

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ-CERRAHPAŞA
ADLİ TIP ENSTİTÜSÜ

Danışman
Doç. Dr. Hüseyin Çakan

İSTANBUL’DA ÇEŞİTLİ İLÇELERDEN ALINAN TOPRAK VE TOPRAĞA
GÖMÜLÜ FİZİKSEL DELİLLERİN ADLİ MİKROBİYOLOJİK YÖNDEN
ARAŞTIRILMASI

FEN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİYOLOG FATMA GÜL EFEOĞLU

İSTANBUL – 2019

Istanbul, 24 Haziran 2019

İ.Ü.ADLİ TIP ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ
FEN BİLİMLERİ ANABİLİM DALI BAŞKANLIĞINA

Lisansüstü Öğretim Yönetmeliğinin 36.maddesi uyarınca Enstitünüz Fen Bilimleri Anabilim Dalı'nın yüksek lisans öğrencisi Fatma Gül EFEOĞLU'nun,

“İstanbul’da Çeşitli İlçelerden Alınan Toprak ve Toprağa Gömülü Fiziksel Delillerin Adli Mikrobiyolojik Yönden Araştırılması ”

Adlı tezi jürimizce tetkik edilmiş ve kendisine tez savunması yaptırılmıştır.

Yukarıda adı geçen tezin ve tez savunmasının kabul edilmesine oy birliğiyle ile karar verilmiştir.



Prof. Dr. H. Bülent ÜNER
Jüri Başkanı



Prof. Dr. Ümit Naci GÜNDOĞMUŞ
Üye

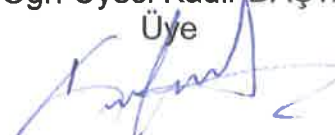
Doç. Dr. Hüseyin ÇAKAN
Danışmanı



Dr. Öğr. Üyesi Selda MERCAN
Üye



Dr. Öğr. Üyesi Kadir DAŞTAN
Üye



Bu tez projesi İ.Ü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 31169



Önsöz

Yüksek lisans tez çalışmamı gerçekleştirmeme imkan sunan İ.Ü. Cerrahpaşa Adli Tıp Enstitüsü Müdürü **Prof. Dr. Faruk AŞICIOĞLU**'na, Fen Bilimleri Anabilim Dalı Başkanı **Prof. Dr. Münevver AÇIKKOL**'a,

Yüksek lisans öğrenimim süresince tüm bilgi birikimi ve deneyimlerini paylaştan ve desteğini esirgemeyen tez danışmanım **Doç. Dr. Hüseyin ÇAKAN**'a,

Tezime katkıda bulunan **Prof. Dr. Nevriye GÖNÜLLÜ**'ye, Biyolog **Murat YAYLA**'ya, beni yalnız bırakmayan ve desteklerini esirgemeyen Uzm. Biyolog **Fatih AKYÜZ**'e, **Dr. Baran ERMAN**'a ve Biyolog **Nurdan SANDIKÇI**'ya, istatistik konusunda yardımlarını esirgemeyen **Dr. Yeşim TUNÇ**'a,

Hayallerimi gerçekleştirmem için bana fırsat tanıyan ve desteklerini esirgemeyen başta Data Market Bilgi Hizmetleri Genel Müdür Yardımcım **Nilgün TORAMAN BOYLA**'ya ve yöneticim **Mehmet AÇAR**'a,

Öğrenim sürecim ve hayatımın her aşamasında sevgi, sabır ve manevi desteğini esirgemeyen annem **Mahide AYKAÇ**'a, her zaman yanımda olan ve her türlü desteğiyle bu süreci beraber yürüttüğüm sevgili kardeşim **Şule EFEOĞLU**'na,

Enstitümüzün tüm öğretim üyelerine ve çalışanlarına, B.A.P. çalışanlarına saygı ve minnetle teşekkür ederim.

Fatma Gül EFEOĞLU

İçindekiler

Önsöz	iii
İçindekiler	iv
Tablolar Listesi.....	vi
Şekiller Listesi	vii
Kısaltmalar.....	ix
Özet.....	x
Abstract.....	xii
1. Giriş ve Amaç.....	1
2. Genel Bilgiler.....	3
2.1 Olay, Olay Yeri.....	3
2.2 Fiziksel Deliller.....	3
2.3 Toprağın Genel Yapısı ve Oluşumunda Rol Oynayan Faktörler.....	4
2.3.1 Toprak Katmanları.....	6
2.3.2 Toprak Oluşumunu Etkileyen Faktörler.....	8
2.3.3 Toprağın Özellikleri.....	9
2.4 Adli Toprak Bilimi.....	11
2.5 Adli Toprak Biliminin Tarihsel Gelişimi.....	12
2.6 Adli Toprak Analizleri.....	14
2.7 Adli Mikrobiyoloji.....	18
2.8 Adli Toprak Mikrobiyolojisi.....	21
2.8.1 Toprak Bakterileri.....	22
2.8.2 Toprak Mantarları.....	29
2.8.3 Toprak Aktinomisetleri.....	30
3. Gereç ve Yöntem.....	32
3.1 Araştırma Evreni ve Örneklemi.....	32
3.2 Çalışma Tasarımı.....	34
3.3 Model Fiziksel Delil Numuneleri.....	34
3.4 Numunelerin Gömülmesi ve İşaretleme.....	36
3.5 Numunelerin Toplanması ve Saklanması.....	37
3.6 Toplanan Örneklerin Laboratuvar Çalışmaları	38
3.6.1 Toprak Numunelerinin pH'ının Hesaplanması.....	38

3.6.2 Besiyeri Hazırlanması.....	39
3.6.3 Mikroorganizmaların Kültüre İşlemleri.....	40
3.7 Topraktaki Mikroorganizmaların Değerlendirilmesi.....	40
3.7.1 Mikroorganizmaların Tiplendirilmesi.....	40
3.7.2 MALDI-TOF MS.....	41
3.8 Çalışmada Kullanılan Cihazlar ve Gereçler.....	44
3.9 Veri Analizi.....	45
4. Bulgular.....	46
4.1 Fenotipik Değerlendirme.....	46
4.2 Mikroorganizmaların Tiplendirme Tabloları.....	51
4.2.1 Tür Sayısına Göre.....	51
4.2.2 Türlerin Dağılımlarına Göre.....	52
4.3 İstatistiksel Değerlendirme.....	54
4.3.1 pH Değerlendirmesi.....	54
4.3.2 Nem ve Sıcaklık Değerlendirmesi.....	55
4.3.3 Model Fiziksel Delil Numuneleri Değerlendirmeleri.....	56
5. Tartışma.....	57
6. Sonuç.....	71
7. Kaynaklar.....	72
Ekler.....	80
Ek.1: Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Proje Özet Raporu....	80
Ek.2: Harita Örneği.....	81
Ek.3: Ham Veriler.....	82
Özgeçmiş.....	98

Tablolar Listesi

Tablo I:	Toprakta Bulunan Başlıca Bakteri Grupları.....	24
Tablo II:	Saha Uygulamalarının Yapıldığı Bölgelerin Ayrıntılı Konumları.....	33
Tablo III:	Çalışmada Kullanılan Analitik Sistemler, Laboratuvar Alet ve Gereçlerine Ait Bilgiler.....	44
Tablo IV:	20 Farklı Bölgedeki pH Ölçümlerinin Ortalaması.....	54
Tablo V:	pH Kategorilerine göre Bakteri ve Mantar Çeşidi Değerlendirmesi.....	55
Tablo VI :	20 Farklı Bölgeye Ait Nem ve Sıcaklık Değerleri.....	55
Tablo VII:	4 Grup Fiziksel Delil Numunelerindeki Bakteri ve Mantar Çeşidi Değerlendirmesi.....	56

Şekiller Listesi

Şekil 1:	Toprak Profili: Horizonları ve mikrobiyal habitatları.....	7
Şekil 2:	Toprak oluşumunu etkileyen faktörler.....	8
Şekil 3:	Saha uygulamalarının yapıldığı bölgelerin harita görüntüsü.....	32
Şekil 4 :	Model fiziksel delil numuneleri a) Tahta b) Kumaş c) Kauçuk d) Metal.....	34
Şekil 5 :	5x5 cm ölçüsünde 4 model fiziksel delil numunelerinin sterilizasyona hazırlığı.....	35
Şekil 6 :	Farklı saha uygulama alanlarından örnekler.....	36
Şekil 7 :	Model fiziksel delil numunelerinin gömülmesi.....	37
Şekil 8 :	Numunelerin toplanması (a, b, c, d) etiketlenmesi (e) ve saklanması (f).....	38
Şekil 9 :	MALDI-TOF MS analizi örnek hazırlık aşamaları.....	42
Şekil 10 :	MALDI-TOF MS cihazı çalışma prensibinin şematik olarak gösterilmesi.....	43
Şekil 11 :	Besiyerlerinde üreme görülen toplam plakların oranı.....	46
Şekil 12 :	Besiyerlerinde üreme görülen plak sayılarının toplanan numunelere göre dağılımı.....	46
Şekil 13 :	Mikroorganizmaların koloni görüntüsü a) 4. bölge b) 1.bölge c) 20. bölge d) 4.bölge.....	47
Şekil 14:	Numunelere ait mikroskop görüntüleri a) 2. bölge toprak numunesi <i>Alternaria sp.</i> ve konidyalı b) 2. bölge metal numunesi <i>Bacillus megaterium</i> c) 7. bölge toprak numunesi <i>Bacillus cereus</i> d) 11. bölge toprak numunesi <i>Actinomyces sp./Bacillus cereus</i>	48

Şekil 15:	Numunelere ait mikroskop görüntüleri a) 11. bölge toprak numunesi <i>Streptomyces sp.</i> (Bölünmeden önce) b) 13. bölge toprak numunesi <i>Streptomyces sp.</i> c) 18. bölge toprak <i>Paenibacillus macerans/Bacillus sp.</i> d) 2. bölge metal numunesi <i>Bacillus sp.</i>	49
Şekil 16:	Numunelere ait mikroskop görüntüleri a) 2. bölge kauçuk numunesi <i>Bacillus subtilis /Micrococcus sp.</i> b) 3.bölge metal numunesi <i>Streptomyces sp.</i>	50
Şekil 17:	Numunelerin MALDI-TOF MS cihazı analiz görüntüleri a) Matriks.....	50
	b) Spektrum görüntüsü	
Şekil 18:	MALDI-TOF MS cihazındaki B7 kodlu 16.bölge tahta numunesinin tür tanımlama sonucu <i>Arthrobacter gandavensis</i>	51
Şekil 19:	Mantar ve bakteri çeşidinin farklı bölgelere göre dağılımı.....	51
Şekil 20 :	Mantar ve bakteri tür sayılarının model fiziksel delil numunelerine göre dağılımları.....	52
Şekil 21:	Toprak ve 4 farklı model fiziksel delilin mantar kompozisyonu.....	53
Şekil 22:	Toprak ve 4 farklı model fiziksel delilin bakteri kompozisyonu.....	53

Kısaltmalar

°C : Santigrad derece

cc : Cubic Centimeter

cm : Santimetre

CO₂ : Karbondioksit

dk : Dakika

DNA : Deoksiribo Nükleik Asit

FBI : Federal Bureau of Investigation- Federal Araştırma Bürosu

HCCA : α -cyano-4-hydroxycinnamic acid

g : Gram

km : Kilometre

L : Litre

μ m : Mikrometre

ng : Nanogram

m : Metre

mL : Mililitre

m/z : Kütle-yük oranı

pH : Power of Hydrogen

rRNA : Ribozomal Ribo Nükleik Asit

Rpm : Revolution per minute -Dakikadaki devir

MALDI-TOF MS: Matrix Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight Mass Spectrometry

MEA : Malt Ekstrat Agar

MAC : Mac Conkey Agar

TSA : Tryptic Soy Agar

T-RFLP: Terminal Restriction Fragment Length Polymorphism

Özet

Adli vakaların aydınlatılmasında olay yeri inceleme ve bu inceleme sonucunda elde edilen deliller büyük önem taşırlar. Toprak, pek çok kriminal olguda, bir suçluya veya kurbanı taşııabildiği için, kriminal incelemelere delil taşıyıcısı olarak önemli bilgiler sağlayabilir. Zamanla süregelen doğal nedenlerle iklim (nem, sıcaklık), ana materyal (ana kaya), reliyef (topografya), canlı organizmalar ve zaman gibi faktörlerle toprak değişik bölgelerde farklı bileşimde ve karakteristik bir yapıya dönüşmektedir. Toprağın mikrobiyal dağılımının oldukça değişken olması toprak kimliklendirilmesinde mikroorganizmalardan yararlanmamızı sağlamıştır. Topraktaki bakteriyal türlerin ve onların metabolik aktivitelerinin tayini, toprak örneklerinin farklılandırılmasında kullanılabilir.

Mikrobiyolojik açıdan üç grup mikroorganizma toprağın kimliğinin belirlenmesini, değişik toprak örnekleri arasındaki benzerlik ya da farklılıkları belirlemeyi mümkün kılmıştır. Mantar, bakteri, aktinomiset kolonilerinin morfolojilerinin karşılaştırılması toprak örneklerinin kimliklendirilmesini sağlar.

Bu çalışma, toprakta bulunan mikroorganizmaların kimliklendirilmelerinin adli bilimler açısından önemini değerlendirmek amacıyla planlanmıştır. Çalışmamız İstanbul il sınırlarındaki yerleşim alanı dışındaki belirlenmiş ve işaretlenmiş 20 bölgeden oluşturuldu. Mekan olarak büyük ve geniş toprak zemin ve ormanlık alanlardan, 1. ay, 2. ay ve 3. ay sonunda ve 4 model fiziksel delil numuneleriyle çalışıldı. Bu bölgelerde açılan çukurlara gömülerek toprak ile teması sağlanan 4 model fiziksel delil, 1. ay, 2. ay ve 3 ay sonunda çalışmaya alındı. Analiz için 10 gram (g) toprak numunesi ve 20-30 santimetre (cm) derinlikteki toprağa gömülü ve toprakla bulaşma gösteren 5x5 cm ölçüsündeki 4 fiziksel örnek delil (kumaş, kauçuk, metal, tahta) toplanarak dekontaminasyonu sağlandı ve mikrobiyolojik analizleri belirtilen süre sonunda ve belirlenen sırasıyla önce fenotipik (mikroskobik, makroskobik vb.) sonra kültür

yöntemleriyle birlikte, ileri biyokimyasal tanı analizleri (API ve MALDI-TOF MS cihazı) kullanılarak tanımlamaları yapıldı.

Sonuç olarak, kriminal olayların değerlendirme aşamasında önemli kanıtlar olan toprak ve toprakla bulaşma gösteren örnek fiziksel deliller üzerindeki mikroorganizmaların varlığı yapılan mikrobiyolojik incelemeler yönüyle adli bilimlere katkısı belirlendi. Böylece toprakta bulunan mikroorganizmaların toprağın kimliklendirilmesinde bir gösterge olarak kullanılabilirliği görüldü. Tanımlanan mikroorganizma türleri toprak numunesinde % 69 bakteri, % 31 mantar; model fiziksel delil numunelerinde % 75 bakteri, % 25 mantar olarak belirlenerek delil örnekler ve alınan toprak örneklerinden bir veri tabanı oluşturuldu. Adli bir olayın çözümlenmesine yönelik bir ön çalışma niteliğinde olan bu çalışmamızda; İstanbul'da meydana gelen bazı olayların aydınlatılmasında toprak ve üzerlerine toprak bulaşmış fiziksel delillerin kullanılabilirliği adli mikrobiyolojik olarak gösterildi. İstanbul ile ilgili elde edilen bu verilerin ileride kullanılacak coğrafik bilgi sistemleri yönünden bir model oluşturması da sağlandı.

Anahtar Kelimeler: Adli Bilimler, Toprak, Fiziksel Deliller, Mikrobiyal Tanımlama, Adli Toprak Mikrobiyolojisi

Abstract

Crime scene investigation and the evidence obtained during this process are very important in solving judicial cases. Since soil may be transferred to a criminal or a victim in many of the criminal cases, it may provide important information to crime investigations as a carrier of evidence. Soil assumes different compositions and characteristic structures in different areas with the influence of many natural factors such as climate (humidity, temperature), basic material (main rock), relief (topography), living organisms and time. The versatile nature of the microbial distribution in soil gives us the chance to make use of microorganisms in identifying the soil. The identification of bacterial species in the soil and their metabolic activities may be used for the differentiation of soil samples. In microbiological terms, three groups of microorganisms make it possible to identify the soil and to specify the similarities and differences among different samples of soil.

Making a comparison of the morphologies of fungus, bacteria and actinomycete colonies helps us identify the soil samples. This study has been planned to evaluate the importance of identifying the microorganisms in the soil for the forensic sciences. Our research covers 20 regions identified and marked outside the settlement area within the boundaries of İstanbul. Big and wide soil areas and forest areas were preferred. 4 types of physical evidence samples were collected from such areas was at the end of 1st, 2nd and 3rd month and then analyzed. The samples were embedded in order to physical connection to soil. 10 g of soil sample and 4 pieces of physical evidence (fabric, rubber, metal, wood), sized 5x5 cm, buried 20-30 cm deep in the soil and contaminated with soil, were collected for analysis and stored in sterile conditions. The microbiologic identification analyses were done at the end of the predefined period and in the predefined order, using first phenotypic (microscopic, macroscopic

etc.) then culture methods in combination with advanced diagnostic analyses by API and MALDI-TOF MS devices.

In conclusion, the contribution of existence of microorganisms in the soil and on the sample physical evidences contaminated from soil, which is important on evaluation stage of criminal cases, was determined by way of microbiological analysis. % 69 bacteria , %31 fungus in the soil samples; % 75 bacteria, % 25 fungus on the physical evidences were identified and a database was set up.

This study, was designed as a preliminary work in the solution of a judicial case, our results proved that soil-contaminated physical evidences can be used in a forensic criminal case. In addition these results will be able to be used for further geographical databases of Istanbul.

Keywords:Forensic Science, Soil, Physical Evidences, Microbial Identification, Forensic Soil Microbiology

1. Giriş ve Amaç

Adli vakaların aydınlatılması için olay yeri inceleme ve bu inceleme sonucunda elde edilen fiziksel deliller büyük önem taşırlar (1). Günümüzde meydana gelen çeşitli kriminal olayların aydınlatılmasında suçludan delile değil, delilden suçluya gitme kavramı oluşmuştur (2). Olay yeri-suç-mağdur ve suçlu arasında ilişki kurmamızı sağlayan fiziksel delillerden biri de topraktır (3).

Toprak, son yıllarda teknoloji ve bilimin gelişmesiyle birlikte birçok alanda kullanılmakta ve aynı zamanda adli bilimlerde de adli olayların çözümüne katkı sağlayan önemli deliller arasında yer almaktadır. Toprağın delil değeri, olay yerlerinde yaygın olarak bulunması ve bunun şüpheliye transfer edilmesinden kaynaklanmaktadır. Böylelikle, şüphelinin elbisesinde, ayakkabısında veya şüpheli otomobilde bulunan toprak veya çamur, olay yerindeki toprak veya kurumuş çamur ile karşılaştırıldığında şüpheliyi veya objeyi olay yeriyle ilişkilendiren birleştirici bulgu haline gelir (4).

Bazı ülkelerde toprak analizleri saha doğrulaması ve ölüm sonrası zaman tahminleri yapmak amacıyla kullanılmaktadır. Ancak kriminal araştırmalarda kullanım amacı yeterli değildir. Toprağın kompleks yapısı, heterojenliği ve aktarılabirlik özelliği sayesinde kökeni bilinmeyen bir numunenin kökeni ve lokasyonu hakkında ipuçlarının elde edilmesi sağlanabilir (3).

Toprak, bir olay yerinden toplanan örneklerle bir şüpheli veya nesneden toplanan örneklerin karşılaştırılmasına yardımcı olmaktadır. Böylece toprak adli araştırmalarda değerli eser metaryal haline gelmektedir (3).

Toprak ayakkabılara, lastiklere, kürek vb. gibi aletlere, giysilere yapışır ve kalıcı olabilir. Toprak partikülleri bir bölgeden bir bölgeye, kişi ve/veya kişilerce taşınabilir. Bu taşınabilme özelliğiyle de adli bilimlerde delil açısından önem arz etmektedir (5).

Adli toprak bilimini toprağın delil olarak cinayet, hırsızlık, kaçakçılık, terör, trafik kazası, tecavüz gibi adli vakalarda kullanılması sonucuyla adli bir olayın çözümüne katkı veren bilim dalı olarak tanımlayabiliriz (4).

Adli toprak bilimini kullanarak, adli bir olayın çözülmesine yönelik bir ön çalışma niteliğindeki çalışmamızda İstanbul il sınırlarında, ancak yerleşim alanları dışında 20 farklı bölge belirlenmiş ve işaretlenmiştir. Bu bölgelere toprak ve toprakla bulaşma gösteren 4 model fiziksel deliller (kumaş, kauçuk, metal ve tahta) gömülmüş ve 1. ay, 2. ay ve 3. ay sonunda mikrobiyolojik analizleri yapılmıştır. Amacımız toprak ve toprakla bulaşma gösteren bu materyalleri mikroskopik ve ileri analiz yöntemleriyle inceleyerek, kullanılabilirliğini mikrobiyolojik olarak göstermektir. Toprakta bulunan mikroorganizmaların kimliklendirilmelerinin adli bilimler açısından önemini değerlendirerek coğrafi bilgi sistemine bir katkı sağlamak diğer amacımızdır.

Toprağın mikrobiyolojik yönüyle adli bilimlere katkısının belirlenmesi ve toprakta bulunan mikroorganizmaların, toprağa bulaşmış objelerin kimliklendirilmesinde bir gösterge olarak kullanılabilirliğinin ortaya konulması temel amacımız ve beklediğimiz en önemli sonuçtur.

Literatür tarama çalışmalarımızda, yurtdışında konuyla ilgili birçok araştırma yapıldığı görülmüş ancak ülkemizde toprak mikrobiyolojisinin adli yönüyle ilgili kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu tür bir çalışmanın yapılması gerekliliği düşünülmüştür. Bu çalışma sadece farklı toprak mikroorganizmalarının kimliklendirilmesi olmayıp, aynı zamanda toprakla bulaşma gösteren çeşitli fiziksel delilleri de kapsayan öncü bir çalışmadır.

2. Genel Bilgiler

2.1 Olay, Olay Yeri

Olay, doğa güçlerinin etkisiyle oluşan veya insan davranışı sonucu ortaya çıkan veya oluşan durum, ilgiyi çeken veya çekebilecek nitelikteki her türlü hadiseye denir (5). Olay yeri, suçun davranışa dönüştüğü yerde başlayıp failin gidebileceği yerleri içeren, dinamik bir alanı içermektedir. Suç kavramının tanımı ise kısaca yasanın ihlali olarak yapılmaktadır (1).

Adli bilimler, olay yerinde başlar (6). Olay yeri; suç kastının davranışa dönüştüğü yerden başlayıp, failin kaçış yönüyle devam eden ve olayın işleniş tarzı, mağdur ve suç sanıklarının ilişkisinin saptanabildiği dinamik alanı ifade eder. Ayrıca zanlıların olayla ilişki derecelerinin net olarak tespit edildiği, iz ve delillerin bulunduğu yerdir (7). Olayın işlendiği alan; olayı işleyenlerin ve/veya maruz kalanların, takip ettiği yolu, kullandıkları mekanları, kullandıkları suç eşyalarının bulunduğu ve saklandıkları alanları yani olay ve olay yeri ile etkileştikleri alanları kapsar. Örneğin evinde bıçaklanan bir kişi, suç failini kovalamak için takip eder, sokağa çıkar ve sokakta ölü bulunabilir. Bu bölgelerin tamamı olay yeri olarak tanımlanır (5).

2.2 Fiziksel Deliller

İşlenen suçun yeniden canlandırılmasına, failin kimliğinin ve fail-mağdur-olay yeri arasındaki ilişkinin tespitine yarayacak, laboratuvarlarda işlem gördükten sonra soruşturma sırasında ya da mahkemede delil olarak kullanılabilecek, maddi (fiziki) bir yapıya sahip, canlı veya cansız herhangi bir nesne ya da ize fiziki delil denir (5).

Yasalar suçu, fiziksel delilin olayla ilişkilerini tanımlayarak ortaya çıkarmaktadır. İnsan hakları kavramının geldiği son aşamayla birlikte, suçla mücadelenin ve adaletin sağlanması için ceza muhakemesinin işleyişinde bazı değişiklikler söz konusu olmuştur. Bu değişiklikler kısaca

“suçludan delile değil, delilden sanığa” kaidesinin suçla mücadele eden birimlerce benimsenmesi şeklinde özetlenebilir (8). Yeni anlayış, önce suçla ilgili delilleri toplamayı ve bu deliller ışığında şüpheliye ulaşmayı gerektirir. Bu durum sonucu deliller daha ön plana çıkmakta, delilleri toplama ve analiz etme işi daha da önemli hale gelmektedir. Olay yeri olayın türü hakkında birçok iz ve delili barındırmaktadır (2). Kriminalistik biliminin kurucularından olan Edmond Locard’a ait “Değişim Prensibi”ne göre, kişi bir ortamı terk ederken orada bulunduğu dair iz bırakır ya da ortamdan bir şeyleri alıp götürür. “Her temas mutlaka bir iz bırakır” prensibi ile ortam-mağdur-fail arasında olay yerinde temas olmaktadır. Bu temas olayın ne olduğu ve tarafların kimler olduğu hakkında ipuçları verir (9).

“Suçun sessiz tanıkları” olarak nitelendirilen fiziki delillerin suçların çözümünde ve faillerin yakalanmasındaki etkin rolü çağın gelişen teknolojik imkanları sayesinde her geçen gün artmaktadır. Günlük hayatta birebir karşılaştığımız, çevremizde bulunan ve olay yeri- suç-mağdur ve suçlu arasında ilgi kuran bu fiziksel delillerden biri de topraktır (10).

2.3 Toprağın Genel Yapısı ve Oluşumunda Rol Oynayan Faktörler

Toprak, yaşamın temel taşlarından biridir. Toprak, bitkiler için besin, su deposu ve tutunma, mikroorganizmalar için ise barınma ortamı haline gelir. Kayalarla canlıların su ile havanın buluşma noktası topraktır. Bilim dalı olarak ise yer bilimleriyle biyoloji bilimlerini birbirine bağlayan bir köprü olarak tanımlanır (11).

Toprağın tanımında, farklı görüşler olmasına rağmen, ortak yönlerini şöyle sıralayabiliriz. Yeryüzünün en dışında yeralan gevşek bir tabakadır. Bitkilerin gelişmesi için doğal bir ortamdır. Toprak, içinde binlerce tür canlı organizma bulunduran, mineral tanecikler, ayrışmakta olan organik ürünler, su veya hava ile dolu boşluklar karışımıdır. Karmaşık ve dinamik bir yapıya sahiptir (12). Başlıca işlevlerinden biri biyoçeşitliliğin korunmasında doğal gen bankası görevi yapmasıdır (13).

Toprağı oluşturan maddeler 3 ana grupta toplanabilir.

1. Toprağın Katı Maddeleri: İnorganik maddeler ve organik maddeler olarak ikiye ayrılır. İnorganik maddeler minerallerden meydana gelen taş, çakıl, kum vb.'dir. Organik madde, kökenine göre hayvansal ürünler, bitkisel ürünler ve mikroorganizmalar olarak üç başlıkta toplanır. Organik maddelerin esas kaynağını bitki artıkları oluşturur. Topraktaki organik kısmın geriye kalanı toprak canlılarını kapsamaktadır. 1913 yılında France R.H. adlı bilim insanının terimlendirdiği bu organik kısım edafon olarak tanımlanmaktadır (14). Toprakta organik madde kapsamının en fazla olduğu alan, her zaman yüzeye en yakın kısımdır. Nedeni köklerin büyük bölümünün burada gelişmesi ve üstten düşen organik artıkların da yüzeyde bulunmasıdır. Topraktaki onbinlerce tür canlının yaşam kaynağı organik madde veya topraktaki diğer canlılardır. Bunların büyük bölümü organik ürünleri parçalayıp ayrıştırma, mineralize etme (inorganik bileşiklere çevirme), yeni organik ve organomineral ürünler oluşturma görevi üstlenmiş olup, çok azı inorganik ürünleri değişikliğe uğratar (15). Mikroorganizmaların organik maddeyi parçalayıp, ayrıştırıp mineral maddelere çevirmesiyle birlikte, bitkiler için temel besin maddeleri yeniden alınabilir hale gelir (16). Örneğin azotlu organik bileşiklerden, bitkilerin temel azotlu besini olan nitrata geçişte onlarca, yüzlerce mikroorganizma grubu görev alır. Bir tutam sağlıklı toprakta yaklaşık 200 milyar adet bakteri ve 100 kilometre (km) uzunlukta mantar lifleri bulunabilir. Başka bir deyişle toprak canlılığı, doğada hiçbir ortamla karşılaştırılamayacak bir zenginlik ihtiva eder (11).

2. Toprağın Sıvı Maddeleri: Besin tuzları, iyonlar, organik maddeler ve oksijen içeren maddelere "toprak çözeltisi" denir. Bitki yaşamı için ekolojik yönden son derece önemli bir toprak ögesidir. Topraktaki miktarı üzerinde toprak tekstür ve strüktürü, iklim koşulları ve reliyef rol oynamaktadır (15).

3. Toprağın Gaz Maddeleri: Canlı bir varlık olan toprak solunum yapar. Toprakta, bitki kökleri ve mikroorganizmalar solunum ile bol miktarda karbondioksit (CO₂) verirler. Bu nedenle toprak havası, atmosferik havaya nazaran CO₂ bakımından çok zengindir. Su buharı bakımından da daha doygunudur. Oksijen bakımından atmosferle hemen hemen aynı durumdadırlar (17).

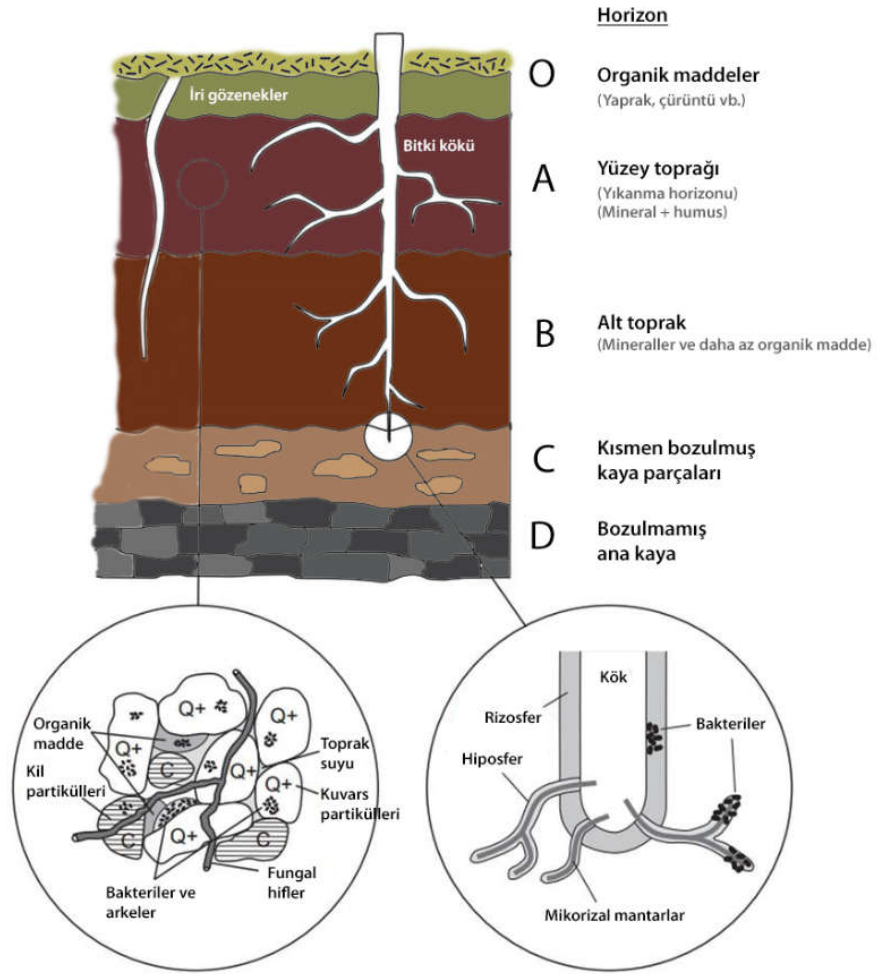
2.3.1 Toprak Katmanları

Toprak, oluşum ve gelişim evrelerini tamamlarken horizon adı verilen toprak katmanları oluşur. Toprak horizonları renk, kalınlık, tanecik büyüklüğü, lekeliç, toprak taneciklerinin istiflenme düzeni vb. özellikler bakımından birbirinden farklı olan yatay toprak tabakalarıdır.

