

# TOPRAK KİRLİLİĞİ EROZYON VE ÇEVREYE VERDİĞİ ZARARLAR

Prof.Dr.Necmettin ÇEPEL





# **TOPRAK KİRLİLİĞİ EROZYON VE ÇEVREYE VERDİĞİ ZARARLAR**

**Prof.Dr. Necmettin ÇEPEL**

**İSTANBUL 1997**

İSTANBUL İNŞAAT VE MİMARLIK  
BİLGİLERİ VE ÇEVRE  
TEKNOLOJİLERİ

İSTANBUL İNŞAAT VE MİMARLIK

**Dizgi - Baskı**  
Matbaa Teknisyenleri Kolektif Şirketi  
Çatalçeşme Sk. Çatalçeşme Han No: 25  
İSTANBUL Tel: (0212) 522 50 61

ISBN 975-7169-03-X

*Ulusal kalkınmamızın temeli olan doğal kaynaklarımızın, özellikle ayaklarımızın altından kayıp giden Vatan Toprakları'nın mutlak surette korunması gerektiğini herkese anlatmak ve kamuoyu desteği sağlamak amacıyla, ülke çapında insanüstü çaba harcayan*

*Doğa Aığı Sayın Hayrettin KARACA'ya saygı ve şükranlarımıla..*

*Necmettin ÇEPEL*



## ÖNSÖZ

*Bu kitabın konusu, ugruna kan dökülüp can verilen, "Vatan" adı altında bayraklanmış, ulusal ve kutsal bir varlık olan "Toprak" tır. Bu varlık, "Kati yer kabuğunun en üstteki canlı tabakasıdır." zeklinde tanınlanır. Toprak gerçekten, bir gramında milyonlarca tek hücreli canlı varlıklara sahip olan, dev gibi iri ağaçları ayakta tutan, besinlerimizin beşte dördünü boğrunda yetiştiren, soluk alıp veren canlı bir varlıktır. Çayır, mera, orman gibi doğal bitki örtüsünün doğal mekânı; tahıl, sebze, meyve, bağ, bahçe ve endüstri bitkileri gibi özel kültürlerin de yetiştirme ortamıdır. Birçok organizmanın konutu, yeraltı servetlerinin anbarı, suların süzgeci ve deposudur. İnsan sağlığı üzerinde önemli roller oynayan park, bahçe ve spor alanları gibi yeşil dünyaların da mekânıdır. Böylece toprak, eşsiz bir doğa parçası, tüm canlıların yaşam temeli, Halk Ozanı'mız rahmetli Apık Veysel'in "sadık yaridir".*

*Ne yazık ki insanlar, bu kadar çeşitli ekolojik işlevleri olan bu doğal kaynağı, akıl almaz bir zekilde tahribetmekte ve varlığını ortadan kaldırmak için elinden ne gelirse yapmaktadır. Bütün dünyada erozyonla meydana gelen yıllık toprak kaybının 24 milyar ton olması, 850 milyondan çok insanın açlıkla mücadele etmesi, çöllerin afetinin, tahminlerin çok üzerinde bir hızla devam etmesi, insanların toprağına karşı olan tutumuna ilişkin sadece birkaç acı sonuçtur. İnsanların önemli bir yaşam temelini, kendi elleriyle yoketmelerinin nedenini anlamak güçtür. Çünkü 1972 Stockholm, 1992 Rio, 1996 İstanbul kentlerindeki Dünya Zirve Toplantıları'na karşın, doğa ve toprak tahribinin adeta "sürdürülebilir bir afet" niteliğini korumaya devam etmesi, insanlığın nasıl bir çıkmazda bulunduğunu göstermektedir. Bu durumu, 1600 bilim adamının, 1992 yılında yayımladığı "İnsanlığa Uyarı" nıllı bildiriye çok iyi açıklamaktadır: "Önümüzdeki tehlikeyi gözümüzle, gerekli önlemleri alabilmek için on-yirmi yıllık bir zamanımız kalmıştır. Bu yanı sıra kaçırdığımız takdirde bizler kaybetmiş olacağız." Bu bildiriyenin yukarıya alınan sadece iki cümlesi bile insanlığın içinde bulunduğu çıkmazı açık seçik ortaya koymaktadır.*

*Bütün iyi niyetli çabalara ve alınan önlemlere karşın, doğa tahribinin devam etme nedenleri araştırılmaktadır. Bu inceleme ve araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre başlıca şu önlemlerin alınması zorunlu görülmektedir: Nüfus artış hızını düşürmek, ekonomik kalkınmayı yavaşlatmak, ekolojik ilkelere dayalı kaynak kullanmak ve bunu sağlayacak yasal düzenlemeler yapmak, insanları eğitmek ve bilinçlendirmek.*

*Bu önlemler içinde eğitim, öğretim ve bilinçlendirme, dolaylı olarak diğer önlemlerin etkinliğini arttırmaktadır. Ayrıca uygulaması da ötekilere kıyasla daha kolaydır. O nedenle birçok ülkeler bu hususta büyük çaba harcamaktadırlar. Çünkü genel olarak şu kanaat ve düşünce egemendir: Bilgi eksikliği ve salt ekonomik kâr ilkesine dayanan doğal kaynaklardan yararlanma, ekolojik krizi arttıran önemli iki faktördür. Ayrıca insanlık tarihinin gitgide, eğitim ve afet arasında bir yarışa dönüştüğüne inanılmaktadır.*

*Yukarıda dile getirilmiş düşünceler toprak varlığının korunması için de geçerlidir. Bu nedenle, bu kitapta toprak varlığı, karşı karşıya bulunduğu tehlikeler, korunması için alınabilecek önlemler ve olayların ekolojik değerlendirilmesi gibi konular hakkında aydlatıcı bilgiler verilmeye çalışılmıştır. Özellikle bütün dünyada önemli güncel sorunlar*

*haline gelmiş bulunan "Toprak Kirliliği" ve "Toprak Erozyonu" konuları ayrı iki bölüm halinde incelenmiştir.*

*Bu kitabı yayımlamak suretiyle, uzun yıllara ait bilgi birikimini kamuoyuna aktarma gibi önemli bir görevi yerine getirebilmemi sağlayan TEMA Vakfı Yönetim Kurulu'na şükran borçluyum.*

*Toprak kirliliği ile ilgili yerli ve yabancı kaynakların sağlanmasında yardımcı olan Prof. Dr. Selman Uslu ile Prof. Dr. Ertan Eruz'a içtenlikle teşekkür ederim.*

*Kitabın bilgisayarda yazılması için emeği geçmiş bulunan Sekreter Nurten Alkan'a ve Kadir Karaçalı'ya teşekkür borçluyum.*

*Bu kitabın, ülke topraklarının korunması ve ilgililer için yararlı olması en büyük dileğimdir.*

*İstanbul-Etiler, Nisan 1997*

*Prof.Dr.Necmettin ÇEPEL*



# TOPRAK KİRLİLİĞİ VE ÇEVREYE VERDİĞİ ZARARLAR

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
GİRİŞ .....	1
1. KİRLİLİK VE TOPRAK KİRLİLİĞİ KAVRAMLARININ AÇIKLANMASI .....	3
2. TOPRAĞIN OLUŞUMU VE YAPISI .....	4
2.1. Toprak Tanımlamaları .....	4
2.2. Toprağı Oluşturan Faktörler .....	6
2.3. Toprağın Oluşumunu Sağlayan Süreçler .....	8
2.4. Toprağın Genel Yapısı .....	9
3. TOPRAK KİRLİLİĞİYLE İLİŞKİLİ TOPRAK ÖZELLİKLERİ .....	12
3.1. Toprağın Tane Boyutu Sınıfları .....	14
3.2. Toprak Strüktürü .....	15
3.3. Toprakların Besin Maddeleri .....	16
3.4. Toprak Asitliliği .....	19
3.5. Toprağın Organik Maddeleri .....	23
3.6. Toprak Canlıları .....	25
4. TOPRAK KİRLİLİĞİ VE ÖNEMİ .....	27
4.1. Toprak Kirliliğinin Kaynakları .....	28
4.1.1. Havadaki Kirlenici Maddelerle Toprak Kirlenmesi .....	29
4.1.1.1. Ağır Metaller .....	31
4.1.1.2. Havadaki Gazlar .....	42
4.1.1.3. Organik Maddeler .....	52
4.1.2. Sulardaki Toprak Kirlenici Maddeler .....	53
4.1.3. Tarımsal Aktivite İle Toprak Kirlenmesi .....	65
4.1.3.1. Çiftlik Hayvanları Atıklarıyla Kirlenme .....	65
4.1.3.2. Mineral Gübreler İle Kirlenme .....	69
4.1.3.3. Biyosidlerle Kirlenme .....	73
4.1.3.4. Tarımsal Endüstri Artıkları İle Kirlenme .....	81
4.1.4. Diğer Toprak Kirlenici Maddeleri .....	82
4.1.4.1. Petrol ve Mineral Yağlar .....	82
4.1.4.2. Radyoaktif Maddeler .....	88
4.1.4.3. Katı Atık Maddeleri .....	91
4.1.4.4. Uçucu Küller .....	97
4.1.4.5. Tuzlar .....	99
4.2. Toprak Kirliliğinin Değerlendirilmesi .....	102
YARARLANILAN KAYNAKLAR .....	104
AÇIKLAMALI SÖZLÜK .....	109
KAVRAMLAR DİZİNİ .....	112

## GİRİŞ

*Ayaklarımız altındaki toprakları  
yokolup giden toplumlar ayakta  
duramazlar. Bu, vatanını kaybetmekle  
eşanlama gelen ulusal bir afettir.*

Toprak, su ve hava ile birlikte, doğadaki yaşam süreçlerinin en önemli temel taşlarından biridir. İnsanlar, tarı ile uğraşmaya başladıklarından beri, beslenmesini güvence altına almak için, toprağı vazgeçilmez bir yaşam kaynağı olarak kabul etmişlerdir. Bu derece önemli olan bu varlık, ne yazık ki yüzyıllar boyunca sıradan bir doğa verisi olarak algılanmış, tahrip edilemez, bitmez tükenmez, sınırsız bir kaynak olarak düşünülmüştür. Onun için de hoyratça kullanılmasında hiç bir sakınca görülmemiştir. Zamanımızda ise, toprağın sınırlı bir varlık olduğu, çok kolay zarar uğrayabileceğı anlaşılmış, bu nedenlerle de yüksek bir değer taşıdığı um bilincine varılmıştır. Ancak bu bilinçlenme şekli de toprak varlığının aleyhine gelişmiştir. Çünkü zamanımızda toprak, gelişen teknoloji ve olağanüstü yüksek bir uygarlık düzeyi için, arz-talep yasalarına göre işlem gören ekonomik bir araç haline getirilmiştir.

Ne yazık ki, bütün dünyada ve ülkemizde insanlar, yüksek yaşam düzeyi veya uygarlık idealleri uğruna, kendi yaşam koşullarını yok edencesine, bu değerli varlığın ayaklarımız altından kayıp gitmesine seyirci kalmışlardır. Ayaklarımız altından toprağı götürülen bir kimsenin ayakta duramayıp düşeceği hiç düşünülmemiştir. Sınırsız tarım alanları, yerleşim alanlarıyla toprağı betonla kaplamamız, oloğanüstü boyutlardaki yollar ve hava alanları gibi ulaşım yapılarıyla toprağı israf edencesine harcamamız, aşırı derecede turistik tesislerle toprağı betonlaştırmamız, yasalara aykırı olarak araziden yanlış yararlanma suretiyle milyonlarca ton toprağın erozyonla kaybına neden olmanız, verimli ve varlığımızın temeli olan toprakların hesapsız, plansız ve düşünceşizce nasıl tüketildiğini gösteren sadece birkaç örnektir. Geriye kalan toprakları da zararlı kimyasal maddeler, endüstriyel katı,sıvı ve gaz halindeki zararlı atık maddelerle kirlletmeye devam etmekteyiz. Böylece, hem kendi yaşam kaynağımız, hem de gelecek generasyonların yaşamı tehlikeye atılmış olmaktadır.

Toprağı karşı olan ve yukarıda açıklanan davranış ve tutumumuz böyle gidemez ve gitmemelidir. Çünkü doğal kaynaklarına sahip çıkmayan bir ulusun alın yazısı fakirlik ve az gelişmişliktir. O nedenle, bilinçlenerek ve yeni bir kamu ahlakı yaratarak, toprakların doğadaki yerini yeniden alabilmesi için gerekli çalışmalar yapılmak zorunluluğundadır. Gelişmiş ülkeler, bu husustaki tarihsel hatalarını düzeltmek için kapsamlı çalışmalar yapmışlar ve yapmaktadırlar. Gerçekten, bugün bir çok ülke, toprak kullanımı ve topraktan yararlanmayla ilgili planlar, programlar geliştirmişler ve yasal düzenlemelere gitmişlerdir. Çalışmalar burada da bırakılmamış, plan ve programlar ile yasal yaptırımların uygulanmasını sağlamak amacıyla gerekli kontrol mekanizmasını kurmuşlardır. Bunu başarmak sadece maddi olanaklar sorunu da değildir. Başarıya ulaşmak için maddi olanaklar yanında, toprak koruması ve

verimliliğinin sürekli olmasını sağlayabilmek için kamuoyunun sorumluluk bilincine sahip olması gerekir. Bu hususta bilim adamlarına, çevre koruma kuruluşlarına, hatta hükümetlere önemli görevler düşmektedir. Bu nedenle, gelişmiş ülkelerde toprak koruma programlarına ve toprak koruma kavramının yaygınlaştırılmasına ait geniş bilgilendirme sistemleri geliştirilmiştir. Bu amaçla bir çok hükümetlerin, örneğin Almanya Federal Cumhuriyeti Hükümeti'nin ilgili Devlet Bakanlıkları, toprak ve toprak koruma konusunda halk için aydınlatıcı, bilgilendirici, mevcut sorunları ve çözümlerini tanıttıcı yayınlar yapmaktadır (AID e.v.1987, Bayerische Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen 1989, Niedersächsische Landesverwaltung 1988, Diez 1990, Umweltbehörde Hamburg 1986). Bunun dışında bilim adamları ve çevre koruma kuruluşları da aydınlatıcı veya araştırmalara dayanan yayınlar yapmaktadır (Blum 1987, Bus 1996, Fiedler 1990, Hüser und Rehfuess 1988, Ihringer 1996, Johnsen 1987, Thompson ve Hodgson 1987).

Ülkemizde de bu konuda olumlu gelişmeler ve çalışmalar gözlenmektedir. Çevre Bakanlığı'nın, toprak kirlenmesi standartları ve toprak korunmasıyla ilgili yönetmelik, tüzük gibi yasal düzenlemelerle ilgili çalışmalar yapması, bilim adamları ve ilgili kuruluşlarla işbirliğine gitmesi hiç kuşkusuz olumlu ve önemli gelişmelerdir (Haktanır 1987). Gönüllü kuruluşlar da konuyla ilgili yayınlar yapmaktadır (ÇSV 1991, TEMA VAKFI yayın No1:- Günay,1995). Ayrıca Üniversite Öğretim Üyeleri'nin de konuyu tanıtan, önemini ve sorunları açıklayan değerli yayınları bulunmaktadır (Egemen et al.1993, Eruz 1994, Haktanır 1987, Öztürk, et al.1993, Tuğal ve Solmaz 1993). Fakat ülkemiz için daha başka adımların da atılması gerekir. Örneğin diğer ülkelerde olduğu gibi, bizde de toprağın korunması bir devlet politikası haline gelmelidir. Bu politika, çok önemli bir çevre koruma görevi olarak uygulamaya geçirilmeli ve etkin bir kontrol mekanizması kurulmalı ve işletilmelidir. Bu konuda bireylere düşen görevler ise, toprak koruma önlemleri ve yaptırımlarına bilinçli bir şekilde uymaktır. Çünkü toprak koruma görevi sadece resmi kuruluşların değil, sanayici, tarımcı, ve ormancılar ile tüm bireylerin de görevidir. Toprak çoğaltılmayan bir doğal varlık olduğuna göre, gelecek nesillere sağlıklı ve üretim gücü sürekli olan bir toprak bırakmak hepimiz için önemli bir görevdir. Böylece sağlıklı ve uzun süreli beslenme güvencesinin temeli atılmış olur.

Çoğaltılmayan, fakat çok kolay tahribedilebilen, hatta yok edilebilen toprağı zarara uğratan her gelişim, zamanında önlenmelidir. Tehükeleri önleme ve karşı önlemler alma hususunda bilgi sahibi olma büyük bir önem taşımaktadır. Bu nedenle toprak koruma ve verimliliğinin sürekli olmasını sağlayabilmek için, toprağın ve onu zarara uğratan faktör ve süreçlerin yakinen tanınması gerekir.

İşte bu nedenle toprağı ve toprağın karşı karşıya kaldığı tehlikeleri, özellikle toprağın kirlenme süreçlerini, bunların çevresindeki canlı ve cansızlara verdiği zararları ve bunlara karşı alınabilecek önlemleri açıklamak amacıyla eldeki bu çalışma yapılmış bulunmaktadır.

## 1. KİRLİLİK VE TOPRAK KİRLİLİĞİ KAVRAMLARININ AÇIKLANMASI

Ulaşılmaya çalışılan olağanüstü ve yüksek yaşam düzeyi için gösterilen teknolojik ve bilimsel ilerleme çabaları sonunda, bütün uluslar " *insanlığın ekolojik sorunları*" olarak nitelenen dört evrensel bunalımla karşıkarşıya kalmıştır. Bunlar: " *çevre kirlenmesi*", " *hızlı nüfus artışı*", " *mekân bunalımı*" ve " *beslenme bunalımı*" olarak ifade edilmektedir.

Esas inceleme konumuz " *toprak kirliliği*" veya " *toprak kirlenmesi*" olduğundan, bu dört grup sorun üzerinde ayrı ayrı durulmayacaktır. Sadece " *Kirlilik*" veya " *Kirlenme*" terimleriyle " *toprak kirliliği*" veya " *toprak kirlenmesi*" terimlerinin açıklanması ve kısaca değerlendirilmesi yapılacaktır (ANL 1991, Çepel 1990).

### Kirlilik veya Kirlenme

- Geçici bir zaman için veya sürekli olarak, canlıların ve kendilerine zarar veren gaz, sıvı ve katı maddelerle, radyasyonun cisimlerde, sistemlerde ve çevrede meydana getirdiği olumsuz değişimlerdir.
- Hava, su ve toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde meydana gelen ve arzu edilmeyen değişimlerdir.

### Toprak Kirlenmesi veya Toprak Kirliliği

- Toprağın üstüne ve içine bırakılan zararlı atık maddelerin toprak niteliğini bozma olayıdır.
- Toprağın verim gücünü düşürecek, optimum toprak özelliklerini bozacak her türlü teknik ve ekolojik baskılar ve süreçlerdir.
- Toprağın fiziksel, kimyasal, fizikoşimik ve biyolojik özelliklerinde meydana gelen ve arzu edilmeyen değişimlerdir.

Yukarıda yapılan tanımlamalardan kolayca anlaşılacağı üzere kirlenme, tüm canlılar ve onların cansız çevresi için zararlı olan bir çevre sorunudur. Gerçekten teknolojinin ilerlemesi ve yaşam düzeyinin yükselmesiyle birlikte bir çok zararlı faktörler ve süreçler ortaya çıkmıştır. Bunlar canlıların yaşam koşullarını, ekolojik sistemlerdeki doğal dengeleri, madde ve enerjinin sürekli olarak yenilenmesini sağlayan ekolojik döngüleri bozmuşlar veya zarara uğratmışlardır. Bunlardan biri de toprak kirliliğidir. Onun için toprak kirliliği, insanlığın önemli ekolojik sorunlarından biri olarak değerlendirilmektedir.

Yukarıda toprak kirliliği veya kirlenmesiyle ilgili olarak yazılan ikinci tanımlama dikkate alınır, hatalı tarım tekniği uygulamaları, yanlış arazi kullanımı, sınırsız yerleşim alanları ve alt yapılarıyla toprağı betonlaştırma gibi insan aktivitesi sonucunda meydana gelen çölleşme, çoraklaşma, erozyon gibi verimli toprak kaybı olayları da " *toprak kirlenmesi*" kapsamına sokulabilir. Fakat buradaki inceleme konumuzu, birinci ve ikinci tanımlama kapsamına giren toprak kirliliği, yani toprağın üstüne ve içine bırakılan zararlı maddelerle toprağın nasıl kirlendiği ve toprak özellikleriyle toprak canlıları üzerinde ne gibi etkiler meydana getirdiği, erozyonla

toprak kaybı, sonuçları ve alınabilecek önlemler gibi konular oluşturmaktadır. Yalnız burada kirlenen obje toprak olduğundan ve toprak kirlenme süreçleri üzerinde çeşitli toprak özellikleri de önemli etkilere sahip olduğundan, öncelikle toprak varlığı ve toprak kirlenmesi ile doğrudan ilişkisi olan toprak özellikleri tanıtılacaktır.

## 2. TOPRAK NEDİR? NASIL OLUŞUR? TOPRAĞIN YAPISINI OLUŞTURAN MADDE GRUPLARI NELERDİR?

Toprak kirlenmesi konusu incelenirken, bu olay zorunlu olarak toprağın oluşumu, toprağın genel yapısı ve toprağın çeşitli özellikleriyle (fiziksel, kimyasal, fiziko-kimyasal, ) ilişkiye getirilerek açıklanmaktadır. Bu nedenle toprak, çeşitli yönleriyle ne kadar iyi tanınsa, kirlenme olayı ve sonuçları da o derece açıklık kazanır ve o derece kolay anlaşılır. Onun için toprak kirlenmesi konusuna girmeden önce, bu olayların cereyan ettiği toprak varlığı hakkında temel bilgiler verilmesi zorunlu görülmüştür. Bu amaçla, önce toprak varlığı ve oluşumu tanıtılacak, ondan sonra da toprak kirliliğiyle doğrudan ilişkili olan toprak özellikleri açıklanacaktır (2 ve 3 numaralı başlıklar ile karşılaştırınız).

### 2.1. Toprak Nedir?

Toprak Bilimi ile ilgili yayınlarda "toprak nedir?" sorusuna verilen yanıtlar incelenirse, bunların çok çeşitli olduğu görülür. Bunun başlıca iki nedeni bulunmaktadır. Bunlardan birincisi, toprağı oluşturan süreçlerin ve toprağı meydana getiren doğal verilerin çok çeşitli olması ve bunun için de doğadaki toprakların çok çeşitli görünüm ve karakteristikler (renk, derinlik, taşlılık, v.b.) arzemesidir. O nedenle doğal oluşum ve doğal karakteristiklere göre yapılan toprak tanımlamaları da çeşitlilik göstermektedir. Bu konudaki ikinci neden ise, toprakların çok yönlü ve çok çeşitli ekolojik, ekonomik, biyolojik ve sosyal işlevlere sahip bulunmasıdır. Toprak, bu işlevlerine göre de çeşitli şekillerde tanımlanmaktadır. Bu iki temel nedenle "toprak nedir?" sorusuna, verilen yanıtlar da çeşitli olmaktadır. Bunun içindir ki literatürde, toprağın 40 tan çok tanımlama şekline rastlanmaktadır (Irmak 1972). Bunlardan bazıları aşağıda iki grup halinde verilmiştir (Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen 1989, Blum 1987, Çepel 1996, Irmak 1972, Kali und Saft AG 1987, Kopp 1987).

#### (1). Doğal Oluşum ve Toprağın Doğal Yapısına Göre Tanımlamalar.

##### Toprak:

- Bitkisel maddelerin ayrışmasından meydana gelen belirli miktardaki organik maddeler ile kayalar...ın ayrışma ürünlerinin meydana getirdiği varlıktır.
- Ayrışmış bitki ve hayvan artıklarını içeren minerallerin ayrışma ürünüdür.
- Kil, kum, kireç ve humusun karışımıdır.

- Su, hava, organik madde ve yaşıyan organizmaların etkisiyle değiştirilmiş bulunan katı yer kabuğunun gevşemiş üst tabakasıdır.
- Fiziksel bölünmeyle gevşemiş, kimyasal ayrışma, humuslaşma ve madde taşınması gibi olaylarla değiştirilmiş bulunan katı yer kabuğunun üst kısmıdır.
- Sayısız öğeleri bulunan katı, sıvı ve gaz fazlarından oluşan heterojen bir sistemdir.

## (2).Ekolojik, Ekonomik, Biyolojik ve Sosyal İşlevlerine Göre Tanımlamalar

### Toprak:

- Temel yaşam öğelerinden biri olan suyun deposu ve süzgecidir.
- Zararlı maddelerin panzehiri, tamponu ve filtresidir.
- Katı yer kabuğu ile atmosfer, hidrosfer ve biosfer arasında cereyan eden ekolojik döngülerin önemli bir stasyonudur.
- Milyonlarca toprak canlılarının konutu, barınağı ve yaşam kaynağıdır.
- Dünya üzerinde bir eşi daha bulunmayan gen rezervi bankasıdır.
- Tarım ve orman ürünlerinin kaynağı ve temelidir.
- Kıl, kum, çakıl, maden gibi endüstriyel yeraltı servetlerinin deposudur.
- Taban sularının, Jeotermal kuvvetlerin, doğal gaz ve petrolün deposu ve kaynağıdır.
- İnsanlara ait besin maddelerinin %78 ini oluşturan bitkisel besinlerin deposu ve üretim kaynağıdır.
- Bitkilerin köklerini yaydığı, kenetlediği, böylece ayakta durmalarını sağladığı bir temel ve beslenme ortamıdır.
- İnsanların yerleşim mekânıdır.
- Toplum için gerekli alt yapıların temelidir.
- Ölümlün sessizliğini ebedileştirmek (sonsuzluk dek sürdürmek) için yer yuvarlağı üzerine giydirilmiş paha biçilmez bir mantodur.

- İnsanlığın "Yürem" adı altında bayraklaştığı, uğruna kanını döküp canını verdiği ulusal ve kutsal bir varlıktır.

Bu değerli varlığı oluşturan faktörler ile oluşum süreçleri açıklanırsa, yukarıda verilmiş bulunan tanımlamaların anlamı daha iyi anlaşılır.

## 2.2. Toprağı Oluşturan Faktörler

Toprak, çok uzun zaman periyodunda ana kayaların ayrışıp değişikliğe uğramasıyla meydana gelir. Ana kayayı ayrıştırıp değişikliğe uğratan çok sayıda doğal faktör bulunmaktadır. Bunlar iklim, canlı varlıklar ve arazi yüzü şekli (reliyef) olmak üzere başlıca üç grupta toplanabilir. Bu açıklamadan kolayca anlaşılacağı üzere, toprağı meydana getiren toplam faktör sayısı dördür:

- Anakaya veya Anamateryal
- İklim
- Canlı varlıklar
- Reliyef

Bu faktörlerin toprak oluşumundaki rolleri ve önemleri, aşağıda özet halinde açıklanmıştır.

### Anakaya (Anataş) veya Anamateryal

Anakayalar, karakteristik mineral toplumlarından meydana gelen, yerkürenin litosfer deneni katı kabuğunu oluşturan "anakaya taş kitleleri" olarak nitelenebilir. Bu kayalar iri taneli veya ince yapılı, tabakalı veya masif, kireçli veya kireçsiz, mineraller bakımından zengin veya fakir olabilir. Bütün bu özellikler, söz konusu anakaya üzerinde meydana gelen toprakların şu karakteristiklerini etkiler:

- Toprak derinliği
- Besin maddesi içeriği
- Tane büyüklüğü bakımından yapısı
- Su ve hava ekonomisi

Böylece anakaya veya anamateryal kendi yapısına ve bileşimine göre üzerinde gelişen topraklara damgasını vurabilir. Bu etki şeklini diğer faktörler, örneğin iklim koşulları ve bitki örtüsü daha da kuvvetlendirebilir veya zayıflatabilir.

### İklim

İklimin toprak oluşumundaki rolü, anakayaların fiziksel ve kimyasal ayrışmasını sağlayarak önem kazanır. Bu hususta iklim elemanlarından özellikle sıcaklık ve nem (yağışlar) önemli etkilere sahiptir. Bir bölgede sıcaklık derecesi gece ile gündüz, yaz ile kış arasında ne kadar büyük farklar gösteriyorsa o sıcaklık



koşullarında anakayaların fiziksel bölünme ve parçalanması da o derece şiddetli olur. Çünkü sıcaklık değişimine koçut olarak anakaya yüzeyleri genişleyip daralır, bunun sonucunda çatlaklar meydana gelir, bunlar arasına su dolup donarsa, kaya kütleleri kolayca parçalanır. Bunun tipik örneği, gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkı çok olan dağ zirvelerinde görölür. Buralarda adeta "çakıl denizleri" oluşur. Böylece sıcaklık ve nem, toprak oluşumunun ilk aşaması olan mekanik parçalanmayı ve daha sonra minerallerin kimyasal ayrışmasını sağlar.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere, bir bölgedeki iklim koşulları nemli veya kurak, sıcak veya ılıman olmasına, gece ile gündüz, yaz ile kış arasındaki farklılıkların derecesine göre, anataşların veya anamateryalin fiziksel ve kimyasal ayrışma hızı, dolayısıyla meydana gelen toprağın genetik karakteristikleri üzerinde doğrudan doğruya etkili olmaktadır.

### **Reliyef**

Reliyefe ait (yeryüzü şekilleri) karakteristikler (arazi eğimi, denizden yükseklik, baki, v.b.) toprak oluşumunu daha çok dolaylı olarak etkiler. Örneğin, yamaçlardaki topraklar, erozyonla götürülebildiklerinden, düz yerlere kıyasla yamaçlarda daha sık olurlar veya denizden yükseklik, sıcaklık ve yağış etkilediğinden, iklimin toprak oluşumu üzerindeki etkisini dolaylı olarak değiştirebilir. Güney yamaçlarda gece ile gündüz, yaz ile kış arasındaki sıcaklık farkları, kuzeye bakan yamaçlara kıyasla daha yüksek olduğu için, oralarda mekanik ayrışma (kayaların fiziksel bölünmesi) daha hızlı olur. Özet olarak arazi yüzü şekilleri, iklim koşullarını ve erozyonu etkilemek suretiyle toprak oluşumu üzerinde dolaylı olarak rol oynamaktadır.

### **Canlı Varlıklar**

Canlı varlıklar, özellikle bitki örtüsü ve toprak canlıları toprak oluşumunda önemli rollere sahiptir. Örneğin, ormanlarla kaplı bir bölgede derin ve kalın ağaç kökleri gelişmeleri esnasında yaptıkları basınçlar ve salgıladıkları asit maddeler ile anakayaların hem fiziksel hem de kimyasal ayrışmasını etkiler. Ayrıca ormanlar yaprak dökümü ile toprağa bol miktarda organik madde verirler. Bu organik maddeler bir yandan mikroorganizma faaliyetlerini hızlandırır, öte yandan da toprağın humus ve humus maddeleriyle zenginleşmesini sağlar.

### **Zaman**

Bazı bilim adamları zaman faktörünü de toprak oluşumunda rol oynayan bir etmen olarak kabul etmektedirler. Bazıları da bunu reddetmektedirler. Belirli derinlikteki bir toprağın meydana gelebilmesi için geçecek zaman, diğer toprak oluşturan faktörlerin etki derecesine bağlıdır. Bu nedenle zaman, toprak oluşumunun ölçütü olarak kabul edilebilecek bir faktör değildir. Lutz ve Chandler (1947)'e göre, bazı iklim ve anakaya karakteristiklerine göre 0-15 cm. kalınlığında bir toprak 1000-1500 yılda meydana gelebildiği halde, bazı koşullarda bu zaman, iki katına çıkabilmektedir. Genel olarak 1-2 cm.kalınlığında bir toprağın meydana gelmesi için

250-350 yıllık bir zamanın geçmesi gerektiği bildirilmektedir (Günay 1995). Bu zaman süresi toprak yapan faktörlerin durumuna göre yarıya inebildiği gibi, iki katına da çıkabilmektedir.

Yukarıda açıklanan faktörlerin etkisi altında oluşan toprak, belirli süreçlerin cereyan ettiği belirli aşamalar geçirerek olgunlaşır. Bunlar hakkında aşağıda özet bilgiler verilmiştir.

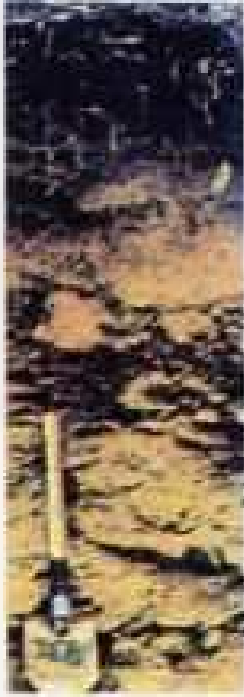
### 2.3. Toprağın Oluşumunu Sağlayan Süreçler

*"Topraklar, yukarıda açıklanan faktörlerin etkisi altında nasıl oluşur?"* sorusuna kısaca şu şekilde yanıt verilebilir:

İklim faktörlerinden özellikle sıcaklık, nem ve rüzgarlar, anakayaları fiziksel bölünmeye uğrattırır. Gittikçe küçülecek şekilde kayalardan bloklar, bloklardan taşlar, taşlardan çakıllar, çakıllardan kum ve tozlar meydana gelir. Böylece, boyutları gittikçe küçülen inorganik parçacıkların meydana gelme aşamasına *"fiziksel bölünme"* veya *"fiziksel ayrışma"* denir. Bu aşama sonunda meydana gelen torağa *"ham toprak"* denir.

