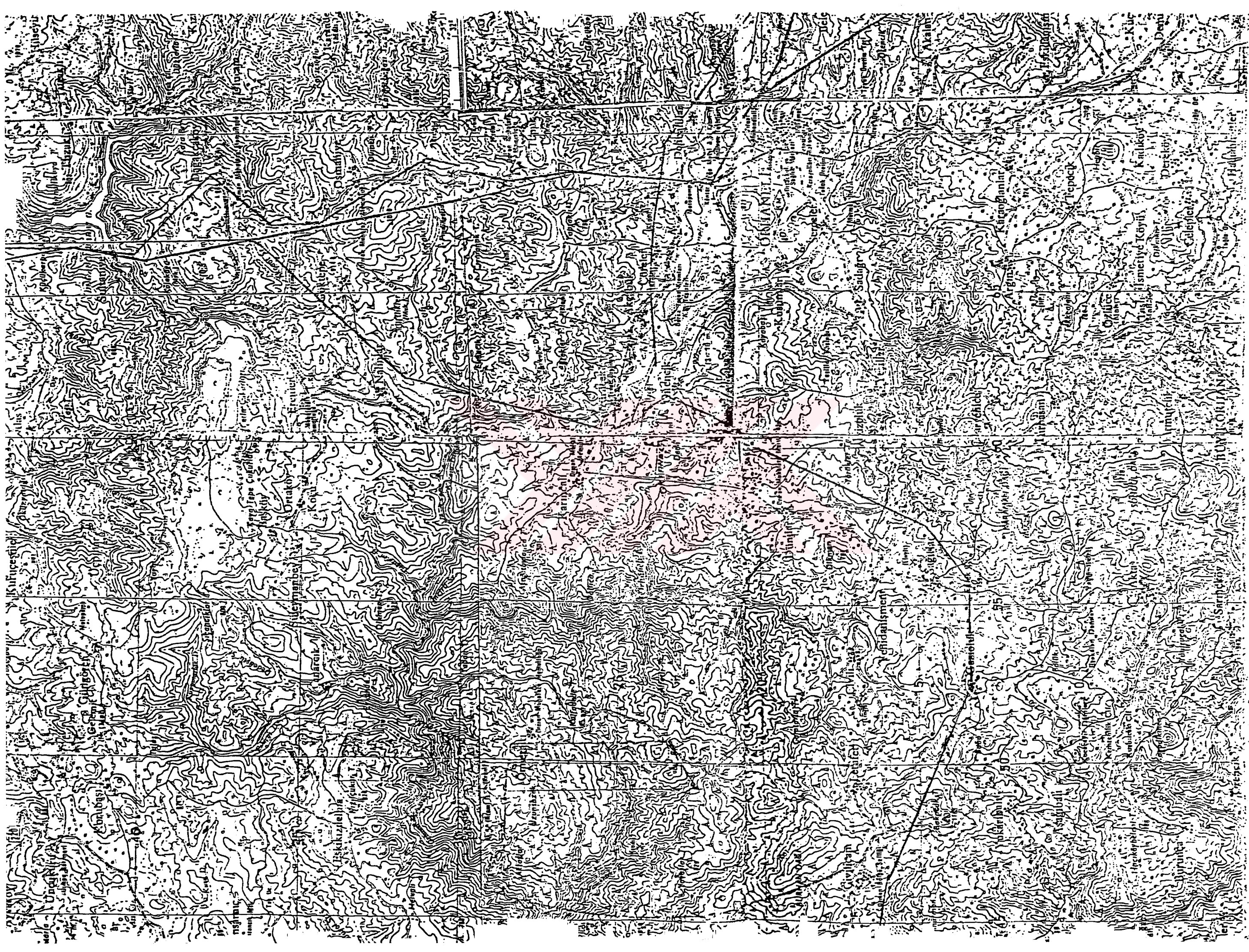
KAYNAKLAR

- AKALAN, İ., 1983. Toprak Bilgisi. A.Ü.Z.F. Yay. 878. Ders Kitabı: 243, Ankara.
- BLACK, C.A., 1965. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Madison, Wisconsin U.S.A.
- BOUYOUCOS, G.J., 1951. Methods of Soil Analysis. Part 2. Ame. Soc. Agr. No: 9. Madison, Wisconsin, U.S.A.
- BREMNER, J.M., 1965. Total nitrogen. In. C.A. Black et. al. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy 9: 1149-1178. Am. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin, U.S.A.
- CHAPMAN, H.D., 1965. Methods of analysis for soils, plants and water. p. 1-309. University of California, Division of Agricultural Sciences. USA.
- ÇAĞLAR, K.Ö., 1949. Toprak Bilgisi. A.Ü. Yayınları 10, Ankara.
- ESİN, J., 1994a. Linyite Dayalı Santrallarda Enerji Üretimi ve Çevre. T.E.A.Ş.
- ESİN, J., 1994b. Termik Santralların Çevresel Etkilerinde Kömür Faktörü. TEK. Ankara.
- GÜNAY, T., 1969. Murgul (Göktaş) Bakır İşletmesi İzabehane Bacalarından Çıkan SO₂ Gazlarının Vejetasyon ve Toprak Üzerine Yapmış Olduğu Tesirler. Orman Mühendisleri Dergisi, Ocak 1969, Sayı: 1.
- Hava Kalitesi Korunması Yönetmeliği, 1986. 2.11.1986 tarihli ve 19269 sayılı Resmi Gazete.
- JACKSON, M.L., 1958. Soil Chemical analysis Prentice Hall. New York. U.S.A.
- JACKSON, M.L., 1965. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc., Eaglewood Cliff, N.J. 498 p.
- JOHNSON, C.M. and NISHITA, H. 1952. Microestimation of sulfur in plant materials, soils and irrigation waters. Anal. chem. 24: 736-742.
- KARACA, İ., 1989. Orhaneli Termik Santralinin Faaliyete Geçtiğinde Çevredeki Bitki Örtüsü Üzerinde Oluşabilecek Etkiler Hakkında Rapor. Ege Üniversitesi Ziraat Fak. Fitopatoloji Bölümü.