Horizonlar, harfler ve sayılarla gösterilmektedir. (O, A, B, C, D, E, R vb. gibi). Stolp'dan uyarlanan (18) horizonları ve mikrobiyal habitatları gösteren tipik bir toprak profili Şekil 1'de gösterilmiştir. "O" Horizonunun isimlendirilmesinde organik sözcüğünün ilk harfi kullanılmış olup, mineral toprak üstünde birikmiş bulunan organik maddelerin tümünü ifade eder. Orman ekosistemlerinde bu kısma ölü örtü de denir ve birbirinden farklı yaprak, çürüntü ve humus horizonlarından oluşur. Toprak oluşumunun ve özellikle mikrobiyal etkinliklerin en geliştiğı üst horizonlar A simgesi ile gösterilir ve yağış suları bu horizontan geçerek bazı maddeleri (kil, humus vb.) alıp aşağı tabakalara götürdüğü için yıkanma horizontu da denir. Bu katman mikroorganizma, solucan, karınca v.b canlıların yaşadığı yüksek biyolojik (canlı) etkinlik katmanıdır. Genellikle en verimli (üretken) horizontur (19).

Rizosfer, toprakta mikroorganizma popülasyonun yoğunlaştığı bitki köklerini çevreleyen bölge olarak tanımlanmıştır. Bitki sağlığı ve verimliliğinin önemli bir belirleyicisi olan mikrobiyal topluluk (mikrobiyota) ve bitki konakçı arasında yakın iki yönlü bir etkileşim

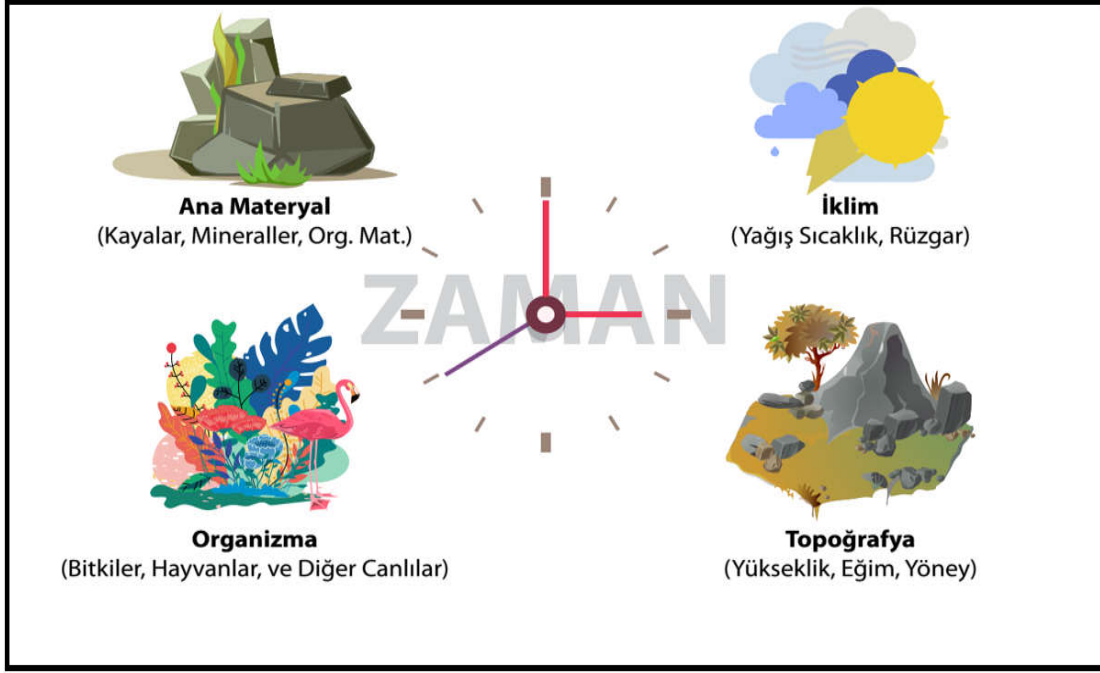
vardır. Bu etkileşim rhizobia ve baklagiller arasındaki simbiyotik ilişkilerde çok belirgindir. Mikrobiyal aktivitenin odağı olan rizosfer, mikrobiyal montajda önemli bir rol oynar. Çünkü orada mikrobiyal bitki etkileşimleri ve genetik değişimler sık görülür (20, 21). Toprak mikroorganizmaları çevresel değişime bitki ve hayvanlardan daha duyarlıdır. Bakteriyel çeşitlilik genellikle rizosferde toprağa göre daha düşüktür. Toprak mikroorganizmaları enerji ihtiyaçları topraktaki enerjiyle karşılandığından, organik asitler, şekerler ve amino asitler gibi kök atıkları, mikrobiyal popülasyonların büyümesini ve karbon, azot, kükürt vb. döngüsünü etkileyebilen hücre dışı enzimlerin aktivitelerini uyarabilir. Dolayısıyla rizosferlerin seçici ortamı sebebiyle mikrobiyal topluluk bileşimleri burada büyük ölçüde farklılık gösterir (22-24).



Şekil 1: Toprak Profili: Horizonları ve mikrobiyal habitatları (18)

2.3.2 Toprak Oluşumunu Etkileyen Faktörler

Toprak oluşumunu etkileyen faktörler genellikle farklı yerlerde farklı etkiler oluşturmakta ve böylece toprak büyük çeşitlilik kazanmaktadır (25). Toprak oluşumunu etkileyen faktörler Şekil 2’de gösterilmektedir.



Şekil 2 : Toprak oluşumunu etkileyen faktörler

Ana Kaya ve Ana Materyal: Toprakları oluşturan mineral maddelerin kökeni ana kaya adı verilen jeolojik birimlerdir. Ana materyal, ana kayanın dış etmenlerce gevşetilmesi, kabartılıp yumuşatılması sonucu ortaya çıkan gözenekli bir ara üründür. Üzerinde fiziksel ve kimyasal değişiklikler sürmektedir ancak onu toprak yapacak biyolojik etkinlikler düşük düzeydedir (15).

İklim (Nem, Sıcaklık): Sıcaklık, toprakların oluşup olgunlaşmasında önemlidir. Ortalama sıcaklığın artması, kimyasal tepkimeleri ve biyolojik etkinlikleri hızlandırır. Öte yandan sıcaklık değişimleri toprağı oluşturan fiziksel etmenlerin çalışmasını tetikler. Yüzeye ulaşan morötesi ışınlar, bu alanda mikrobiyel etkinlikleri sınırlandırır.

Toprak oluşumunu etkileyen diğer faktörler ise canlı organizmalar, reliyef (topografya) ve zamandır (3). Zamanla süregelen doğal nedenlerle ve canlılar tarafından meydana getirilen transferler sebebiyle toprak değişik bölgelerde farklı bileşimde ve karakteristik bir yapıya dönüşmektedir (26).

2.3.3 Toprağın Özellikleri:

Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri toprağı tanımlamak ve ayırt etmek için gereklidir ve bu farklılandırma adli araştırmalarda kullanılır (27).

a) Toprağın Fiziksel Bileşimi: Toprağın fiziksel bileşimi, adli araştırmalarda önemli bir özellik olarak kullanılmıştır. Toprak partikül rengi, büyüklüğü ve mineralojisi, toprak örneklerinin analizinde dikkate alınan ayırt edici özellikler arasındadır. Bu bileşenlerin herbiri toprağın tipini belirler. Toprak gözenekliliği, oksijen kaynağını etkileyebilecek bir diğer önemli fiziksel özelliktir ve bu özellik topraktaki mikroorganizmaların bolluğunu ve çeşitliliğini etkileyebilir (27).

b) Toprağın Kimyasal Bileşimi: Toprağın fiziksel özellikleri kimyasal bileşiminden etkilenebilir. Toprağın en önemli kimyasal özelliklerinden biri, katyon değişim kapasitesi olarak da bilinen katyonları tutma ve salıverme yeteneğidir. Topraktaki katyonların spesifik bolluğu ayrıca toprak pH'ı üzerinde de bir etkiye sahiptir. Toprak kimyasal özellikleri yılın mevsimine göre değişir ve bu nedenle mikrobiyal popülasyonları etkileyebilir (28).

c) Toprağın Mikrobiyolojik Çeşitliliği: Toprak, tüm ekosistemlerin içinde en fazla mikroorganizma çeşitliliği ve bolluğuna sahiptir. Toprak, karasal mikroorganizmaların en önemli habitatıdır ve mikroorganizmaların üremesi için çok uygun bir ortamdır. Mikroorganizmalar, özellikle toprağın organik madde bakımından zengin yüzey tabakalarında gelişirler (12).

Toprakta bulunan mikroorganizmaların türleri ve sayıları; toprağın organik maddesi, pH'ı, kültür durumu, derinliği, toprak yapısı, toprak rutubeti, toprak ısı ve ışığı vb. gibi faktörlere bağlıdır (29). Coğrafi uzaklık, toprak pH'ı, besin isteği, karbon: azot (C: N) oranı ve bitki örtüsü türü, genel olarak toprak mikroorganizmalarının dağılım modellerinin ana itici güçleri olarak görülmüştür (30).

Derinlik: Toprağın mikrobiyolojik aktivitesinin en fazla olduğu kısmı, yüzeyden itibaren 25-30 cm derinliğe kadar olan kısmıdır (31). Tarımsal ekosistemlerde çok önemli bir yeri olan bu derinliklerde mikroorganizma sayısı ve çeşitliliği toprağın organik maddesi ile ilişkilidir (32).

Sıcaklık ve Nem: Mikroorganizmalar uygun sıcaklık ve nem durumu, elverişli toprak reaksiyonu, yeterli oksijen gibi koşullara gerek duyar. Toprağın ısındığı ve nemli olduğu dönemlerde toprak canlılarının sayıları ve etkinlikleri de artar. Çevre faktörleri içerisinde sayılan birinci unsur, atmosferdeki nemdir. Kurumaya başlayan toprakta önce büyük gözeneklerdeki su boşalır, buralara hava dolar. Yani ortam her zaman hafif nemli, havadar, ılık olursa, toprağın kümeleşmesini sağlayacak mikroorganizma etkinlikleri yoğunlaşır (33).

Asitlik, alkalilik (pH): Araştırmalar bakteri topluluğunu ve çeşitliliğini etkileyen en önemli faktörün toprak pH'ı olduğunu belirtmişlerdir. Toprak pH'ı ve fosfor, bakteri topluluğu için çok önemli faktörler iken, toprak organik maddesi ve azot, mantar topluluğu için önemli faktörlerdendir (34).

Havalanma: Bitki kök solunumu ile mikroorganizma etkinlikleri, toprakta oksijen miktarını azaltıp, karbondioksiti artırır. Topraktaki yararlı mikroorganizmaların büyük bölümü de oksijenli koşullarda çalışan havacıl (aerob) canlılardır. Oksijen kapsamının düşmesiyle birlikte, bunların yerini oksijensiz koşullarda gelişen ve çoğunlukla bitkilere zararlı bileşikler üreten havasız (anaerob) ortam canlıları almaya başlar. Toprak havası, ortamdaki etkinliklere bağlı olarak günlük veya mevsimlik değişiklikler gösterir (11).

2.4. Adli Toprak Bilimi

Toprak, bir insanı, hayvanı veya bitkiyi bir bölgeyle ilişkilendirebilen yararlı bir adli göstergedir (35). “Adli Toprak” terimi cezai soruşturmaların bir parçası olarak toprağın yerinde incelenmesi olarak tanımlanabilir ve şüpheli, mağdur veya suçla ilgili nesnelere aktarılan bir materyal olarak toprağın çalışılmasını içerir (27).

Adli toprak biliminde, jeofizik, jeokimya, mikropaleontoloji, istatistik, jeo-istatistik, kimya, biyoloji ve fizik gibi çeşitli disiplinler bir arada kullanılır. Adli toprak bilimi, gelişmekte olan tekniklerin standardizasyonu ve veri tabanlarının oluşturulmasıyla daha da gelişmekte olan bir bilim olup, ceza soruşturmalarında önemli bir araç haline gelmektedir (36).

Üzerinde çok az miktarda toprak içeren obje veya toprak artıkları bulunduran kimse, bunları olay yerinden, yakın çevresinden veya olay yerinden uzakta bir yerden bulaştırmış olabilir. Adli toprak bilimi, şüpheli veya mağdura toprağın nereden bulaştığı, şüphelinin olay yerine gelmeden önce nerelerde dolaşmış olabileceği gibi sorularda olay yeri soruşturmacısına yardımcı olarak yön verebilmektedir. Tüm fiziksel bulgularda olduğu gibi toprak analizinin adli yönü doğal olarak karşılaştırmayı gerektirir ve şüphelinin ikematgahında bulunan toprak olay yerinden ve yakın çevresinden elde edilen toprak örnekleriyle karşılaştırılır (37).

Adli toprak bilimcileri örneklerin benzer olup olmadığı yönünde fikirlerini beyan edebilir ancak bu beyan Deoksiribo Nükleik Asit (DNA) tanımlaması veya parmak izi eşleşmesi gibi mutlak bir nitelik içermediğinden avukatlar tarafından yapılan yasal saldırılara karşı savunmasızdır (38).

2.5 Adli Toprak Biliminin Tarihsel Gelişimi

Toprağın adli olayların çözülmesinde kullanılması 19. yüzyıl sonlarına dayanır. Tarihsel hikayelerde düşman kampının yerleşim yerinin, atların toynaklarındaki toprak parçalarından anlaşıldığına dair kısımlar bulunmaktadır. Terimin adli soruşturmalarda kullanılması, Christian Ehrenberg ile 1800' lerde madeni paraların kaybolması soruşturmasında kum'u analiz etmesiyle başlatılabilir (17).

Sherlock Holmes Hikayeleri: Toprağın delil olarak kriminolojiye katkısı Sir Arthur Conan Doyle'un ünlü Sherlock Holmes romanlarını yazmasından sonra başlamıştır. 1887'de yayınladığı Kızıl Dosya öyküsünde dedektif Sherlock Holmes, pantolon sahibinin paçalarındaki çamur lekelerinden, Londra'nın nerelerinde gezindiğini bildiği anlatılır. Gerçekte bu romanlardaki görüşler hiç kullanılmasa da değinilen bir çok uygulama ve teknikler, sonraki bilim adamlarının çalışmalarına ışık tutmuş ve toprağın delil olarak değerlendirilme çalışmalarının doğmasını sağlamıştır (3, 10).

Dr. Hans Gross: Bilimsel kriminal araştırmanın kurucusu olarak kabul edilir. 1893'te yayınladığı eserinde jeolojik delillerin mikroskop ve mineral incelemelerinde uzman olan kişilerce çalışılmasının uygun olacağını belirtmiştir. “Ayakkabılarda bulunan toprak, ayakkabıları giyen şahsın en son nerede bulunduğu hakkında çoğu defa bize, zahmetli olan sorgulamalardan daha fazla bilgi verebilir.” sözü ona aittir (17).

Dr. Georg Popp: Alman adli bilimci 1904 yılındaki kriminal bir davada ilk defa jeolojik delilleri kullanmıştır. Ocak 1904'de Eva Disch isimli bir terzinin öldürülmüş olduğu olay yerinde kömür parçacıkları, enfiye ve hornlend mineral tanecikleri içeren kirli bir mendil bulundu. Enfiye kullanan ve kömür yakan bir gaz fabrikasında ve üretimin yapıldığı kayalarda hornlend mineralinin bol bulunduğu bir taş ocağında çalışan Karl Laubach isimli bir şüpheli

tespit edildi. Şüphelinin pantolonunda iki tabaka halindeki toprak bulaşığının alttaki tabakasının suç yerindeki toprakla, üst tabakanın ise şüphelinin evine giden yoldan alınan toprakla eşleştiği görüldü. Bu deliller sonucu Laubach suçunu itiraf etti. Margaethe Filbert Olayında ise bölge savcısı, Disch olayındaki çalışmalarını bildiği Popp'dan delilleri incelemesini istedi. Çalışmaları sonucu şüpheliye ait ev etrafındaki toprak zemininin yeşil kaz pislikleri ile kaplandığını, şüpheliye ait arazide porfir (kırmızımsı taş), süt rengi kuvarz ve mika içeren bir toprağın olduğu ve suç yerinde toprağın köşeli kırmızı kuvarz ve demir oranı yüksek kırmızı killi olduğunu belirledi. Suç mahalline gitmediğini iddia eden şüphelinin ayakkabılarında kırmızı kil ve kuvarz tanecikleriyle karışık yeşil kaz damlalarından oluşan bir tabaka vardı ve şüpheli suçun gerçekleştiği zamanda kendi arazisinde olduğunu söylemesine rağmen, ayakkabılarında araziden kaynaklanması gereken porfir parçaları, süt rengi kuvarz veya mika kalıntısının olmadığı görüldü (17, 38, 39).

Edmond Locard: “Her ne zaman iki nesne birbirine temas ederse orada daima bir madde transferi vardır. Kullanılan metodlar bu transferi kanıtlamak için yeterince hassas olmayabilir veya transferle meydana gelen deliller belli bir zaman sonra yok olabilir. Ancak transfer mutlaka gerçekleşir.” sözüyle değişim prensibini ortaya koyarak Emile Gourbin olayını çözdü. Gourbin bir banka memuru olan kız arkadaşının boğuşarak öldürülmesi olayında şüpheliydi. Suç anında başka bir yerde olduğuna dair sağlam bir mazereti olsa da, tırnaklarının altından alınan kalıntılardaki pembe tozun, bizmut, magnezyum sitrat, çinko oksit ve demir oksit karışımı olduğu bunun da öldürülen kadının devamlı kullandığı pudra ile aynı bileşime sahip olduğu belirlendi (38, 39).

Edward Oscar Heinrich: 1881 doğumlu Amerikalı kriminalist kum, toprak ve boya pigmentleri gibi jeolojik materyallerle çalışmalar yaptı ve Father Patrick Heslin olayında çalıştı. California'da bir papaz olan Heslin kaçırılmış ve olayla ilgili bir fidye notu gönderilmişti.

Papazın cesedi William Hightower isimli bir fırıncı tarafından yöredeki bir kumsalda bulundu. Hightower'ın bıçağında ve odasında bulunan çadırdaki kum tanecikleri cesedin bulunmuş olduğu sahildeki kum ile eşleşiyordu. Hightower cinayetten suçlu bulundu ve ömür boyu hapse mahkum edildi (36, 38, 39).

Federal Bureau of Investigation (FBI): 1985 yılında ajan Enrique Camarena'nın ölümü olayı üzerinde çalışıldı. Cesedin üzerindeki vücut sıvıları toprak ile karışmış durumdaydı ve cesedin ilk gömüldüğü yerden çıkartılmış ve taşınmış olduğu belirlendi. Çünkü cesede bulaşmış toprak taba-kahverengi volkanik kül ve riyolite parçaları içerirken, cesedin bulunduğu yerden toplanan toprak örnekleri yeşil-siyah renkli kaba bazalt parçalar içeriyordu. Cesetten elde edilen riyolite ve volkanik külün Guadalajara havzasındakiler ile tutarlı olduğu görüldü. Cesedin ilk gömüldüğü yeri tam olarak bulmak amacıyla deliller üzerinde 30 karakteristik özellik yönünden incelemeler yapıldı ve mezar bölgesi belirlendi (40).

2.6 Adli Toprak Analizleri

Araştırmacılar çoğu zaman gerçeği bulmak için küçük ipuçlarına güvenmek zorundadır. Bu küçük ipuçları bir veya daha fazla kişiyi bir suça bağlayabilen kanıtlar haline gelirse, şüphelileri mahkum etmeye yarayabilir. Küçük bir miktar toprak, fiziksel kanıtlar alanında çok önemli bir rol oynayabilir (41).

Adli Toprak incelemeleri, toprağın pH'ı, tuzluluğu, organik madde içeriği, mineral parajenezisi, elementer yapısı, petrografi gibi analizlerle yapılmaktadır. Toprağın bileşiminin analizi, jeolojik orijin, baskın bitki örtüsü, çevre ve hatta yönetim hakkında bilgi verebilir (37).

Toprak bulgularının esas adli değeri olay yerindeki toprağın farklılık göstermesine bağlıdır. Bu amaçla yararlanılmakta olan başlıca toprak analizleri aşağıdaki gibidir:

- Makroskobik ve mikroskobik incelemeler (Renk, tanecik yapısı, yabancı madde içeriği)

- Kimyasal Analiz (pH, CaCO₃, NH₃)/ Elementer Analiz (Al, Mg, Mn, N, C, S, Ca, vb.)
- Biyolojik Analiz (DNA)
- Mikrobiyolojik Analiz (Bakteri, mantar, vb. sayımı ve bunların çeşitliliği)
- Entomolojik İncelemeler (Böceklerle ait veriler)
- Polen Analizi (4).

Tarihsel olarak toprak analizleri, toprak rengi, parçacık boyutu dağılımı ve yoğunluk ölçümleri gibi fiziksel veya kimyasal yöntemler yoluyla gerçekleştirilmiştir. Bu özelliklerin görsel karşılaştırması yapılmak suretiyle farklı kaynaklardan gelen toprak örnekleri ayrılabilir (42). Renk, fiziksel özellikler arasında en kolay seçilendir ve toprağın belirli renklere bürünmesinde çok sayıda bileşiğin ve koşulun rolü vardır (43). Renk tayinleri için geleneksel olarak bir spektrofotometre ile değer ve renk indeksleri sağlayan Munsell Renk Sistemi kullanılır. Bir toprak numunesindeki farklı yoğunluktaki partiküllerin dağılımı için yoğunluk gradient kolon tekniği kullanılır ve iki toprak numunesinin benzer olup olmadığı belirlerlenir (37, 39, 44).

Jeolojik ve mineralojik yöntemlerle yapılan değerlendirmeler yüksek ayrımcılık potansiyeline sahip değildir (45). Toprakları küçük bir yerleşim yerindeki (bir şehir içindeki farklı parklar veya bir park içindeki farklı bölgeler gibi) farklı yerlerden ayırt edemeyebilir. İlave olarak bu tekniklerin ayırım gücü için toprak veri tabanlarının da bulunması gerekir (46).

21. yüzyıl başları toprak mikrobiyolojisi, ekolojisi ve biyokimyasında önemli değişikliklerin yaşandığı bir dönemdir. Bu dönemde toprak farklılandırılması için mikroorganizmaların biyoçeşitliliği kullanılmaya başlanmıştır. Kültür yöntemi mikroorganizmaların miktarını ve tanımlanmasını sağlamak için yıllardır kullanılmaktadır ancak sadece uygun büyüme koşulları altındaki uygun mikroorganizmalar koloniler geliştirebilir. Bu da adli amaçlar için bakteri kültürü metodolojilerinin uygulanabilirliğini

sınırlar. Toprak bakterilerinin düşük kültürlenebilirliği sorunu moleküler metodlar sayesinde çözülmeye başlanmıştır (47). Moleküler biyolojideki ilerlemeler, polimeraz zincir reaksiyonunun gelişmesi, restriksiyon enzimlerinin kullanımı ve bilinen genetik belirleyicilerin yardımı ile organizmalar arasındaki dizi farklılıkları gösterilebilmektedir. Son yıllarda yapılan tüm genom dizileme incelemeleri belirteçlerin keşfine ışık tutmuştur (48).

Bu amaçla Woese ve ark. (49) 16S rRNA'nın kullanımına öncülük etmişlerdir. 16S rRNA geni, bakteriler ve arkeler arasında yüksek oranda korunmuştur ve tanımlama için genellikle türler düzeyinde kullanılabilecek dokuz değişken bölge içerir. Terminal kısıtlama fragman uzunluğu polimorfizmi (T-RFLP) analizi yoluyla 16S bakteri profilleri oluşturulur. Elde edilen bantlar veya pikler, numuneler arasındaki bakteriyel benzerlikleri tahmin etmek için karşılaştırılır (47). Moleküler parmak izi tekniklerinin çoğunun genel prensibi, nükleotit sekanslarındaki farklılıklar nedeniyle doğrudan toprak numunelerinden ekstrakte edilen nükleik asitlerden PCR ile çoğaltılmış marker gen fragmanlarının elektroforetik olarak ayrılması esasına dayanır (50). Belirli bir toprağa ait mikrobiyal topluluk profillerinin, 16S rRNA genlerinin T-RFLP analizi ile kökenine kadar takip edilebileceği sonucuna varılmıştır. Bu moleküler profil oluşturma yöntemi, ekoloji uzmanları tarafından mikrobiyal topluluklar arasında farklılıkları göstermek için yoğun olarak kullanılmaktadır (51). Toprak bakterilerinin çeşitliliği, suda yaşayan bakterilere kıyasla çok daha yüksektir. 16S rRNA gen dizileme analizleri gibi moleküler tekniklerin geliştirilmesi sadece birkaç g toprakta bulunan bakteri çeşitliliğinin, önceden tahmin edilenden çok daha büyük olduğunu ortaya koymuştur (52). Başlangıçta fenotipe dayalı olarak sınıflandırılan birçok bakteri, 16S dizisine dayanarak yeniden sınıflandırılmıştır. 100 milyondan fazla farklı sekansa sahip en büyük nükleotit sekansları veritabanı olan GenBank, bir milyon 16S rRNA gen sekansı içerir. Bu da , birçok bakteri türünün farklılaştırılmasına izin verir. Ancak aynı zamanda da 16S rRNA genini hedef

alan evrensel primerlerin çok karmaşık profiller üretmesine neden olduğundan bilgisayar tabanlı analiz yapılmasını gerektirir (53). Bu amaçla bakteri T-RFLP profilleri Bray-Curtis mesafelerine dayanan istatistiksel veri analizleriyle karşılaştırılmıştır (54).

Günümüzde mikroorganizmalar en iyi şekilde 16S rRNA ve 18S rRNA gen dizilemesi kullanılarak tanımlanmıştır (48). Bu gibi moleküler tekniklerin geliştirilmesi, mikrobiyal çeşitliliğin izole edilmesini ve tanımlanmasını sağlayarak adli bilimlerde toprağın delil değerinin artmasına katkıda bulunur (55).

Bununla birlikte, son yıllarda Matrix Assisted Laser Desorption Ionization-Time of Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF MS), mikrobiyal tanımlama ve teşhis için potansiyel bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Mevcutta bu cihaz klinik alanlarda kullanılmaktadır. Hızlı, hassas, ayırım gücü yüksek ve ekonomik olduğu belirtilmektedir (56).

Bu yöntemde mikroorganizmalara ait biyomoleküllerin (protein, peptid, şeker) ve büyük organik moleküllerin (polimer, dendrimer, makromolekül) iyonize edildikten sonra elektrik ve/veya manyetik alandan geçirilerek protein profilleri çıkarılır. Bu profil spektralarına ait grafiksel görüntülerin sistemin kütüphanesindeki referans organizmaya uyumuna göre mikroorganizmaların cins ve tür bazında parmak izi oluşur. Bu sayede bakteri, mantar ve virüs tanımlaması yapılabilir. Analiz sırasında mikroorganizmalar matriks solüsyonu ile karıştırılır. Bu solüsyon ile karşılaşan bakteri lize olur ve proteini açığa çıkar (57). Tanımlama için temel alınan mikroorganizma proteinleri çevresel koşullardan az etkilenen ribozomal proteinlerden meydana gelmektedir (53).

Konvansiyonel ve moleküler tanımlama yöntemleri ile kıyaslanacak olursa MALDI-TOF MS örnek başı maliyeti ve tanımlama için geçen süre yönünden çok daha etkin görülmektedir (56). MALDI-TOF MS ile yapılacak tanımlama çalışmaları için taze kültürler kullanılmalıdır. Çünkü eski kültürlerde ribozomal proteinlerde bozulmalar meydana gelebilir.

MALDI-TOF MS ile rutin bakteri izolatlarında % 84.1 ile % 95.2 arasında değişen oranda doğru tanımlama yapmaktadır. Maya tanımlamasında da başarı oranı % 85 ile % 100 arasında değişmektedir (58). Moleküler yöntemler pahalı ve rutinde kullanımı için uygun değildir. Tek bir test ile ancak sınırlı sayıda mikroorganizma için analiz yapılabilir. İlave olarak moleküler yöntemler için gerekli olan süre MALDI-TOF MS'den daha uzundur. MALDI-TOF MS; agar ya da sıvı besiyerine ekilmiş kùltürlerden hızlı tanımlama yapılmasına imkân veren, hatta pozitif kan kùltürü şişelerinden pasaj yapılmadan direkt olarak tanımlanan, yeni gelişmekte olan ve yakın bir gelecekte konvansiyonel ve otomatize bakteri tanımlama yöntemlerinin yerini alabilecek bir yöntemdir (59).

Projemizde yarı otomatik sistemlere ilave olarak MALDI-TOF MS cihazı kullanılmış ve toprak örneklerinin mikrobiyolojilerinin özgüllüğü gösterilmiştir.

2.7 Adli Mikrobiyoloji

Adli mikrobiyoloji, mikrobiyoloji biliminin teorik ve pratik bilgilerinden faydalanarak biyolojik terör, biyolojik suç, besin zehirlenmeleri ve postmortem incelemelerde ölüm nedeninin ve zamanının tespiti ve bu çalışmalarını yapan ekibin enfeksiyon riski gibi konuları araştıran bilim dalıdır (60).

Son yıllarda özellikle paralel sıralama teknikleri ve biyoinformatik teknolojileri, insan kimliklendirme, vùcut sıvısı karakterizasyonu ve bulaşıcı ajanların izlenmesini içeren biyokimyasal gelişmeler adli uygulamalarda mikroorganizmaların kullanımına olanak sağlamaktadır (61, 62) .

Adli mikrobiyolojinin çalışma alanı iki başlık altında toplanabilir. İlk olarak mikroorganizmaların direkt olarak kullanıldığı; biyolojik terör, biyolojik suç ve hata, ihmal veya kaza kaynaklı mikroorganizma toksin salınımlarından doğan delillerin incelendiği ve

değerlendirilmeye alındığı çalışmalar diğeri ise mikroorganizmaların dolaylı olarak suça karıştığı çalışmalardır. Bunlar hayvansal ve bitkisel besinlerde üreyen mikroorganizmalar veya toksinlerinin alınımıyla oluşan zehirlenmeler ve gıdalarla ilgili suç sayılan uygulamaların, antemortem ya da postmortem araştırılmasını içermektedir (63, 64).