Kum, hatta toz boyutlarına kadar küçülmüş bu inorganik parçacıklar, su ve sıcaklık etkisiyle kimyasal ayrışmaya uğrayarak renk, yapı ve bileşim bakımından tamamen değişir. İkincil mineraller meydana gelir. Bunlara *"ikincil kil mineralleri"* denir. Bu olaylar esnasında hayvansal ve bitkisel artıklar da biyolojik ve kimyasal ayrışmalar sonucunda *"toprak humusu"* denen organik maddeleri oluşturur. Olgun bir toprak için, toprak humusu mutlak surette gerekli olduğundan, toprak bu süreçlerle olgunlaşmaktadır. Bu toprak oluşum aşamasına da *"kimyasal ayrışma ve yeni maddelerin oluşumu"* aşaması denmektedir.

Bundan önceki aşamada meydana gelmiş bulunan kolloid maddeler (kil ve humus), yağış sularıyla toprak içinde yıkanıp buldukları yerden götürülebilir ve daha alttaki toprak katmanlarında biriktirilebilir. Ayrıca toprak canlıları da bazı maddelerin taşınma ve yer değiştirmesini sağlayabilirler. Böylece üst kısmı humustan dolayı koyu renkli olur, alt kısımlar ise demir bileşiklerinin oksitlenme ve hidratlanması sonucunda kırmızımsı kahverengine dönüşerek farklı iki toprak katmanı oluşur. Bu karakteristikleri taşıyan bir toprak *"olgun toprak"* olarak nitelenir. Olgun bir toprağın genellikle koyu renkli (esmer) olan en üstteki katmanına *"üst toprak"* veya A-horizonu denir, söz konusu bu horizonun altında yatan ve genellikle demir bileşiklerinden dolayı kırmızımsı kahverengeli olan ikinci katmana da *"alt toprak"* veya B-horizonu denir. Bu katmanda genellikle kil biriktiği için *"birikme horizonu"* adı da verilir. Onun altında da ana taş veya anamateryal katmanı bulunur. Bu da C-horizonu olarak nitelenir. (şekil 1)



**A-horizonu:** Humus bakımından zengin üst toprak

**B-horizonu:** Demir bileşiklerinin kimyasal ayrışmasıyla rengi kırmızimsı kahverengiye dönüşmüş alt toprak veya birikme horizonu

**C-horizonu:** Anataş veya anamataryal horizonu

Şekil 1. Olgun bir toprağın görünümü

Böylece olgun bir toprağın oluşumunu tanımlayan son toprak aşamasına da "toprak içinde yer değiştirme ve taşınma" aşaması adı verilmektedir.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere, toprak yapan faktörler, anaşayı ayrıştırmadan başlayarak çeşitli süreçleri ardarda geliştirmek suretiyle olgun bir toprağı meydana getirmektedir. Bu süreçler şu şekilde sıralanmaktadır:

- Fiziksel Ayrışma Süreçleri
- Kimyasal Ayrışma Süreçleri ve Yeni Maddelerin Oluşumu
- Toprak İçinde Yerdeğiştirme ve Taşınma Süreçleri

Fiziksel ayrışma süreçleri sadece nem ve sıcaklık faktörleri ile değil deniz dalgaları, buzullar ve akarsular gibi doğal kuvvetlerle de gerçekleştirilir.

Aynı şekilde kimyasal ayrışmalar sonucunda sadece kil ve humus maddeleri meydana gelmez, mineraller de ayrışarak, kendini meydana getiren elementler serbest hale geçer, böylece kimyasal ayrışma süreçleri bitkiler için gerekli besin maddelerini (Na, K, Ca, Mg, P) bitkilerin alımı için hazır duruma getirmiş olur.

#### 2.4. Toprağın Genel Yapısı

Toprağın genel yapısını oluşturan maddeler "Katı", "Sıvı" ve "Gaz" olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır. Bunlar genel karakteristikleriyle aşağıda tanıtılmıştır.

##### 2.4.1. Toprağın Katı Maddeleri

Bunlar, bileşim ve genel karakteristikleri itibarıyla birbirinden kolayca ayrılabilen "inorganik" ve "organik" olmak üzere başlıca iki grupta toplanabilir.

## **İnorganik Madde Grupları**

Topraktaki inorganik maddelerin esas kaynağı "anataz" veya "anamateryal"dir. Toprağın inorganik maddeleri, fiziksel ayrışma sonucunda meydana gelmiş, çeşitli tane boyutlarına sahip maddelerdir. Çok değişik boyutlara (ekivalan çaplara) sahip bu maddeler, belirli çap sınıflarına göre gruplara ayrılmaktadır. Bu tane boyutu sınıflarını belirleyen sınır değerlere ait büyüklükler öyle seçilir ki, bir tane boyutu sınıfından öbürüne geçilirken, toprak özellikleri de değişir. Tane boyutu sınıflarının sınır değerlerini gösteren büyüklükler, ülkelere göre değişmektedir. Burada, en basiti olan uluslararası sisteme göre belirlenmiş tane boyutu sınıfları verilecektir:

<b><u>Tane boyutu sınıfı</u></b>	<b><u>Ekivalan çaplara göre sınır değerler(mm)</u></b>
Taş ve blok	20 mm den büyük
Çakıl	2-2
Kum	2-0,02
Toz	0,02-0,002
Kil	0,002 mm den küçük

Ekivalan çapları 2 mm nin üzerinde olan inorganik parçalara "toprağın iskelet kısmı", 2 mm ve onun altında olan inorganik madde gruplarına da "toprağın ince kısmı" denmektedir. Laboratuvardaki bütün analizler toprağın ince kısmında yapılmaktadır.

Topraklar kum, toz ve kil tane boyutu sınıflarının katışma oranlarına göre, çeşitli toprak türlerine ayrılır (Kum, Balçık, Kil Toprakları gibi).

## **Organik Maddeler**

Topraktaki organik maddelerin kaynağı bitki ve hayvan artıklarıdır. Orman topraklarının üstünde, orman ağaçlarının her yıl döktüğü yapraklardan oluşan "ölu-orta", tarımda ise hasat artıkları ve toprakta kalan kökler, toprak organik maddesinin bitkisel kaynaklarıdır. Ayrıca toprakta yaşayan hayvansal canlıların artıkları da bir organik madde kaynağı olarak önemli roller oynar. Toprağın içindeki ve üstündeki bitki ve hayvan artıkları, toprak organizmaları tarafından ayrıştırılarak, çökilsiz, koyu renkte, ince sünger gibi bir maddeye dönüştürülür. Buna "toprak humusu" denmektedir. Humus, toprağın su ve besin maddeleri ekonomisini düzeltir, toprağa kırıntı bünyesi sağlar, bitkiler için gerekli mineral besin maddeleri ile birlikte, özellikle azotun kaynağıdır.

### **2.4.2. Toprağın Sıvı Maddeleri**

Topraktaki tanecikler ve kırıntılar arasındaki irili ufaklı boşluklara "gözenek" adı verilmektedir. İşte bu gözeneklerin bir kısmı hava, bir kısmı da su ile doludur. Sözkonusu toprak suyu birçok besin tuzlarını ve organik maddeleri çözümdürdüğünden,

bileşim itibariyle saf yağmur suyundan farklıdır. O nedenle toprağın sıvı maddelerini "toprak çözeltisi" adı verilmektedir. Bitkilerin topraktan suyu ve besin maddelerini alabilmesi toprak çözeltisiyle gerçekleşir. O nedenle, toprak çözeltisinin bileşimi son derece önemlidir.

### 3.4.3. Toprağın Gaz Maddeleri

Toprak gözeneklerinin bir kısmını dolduran hava, toprağın gaz maddelerini oluşturur. Toprak havası, bileşim bakımından atmosferik havaya çok benzer. Yalnız toprak havası, atmosferik havaya kıyasla genel olarak daha çok karbondioksit ve su buharı içermektedir. Toprak organizmalarının solunumuyla karbondioksit vermesi ve organik maddelerin mineralizasyonu sonucunda, karbonun karbondioksitde oksitlenmesi nedeniyle, toprak havasında karbondioksit miktarı %10-15'e kadar çıkabilmektedir. Bilindiği üzere atmosferik havanın normal karbondioksit oranı onbinde üçtür. Orman ve kültür arazisi topraklarında 1 hektarlık bir alandan bir yılda ortalama olarak 4000 m<sup>3</sup> (=8000 Kg) karbondioksitin atmosfere verildiği, bunun üçte birinin kök solunumundan, üçte ikisinin de mikroorganizma faaliyetinden kaynaklandığı bildirilmektedir (Scheffer - Schachtshabel 1982). Karbondioksit ve diğer gazlarla kirlenmiş hava, toprak solunumu ile atmosfere verilir, onun yerine taze hava toprağa girer. Bu şekilde toprak havasının yenilenmesi, "konveksiyon - kütle akımı" ve "difüzyon" (=yoğunluk farkı alan gazlara ait moleküllerin kendiliğinden birbirine karışması olayı) süreçleriyle gerçekleşir. Buna "toprak havalanması" veya "toprak solunumu" denir. Onun için "toprak, solunum yapan canlı bir varlık" olarak da nitelenmektedir.

Toprak havasında, karbondioksit ve oksijenden başka gazlar da bulunmaktadır (metan, etan ve kükürtlühidrojen gibi). O nedenle, toprak havasının bileşimi, bitki köklerinin gelişimi ve mikroorganizma yaşamı için son derece önemlidir.

Toprağın yapısını oluşturan maddelerin neler olduğu ve bunların genel karakteristikleri hakkında buraya kadar gerekli bilgiler verilmeye çalışıldı. Toprak yapısını iyice kavrayabilmek için bunların miktarlarıyla yapı taşları hakkında da özet bilgiler verilmesi yararlı görülmüştür.

Örnek olarak bir kilo topraktaki madde gruplarının yaklaşık olarak miktar ve oranları şu şekildedir (Bayerischer Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen 1989):

<u>Madde adı</u>	<u>1 kilo topraktaki miktar (gram)</u>	<u>Hacim %'si</u>
Mineral Maddeler	780.0	53
Hava	0.15	21
Toprak çözeltisi	160.0	19
Organik Maddeler	60.0	7

Pek doğaldır ki bunlar çeşitli topraklara göre belirli oranlarda değişebilir. Örneğin bazı orman topraklarında organik madde miktarı %15'e kadar çıkabildiği halde, bazı tarım topraklarında bu oran % 1-2'ye düşebilir. Bunların topraktaki miktarlarının bilinmesi kadar, yapı taşlarının da bilinmesi önemlidir. Aşağıda, bu hususta bazı tanıtıcı bilgiler verilmiştir.

#### Mineral Maddeler

Taş, Çakıl, Kum,  
Toz ve Kil

#### Yapı Taşları

Kuvarz, feldspat, mika, çijit,  
hornblende,  
karbonatlar,  
demiroksitler ve diğer  
metal oksitler

#### Organik Maddeler

humus,  
bitki kökleri,  
toprak florası

#### Yapı Taşları

hümanitler, fulvoasitler, huminler,  
proteinler, lignin, selüloz, yağlar  
mum ve reçineler, pektin,  
yarıselülozlar, antibiyotikler,  
vitaminler, karbonluhidrojenler ve  
enzimler.

Bu maddelerin her biri toprak verimliliği, mikroorganizma yaşamı ve toprakta cereyan eden fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler için son derece önemli roller oynamaktadır.

Toprağın genel yapısı için buraya kadar yapılan açıklamalardan kolayca anlaşıldığı üzere, toprak kendini meydana getiren maddeler ve içinde cereyan eden süreçler bakımından son derece karmaşık bir sistemdir. Gerçekten, organik ve mineral öğeler, ölmüş ve yaşayan organizmalar, katı, sıvı ve gaz şeklindeki yapı maddeleri toprağa karmaşık bir sistem özelliği kazandırmaktadır. Derinliği de birkaç cm.den metrelerce kalın tabakalara kadar değişebilir.

### **3. TOPRAK KİRLİLİĞİYLE İLİŞKİLİ TOPRAK ÖZELLİKLERİ**

Toprak kirlenmesiyle toprak karakteristikleri arasında sıkı ilişkiler bulunmaktadır. Bu ilişkiler çok yönlü olup, çeşitli şekillerde ifade edilmektedir. Bunlara ait bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

- Toprağa karışmış olan ağır metallerin ve nitrat anyonlarının yıkınarak taban sularının niteliklerini bozmaları, büyük çapta toprağın tekstür ve strüktürüne bağlıdır.

- Ağır metaller, toprağın iyon değişim kompleksindeki dengeyi bozarlar.
- Asit yağışlarla meydana gelen toprak asitleşmesi, toprak canlılarını, dolayısıyla toprağın biyolojik aktivitesini zarara uğratar.
- Toprağın ağır metallere zarar görme derecesi, toprakların sorbsiyon kapasitelerine göre önemli ölçüde değişmektedir.
- Ağır metallerin toprakta tutulması, toprağın organik madde miktarı ve kil minerallerinin tipine göre değişir.
- Topraklarla meydana gelen asitleşme olayı, bitkilere zehir etkisi yapan bazı mineral elementlerin (Al, Fe, Mn, Zn, Cd) aktif hale gelmesini sağlar.
- Kirlili havadan toprağa azot girdisi sağlanmakta ve toprakta azot depolanması olayı meydana gelmektedir.
- Topraktaki bu depolama miktarı 20 kg N/ha/yılı geçerse, toprakların besin maddesi ekonomisi bozulur.
- Toprağın petrolle kirlenmesi bazı bakterilerle temizlenebilmektedir.
- Toprağın tamponlama özelliği, toprak asitleşmesini bir dereceye kadar frenleyebilmektedir.

Bu ve buna benzer örnekler daha da çoğaltılabilir. Fakat buraya kadar verilen örnekler bile birçok soruları akla getirmektedir. Gerçekten yukarıdaki ifadeler sırasıyla gözönünde bulundurulursa hemen şu sorular birbiri ardına sıralanmaktadır:

- Toprak tekstür ve strüktürü nedir?
- İyon değişim kompleksi denince ne anlaşılır?
- Organik madde ve kil tipleri nelerdir?
- Toprakların sorbsiyonu ne ifade eder?
- Toprak asitliği nedir?
- Toprağın tamponlama özelliği denince ne anlıyoruz?

Bu ve buna benzer soruların yanıtlanmasıyla ilgili açıklamalar, toprak kirlenmesiyle toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin daha iyi ve daha kolay anlaşılmasını sağlayacaktır. Aşağıdaki açıklamalar bu amaçla yapılmıştır. Bu konuda Çepel (1996)dan geniş çapta yararlanılmıştır.

### 3.1. Toprağın Tekstürü ve Tane Boyutu Sınıfları

Daha önce, toprağın genel yapısı açıklanırken, toprağın ince kısmının kum, toz ve kil tane boyutu sınıflarından oluştuğu ifade edilmiştir. İşte, "toprağın tekstürü" veya "tane boyutu sınıfı" denince, toprakların tane büyüklüğü bakımından bileşimi anlaşılır. Başka bir anlatımla tekstür, "kum", "toz" ve "kil" tane boyutu sınıflarının katışma oranlarına göre, toprağın "taneliklik" özelliğini ifade eder. Söz konusu bu katışma oranları değiştikçe, meydana gelen topraklar da taneliklik bakımından çeşitlilik arzeder. Kum, toz ve kil tane boyutu sınıflarının katışma oranlarına göre meydana gelen toprak çeşitleri "toprak türleri" olarak adlandırılmaktadır.

Uygulama bakımından kolaylık sağladığı ve pratik bakımdan belirgin bir şekilde farklı karakteristiklere sahip buldukları için üç ana toprak türü ayırdedilmektedir.

Kum toprağı, balçık (tin) toprağı ve kil toprağı. Doğada, bunlar arasında geçit oluşturan şu toprak türleri vardır: Balçıklı kum, killi kum, toz, balçıklı toz, kumlu balçık, tozlu balçık, killi balçık, balçıklı kil.

Toprak tekstürü veya toprak türleri, toprağın su tutma kapasitesi, suyu geçirgenliği, toprak havalanması, kök yayılışı, mineral besin maddelerinin toprakta tutulması üzerinde önemli rollere sahiptir.

Kum ve balçıklı kum gibi iri taneli toprak türleri kolay ısınan sıcak topraklardır. Suyu geçirgenlikleri ve havalanmaları iyidir. Besin maddelerini adsorbsiyonla tutmaları zayıftır. Onun için besin maddesi bakımından fakir topraklardır. Kolay işlendiklerinden, bunlara "hafif topraklar" denir. "kaba taneli topraklar" olarak da nitelenirler.

Toz, toz balçığı, balçık, kumlu killi balçık gibi toprak türlerine "orta derecede ince taneli topraklar" denir. Bundan önce sayılan özelliklerin hepsi, bu topraklarda orta derecededir. İdeal verimlilikteki topraklar sınıfına girerler.

Tozlu kil, kumlu kil, balçıklı kil ve kil toprakları ise "ince taneli topraklar" grubuna girer. Güç işlendikleri için bunlara "ağır topraklar" da denir. Bunların havalanması iyi değildir. Su tutma kapasitesi yüksektir, fakat bitkilerin yararlanabileceği su miktarı azdır. Bütün bu nedenlerle de gerek mekanik direncin çok olması, gerekse oksijen kıtlığı bulunmasından dolayı kökler iyi gelişemez. Mikroorganizma yaşamı için de elverişli değildir. Ancak besin maddeleri bakımından zengin topraklardır. Çünkü kil çok olduğu için, yüksek bir besin maddesi adsorbsiyon özelliği bulunmaktadır. Böylece kil yüzeylerinde sıkı olarak tutulan anyon ve katyon şeklindeki besin maddeleri, yağış sularıyla kolayca gitmez.

Tarım ve ormancılıkta toprak türleri, hem buldukları yerde arazi yöntemleriyle, hem de laboratuvarında çeşitli mekanik analiz yöntemleriyle belirlenerek, toprakların verimliliği ve tarım tekniği bakımından değerlendirilir.



### 3.2. Toprak Strüktürü

Toprak strüktürü veya yapısı (bünye) denince, katı toprak parçacıklarının istiflenme düzeni ve buna bağlı olarak toprak gözenek sisteminin şekli anlaşılır. Burada sözkonusu edilen "*katı toprak parçacıkları*" terimi kum, toz ve kil gibi birincil elemanlarla, bunların birbirine yapışmasından meydana gelen "*kırıntı*" ları kapsamaktadır. Bunları birbirine yapıştıran maddeler, doğal çimento maddeleri olarak nitelenen silisyum, kireç, kil ve demiroksitleridir. Bu katı parçacıklar, aralarında irili ufaklı boşluklar bırakacak şekilde üst üste yığılırlar. Aralarındaki boşluklara "*toprak gözenekleri*" denir. Bunların yapı şekli, büyüklüğü özellikle toprağın su ve hava ekonomisinde önemli rollere sahiptir. O nedenle "*toprak struktura, toprak gözeneklerinin yapısal düzenidir*" şeklinde bir tanımlama ile toprak strüktüründe, toprak gözeneklerinin ağırlıklı rolü ifade edilmiş olmaktadır.

Topraktaki gözenekler, kök yayılışı, besin maddelerinin bitkiler tarafından alınabilmesi, toprak canlılarının çeşitliliği (aerob ve anaerob, v.b.), bunların biyolojik aktiviteleri, toprakta madde taşınması ve birikmesi olayları üzerinde önemli roller oynarlar.

Toprak strüktürünü ifade eden istiflenme düzeni çok değişik olmaktadır. Toprağın katı parçacıkları, ya kum topraklarında olduğu gibi bağırsız bir yığın oluşturur. Bu, bir fasulye veya pirinç çuvalındaki istiflenme düzeni gibidir. Buna "*tek tane strüktürü*" denir. Veya toprak parçacıkları irili ufaklı kırıntılar oluşturur. Buna da "*kırıntı strüktürü*" denir. Kırıntıların geometrik şekli sütun, prizma, küre, levha veya şekilsiz olabilir. Buna göre "*prizmatik struktura, sütunumsu struktura, granular struktura, tabakamsı struktura*" gibi isimler alır. Gerçek topraktaki mikroorganizma yaşama, gerekse bitki gelişimi bakımından kırıntı strüktürü idealdir.

Toprak gözeneklerinin miktarı ve büyüklükleri toprak türlerine göre değişir. Topraktaki gözeneklerin miktarı (gözenek hacmi de denir), birim toprak hacminin %si olarak ifade edilir. Örneğin kum topraklarının gözenek miktarı %37-55 tir denince, 100 cm<sup>3</sup> hacmindeki bir toprağın 37-55 cm<sup>3</sup> ü boşluk hacmidir, geri kalanı da toprağın katı kısmı ile doldurulmaktadır. Bu anlamda kil topraklarının gözenek miktarı (gözenek oranı da denir) %50-65 tir. Daha kesin ve açık olarak: Toprağın gözenek hacmi, kum topraklarında %42 ±7, kil topraklarında %53 ±8, diğerlerinde de bu iki değer arasındadır.

Havalandırma ve suyu geçirme bakımından, toprakların toplam gözenek hacminden daha çok, bunların büyüklükleri önemlidir. Toprak gözenekleri "*geniş kaba gözenekler*", "*dar kaba gözenekler*", "*orta gözenekler*" ve "*ince gözenekler*" olarak dört gruba ayrılır. Havalandırma ve suyun aşağı doğru hızla sızması üzerinde en çok geniş kaba gözenekler (ekivalan çapları 50 mikron üzerinde) ve kısmen de dar kaba gözenekler (ekivalan çapları 50-10 mikron) etkilidir.

Özet olarak topraktaki gözeneklerin büyüklüğü, topraktaki yaşam süreçleri (mikroorganizma aktivitesi, kök gelişimi, besin ve su alımı) için son derece önemlidir.

Hatta çok ince gözenekler, toprakta bazı zehirli organik madde ürünlerinin oluşmasında önemli roller oynarlar.

### 3.3. Toprakların Besin Maddeleri, Toprakta Tutulma Mekanizmaları

Bitki besin maddeleri, toprak kimyasının en önemli konularından birini oluşturmaktadır. Toprak kirlenmesi ile toprağın kimyasal özellikleri arasında sıkı ilişkiler bulunmaktadır. O nedenle burada sadece bu ilişkilerin daha kolay anlaşılmasını sağlayacak bilgiler verilecektir. Bu amaçla da, daha çok terminoloji ile ilgili açıklamalar yapılacaktır.

Bitkilerin gelişmelerinde rol oynayan toprak besin maddeleri, çeşitli karakteristikler göstermektedir. Örneğin, bunların bazıları toprakta bol miktarda vardır, bazıları ise genellikle toprakta az miktarda bulunur, fakat bitkiler tarafından çok miktarlarda alınır. Bazıları da çok az miktarlarda bitki gelişmesine yardımcı olur. Bunların neler olduğu aşağıda açıklanmıştır.

Bitkilerin vejetatif gelişmesi ve çoğalmaları için gerekli elementlere "*mutlak suretle gerekli besin elementleri*" denmektedir. Bunlar: Karbon, oksijen, hidrojen, azot, fosfor, kükürt, kalsiyum, magnezyum, potasyum, bor, klorür, kobalt, baktır, demir, mangan, molibden, silisyum, sodyum, vanadyum, ve çinkodur. Bunlar içinde N, P, K, birçok hallerde "*birincil bitki besin maddeleri*"; Ca, Mg, S elementleri ise "*ikincil bitki besin maddeleri*"; geriye kalan elementler de (H, O, B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Si, Na, Va ve Zn) izolementler veya mikroelementler olarak adlandırılmaktadır. Bunlardan birinciler (N, P, K), bitkiler tarafından büyük miktarlarda alındıklarından ve birçok hallerde toprakta yeterli olarak bulunmadıklarından; ikinci gruptakiler ise (Ca, Mg, S) bitkiler tarafından oldukça büyük miktarlarda alınmalarına karşın, bunların topraktaki eksiklikleri seyrek hallerde görüldüklerinden; geriye kalanlar ise az miktarlarda alındıklarından bu şekilde bir sınıflama yapılmaktadır.

Topraktaki besin maddelerinin kaynağı inorganik kökenli (anatağı oluşturan mineraller) veya organik kökenli (toprak humusu) olabilir. Bunların bitkiler tarafından alınabilmesi için anyon veya katyon şeklinde bulunmaları gerekir. Fakat bazı besin elementleri hem anyon hem de katyon şeklinde bulunabilir (azot:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ).

İlgisi nedeniyle, bitki besin maddeleriyle toprak arasındaki ilişkiler bakımından, bitki beslenmesiyle ilgili bazı terimlerin açıklanması yararlı görülmüştür:

#### İyon Adsorbsiyonu

Topraktaki kil ve humus taneçiklerinin, anyon ve katyonları yüzeylerinde tutmasına "*iyon adsorbsiyonu*" denmektedir. Kil ve humus, tane boyutları bakımından 0,002 mm nin (2 mikronun) altında bulduklarından, bu iki maddeye "*toprak kolloidleri*" ve "*katyon tutma kompleksi*" veya "*katyon değiştirme kompleksi*" adı verilmektedir.

## İyon Değiştirme

Toprak kolloidleri, iyon adsorpsiyonu ile yüzeylerinde tuttıkları iyonları, temasa geldikleri toprak çözeltisi içinde bulunan iyonlarla değiştirilebilir. Bu iyon alış-verişi olayına "iyon değiştirilme" veya "iyonların yer değiştirmesi" denmektedir. Açıklanan bu iki olay, bitki beslemesi bakımından son derece önemlidir. Çünkü iyon adsorpsiyonu ile besin elementleri sıkıca tutularak, yağış suları ile yıkanıp, kök mekanı dışına çıkmaktan korunmuş olur. İyon değişimi ile de, toprak kolloidlerinin yüzeyinde bağlı bulunan besin elementlerinden bitkilerin yararlanması sağlanmış olur.

## Kasyon Tutma Kapasitesi

Toprak kolloidlerinin yüzeyinde tutulan kasyon miktarı, 100 gr. mutlak kuru toprağın adsorbe ettiği kasyonların miliekiyalan (m.e.) değeri olarak ifade edilir. Buna, toprağın "kasyon değişim kapasitesi" veya "kasyon tutma kapasitesi" denmektedir. Toprak kirlenmesinde, zararlı ağır metaller, kasyon değişim kapasitesindeki diğer metalik kasyonlarla yer değiştirerek dengeyi bozarlar.

Kasyon tutma kapasitesi humus, çeşitli kil tipleri ve hidroksit içeren oksitlere göre değişir. Buna ait bazı sayısal değerler aşağıda verilmiştir:

<u>Kasyon tutma kapasitesi</u>	<u>Toprak kolloidleri (m.e./100gr.toprak)</u>
Humus	200
Kil tipleri: montmorillonit	100
vermiculit	30
kaolinit	8
Hidroksit içeren oksitler	4

Toprak kolloitlerinin türlerine göre kasyon tutma kapasitesinin değişmesi, ağır metallerin toprağa zarar verme derecelerini ve toprakta birikme yerlerini değiştirir. Örneğin bazı ağır metaller toprağın bol humus içeren üst kısmında birikir. Bunun nedeni, yukarıdaki sayısal değerlerden kolayca anlaşılmaktadır. Humus 200 m.e./100 gr. toprak ile en yüksek kasyon tutma kapasitesine sahip bulunduğu için ağır metallerin çoğu humuslu tabakada tutulabilmektedir. O nedenle kasyon tutma kapasitesinin kolloid türlerine göre değişmesi, topraktaki bazı kimyasal süreçleri açıklayabilme bakımından çok önemlidir.

## Toprağın Doygunluğu, Baz Doygunluk Oranı

Toprak kolloidlerinin yüzeylerinde bulunan bütün negatif elektrik yükler, metal kasyonları (pozitif yüklü iyonlar) tarafından tamamen nötrleştirilmiş ise, o toprağa "bazlar bakımından doymuş toprak" denir. Eğer toprak kolloidlerindeki negatif yüklerin hepsi metal kasyonları ( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ , v.b.) tarafından doyurulmamış ise, metal kasyonların yanında bir miktar hidrojen iyonları ( $H^+$ ) bulunuyorsa, bu toprak bazlar bakımından doymamış demektir. İşte, bir topraktaki metal kasyonlarının

toprağın toplam (total) katyon değişirme (tutma) kapasitesindeki yüzde olarak payına, 'baz doygunluk oranı' denir. Örnek: Toplam katyon tutma kapasitesi 40 m.e.olan bir toprakta metal katyonlarının miktarı 32 m.e.ise, bu toprağın baz doygunluk oranı  $40/32.100=80$  olur. Bunun anlamı, toprağın toplam katyonlarının %20 sini hidrojen, %80 ini metal katyonları oluşturmaktadır. Bu, aynı zamanda toprakların asitlik derecesi için de bir göstergedir.

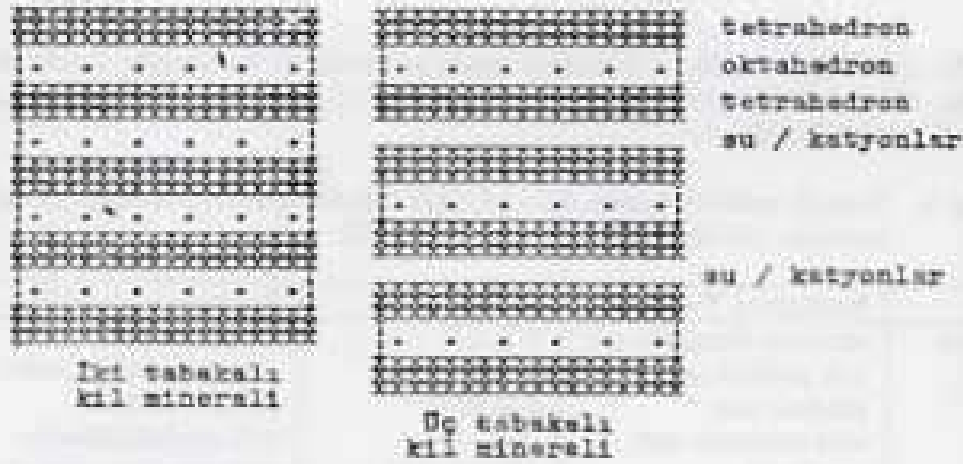
### Kil Mineralleri

Killer, toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde ve toprağı kirlüten maddelerin zararını etkilemede önemli roller oynamaktadırlar. Bu karakteristikleri, orijinal bir mineralojik yapıya sahip bulunmalarından ve boyutlarının mikronla ifade edilecek derecede küçük olmalarından kaynaklanmaktadır.

Kil minerallerinin yapısı, su içeren alüminosilikatlar olarak tanımlanmakta ve genel formülleri  $H_2O.AI_2O_3.SiO_2$  şeklinde gösterilmektedir. Killer, bazı silikat minerallerinin, örneğin ortoklas adı verilen feldispatların hidroliz yoluyla bileşim ve yapısını değiştirmesi sonucunda meydana gelebilirler (kaolonit gibi). Veya mika minerallerinin ayrışması esnasında şekil değiştirmesiyle değrudan doğruya oluşabilirler. Bunlara, "mikamsı kil mineralleri" denir (illit gibi).

Killerin kimyasal analizi sonucunda, birincil olarak silisyum, alüminyum ve demir oksitleri ile sūdun oluştukları belirlenmiştir. İkincil olarak da kalsiyum, sodyum, potasyum ve fosfor oksitleri içerdikleri anlaşılmıştır.

Kristal yapısı bakımından killer, bir kitabın sayfaları gibi üstüste gelmiş yaprakçıklardan oluşmuştur. Bu yaprakçık demetlerine "tabaka paketleri" denir. Onun için killer "tabakalı silikatlar" olarak da nitelenmektedir. Bu tabakaların kimyasal bileşimi " $SiO_2$ " ten ve sulu " $Al_2O_3$ " ten olmak üzere iki değişik kimyasal yapı gösterir. Birincilere "silisyum tetrahedronları", ikincilere de "alüminyum oktahedronları" denir. Bu bileşime sahip tabakalar, değişik konumlarda üstüste gelerek bir tabaka paketi yapar. Örneğin bir tetrahedron, bir oktahedron olmak üzere üstüste yığılabirler. Bunlara "iki tabakalı Kil mineralleri" denir (Kaolonit gibi). Eğer tabakaların üstüste gelme düzeni "tetrahedron - oktahedron - tetrahedron" şeklinde ise, bunlara da "üç tabakalı kil mineralleri" denir. Bunun tipik örneği montmorillonit kil tipidir (Şekil 2).



Şekil 2. İki ve üç tabakalı kil minerallerinin şematik görünümü

Killerdeki sözkonusu bu tabakaların yüzeyi negatif elektrik yükleriyle, kenar ve köşeleri de pozitif yüklerle yüklüdür. Onun için katyonlar killerin yüzeyinde, anyonlar da kenarlarında tutulur. Killerin hem anyon, hem de katyonları tutma özelliği bu şekildeki yapısal karakteristiğinden kaynaklanmaktadır.

