

T.C.
CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MANİSA İLİ YERLEŞİM ALANI TOPRAKLARINDA ICP-AES ve
GAMA SPEKTROMETRESİ İLE ELEMENT ANALİZLERİ

121514

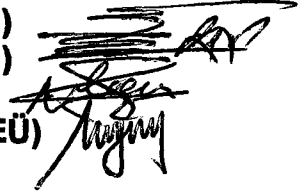
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Serpil AKÖZCAN

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15.02.2002
Tezin Savunulduğu Tarih : 01.03.2002

Tez Danışmanı : Doç. Dr. F. Serap EREEŞ (CBÜ)
Juri Üyeleri : Doç. Dr. F. Serap EREEŞ (CBÜ)
Doç.Dr. Nurdoğan CAN (CBÜ)
Yrd. Doç.Dr. Turgay KARALI (EÜ)



MANİSA - 2002

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	III
ŞEKİL LİSTESİ	V
ÇİZELGE LİSTESİ	VI
TEŞEKKÜR	VII
ÖZET	VIII
ABSTRACT	IX
BÖLÜM 1 GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 DOĞAL RADYASYON KAYNAKLARI	3
2.1 Karasal Radyasyon	3
2.1.1 Topraktaki Radyonüklidler	4
2.1.1.1 Serilerden Kaynaklanan Radyonüklidler	4
2.1.1.2 Seri Olmayan Radyonüklidler	9
BÖLÜM 3 ÇEVRESEL RADYASYONLARDAN GELEN DOZ	13
3.1 Teknolojik Açıdan Artırılmış Doğal Radyasyon	13
3.2 Tüketim Ürünlerindeki Radyoaktivite	15
3.3 Çevresel Diğer Kaynaklar	18
3.4 Çevresel Radyasyona Maruz Olmak	19
BÖLÜM 4 TOPRAKTAKİ DİĞER ELEMENTLER	21
4.1 Makro Elementler	21
4.1.1 Fosfor	21
4.1.2 Potasyum	21
4.1.3 Kalsiyum	21
4.1.4 Magnezyum	22
4.2 Mikro Elementler Veya Minör Elementler	22
4.2.1 Demir	22
4.2.2 Bakır	22
4.2.3 Manganez	23
4.2.4 Çinko	23
BÖLÜM 5 BÖLGENİN COĞRAFİ VE JEOLJİK YAPISI	24
5.1 Bölgenin Coğrafi Yapısı	24
5.2 Bölgenin Jeolojik Yapısı	26
BÖLÜM 6 DENEYSEL YÖNTEM VE VERİLER	27
6.1 Topraktaki Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerin İncelenmesi	27
6.1.1 Toprak Ömeklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması	27
6.1.2 Toprak Ömeklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler	30

IV

6.1.2.1	Toprak Reaksiyonu (pH)	30
6.1.2.2	Bünye	30
6.1.2.2	Eriyebilir Toplam Tuz	30
6.1.2.4	Kireç (CaCO ₃)	30
6.1.2.5	Alınabilir Fosfor	31
6.1.2.6	Alınabilir Sodyum, Potasyum, Kalsiyum ve Magnezyum	31
6.1.2.7	Mikro Element Olarak Demir, Bakır, Çinko ve Mangan Miktarları	31
6.1.2.8	Kimyasal Yöntemler	31
6.1.2.9	ICP Spektrometresi	32
6.1.3	Muradiye Kampüs Alanı ve Çevresindeki Tarım Arazi Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	32
6.1.3.1	Toprak Örneklerinin pH Durumu	36
6.1.3.2	Toprakların Kireç İçerikleri	38
6.1.3.3	Toprakların Fosfor İçerikleri	40
6.1.3.4	Toprakların Potasyum İçerikleri	42
6.1.3.5	Toprakların Değişebilir Kalsiyum İçerikleri	44
6.1.3.6	Toprakların Bitkiye Yararışlı Demir İçerikleri	46
6.1.3.7	Toprakların Bitkiye Yararışlı Bakır İçerikleri	48
6.1.3.8	Toprakların Bitkiye Yararışlı Çinko İçerikleri	50
6.1.3.9	Toprakların Bitkiye Yararışlı Mangan İçerikleri	52
6.1.3.10	Toprakların Magnezyum İçerikleri	54
6.1.3.11	Toprakların İletkenlik Durumları	56
6.1.3.12	Toprakların ⁴⁰ K (Potasyum 40) Durumları	58
6.2	Topraktaki Radyoaktivite hesaplamaları ile ilgili Deneysel Çalışmalar	61
6.2.1	Gama Spektroskopisiyle Topraktaki Radyoaktivite Tayini	61
6.2.2	Çalışmada Kullanılan Gama Spektrometre Sistemi	63
6.2.3	Radyoaktivite Verileri	64
BÖLÜM 7	SONUÇ VE TARTIŞMA	73
	Ekler	75
	Kaynaklar	87

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 5.1 Manisa Bölge Haritası	25
Şekil 5.2 Manisa İli ve Çevresinin Jeolojik Haritası	26
Şekil 6.1 pH Değerlerinin Grafiği	36
Şekil 6.2 Örnek Noktalarındaki pH Değerlerinin Dağılımı	37
Şekil 6.3 Kireç İçeriklerinin % Cinsinden Çizilen Grafiği	38
Şekil 6.4 Örnek Noktalarındaki CaCO ₃ Dağılımı	39
Şekil 6.5 P'un ppm Cinsinden Çizilen Grafiği	40
Şekil 6.6 Örnek noktalarındaki P Değerlerinin Dağılımı	41
Şekil 6.7 K'un ppm Cinsinden Çizilen Grafiği	42
Şekil 6.8 Örnek Noktalarındaki K Değerlerinin Dağılımı	43
Şekil 6.9 Ca'un ppm Cinsinden Çizilen Grafiği	44
Şekil 6.10 Örnek Noktalarındaki Ca Değerlerinin Dağılımı	45
Şekil 6.11 Fe'in ppm Cinsinden Çizilen Grafiği	46
Şekil 6.12 Örnek Noktalarındaki Fe Değerlerinin Dağılımı	47
Şekil 6.13 Cu'in ppm Cinsinden Çizilen Grafiği	48
Şekil 6.14 Örnek Noktalarındaki Cu Değerlerinin Dağılımı	49
Şekil 6.15 Zn'nun ppm Cinsinden Çizilen Grafiği	50
Şekil 6.16 Örnek Noktalarındaki Zn Değerlerinin Dağılımı	51
Şekil 6.17 Mn'nın ppm Cinsinden Çizilen Grafiği	52
Şekil 6.18 Örnek Noktalarındaki Mn Değerlerinin Dağılımı	53
Şekil 6.19 Mg'un ppm Cinsinden Çizilen Grafiği	54
Şekil 6.20 Örnek Noktalarındaki Mg Değerlerinin Dağılımı	55
Şekil 6.21 Örneklerin İletkenlik Değerleri	56
Şekil 6.22 Örnek Noktalarındaki İletkenlik Değerlerinin Dağılımı	57
Şekil 6.23 ⁴⁰ K'un ppm Cinsinden Çizilen Grafiği	58
Şekil 6.24 Örnek Noktalarındaki ⁴⁰ K Değerlerinin Dağılımı	59
Şekil 6.25 Potasyum, Uranyum ve Toryum Kanallarına Gelen Katkılar	62
Şekil 6.26 Çalışma Sistemine Ait Blok Diyagramı	63
Şekil 6.27 Toplam Gamaların cpm Cinsinden Çizilen Grafiği	66
Şekil 6.28 Th-232 Değerlerine Göre Çizilen Grafik	66
Şekil 6.29 Toprak Örneklerinin Toplam Gama cpm Verileri	67
Şekil 6.30 Örnek Noktalarında Th Değerlerinin cpm Olarak Dağılımı	68
Şekil 6.31 U-238 Değerlerine Göre Çizilen Grafik	69
Şekil 6.32 Örnek Noktalarında U-238 Değerlerinin cpm Olarak Dağılımı	70
Şekil 6.33 K-40 Değerlerine Göre Çizilen Grafik	71
Şekil 6.34 Örnek Noktalarında K-40 Değerlerinin cpm Olarak Dağılımı	72

ÇİZELGE LİSTESİ

	Sayfa
Çizelge 2.1 Karasal Kaynaklardan Çevredeki Dışsal Radyasyon Alanlarının Oranı	4
Çizelge 2.2 Toprak Taneciklerinin Çaplarına Göre ⁴⁰K, ²³⁸U, ²³²Th Değerleri ve Havada Absorb Edilen Doz	5
Çizelge 2.3 Kristal Kayalardaki Toryum ve Uranyum Etkin Konsantrasyonları	7
Çizelge 2.4 Çeşitli Yiyecek Maddelerindeki Alfa Etkisi	8
Çizelge 2.5 Doğal Olarak Meydana Gelen tek ya da Seri Olmayan Radyonüklidler	9
Çizelge 2.6 Potasyum Konsantrasyonları	10
Çizelge 3.1 Tüm Vücutta Ortalama Doz Miktarı	19
Çizelge 3.2 Ortalama Etkin Doz Miktarı	20
Çizelge 6.1 Önek Toplama Çizelgesi	27
Çizelge 6.2 Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	33
Çizelge 6.3 Manisa Yöresi Topraklarının pH Durumu	36
Çizelge 6.4 Toprakların Kireç İçerikleri	38
Çizelge 6.5 Toprakların Fosfor İçerikleri	40
Çizelge 6.6 Toprakların Değişebilir Potasyum İçerikleri	42
Çizelge 6.7 Toprakların Değişebilir Kalsiyum İçerikleri	44
Çizelge 6.8 Toprakların Bitkiye Yararışlı Demir İçerikleri	46
Çizelge 6.9 Toprakların Bitkiye Yararışlı Bakır İçerikleri	48
Çizelge 6.10 Toprakların Bitkiye Yararışlı Çinko İçerikleri	50
Çizelge 6.11 Toprakların Bitkiye Yararışlı Mangan İçerikleri	52
Çizelge 6.12 Toprakların Magnezyum İçerikleri	54
Çizelge 6.13 ICP-AES ile Elde Edilen Verilerden Radyoaktif ⁴⁰K'ın Hesaplanması	59
Çizelge 6.14 Deneysel Veriler	64

TEŞEKKÜR

Bu çalışmayı hazırlama sürecinde, başta, bana yol gösteren sevgili danışman hocam Sayın Doç.Dr. F. Serap EREEŞ'e, çalışmalarında desteğini esirgemeyen bölüm başkanımız Sayın Doç.Dr. Nurdoğan CAN 'a, deneylerimin yapılması aşamasında yardımcı olan Manisa Tarım İl Müdürlüğü ve Bağcılık Araştırma Enstitüsü çalışanlarına, toprak örneklerinin toplanma aşamasında yardımlarını esirgemeyen Muradiye Belediye Başkanı Sayın Münir KİBAR'a, tezimin yazılması sırasında yardımcı olan bölüm arkadaşlarım Mehmet AYYACIKLI, Rana KİBAR ve Arzu EGE'ye, sevgili arkadaşım Gökhan PEHLİVANOĞLU'na ve tezimin her aşamasında yanımda olan aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Serpil AKÖZCAN

ÖZET

Bu çalışmada, gama spektrometresi kullanılarak yapılan Manisa'da C.B.Ü. Kampüs alanı ve çevresinde topraktaki doğal radyoaktivite ölçüm sonuçlarını içerir ve topraktaki gama radyoaktivite haritasının çizilmesini amaçlar.

Bu amaçla Manisa yöresinden toplam 80 toprak örneği alınmıştır. pH, iletkenlik, CaCO₃'ün yanı sıra Ca, K, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn, P analizleri ICP-AES ile belirlenmiştir. Ayrıca 55 toprak örneğinin toplam gama, K-40, eU ve eTh içerikleri ise Nal (TI) dedektörü ile belirlenmiştir.

ABSTRACT

This study presents the results of natural radiation measurement in soil carried out in and around C.B.U. campus in Manisa using gamma spectrometry and aims to establish the baseline maps of gamma radioactivity in soil.

For this purpose, 80 soil samples were collected from this region. pH, conductivity, and CaCO₃ content in soil were determined and also Ca, K, Mg, Na, Cu, Fe, Mn, Zn, P concentrations of the soil samples were analyzed by ICP-AES. Also gross gamma, ⁴⁰K, eU and eTh contents of the 55 soil samples were determined by NaI (Tl) detector.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İnsan nesli yaratıldığından beri uzaydan gelen kozmik radyasyona uğramış ve dünyanın oluşumundan zamanımıza kadar aktif kalabilen primordial radyonüklidlerin oluşturduğu doğal radyasyon çevre içinde yaşamıştır. Bu doğal radyoaktivite dünya kabuğunu oluşturan kayalar içinde, solunum yaptığımız havada, tükettiğimiz yiyecek ve sularda ve hatta insan vücudunun kendisinde değişik oranlarda vardır. Doğal radyasyonu önlemenin imkanı olmadığından insanoğlu bundan sonra da bu doğal radyasyona uğrayacak ve doğal radyonüklidlerle iç içe yaşayacaktır. Bilim dünyası doğal radyasyonun karakteristiklerini ancak iyonlaştırıcı radyasyonu içeren büyük bilimsel keşiflerden ve özellikle fazla doza maruz kalmanın insan sağlığında yaptığı hasarları görüp öğrendikten sonra yaptıkları araştırmalarla öğrenebilmişlerdir. Fazla dozun insan sağlığı üzerinde oluşturduğu risklerin açık ve seçik olarak belirlenmesi iyonlaştırıcı radyasyonla uğraşanları teşkilatlanmaya ve radyasyon kullanım kurallarını ortaya koymaya zorlamıştır (1, 2, 3, 4, 5).

Gerek radyasyon sağlık riskinin ve gerekse izin verilen dozun tayini hususunda kesin ve etkin bir yöntem bulunmadığı ve bu konuda insan üzerinde herhangi bir araştırma yapılmadığı için tahmini olarak ortaya konan değerler sürekli değişmiştir. 1950'li yıllardan başlayarak iyonlaştırıcı radyasyonun insan sağlığı için oluşturacağı riski ve bilhassa radyasyonun biyolojik etkisini değerlendirmek için ulusal ve uluslararası nitelikte kurulan radyasyondan korunum komisyonlarına ek olarak yeni bilimsel kuruluşların ortaya çıktığını görülmektedir. Bu kuruluşların en önemlileri A.B.D. de kurulan ' İyonlaştırıcı Radyasyonun Biyolojik Etkileri Üzerine Komisyon' (BEİR) ve Birleşmiş Milletler tarafından kurulan 'Atomik Radyasyonun Etkileri Üzerine Bilimsel Komisyon' (UNSCEAR) adlarını taşımaktadır. Bu kuruluşlar, radyasyonun biyolojik etkileri üzerinde şüpheleri tamamen silebilecek büyük ilerlemeler kaydetmiştir.

Son yıllarda, insanların doğal kaynaklardan aldıkları radyasyon dozlarını hesaplamaya yönelik çalışmalar büyük yoğunluk kazanmıştır. Hemen hemen bütün kıtalarda çalışmalar devam etmektedir. Bu konuda yapılmış bazı çalışmalara örnek olarak,

H. Huafeng et al. (1994) Çin'in Henan Bölgesi topraklarından, 258 örnek içindeki ortalama aktiviteleri U-238 için 33.9 Bq / kg, Ra-226 için 28.2 Bq / kg ve K-40 için 572.2 Bq / kg olarak hesaplamışlardır (6).

İ. S. Korsacılar (1997) Manisa'nın Köprübaşı ilçesindeki Kasar uranyum yatağı çevresinde bulunan topraklarda radyoaktivite araştırması yapmış ve topraktaki eU aktivitesini 37.75- 88.00 Bq / kg, eTh aktivitesini 32.50- 77.50 Bq / kg ve potasyum aktivitesini 296- 888 Bq / kg arasında bulmuştur (6).

Aytaş ve arkadaşları (2000) Manisa Alaşehir yöresinde yapmış oldukları çalışmalar sonucunda topraktaki eU değerinin 6,6- 19,8 ppm, eTh değerinin 0,2- 6,3 ppm ve % K değerinin ise % 0,7 ile 2,4 arasında değiştiğini bulmuşlardır (7).

F.Gür (1999) İzmir ili ve Çevre ilçelerinde yapmış olduğu çalışmasında K-40, U-238, Ra-226 ve Th-232 ortalama aktivitelelerini sırasıyla 381 Bq / kg, 36 Bq / kg, 28 Bq / kg, ve 31 Bq /kg olarak bulmuştur (6).

L. Zikovsky ve R. Blagoeva (1994) Kanada topraklarındaki 34 alanda Ra-226 aktivitelelerinin 4,4- 56,4 Bq / kg arasında değiştiğini bulmuşlar ve topraktaki bu aktiviteden dolayı hava içindeki yıllık absorbe doz hızını 0,07 mGy olarak hesaplamışlardır (6).



BÖLÜM 2

DOĞAL RADYASYON KAYNAKLARI

Kişinin etki altında kaldığı dış doğal radyasyon kaynakları dört ana bölümde toplanabilir:

- 1- Karasal Radyasyon ; Dünya kabuğunda ve özellikle atmosfere yakın litosferde bulunan radyoaktif çekirdeklerin radyasyonunu kapsar
- 2- Atmosferik Radyasyon ; Türlü nedenlerle atmosfere geçmiş ya da atmosferde oluşmuş radyoaktif elementlerin radyasyonudur.
- 3- Kozmik Radyasyon ; Kaynakları dünya dışındadır. Ayrıca bu radyasyonun atmosferde oluşturduğu radyoaktif elementlerin yayınladığı radyasyon bu bölüme girer.
- 4- Bina İçi Radyasyon ; Binaların yapı malzemesinin bileşiminde bulunan radyoaktif elementlerin yayınladığı radyasyondur.

2.1 KARASAL RADYASYON

Dünya yüzeyi üzerinde bulunan doğal olarak meydana gelen radyoaktivitenin çoğunluğu karasal ya da içsel kaynaklardan gelir.

Dünyanın ve yıldızların oluşumunda olduğu gibi güneşin ve dünyanın büzülme dönemlerinde de yüksek enerjili nükleer reaksiyonlar oluşturan temel fiziksel olaylardır. Bu reaksiyonların içinde ve sonucunda birçok radyoaktif ağır elementlerin oluştuğu kuşkusuzdur. Ancak yarı ömürleri kısa olması nedeniyle bunların büyük bir bölümü zamanımıza kadar kalmamıştır. Dünyanın yaşı yaklaşık olarak $4,5 \times 10^9$ yıldır. Bu yaşa göre dünyanın oluşumundan bu yana kalmış ve bugün dünyada var olabilecek radyoaktif elementler için en kısa yarı ömür sınırı 10^8 yıl olarak düşünülebilir. Doğada bulunan doğal uranyum miktarının % 0,715 kadarı U-235 (yarı ömrü $7,13 \times 10^8$ yıl) dir. Öte yandan U-238 (yarı ömrü $4,49 \times 10^9$ yıl) bolluğu ise % 99,28 dir. Dünyanın oluşumunda bu izotopların eşit miktarda olduğunu var sayılarak U-235 in doğada neden az bulunduğu yorumlanabilir. Böyle nüklidler radyoaktivite özelliklerinin azalması sonucunda zincir şeklinde ya da serilerin bir bölümü olarak ya da tek başına meydana gelebilir. Diğer karasal radyonüklidler kısa ömürlüdür ve dünya oluştuğu zaman mevcut değillerdir; bunlar serilerin uzun ömürlü üyelerinin bozunmasından meydana gelir. Doğada rastlanan radyoaktif elementlerin büyük kısmının atom numarası 81 ile 92 olan bölgede bulunur. Bunları seriler halinde gruplandırmak mümkündür:

- 1- Uranyum Serisi (Seri başı U-238)
- 2- Toryum Serisi (Seri başı Th-232)
- 3- Aktinyum Serisi (Seri başı U-235)
- 4- Neptinyum Serisi (Seri başı Pu-241)

Doğada bütünü ile bulunabilen seriler ^{238}U ve ^{232}Th ana elementiyle başlayan serilerdir. Sonuç olarak ; insanların maruz kalacağı karasal radyasyon doz eşdeğer oranını oluşturan ağır elementler ^{238}U ile ^{232}Th ve bunların bozunma serilerindeki radyoaktif elementlerdir. U ve Th dünya yüzeyinde 10 km derinliğe kadar giden bir katmanda bulunur. Dünya kabuğunun 2900 km derinliğine kadar uzanan bölgede ortalama U yoğunluğu yaklaşık 0,76mikro-gram / gram toprak düzeyindedir (8).

Doğada bulunan ve karasal radyasyona katkıda bulunan uzun yarı ömürlü bir başka radyoaktif çekirdek ^{40}K elementidir. ^{40}K topraktaki yoğunluğu düşük olmasına rağmen (% 0,0118) dünya kabuğu sıcaklığının oluşumuna katkıda bulunur. Tipik bir toprakta ^{40}K aktivite miktarı 14 pCi /g kadardır (8). Bunların dışında doğada birçok radyoaktif çekirdek vardır. Bunların topraktaki yoğunlukları karasal radyasyon doz eşdeğer (DEO) oranına katkıda bulunmayacak kadar az ve uzun yarı ömürlüdür.

Karasal radyonüklidler insanların maruz kaldığı iç dozlara ilaveten yüzeysel alana da katkıda bulunurlar. Dünyanın her yerinde karasal radyonüklid miktarları aynı değildir. Jeolojik yapıya göre farklılıklar gösterir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Karasal Kaynaklardan Çevredeki Dışsal Radyasyon Alanlarının Oranı (8).

Yer	mrad/y	mGy/y
Clallam bay, WA	24	0,24
Typical U.S.A.	60	0,60
Denver, CO	114	1,14
Kerala, India	1,600	16
Black Forest	1,800	18
Central City, CO	2,200	22
Guarapari, Brazil	17,000	170
Portion of U.S.S.R.	70,000	700

2.1.1 Topraktaki Radyonüklidler

2.1.1.1 Serilerden Kaynaklanan Radyonüklidler

Bir bölgenin toprağındaki radyonüklidlerin yoğunlukları toprak oluşumunu sağlayan o bölge kayalarının radyoaktivitesine bağlıdır. Çünkü toprak hava koşullarının ani değişimi ve hareketli suların kayaları yıpratması ve parçalaması sonucu oluşur. Ayrıca yağmur sularının sellerin kayaları yıkayarak getirdiği radyonüklidler toprakta çökeler, aşağıya süzülür ve toprak

taneciklerine yapışarak radyoaktivite yoğunluğunu yükseltir. Bu nedenle toprağı incelenen bölge bir uranyum ya da toryum yatağı değilse yüzey toprakları derinlere oranla daha fazla radyoaktif çekirdek taşır. Yapılan bir araştırmada toprağın 50 cm derinliğine kadar olan kısmında yüzeyden itibaren derinlik arttıkça doğal radyoaktivite yoğunluğunun azaldığı belirlenmiştir (8). Başka bir çalışmada ise toprak taneciklerinin çaplara göre (< 0.02 mm ve >0.02 mm) ayrılmış olduğu ve taşıdıkları radyoaktif element miktarı ppm = 1 mg kuru madde / litre olarak belirlenmiştir (Çizelge.2.2).

Çizelge 2.2 Toprak taneciklerinin çaplarına göre ^{40}K , ^{238}U , ^{232}Th değerleri ve havada absorbe edilen doz.

Örnek	^{40}K	^{238}U	^{232}Th	Havada absorbe edilen doz (μ rad / saat)
	(ppm)			
Doğal çamur toprak	2,42	1,96	13,14	6,6
< 0.02 mm	2,58	2,58	13,25	7,8
> 0.02 mm	0,7	0,6	2,31	1,7

Elde edilen sonuçlara göre küçük çaptaki toprak örneklerinin daha fazla radyoaktif element yoğunluğuna sahip olduğu görülmektedir. Başka bir araştırmada toprakta bulunan doğal radyonüklidlerin toprak oluşumu işlemlerine bağımlı olmadan toprak yapıcı kayaların biojeokimyasal yapısını yansıttığı ortaya çıkmıştır. Kaya ya da toprak içinde bulunan radyonüklidlerin canlıların yaşadığı atmosfer içinde oluşturduğu absorbe edilen doz oranlarını belirlemek için kullanılan yöntemlerde radyonüklidlerin kaya ve toprak içinde düzenli bir dağılım ile bulunduğu varsayılır.

Toprak atmosferindeki soğurulan doza ^{238}U serisinden en fazla katkı ^{214}Pb ve ^{214}Bi elementlerinden gelir. ^{232}Th serisinden ise ana katkı ^{208}Tl ve ^{228}Ac elementlerinden gelmektedir. Bu radyonüklidlerin gama (γ) enerjisi 2,6 MeV e kadar yükselir. Ancak yayınlanan radyasyonun bir bölümü toprakta soğurulur

. Bu nedenle radyonüklidlerin bulunduğu toprak derinliği önemli bir faktördür. Görülüyor ki yer yüzeyinden 30 cm derinliğe kadar olan katrandaki radyonüklidler toprak atmosferindeki absorbe edilen dozu oluşturmaktadır. Doğal radyasyon DEO değerlerine toprak içinde bulunan radyoaktif elementlerden yayınlanan α ve β taneciğinin toprak içindeki ve havadaki menzillerini hesaba katmak gerekir.

α tanecikleri atmosfere çıkmadan toprakta absorbe edilir. Hatta en üst seviyeden havaya çıksa bile en yüksek enerjili α taneciğinin hava içindeki menzili 12 cm'yi geçmez. Bu nedenle α radyasyonunun doz eşdeğer oranına katkısı olmaz. Karasal β radyasyonunun katkıları γ radyasyonunun katkıları ile aynıdır (^{238}U ve ^{232}Th serileri); ancak bozunma serilerindeki elementler değişiktir. ^{40}K ise hem β , hem de γ radyasyonu yayınlamaktadır.

Buraya kadar verilen bilgilerden bir genelleme yapılırsa; toprak altında bulunan radyonüklidlerden yayınlanan radyasyonun doz eşdeğer oranı dünyanın her yeri için düzenli sayılabilir. Kuşkusuz dünyada bu genellemeye aykırılık gösteren yerler de vardır. Örneğin Brezilya'da Espirito ile Santo kentinde oturan insanların aldıkları radyasyon DEO'sı 0.5 ile 1 rem / yıl arasındadır. Hindistan'ın Kerela bölgesinde radyasyonun DEO'sı 0.2 ile 2.6 rem /yıl arasında değişir. İnsanın karasal γ radyasyonuna maruz kalmasının sonucu aldığı toplam DEO, toprak su kaşımı yoğunluğunun mevsimsel değişimine bağlıdır, ve hemen hemen aynı oranda değişim gösterir. Ancak bu yargı, ^{238}U serisinin elementleri için geçerli değildir. Çünkü toprakta su miktarının artması radon gazının yeryüzüne doğru göç etmesini engeller ve böylece toprakta radon ürünlerinin yoğunluğu artar. ^{230}U serisinden gelen γ radyasyonunun % 5'i radon ürünlerinden gelmektedir. Böylece bu ürünlerin toprakta kalışı bu seriden γ radyasyon DEO'nunu yükseltir ya da değiştirmez. Değişik ülkelerdeki karasal radyasyon absorblanan doz oranları en düşük olarak Hindistan (31.55 milirad / yıl) ve en yüksek Doğu Almanya (79.77 milirad / yıl) olarak verilmiştir (8).

Doğal olarak meydana gelen üç radyoaktif seri göz önüne alınmıştır. 80,000 yıl yarı ömre sahip uranyum $4n + 2$ serileri ^{230}Th u içine alır. Uranyum taşıyan tozların solunma yoluyla akciğerlere girmesi ile oluşan doz önemli miktarlardadır (8). Radyum bozulması sonucu $4n + 2$ serilerinin önemli alt serileri meydana gelir. Gerçekten buna önem verilmiştir ki bunlar doğal olarak meydana gelen seriler arasındaki birkaç önemli alt serilerdir.

Toryum veya $4n$ serileri ayrıca çevresel olan önemli radyonüklidler içerir. Ayrıca uranyum serilerine benzer, kütle numarası 220 olan ağır radon gazının radyoaktif izotopunu da kapsar. Bu radon izotopu genellikle toron ismiyle ifade edilir. Doz bakımından toryum zincirinin diğer önemli üyeleri Ra-228 , Th-228 ve Ra-224'dür. ^{232}Th hariç, toryum serilerindeki diğer radyonüklidler kısa ömürlüdürler. Saf toryum 60 yıl kadar dengeli olarak hiç bozunmadan kalır. Bu zaman esnasında ayrıca radyoaktif bileşim kimyasal ve fiziksel özellikler gösterir ve dıştan gelen doz oranı radyoksit ile beraber daima değişir.

Uranyum çevrede her zaman bulunan bir elementtir ve doğal olarak oluşan 3 serinin hepsiyle ortaktır. Uranyumun üç izotopu olan U-238, % 99,27; U-235, % 0,72 ve U-234 ise % 0,0057 çoklukta doğada bulunur. Tipik olarak, kristal kayaların çoğu birkaç milyon kadar uranyum içerir ; ortalama 2,8 ppm kadardır (3, 4). Fosfat kayaları çoğu kez gübre olarak kullanılır ve 120 ppm den daha çok uranyum içerir (8). Ayrıca volkanik kayalar ve granitler genellikle oldukça yüksek miktarlarda uranyum içerir. Aynı zamanda düşük konsantrasyonlar kireç taşı gibi tortulu kayalarda bulunur. Ayrıca uranyum kömür atıkları, kömür külü ve kömürde de bulunur. Doğal taze sular $200 \mu\text{g} / \text{l}$ ile $0,024$ civarında, deniz suyu ise 2 ile $3,7 \mu\text{g} / \text{l}$ kadar uranyum içerir (8).

Normal bir adam $100-125 \mu\text{g}$ uranyum içerir. Adamdaki günlük uranyum girişi ve boşaltımı $1 \mu\text{g}$ kadardır. İçeriye alınan büyük ölçüde yiyeceklerden gelir ve boşaltım ise

dışkılarla olur (9). Yumuşak doku konsantrasyonları nispeten düşüktür. Yaş dokuda ise gram başına birkaç yüz piko gram gelir. Kemikteki dozlar azdır ve yılda 1 mrad dan daha az ($10 \mu \text{Gy}$) miktarda doz kemikten salınır (8).

Saf uranyum, uranyumdan daha düşük spesifik etkiye sahiptir ki ; Bu yeryüzünden başka bir yere gider ya da birkaç yıl için sabit kaldığı kabul edilir. Doğal uranyumun spesifik etkisi $3,5 \times 10^{-7} \text{ Ci}$ ($1,3 \times 10^4 \text{ Bq}$) / g dır. Bu değer yalnız uranyumu verir ve ürünlerinde hiçbir katkı içermez.

Uranyum gibi toryum da, kristal kayalarda yaygın olarak bulunur; ve alkalin materyallerden daha çok asidiktir. Kristal kayalar ortalama 12 ppm toryum içerir ve bu uranyumdan dört kat daha büyük konsantrasyondur (8). Bunun yanında toryumun spesifik etkisi daha düşüktür, radyoaktif içeriği ise yaklaşık aynıdır. Dünyada farklı yerlerde çok yüksek toryum ve ürün konsantrasyonları olan yerler vardır. Bunlardan doğal radyasyon alanları Brezilya sahilinin monazit kum bölgeleri, Hindistan'da Kerala ve Sovyetler Birliği'nde bir bölgedir. Nadir toprak elementi olan monazit, toryum, lantanyum, seryum ve fosfattan ibarettir

Brezilya 'da sahil kumlarında çoğunlukla ilmenit minerali ile karışmıştır, bunlar Brezilya sahilinin 'aerea preta' ya da ünlü siyah kumlarını meydana getirir. Monazit kumları değişen miktarlarda toryum içerir ve bu çoğunlukla % 10 civarındadır. Bu kumlarla birleşmiş yabancı doz oranları normalden daha yüksektir. Monazit kumu içeren bölgelerdeki ölçümler bunun birkaç mrad /h'ın üzerindeki seviyelerde olduğunu gösterir ($\mu \text{Gy} / \text{h}$ biriminin birkaç on katı kadar).

Çizelge 2.3 Kristal Kayalardaki Toryum ve Uranyumun Etkin Konsantrasyonları (9).

KAYA ÇEŞİTİ	U (pCi / g)	Th (pCi / g)
Volkanikler	1,3	1,3
Renksizler	0,4	0,65
Tortulular	0,4	1,1
Kireçtaşları	0,4	0,14

Bu bölgelerde yaşayan insanlar bu sebeple genelde birkaç rad (miligray'in birkaç on katı) yüzeysel doza maruz kalırlar. Bu yüksek doza rağmen, birçok durumda meslek dolayısıyla maruz kalınan doz miktarında izin verilen durumlar maksimum'u geçer. Uygunsuz olmayan etkiler monazit kum alanlarında oturanlarda belgelerle ispatlanmıştır.

İnsan vücudu 2,2 pCi (0,08 Bq) kadar ^{232}Th içerir. Bunun yaklaşık 3/5'i kemikte diğer %20 si ise akciğerlerde bulunur. ^{228}Th ve ^{230}Th 'un daha büyük etkileri bir dereceye kadar bulunur. Bunlar sırasıyla 15,2 ve 3,1 pCi (0,56 ve 0,11 Bq) dir. Temel bir kütle üzerinde, bu son iki izotopun miktar oldukça kısa yarı ömürlerinden dolayı ^{232}Th 'den daha azdır. ^{230}Th , ^{232}Th gibi dokularda dağılmıştır fakat yaklaşık %95 ^{228}Th kemikte bulunur (8).

Radyum, uranyum bozulma serilerinin oldukça önemli bir üyesidir; ve ticari amaç için çıkartılıp farklı ticari, tıp ve eğitim uygulamaları için toplanır. Birbirinden farklı olan uranyum ,

toryum ve radyum çözülebilir. Radyum, kalsiyum ile beraber periyodik çizelgenin 2A grubunda yer alır. Böylece kalsiyuma benzer bir şekilde hayvanlar ve bitkilerce metabolizmaya alınır. Toryum ve uranyum serilerinin her ikisi de radyum izotoplarını meydana getirir, ve ondan sonra kaya ve topraktaki U ve Th'in ortalama konsantrasyon etkileri eşit olur. Aynı şey Ra-226 ve Ra-228 seri zincirleri içinde geçerlidir (9, 10). Toprak ve kayalardaki bu iki radyum izotopunun etkileri gram başına genellikle pikocurie'nin birkaç onda biri kadardır (Bq 'in birkaç on katı). Yağmur sularında radyum konsantrasyonları yüksek değerdedir. Saf sularda, genel olarak konsantrasyonlar 0,01 den 1 pCi /L (0,37-37 Bq / m³) ile 100 pCi /L 'ye (3,7x 10³ Bq / m³) kadar değişebilir ya da belirli mineral sularında bu oran daha büyük bulunabilir. Kuyudan çıkarılan içme suyu nispeten yüksek radyum konsantrasyonu içerir. Hursh (1953), Joliet 'deki musluk suyunda 50 pCi /l (185 Bq /m³)den de fazla Ra-226 bulunduğunu rapor etmiştir. Okyanustaki Ra-226 konsantrasyonu nispeten 0,05 pCi /L (1,85 Bq / m³) ün düşük bir değerinde aşağı yukarı sabittir. 4n + 2 serilerinden gelen Ra-228'in konsantrasyonları daha düşüktür (8).

Radyum her ne kadar kalsiyumla birlikte olmasa da uranyum ve toryuma oranla bitkiler tarafından daha çok alınır. Farklı gıda maddelerinin alfa radyoaktivite konsantrasyonları Çizelge 2.4'de gösterilmiştir (3, 4, 7, 8, 11).

Radyum-226 ayrıca atmosferde düşük konsantrasyonlarda bulunur. Volkanik kül ve duman, su ve toprağın hava transferi, orman yangınları ve yere düşen meteor taşları atmosferdeki radyumun doğal kaynaklarıdır. Kömür yanması, atmosferdeki radyumun doğal kaynaklarıdır.

Çizelge. 2.4 Çeşitli yiyecek maddelerindeki alfa etkisi

Yiyecek Maddeleri	Max. Gözlenen Alfa Etkisi (pCi/g)
Brezilya Fındığı	14
Tahıllar	0,06
Çaylar	0,04
Yiyecek Etler	0,015
Unlar	0,014
Fıstıklar , Fıstık Ezmesi	0,012
Çikolata	0,008
Kurabiyeler	0,002
Süt (Buharlaştırılmış)	0,002
Balık	0,002
Peynirler	0,0009
Yumurtalar	0,0009
Sebzeler	0,0007
Et (Mantar)	0,0005
Meyveler	0,0001

2.1.1.2 Seri Olmayan Radyonüklidler

Doğal olarak meydana gelen tek ya da seri olmayan en az yirmi iki tane ilk radyonüklidin kimliği tayin edilmiştir (Çizelge.2.5). Bunların çoğu çevresel doza göre az önem taşıyan, küçük biyolojik intikal ve yoğunluğa sahip, küçük izotropik ve elemental çokluklardır. Yalnızca iki tanesi biyolojik açıdan önemlidir bunlar ^{40}K ve ^{87}Rb 'dir. Biyolojik açıdan dünya merkezinin en önemli tek radyonüklidi potasyumun ilk radyoizotopu Potasyum-40 dır. Oldukça yüksek tepkime veren 1A grubu alkali metal ailesinin bir üyesi olan potasyum, %93,08, % 0,0117 ve % 9,91'lik kütle yüzdeleriyle K-39, K-40 ve K-41 kütle numaralı üç izotopa sahiptir (12). Sadece ^{40}K , radyoaktiftir ve $1,3 \times 10^9$ yıllık yarı ömre sahiptir. Yaşamın bir gereği olarak ^{40}K , eskiden yaşamış nesnelere ve tüm yaşayanlar için bulunmuştur.