Biyolojik savaş; politik, dini, ekolojik vb. nedenlerle, mikroorganizmaların veya biyolojik kaynaklı toksik maddelerin bireyler veya gruplar tarafından, bir ülkenin askeri kuvvetlerinde, halkında, faydalanılan hayvanlarında veya bitkilerinde hastalık oluşturmak veya ölümlerine neden olmak amacıyla kullanılmasıdır (64). Biyoterörizmde en sık kullanılan mikroorganizmalar; *B.anthraxis*, Smallpox, *C.botulinum*, *Salmonella* ve *Shigella*'dır (7).

İkinci Dünya Savaşında Japonlar, veba ile enfekte olmuş sıçanların kanlarını pirelere emdirmek ve bu pireleri uçaklardan aşağıya atmak suretiyle Çinlilere karşı, yine İspanyollar ve İngilizler tarafından çiçek ve kızamık hastalığı etkenlerini içeren battaniye ve giysiler yerli Amerikalılara karşı biyolojik silah olarak kullanılmıştır (65). Özellikle 2001 yılında Amerika Birleşik Devletleri'nde yaşanan şarbon etkeni *Bacillus anthracis*'in postayla gönderilmesi gibi basit bir yolla gerçekleştirilen biyolojik terör eyleminden sonra tüm dünyada adli mikrobiyolojik incelemeleri ile ilgili çalışmalar arttırılmıştır (64).

Biyolojik savaş etkenlerinin bireylere yönelik (farkında olmadan ve/veya bilinçli olarak) kullanımı yeni bir araştırma sahası olup biyolojik suç olarak tanımlanmaktadır. Louisiana–Schmidt vakası, adli tıp tarihine geçmiş en ünlü biyolojik suç vakasıdır. Dr. Schmidt, hemşiresiyle evlilik dışı bir ilişkiye girmiş, bu ilişkinin ortaya çıkmasını engellemek amacıyla hemşiresine Edinsel İmmün Yetmezlik Sendromu (AIDS) nedeni olan human immunodeficiency virüs (HIV+) ile kontamine olmuş iğneyi enjekte etmiştir (66). Literatürde HIV+ tanısı konulan hekimlerin ve diş hekimlerinin hastalarına virüsü bulaştırmalarıyla ilgili çalışmalar bulunmaktadır (65).

Postmortem mikrobiyolojinin kapsamına giren konular; cesetle ilgili çalışmaları yürüten otopsi personelinin enfekte olma riski, cesedin ölüm sebebinin patojen bir mikroorganizmaya bağlı olup olmadığının tespiti ve yenidoğan lmleridir (60, 65). Weber ve ark.'nın (11) 546 ani beklenmedik bebek ölümü üzerinden yaptığı çalışmada, açıklanabilir ölüm sebeplerinin yarısından fazlasının enfeksiyöz nedenler olduğu belirtilmiştir.

Ölüm sonrası aralığının (PMI) doğru bir şekilde tahmin edilmesi için de mikroorganizmalardan faydalanılır (66). Yapılan bir çalışmada, ölüm sonrası aralığın 48 gün içinde, ayrışan cesetteki bakteri ve mikrobiyal topluluk verileri kullanılarak yaklaşık 3 günden itibaren tespit edilmesini sağlayan bir fare modellemesi yapılmıştır (67).

Hastane enfeksiyonları (rn: *Staphylococcus aureus* kaynaklı) genel olarak hastanede yatan hastaların %5-10'unda meydana gelmekte ve genellikle yoğun bakım ünitelerinde tespit edilmektedir (68). Yüzüncü Yıl Tıp Fakültesi Araştırma Hastanesi'nde hastane enfeksiyonları ve etkenlerinin saptanması adına yapılan çalışmada; çeşitli servislerde yatan 3.254 hasta hastane enfeksiyonları açısından incelenmiş ve enfeksiyon oranının % 3.5 olduğu saptanmıştır (69).

Adli mikrobiyoloji bunların yanı sıra hayvansal ve bitkisel besinlerde üreyen mikroorganizmalar (*Salmonella* bacilleri, *Shigella*'lar, *Clostridium botulinum* veya onların toksinlerinin yenmesiyle meydana gelen zehirlenmelerde de ilgilenir (7). Amerika Birleşik Devletleri'nde 1984 yılında kendilerini Rajneesheeler olarak tanımlayan dini bir grubun *Salmonella typhimurium* bakterisi ile salata barlarında başlattığı gıda zehirlenmesi olayında 751 kişi etkilenmiştir (60). 2002 yılında in'de yüzlerce kişinin etkilendiği ve 41 kişinin öldüğü besin zehirlenmesi olayı, hayvansal ve bitkisel besinlerin uygun olmayan koşullarda üretilmesi sonucu üreyen mikroorganizmaların veya onların toksinlerinin yenmesiyle oluşan toplumsal boyutlu zehirlenmelerin bir rneği olarak verilebilir (65). Ülkemizde bu bağlamda oluşan suçlar

Türk Ceza kanununda halkın sağığına, yenecek ve içilecek şeylere yönelik suçlar kapsamında cezalandırılmaktadır (7).

Ayrıca cinsel suçlarda cinsel yolla bulaşan enfeksiyon varlığının incelenmesi de adli mikrobiyolojik yaklaşım açısından önem taşımaktadır (65).

Mikroorganizmaların veya onların ürettikleri toksinlerin kişilere veya topluma yönelik bir suçta silah olarak kullanılması ve kazalara, ihmellere, hatalara veya çevresel koşulların olumsuzluğına bağılı olarak artan bir mikrobiyal risk oluşması sebepleriyle adli mikrobiyoloji teknikleri ve adli mikrobiyoloji bilimi giderek daha fazla önem kazanmaktadır (60).

2.8 Adli Toprak Mikrobiyolojisi

Toprak, mikrobiyal topluluğunun büyüklüğü ve mevcut türlerinin çeşitliliğı bakımından mikrobiyologlar için tüm doğa ortamların en zorudur. Toprak mikroorganizmaları, hektar başına 103 ile 104 kilogram mikrobiyal biyokütle içeren yüzey toprakları ile, Dünya üzerindeki canlı biyokütlenin önemli bir bölümünü temsil eder (70). Bir g orman toprağı tahmini 4×10^7 prokaryotik hücre içerirken, bir g ekili toprak ve otlak tahmini 2×10^9 prokaryotik hücre içerir. Bunların canlılığı ve etkinliğı toprağıın yapısına bağılıdır. Toprakta kendi besinini üreten yani üretici olan, organik maddeyi metabolize ederek dönüştüren, ayrıştıran yani tüketici olan mikroorganizmalar vardır. 2005 tarihli Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi taksonomisi istatistiklerinde 16.177 tür listelenmiştir. Aşırı mekansal heterojenliğı, çok fazla yapının (gazlar, su ve katı madde dahil) ve ortamdaki karmaşık kimyasal ve biyolojik özelliklerin, toprak örneklerinde bulunan mikrobiyal çeşitliliğı katkıda bulunduğı düşünülmektedir (71).

Toprağıın mikrobiyolojik çeşitliliğı, adli toprak biliminde yeni bir alan olan adli toprak mikrobiyolojisinin ortaya çıkmasını sağlamıştır (36). Adli toprak mikrobiyolojisi, mikroorganizmaların adli araştırmalara nasıl uygulanabileceğı üzerine bir çalışma olarak

mikropları tanımlamak, bolluklarını, karmaşıklıklarını, toprak ve toprak çevresindeki nesnelerle etkileşimlerini belirlemek için çeşitli disiplinlerle birlikte kullanılır (72).

Topraktaki bakteriyal türlerin ve onların metabolik aktivitelerinin tayini, toprak örneklerinin farklılandırılmasında kullanılabilir (47). Çok sayıda ekolojik çalışmadan elde edilen bulgulara dayanarak, mikrobiyal toplulukların farklı arazi kullanımları ve bitki örtüsü tipleri arasında farklılık gösterdiği açıktır (45).

Bakteri, mantar, aktinomiset kolonilerinin morfolojilerinin karşılaştırılması toprak örneklerinin kimliklendirilmesini sağlar.

2.8.1 Toprak Bakterileri

Bakteriler, dünyadaki en küçük bağımsız yaşayan, tek hücreli organizmalardır. Tipik hücreler 0.5 ile 1.0 mikrometre (μm) çapındadır. Bakteriler, kok, çubuk, veya aktinomisetlerde olduğu gibi dallanma filamentleri oluşturmuş şekillerde görülür (29). Çoğunda gerçek bir membranla çevrili çekirdek yoktur, bu nedenle DNA hücre sitoplazmasında serbest kalır. Genomları tipik olarak, çift sarmallı DNA'nın tek bir dairesel molekülünden oluşur. Hücreler plazmid denilen daha küçük DNA elemanlarını barındırabilir. Genomun büyüklüğü organizmanın yaşam tarzına ve karmaşıklığına bağlı olarak değişebilir, ancak tipik olarak uzunluğu 4 ile 6 milyon nükleotit arasında değişir ve 3.000 ile 4.000 gen kodlar. Fosfolipitlerden yapılmış bir hücre zarı hücreyi çevreler. Bunun dışında organizmaya bağlı olarak bileşimde değişen, ancak genellikle proteinlerden, karbonhidratlardan ve lipitlerden oluşan hücre duvarı bulunur. Flagella (hücreden kırbaç benzeri uzantılar) kullanarak birçok mikroorganizma hareket edebilir. Ayrıca, hücreleri birbirlerine ya da toprak yüzeylerine bağlayabilen pilus adı verilen ince filamentler oluşturabilirler. Bazıları diğer mikroorganizmalara bağlanmak ve konjugasyon olarak bilinen bir işlemle DNA aktarmak için

özel bir pilus kullanır. Genellikle ikiye bölünerek aseksüel üreme geçirirler. Bazı hücreler 12-20 dakikada bir bölünebilir, bazılarının bölünmesi ise daha uzun sürebilir (73).

Tüm organizmalarda olduğu gibi, bakterilerin de hücrelerinin yapı taşlarını sağlamak için karbon ihtiyaçları, hücre sentezi ve metabolizmasında yer alan reaksiyonları yürütmek için de enerji ihtiyaçları vardır. Gelişim için bazı bakteriler oksijene ihtiyaç duyarken, bazı anaerobik organizmalar için oksijen toksik olabilir (74). Bazı bakteriler nitrat ve sülfat içeren alternatif elektron alıcılarını kullanır. Yani, nitrat ve sülfata solunum yaparlar. *Thiobacillus* bakterileri, sülfürleri (toprak minerallerinde yaygındır, ancak büyük ölçüde bitkilerde bulunmaz) sülfatlara dönüştürür (75).

Bakteriler, karbon, azot ve fosfor döngüsünde yer alan çeşitli temel toprak işlemlerine katkıda bulunur (75). Azot bağlayıcı bakteriler özellikle baklagillerin köklerinde nodül oluşturmuş olan *Rhizobium* bakterileridir (76). Simbiyotik bir ilişki sonucu havadaki azotu baklagillerin bulunduğu toprağa azot tuzu olarak bağlarlar. Bu sayede toprak, azot tuzları bakımından zenginleşir. Örneğin *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Agrobacterium*, *Gluconobacter*, *Flavobacterium* ve *Herbaspirillum*.

Bakteriler ölü bitki biyokütlesinin ayrışmasında yer alırlar ve ölü mantar miyelisinin ayrışması için oldukça önemlidirler. *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas fluorescens*, ayrıştırıcı bakterilerin örnekleridir. Toprak bakterileri, mantarlar gibi diğer mikroorganizmalarla koordineli olarak biyojeokimyasal ve bozunma işlemlerinde önemli rol oynarlar. Orman ağaçlarının rizosferlerinde bakteriler, bitki kökü ve mikorizal mantarlarla kommensalizm olarak etkileşime girerler (77). Alexander'ın 1977 tarihli toprak mikrobiyolojisi üzerine adlı kitabında belirtilen, toprak da önemli olduğu belirtilen dokuz cins seviyesinde üyeleri *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Bacillus*, *Flavobacterium*, *Micromonospora*, *Nocardia*, *Pseudomonas* ve *Streptomyces*'dir (78).

1977'den beri bu listenin geçerliliğini değiştiren iki şey meydana gelmiştir. İlk olarak, cinslerin birçoğu taksonomik revizyona tabi tutulmuştur ve türlerinin bazıları yeni ya da diğer cinslere göre yeniden sınıflandırılmıştır. Topraktaki filum sayısının az olmasına rağmen, tür çeşitliliğinin diğer ortamlara göre daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Yapılan araştırmalar, bakterilerin 100 filumdan fazla alt gruba bölünmesine rağmen, 10'dan daha azının toprakta bol olarak bulunduğunu göstermiştir. Bu filumların nispi bolluğu, farklı topraklar (veya numuneler) arasında değişmektedir. *Proteobacteria*, *Acidobacteria* ve *Actinobacteria* üyeleri yaygındır ve genellikle bol miktarda bulunurken, *Verrucomicrobia*, *Bacteroidetes*, *Firmicutes*, *Chloroflexi*, *Planctomycetes* ve *Gemmatimonadetes* üyeleri genellikle daha az yaygındır (79). Janssen'den uyarlanan toprakta bulunan başlıca bakteri grupları Tablo-I'de verilmiştir (80).

Tablo I: Toprakta Bulunan Başlıca Bakteri Grupları (80).

Şube/Alt Şube	Oran %	Aralık %	Mikroorganizma Örnekleri
<i>α-Proteobacteria</i>	19	2–43	<i>Sphingomonas</i> , <i>Rhizobium</i> , <i>Mesorhizobium</i> , <i>Bradyrhizobium</i> , <i>Methylobacter</i> , <i>Methylophilus</i> , <i>Nitrospira</i> , <i>Nitrobacter</i> , <i>Rhodobacter</i>
<i>β-Proteobacteria</i>	10	2–31	<i>Burkholderia</i> , <i>Alcaligenes</i> , <i>Acidovorax</i> , <i>Collimonas</i> , <i>Nitrosospira</i> , <i>Thiobacillus</i> , <i>Rhodocyclus</i> , <i>Methylomonas</i>
<i>γ-Proteobacteria</i>	8	1–34	<i>Pseudomonas</i> , <i>Xanthamonas</i> , <i>Azotobacter</i> , <i>Thiocapsa</i> , <i>Chromatium</i>
<i>δ-Proteobacteria</i>	2	0–10	<i>Desulfovibrio</i> , <i>Bdellovibrio</i>
<i>ε-Proteobacteria</i>	<1	0–1	<i>Helicobacter</i> , <i>Campylobacter</i>
<i>Acidobacteria</i>	20	0–35	<i>Acidobacterium</i>
<i>Actinobacteria</i>	13	0–25	<i>Arthrobacter</i> , <i>Rhodococcus</i> , <i>Streptomyces</i> , <i>Mycobacterium</i> , <i>Rubrobacter</i> , <i>Terrabacter</i> , <i>Acidimicrobium</i>
<i>Verrucomicrobia</i>	7	0–21	<i>Chthoniobacter</i> , <i>Opitutus</i>
<i>Bacteroidetes</i>	5	0–16	<i>Chitinophaga</i>
<i>Firmicutes</i>	2	0–7	<i>Clostridium</i> , <i>Bacillus</i> , <i>Lactobacillus</i>
<i>Chloroflexi</i>	3	0–16	
<i>Planctomycetes</i>	2	0–8	
<i>Gemmatimonadetes</i>	2	0–4	<i>Gemmatimonas</i>
Diğerleri	5	2–10	
Bilinmeyen	2	0–13	

Proteobacteria: α , β , and γ üyeleri kopiotroftur. Besinler bakımından zengin rizosferli topraklarda, özellikle de karbonlu ortamlarda bulunan bir organizmalardır. Bunlar çok daha düşük karbon konsantrasyonlarında hayatta kalan oligotrofların zıddıdır.

α -Proteobacteria, metabolik olarak farklı heterotrofik ve ototrofik bakteriler içerir. Heterotroflar arasında toksik bileşikleri parçalayan *Sphingomonas*, *Xsantomonas*, *Pseudomonas*, toprak metan oksitleyicileri *Methylobacter* ve *Methylophilus*, azot sabitleyicileri ve baklagillerle simbiyotik ilişkileri oluşturan *Rhizobium* (76) yer alır. Ototroflar arasında *Nitrospira* ve *Nitrobacter* cinsindeki nitrit oksitleyiciler bulunur.

β - Proteobacteria'ların heterotrofları, karbon dönüşümünde önemli rol oynayan ve azotu bağladığı ve bitki büyümesini arttırdığı bilinen mineral ayrıştırıcı bakterilerden *Burkholderia*, *Alcaligenes* ve *Acidovorax*, ototrofları amonyak oksitleyici *Nitrosospira*, demir oksitleyici *Thiobacillus* ve *Rhodocyclus* ve metanotrofları ise *Methylomonas*'dır.

Topraktaki γ -Proteobacteria'ların heterotrofları (besinsel çok yönlülük sergileyen *Pseudomonas* ve *Xanthomonas*), litotrofları ve fototrofları içerir.

δ -Proteobacteria esas olarak sülfat (*Desulfovibrio*) ve demir indirgeyici bakterileri içerir.

ϵ -Proteobacteria örnekleri ise az bilinen kıvrımlı *Helicobacter* ve *Campylobacter*'dir. Her iki tür de hayvanların sindirim kanallarında yaşar ve dışkı birikimini takiben toprağa girebilir (79).

Acidobacteria: Topraklarda yaygındır ve toprak pH'ı düştükçe nispi bollukları artar. Topraklarda 20'den fazla farklı alt grupları vardır. Toprak kültüründe zayıf şekilde temsil edildiklerinden metabolik yetenekleri az bilinmekte, basit ve kompleks karbon kaynaklarını metabolize eden oligotroflar olabileceği düşünülmektedir. Aynı zamanda düşük besin koşullarına

çok uygun olup, toprak nemindeki dalgalanmaları tolere edebildikleri, nitrat ve nitrit azaltma yeteneğine sahip oldukları bilinmektedir. Ancak denitrifikasyon veya azot fiksasyonu yapamazlar. *Acidobacterium* cinsi ile yakından ilişkili bakterilerin toprakta en bol bulunanlar arasında olduğu bildirilmektedir (80).

Actinobacteria: Topraktaki nispi bollukları değişken karbon kaynaklarının eklenmesinin ardından artar. Topraktan izole edilen aktinobakteriler arasında *Arthrobacter*, *Rhodococcus*, *Streptomyces* ve *Mycobacterium* bulunur. Metabolik olarak çeşitli aerobik heterotroflardır. *Streptomyces*, antimikrobiyal bileşikler üretme yetenekleriyle bilinir (81).

Acidobacteria gibi ***Verrucomicrobia*** toprakta her yerde görülür. Otlaklar ve 10-50 cm derinlikteki yeraltı horizonlarında hakim olduğu bildirilen *Spartobacteria* sınıfıdır. Toprak derinliği ile artan bir bolluk göstermektedir. Ancak bunun oligotrofik ortam için tercih edilmelerinden mi yoksa belirli mikronişlerin işgalinden mi kaynaklandığı açık değildir (77).

Topraktan izole edilen ***Bacteroidetes***'e atanan bakteriler genellikle Sfinobakterilere aittir. Nişasta, proteinler, selüloz ve kitin gibi kompleks organik moleküllerin aerobik parçalanmasında rol oynarlar. *Chitinophaga sp.*'nin yakın akrabalarının toprakta bol miktarda bulunduğu bildirilmektedir. *Bacteroidetes*'in koptiotroflar olduğu öne sürülmüştür, çünkü topraktaki bağıl bolluğu karbon ilavesinden sonra artabilir (79).

Firmicutes: Çoğu gram pozitif hücre duvarına sahip bakterileri içinde barındırır. Topraktaki endospor oluşturunucuların en iyi bilinen cinsleri arasında, bitki polisakaritleri dahil farklı karbon kaynaklarını parçalayabilen *Bacillus* ve botulizmin etken maddesi de dahil olmak üzere birçok önemli insan patojeni içeren *Clostridium*'dur. Endospor üretimi, kurak dönemlerde toprakta uzun süre hayatta kalmakla ilişkilendirilmiştir. Çürüyen bitki materyallerinden sıklıkla izole edilen *Lactobacillus* da bu gruba aittir (82).

Bacillus Türleri: Toprak mikroflorasının önemli bir kısmı *Bacillus* cinsi bakterilerdir. *Bacillaceae* familyası içerisinde yer alan *Bacillus* türleri, aerop ve fakültatif

anaerop, gram pozitif endosporlu bakterilerdir. Tarım ve endüstriyel amaçlarda başarılı şekilde kullanılmakta olan pek çok maddeyi sentezleyebilme kabiliyetine sahiptirler. Çoğu mikroorganizmada olduğu gibi, *Bacillus* türleri de gıdalarda patojen veya bozulma etkeni ve mikroorganizmaların büyümesini önleyebilen veya onları öldüren farklı çeşitlerde bileşik bakteriosinler üretmektedirler. *Bacillus* türleri genel olarak, patojenik bakteri ve funguslara karşı terapötik ajanlar olarak potansiyel uygulamaya sahip peptitler, lipopeptitler, fosfolipitler ve polienler üretirler ve üretilen antimikrobiyal bileşenlerin çoğu peptit orijinlidir. *Bacillus* farklı tür ve suşları tarafından üretilen sekonder metabolitlerin, farklı bitki patojenlerine karşı antibakteriyel ve antifungal aktivite gösterdiği belirtilmektedir (83).

***Bacillus cereus*:** Sporlu, gram pozitif, aerob ve fakültatif anaerob çubuk formu bir bakteridir. Sporları santral veya subterminal pozisyonda olup vejetatif hücrenin genişliğinden daha geniş değildir. Bu bakteri çok yaygın olarak hemen her tarafta bulunmaktadır. Toprak kökenli olup, gerek toz ve toprak ile gerekse su ile yayılım göstermektedir. Adını tahıl “cereal”dan alır. Flagellaları sayesinde hareketlidir ancak hareketsiz suşlarına rastlanmaktadır. Önceden saprofit olarak tanımlanmışken daha sonra patojen olduğu anlaşılmıştır. Toprak kökenli sporlu bakteri olduğu için rüzgâr ile her yere kolaylıkla taşınabilir. Psikrotrof özelliktedir. Gelişme sıcaklık sınırları 4-50 °C ve optimum olarak 28-35 °C arasında değişmekle birlikte genellikle 30 °C olarak verilmektedir. Spor germinasyonu için gereken sıcaklık 8-30 °C'dır. Gelişebildiği pH aralığı 4.9-9.3 olup optimum 7.0'dır (83).

***Bacillus megaterium*:** Çok çeşitli habitatlarda bulunur. Çubuk benzeri, gram pozitif ve çoğunlukla aerobik ve spor oluşturan bir bakteridir. 4 µm'ye kadar hücre uzunluğu ve 1.5 µm çapa sahip olan , bilinen en büyük bakteriler arasındadır. 3 °C ile 45 °C arasındaki sıcaklıklarda büyürler. Optimum büyüme sıcaklığı 30 °C'dır. Bitki hastalıklarının biyolojik kontrolü için potansiyel bir ajandır. Yüzyıllardır önemli bir endüstriyel organizma olmuştur.

Piruvat, B12 vitamini, mantar öldürücü ve antiviral özelliklere sahip ilaçların üretiminde kullanılırlar (84).

Bacillus subtilis: Saman ya da ot basili olarak ta bilinen, toprakta ve insanların gastrointestinal sisteminde bulunan gram pozitif, aerob bir bakteridir. Zorlu şartlarda endospor oluşturabilir. Bakteri kromozom replikasyonu ve hücre farklılaşmasını incelemek için en çok çalışılan bakteridir. Biyoteknoloji alanında enzim üretiminde de kullanılır. Sıklıkla üzerinde çalışılmış bir gram negatif bakteri olan *Escherichia coli*'nin gram pozitif eşdeğeri olarak kabul edilir (85).

Paenibacillus macerans: Toprakta, azot fiksasyonu ve fermantasyonu yapabilen bitkilerde bulunan bir bakteridir. Gram pozitif ya da negatif olabilir. Kapsülü bulunmaz, hareket kamçısı vardır. Toprakta uzun süre kalabilen sporlar oluştururlar. Optimal büyüme sıcaklığı 30 °C'dir (86).

Gemmatimonadetes*, *Chloroflexi* ve *Planctomycetes'e ait toprak bakteri fizyolojisi, genetiği ve ekolojisi hakkında çok az şey bilinmektedir. *Gemmatimonadetes* (*Gemmatimonas*) aerobik heterotroflardır ve toprak nemi koşullarına iyi adapte olduklarını görülmüştür.

Chloroflexi'ye ait olan ve yetişen aerobik heterotroflar oligotrofik ortamlarda izole edilmiştir.

Planctomycetes, tomurcuklanma ile bölünen anaerobik amonyum oksidasyonunda yer alan ve hücre duvarlarında peptidoglikan içermeyen organizmalardır (79).

Acidobacteria, *Actinobacteria* ve *Proteobacteria*'nın orman toprakları üzerindeki bolluğu, fonksiyonel önemini göstermektedir (77). *Bacteroidetes* ve *Actinobacteria*'nın göreceli bolluğu, toprak pH'nın artmasıyla artma eğilimindedir.

2.8.2 Toprak Mantarları

Mantarlar da bakteriler gibi, topraklarda yaygın olarak bulunmaktadır ve eşeyli, eşeysiz veya her ikisi yoluyla üreyebilen sporlar tarafından dağılırlar. Mantarlar, ölü bitki biyokütlesinin bozulması için çok çeşitli hücre dışı enzimler üretme kabiliyetleri nedeniyle orman topraklarındaki ana ayrıştırıcılar olarak kabul edilir. İlave olarak mikorizal mantarlar, N ve P'nin orman toprağında mobilizasyonunda ve tecrit edilmesinde önemli rol oynarlar. Dolayısıyla orman toprağı ekolojisi üzerine yapılan araştırmaların çoğunluğu mantarlara odaklanmıştır (77). Tek bir toprak numunesinden 50-100 farklı mantar türünün kültüre izole edilmesi beklenebilir ve 1 g kuru toprakta 3 km kadar mantar hifi bulunabilir.

Mantarlar, farklı beslenme gereksinimlerine sahip olduklarından, çevreye göre farklılık gösterebilirler. İki konum birbirinden önemli ölçüde ayrı olmasa bile, kaynağı ayırt etmek için mantar sporları kullanılabilir. Bu özellikleri sayesinde mantarlar kriminal olaylarda iz kanıt olarak kullanılabilir. Adli mikoloji ölüm sonrası aralık, çürüme-bozulma zamanı ve ölüm nedeninin belirlenmesi, halüsinasyonların veya zehirlenmelerin araştırılması, gömülü cesetlerin yerlerinin saptanması ve biyolojik savaş gibi uygulamaları da içermektedir (87). Bitkilerin aksine, mantarlar taş, tuğla, fayans, parke taşı, tahta objeler, deri, plastik, kauçuk ve tekstil gibi objeler de de büyüyebilirler (88).

Çoğu durumda, mantar sporları nadiren kaynağından yatay olarak 100 ile 200 m'den daha fazla dağılır. Bununla birlikte, yapraklarda ve ağaç kabuğunda (örn: *Alternaria* ve *Cladosporium*) bol miktarda bulunan bazı türlerin sporları, hava örneklerinde, özellikle de yaz sonlarında ve sonbaharda çok sayıda görülebilir (87).

Suç soruşturmasında önemli fungal cinsler ve türler arasında *Claterosporium flexum*, *Pseudovalsella spp.*, *Pestalotiopsis funereal*, *Camposporium cambrense*, *Periconia byssoides*,

Melanospora sp. vb. bulunur (27). Önceki çalışmalar, ekosistemler olgunlaştıkça, hakimiyetin bakteriyelden fungal biyokütleye doğru değiştiğini göstermiştir (84).

Mantarlar biyokütle bakımından topraklarda baskındır. Yine de, toprak mantar topluluğunun çeşitliliği ve işlevleriyle ilgili bilgi, özellikle bakterilere kıyasla, sınırlı kalmaktadır. Toprak mantar topluluğu yapısının tanımlayıcı ve karşılaştırmalı analizi için, topluluk DNA'sından elde edilen PCR ürünleri denatüre gradyan jel elektroforezi (DGGE) gibi moleküler parmak izi teknikleriyle birleştirilmiş mantar rRNA genlerini hedefleyen primer sistemlerinin kullanıldığı belirtilmiştir (55).

2.8.3 Toprak Aktinomisetleri

Aktinomisetler, aerobik dallanan, iplikli, gram pozitif bakterilerden meydana gelen *Actinomycetales* takımına ait oldukça büyük bir gruptur. Başarılı büyümenin ve dallanmanın sonucunda miselyum adı verilen kollara ayrılmış ağsı yapılar oluştururlar. Çoğu aktinomiset spor oluşturma yeteneğine sahiptir. Sporlar küresel, silindirik veya ovaldir. Aktinomisetlerin hücre duvarlarının kimyasal bileşimi gram pozitif bakterilerinkiyle aynıdır. Hem bakteri hem de mantarların özelliklerine sahiplerdir.

Aktinomisetler, potansiyel antibiyotik üreticileri ve diğer terapötik yani tedavi edicilerin üretimi bakımından faydalı bileşiklerdir. Aktinomisetler tarafından üretilen biyoaktif ikincil metabolitler arasında antibiyotikler, antitümör ajanlar, immünosupresif ajanlar ve enzimler bulunur. Bu metabolitlerin toprak ekosisteminin organik madde döngüsünde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir ve metabolik ürünleri olan geosmin adı verilen toprak kokusundan sorumludurlar. Özellikle kriyofilik bölgelerdeki ekstrem ortamlarda, örneğin Antarktika'da ve hatta çöl topraklarından alınan topraklarda varlıkları bilinir. Aktinomiset popülasyonunun

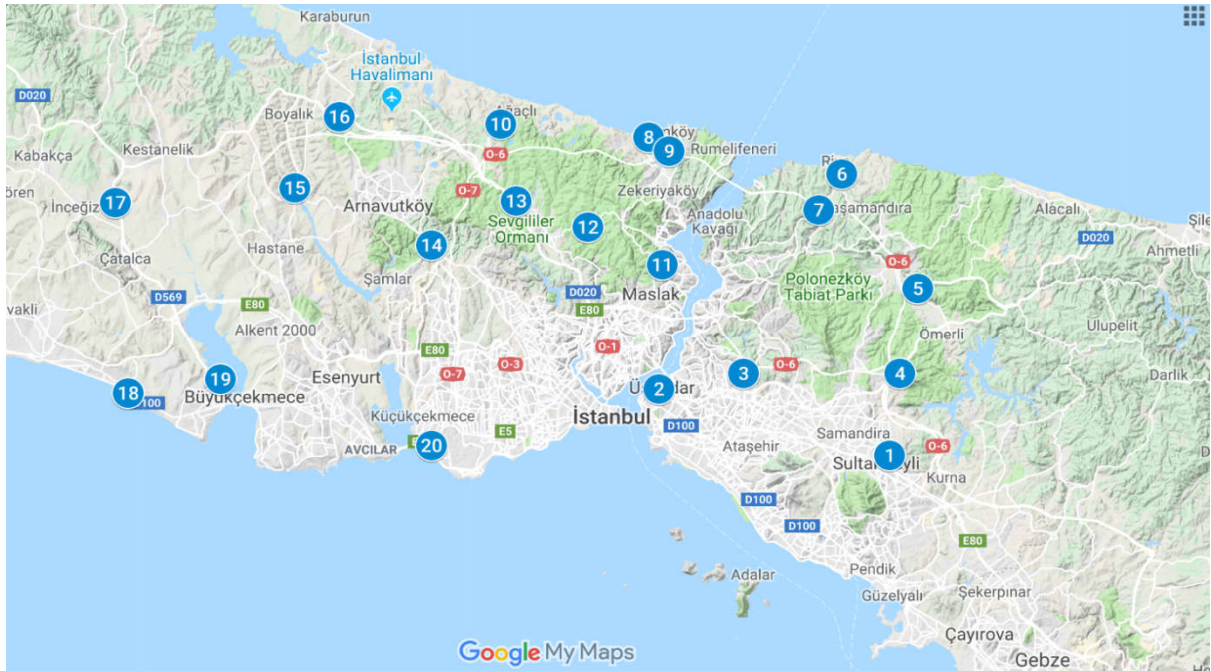
yüzey katmanı topraklarında en fazla olduğu ve derinlik arttıkça kademeli olarak azaldığı kanıtlanmıştır. Bireysel aktinomiset türleri ise tüm toprak katmanlarında bulunmaktadır.