İki ve üç tabakalı kil mineralleri, katyon tutma kapasitesi, su ile şişme gibi özellikler bakımından birbirinden farklıdır. Örneğin, iki tabakalı kil minerallerinin (kaolinit ve halloysit gibi), katyon tutma kapasitesi düşüktür ve su ile genişleyip şişmeleri pek azdır. Üç tabakalı kil mineralleri ise (montmorillonit, beidilit, nontronit, vermiculit gibi) bunların tam aksi özelliklere sahiptir. Bunlar su ile aşırı derecede şişip hacmen genişlediklerinden, bu killerin bol bulunduğu topraklarda yol yapımı son derece güç ve tehlikelidir. Çünkü toprak kütle halinde şişince "toprak kaymaları" olur. Öte yandan, toprağa karışan ağır metalleri bağlayarak, toprak sularının zarar görmesini engellemek, üç tabakalı kil minerallerinde daha etkindir.

### 3.4. Toprak Asitliği

Toprak kirlenmesinin yeni şekillerinden biri de, toprakların asitleşmesidir. Toprak özelliklerinin ve toprak canlılarının, asitleşmeyle nasıl zarara uğrayabildiğini kolayca kavrayabilmek için, toprak asitliğinin ne olduğunu bilmek gerekir. Aşağıda bu amaca yönelik bilgiler verilmiştir.

"Toprak asitliği" terimi, özellikle son onyıllarda "toprak reaksiyonu" karşılığı olarak kullanılmaktadır. Bu terim, toprak çözeltisindeki hidrojen iyonu yoğunluğunu nitelenek için kullanılmaktadır. Toprak çözeltisindeki hidrojen iyonu yoğunluğunun ölçü birimi ise "pH" imgesiyle ifade edilmektedir. Örneğin pH-değeri 3 olan bir toprak çözeltisinin 1 litre sin'e 0.001 ekivalan gram hidrojen iyonu var demektir. pH=6 ifadesi ise 1 litre toprak çözeltisinde 0.000001 ekivalan gram hidrojen iyonu bulunduğunu göstermektedir. Verilen bu sayısal örneklerden anlaşıldığına göre, pH-değeri yükseldikçe hidrojen iyonu yoğunluğu azalmakta, dolayısıyla asitlik şiddeti

düşmektedir. pH-değeri düştükçe, hidrojen iyonu yoğunluğa, dolayısıyla asitlik şiddeti artmaktadır. Pratikte bu değere göre, toprak asitliğinin nasıl niteleneceği bir çizelge halinde verilmiştir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Toprak reaksiyonunun 0.01 M CaCl<sub>2</sub> ile belirlenen pH-değerlerine göre tanıtımı (Scheffer/Schachtschabel 1982)

pH	Reaksiyon Tanıtımı	pH	Reaksiyon Tanıtımı
3.0 dan az	ekstrem derecede asit	7.1-8.0	zayıf alkalen
3.0-3.9	çok şiddetli asit	8.1-9.0	orta derecede alkalen
4.0-4.9	şiddetli asit	9.1-10.0	şiddetli alkalen
5.0-5.9	orta derecede asit	10.1-11.0	çok şiddetli alkalen
6.0-6.9	zayıf asit	11'den çok	ekstrem derecede alkalen

Çizelgenin incelenmesinden anlaşılacağı üzere, pH-değeri 7.0 olan topraklar "nötr", bu değerden küçük olanlar asit, yukarı olanlar alkalen reaksiyonu göstermektedir.

Toprak asitliğini meydana getiren hidrojen iyonunun kaynakları şu şekilde sıralanabilir:

1. Topraktaki kök solunumu ve mikroorganizma faaliyeti sonucunda meydana gelen karbonik asit ( $H_2CO_3$ ).
2. Amonyumstüfat, üre ve benzeri mineral gübrelerin toprakta ayrışması sonucu meydana gelen asitler.
3. Toprakta lokal olarak meydana gelen nitrifikasyon ve mineralizasyon olayları.
4. Topraktaki Fe, Mn, S bileşiklerinin kimyasal ve biyolojik oksidasyon ürünleri.
5. Toprakta adsorbe edilmiş Al-iyonlarının toprak çözeltisiyle reaksiyona girerek, alüminyumhidroksit meydana getirmesi ve hidrojenin açığa çıkması.
6. Asit yağışlar.

Yukarıda 3. maddede söz konusu edilen nitrifikasyon ve mineralizasyon terimleri şu şekilde açıklanabilir:

#### **Mineralizasyon**

Topraktaki organik maddelerin mikroorganizmalar tarafından, kendini meydana getiren mineral elementleri açığa çıkaracak şekilde ayrıştırılmasına mineralizasyon denir. Örneğin humusta organik olarak bağlı azot, bu şekildeki mikrobiyolojik ayrıştırma ile nitrat ve amonyum halinde açığa çıkar. Buna, "azot

*mineralizasyonu*" (organik olarak bağı azottan, mineral azotu -  $NH_4$  - meydana gelmesi olayı) denir.

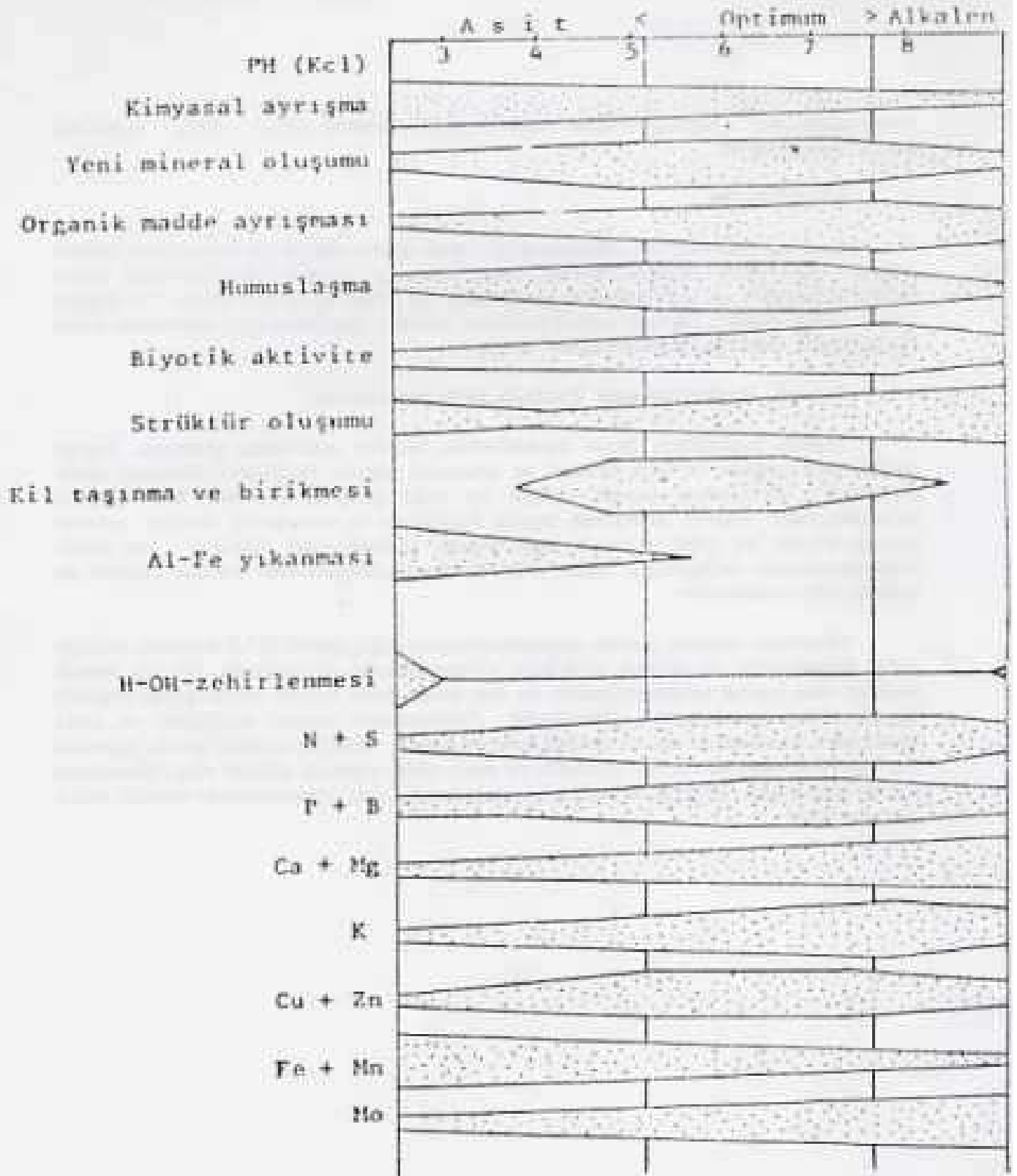
### **Nitrifikasyon**

Azot mineralizasyonu sonunda açığa çıkan amonyum'un bir kısmı, özel bakteri grupları tarafından okside edilerek nitrat azotuna çevrilir. Bu biyolojik olaya da "*nitrifikasyon*" adı verilir. Bazı organizmalar ise nitrat halindeki azotu, kut oksijen koşullarında, oksijen kaynağı olarak kullanır, nitratın oksijenini alır, elementer azotu açığa çıkarır, buna da "*denitrifikasyon*" denir.

### **Toprak Reaksiyonunun Ekolojik Değerlendirmesi**

Toprak reaksiyonu, besin maddelerinin bitkiler tarafından alınması, toprak canlılarının yaşamı ve bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Dolayısıyla toprak asitliği ile bitki gelişimi arasında sıkı ilişkiler bulunmaktadır. Toprak asitliğinin toprak özellikleri ve topraktaki süreçler üzerine yaptığı etkiler bir şekil üzerinde toplu olarak gösterilmiştir (Şekil 3). Bu şeklin incelenmesinden anlaşılacağı üzere topraktaki mikroorganizma yaşamı üzerine şu şekilde etki yapmaktadır:

Mantarlar dışında, toprak organizmalarının çoğu, pH=5.5-7.5 arasında asitliğe sahip topraklarda en yüksek aktiviteyi göstermektedir. O nedenle, bir tür toprak kirliliği olan toprak asitleşmesinden, en çok zarar gören toprak varlıklarının başında toprak mikroorganizmaları gelmektedir. Asitleşmenin toprak özellikleri ve bitki beslenmesi üzerinde de zararlı etkileri bulunmaktadır. Örneğin şiddetli asitlik, toprakta Fe, Mn ve Al-iyonlarının bol miktarda ve zehir etkisi yapacak şekilde açığa çıkmasına neden olmaktadır. Toprak strüktürünü etkilemekte, azot ekonomisinde önemli roller oynamaktadır.



Şekil 3. Toprak asitliğinin besin maddesi alımı, mikroorganizma aktivitesi, topraktaki diğer süreçlerle ilişkisi (Finck 1976).



### **Toprak Reaksiyonu ve Tamponluk**

Toprağın ekolojik işlevleri bakımından tanımlaması yapılırken, zararlı maddelerin süzgeci olarak nitelenmişti. Toprakların zararlı maddeleri bir dereceye kadar zararsız hale getirmeleri, birçok özellikler yanında "tamponluk" (=nötrleştirme) karakteristiğine de bağlıdır. Gerçekten, asitleşme yapan hidrojen iyonlarının veya tam aksine toprağı alkallenştirecek bazı katyonların veya bunların bileşiklerinin toprağı katılması halinde toprak, PH-değişimlerine karşı belirli bir direnç gösterir. Yani bu maddeler toprağı katılır katılmaz, toprağın birdenbire asitleşmesine veya alkalileşmesine engel olur. Toprağın bu şekilde ani reaksiyon değişimlerine karşı gösterdiği bu dirence, "toprağın tamponluk etkisi" veya "tamponluk özelliğı" denir. Bu özellik şu şekilde kazanılır: Toprakta sürekli olarak birtakım kimyasal ve biyolojik süreçler cereyan eder. Bunun bir sonucu olarak toprakta hem asit, hem de alkali karakterli maddeler meydana gelir. Bunlar kendi aralarında reaksiyona girerek, herhangi birinin aşırı derecede artmasına engel olur. Ayrıca asit veya alkali karakterli fazla iyonlar, toprağın katyon değişim kompleksine (kil ve humus) bağlanır. Toprağı dışarıdan asit maddeler geldiğinde, değişim kompleksindeki alkali iyonlar (kalsiyum, magnezyum v.b.) bunlarla yer değiştirerek, toprak çözeltisinin asitleşmesini önler. Asit karakterli iyonlar ise, örneğın değişim kompleksindeki hidrojen iyonları ise, aksi yönde bir etkiyle toprak çözeltisindeki ani ve aşırı reaksiyon değişimlerini önler veya yavaşlatır. O nedenle toprakların tamponluk veya nötrleştirme özelliğı, toprak kirlenme mekanizmasında doğal bir önleyici faktör olmaktadır.

### **3.5. Toprağın Organik Maddeleri**

Toprak üstüne ve içine gelmiş bulunan kirlenici maddelerden bazılarının, toprağın organik maddelerinde depolandığı, bazı ağır metallerin toprak humusu tarafından adsorbe edildiğı ve benzeri ifadelerle, toprak kirlenmesi ve toprağın organik maddeleri arasındaki bazı ilişkilere değinilmektedir. Bu nedenle, bu ilişkilerin kolayca kavranabilmesi için, toprağın organik maddesine ait terminoloji ile ilgili bazı kavramların açıklanmasında yarar görülmüştür.

#### **Toprak Organik Maddesi**

Toprağın katı kısmını oluşturan iki madde grubundan birinin organik maddeler olduğu daha önce ifade edilmişti. Toprağın üstünde ve içinde bulunan tüm ölmüş bitkisel ve hayvansal maddeler ile bunların artıkları ve ayrışma ürünlerine "toprağın organik maddesi" denmektedir. Analiz veya belirleme sırasında ölü organik maddelerden ayrılması çok güç olan bakteriler ve mantarlar gibi mikroskopik canlılar da organik madde olarak kabul edilmektedir. Topraktaki diğer canlılar organik madde sayılmamaktadır (Scheffer/Schachtschabel 1982).

Toprak organik maddeleri eğer toprağın üzerinde ise, toprak canlıları tarafından belirli koşullarda toprağı karıştırılır; toprakta ayrıştırılarak mineral besin maddeleri açığı çıkartılır. Buna "organik maddelerin mineralizasyonu" denir. Bu terim ve buna

benzer birçok terimler, organik maddelerin ayrışma ve değişim süreçleri için kullanılmaktadır. Bunlardan en önemlileri aşağıda verilmiştir.

### **Humus**

Tanımlaması bakımından üzerinde anlaşmaya varılmamış bir terimdir. "Humus" terimi bazen, "toprak organik maddesi" anlamında, bazen de, organik maddelerin belirli bir ayrışma aşamasındaki morfolojik durumunu nitелеmek için kullanılmaktadır. Örneğin ormandaki "olu ortu" tabakası iri organik artıklardan iyice ayrılmış olanlara doğru üç kısma ayrılır: (1). Yaprak tabakası, (2). Çürüntü tabakası, (3). Humus tabakası. İşte buradaki "humus" terimi organik maddelerin belirli bir ayrışma aşamasını belirtmek için kullanılmıştır. Fakat "humus" denince, genellikle birinci anlamdaki kavram anlaşılır, şöyle ki : "Humus, toprağın tüm doğal organik maddeleriyle, bunlardan meydana gelen çeşitli ayrışma ve değişim ürünleridir."

### **Humuslaşma**

Organik artıkların ve bunlara ait madde değişimi ürünlerinin şiddetle ayrışarak koyu renkli, yüksek moleküllü amorf ürünlere dönüşmesi olayıdır.

### **Organik Maddelerin Bileşimi**

Organik maddelerin kimyasal bileşimi çok karmaşık ve çok zengindir. Bunların bileşimindeki maddeler gruplar halinde şu şekilde açıklanabilir:

- Metal olmayan maddeler (C, H, O, N, S, P)
- Metaller (Ca, Mg, K, Na, Cu, Mn, Zn, Al, Fe)
- Organik yapı maddeleri (selüloz: %20-50, hemiselüloz: %10-30, ligninler: % 10-30, tanen, renk maddeleri, suberin, yağlar, mumlar, proteinler: %1-15)

### **Toprak Organik Maddesinin Ekolojik Önemi**

Organik maddeler, topraktaki tüm yaşam süreçlerini ve toprağın fiziksel, kimyasal özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir:

- Toprak canlılarının yaşam mekanı ve besin kaynağıdır.
- Yüksek derecedeki tamponluk özelliğiyle nötrleştirme süreçleri ve doğal ekolojik döngüler üzerinde önemli rollere sahiptir.
- Toprakta bazı inorganik maddelerin ayrışmasını sağlar.
- Toprak kırıntılaşması ve kırıntı dayanıklılığı üzerinde olumlu etkilere sahiptir.

- Toprakta suyun ve besin maddelerinin depolanmasını sağlar.
- Toprak havalanması üzerinde etkilidir.
- Azot besin maddelerinin en önemli kaynaklarından biridir.
- Toprakların ısı ekonomisini etkiler.

Bu özelliklerin açıklanmasından kolayca anlaşılacağı üzere, toprak kirlenmesini azaltıcı yönde etkiler yapabilecek doğal bir veri olarak önemli bir ekolojik değere sahiptir.

### 3.6. Toprak Canlıları

Bazı araştırmacılara göre toprak kirlenmesinin en büyük zararı, toprak canlıları üzerinde olmaktadır. Bu zararı ekolojik olarak değerlendirebilmek için, toprak canlılarını ve onların işlevlerini yakından tanımak gerekir. Çünkü toprak, canlı organizmalarıyla bir bütünlük kazanmaktadır.

Toprak hayvanları ve mikroorganizmalarının en önemli ekolojik ve biyolojik işlevleri şu şekilde özetlenebilir:

- Toprak flora ve faunasından oluşan toprak canlıları, bitki ve hayvan orijinali organik artıkları humusa çevirir ve humusu da mineralizasyonla, elementlerine ayırarak, içindeki mineral besin maddelerini, bitkiler tarafından alınabilecek bir duruma getirir.
- Toprakta kırıntı strüktürünün mimarıdır. İyi bir gözenek sistemi yaratırlar. Bu işe, yaşam mekanı gözenekler olan köklerin hava ve su alması için son derece önemlidir.
- Toprakta oluşturdukları iri gözenekler ve kanallar ile, toprağın atmosferik hava ile gaz alışverişini sağlarlar ve toprakta suyun hareketi için ortamı hazırlarlar.
- Bazı bakteriler kök yumrularında havanın serbest azotunu bağlayarak, güç ve kıt koşullarda, üzerinde yaşadığı bitkiye azot besin maddesi sağlarlar. Bazı mantarlar da mikkoriza olarak, bitki beslenmesinde yardımcı olurlar.

Toprak canlıları, hem tür çeşitliliği hem de sayı bakımından zengin bir toplumdur. Örneğin bir metre küp toprakta 20 milyon kadar canlı bireyler olabildiği belirlenmiştir. Ayrıca bir gram toprak materyalinde bir milyara kadar bakteri bulunabildiği bildirilmektedir (Thomson ve Hadgson 1987). Bir metre karelik çayır toprağının altında bir milyardan çok mikroorganizma (bakteri, mantar, alg, v.b) ve toprak hayvanları (tek hücreliler, solucanlar, eklem bacaklılar, kırkayaklar, çryanlar, örümcekler, akarlar, v.b.) bulunduğu, bunlara ait biyolojik kütleinin % 80 inin çıplak

gözle görülemeyen mikroorganizmalara ait olduğu ifade edilmektedir (Bayer Staatsm.f. Ernähr und Forsten ?).

Toprak canlıları sayı ve biyolojik kütle bakımından çok yüksek miktarlarda olduğu gibi, biyolojik çeşitlilik bakımından da büyük bir zenginliğe sahiptir. Bakteriler, mantarlar, actinomycet'ler, alg'ler, amipler, kamçılı hayvancıklar, iplik solucanları, akarlar, örümcekler, tesbih böcekleri, kırkayaklar, çyrualar, v.b. canlılar sadece bunlardan birkaçıdır. Bunların hepsinin toprakta ayrı bir işlevi vardır. Gerçekten, organik maddelerin ayrıştırılmasında integrale sisteme göre çalışan bir fabrika gibi işgörürler. Örneğin mekanik ayrıştırma sağlar kuyruklular, tesbih böcekleri ve solucanlarla başlar, bakterilerin biyokimyasal ayrıştırmasıyla sona erer. Hatta mantarlar ve actinomycet'ler (bakteri ile mantar arası geçit oluşturan canlılar) canlı organizmaları da parçalayarak ölü organik madde üretirler.

Yüksek organizasyonlu hayvanlardan solucanların 200 den çok türü bulunur. Sayıları, bir hektarlık toprakta 2.5 milyona ulaşabilir. Bunlar mineral toprakla organik maddeleri birlikte sindirim organından geçirerek organomineral maddelere dönüştürürler ve dışkı olarak dışarı atarlar. Bu faaliyetleri o derece etkilidir ki, toprağı adeta sürerek işlerler. Böylece açtıkları kanallar, oluşturdıkları iri gözenekli strüktür ile toprağın fiziksel özelliklerini ıslah ederler.

Madde değişimi ve ayrışmasının iyi olduğu bir toprakta 30 cm derinliğe kadar 25 ton/ha/canlı varlık olduğu bildirilmektedir. Biyolojik kütle bakımından mikroskobik bakterilerin bile bir hektarda 890 kg'a kadar ulaştığı bilinmektedir.

Toprak canlılarının aktivitesini etkileyen başlıca ekolojik faktörler şunlardır: Oksijen, nem, toprak sıcaklığı, organik besin maddelerinin nicelik ve niteliği, toprağın fiziksel özellikleri, mevsimler, toprak asitliği. Bu koşulların optimum olması halinde, toprak canlıları hem sayı hem de biyolojik kütle olarak optimum miktarlarda bulunur ve çok yönlü işlevlerini yaparak, toprakta ekolojik dengeyi sağlarlar. Toprak kirlenmesinin çevreye verdiği zararlar veya toprak kirlenmesinin ekolojik sonuçları düşünülürken, özellikle toprağın mimarı olan toprak canlılarına verdiği zararlar düşünölmelidir.

#### 4.TOPRAK KİRLİLİĞİ VE ÖNEMİ

*Toprak kendisine karşı işlenen suçları hafızasına kaydeden ve gerekli cezayı vermekte gecikmeyen doğal bir savaktır.*

Bütün dünya üzerindeki topraklar çok yönlü tehlikeler altında bulunmaktadır. Bu tehlikelerin derecesi çeşitli şekillerde dile getirilmektedir. Bunlardan biri "çölleşme" tehlikesidir. Bus (1996) ya göre: Dünya üzerindeki 99 ülkenin verimli toprakları ve meraları çöle dönüşme tehlikesiyle karşı karşıyadır. Yerküremizdeki toprakların dörtte biri çölleşme tehdidi altındadır. "çölleşme" denince alkalileşmiş, verimsiz kıraç toprakların ve dar anlamdaki çöllerin oluşum süreçleri akla gelir. Bu hususta erozyon ve yanlış arazi kullanımı ile toprak kaybı olmak üzere birçok faktör etkilidir. Bunların yanında, mutlak anlamda çölleşmeye neden olmasa bile toprak kirlenmesi de verimli tarım ve orman arazilerinin yokolmasında önemli bir rol oynamaktadır. Verimli toprakların yerini kıraç ve çorak arazilerin almasında hava ve suları kirleten maddeler ile tarımsal aktiviteler (mineral gübreleme, zararlılara karşı zehirli kimyasal maddeler kullanma, atıksularla toprağı sulama, ahır gübresi ve tarım endüstrisi atık maddeleri üretme, v.b) önemli derecede etkili olmaktadır. Örneğin toprağı yağışlarla yeteri derecede azotlu maddeler girip depolandığı halde, birçok ülkelerde hala apri azot gübrelemesi yapılmaktadır. Biyosid denen hayvansal ve bitkisel zararlılara karşı kullanılan mücadele ilaçlarından tonlarca zehirli madde toprağı verilmeye devam edilmektedir. Oysa, sıhhatli ve üretken bir toprak, her türlü araziden yararlanmanın temelidir. O nedenle, intensif tarım teknolojisi, toprak verimliliğinin sürekliliğini tehlikeye sokan bir uygulama olmamalıdır. Ekonomik baskılar ne olursa olsun, tarımda topraktan yararlanmanın, toprağı koruyacak ve üretkenliğinin sürdürülebilir olmasını sağlayacak bir teknolojik uygulamadan vazgeçmemek gerekir. Bu husus çok önemlidir. Çünkü toprak çok yönlü baskı altında bulunmaktadır. Bunlardan pekçoğu da ne yazık ki toprağı verilecek zararlı ilişkili görülmemektedir. Hava ve suların kirlenmesi, zararlı maddelerle yüklü atıkların meydana gelmesi, dağlar gibi çöp yığınlarının oluşması ile toprağın zarar görmesi arasında çoğu kez hiç bir bağlantı kurulamamaktadır. Aynı şekilde egzoz gazları ile nükleer sızıntılar sadece hava kirliliği ile ilişkiye getirilmektedir. Oysa, bunların hepsi, toprağın özelliklerini bozucu, toprak verimliliğini azaltıcı, toprak canlılarını zararlı uğraticı karmaşık ekolojik sorunlardır. Bunlar üzerinde dikkatle durmak, aradaki ilişkileri kurmak ve toprakları zarara uğratmamaları için gerekli önlemleri almak gerekir. Çünkü, toprak tüm canlıların yaşamında özel bir yeri ve yaşamsal düzeyde önemli işlevleri olan, üretilemeyen bir doğa verisidir. Gerçekten, hiç bir ekosistem ögesi, mikroskopik boyuttan dev gibi büyük canlı varlıklara kadar çok çeşitli canlıları barındıran bir kaynak olamaz. Yerküremizin üstünü paha biçilmez bir örtü olarak kaplayan toprak, tüm canlıların üretim kaynağı ve konutudur, birçok yeraltı servetlerinin deposudur, diğer ekosistemlere madde ve enerji gönderen, ekolojik döngülerin en önemli istasyonudur. Bütün bunlar, her çevresel ve ekolojik değişimin, niçin toprak varlığıyla ilişkili olduğunu göstermektedir.

Bugün öyle ekolojik süreçler cereyan etmektedir ki, bunların toprağı belirgin bir şekilde zarara uğrattığı açık seçik kendini göstermektedir. Örneğin, toprakta biriken inorganik ve organik zararlı maddeler, bitki zehiri halinde etki yapmakta veya besin maddelerinin niteliğini bozarak, besin zinciri ile diğer canlıların bünyesine girip ciddi sorunlar doğurmaktadır. Gerçekten, besinlerdeki toksik (zehirli) maddelerin solunumla yakılarak veya dışkı maddeleri olarak canlıların vücudundan uzaklaştırılması, çok zor, hatta olanaksızdır. Çünkü, toksik maddelerin biyolojik yolla ayrıştırılması, normal besin maddelerine kıyasla son derece az ve zordur. O nedenle, normal besin zinciri ile alınan zararlı toksik maddeler canlıların bünyesinde sürekli olarak birikmektedir. Klorlu hidrokarbonlar, DDT ve crva gibi maddelerle, ağır metaller bu birikimin tipik örnekleri olarak gösterilmektedir. Toksik maddelerin, canlıların bünyesinde sürekli olarak birikmeleri ve çok az miktarının vücuttan uzaklaştırılabilmeleri, bunların yağ dokusunda çözülmüş olarak bulunmalarından kaynaklanmaktadır. (Jorgensen and Johnsen 1989). Toksik madde etkisinin yoğunluk ve zaman faktörüyle ilişkili olmalarının nedeni de budur. Ayrıca toprağı yabancı maddelerin girmesi, toprak verimliliğini önemli ölçüde ve olumsuz yönde etkilemektedir. Zarara uğramış ve kirlenmiş bir toprağın temizlenmesi, yeniden eski haline getirilmesi hem çok güç, hem de çok pahalıdır.

Yukarıda yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere, topraklar çeşitli tehlikeler karşısında bulunmaktadır. Plansız yerleşim ve hatalı arazi kullanma ve erozyon ile toprak varlığının ortadan kalkması, kirlenmeyle toprağın ekolojik işlevlerini yitirmesi, bu tehlikelerden sadece birkaçıdır. Özellikle son 25-30 yıl içinde meydana gelen toprak kirlenmesiyle, toprağın ekolojik yapı ve işlevini kaybetmesi, gittikçe önemi artan bir sorun haline gelmiştir. Onun için birçok ülkelerde hükümetler toprağın korunmasını önemli bir politika haline getirmişlerdir. Çünkü topraklar, tüm ekosistemlerin temelini oluşturan bir yapı taşıdır.

Toprak kirlenmesi, bütün dünyada, ekolojik dengeleri değiştiren çevre kirliliği, nüfus artışı, teknolojik ve ekonomik gelişim gibi geniş kapsamlı konularla özdeşleşmiştir. O nedenle de toprağın, gereksinim duyulan miktarlarda devamlılığını sağlamak, niteliğini ve verimliliğini halkın yaşam temellerini karşılayacak düzeyde tutmak, tüm ülkelerde ulusal bir politika haline gelmiştir. Bu politikalarının başarıya ulaşması, sorunun tüm boyutları ile iyice kavranmasını gerektirmektedir. İşte bu bölümde bu hususla ilgili olarak, toprak kirlenmesinin kaynakları, zarar şekilleri, sonuçları ve alınabilecek önlemler hakkında anahtar rolü oynayacak bilgiler verilecektir.

#### **4.1. Toprak Kirliliğinin Kaynakları**

Toprağın zararlı maddelerle kirlenmesine neden olan süreçler birbirinden farklı iki grupta toplanabilir. Bunlardan birincisi, toprak dışındaki ekosistemlerde meydana gelen kirlenmelerden kaynaklanan süreçlerdir. Bu gruba hava ve suları kirleten maddeler ile radioaktif kaynaklı kirleticiler girmektedir.

İkinci gruba giren kirleticiler ise, insan eliyle toprağın üstüne ve içine getirilen zararlı maddelerdir. Tarımsal aktivite ile toprağa verilen mineral gübreler, hayvansal ve bitkisel zararlılarla mücadele için kullanılan biyosidler, hormonlar, tarımsal endüstri atık maddeleri, sıvı ve katı gübreler; endüstriyel faaliyetler sonucunda toprağa karıştırılan petrol, mineral yağlar, benzin, evsel ve endüstriyel katı atık maddeler, v.b.

Her iki gruba giren kirleticiler inorganik ve organik kökenli olabilirler. Bunların toprağı nasıl kirlendikleri, zararlı sonuçlarının neler olduğı ve alınabilecek önlemler aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

#### 4.1.1.Havadaki Kirleticilerle Toprağın Kirlenmesi

Endüstriyel faaliyetlerden, termik santrallerden ve ev ideresinden kaynaklanan katı, sıvı ve gaz şeklindeki zararlı maddelerin atmosfere karışarak yarattığı hava kirliliğı hepimiz tarafından bilinmektedir. Bu maddeler yağışlarla veya " *kuru depolanma*" denilen yollarla toprağı ulaşıarak toprakta birikirler, toprak içinde bazı reaksiyonlara girerler ve toprağı zarar verirler. Bu maddelerin bir kısmı toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini bozar, bir kısmı da toprak canlılarını, yani toprağın biyolojik özelliklerini zarara uğratar.

Atmofere karışan katı parçacıklar kimyasal bileşim bakımından çok çeşitlidir. (Na, K, Ca, Mg, Al, Mn, Fe, vb.) Bu, gaz maddeler için de geçerlidir. Bilindiğı üzere, özellikle termik santrallerden ve endüstriyel kuruluşlardan çok çeşitli gazlar atmosfere karışmaktadır. Bunlardan, toprak özellikleri üzerine en etkili olanları azot ve kükürt oksitlerdir. Ayrıca oksijen bileşikleri (  $O_3$ , CO,  $CO_2$  ), halojen bileşikleri (HF, HCL ), radioaktif gazlar ve aerosoller de hava kirleticisi olarak sayılabilecek önemli maddelerdir.

Hava kirleticiler maddelerin toprağı ulaşabilen miktarları, birçok doğal ve antropojen faktörlere göre değişmektedir. Bunların başlıcaları, hava kirleticiler endüstriyel kuruluşların ve termik santrallerin yoğunluğu, bölgenin iklim karakteristikleri ve bitki örtüsüdür. Bunların içinde en karmaşık etkiyi, orman örtüsü yapmaktadır. Katı, hatta gaz şeklindeki hava kirleticileri tepe çatısında tutma, bunları süzme, lokal iklim koşulları yaratma, ölü örtü ve özellikle humus tabakasıyla zararlı maddeleri çok yönlü etkileme gibi karakteristikleri, sözkonusu bu karmaşık ilişkilerin sadece birkaç örneğini oluşturmaktadır. Bu ilişkileri somut olarak açıklayabilmek için konuyla ilgili olarak yapılmış araştırmalardan bir tanesinin burada örnek olarak verilmesi uygun bulunmuştur (Brahmer 1990).