- KNUDSEN, D., PETERSON, G.A. and P.F. PRATT, 1982. Lithium, sodium and potassium. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph No: 9 (2nd ed.) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin. U.S.A.
- KAUPPI, P., POSCH, KAUPPI, L. and KÄMÄRI, 1990. "Modeling Soil Acidification in Europe". The Rains Model of Acidification. Eds. Joseph Alcamo, Roderich Shaw and Leen Hodijk. Kluwer Academic Publishers, U.S.A.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü Yayınları, 1996. Bursa-Orhaneli 1957-1988 Meteorolojik Verileri, Ankara.
- MAKELA, A. and SCHOPP, 1990. "Regional Scale SO₂ Forest-Impact Calculations". The Rains Model of Acidification. Eds. Joseph Alcamo, Roderick Shaw and Leen Hordijk. Kluwer Academic Publishers. U.S.A.
- MURPHY, J. and J.P. RILEY, 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta. 27, 31-36.
- RICHARDS, L.R., 1954. Diagnosis and improvement of Salina and Alkali soils. U.S.D.A. Handbook, No: 60.
- TEK Raporu, 1992. Orhaneli Termik Santralı'nın Hava Kalitesi Değerlendirmesi Raporu.
- THOMAS, G.W., 1982. Exchangeable cations. p. 159-165. Chemical and Microbiological properties. Agronomy Monograph No. 9 (2nd Ed). ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, U.S.A.
- UNEP-ECE, 1991. Manitarng and assesment of air pollution and it effects on forest.



E K



ÖZGEÇMİŞ

20.07.1970 Tarihinde Ankara'da doğdu. İlk, Orta ve Lise eğitimini Ankara'da tamamladı. 1988 yılında A.Ü.Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü'ne girdi. 1992 yılında Toprak Bölümü'nden mezun oldu. 1992 yılında A.Ü.Ziraat Fakültesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi Anabilim dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. 1993 Ocak ayından bugüne kadar TEAŞ Çevre Daire Başkanlığı'nda Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.