Bergey'in Bakteriyoloji kitabına göre; tüm Aktinomisetler *Actinomycetales* takımına dahil edilmiştir. *Actinomycetales* takımı 4 aileye ayrılmıştır. *Streptomycetaceae*, *Actinomycetaceae*, *Actinoplanaceae* ve *Mycobacteriaceae*. Toprak ortamlarından sıklıkla izole edilen aktinomisetler: *Micromonospora*, *Nocardia*, *Streptosporangium*, *Thermoactinomyces* ve *Streptomyces*'dir. 500'ün üzerinde türü tanımlanan ipliksi *Streptomyces*'de büyüme, ipliklerin uç noktalarında gerçekleşir ve buna genellikle dallanma eşlik eder. Sonuçta oluşan koloninin aldığı şekle miselyum denir. Koloni yaşlandıkça bu canlılara özgü olan, koloni üzerine doğru oluşan çıkıntılar görülür ve bunlara sporofor adı verilir. Bu yapılar spor oluştururlar. *Streptomyces* sporlarına konidya adı verilir ve bu sporlar *Bacillus*'ta ya da *Clostridium*'da görülen sporlardan farklıdır. Konidya ve sporoforlar genellikle pigment içerir ve bu pigmentler olgun kolonilere karakteristik bir renk verir (89).

3. Gereç ve Yöntem

3.1 Araştırma Evreni ve Örneklemi

Bu araştırmanın evrenini İstanbul il sınırlarındaki yerleşim yerlerinden uzakta bulunan ve delillerin saklanabileceği büyük-geniş toprak ve ormanlık alanlar, örneklemini ise temsili olarak seçilmiş ve işaretlenmiş 20 bölge oluşturdu. Bu bölgelerin 13'ü Avrupa Kıtası'ndan (%24), 7'si Asya Kıtası'ndan (%29) seçildi (Şekil 3).



Şekil 3: Saha uygulamalarının yapıldığı bölgelerin harita görüntüsü (Madde işaretleri örnekleme konumlarını belirtir. Kaynak harita: Google Maps)

Lokasyon koordinatları cep telefonu vasıtasıyla Kocaman Sürüm: 2.8 GPS uygulaması ile alındı ve Tablo II'de belirtildi.

Tablo II: Saha Uygulamalarının Yapıldığı Bölgelerin Ayrıntılı Konumları

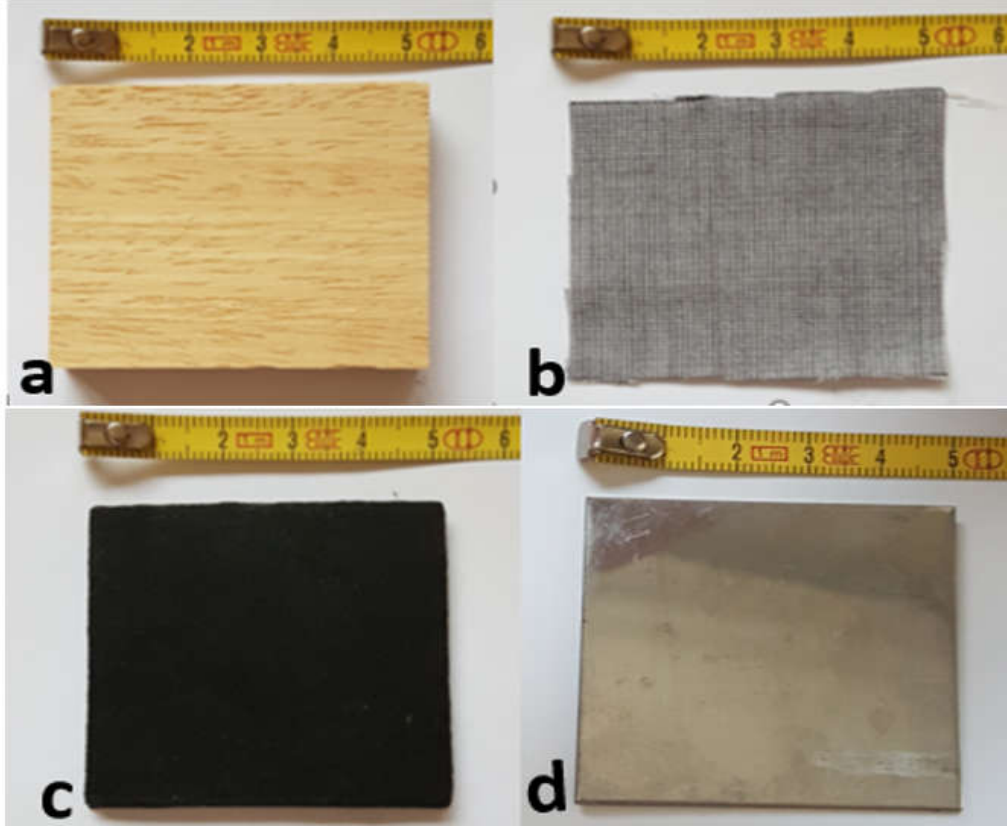
SIRA NO	LOKASYON	İLÇE	ORAN %	GPS KONUMLARI
1	AYDOS ORMANI	KARTAL	5	40.937780, 29.226176
2	FETHİ PAŞA KORUSU	ÜSKÜDAR	5	41.031095, 29.028693
3	ÜMRANİYE KOCATEPE	ÜMRANİYE	5	41.044383, 29.119472
4	TAŞDELEN	ÇEKMEKÖY	10	41.043976, 29.287036
5	SARIPINAR HÜSEYİN YOLKENARI	ÇEKMEKÖY	10	41.116791, 29.306123
6	RİVA	BEYKOZ	10	41.213194, 29.225026
7	ALİ BAHADIR KÖYÜ	BEYKOZ	10	41.183203, 29.200827
8	KİLYOS SAHİL YOLU	SARIYER	20	41.244187, 29.018071
9	KİLYOS MEZARLIĞI	SARIYER	20	41.232427, 29.039647
10	AĞAÇLI YOLU	EYÜP	10	41.255586, 28.859887
11	HACIOSMAN KORUSU	SARIYER	20	41.136586, 29.032489
12	BELGRAD ORMANI	SARIYER	20	41.168742, 28.953722
13	GÖKTÜRK TABİAT PARKI	EYÜP	10	41.19006, 28.87646
14	ARNAVUTKÖY ŞAMLAR	ARNAVUTKÖY	15	41.152608, 28.786239
15	DURSUNKÖY	ARNAVUTKÖY	15	41.201725, 28.638761
16	ARNAVUTKÖY TAYAKADIN	ARNAVUTKÖY	15	41.261793, 28.687110
17	ÇATALCA	ÇATALCA	5	41.18901, 28.44627
18	BÜYÜKÇEKMECE KUMBURGAZ	BÜYÜKÇEKMECE	10	41.02722, 28.45972
19	BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ	BÜYÜKÇEKMECE	10	41.038703, 28.559337
20	FLORYA ORMANI	BAKIRKÖY	5	40.98305, 28.78583

3.2 Çalışma Tasarımı

Çalışmamız İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Adli Tıp Enstitüsü Mikrobiyoloji Laboratuvarı ve İstanbul Üniversitesi Cerrahpaşa Tıp Fakültesi Tıbbi Mikrobiyoloji Merkez Laboratuvarı'nda yürütüldü. Araştırma programı, hedefler ve ihtiyaç duyulan malzemeler belirlendi. Çalışmamızın saha uygulamalarına 2018 yılı Şubat ayında başlandı. Laboratuvar uygulamaları ise 2019 yılı Nisan ayında tamamlandı.

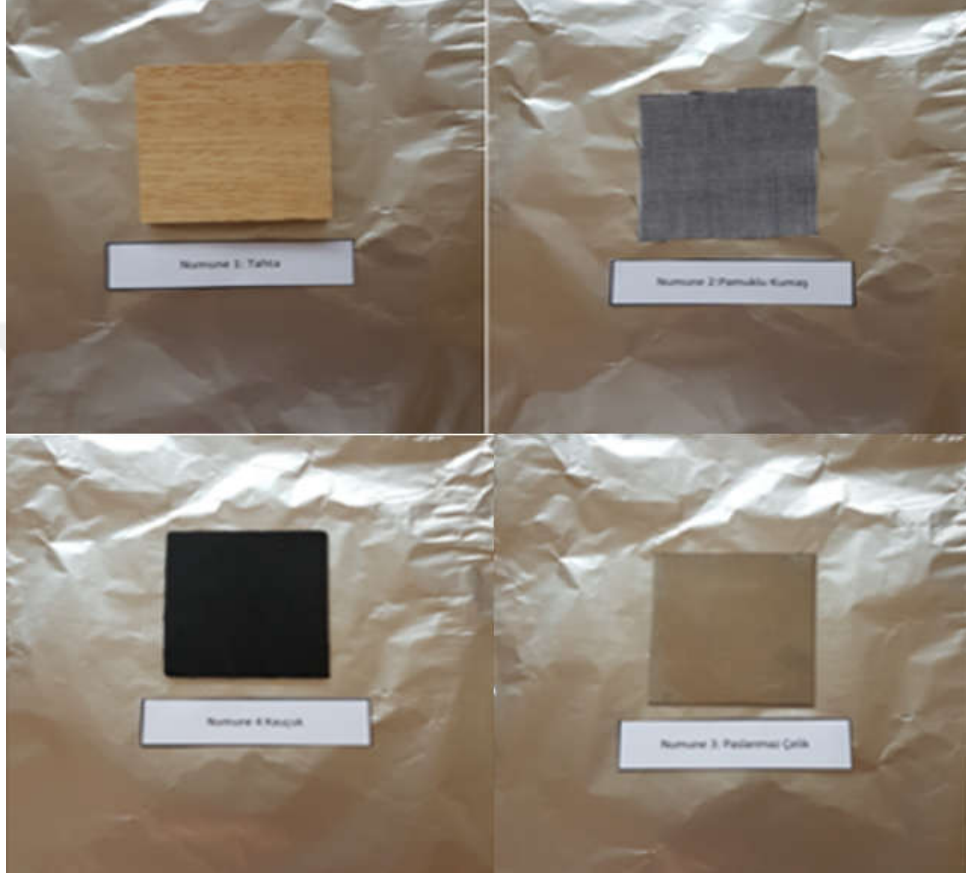
3.3 Model Fiziksel Delil Numuneleri

5x5 cm ölçüsünde hazırlanmış ve otoklavda steril edilerek dekontaminasyonu sağlanmış tahta (1.grup), kumaş (2.grup), kauçuk (3.grup), metal (4.grup), çalışmamızda kullandığımız fiziksel örnek delil numunelerini oluşturdu.



Şekil 4 : Model fiziksel delil numuneleri a) Tahta b) Kumaş c) Kauçuk d) Metal

Her bir numune alimünyum folyolara sarılarak otoklav cihazında 121 C°’de , 1 atm basınçta 15 dakika (dk) sterilize edildi (Şekil 5). Sterilizasyon işleminden emin olmak amacıyla ilave olarak biyokimyasal indikatör kullanıldı.



Şekil 5 : 5x5 cm ölçüsünde 4 model fiziksel delil numunelerinin sterilizasyona hazırlığı

Belirlenen bu bölgelerdeki işaretlenmiş alanlara 20-30 cm derinliğe 5x5 cm ölçüsündeki 4 model fiziksel delil kumaş, kauçuk, metal, tahta numuneleri gömüldü. Herbir numune kontaminasyonu önlemek amacıyla birbirlerine temas etmeyecek şekilde, 1. ay, 2. ay ve 3. ay sürelerini temsil etmesi amacıyla toplam 3'er set olarak gömüldü. Toplam gömülü numune sayısı 3 ay x 4 fiziksel delil x 20 bölge = 240 adettir. Ayrıca 3. ay süresi sonunda karşılaştırmak üzere her bölgeden 10 g toprak numunesi alındı. Toplam numune sayısı 260 adettir.

3.4 Numunelerin Gömülmesi ve İşaretleme

İstanbul ilinde 20 değişik bölge belirlendi ve gömülecek fiziksel delillerin yerleri işaretlenerek haritalandırıldı. Her bölge için hazırlanan haritalarda tarih, lokasyon, koordinat ve açıklama bilgileri yer aldı. İlave olarak örneklem alınan ağaç, kaya vb. noktalar sonraki aylarda kolaylıkla bulunması amacıyla renkli bir sprey boya ile boyandı (Ek-2). Örneklemenin yapıldığı farklı bölgelere ait fotoğraflar şekil 6’da gösterildi.



şekil 6 : Farklı saha uygulama alanlarından rnekler

Numunelerin gömülmesi için referans nokta belirlendi ve bu noktaya 1 adet tahta-metal kazık akıldı. Tahta-metal kazık merkez alınacak şekilde kuzey, güney, doğu ve batı yönünde her bir numune 20-30 cm derinliğe birbirilerine en az 10’ar santim uzaklıkla (kontaminasyonu

önlemek amacıyla), merkezden dışarıya doğru 1. ay , 2. ay ve 3. ayları temsil edecek şekilde gömüldü. Toplam gömü alanı 1 metrekareyi geçmeyecek şekilde planlandı (Şekil 7).



Şekil 7 : Model fiziksel delil numunelerinin gömülmesi

3.5 Numunelerin Toplanması ve Saklanması

Referans noktası alınan tahta kazıktan itibaren her ay merkezden dışarıya doğru olmak üzere haritada belirtilen ölçülere göre kazı işlemi yapıldı. Numunelerin çıkarılması için kullanılan kürek ve penset bek alevinden geçirilerek dekontaminasyonu sağlandı. Numuneler steril petri kaplarına konuldu ve etiketlendi. Sırasıyla toplanan numunelerin, mikrobiyolojik analizleri yapıldı. Kalan örnekler (şahit numune) buzdolabında +4 °C’de saklandı (Şekil 8).



Şekil 8 : Numunelerin toplanması (a, b, c, d) etiketlenmesi (e) ve saklanması (f)

3.6 Toplanan Örneklerin Laboratuvar Çalışmaları

3.6.1. Toprak Numunelerinin pH'ının Hesaplanması

Saha uygulamalarının yapıldığı gömü alanlarındaki taş ve organik maddeler ayıklandıktan sonra bir miktar toprak alınarak, petri içine konuldu. Üzerine toprağın hacmen 3-4 katı distile su ilave edildi ve karıştırıldı. 3-5 dk beklendikten sonra pH ölçmeye yarayan indikatör kağıdı petrideki sıvıya batırıldı. Kağıttaki renkler, indikatör kağıdının kutusu üzerinde olan renkler (skala) ile karşılaştırıldı. Uyan renk üzerindeki yazılı pH değeri, toprağın asiditesini gösterdi. Saha sonuçları laboratuvarında 20 bölgeden alınan toprak numunesi ile digital pH metre

kullanılarak tekrarlandı. Bu amaçla numunelerin herbirinden 5 g toprak tüplere yerleştirildi. Üzerine 10 mililitre (mL) distile su ilave edildi. Karışım 1 dk süreyle vortekslendi. Ardından santrifüj ile 5000 revolution per minute (rpm)'de 5 dk santrifüjlendi. Üste kalan sıvı başka tüplere boşaltı. Her bir numune standartizasyonu yapılmış digital pH metre ile ölçüldü. 2. okumayla ölçümler teyid edildi.

3.6.2 Besiyeri Hazırlanması

Örnekler toplandıktan sonra, tüm örnekler aynı protokoller izlenerek işlendi. Toplanan numunelerin mikrobiyolojik kültüre alınma işlemi için; genel olarak güç üremeyen mikroorganizmaların gelişimini destekleyen genel amaçlı bir besiyeri olan Tryptic Soy Agar (TSA) , maya ve küflerin geliştirilmesi için uygun besiyeri olan Malt Ekstrat Agar (MEA) ve gram negatif bakteriler için seçici olan Mac Conkey Agar (MAC) hazırlandı.

Ticari olarak hazır satılan TSA toz besiyeri 40 g/L, MEA toz besiyeri 48 g/L, MAC için 50 g/L olacak şekilde hassas terazide tartıldı. Balon joje içerisine alınan toz besiyeri üzerine distile su ile 1 L olacak şekilde tamamlandı. Daha sonra toz besiyerinin çalkalanarak distile su içinde çözülmesi sağlandı. Balon joje üzerine besiyeri çeşidi, tarihi, hacmi yazılarak etiketleme işlemi yapıldı. Balon jojenin ağzı pamuk tıkaç ve alimünyum folya ile kapatılarak sterilizasyon işlemi için otoklava alındı. Otoklav cihazında 121 °C'de, 1 atmosfer basınçta 15 dk sterilizasyon işlemi yapıldı. Otoklavdan alınan besiyerleri 45-50 °C'ye kadar soğuması için beklendi. Hazır hale gelen besiyeri, bunzen alevi yanında petrilere 12.5 mL olacak şekilde döküldü. Soğumaya bırakılan petriler buzdolabına +4 °C'ye alınarak mikrobiyolojik ekimler için hazır hale getirildi.

3.6.3 Mikroorganizmaların Kültüre İşlemleri

Toprak örneklerinin mikroorganizmalarının incelenmesinde, genelde uygun bir süspansiyon ve seyreltmeler hazırlamak yoluna gidilir. Bu nedenle;

a) Toprak numunesi için: 1 g toprak üzerine 9 mL % 0.9'luk Tryptic Soy Broth (bunyon) ve/veya İzotonik Sodyum Klorür (serum fizyolojik) petri kabına dökülerek (1-10 oranında) dilue edildi. 1- 2 saat süreyle 37 °C'lik etüvde mikroorganizmaların aktivasyonu ve topraktan sıvı içine geçişini sağlamak amacıyla bekletildi.

b) Fiziksel Deliller için: Petri kapları içindeki numuneler üzerine 4.5-5 cc % 0.9'luk İzotonik Sodyum Klorür damlatıldı. Böylece numuneler serum fizyolojik ile yıkanarak ıslatılmış oldu. Steril bir eküvyon çubuk ile numunelerin her birinden tüm alanı örnekleyecek şekilde sürüntü örnekleri alındı. Her bir bölge ve fiziksel numune adı, numaralandırılmış ve etiketlenmiş TSA, MEA, MAC besiyerlerine bünzen alevi yanında olacak şekilde steril öze ve eküvyon çubuğu ile azaltma yöntemi uygulanarak ekildi. TSA ve MAC besiyerlerine ekimi yapılan numuneler 37 °C'de 24-48 saat etüve alındı. MEA besiyerine ekimi yapılan numuneler oda sıcaklığında 22-24 °C'de 7-14 gün bekletildi.

3.7. Topraktaki Mikroorganizmaların Değerlendirilmesi

3.7.1 Mikroorganizmaların Tiplendirilmesi

İnkübasyon işlemleri sonrası ekim işlemi yapılan petri plaklarının kültür değerlendirmesinde, besiyerleri; renk, koku, hemoliz ve şekil bakımından makroskobik olarak değerlendirildi ve fotoğraflama işlemi yapıldı.

Mikroskobik açıdan değerlendirme işleminde ise; incelenmek istenen koloniler kültür preparatları üzerinde işaretlenerek, gram boyama için hazır hale getirildi. Hazırlanan preparatlar, fiksasyondan sonra gram boyama prosedürüne tabi tutuldu (Toprak örnekleri ve 3

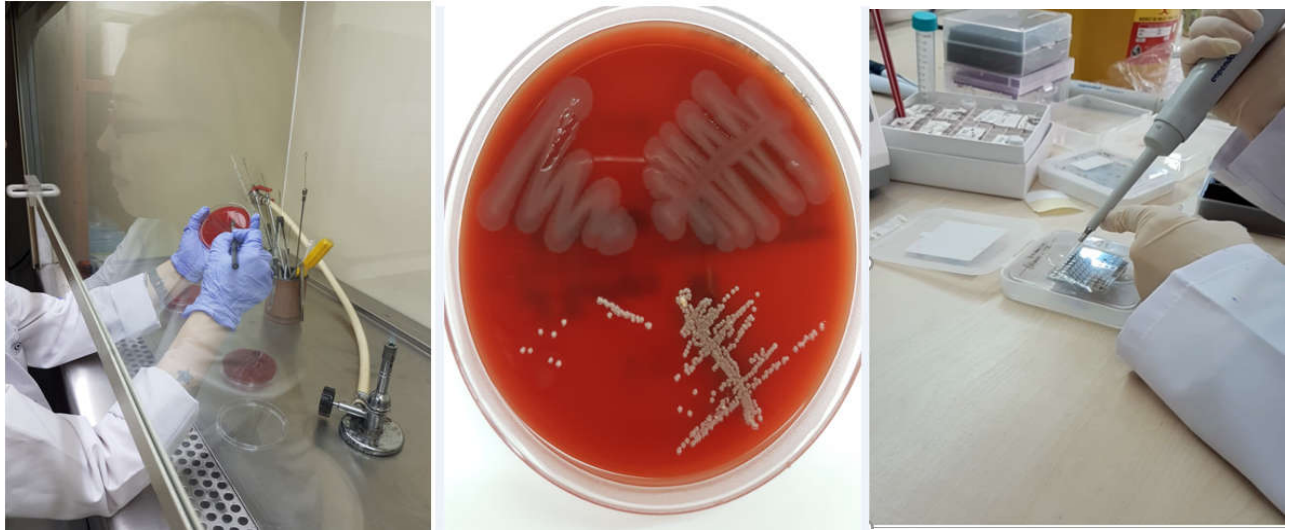
aya ait fiziksel delil numuneleri: 3. ay sonunda fiziksel delillerden eksik olan yerine 2. ay ve 1. ay numuneleri kullanılmıştır). Toplam ekim yapılan numune sayısı 300 adet olup, bu numunelerde üreyen 1000 adet bakteri kolonisinden örnekler gram boyama yöntemiyle boyanmıştır.

Boyama sonrası 100X büyütmede immersiyon yağı damlatılarak, binoküler ışık mikroskopunda mikrororganizmaların morfolojileri gram pozitif ve gram negatif olmaları açısından incelendi. Devamında gram boyamada pozitif veya negatif ayrımı yapılamayan kolonilere KOH testi, streptokok şüphesi olan kolonilere Katalaz testi, örneklerde var olan stafilokokların *Staphylococcus aureus* türü olup olmadığını belirlemek için Koagülaz testi, gram negatif (*Enterobacteriaceae*) ayrımı için Oksidaz testi, bakteri hareketliliğinin (flagella) gösterilmesi için hareketlilik testi vb. gibi biyokimyasal testler ile mantar tanımlanması için API 20C, streptokokların tanımlanması için API 20 Strep ve ileri tanımlama analizi MALDI-TOF MS cihazı ile tür tayinleri yapıldı.

3.7.2 MALDI-TOF MS

MALDI-TOF MS ile yapılacak tanımlama çalışmaları eski kültürlerde ribozomal proteinlerde bozulmalar meydana getirdiği için taze kültürlerden yapılmaktadır. Bu amaçla %5'lik Koyun Kanlı Columbia Agar hazır besiyerinde saflaştırılmış örnekler 24-48 saatlik taze kültürler şeklinde hazırlanmıştır (Şekil 9).

MALDI-TOF MS analizinde örnek hazırlamak için mikroorganizmanın matriks solüsyonu ile karıştırılarak kristalize hale getirilmesi gerekmektedir. Matriks solüsyonu, kullanılan lazer dalga boyunda optimal absorpsiyonu sağlamak için küçük miktarda asit molekülü ihtiva eder.

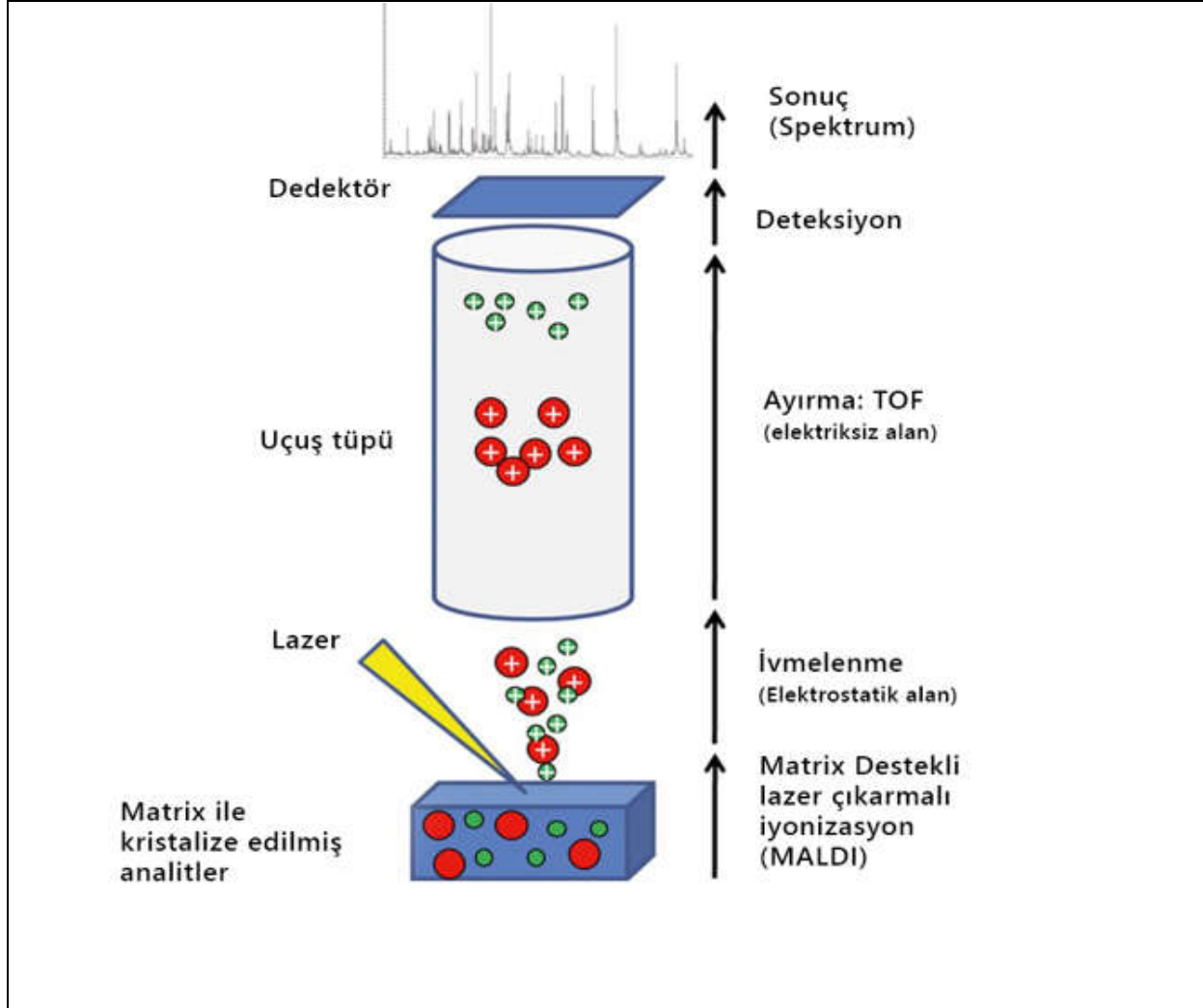


Şekil 9 : MALDI-TOF MS analizi örnek hazırlık aşamaları

Çalışmamızda kullandığımız 2 ile 8 °C’de saklanan α -cyano-4-hydroxycinnamic acid (HCCA) matriks maddesinden hassas terazide 0.005 g tartıldı. Kapaklı tüpe aktarıldı. Üzerine organik çözücünden 450 μ l konuldu. Çözünme işlemi tamamlanana kadar vortekslendi. HCCA matriks maddesinin sulandırılması için organik çözücü kullandı. 1 mL’lik kapaklı ependorf tüpün içerisine 237.5 μ l su eklendi. Suyun üzerine 250 μ l ACN (Asetonitril), son olarak elde edilen karışımın üzerine 12.5 μ l Trifloro Asetik Asit eklendi. Çözelti vortekslendi. Numuneler, iletken bir metal plaka üzerinde matriks ile karıştırıldı. Matriks ve mikrobiyal materyalin kristalleştirilmesinden sonra, metal plaka kütle spektrometresine sokuldu. Numune kısa lazer darbeleriyle bombalandı. Ayrıştırılmış ve iyonlaştırılmış moleküller, bir elektrostatik alan boyunca hızlandırıldı ve daha küçük iyonların daha büyük iyonlardan daha hızlı hareket etmeleriyle, bir detektöre ulaşana kadar metal bir uçuş tüpünden çıkarıldı.

Böylece, TOF’larına yani uçuş zamanlarına göre ayrılan numuneler, değişen yoğunluklara sahip kütle/yük oranı (m/z) pik noktalarından oluşan bir kütle spektrumu oluşturdu. Bu spektrum, tür veya cins düzeyinde veri tabanı ile karşılaştırıldı (Şekil 17-18).

Croxatto'dan (90) uyarlanan MALDI-TOF MS cihazı çalışma prensibi şematik olarak Şekil 10'da gösterilmiştir.



Şekil 10: MALDI-TOF MS cihazı çalışma prensibinin şematik olarak gösterilmesi

3.8 Çalışmada Kullanılan Cihazlar ve Gereçler

Çalışmamızda kullandığımız analitik sistemler, laboratuvar alet ve gereçlerine ait bilgiler Tablo III’de verilmiştir.