Çizelge.2.5 Doğal olarak meydana gelen tek ya da seri olmayan radyonüklidler

Nüklid	Yarı ömür (yıl)	İzotropik zenginlik (%)	Bozunma modu	Enerji (Mev)
K-40	$1,3 \times 10^9$	0,0118	Beta	1,31
V-50	6×10^{14}	0,25	Beta	-
Rb-87	$4,7 \times 10^{10}$	27,83	Beta	0,273
Cd-113	9×10^{15}	12,3	Beta	-
In-115	5×10^{14}	95,7	Beta	0,49
Te-123	$1,2 \times 10^{13}$	0,87	EC	-
La-138	$1,1 \times 10^{11}$	0,09	Beta	0,27
Ce-142	$>5 \times 10^{16}$	11,1	Alfa	1,5
Nd-144	$2,1 \times 10^{15}$	23,9	Alfa	1,83
Sm-147	$1,1 \times 10^{11}$	15,0	Alfa	2,23
Sm-148	8×10^{15}	11,2	Alfa	1,95
Sm-149	$>10^{16}$	13,8	Alfa	<2,0
Gd-152	$1,1 \times 10^{14}$	0,20	Alfa	2,14
Dy-156	2×10^{14}	0,06	Alfa	3 (?)
Lu-176	$2,7 \times 10^{10}$	2,6	Beta	0,5, 0,31
Hf-174	2×10^{15}	0,17	Alfa	2,50
Ta-180	$>1,6 \times 10^{13}$	0,012	Beta	-
Re-187	5×10^{10}	62,5	Beta	0,0026
Pt-190	7×10^{11}	0,013	Alfa	3,16
Pb-204	$1,4 \times 10^{17}$	1,48	Alfa	2,6

^{40}K 'ın izotropik çokluğu küçüktür. Doğal potasyumun kendine özgü etkisi 855 pCi/g olarak verilir ki bu doğal olarak meydana gelen potasyumun yalnızca %0.012'sidir. ^{40}K için bozunma çizelgesi, yarı ömrü $1,26 \times 10^9$ olan ^{40}K , işlem içinde $1,314 \text{ MeV}_{\text{max}}$ beta parçacıkları yayarak ^{40}Ca 'ın ömrünün %89 kararlı hale gelmesi için bozunmaya maruz kalır. Elektron yakalayıp bozunmasının küçük bir kısmı haricinde (1×10^{-3} %) ^{40}K , $1,460 \text{ MeV}$ enerjili karakteristik foton yayınlarken kalan %11'lik ömrü pozitron emisyonuyla bozulmaya maruz kalır.

Potasyum, % 0,1'lik kireçtaşıdan, %3,5 kadar bazı granitlere kadar değişen konsantrasyonlarla doğada yaygın olarak dağılmıştır (8). Arada olan kumtaşları %1 ya da daha az miktarda potasyum içerir. ^{40}K doğal çokluğu için düzenleme yapılır; bu geçişler topraklar ve birçok kaya için gram başına pikocurie ya da milyonda birkaç bölümdür. Kristal kaya ve aynı zamanda bazı granitler için ortalama ^{40}K etkisi 17 pCi /g (0.63 Bq/g)'dir. Bu özellikle Ca da düşüktür ve syenitler 50 pCi/g (1.85 Bq/g)'yü geçen konsantrasyonlara sahip olabilirler (Çizelge 2-6). Topraklar bir dereceye kadar 12 pCi civarında bir ortalama ile düşük konsantrasyona sahiptirler. Bunun yanında toprak konsantrasyonları tarımsal etkiler yoluyla özellikle potasyum taşıyan gübrelemelerin uygulanmasıyla sezilebilir bir şekilde değiştirilebilir. Klement (1982), potasyum gübreleri kullanıldığı zaman yirmi yıldır işlenmiş potasyum içeren toprak ürününden on misli daha büyük olduğuna dikkat etmiştir. Deniz suyundaki konsantrasyonlar yaklaşık olarak 300 pCi (11 Bq) / m^3 tür (8).

Çizelge 2.6 Potasyum konsantrasyonları

Kaya Çeşidi	Genel Konsantrasyon ($\mu\text{g} / \text{g}$)
Ultrabazik	0,0047
Basaltik	0,98
Yüksek Ca Granit	2,97
Düşük Ca Granit	4,96
Syenitler	5,66
Şistler	3,14
Kumtaşları	1,26
Karbonatlar	0,32
Derin deniz sedimentleri	
Karbonatlar	0,34
Kil	2,95

Biyolojik açıdan potasyum her yerde mevcuttur. 70 kg lık bir adam ekseriya kaslarında 140 g kadar potasyum taşır. Bundan dolayı potasyumdaki ^{40}K 'ın kendine özgü etkisi 855 pCi/g

(31,6 Bq/g) olarak verilir. Bu vücuttaki ^{40}K 'ın 0,12 μCi (4440 Bq) sine tekabül eder. Birçok çalışma yaşla TBK (tüm vücuttaki toplam potasyum ölçümü)daki değişim üzerine yapılmıştır. Örneğin; Japonlardan oluşmuş bir grupta TBK, 1964 den beri NISR de (National Institute of Radiological Sciences) ölçülmüştür. Denek grup sağlıklı, erişkin Japon erkeklerden oluşturulmuştur. Kişilerin çoğu 25-60 yaşları arasında ve NISR personelidirler. Potasyum konsantrasyonundaki değişim analizinde çalışma süreci boyunca yaştan başka faktörlerinde etkili olduğu gözlenmiştir. Aynı yaş grupları içindeki bireyler zamanla izlenmiştir. Yani, 23 yıllık (1975-1998) çalışma sürecinin her biri için denek grup üç yaş grubu olarak sınıflandırılmıştır: 30-39 y, 40-49 y ve 50-59 y. Buna göre 30-39 yaş grubunda 1975-1998 yıllarında yapılan ölçümlerden ortalama potasyum konsantrasyonu yaklaşık olarak $2,05 \text{ g K kg}^{-1}$, 40-49 yaş grubu için $2,04 \text{ g K kg}^{-1}$ ve 50-59 yaş grubu için $2,00 \text{ g K kg}^{-1}$ olarak bulunmuştur (12). Diğer bir yandan vücuttaki potasyumun miktan cinsiyet ve yaşa uygun olarak değişir. Genellikle yaş ile orantılı olarak azalır. Erkeklerdeki potasyum-40 konsantrasyonu, aynı yaştaki kadınlardan %25-30 daha fazladır. Çoğunlukla oldukça az kiloya ve oldukça fazla kasa sahip olanlar erkekler için daha uygundur. Vücudun yumuşak dokularındaki potasyumun tüm ortalama konsantrasyonu yaklaşık % 0.2 dir. Bunlar, farklı organlar ve dokular arasında önemli derecede değişir. En düşük konsantrasyonlar % 0.05 den %1e sınıflandırılan sıvı ağırlıklı diş ve kalın kemiklerde bulunur. En yüksek konsantrasyonlar $3\text{pCi} / \text{l}$ (111Bq/kg) kadar tekabül eden sıvı ağırlığıyla yaklaşık olarak %0,36 potasyum içeren kaslarda bulunur. Önemsenecek kadar düşük konsantrasyonlar ise beyinde bulunur (8).

Değişkenliğin diğer bir belirgin tarafı değişik dokulara dağılan doz ile ilişkilidir. K^{40} iç radyasyon dozunun doğal olarak oluşan önemli kaynaklarından biridir, ve alınmış iç radyasyon dozunun dörtte birini oluşturur. Açık ki, potasyum konsantrasyonu az olan dokular bünyelerine eklenen ^{40}K nedeniyle daha düşük dozda radyasyona maruz kalırlar. Tipik olarak kas ve yumurtalık+testisler gibi yumuşak dokular daha fazla potasyum içerir ve ^{40}K nedeniyle yaklaşık yılda 19 mrad (190 μGy) /y kadar radyasyona maruz kalır. Bunun %85'i nüklidlerin parçalanması ile ilgili olarak β parçacıklarından,geri kalan ise fotonlardan gelir. Çevremizde çok bulunması ve bozunma ile 1460 MeV foton ortaya çıkması nedeniyle ^{40}K , aynı zamanda dışsal radyasyonda yayar. Bu yeryüzünde 1m yüksekte 0.18 $\mu\text{rad/h}$ ile pCi/g ya da (0,05 $\mu \text{Gy/h}$ başına Bq/gram) toprak olarak hesaplanabilir.

Tek başına meydana gelen diğer önemli nüklid ^{87}Rb 'dir. Potasyuma benzeyen rubidyum ayrıca toprak alkali bir metaldir ve vücut içindeki kimyasal potasyumun yerine geçebilir. Rubidyum doğada iki izotopu bulunur. Radyoaktif olan ^{87}Rb %27,8 lik bir çokluğa sahiptir ve $4,8 \times 10^{10}$ yarı ömürlü ^{87}Sr ile β bozunması gösterir. ^{87}Rb ' de betanın maksimum enerjisi 0,274 MeV dir ve gama ışınları yayınlamaz. Potasyum ile beraber aynı durumda olan Rubidyum kaya ve topraktaki kalıntı miktarlarında yaygındır. Tipik olarak en fazla konsantrasyonlara sahip granitlere rağmen en çok kayalar 10-200 ppm arasında rubidyum içerirler. En yoğun

topraklardaki ^{87}Rb konsantrasyonları 10 ppm civarındadır. Deniz suyu tipik olarak 2,8 pCi/l (104 Bq/m^3) kadar ^{87}Rb içerir. İnsanlardaki ^{87}Rb konsantrasyonu 17 mg/kg kadardır; 70 kg bir adam için 0,03 μCi (1 KBq) kadar ya da 400 pCi/kg kadar ^{87}Rb içerir. Bu ^{40}K 'dan gelen etkinin dörtte biri kadardır ve kemikteki küçük doku hesaba katılırsa 0,4 mrad kemik iliğinden 0,6 mrad, yumuşak dokulardan ise yılda bir kez 0,3 mrad lık bir doz serbest kalır (9). Tüm doz içte depolanan Rb den gelir. Çizelge 2.5'de görüldüğü gibi ilk kalan radyonüklidler periyodik cetvelin ortasında yer alan elementlerin büyük izotoplarıdır ve 10^{10} dan büyük genellikle 10^{15} civarında olan yarı ömürlere sahiptirler. ^{147}Sm ve ^{152}Gd , alfa yayınlıdır; fakat çoğunluğu beta bozunmasına uğrar. Genelde alfa yayınlı nispeten düşük enerjili alfa parçacıkları yayırlar ve çok uzun ömürlüdürler.



BÖLÜM 3

ÇEVRESEL RADYASYONLARDAN GELEN DOZ

İnsan, doğal olarak meydana gelen evrensel ve karasal kaynaklarına maruz kaldığı gibi, suni olarak yapılan ya da arttırılmış doğal radyasyon kaynaklarına ayrıca maruz kalabilir. Bunların çoğu insansal kaynaklardır ve bu kaynaklar doğal radyasyon dozlarına ek katkıda bulunur. Bu insansal kaynaklar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- 1- Teknolojik olarak arttırılmış doğal radyasyonlar
- 2- Tüketici ürünleri
- 3- Nükleer silah denemesinden ortaya çıkan serpintiler
- 4- Nükleer güç
- 5- Tıbbi radyasyon
- 6- Mesleki açıdan kullanıma maruz olma

3.1 TEKNOLOJİK AÇIDAN ARTTIRILMIŞ DOĞAL RADYASYON

İnsani etkiler, çevresel radyasyona maruz olan örneklerin değiştirilmesi ya da arttırılmasıyla meydana gelen doğal radyasyon çevresinin önemli derecede bozulmasına sebep olur. Bunların radyum haricinde olanları araştırılmış ve radyolojik özellikleri toplanmıştır. "Teknolojik açıdan doğal radyasyon arttırımı" terimi (TENR), doğal olarak meydana gelen radyoaktif maddeler için bazen kullanılan NORM kelimesiyle ve doğal ve benzeri yapılan radyoaktif maddelerin yerine kullanılan NARM kelimesiyle karıştırılmamalıdır.

Esasen yüksek radyoaktivite içerikli maden cevherlerinde bulunan (bunlar yeraltındaki derinlikler olabilir) radyum ve toryumun varlığı, maden ocaklarında toron ve onun ürünleri ya da radonun yüksek konsantrasyonlarında bulunmasına sebep olur.

Magnezyum-toryum maden alaşımları genellikle çok küçük yüzdede (< 5 %) toryum içerir. Bu uzay araçları ve uçaklar için ekseriyetle kullanılır (8).

Welsbach gaz katmanlarının yapılması, toryumun önemli bir kullanımınıdır. Bu katmanlar ekseriyetle toryadan (ThO₂) ibarettir. ThO₂ Batı Virginia ve Kuzey Carolina'da bulunduğu gibi Brezilya'daki monazit kumlarında da bulunur. Her ne kadar elektrik, aydınlatma amaçları için gaz yerine kullanılsa da, bu katmanlara rağmen elektrikten mahrum kalmış yerlerde ve kampta kullanılan fenerlerde yaygındır. Toryum taşıyan maddenin ilginç tüketici uygulaması, kağıtların ve benzer ürünler için balast olarak üzerine konulan ağırlıklarda kullanılır.

Gübre olarak kullanılması için fosfat kayalarının araştırılıp bulunması önemli bir işidir. U.S.de her yıl yaklaşık 150 milyon ton fosfat kayası kazılıp çıkarılmaktadır. Florida'da (91%) ve Tennessee (3%), daha düşük miktarlarda da Idaho, Missouri, Montana, Utah, Wyoming, Georgia ve Carolinas'da araştırılıp bulunmuştur. Fosfatlı kaya nispeten yüksek konsantrasyonlarda radyum, toryum ve uranyum içerir. ²³⁸U ve ²²⁶Ra'nın birkaç pCi / g den 130

pCi /g (4800 Bq / kg) ye kadar değişen yayılma alanına rağmen ²³⁸Th'in bilinen konsantrasyonları 0,5-2 pCi /g (19-74 Bq / kg) civarındadır. Bu son söylenen değer Güney Carolina'dan çıkan madde için söylenmiştir (8). Potasyum içeren fosfatlı gübreler örneğin PK ve NPK durumu değişebilen miktarlarda K-40 içerir ki, bu değer, birkaç on ile yüz pCi /g (1000 Bq /kg) kadardır(3).

Radon-222, TENR'nin önemli bir kaynağı olarak gösterilir. Bu nüklid ²²⁶Ra'nın bir ürünüdür ve ilk olarak 1914 de tıp alanında kullanılmıştır (8).

Radonun gelişmiş konsantrasyonları ev ve binalarda olabilir. Bunun sonucu olarak;

- 1- Yüksek konsantrasyonda radon içeren suyun kullanımı
- 2- İnşaat için kullanılan bina malzemelerinden yayılanlar olabilir.

Yüksek radon konsantrasyonları içecek sularda yaygın değildir. Genel olarak United States'in içme sularının dörtte biri civarında %5>100000 pCi /L ($3,7 \times 10^5$ Bq /m³) ile 2000 pCi /L ($7,4 \times 10^4$ Bq / m³) den fazla Rn-222 konsantrasyonları görülür. Genel olarak Rn-222, Ra-200 kaynağıyla dengede değildir (8). Bir soy gaz olan radon, hafif çalkalanma ile ya da ısınmayla sudan uçabilir.

Sayırsız inşa edilen materyaller, potasyum, uranyum, toryum, radyum içerdiklerinden dolayı direk radyasyona açık ürün ya da radon salabilirler. Genellikle tahtadan yapılmış evler ve binaların dış doz oranı, beton ya da beton blok, tuğla ya da taştan inşa edilmiş binalardan daha düşüktür. İnşaat etmekte kullanılan granitler saatte milirad'ın birkaç onda biri kadar dış doz salarlar (birkaç μ Gy). İnşaat için kullanılan granitlerden yayılan yüksek doz oranlarına unutulmaz bir örnek olarak New York City'deki Grand Central Station verilebilir (8).

Radyum, sık sık başka toprak alkali metallerle bulunur ve bunun yanında materyallere dayanan alçı taşı ve plasterye ilaveten kaya ve betonda da ortaya çıkar. Radon, dış radyasyon alanı ürünü değildir. İngiltere'deki tipik radon saçılma değerleri saatte 6 ile 100 pCi / m² ($0,22-37$ Bq/m²) olarak bulunmuştur (8). Genel olarak radon ve ürünlerinin hava konsantrasyonları en çok bodrum katı gibi odalarda bulunur (Ereş,1988). Bina malzemelerinden gelen dış eşdeğer doz oranları yıllık 10-20 mrem (100-200 μ Sv) civarındadır ve 5600 Ci ($2,1 \times 10^{14}$ Bq)'lik bu kaynaktan her sene salınır(8). Bazı durumlarda, evler doğal radyoaktivitenin önemli miktarlarını içeren madenlerin kazılması ve öğütülmesinden çıkan artık maddelerle doldurulmuş toprak üzerine yapılır.

Radon ayrıca diğer bina ve evlerde yakılan doğal gaz ve ürünlerinde bulunur. Konsantrasyonları 1450 pCi / L ($5,4 \times 10^4$ Bq / m³)'de olduğu halde, tüketim durumunda daha gerçeğe uygun olan 20-50 pCi /L (740-1850 Bq /m³) değerinde tutulur. Bu seviyelerde doğal gaz tüketimi, konsantrasyon ve tüketim durumlarına bağlı olan yıllık ortalama maksimum 4,25 rem (42,5 mSv) ile 54 mrem (540 μ Sv)'lik doza eşit olarak dağıldığı tahmin edilir. Ekseriyetle endüstriyel kaynaklardan gelen doğal gaz yanmasıyla yılda 11,000 Ci radon salındığı tahmin edilir (8).

Radonun artan konsantrasyonları, ayrıca jeotermal enerji üreten kurumlarda sıcak maden kaynaklarında ve mağaralarda bulunur. Mağara keşifçisi ve mağara ziyaretçileri nispeten bozulmamış atmosfer mağaralarındaki radon ve ürünlerinin yüksek seviyelerinin bir sonucu olarak önemli dozlara maruz kalabilirler; Bununla beraber radyasyonun bu kaynağı insanları fazla etkilemez ve genelde kontrol altına alınabilir. Jeotermal enerji ürünü Rn-222 ve onun ürünleri önemli miktarda atmosferde salınabilir. California'daki Geysers bitki fabrikasının her sene birkaç yüz Curie yaydığı tahmin edilmiştir. Geysers'deki jeotermal tuzlu su yoğunlaşmasındaki Radon-222 konsantrasyonları, doğal ev sularından bir iki kat daha yüksektir; ortalama $16,7 \text{ nCi/l}$ ($6,2 \times 10^5 \text{ Bq/m}^3$) (8)'dir.

Kömür önemli miktarlarda C-14 ve buna ilaveten değişen miktarlarda K-40, toryum , uranyum ve onların kardeş ürünlerini içerir. Özellikle uranyum zincirinin üyeleri olan Th-230 ve Ra-226 diğerlerine nispeten yüksek radyoksitlerinden dolayı kömürdeki önemli nüklidlerdir. Western United States'den (Wyoming, Idaho, Montana) çıkan uranyum içerikli kömürler, şehrin doğu yakasındaki kömürlerden daha büyük önem taşır. Western kömürleri birkaç yüz ile milyon arasında değişen miktarlarda uranyum ve onun ürünlerini içerir. Her ne kadar doğal olsa da konsantrasyonlar 10 ppm ya da daha azdır.

Kömür yandığı zaman, radyoaktivite atmosferden direkt olarak kül şeklinde uçar ve gazlarla borudan çıkar. Bununla beraber önemli bir kısım külden kalır. Külden kalan radyoaktivite miktarı kullanılmış katkı maddeleri, kömürün durumu, külün miktar ve yanma derecesi gibi bir çok değişkeni kapsayan bir fonksiyondur. Genelde etkinin çoğu külden kalan ağır elementlerden gelir. Bunun yanında hemen hemen C-14 ün tümü dışarıya çıkan gazla serbest kalır.

Uçak mürettebatları ve yolcuları oldukça fazla yükseklerde geniş radyasyon alanlarından kaynaklanan artan bir radyasyona maruz kalırlar. Maruz olunan doz sadece yüksek uçuş süresince etkisini göstermez. Tipik olarak zıt iki kıta arası (Kuzey Amerika) gidiş dönüş uçuşu ortalama güneş durumları altında 3 mrad bir dozda sonuçlanır (9). Bir Atlantik ötesi tur güneş olduğu durumlar altında SST de ortalama 2 mrad ($20 \mu \text{ Gy}$) civarında ve düşük hızdaki bir uçakta uçuş oluyorsa aynı doz civarında serbest kalacaktır (8).

3.2 TÜKETİM ÜRÜNLERİNDEKİ RADYOAKTİVİTE

Birçok farklı tüketim ürünleri radyoaktif maddeler içerir ya da onların çalışmasıyla fazladan iyonlaşmış radyasyon yayınlırlar. Bunlar altı çeşit olarak sınıflandırılabilir (3);

- 1-Radyoaktif ışık ürünleri
- 2-Elektronik ve elektrik aletleri
- 3-Antistatik aletler
- 4-Ateş ve duman detektörleri
- 5-Topraklar ve U-Th alaşımları

6-Bilimsel aletleri kapsayan diğer ürünler

Muhtemelen radyoaktivitenin tüm tüketim uygulamalarının en iyi ve en eski bilinenleri (farklı çeşitlerin) ışık saçıcı işaret ve kadranlardır. Ra-226, Sr-90, Pm-147 ve H-3 bu maksat için kullanılırlar ve oldukça alçak radyoksitle beraber beta yayınlarıdır. Bunun yanında birçok radyum taşıyan saatler, hava taşıtı, deniz alet kadranları ve benzer aletler hareketli ya da hareketsiz kullanımda durdurulur. Tipik bir radyum kadranlı saat 0,1 ile 3 μCi (3700-11000 Bq) arasında Ra-226 içermektedir. Hava ve deniz aletleri kadranları oldukça büyük miktarlarda, muhtemelen 20 μCi ve yukarısı ($7,4 \times 10^5$ Bq) Ra içerirler. Buna ilaveten direk radyasyon alanı radyum ve ürünlerinin bozulmasıyla oluşan fotonlar aracılığıyla meydana gelir. Oluşan radon gazı mütemadiyen atmosfer içinde salınır. Açığa çıkan oranlar oldukça yüksektir fakat $1\text{mCi} / \text{h} - \mu\text{Ci}$ ($1\text{mBq} / \text{h} - \text{Bq}$) Ra-226 değeri uygun şekilde ortaya çıkar.

Radyum yayan saatler ve endüstriyel kadranların kullanımıyla yapılan birçok çalışmalar radyolojik tehlikeler oluşturur. Radyum kadranlı saatten bileğe $0,275\text{ mrem} / \mu\text{Ci-h}$ ($7,4 \times 10^{-4}\text{ } \mu\text{Sv} / \text{Bq-h}$)'a eşit oranda doz geçtiği hesaplanmıştır. Saat mütemadiyen yıpranmış ise bu oran yıllık 2,4 rem (24 m Sv) doza karşılık gelir. Tahmini 8,4 milyon radyum içeren saat 1977 'de United States 'de kullanılmıştır; bu birim başına 0,5 uCi (18,5 KBq) etki demektir. Bu aletler yıllık 2500 person-rem doza eşit tahmini nüfus oluşturur. En çok şehirlerde olan cep saatleri 1966'dan beri radyum kadranlarıyla imal edilmemektedir. Böylece cep saatlerinden kişiye geçen bireysel doz biraz daha azalmıştır.

Hava ve deniz aletlerindeki radyumun kullanımına ilişkin bilgi çok azdır. Bununla beraber radyumun içeriği birkaç mikrocurie civarındadır. Radyum yayan birçok alet, 2. Dünya Savaşından sonra ve askerlikte kullanım için üretilmişlerdir. Bunlar, birçok durumda genel olarak savaştan artanların satışları olsa da genel çevre ve halk arasında serbesttir. Teçhizat, kadran işaretlemelerine ilaveten aydınlatma düğmeleri ve şalterleri de radyum içermektedir.

Röntgen etkisi ile ışık saçan bileşimler için ^{90}Sr 'nin etkisi nispeten küçük ve geçicidir. Bunun yanında 1950 'lerde ^{90}Sr bazı pahalı İsviçre ürünü olan kol saatlerindeki radyum yerine kullanılmıştır. ^{90}Sr , saf beta yayımlar ve çoğunlukla ^{90}Y ürünüyle denge durumundadır. Ayrıca saf beta yayımlayan Radyuma benzer ^{90}Sr , fazla derecede radyo toksine sahiptir. ^{90}Sr büyük miktarlarda bazı saatlerde kullanılmıştır; tüketici ürünlerindeki bu radyasyon kaynağı önemsizdir. Trityum ve ^{147}Pm 'den gelen nispeten düşük enerjili beta parçacıkları ($E_{\text{max}} = 18,6\text{ keV}$) radyo ışınım gösteren maddeler için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu iki nüklidten , özellikle trityum nispeten düşük radyo toksine sahiptir ve zayıf beta parçacıkları yayımlar ; ayrıca kadran yüzeyi üzerindeki plastik ya da cam kaplamada tarafından emilir. Zayıf betalar radyoluminesans olduğunda etkili olmazlar. Bir ışıltama gösterdiğinde 1/170 kadar etki gösterirler; bunlar, 170 kat daha etkili olurlar. Trityum için karşılaştırılırsa bu oran 5.000 dir. Ayrıca birbirinden farklı ^{226}Ra ve ^{90}Sr , 1620 ve 28 yıl yan ömre sahiptirler. Ticari bakımdan yüksek derecede kullanılırlar. ^{147}Pm ve trityum yalnızca 2,62 ve 12,3 yıl yan ömre sahiptirler.

Uluslararası Atom Enerji Ajansı aracılığıyla standart olarak çıkarılan saatlerin faydalı olabileceği ömrünü 10 yıl olarak saptamışlardır. Saatler 65-200 μCi (2,4-7,4 μBq) ^{147}Pm 'den ve 1-25 mCi (37-925 μBq) trityumdan meydana gelirler. Ayrıca bu kaynaklardan gelen dozlar nispeten küçüktür. ^{147}Pm için, Moghissi ve meslektaşları (1978) 2,6 milyon saatin ortalama 41 μCi (1,5 μBq) etkisi olduğu United States 'de yılda toplam nüfus dozunun 500 person-rem (5 person-seivert) 'e eşit olduğunu hesaplamışlardır. Trityum için her biri ortalama 1 μCi içeren 28 milyon aletin yılda 800 person-rem (8 person-seivert) olduğu hesaplanmıştır. Bireysel dozların, böyle saatlere sahip olan kişiler için 1 mrad 'dan daha az olduğu hesaplanmıştır (8).

^{147}Pm ve trityumun her ikisi de, yol işaret levhaları, telefon kadranları, otomobil şanzıman daireleri, kapı zili düğmeleri, tabanca nişangahları, otomobil kapı kilidi aydınlatıcıları gibi alet kadran ve işaretlerini kapsayan tüketici ürünleri ve ticaretin farklı bölümlerinde kullanılırlar. Son söylenen de hemen hemen yalnız trityum kullanılır, ve 20 ile 30 Ci içerir ($7,4 \times 10^{10}$ - $1,1 \times 10^{11}$ Bq). Birkaç benzer alet ^{85}Kr ve ^{14}C ile beraber yapılır. Genelde radyoaktif bir alet içinde kapalı tüplerde kontrol altına alınır. Bu aletlerdeki nispeten yüksek aktiviteye rağmen sonuçta toplanan nüfus dozu radyolüminesans saatlerden gelir ki karşılaştırıldığında önemsizdir. Birçok elektronik ve elektriksel aletler, radyoaktif maddelerin kullanımını gerektirir. Çoğunlukla bunların en önemlisi trityum, ^{147}Pm , ^{85}Kr , ^{60}Co ve ^{63}Ni 'dir. Radyum bazı zamanlar 100 μCi (3,7 μBq) e yaklaşan miktarlarda en eski elektronik tüplerde kullanılır. Tipik uygulamalar ısı deşarj tüpleri, akım boşalma tüpleri ve sıcak katot için yapılır. Doğal toryum farklı olarak yüksek basınç lambaları, cıva buharlı lambalar ve ısı lambaları için denenmiştir. ^{226}Ra ve diğer nüklidler böyle niteliğe sahip lamba tertibatlarında kullanılır. Bu kullanımlardan gelen toplam etki ve doz kesinlikle bilinemez fakat radyolüminesans saatlerden gelen genellikle küçük etkilerdir. Elektronik ürünler, bunların işlenmesi ve dıştan gelen radyasyonun iyonlaşma seviyelerini yayımlar. Bu özellikle katot ışın aletleri, televizyon setleri için doğrudur. Aslında bu 10-15 kV'den daha fazla gerilimlerde etkilidir. Standartlar, U.S.'deki federal yönetim aracılığıyla elektronik ürünlerden rasgele yayımlanan dozların sınırlaması için kurulmuştur. Ev içinde kullanılan renkli televizyon alıcılarının ölçümleri dünyada yaygın olarak yapılmaktadır. Maruz olunan oranlar genellikle 0,1 mR /h civarında dünyada saçılır.

Doğal iyonlaşmasından dolayı, çeşitli antistatik radyoaktif alet uygulamaları mevcuttur. Bunun için değişik şekil ve ölçüleri olan statik aletler imal edilmiştir. ^{210}Po ve ^{241}Am 'in her ikisi de statik olmayan fırçalarda bulunur. Tipik olarak bu oranlar, ^{210}Po için 0,05-0,5 μCi (1,85-18,5 μBq) e kadar uzanan miktarlardadır. Bu değer, ^{241}Am için daha düşük miktardadır. Alfa yayımlayan maddeler çoğunlukla ^{226}Ra ve ^{241}Am içeren yıldırım savarılarda mevcuttur. Bu gibi aletler yaklaşık 1 μBq içerirler (8).

Toryum ve uranyumun endüstriyel kullanımına ilaveten doğal olarak meydana gelen bu iki element çeşitli tüketici ürünlerinde de bulunur. Toryum ayrıca bazı pigmentler de de kullanılır ki; bunların bazıları %30 ağırlığında toryum içerir. Benzer uygulamalar uranyum için de yapılır.

Uranyum, porselen diş yapımında sık sık kullanılır. United States'de takma dişler için toplanan bileşiklerin uranyum içerikli olduğu tahmin edilir (9). U.S.'deki uranyum miktarı 300 ppm'de ayarlanmıştır ve porselen diştten gelen yanağa ait bölgede ve diş etlerindeki doz eşdeğer oranının 0,7 rem (7mSv) olduğu tahmin edilir (8).

Uranyum ve toryumun ilginç bir tüketim kullanımı seramik kaplamadır. Bunun için yalnız sarı ve turuncu renk kullanılır. Seramik tuğlaya ilaveten çanak çömlek ve tabakların yapımında böyle kaplamalardan yararlanır. Genelde bu tür ürünler piyasada çok fazla bulunmaz. Yıllardır tüketici ürünlerinde çok fazla radyoaktivite kullanılır (e.g. U ve Th). Nitekim bazen kağıtların üzerine konan ağırlıklar uranyum ya da toryum içeren materyalleri kapsar. C-14 , banka çekleri gibi kağıt ürünlerinde ve madeni para ile çalışan makinalarda sınırlandırılmış mertebede kullanılır. Şüphesiz bilimsel aletler, bilinen renkli fotoğraflar ⁶³Ni ya da trityumun küçük kaynaklarını içerir ; ve okul kimya laboratuvarları toryum ve uranyum bileşiklerinin hazineleridir. Uranyum içeren kimyasal ve başka ürünler izotopik niteliklerinde değişime uğrarlar. Uranyum en çok askeri savaşlarda tüketilir.

3.3 ÇEVRESEL DİĞER KAYNAKLAR

Teknolojik açya ilaveten tüketici ürünlerindeki radyoaktivite ve radyasyon kaynakları çoğalmaktadır. Bunlar insanoğlunun aktivitelerinden meydana gelen çevresel radyasyona açık farklı diğer kaynaklardır. Tıp alanındaki radyasyonu da kapsayan bu kaynaklar daha yaygın ve daha zengindir. Bu kaynaklar şehirlerde daha yaygın olduğundan bu tür şehirlerdeki insanlar büyük dozda radyasyona maruz olurlar.

Daha çok çevresel radyoaktivite ve radyasyonun yapay kaynağı nükleer patlayıcılar ve silah denemelerinden radyoaktif zerrelerin atmosfere düşmesidir. Serpinti seviyeleri yöreden etkilenmeye ilaveten dünyevi olarak değişir. Serpinti içsel ve dışsal kaynağın her ikisini de kapsar; ve doğal olarak gelen dozun %5 ya da daha aşağısında serbest bırakılır (8).

Çevresel radyoaktiviteye ilaveten iyonlaşmış radyasyona maruz olan önemli ve çoğalan bir kaynak, nükleer reaktörler vasıtasıyla elektriğin doğuşundan gelir. Bu çeşitli maruz olmalar, radyasyon ve radyoaktif maddelerin farklı endüstriyel kullanımlarından gelebilir. Bu kaynaklardan açığa çıkanlar kolayca anlaşılamayan mesleki zarar görmelerle sınırlı değildir bunun tersine genel nüfusu bile kapsayabilir. Radyoaktivitenin küçük miktarları düşük seviyeli radyoaktif atıklar gibi işlemlerden geçirilip üretilmelidir. Düşük seviyeli radyoaktif atıklar çevreden direk salınır. Radyoaktivite ve radyasyon içeren endüstriyel ve ticari yapımlar yakında oturan sakinlerin, ziyaretçilerin ve çalışan personelin mesleki açıdan zarar görmesini engellemek şartıyla yapılmalıdır. Genelde bu kullanımlardan açığa çıkan ortalama radyasyon alanı çok küçüktür.

3.4 ÇEVRESEL RADYASYONA MARUZ OLMAK

Çevresel radyasyonun açığa çıkması aşağıdaki gibi sıralandırılabılır:

- 1-Evrensel merkezli doğal radyasyonlar
- 2-Yapay merkezli doğal radyasyonlar
- 3-Teknolojik açıdan arttırılmış doğal radyasyonlar
- 4-Radyoaktivite ya da radyasyon yayan tüketici ürünlerinin kullanımı
- 5-Nükleer patlamalardan yayılan serpintiler
- 6-Nükleer ayrılma vasıtasıyla elektriğin doğuşu
- 7-Radyoaktivite ve radyasyonun tıp alanındaki uygulamaları
- 8-Mesleki açıdan radyasyona maruz olmalar

Bu kaynaklardan yalnız birinin önem ve ehemmiyeti değişkendir; ve çoğunlukla zor tayin edilir. Bunlara benzer birçok farklı değerler ya da benzer maruz olmalar literatürde rapor edilmiştir. Açığa çıkan doz hesaplarının yanlış ve hatalı olmasından kaçınılmazın gözden geçirilmelidir. Ayrıca, dozun yorumu ve anlatımında kullanılan birimlerdeki yanlışlık, hesap ve ölçümlerde muhtemel olan bir hatadır.

Doğal kaynaklardan gelen United States'deki toplam tüm vücuttaki doz eşdeğer ortalaması 130 mrem / y (1,3 m Sv) civarındadır.

Normal olarak nitelendirilen alanlarda doğal kaynaklardan gelen yıllık doz değerini yumurtalık ve erbezleri için 93 mrad (930 μ Gy), kemik hücrelerini dolduran 92 mrad olarak ve kemik iliğinde ise 89 mrad olarak atomik radyasyon etkileri üzerine Birleşmiş Milletler Bilimsel Komitesi aracılığıyla tamamen dünya temelleri üzerinde hesaplanmıştır (9). Toplam vücut doz eşdeğeri ve Milletlerarası Radyolojik Koruma Komisyonu aracılığıyla ileri sürülen vücuda alınan ve kullanılan oran miktan 2 mSv olarak ortaya çıkarılmıştır. Bunun yaklaşık yarısı ^{238}U serilerinden gelmektedir (3). Tüm vücutta ortalama doz miktan Çizelge.3.1'de ve ortalama etkin doz miktan Çizelge 3.2.'de verilmiştir (8).