Söz konusu bu araştırmada, ladin ormanlarının altındaki toprakta biriken atmosferik kirleticilerin miktarı üzerinde ormanın yaptığı etkiler araştırılmıştır. Bunun için de, aynı veya benzer ekolojik koşullara sahip çıplak alanlarla, ladin ormanlarında alınmış örneklem alanlarındaki topraklarda H, Na, Ca, Mg, N, S, Cl, Al, Mn, Fe miktarları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar, ormanların bu husustaki etkisini ortaya koyacak element bilançoları halinde çarpıcı hale getirilmiştir. Bu bilançodaki elementlerden en önemlileri seçilerek, açık alanda ölçülen miktarlar, ormanın tepe

çatısında tutulan miktarlar (kuru depolama veya intersepsiyon depolaması olarak da adlandırılmaktadır), ağaçların yaprak ve dallarından çözündürülerek orman toprağına ulaştırılan ve böylece orman toprağına varan (ormanıçi) yağışlarla toplam olarak orman toprağına getirilen miktarlar bir çizelge halinde verilmiştir (Çizelge 2). Araştırmanın yapıldığı bölgedeki hava, kükürt dioksit ve azot oksitleri yoğunluğu bakımından "temiz" olarak nitelenmektedir. Araştırma bölgesinde atmosferik kaynaklı kökürdün toprağına ulaşan miktarı yılda 10,5 kg/ha olup azot depolaması ise 9 kg/ha/yıl olarak ölçülmüştür. Bunlar ekolojik olarak "az" veya "orta" olarak değerlendirilmiştir. Çizelgedeki değerler, bu hususlar göz önünde bulundurularak incelenirse şu sonuçlara varılır:

**Çizelge 2.** Almanya'da ladin ormanı topraklarında atmosfer kaynaklı bazı zararlı maddelerin birikme miktarları (Brahmer 1990)

Elementlerin birikme şekilleri	Orman topraklarında kg/ha/yıl olarak biriken atmosfer kaynaklı bazı zararlı elementler						
	H	Na	K	Ca	Mg	N	S
Açık alanda	0,28	4,45	1,88	5,21	0,89	0,85	8,31
İntersepsiyonla (kuru depolanma)	0,09	0,60	0,25	0,70	0,12	2,06	2,00
Toplam depolanma	0,37	5,05	2,13	5,91	1,01	12,91	10,31
Tepe çatısından çözündürülen	-0,07	0,00	9,58	0,50	0,13	-3,92	0,22
Ormanıçi yağışlarla toprağına ulaşan	0,30	5,05	11,71	6,41	1,14	9,00	10,53

1).Orman toprağına yağışlarla ulaşan potasyum miktarının (11,71 kg) açıkalan toprağına gelen potasyum miktarından (1,88kg), yaklaşık 6 kat daha çok olduğu belirlenmiştir. Bunun nedeni, orman ağaçlarının yapraklarında bulunan potasyumun, yağışlarla kolayca yıkanarak orman toprağına ulaşmalarından kaynaklanmaktadır. Bu, sadece potasyum elementine özgü olan ve diğer hiçbir elementte görülmeyen "biyoelement döngüsü" ile ilgili tipik bir özelliktir.

2).Ladin ağacının yapraklarından yıkanarak orman toprağına varan S, Ca ve Mg miktarlarında , tepe çatısından çözündürülen miktarlar nedeniyle bir artma meydana gelirken, azot miktarı tam aksine azalmaktadır (-3,92 değerini indeleyiniz). Bunun nedeni, atmosferden gelen yağışlardaki azot bileşiklerinin, yapraklarda kısmen de olsa absorpsiyon yoluyla tutulabileceği şeklinde açıklanabilir.



3).Azot ve kükürdün ,ormanın tepe çatısında diğer elementlere kıyasla daha yüksek oranda depolandığı anlaşılmaktadır.

4).Azot elementi dışındaki tüm elementlerin orman topraklarında, açık alan topraklarına kıyasla daha yüksek miktarlarda depolandığı anlaşılmaktadır.

Yukarıda yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere, toprakların atmosfer kaynaklı kirleticilerle zarar görmesi bakımından sadece atmosferdeki kirletici maddelerin yoğunluğu değil, diğer faktörler, özellikle ormanlar önemli derecede etkili olmaktadır.

Havadaki kirletici maddelerden ağır metaller ile zararlı gazların toprağı kirletme şekilleri ve verdiği zararlar aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır.

#### 4.1.1.1. Ağır Metallerin Toprağı Kirletmesi

Modern endüstrinin en zararlı sonuçlarından biri, herhalde ağır metallerin hava yoluyla toprakta birikmesidir. Gerçekten toprakların ağır metallerle kirlenmesi ve çevreye yaptığı zararlar, çok önemli güncel sorunlar haline gelmiştir. Özgül ağırlıkları 5 ve bu değerin üzerinde olan metaller, ağır metal olarak nitelenmekte (Ag, As, Cd, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn gibi) ve bunların toprakta çok yönlü zararlara neden oldukları bilinmektedir.Ağır metallerin toprakta normalin üzerinde birikmeleri, toprak kültürleri ve besin zinciriyle diğer canlılar için çok tehlikeli sonuçlar doğurabilmektedir. Johnsen (1987) bu sonuçları şu şekilde dile getirmektedir: *"Gelecekte halkın ağır metallerle zehirlenmemesi için, Avrupa ve Amerika'da 20 cm kalınlığında üst toprağın kaldırılıp olduğu yerden uzaklaştırılması gerekebilecektir."* Bu büyük tehlike insular tarafından farkedildiğinden, ağır metaller ile ilgili çalışmalar son 30 yıl içinde büyük bir hız kazanmıştır. Madencilik yoluyla canlılar dünyasına (biyosfere) giren kadmiyum, nikel, kurşun, çinko, ve bakır miktarlarının sırasıyla 0, 5, 20, 240, 250 ve 310 milyon ton dolayında olduğu bildirilmektedir (Öztürk, et al., 1993). Yine aynı bilim adamlarına göre antropojen kaynaklı olarak atmosferden diğer ekosistemlere dağılan arsenik, kadmiyum, kurşun, bakır ve çinko miktarlarının ise, sırasıyla 22, 70, 400, 56 ve 214 bin ton civarında olduğu ifade edilmektedir.Bunlardan birinci gruptakiler madencilik yoluyla dünya üzerine yayıldıklarından, aslında insan eliyle biyocoğrafyasal döngüye sokuldukları için bunlar da antropojen kaynaklıdır.İkinci gruptakilerin bunlardan farkı, maden üretimi sırasında değil de, maden cevherlerinin endüstride işlenmesi sırasında, tarımsal mineral gübrelerin kullanılması ve atık maddeler yoluyla atmosferden ekosistemlere yine insan eliyle yayılmasıdır.

Ağır metallerin başlıca kaynakları şunlardır:

Bazı anataşlar, mineral gübreler, biyosid'ler, kanalizasyon atık maddeleri, kentsel atık maddeler, atık sular, madencilik ve motorlu araçların egzoz gazlarıdır. Bunların hepsinde miktarları ve türleri değişen ağır metaller bulunmaktadır.

Karasal ekosistemlerde toprak, ağır metallerin en önemli birikme ortamıdır. Toprakta ağır metal birikmesini sağlayan en önemli kaynak, bu metallerle kirlenmiş havadır. Bunlar çoğunlukla yağışlar ve kısmen de çökme ile toprağa ulaşmaktadır. Toprağın ağır metallerle kirlenme derecesi, bu metallerin havadaki yoğunluğuna bağlı olmakla birlikte, toprağın bazı özellikleri de bu hususta önemli roller oynamaktadır. Örneğin topraktaki humus ve kil miktarları ile kil minerali tipleri ağır metallerin toprakta tutularak biriktirilmesi hususunda önemli etkilere sahiptir. Ayrıca toprağın Fe, Mn, Al gibi asit karakterli katyonlarının miktarı ve bileşimleri de, bu hususta ikinci derecede önem taşımaktadır.

Toprağa giren bazı zararlı maddeler, örneğin tuzlar, topraktan uzaklaştırılabildiği halde, ağır metaller uzaklaştırılamazlar. O nedenle, toprağa girmiş bulunan ağır metaller, önemli bir toprak kirliliği sorunu oluşturur. Yüksek yoğunlukta birikmeleriyle, topraktaki kimyasal ve biyolojik süreçler ve özellikler olumsuz yönde etkilenir. En tehlikeli yönleri yem ve besin maddelerine, oradan da besin zinciri yoluyla canlılara geçmeleridir.

Topraklar, sorbsiyon kapasitelerine göre az veya çok miktarda ağır metalleri bağlamaktadır. Sorbsiyon gücü az olan, bu nedenle düşük bir tamponlama yeteneğine sahip kum toprakları, özellikle asit reaksiyonda çabucak ağır metallerle ait tehlike sınır değerlerine kolayca erişir. Ağır metallerin bitkiler tarafından alınan miktarları da bitki türüne göre değişir.

Ağır metallerin topraktaki miktarları, dünyanın çeşitli bölgelerinde büyük değişiklikler göstermektedir. Bu hususta özellikle, ekosistemlerin etkilendiği havayı ve suları kirleten maddelerin türleri, yoğunlukları, toprakların karakteristikleri ve insanların topraktan yararlanma şekilleri ( tarım, orman, bağ-bahçe, madencilik vb.) önemli rolere sahip bulunmaktadır. Burada, bazı ağır metaller ile diğer elementlerin değişik ekosistemlerde belirlenen karakteristik miktarlarının alt ve üst sınırları bir çizelge halinde verilerek, bunların dünya üzerindeki çeşitli bölgelerde ne kadar farklılık arzedeceği somutlaştırılmak istenmiştir (Çizelge 3).

**Çizelge 3. Değişik ekosistemlerde belirlenmiş bulunan karakteristik ağır metal miktarlarının değişim sınırları (Jorgensen and Johnsen 1989)**

Element	mg/kg kuru toprak	Element	mg/kg kuru toprak
As	0,1-40	Ag	0,01-0,8
B	2-100	N	200-2500
Cr	5-3000	Ni	10-1000
Cu	2-100	Pb	2-200
Fe	7000-550.000	Zn	10-300

Ağır metallerin topraktaki miktarları, toprak türlerine ve toprakların bulunduğu mevkilere göre değişmekle beraber park-bahçe, çayır ve tarım toprakları arasında da bu bakımdan farklar olabilmektedir. Almanya'nın Hessen eyaletinde yapılan bir

araştırmada ağır metal miktarlarının, sınır değerlerin altında olduğu bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Hessen Eyaleti topraklarının ağır metal içerikleri (AID e.v.1987)

ELEMENTLER	SINIR DEğERLER PPM	TOPRAKTAKİ AğIR METAL MİKTARI			
		TARIM ARAZİSİ	ÇAYIRLAR	KÜÇÜK BAHÇELER	PARK VE KENT BAHÇELERİ
		TOPRAK ÖRNEğİ SAYISI			
		2000	200	166	109
Kadmiyum Cd	3	0.13	0.17	0.24	0.69
Krom Cr	100	39	59	45	48
Bakır Cu	100	18	19	37	81
Nikel Ni	50	37	48	25	27
Kurşun Pb	100	24	32	83	206
Çinko Zn	300	66	78	179	353
Civa Hg	2	0.11	0.08	0.27	0.75

Çizelgede verilen sınır değerler, atık suları temizleme sonucunda kalan çamur için yapılan yönetmelik ve talimatnamede kabul edilen değerlerdir. Bazı yerlerde, çizelgede verilen ortalama değerlerin 2-3 katını çıkan analiz bulguları elde edilmiştir.

Hamburg kenti ve çevresi topraklarında yapılan analizler için 500 metrelik bir kare şebekesine göre alınan toprak örneklerine ait değerler ise şöyledir (Umweltbehörde Hamburg 1986):

Element	Miktar (ppm)	Element	Miktar(ppm)
Kurşun Pb	100 -1000	Nikel Ni	50-100
Arsenik As	20 - 50	Krom Cr	100-500
Bakır Cu	100 - 500	Kadmiyum Cd	2- 5

Bu ağır metaller için de bundan önce verilen sınır değerler geçerlidir. Atıksu çamuru talimatnamesine göre verilen sınır değerlerin tarım alanları için 30 cm derinliğe, otlak alanları için 10 cm derinliğe kadar geçerli olduğu bildirilmektedir (Umweltbehörde Hamburg 1986).

#### Ağir Metallerin Çevrelerine Yaptığı Zararlar

Ağir metallerin ve bileşiklerinin çevreye yapacağı zararlar hakkında kesin bilgiler elde etmek çok güçtür.Bilindiği üzere bunların bazıları bitki besin maddesi olarak mutlak surette gereklidir. Ancak, bitkiler tarafından aşırı miktarda alındıklarında zehir etkisi yapmaktadırlar.Toprağa farklı bileşikler halinde gelmeleri,

toprakta diğerk kimyasal bileşiklere dönüştürcek şekilde reaksiyona girmeleri ve buna göre topraktaki işlevlerinin değişmesi gibi nedenlerle, bunların topraktaki etkileri konusunda bir yargıya varabilmek güçtür.

Topraktaki ağır metallerin en tehlikeli yanı, bitkilerin yapısına girmeleri, hareketli hale geçtiklerinde (serbest iyon haline geldiklerinde ) taban suyuna karışarak suyun niteliğini bozmaları, mikroorganizmalara zarar vermeleri ve besin zinciri ile diğerk canlılara geçerek dolaylı yollardan zararlı olmalarıdır.

Yapıdan çok sayıda araştırmalarıla, ağır metallerin toprakta birikmesini sağlayan kaynaklar, etki şekilleri ve ağır metallerin bireysel olarak zarar dereceleri konusunda geniş bilgiler kazanılmıştır. Ayrıca ağır metallerin mikroorganizmalar, bitkiler ve toprak özellikleri arasındaki ilişkileri meydana çıkarma konusunda da çok sayıda araştırma yapılmış ve halen yapılmaktadır. Elde mevcut araştırmalara dayanarak önce, ağır metallerin çevresine yaptığı zararlar ve orman toprağı, orman ağaçları ve diğerk bitkilerle ilişkileri hakkında bilgi verilecek, daha sonra da ağır metaller bireysel olarak ele alınıp tanıtılacak, çevrelerine verdiği zararlar açıklanacaktır (AID, e.v.1987; Haktanır 1987; Lodenius 1989;Trüby 1995; Trüby and Raba 1991;Trüby und Zötl 1988, 1989, 1990; Umweltbehörde Hamburg 1986.Zötl 1985 ile karşılaştırınız).

Ağır metaller içinde en şiddetli zehir etkisi olanların Cd, Pb ve Hg olduğu ifade edilmektedir. Bunlardan kurşun, trafik yoğunluğu ile ilgilidir. Hamburg'da bazı noktalarda 1000 ppm'in çok üzerinde kurşun miktarı belirlenmiştir. Bu da egsoz gazlarının bu hususta ne kadar etkili olduğunu göstermektedir.

Ağır metaller, yağışların durumuna göre, doğrudan doğruya toprağı gelip, oradan bitkilere, hatta bazı koşullarda taban sularına ulaşır. Kısmen de yüzeysel akışla uzak çevreye yayılır. Bunun dışında, mineral gübreler ve biyosidler aracılığı ile de toprağı karıştır.

Ağır metallerin en sorunlu ve tehlikeli yanı, bunların insan, hayvan ve bitki bünyesinde birikmesi ve ayrışmayan maddeler olmalarıdır. Zarar verme dereceleri topraktaki yoğunluklarına göre değişir. Örneğin yoğun trafik olan yerlerde en çok kurşunun zarar yaptığı, bazı yerlerde de arseniğin, kurşunun yerini aldığı belirlenmiştir.

Ağır metallerin bitkilerde birikme durumunu belirleme amacıyla yaprak analizleri veya bitki analizleri yapılmaktadır. Bunun amacı bu değerlerden "biyoindikator" olarak yararlanmaktır. Bir fikir edinme bakımından Hamburg yöresindeki çayır otlarında 5 yıl süreyle yapılan araştırma sonuçlarının verilmesinde (çizelge 5) yarar görülmüştür (Umweltbehörde Hamburg 1986).

Çizelge 5. Hamburg yöresinde çayır otlarında belirlenen ağır metallerin 1980-1984 yıllarına ait ortalama değerleri (ppm/kuru madde)

Element	1980	1981	1982	1983	1984
Pb	23.1	8.8	5.4	8.1	5.1
Zn	65.8	47.2	45.2	53.3	48.7
Cd	0.19	0.19	0.16	0.29	0.13
Cu	-	28.9	21.8	27.8	21.0
Ni	-	-	-	-	3.09

Bu değerler, sınır değerlerle karşılaştırılarak, ağır metal birikimlerinin derecesi hakkında bir hükme varılabilir.

Ağır metallerin bitkiler tarafından alınma miktarları değişiktir. Örneğin iletim borulu odunlu bitkilerden orman ağaçlarının ağır metalleri çok az aldığı belirlenmiştir (Lodenius 1989). Bunun aksine bazı makro mantarların ağır metalleri yüksek oranlarda alıp biriktirdikleri bildirilmektedir. Orman ağaçları için ağır metallerin topraktaki miktarında daha çok çözünübilirlik dereceleri önemlidir. Çünkü orman ağaçları, ağır metalleri suda çözülmüş olarak alırlar. O nedenle orman topraklarında zehirleyici ağır metal miktarları, suda çözünabilir iyonlar halinde belirlenmektedir.

Humus tabakaları orman ağaçları için son derece önemlidir. Çünkü ince kökler bu tabakada yayılır. Ağır metaller de daha çok bu tabakada sıkı bir şekilde bağlanır. O nedenle, humus tabakalarındaki ağır metallerin tutulma mekanizması ile sorbsion ve mobilizasyon (harekete geçme) karakteristikleri üzerine birçok araştırmalar yapılmaktadır (Lodenius 1989). Orman topraklarında ağır metallerin mobil hale geçmesi hem bitki hem de taban suları için büyük bir önem taşımaktadır. Ağır metallerin hareketli hale geçerek toprağın aşağı tabakalarına doğru süzülmesi üzerinde fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler etkilidir. Bu hususta en önemli kimyasal faktörlerin şunlar olduğu bildirilmektedir: pH, redox potansiyeli, katyon değişim kapasitesi, Cl, S, N içerikleri, organik maddelerin miktar ve niteliği. Lodenius (1989)'a göre fiziksel ve mekanik faktörlerin en önemlileri ise, ormanların gençleştirilmesi için toprak işlenmesinin yapılması, hidrolojik koşullar, sıcaklıktır. Aynı araştırmacı biyolojik faktörlerin, ağır metal mobilizasyonu üzerindeki etkilerinin çok karmaşık ve incelenmesinin çok güç olduğunu ifade etmektedir. Orman ekosistemleri için başlıca şu faktörlerin etkili olduğu bildirilmektedir:

- Ağaç türü, meşcere yapısı, traşlama kesim, ağaç yaşı
- Mantarlar ve bakteriler tarafından metallerin biyolojik yıkanması
- Organik maddelerin biyolojik ayrışma hızı
- Toprak organizmalarının etkisi

Yukarıda yapılan açıklamalardan koyuca anlaşılacağı üzere, ağır metallerin orman ekosistemlerindeki çeşitli etkileri, orman ağaçlarının ağır metal zararlarına

karşı toleransları ve benzer özellikler üzerinde değerli araştırmalar yapılmıştır. Bu konuyla ilgili bazı tamamlayıcı bilgilerin verilmesinde yarar görülmüştür (Zöttl 1985 ile karşılaştırınız).

Ağır metallerin organizmalar tarafından alınması bazı hallerde yararlı olabildiği gibi, toksik etkileri nedeniyle zararlı da olabilmektedir. Örneğin orman ağaçları Zn, Cu ve Mn gibi mikro besin maddeleriyle uygun olmayan beslenme koşullarında iyi gelişemezler ve zarar belirtileri de gösterebilirler. Bu şekildeki ilişkiler, bu elementlerin ya anamataryaldeki yetersiz miktarlarından, ya da/veya toprakta yüksek miktarda bulunmalarından kaynaklanabilir. Örneğin serpantin ve fosfat anakayalarında olduğu gibi doğal yetişme ortamlarındaki topraklarda çok yüksek oranlarda ağır metal bulunabilir. Buralarda ancak bu koşullara uyum sağlamış ağaç türleri yetişebilir.

Ağaç türleri, besin maddesi olarak yararlandıkları Zn, Cu, Mn ile toksik elementler olan Hg, Pb, Cd ve As gibi iki grup ağır metalin yüksek konsantrasyonlarına karşı çok farklı toleransa sahiptirler. Örneğin iğne yapraklı ağaçlar, asit ve yağ topraklara sahip yetişme ortamlarında, yapraklarındaki yüksek Mn-konsantrasyonuna karşı iyi gelişim yapabilmektedirler. Huş ve söğütler de, Zn ve Cd ile kirlenmiş topraklardan ekstrem derecede yüksek miktarlarda Zn ve Cd alabilmektedirler. Avrupa ladini (*Picea abies*) ve Duglaz göknarı (*Pseudotsuga*) da yüksek miktarlarda kurşun ve çinko içeren maden ocağı yataklarının eteklerinde yetişebilmektedir.

Toprakların ağır metallerle yüksek derecede kirlenmelerinde genel olarak emisyon kaynaklarına olan yakınlıkları da önemli roller oynamaktadır. Maden ergitme kuruluşlarıyla endüstri kompleksleri çevresi bu hususta verilebilecek tipik örneklerdir. Motorlu araç egzozlarından çıkan gazlar yol çevresindeki topraklarda kurşun kirlenmesine yol açtıklarından, yapılan araştırmalar kirlenme kaynağına 2 km ve daha yakın olan ormanların bu ağır metalden zarar gördüğünü ortaya çıkarmıştır.

Bitki türlerinin ağır metallerden zarar görmesi, bitki cins ve türlerine göre değişmektedir. Örneğin , liken ve yosunların ağır metallere karşı çok dayanıklı olduğu bildirilmektedir. Aynı şekilde, yol kenarındaki çalılar ve belirli ağaç türleri, yaprak kuru ağırlığının 1 gramında 10-100 mikrograma kadar kurşun birikmesine dayanabilmektedir. Bir çinko ergitme fabrikasının yanında bulunan Kırmızı Amerikan Meşesi (*Q. rubra*)yapraklarının 1 gr kuru maddesinde 38 mikrogram Cd ve 2120 mikrogram Zn biriktiği halde, zarar belirtileri göstermediği bildirilmektedir. Benzer bir sonuç ladin ormanları için yapılan bir araştırma ile kurşun için belirlenmiştir. Bu araştırmada, emisyon kaynağına çok yakın olan sarıçam ormanlarındaki ağaçlara ait yaprakların 1 gr yaprak kuru maddesinde 189 mikrogram kurşun belirlendiği halde , ağaçların bundan zarar görmediği saptanmıştır (Trüby und Zöttl 1990 ile karşılaştırınız). Fakat bu ağaç türlerine ait fideciklerin bundan zarar gördüğü belirlenmiştir.

Arazi ve laboratuvar araştırmalarından anlaşıldığına göre, orman ölü örtüsünün ağır metaller ile kirlenmesi halinde mikroorganizma faaliyetinin azaldığı saptanmıştır. Bu bakımdan toprak organizmaları da farklı dirençler göstermektedirler. Örneğin ağır metallerle düşük düzeyde kirlenmiş topraklarda, Cd'un bazı mikroorganizmalarda sürpriz derecede yüksek oranlarda biriktiğı (130 mikrogram Cd/1gr kuru deku maddesi) halde bir zarar görütüsüne rastlanmamıştır.

Ağır metal kirlenici kaynaklarından uzakta olan topraklar, kirlenici maddelerin yoğunlukları az bile olsa, uzun periyotta kirlenir. O nedenle , daha önce de ifade edildiğı gibi toprakların ağır metallerle kirlenmesinde sadece kirlenici maddelerin yoğunluğu değil , zaman faktörü de önemli bir rol oynamaktadır.

Buraya kadar verilen genel bilgilerden sonra, bireysel olarak en önemli ağır metal karakteristikleri ve çevreye verdiği zararlar konusunda açıklamalar yapılması uygun bulunmuştur.

### **Ağır Metallerin Element Karakteristiklerine Göre Tanıtımı**

Bazı ağır metallerin çevreye yapmış olduğı zararlı etkiler ve bunların mobilizasyon eğilimi hakkında bazı çalışmalara dayanarak bilgi verilmesi yararlı görülmüştür (Lodenius 1989, Haktanır 1987):

#### **1).Kadmiyum ve Çinko**

Her iki metalin de kimyası birbirine benzemektedir. Her ikisi de çabuk çözünebilir tuzlar yapar ve toprağın asitlik derecesi arttıkça çözünürlük ve yıkanma şiddetleri de artar.

Kadmiyum elementi önemli derecede zehir etkisine sahiptir; humik maddelere bağılı bulunmaktadır. Toprakta organik maddelerin az bulunması halinde yıkanması son derece şiddetlenir. Kumlu bir toprağı yapay asit yağış eklendiğinde (pH=3.6 ve 5.4), Cd'unun kısmen azaldığı belirlenmiştir fakat bu metalin en şiddetli yıkanmasının, içinde Ca, Mg, K, SO<sub>4</sub> ve NO<sub>3</sub> iyonlarının bulunduğu nötr bir çözelti ile olduğı bildirilmektedir.

Kadmiyumun topraktaki tipik yoğunluğu 0.5 kg/ha dan azdır. Zehir etkisi 0.1-1.0 mg/lit toprak çözeltisi olarak bildirilmektedir. Atıksu ile sulama yapılacaksa sınır değer 5-20 kg/ha alınmalıdır. Sürekli olarak süperfosfatla gübrelenen topraklarda zehir etkisi yapacak kadar birikebilmektedir.

#### **Çinko**

Bitkiler için az miktarlarda gerekli bir iz elementtir. Bitkiler bunu besin maddesi olarak çok az miktarlarda aldıkları için, bitkilerden besin zinciri ile diğer canlılara geçerek zararlı olacak derecede bir birikim olmamaktadır. Normal koşullarda yetişen kara bitkilerinde, bitkisel maddede 20-400 ppm kadar birikebilmektedir.

Sebzelerde bu miktar 1-160 ppm arasında değişmektedir. Yem bitkileri için sınır değer 1000 ppm kadardır.

Çinkonun mobilize olması, diğer ağır metaller gibi çeşitli faktörlere göre değişmektedir. Özellikle toprak asitliği arttıkça çözünürlüğü de artmaktadır. Toprakta yoğun olduğu zaman zehir etkisi yapar. Katyon değişim kapasitesindeki oranı %5 in üzerine çıkarsa, zehir etkisi tehlikesi başlayabilir.

## 2).Demir, Mangan ve Bakır

Toprağın asitlik derecesi arttıkça, bu elementlerin de mobilizasyonu, dolayısıyla sızıntı suyu tarafından derinlere doğru taşınan miktarları artar. Organik maddelere sıkı bir şekilde bağlanırlar. O nedenle yıkanmaları, toprak organik maddesinin azalmasıyla artar. Çözünmeyen oksitler (özellikle Fe ve Mn) yaparlar; bunlar toprakta birikir. Redüklenme koşullarında ise bunun tam aksi olur ve çözünerek yıkanılırlar.

Bunlar bitkiler tarafından az miktarlarda alınan besin maddeleri olduğu için, bitkilerde yüksek derecede birikerek zararlı olabilmeleri çok seyrekdir.

Bakır, asit reaksiyonlu topraklarda yoğun olarak bulunursa zararlı etkiler yapabilir. Örneğin, bitkilerde demir ve fosfor noksanlığına neden olabilir. Yüksek miktarlarda biyosid kullanılan topraklarda bakır miktarı genellikle yüksek olur. Bu da narenciye bahçeleri ve bağlar için demir ve fosforla beslenme noksanlıkları meydana getirerek kloroza neden olur.

## 3).Cıva

Bu element , organik maddelere karşı çok şiddetli bir kimyasal afiniteye (birleşme eğilimine) sahiptir. Özellikle asit karakterdeki organik maddelere sıkı bir şekilde bağlanır. O nedenle humuslu topraklarda bol miktarda bulunan cıva, asit yağışlarla, hatta tuzlu çözeltilerle bile yıkanıp götürülemez. Onun için, kirlenmemiş orman topraklarında bile humus horizonlarında 0,2 ppm civarında cıva bulunmuştur. Bu ilişkilerden dolayı mineral topraktan yıkanarak, humusa geçer ve orada sıkı bir şekilde tutularak, humusa bağlanır. Ancak humik maddelerin yıkanmasını arttıran koşullar ve süreçler cıvanın da yıkanmasını arttırabilir.

Metalik cıva buharlaşarak atmosfere karışır. O nedenle topraktaki cıvanın en önemli kaynağı atmosferdeki cıva kirliliğidir. Topraktaki miktarı oldukça azdır. A.B.D.'de yapılan bir araştırmada 900 toprak örneğinde 0.01-4.6 ppm düzeyinde cıva belirlenmiştir.

Bitkiler için fazla zehirli olmamasına karşın, insanlar ve hayvanlar için şiddetli bir zehirleyicidir.



#### 4). Arsenik

Toprakta şiddetle adsorbe edilir. Onun için toprağın 10 cm lik üst kısmında çok birikir. Zehir etkisi yüksek olan bir kirleticidir. Başlıca kaynağı deterjanlar, biyosidler ve tekstil endüstrisi atık sularıdır. Bitki için zarar sınır değeri 0.1-2.0 mgr/lı toprak çözeltisidir.

#### 5).Krom

Krom, mobilizasyonu çok az olan bileşikler yapar. Çok kısa zamanda hareketsiz hale gelir. O nedenle, zarar bakımından bitkileri az etkileyen bir metaldir. Toprakta hareketsiz ve zararsız bir halde 30-70 ppm miktarları arasında birikebilmektedir.

#### 6).Kurşun

En önemli kaynağı egzoz gazlarıdır. Bir araştırmadan elde edilen sonuçlara göre 2000 motorlu aracın oluşturduğu yoğun bir trafik akışında, herbir kilometre uzunluktaki yolda 40-60 gram/saat, kurşun miktarının ortama yayıldığı, yolun kenarından 50-100 metre uzakta bulunan bitkilerin toprak üstü kısımlarında biriktiği bildirilmektedir.

Topraklarda normal olarak 5-100 ppm arasında olmasına karşın, yoğun trafiğin bulunduğu yörelerde bu miktar, çok yüksek değerlere ulaşmaktadır. Örneğin Los Angeles büyük kent yöresindeki yollar boyunca uzanan topraklarda 2400 ppm'e kadar kurşun belirlenmiştir.

Toprakta hareketsiz halde bağlandığından, en çok üst toprak tabakalarında birikir. Biriken kurşun bileşikleri karbonat, fosfat ve sülfat gibi çok zor çözünen bileşiklere dönüşmektedir.

#### Çevreye Yaptığı Zararlı Etkiler

Yüksek derecede kurşun birikimi olan bitkilerden, besin zinciri ile diğer canlılara geçen kurşun, zehir etkisi yapabilmektedir. Bazı bitkilerin kurşun birikimine karşı toleransı yüksektir. Örneğin turp bitkisi, toprak üstü organlarında 136 ppm, yumrularında 498 ppm kurşun biriktirdiği halde zarar görmeden gelişebilmektedir. İnsanların katı besin maddeleriyle aldığı günlük kurşun miktarının 600 mikrogramı geçmemesi gerektiği bildirilmektedir. Bu nedenle bitkilerdeki kurşun miktarı, besin zinciriyle zararlı olabildiğinden, diğer canlılar için büyük bir önem taşımaktadır.

#### 7).Molibden

Topraktaki miktarı oldukça azdır. Bitkiler için gerekli olan bir mikrobesin maddesidir. Bitki organlarında 0,1 ppm düzeyinde bulunabilir. Bazı koşullarda, bazı bitkiler bünyelerinde 90-100 ppm kadar molibden biriktirebilmektedir.

## Çevreye Etkisi

Yem bitkilerindeki miktarı 15 ppm'i geçerse, hayvanlar için zehir etkisi yapabilir. Bitkilerden bazıları, üçgül yoncası ve benzeri bitkiler lüks molibden tüketimi yaparak 90 ppm'e kadar molibden biriktirdikleri halde, normal gelişimlerini yapabilmektedirler. Ancak bu bitkilerin geviş getiren hayvanlara yem olarak verilmesi halinde zehir etkisi yapabildikleri bildirilmektedir (Haktanır 1987).

## 8).Nikel

Serpantin anataşı üzerinde gelişmiş topraklarda yüksek oranlarda bulunabilir (300-700 ppm). Topraktaki sınır değeri 50 ppm olarak verilmektedir. Bitki bünyesindeki miktar 100 ppm'i aştığı zaman zehir etkisi yapabilmektedir. Fakat bu düzeye çok nadir hallerde çıkmaktadır. Normal kopullarda, bitkilerin nikel içeriği bir ppm'i aşmamaktadır.

## Çevreye Etkisi

Organik madde ve kireç bakımından zengin alkaleen reaksiyondaki topraklarda şiddetle adsorbé edilir. O nedenle zayıf adsorbé edilen ve asit reaksiyona sahip olan kumlu topraklara kıyasla, alkaleen reaksiyonda ve organik madde bakımından zengin topraklarda zehir etkisi daha az olur.

## Toprağı Kirleten Ağır Metaller Hakkında Genel Değerlendirme

Ağır metallerin topraktaki ilişkileri, çevreye verdiği zararlar ve bu hususta rol oynayan etkili faktörler bakımından özet bir değerlendirme yapılsa şu sonuçlara varılır:

1). Topraktaki ağır metaller, burada cereyan eden kimyasal ve biyolojik süreçler üzerinde önemli ve karmaşık etkilere sahiptir. Ancak bu etkilerin ayrıntıları konusunda bilgi eksikliklerimiz vardır.