Tablo III: Çalışmada Kullanılan Analitik Sistemler, Laboratuvar Alet ve Gereçlerine Ait Bilgiler

Cihaz / Gereç ismi	Marka/Model
Otoklav	Nüve OT 4060
Kimyasal İndikatör	Famos
Buzdolabı	Arçelik
Derin Dondurucu	Arçelik
pH İndikatör	Merck
Digital pH	Orion 3 star
Santrifüj	Hettich Universal 320
Hassas Terazî	Scaltech
Vorteks	Isolab
Etüv	Nüve EN 400
Steril Ekim Kabini	Nüve MN 120
Bünzen beki	Orlab
Binoküler Işık Mikroskobu	Nikon
MALDI-TOF-MS	Bruker Microflex
API 20C ve 20 Strep Ticari Kitleri	Biomerieux
TSA Besiyeri 500 g	Merck
MAC Besiyeri 500 g	Merck
MEA Besiyeri 500 g	Merck
Koyun Kanlı Columbia Agar	Becton Dickinson
Trifloroasetik Asit (TFA)	Honeywell
Pipet Ucu 1000EA	Ependorf
HCCA (α -Cyano-4-hydroxycinnamic acid)	Sigma
KOH	Merck
H ₂ O ₂	Merck
Steril Petri Kabı	Fıratmed
İmmersiyon Yağı	Novogen
%0,9 ‘luk İzotonik Sodyum Klorür	Eczacıbaşı
Gram Boyama Seti	Norateks
Transport Swab Boş	Orlab
Lateks Muayene Eldiveni	Universal
Steril Öze ve Filtre Kağıdı	Isolab
Büyüteç	Kraf
Penset 16 mm	Isolab
Balon Joje ve Falkon Tüp	Isolab
Lam ve Lamel	Orlab

3.9 Veri Analizi

Besiyeri plaklarındaki mikroorganizmalar üreme var/yok şeklinde yorumlandı. Değerlendirmeler IBM SPSS Statistics 20 paket programı ile yapıldı. Sonuçlar değerlendirilirken anlamlılık düzeyi değeri 0.05 alındı ve 0.05'in altındaki değerler istatistiksel açıdan anlamlı olarak değerlendirildi.

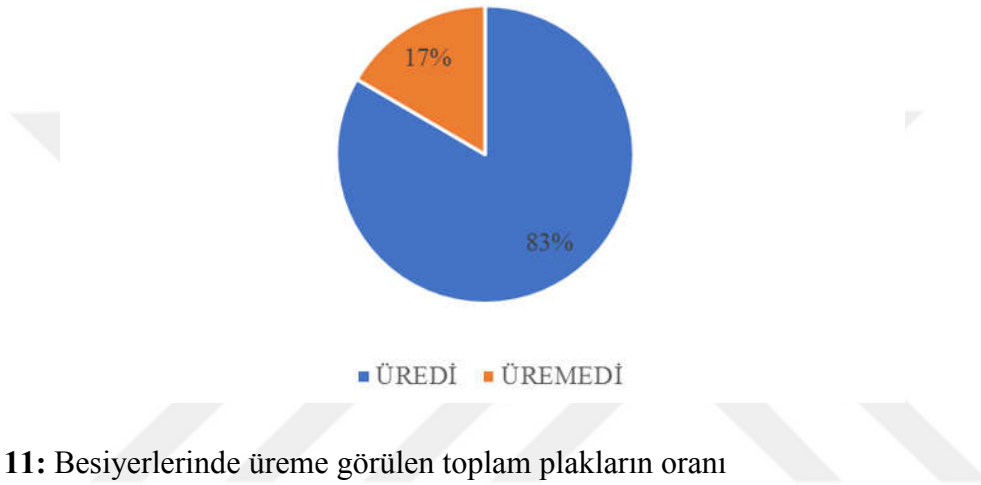
Mantar ve bakteriler ayrı ayrı gruplandırılarak incelendi. Her iki grubun dağılımının normalliği için Shapiro-Wilk, gruplar arasındaki farkları test etmek için Kruskal Wallis H ve ANOVA testi, ikili karşılaştırmalar için Mann-Whitney U, grupların varyanslarının homojenliği için Levene's testleri kullanılarak değerlendirildi.

Ordinal veriler, aritmetik ortalama, standart sapma, minimum, maksimum olarak; nominal veriler ise frekans ve yüzde olarak değerlendirildi.

4. Bulgular

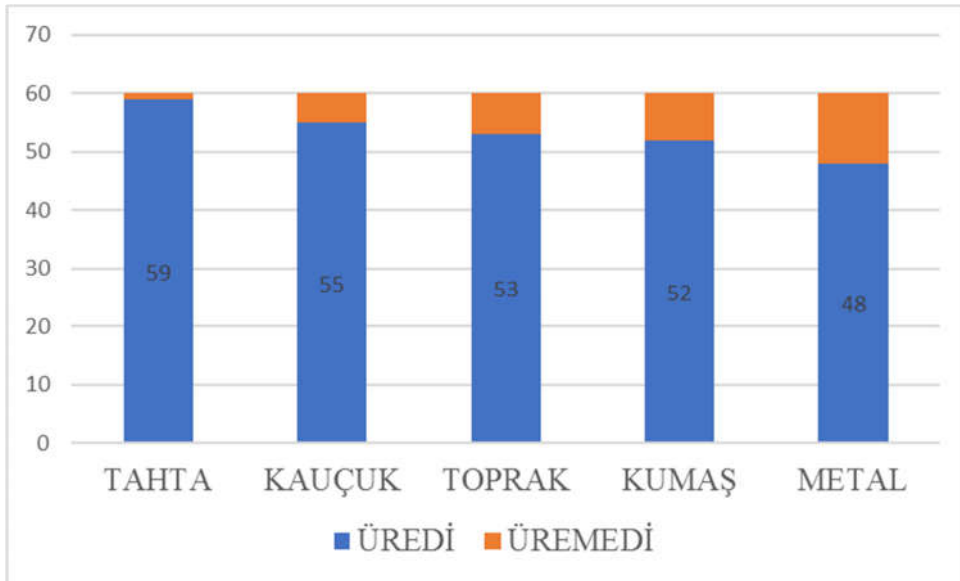
4.1 Fenotipik Değerlendirme

Çalışmamızda 20 farklı bölgeye ait toprak numuneleri ve 4 adet model fiziksel delil numuneleri incelenmiştir. Çalışmamızda kullandığımız 300 besiyeri plağının % 17'sinde herhangi bir mikrobiyal üreme tespit edilmemiştir. Mikrobiyal üremenin gözlemlendiği besiyerleri plaklarının oranı %83'tür (Şekil 11).



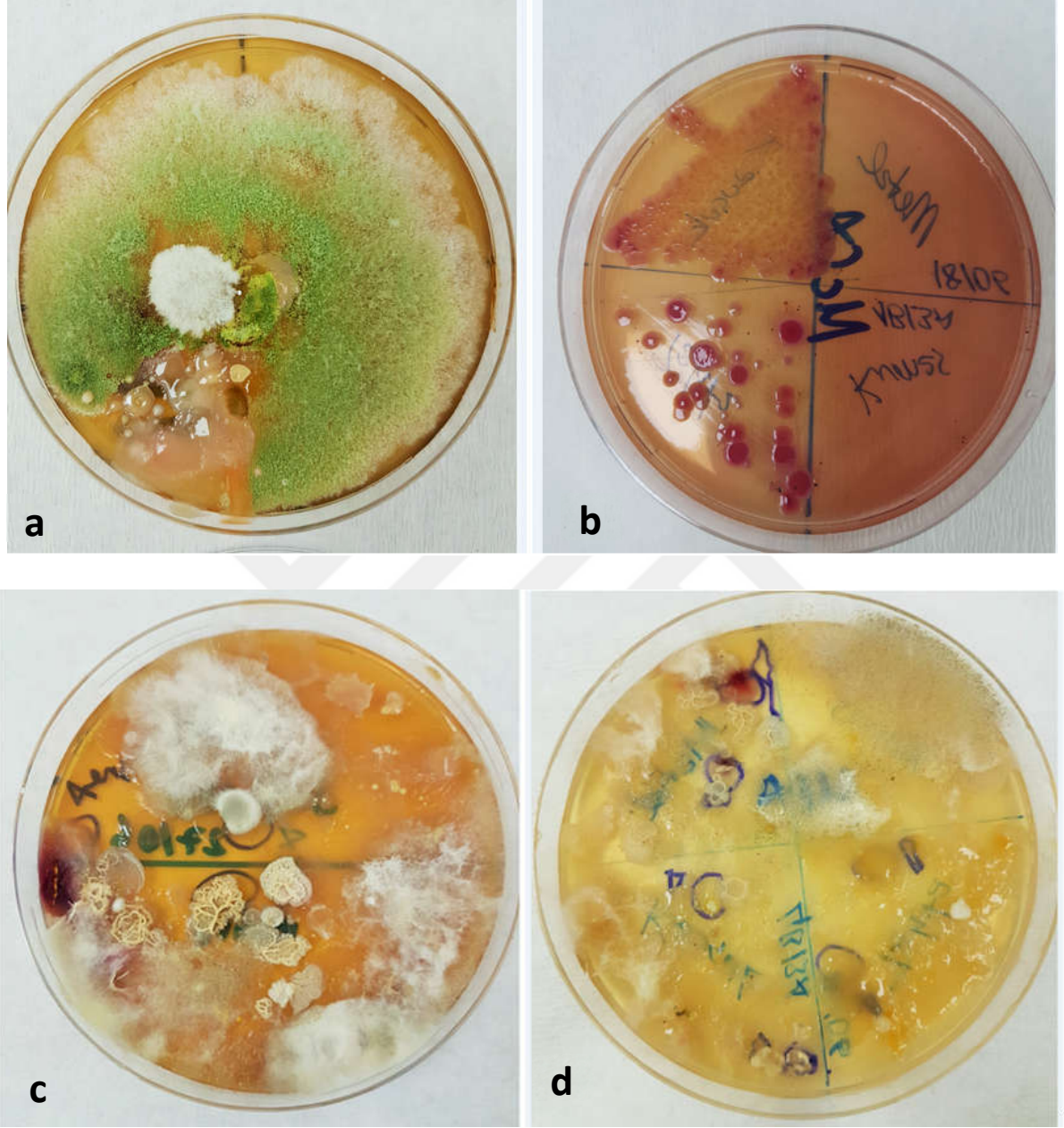
Şekil 11: Besiyerlerinde üreme görülen toplam plakların oranı

Besiyerlerinde üreme görülen plak sayılarının toplanan numunelere göre dağılımı Şekil 12'de gösterilmiştir. Buna göre en çok üreme 59 adet besiyeri ile tahta numunesinde görülmüştür.



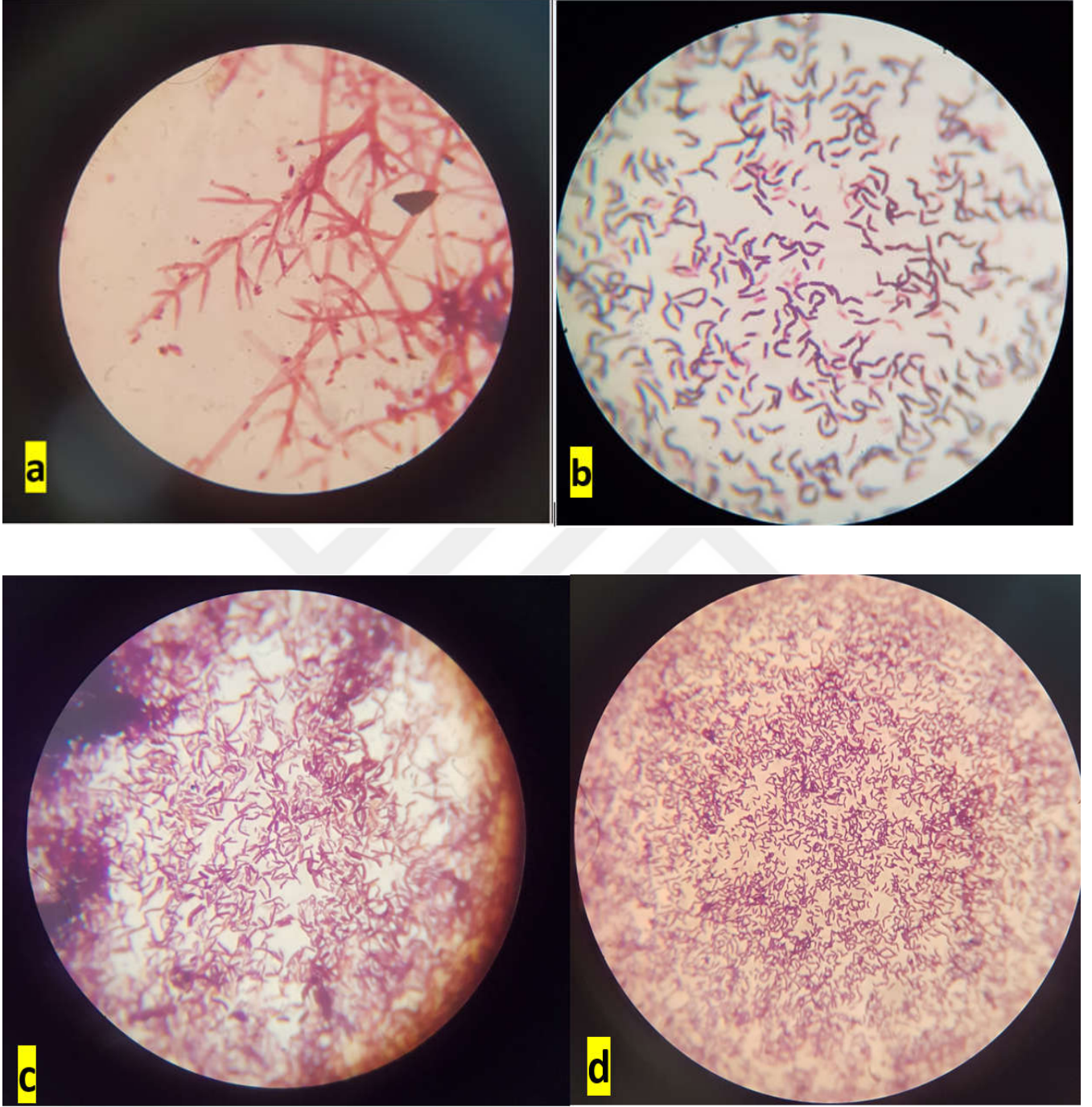
Şekil 12: Besiyerlerinde üreme görülen plak sayılarının toplanan numunelere göre dağılımı

Toprak ve model fiziksel delil nunelerine ait plaklarda görülen mikroorganizmalara ait koloni görüntüleri Şekil 13’de gösterilmiştir.

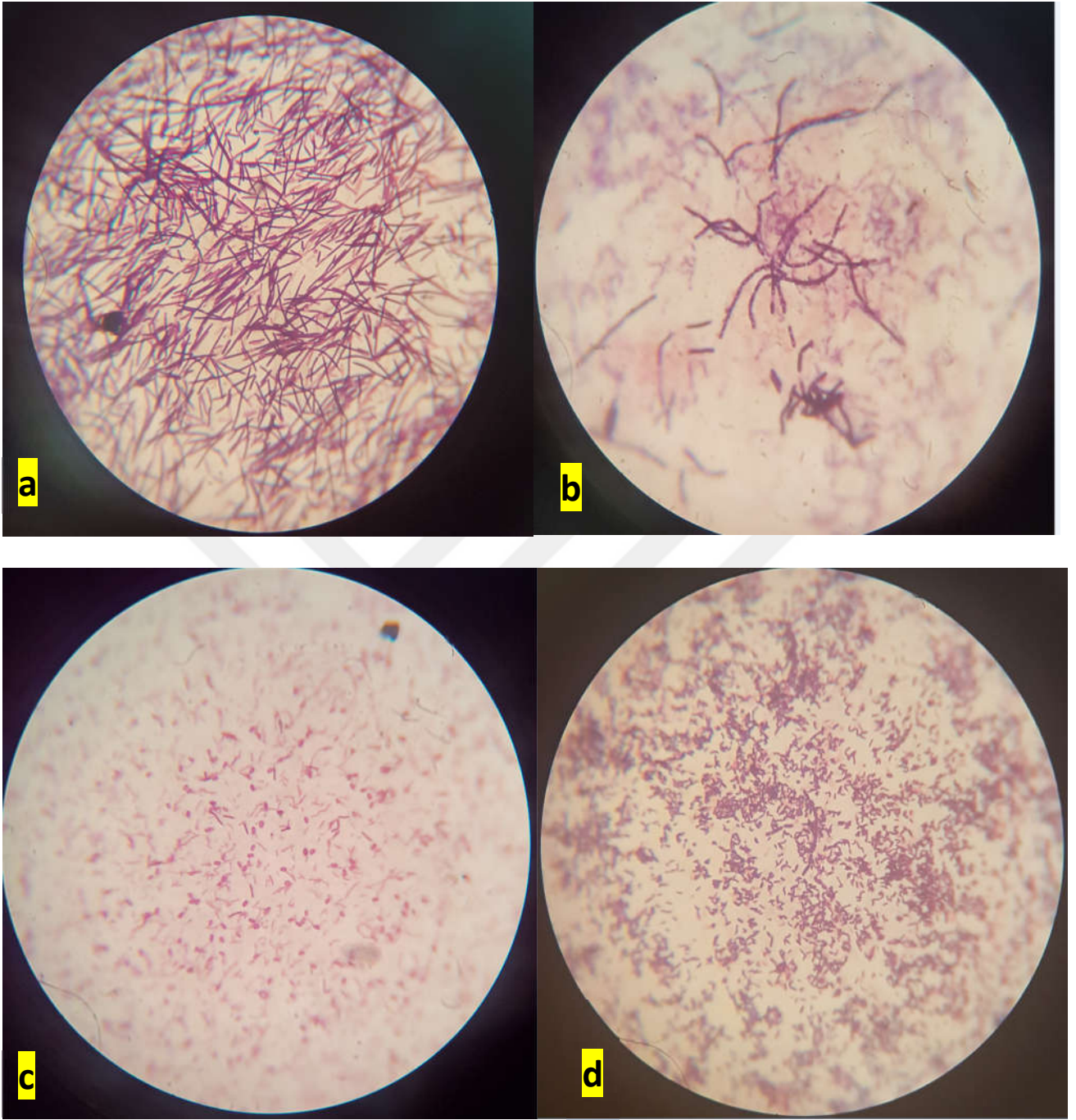


Şekil 13: Mikroorganizmaların koloni görüntüsü a) 4. bölge b) 1. bölge c) 20. bölge d) 4. bölge

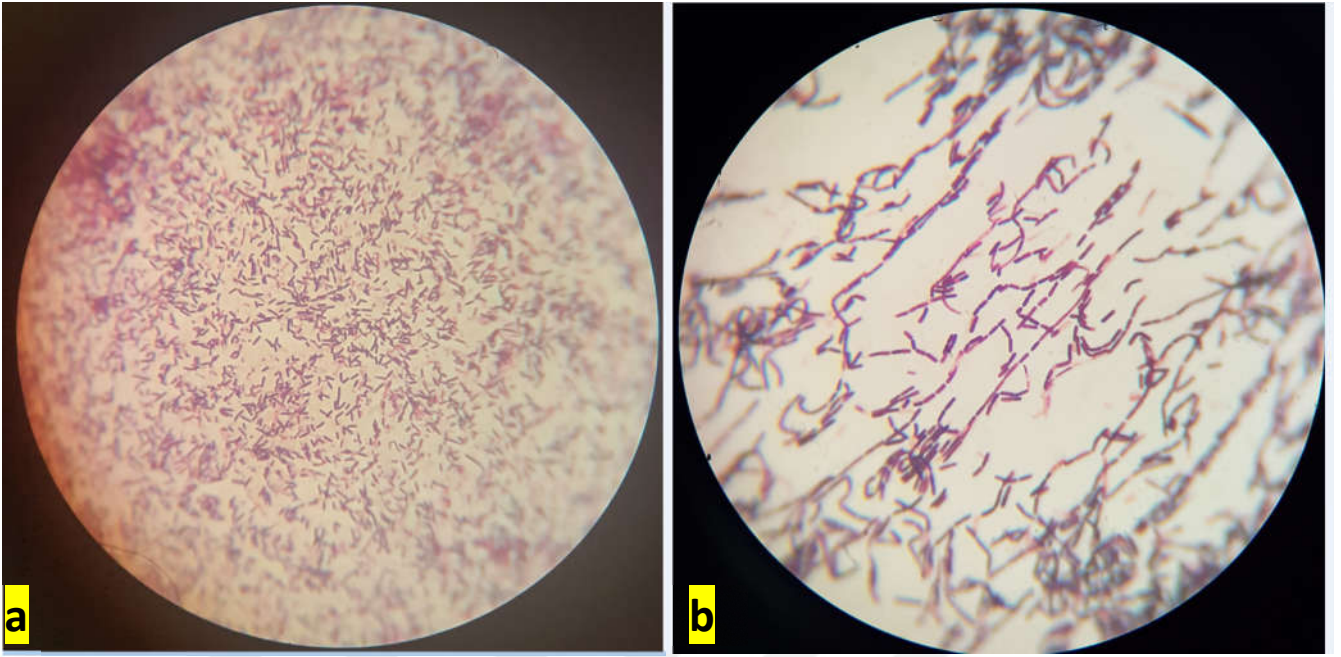
Üreme gösteren tüm plaklardaki mikroorganizmalar gram boyama yapılarak 10x100 büyütme mikroskopta incelenmiştir (yaklaşık 1000 adet preparat). İncelenen preparatlara ait mikroskop görüntüleri ve türleri Şekil 14, 15 ve 16’da gösterilmiştir.



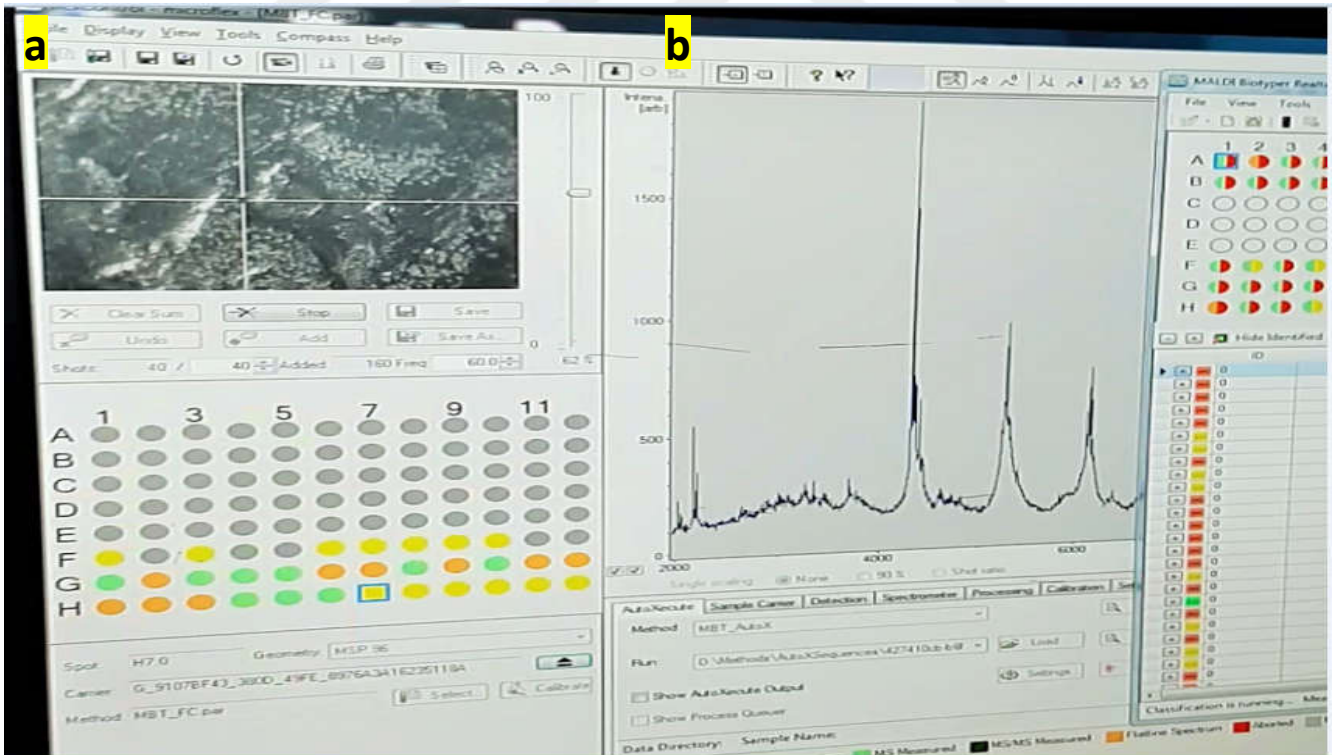
Şekil 14: Numunelere ait mikroskop görüntüleri a) 2. bölge toprak numunesi *Alternaria sp.* ve konidyaları b) 2. bölge metal numunesi *Bacillus megaterium* c) 7. bölge toprak numunesi *Bacillus cereus* d) 11. bölge toprak numunesi *Actinomyces sp./Bacillus cereus*



Şekil 15: Numunelere ait mikroskop görüntüleri a) 11. bölge toprak numunesi *Streptomyces sp.* (Bölünmeden önce) b) 13. bölge toprak numunesi *Streptomyces sp.* c) 18. bölge toprak *Paenibacillus macerans/Bacillus sp.* d) 2. bölge metal numunesi *Bacillus sp.*



Şekil 16: Numunelere ait mikroskop görüntüleri a) 2. bölge kauçuk numunesi *Bacillus subtilis* /*Micrococcus* sp. b) 3.bölge metal numunesi *Streptomyces* sp.



Şekil 17: Numunelerin MALDI-TOF MS cihazı analiz görüntüleri a) Matriks b) Spektrum görüntüsü

Score	Detected Species	Comment
2.036	Arthrobacter gandavensis DSM 15046T...	
1.922	Arthrobacter koreensis DSM 16760T DSM	
1.416	Arthrobacter luteolus DSM 13067T DSM	
1.228	Pseudomonas flavescens DSM 12071T...	
1.140	Arthrobacter oxydans IMET 10684T HKJ	
1.132	Sinomonas atrocyanea HKI 10432 HKJ	
1.113	Phoma exigua ssp exigua CBS 431_74...	
1.113	Arthrobacter ureafaciens DSM 20126T D...	
1.107	Arthrobacter citreus IMET 10680T HKJ	
1.096	Thauera aromatica K172 MPB	

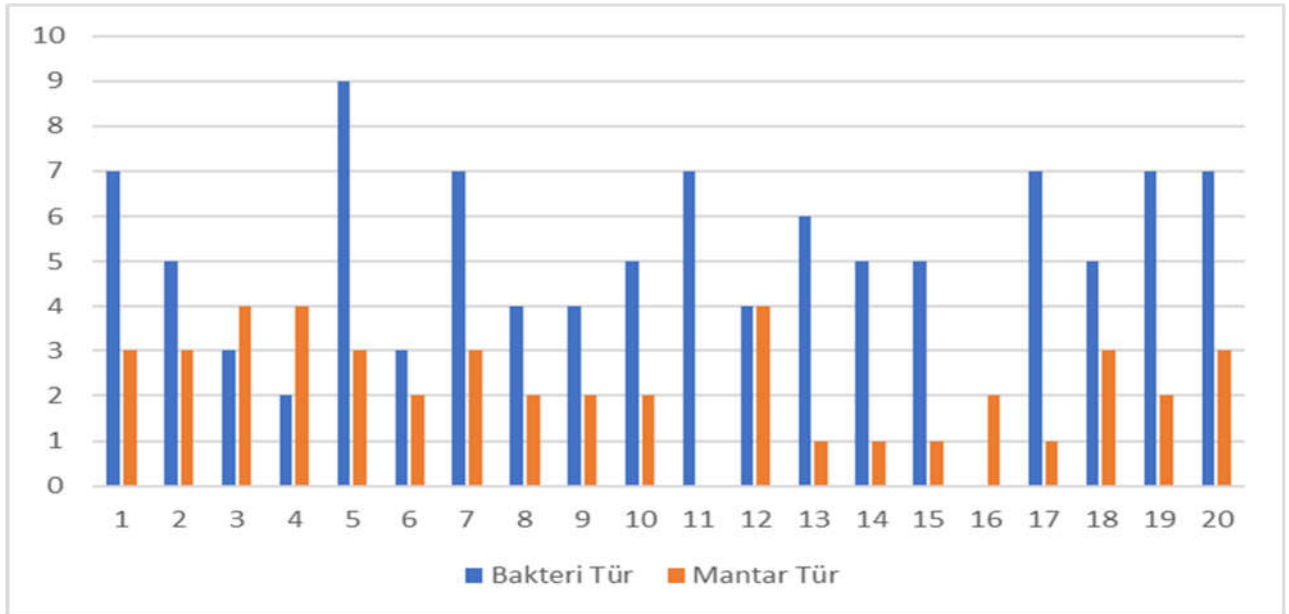
Şekil 18: MALDI-TOF MS cihazındaki B7 kodlu 16.bölge tahta numunesinin tür tanımlama sonucu

Arthrobacter gandavensis

4.2 Mikroorganizmaların Tiplendirme Tabloları

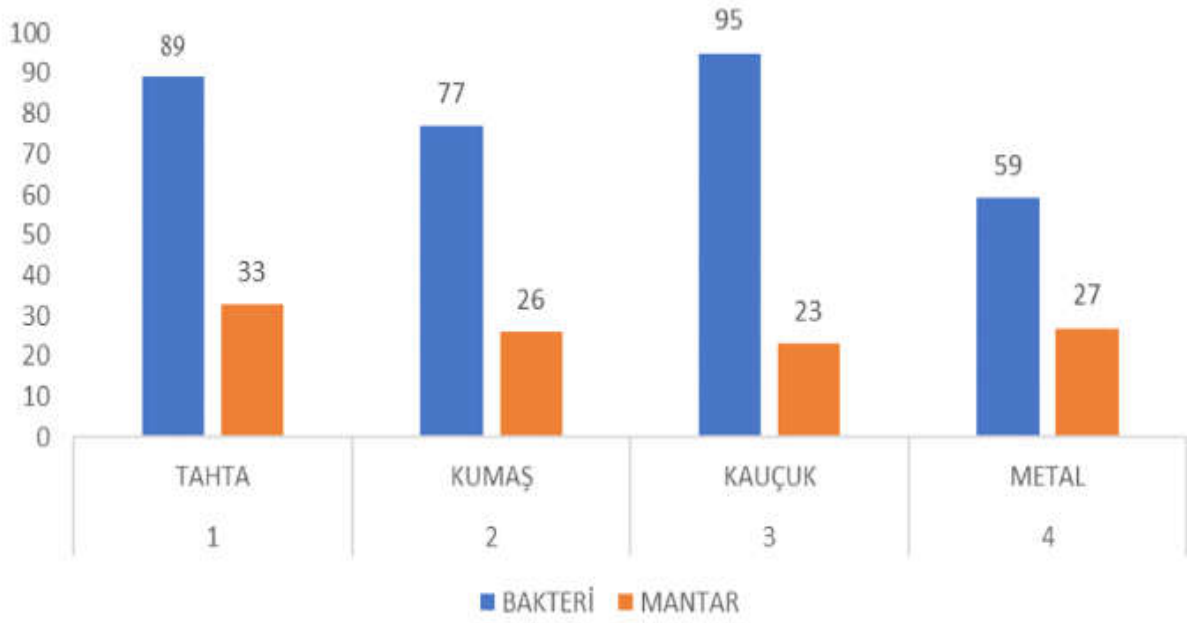
4.2.1 Tür Sayısına Göre

Toprak numunesinde yapılan kültür, biyokimyasal ve ileri tanı analizleri sonucu tiplendirme yapılan mikroorganizmaların bölgelere göre dağılımı Şekil 19’da verilmiştir. %69’u bakteri, %31’i mantar olmak üzere toplam 148 adet mikroorganizma tanımlaması yapılmıştır.