Çizelge 3.1 Tüm vücutta ortalama doz miktarı

Nüklid	mrem	μ Sv
H-3	0,004	0,04
C-14	1,0	10
K-40	17	170
Rb-87	0,6	6
Po-210	3,0	30
Rn-222	3,0	30
Toplam	25	250

Çizelge 3.2 Ortalama etkin doz miktarı

Kaynak	Dış (μSv)	İç (μSv)	Toplam
Kozmik Işınlardan İyonlaştırıcı Unsur Nötron	280 21		280 21
Kozmojenik Radyonüklitler	15		15
Primordial Radyonüklitler			
K-40	120	180	300
Rb-87		6	6
U-238 Serileri	90	954	1044
Th-232 Serileri	140	186	326
			2000
Toplam	650	1340	2000

United States için benzer değerler genel olarak kemik yüzeyleri için biraz daha yüksek (120 mrem / y), kemik hücre ve ilikleri için (80 mrem / y) biraz daha düşük değerdedir (NCRP 1975). Bu not edilmelidir ki farklı maddeler karşılaştırılabilir; UNSCEAR sayılan ICRP tarafından alınmış eşdeğer doz ya da doz birimleridir. United States için bunun zamanı oldukça eski eşdeğer doz birimleridir. Düşünülen metotlar biraz farklıdır, fakat genelde karar aynıdır. Akciğerlerin her birindeki doz, radon ve ürünlerinin büyük ölçüde solunma yoluyla alınmasının bir sonucudur. Ortalama 100 mrem (1mSv) (NCRP 1973) kadar olan tek akciğerin sahip olduğu doz değeriyle bu kaynaktan bronşlara gelen yerel doz oranının 450 mrem / y (4,5 mSv) olduğu tahmin edilmektedir. Akciğerlerdeki doza ilaveten bir kişinin yılda sezilebilir miktarda sigara içmeden kaynaklanan 600-700 mrem (6-7 mSv) lik doza maruz kaldığı hesaplanmıştır. Doğal kaynaklara ilaveten insani etkilerden insan vücuduna kişi başına 225 mrem / y (2,25 mSv) kadar bir doz değeri girer. Büyük bir farkla, en büyük doz oranı radyasyonun tıp alanında kullanılmasından gelir ki bu oran toplam dozun en az %90'ını içerir. Bundan sonraki en büyük katkı ise silah denemelerinden gelen serpintilerdir ki; bu değer 10 mrem / y (100 μSv / y) den azdır. Meslek dolayısıyla maruz olmalar, nükleer güç ve çeşitli katkılar ise diğer kaynaklardan gelir ve bu değer 2 mrem / y (20 μSv / y) ya da daha azdır (8).

BÖLÜM 4

TOPRAKTAKİ DİĞER ELEMENTLER

4.1 MAKRO ELEMENTLER

4.1.1 Fosfor

Genel olarak topraklarda toplam fosfor miktarı az olduğu gibi bitkilere faydalı şekilleri de azdır. Bu yüzden gübrelerde en çok kullanılan elementlerden biri de fosfordur. Toprakta uygun miktarda fosforun bulunması halinde tohum oluşumu erken başlar ve teşkili için mutlaka gereklidir. Fosfor lüzumundan fazla olduğu zaman eğer tohumla yakın bulunuyorsa özellikle tahıl bitkilerinde ürünü azaltabilir. Kumlu topraklarda fosforun lüzumundan fazlası ürün miktarını düşürebilir. Bunun sebebi, olgunlaşmayı hızlandırarak vejetatif büyümeyi azaltmasıdır.

4.1.2 Potasyum

Topraklarda toplam potasyum miktarı genellikle yüksektir. Fakat bunun bitkilere faydalı şekilleri fazla olmayabilir. Potasyuma genellikle ince tekstürlü topraklardan çok kumlu topraklarda ve organik topraklarda ihtiyaç vardır. Potasyum toprak kolloidlerinden ve toprak çözeltisindeki sülfat, karbonat gibi potasyum tuzlarından potasyum iyonu şeklinde alınır. Ayrıca toprakta feldispat ve mika gibi primer mineraller ile sekonder alüminyum silikat kileri ve özellikle illit yapılarında bulunur.

Feldispat, feldispatlar çok fazla bulunan minerallerdir. Püskürük kayalardaki minerallerin %60'a yakın kısmını oluştururlar. Toprağın kum, mil ve kaba kil fraksiyonlarında feldispatlara rastlanır. Genel formülü; WZ_4O_8 . Burada; W harfi, Na, Ca, Ba'u, Z ise Si ve Al'u tanımlar (13).

4.1.3 Kalsiyum

Topraktaki kalsiyum çok değişik miktarlarda bulunur. Kalsiyum arid bölge topraklarında fazla bulunur. Humid bölge topraklarında daha azdır ve azlığı toprakların asitleşmesine sebep olur. Fazla asitli toprakların reaksiyonunu yükseltmek için toprağa kireç verilir (14).

Topraklarda kalsiyum noksanlığı toprağın asitliği ile belirlir. Toprakta lüzumundan fazla bulunan kalsiyum ve özellikle $CaCO_3$, demir, fosfor ve diğer bazı elementleri bitkilerin faydalanamayacağı şekle sokarak bu elementlerin noksanlığına sebep olur. Bu bakımdan Türkiye toprakları üzerinde durnak gerekir. Mesela, topraktaki fazla kalsiyum, çözülebilir mono ve dikalsiyum fosfatları güç çözülebilen trikalsiyum fosfat haline çevirir. Topraklarda kalsiyum daha az aktif durumda kalsit, dolomit, feldispat ve hornblend gibi minerallerin bileşiminde bulunur (14).

4.1.4 Magnezyum

Normal topraklarda ve arid bölge topraklarında genellikle yeter derecede magnezyum bulunur. Topraktaki yedek magnezyum daha çok dolomitik kireç taşlarının bileşiminde bulunur. Dolomit kalsit kadar kolay ayrılmadığından genel olarak topraklardaki değişebilir magnezyum kalsiyumdan daha azdır (14).

Dolomit; Kalsiyum karbonat veya magnezyum karbonat karışımı bir mineraldir. Genellikle saf değildir. Dolomit minerali toprakların magnezyum kaynağını oluşturur. Genel formülü; $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ (13)

Lüzumundan fazla magnezyumlu topraklar serpantin veya talk içeren materyallerden meydana gelmişlerdir ve genellikle fakir topraklardır.

Magnezyum bitkiler tarafından magnezyum katyonları şeklinde alınır. Toprakta çok sayıda magnezyum tuzları vardır. Magnezyum katyonları kil kolloidleri tarafından tutulur. Ayrıca magnezyum mika, hornblend, dolomit ve serpantin minerallerinin ve montmorilloit minerallerinin bileşiminde aktif olmayan şekillerde bulunur (14).

4.2 MİKRO ELEMENTLER VEYA MİNÖR ELEMENTLER

Mikro elementlerin genellikle bir problem olarak karşılaşılabilecekleri üç toprak durumu vardır; a) Kumlu topraklar, b) Organik topraklar, c) Kalevi topraklar. Bu kumlu toprakların veya organik toprakların minör elementleri nispeten az içermeleri ve fazla kalevi toprak şartlarında bu elementlerin bitkilere faydalı formlarının düşük oluşundandır (14).

4.2.1 Demir

Demir minör elementler arasında sayılmakla beraber, arz kabuğunda en fazla bulunan elementler arasında dördüncü sırayı alır. Topraklarda demir klorozunun (bir hastalık) iki nedeni vardır. Bunlardan birincisi ve en önemlisi kireçtir. Fazla kireçten ileri gelen demir klorozuna dünyanın her tarafındaki kireçli ve kalevi topraklarda rastlanabilir. Topraklarda yüksek pH derecelerinde demirin çözünürlüğü azalır. Demir klorozunun ikinci şekli ise değişebilir manganezce zengin olan asit topraklarda demir ilke manganez arasındaki dengenin demir aleyhine bozulması ve manganezin toksit haline geçmesidir.

4.2.2 Bakır

Bakır noksanlığı fazla organik madde içeren topraklarda ve özellikle yeni tarım altına alınan organik topraklarda görülür. Bakır noksanlığına mineral topraklarda ve özellikle kumlu ve çakıllı topraklarda rastlanmaktadır.

Bakır topraklarda çözünür durumda ve değişebilir durumlarda bitkilere faydalıdır. Topraklarda bakırın fazlası demirin alınmasını güçleştirir ve bitkilere zehir tesiri yapar. Bakır

noksanlığı özellikle kalevi topraklarda yetişen bitkiler üzerine bakır sülfat püskürtmek suretiyle giderilir (14).

4.2.3 Manganez

Manganez noksanlığına daha çok kumlu topraklarda, kalevi topraklarda ve organik topraklarda rastlanmaktadır.

Manganez toprakta çözünebilir halde bulunduğu gibi çeşitli minerallerin bileşiminde de bulunur. Bitkiler tarafından iki değerli manganez iyonu şeklinde alınır. Toprakta manganezin çözünürlüğü üzerine pH derecesi etki yapar. Asit topraklarda düşük pH derecelerinde manganezin çözünürlüğü artar ve bitkileri zehir tesiri yapar, demirin alınmasını güçleştirir. Kalkerli ve fazla kalevi topraklarda ise çözünürlüğü azdır (6, 15).

4.2.4 Çinko

Klorofil oluşumu ile ilgili bulunduğu inanılmaktadır. Topraklarda katyon halinde veya minerallerin bünyesine bağlı olarak bulunur. Topraktaki çinkonun çözünürlüğü toprak reaksiyonuna göre değişir 5.2 pH dan aşağıda ve 6.0 pH dan yukarıda çözünme azalır.

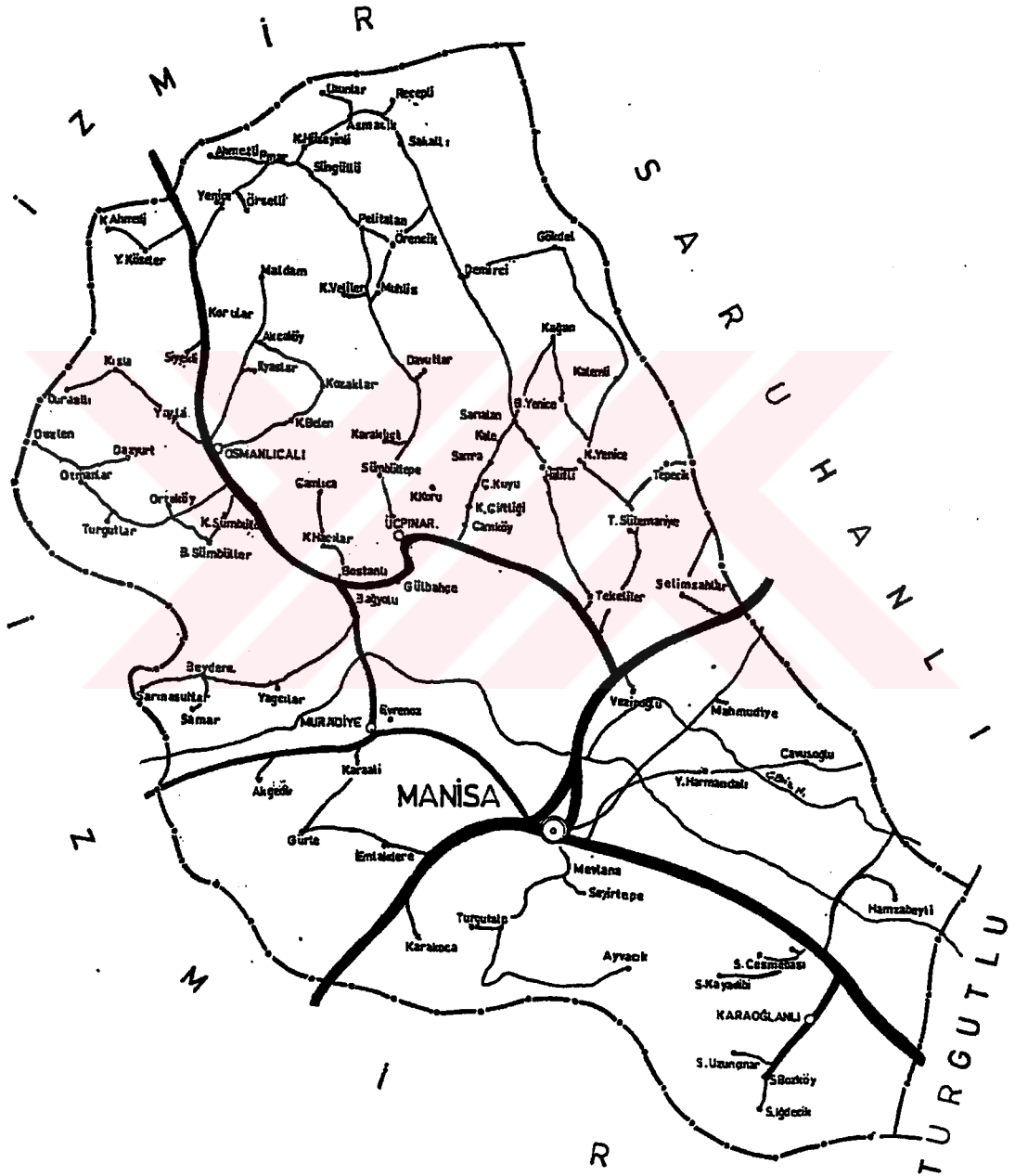
Çinko eksikliği toprağa çiftlik gübresi ve organik artıklar verilerek giderilir (14).

5. BÖLGENİN COĞRAFİ VE JEOLJİK YAPISI

5.1 BÖLGENİN COĞRAFİ YAPISI

Manisa, Ege bölgesinde bir ildir. Doğudan Uşak, güneydoğudan Denizli ve Aydın, güneyden ve batıdan İzmir, kuzeyden Balıkesir kuzeydoğudan Kütahya illeriyle çevrili olan Manisa ili (13810 km²; 1050045 nüfus; nüfus yoğunluğu 76); 13 ilçeye ayrılmıştır : Merkez; Akhisar; Alaşehir; Demirci; Gördes; Kırkağaç; Kula; Salihli, Sangözü; Saruhanlı; Selendi; Soma; Turgutlu. Geniş tabanlı ovalar (Gediz Ovası; Bakırçay Ovası; Akhisar Ovası; Nif Ovası) ile bunları birbirinden ayıran Yunt Dağı, Manisa Dağı, Yamanlar Dağı ve Bozdağlar gibi kütleler üzerinde uzanan il toprakları, Ege Denizi'ne dökülen Bakırçay ve Gediz ırmağı (üstünde Demirköprü barajı kurulmuştur) ile Gediz'e karışan Nif Çayı, Kum Çayı ve Alaşehir Suyu tarafından sulanır. Akdeniz ikliminin biraz karasallaşmış bir biçimi etkisindeki, kışların ılık ve yağışlı, yazların sıcak ve kurak geçtiği ilde, merkezdeki meteoroloji istasyonunda elde edilen verilere göre ortalama sıcaklık 16.8 °C, en yüksek sıcaklık 34.6 °C (temmuz – ağustos ayları), günümüze kadar kaydedilen en yüksek sıcaklık 44.5 °C, en düşük sıcaklık –17.5 °C, ortalama yağış 746 mm 'dir. Bitki örtüsünde, alçak kesimlerde makiler, dağlık kesimlerde kızılçam, karaçam, ardıç ve meşe ağaçlarından oluşan ormanlar ağır basar. Manisa ili, Ege bölümünde, tabanı alüvyonlu zengin topraklarla birlikte, İç Batı Anadolu'nun yüksek kesimlerinde daha az verimli alanları da kapsar. Tarım bu zengin alanlarda büyük çeşitlilikler gösterdiği halde yayla kesimde genellikle tahıl üretimi hakimdir. Tarımda buğday, arpa ve mısır, sanayi bitkilerinden tütün ve pamuk ekilir. Dikili alanlarda başlıca yer üzümü bağları tutar. Hayvancılık (özellikle koyun ve kıl keçisi) gelişmiştir. Sanayinin genellikle il merkezinde ve Turgutlu'da toplanmış dokuma, zeytin yağı, sabun vb. yapım evleriyle temsil edildiği Manisa'da yeraltı gelir kaynaklarının başlıcaları arasında zengin linyit yatakları (Soma) sayılabilir.

Çevreye kara yolu (İstanbul-İzmir yolu üzerindedir) ve demiryoluyla (İzmir-Afyonkarahisar ve İzmir- Balıkesir hatları) bağlanan ilin Manisa dağının kuzey eteğinde Manisa ovasının güney kenarında yer alan aynı isimli merkezi, önemli bir ticaret merkezidir.



Şekil 5.1 Manisa Bölge Haritası.

6.DENEYSSEL YÖNTEM VE VERİLER

Bu çalışmada, C.B.Ü. Muradiye kampüsü ve kampüs çevresi yerleşim alanlarındaki yerlerden 5-10 cm derinlikten toprak örnekleri alınarak örneklerin bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmış, NaI (TI) dedektörü ve çok kanallı analizör kullanılarak örneklerin toplam gama sayımları ve ayrıca K-40, U-238(Bi-214) ve Th-232 (TI-208)'ye ait (sırasıyla 1.46 MeV, 1.76 MeV ve 2.61 MeV) enerjilere karşılık gelen gama piklerinin altındaki alanlardan gidilerek elementlere ait gama sayımları cpm olarak elde edilmiştir.

6.1 Topraktaki Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikler

6.1.1 Toprak Örneklerinin Alınması ve Analize Hazırlanması

Toprak örnekleri ve örnek alma yerlerinin seçiminde daha önce yapılmış olan çalışmalardan yararlanıldı (17). Alınan toprak örnekleri poşetlerin içine konuldu ve her biri ayrı ayrı etiketlendi. Poşetlerle laboratuara getirilen topraklar havada kurutulduktan sonra, içlerindeki taş ve bitki artıkları ayıklandı. Tokmakla dövülerek 2 mm'lik elekten geçirilen örnekler laboratuvar analizleri için ayrıldı.

Garmin's GPS 12 Personal Navigator kullanılarak toprak örneklerinin alındığı noktaların belirlenen koordinatları Çizelge 6.1'de verilmiştir.

Çizelge 6.1 Örnek Toplama Çizelgesi.

ÖRNEK ALINAN YER	N	E
1- Muradiye	38° 39. 697	27° 20. 138
2- Muradiye	38° 39. 476	27° 20. 061
3- Muradiye	38° 39. 307	27° 19. 824
4- Karaali Köyü	38° 38. 950	27° 19. 447
5- Karaali Köyü	38° 38. 726	27° 19. 298
6- Karaali Köyü	38° 38. 449	27° 19. 147
7- Karaali Köyü	38° 38. 451	27° 19. 043
8- Karaali Köyü	38° 38. 68	27° 19. 119
9- Karaali Köyü	38° 38. 656	27° 19. 225
10- Muradiye	38° 38. 968	27° 19. 580
11- Muradiye	38° 39. 032	27° 19. 674
12- Muradiye	38° 39. 224	27° 20. 265
13- Muradiye	38° 39. 220	27° 20. 466
14- Evrenos Köyü	38° 39. 088	27° 20. 479

15- Evrenos Köyü	38° 39. 544	27° 20. 833
16- Evrenos Köyü	38° 39. 389	27° 20. 977
17- Evrenos Köyü	38° 39. 200	27° 21. 119
18- Evrenos Köyü	38° 39. 202	27° 21. 127
19- Evrenos Köyü	38° 39. 337	27° 20. 880
20- Manisa	38° 39. 342	27° 20. 884
21- Manisa	38° 38. 747	27° 22. 299
22- Horozköy	38° 38. 015	27° 23. 546
23- Horozköy	38° 37. 838	27° 23. 822
24- Horozköy	38° 37. 630	27° 23. 062
25- Horozköy	38° 37. 644	27° 24. 333
26- Horozköy	38° 37. 515	27° 24. 193
27- Manisa Laleli	38° 37. 513	27° 24. 194
28- Manisa Laleli	38° 36. 994	27° 23. 368
29- Manisa Laleli	38° 37. 025	27° 23.185
30- Manisa Laleli	38° 37. 027	27° 22. 978
31- Manisa	38° 37. 507	27° 23. 019
32- Yeni Manisa	38° 37. 508	27° 23. 038
33- Yeni Manisa	38° 38. 008	27° 23. 282
34- Yeni Manisa	38° 37. 997	27° 23. 260
35- Muradiye	38° 38. 011	27° 23. 274
36- Muradiye	38° 39. 563	27° 20. 474
37- Muradiye	38° 39. 606	27° 20. 432
38- Muradiye	38° 39. 712	27° 20. 133
39- Muradiye	38° 40. 732	27° 20. 075
40- Muradiye	38° 40. 737	27° 20. 072
41- Kampüs	38° 41. 671	27° 20. 038
42- Üçpınar	38° 43. 970	27° 21. 686
43- Üçpınar	38° 44. 066	27° 21. 515
44- Üçpınar	38° 44. 054	27° 21. 527
45- Üçpınar	38° 43. 804	27° 21. 701
46- Üçpınara	38° 43. 706	27° 21. 692
47- Üçpınar	38° 43. 535	27° 21. 624
48- Gülbahçe	38° 43. 046	27° 21. 378
49- Gülbahçe	38° 43. 046	27° 21. 379
50- Gülbahçe	38° 42. 957	27° 20. 956

51- Gülbahçe	38° 42. 927	27° 20.957
52- Bağyolu	38° 42. 661	27° 20. 643
53- Bağyolu	38° 42. 800	27° 19. 834
54- Bağyolu	38° 42. 864	27° 19. 618
55- Bağyolu	38° 42. 439	27° 18. 234
56- Bağyolu	38° 42. 512	27° 18. 233
57- Bağyolu	38° 42. 511	27° 18. 276
58- Kampüs	38° 42. 599	27° 19. 695
59- Kampüs	38° 41. 792	27° 19. 468
60- Kampüs	38° 41. 301	27° 19. 216
61- Kampüs	38° 40. 788	27° 19. 006
62- Yağcılar	38° 40. 535	27° 17. 816
63- Yağcılar	38° 40. 539	27° 17. 828
64- Yağcılar	38° 40. 495	27° 17. 416
65- Yağcılar	38° 40. 281	27° 17. 562
66- Yağcılar	38° 40. 062	27° 17. 316
67- Yağcılar	38° 40. 005	27° 17. 258
68- Yağcılar	38° 40. 253	27° 17. 480
69- Yağcılar	38° 40. 278	27° 17. 511
70- Yağcılar	38° 40. 482	27° 18. 132
71- Yağcılar	38° 40. 484	27° 18. 147
72- Kampüs	38° 40. 777	27° 18. 623
73- Kampüs	38° 40. 786	27° 18. 596
74- Kampüs	38° 40. 794	27° 18. 595
75- Kampüs	38° 40. 777	27° 18. 556
76- Kampüs	38° 40. 752	27° 18. 551
77- Kampüs	38° 40. 816	27° 18. 668
78- Kampüs	38° 40. 822	27° 18. 712
79- Kampüs	38° 40. 856	27° 18. 759
80- Kampüs	38° 40. 754	27° 18. 783

6.1.2 TOPRAK ÖRNEKLERİNİN BAZI FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

6.1.2.1 Toprak Reaksiyonu (pH) :

Toprak örneklerinin pH değerleri şu yöntemle ölçülmüştür.

2 mm'lik elekten geçirilmiş kurutulmuş toprak örneğinden 100 gram tartılarak pH kabına konur. Ölçü silindiri yardımıyla saf su azar azar dökülerek saturasyon çamuru elde edilir (akışkan ve parlak). Bu 2 saat bekletilir. pH metrenin kalibrasyonu yapıldıktan sonra pH metrenin distu saturasyon macunu içine sokularak ölçüm yapılır. Aynı zamanda saturasyon macununun ısısı ölçülür (Bu işlem tuz ölçümü içindir).

6.1.2.2 Bünye :

Toprak örneklerinin kum, kil, mil fraksiyonlarının tayini hidrometre metodu ile yapıldı. pH ölçümü için hazırlanan saturasyon macununa harcanan saf su miktanna göre toprak sınıflandırması yapıldı. Bünye Sınıfları aşağıda verilmiştir (Tanım il md.).

0-30 ml	Kum
30-50 ml	Tın
50-70 ml	Killi-Tınlı
70-110 ml	Killi

6.1.2.3 Eriyebilir Toplam Tuz:

Toprak örneklerinin eriyebilir toplam tuz miktarları su ile sature edilmiş toprak macununun Beckmann Conductivity Bridge cihazı ve toprak rezistans kabı kullanılmak sureti ile elektriki direnç ölçülerek elde edilen rezistans değerleri, toprak macunu ısısı (F°), toprak bünyesi ve toprak macununun elektriki direnci (Ohm) kombinasyonu ile hazırlanan nomogramına uygulanarak toprak örneklerinin % eriyebilir toplam tuz miktarı saptandı (19).

6.1.2.4 Kireç ($CaCO_3$) :

Toprak örneklerinin kireç kapsamı Scheibler Kalsimetresi ile volümetrik olarak ölçüldü. Elde edilen değerler % olarak verilmiştir (19).

6.1.2.5 Alınabilir P (Fosfor) :

Toprak örneklerinin alınabilir P kapsamı Varian marka ICP-AES ile okunmuştur.

6.1.2.6 Alınabilir Sodyum (Na), Potasyum (K), Kalsiyum (Ca) ve Magnezyum (Mg) :

Toprak örneklerinin alınabilir sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri değiştirilmiş 1 N Amonyum Asetat (NH_4OAC) yöntemi ile 30 dakika çalkalanması sonunda elde edilen süzüğün ICP-AES ile okunması suretiyle belirlenmiştir (20).

6.1.2.7 Mikro Element Olarak Demir (Fe), Bakır (Cu), Çinko (Zn) ve Mangan (Mn) Miktarları :

Toprakların faydalı Fe, Cu, Zn ve Mn miktarları DTPA yöntemine göre ICP-AES cihazında okundu ve ppm olarak hesaplandı.

6.1.2.8 Kimyasal Yöntemler :**1 N Amonyum Asetat (NH_4OAC) Yöntemi :**

5 gram toprak örneği alındı. Üzerine 50 ml 1 N Amonyum Asetat pH'ı 7 olacak şekilde konuldu. Daha sonra 30 dakika çalkalandı. Filtre kağıdından süzülür ve süzükten 1 ml alınıp % 1'lik HNO_3 + saf su ile 100 ml'ye tamamlanır. ICP-AES ile okuma yapıldı.

Kullanılan Çözeltiler :

1 n Amonyum Asetat (NH_4OAC); 77,08 gram Amonyum Asetat tartılarak üzerine 800 ml saf su konuldu. İyice çalkalanarak kimyasal madde eritildi. Daha sonra 1 N Amonyum Asetatın pH'ı ölçüldü. Eğer pH 7'den küçük ise 0,1 N veya 1 N Amonyum ile pH 7'ye getirilir. pH 7'den yüksek ise 0,1 N veya 1 N Asetik asit ile pH 7'ye tamponlanır. Bu işlemden sonra geriye kalan miktar 1000 ml'ye saf su ile tamamlanır.

DTPA Yöntemi :

2 mm'lik elekten elenmiş 20 gram toprak örneği alındı. 40 ml DTPA çözeltisi konuldu. 2 saat çalkalandı. Çalkalama işlemi bittikten sonra filtre kağıdı ile ekstrakt süzüldü. Faydalı Fe, Zn, Mn ve Cu değerleri ICP-AES'de okundu.

Kullanılan Çözeltiler :

DTPA Çözeltisi : (0,005 M DTPA + 0,01 M CaCl₂. 2H₂O + 0,14 M TEA)

DTPA = Diethylene Triamin Pentaasetik asit

TEA = Trietanolamin

1,967 gram DTPA, 1,47 gram CaCl₂. 2 H₂O ve 14,92 gram Trietanolamin 1000 ml'lik bir kaba tartılır. Üzerine 20 ml saf su ilave edilerek söz konusu maddelerin çözünmesi için yeterli bir zaman periyodu bekletilir. daha sonra çözelti 900 ml'ye saf su ile seyreltilir.

6.1.2.9 ICP (İndüktif Eşleşmiş Plazma) Spektrometresi (23)

Plazma oldukça yüksek derişimde katyon ve buna eşdeğer derişimde elektron içeren elektriksel olarak iletken bir gaz ortamdır. Plazma görüntüsü alev gibi olmakla beraber bir yanma olayı yoktur. Hem kıvılcım ve şerare kaynaklı ve hem de alev kaynaklı yayım spektroskopisine göre çok üstünlüğü olması nedeni ile plazma kaynaklı yayım spektroskopisinin kullanımı son 25 yılda yaygınlaşmıştır. Plazmanın elde ediliş şekline göre farklı plazma spektroskopileri vardır. Bunlardan en yaygın kullanılan "İndüktif Eşleşmiş Plazma"dır (ICP). ICP yayım spektroskopisi günümüzde iyi optimize edilmiş bir element analiz tekniğidir. ICP nin bazı üstün özellikleri şunlardır; Metal ve ametal tayinlerine uygulanabilir, aynı bir çalışma koşulunda bir seri elementin yüksek duyarlıkla tayinleri yapılabilir. Çok sayıda elementi aynı anda ölçebilir.

ICP Spektroskopisi

ICP kaynağı, iyonlaşmış bir argon gazı akışı ile genellikle 27 veya 40 MHz'lik güçlü bir radyo frekans alanının eşleştirilmesi ile elde edilir. Örneğin, genellikle sıvı fazda, aerosol şeklinde yüksek sıcaklıktaki plazmaya gönderilir ve aerosol tanecikleri plazmada sıra ile kurur, parçalanır, atomlaşır, iyonlaşır ve oluşan atom ve iyonlar uyarılır. Analit elementin atomik ve iyonik çizgileri bir spektrometre ve uygun bir software'e sahip bilgisayar ile değerlendirilerek analiz yapılır.

6.1.3 Muradiye Kampüs Alanı Ve Çevresindeki Yerleşim Alanlarındaki Topraklarının Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Muradiye Kampüs alanı ve çevresindeki tarım arazi topraklarının 80 ayrı yerinden alınan toprak örneklerinin incelenmesi neticesinde elde edilen bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 6.2'de verilmiştir.

Çizelge 6.2 Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Yer	N	E	pH	İletkenlik ($1/\Omega \times 10^{-6}$)	CaCO ₃ (%)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	P (ppm)	⁴⁰ K (ppm)
1	39,697	20,138	7,32	344	12,93	1,1551	1,3982	1,1285	0,6753	42310,9	905,86	542,52	366,83	1,2416	10,87
2	39,476	20,081	7,55	468	3,2	4,2256	3,878	2,851	2,7538	3688,9	681,6	443,57	23,74	70,086	8,179
3	39,307	19,824	7,57	7,09	1,01	7,6498	4,8906	5,1906	0,9789	3328	190,35	407,45	25,636	9,3809	2,284
4	38,95	19,447	7,5	250	0,4	1,38276	4,104	3,213	0,438	2217,9	109,74	280,92	21,357	14,184	1,316
5	38,726	19,298	7,5	383	1,6	1,5371	4,5066	2,2626	1,3271	3162,1	172,51	556,42	43,21	31,171	2,07
6	38,449	19,147	7,6	298	3,22	2,8384	1,8663	2,8186	1,2871	3412,3	375,17	561,03	43,405	100,32	4,502
7	38,451	19,043	7,61	372	7,88	1,73926	3,623	3,1892	0,4162	4198,2	150,18	550,61	33,436	12,698	1,802
8	38,68	19,119	7,52	612	4,85	2,648	4,2352	3,393	2,2352	3305,6	307,5	464,6	32,678	37,413	3,69
9	38,656	19,225	7,8	242	2,4	2,0832	3,196	3,0518	1,0161	3129,2	244,59	525,54	31,172	45,37	2,935
10	38,988	19,58	6,98	137	0,4	8,8162	6,9246	3,7864	0,683	1262,1	85,275	198,01	12,646	26,826	1,0233
11	39,032	19,674	7,24	452	0,4	1,2899	6,3906	4,3806	0,6771	1811,1	111,87	395,3	38,056	22,648	1,342
12	39,224	20,265	7,7	312	2,02	1,33166	2,5474	2,5462	0,7197	3768,8	98,983	417,84	16,857	9,5784	1,187
13	39,22	20,466	7,92	295	1,2	1,64504	3,7262	2,9624	0,8467	2590,6	114,76	425,17	31,033	6,5738	1,377
14	39,088	20,479	7,75	198	13,4	4,3024	1,9346	1,5152	0,844	3576,5	245,4	434,17	17,254	8,039	2,944
15	39,544	20,833	7,39	268	12,52	5,7392	3,5416	2,3128	1,8874	3283,9	177,54	473,46	15,549	32,319	2,13
16	39,389	20,977	7,74	422	10,8	3,097	3,6572	2,1088	2,3872	3717,8	272,19	629,98	20,481	4,8289	3,266
17	39,2	21,119	7,45	382	12,2	2,1492	2,1602	1,9071	2,0278	3438,8	223,52	366,38	13,547	4,6546	2,682
18	39,202	21,127	7,62	284	10,8	11,0812	1,6624	2,2142	3,0784	2990,6	239,58	476,32	12,334	14,084	3,474
19	39,337	20,88	7,63	190	9,49	3,4638	9,9342	1,5727	2,9864	2716,1	305,99	352,79	16,688	22,493	3,671
20	39,342	20,884	7,74	308	11,92	2,9438	2,1086	1,7949	0,907	3517,2	156,75	290,02	12,706	4,4138	1,905
21	38,747	22,299	7,7	629	14,7	6,9808	2,3064	1,321	0,5485	4094,5	207,43	433,2	25,075	1,248	2,489
22	38,015	23,546	6,9	863	23,02	48,986	69,444	20,226	37,54	4140,1	286,38	561,22	178,98	1,838	3,46
23	37,838	23,622	7,06	688	7,47	2,674	23,57	2,6328	2,5358	4084,5	650,1	400,82	61,711	8,0718	7,8012
24	37,63	23,062	7,18	309	2,4	2,9814	13,886	1,3845	3,1352	3629,5	384,88	324,17	23,863	12,718	4,618
25	37,844	24,333	7,28	1450	2,6	3,2612	6,9942	2,0872	2,0452	3740,9	572,45	497,75	71,185	6,2596	6,869
26	37,515	24,193	7,14	229	1,01	1,7097	10,044	6,3994	0,6249	2243,3	71,709	243,56	23,805	1,817	0,86
27	37,513	24,194	7,56	241	2,2	1,28742	3,741	2,4186	0,8087	3655,7	98,346	136,9	32,394	1,9171	1,18
28	36,994	23,368	7,7	77,3	4,46	1,83082	4,1668	0,7366	0,9076	3506,3	146,03	126,28	18,903	3,4091	1,7523

29	37,025	23,185	7,71	237	5,85	1,18252	2,933	1,6513	0,422	3650,7	70,543	116,22	21,52	5,3688	0,8465
30	37,027	22,978	7,98	103	4,6	0,8213	5,0226	2,0446	0,2731	3043	47,153	124,72	17,389	0,02799	0,5658
31	37,507	23,019	7,88	295	12,12	1,00736	2,9974	2,21	0,4215	3849,9	39,987	261,26	101,08	2,6611	0,4796
32	37,508	23,038	7,5	539	5,66	2,4186	6,2636	3,908	0,6191	3624,3	89,49	193,2	26,073	0,7859	0,8338
33	36,008	23,282	7,2	5490	2,2	1,50802	3,2322	10,447	0,2747	5375	81,793	221,17	260,09	2,8982	0,981
34	37,997	23,26	7,85	258	8,48	0,9053	5,065	3,9916	0,1451	3979,4	39,421	221,75	27,072	2,3761	0,473
35	38,011	23,274	7,67	244	10	16,3416	3,3002	4,3284	2,125	3095,4	135,64	251,18	16,329	2,8916	1,627
36	39,563	20,474	7,6	285	43,23	4,3868	11,867	2,7696	4,2842	3207,7	155,71	202,96	30,433	1,0162	1,868
37	39,606	20,432	7,52	327	12,2	6,878	14,837	11,353	0,762	2786,6	140,31	346,86	27,364	1,2917	1,683
38	39,712	20,133	7,35	286	11,28	4,3174	5,8608	8,7364	1,6546	3225,7	310,34	316,14	16,196	1,4384	3,724
39	40,732	20,075	7,18	352	4,23	5,7568	6,9886	4,4678	1,0782	2790,3	232,24	397,29	15,166	4,3655	2,786
40	40,737	20,072	7,86	288	4,03	4,1852	6,8642	3,5666	0,5689	3035,5	273,95	356,43	18,089	7,6346	3,287
41	41,671	20,038	7,4	434	15,76	1,47172	2,883	3,849	0,6106	3969,3	711	769,15	39,059	1,9448	8,532
42	43,97	21,686	7,4	490	6,6	3,4908	5,5494	4,152	14,805	3886,9	586,71	545,6	365,88	19,468	7,04
43	44,066	21,515	7,21	340	1,21	1,66806	12,109	15,346	4,7542	3138,6	500,83	607,86	10,996	16,724	6,006
44	44,054	21,527	8,09	491	4,4	2,2072	7,6574	9,284	5,0056	2933,5	1679,8	768,86	54,057	32,065	20,15
45	43,804	21,701	7,6	326	2,62	2,0308	2,5394	3,582	1,8412	3166,8	292,95	343,73	15,833	11,253	3,515
46	43,706	21,692	7,85	557	6,46	0,92204	1,3436	4,9124	0,7292	4094,5	384,63	592,27	46,911	6,3788	4,615
47	43,535	21,624	7,78	390	6,87	0,84556	1,5104	2,7236	1,4411	3521,3	277,84	653,34	25,446	5,1934	3,334
48	43,046	21,378	7,9	787	37,16	1,12624	1,0509	3,2902	0,2976	4881,7	405,17	508,06	8,3569	0,19497	4,862
49	43,046	21,379	7,8	494	27,86	0,97566	0,9265	2,154	0,4429	5166,2	716,3	473,41	25,932	23,474	8,595
50	42,957	20,956	7,89	527	42,82	0,73552	0,6744	1,318	0,381	4924,7	371,81	470,76	8,0802	2,5628	4,461
51	42,927	20,957	7,76	734	43,6	0,87546	1,8304	3,3592	0,3508	4840,9	411,1	533,76	26,613	0,8031	4,9332
52	42,661	20,643	7,44	329	4,6	0,50528	4,5682	2,8226	2,4018	2882,6	527,71	282,93	20,339	11,752	7,532
53	42,8	19,834	7,63	366	2	1,03634	4,6882	5,509	1,6326	3309,6	469,6	661,31	37,142	9,3052	5,6352
54	42,864	19,618	6,27	405	0,4	0,60672	9,1616	7,9636	0,4497	2543,3	103,78	464,84	13,016	2,8517	1,2453
55	42,439	18,234	8	783	12,4	0,5176	1,5596	4,428	0,7435	4953	577,42	545,25	78,157	6,9158	6,929
56	42,512	18,233	7,85	2000	67,7	0,36894	0,4737	1,4198	0,1237	3424,5	165,33	853,45	311,56	2,4722	1,9839
57	42,511	18,276	7,67	525	13,3	0,29746	1,2656	1,4652	0,3566	3613,4	424,73	491,51	44,854	10,819	5,0967
58	42,599	19,695	7,16	326	0,6	0,75316	4,7551	6,1734	0,3417	2760,2	346,49	493,2	17,069	6,1634	4,1578
59	41,792	19,468	7,14	414	4	1,10062	2,0632	2,8648	0,5521	3727,9	722,87	483,36	19,146	13,909	8,674
60	41,301	19,216	7,63	505	0,8	0,82944	1,912	4,522	0,3629	4178,1	485,84	571,11	26,575	9,598	5,83
61	40,768	19,006	6,72	439	0,4	0,9821	4,1072	3,1248	4,9924	2862,1	233,02	221,91	9,0991	16,207	2,8066