2). Ağır metallerin bitki kökleriyle olan fizyolojik ve kimyasal ilişkileri ve etkileşimleri; mikrorriza üzerindeki etkileri; orman ağaçları tarafından alınma koşulları; orman humusuna ait karşılıklı etkileşimleri; böceklerin vücudunda ve bitkilerde birikme karakteristikleri ve zehir olarak etki sınır değerleri çok ilginç konular olup, bunlar araştırılmaya devam edilmektedir.

3). Topraktaki ağır metallerin miktarları bakımından değişimleri üzerinde çeşitli faktörler rol oynamaktadır. Örneğin, girdilerin artışı ile topraktaki miktarları yükselebilir. Humus azalması, asitliğin artmasıyla hareketli hale geçerek yıkanır ve miktarları azalır. Endüstriyel emisyonların artışına koşut olarak miktarları artabilir ve toprakta depolanma oranları yükselebilir.

4). Ağır metallerin harekete geçme hızı, topraktan yıkanarak azalmaları, taban suyuna karışmaları, bitkiler ile makro mantarlar tarafından alınmaları üzerinde toprak özelliklerinin önemli etkileri bulunmaktadır. Örneğin toprak asitliği, katyon değişim kapasitesi, özellikle katyon değişim kapasitesindeki ağır metallerin payı, humus miktarı ve asitlik derecesi bu konuda verilebilecek sadece birkaç örnektir (Lindsay 1979).

5). Ağır metallerin bitkilere yapacakları zararlar, bitki türlerine göre değişmektedir. Örneğin orman ağaçları, sadece suda çözünür ağır metalleri alabildiklerinden, bu metallerin de suda çözünmeleri genellikle çok güç olduklarından, orman ağaçlarının ağır metal içerikleri çok düşüktür. Buna karşın bazı sebze ve yem bitkileri yüksek oranlarda ağır metal biriktirebilmekte ve bu metallere karşı tolerans alanları çok geniş olmaktadır.

6). Dolaylı bir etki olarak atmosferin yoğun  $SO_2$  ve  $NO_x$  içeriği, asitleşmeyi, dolayısıyla metallerin zararlı etki derecelerini yükseltmektedir.

7). Düşen pH-değerlerine bağlı olarak, zararlı ağır metallerin harekete geçmesi sonucu, kök sistemi ve mikrorrizla sistemi ölebilir. Ayrıca iyon dengesi bozularak Na, K, Ca, Mg gibi bitkiler için mutlak surette gerekli besin elementleri iyon değişim kompleksinden açığa çıkartılarak, bu besin maddelerinin yıkanmasına ve dolayısıyla toprağın bu değerli besin maddeleri bakımından fakirleşmesine neden olurlar.

8). Mobil olan ağır metaller sızıntı suyu ile taban suyuna kadar götürülerek kullanıma ve içme sularının niteliği bozulur.

9). Ağır metallerin yalnız emisyon bölgesindeki yerlerde değil, atmosferde uzun süre birikmeleri ve binlerce km. uzağa taşınmaları nedeniyle, Kuzey ve Güney Kutup bölgelerindeki buzullarda, turbalıklar ile göl sedimentleri ve yosunlar gibi çok geniş canlı ve cansız çevrede biriktikleri belirlenmiştir (Lodenius 1989).

### **Toprağın Ağır Metallerle Kirlenmesine Karşı Alınabilecek Önlemler**

Bu hususta alınabilecek yasal ve teknik önlemler şu şekilde özetlenebilir:

1). Havanın temiz tutulmasıyla ilgili tüm yasal düzenlemelere mutlak suretle uyularak ağır metal emisyonları azaltılmalıdır.

2). Arıtma tesisi atık sularının topraklara boşaltılması veya bunlardan sulama suyu olarak yararlanılmasında, bu sular mutlak suretle analiz edilerek, ağır metallerin sınır değerlerinin altında olması halinde, bunların kullanılmasına izin verilmelidir.

3). Fosfatlı gübreler toprağa verilmeden önce işlenerek bunların kadmiyum miktarı bakımından zararsız hale getirilmeleri sağlanmalıdır. Bu işlem yapılmadan fosfatlı gübrelerin kullanılmış bulunduğu topraklar ise, sık sık analizle kontrol

edilerek, ağır metal içerikleri bakımından sınır değerlerinin geçilip geçilmediği belirlenmelidir.

4). Yem bitkileri için ağır metal zararlarına ait sınır değerler standardı belirlenmeli ve bunlar hayvanlara verilmeden önce mutlak surette analiz edilmelidir.

5). Ağır metal üretiminde ve üretim tekniğinde değişiklik yapılmalıdır.

6). Ev ideresi atıkları ve ağır gübrelerinin tarım alanlarına getirilmeleri sürekli olarak kontrol altında tutulmalıdır.

7). Aşırı asitleşme görülen topraklar kireçle gübrelenerek ağır metallerin hareketi durdurulmalı ve böylece yeraltı sularının niteliğinin bozulması önlenmelidir.

8). Toprakların ağır metallerle kirlenme sürecini ve topraktan ağır metallerin alınarak bitkilerde biriktirilme derecelerini sürekli kontrol etme amacıyla, Almanya'da olduğu gibi "Toprak Analiz Programları" ve "Biyoindikatör Ölçme Programları" yapılarak uygulanmalıdır.

#### 4.1.1.2.Havayı Kirleten Gazların Neden Olduğu Toprak Kirliliği

Özellikle İkinci dünya savaşından sonra dünyanın birçok ülkesinde yoğun bir endüstrileşme süreci başlamıştır.Bunun sonucunda da adları daha önce açıklanan bir çok gazlar, atmosferi hızla kirletmeye başlamıştır. Kirli havadan kuru olarak (gaz halinde ) veya sıvı olarak (asit yağışlar halinde) yeryüzüne ulaşan bu gazlar tüm ekosistemlerde (orman, çayır, tarım toprağı, deniz, göl, vb.) depolanarak birikmeye başlamıştır. Böylece bu ekosistemlere ait topraklar kirletilerek çeşitli zararlar meydana getirilmiştir. Söz konusu bu zararlar, toprakların asitleşmesi ve besin elementi bilançolarının bozulması şeklinde özetlenebilir. Özellikle sülfat, nitrat ve hidrojen iyonlarına ait yüksek miktarda girdiler, kara ve sulara ait çeşitli ekosistemlerin biyosimik element döngüsünde ve bilançosunda çok önemli değişiklikler meydana getirmiştir. Bu değişikliklerle ekosistemlerde meydana çıkan zararları belirleme amacıyla çok sayıda araştırmalar yapılmıştır(AID,e.v.1987, Feger 1992, Glatzel 1989,Glatzel et al.1992,Hüser und Rehfuess 1988,Tyler 1989, Ulrich und Breidmeier 1989,Umweltbehörde Hamburg 1986, Zöfel 1990).Bu inceleme ve araştırmalarla belirlenen söz konusu zararlı değişiklikler aşağıda özetlenmiştir:

1).Atmosferde bulunan kükürtdioksit, azotoksitleri ve benzeri gazların hava nemli ile birleşerek yapmış oldukları asitler,yağışlarla toprağı getirilerek toprak asitliğini arttırmış, başka bir ifade ile toprakların pH-değerini düşürmüştür.

2).Düşük pH-değerlerine sahip topraklarda besin elementleri bakımından ekolojik denge bozulmuştur. Bunun başlıca nedeni, düşük pH değerine sahip topraklarda serbest metal iyonları yoğunluğunun artmasıdır(Na, K, Ca, Mg, Fe, Al

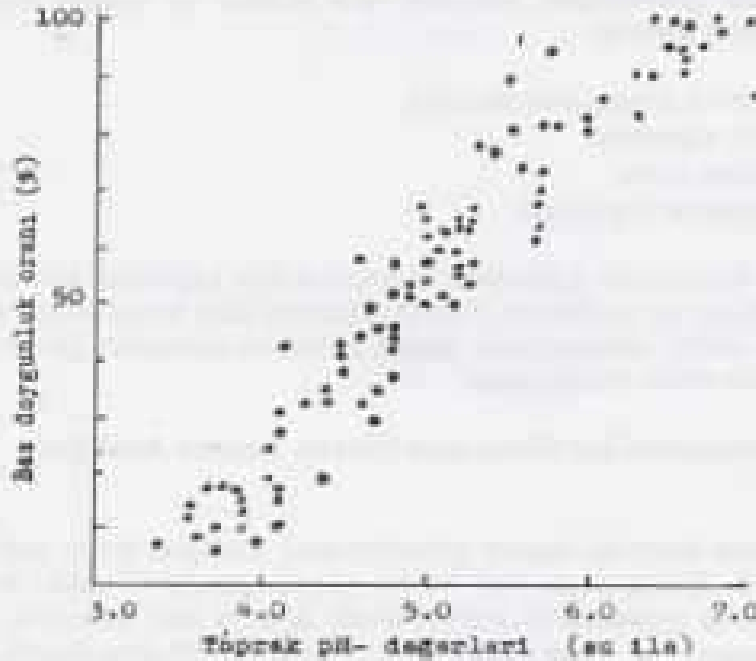
iyonları gibi). Çünkü azalan pH- değerine bağlı olarak, toprağın iyonları adsorbsiyonla tutma gücü azalmaktadır. Bunun sonucunda da topraktaki en önemli besin elementlerinden özellikle Ca, Mg ve K, sızıntı sularıyla kolayca yıkanarak,derin toprak tabakalarına doğru taşınır. Böylece toprağın baz doygunluk oranı da azalır. Yapılan araştırmalar gerçekten azalan pH-değerlerine bağlı olarak, baz doygunluk oranının da azaldığını göstermektedir (Şekil 4).

3).Asit girdiler tarafından bazik elementlerin serbest hale getirilip, sızıntı suları tarafından derinlere doğru götürülmesinden sonra toprak , asit element iyonları (H,Al,Fe ve Mn) bakımından zenginleşmektedir. Bunlar toprağın tamponlama gücü ile nötr hale getirilmezler ise,özellikle bitkiler için zehir etkisi yaparlar.

4).Bazik besin maddeleri bakımından fakirleşmiş toprakta, bitkiler bu besin maddeleriyle yeterli derecede beslenemediklerinden, besin maddesi eksikliği belirtileri görülmeye başlar.

5).Asit elementlerin iyonları toprakta arttıkça, bitki kökleri ve mikroorganizmalar üzerinde zehir etkisi yaparak, ölüme kadar varan zararlar meydana getirebilirler.

6).Kükurtdioksit girdilerininin toprakta meydana getirdiği zararlar ,  $SO_2$  - emisyonu miktarına bağlı olmakla beraber,toprağın demir ve alüminyum oksitleri (seskioksitler) bakımından zenginliği de bu zararı artırır.



Şekil 4. Organik madde bakımından zengin üst toprak tabakalarında pH-değeri ile baz doygunluk oranı arasındaki ilişkiler(Jørgensen and Johnsen 1989)

7).Toprakların aşırı derecede asitleşmesi sonucunda meydana gelen nitrat ve alüminyum yıkanması,yeraltı ve yerüstü sularının niteliğini tehlikeli bir şekilde bozmaktadır. Yapılan bir araştırmadan elde edilen sonuçlara göre, açık alana düşen yağışların reaksiyonu 4,8pH-değerinde olduğu halde,orman altındaki humus tabakasından sızan suyun pH-değeri 3,6 olarak ölçülmüştür (Feger, Grahmer und Zötl 1988). Bunun nedeninin,atmosfer kaynaklı azot ve kükürt bileşiklerinin ( $NH_3$ ,  $NH_4$ ,  $NO_2$ ,  $SO_2$ ,  $SO_4$ , vb.) orman topraklarında son 10 yıllarda hızla artmasından kaynaklandığı ifade edilmekte ve azot depolanmasıyla ilgili şu değerler verilmektedir (Zötl 1990):

Almanya'nın bazı ladin ormanlarında bölgelere göre,azot depolanması 0,8 kg/N/ha/yıl-35 kg/N/ha/yıl değerleri arasında değişmektedir.Hatta bazı yerlerde 40-80 kg/N/ha/yıl gibi ekstrem değerlerin ölçüldüğü bildirilmektedir.Orta Avrupa toprakları için ortalama azot birikiminin 10-20 kg/N/ha/yıl olduğu ifade edilmektedir.Bu değer, optimum bitkisel ürün artımı için yeterli olduğu, azot depolanmasının bundan daha yüksek olmamasına dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır.

#### **4.1.1.2.1. Atmosfer Kaynaklı Gazlardan Meydana Gelen Toprak Kirlenme Sürecinin Göstergesi Olan Toprak Özellikleri**

Yukarıda yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere, atmosferik gazların toprağı kirlenmesi sonucunda toprak asitliği artmakta, besin ekonomisi bozulmakta, toprağın tamponlama gücü azalmaktadır. Bu simptonları taşıyan bir kirlilik meydana gelip gelmediğini anlamak için başlıca şu toprak özelliklerinin araştırılarak belirlenmesi gerekir.

- Toprağın asitlik derecesinin durumu
- İyon değişim kapasitesi
- Baz doygunluk oranı
- Baz nötrleştirme kapasitesi

Toprak asitlik derecesinin durumunu belirlemek için yapılacak pH- değerlerinin ölçülmesi dışındaki diğer üç parametre Toprak İlimi'nin özel konularıdır. O nedenle, burada sadece toprak asitlik derecesinden toprak kirlenme sürecinin göstergesi olarak nasıl yararlanılacağı üzerinde durulacaktır.

#### **Toprak Kirlenmesinin Bir Göstergesi Olarak Toprak Asitliğinin İrdelenmesi**

Toprağın asitlik derecesi, toprak çözeltisindeki hidrojen iyonu yoğunluğunun ölçülmesiyle belirlenir. Bunun için ölçü birimi pH-simgesidir.O halde bir toprakta asitleşme meydana gelip gelmediğini anlayabilmek için ya hali hazırdaki pH-değeri ölçülür, yada o toprağın çok uzun yıllar önce ölçülmüş pH-değerleriyle, bugünkü değerler kıyaslanır. Birinci yöntem göre, çok düşük pH- değerleri ölçülmüşse, genel ekolojik değerlendirmeye göre o toprak asitleşmiş demektir. İkinci yöntem göre ise,

iki periyot ölçümleri arasında büyük farklar varsa, o topraklarda belirgin bir asitleşme süreci cereyan etmiş veya devam ediyor demektir. Fakat doğadaki olaylar her zaman için bu iki yöntemin yeterli olmadığını göstermektedir. Bunun nedenleri aşağıda açıklanmıştır.

1) Farklı reaksiyona sahip iki toprakta aynı miktardaki pH-düşüşü her iki toprakta da aynı şiddette asitleşme sürecinin cereyan ettiğini göstermez.

Son 20-30 yıl içinde topraklarda 1 pH-değerinde düşüşler belirlenmiştir. pH-logaritmik ölçüm olduğu için 1 pH-derəcəsi düşüş, asitliğin 10 kat arttığını göstermektedir. Ayrıca düşük pH-değerlerinin daha da düşmesi, örneğin, 1 pH-düşmesi, asitleşmenin 10 kattan daha çok yükseldiğini gösterir. Örnek olarak pH-değerleri 6 ve 4 olan iki toprağı bu bakımdan inceleyelim ve bunların her ikisinin de pH-değerinin 1pH-düşüğünü kabul edelim. Bu değişimde pH-değerinin 4'ten 3'e düşmesi için gerekli hidrojen iyonu miktarı, pH-değeri 6 olanın 5 pH'ya düşmesi için verilmesi gerekli hidrojen iyonunun 100 katı olduğu hesaplanabilir. Çünkü, daha önce yapılan açıklamalardan hatırlanacağı üzere, 6 pH demek, 1 litre toprak çözeltisindeki hidrojen iyonu yoğunluğu  $10^{-6}$  = 0,000001 m.e. gram demektir. Aynı şekilde 5 pH için bu değer  $10^{-5}$ , 4 pH için  $10^{-4}$ , 3 pH için  $10^{-3}$ 'tür. Bu hesaba göre pH-değeri 6 olan toprak asitliği pH=5'e inerse hidrojen iyonu artışı (0,00001-0,000001) A=0,000009 olur. pH-değerinin 4'ten 3'e inmesiyle hidrojen iyonu artışı ise (0,001-0,0001) B=0,0009 olur. B-değeri, A-değerinin 100 katı olduğu için her iki toprağın asitlik derecesi 1 pH düşmesine karşın, düşük pH-değerine sahip toprakta asit iyonunun artış miktarı, yüksek pH-değerine sahip toprağın 100 katı olmaktadır. O nedenle, pH-değerilerindeki düşüşe bakılarak toprağın asitleşme derecesi için doğru bir yargıya varılamamaktadır.

2).Toprağın pH değerinde çok az farklılıklar ölçülmüşse, asitleşme süreci hakkında doğru bir yargıya varılamaz.

Bir toprakta asitleşme olup olmadığını anlamak amacıyla yapılan ölçümlerde, pH-değerlerinde çok az fark ölçülmüşse, o zaman asitleşme hakkında bir yargıya varabilmek için başka yöntemler kullanılır. Örneğin toprak çözeltisindeki asit parametrelerin (alüminyum ve demir iyonlarının) artışı, bazik iyonların (Ca, Mg, Na, v.b.) azalışı ölçülerek değerlendirilir.

3).Aktüel ölçümler,ekstrem derecede düşük pH-değerleri gösterirse asitleşme süreci,genel asitleşme göstergelerine göre değerlendirilebilir.

Son zamanlarda ölçülmüş toprak asitlik değerlerini (pH), 20-30 yıl önce aynı yerlerde ölçülmüş pH değerleri ile karşılaştırma olanakı yoksa, son zamanlarda ölçülen pH-değerleri, genel asitleşme göstergelerine göre değerlendirilerek bir yargıya varılabilir. Örneğin, Almanya'da son zamanlarda yapılan ölçümlerle toprak pH-değerlerinin 4 olduğu, hatta bazı yerlerde 3 veya onun altına düştüğü belirlenmiştir. Ayrıca toprak profilinin 2 metre derinliğine kadar olan kısımlarda düşük pH-değerleri

ölçülmüştür. Bütün bunlar asitleşme konusundaki genel bilgilere göre değerlendirilirse, son on yıllarda toprakların asitleşmiş bulunduğu sonucuna varılır.

Almanya ve İsviçre ile Avusturya'da son 10 yıl içinde yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, topraklarda pH-değerleri düşmesinin temel nedeni olarak asit depolanması olayları gösterilmektedir. Bu hususta bütün araştırmacılar fikir birliğine varmışlardır.

Başlangıçta bildirilen literatürlerde verilen bilgiler ve buraya kadar yapılan açıklamalar birlikte değerlendirilirse şu sonuçlara varılır:

1). Bilim adamları son 20 yıl içinde kirlı havadan kaynaklanan asit maddelerin toprakta depolanmasıyla genel olarak toprakların kirlendiği konusunda fikir birliğine varmışlardır.

2). Toprak asitleşmesi hem kirlı hava tarafından taşınan asitlerin toprakta birikmesiyle, hem de toprak sisteminde üretilen hem proton asitleri (H-iyonları), hem de katyon asitlerinden (Al, Fe, Mn iyonları) kaynaklanabilir.

3). Toplam asit yükü toprağın taşıyabileceği miktarı geçerse, bazı katyonların (Ca, Mg ve K) önce serbest hale geçmesi, sonra bunların toprak derinliğine doğru yıkanmaları sonucunda, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişim meydana gelmektedir.

4). Toprak tamponlama sisteminde böyle aşırı bir yük, toprağın başlangıçtaki kimyasal durumuna göre, çok çeşitli değişiklikler ortaya çıkarabilir. Onun için toprak asitleşmesi, sadece pH-değerinin düşmesi demek değildir. Ancak pH-değerinde toprak asitleşmesi hususunda bir yargıya varılmak isteniyorsa şu hususlar mutlak olarak gözönünde bulundurulmalıdır:

4.1). Toprağın ölçülen pH-değeri yalnız toprak çözeltisinin asitliğini gösterir. Bu da sabit değildir, hava hallerine ve mevsimlere göre değişir. Bunun dışında, pH-ölçülmesi yapmak için kullanılan çözeltilere göre de (su, potasyum veya kalsiyum klorür, v.b.) aynı toprakta farklı pH- değerleri ölçülmektedir.

4.2). Toprak asitleşmesinde bazı katyon ve asit proton miktarları da önemli rol oynamaktadır. O nedenle, belirli bir zamanda ölçülen pH-değerlerine göre asitleşme olup olmadığı her zaman için anlaşılabilir. Onun için pH-değeri ölçmeleri yanında şu parametreler de belirlenmelidir:

- Baz doygunluk oranı
- Baz nötrleştirme kapasitesi
- Proton asitleri (hidrojen iyonları) dışında, katyon asitleri (Al, Fe ve Mn iyonları) miktarı da ölçülmeli çünkü bu değerler mevsimsel olarak değişmez.



- Asit zehirliliği denen ve toprak çözeltisinde bulunan bazı iyonlar arasındaki oranlar da hesaplanmalıdır. Bunların başlıcaları: Ca/Al, Ca/H ve Mg/Al iyonları arasındaki orandır.

4.3). Gerek tarım, gerekse orman topraklarında asitleşme süreçleri kesin bir tanı ile ortaya konmak isteniyorsa, yukarıda sayılan parametreleri belirlemek amacıyla sistemli araştırmalar yapılmalıdır. Bir fikir vermek üzere, Almanya'da Solling Projesinde uzun yıllar (20-25 yıl), sabit örnekleme alanlarında bilgisayar sistemi kurularak yapılan ölçümlere ait bazı sonuçların açıklanmasında yarar görülmüştür:

- Topraklarda kalsiyum doygunluk oranı %5 azalmıştır.
- Sızıntı suyunda 90 cm derinlikte şiddetli bir alüminyum artışı görülmüştür.
- Ladin ve kayın ormanlarındaki toprak çözeltisinde pH-değerleri sırasıyla 3.7 ve 3.9 olarak ölçülmüştür (Matzner 1987).

4.4). Asitleşme incelemesi yapılacak yerlere ait, uzun süre önce yapılmış araştırmalar incelenip karşılaştırmalı değerlerin bulunup bulunmadığı belirlenmeli ve gerekli değerlendirmeler yapılmalıdır. Bazı yerler için çok tipik sonuçların elde edilebildiği bildirilmektedir. Bu hususta aşağıda verilmiş pH-karşılaştırmaları, toprakların uzun yıllar içinde nasıl bir asitleşme süreci geçirdiklerini belirgin olarak göstermektedir (Çizelge 6 ve 7).

Çizelge 6. Schwarzwald (Almanya)- Karaormanlar'da Kırmızı Kumtaşı üzerinde gelişmiş topraklardaki gübreleme parsellerinde uzun süreli pH(KCl)-değişimleri (Everst 1983)

Gübreleme (Yıl)	Toprak Örneği alma tarihi	Örnek alma derinliği			
		0-4 cm		4-10 cm	
		pH	Fark	pH	Fark
Ca (1929)	1982	2.90		—	—
	1970	3.10	-0.20	—	—
Ca/PN (1953)	1982	2.63	-0.55	2.90	-1.0
	1969	3.20		3.00	
Ca/PN (1953)	1982	2.90	-0.50	3.05	-0.15
	1965	3.40		3.20	
Ca/P (1953)	1982	3.05	-1.25	3.25	-0.25
	1965	4.30		3.30	
Ca/P (1956)	1982	2.80		2.90	
	1968	4.30	-1.50	—	
	1957	4.65		—	
Ca/PN (1956)	1982	2.85		3.00	
	1968	3.70	-0.85	—	
	1957	3.75		—	
Ca/PN (1956)	1982	3.50		3.55	
	1966	4.50	-1.0	3.80	-0.25

Çizelge 6'nın incelenmesinden anlaşılacağı üzere 12-17 yıl içinde, 0-4cm. toprak derinliğinde 1,5 pH-değerine kadar bir asitleşme olmuştur. Çizelge 7'deki değerlere göre de 25 yıl içinde 2 pH-değerine varan asitleşme görülmektedir. Daha önce yapılan hesaplarla açıklandığı gibi, başlangıçtaki pH-değerine göre bu asitleşmelerle hidrojen iyonu yoğunluğunun (asit proton yükünün) 100-1000 kat kadar arttığı sonucuna varılabilir.

Çizelgedeki değerlerden anlaşılacağı üzere, asitleşme, özellikle 0-4 cm toprak derinliğinde şiddetli bir şekilde cereyan etmiştir. Daha derinlerde de cereyan ettiği anlaşılmaktadır (1.0 pH-değerine kadar).

**Çizelge 7.** Macaristan'da 8 örnekleme alanında 25 yıl arayla yapılan pH-ölçmelerine ait sonuçlar (Glatzel 1989)

Örnekleme alanları	Örnek alınan derinlik cm	1960 Yılı		1985 Yılı	
		Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	pH	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	pH
A- Ormanı	0-15	150	6.5	400	4.7
B- Ormanı	20-40	110	6.2	180	5.2
C- Ormanı	5-20	400	6.5	480	4.3
D- Ormanı	6-22	110	6.2	210	4.9
E- Ormanı	5-20	350	6.2	440	4.1
F- Ormanı	6-18	140	6.2	310	4.6
G- Ormanı	0-20	10	7.0	310	5.3
H- Ormanı	0-20	50	6.4	120	5.9

Not:1) Çizelgede verilen Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> değerleri mg/100 gr toprak olup EDTA yöntemiyle belirlenmiştir.

2) pH-değerleri su çözeltisinde ölçülerek bulunmuştur.

Çizelge 7 deki değerlerin incelenmesinden anlaşılacağı üzere bazı topraklar 25 yılda 2 pH-değeri civarında asitleşme göstermektedirler.

Pek doğaldır ki asitleşme üzerinde diğer faktörler yanında asit yağışlara göre arazinin baktığı yön (arazinin bakışı) da rol oynamaktadır. Örneğin yağmur gölgesinde olan yamaç toprakları daha az etkilenmektedir. Ayrıca, asitleşme sonucunda toprağın zarar görme derecesi, toprağın başlangıçtaki "tamponlama" özelliğine de bağlıdır. Tamponlama için bol miktarda Ca, Mg, K bulunan topraklarda, ancak "tamponlamanın kapasitesi" aşıldıkça, asitleşme başlar.

#### 4.1.1.2.2. Asitleşmenin Toprakta Meydana Getirdiği Zararlar

Toprakların asitleşme yoluyla kirlenmesi konusunda yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçların en düşündürücü ve endişe verici yanı, birçok topraklarda asitleşmenin derinlere doğru gittikçe ilerlemesidir. Bu olay iki bakımdan önemlidir. Birincisi, içme ve kullanma için yararlanılan taban sularının tehlikeye girmesi, ikincisi de asitleşmiş toprakların derindeki kısımlarında (1-1.5 metre) ıslahın çok güç olmasıdır. Taban sularıyla ilgili ikinci bir tehlike de, imiyon yoluyla toprağa sadece asit karakterli maddelerin değil, ağır metallerin de girmiş olmasıdır. Böylece kaynak suları, insan sıhhati bakımından olumsuz yönde etkilenmektedir. Birçok yerlerde toprakların ağır metal yüklerinin, taşıma kapasitesi sınırında bulunmaları, bu tehlikeyi daha da arttırmaktadır.

Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre toprakların %30-70 inde değişebilir katyon tutma kapasitesinde, 1 metre toprak derinliğine kadar bir değişme meydana gelmiştir (Tyler 1989). Bütün bunlar, normalin üzerinde asit girdileriyle topraktan bazı alkali besin maddelerinin şiddetle yıkanmasına ve toprakların kalsiyum, magnezyum ve potasyum gibi besin maddelerince fakirleşmesine neden olmaktadır. Bu da, bitkilerin eksik beslenmeleri ve ürünlerinin azalması sonucunu doğurmaktadır. Gerçekten bu gibi yerlerde bitkilerin eksik beslenmesinden kaynaklanan besin maddesi eksikliği belirtileri açıkça görülmektedir.

Bunun dışında asitleşmeyle toprakta bitkilere zarar veren, zehir etkisi yapan, zararlı elementler aktif hale geçer (Al, Fe, Mn, Zn, Cd gibi). Bu elementler, toprağın asitleşmesine koput olarak toprakta serbest hale geçer, yoğunlukları artar ve bitkilere zarar verme dereceleri şiddetle yükselir.

Toprak asitleşmesinde rol oynayan önemli faktörlerden bir başkası da topraktaki azot bileşiklerinin ( $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NH}_3$ ) depolanarak miktarlarının artmasıdır. Bu yolla asitleşmenin artması şöyle olmaktadır: Toprakta amonyum azotu artınca, bunun bitkiler tarafından alınması da artar. Ayrıca amonyum azotunun mikroorganizmalar tarafından nitrifikasyonla azot oksitlerine çevrilme süreci de hız kazanır. Azot oksitleri toprak suyu ile birleşince kuvvetli bir asit olan nitrikasit meydana getirir. Bu nedenle, asit yağışlarla toprakta azot bileşikleri depolanması aynı zamanda toprak asitleşmesiyle özdeşleşmiş olmaktadır. Ayrıca toprakta azot depolanması ve amonyum azotunun artması, iyon antagonizması nedeniyle, Ca ve Mg'un bitkiler tarafından alınabilmesini azaltır. Bu da dengeli beslenmeyi bozar. Bütün bu nedenlerle ve toprağa asit yağışlarla bol miktarda azot bileşikleri geldiği için, Almanya'da birçok tarım bölgelerinde azot gübrelemesine neredeyse son verilmiştir. Yapılan araştırmalardan elde edilen, kritik azot depolanmasının sınırı 20 kg N/ha/yıl olarak bildirilmekte, bu miktar aşıldığında, toprakların besin maddesi ekonomisinin bozulduğu bildirilmektedir (Hüser und Rehfuss 1988).

Orman topraklarında yaşayan mikroorganizmaların azot ve asitlik tolerans alanlarının farklı olduğu, birçok bitki ve mikroorganizma için azot beslenmesi ve toprak asitleşmesine karşı tolerans alanlarının çok dar olduğu ifade edilmektedir (Tyler

1989). Bu nedenle, toprakta asit-baz oranı ve azot miktarı koşullarının değişmesi, büyük bir olasılıkla mikroorganizma çeşitliliği ve sayılarının değişimi üzerinde etkili olacaktır.

İletim borulu bitkiler (orman ağaçları), topraktaki asit değişimlerine genellikle uyum sağlayabilmektedirler. Fakat yapılan araştırmalar, toprak florasındaki birçok bitkiler ile makro mantarların birçoğunun edafik (toprak özelliklerine bağlı olarak) yayılışlarında, toprak asitlik derecesiyle asit-baz oranlarının sıkı ilişkiler içinde bulunduğunu göstermiştir. Ancak birçok taksonların asitleşmeye duyarlı olmadan yayılış gösterdiği bilinmektedir. Bununla beraber toprakların düşük pH-değerleri, bitkiler tarafından alınabilecek ağır metallerin ve diğer zehir etkisi yapan elementlerin miktarını arttırdığından, asitleşme genel olarak tüm vejetasyon için büyük bir tehlike olmaktadır. Kaldı ki, şiddetli asitlik, bitki köklerine doğrudan doğruya zararlı etkiler yapabilmekte ve toprakta bitkisel ve hayvansal zararlıların çoğalmasına neden olabilmektedir.

#### 4.1.1.2.3 Toprak Asitleşmesinin Engellenmesi İçin Alınabilecek Önlemler

Bilim adamlarının hepsi bugün, toprak asitleşmesinin gittikçe artmasının temel nedenini asit yapan gazlar ve diğer zararlı maddelerle kirlenmiş hava olduğu hususunda birleşmektedir. Buna göre toprak asitleşmesini engellemek için alınabilecek önlemlerin en önemlisi ve en başta geleni, kükürtdioksit ve azotoksitleri gibi asit yapıcı gazların emisyon miktarını azaltmaktır. Gerçekten, emisyonu azaltan önlemler alınmadan, toprak asitleşmesini önleme olanakı yoktur. Birçok ülkeler bu hususta önemli adımlar atmışlar, plan ve programlar geliştirmişlerdir. Örneğin Almanya'nın Bavyera Eyaleti'nde bir yılda atmosfere verilen 720.000 ton kükürtdioksit 7 yıllık bir plan uygulamasıyla 80'li yılların sonunda 200.000 tona düşürülmüştür. Halk ve sanayiciler, bu programın gerçekleşmesi için o derece özveride bulunmuşlar ve o derece yardımcı olmuşlardır ki, program amacına 2 yıl erken varılmış ve hükümetin sorumlu Bakan'ı halka ve sanayicilere teşekkür etmiştir. Azotoksitleri emisyonunu azaltmak için alınan önlemlerin başında ise motorlu araçlara katalizör takılması gelmektedir. Bunun uygulaması da Almanya'da yasal düzenlemelerle güvence altına alınmıştır.