Şekil 19: Mantar ve bakteri çeşidinin farklı bölgelere göre dağılımı

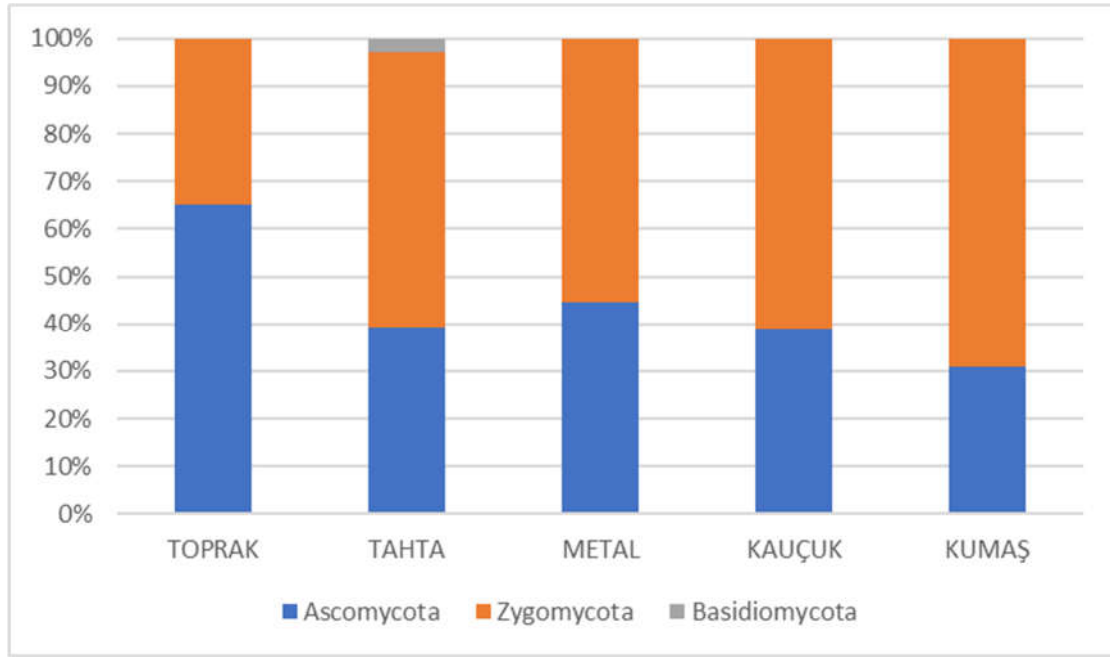
Model fiziksel numunelerde yapılan kültür, biyokimyasal ve ileri tanı analizleri sonucu tiplendirme yapılan mikroorganizmaların toplam sayısı 429 adettir. Mantar ve bakteri tür sayılarının model fiziksel delil numunelerine göre dağılımları Şekil 20’de verilmiştir. Buna göre en yüksek sayıda mantar türü tahta numunesinde, en yüksek sayıda bakteri türü kauçuk numunesinde tespit edilmiştir.



Şekil 20: Mantar ve bakteri tür sayılarının model fiziksel delil numunelerine göre dağılımları

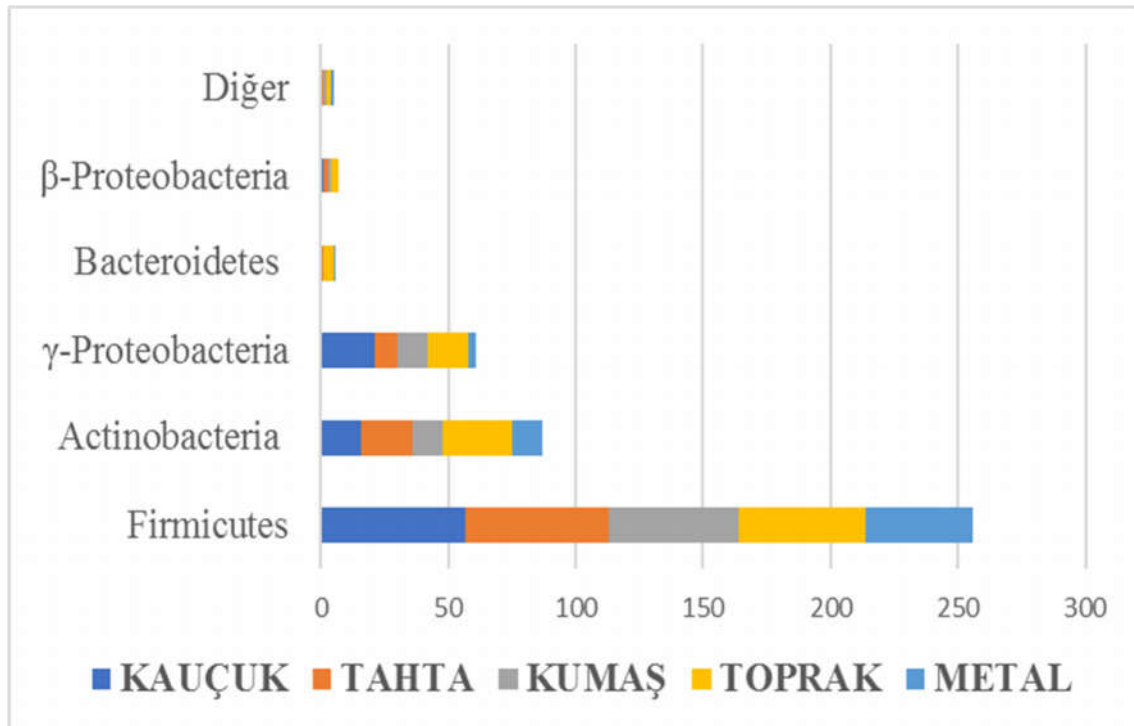
4.2.2 Türlerin Dağılımlarına Göre

a) Mantar: Toprakta tanımlanan mantarların % 65’i *Ascomycota* filumuna, % 35’i *Zygomycota* filumuna, fiziksel materyallerin tamamında tanımlanan mantarların % 61’i *Zygomycota* filumuna, % 42’si *Ascomycota*, %1’i *Basidiomycota* filumuna aittir (Şekil 21).



Şekil 21: Toprak ve 4 farklı model fiziksel delilin mantar kompozisyonu

b) Bakteri: Toprakta tanımlanan bakterilerin % 61 *Firmicutes*, %21 *Actinobacteria*, %14 γ -*Proteobacteria*, %2 β -*Proteobacteria*, %2 *Bacteroidetes*, %1 diğer filumlarına aittir (Şekil 22).



Şekil 22: Toprak ve 4 farklı model fiziksel delilin bakteri kompozisyonu

4.3 İstatistiksel Değerlendirme

4.3.1 pH Değerlendirmesi

20 farklı bölgedeki pH ölçümlerinin ortalama ve standart sapması 6.98 ± 0.71 olarak bulunmuştur. Minimum değer 5.1 ve maksimum değer 7.70 olarak saptanmıştır (Tablo IV).

Tablo IV: 20 Farklı Bölgedeki pH Ölçümlerinin Ortalaması

	Numune sayısı	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
pH	20	5.10	7.70	6.98	0.71

pH'nın 20 farklı bölgede bakteri çeşitliliğine olan etkisini değerlendirmek amacıyla bölgemizdeki pH değerleri kategorilere göre ayrılarak tanımlanmıştır. 5 ile 6 arasındaki değerler 1. kategoriye, 6 ile 7 arasındaki değerler 2. kategoriye, 7 ile 8 arasındaki değerler 3. kategoriye dahil edilmiştir. Böylece kategorilere göre bakteri çeşitliliği farkını görmemize olanak veren bir düzen oluşturulmuştur. Bu 3 kategorideki verilerin dağılımının normalliğini test etmek için Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. Gruplar açısından verilerin normal dağılıma uygun olmadığı saptanmıştır ($p < 0.05$).

3 grup arasında fark olup olmadığını Kruskal Wallis H testi ile değerlendirilmiştir. Kruskal Wallis Testi sonuçlarına göre 3 kategorideki pH dereceleri arasında üreyen bakteri çeşitliliği açısından anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0.023$) (Tablo V).

Farkın hangi pH aralığı kategorilerinden kaynaklandığını tespit etmek için ikili karşılaştırmalar gerçekleştirilmiştir. Bu ikili karşılaştırmalar verimiz normal dağılmadığından Mann-Whitney U testi ile yapılmıştır. 1 ve 2. kategoriler arasında ($p = 0.028$) ayrıca 1 ve 3. kategoriler arasında ($p = 0.039$) anlamlı fark bulunduğundan dolayı 1. kategorinin (5 - 6 pH aralığının) diğer aralıklardan daha farklı sayıda bakteri çeşitliliğine sahip olduğu düşünülmektedir.

Bu değerlendirmeye mantarlar açısından baktığımızda, 3 kategorideki verilerin dağılımının normalliğini test etmek için Shapiro-Wilk testi kullanılmıştır. Gruplar açısından verilerin normal dağılıma uygun olmadığı saptanmıştır. 1. grupta yer alan verilerin normal dağılmadığı anlaşılmıştır ($p < 0.05$).

Mantarlar için 3 grup arasında fark olup olmadığı Kruskal Wallis H testi ile değerlendirilmiştir. Kruskal Wallis Testi sonuçlarına göre 3 kategorideki pH dereceleri arasında üreyen mantar çeşitliliği açısından anlamlı fark bulunamamıştır ($p = 0.230$) (Tablo V).

Tablo V: pH Kategorilerine göre Bakteri ve Mantar Çeşidi Değerlendirmesi

pH Kategorileri	Bölge Sayısı	Bakteri	Mantar
pH 5-6	3	$p=0.023$	$p= 0.230$
pH 6-7	4		
pH 7-8	13		
Toplam	20		

4.3.2 Nem ve Sıcaklık Değerlendirmesi

20 farklı bölgeye ait nem ortalama ve standart sapma değeri 85.545 ± 5.17 , minimum değeri 75.60 ve maksimum değeri 95.70 olarak saptanmıştır. 20 farklı bölgeye ait sıcaklık ortalama ve standart sapması 19.445 ± 2.057 , minimum değeri 12.60 ve maksimum değeri 22.30 olarak saptanmıştır. Maksimum sıcaklık ortalaması ve standart sapması 24.5 ± 2.323 olarak saptanmıştır. Minimum sıcaklık ortalaması ve standart sapması ise 16.635 ± 1.341 olarak bulunmuştur (Tablo VI).

Tablo VI: 20 Farklı Bölgeye Ait Nem ve Sıcaklık Değerleri

Değerler	Bölge Sayısı	Minimum	Maksimum	Ortalama	Std. Sapma
Ortalama Nispi Nem	20	75.6	95.7	85.5	5.6
Ortalama Sıcaklık	20	12.6	22.3	19.4	2,0
Maksimum Sıcaklık	20	19.5	27.8	24.5	2.3
Minumum Sıcaklık	20	13.9	19.3	16.6	1.3

4.3.3 Model Fiziksel Delil Numuneleri Değerlendirmeleri

a) Bakteriler için: 4 farklı model fiziksel delil numuneleri 1. grup tahta, 2. grup kumaş, 3. grup kauçuk 4. grup metal olarak belirlenmiştir. 4 farklı gruptaki bakteri tür sayısı verilerinin dağılımının normal dağılıma uygun olduğu tespit edilmiştir. Normallik testi, Shapiro-Wilk test sonuçlarına göre yorumlanmıştır. 4 grup için de $p > 0.05$ bulunan test sonucuna göre verinin normal dağılıma uygunluğu saptanmıştır. 4 farklı grubun varyanslarının homojenliği açısından Levene's Test istatistiği hesaplanarak değerlendirildiğinde grup varyanslarının homojen olduğu saptanmıştır ($p > 0.05$). Grupların normal dağılıma uygunluğu ve varyanslarının homojenliği saptandıktan sonra, gruplar arasında bakteri tür sayısı açısından fark olup olmadığı ANOVA testi ile değerlendirilmiştir. 4 farklı materyal için üreyen bakteri tür sayısı karşılaştırıldığında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0.040$) (Tablo VII).

b) Mantarlar için: Tahta, kumaş, kauçuk ve metal materyal grupları açısından değerlendirildiğinde, 4 farklı gruptaki mantar tür sayısı verilerinin dağılımının normal dağılıma uygun olmadığı tespit edilmiştir. Normallik testi, Shapiro-Wilk test sonuçlarına göre yorumlanmıştır. 4 grup için de $p < 0.05$ bulunan test sonucuna göre verinin normal dağılıma uygun olmadığı saptanmıştır. Veri normal dağılıma uygun olmadığından parametrik olmayan testlerden Kruskal Wallis H Testi ile değerlendirmeler yapılmıştır (Tablo VII). 4 farklı materyal açısından mantar üreme çeşitliliği açısından anlamlı fark bulunamamıştır ($p = 0.474$).

Tablo VII: 4 Grup Fiziksel Delil Numunelerindeki Bakteri ve Mantar Çeşidi Değerlendirmesi

Materyal	Bölge Sayısı	Bakteri	Mantar
1. Grup Tahta	20	$p = 0.040$	$p = 0.474$
2. Grup Kumaş	19		
3. Grup Kauçuk	20		
4. Grup Metal	19		

5. Tartışma

Toprak, içinde sayısız ögeleri bulunan katı, sıvı ve gaz fazlarından oluşan gevşemiş ve ayrıışmış yeryüzü tabakası olup heterojen bir sistemdir (15). Adli bilimler açısından toprak ise bir mağdur, şüpheli veya eşyayı bir suç mahalline bağlama potansiyeline sahip değerli bir iz delildir (10). Locard'a göre, suçlu olan kişi bir obje veya kişi ile temas ettiğinde, olay ile ilgili kanıt olabilecek bir iz bırakır, olayla bağlantı oluşturabilecek izleri de beraberinde (toprak ve partikül vb.) taşır (9). "Her temas bir iz bırakır." görüşünden hareketle biz de çalışmamızda bu değerli iz delili konuşturmaya çalıştık.

İstanbul ilini kapsayan çalışmamızdaki saha uygulamalarımız Avrupa ve Asya kıtalarından olmak üzere 20 farklı bölgeden oluşturuldu. Bu bölgelerin 13'ü Avrupa Kıtası'ndan (%24), 7'si Asya Kıtası'ndan (%29) seçildi. Bu bölgeler arasındaki en yakın mesafe 8. ve 9. bölgeler arasında olup 3.17 km, en uzak mesafe ise 5. ve 17. bölgeler arasında olup 72.8 km'dir. Macdonald ve ark. (45) tarafından yapılan bir çalışmada benzer arazi kullanımından ve /veya coğrafi konumdan toprakları ayırt etme potansiyeli bakteriyel ve fungal DNA profillerine dayanarak T-RFLP tekniğiyle Yeni Zelanda'daki Greater Wellington bölgesinde test edildi. Bu amaçla 25 kilometrekarelik bir alanda 10 bölgeye ait toprak numuneleriyle çalışıldı ve herbir bölgeden toplanan toprak numunelerinde bakteri ve mantar topluluklarında önemli farklılıklar tespit edildi. Habtom ve ark. (91) tarafından yapılan bir diğer çalışmada, coğrafi konumun mikrobiyal topluluk kompozisyonunun belirlenmesinde toprak tipinden daha önemli olduğu belirtildi. Çalışmada, üç farklı toprak tipi yerelden bölgesel ölçeklere (2 m - 260 km) ayrıntılı olarak incelenmiş, toprağın türü ve çevre koşullarına bakılmaksızın bir numunenin kaynak yerinin küçük ölçeklerde bile (en az 25 m içinde) saptanabileceği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda yakın konumlarda bile toprağın ayırt etme potansiyeli görülmüş ve saha

çalışmamızdaki örneklem büyüklüğünün (en kısa mesafe 3.170 m) , evrene göre sonuçlarda hassasiyet zayıflığına yol açmayacağı yapılan bilimsel çalışmalarla teyit edilmiştir.

Çalışmamızdaki her bir model fiziksel delil numunesi 20-30 cm derinliğe birbirlerine en az 10'ar cm uzaklıkta gömüldü. Eilers ve ark. (31) tarafından Amerika'nın Colorado ormanlık alanında yapılan çalışmada toprak derinliği ile bakteri ve arke topluluk değişiklikleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Dokuz ayrı toprak profili incelenmiş ve incelenen neredeyse tüm profillerde toprak pH'ı artmıştır. Bakteriyel çeşitliliğin, tüm profillerde toprak derinliğinden önemli ölçüde etkilendiği belirtilmiştir. Çok çeşitli fiziksel ve kimyasal faktörlerin örneğin pH, besin seviyeleri, organik C'nun miktarı ve kalitesi, nem kullanılabilirliği ve oksijen seviyelerinin, yüzeye yakın horizonlar ve en derin horizonlarda mikrobiyal topluluklar üzerinde en büyük etkiye sahip olduğu görülmüştür. Yine Cui ve ark.'nın (24) Tibet platosunda yaptıkları çalışmada mikrobiyal aktivitenin odağının rizosfer toprağı olduğu çünkü mikrobiyal bitki etkileşimleri ve genetik değişimlerin burada sık görüldüğü belirtilmiştir. Saha çalışmamızda da model olarak kullandığımız 4 grup fiziksel deliller toprağın mikrobiyolojik aktivitesinin en yüksek olduğu 20-30 cm'ye gömülmüştür. Toprak numunelerimiz ise yine bu derinlikten toplanarak mikrobiyal çeşitliliğin en yüksek olduğu örneklem tercih edilmiştir.

Literatürde, toprak mikroorganizmalarının sadece belirli türlerin göreceli bolluğu ve karmaşıklığı değil aynı zamanda hem topraktaki hem de diğer ortamlardaki fizikokimyasal parametreleri de dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir (92). Guoju ve ark. (93) tarafından sıcaklık parametresi ile ilgili yapılan çalışmada kış aylarındaki ısı derecelerinin, toprakta organik madde, mevcut fosfor, pH ve tuz içeriğinde artışa yol açtığı, mevcut azotu ve toprak katalaz, üreaz ve fosfataz aktivitelerini azalttığı görülmüştür. Böylece kışın toprak mikrobiyal aktivitesinin düşük olduğu tespit edilmiştir. Ortam her zaman hafif nemli, havadar ve ılık olursa,

toprağın kümeleşmesini sağlayacak mikroorganizma etkinlikleri yoğunlaşacaktır. Bu nedenle saha çalışmamız mikrobiyal aktivetinin en yüksek olduğu bahar aylarında yapılmıştır.

Rasche ve ark. (94) tarafından yapılan, 2 yıl süreyle mevsimlerin toprak mikrobiyal topluluklarındaki etkilerini araştıran bir çalışmada, toplulukların C ve N mevcudiyetinin yanı sıra mevsimsellikten de etkilendiğini göstermiştir. Ancak ılıman orman topraklarındaki mevsimlerin farklı bakteri türleri veya fonksiyonel gruplar üzerindeki etkileri hala tam olarak anlaşılmamıştır. Tespit edilen topluluk değişiklikleri mevsimsellik, C ve N miktarlarındaki değişkenlik, ağaç çevrelemesi kaynaklı değişikliklerin yanı sıra toprak nemi ve toprak sıcaklığı değişimleriyle de ilişkili bulunmuştur. Ağaç fizyolojisindeki döngüsel değişikliklerin toprak mikrobiyal toplulukları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Toprakla bulaşma gösteren model fiziksel delillerimizle geriye dönüşlü ve otokontrollü olarak bahar aylarında yaptığımız çalışmamız döngüsel değişiklikleri kapsamamaktadır. Fizyokimyasal değişikliklerin olduğu yaz ve kış aylarında, yapılan çalışmalarda belirtilen etkiler nedeniyle farklı mikroorganizma etkinlikleri olacaktır. Bu nedenle çalışmamızın kısıtlılıklarından biri olan mevsimsel değişimlerin mikroorganizma topluluklarındaki değişimlerini kapsayan çalışmaların gelecekte yapılması önerilerimizden biridir.

Lauber ve ark. (95) tarafından yapılan çalışmalar toprak pH'nın bakteriyel topluluk kompozisyonunun en önemli itici gücü olduğunu göstermiştir ve bu gözlem, özellikle orman topraklarına odaklanan birçok çalışmada doğrulanmıştır. Çalışmada toprak pH'nın bakteri topluluk kompozisyonu üzerindeki etkisinin, nispeten kaba taksonomik çalışmalar seviyelerinde bile belirgin olduğu gösterilmiştir. Orman örtüsü altındaki topraklar, çevredeki otsu alanlara göre daha asit karakterlidir. Çünkü toprağa organik madde, dolayısıyla organik asit destekleri daha fazladır (96). pH'nın bakteri çeşitliliğine etkisini görmek amacıyla

yaptığımız istatistiksel değerlendirme de 5 - 6 pH aralığının diğer aralıklardan daha farklı sayıda bakteri çeşitliliğine sahip olduğu görülmüştür.

Rousk ve ark. (97) tarafından pH dışındaki faktörlerdeki farklılığın en aza indirildiği bir çalışma yapılmış ve pH'ın iki ana toprak mikrobiyal taksonu olan bakterilerde ve mantarlarda bolluğu ve bileşimi üzerindeki doğrudan etkisi araştırılmıştır. Bu çalışma sonucunda bakterilerin optimal büyümesi için dar pH aralıklarına, buna karşın mantarların genellikle optimum büyüme için daha geniş pH aralıklarına ihtiyaç duydukları kanıtlamıştır. Lan ve ark. (34) tarafından Çin'deki tropikal ormanlarda yapılan çalışmada toprak pH'ının ve toplam fosfor miktarının, bakteri topluluğu için çok önemli faktörler olduğu, toprak organik maddesinin ve toplam azotun mantar topluluğu için en önemli faktörler olduğu belirtilmiştir.

Yaptığımız istatistiksel değerlendirmeye göre 3 kategoriye ayırdığımız pH dereceleri arasında üreyen mantar çeşitliliği açısından anlamlı fark bulunamamıştır ($p = 0.230$). Mantar toplulukları saf kültür çalışmaları ile tutarlı olarak pH'dan daha az şekilde etkilenmiştir. Bu da mantarların genellikle optimum büyüme için daha geniş pH aralıkları sergilediğini (98) göstermiş ve çalışmamızda min. pH: 5.1 ve max. pH: 7.7 aralığında tanımlanan *Ascomycota* ve *Zygomycota* filumlarına ait türler ile doğrulanmıştır.

Actinobacteria ve *Proteobacteria* filumlarının orman toprakları üzerindeki bolluğu ve fonksiyonel önemi bilimsel çalışmalarda belirtilmiştir (77). Çalışmamızda orman topraklarına ait bölgelerde *Actinobacteria* filumunun varlığı *Actinomyces sp.*, *Micrococcus luteus.*, *Streptomyces sp.*, *Arthrobacter sp.*; *Proteobacteria* filumunun varlığı ise *Pseudomonas aeruginosa*, *Acinetobacter sp.*, *Proteus mirabilis*, *Aeromonas sp.* türleriyle gösterilmiştir (Ek. 3).

Toprağın farklılandırılmasında fizikokimyasal parametlerin yanı sıra bitkilerin türü ve varlığı, birçok toprak mikrobiyal topluluğu için belirleyici olabilecek faktörlerdendir.

Herhangi bir toprak örneğinde bulunan çok sayıda bakteri türü göz önüne alındığında karmaşık resmi basit hale getirip özel bitki türlerinden de faydalanabiliriz (99).

Bitki türlerinin mikrobiyal topluluklar üzerindeki etkisine ilişkin Silveira ve ark. (99) tarafından yapılan çalışmada Brezilya'daki doğal bir orman bölgesi ile *Okaliptüs spp.* arberatumundan alınan topraklar incelenmiştir. Filogenetik analizler her iki toplumda da toprak tipleri ve yüksek çeşitlilik arasındaki farkları ortaya koymuştur. *Okaliptüs spp.* arberatumunun doğal orman alanından daha fazla bakteri çeşitliliği olduğu tespit edilmiştir. Doğal orman toprağı, tarımsal bir uygulama yapılmayan ve bulunduğu ortamla dinamik bir denge içinde bakteri topluluğına sahip bir toprak olarak kabul edilmiştir. Bazı profil özellikleri belirli ekosistemlere özgüdür. Bu özellikler, ekolojik olarak farklı alanların tanımlanmasını kolaylaştıracak karakter profillerinin belirlenmesine izin verebilir, böylece bir şüpheliden toplanan belirli bir örneğin ormandan değil, bir tarladan kaynaklandığı tespit edilebilir (46).

Yine Lenz ve ark. (100) tarafından yapılan bir çalışmada toprak bakteriyel parmak izlerini basitleştirmek ve netleştirmek amacıyla daha sınırlı bir bakteri topluluğına odaklanılmıştır. Özellikle baklagillerin köklerinde nodül oluşturan azot sabitleyici bakterilerden olan *Rhizobia species.* özel olarak incelenmiş ve *Rhizobium*'a özgü recA geni kullanılarak üretilen T-RFLP profillerinin, bakteri 16S rRNA geni ile üretilenlerden daha az karmaşık ve karşılaştırma için yeterli sayıda pik üreterek tanımlama yapabildiğı görülmüştür.

Bizim çalışmamızda da *Rhizobium radiobacter*, *Paenibacillus macerans* gibi bitki türlerine özgü bakteri türleri tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalarda da belirtildiğı gibi bitki türlerine özgü araştırmalar daha spesifik bir ayırım yapmayı sağlamıştır. Böylece olay yeri-suç-mağdur ve şüpheli ilişkisinde; kurbanın üzerindeki toprak, kurbanın bulunduğu bölge toprağından mı gelmiştir? sorusuna çalışmamızda türe özgü bakterileri tanımlayarak yanıt vermekteyiz.

Yapılan çalışmalar, toprak bakteri topluluklarının şaşırtıcı zenginliğini vurgulamıştır. Ancak, toprakta bulunan tek mikroorganizma bakteri değildir. Bir g toprak 10 milyar kadar mikroorganizma yani binlerce farklı tür içerebilir. Bu adet ve çeşitliliğin çoğunda bakterilerin hesaplanması mümkün olmasına rağmen, arkeler, mantarlar ve virüsler hala geniş ve keşfedilmemiştir. Bu organizmalar adli toprak mikrobiyoloji çalışmalarında da muazzam ve kullanılmayan bir potansiyele sahiptir (27).

Yapılan araştırmalar, mantarların toprak adli çalışmalarına uygulanması için potansiyel olarak daha güçlü bir hedef olduğunu göstermiştir. Macdonald ve ark. (45) tarafından yapılan çalışmada genel olarak, mantar topluluğu yapısının bölgeler arasında bakterilerden daha güçlü bir ayırıcı olduğu gösterilmiştir. Dolayısıyla mantar toplulukların adli toprak araştırmaları için bakteri topluluğundan daha güçlü bir hedef olabileceği belirtilmiştir.

Toprak mantar topluluklarının belirlenmesi için Oros-Sichler ve ark. (55) tarafından yapılan bir çalışmada 18S rRNA genini çoğaltan mantar primer kombinasyonunun güvenilirliği ve uygunluğu araştırılmıştır. Bu araştırma sonucunda, mantar topluluk yapısının analizi için bu tekniğin sağlam, güvenilir ve hassas bir araç olduğu tespit edilmiştir. Bakteri, arke, mantar ve virüslerin çeşitliliğini çayır, çöl ve yağmur ormanı topraklarında karşılaştırmak için Fierer ve ark. (70) tarafından metagenomik bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada toplanan topraklarda benzersiz arke veya mantar tür sayısının, bakteri tür sayısına rakip veya aşmış olduğu belirtilmiş ve hatta yerel anlamda çeşitlilik gösterdiği ortaya koyulmuştur.

Macdonald ve ark. tarafından (101) metagenomik yöntemler yapılan bir diğer çalışmada toprak mantar DNA profillerinin stabilitesi nedeniyle adli toprak mikroorganizma incelemelerinde diğer mikroorganizmalara göre daha yüksek potansiyelli bir araç olarak kullanılabileceği gösterilmiştir.

Çoğu durumda, mantar sporları nadiren kaynağından yatay olarak 100 ile 200 m'den daha fazla dağılır. 2009 yılında işlenen bir tecavüz vakasında mağdur, ağaçların altında yerde tecavüze uğradığını iddia ederken, şüpheli yaklaşık 200 m uzaklıktaki bir parkta çimlerin üzerinde rızayla birlikte oldukları konusunda ısrar etmiştir. Yapılan analizlerde mağdur ve/veya şüphelinin kıyafeti ve ayakkabısında bulunan odunsu bitkilerin ölü yaprak ve dallarına karakteristik 19 mantar türü bulunmuştur. Bunlardan 16'sı, ağaçların altındaki alandaki karşılaştırma örneklerini, sadece 4'ü parkın örneklerini temsil etmektedir. Diğer palinolojik sonuçlarla birleştirildiğinde, kadının olayın nerede gerçekleştiği hakkında gerçeği söylediği anlaşılmıştır (87).

Her mantar türünün özel beslenme ve yaşam alanı gereksinimleri vardır (102). Bu bilgiyle çözülen genç bir kadının cinayet soruşturmasında kadının bedeni ısırgan otuyla kaplı bir bölgede bulunmuştur. Isırgan otlarında (*Urtica dioica*) ortak olan iki mantarın sporları, (*Periconia sp.*, *Torula herbarum*) olay yerine ait palinolojik örneklerde ve şüphelinin arabasında bulunmuştur. Bunlar, şüpheli ile cesedin yerleştirildiği yer arasında bir bağlantı olduğunu gösteren destekleyici kanıtlardır (87).

2008 yılında Lincolnshire'da, meydana gelen bir olayda dört hayvan hakları aktivisti, laboratuvar tavşanlarını yetiştiren bir çiftliğe girme girişiminde bulunma şüphesiyle tutuklanmıştır. Şüphelilerden alınan ayakkabılar, çiftlikteki karşılaştırmalı numunelerinkine benzer mikroorganizma profilleri vermiştir. Egzotik bitki türlerine ait polenlerin ve mantarların ithal edilen tavşan yiyeceklerinden elde edildiği yorumlanmış ve mantar topluluklarının adli bir soruşturmada kullanılabileceği kanıtlanmıştır (87).

Yapılan çalışmalarda verilen örneklerde de belirtildiği gibi mantar topluluklarının, konum yakınlıklarına rağmen farklı bölgeleri birbirinden ayırabilen önemli bir adli kanıt olduğu görülmüştür. Bizim çalışmamızda 20 farklı bölge toprağında toplam 46 adet, 20 farklı bölgeye

gömülmüş 4 model fiziksel delil numunesinde ise 109 adet mantar tanımlaması yapılmıştır. Toprakta tanımlanan bu mantarların % 65 *Ascomycota* filumuna, % 35 *Zygomycota* filumuna; fiziksel materyalde tanımlanan bu mantarların % 61 *Zygomycota* filumuna, % 42 *Ascomycota*, %1 *Basidiomycota* filumuna aittir. Ek-3’de farklı bölgelere göre ayrıntılı olarak mantar türleri belirtilmiştir. Bunlardan bazıları: *Penicillium roqueforti*, *Penicillium digitatum*, *Beauveria bassiana*, *Mucor circinelloides*, *Rhizopus microsporus*, *Cladosporium sp.*, vb. gibi türlerdir. Böylece farklı bölgelere ait toprakların mantar topluluk kompozisyonunun birbirlerinden farklı bir yapı gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmamızda cevaplamayı hedeflediğimiz “Suç gerçekten o yerde mi işlenmiştir?” sorusuna da bu ayırım gücü sayesinde cevap vererek adli toprak bilimine katkıda bulunduğumuzu düşünmekteyiz.

Bitkilerin aksine, mantarlar taş, tuğla, fayans, parke taşı, tahta , deri, plastik, kauçuk ve tekstil gibi objelerde de büyüebilir (88). Çalışmamız da kullandığımız tahta , kauçuk, metal ve kumaş yani 4 farklı model fiziksel numunelerimizin tamamında mantar örnekleri bulunmuştur (Ek-3). Toprakla bulaşma gösteren 4 farklı fiziksel numune üzerinde mantar üreme çeşitliliği açısından anlamlı bir fark bulunamasa da ($p = 0.474$) numunelerimizin fungal dekompozisyonları incelenmiştir.