62	40,535	17,816	7,59	506	19,6	0,48248	2,277	1,6991	0,5982	3996,6	287,89	450,33	13,494	7,5457	3,454
63	40,539	17,828	7,39	411	27,07	0,76564	1,741	2,8538	0,35	4364,3	332,51	318,98	16,856	3,1675	3,99
64	40,495	17,416	7,5	295	1,62	0,50528	5,1332	7,7974	0,3466	2041,2	121,08	217,01	9,7643	5,238	1,4529
65	40,281	17,562	7,56	487	1	1,4309	5,7082	7,0718	1,5141	3130,9	387,47	388,97	33,106	24,234	4,649
66	40,062	17,316	7,23	784	0,81	0,62874	3,3416	0,7199	1,2079	2651,3	893,3	458,35	33,41	26,265	10,719
67	40,005	17,258	6,23	280	2,02	1,23316	24,65	17,198	0,4087	1937,1	189,13	474,28	21,762	3,1623	2,269
68	40,253	17,48	7,35	546	3,23	1,29104	5,8254	8,5234	1,6155	3443,9	283,86	586,07	97,62	15,676	3,4063
69	40,278	17,511	7,55	319	1,41	1,05462	4,645	5,4302	1,6422	2723,2	175,47	585,35	27,594	25,584	2,1056
70	40,482	18,132	7,44	515	3,6	1,72076	4,23	3,774	1,0971	3828,5	741,6	759,57	46,048	15,639	8,8992
71	40,484	18,147	6,7	196	0,4	0,24252	2,4458	1,988	0,1186	1576,2	83,073	526,3	16,756	1,206	0,9968
72	40,777	18,623	6,4	568	0,6	1,30726	10,556	7,0404	12,295	3032,6	106,24	687,29	41,491	5,8163	1,2748
73	40,786	18,596	6,54	546	0,41	0,92996	9,221	11,995	0,5666	3624,8	140,77	945,35	30,609	4,5308	1,6892
74	40,794	18,595	7,67	684	0,6	2,2486	5,3038	5,4672	1,6395	4286,8	227,09	893,21	50,941	2,1244	2,752
75	40,777	18,556	6,89	422	0,2	0,7503	2,1068	5,076	0,3384	4813,1	147,41	1091,2	71,613	3,282	1,7689
76	40,752	18,551	6,56	789	2,42	0,97596	9,3548	8,4036	0,7554	4134,8	175,15	1010,1	47,371	0,74689	2,1018
77	40,816	18,668	6,76	608	1,01	1,23798	14,556	11,615	1,3948	3735,4	285,37	773,34	34,668	2,72	3,1844
78	40,822	18,712	5,8	240	0,6	0,91726	34,376	21,278	0,7034	2482,6	102,14	631,16	21,217	1,4123	1,2256
79	40,856	18,759	6,77	216	2,42	0,41778	6,4426	5,2938	0,198	1848,3	112,49	456,89	13,225	0,74347	1,3498
80	40,754	18,783	7,56	730	1,8	0,61992	1,7773	4,0618	1,0703	4923,8	207,23	986,94	74,344	1,1282	2,4867

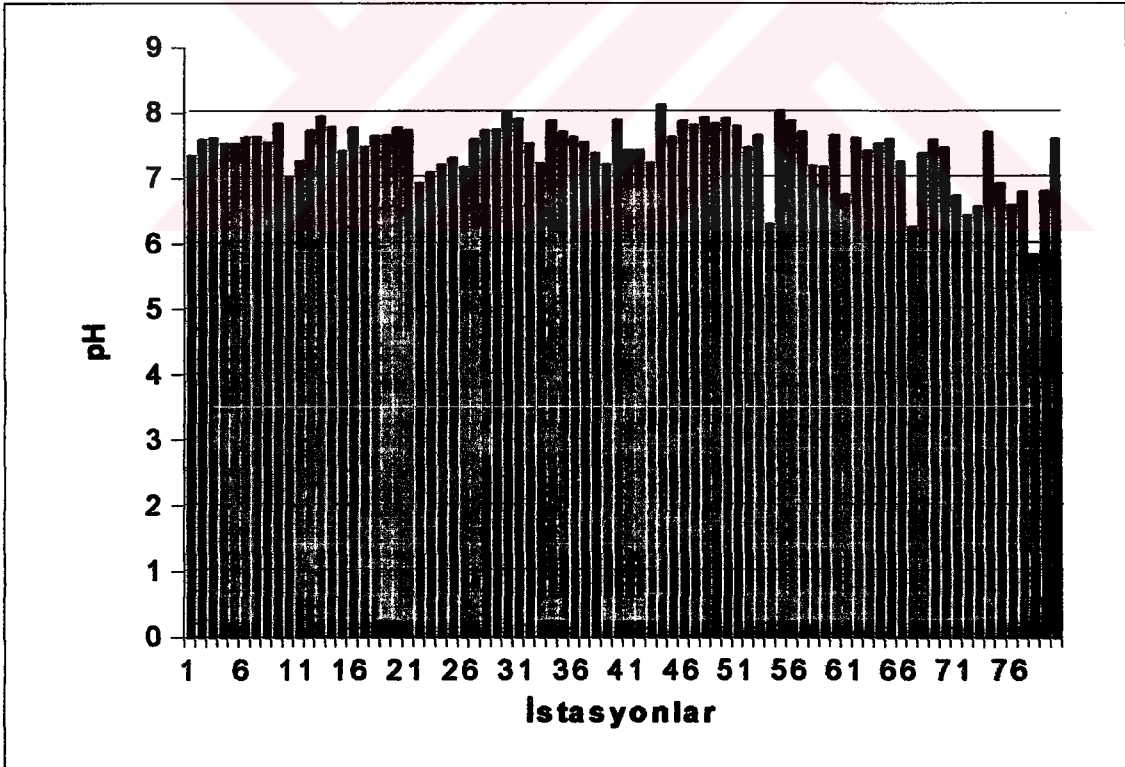
6.1.3.1 Toprak Örneklerinin pH Durumu

Toprak reaksiyonunu ifade etmek için birçok sistem vardır. Toprak reaksiyonu dissosiyeye olmuş hidrojen iyonları konsantrasyonu şeklinde ifade edilmektedir. Yani, bizim toprak reaksiyonu olarak ölçtüğümüz ve ifade ettiğimiz şey aktif asitliktir. Asitlik ve baziklik ise, bir çözeltideki hidrojen iyonları konsantrasyonunun ifadesidir. pH bir çözeltideki hidrojen iyonları konsantrasyonunun negatif logaritmasıdır (21). Alınan toprak örneklerinin pH değeri sırasıyla Çizelge 6.3'de verilmiştir.

Çizelge 6.3 Manisa Yöresi Topraklarının pH Durumu.

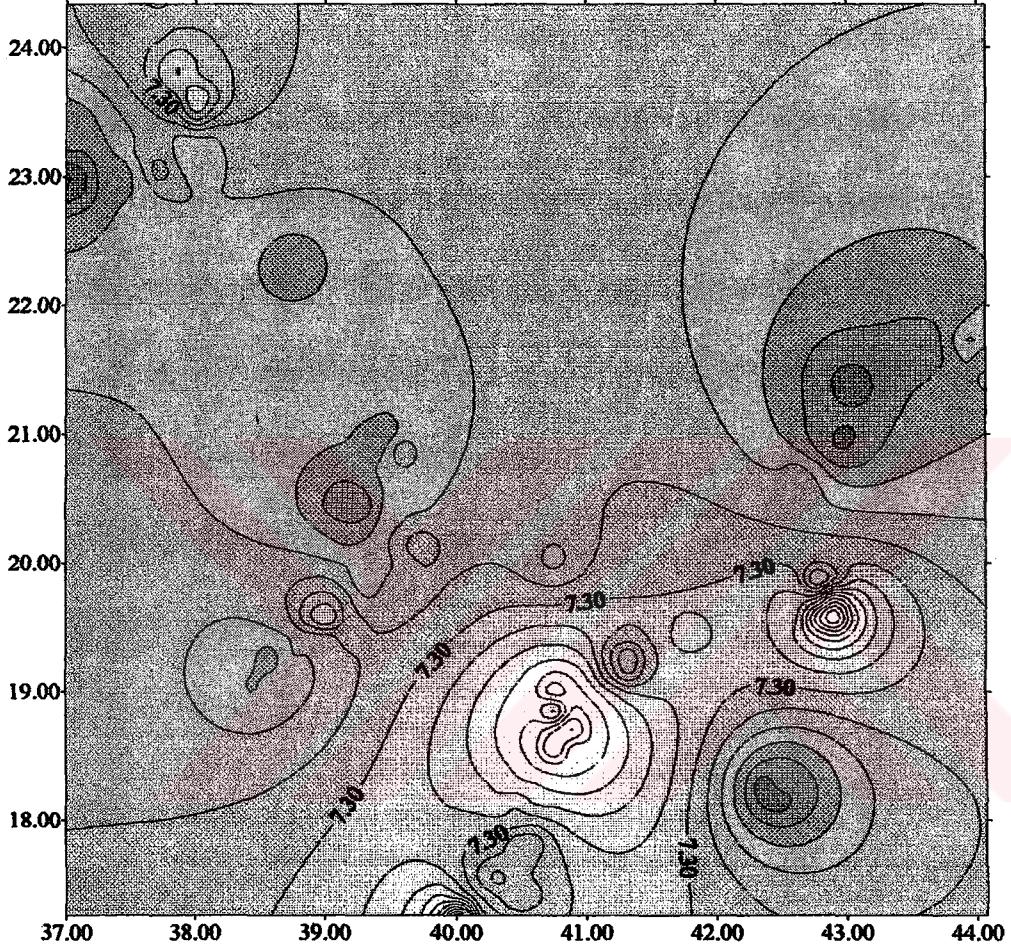
pH Değeri Sınıfı	Tarla Adeti	% Payı
Kuvvetli asit (5,1 - 5,5)	-	-
Orta asit (5,6 - 6,0)	1	1,25
Hafif asit (6,1 - 6,5)	3	3,75
Nötr (6,6 - 7,3)	21	26,25
Hafif alkalin (7,4 - 7,8)	45	56,25
Orta alkalin (7,9 - 8,4)	10	12,5

Alınan seksen adet örneğin pH değerlerine göre çizilen grafik Şekil 6.1'de verilmiştir.



Şekil 6.1 pH değerlerinin grafiği.

Seksen ayrı noktadan alınan toprak örneklerinin Surfer programında pH değerlerine göre çizilmiş olan koordinat haritası Şekil 6.2'de verilmiştir.



Şekil 6.2 Ömek noktalarındaki pH değerlerinin dağılımı.

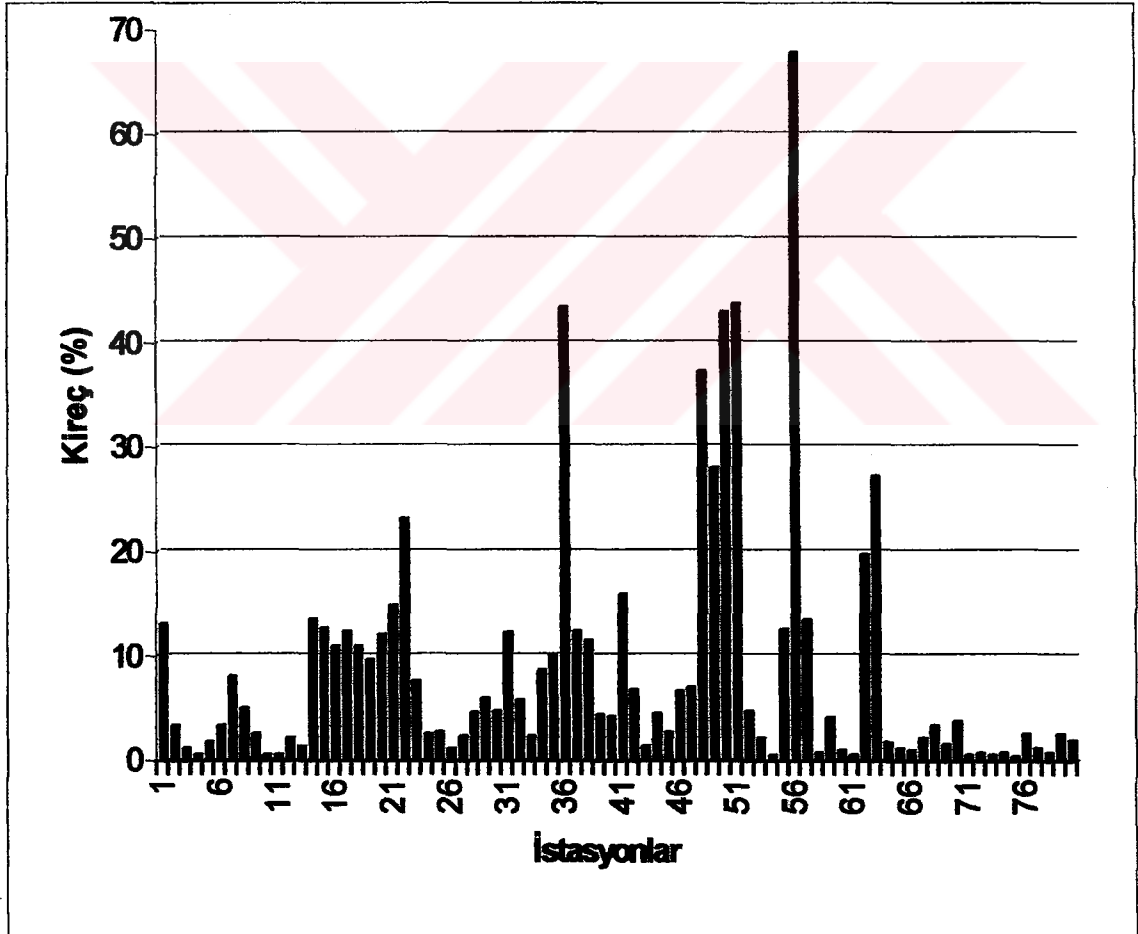
6.1.3.2 Toprakların Kireç İçerikleri

Elde edilen kireç içeriklerinin sınıflandırması Çizelge 6.4'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.4 Toprakların Kireç İçerikleri

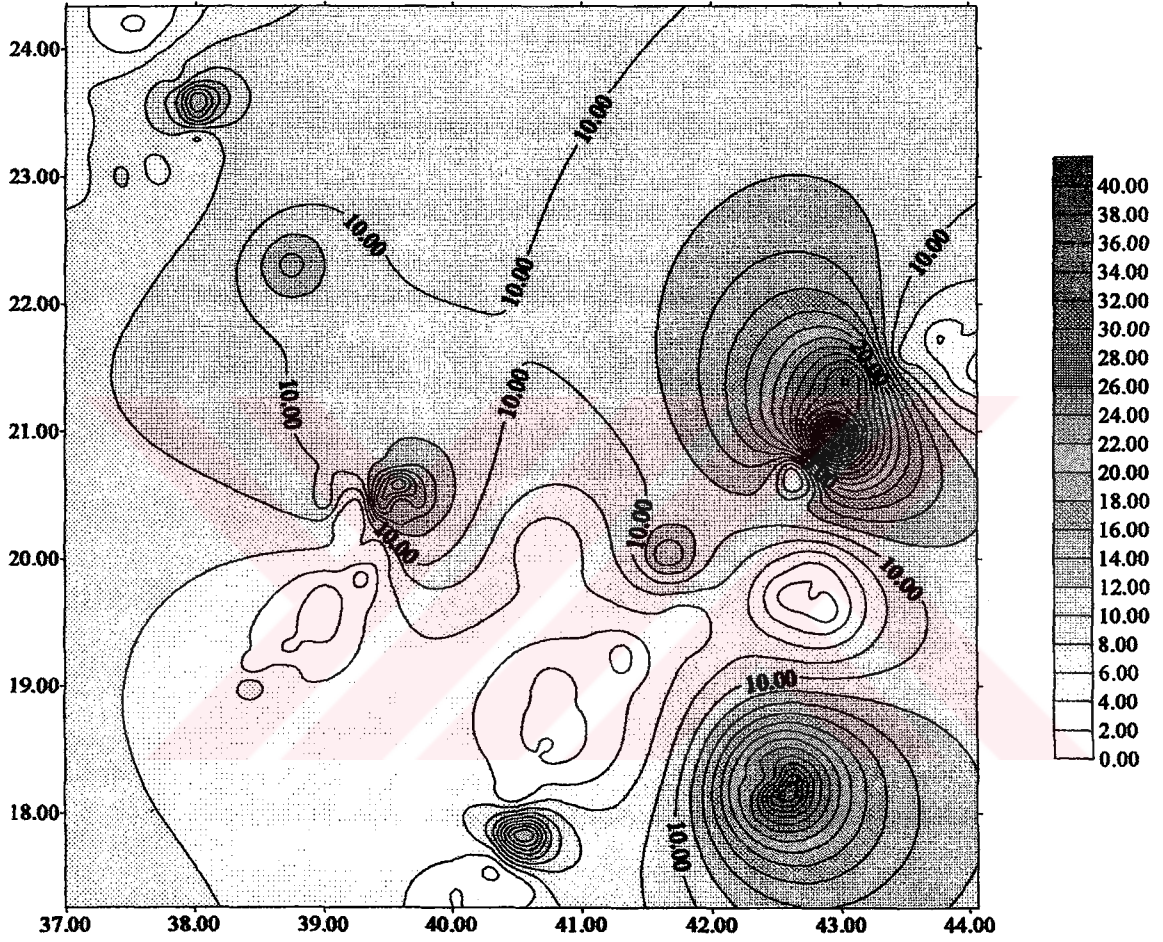
Kireç İçerikleri	%	Tarla Adedi	% Payı
Kireççe Fakir	0,0-2,5	33	41,25
Orta Kireçli	2,6-5,0	14	17,5
Kireçli	5,1-10,0	10	12,5
Fazla Kireçli	> 10,0	23	28,75

Alınan seksen adet örneğin kireç içeriklerine göre çizilen grafik Şekil 6.3'de verilmiştir.



Şekil 6.3 Kireç içeriklerinin % cinsinden çizilen grafiği

Seksen ayrı noktadan alınan toprak örneklerinin Surfer programında CaCO_3 (Kireç) değerlerine göre çizilmiş olan koordinat haritası Şekil 6.4'de verilmiştir.



Şekil 6.4 Örnek noktalarındaki CaCO_3 dağılımı.

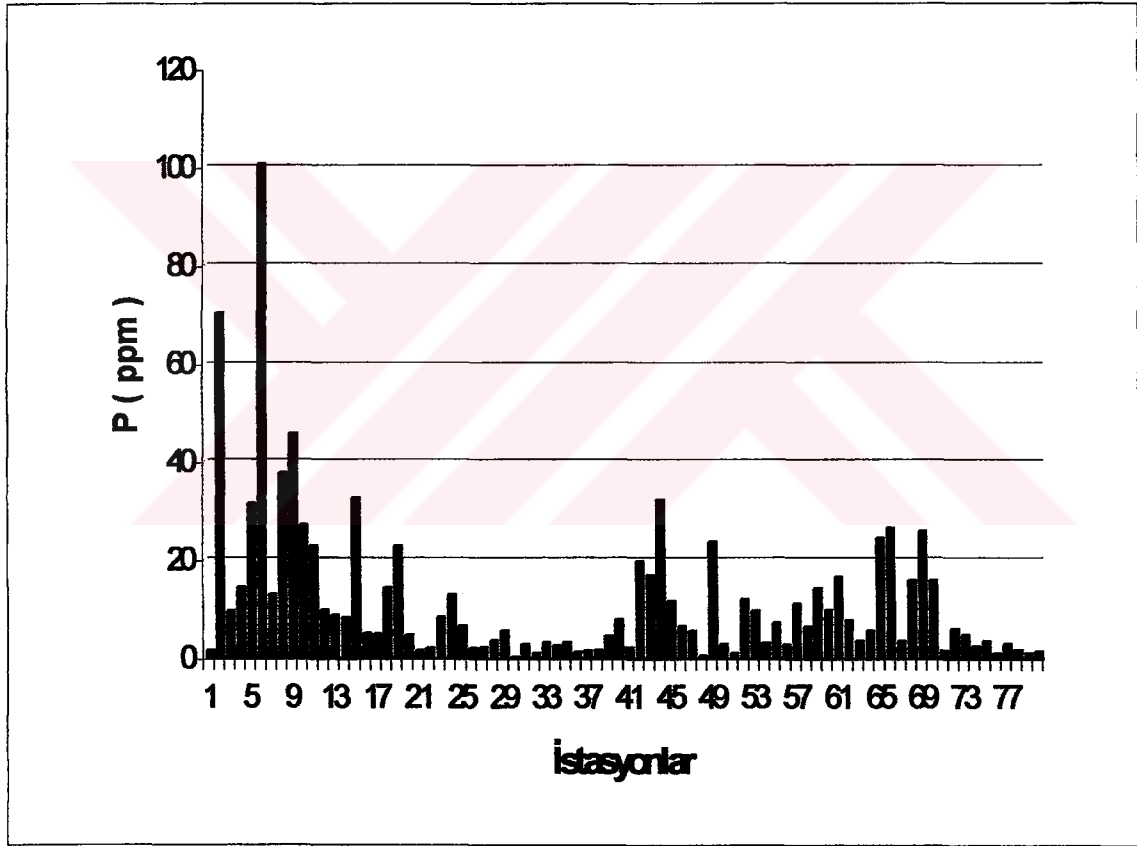
6.1.3.3 Toprakların Fosfor İçerikleri

Elde edilen fosfor içeriklerinin sınıflandırması Çizelge 6.5'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 6.5 Toprakların Fosfor İçerikleri

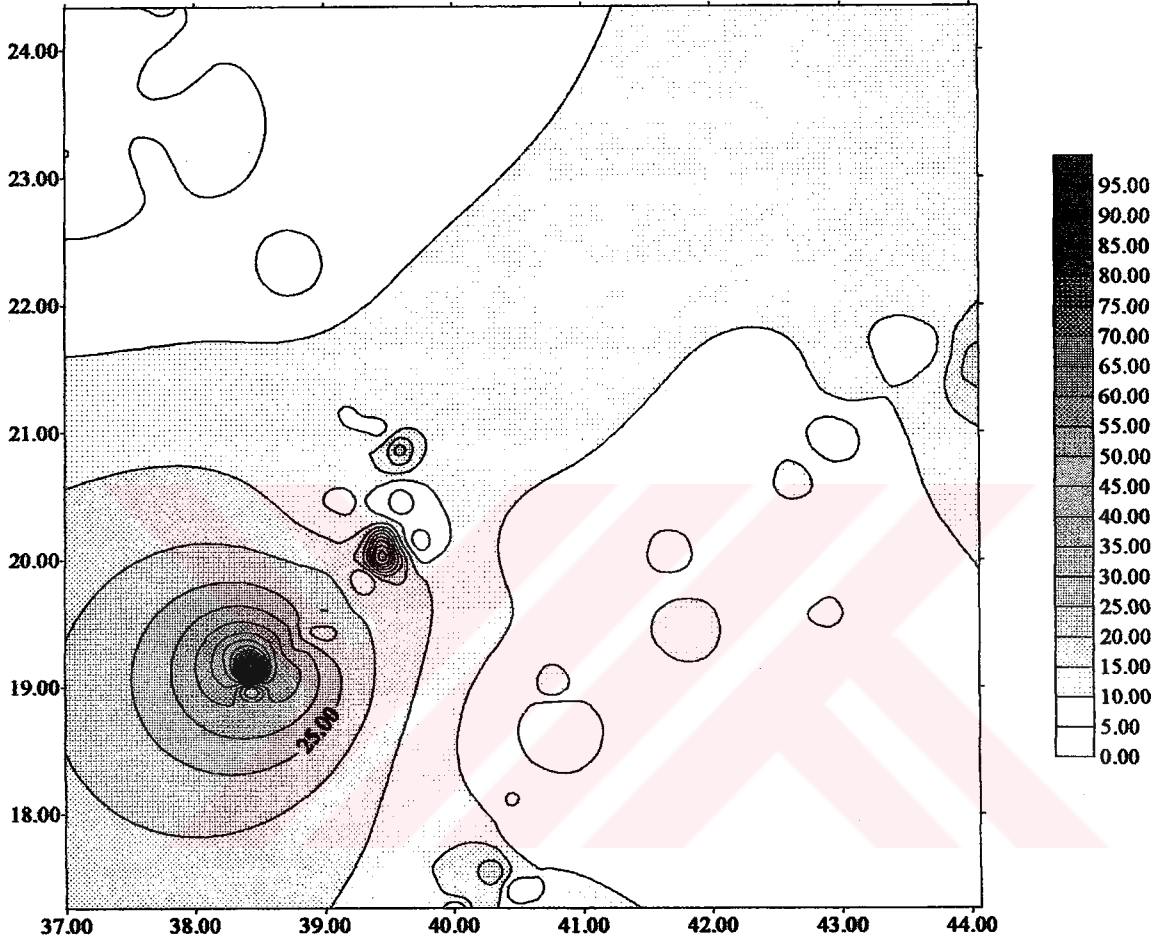
Fosfor İçerikleri	P (ppm)	Tarla Adedi	% Payı
Fosforca çok fakir	< 7	44	55
Fosforca orta	7-20	21	26,25
Fosforca yüksek	> 20	15	18,75

Alınan seksen adet örneğin fosfor değerlerine göre çizilen grafik Şekil 6.5'de gösterildiği gibidir.



Şekil 6.5 P ' nin (fosfor) ppm cinsinden çizilen grafiği.

Seksen ayrı noktadan alınan toprak örneklerinin Surfer programında Fosfor (P) değerlerine göre çizilmiş olan koordinat haritası Şekil 6.6'de verilmiştir.



Şekil 6.6 Örnek noktalarındaki fosfor değerlerinin dağılımı.

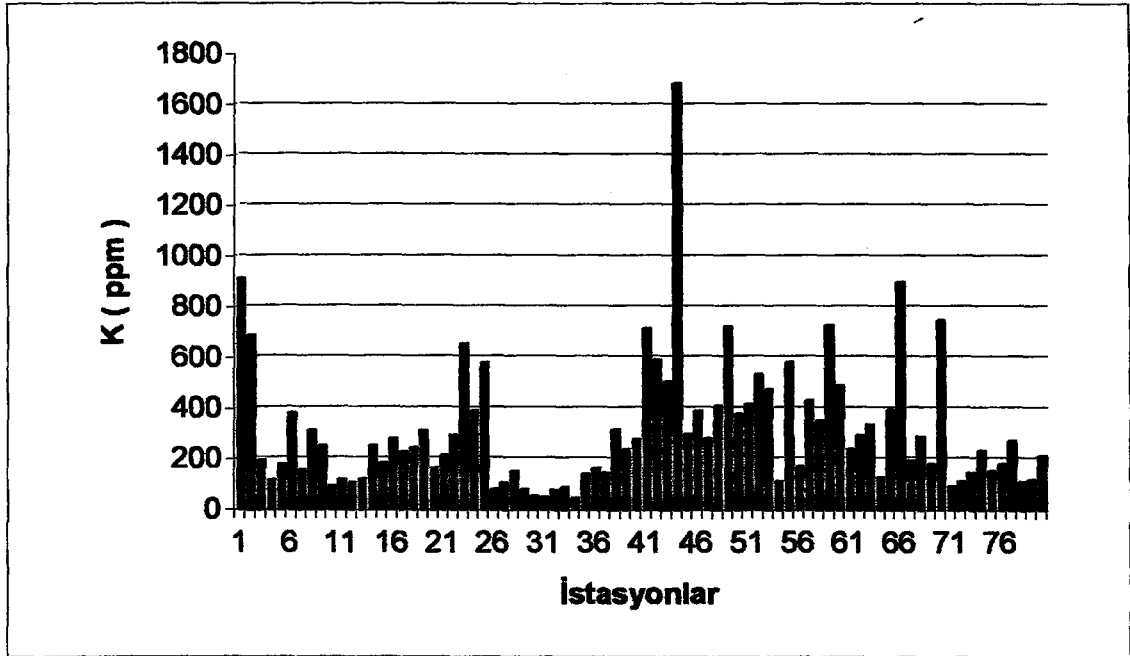
6.1.3.4 Toprakların Potasyum İçerikleri

Topraktaki potasyum miktarı kaba kum toprakları dışında, genellikle yeterli ve hatta bol miktarda bulunmaktadır. Toprağın en önemli potasyum kaynağı mikadadır. İnce taneli toprakların potasyum bakımından durumları daha iyidir. Yapılan araştırmalara göre orman topraklarında genellikle 20-100 ppm miktarında değişebilir halde potasyum bulunduğu tespit edilmiştir. Potasyum bitkilerin kuraklığa ve bazı hastalıklara karşı dayanıklılığını artırır (21). Potasyum bitkiler tarafından oldukça yüksek miktarlarda absorbe edilen bir besin maddesidir. Birçok topraklarda da oldukça yüksek miktarlarda bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 6.6'da verilmiştir.

Çizelge 6.6. Toprakların Değişebilir Potasyum İçerikleri

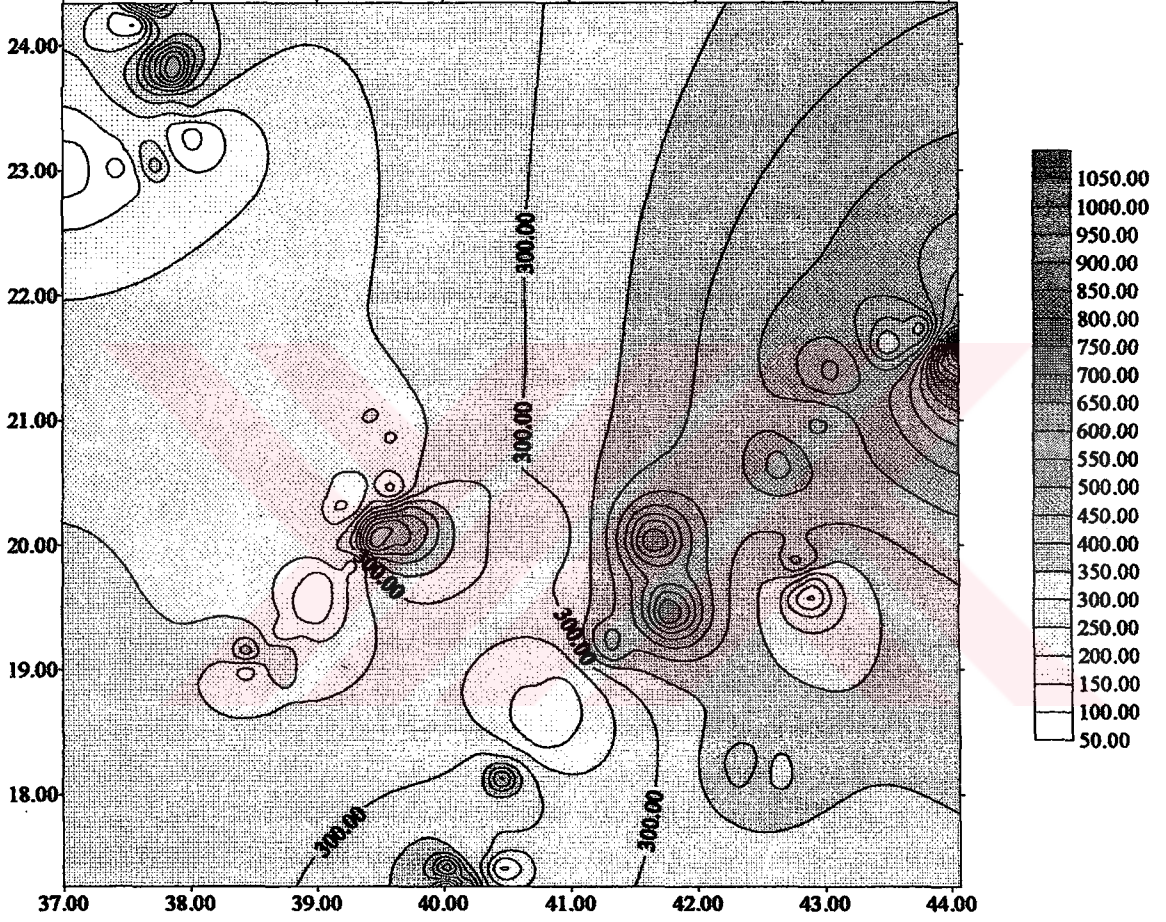
Potasyum İçerikleri	K me/100 g	Tarla Adedi	% Payı
Potasyumca çok düşük	< 0,255	43	53,75
Potasyumca düşük	0,256-0,385	17	21,25
Potasyumca orta	0,386-0,510	7	8,75
Potasyumca oldukça iyi	0,511-0,640	4	5
Potasyumca yüksek	0,641-0,820	6	7,5
Potasyumca çok yüksek	> 0,820	3	3,75

Alınan seksen adet örneğin potasyum içeriklerine göre çizilen grafik Şekil 6.7'de verilmiştir.



Şekil 6.7 K'nın ppm cinsinden çizilen grafiği

Seksen ayrı noktadan alınan toprak örneklerinin Surfer programında potasyum (K) değerlerine göre çizilmiş olan koordinat haritası Şekil 6.8'de verilmiştir.



Şekil 6.8 Örnek noktalarındaki K değerlerinin dağılımı.

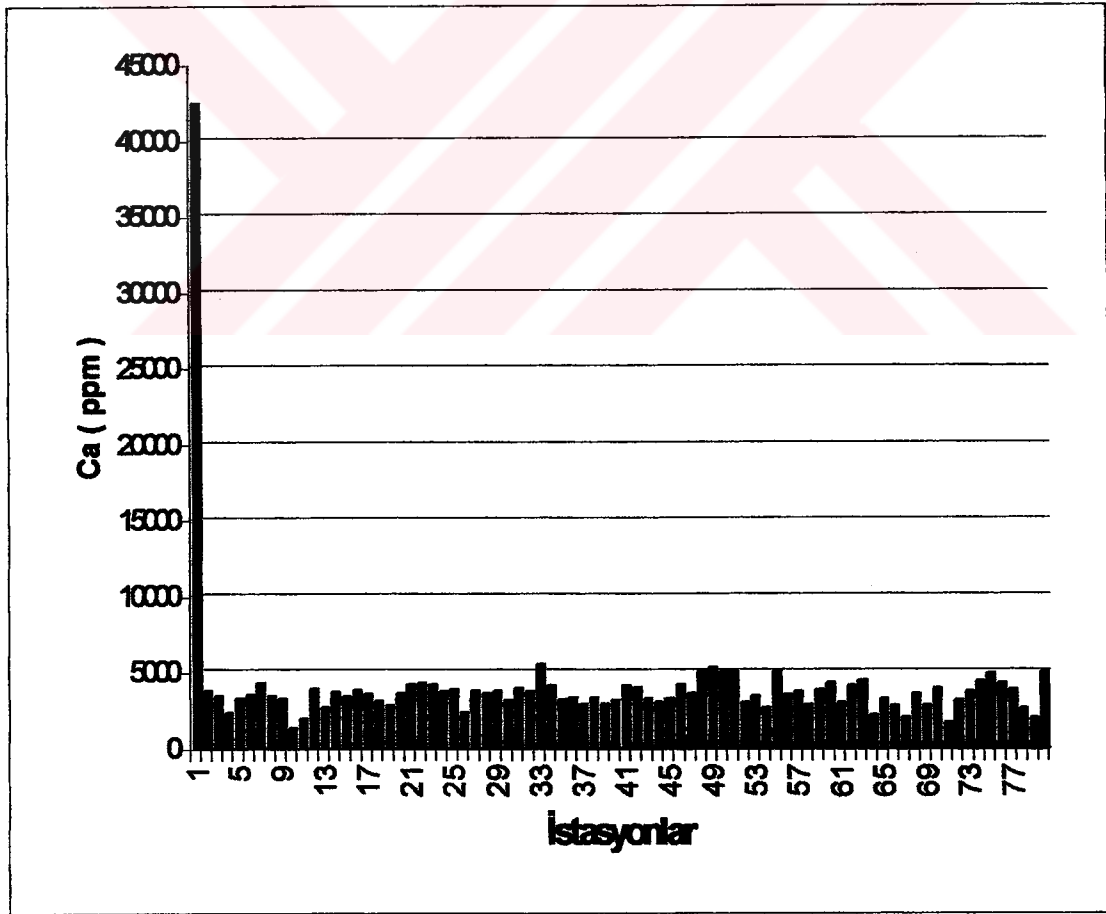
6.1.3.5 Toprakların Değişebilir Kalsiyum İçerikleri

Analiz edilen seksen adet toprak örneğinin değişebilir kalsiyum içerikleri, Çizelge 6.7'da verilmiştir.