Toprak asitliğini ıslah için uygulanabilecek teknik yöntemlerin başında, toprakların kireçle (CaO) gübrelenmesi, mineral gübrelerden alkalin reaksiyonda olanların seçilmesi gibi uygulamalar gelmektedir. Bavyera Eyaleti'nde, bu amaçla toprağa yılda 275 milyon kilo kireç (CaO) verilmektedir. Yapılan ölçümlere göre Almanya Federal Cumhuriyetinde ortalama olarak hektara yılda 120 kg. kükürtdioksit, 125 Kilogram azotoksitleri gelmektedir. Bunlar 60 Kg. saf kükürt ve 40 Kg saf azot demektir. 100 Kg kükürtdioksidi nötrülestirmek (etkisiz halde bağlamak) için hektara 156 kilogram Kalsiyumkarbonat gereklidir. Havadaki ve topraktaki tampon maddeler, bu miktardaki kükürtdioksit ve azotoksitleri bağlamaya yeterli değildir. O nedenle, tek çıkar yol, bunların emisyonunu azaltıcı önlemleri almaktır. Bu hususta gerekli yasal düzenlemeler yapıp, titizlikle uygulanmalıdır.

Arıtma sularının tarımda sulama suyu olarak kullanılabilmesi için bunların içerdikleri asit maddelerin miktarı analizde belirlenmeli ve sürekli kontrol altında bulundurulmalıdır. Veya bunlara sınırlı miktarlarda kullanılmasına izin verilmelidir.

Doğal kaynaklar işletilirken, uzun dönemde ortaya çıkaracağı olumsuz etkileri peşinen önleyebilmek için, ekosistemlerin madde bilançolarının yapılması gerekir. Endüstrileşmiş ülkeler de dahil, böyle bir şey şimdiye kadar yapılmamıştır. Oysa hiç bir işletme, gelir - gider ve sermaye değişimleri bilançosunu yapmadan başarılı bir ekonomik gelişme sağlayamaz. O nedenle, asitleşmeyle ilgili ekosistem girdi ve çıktıları araştırmalarıyla belirlenerek bir ekolojik bilanço ortaya konmalıdır. Bunun için de sistemli ve kapsamlı inceleme ve araştırma projeleri yapılmalı, sonuçlar ekolojik açıdan iyi bir şekilde değerlendirilmelidir. Bunun için de, daha önce ayrıntılarıyla açıklanan "asitleşme parametreleri" yerel ve bölgesel olarak araştırmalara dayalı veriler halinde belirlenmelidir. Bu, bir tür "toprak asitleşmesi envanteri" yapma anlamına gelir.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan anlaşılacağı üzere toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini bozan asitleşmenin meydana getireceği zararların önüne geçmek, ancak bazı koruyucu önlemlerin alınmasıyla gerçekleştirilebilir. Çünkü asitle veya zararlı maddelerle kirlenmiş toprağın bozulan özellikleri, toprağa yapılacak ıslah uygulamalarıyla çok zor düzeltilir. Hatta bazen düzeltme olanaksızdır. Ancak buraya kadar önerilen koruyucu önlemlerin güç ve pahalı olduğu da düşünülebilir. Fakat, sorunun çözümü için başka çare veya çıkar yol görünmemektedir.

#### 4.1.1.2.4 Sonuç ve Özet

"Asit Maddelerin Toprağa Girmesi Nasıl Bir Etki Yapmaktadır?" sorusunun yanıtlanması için, özellikle son 20-25 yıl içinde sistemli araştırmalar yapılmıştır. Ulrich ve Bredemeier (1989) a göre, bu konuda şimdiye kadar yapılan açıklamaların bazıları son derece karmaşıktır. Elde edilen sonuçlar da çok yönlüdür. O nedenle bu gibi karmaşık etkileşimler için dar anlamda sınırlı bir açıklama yapabilmek amacıyla bazı genellemeler yapmak kaçınılmaz hale gelmektedir. Bu anlamda toprak asitleşmesi değerlendirilecek olursa şu şekilde bir yargıya varılabilir: "Toprak asitleşmesinin iki etkiyi tartışmasız olup bunlar içiçe geçmiş iki süreç halinde ifade edilebilir."

- 1).Toprağın bitki besin maddeleri bakımından fakirleşmesi
- 2).Zehir etkisi yapan metal katyonların serbest hale geçmesi

**Bu İki Sürecin Sonuçları Ekolojik Olarak Şu Şekilde Değerlendirilebilir:**

Bir ekosistemde toprak, önemli rollere sahip bir doğal kaynaktır. Toprağın besin maddesi ekonomisinde, diğer kimyasal özelliklerinde, mikroorganizma yaşamında bozulmalar meydana gelirse veya toprakta zehir etkisi yapan bileşikler oluşursa, yalnız toprak değil, tüm ekosistem büyük bir tehlike ile karşı karşıya

demektir. Bütün sorun, bu tehlikenin nasıl önlenebileceğidir. Bu hususta, daha önce açıklanan önlemlerin zamanında alınması tek çıkar yol olarak görülmektedir.

#### 4.1.1.3. Organik Maddelerin Toprağı Kirlenmesi

Endüstri kuruluşları, konutlar ve trafikten kaynaklanan çok sayıda organik maddeler, atmosferden doğrudan doğruya veya yağışlar aracılığıyla topraklara ve bitkilere ulaşmaktadır. Binlerce organik maddeden, özellikle 100-115 tanesinin varlığı bütün dünyada belirlenmiş olup bunların zarar bakımından ağırlıkta olduğu ifade edilmektedir (AID, c.v.1987). Bunların ekolojik olarak taşınabilirlik derecesi, biyolojik olarak ayrışma hızlarına bağlıdır. Toprakta ne kadar yavaş ayrıştırlarsa, ekolojik olarak taşınabilirlik sınırına gelmeleri o derece hızlı olur. Toprağa zarar veren organik madde gruplarından üzerinde durulması gereken madde sınıfları şunlardır:

- Karbonlu hidrojenler
- Hidrojenli klorokarbon bileşikleri
- Polychlorür'lü Biphenyfler
- Policyclic aromatik karbonlu hidrojenler
- Termik çözüldürücüler

Toprakların karbonlu hidrojenlerle kirlenmesi, genel olarak endüstri ve çöp yakma tesisleriyle, trafikten kaynaklanmaktadır. Bunun dışında daha birçok kirlenici kaynaklar bulunmaktadır. Örneğin "diffüzyon emisyonu" ile de toprağa doğrudan doğruya karbonlu hidrojenler girmektedir. Bundan başka kimyasal madde üreten endüstri kuruluşlarının atıklarında ve çöplerinde, biosidlerin bileşiminde bulunabilmektedir. Karbonlu hidrojenlerin tehlikeli yanı, doğrudan doğruya zararlı etki yapabilmeleri, kısmen de bu maddelerin çok uzun ömürlü olmalarıdır. Bunlar toprakta ve canlıların bünyesinde birikme özelliklerine de sahiptirler. Rafineri ve motorlu araçlardan çıkan organik maddelerin çevrelerine zararlı olduğu belirlenmiştir. Karbonlu hidrojenlerin toprak ve canlı varlıklar üzerinde doğrudan doğruya yaptığı etkiler çok karmaşık olup, bu karmaşık etki mekanizmasının ortaya çıkarılması için çok yönlü araştırmalar yapılmaktadır (Umweltböhlerde Hamburg 1986).

Karbonlu hidrojenlerle birlikte sayılan diğer toprak kirlenici organik maddelerin hepsi, doğa için yabancısıdır. Bu maddelerin topraktaki biyolojik süreçler için olası zehir etkilerinin bir tehlike kaynağı olabileceği kabul edilmekle birlikte, bu hususta açıklayıcı bulgu ve bilgi eksiklikleri çoktur.

Bitkiler organik maddeleri çok az miktarlarda aldıklarından topraklarda yüksek miktarlarda bulunsalar bile, bitki beslenmesi bakımından büyük bir tehlike oluşturmazlar. Fakat yine de, öletem olarak insanlar tarafından sanayi faaliyetleri sonucunda üretilen bu tür güç ayrışan zararlı toprak girdilerinin azaltılmasına çalışılmalıdır.

#### 4.1.2.Sulardaki Toprak Kirlenici Maddeler

Endüstriyel ve kentsel atık sular toprak kirlenmesinde önemli rol oynayan iki temel kaynaktır. Fakat bunların dışında geniş alanlara yığılmış çöplerden kaynaklanan yüzey ve sızıntı sularıyla, çiftlik gübrelere ait çözeltiler de bu hususta etkili olmaktadır. Bu bölümde, yalnız endüstriyel ve kentsel atıksuların üzerinde durulacak, diğer kirli suların özellikleri ve etkileri, bundan sonraki bölümde açıklanacaktır.

##### 4.1.2.1.Atıksuların Toprağı Kirlenmeleri

Atıksular tarafından toprakların kirlenmeleri, bu suların arıtılmadan sulama suyu olarak kullanılmalarından kaynaklanmaktadır. Bu atıksuların kaynakları, madencilik de kapsayan endüstriyel faaliyetler ile kamuya ait evsel atıksulardır.

Çeşitli kirlenici maddeleri içeren bu sular genellikle sulama suyu olarak kullanılmak suretiyle topraklar kirlenmektedir. Bu sular, standartlarına uygun olarak arıtılmadan veya hiç arıtma işlemine sokulmadan, sulama suyu olarak kullanıldıklarında, içlerindeki bazı zararlı inorganik ve organik maddeler toprağı kirlenmektedirler. Bu nitelikteki atıksuların bağ, bahçe ve tarla kültürlerinde sulama amacıyla kullanılması sonucunda topraklarda şu zararlar meydana gelmektedir (TÇSV 1991, Haktanır 1987):

- Topraklarda iyon dengesi ve besin ekonomisi bozulmaktadır.Suyun süzme özelliklerini bozmaktadır.
- Çeşitli organik moleküller (fenol bileşikleri, kinon'lar,fsfat maddeleri vb.) topraklarda birikmekte ve burada yetişen kültür bitkilerine geçerek, besin zinciri yoluyla diğer canlılara ulaşp zararlı etkiler meydana getirmektedir.
- Ağır metaller ve mikro elementler toprakta birikerek bitkileri zehirleyici düzeye gelebilmektedirler. Bunun sonucunda da bitkisel ürün hem nicelik, hem de nitelik bakımından değer kaybetmektedir.
- Toprak mikroorganizmaları olumsuz yönde etkilenmekte ve bunun sonucunda doğal madde döngüleri bozulmaktadır.
- Sulama sularıyla toprağı, bazı hastalık yapan elemanlar (patojen varlıklar) verilmiş olmaktadır. Bunlar bakteriler, bazı virüsler, protozoalar ve kurtlar olabilir. Yeraltı suları ve yüzey suları kirlenir.

##### 4.1.2.2.Kirli Akarsularla Tarım Arazilerinin Sulanması

Ülkemizde birçok kirlenmiş akarsulardan alınan sularla tarım arazileri sulanarak kirlenmektedir. Ülkemize ait bazı örnekler Çevre Sorunları Vakfı (1991) e göre aşağıda verilmiştir.

Bilindiği üzere, Kütahya-Emet ile Balıkesir II merkezi arasındaki 200 kilometre uzunluğunda, 70-120 kilometre enindeki bir kuşakta bor cevheri üretimi yapılmaktadır. Burada üretilen bor cevheri, yerinde yıkılarak temizlenmektedir. Yıkama suları bol miktarda bor içermektedir. Bu sular yıkama ve direnaj suyu olarak çevredeki akarsulara karışmaktadır. Böylece hem Simav Çayı, hem Ulubat Gölü, sulama suyu bakımından kirli ortamlar haline getirilmiş bulunmaktadır. Simav su toplama havzasındaki topraklardan 94000 hektarı, bu borlu sularla sulanmaktadır. Bu yolla kirletilen tarım alanları içerisinde Balıkesir Ovası, Kepsut Ovası, Susurluk-Karacabey kesimindeki topraklar önemli bir yer tutmaktadır.

Ülkemizde, borlu sular nedeniyle Niğde-Aksaray, Burdur, Eskişehir, Germencik, Iğdır, Yüksekova, Hakkari gibi yörelerdeki topraklarda da yüksek düzeyde bor kirliliği görülmektedir. İzmir-Balçova yöresinde de bor içeren kaplıca sularının sulama sularına karışması nedeniyle, topraklarda yüksek düzeyde bor kirliliği belirlenmiştir.

Çeşitli araştırmalara dayanarak Ankara Çayı'na ait kirli suların da toprak kirliliği yarattığı bildirilmektedir. Ankara yöresindeki yaklaşık 80.000 hektar sulu tarım arazisinin önemli bir kısmı Ankara Çayı'nın kolları ile sulanmaktadır. Bu topraklar artan su kirliliği ile gittikçe niteliklerini kaybedecektir.

Kirli suların bir kısmı ise bir önarıtma işleminden sonra sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Ancak, minimal düzeyde arıtılmış bu sularla uzun süre ve bol miktarda sulama yapıldığından, sağlık bakımından ciddi sorunlar doğurabilecek toprak kirlenmeleri meydana gelmektedir. Bu sorunların başında özellikle, çevre sağlığı bakımından bazı patojen elemanların (bakteri, virüs, protozoa ve bağırsak solucanları) bu niteliği bozulmuş yüzey ve toprak sularında meydana gelebilmesidir.

Yukarıda açıklanan çeşitli tehlikelerden dolayı, geliştirilmiş bilimsel yöntemlere ve teknolojilere göre çalışan ve atıksulardaki zararlı maddeleri temizleyen atık su tesisleri kurulmuş ve işletilmektedir. Ancak, atıksuların arıtma tesislerinde temizlenmesi esnasında istenmeyen kalıntılar meydana gelmektedir. Her ülke için güncel ve önemli bir sorun oluşturan ve "atıksu çamuru" denen bu katı maddelerin özellikleri ve değerlendirilmeleri konusunda özet bilgiler verilmesi yararlı görülmüştür. Bu konuda Fiedler (1990)'dan geniş ölçüde yararlanılmıştır.

#### **4.1.2.3. Atıksu Çamuru, Özellikleri ve Değerlendirme Olanakları Atıksu Çamurlarının Meydana Gelişi**

Atıksu çamuru, arıtma tesislerinde, suların temizlenmesinden sonra meydana gelen ve içinde çok çeşitli organik ve inorganik maddeler bulunan bulamaç kıvamında bir çamurdur. Atıksuyun orijinine, suları temizleme tekniğine ve atıksuyun niteliğine göre bileşimi çok değişik olan bu kalıntılar kabaca dört sınıfa ayrılır:



- ham çamur
- taze çamur
- aerob stabilize olabilen çamur
- anaerob stabilize olan çamur

Atıksu çamurları, değerli maddeler yanında (biyolojik olarak ayrıştırılabilen organik maddeler, fosfor, azot, v.b.), sağlık bakımından endişe verici potogen bakterileri, zehirli ağır metalleri, virüsleri de içerebilir. Bu sonuçlar, bu çamurların değerlendirilmesinde mutlaka dikkate alınmalıdır.

Endüstrileşme yaygınlaştıkça ve nüfus arttıkça, atıksu çamurlarının miktarı da artmaktadır. Hem bu nedenle, hem de kimyasal madde çeşitlerinin gittikçe çoğalması nedeniyle çamurların yok edilmesi büyük bir sorun haline gelmiştir. Mevcut yöntemlerle bu sorun çözülemediği için, bu konuda yeni araştırmalar yapma zorunluluğu doğmuştur. Fakat şimdiye kadar yapılan araştırmaların ortak bulgusu veya sonucu, çamurların bitki yetiştirme bakımından ekolojik bir değer taşıdığı hususunda hiç bir kuşkunun bulunmadığı yargısına varılmasıdır.

Çamurların kullanılmasında hijyenik standartların belirlenmesi ve çamurların yok edilmesinin rizikoları büyük bir sorun olarak halen ortada durmaktadır. Fakat bu konuda üzerinde birleşilen husus, zararlı madde miktarlarının kaynağında azaltılmasıdır.

#### **Atıksu Çamurlarının Miktarı, Özellikleri ve Toprak Sağlığı Bakımından Yönetmelikler**

Bu konuda ayrıntılı bilgiler, ülkemiz için elimizde bulunmamaktadır. Diğer ülkelerde çok değişik olmakla birlikte, şahıs başına düşen taze atık çamur miktarı günde ortalama olarak 18 litredir. Taze çamurun su oranı % 97.5, kurusunun da % 70 tir.

Almanya Federal Cumhuriyeti'nde yaklaşık olarak atık çamur miktarı yılda 44 milyon metreküp civarındadır.

Sanayileşmiş bir çok ülkede atıksu çamuru içinde hangi maddelerin bulunduğu ve bunların miktarı analiz ve örnekleme tartımlarla belirlenmektedir. Analizle belirlenen maddeler şunlardır: pH, su içeriği, organik madde miktarı, total azot, fosfor, potasyum, magnezyum, kurşun, nikel, kadmiyum, cıva, bakır, çinko ve buna benzer maddeler. Bu maddelerin miktarı ülkelere göre %100 farklı olabilmektedir. Bu çamurun asitliği pH=4.2-8.0 arasında değişmektedir. Atık çamurlara ait kuru maddelerin yarısını organik maddeler oluşturmaktadır. Bu çamurların genel olarak azot, fosfor ve kalsiyum miktarları yüksek, potasyum ve magnezyum içerikleri çok düşüktür. Bazen ağır metaller de yüksek oranlarda bulunabilmektedir. Bu gibi hallerde, bunların yokedilmeden bitkiler için kullanılması doğru değildir. Bu atıksu çamurlarındaki kuru maddenin %24 üne kadar yağlar, %22 sine kadar proteinler ve

%3-6 oranında değişen selüloz ve yarı selülozlar ile ligninler bulunmaktadır (Fiedler 1990 ile karşılaştırınız).

Atıksuların arıtılmasından sonra kalan atıksu çamurundaki yabancı madde ve ağır metal miktarları atıksuyun orijinine göre değişir.Örneğin evsel atık suların çamurları ile endüstriyel atık suların çamurları arasında bu bakımdan önemli farklar bulunmaktadır. (Çizelge 8 ile karşılaştırınız) Çizelgenin incelenmesinden kolayca anlaşılacağı üzere tipik ev idaresi atıksularının temizlenmesinden sonra artakalan atıksu çamuru, evsel ve endüstriyel atıksu karışımının arıtılmasından sonra kalan çamurdaki maddelere kıyasla daha düşük madde yoğunluğuna sahiptir.Ayrıca, çizelgede çarpıcı bir husus da ,atıksu çamurundaki miktar bakımından dominant maddenin çinko olmasıdır.

Çizelge 8. Bazı atıksu çamurlarından gr/ton (ppm) olarak belirlenmiş bulunan ağır metal miktarları (Jorgensen andJohnsen 1989)

	Cr	Ni	Co	Zn	Cd	Cu	Pb	Mg	Ag
Tipik evsel atıksu çamuru	42	20	6	1380	7	123	218	5	13
Evsel-Endüstriyel atıksu karışımı çamuru	163	33	10	3665	10	514	317	33	100

Atıksu çamurlarının bitki yetiştirmede kullanılabilmesi için bir takım sınırlayıcı faktörler bulunmaktadır.Bunların başlıcaları aşağıda verilmiştir:

- Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri
- Bir hektara verilecek çamur miktarı
- Patojen organizma yoğunluğu

Bu sınırlayıcı faktörler için birçok ülkede normlar geliştirilmiş ve uygun önlemler alınmıştır.Örneğin,yoğun patolojik organizmaların bulunduğu atıksu çamurları yakılmak veya kalsiyum hidroksitle muamele edilmek suretiyle patojen organizmalar elimine edilmektedir.

Atıksu çamurları genel olarak patojen bakterileri, virüsleri, parazit bazı solucan türlerini içermektedir. Bunlar özel olarak bir işlem görmezlerse, sağlık bakımından endişe vericidir ve hastalık aşılayabilirler. Çamurda ayrıca bazı kuşkulu organik maddeler de bulunmaktadır. Bütün bu açıklamalar, bu çamurun bitki yetiştirmesiyle ilgili olarak toprakta kullanılmasında, insan sağlığının güvence altına alınması bakımından bazı hijyenik normların ortaya konmasını zorunlu kılmaktadır. Birçok ülkelerde bu normlar belirlenmiş olup, hukuksal açıdan bağlayıcı nitelik taşımaktadır. Bu ülkelerde arıtma tesislerinde atıksu çamurları analizlerinin (bitki besin maddeleri ve 7 tane ağır metal) ve bunların verileceği toprakların analizlerinin (pH-değerleri, 7

ağır metal) yapıp, sonuçlar resmi dairelere sunulmakta ve burada değerlendirildikten sonra kullanmaya izin verilip verilmeyeceği hususunda bir karara varılmaktadır. Bir örnek olarak, atıksu çamurunda bulunabilecek ağır metallerin sınır değerleri bir çizelge halinde verilmiştir (çizelge 9).

Çizelge 9. Atıksu çamurunda bulunabilecek ağır metal sınır değerleri ve müsaade edilen çamur miktarları (Fiedler 1990).

Ağır metal cinsi	Çamurdaki sınır değerler mg/kg kuru madde			Müsaade edilen çamur miktarı ton-kuru madde/ha		
	A	B	C	A	B	C
Pb	1200	1000	750	3 yılda	yılda	yılda
Cd	20	30	25	5 ton	2.5 ton	5 ton
Cr	1200	1000	650	veya		veya
Cu	1200	1000	750	her 5		her 3
Ni	200	200	250	yılda		yılda
Hg	25	25	15	10 ton		10ton
Zn	3000	3000	2500			
Mo	---	20	25			

A: Federal Almanya Cumhuriyeti Atıksu çamur tüzüğü 1982

B: Avusturya Atıksu çamur tüzüğü 1981

C: Demokratik Almanya Cumhuriyeti Atıksu çamur tüzüğü 1985

Atıksu çamurlarının ortadan kaldırılması ve toprak ile bitkilere olan etkilerinin de özel olarak açıklanması yararlı görülmüştür.

#### Atıksu Çamurunun Ortadan Kaldırılması

Atıksu çamurlarının ortadan kaldırılması için uluslararası yöntemlerden başlıcaları şunlardır:

- Depolama
- Yakma
- Denize boşaltma
- Bitki yetiştirmede kullanma

Bitki yetiştirmede, özellikle besin maddesi gereksinimi yüksek olan, bilhassa azot isteği çok olan ve uzun vejetasyon devresine sahip bulunan çapa bitkileri-tahıl rotasyonu yapılan kültürlerle önerilmektedir. Bunlara örnek olarak öncelikle yem ve şeker pancarı, mısır ve yeşil gübreleme için öngörülen ara ürünler verilebilir. Bundan başka ilkbaharda doğrudan doğruya buğday, çavdar ve arpa tarlalarına

verilebilmektedir. Kavak plantasyonları için de değerlendirilebilmektedir. Sebze ve meyveler için bazı sınırlamalar yapılmaktadır.

#### **Atıksu Çamurunun Toprak ve Bitkilere Etkisi**

Uzun yıllardan beri (20-25 yıl) yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre atıksu çamuru ile gübrelenen topraklarda verimliliğin arttığını gösteren sayısal değerler bulunmaktadır. Özellikle toprakların su tutma kapasitesi, kırıntı dayanıklılığı, katyon değişim kapasitesi, besin maddesi ekonomisi ve organik madde miktarı bakımından olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. Fakat öbür yandan da, arzu edilmeyen ağır metal birikiminin meydana geldiği, fakat bunların dozunun besin maddesi veya yem normlarının henüz üzerine çıkmadığı bildirilmektedir.

Yapılan uygulamalardan elde edilen sonuçlara göre şeker pancarı, patates, buğday, çavdar ve arpa ile yeşil gübre ürünlerinde, atıksu çamuruna bağlı olarak sürekli bir artış meydana geldiği açıkça ortaya çıkmıştır. Fakat bu sonucun alınmasında azot ve potasyum gübrelenmesi ile desteklemenin önemli etkisi olduğu belirtilmektedir.

#### **4.1.2.4. Atıksu ile Toprakların Sulanması**

Arıtma tesislerinde atıksuların zararsız hale getirilmesinin alternatifi olarak, atıksuların tarım ve orman topraklarına yağmurlama veya püskürtme yöntemiyle verilmesi şeklinde uygulamalar yapılmaktadır. Doğal-biyolojik form olarak atıksuların toprakla işleme sokulması, değerli bir "atıksu temizleme yöntemi" olarak güncelliğini din olduğu gibi bugün de koruduğu vurgulanmaktadır (Fiedler 1990). Böylece gerek ev idaresi gerekse kamu atıksuları zararsız bir şekilde değerlendirilmiş olmaktadır. Yapay-biyolojik atıksu temizleme yönteminde, etkili olarak yalnız organik maddeler ve mikrobik canlıların sayısı bir değişime uğramaktadır. Atıksuların toprakla işleme sokulması (doğal-biyolojik temizleme) durumunda ise, atıksu içindeki bütün maddeler çok kapsamlı bir değişikliğe uğrarlar. Fakat toprağın bu fonksiyonunu yerine getirebilmesi için, biyolojik aktivitesi ve fiziksel, kimyasal etkinlik sınırları asla zorlanmamalıdır, aşılmalıdır. Bunun dışında atıksuyun tarım alanlarına verilmesiyle, atık suları zararsız hale getirmekle beraber, bu sudaki besin maddeleriyle organik maddelerden toprağın yararlanması da sağlanmış olur. Böylece atıksuların toprakla işleme sokulmasıyla şu avantajlar sağlanmış olur:

- Atıksular temizlenmiş olur.
- Toprakta sızıntı suyu birikimi arttırılır.
- Bitkisel ürün ve toprak verimliliği artar.

Bütün bu nedenlerle, atıksuyun tarım alanlarına verilmesi etkili ve yararlı bir yöntem olarak görülmektedir. Gerçekten, Almanya'da bu yolla ürün artışının, çayır ve mera topraklarında %80-150, tarım topraklarında %30-50 arasında olduğu belirlenmiştir.

Atıksuların toprakla işleme sokulmasının bazı uygulama koşulları vardır. Bunlar sağlık bakımından, teknik ve teknolojik olanaklar ve lokal durum bakımından olan koşullardır. Örneğin lokal arazi şekli ancak düz olursa, yağmurlama yöntemiyle atıksu, topraklara verilebilir. Bu toprakların aynı zamanda büyük bir infiltrasyon kapasitesine ve perkolasyon yeteneğine sahip olması gerekir. Ayrıca, atıksuların doğal biyolojik yolla kullanılması veya işleme sokulması için, özellikle bazı etkili faktörlerin de dikkate alınması gerekir. Bunların en önemlileri aşağıda verilmiştir.

- Tarlada birim alana düşecek atıksu miktarı
- Birim alana düşecek, atıksu içeriği madde miktarları
- Arazi yüzü şekli (reliyef) koşulları
- İklim özellikleri
- Yetiştirme ortamı koşullarına uygun değerlendirme alanlarının bulunması

Sanayileşmiş ülkelerde bu koşullar için sınır değerler veya belirli karakteristikler, sayısal değerler olarak belirlenmiş ve bunlar yönetmeliklere veya tüzüklere geçmiştir.

Örneğin, merkezi kanalizasyon ağına bağlanan nüfus sayısı 500-80.000 arasında ise, ev atıksuları toprakla işleme sokulabilmektedir. Ayrıca, ancak belirli endüstri kuruluşlarının atıksularına (şeker ve nişasta fabrikaları, biraханелер, sütханелер ve mezbahalar) müsaade edilmektedir. Bunun dışında atıksular, nitelik bakımından 5 sınıfa ayrılmıştır (çizelge 10)

Çizelge 10. Atıksuyun sulama suyu olarak kullanılabilmesi için kimyasal niteliklerine ilişkin sınır değerler (Fiedler 1990).

İçerdiği maddeler	sembol	En yüksek değerler (mg/lt)				
		Suların nitelik sınıfları				
		1	2	3	4	5
Potasyum	K <sup>+</sup>	100	250	350	500	600
Magnezyum	Mg <sup>2+</sup>	125	300	450	600	700
Sodyum	Na <sup>+</sup>	150	300	400	500	700
Bikarbonat	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	150	300	700	1000	1500
Klorür	Cl <sup>-</sup>	150	400	800	1200	2000
Nitrat	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	150	300	450	500	1000
Sülfat	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	180	600	1200	1800	2700
Arsenik	As	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Kurşun	Pb	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Kadmiyum	Cd	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
Krom	Cr	0,5	0,5	0,5	0,75	1,0
Kobalt	Co	0,2	0,2	0,2	0,3	0,4
Demir	Fe	1,0	10,0	20,0	50,0	100,0
Bakır	Cu	0,5	0,5	0,5	0,75	1,0
Mangan	Mn	0,5	2,0	5,0	7,5	10,0
Nikel	Ni	0,2	0,2	0,5	0,75	1,0
Civa	Hg	0,005	0,005	0,01	0,01	0,01
Çinko	Zn	3,0	3,0	3,0	4,5	6,0
Bor	B	0,5	0,5	0,5	0,75	1,0
Cyanid	CN	0,3	0,4	0,5	2,0	3,0
Deterjan	---	1,0	20,0	50,0	150,0	150,0
Monofenol	---	0,1	0,5	1,0	5,0	150,0
Total Fenoller	---	0,1	1,0	10,0	100,0	250,0
BOI	---	10	20	100	2000	5000
pH-değeri		6,8-8,0	5,5-8,0	5,0-8,0	5,0-8,5	4,5-9,0
Elektriki geçirgenlik		450	1500	3000	4500	6000
Total tuz (mg/lt)		300	1000	2000	3000	4500

Bunlardan 1 ve 2. sınıf atıksular hiçbir sınırlama getirmeden seralar ve açıkalan toprakları için kullanılabilir. 3-5. sınıf sulama suları bazı sınırlanmalarla kullanılabilmektedir. Bunlar için her ülke kendine göre yasal düzenlemeler yapmıştır. Örneğin, atıksulardan sağlık açısından yüksek derecede infeksiyon tehlikesi olanları, ne tarım, ne de orman topraklarında kullanılamazlar. Çizelgede verilen değerlerden özellikle ağır metal tuzları, herbisidler, deterjanlar, klorür ve sülfatlar hem bitki, hem de toprak mikroorganizmaları için zehir etkisi yaptıklarından, bunlar için çizelgede verilen en yüksek değerler hiç bir zaman geçilmemelidir. Kent atık sularında her metre küp için besin maddeleri yaklaşık olarak şöyledir: azot: 50-100 gr., fosfor: 10-30

gr., potasyum: 10-40 gr., kalsiyum: 30-80 gr., magnezyum: 5-20 gr. (Fiedler 1990). Atıksular genellikle alkalen reaksiyondadır ve iyi bir şekilde tamponlanmıştır.

Yağmurlama ile toprağa verilecek atıksu miktarları da Fiedler (1990)'a göre şöyledir:

<u>Yağmurlama alanı toprak türleri</u>	<u>Yıllık yağmurlama miktarı (mm.)</u>	<u>Bireysel yağmurlama miktarı (mm.)</u>
Hafif topraklar	400 - 800	40 - 60
Orta tekstürlü topraklar	200 - 500	30 - 40
Ağır topraklar	100 - 300	20 - 30

**Hafif topraklar:** Kum toprakları, balçıklı kumlar, bazı kumlubalçık toprakları.

**Orta tekstürlü topraklar:** Toz toprakları, toz balçığı, balçık, kumlu killi balçık, v.b.

**Ağır topraklar:** Tozlu kil, kumlu kil ve kil toprakları, killi balçık toprakları.

Atıksu miktarlarının bu şekilde sınırlandırmasının birçok nedenleri vardır. Bunların başlıcaları şunlardır:

- Bitki tarafından yararlanılamayan sızıntı suyu miktarını azaltmak.
- Toprağın tarla kapasitesini geçmemek.
- Evapotranspirasyonu hesaba katmak.

Bunaya kadar açıklanan faktörler göz önünde bulundurularak atıksularla yapılacak sulamalar, hem atıksuyun doğal-biyolojik yolla temizlenmesini, hem de toprak verimliliğinin artırılmasını sağlayacaktır. Bu sonuca varabilmek için atıksularla sulanan topraklarda ne gibi değişimler meydana gelebileceğini çok iyi bilmek gerekir. Bu hususta gerekli bilgiler aşağıda verilmeye çalışılmıştır.

#### 4.1.2.5. Atıksularla Sulanan Topraklarda Fiziksel ve Kimyasal Değişimler

Atıksularla yapılan sulamanın, toprak özellikleri üzerinde ne gibi etkiler meydana getirdiği hususunda bir yargıya varabilmek için, sulama teknolojilerine göre meydana gelebilecek değişimleri ayrı ayrı incelemek gerekir.

#### Yağmurlama ile Sulamanın Etkileri

Yağmurlama, atıksuların tarım alanlarına verilmesinin en elverişli şeklidir. Bir defalık sulamada 50-60 mm ve yıllık toplam olarak 800 mm.yi geçmeyen yağmurlama şeklindeki sulama, toprakta kalıcı olarak hiç bir strüktür bozulması meydana getirmez. Eğer damla büyüklüğü ve suyun dağılımı normlara uygun değilse, yüzeye yakın yerlerde geçici olarak strüktür zararları meydana gelebilir. İki sulama arasındaki süre, hava durumuna göre 6-14 günden az olmalıdır.