1928 yılından itibaren kauçuk hidrokarbonunun mantarlar tarafından parçalanmasını araştıran çalışmalarda *Penicillium sp.*, *Aspergillus sp.*, *Fusarium solani*, *Cladosporium cladosporioides* vb. gibi fungal türlerin rol oynadığı görülmüştür (103). Çalışmamızda kauçuk fiziksel numunemizde *Aspergillus sp.*, *Aspergillus nidulans*, *Aspergillus niger*, *Cladosporium sp.*, *Penicillium Chrysogenum*, *Penicillium discolor* vb. türler tespit edilmiştir.

Metallerin korozyonunda mantarlar metabolizmaları sonucunda organik asitleri üretir ve ortamın pH değerini düşürürler bundan dolayı da mikrobiyolojik korozyonun oluşumunda

rol oynarlar (104). Çalışmamızda metal fiziksel numunemizde en yüksek oranda (%42) *Mucor sp.* tespit edilmiştir.

Pekhtasheva ve ark. (105) tarafından doğal polimerlerin biyolojik bozunması ile ilgili çalışmada toprakta tekstil maddelerinde bozunmaya neden olan mantarların *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Trichoderma species*. ve özellikle pamuk liflerinde *Mucor sp.* türleri olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda kullandığımız kumaş (pamuklu) fiziksel delilimizde en yüksek oranda (%50) tespit edilen mantar türü *Mucor sp.*'dir.

Karasal ortamların çoğunda, ahşabın fungal parçalanmasının baskın olduğu görülmüştür (106). Tahta fiziksel numunemizde diğer numunelerimize göre daha yüksek oranda (%30) mantar tür çeşitliliği tespit edilmiştir.

Çalışmamızda toprakla bulaşma gösteren 4 farklı model fiziksel numunemiz üzerinde üreyen bakteri tür sayılarında istatistiksel açıdan anlamlı fark bulunmuştur ($p = 0.040$). Bu amaçla model fiziksel delillerimizin bakteriyel dekompozisyonları araştırılmıştır. Bakteriler bulundukları ortamda bir yüzeye tutunma eğilimindedirler. Mikroorganizmalar, metal yüzeylerin korozyonu ile birlikte beton, ahşap ve plastik gibi yapıların da aşınmasından sorumludur.

Mikroorganizmalar ve onların metabolik ürünleri olan enzimler, hücre dışı polimerik maddeler, organik ve inorganik asitler, H_2S ve amonyak gibi uçucu bileşiklerle ilişkili olup böylece bulundukları yüzeylerdeki metalleri enerji elde etmek için kullanarak korozyonu hızlandırabilir. Anaerobik bakteriler metal yüzeyine en yakındırlar. Aerobik bakteriler onların üstünde oluşur ve ihtiyaçları olan oksijeni ya doğrudan sudan temin ederler ya da anaerobik bakteriler onlar için oksijen üretir. Yapılan çalışmalarda (104, 107) *Bacillus megaterium* ve *Pseudomonas sp.* türlerinin inorganik besiyerinde iken paslanmaz çeliğin korozyonunu azalttığı,

organik besiyerinde ise korozyonu arttırdığı belirtilmiştir. Çalışmamızda kullandığımız metal model fiziksel delilimiz paslanmaz çelikden üretilmiş olup *Bacillus megaterium* ve *Pseudomonas sp.* bakterileri tespit edilmiştir (Ek.3).

Son yıllarda karbonu ve enerjinin tek kaynağı olarak kauçuğu kullanabilen birçok bakteri türü bildirilmiştir. Bu grubun en kuvvetli Aktinomiset temsilcileri, *Actinoplanes*, *Streptomyces* ve *Micromonospora* türleridir. Şimdiye kadar açıklanan tüm kauçuk parçalayan türler mezofilik türlerdir (103). Çalışmamızda kullandığımız kauçuk model fiziksel delilimizde *Actinobacteria* filumuna ait *Streptomyces sp.*, *Micrococcus sp* türlerine ait bakteriler tespit edilmiştir (Ek.3).

Ahşabın bakteriyel bozulma özellikleri ile ilgili araştırmalar yeni olup beyaz ve kahverengi çürükçül mantarların daha etkili olduğu belirtilmiştir (108).

Tekstil malzemelerinin bakteriyel degradasyonu mantarlardan daha yoğundur. Zarar verici bakteriler: *Cytophaga*, *Micrococcus*, *Bacterium*, *Bacillus*, *Cellulobacillus*, *Pseudomonas* vb'dir. Bakteriler her zaman en çok *Bacillus subtilis* ve *Pseudomonas* türleri tarafından temsil edilen ham pamukta bulunur (105,109). Çalışmamızda kullandığımız kumaş (pamuklu) fiziksel delilimizde *Bacillus subtilis* türleri saptanmıştır (Ek.3).

Çalışmamızda kullandığımız bu fiziksel modellemeler, olay yerinde bulunan bir bıçak (metal), şüphelinin olay yerinde giydiği ayakkabı (kauçuk) veya giysi gibi (kumaş) kanıtları temsil etmektedir. Bu kanıtlar üzerinden mikroorganizma tanımlamaları yapılarak bir mağdurun cesedinin bulunduğu ve/veya gömüldüğü bölgedeki toprak-bakteri profili, şüphelinin kullandığı fiziksel aletler üzerindeki toprak-bakteri profili ile eşleştirilebilir.

Çalışmamızda en yüksek oranda (% 47) görülen bakteri sınıfı toprak kökenli sporlu ve rüzgâr ile her yere kolaylıkla taşınabilen *Bacillus species.*'dir. *Bacillus* türleri bakteriosinler

reterek diğer mikroorganizmaların gelişimini önleyebilir hatta ölümüne neden olabilir. Hastalığa neden olan bakteri ve mantarlara karşı peptitler, lipopeptitler, fosfolipitler ve polienler vb. gibi bileşenler üreterek farklı bitki patojenlerine karşı antibakteriyel ve antifungal aktivite gösterirler (110). Çalışmamız sonucunda topraktaki bakteri çeşitliliğinin (% 69) mantar çeşitliliğinden (% 31) fazla olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin, çalışmamızda en yüksek oranda görülen *Bacillus species.* 'lerin inhibe edici etkisi olduğu düşünülmektedir.

Yukarıdaki çalışmalarda da görüleceği gibi toprak ve toprağa bulaşmış materyallerde bulunan mikroorganizmaların çeşitliliği, toprağın cezai soruşturmalarındaki delil değerini arttırmaktadır. Geçmişte toprak mikrobiyal topluluklarının incelenmesi ve karakterizasyonu için gerekli olan mikrobiyolojik analiz araçlarının bulunmaması nedeniyle adli toprak bilimine gereken önem verilmememiş olabilir. Bu amaçla günümüzde farklı teknikler ve analiz yöntemleri geliştirilmiş ve uygulamaya alınmıştır. Bu tekniklerin bazılarının adli toprak mikrobiyolojisi alanındaki uygulamaları halen erken aşamada olup yurtdışındaki çalışmalar hızla artmaktadır. Smalla ve ark. (50) tarafından yapılan çalışmada farklı analiz yöntemlerinin mikroorganizma kompozisyonunda benzer sonuçlar verdiği gösterilmiştir. Toprağın ayırt edici gücünü arttırmak için çok sayıda yöntem uygulanabilir ancak araştırmaya konu toprak örnekleri göz önüne alınarak her yöntem uygulanmadan önce uygun bir yöntem kombinasyonu seçilmelidir.

Çalışmamızın ilk aşamasında kullandığımız konvansiyonel kültür metodunda spesifik bir bakteri grubuna odaklanmadığımız, olayla ilişkilendirebileceğimiz her türlü koşulda yaşayacak mikroorganizmaları iz delil olarak konuşturacağımız için TSA, MEA, MAC Conkey ve Kanlı Agar gibi standart mikrobiyolojik analizlerde genel amaçlı olarak kullanılan besiyerleri tercih edilmiştir. Bu nedenle çalışmamızda seçici besiyerlerinde üretilmesi gereken bakteriler saflaştırılamamış olabilir. İlave olarak KOH, Katalaz, Oksidaz, Koagülaz,

hareketlilik vb. gibi biyokimyasal testler ile API 20C, API 20 Strep gibi ve MALDI-TOF MS cihazı gibi ileri tanı analizleri kullanılmış ve dezavantajımız minumuma indirilmiştir. Böylece çalışmamız toprak profilinin belirlenmesini, değişik toprak örnekleri arasındaki benzerlik ya da farklılıkları belirlemeyi mümkün kılmıştır.

Rodrigues ve ark. (111) tarafından yapılan çalışmada, MALDI-TOF MS tekniğinin *Enterobacteriaceae*'yi tanımlamak için etkili bir metodoloji olduğu gösterilmiştir. Çalışmamızda MALDI-TOF MS cihazı kullanılmış, farklı bölgelerde *Enterobacteriaceae*'e ait *Proteus mirabilis* tür ve cinslerine ayırarak tanımlamaları yapılmıştır.

Alanio ve ark. (112) MALDI-TOF MS cihazı kullanılarak 140 örnek ile yaptıkları çalışmalarında, hem yaygın hem de olağandışı *Aspergillus* türlerinin % 98.6 doğru tanımlama oranı ile tespit edildiğini ve bu tekniğin tanımlama için güçlü bir araç olduğunu belirtmişlerdir. Bizim çalışmamızda da MALDI-TOF MS cihazı kullanılarak, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus niger* ve *Aspergillus nidulans* tür ve cins düzeyinde tanımlamaları yapılmıştır.

Ranque ve ark. (113) tarafından geniş bir klinik filamentli mantar takson örneği ile (625 örnek) MALDI-TOF MS cihazı kullanılarak yapılan çalışmada, tür tanımlama oranının konvansiyonel yöntemlerle karşılaştırıldığında daha yüksek olduğu ispatlanmıştır. (Konvansiyonel metod: %80, MALDI-TOF MS: % 89). Bizim çalışmamızda da çok sayıda filamentli mantar türünün MS teknolojisi ile tür düzeyinde tanımlaması yapılmıştır (Ek.3).

Toprak bakterilerinin genetik çeşitliliğinin yüksek olduğu ve birçok toprak bakteri türünün kültürlenmemiş ve hatta kültürlenemez olarak adlandırıldığı bilinmektedir. Toprak bakterilerinin kültürlenebilme oranı % 5 civarındadır. Toprakta kültürlenemeyen türlerin kaybı olmadan bakteriyel çeşitliliği görselleştirmek için kullanılan MALDI-TOF MS cihazı kusursuz

bir araç değildir. Ancak kültürlenebilme oranının artırıldığı başarılı çalışmalar yapılmaktadır (114). Mevcutta bu teknolojiye pozitif kan kültürlerinden ve idrardan kültüre gerek duyulmadan doğrudan çalışmalar yapılmaktadır (57). İleride kültüre gerek duyulmadan doğrudan toprak numunesinde çalışmalar yapılması mümkün olursa MALDI-TOF MS cihazı tanımlama için diğer yöntemlere göre avantajlı hale gelebilir.

MALDI-TOF MS cihazı kullanılarak yapılan tanımlama yönteminin ana sınırlaması, türlerin tespitinin ancak referans spektrum kütüphanesine dahil edilmesi halinde mümkün olmasıdır (113). Veriler bugüne kadar adlandırılmış toplam mikrobiyal tür sayısının 7.500 arke ve bakteri, 100.000 mantar ve 2.000 virüsü aştığını göstermektedir (70). Bu paralelde kütüphane verilerinin de artırılması gerekmektedir. Aksi halde tür düzeyinde tanımlamalar problemlili hale gelecek ve adli bilimlerde kullanımı sınırlı kalacaktır.

Toprak bakterilerinin düşük kültürlenebilirliği ve eski kültürlerde ribozomal proteinlerde bozulmalar meydana gelmesi ve bu sebeple taze kültürlerle çalışılması zorunluluğu (57) nedenleriyle metagenomik yaklaşımlar bu topluluklara erişimimizi artırabilir. DNA'nın topraktan çıkarılmasını içeren metagenomik yöntemlerin çoğunda çıkarılan DNA'nın topraktaki mikrobiyal topluluğu temsil ettiği varsayılır. Ancak temsil yeteneği topraktan elde edilen DNA ile sınırlıdır (47,115,116). Ayrıca metagenomik çalışmalarda DNA ekstraksiyon yöntemlerinin yaygın olarak kullanılması çok sayıda farklı protokolün oluşmasına neden olmuştur. Bu sorunun çözümü için ISO tarafından kabul edilen bir toprak DNA ekstraksiyon yönteminin standartize edilmesi için çalışmalar yapılmıştır (117).

Mikroorganizmalar arasındaki çeşitliliği ve yakın akrabalığı incelemek için çok sayıda yöntem mevcut olmasına rağmen bu yöntemlerin hiçbirisi adli araştırma tekniği olarak kullanılabilecek kesin bir yöntem değildir. Yöntemlerden bazılarının farklı tür organizmalarda değişen oranlarda uygulanabilirliği görülmüştür. Adli mikrobiyolojik analizlerde tek bir

moleküler yaklaşımın evrensel olarak uygulanabilir olması muhtemel değildir. Bu nedenle tüm yöntemler denenmelidir. Adli yöntem olarak seçilecek mikroorganizma tiplendirme yöntemlerinin hata oranları hesaplanmalı ve laboratuvarlarda tekrarlanabilirlikleri ölçümlenmelidir (61,64). Gelecekte, pahalı ve rutinde kullanılmayan metagenomik yöntemlerin ucuzlaması ve bilimsel çalışmalarda belirtilen dezavantajların çözümüyle birlikte çalışmamızı bu tekniklerle desteklemeyi planlamaktayız. Böylece çalışmamızın ileri de farklı yöntemler kullanılarak geliştirebileceği ve yapılan bilimsel çalışmalara daha fazla katkıda bulunabileceği kanısındayız.

Bununla birlikte ülkemizde bu analizleri yapabilen cihazlara sahip olsak da; toprak, mantar, bitki vb. gibi türlere ait bilgilerin tanımlandığı bir veri bankası bulunmamaktadır. Bu sebeple mukayese edilecek bir örnek de bulunamayacağından “iz” kanıtımızın konuşturulması kısıtlı kalacaktır. 2011 yılında İngiltere peyzajında yaygın olarak kullanılan çeşitli toprak tipleri için analitik bir veri tabanı oluşturmak ve böylece polis soruşturmalarına katkıda bulunmak amacıyla Soilfit (Integration of Soil Fingerprinting Techniques for Forensic Application) projesi başlatılmıştır (118). Çok sayıda farklı disiplinden bilim insanının katılımıyla yapılan bu proje geliştirilmiş ve toprağın ekolojik verimliliğini arttırmak amacıyla da zirai olarak farklı enstitülerce devam ettirilmektedir. Yurtdışında hızla artan çalışmalara rağmen ülkemizde mikroorganizmaların adli araştırmalarda kullanılabilirliğini gösteren çalışmalar mevcut değildir. Çalışmamız bu alanda uygulanan öncü bir çalışmadır. Biz de yurtdışında yapılan soil fit projesi gibi bir projeyi ülkemizde uygulayabilir ve bu sayede toprağın cezai soruşturmalardaki potansiyel rolü konusunda farkındalığımızı arttırabiliriz. Ayrıca ülkemize ait toprak mikrobiyom haritasını oluşturarak hem adli hem de zirai amaçlarla kullanabiliriz.

6. Sonuç

Adli toprak bilimi, her geçen gün bu alanda standardize edilmiş tekniklerle yapılan çalışmalar sonucunda, elde edilen bulgularla oluşturulmuş veri tabanlarıyla kullanım alanı yaygınlaşan bir bilim haline gelmiştir. Adli toprak incelemelerinde elde edilen bulguların tutarlılığı, cezai soruşturmalarda doğru kararların alınmasına vesile olacak delillerin sunulmasında önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle modernizm sonrası toplumlarda, toplumsal düzenin odağı haline gelen bireysel haklar ve bireysel özgürlüğün önemi bu alanda yapılan çalışmaların değerini arttırmaktadır. Bir büyükşehir olan İstanbul’da gün geçmiyor ki olaysız bir gün olsun. İşlenen bu olaylar bütününde suçu karartma, örtbas etme, inkar etme, saklama ve yoketme vb. gibi insan suç psikolojisine ait çabalar sıklıkla görülmektedir. Çalışmamız görülen delillerin yanında görülmeyen bu toprak canlılarının bize söylemek istediklerini gün yüzüne çıkaracaktır. Bu bağlamda çalışmamızın suçlu ile suçsuzun ayrılmasına yaptığı katkı ile; ülkemiz gibi yapısal yargı sorunları nedeniyle yargılama sürecinin uzun olduğu ülkelerde, hak kayıplarının yaşanmasını asgari düzeye düşüreceği, adaletin tecellisinde oynadığı bu rolle toplumun adalete olan güvenini arttıracak ve toplumsal düzenin devamlılığında etkin olacağı öngörülmektedir. Bu değerli delili kullanarak yaptığımız öncü çalışmamızda, kriminal olaylar bütününde soruşturmacıların yanıtını aradığı “ Suçu kim işledi?” sorusuna Adli Toprak Bilimi’nin nesnel, objektif ve istatistiki verileriyle cevap verdiğimiz ve bu bilimin son yıllardaki ivmesine önemli bir katkı sağladığımızı düşünmekteyiz.

7. Kaynaklar

1. Polat O. Kriminoloji ve Kriminalistik Üzerine Notlar Olay Yeri İnceleme Bölüm: 8. 1. Baskı Ankara, Seçkin Yayıncılık, 2004, s.209-247.
2. Yükseloğlu H. İ.Ü. Adli Tıp Enstitüsü Kriminalistik Ders Notları, Fiziksel Delillerin Toplanması ve Dökümantasyonu. 2016, [pdf belgesi].
3. Çakır İ. Adli Jeoloji-Adli Toprak Bilimi, Karakuş O. (Ed.) Adli Bilimler. Ankara, Adalet Yayınevi, 2011, 439-459.
4. Karaca A. Mert M. Adli Toprak Bilimi, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 2012, (1): 40-44.
5. Kaygısız M. Adli Bilimler Olay Yeri İncelemesine Giriş Bölüm:1. 2. Baskı Ankara, Seçkin Yayıncılık, 2005, s.28-31.
6. Ceylan B. Ülkemizde Olay Yeri İnceleme Uygulamalarına Genel Bakış ve Mevcut Sistemin Değerlendirilmesi [Doktora Tezi] İstanbul, Ulusal Tez Merkezi 203584, 2008.
7. Hancı İH. Adli Tıp ve Adli Bilimler, 1. Baskı, İstanbul, Seçkin Yayıncılık, 2002, s.463-467.
8. Dinler V. Kolluğun Olay Yeri İnceleme Yetkisi, Kaygısız M, Sever H. (Ed.), Suç Analizi. Ankara, Adalet Yayınları, 2006, s.115-131.
9. Açıkkol M. İ.Ü. Adli Tıp Enstitüsü Kriminalistik Ders Notları, Kriminalistiğe Giriş. 2016, [power point sunumu].
10. Karaca AC. Toprak Delillerinin Mikroskopik Analizler ile Farklılandırılması [Yüksek Lisans Tezi] İstanbul, Ulusal Tez Merkezi 107857, 2002.
11. Ünver İ, Çokuysal B, Anaç D, Kılıç CC, Eryüce N, Gürbüz Kılıç Ö ve ark. Toprak Bilgisi ve Bitki Besleme. 2017, 5. Baskı, s.2-9 Anadolu Üniversitesi Yayını No:2302, Açıköğretim Fakültesi Yayını No:1299, Anadolu Üniversitesi Basımevi, Eskişehir.
12. Asan A. Toprak Oluşumunda Biyolojik Faktörler, *Ekoloji Dergisi*. 1993, (8): 36-38.
13. Akalan İ. Toprak Bilgisi Ders Kitabı:309. 1988, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1058, Ankara.
14. Haktanır K, Arcak S. Toprak Biyolojisi. 1997, s.1-2, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1486, Ankara.
15. Çepel N. Toprak İlmi Ders Kitabı. Orman Topraklarının Oluşumu, Özellikleri ve Ekolojik Bakımdan Değerlendirilmesi, 1988, s.1-27 İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3416 Orman Fakültesi Yayın No: 389, İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
16. Barrios E. Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecol Econ*. 2007; 64(2): 269-85.
17. Üner B, Aşıcioğlu F. Toprağın Adli Karakteristiği dergipark.gov.tr/download/article-file/95891 Erişim tarihi: 03.01.2019.

18. Stolp H, Microbial ecology: organisms, habitats, activities. 1988, s.308 Cambridge University Press.
19. Erpul G.Toprak Bilimi Ders Notları. 2014, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi [pdfbelgesi],Alıntı:https://acikders.ankara.edu.tr/pluginfile.php/3266/mod_resource/content/0/Toprak%20Bilimi%20dersi%20el%20notu [pdf belgesi].
20. Tkacz A, Cheema J, Chandra G, Grant A, Poole PS. Stability and succession of the rhizosphere microbiota depends upon plant type and soil composition. *ISME J.* 2015; 9(11): 2349–59.
21. Cui Y, Fang L, Guo X, Wang X, Zhang Y, Li P ve ark.. Ecoenzymatic stoichiometry and microbial nutrient limitation in rhizosphere soil in the arid area of the northern Loess Plateau, China. *Soil BiolBiochem.* 2018, (116): 11-21
22. Kielak A, Pijl AS, Van Veen JA, Kowalchuk GA. Differences in vegetation composition and plant species identity lead to only minor changes in soil-borne microbial communities in a former arable field. *FEMS Microbiol Ecol.* 2008, 63(3): 372-82.
23. Ai C, Liang G, Sun J, Wang X, Zhou W. Responses of extracellular enzyme activities and microbial community in both the rhizosphere and bulk soil to long-term fertilization practices in a fluvo-aquic soil. *Geoderma.* 2012, 173-174: 330-8.
24. Cui Y, Bing H, Fang L, Wu Y, Yu J, Shen G ve ark.. Diversity patterns of the rhizosphere and bulk soil microbial communities along an altitudinal gradient in an alpine ecosystem of the eastern Tibetan Plateau. *Geoderma.* 2019, 338: 118-27.
25. Pelczar MJ, Chan ECS, Krieg NR. Microbiology Concepts and Applications, first e.d. New York, M.C. Graw Hill Book Company, 1993, pp.783-793.
26. Cengiz S, Karaca AC, Çakir İ, Üner HB, Sevindik A. SEM-EDS analysis and discrimination of forensic soil. *Forensic Sci Int.* 2004, 141(1): 33-7.
27. Santiago-Rodriguez TM, Cano RJ. Soil Microbial Forensics. *Microbiol Spectr.* 2016, 4(4): 1-15.
28. Turner DA, Pichtel J, Rodenas Y, McKillip J, Goodpaster J V. Microbial degradation of gasoline in soil: Effect of season of sampling. *Forensic Sci Int.* 2015, 251: 69-76.
29. Tamer AÜ, Uçar F, Enver E, Karaboz İ, Bursalıoğlu M, Oğultekin R. 3. ve 4. Sınıf Mikrobiyoloji Laboratuvar Kılavuzu. 1986, 2. baskı, s.22-25 Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Teksirler Serisi No:55, İzmir.
30. Waldrop MP, Holloway JM, Smith DB, Goldhaber MB, Drenovsky RE, Scow KM ve ark. The interacting roles of climate, soils, and plant production on soil microbial communities at a continental scale. *Ecology.* 2017, 98(7): 1957-67.
31. Eilers KG, Debenport S, Anderson S, Fierer N. Digging deeper to find unique microbial communities:The strong effect of depth on the structure of bacterial and archaeal communities in soil. *Soil Biol Biochem.* 2012, 50: 58–65.
32. Gülle F, Özdemir S. Sağlıklı Toprağın Görülmeyen Kahramanları:Toprak Mikroorganizmaları. *Sakarya Ticaret Borsası Dergisi.* 2015, (51): 6-8.

33. Dolar S, Demirci E, Basım H , Demirci F , Elibüyük İÖ. Fitopatoloji , 2012, 3. Baskı, s.11-13 Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2293, Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1290, Anadolu Üniversitesi Basımevi, Eskişehir.
34. Lan G, Li Y, Jatoi MT, Tan Z, Wu Z, Xie G. Change in Soil Microbial Community Compositions and Diversity Following the Conversion of Tropical Forest to Rubber Plantations in Xishuangbanna, Southwest China. *Trop Conserv Sci*. 2017, (10): 1-14.
35. Fitzpatrick R, Raven MD, Forrester ST. A systematic approach to soil forensics: criminal case studies involving transference from crime scene to forensic evidence, Ritz. K., Dawson L., Miller D. (ed.) Criminal and Environmental Soil Forensics Springer Science and Business Media. pp.105-127 Aberdeen, 2009.
36. Ruffell A. Forensic pedology, forensic geology, forensic geoscience, geoforensics and soil forensics. C. 202, *Forensic Science International*. 2010, (202): 9-12.
37. Bayer M. Olay Yeri İnceleme Kriminal Laboratuvar Analizleri Cam ve Toprak Bölüm:13, 1.Baskı, Ankara, Seçkin Yayıncılık, 2003, s.447-465.
38. Zala K. Dirty Science:Soil Forensics Digs Into New Techniques. *Science*. 2007, (318) :386-387.
39. Mercan S. İ.Ü. Adli Tıp Enstitüsü Kriminalistik Ders Notları, Adli Toprak Analizi, 2016, [power point sunumu].
40. Atasoy S. Her Çikolata Yenmez ve Başka Tatsız Öyküler, Toprağa Kulak Verin, 2. Baskı İstanbul, Doğan Kitap, 2017, s.186-192.
41. Lerner A, Shor Y, Vinokurov A, Okon Y, Jurkevitch E. Can denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) analysis of amplified 16S rDNA of soil bacterial populations be used in forensic investigations? *Soil Biol Biochem*. 2006, 38(6): 1188–92.
42. Shein E, editör. To display soil texture triangle and soil particle size distribution using MATLAB. International Congress on “Soil Science in International Year of Soils; 2015 Ekim 19-23; Rusya. Soil Science Society of Russia, 2015
43. Atalay İ. Toprak Oluşumu, Sınıflandırılması ve Coğrafyası 2006, 3. Baskı s.175-284 Çevre ve Orman Bakanlığı Yayınları, Ankara.
44. Marumo Y. Forensic Examination of Soil Evidence. *Japanese J Sci Technol Identif*. 2009, 7(2): 95-111.
45. Macdonald CA, Ang R, Cordiner SJ, Horswell J. Discrimination of Soils at Regional and Local Levels Using Bacterial and Fungal T-RFLP Profiling. *J Forensic Sci*. 2011, 56(1): 61-9.
46. Heath LE, Saunders VA. Assessing the potential of bacterial DNA profiling for forensic soil comparisons. *Journal of Forensic Sciences*. 2006, 51(5): 1062-8.
47. Jesmok EM, Hopkins JM, Foran DR. Next-Generation Sequencing of the Bacterial 16S rRNA Gene for Forensic Soil Comparison:A Feasibility Study. *J Forensic Sci*. 2016, 61(3): 607-17.
48. Pietraszkiewicz U. Exploring Soil Bacterial Communities for Forensic Applications:A Genomics Approach [Doktora tezi] Connecticut, University of Connecticut, 2010.

49. Woese CR, Fox GE. Phylogenetic structure of the prokaryotic domain: the primary kingdoms. *Proc Natl Acad Sci USA* 1977, 74(11): 5088-90.
50. Smalla K, Oros-Sichler M, Milling A, Heuer H, Baumgarte S, Becker R ve ark. Bacterial diversity of soils assessed by DGGE, T-RFLP and SSCP fingerprints of PCR-amplified 16S rRNA gene fragments: Do the different methods provide similar results? *J. Microbiol Methods*. 2007, 69(3): 470-9.
51. Moreno LI, Mills DEK, Entry J, Sautter RT, Mathee K. Microbial metagenome profiling using amplicon length heterogeneity- polymerase chain reaction proves more effective than elemental analysis in discriminating soil specimens. *J. Forensic Sci*. 2006, 51(6): 1315-22.
52. Vasileiadis S, Puglisi E, Arena M, Cappa F, Cocconcelli PS, Trevisan M. Soil bacterial diversity screening using single 16S rRNA gene V regions coupled with multi-million read generating sequencing technologies. *PLoS One*. 2012, 7(8).
53. Smith EST. Microbial Profiling Of Soil For Forensic Applications [Yüksek Lisans Tezi] Michigan, Michigan State University, 2011.
54. Quak FCA, Kuiper I. Statistical data analysis of bacterial T-RFLP profiles in forensic soil comparisons. *Forensic Sci Int*. 2011, 210(1-3): 96-101
55. Oros-Sichler M, Gomes NCM, Neuber G, Smalla K. A new semi-nested PCR protocol to amplify large 18S rRNA gene fragments for PCR-DGGE analysis of soil fungal communities. *J Microbiol Methods*. 2006, 65(1): 63-75.
56. Singhal N, Kumar M, Kanaujia PK, Virdi JS. MALDI-TOF mass spectrometry: an emerging technology for microbial identification and diagnosis. *Front Microbiol*. 2015, (6): 791.
57. Yılmaz S., Duyan S., Artuk C., Diktaş H., Mikrobiyolojik Tanımlamada MALDI-TOF MS Uygulamaları /Derleme . *TAF Prev Med Bull* 2014, 13(13): 421-426.
58. Van Veen SQ, Claas ECJ, Kuijper EJ. High-throughput identification of bacteria and yeast by matrix-assisted laser desorption ionization-time of flight mass spectrometry in conventional medical microbiology laboratories. *J Clin Microbiol*. 2010, 48(3): 900-7.
59. Akyar I.: Kütle Spektrometrisinin Mikrobiyolojide Kullanımı. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2011, (2): 4.
60. Tuğ A. Adli Bilimler ve Mikrobiyoloji. *Adli Tıp Dergisi* 2009, 23(1): 47-55.
61. Çakan H. Adli Bilimlerde Mikrobiyoloji; 2019 Nis 4-7, İzmir 16. Adli Bilimler Kongresi Adli Tıp Uzmanları Derneği
62. Schmedes SE, Sajantila A, Budowle B. Expansion of Microbial Forensics. *J Clin Microbiol*. 2016, 54(8): 1964-74.
63. Breeze RG, Budowle B, Schutzer SE. Microbial Forensics (2005), Anđ Ö. (Çev. Ed.) Adli Mikrobiyoloji İstanbul, Nobel Tıp Kitapları, 2011, s.1-9
64. Budowle B, Schutzer SE, Burans JP, Beecher DJ, Cebula TA, Chakraborty R ve ark.. Quality sample collection, handling, and preservation for an effective microbial forensics program. *Applied and Environmental Microbiology*. 2006, (72): 6431-8.