Çizelge 6.7 Toprakların Değişebilir Kalsiyum İçerikleri

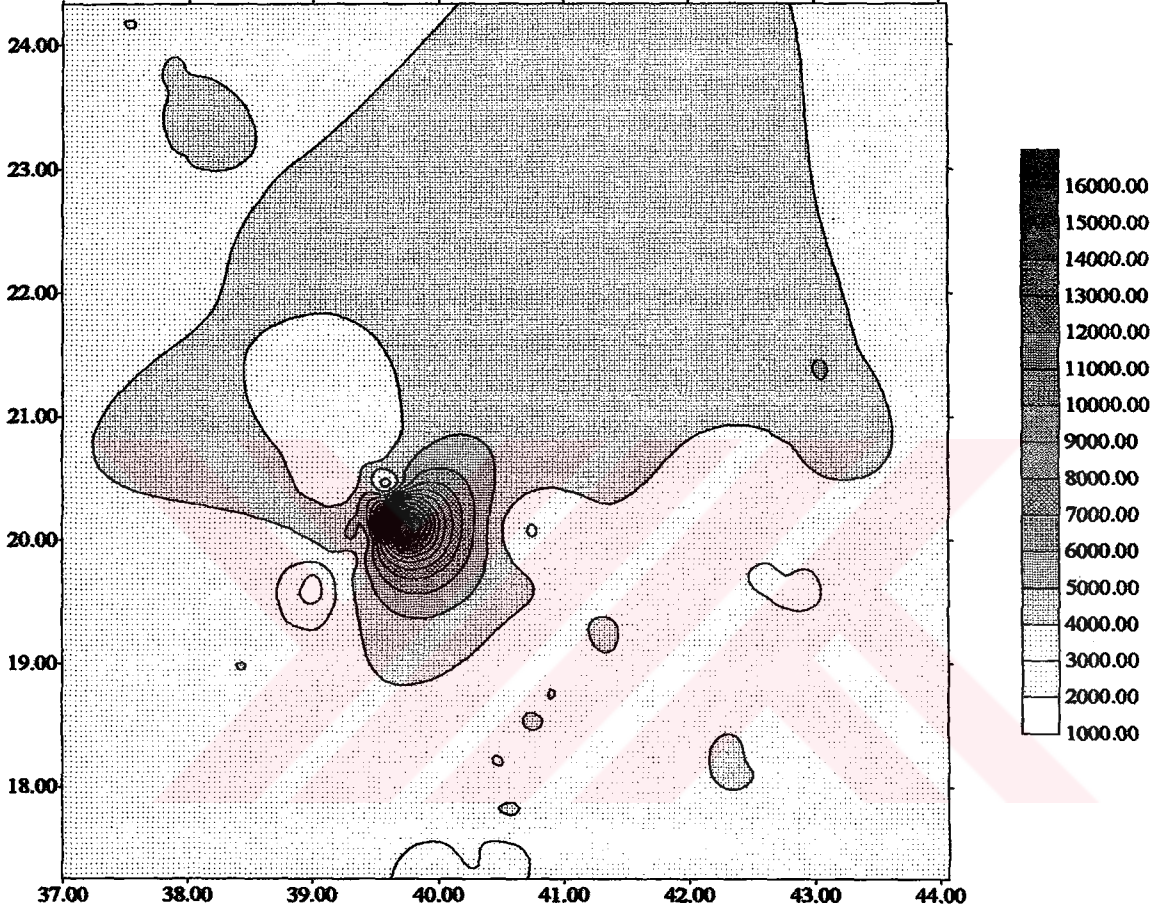
Kalsiyum İçerikleri	Ca me/ 100 g	Tarla Adedi	%
Kalsiyumca çok fakir	< 3,57	44	55
Kalsiyumca fakir	3,58-7,15	36	45
Kalsiyumca orta	7,16-14,30	-	-
Kalsiyumca iyi	> 14,30	-	-

Alınan seksen adet örneğin kalsiyum içeriklerine göre çizilen grafik Şekil 6.9'deki gibidir.



Şekil 6.9 Ca'nın ppm cinsinden çizilen grafiği

Seksen ayrı noktadan alınan toprak örneklerinin Surfer programında kalsiyum (Ca) değerlerine göre çizilmiş olan koordinat haritası Şekil 6.10'de verilmiştir.



Şekil 6.10 Örnek noktalarındaki Ca değerlerinin dağılımı

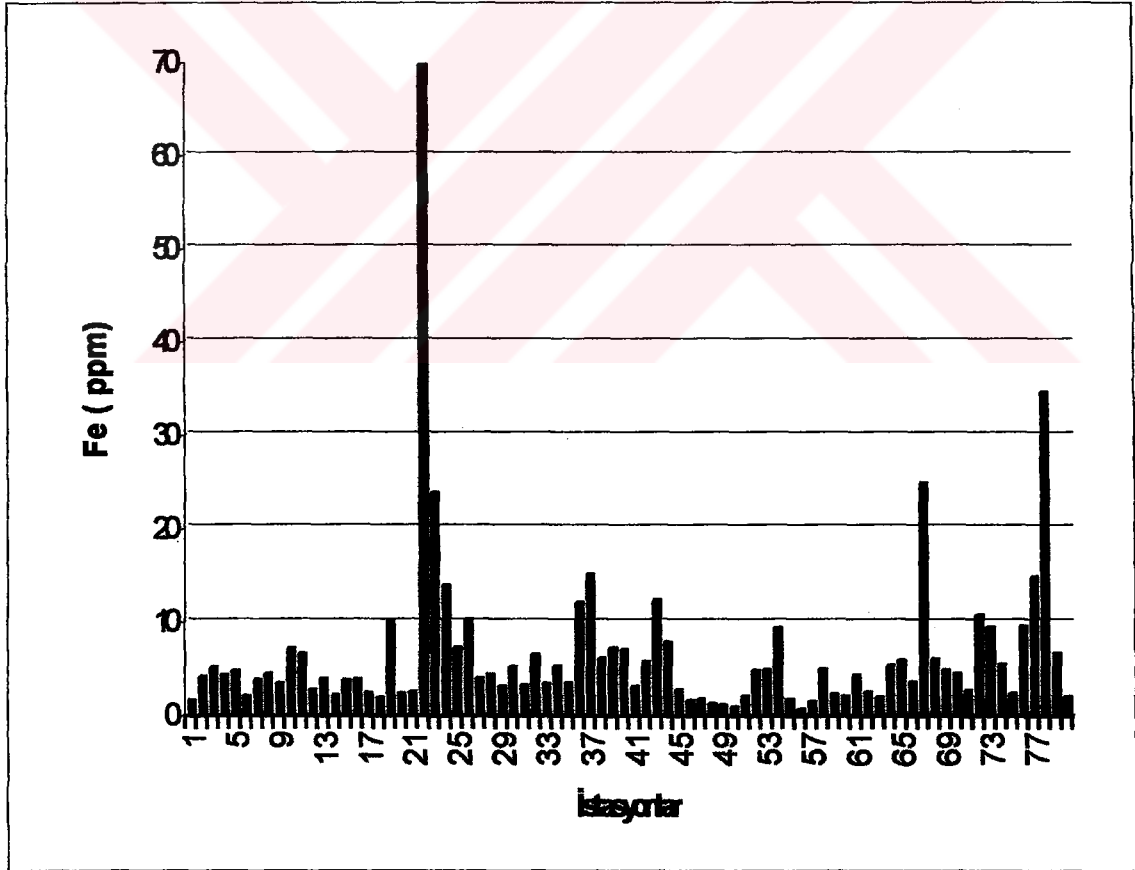
6.1.3.6 Toprakların Bitkiye Yarayışlı Demir İçerikleri

Demir yüzde miktarı bakımından yer kabuğunu oluşturan metaller arasında dördüncü sıradadır. Analiz edilen örneklerden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.8'de verilmiştir.

Çizelge 6.8 Toprakların Bitkiye Yarayışlı Demir İçerikleri.

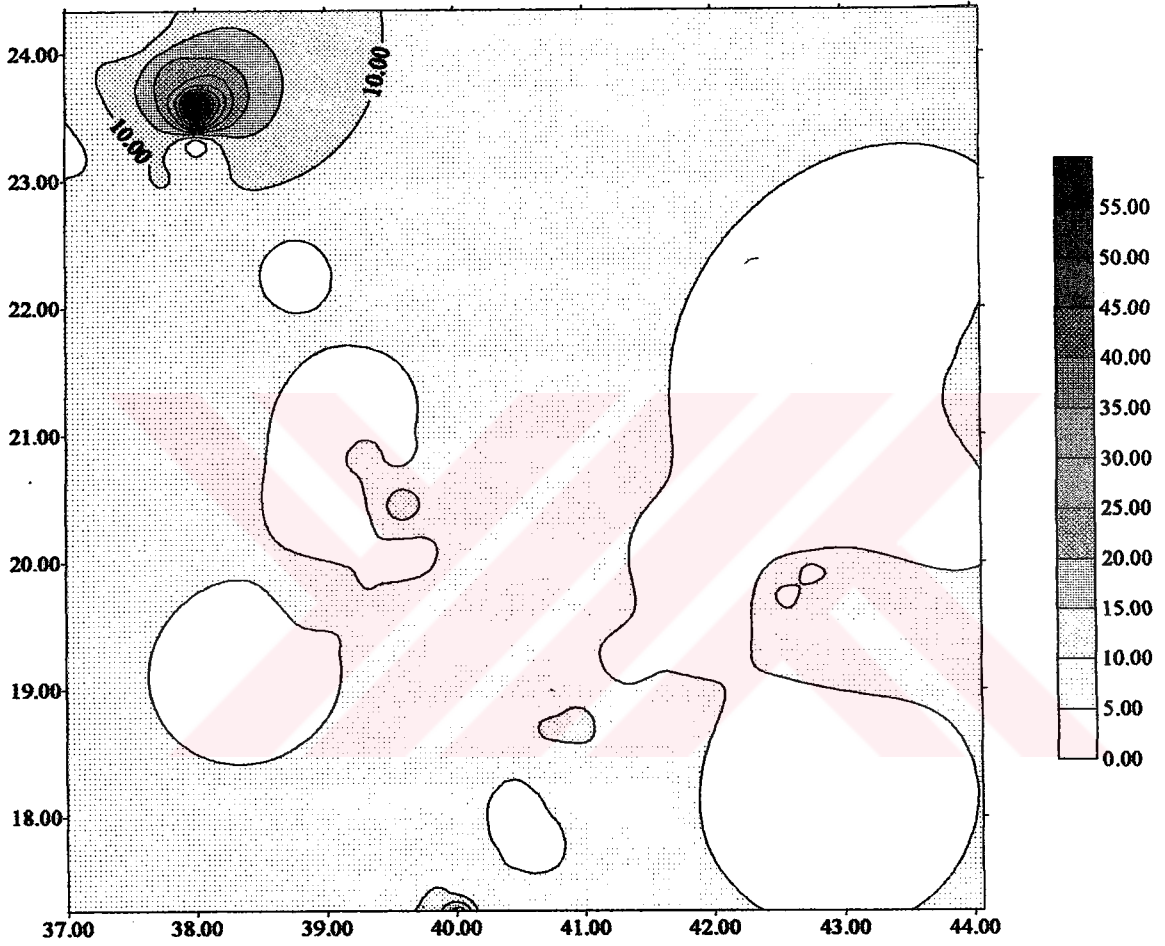
Demir İçerikleri	Fe (ppm)	Tarla Adedi	%
Demirce düşük	< 12	72	90
Demirce iyi	12-20	4	5
Demirce yüksek	> 20	4	5

Alınan seksen adet örneğin demir içeriklerine göre çizilmiş olan grafik Şekil 6.11'deki gibidir.



Şekil 6.11 Fe'nin ppm cinsinden çizilen grafiği.

Seksen ayrı noktadan alınan toprak örneklerinin Surfer programında demir (Fe) değerlerine göre çizilmiş olan koordinat haritası Şekil 6.12'de verilmiştir.



Şekil 6.12 Örnek noktalarındaki Fe değerlerinin dağılımı

6.1.3.7 Toprakların Bitkiye Yarayışlı Bakır İçerikleri

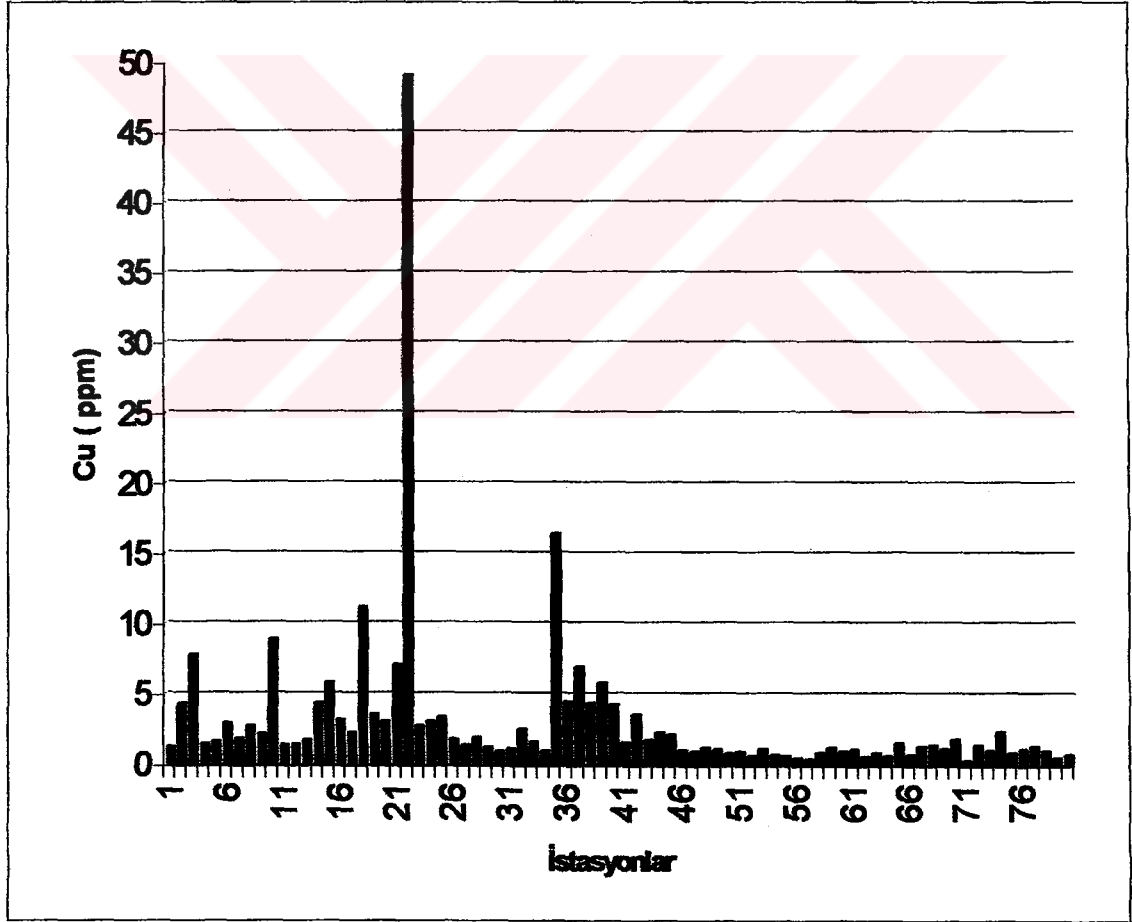
Analiz edilen örneklerden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.9'de verilmiştir.

Çizelge 6.9 Toprakların Bitkiye Yarayışlı Bakır İçerikleri

Bakır İçerikleri	Cu (ppm)	Tarla Adedi	%
Bakırca düşük	< 1,0	29	36,25
Bakırca iyi	1,1-3,0	33	41,25
Bakırca yüksek	> 3,0	18	22,5

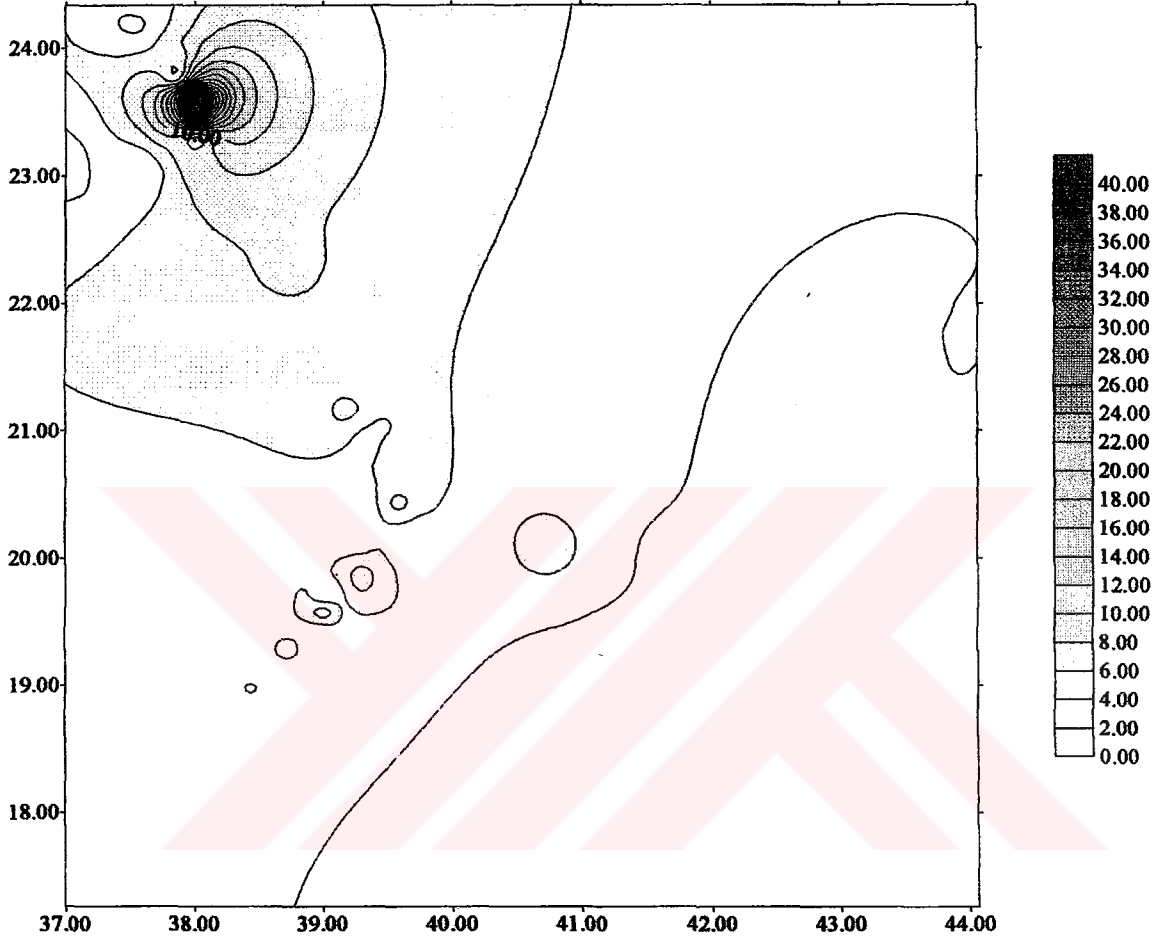
Bu sonuçlara göre örneklerin yaklaşık % 41'i bakırca iyidir.

Alınan seksen adet örneğin bakır içeriklerine göre çizilen grafik Şekil 6.13'de verildiği gibidir.



Şekil 6.13 Cu'n ppm cinsinden çizilen grafiği

Seksen ayrı noktadan alınan toprak örneklerinin Surfer programında bakır (Cu) değerlerine göre çizilmiş olan koordinat haritası Şekil 6.14'de verilmiştir.



Şekil 6.14 Önek noktalarındaki Cu değerlerinin dağılımı.

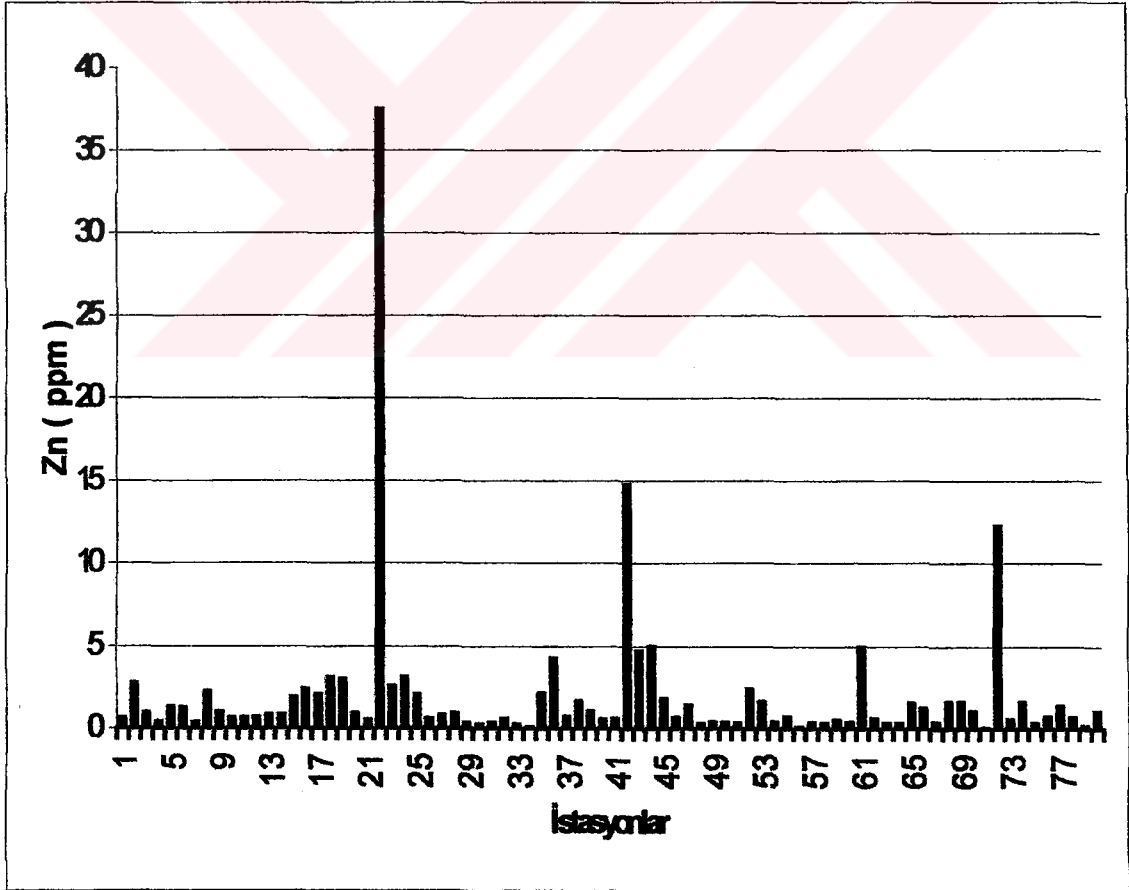
6.1.3.8 Toprakların Bitkiye Yarayışlı Çinko İçerikleri

Analiz edilen örneklerden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.10'da verilmiştir.

Çizelge 6.10 Toprakların Bitkiye Yarayışlı Çinko İçerikleri.

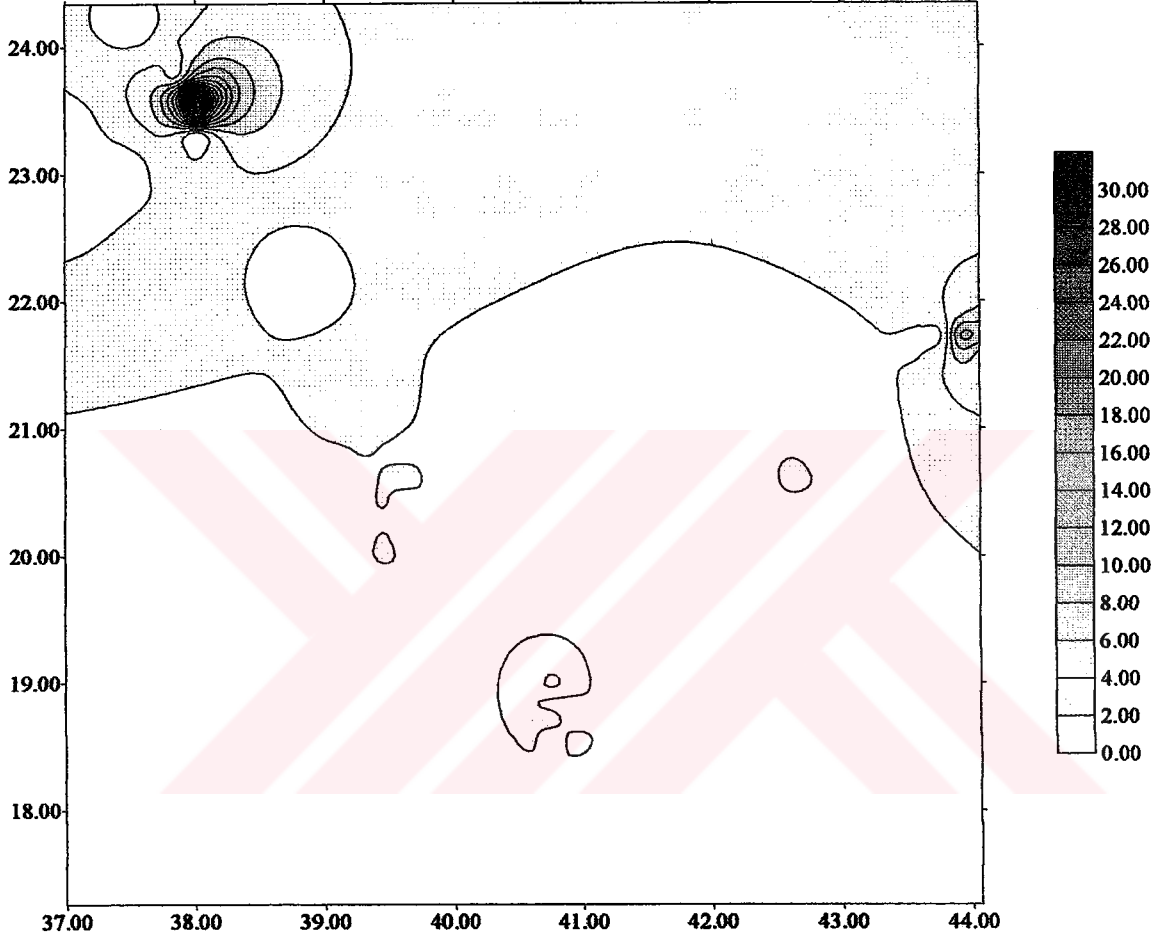
Çinko İçerikleri	Zn (ppm)	Tarla Adedi	%
Çinkoca düşük	< 0,5	20	25
Çinkoca iyi	0,5-1,0	25	31,25
Çinkoca yüksek	> 1,0	35	43,75

Alınan seksen adet örneğin çinko içeriklerine göre çizilen grafik Şekil 6.15'de verildiği gibidir.



Şekil 6.15 Zn'in ppm cinsinden çizilen grafiği.

Seksen ayrı noktadan alınan toprak örneklerinin Surfer programında Çinko (Zn) değerlerine göre çizilmiş olan koordinat haritası Şekil 6.16'de verilmiştir



Şekil 6.16 Örnek noktalarındaki Zn değerlerinin dağılımı.

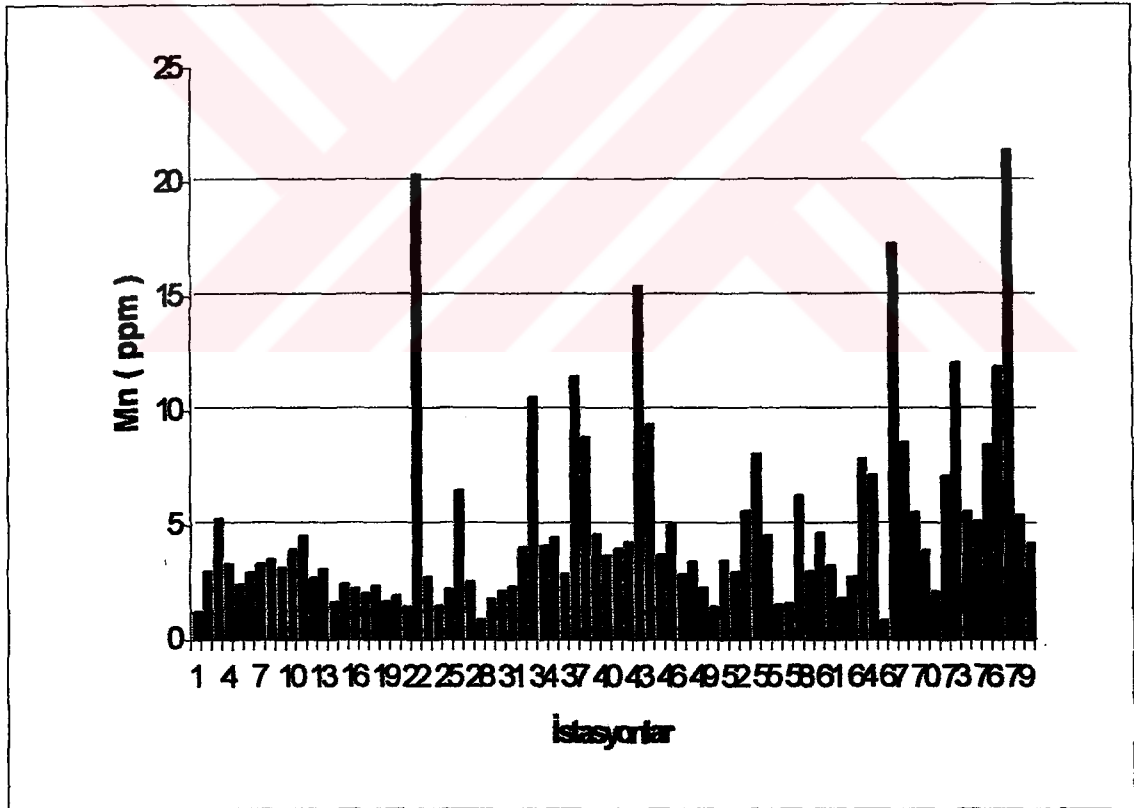
6.1.3.9 Toprakların Bitkiye Yarayışlı Mangan İçerikleri

Analiz edilen örneklerden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.11'da verildiği gibidir.

Çizelge 6.11 Toprakların Bitkiye Yarayışlı Mangan İçerikleri.

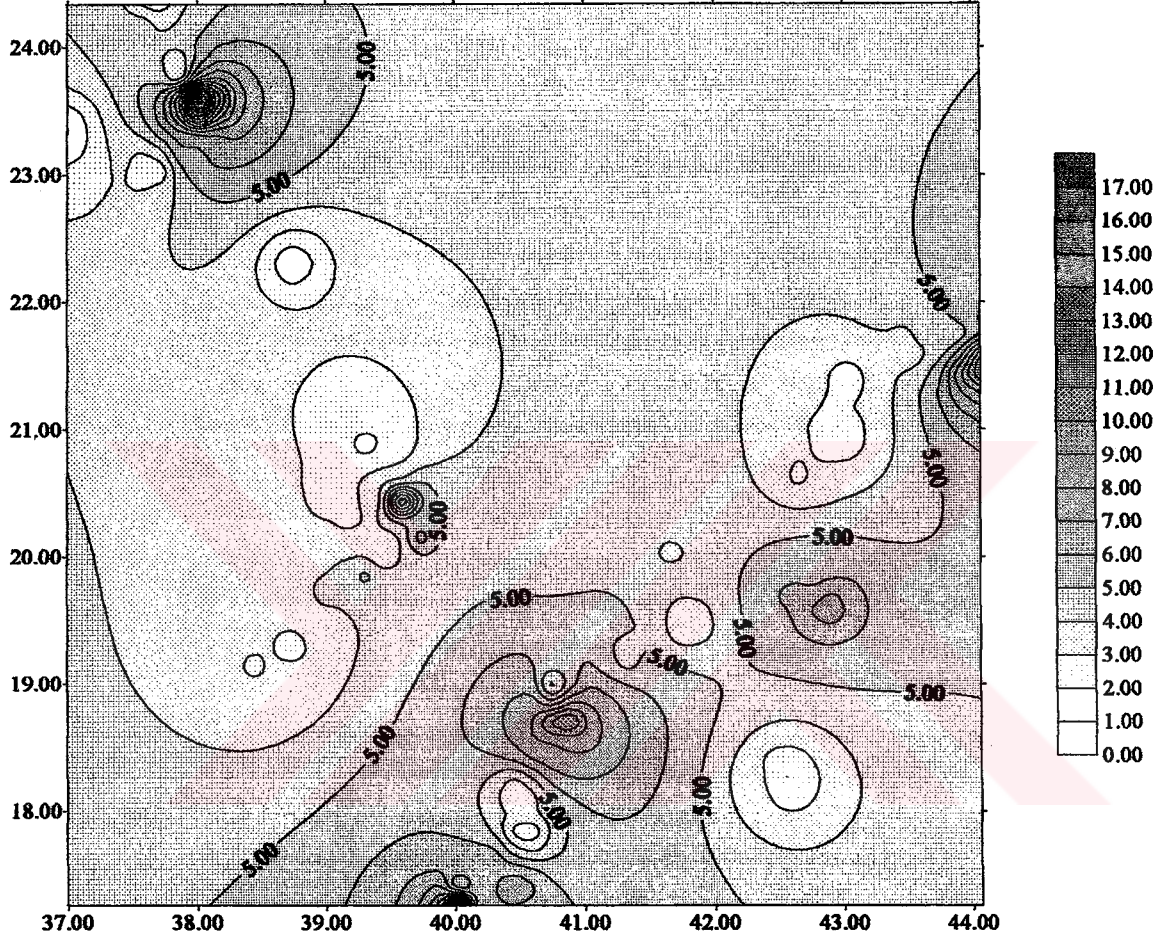
Mangan İçerikleri	Mn (ppm)	Tarla Adedi	%
Manganca çok düşük	< 0,5	-	-
Manganca düşük	0,5-10,0	72	90
Manganca iyi	10,0-30,0	8	10
Manganca yüksek	30,0-50,0	-	-
Manganca çok yüksek	> 50,0	-	-

Alınan seksen adet örneğin mangan içeriklerine göre çizilmiş grafik Şekil 6.17'da verildiği gibidir.



Şekil 6.17 Mn'un ppm cinsinden çizilen grafiği.

Seksen ayrı noktadan alınan toprak örneklerinin Surfer programında Mangan (Mn) değerlerine göre çizilmiş olan koordinat haritası Şekil 6.18'de verilmiştir.



Şekil 6.18 Ömek noktalarındaki Mn değerlerinin dağılımı.

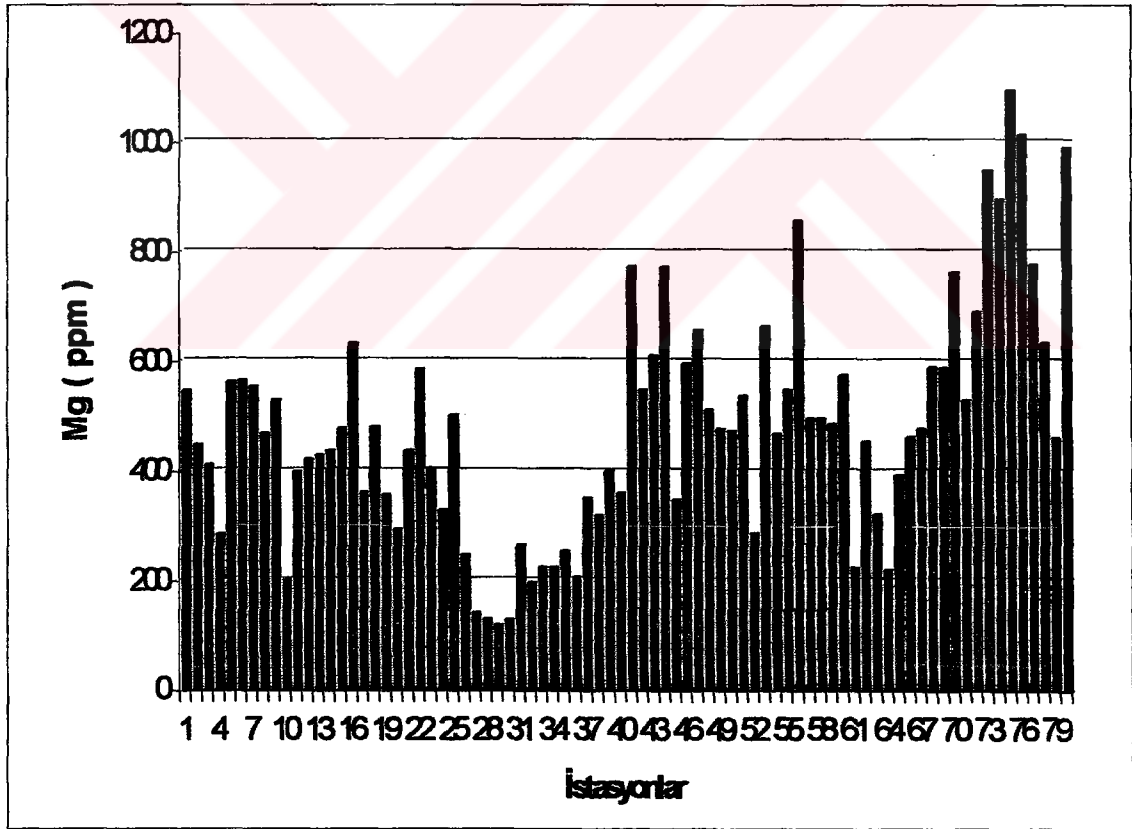
6.1.3.10 Toprakların Magnezyum İçerikleri

Analiz edilen örneklerden elde edilen sonuçlar Çizelge 6.12'de verildiği gibidir.