Atıksu yağmurlaması ile toprağa özellikle Na, Cl, N, K, P, Ca ve Mg verilmiş olmaktadır. Toprak asitliğinin pH=8 civarında olduğu hallerde, toprak çözeltisinde sodyum, amonyum ve klor iyonları çoğunluktadır. Klor iyonları topraktan kolayca yıkanır. Çözeltide bol miktarda sodyum iyonu bulunması halinde, bu sorbsiyon kompleksindeki potasyum ve kalsiyum iyonları ile yer değiştirerek, değişim kompleksini sodyum ile doyurur. Atıksu ile gelen fosfor ise %40 a kadar katı maddelere bağlıdır. Onun için toprağın 30 cm.lik üst kısmında birikir. Organik olarak bağlı azot, humus tabakasındaki süzekte kalır. Amonyum azotu ise toprak çözeltisinde artar. Yağmurlama biter bitmez, şiddetli bir nitrifikasyon başlar ve sızıntı suyuna bol miktarda nitrat iyonu geçer. Sızıntı suyunun nitrat içeriği, bitkilerin çok miktarda azot alması veya verilen atıksu miktarının azaltılmasıyla düşebilir.

### **Püskürtme ile Sulamanın Etkileri**

Topraklara atıksuyun püskürtme şeklinde verilmesi, strüktür zararlarını artırır. Özellikle toprak işleme derinliğine kadar olan kısmında gözenekliliği azaltır. Diğer olumsuz sonuçlar arasında kil taneceklerinin istiflenmesi, karbonatların yıkanması ve fulvo asitlerinin artması sözkonusu olabilir. Atıksuların fazla tuz içermesi halinde toprağın disperzleşmesi artmaktadır. Püskürtme ile yapılan sulama sonucunda toprağın redox potansiyeli düşmektedir. Çünkü şiddetli bir mikroorganizma faaliyeti sonucunda çok oksijen harcanır. Kısa süreli bir durgunluk olması halinde, birkaç saat içinde oksijen miktarı yeniden artar. Peryodik oksijen azlığı, mangan azalmasına neden olabilir. Uzun yıllar püskürtme ile yapılan sulama sonunda alt toprak, humus bakımından zenginleşir. Aynı şekilde hem besin maddeleri, hem de zararlı maddeler alt toprakta artar. Zararlı maddelerden özellikle ağır metallerin artması halinde, toprak kireçlenerek pH-değeri 7-nin üzerine çıkarsa, hem ağır metaller bağlanarak hareketsiz hale getirilir, hem de fosfor yıkanması önlenir. Gelişmiş ülkeler orman topraklarını da atıksu ile işleme sokmaktadır. Bizde böyle bir uygulama olmadığı için ayrıntılı bilgi verilmeyecektir.

Almanya'nın Freiburg kentinde bahçe bitkilerinin atık sularla ve püskürtme yoluyla sulanmasından elde edilen sonuçların burada özet olarak verilmesinde yarar görülmüştür. ( Trüby und Raba 1990 ).

- Toprak ağır metaller bakımından zenginleşmiştir.
- Sebzelerin yaprak ve yumru kısımlarında ( havuç, turp gibi )çinko ve kadmium önemli derecede birikmiştir.
- Özellikle ıspanak, turp, göbek salatası normalin çok üzerinde kadmium almışlardır. Kadmiumun bitki bünyesinde bu şekilde önemli miktarlarda birikmesinin başlıca iki nedeni olduğu bildirilmektedir. Bunlardan birinin optimumun gelişme koşullarının bulunmaması, ikincisi de ağır metallerin, bitki tarafından alınmasının veiyasyon periyodu içerisinde büyük varyasyonlar göstermesidir. Hatta bu iki faktörün, topraktaki ağır metal yoğunluğunun etkisinden daha çok olduğu bildirilmektedir.



Söz konusu bu araştırmadan çıkartılan sonuçlara göre, özellikle kadmiyumun yapraklardaki yoğunluğuna bakılarak, sulama suyu ve topraktaki kadmiyum miktarı hakkında doğru bir yargıya varma olanağı yoktur.

### **Atıksu ile Sulamada Toprak Sağlığı Faktörleri**

Toprakların atıksu ile sulanması sonucunda hem toprağın besin maddesi ve organik maddelerinin arttığına hem de atıksuların doğal-biyolojik yolla temizlendiğine daha önce değinilmişti. Fakat bazı zararlı maddelerin de toprakta biriktiği veya hareket ettiği de açıklanmıştı. Şimdi bu olayların mekanizması ve koşulları üzerinde kısaca durulacaktır.

### **Toprağın Atıksuları Temizleme Etkisi**

Toprak tarafından atıksuların temizlenme derecesi toprak türüne göre değişir. Toprak türüne göre atık suların temizlenmesi aşağıda verilen sıraya göre artar:

Kum-humuslu kum-balçıklı kum-balçık. Diğer yandan kökler, toprağı oyucu organizmalar, toprak kuruması sonucu meydana gelen çatlaklar, sulama sularının bu kanallardan aşağıya doğru hızla akmasını sağlar. Bu gibi hallerde, toprakta yavaş yavaş süzülme olmadığından atık suların içindeki maddelerin tutularak temizlenmesi azalır.

Çözünmüş organik maddeler ise toprakta bir seri karmaşık reaksiyonlara uğrar.

Atıksuların toprak mikroorganizmalarına ait popülasyonlar üzerinde doğrudan doğruya veya dolaylı etkileri bulunmaktadır. Atıksular, yerli toprak mikroflorasını artırır. Su ile gelenleri de süzerek bunlara ekler. Atıksulardaki bakteri sayıları ise yerli mikroflora tarafından aktif bir şekilde azaltılır. Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, atıksular toprak biyolojisi bakımından, hayvan biyokütlesinin artması üzerinde genel olarak pozitif etkilere sahiptir.

Atıksular içinde bulunan hastalık yapıcı tohumların biyolojik aktivite ile yok edilmesinde en etkin rolü oynayan toprak kısmı, toprağın en üstteki organik horizonu ile, organik maddeler bakımından zengin humuslu üst horizonudur. Bu etkinlik toprak derinliğine doğru azalmaktadır. Humuslu toprak ortamlarında antogonist organizmalar, patojen organizmaların çoğalmasını engeller.

Atıksuların bazı koşullarda toprakta sorun çıkardığı bilinmektedir. Özellikle soğuk mevsimlerde, normalin üzerinde atıksu verilen yerlerde ve atıksuların yok edilmesi için boşaltma yapılan alanlarda atıksulardaki mikroorganizma tohumları ve mikrobik hastalık üreten canlılar, bazı sorunlar yaratmaktadır. Bu durum, özellikle 1000 mm.den çok su verilen yerlerde ve bitki örtüsünün bulunmadığı vejetasyon devresi dışındaki periyotlarda, toprağın sağlık durumunu önemli ölçüde bozmaktadır. Çünkü bu durumda toprağın içindeki biyolojik ayrıştırma koşulları tamamen

yok edilmiş demektir. Bu gibi durumlarda zararlı mikrop ve tohumlar 1 metre toprak derinliğine kadar inebilmektedirler.

### **Atıksuların Toprağa Verilmesiyle Taban Sularının Zarara Uğratılması**

Atıksuların toprağa verilmesi, taban sularının kirletilmesi tehlikesi olarak kabul edilmektedir. Taban suları ise içme ve kullanma suyunun kaynağıdır. O nedenle atıksuların toprağa verilmesine özellikle su üretim bölgeleri için bazı sınırlamalar getirilmiştir. İçme ve kullanma suları ve taban suları için zararlılar birbirinden farklıdır. Bütün sular için önemli zarar verici faktörler şunlardır: Bakteriler, virüsler, diğer mikroorganizmalar, ağır metaller, azot bileşikleridir. Taban suyu için zararlı faktörler ise:

- Endüstriyel ve kimyasal atıksular, cyanid, trichlorethylene
- Hastalık yapan atıksular
- Sıvı ahır gübresi, sıvı-katı-su karışımı ahır gübresi, diğer organik ve inorganik gübreler.

Atıksular, yukarıda sayılan atık maddelerin bir kısmını veya birçoğunu içerebileceğinden, gelişmiş ülkelerde su koruma zonları yönetmelik ve tüzüklerine göre, atıksuların toprağa verilmesinde bu zonlar için aşağıda açıklanan bazı kısıtlamalar getirilmiştir.

### **Su Koruma Zonu I ve II**

Su koruma zonu I, suyun elde edilerek içme veya kullanma suyu olarak sağlandığı arazi kısmıdır. II nolu zon ise, I. zonanın bitişiğindeki arazi zonedir. Bunun genişliği için ölçü şudur: Taban suyunun akış yolunda, I. zona kadar en azından 30-50 gün kalacağı genişlik veya uzaklıktır. Bu iki zonda atıksuyun toprağa verilmesi mutlak surette yasaktır.

### **Su Koruma Zonu III**

II. zona bitişik arazi kısmı olup, en uzak sınırı, su toplama havzasının yeraltı suyu sınırına kadar gider. Bu zonda atıksu boşaltılmasına müsaade edilmez. Yağmurlama veya püskürtme ile sınırlı bir alana sulama için atıksu verilmesi yetkili komisyonun iznine bağlıdır. Bu izin verilirken arazi yüzü şekli, toprak özellikleri v.b. lokal koşullar gözönünde bulundurulur.

### **Su Koruma Zonu IV**

İçme suyu alınan yere en uzak arazi kısmıdır. Bunun yayıldığı alanı, bütün yeraltı su toplama havzasıdır. Atıksuyun sızıntı halinde toprağa girmesi ve tabanın bu suyla temasa gelmesine sınırlı bir çevre için müsaade edilir.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere kirli suların toprağa zarar vermesi çok yönlüdür. Öte yandan kirli suların zararsız hale getirilmesi de bir zorunluluktur. O nedenle, özellikle gelişmiş ülkelerde insan ve diğer canlıların sıhhat ve sağlığına zarar vermeyecek şekilde kirli suların ortadan kaldırılması için teknoloji geliştirilmiş, yasal düzenlemeler yapılmıştır. Bu hususta göz önünde bulundurulan temel ilkelerin başında insan sağlığına zarar vermeyecek çözümlerin bulunup geliştirilmesi gelmektedir. Öte yandan da yapay-teknik temizleme veya doğal-teknik temizleme ile en ekonomik şekilde zararlı atıksuların ortadan kaldırılmasına çalışılmaktadır. Ülkemizde, arıtma tesislerinin bile çok yakın zamanlarda kurulduğu ve halen kurulmaya devam ettiği göz önünde bulundurulursa, teknik ve yasal bakımdan çözümlenmesi gereken birçok sorunun ortada olduğu açıkça görülür. Ülkemiz koşullarına göre en rasyonel yolun bulunması, ancak insan sağlığının en önde gelen koşul olarak dikkate alınması en doğru yol olarak görünmektedir.

#### 4.1.3. Tarımsal Aktivite ile Toprak Kirlenmesi

Topraklar, canlıların temel besin maddelerini üreten eşi bulunmaz bir doğal kaynaktır. İlerleyen teknoloji, yükselen yaşam düzeyi ve artan nüfus sayısı gibi nedenlerle topraktan olanaklar ölçüsünde çeşitli ve daha çok ürün almak için, toprağa olan tarımsal baskılar gittikçe artmış ve artmaya devam etmektedir. Bu nedenle de toprağın yapısında ve özelliklerinde bazı bozulmalar ve değişimler meydana gelmiştir. Bu sonucu doğuran tarımsal aktivitelerin başlıcaları gübreleme, sulama, hayvansal ve bitkisel zararlılarla mücadele için kimyasal maddeler kullanılmasıdır. Bunun dışında hayvan besiciliği büyük işletmeler haline dönmüş, hayvansal ve bitkisel ürünlerden bazılarını işleyen tarım endüstrisi büyük bir hızla gelişmiştir. Bütün bu aktiviteler sonucunda bazı zararlı maddeler meydana gelmiş, bunlar da toprağın yapı ve işlevlerinde istenmeyen bozukluklar meydana getirmiştir. "Toprak Kirlenmesi" olarak nitelenen ve toprakta meydana gelen bu olumsuz değişimlerin kaynağı olan başlıca faktörler şu şekilde sıralanabilir:

- Büyük çaptaki hayvan besiciliği ile büyük çiftliklerde meydana gelen katı ve sıvı atıklar,
- Toprağa verilen mineral gübreler,
- Hayvansal ve bitkisel zararlıları yok etmek için kullanılan kimyasal mücadele ilaçları (biyosidler),
- Tarım endüstrisine ait atık maddeler,

Tarımsal kökenli bu kirlenici faktör veya süreçlerin toprağı kirlenme şekilleri ve toprak özelliklerinde meydana getirdiği olumsuz değişimler aşağıda sırayla açıklanmıştır.

##### 4.1.3.1. Çiftlik Hayvanları Atıkları

Hayvansal protein gereksinimini karşılamak üzere, birçok ülkede hayvan besiciliği gittikçe gelişmiş ve gelişmektedir. Özellikle büyükbaş hayvan çiftlikleri ve

kümes hayvancılığı yaygın bir şekil almıştır. Buna koşut olarak, bunların dışkı halindeki katı ve sıvı atık maddeleri de çoğalmıştır. Örneğin, doğu ve batı Almanya birleşmeden önce, Doğu Almanya Demokratik Cumhuriyeti'nde yıllık katı ve sıvı ahır gübresi miktarının yaklaşık olarak 100 milyon ton, Almanya Federal Cumhuriyeti'nde ise 210 milyon ton civarında olduğu bildirilmektedir (Fiedler 1990). ABD'de 700 milyon çiftlik hayvanının, 2 milyar insanın ürettiği çöp kadar gübre meydana getirdiği ifade edilmektedir. Metabolizma olayları sırasında sığırlarda canlı ağırlığın % 8-9 u kadar katı dışkı ve idrar meydana gelmektedir. Bunların kırılgındaki mutlak kuru madde oranı % 9-11 arasında değişmektedir. Bu dışkılar, hayvanlara yenile verilen karbonlu maddelerin % 30-40 ını, verilen azotlu maddelerin de % 70 ını içermektedir. Böylece hayvan dışkıları azot bakımından zengin, karbon bakımından fakirdir. Azotun % 50 si idrarda çözünebilir halde, diğer yarısı da katı dışkı maddelerinde çözünmez halde bulunmaktadır.

Meydana gelen gübre miktarı, hayvanların canlı ağırlığını göre değişmektedir. Örneğin 400 kilo ağırlığındaki bir sığırın ortalama olarak günde 17 kg katı, 7 kg da sıvı olmak üzere 24 kg dışkı meydana getirdiği bildirilmektedir (Haktanır 1987). Ortalama değer olarak bir sığır hayvanı günde 6-50 kg arasında dışkı meydana getirebilmektedir.

Eskiden ahır gübresinin hemen hemen hepsi toprağa verildiği ve miktarı az olduğu için hiç bir sorun yaratmıyordu. Fakat zamanımızda yüksek miktarlardaki ahır gübresinin kendisi ve içerdiği inorganik ve organik maddelerin bazıları önemli sorunlar yaratmışlardır. Bugün bazı koşulların değişmesi nedeniyle büyük miktarlarda biriken ahır gübrelere nasıl yok edilebileceği veya değerlendirileceği, gerçekten büyük bir sorun haline gelmiştir. Çünkü bugün mineral gübrelere yüksek miktarlarda üretilmeleri, bunların göreceli olarak ucuz olmaları ve ahır gübresine kıyasla toprağa daha kolay verilebilmeleri ve ürün üzerinde daha kısa sürede olumlu etkiler meydana getirebilmeleri gibi nedenlerle, bunlar ahır gübresine tercih edilmektedir. Ayrıca ahır gübresi miktarı da eskiye kıyasla çok artmış bulunmaktadır. Çok önemli olan bu iki nedenle çiftlik gübrelere nasıl ortadan kaldırılacağı bir sorun haline gelmiştir. Çünkü katı ve sıvı halindeki bu hayvan dışkıları çok çeşitli organik ve inorganik bileşikler içermektedir (selüloz, hemiselüloz, lignin, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, B, Cu, v.b.). Ayrıca içlerinde çimlenme yeteneğine sahip yabancı ot tohumları ve patojen organizmalar da bulunmaktadır.

Ahır gübresinin en tehlikeli yanı, insan sağlığı bakımından önemli patojen organizmaları taşımaları ve içerdikleri bazı maddelerin veya bunların ayrışma ürünlerinin toprağı ve su kaynaklarını kirletmeleridir. Bu hususta azotla ilgili bir örnek verilirse, sorunun boyutları kolayca anlaşılır. A.B.D.de çiftlik hayvanlarının bir yıl içinde oluşturduğu azot miktarının  $8.10^8$  ton olduğu, bunun  $5.10^8$  tonunun su sistemine taşındığı bildirilmektedir (Haktanır 1987). Bu olay ekosistemlerde oksijen ktlığı yarattığı için çok önemlidir. Çünkü bu organik maddelere bağlı azotun mineralize olabilmesi için mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılması gerekir. Bunun için ise mikroorganizmalar bol miktarda oksijen harcar. Haktanır (1987) a göre, 30.000 veya daha büyük sayıdaki hayvanın atık maddelerinin ayrıştırılması için gerekli

biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), ekivalan olarak 200.000 insanın oluşturduğu soruna eşdeğerdir. Buna kümes hayvanları ve diğer ahır hayvanlarıyla üretilen atık maddeler de eklenirse sorunun büyüklüğü kendiliğinden ortaya çıkar. Hatta bu hususta hayvancılığın dolaylı yan etkileri de bulunmaktadır. Örneğin yeşil yem bitkileri silolarından süzen suların içerdikleri organik maddelerin ayrışması için de bol miktarda oksijene gereksinim bulunmaktadır. Bu oksijen miktarının, aynı miktardaki kentsel atıksulardaki organik maddelerin ayrıştırılması için gerekli oksijen ihtiyacının (BOİ) 100-300 katı kadar olduğu bildirilmektedir. Bu nedenle bu silo sızıntı sularının akarsu ve göllere verilmesi halinde, bu ortamda ani oksijen kıtlığı meydana gelebileceği ve bu nedenle kitle halinde balık ölümlerine rastlandığı ifade edilmektedir (Fiedler 1990).

Çiftlik gübrelerinin, kentsel atık suları temizleyen yöntemle arıtılmaması da sorunu güçleştirmektedir. Ayrıca çiftlik gübrelerinin yığılı olduğu yerde aerobik veya anaerobik ayrışma ile "kızıyım" olayı cereyan etmektedir. Bu olay sonucunda bazı zararlı ayrışma ürünleri meydana gelmektedir. Bunlar yüzeysel akış veya sızıntı sularıyla çevreyi ve yeraltı sularını kirletmektedir.

### **Gübrelerin zararsız hale getirilmesi için öneriler**

Hayvansal gübrelerin çevreye zarar vermesini engellemek için alınabilecek başlıca önlemler aşağıda açıklanmıştır:

- Depolama yeri bulunabiliyorsa, oralarda belirli tekniklere göre biriktirip ayrışmalarını sağlamak,
- Yetiştirme ortamına uygun yöntemlerle araziye dağıtmak,
- Kışın yeşil alanlara gübre olarak vermek,
- Diğer atık maddelerle kompost yapılarak, tarımsal gübre olarak kullanmak,
- Yakmak veya kurutmak,
- Biyogaz elde etmek için kullanmak,
- Aktif bentonitle karıştırarak daha yoğun, fakat daha az yer kaplayacak şekle getirmek. Böylece gübredeki azotun %60-90'ında adsorbsiyon yoluyla bağlanarak, amonyak halindeki azot kayıpları da engellenmiş olur.
- Çin'de uygulanan bir yöntemle göre gübreler balık gölü ve havuzlarına verilir. Gübrelerdeki ayrışmış organik maddeler zooplanktonlar tarafından yenir. Balıklarda bu zooplanktonları besin maddesi olarak yer. Böylece hem gübre zararsız hale getirilmiş, hem de çok iyi bir besin zinciri yaratılmış olur.

Buraya kadar açıklanan bu önlem veya yöntemlerin kendine özgü karakteristik ve uygulama teknikleri bulunmaktadır. Ancak, burada bu ayrıntılar üzerinde durulmayacaktır.

Bunlar içinde en çok uygulanan yöntem, atıkların taze halde ve homogen olarak araziye dağıtılmasıdır. Ahır gübrelerinin araziye dağıtılması, daha özel bir ifadeyle,

toprağın çiftlik gübresiyle gübrenmesi, hiç kuşkusuz büyük yararlar sağlamaktadır. Gerçekten, toprağa karıştırılan bu atık maddelerdeki organik ve inorganik bileşikler, toprak organizmaları ve kültür bitkilerinin beslenmeleri, toprak organik maddelerinin yenilenmesi için önemli işlevlere sahiptir. Bu maddeler toprakta biyokimyasal yolla ayrıştırılarak mineralize edilir, kısmen de humin maddelerine dönüştürülür. Böylece bu metaller için toprak, hiç bir doğal ortamda görülmeyen bir "geri kullanım mekanizması" görevi yapmaktadır. Bunun sonucunda da "toprak-bitki-hayvan-toprak" istasyonları arasında bir madde döngüsü çarkını işletmektedir. Gerçekten, çiftlik gübresi toprağın humus içeriğine, besin maddesi miktarına ve strüktürüne olumlu etkiler yapmaktadır. Yılda 5 ton/ha olmak üzere aynı miktarlarda çiftlik gübresi verildiğinde, toprağın humus içeriğinin 20 yıldan 40 yıla kadar sabit düzeyde kalabildiği araştırmalarla belirlenmiştir. Böylece çiftlik gübresinin toprağa verilmesiyle, toprağın verimliliğini kontrolü altında bulunduran özellikleri (strüktür dayanıklılığı, besin ve su depolama gücü, biyolojik aktivite, zararlılara karşı direnç) iyileşmektedir.

Ahır gübresi katı bir gübredir. O nedenle, içerdiği besin maddeleri sıkı olarak bağlanmış durumdadır; sıvı gübrelerde olduğu gibi toprağın derinlerine sızarak, derindeki toprak tabakalarını ve yeraltı sularını kirletmez. Toprağın azot miktarını artırır. Ancak topraklardaki bol azotun, bundan önce açıklanan sıkıncaların yanında, başka sıkıncaları da bulunmaktadır. Örneğin, toprak üstünde bitkisel ürünün bulunmadığı peryotlarda, topraktaki mikroorganizmalar tarafından amonyum azotu nitrifikasyonla nitrat azotuna çevrilir. Bu nitrat azotunu alacak bitkiler toprak üstünde bulunmadıklarından ve nitrifikasyonla meydana gelen nitrat azotu miktarı oldukça yüksek düzeylerde olduğundan nitrat iyonları, topraktan kolayca yıkanarak yeraltı sularına karışır ve suların niteliklerini bozar. Yukarıda da değinildiği gibi bu olay en çok hasat sonu olan sonbahar ve kış mevsimlerinde cereyan ederek çevreye zararlı etkiler yapar. Onun için bir önlem olarak gereğinden çok gübre verilmemeli ve gübreleme zamanı da sonbahar ve kış mevsimi olmamalıdır.

Diğer ülkelerde sivilaştırılmış ahır gübreleri de toprağa verilerek, gübreleme yapılmaktadır. Sıvı gübrelerin toprağa verilmesi, katı gübrelerin toprağa verilmesinden daha kolaydır. Fakat, akıcı olduğu için, içerdiği maddeler ile birlikte toprağın derin kısımlarına ve taban suyuna kadar sızıp, oralarda bazı sorunlar yaratması daha kolay olmaktadır.

Sıvı haldeki ahır gübresi, normalin üzerindeki miktarlarda toprağa verilirse veya toprağa homogen olarak dağıtılmaz ise, arazi eğimi yönünde yüzeysel akışla ve sızıntı suyu olarak geniş bir çevreyi kirletebilmektedir. Ayrıca nitrifikasyonla meydana gelen zararlı sonuçlar, sıvı gübreler için de geçerlidir. Bunun dışında, sıvı gübrelerde bol miktarda fosfor bileşikleri de bulunduğundan taban ve direnç sularına fazla miktarda fosfor bileşikleri katılarak ötrifikasyon yoluyla zararlı etkiler meydana getirebilir. Özellikle organik madde bakımından zengin topraklarda sıvı gübrelerin bu zararlı etkileri daha çok olur. Böylece suların niteliği bozulur. Sıvı gübrelerin toprakta meydana getirdiği olumsuz etkilerden biri de toprağın baz doygunluk oranını bozmasıdır. Bu da şu şekilde olmaktadır: Nitrat iyonu bakımından zengin topraklarda

toprak çözeltilisi, iyon değişimini hızlandırır. Böylece toprakta tutulmuş bazı katyonlar toprak çözeltilisine geçer ve oradan da yıkanıp gider. Bu yolla toprağın asitlik derecesi de artırılmış olur.

Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, sıvı gübreler toprağı bakır ve çinko bakımından baskı altına almaktadır. Yükselen bakır miktarının, özellikle koyun otlaklarında kritik zarar sınırına kadar çıktığı belirlenmiştir (Fiedler 1990).

Bu akıcı gübre içinde patojen bakterilerin bulunabildiği, ancak bunların toprakta yaşama şansının bulunmadığı bildirilmektedir. Eğer gereğinden çok sıvı gübre verilirse, bu gübrenin topraktaki bazı mikroorganizmaları (Mikroarthropod ve Lumbricid popülasyonları, v.b.) birey ve tür sayısı bakımından ciddi ölçülerde değiştirdiği belirlenmiştir.

Toprağı verilecek çiflik gübrelere meydana getirebileceği zararları azaltabilmek için şu önlemler önerilmektedir (Fiedler 1990):

- Hayvan sayısını sınırlama. Bunun için ölçü birimi, hektara iki büyükbaş hayvan birimi (1 birim=1 ton canlı ağırlık) düşmelidir. Bu sınırın geçilmesi güvence altına alınmalıdır.
- Gübrenin verilme zamanı ve verilecek miktar, birim alan için belirlenen miktarı geçmemelidir.
- Gübreleme, nitrifikasyon için en elverişsiz olan mevsimde yapılmalıdır.

Bu sayılan önlemler, gübrenin tarımsal açıdan yararlanma şeklinde, mevcut gübre miktarının azaltılması veya tamamen ortadan kaldırılması söz konusu olduğunda geçerlidir. Ancak daha önce de açıklandığı gibi gübre varlığının zararsız hale getirilmesi için başka yöntemler de uygulanmaktadır. Bu yöntemler konunun teknik yönünü oluşturduğu için, bunlara ait ayrıntılı bilgi verilmemiştir.

#### 4.1.3.2. Mineral Gübrelere Toprak Kirlenmesi

Bitkisel ürünle götürülen ve kök ortamından yıkanmayla uzaklaşmış bulunan besin maddelerini tamamlamak için toprağı mineral gübreler verilir. Artan nüfusa bağlı olarak mineral gübrelere üretimi ve kullanımı da gün geçtikçe artmaktadır. Mineral gübrelere bitkisel madde üretimi % 50 oranına kadar artırılabilir. Eğer mineral gübreler, bitkinin isteğine ve toprak özelliklerine uygun olarak verilirse, mineral gübrelere ilgili olarak toprakta önemli sorunlar meydana gelmez. Uygun mineral gübre miktarının belirlenmesinde, bitki cinsi, toprak özellikleri ve lokal ekolojik koşullar (iklim, reliyef) ölçü olarak alınmaktadır. Bu hususta toprak ve bitki analizlerinden önemli ölçüde yararlanılarak, lokal gübreleme dozları için haritalar ve raporlar düzenlenmektedir.

Toprak, biraz önce açıklanan faktörler dikkate alınmadan ve aşırı dozlarda, yanlış seçilmiş mineral gübrelerle gübrelenirse, yarar yerine zarar getirmektedir. Gübrelerin bazıları doğadaki ham kaynaklardan elde edilmektedir. Bu kaynaklar, toprak ve bitki için zararlı bazı mineral maddeleri içerebilmektedir. Bu şekildeki ham madde kaynaklarından elde edilmiş mineral gübreler, içlerindeki zararlı mineraller ayrılmadan toprağa verilirse, toprak bu maddelerden zarar görür. Çünkü bu zararlı maddeleri çözünmez halde kendine bağlamış topraklar, erozyon ve yıkıntıyla çevreye yayılırsa, içindeki zararlı maddeler, yayıldıkları ortamı kirlitebilirler. Bu gibi maddelerin taşınması çok kolay ve önemli miktarlarda olmaktadır. Örneğin, tarım ve orman topraklarından 1 mm kalınlığında bir tabakanın taşınmasıyla bir hektarlık topraktan 10 kg fosfor, 20 kg azot, 100-200 kg karbonun kayba uğradığı bildirilmektedir (Fiedler 1990).

Tarım alanlarında verimliliği artırmak için özellikle azotu, fosforlu ve potasyumlu gübreler kullanılmaktadır. Bu gübreler, olanaklar ölçüsünde fazla ürün alabilmek için bilinçsizce aşırı miktarlarda toprağa verilmektedir. İşte topraklarda mineral gübre kullanmından doğan sorunların kaynağını, aşırı dozda gübre kullanma alışkanlığı oluşturmaktadır. Böylece hem gereksiz ekonomik kayıplar meydana gelmekte, hem de toprak ve su kirlenmesiyle ilgili önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır.

Mineral gübreler içinde, özellikle azotlu ve fosforlu gübreler, toprak kirlenmesinde önemli roller oynamaktadırlar. O nedenle bu iki gübrenin kimyasal bileşimleri, toprakta bağlanma şekilleri, bitkiler tarafından alınabilirlikleri, toprakta yıkanma olanakları üzerinde durulması yararlı görülmüştür.

### **Azotlu Gübrelerin Neden Olduğu Toprak ve Çevre Kirlenmesi**

Azot ,tarım ve orman ürünlerinin miktarını artıran,bitki gelişimini sınırlayan önemli besin elementlerinden biridir. Bitki beslenmesi bakımından önemli olan husus, topraktaki azot rezervleridir.Toprak çözeltisindeki azot rezervlerinden nitrat ve amonyum,azotun iyon değişimini sürekli olarak gerçekleştirdiği anyon ve kation bileşimlerindeki kısımlardır. Ancak, son yıllarda, azotun bitkisel ürünleri artırmasından dah önemli olan iki rolü ortaya çıkmıştır.Toprakta meydana gelen ve azot bileşiklerinin kimyasal dönüşümü ile ilgili olan iki süreç,cevre niteliğini sürekli olarak tehdit etmektedir.Bunların neler olduğu aşağıda açıklanmıştır(Stahr,Rück ve Lorenz 1992 ile karşılaştırınız):

Ammonyum azotu,toprakta adsorbsiyonla tutulmasına karşın,nitrat azotu tutulmaz.Bu nedenle de toprağın sızıntı suları tarafından toprağın derin tabakalarına ve tabansularına kadar taşınarak suların niteliğini bozar. Buna, "suların ötrifikasyonu" da denmektedir.Sulardaki yoğunluğu belli bir miktarı aşan nitrat iyonları,canlıların sıhhat ve sağlığı üzerinde,önemli derecede zararlar meydana getirebilmektedir. Ayrıca,topraktaki ammonyum azotu da ,nitrifikasyon olayı ile nitrat azotuna dönüşebilmektedir.Nitrat azotu da toprak mikroorganizmaları tarafından azot dioksit ve azot monoksit bileşikleri ile serbest elementer azot haline dönüştürülmektedir. Bunlar kolayca atmosfere karışabilmektedirler. Bunlardan azot



dioksit ve ıslak topraklardan atmosfere karışan amonyak, güneş ışınları ve diğer iklim öğeleri tarafından fotokimyasal reaksiyonlara sokularak ozonu ayırıştırılmaktadır. Böylece zararlı ultraviyole ışınlarının kalkması görevini yapan ozon tabakasının tahrib edilmesine yol açılmaktadır. Veya yeşil bitkilerin üst yüzeyinde bazı zararlar meydana getirmektedirler. (Wölfelschneider und Feger 1993).

Yukarıda açıklanan süreçlerle organik azot, mineral azota dönüşmüş olmaktadır. Böylece bu iki süreç, organik azot bileşiklerinin mineral azota dönüşmesi için önemli bir transfer işlevi görmektedir. O nedenle, azotun mineralize olması olaylarının hangi koşullarda ve ne derecede cereyan edeceğini önceden tahmin veya belirleyebilme büyük bir önem taşımaktadır. Bu konuda birçok araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, "gübreleme", "toprak işleme", "ürün çeşidi ve hasat işlemleri" önemli fonksiyonel veriler olarak kabul edilmektedir. Bunlara dayanarak, mineral azot gübrelere ile toprakta meydana gelecek zararların azaltılması için gerekli uygulamalar yapılmaktadır. Örneğin azotla gübrelemenin sınır değeri 20 kg/ha/yıl olarak belirlenmiştir. Bu miktar birçok Avrupa ülkesinde atmosferik azot depolanmasıyla toprağa ulaştığından, birçok yerlerde toprağın azotla gübrelenmemesi gerektiği konusu gündeme gelmiş ve bazı ülkelerde uygulanmaya başlanmıştır. Aynı şekilde yeraltı su rezervlerinin kirlenmesini sağlayan nitrifikasyon olayının azaltılabilmesi için, gerekli koşullardan biri olan toprakların amonyum sülfatla gübrelenmesi, bunun tam aksine nitrifikasyonu arttıran kireçle gübreleme yapılmaması şeklindeki öneriler de, bu konuda yapılan araştırmalardan elde edilen bulgulara dayanarak tavsiye edilmektedir (Wölfelschneider und Feger 1993).