65. Ziyade N. Postmortem Mikrobiyolojik Analizler:Güncel Yaklaşım. *Adli Tıp Bülteni* 2012, 17(1): 32-42.
66. Erkol Z, Gökdağ İİ, Erkol H, Yücel F. Enjektörle HIV Bulaştı: Modern Çağın Suç İşleme Yöntemi *Adli Tıp Dergisi* 2010, 24(3): 48-51.
67. Metcalf JL, Wegener Parfrey L, Gonzalez A, Lauber CL, Knights D, Ackermann G ve ark.. A microbial clock provides an accurate estimate of the postmortem interval in a mouse model system. *Elife*. 2013, (2): 1-19.
68. Cantürk N, Odabaşı AB, İşbaşı T, Ünal M, Dinç AH. Hastane Enfeksiyonlarının Adli Tıbbi Önemi: Olgu Sunumu *Adli Tıp Dergisi*. 2008, 22(3):3 7-41.
69. Karahocagil KM, Yaman G, Göktaş U, Sünnetçioğlu M, Çıkman A, Bilici A ve ark. Hastane Enfeksiyon Etkenlerinin ve Direnç Profillerinin Belirlenmesi *Van Tıp Dergisi*. 2011, 18(1): 18.
70. Fierer N, Breitbart M, Nulton J, Salamon P, Lozupone C, Jones R ve ark. Metagenomic and small-subunit rRNA analyses reveal the genetic diversity of bacteria, archaea, fungi, and viruses in soil. *Appl Environ Microbiol*. 2007, 73(21): 7059-66.
71. Daniel R. The metagenomics of soil. *Nature Reviews Microbiology*. 2005, (3): 470-8.
72. Gunn A, Pitt SJ. Review Paper Microbes as forensic indicators. *Tropical Biomedicine*. 2012, 29(3): 311-330
73. Madigan MT, Martinko J. Mikroorganizmaların Biyolojisi, Çökmüş C. (Ed.), Ankara, Palme Yayınevi, 2017, s.797-811
74. Reid G,Wong P. State of New South Wales Department of Primary Industries 2005, https://www.dpi.nsw.gov.au/__data/assets/pdf_file/0017/41642/Soil_bacteria [pdf dosyası], Erişim tarihi: 07.01.2019
75. Santiago-Rodriguez TM, Toranzos GA, Bayman P, Massey SE, Cano RJ. Sociomicrobiome of wood decay in a tropical rain forest: Unraveling complexity. *Springerplus*. 2013, 2(1): 1-12.
76. Öner M. Genel Mikrobiyoloji 9. Bölüm Toprak Mikrobiyolojisi.1996, 3. Baskı, s.296-310 Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitapları Serisi No:94, İzmir.
77. Lladó S, López-Mondéjar R, Baldrian P. Forest Soil Bacteria: Diversity, Involvement in Ecosystem Processes, and Response to Global Change. *Microbiol Mol Biol Rev*. 2017, 81(2): 1-19
78. Alexander, M. Introduction to soil microbiology. 1977, 2nd ed., John Wiley and Sons Press, New York.
79. Aislabie J, Deslippe JR. Soil microbes and their contribution to soil services. Dymond JR (ed.) Ecosystem services in New Zealand – conditions and trends. Lincoln, New Zealand. Manaaki Whenua Press, 2013, pp.143-161
80. Janssen PH. Identifying the dominant soil bacterial taxa in libraries of 16S rRNA and 16S rRNA genes. *Appl Environ Microbiol*. 2006, 72(3): 1719-28

81. Goldfarb KC, Karaoz U, Hanson CA, Santee CA, Bradford MA, Treseder KK ve ark. Differential growth responses of soil bacterial taxa to carbon substrates of varying chemical recalcitrance. *Front Microbiol.* 2011, (2): 1-10.
82. Asao M, Madigan MT. The Family Heliobacteriaceae. The Firmicutes Whitman W. (Ed.), Bergeys Manual of Systematic Bacteriology, New York, Springer Vol.3, 2nd edition, 2009, pp.913-920.
83. Topçal F, Dığrak M, Gündoğan R. Topraktan İzole Edilen Bacillus Türlerinin Tanımlanması ve Bakteriosin Üretimlerinin Belirlenmesi Adıyaman Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2014, 4(2): 57-67.
84. Vary PS, Biedendieck R, Fuerch T, Meinhardt F, Rohde M, Deckwer WD ve ark. Bacillus megaterium-from simple soil bacterium to industrial protein production host. *Appl Microbiol Biotechnol.* 2007, 76(5): 957-67.
85. Borriss R, Danchin A, Harwood CR, Médigue C, Rocha EPC, Sekowska A ve ark. Bacillus subtilis, the model Gram-positive bacterium:20 years of annotation refinement. *Microb Biotechnol.* 2018, 11(1): 3-17.
86. Grady EN, MacDonald J, Liu L, Richman A, Yuan ZC. Current knowledge and perspectives of Paenibacillus: A review. *Microb Cell Fact.* 2016, 15(1): 1-18.
87. Hawksworth DL, Wiltshire PEJ. Forensic mycology:The use of fungi in criminal investigations. *Forensic Science International* 2011, 206(1-3): 1-11.
88. Allsopp D, Seal K, Gaylarde C., Introduction to Biodeterioration, 2nd ed., Cambridge Cambridge University Press, 2004, pp.61-166
89. Waksman SA. Actinomycetes (1967) Öner M. (Çev. Ed.) Actinomycetes, İzmir, Ege Üniv. Fen Fak. Kitaplar Ser. No:89, 1989, s.328,
90. Croxatto A, Prod'hom G, Greub G. Applications of MALDI-TOF mass spectrometry in clinical diagnostic microbiology. *FEMS Microbiol Rev.* 2012, 36(2): 380-407.
91. Habtom H., Pasternak Z., Matan O., Azulay C, Gafny R., Jurkevitch E. Applying microbial biogeography in soil forensics. *Forensic Science International: Genetics.* 2019, 38: 195-203
92. Conn HJ. The Most Abundant Groups Of Bacteria In Soil Bacteriol Rev. 1948, 12(3): 257-273.
93. Guoju X, Qiang Z, Jiangtao B, Fengju Z, Chengke L. The relationship between winter temperature rise and soil fertility properties. *Air, Soil Water Res.* 2012, 5: 15-22.
94. Rasche F, Knapp D, Kaiser C, Koranda M, Kitzler B, Zechmeister-Boltenstern S ve ark. Seasonality and resource availability control bacterial and archaeal communities in soils of a temperate beech forest. *ISME J.* 2011, 5(3): 389-402.
95. Lauber CL, Hamady M, Knight R, Fierer N. Pyrosequencing-based assessment of soil pH as a predictor of soil bacterial community structure at the continental scale. *Appl Environ Microbiol.* 2009, 75(15): 5111-20.
96. Namlı A. Ankara Üniversitesi Ders Notları, Toprak Bilgisi. 2012, [pdf belgesi].

97. Rousk J, Baath E, Brookes PC, Lauber CL, Lozupone C, Caporaso JG ve ark. Soil bacterial and fungal communities across a pH gradient in an arable soil. *ISME J.* 2010, 4(10): 1340-51.
98. Matthies C, Erhard HP, Drake HL. Effects of pH on the comparative culturability of fungi and bacteria from acidic and less acidic forest soils. *J Basic Microbiol.* 1997, 37(5):335-43.
99. Da Silveira ÉL, Pereira RM, Scaquitto DC, Pedrinho EAN, Val-Moraes SP, Wickert E ve ark. Bacterial diversity of soil under eucalyptus assessed by 16S rDNA sequencing analysis. *Pesqui Agropecu Bras.* 2006, 41(10): 1507-16.
100. Lenz EJ, Foran DR. Bacterial profiling of soil using genus-specific markers and multidimensional scaling. *J Forensic Sci.* 2010, 55(6): 1437-42.
101. MacDonald LM, Singh BK, Thomas N, Brewer MJ, Campbell CD, Dawson LA. Microbial DNA profiling by multiplex terminal restriction fragment length polymorphism for forensic comparison of soil and the influence of sample condition. *J Appl Microbiol.* 2008, 105(3): 813-21.
102. Arda M. Mantarların Beslenmesi, Fizyolojisi ve Metabolizması <http://www.mikrobiyoloji.org/TR/Genel/BelgeGoster.aspx?F6E10F8892433CFFA79D6F5E6C1B43FF2C8B4054E89DE972> [internet] Erişim tarihi: 15.05.2019
103. Yikmis M, Steinbüchel A. Historical and recent achievements in the field of microbial degradation of natural and synthetic rubber. *Appl Environ Microbiol.* 2012, 78(13): 4543-1.
104. Arslan K, Akçadoğan A. Mikrobiyolojik Korozyon ve Hasar Mekanizmaları https://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi169/d169_4045.pdf [pdfdosyası] Erişim tarihi: 15.05.2019
105. Pekhtasheva E, Neverov A, Kubica S, Zaikov G. Biodegradation and biodeterioration of some natural polymers. *Chem Chem Technol.* 2012, 6(3): 263-80.
106. Blanchette RA. A review of microbial deterioration found in archaeological wood from different environments. *Int Biodeterior Biodegrad.* 2000, 46(3): 189-204.
107. Doğruöz N. Endüstriyel Sistemlerde Mikrobiyolojik Korozyon ve Önlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi.* 2014, 3(1): 26-38.
108. Singh AP, Kim YS, Singh T. Chapter 9 Bacterial Degradation of Wood BT. Secondary Xylem Biology. *Elsevier Inc.* 2016, pp.169-190.
109. Smith MJ, Thompson K. Forensic Analysis of Textile Degradation and Natural Damage. *Forensic Textile Science.* 2017, pp:41-69.
110. Zak DR, Holmes WE, White DC, Peacock AD, Tilman D. Plant diversity, soil microbial communities, and ecosystem Function: Are there any links? *Ecology.* 2003, 84: 2042-2050
111. Rodrigues NMB, Bronzato GF, Santiago GS, Botelho LAB, Moreira BM, Coelho I da S ve ark.. The Matrix-Assisted Laser Desorption Ionization–Time of Flight Mass Spectrometry (MALDI-TOF MS) identification versus biochemical tests: a study with enterobacteria from a dairy cattle environment. *Brazilian J Microbiol.* 2017, 48(1): 132-8.
112. Alanio A, Beretti JL, Dauphin B, Mellado E, Quesne G, Lacroix C ve ark.. Matrix-assisted laser desorption ionization time-of-flight mass spectrometry for fast and accurate

identification of clinically relevant *Aspergillus* species. *Clin Microbiol Infect.* 2011, 17(5): 750-5.

113. Ranque S, Normand AC, Cassagne C, Murat JB, Bourgeois N, Dalle F ve ark.. MALDI-TOF mass spectrometry identification of filamentous fungi in the clinical laboratory. *Mycoses.* 2014, 57(3): 135-40.

114. Janssen PH, Yates PS, Grinton BE, Taylor PM, Sait M. Improved culturability of soil bacteria and isolation in pure culture of novel members of the divisions Acidobacteria, Actinobacteria, Proteobacteria, and Verrucomicrobia. *Appl Environ Microbiol*, 2002, 68(5): 2391-6.

115. Moreno LI, Mills DE, Fetscher J, John-Williams K, Meadows-Jantz L, McCord B. The application of amplicon length heterogeneity PCR (LH-PCR) for monitoring the dynamics of soil microbial communities associated with cadaver decomposition. *J Microbiol Methods.* 2011, 84(3): 388-93.

116. Delmont TO, Robe P, Cecillon S, Clark IM, Constancias F, Simonet P ve ark.. Accessing the soil metagenome for studies of microbial diversity. *Appl Environ Microbiol.* 2011, 77(4):1315-24

117. Petric I, Philippot L, Abbate C, Bispo A, Chesnot T, Hallin S ve ark. Inter-laboratory evaluation of the ISO standard 11063 “Soil quality - Method to directly extract DNA from soil samples”. *J Microbiol Methods.* 2011, 84(3): 454-60.

118. http://macaulay.webarchive.hutton.ac.uk/soilfit/soilfit_composition.php Son Erişim tarihi: 15.05.2019

Ekler

Ek.1 : Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi Proje Özet Raporu

	T.C.İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ - CERRAHPAŞA Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi PROJE ÖZET RAPORU		
Proje Yürütücüsü	Doç.Dr. Hüseyin ÇAKAN		
Proje Kodu	FYL-2018-31169		
Proje Başlığı	İstanbul'da Çeşitli İlçelerden Alınan Toprak ve Toprağa Gömülü Fiziksel Delillerin Adli Mikrobiyolojik Yönden Araştırılması		
Proje Türü	Yüksek Lisans Tez		
Proje Grubu	Fen ve Mühendislik		
Süresi (Ay)	12		
Proje Durumu	Yürüyen Proje		
Başvuru Tarihi	19.7.2018	Muhtemel Bitiş Tarihi	2.08.2019
Başlangıç Tarihi	2.8.2018	Bitiş Tarihi	
Ek Süre 1 (Ay)		Ek Süre 2 (Ay)	
Onaylanan Bütçesi	9.743,26 ₺		
Ek Ödenek 1	0,00 ₺		
Ek Ödenek 2	0,00 ₺		
Ek Ödenek 3	0,00 ₺		
Toplam Bütçe	9.743,26 ₺	Gerçekleşen Harcama	9.395,60 ₺

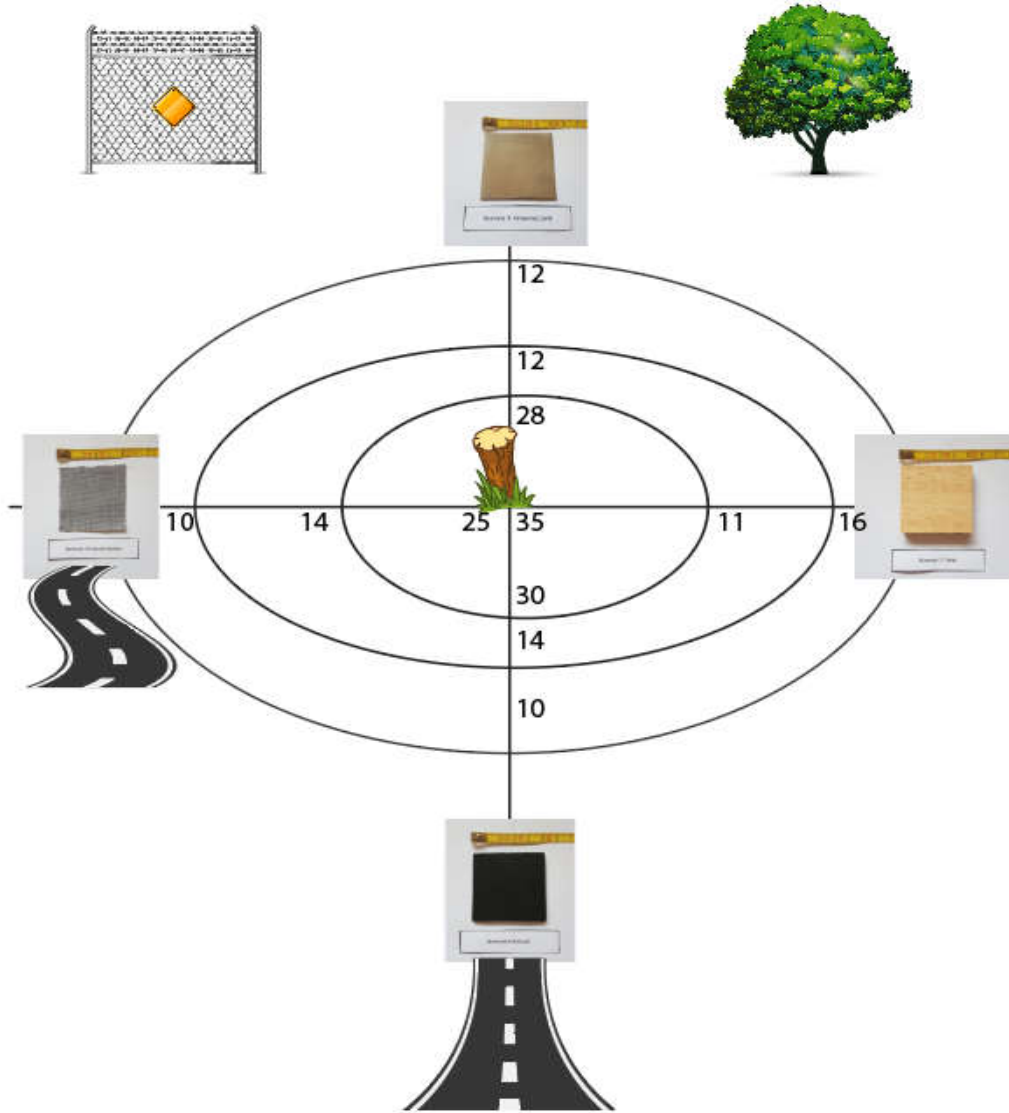
Ek.2 : Harita Örneği

TARİH : 17.02.2018

LOKASYON : Dursunköy 15. Bölge

KOORDİNAT : 41.201725/ 28.638761

AÇIKLAMALAR : Yol kenarı, çimenlik alan, elektrik direği var. V şeklinde yol ayrımı. Seyitler Çiftliği levhalardan sağa dönerken, yoğun çimenlik alan. Çevresinde az sayıda ağaç var. Yerleşim yerlerinden uzak.



Ek.3. Ham Veriler: Toprak Numuneleri

Sıra No	Bölge	Bakteri Şube Alt Şube	Bakteri Tür	Mantar Şube Alt Şube	Mantar Tür
1	AYDOS ORMANI	Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>	Ascomycota	<i>Trichoderma sp</i>
		Actinobacteria	<i>Actinomyces sp.</i>	Zygomycota	<i>Rhizopus microsporus</i>
		Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Proteus mirabilis</i>		
		Actinobacteria	<i>Micrococcus luteus</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
2	FETHİ PAŞA KORUSU	Firmicutes	<i>Lactobacillus sp.</i>	Ascomycota	<i>Penicillium sp.</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Ascomycota	<i>Alternaria sp.</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus fumigatus</i>
		Actinobacteria	<i>Micrococcus luteus</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
3	ÜMRANİYE KOCATEPE	Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Proteobacteria/ β -Proteobacteria	<i>Nitrosomonas sp.</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
		Bacteroidetes	<i>Flavobacterium sp.</i>	Ascomycota	<i>Cladosporium sp.</i>
				Ascomycota	<i>Beauveria bassiana</i>
4	TAŞDELEN	Firmicutes	<i>Bacillus firmus</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus flavus</i>
				Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
				Ascomycota	<i>Penicillium sp.</i>
5	SARIPINAR HÜSEYİN YOLKENARI	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Ascomycota	<i>Penicillium sp.</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
		Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus thuringiensis</i>		
		Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
		Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		

5	SARIPINAR HÜSEYİN YOLKENARI	Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Proteus mirabilis</i>		
		Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
6	RİVA	Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
		Actinobacteria	<i>Corynebacterium sp.</i>		
7	ALİ BAHADIR KÖYÜ	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Ascomycota	<i>Penicillium roqueforti</i>
		Bacteroidetes	<i>Flavobacterium sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>	Ascomycota	<i>Penicillium sp.</i>
		Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
		Actinobacteria	<i>Actinomyces sp.</i>		
		Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
8	KİLYOS SAHİL YOLU	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus niger</i>
		Bacteroidetes	<i>Flavobacterium sp.</i>		
		Actinobacteria	<i>Micrococcus luteus</i>		
9	KİLYOS MEZARLIĞI	Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
		Firmicutes	<i>Paenibacillus sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
10	AĞAÇLI YOLU	Actinobacteria	<i>Actinomyces sp.</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
		Actinobacteria	<i>Micrococcus luteus</i>		
11	HACIOSMAN KORUSU	Actinobacteria	<i>Micrococcus luteus</i>		
		Actinobacteria	<i>Actinomyces sp.</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus firmus</i>		
		Fusobacteria	<i>Streptobacillus sp.</i>		
		Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		

11	HACIOSMAN KORUSU	Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>		
12	BELGRAD ORMANI	Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Proteus mirabilis</i>	Ascomycota	<i>Penicillium sp.</i>
		Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>	Ascomycota	<i>Chrysonilia sitophila</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus niger</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
13	GÖKTÜRK TABİAT PARKI	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>		
		Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
		Actinobacteria	<i>Micrococcus luteus</i>		
		Firmicutes	<i>Lactobacillus pentosus</i>		
		Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
14	ARNAVUTKÖY ŞAMLAR	Actinobacteria	<i>Micrococcus luteus</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
		Fusobacteria	<i>Streptobacillus sp.</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus firmus</i>		
		Actinobacteria	<i>Corynebacterium sp.</i>		
15	DURSUNKÖY	Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor circinelloides</i>
		Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas sp.</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
		Firmicutes	<i>Lactobacillus plantarum</i>		
		Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>		
16	ARNAVUTKÖY TAYAKADIN			Ascomycota	<i>Penicillium discolor</i>
				Ascomycota	<i>Penicillium digitatum</i>
17	ÇATALCA	Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>	Ascomycota	<i>Cladosporium sp.</i>
		Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Azotobacter sp.</i>		
		Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus licheniformis</i>		
		Proteobacteria/ β -Proteobacteria	<i>Nitrosomonas sp.</i>		
		Proteobacteria/ β -Proteobacteria	<i>Alcaligenes faecalis</i>		

18	BÜYÜKÇEKMECE KUMBURGAZ	Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Ascomycota	<i>Penicillium sp.</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
		Actinobacteria	<i>Actinomyces sp.</i>		
		Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Proteus mirabilis</i>		
19	BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ	Firmicutes	<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Ascomycota	<i>Cladosporium sp.</i>
		Actinobacteria	<i>Corynebacterium sp.</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
		Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
		Bacteroidetes	<i>Flavobacterium sp.</i>		
20	FLORYA ORMANI	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
		Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>	Ascomycota	<i>Scedosporium prolificans</i>
		Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Ascomycota	<i>Scytalidium lignicola</i>
		Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
		Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus muralis</i>		
		Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		

Ek.3 Ham Veriler : 4 Model Fiziksel Delil Numuneleri

Sıra No	Bölge	Materyal	Bakteri Şube Alt Şube	Bakteri Tür	Mantar Şube Alt Şube	Mantar Tür
1	AYDOS ORMANI	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Micrococcus luteus</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Streptococcus sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
			Firmicutes	<i>Paenibacillus sp.</i>		
2	FETHİ PAŞA KORUSU	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Arthrobacter sp.</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Firmicutes	<i>Lactobacillus sp.</i>		

2	FETHİ PAŞA KORUSU	TAHTA	Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Actinomyces sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Aeromonas sp.</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Cunninghamella elegans</i>
			Actinobacteria	<i>Streptomyces violaceoruber</i>	Ascomycota	<i>Fusarium oxysporum</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus firmus</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Paenibacillus sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Proteus mirabilis</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Corynebacterium sp.</i>	Zygomycota	<i>Rhizopus sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
3	ÜMRANİYE KOCATEPE	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Paenibacillus sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
			Bacteroidetes	<i>Flavobacterium sp.</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>

3	ÜMRANIYE KOCATEPE	KUMAŞ	Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
		KAUÇUK	Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Ascomycota	<i>Cladosporium sp.</i>
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Proteus mirabilis</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
4	TAŞDELEN	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>	Ascomycota	<i>Chrysonilia sitophila</i>
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>	Ascomycota	<i>Fusarium sp.</i>
		KUMAŞ	Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
					Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>	Ascomycota	<i>Cladosporium sp.</i>
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Proteus mirabilis</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus firmus</i>		
			Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>	Ascomycota	<i>Penicillium sp.</i>
			Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>	Ascomycota	<i>Trichoderma sp.</i>
5	SARIPINAR HÜSEYİN YOLKENARI	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Clostridium perfringens</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus thuringiensis</i>	Ascomycota	<i>Cladosporium herbarum</i>
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Firmicutes	<i>Paenibacillus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Proteus mirabilis</i>		

5	SARIPINAR HÜSEYİN YOLKENARI	KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus pumilus</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
6	RİVA	TAHTA	Firmicutes	<i>Streptococcus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Firmicutes	<i>Paenibacillus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ - Proteobacteria	<i>Xsantomonas sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ - Proteobacteria	<i>Pseudomonas sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Actinomyces sp.</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>		
			Proteobacteria/ γ - Proteobacteria	<i>Pseudomonas sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Paenibacillus sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ - Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Streptococcus sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Corynebacterium sp.</i>		
		KAUÇUK	Proteobacteria/ γ - Proteobacteria	<i>Pseudomonas sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>

7	ALİ BAHADIR KÖYÜ	TAHTA	Fusobacteria	<i>Streptobacillus sp.</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>		
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Azotobacter sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Ascomycota	<i>Cladosporium sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
8	KİLYOS SAHİL YOLU	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>	Ascomycota	<i>Penicillium Chrysogenum</i>
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
			Fusobacteria	<i>Streptobacillus sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas sp.</i>		
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>

8	KİLYOS SAHİL YOLU	KAUÇUK	Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	Ascomycota	<i>Penicillium Chrysogenum</i>
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Arthrobacter sp.</i>		
9	KİLYOS MEZARLIĞI	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Paenibacillus sp.</i>	Ascomycota	<i>Cladosporium sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Actinomyces sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Actinomyces sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
10	AĞAÇLI YOLU	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus firmus</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Paenibacillus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
			Actinobacteria	<i>Actinomyces sp.</i>		
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		

10	AĞAÇLI YOLU	KAUÇUK	Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas sp.</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
11	HACIOSMAN KORUSU	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Firmicutes	<i>Paenibacillus sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
			Firmicutes	<i>Streptococcus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Streptococcus sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Arthrobacter sp.</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Streptococcus sp.</i>		
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>		
		METAL	Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
12	BELGRAD ORMANI	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
			Firmicutes	<i>Paenibacillus sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>		
			Firmicutes	<i>Streptococcus sp.</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		

12	BELGRAD ORMANI	KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus niger</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Paenibacillus sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomanas sp.</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
					Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
13	GÖKTÜRK TABİAT PARKI	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>	Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
		KAUÇUK	Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Streptococcus sp.</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomanas sp.</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
14	ARNAVUTKÖY ŞAMLAR	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Micrococcus luteus</i>		
			Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>	Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
			Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>		
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		

14	ARNAVUTKÖY ŞAMLAR	KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>	Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Proteus mirabilis</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Firmicutes	<i>Streptococcus sp.</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Micrococcus luteus</i>		
			Firmicutes	<i>Streptococcus sp.</i>		
15	DURSUNKÖY	TAHTA	Actinobacteria	<i>Corynebacterium sp.</i>	Ascomycota	<i>Penicillium sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus firmus</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas sp.</i>	Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Azotobacter sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Pseudomonas sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Azotobacter sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ -Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
		METAL	Actinobacteria	<i>Bacillus megaterium</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
16	ARNAVUTKÖY TAYAKADIN	TAHTA	Actinobacteria	<i>Arthrobacter gandavensis</i>	Ascomycota	<i>Penicillium digitatum</i>
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus weihenstephanensis</i>	Ascomycota	<i>Penicillium discolor</i>

16	ARNAVUTKÖY TAYAKADIN	KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus mycoides</i>		
17	ÇATALCA	TAHTA	Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
			Proteobacteria/ β - Proteobacteria	<i>Alcaligenes faecalis</i>		
			Proteobacteria/ β - Proteobacteria	<i>Nitrosomonas sp.</i>		
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ - Proteobacteria	<i>Azotobacter sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Proteobacteria/ γ - Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
			Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>		
18	BÜYÜKÇEKMECE KUMBURGAZ	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Proteobacteria/ γ - Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>	Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Streptomyces chartreusis</i>	Ascomycota	<i>Curvularia lunata</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus muralis</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Actinobacteria	<i>Micrococcus sp.</i>		
			Proteobacteria/ γ - Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>		
			Proteobacteria/ β - Proteobacteria	<i>Burkholderia cepacia</i>		

18	BÜYÜKÇEKMECE KUMBURGAZ	KAUÇUK	Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>	Ascomycota	<i>Aspergillus nidulans</i>
			Proteobacteria/ γ - Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Proteobacteria/ β - Proteobacteria	<i>Thauera terpenica</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus endophyticus</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>	Zygomycota	<i>Aspergillus nidulans</i>
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Proteobacteria/ γ - Proteobacteria	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>		
			Proteobacteria/ α - Proteobacteria	<i>Rhizobium radiobacter</i>		
19	BÜYÜKÇEKMECE GÖLÜ	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus pumilis</i>		
			Firmicutes	<i>Paenibacillus macerans</i>		
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Ascomycota	<i>Cladosporium sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus thuringiensis</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus thuringiensis</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
		KAUÇUK	Proteobacteria/ γ - Proteobacteria	<i>Acinetobacter sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>		
			Firmicutes	<i>Clostridium sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Streptococcus sp.</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus thuringiensis</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus megaterium</i>		
		METAL	Bacteroidetes	<i>Flavobacterium sp.</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
					Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
20	FLORYA ORMANI	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Zygomycota	<i>Absida sp.</i>
			Actinobacteria	<i>Streptomyces sp.</i>	Basidiomycota	<i>Rhodotorula sp.</i>

20	FLORYA ORMANI	TAHTA	Firmicutes	<i>Bacillus muralis</i>	Ascomycota	<i>Penicillium sp.</i>
		KUMAŞ	Firmicutes	<i>Bacillus subtilis</i>	Zygomycota	<i>Mucor sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Ascomycota	<i>Penicillium sp.</i>
			Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>		
			Firmicutes	<i>Bacillus sp.</i>		
		KAUÇUK	Firmicutes	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>		
		METAL	Firmicutes	<i>Bacillus cereus</i>	Ascomycota	<i>Fusarium sp.</i>

Özgeçmiş

Adı Soyadı : Fatma Gül EFEOĞLU
Doğum Yeri, Tarihi : Ankara, 26 Mayıs 1978
İletişim : fatmagulefeoglu@gmail.com

EĞİTİM DURUMU

2015 – İstanbul Üniversitesi, Adli Tıp Enstitüsü Fen Bilimleri Yüksek Lisans
2011 – 2013 Anadolu Üniversitesi, Açıköğretim Fakültesi Felsefe Bölüm Ön Lisans
1996 – 2000 Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Lisans
1992 – 1996 Çankaya Yabancı Dil Ağırlıklı Süper Lise – Ankara

İŞ TECRÜBESİ

2012– Data Market Bilgi Hizmetleri Ltd. Şti Satınalma Sorumlusu
2001– 2012 OMV-Petrol Ofisi A.Ş. Satınalma Müdürlüğü Kıdemli Satınalma
Uzmanı

KURSLAR, SERTİFİKALAR ve ÜYELİKLER

2017 1. Ulusal Adli Belge İnceleme Kongresi ABİDER İstanbul
2016 13. Adli Bilimler Kongresi ATUD Bodrum
2016 Adli Belge İncelemeleri Kursu ABİDER Bodrum
2016 Adli Genetik ve Hukuki Boyutu Sempozyumu ABGEDER Bilimsel
Kurul İstanbul
2010 Hindistan’da Adli Bilimler Eğitimi ve Legal Sistemin İşleyişi
ABGEDER İstanbul
2008 Adli Biyolojik İncelemeler ve Moleküler Genetik Kursu Pratik
ABGEDER İstanbul
2008 Adli Biyolojik İncelemeler ve Moleküler Genetik Kursu Teorik
ABGEDER İstanbul
2008 Cinsel Saldırı Muayene Değerlendirilmesi ve Yönt. Adli Tıp
Derneği,ATK İstanbul
2008 1.Uluslararası Adli Bilimler Kongresi Adli Tıp Derneği,ATK İstanbul
2008--- Adli Biyoloji ve Adli Biyoloji-Adli Genetik ve Gen Hukuku Derneği

YAYIN:

Efeoğlu F.G. , Ögdür M., Canpolat E., Çevik F.E, Çakan H., Forensic Microbiological Analysis of The Soil And The Physical Evidence Buried In Soil Obtained From Several Towns In Istanbul,8th European Academy of Forensic Conference, Lyon 2018, Poster Presentation