Çizelge 6.12 Toprakların Magnezyum İçerikleri.

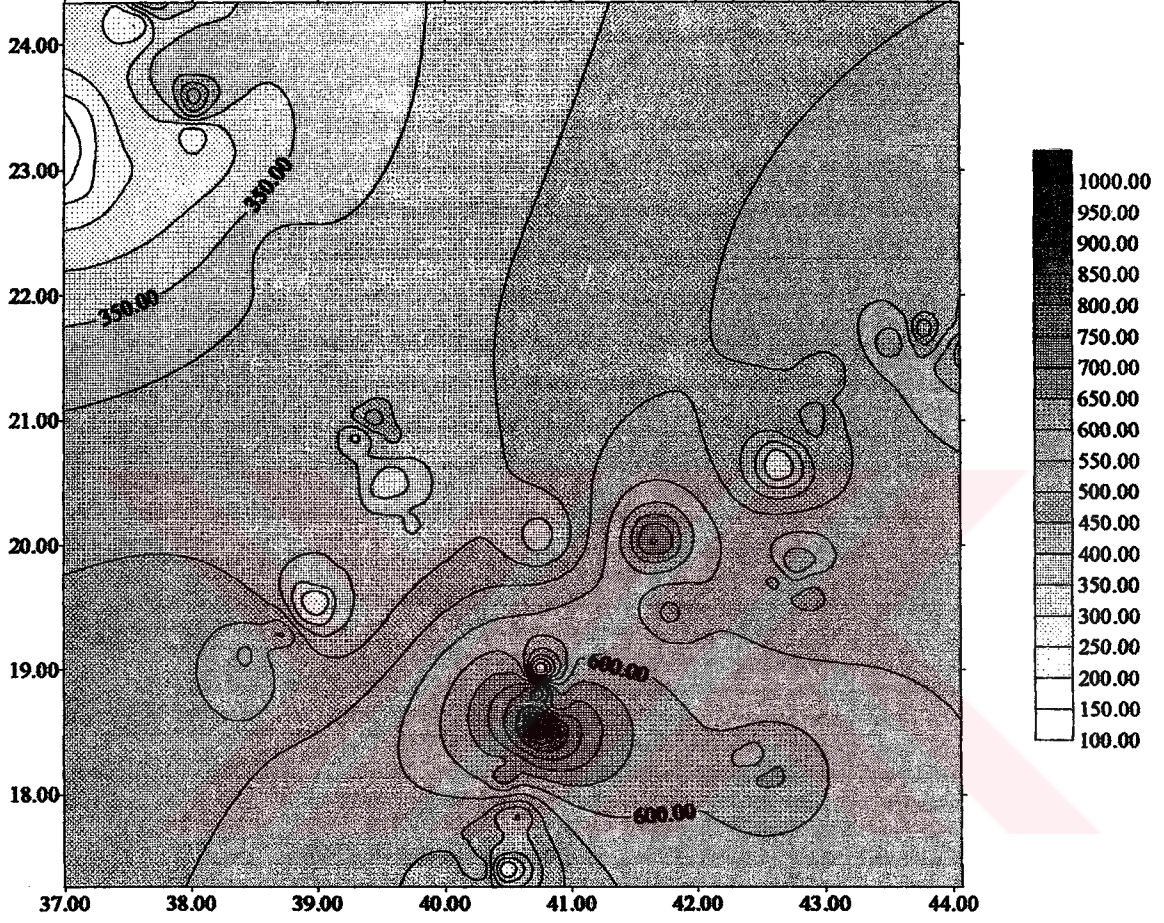
Magnezyum İçerikleri	Mg ma / 100 g	Tarla Adedi	%
Magnezyumca çok fakir	< 0,67	69	86
Magnezyumca fakir	0,68-1,33	11	14
Magnezyumca iyi	1,34-2,92	-	-
Magnezyumca yüksek	2,93-4,16	-	-
Magnezyumca çok yüksek	>4,17	-	-

Alınan seksen adet örneğin mangan içeriklerine göre çizilmiş grafik Şekil 6.19'de verildiği gibidir.



Şekil 6.19 Mg'un ppm cinsinden çizilen grafiği.

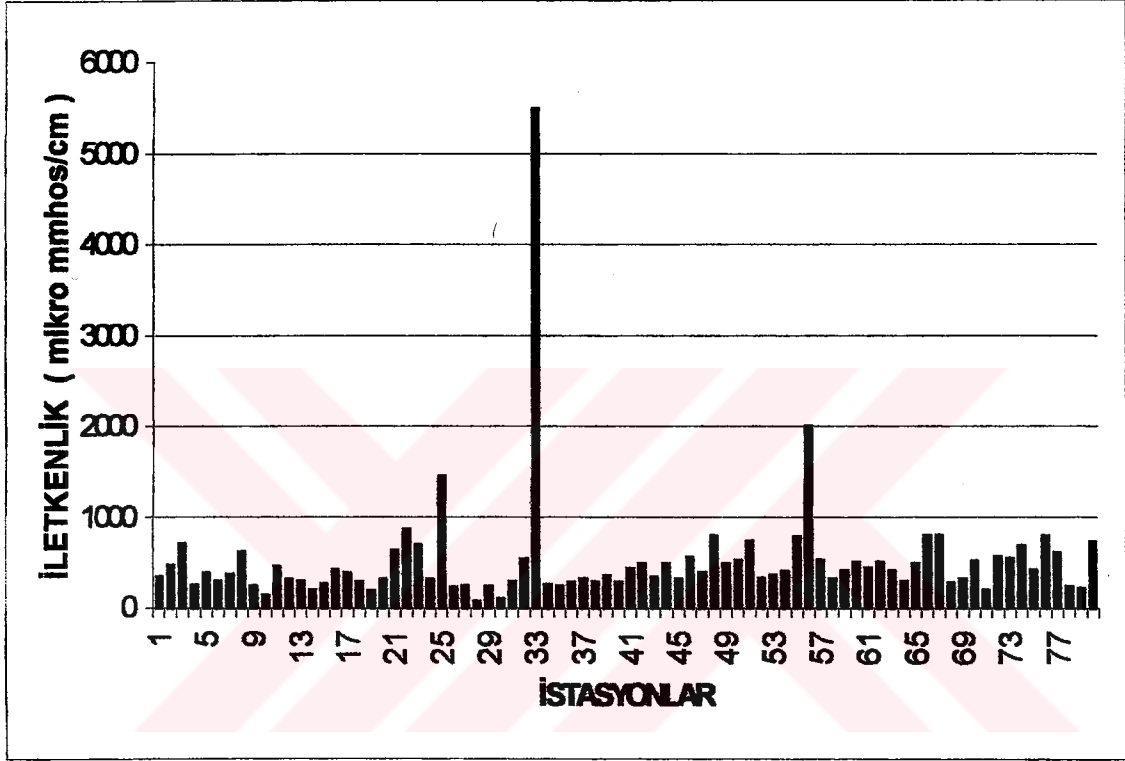
Seksen ayrı noktadan alınan toprak örneklerinin Surfer programında Magnezyum (Mg) değerlerine göre çizilmiş olan koordinat haritası Şekil 6.20'de verilmiştir.



Şekil 6.20 Örnek noktalarındaki Mg değerlerinin dağılımı.

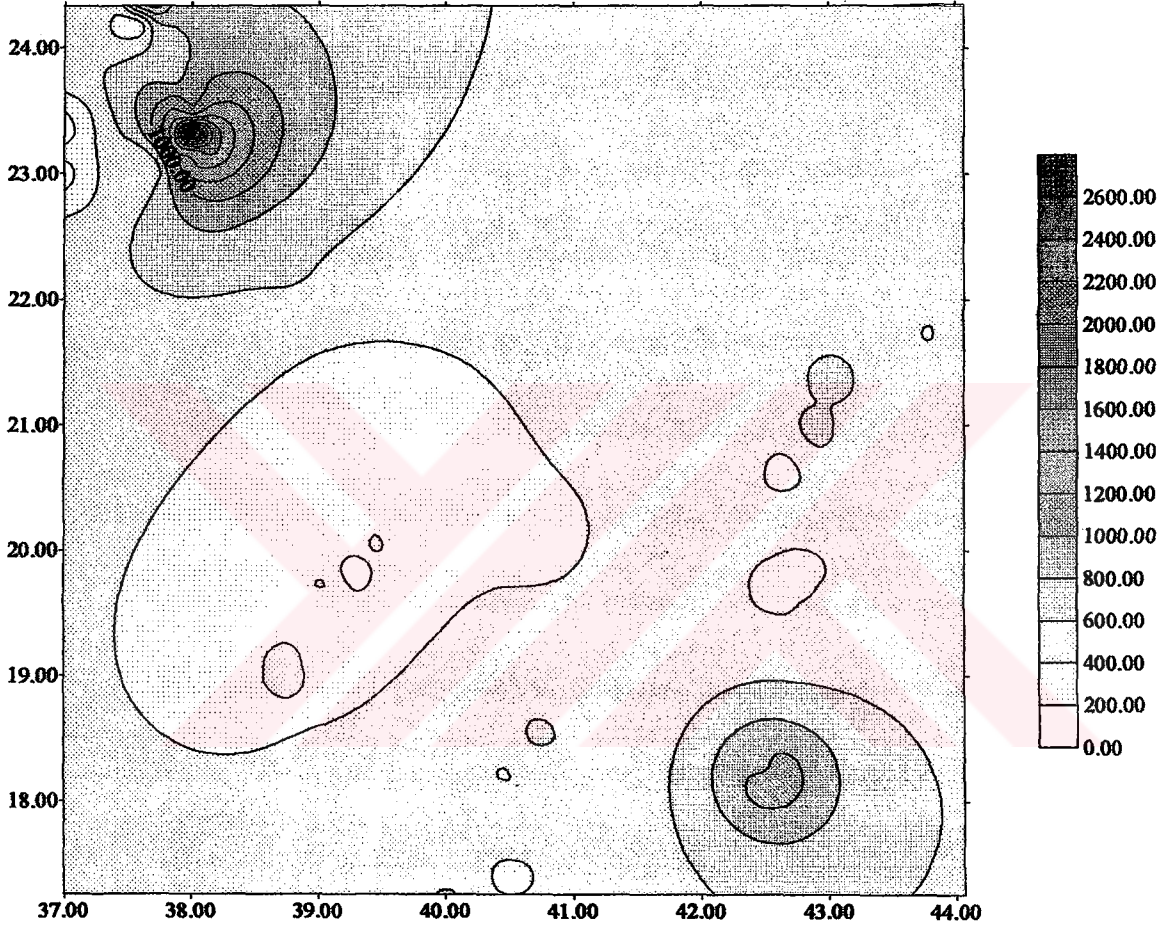
6.1.3.11 Toprakların İletkenlik Durumları

Alınan seksen adet toprak örneğinin iletkenlik durumlarını gösteren grafik Şekil 6.21'da verilmiştir.



Şekil 6.21 Ömeklerin iletkenlik değerleri.

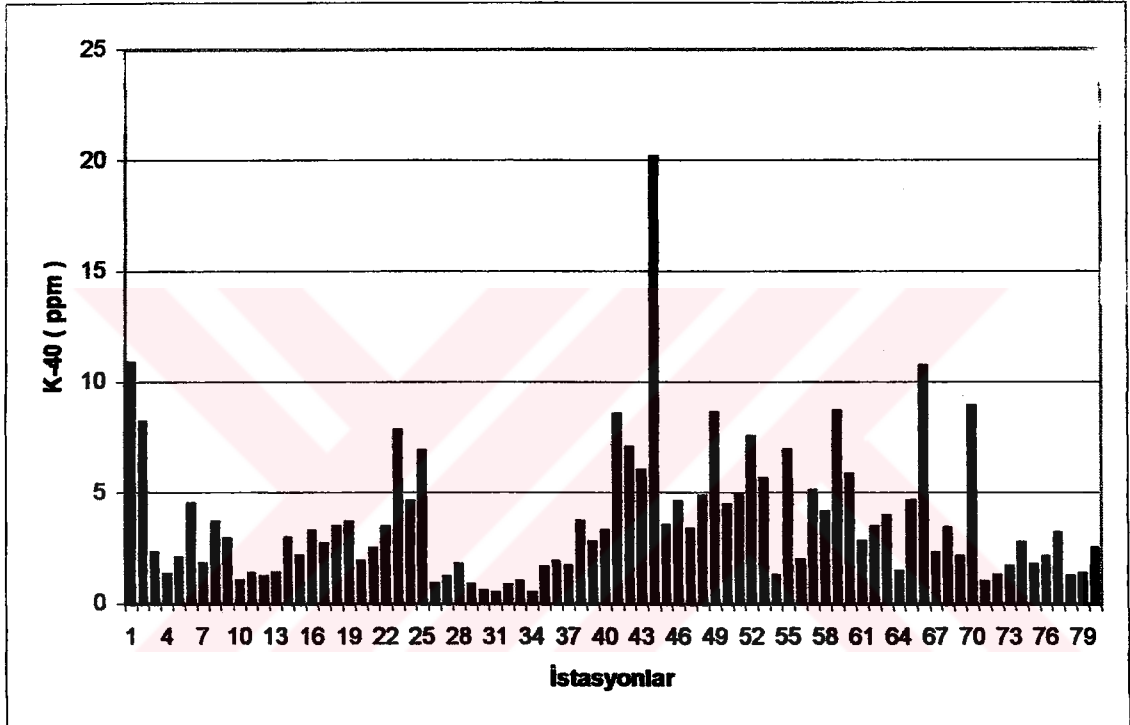
Seksen ayrı noktadan alınan toprak örneklerinin Surfer programında iletkenlik değerlerine göre çizilmiş olan koordinat haritası Şekil 6.22'de verilmiştir.



Şekil 6.22 Önek noktalarındaki iletkenlik değerlerinin dağılımı.

6.1.3.12 Toprakların K^{40} (Potasyum-40) Durumları

Alınan seksen adet örneğin K^{40} sonuçları Çizelge 6.13'de çeşitli birimlerde verilmiştir. Bu değerler ICP-AES 'den elde edilen K değerlerinin 0,012 katsayısı ile çarpılarak elde edilen $K-40$ değerleridir.



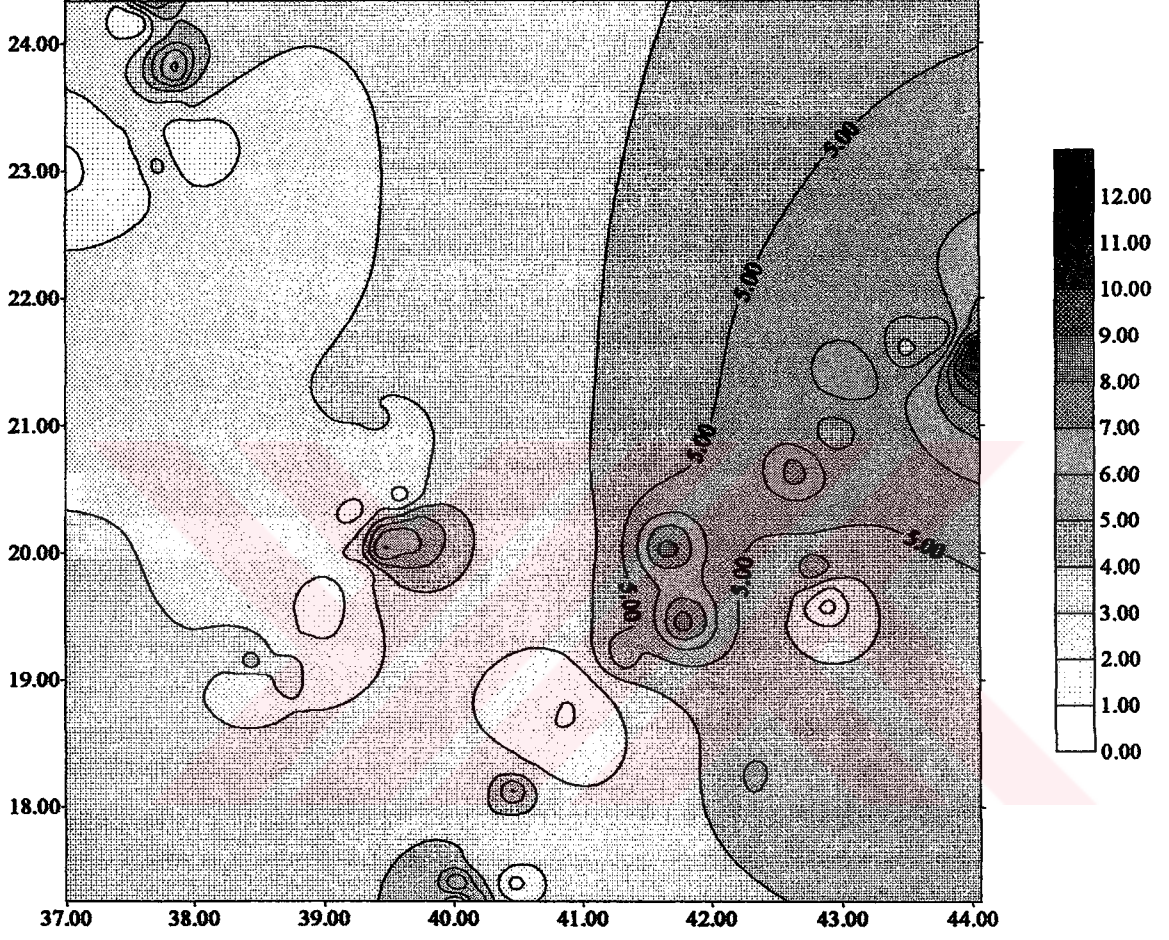
Şekil 6.23 K^{40} 'in ppm cinsinden çizilen grafiği.

Seksen ayrı noktadan alınan toprak örneklerinin Surfer programında Potasyum-40 (K^{40}) değerlerine göre çizilmiş olan koordinat haritası Şekil 6.24'de verilmiştir.

Çizelge 6.13 ICP-AES ile elde edilen verilerden radyoaktif K-40'ın hesaplanması

Yer	K (ppm)	⁴⁰ K (ppm)	⁴⁰ K (%)
1	905,86	10,87	0,10
2	681,60	8,17	0,08
3	190,35	2,28	0,02
4	109,74	1,31	0,01
5	172,51	2,07	0,02
6	375,17	4,50	0,04
7	150,18	1,80	0,01
8	307,50	3,69	0,03
9	244,59	2,93	0,02
10	85,27	1,02	0,01
11	111,87	1,34	0,01
12	98,98	1,18	0,01
13	114,76	1,37	0,01
14	245,40	2,94	0,03
15	177,54	2,13	0,02
16	272,19	3,26	0,03
17	223,52	2,68	0,02
18	239,58	3,47	0,03
19	305,99	3,67	0,03
20	158,75	1,90	0,02
21	207,43	2,48	0,02
22	288,38	3,46	0,03
23	650,10	7,80	0,07
24	384,88	4,61	0,04
25	572,45	6,86	0,06
26	71,71	0,86	0,01
27	98,34	1,18	0,01
28	146,03	1,75	0,01
29	70,54	0,84	0,01
30	47,15	0,56	0,0056
31	39,96	0,47	0,0047
32	69,49	0,83	0,0083
33	81,79	0,98	0,0098
34	39,42	0,47	0,0047
35	135,64	1,62	0,0162
36	155,71	1,86	0,0186
37	140,31	1,68	0,0168
38	310,34	3,72	0,0372
39	232,24	2,78	0,0278
40	273,95	3,28	0,0328
41	711,00	8,53	0,085

Yer	K (ppm)	⁴⁰ K (ppm)	⁴⁰ K (%)
42	586,71	7,04	0,070
43	500,83	6,00	0,060
44	1679,8	20,15	0,201
45	292,95	3,51	0,035
46	384,63	4,61	0,046
47	277,84	3,33	0,033
48	405,17	4,86	0,048
49	716,30	8,59	0,0859
50	371,81	4,46	0,046
51	411,10	4,93	0,049
52	527,71	7,53	0,0753
53	469,60	5,63	0,0563
54	103,78	1,24	0,0124
55	577,42	6,93	0,0692
56	165,33	1,98	0,0198
57	424,73	5,09	0,0509
58	346,49	4,15	0,0415
59	722,87	8,67	0,0867
60	485,84	5,83	0,0583
61	233,02	2,80	0,0280
62	287,89	3,45	0,0345
63	332,51	3,99	0,0399
64	121,08	1,45	0,0145
65	387,47	4,65	0,0464
66	893,30	10,72	0,1071
67	189,13	2,27	0,0226
68	283,86	3,40	0,0340
69	175,47	2,10	0,0210
70	741,60	8,90	0,0889
71	83,073	0,99	0,0099
72	106,24	1,27	0,0127
73	140,77	1,69	0,0168
74	227,09	2,75	0,0272
75	147,41	1,76	0,0176
76	175,15	2,10	0,0210
77	265,37	3,18	0,0318
78	102,14	1,22	0,0122
79	112,49	1,35	0,0134
80	207,23	2,48	0,0248



Şekil 6.24 Örnek noktalarındaki ^{40}K değerlerinin dağılımı.

6.2 TOPRAKTAKİ RADYOAKTİVİTE HESAPLAMALARI İLE İLGİLİ DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Toprak örnekleri elendikten sonra fırında 105 °C'de 1 gün süreyle kurutuldu. Kurutma işleminden sonra her bir örneğin 100 gramı tartılıp, yüksekliği 6,5 cm, eni 4,5 cm genişliği 3,5cm olan plastik kutulara yerleştirildi ve radonun kaçmaması için kutular sıkıca kapatıldı. Örnekler içindeki radyum ve ürünleri arasındaki radyoaktif dengenin oluşması için 43 gün beklendi. Nal (Tl) dedektörü kullanılarak bekleme sonunda örneklerin toplam gama sayımları ve ayrıca çok kanallı analizörde K-40, U-238(Bi-214) ve Th-232 (Tl-208)'e ait (sırasıyla 1,46 MeV, 1,76 MeV ve 2,61 MeV) enerjilere karşılık gelen gama piklerinin altındaki alanlardan gidilerek elementlere ait gama sayımları cpm olarak elde edilmiştir.

6.2.1 Gama Spektroskopisiyle Topraktaki Radyoaktivite Tayini

Toprak örnekleri içinde U, Th ve K değişik konsantrasyonlarda ve birlikte bulunurlar. Alınan spektruma bu üç elementten de katkı gelmektedir. Bu katkılar ve konsantrasyonlar belirli formüllerle tayin edilmektedir.

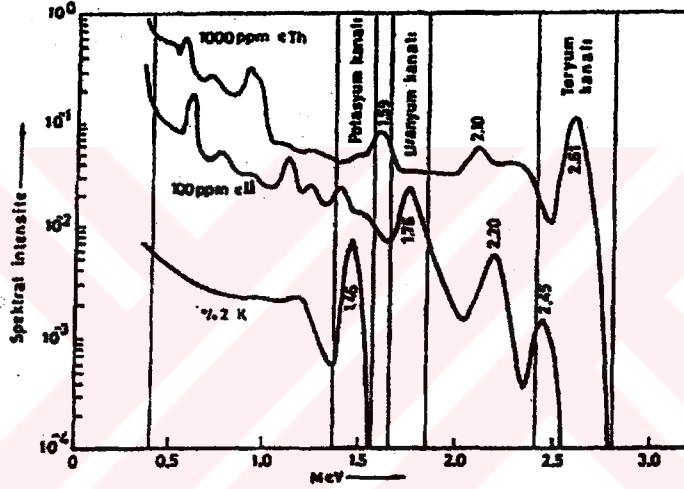
Potasyum spektrumu, tek enerjili gama kaynağına karşı Nal (Tl) dedektörünün tipik bir cevabıdır. Uranyum spektrumu, çok sayıdaki değişik gama enerjili ürün radyonüklidlerden dolayı potasyuma nazaran daha komplekstir. Spektrumda Bi-214'den gelen 1,76 MeV enerjili gama piki, örnek içindeki eU-238'i tespit etmek için kullanılır. Toryum spektrumunda, ürün radyonüklidlerin bozunmasıyla oluşan birçok gama ışını pikine sahiptir. Bunların en önemlisi Tl-208'dir. Bu pik, eTh-232'i tespit etmek için kullanılır. Toprak örneklerinde K, U, Th tayini yapmak için spektrumlarda bu anlattığımız gama enerjilerine karşılık gelen enerji aralıkları seçilir. Seçilen enerji aralığına düşen net sayımdan dolayı, örnek konsantrasyonunu hesaplamak için o enerji aralığına diğer elementlerden gelen gama ışınlarının katkısının çıkarılması gerekir.

Toryum Kanalı: Toryum için seçilen kanallardaki sayımların % 86'sı toryumdan, %2'si uranyumdan, geri kalanda art ortamdan gelmektedir. Şekil 6.25'deki gibi uranyum spektrumundaki Bi-214'ün 1,76 MeV enerjili gama pikinden bu kanala küçük bir katkı gelir.

Uranyum Kanalı: Spektrumda uranyum için seçilen kanallara toryumdan ihmal edilmeyecek katkılar gelir. Toryum serisinden Tl-208'in 2,614 MeV enerjili gamasından kaynaklanan tek kaçak pik 2,10 MeV'de ve çift kaçak pik 1,59 MeV'de oluşur. Uranyumu saptamakta kullanılan 1,76 MeV gama enerjisine sahip pik, bu iki enerji arasındadır (Şekil 6.25). Bunlardan başka toryum serisinde Ac-228'in 1,588 MeV enerjili gamasında uranyum kanalındaki sayımlara katkıda bulunur. Bu yüzden, uranyum kanallarındaki sayımlar uranyum konsantrasyonu hesabında doğrudan kullanılmazlar.

Potasyum Kanalı: Bu kanaldaki sayıların çoğu art ortamdan kaynaklanmaktadır. Sistemin bulunduğu yerdeki ortamdan, bu kanala gelen katkılar %65 dolayındadır. Toryum ve uranyumdan gelen katkılar %15-20 arasındadır. Bu kanallardaki sayımlarda doğrudan konsantrasyon hesabında kullanılmaz.

Potasyum, uranyum, toryum konsantrasyonlarını saptamak için seçilen kanallardaki katkıları uygun faktörlerle çıkarmak gerekir. Bu katkı oranlarını geometriye ve spektrometrenin çeşitli ayarlarına bağlı olarak veren faktörlere 'Sıyırma' (Stripping) oranları denir. Net sayımlardan %K, ppm eU, ppm eTh olarak konsantrasyona geçmeyi sağlayan faktörlere de 'Duyarlılık' (Sensitivity) faktörleri denir.



Şekil 6.25 Potasyum, uranyum ve toryum kanallarına gelen katkılar.

Duyarlılık Faktörleri:

$$K_1 = C(\text{Th}) / \text{Th (ppm)}$$

C (Th): Toryum kanalındaki net sayım.

Th (ppm): Hazırlanan standart kaynağın ppm olarak değeri.

$$K_2 = C(\text{U}) / \text{U (ppm)}$$

C (U): Uranyum kanalındaki net sayım.

U (ppm): Hazırlanan standart kaynağın ppm olarak değeri.

$$K_3 = C(\text{K}) / \%K$$

C (K): Potasyum kanalındaki net sayım.

%K : % olarak potasyum miktarı.

Sıyırma Oranları:

$$\alpha = \text{Toryumdan Uranyuma gelen katkı} / \text{Toryum net sayımı}$$

$$\beta = \text{Toryumdan Potasyuma gelen katkı} / \text{Toryum net sayımı}$$

$$\gamma = \text{Uranyumdan Potasyuma gelen katkı} / \text{Uranyum net sayımı}$$

Hazırlanan uygun standartlar ile duyarlılık faktörleri ve sıyırma oranları saptandıktan sonra, örnek içindeki konsantrasyonlar aşağıdaki eşitlikler tarafından bulunur.

$$e_{Th} \text{ (ppm)} = C \text{ (Th)} / K_1$$

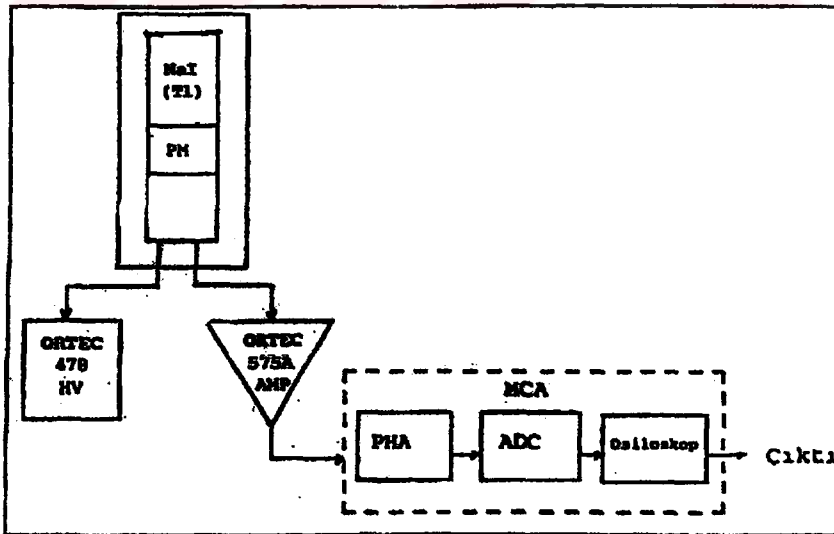
$$e_U \text{ (ppm)} = 1 / K_2 [C \text{ (U)} - \alpha C \text{ (Th)}]$$

$$\% K = 1 / K_3 [C \text{ (K)} - \gamma [C \text{ (U)} - \alpha C \text{ (Th)}] - \beta C \text{ (Th)}]$$

Bu çalışmada, enstitümüzde daha önceden hazırlanmış olan potasyum % 52.45'lik, toryum 600 ppm'lik standartlar kullanıldı. Ayrıca art ortam içinde hazırlanmış bir standart kullanıldı.

6.2.2 Çalışmada Kullanılan Gama Spektrometre Sistemi

Çalışmamızda 3"x 3" (inçlik) NaI (TI) sintilasyon dedektörü kullanılarak ölçümler yapıldı. Sistemi oluşturan parçalar şunlardır: NaI (TI) sintilasyon dedektörü, fotoçoğaltıcı tüp, tüp ayağı ve preamplifikatörü, Ortec model 478V yüksek voltaj kaynağı, Ortec Maestro bilgisayar programlı puls yüksekliği analizöründen oluşmaktadır. Dedektör sistemi ve örneğin bulunduğu odacığın yüksekliği yaklaşık olarak 45 cm, çapı 25 cm 'dir. Tabanlarda ve yan yüzlerde kurşun bloklar bulunmaktadır. Kurşunun konmasının sebebi, bina yapı malzemelerinden ve çevreden gelebilecek radyasyonu en aza indirmektir. Spektrometre sisteminin blok diyagramı Şekil 6.26 deki gibidir.



Şekil 6.26 Çalışma sistemine ait blok diyagramı.

Gama spektrometresinde işlem yapabilmek için spektrometrenin kalibrasyonu şarttır. Diğer bir deyişle standart gama kaynaklarından alınan gama ışınları çok kanallı analizör

kullanılarak kanal sayısı ile gama enerjisi arasındaki kalibrasyon doğrusu çizilmelidir. Çalışma esnasında, kullanılan gama enerjileri bölgesinde spektrometrenin enerji lineerliği sürekli kontrol edilmelidir. Enerji kalibrasyonu yapılırken, dikkat edilmesi gereken bir diğer nokta ise spektrometrenin ölü zamanının her zaman aynı olmasıdır. Spektrometre C0-60 ve Cs-137 standart kaynaklarının 1,17 MeV, 1,33 MeV ve 0,662 MeV gama enerjileri kullanılarak kalibre edilmiştir.

6.2.3 Radyoaktivite Verileri

Toplam gama (cpm) sayımları dışında aşağıdaki çizelgede kullandığımız K-40 ve U-238 'e ait cpm değerleri yalnızca bu elementlere ait enerji değerlerindeki piklerin altındaki alanlardaki sayımlardır. Yukarıda söz ettiğimiz düzeltme faktörleri kullanılmadan yazılan değerlerdir. Yalnızca Th-232'e ait olan pike diğer bir katkı olmadığı için bu toryuma ait cpm değeridir. IAEA tarafından tavsiye edilen, K, U ve Th ' a ait kullanılması gereken enerji aralıkları aşağıdaki gibidir:

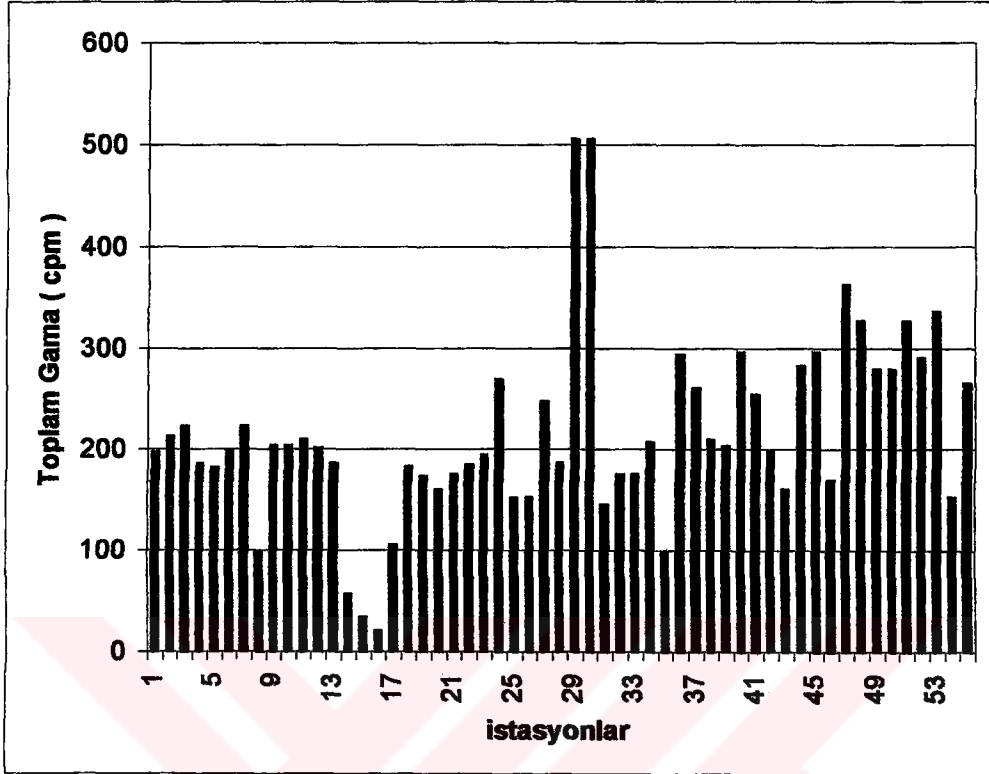
- K-40 : 1370-1570 keV
 U(Bi-214) : 1660-1860 keV
 Th(Tl-208): 2400-2800 keV (15).

Çizelge 6.14 Deneysel Veriler .

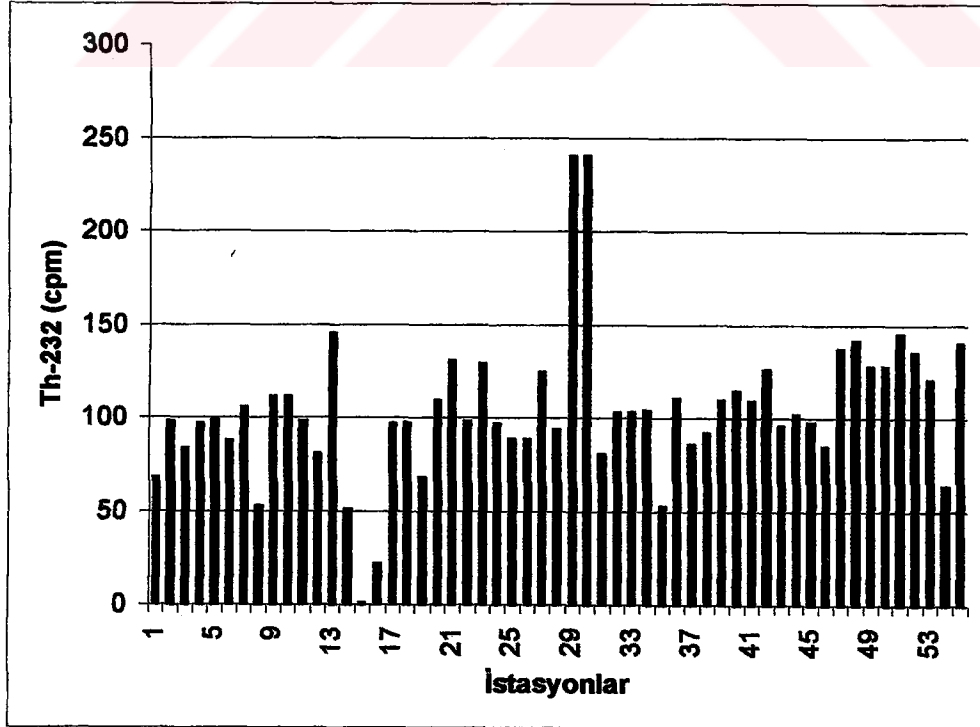
Örnek No	Çizelge 6.1'e Göre Örnek No	Toplam Gama (sayım/120dk)	Toplam Gama (cpm)	⁴⁰ K (sayım/120dk)	⁴⁰ K (cpm)	²³⁸ U (²¹⁴ Bi) (sayım/120dk)	²³⁸ U (cpm)	²³² Th (²⁰⁸ Tl) (sayım/120dk)	²³² Th (cpm)
1	1	149382	197,2917	7807	10,0583	2080	3,16667	1608	1,983
2	2	151181	212,2833	7926	11,05	2106	3,383	1711	2,841
3	3	152432	222,7083	7300	5,833	2040	2,833	1660	2,416
4	4	148076	186,4083	7862	10,5167	2050	2,9167	1707	2,8083
5	6	147562	182,125	7770	9,75	2032	2,767	1713	2,8583
6	7	149580	198,9416	7818	10,15	1990	2,4167	1674	2,53
7	8	152450	222,8583	7894	10,783	2076	3,13	1736	3,05
8	10	137662	99,625	7110	4,25	2004	2,53	1554	1,533
9	11	150198	204,0916	8246	13,7167	2040	2,833	1756	3,2167
10	12	150198	204,0916	8246	13,7167	2040	2,833	1756	3,2167
11	13	150824	209,3083	7592	8,2667	2006	2,55	1712	2,85
12	14	149906	201,6583	8102	12,5167	1964	2,2	1652	2,35
13	15	147994	185,725	7726	9,3833	1996	2,467	1874	4,2
14	16	132456	56,24167	6866	2,2167	1819	0,9916	1548	1,483
15	17	129828	34,34167	6639	0,325	1742	0,35	1374	0,033
16	18	128176	20,575	6717	0,975	1707	0,0583	1447	0,641
17	19	138372	105,5	7176	4,8	1984	2,367	1706	2,8
18	22	147680	183,1083	7636	8,633	2088	3,23	1710	2,83
19	24	146567	173,833	7834	10,283	1964	2,2	1608	1,983

20	26	144894	159,8916	7336	6,13	1972	2,267	1750	3,167
21	35	146784	175,64	7894	10,783	1984	2,367	1824	3,783
22	37	147980	185,6083	7920	11	2026	2,7167	1712	2,85
23	39	149056	194,575	7564	8,033	2150	3,75	1820	3,75
24	41	157970	268,85	8024	11,867	2096	3,3	1706	2,8
25	42	143960	152,1083	7150	4,5833	1986	2,383	1678	2,567
26	43	143960	152,1083	7150	4,5833	1986	2,383	1678	2,567
27	47	155358	247,0916	7646	8,7167	2098	3,03167	1802	3,6
28	48	148151	187,33	7562	8,0167	2053	2,941	16,95	2,783
29	49	186390	505,6916	9520	24,33	2648	7,9	2204	6,95
30	50	186390	505,6917	9488	24,066	2648	7,9	2209	6,95
31	51	143166	145,4917	7316	5,9667	19,40	2	16,52	2,35
32	52	146822	175,9583	7664	8,8667	1728	0,233	1728	2,9873
33	53	146822	175,9583	7664	8,8667	1728	0,233	1728	2,9873
34	55	150494	206,558	7736	9,467	1990	2,4167	1732	3,0167
35	56	137662	99,625	7110	4,25	2004	2,53	1554	1,53
36	58	1609	293,425	7791	9,925	2094	3,283	1755	3,2083
37	59	157035	261,0667	7570	8,083	1965	2,2083	1669	2,4916
38	61	150841	209,45	7477	7,3083	1954	2,11667	1691	2,675
39	62	150052	202,875	7604	8,36667	2003	2,525	1752	3,183
40	63	161365	297,15	8157	12,975	2058	2,983	1768	3,316
41	65	156185	253,983	7877	10,6416	2176	3,9667	1749	3,1583
42	67	149483	198,133	7615	8,4583	1939	1,9916	1808	3,65
43	68	144955	160,4	7444	7,033	1927	1,8916	1703	2,775
44	69	159581	282,283	8149	12,908	2045	2,875	1725	2,9583
45	70	161263	296,3	8057	12,1416	2078	3,15	17,11	2,8416
46	71	146152	170,375	76,97	9,1416	1981	2,3416	1665	2,4583
47	72	169271	363,03	8150	12,916	2257	4,6416	1845	3,9583
48	73	164958	327,09	8000	11,66	2114	3,45	1861	4,0916
49	74	159257	279,583	7666	8,883	2086	3,2166	1814	3,7
50	75	159257	279,583	7666	8,883	2086	3,2166	1814	3,7
51	76	164931	326,86	7827	10,225	2094	3,283	1875	4,2083
52	77	160588	290,675	7772	9,7667	2126	3,55	1840	3,9167
53	78	166042	336,125	7854	10,45	2096	3,3	1789	3,4916
54	79	144089	153,1833	7619	8,4916	2026	2,7167	1590	1,83
55	80	157601	265,783	7664	8,8667	2063	3,025	1856	4,05

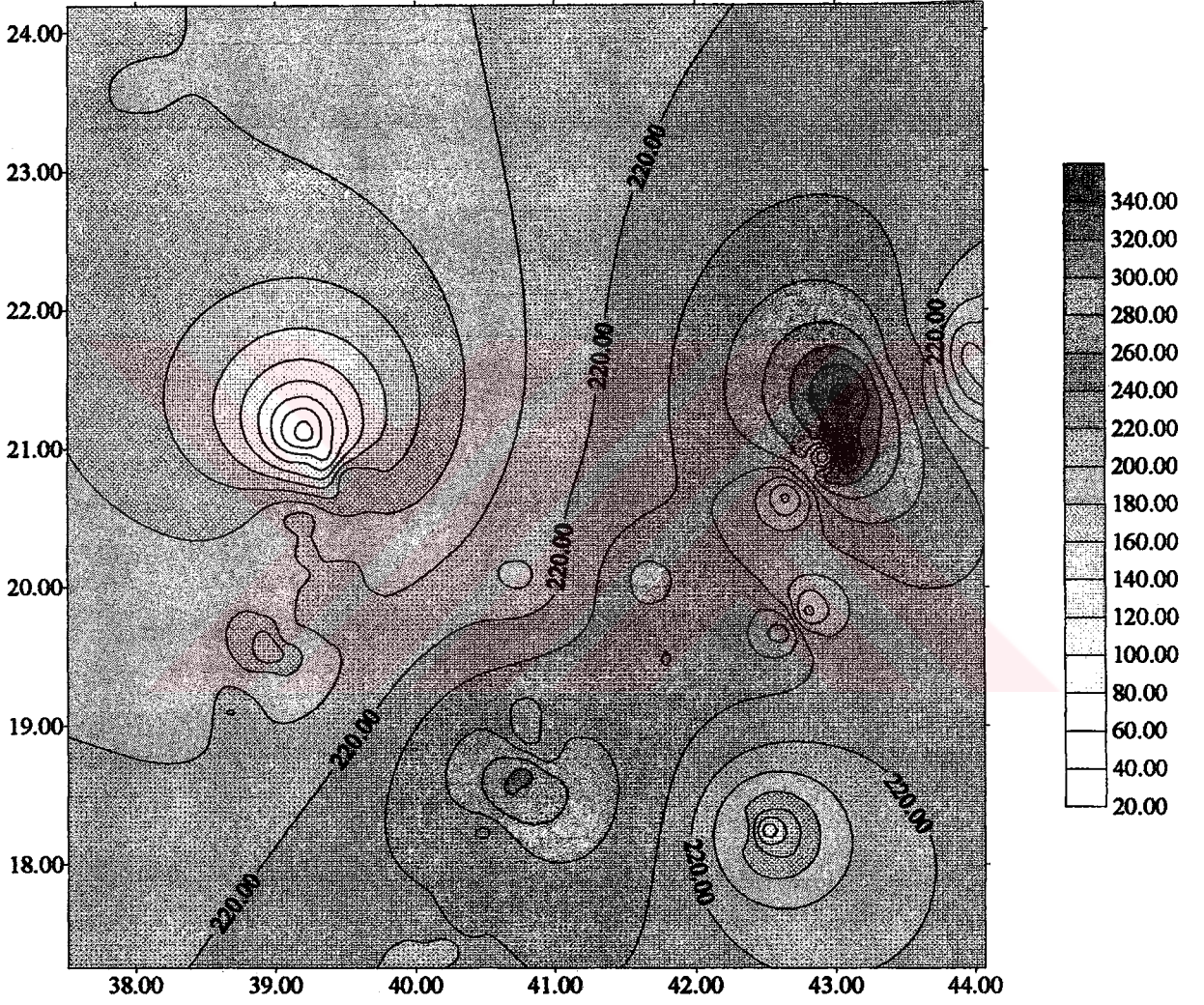
Yukarıdaki çizelgede verilen sonuçlara göre toprak örneklerinin toplam gama (cpm) değerlerine göre oluşturulan grafik Şekil 6.27'de verilmiştir.



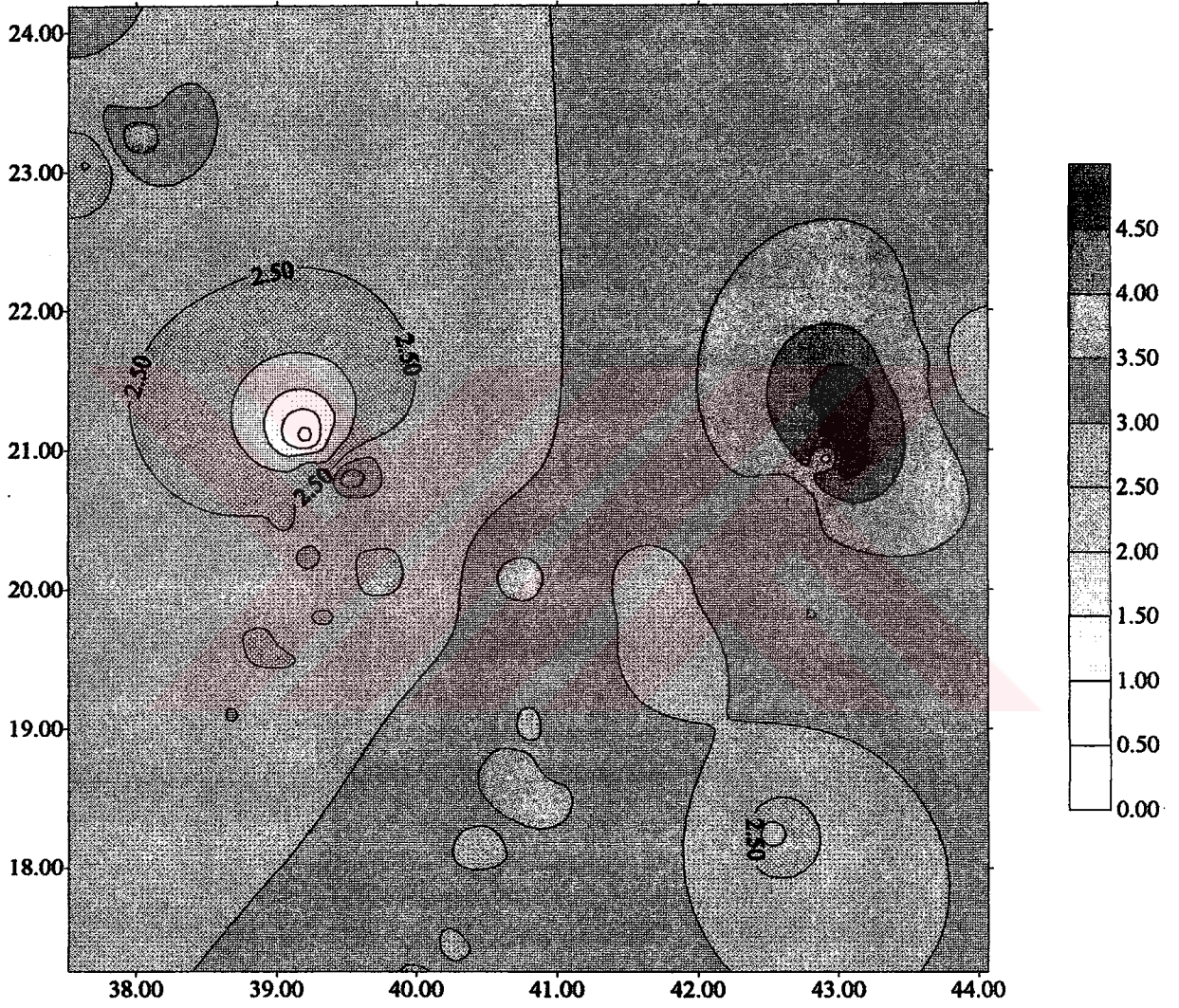
Şekil 6.27 Toplam Gamaların cpm Cinsinden Çizilen Grafiği.



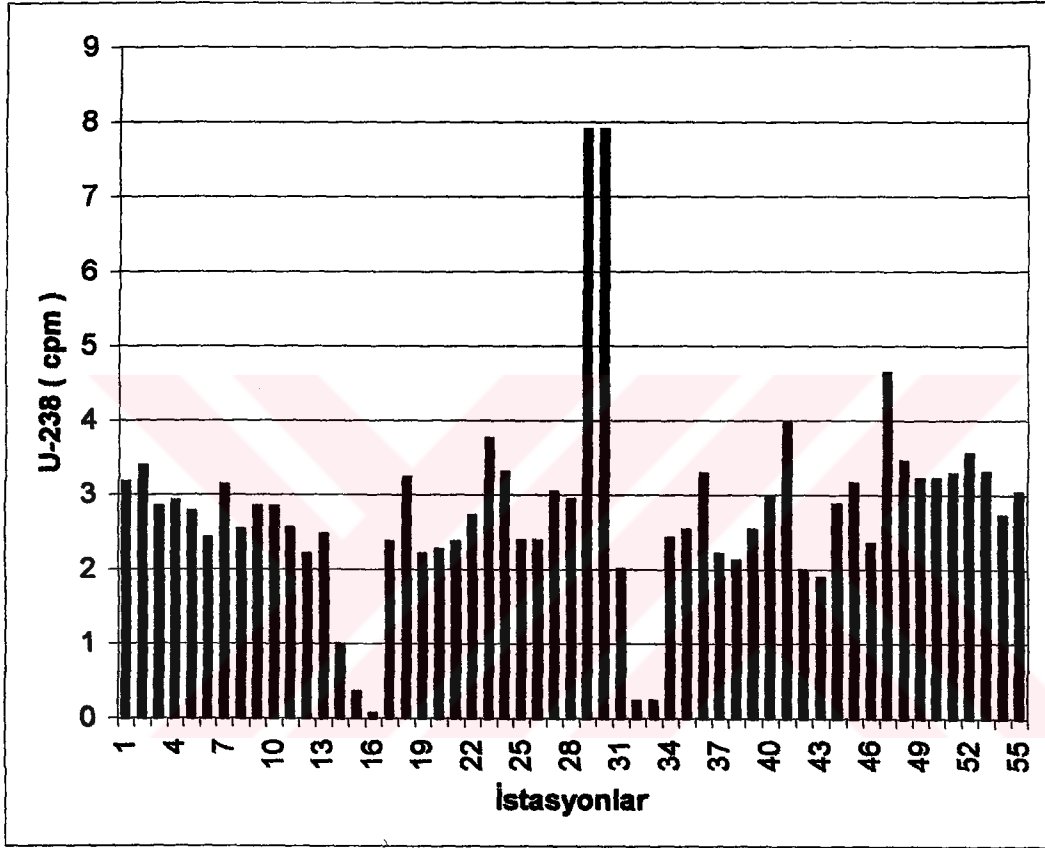
Şekil 6.28 Th-232 Değerlerine Göre Çizilen Grafik



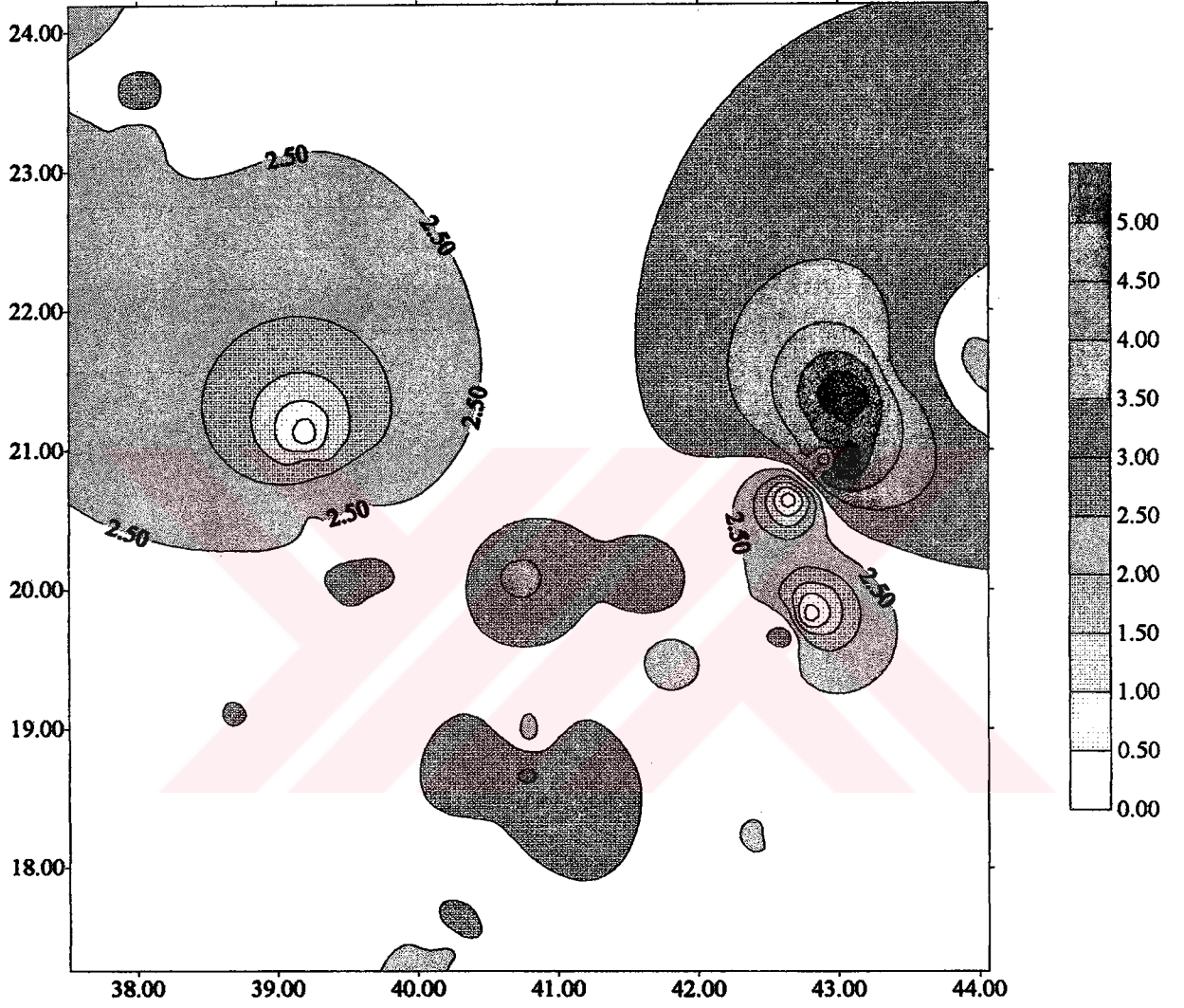
Şekil 6.29 Toprak Ömeklerinin Toplam Gama (cpm) Verileri



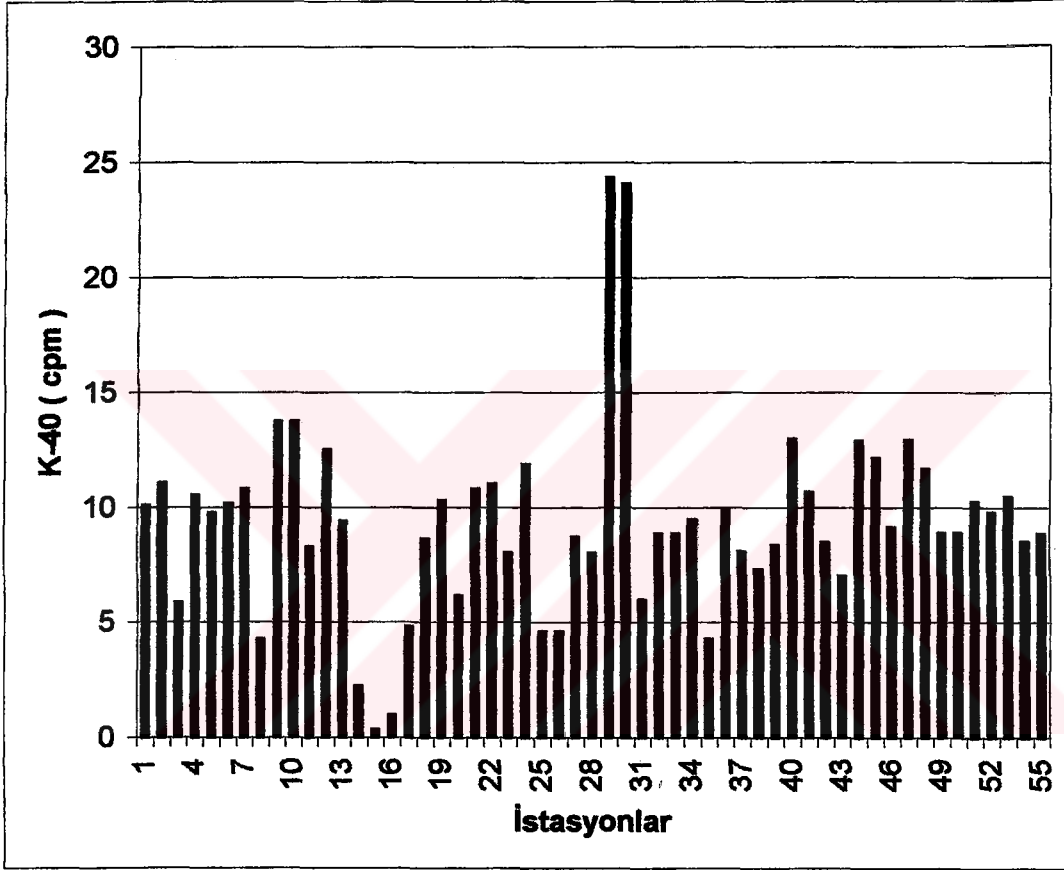
Şekil 6.30 Ömek Noktalarında Th Değerlerinin cpm Olarak Dağılımı



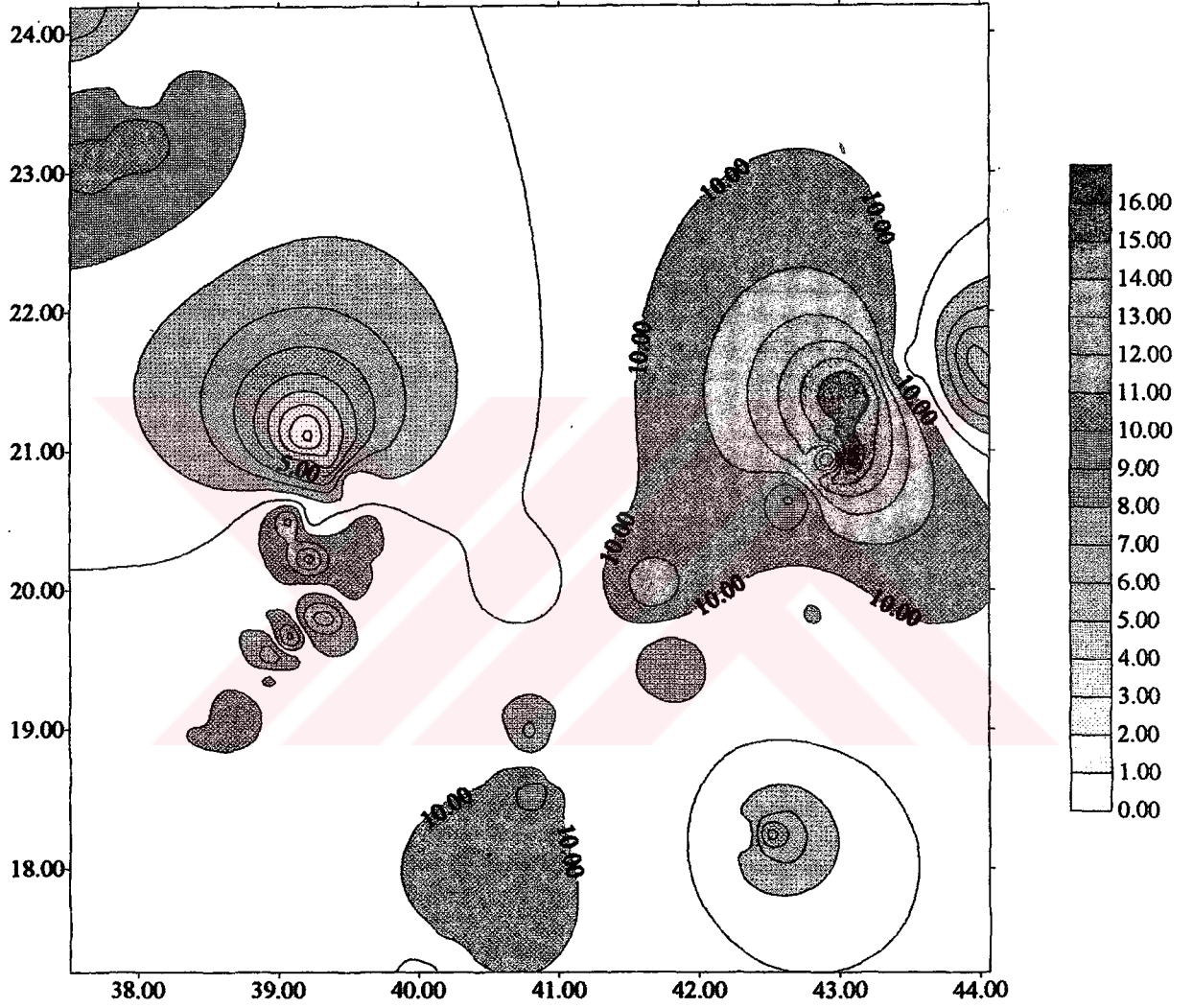
Şekil 6.31 U-238 Değerlerine Göre Çizilen Grafik



Şekil 6.32 Örnek Noktalarında U-238 Değerlerinin cpm Olarak Dağılımı.



Şekil 6.33 K-40 Değerlerine Göre Çizilen Grafik.



Şekil 6.34 Örnek Noktalarında K-40 Değerlerinin cpm Olarak Dağılımı

7. SONUÇ ve TARTIŞMA

Araştırma bölgesini temsil edecek şekilde seçilen yerlerden 0-5 cm derinlikten olmak üzere toplam 80 adet toprak örneği alınmıştır. Yapılan çeşitli analiz işlemleri sonucunda toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

Toplanan toprak örneklerinin yaklaşık % 56'sının pH değeri 7,4-7,8 arasında hafif alkalin olarak bulunmuştur.

Alınan toprakların % CaCO₃ (kireç) içerikleri en düşük % 0,2, en yüksek % 67,70 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre toprak örneklerinin yaklaşık %41'i kireç yönünden fakir çıkmıştır. Alınan toprak örneklerinin en düşük fosfor içeriği 0,02 ppm ve en yüksek ise 70,08 ppm olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre toprakların yaklaşık % 55'i fosforca çok fakir, yaklaşık % 19'u fosforca yüksek çıkmıştır. Elde edilen sonuçlara göre örneklerin yaklaşık % 54'ü potasyumca çok düşük, % 55'i ise kalsiyumca çok fakirdir. Toprak örneklerinin en düşük demir içeriği yaklaşık 0,4 ppm ve en yüksek demir içeriği ise yaklaşık 69 ppm'dir. Bu sonuçlara göre örneklerin yaklaşık olarak % 90'ı demirce düşüktür. Alınan toprak örneklerinin en düşük bakır içeriği yaklaşık 0,2 ppm ve en yüksek bakır içeriği ise yaklaşık 48 ppm olarak bulunmuştur. Buna göre, toprak örneklerinin kalsiyum içerikleri fakir, demir içeriklerinin ise oldukça düşük olduğu görülürken bakır içeriklerinin iyi ve yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Alınan toprak örneklerinin en düşük çinko içeriği yaklaşık 0,1 ppm ve en yüksek çinko içeriği ise yaklaşık 37 ppm'dir. Bu sonuçlara göre örneklerin yaklaşık % 44'ü çinkoca yüksektir. Toprak örneklerinin en düşük mangan içeriği yaklaşık 1,1 ppm ve en yüksek mangan içeriği ise yaklaşık 21 ppm'dir. Buna sonuçlara göre toprakların %90'ı mangan yönünden fakir, %10'u ise iyi durumdadır. Çinko içeriklerinin yaklaşık yarıyı yüksek, mangan içeriklerinin ise genelde düşük olduğu bulunmuştur.

Alınan toprak örneklerinin en düşük magnezyum içeriği yaklaşık 116.22 ppm ve en yüksek magnezyum içeriği ise yaklaşık 1091.2 ppm olarak bulunmuştur.

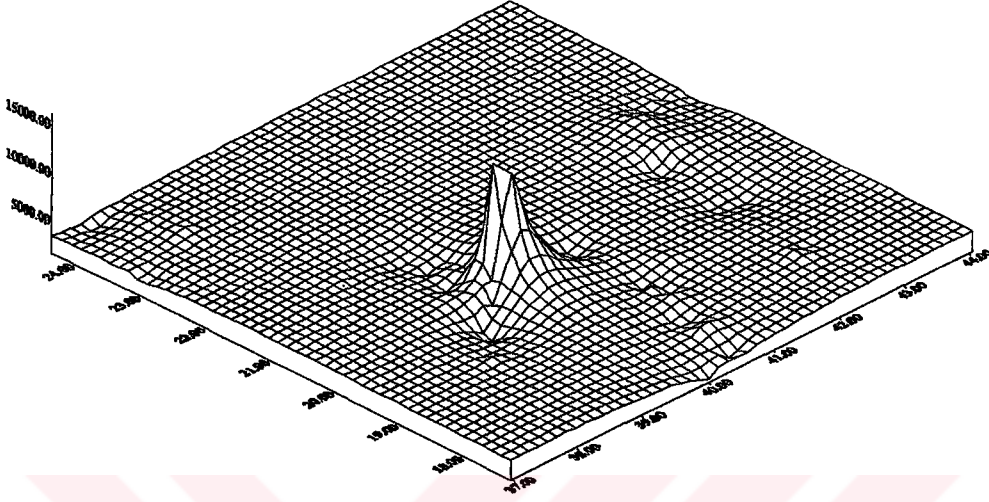
Seçilen 55 istasyondan alınan toprak örneklerinin Nal (TI) dedektörü kullanılarak toplam gama, ⁴⁰K, ²³⁸U ve ²³²Th için seçilen belirli enerji aralıklarındaki toplam pik altındaki kalan alandan yararlanılarak hesaplanan cpm değerleri toplam gama için 505,6- 20,5 cpm, ⁴⁰K için 0,325-24,33 cpm, ²³⁸U için 0,058-7,9 cpm, ²³²Th için 0,033-6,95 cpm'dir. Fosforlu gübrelerin oluşumunda ham madde olarak kullanılan fosfatlarda U₃O₈'in ve potaslı gübrelerinde ise K-40'ın bulunması nedeni ile gübrelerin radyoaktif madde içeriklerinin yüksek olma ihtimali bulunduğundan bu gübrelerin kullanıldığı topraklarda verilerin normalden daha yüksek olması beklenen bir sonuçtur.

Şekillerden de daha ayrıntılı olarak görülebildiği gibi Çizelge 6.14'e göre numaralandırılan örnekler için toplam gama değerleri, toryum değerleri ve potasyum cpm değerleri 16 ve 17 numaralı örneklerde düşük, 29 ve 30 numaralı örneklerimizde ise diğerlerine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Uranyum için ise 16, 32 ve 33 numaralı örneklerde cpm değerleri düşük, 29 ve 30 numaralı örneklerde ise diğerlerine göre daha yüksek cpm değerleri tespit edilmiştir. Gerekli olan uranyum, toryum ve potasyum standardı temin edildikten sonra sonuçlarda hem uranyum, toryum ve potasyum konsantrasyonları Bq/kg olarak hesaplanabilir. Bu sonuçlar yukarıda hesaplanmış olan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilişkilendirilebilir ve aralarındaki korelasyon araştırılabilir. Çalışmalarımız bu yönde devam etmektedir.

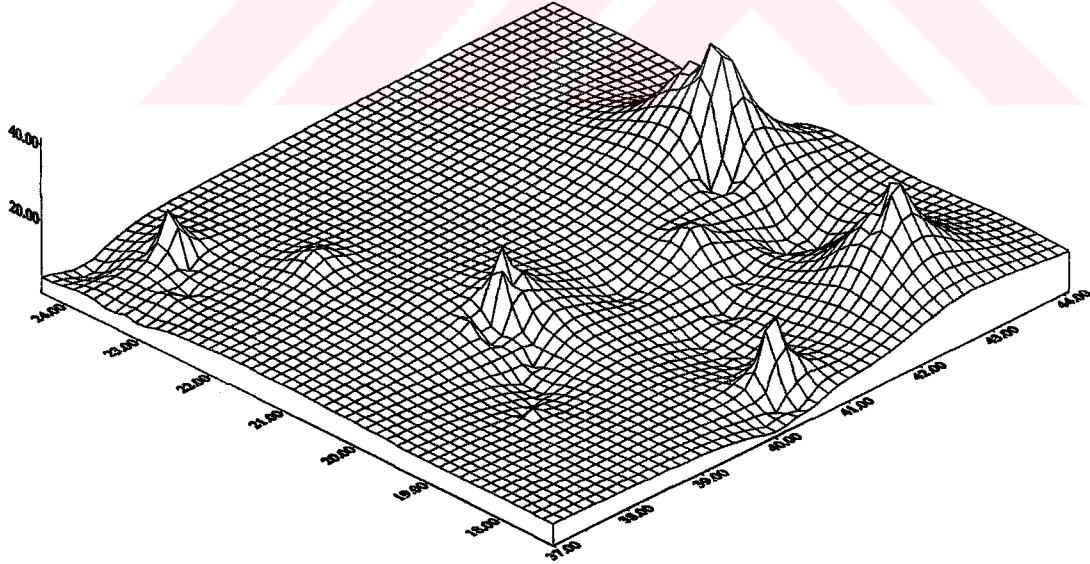
Sonuç olarak bu çalışma Manisa ilinin doğal radyoaktivite haritasının oluşturulması için bir ilk adım olma açısından gelecekte yapacağımız çalışmalarımıza ışık tutacaktır.



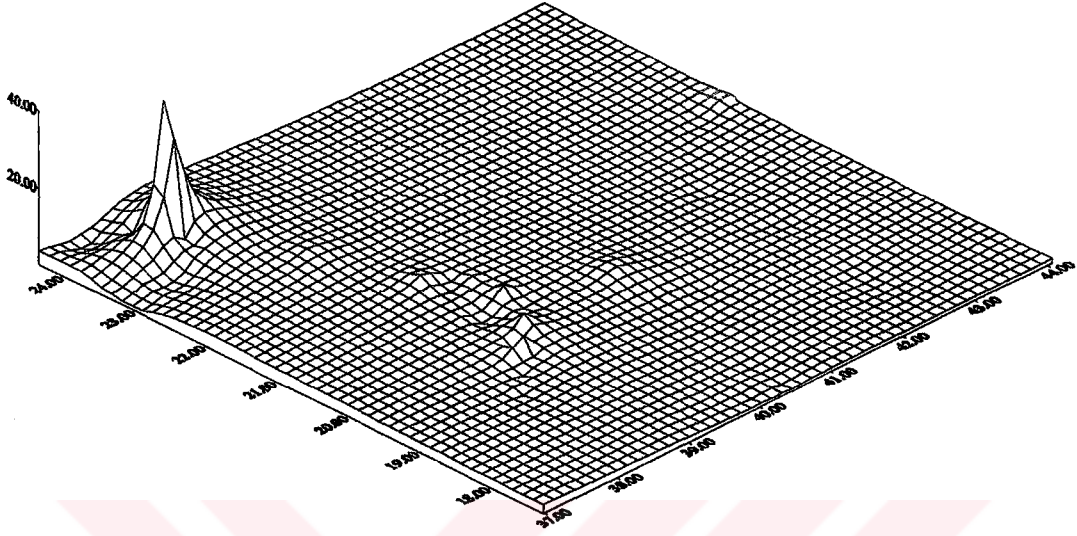
EKLER



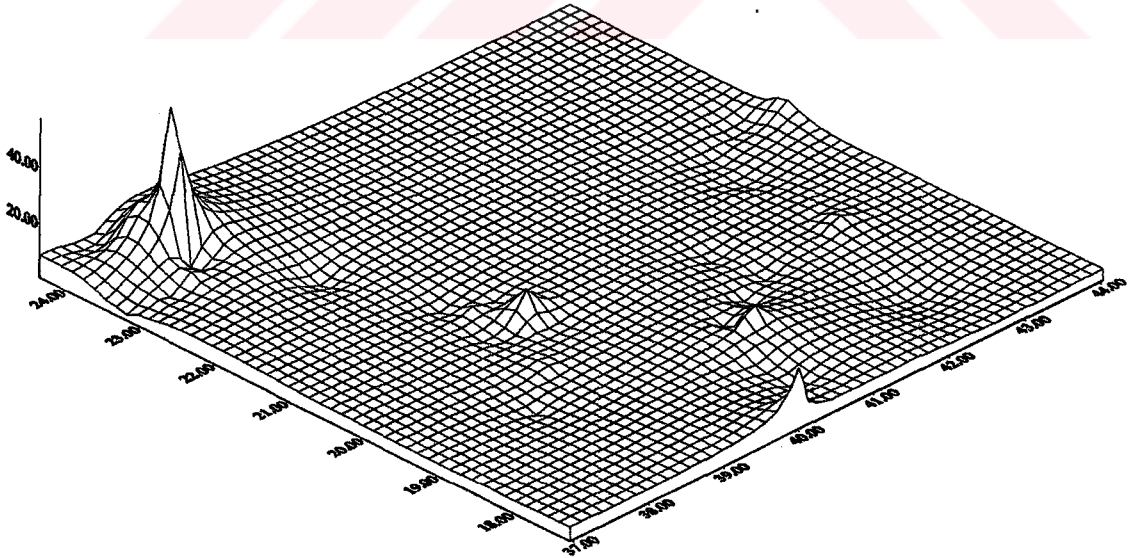
Örnek Noktalarındaki Ca Değerlerinin Dağılımı



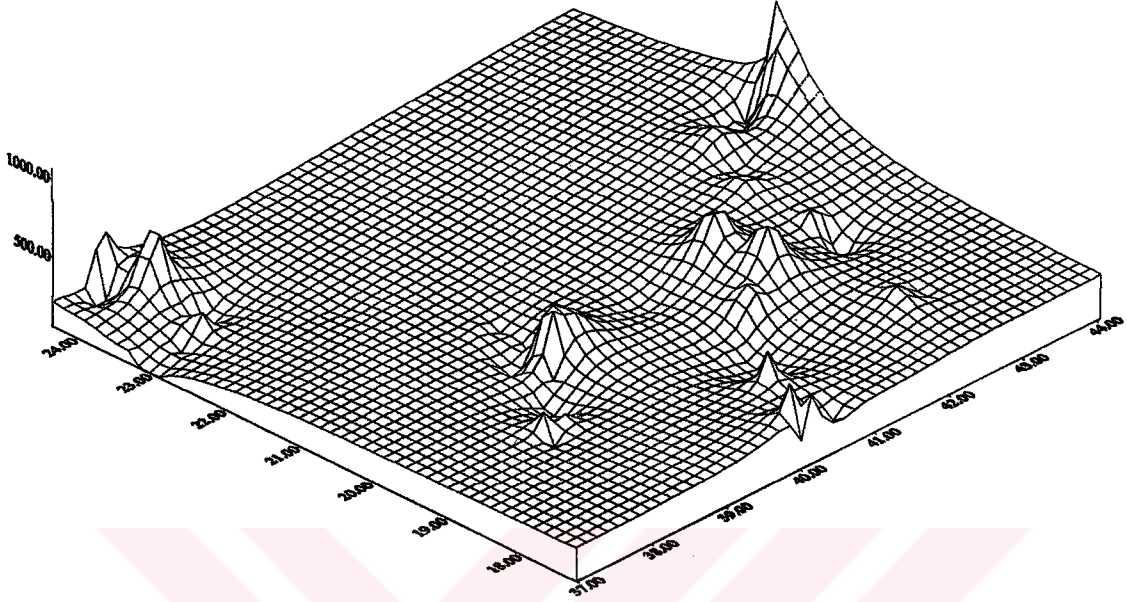
Örnek Noktalarındaki CaCO₃ Değerlerinin Dağılımı



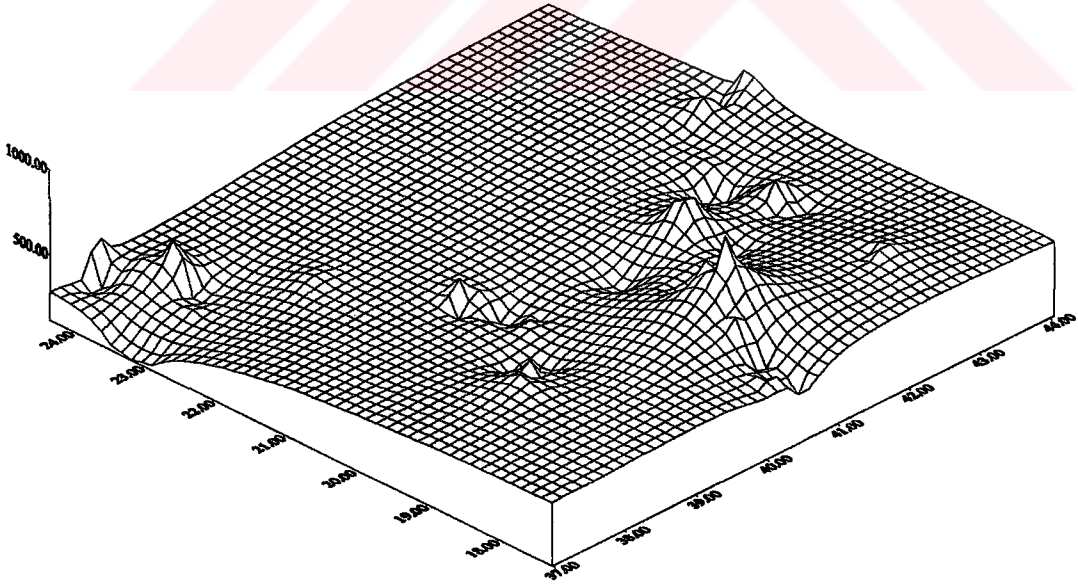
Örnek Noktalarındaki Cu Değerlerinin Dağılımı



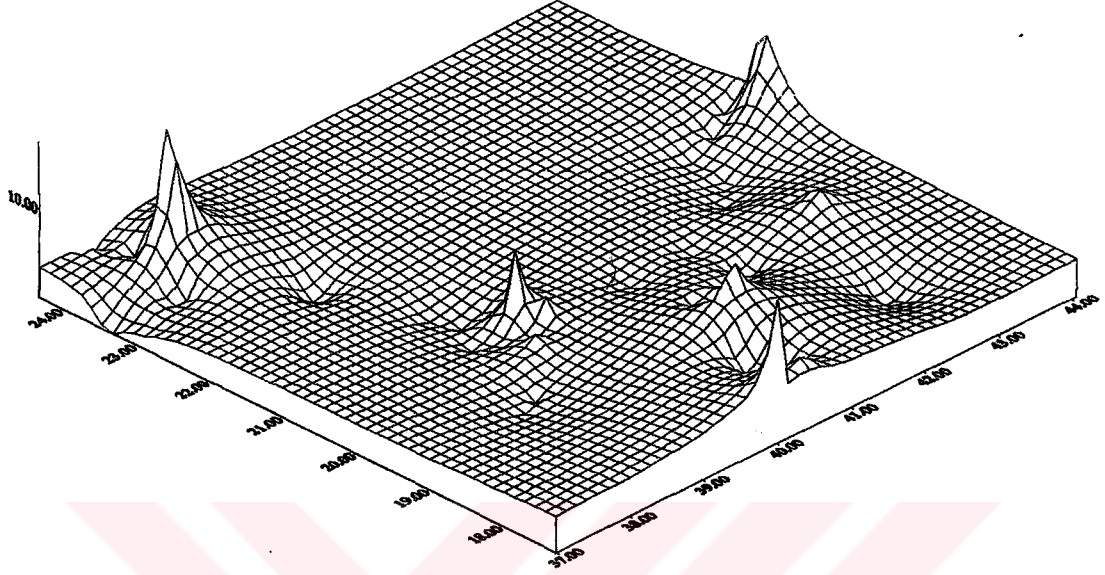
Örnek Noktalarındaki Fe Değerlerinin Dağılımı



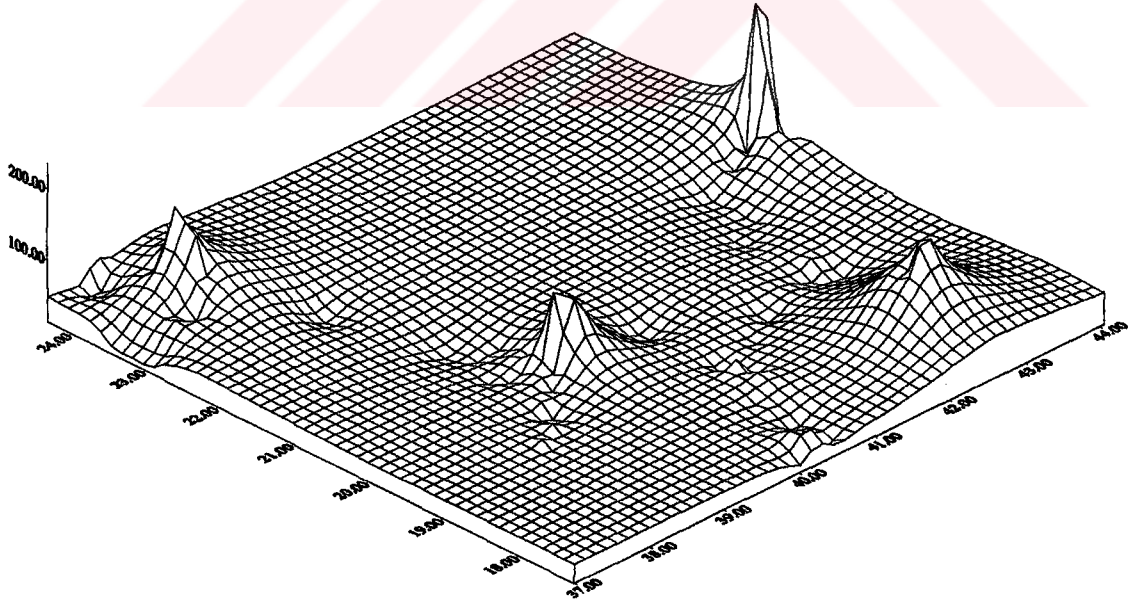
Örnek Noktalarındaki K Değerlerinin Dağılımı



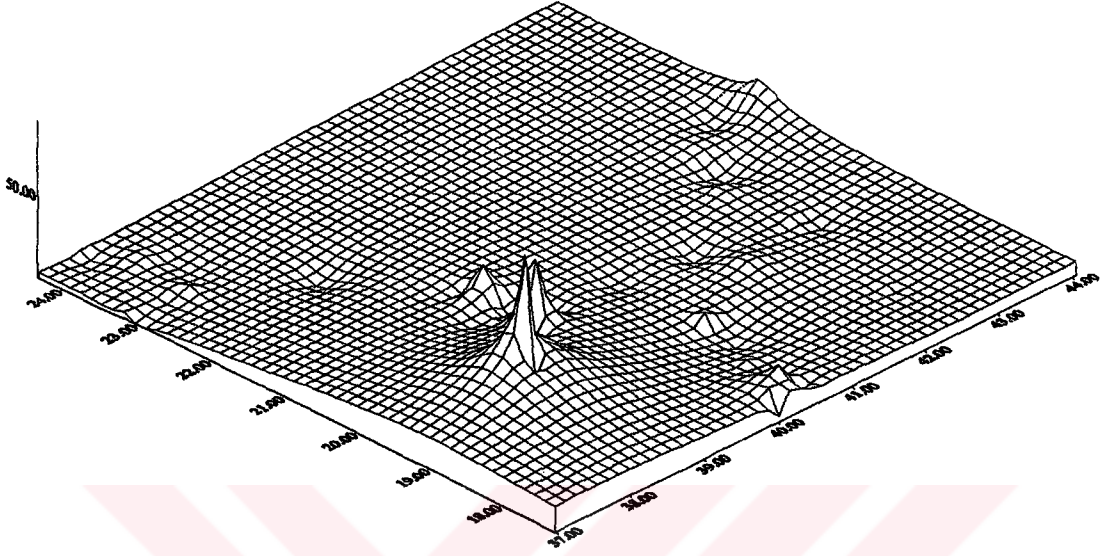
Örnek Noktalarındaki Mg Değerlerinin Dağılımı



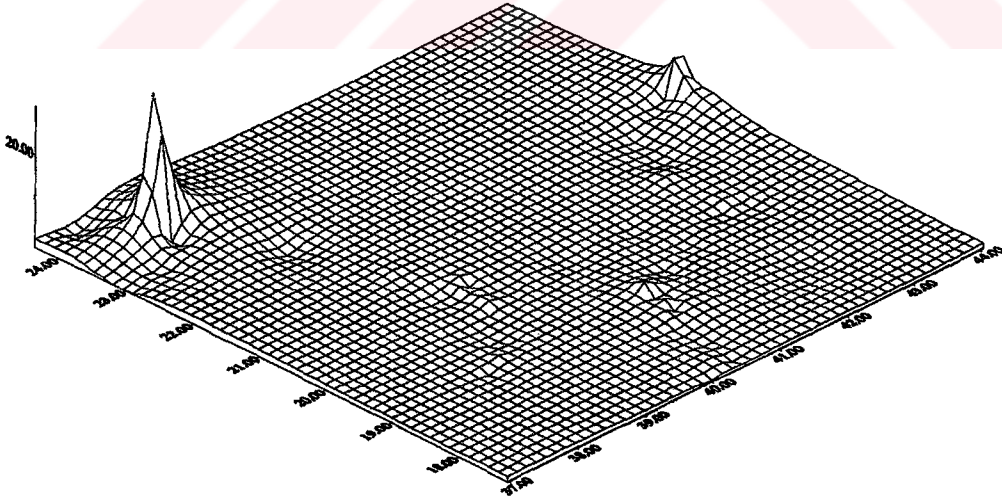
Örnek Noktalarındaki Mn Değerlerinin Dağılımı



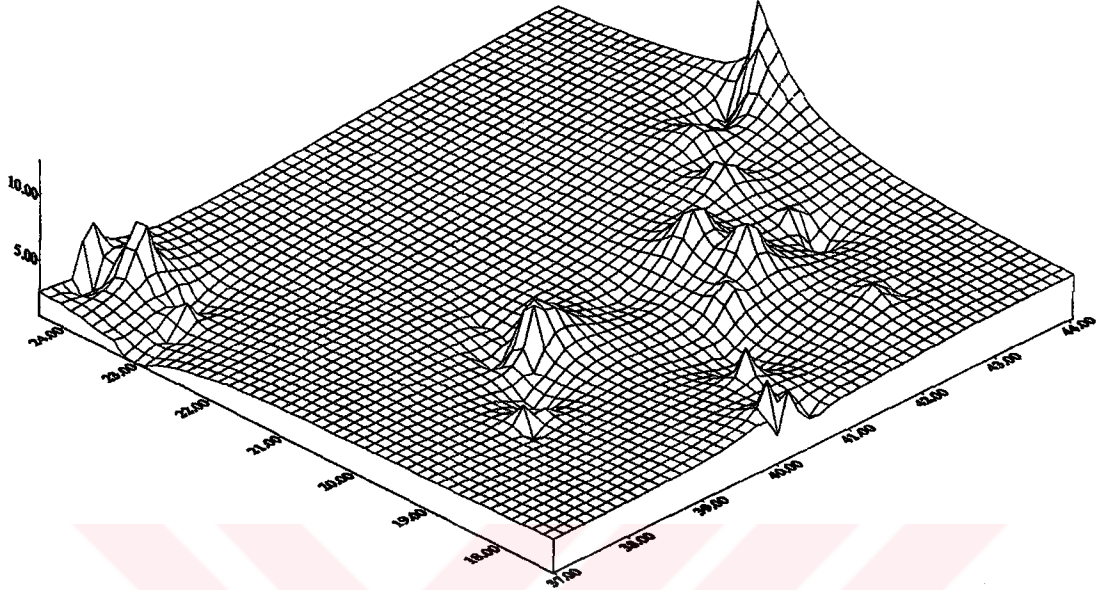
Örnek Noktalarındaki Na Değerlerinin Dağılımı



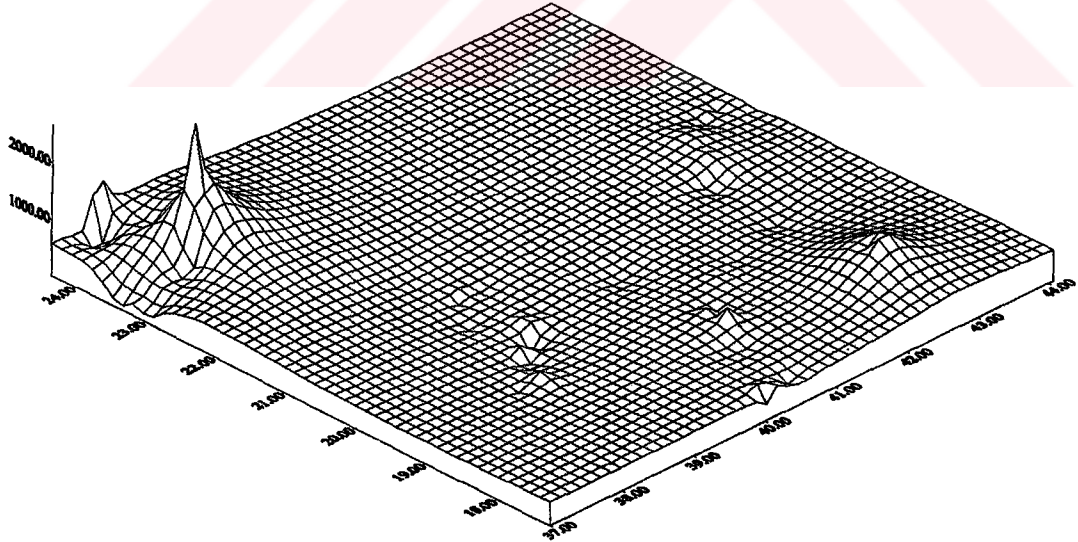
Örnek Noktalarındaki P Değerlerinin Dağılımı



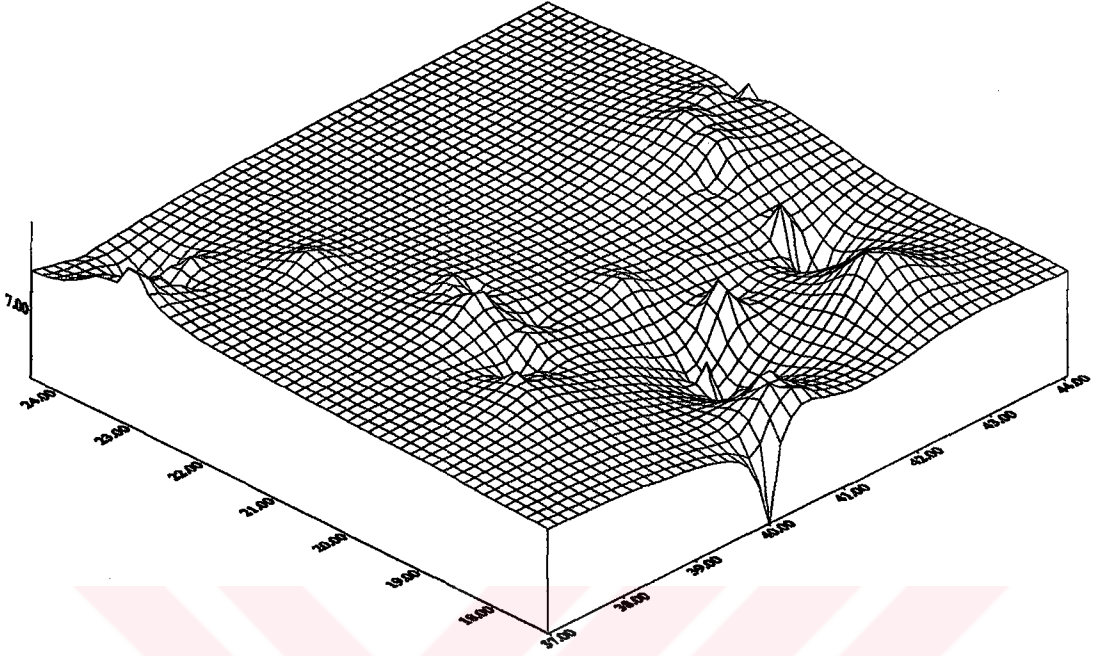
Örnek Noktalarındaki Zn Değerlerinin Dağılımı



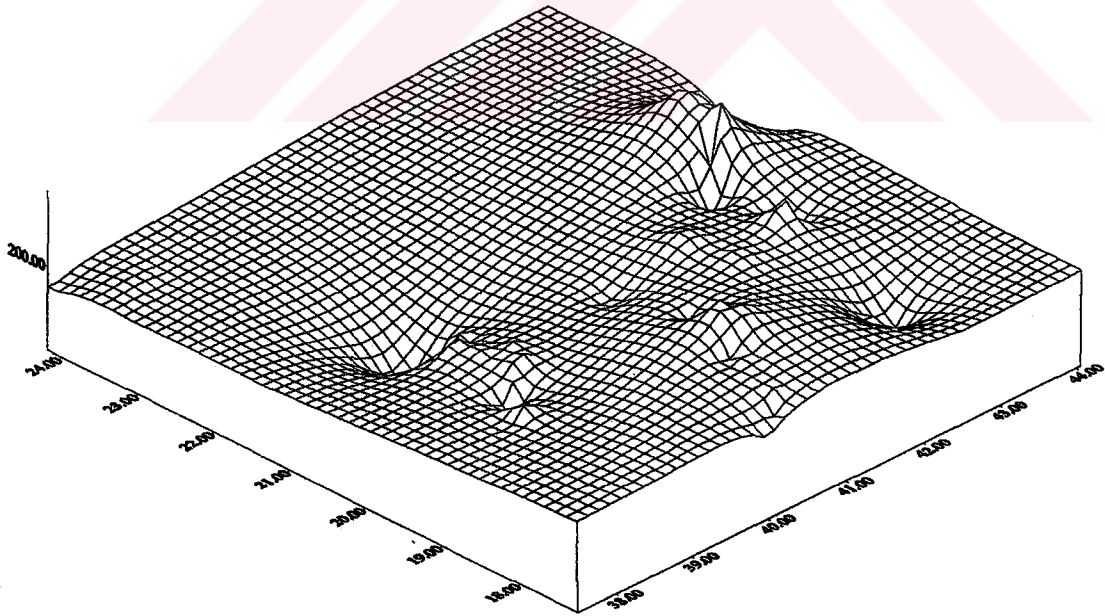
Örnek Noktalarındaki K-40 Değerlerinin Dağılımı



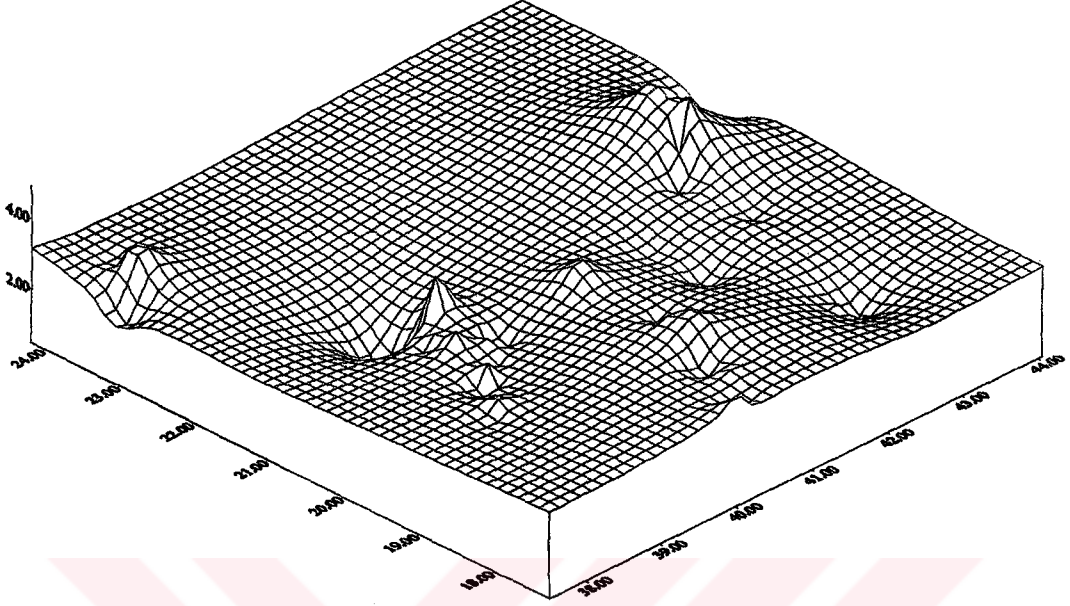
Örnek Noktalarındaki İletkenlik Değerlerinin Dağılımı



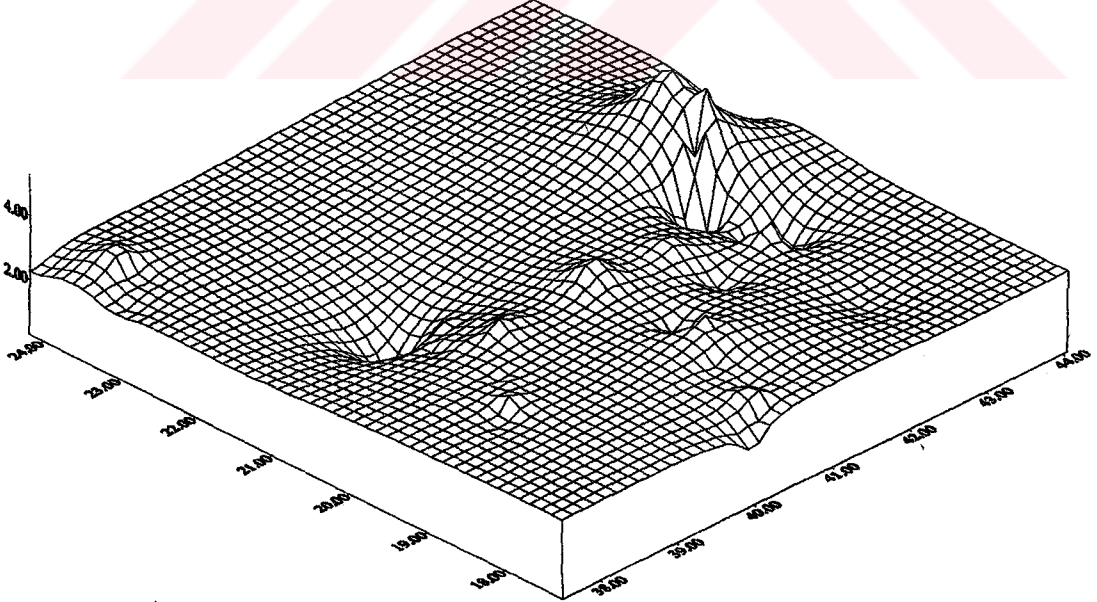
Örnek Noktalarındaki pH Değerlerinin Dağılımı



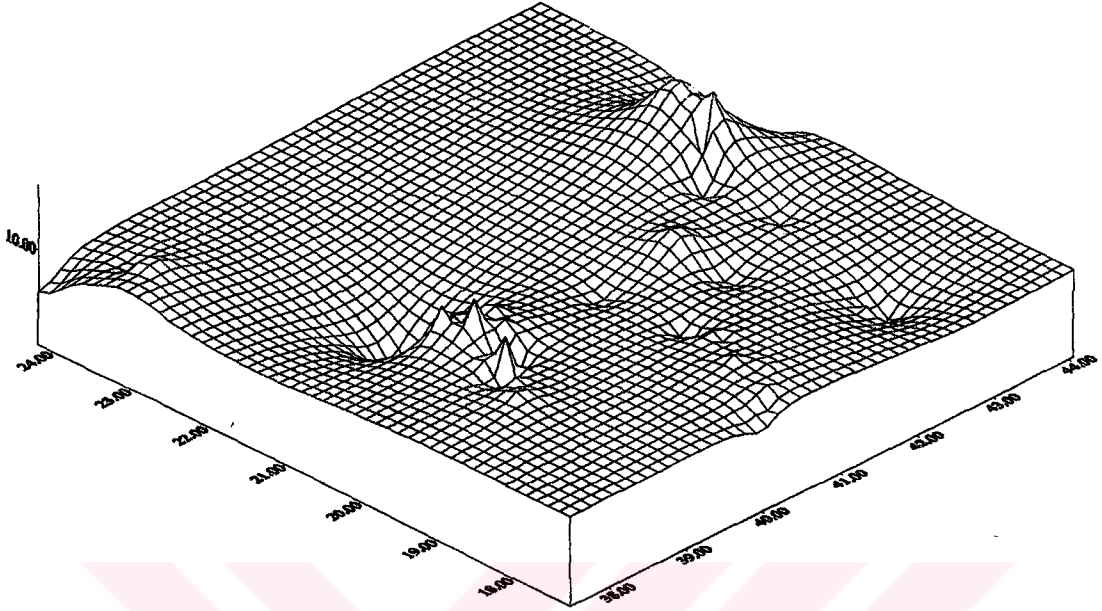
Örnek Noktalarındaki Toplam Gama cpm Değerlerinin Dağılımı



Örnek Noktalarındaki Toryum cpm Değerlerinin Dağılımı

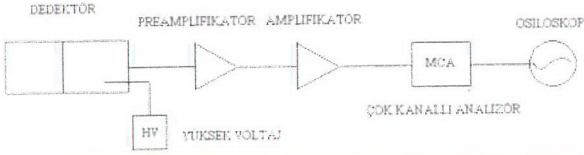


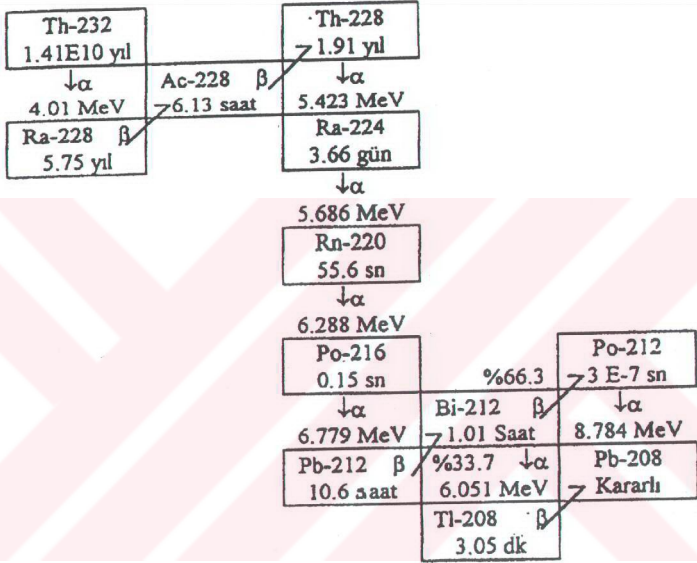
Örnek Noktalarındaki Uranyum cpm Değerlerinin Dağılımı



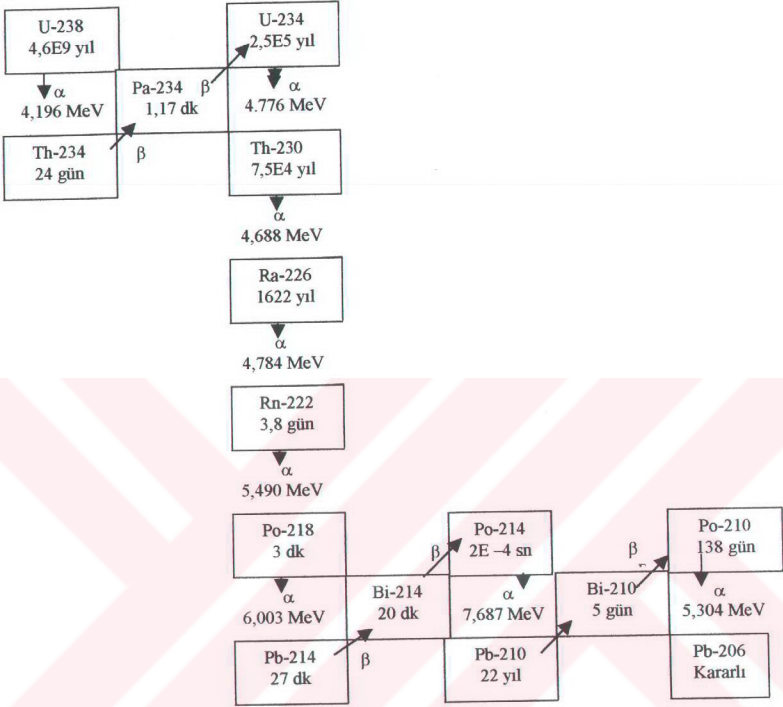
Örnek Noktalarındaki K-40 cpm Değerlerinin Dağılımı

DENEY DÜZENİĞİ





Th-232 BOZUNUM SERİSİ



URANYUM BOZUNUM SERİSİ

KAYNAKLAR

- 1- **Blaauboer R.O.; Vaas J.M.; Hesse J.M.; Sloof W.**, " Scopingreport Radon " RIVM Report No: 758904003, 1989.
- 2- **Cothorn C.R.; Robers P.A.**, " Radon, Radium and Uranium in Drinking Water " Lewis Publishers, Inc. Michigan, 1991.
- 3- **UNSCEAR**, " Ionizing Radiation Sources and Biological Effects ", United Nations, New York, 1982.
- 4- **UNSCEAR**, " Ionizing Radiation Sources and Biological Effects, United Nations ", New York, 1993.
- 5- **Erees F.S.; Kùçúktaş E.; Ölmez Ş.; Yener G.**, " Natural Radioactivity Measurements Around a Coal-Fired Thermal Power Plant in Turkey ", Supplement to Volume 16 (1994) of Environmental Geochemistry and Health, Gas Geochemistry, Edited by Claude Dubois, Sciences Reviews, s.427-431, 1995.
- 6- **Gür F.** " Doğal Dış Radyasyonun İzmir İlinde Yaşayanların Aldıkları Toplam Doza Katkısının Belirlenmesi ", E.Ü. Fen Bilimleri Ens. (Yüksek Lisans Tezi), 2000
- 7- **Aytaş Ş.; Erees F.S.; Yener G.; ve ark.**, " Manisa Yöresi Asma Yapraklarında Radyoaktif Kurşun ve Radyoaktif Polonyum İçeriklerinin Ölçülmesi ", Ege üniversitesi Araştırma Fonu Projesi, 1997 NBE 002, 2000.
- 8- **Kathern R.L.** " Radioactivity in the Environment : Sources, Distribution, and Surveillance " Harwood Academic Publishers, New York, 1986.
- 9- **UNSCEAR**, " Sources and effects of Ionizing Radiation ", United Nations Publication E.77.IX.1, New York, 1977.
- 10- **UNSCEAR**, " Ionizing Radiation Sources and Biological Effects ", United Nations, United Nations Publication E.82.IX.8, New York, 1982.
- 11- **Nevissi A.E.**, " Measurement of Lead-210, Bismuth-210 and Polonium-210 in Environmental Samples", Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, Vol. 148 (1) 121-131, 1991.
- 12- **Ishikawa T.** " Long-Term Changes in Body Potassium Concentration and Dose From K-40 for a Japanese Adult Male Group ", Health Phys., Vol.78, N.4, April 2000
- 13- **Saatçi F.** " Toprak İlimi ", E.Ü. Ziraat Fak. Teksir No: 1-2, 1984
- 14- **Ergene A.** " Toprak Biliminin Esasları ", Atatürk Üniv. Yay. No: 635, Ziraat Fak. Yay. No: 289, Ders Kit. Ser. No: 47, 1987.
- 15- **Atalay İ.** " Toprak Coğrafyası ", E.Ü. Edebiyat Fak. Yay. No: 8, 1989
- 16- **Şenyüz G.** " Gediz Havzası Bağ Topraklarının Mağnezyum Durumunun İncelenmesi ", E.Ü. Fen Bilimleri Ens. Toprak Anabilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), 1995

- 17- **Pınar S.** " Alkali Reaksiyonlu Topraklarda Kükürt Uygulamalarının pH ve Bazı Besin Elementlerinin Alınımı Üzerine Etkileri ", E.Ü. Fen Bilimleri Ens. (Yüksek Lisans Tezi), 1994.
- 18- **Baran Ö.** " Asit Reaksiyonlu Topraklarda Kireç Uygulamalarının pH ve Bazı Bitki Besin Elementlerinin Alınımı Üzerine Etkileri ", E.Ü. Fen Bilimleri Ens. Toprak Ana Bilim Dalı (Yüksek Lisans Tezi), 1994.
- 19- **Akçalı H.B.** " Küçük Menderes Havzası Alluvial ve Kolluviyal Topraklarının Alınabilir Magnezyum Miktarlarının Tayininde Kullanılacak Yöntemler ", E.Ü. Fen Bilimleri Ens., (Doktora Tezi), 2000.
- 20- **Tuna L.** " Kemalpaşa Bölgesi Kiraz Plantasyonlarının P- K- Ca- Fe ve Zn Yönünden Beslenme Durumlarının Değerlendirilmesi ve Bu Elementlerin Mevsimsel değişimleri Üzerine Araştırmalar ", E.Ü. Fen Bilimleri Ens. (Yüksek Lisans Tezi), 1991
- 21- **Çepel N.** " Toprak İlimi Ders Kitabı ", İ.Ü., Orman Fak. Yay., İ.Ü. Yay.No: 3416, O.F. Yay.No: 389, 1988.
- 22- **Dubertret L.** " 1: 100.000 Ölçekli Orjinal Jeoloji Haritası "
- 23- **Henden E.** "Plazma Yayım Spektroskopisi", Eser Analiz Yaz Okulu, 25-29 Haziran 2001. E.Ü. Fen Fak.