Yeraltı su rezervlerinin niteliğini bozan nitrat azotunun meydana gelişi ve işlevleri üzerinde rol oynayan faktörler, yukarıda değinildiği gibi sadece gübreleme olmayıp "toprak işleme", başka bir anlatımla nadasa bırakmama, yetiştirilecek ürün çeşidinin seçimi de önemli roller oynamaktadır.

Örneğin kara nadasa bırakılmış bir toprakta nitrat yıkanması, ardi ardına 2-3 ürün yetiştirilen tarım topraklarına kıyasla 2-3 kat daha çoktur. Bu da topraktaki bitki örtüsünün, nitrat yıkanmasını önemli ölçüde azalttığını göstermektedir. Yapılan araştırmalar, toprağa ürün ekilerek, ürün ekilmeyen hallerde meydana gelen nitrat yıkanmasının % 60 a kadar azaltılabileceğini göstermiştir (Fiedler 1990). Bu husus çok önemlidir. Çünkü azotun nitrat formundaki bileşiği ister bitkisel besinlerle ister içecek su yoluyla insan bünyesine girmiş olsun, önemli derecede sağlık sorunları yaratabilmektedir. Bazı araştırma sonuçlarına göre, litresinde 50 mg'dan çok nitrat bulunan suların, süt çocuklarında ölüm olayları meydana getirdiği bildirilmektedir (Kreutzer 1981).

Azotlu gübrelerin toprağa vermiş oldukları zararlardan bir başkası da, asit karakterli olanlarının, toprağın asitlik derecesini yükseltmesidir. Gerçekten, asit topraklara amonyumsülfat gübresi verirse, asitlik derecesi daha da yükselir. Bu ise, topraklarda bazı besin maddelerinin alınmaması, asit kanyonların zehir etkisi yapacak derecede artması, mikroorganizma faaliyet ve yaşamlarını sınırlaması gibi olumsuz etkiler ve zararlar meydana getirmektedir. İnsanlarda A-vitamini noksanlığı,

hayvanlarda üreme güçlüğü, yavru atma ve süt üretimi azalması gibi sorunların, sulardaki azot yoğunluğu ile yakından ilişkisi olduğu bildirilmektedir (Haktanır 1987). Ayrıca bol nitrat iyonu içeren suların, akarsular ve göllere karışması halinde, azotun fosforla birlikte, sulardaki bitkisel biyolojik kütle için hızla artmasına neden olduğu bilinen bir gerçektir. Sulardaki oksijen miktarı, bu yüksek miktarlardaki biyolojik kütle için ayrıştırılmasına yetmemektedir. Bunun sonucunda sulardaki bu bitkisel materyal anaerobik koşullarda ayrışmakta ve zararlı, hatta zehirli bir takım atık maddeler (metan gibi) meydana gelmektedir. Oksijen kısıtı, sulardaki diğer canlıların ölümüne neden olmaktadır. Ötrifikasyon (eutrophication) denen bu olayla sularda nitrojen ekolojik denge böylece bozulmuş olmaktadır. Bu gibi hallerde, kitle halinde balık ölümleri meydana gelebilmektedir.

Azot gübrelere, ure'de azot, amid ( $-NH_2$ ) şeklinde bağlıdır. Ure azotlu gübre toprağa verildiğinde, amid grupları önce amonyuma, daha sonra da toprak çözeltisi ile reaksiyona girerek amonyuma dönüşmektedir. Açıklanan bu madde dönüşümü nedeniyle, gübredeki azot miktarının % 20 sine kadar olan kısmı çözünmez bir şekilde toprak organik maddelerine bağlanır, % 10 kadarı da elementer azot olarak gaz halinde kaybolur.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan anlaşılacağı üzere çeşitli formlardaki azot bileşiklerinin her biri, toprakta belirli reaksiyonlarla değişime uğramakta ve bazı zararlı sonuçlar meydana getirmektedir. Bütün bunlara karşı alınabilecek önlemler: Aşırı dozda azot gübresi kullanmama, toprak özellikleri ve kültür bitkisinin cinsine uygun azot gübresi türünü seçme, gübreleme sonuçlarını analizlerle sürekli bir şekilde izleyerek kontrol altında bulundurmaktır.

### **Fosforlu Gübrelere Neden Olduğu Kirlilik**

Fosforlu gübrelere toprağa ve çevreye vermiş olduğu zararlar ve meydana getirdiği kirlilik iki şekilde gerçekleşir. Bunlardan biri, daha önce açıklanan ötrifikasyon olayını meydana getiren sulara karışması sürecidir. İkincisi de, yüzeyel akış suları ve erozyonla götürülen topraklarla, fosforlu bileşiklerin geniş alanlara yayılmasıdır. Özellikle ötrifikasyon olayı, tüm ülkelerde önemini ve güncelliğini korumaktadır. Bu nedenle de fosfatlı gübre maddelerinin toprakta meydana getirdiği değişimler sürekli izlenmekte ve incelenmektedir.

Toprak çözeltisinde fosfat son derece düşük yoğunluktadır. Genellikle 1 ppm'den azdır. O nedenle tarım ve ormancılık yapılan yetişme ortamlarında, sızıntı suyu ile yıkanıp götürülen fosfor miktarı çok azdır. Bu miktarın 0.2-0.4 kg P/ha/yıl olduğu bildirilmektedir (Fiedler 1990). Bunun nedeni şu şekilde açıklanabilir: Fosforlu gübrelere, topraktaki fosfor açığı giderilir. Böylece kültür bitkilerinin gereksinimi olan fosfor sağlanmış olur. Bitki tarafından kullanılmayan fosfor gübresi ise, güç çözünür fosfor bileşiklerine dönüşür. Özellikle alkalin reaksiyonlu topraklarda çözünmez tersiyer kalsiyumfosfat, asit reaksiyonlu topraklarda ise, çözünmez demir ve alüminyumfosfat şeklinde bağlanır. Ayrıca fosfatların büyük bir kısmı da biyolojik olarak bağlanır. Bütün bu nedenlerle yıkanma çok az olacağı için,

bitki gereksiniminden daha çok fosforlu gübre toprağa verilebilir. Fakat bu şekildeki bir uygulamanın doğru olup olmayacağı bir çok ülkelerde tartışma konusu olmaya devam etmektedir. Çünkü yukarıda açıklananların aksine, bazı koşullarda, topraktan fosfor çıktıları veya kayıpları meydana gelerek, başka ortamlara yayılabilmektedir. Bu koşullar şu şekilde açıklanmaktadır (Fiedler 1990):

- 1). Sorbsiyon kuvveti az olan topraklarda kayıplar meydana gelebilmektedir.
- 2). Asit ortamlarda organik kolloidler nedeniyle önemli derecede yıkanma meydana gelebilmektedir.
- 3). Sıkı oturmış, yaş olan anaerobik koşulların bulunduğu topraklarda, şiddetli redükleme olayları cereyan etmektedir. Redüklenen demir bileşkekelerinde çözünmez halden fosfor serbest hale geçer, böylece drenaj sularında fosfor yoğunluğu artabilir.
- 4). Organik sıvı gübrelerle yapılan gübrelemede, koruyucu kolloid etkisiyle artan bir fosfor yıkanması cereyan edebilmektedir.
- 5). Tarım ve orman topraklarında, bitki örtüsünün bulunmadığı periyotlarda, üst topraklarda erozyon artar. Reliyef durumuna göre bazı yerlerde 0.8 - 24 kg P/ha/yıl şeklinde bir fosfor kaybı meydana gelebilir. Bunlar çukur yerlerde birikebilir ve az bir kısmı da sulara karışarak ötrifikasyon olayını meydana getirir.

Fosforlu gübrelerin toprağa veya çevreye verdiği zararlar bu koşullara göre etkili olmaktadır.

#### 4.1.3.3. Biyosid'ler ile Toprak ve Çevre Kirlenmesi

Biyosid veya pestisid olarak adlandırılan 250 civarında kimyasal madde, arzu edilmeyen bitkisel, hayvansal ve mikrobiyel canlıların yok edilmesinde kullanılmaktadır. Bunlar, doğal veya sentetik organik bileşimde olabilirler. Biyosid'ler bir yandan özellikle tarımsal ürünlere zarar veren canlıları ortadan kaldırarak ürün artışı sağlarken, öte yandan da besin zinciriyle diğer canlıları zarara uğratmakta ve bir tür toprak kirliliği meydana getirmektedir. Bunlar, tarımda intensifleşmeyle toprağa önemli miktarlarda verilmekte ve böylece insan eliyle toprağa zararlı kimyasal maddeler karıştırılmış olmaktadır. Bu şekildeki bir işlemin amacı, biyolojik ürünün güvence altına almak ve miktarını yükseltmektir. Bu amaçla kullanılan başlıca biyosid'ler şunlardır:

Insektisid'ler	: Zararlı hayvansal canlılara karşı
Herbisid'ler	: Zararlı bitkisel canlılara karşı
Fungisid'ler	: Zararlı mantarlara karşı
Nematisid'ler	: Nematod'lara karşı
Toprak stelizatörleri	: Total zararlılara karşı
Özel amaçla kullanılan kimyasal maddeler	: Özel bazı organizmalara karşı

Sanayileşmiş ülkeler biyosidlerin zararlı sonuçlarını acı bir şekilde gördükleri için, zararlı organizmalara karşı kullanılan bu kimyasal maddelerin bazılarını yasaklamışlar, birçoğunun da kullanma miktarını azaltmışlardır.

Biyosidlerin toprağı olanaklar ölçüsünde az kirletmeleri için, zararlı organizmalara karşı selektif biyosidler kullanılmalı, bunlar görevini yerine getirdikten sonra çabuk ayrışmalı, kullanılacak miktar da, gerekenin en azı olmalıdır.

### **Biyosid'lerin Genel Özellikleri**

Biyosidler bileşim ve kimyasal özellikler bakımından çok çeşitlidir. Bunların çoğu suda çok az çözünmektedir. Bu özellik, toprakta birikimleri ve ayrışmaya karşı gösterdikleri direnç bakımından önemli derecede etkili olmaktadır. Biyosid'lere ait etki maddelerinin yaklaşık olarak üçte biri "halojen atomları" içermektedir. Bu atomların, organik bileşiklerin kimyasal yapısındaki yeri ve azot ile karbon bağlarının durumu da ayrışma dereceleri üzerinde önemli roller oynamaktadır.

Topraktaki bitkisel ve hayvansal canlıların, biyosid'lere karşı direnci çok çabuk artmaktadır. Çünkü ekolojik bir kural olarak, biyolojik sistemler daima dirençli sistemlere dönüşerek kararlı bir ekolojik denge oluştururlar. Bu nedenle biyosid'ler, toprak zararlılarının ilk generasyonları için ilk yıllar son derece etkili olmaktadır. Ancak, daha sonraki yıllarda bitkisel ve hayvansal toprak zararlılarının bu kimyasal maddelere karşı dayanıklılık gösterdikleri, araştırmalarla belirlenmiştir.

Biyosid'ler topraktaki madde döngüleri üzerinde etkili oldukları için, kullanıldıkları ekosistemlerde biyolojik bakımdan son derecede önemli roller oynarlar. Örneğin, toprak-bitkisel ürünler-insan şeklinde oluşan besin zinciri aracılığıyla, insanlar için de toksik zararlar meydana getirebilirler. Ayrıca, birçok biyosid'ler çok geniş bir etki spektrumuna sahip olduklarından yalnız amaçlanan zararlıları değil, onların parazitleri ve biyolojik düşmanlarını da (yurtcular gibi) öldürüp yok ederler. Bu da son derece önemli olumsuz bir etkidir.

Çok kullanılan sentetik bazı biyosid'lerin (pestisidler) kimyasal bileşimleri, kullanılma alanları, etki şekilleri, dayanıklılıkları ve insanlar için toksit etkileri gibi önemli karakteristikleri hakkında literatüre dayalı özet bilgiler verilmesi yararlı görülmüştür (Jorgensen and Johnsen 1989 ile karşılaştırınız).

### **1. Klorlu Hidrokarbonlar**

Bu gruba DDT, DDE, DDD, aldrin, dieldrin, endrin, heptaclor, toxaphen, lindan gibi pestisid'ler girmektedir. Mücadele edilmesi düşünülen zararlılarla birlikte diğer canlıları da öldüren geniş spektrumlu insektisid grubunu oluştururlar.

Böceklerin merkezi sinir sistemlerini etkilerler, felç meydana getirip öldürürler. Ayrışmaya karşı dayanıklılık süresi yüksek olup 2-15 yıl kadar toprakta kalabilirler. İnsanlar için zehir etkisi azdır.

## 2. Organik Fosfatlar

Başlıcaları malathion, parathion, azodrin, phosdrin, diazinon, TEEP'dir. Bunların bazıları dar, bazıları da geniş etki spektrumu olan insektisid ve çok azı da fungisid ve herbisid'lerdir.

Sinir zehirleridir. Sinirlerde iletişimi sağlayan enzimleri pasif hale getirirler. Ayrışmaya karşı dayanıklılıkları orta ile düşük derecededir (normal olarak bir haftadan 12 haftaya kadar, bazen birkaç yıllık). İnsanlar ve diğer hayvanlar için yüksek derecede zehirlidir.

## 3. Karbomatlar

Bunlar Cably (Sevin), Zireb ve Manch gibi geniş ve dar spektrumlu insektisid, fungisid ve herbisid'lerdir.

Sinir zehiri olarak etkilidirler. Dayanıklılıkları genel olarak azdır (birkaç günden birkaç haftaya kadar). İnsanlar ve hayvanlar için düşük ve yüksek zehir etkisi yapan çeşitleri vardır.

## 4. Phenoxy Herbisid'ler

Bu gruba giren başlıca herbisid'ler 2,4-D ve 2,4,5-T olarak adlandırılmaktadır. Bitkisel zararlılar için etkilidir. Bitkilerin yapraklarını öldüren veya dökülmesini sağlayan metabolik değişiklikler meydana getirirler.

Dayanıklılıkları az ve ortadır (birkaç günden birkaç haftaya kadar değişir). İnsanlar ve hayvanlar için zehir etkisi azdır.

Yukarıda açıklanan özelliklerine bağlı olarak, geniş spektrumlu, etkiye sahip olanlarla uzun süre toprakta ayrışmadan kalan pestisid'lerin kullanılması, bazı ülkelerde yasaklanmıştır (DDT gibi).

## Biyosid'lerin Topraktaki Ekolojik Etkileri

Biyosid'ler genellikle havaya püskürtülerek kullanılır. Böylece bitkilerin yüzeylerine ve toprağa ulaşmaları sağlanır. Bunlar, kimyasal bileşimlerine ve toprak özelliklerine göre değişen çeşitli işlevlere sahiptir. Biyosid'lerin topraktaki bu ekolojik işlevleri şu şekilde özetlenebilir (Fiedler 1990 ve Haktanır 1987 ile karşılaştırınız):

- 1). Kullanıldıktan hemen sonra, topraktaki duyarlı mikroorganizmaların çimlenme sayısını azaltır.
- 2). Daha sonra biyosid'leri ayrıştırabilen veya bunlara karşı dirençli olan organizmalar çoğalır. Hatta çimlenme sayısı, biyosid kullanmadan önceki sayıya geçebilir. Çünkü bunlarla rekabet eden mikrofloranın bir kısmı ölmüştür.

### 3). Belirli mikrop türleri total olarak yok edilebilir.

Biyosidlerin toprağa verildikten sonra, bunların toprak ortamındaki reaksiyonları, değişimleri ve bitkilerle olan ilişkileri ise şu şekilde özetlenebilir:

- Uygulandıktan sonra belirli bir süre toprakta birikebilirler.
- Buharlaştırma veya diğer yollarla atmosfere karışabilirler, fakat bileşimleri değişmez.
- Toprak yüzeyinde kalıp güneş ışınlarıyla temas ederlerse fotooksidasyona uğrayabilirler.
- Toprak kolloidlerine sıkı bir şekilde bağlanabilirler.
- Sızıntı sularıyla yeraltı sularına karışabilirler.
- Belirli toprak özelliklerinden etkilenerek bileşimleri değişip ayrışabilirler. Bu ayrışma mikrobiyolojik etkilerle de meydana gelebilir.
- Bitkiler tarafından alınabilirler.
- Biyosid'ler toprak mikroorganizmaları ve toprak hayvanları üzerinde önemli etkiler yapabilir.

Yukarıda açıklanan bu ekolojik ilişkilerden bazıları hakkında özet bilgiler verilmesi yararlı görülmüştür.

#### **Biyosid'lerin Mikroorganizmalar Üzerindeki Etkileri**

Biyosid'lerin mikroorganizmalar üzerindeki etkileri, mikroorganizmaların kimyasal maddelere duyarlı veya dirençli olduklarına göre değişir. Nitrifikasyon bakterileri ile havanın serbest azotunu bağlayan yumru bakterileri, biyosid'lere karşı duyarlıdır. Biyosid'lerin zarar ölçüsü olarak mikrofloranın kendi kendini yenileme süresi esas alınmaktadır. Domsch (1972) a atfen Fiedler (1990) in bildirdiğine göre konu ile ilgili ölçü olabilecek şu süreler verilmektedir:

- 1). Mikroflora, tahrip olduktan 20-30 gün sonra kendi kendini yenilerse, endişe verici zararlı bir etkinin olmadığı kabul edilmektedir.
- 2). Bu süre 30-60 gün olursa, tolere edilebilir bir zarar söz konusudur.
- 3). Kendi kendini yenileme süresi, mikrofloranın tahrip edilmesinden 60 gün sonra olursa, o zaman zarar etkisi "*Kritik*" olarak nitelenmektedir.

Biyosid'ler sadece toprak mikroorganizmalarını öldürmek veya onların üremelerini engellemekte kalmaz, Onları öldürmeden de topraktaki bazı işlevlerini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Çünkü mikroorganizmalar, toprak solunumu, nitrifikasyon, azot mineralizasyonu, havanın serbest azotunu bağlama, organik maddeleri ayrıştırma gibi ekolojik işlevlere de sahip bulunmaktadır. Böylece topraktaki birçok biyolojik ve biyokimyasal süreçlerde önemli roller oynamaktadırlar. İşte toprağa verilen biyosid'ler, mikroorganizmaların bu işlevlerinin bazılarını tamamen

engelleyebilir veya yavaşlatabilir. Bunun sonucunda da topraktaki biyolojik döngülerin dengesi bozulur.

Biyosid'lerin toprak canlıları üzerindeki etkisi biyosid türüne, toprak ve iklim karakteristiklerine göre de çok değişmektedir.

Buraya kadar yapılan açıklamalar özetlenirse, toprağa ulaşan biyosidlerin özellikle mikroflora üzerindeki etkileri birbirinden farklı şekilde olmaktadır. Bunların başlıcaları aşağıda açıklanmıştır:

- Etkileri mikroorganizma türlerine göre değişir. Bazı mikroorganizma türleri dayanıklı olduğu için zarar görmez. Bazıları da duyarlı oldukları için total olarak yok olur. Bu durumda toprağın mikroorganizma dengesi bozulur.
- Mikroorganizmaların topraktaki bazı ekolojik işlevlerini tamamen, bazılarını da kısmen engellerler.
- Bazı mikroorganizmaların aktivitelerini artırarak populasyon dengesini bozabilirler.

#### **Biyosid'lerin Toprak Hayvanlarına Etkileri**

Toprak hayvanları, toprak mikroorganizmalarına kıyasla, biyosid'lere karşı daha duyarlıdır. Toprak faunasının % 80 ine kadar olan kısmı, biosid'lerle tahribolabilir. Bunun sonucunda da tür dağılımında şiddetli değişiklikler olabilir. Solucanlar daha çok fosforlu bileşiklere, tesbih böcekleri ve Colembofler daha çok klorürlü hidrokarbonlara karşı dayanıklıdır. Örneğin Aldirin'in hektara 2-3 kg kadar kullanılması sonucu akarlar, Colembofler ve birçok böcek larvalarının öldüğü belirlenmiştir. Ancak solucan, nematod ve yırtıcı akarlar gibi toprak hayvanlarının bundan zarar görmediği belirlenmiştir. Biyosid verilmiş topraklarda zararlıların düşmanları da birlikte öldüğü için, bu kimyasal maddelere dayanıklı bitkisel ve hayvansal zararlılar hızla üremektedirler.

#### **Biyosid'lerin Besin Zinciri Yoluyla Yaptığı Zararlar**

Toprakta uzun süre kalan biyosid'lerin bileşimindeki bazı zehirli maddeler yavaş yavaş da olsa bitkilere, bitkilerden de onları yiyen canlılara geçerek, canlıların bünyesinde birikmek suretiyle zararlar meydana getirmektedir.

Almanya'da yapılan bir araştırmada, süt ürünlerinde birtakım zararlı maddeler bulunduğu, bunların kaynağının üç tane olduğu bildirilmektedir. (Blüthgen,Kaiser und Heeschen 1978 ):

- 1). Hayvanların bakımında ve tedavisinde kullanılan ilaçlar ile yemlerine katılan besleyici maddeler.
- 2). Çevreden kaynaklanan ve besin zinciri ile hayvanlara geçen zararlı maddeler. Bunların başlıcaları gaz ve toz emisyonu ile alınan silikatlar, ağır metaller (Pb, Cd, Hg, ve As), mantarlara ait toksik maddeler, herbisid'ler, organik çevresel maddeler vb.
- 3). Besin maddelerine dönüştürülmeleri ( sucuk, salam, sosis yapımı vb.)esnasında hayvansal ürünlere katılan veya karışan maddeler.

Bu sayılan ikinci maddedekiler doğrudan doğruya toprağı kirletmekte ve toprak-hava-su-bitki-süt ve et hayvanı şeklindeki besin zinciri ile insanlara kadar gelerek zararlı olmaktadır. Özellikle insektisid'lerin içindeki ve bileşimindeki klorokarbon-hidrojen bileşikleri besin zinciri yoluyla canlıların bünyesinde sürekli olarak birikmektedir. Yapılan analizlerde bu ve benzeri maddelerin, örneğin HCH-izomerlerinin pastörize ve doğrudan doğruya içilen sütte, sınır değerlerin üzerine çıktığı belirlenmiştir.

#### **Biyosid'lerin Toprakta Tutulması ve Birikmesi**

Bundan önce, biyosid'lerin toprağı verildikten sonra, belirli bir süre toprakta birikebileceğı ve bazılarının da çözünmez bileşikler halinde toprak kolloidleri tarafından tutulabileceğı açıklanmıştı. Bu süreçler hakkında, biraz daha ayrıntılı bilgi verilmesi yararlı görülmüştür.

Biyosid'lerin çoğı, toprak kolloidleri tarafından değişik mekanizmalarla tutulup, toprakta birikebilmektedirler. Bu hususta, hem kolloidlerin türü ve miktarı, hem de biyosid'lerin kimyasal yapılarının önemli rolü bulunmaktadır. Bu hususta rol oynayan karakteristikler şunlardır:

- 1) .Biyosid moleküllerinin kimyasal yapısı
- 2) .Toprak kolloidlerinin türü ve miktarı (humus, kil ve kil tipleri). Örneğin iyon halindeki biyosidler, toprak çözeltisinde ne kadar yoğun iyonlar, kil tarafından o derece yüksek oranlarda tutulurlar. Eğer iyon haline gelmemişlerse toprağın organik maddelerine ait kolloidlerden humin maddeleri tarafından tutulurlar.
- 3) .Bu hususta toprağın reaksiyonu da önemli derecede rol oynamaktadır.
- 4) .Toprağın nem içeriğı. Toprakta su ne kadar çok ise kimyasal maddelerin çözünürlükleri o kadar kolay olur. O nedenle artan toprak nemi miktarına koşut olarak ayrışmalar da hızlanır.
- 5) .Baz doygunluk oranı. Bu oran ne kadar yüksekse iyon alış verişiyile toprakta tutulmaları artar.



- 6) .Biyosid'lerin toprakta sızını sularıyla yıkanmaları farklıdır. İnsektisid'ler, diğer biyosid'lere kıyasla topraktan daha güç yıkanıp götürülebilmektedirler. Bu nedenle toprakta kalma süreleri daha uzundur.
- 7) .Bazı biyosid'ler, toprak gözenekleri arasından buharlaşarak atmosfere karışabilmektedir. Bu olay ekolojik bakımdan çok önemlidir. Çünkü bu şekilde daha geniş çevrelere yayılırlar ve yağışlarla o bölgelerde toprak yüzüne yeniden gelerek, etki alanlarını genişletmektedirler.

Bu açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere biyosid'lerin toprakta etki derecelerinin ekolojik ilişkileri, bir yandan kendi karakteristiklerine, öte yandan da toprak özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

### **Biyosid'lerin Mikrobiyolojik Ayrışmaya Karşı Dirençleri**

Toprak kolloidlerinin yüzeyinde adsorbe edilmiş olan biyosid'lerin ayrışmaları üç çeşit reaksiyonla olabilir. Bunlar fotokimyasal, kimyasal ve biyolojik süreçler veya reaksiyonlardır. Fakat genellikle ayrışma bu üçünün kombinasyonu halinde olur. Ayrışmaları çeşitli koşullarda gerçekleşir. Bazan son ürün karbondioksit olacak şekilde tamamen ayrışırlar. Bazan da bu ayrışma araürün ve artık maddeler bırakacak şekilde kısmen cereyan eder. Araürünler ve artık maddeler zararsız olabildikleri gibi, zehir etkisi yapabilecek karakterde de olabilir. Eğer topraktaki ekolojik koşullar, ayrıştırıcı mikroorganizmalar için elverişli olursa, biyosid'lerin biyolojik ayrışması için de elverişli demektir. Bu nedenle toprakta üst kısımlar oksijen bakımından ne kadar zengin ve mikroorganizma popülasyonları ne kadar çoksa, ayrışma da o derece kolay ve hızlı olur. Biyosid ayrışmaları konusunda yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, çeşitli organizmaların oluşturduğu çok sayıda popülasyonların sayıları ne kadar çok olursa, monokültürlere kıyasla ayrışma o derece hızlı olmaktadır. Bunun nedeninin, karışık mikroorganizma topluluklarında enzim spektrumunun daha geniş olmasından kaynaklandığı bildirilmektedir. Ayrıca mikroorganizma türleri ne kadar çok olursa, biyosid ile değiştirilmiş yaşam ortamına uyum sağlayacak tür sayısının da o derece artacağı ifade edilmektedir.

Biyosid'lerin biyolojik yolla %75-100 oranında ayrıştırılmaları için geçecek zaman, birkaç gün ile birçok yıllar arasında değişmektedir. Bu hususta aşağıdaki sayısal değerler verilmektedir (Fiedler 1990).

Çok dayanıklılar	:1-15 yıl (çok klorlu benzen fenolbileşikleri, örneğin DDT.)
Orta derecede dayanıklılar	:1-12ay(phenyl-üre, triazin, v.b.)
Az dayanıklılar	:1-6 ay (nitril, v.b.)
Dayaniksız olanlar	:2-12 hafta (organik fosfor esterleri gibi)

Özellikle ayrışmaya dayanıklı olanlar sık sık kullanıldıklarında, toprakta önemli miktarlarda birikirler. Sanayileşmiş ülkelerde bunların üretilmesi yasaklanmış olup, kolay ayrışanların üretilmesi desteklenmektedir.

Bütün biyosid'lerin çevreye yan etkileri de bulunmaktadır. Fakat bu etkiler hakkında bilgilerimiz eksiktir. O nedenle, sadece içme sularına verdiği zararlardan dolayı, yalnız su toplama havzaları ve taban suları için özel bir dikkat ve koruma eğilimi bulunmaktadır.

Toprakta biyosid'lerin meydana getirdiği kirlenme, bu maddelerin topraktaki varlığını belirleme şeklinde yapılmaktadır. Fakat bu maddelerin ve ayrışmalarının ayrışma ürünlerinin zararları, reaksiyonları ve birbirleriyle karşılıklı etkileşimleri hakkında temel bilgilerden yoksun bulunmaktadır. Örneğin birçok biyosid'ler bir arada bulduklarında, bunların ayrışmaya karşı dayanıklılıkları artmaktadır. Bunun nedenleri henüz belirlenememiştir.

Biyosid'lerin topraktaki ayrışması veya birikmeleri, toprağın adsorbsiyon ve süzme etkisinin dışında şu toprak özelliklerine göre de değişmektedir:

- Besin maddesi durumu
- Toprağın kireç içeriği
- pH-değeri
- Toprak sıcaklığı

Biyosid'lerin en yüksek fizyolojik etkisi, toprağın gözenek sistemine doğrudan doğruya girdikleri zaman olur. Adsorbsiyon ve bunu izleyen mineralizasyon olayları aşamalarına bağlı olarak fizyolojik etkileri gittikçe azalır.

Biyosid ayrışması aerobik koşullarda toprak çözeltisinde de cereyan edebilir. Onun için artan toprak nemine bağlı olarak ayrışma da hızlanır. Oksitlenme ve redüklenme olaylarının birbiri ardına değişimi, geniş bir biyosid spektrumunun ayrışmasını elverişli hale getirir.

Biyosid'ler daha önce de açıklandığı gibi, özel etki madde grupları olarak "*Insektisid*", "*Herbisid*" ve "*Fungisid*" ler şeklinde üç gruba ayrılmaktadır. Bunların özellikleri konusunda özet bilgiler verilmesi yararlı görülmüştür (Fiedler 1990):

### **Insektisid'ler**

Bu gruba giren biyosid'ler çok çeşitli olup Klorlu hidrokarbonlar (DDT) ve organik fosfat esterleri bunlardan bazılarıdır. Ticarete çeşitli adlar taşımaktadırlar. Topraktaki dayanma sürelerinin 9-116 yıla kadar olduğu bildirilmektedir. Örneğin DDT birkaç kez kullanıldıktan sonra bile topraktaki varlığı 10-12 yıl sonra yeniden belirlenebilmektedir. Bunlardan meydana gelen ayrışma ürünleri de varlıklarını toprakta uzun yıllar sürdürmektedirler. Ancak ayrışma ürünlerinin zehir etkisi daha zayıftır.

### **Herbisid'ler**

Bunlar çok değişik madde sınıflarını kapsamaktadırlar. Toprakta kalma süreleri çok uzundur. Bir üründen sonra ekilen diğer ürünlere yıllar boyu geçerler. Herbisid'ler ancak çok bol miktarlarda kullanıldıklarında çevreye zararlı olmaktadır. Toprak hayvanlarına verdiği zarar, mikroorganizmalara verdiği zarardan daha çoktur.

### **Fungisid'ler**

Bunların yüksek organizasyonlu bitkilere verdiği zararlar azdır. Ancak çok yüksek miktarlarda fungisid kullanılıncaya bitkiler, toprak hayvanları ve toprak bakterileri bundan zarar görebilir.

Fungisid'ler, yalnız hastalık yapan mantarlara zarar vermez, aynı zamanda mikroskopik saprophyt toprak mantarlarının da ( ölü organizmaları veya artıklarını ayrıştıran mantarlar ) tür bakımından fakirleşmesine neden olabilirler. Böylece saprophyt mantarlar azalınca, ölü organik maddelerin ayrışması yavaşlar. Fungisid'lerin mantarla geçinen toprak hayvanları ve mikoriza üzerinde de olumsuz etkiler yaptığı belirlenmiştir.

### **Diğer Biyosid'ler**

Bütün toprak canlıları için özellikle Metilbromid veya Chlorpikrin gibi buharlaşıcı maddeler çok zararlıdır.

### **Biyosid Zararlarına Karşı Alınabilecek Önlemler**

Bu hususta alınabilecek başlıca önlemler aşağıda özetlenmiştir.

- 1) Biyosidlerin toprakta ayrışma hızlarını artıracak önlemler alınmalıdır. Örneğin çiftlik gübresi verilerek veya yeşil gübreleme yapılarak toprağın organik madde miktarı artırılmalıdır. Toprakta havalanmanın iyi olması için toprak işlenerek iyi bir kırını bünyesi verilmelidir. Mineral gübreler, özellikle N, P K gübreleri biyosidlerin ayrışmasında olumlu etkilere sahiptir.
- 2) Biyosid kullanımı planlanırken, sadece mevcut tehlikelere değil, hatalı kullanıma olmamasına da dikkat edilmelidir. Ayrıca, gerekli miktarın en azı kullanılmalıdır.

### **4.1.3.4. Tarımsal Endüstri Atık Maddeleriyle Toprak Kirlenmesi**

Tarımsal faaliyetler sonucunda elde edilen hayvansal ve bitkisel ürünlerden bazıları, özel endüstri kuruluşlarında işlenerek işlah edilmekte veya bunlardan başka besin maddeleri elde edilmektedir. Et kombinoları, deri işleyen sanayi, yağ fabrikaları, yem fabrikaları, şeker ve bira sanayi işletmeleriyle tekstil ve konserve fabrikaları gibi tarımsal endüstri kuruluşları, bazı atık maddeler ile çevreye zarar vermektedirler. Özellikle, bu kuruluşlardan çıkan atık sular çeşitli kirleticilerin (hidrokarbonlar,

organik asitler, yağlar, v.b.) içermektedirler. Örneğin, günde 2000 ton pancar işleyen bir şeker fabrikasının yıkama ve işleme finitelerinden çıkan atık suyun kirlilik miktarı, 200.000 nüfuslu bir yerleşim alanının kanalizasyon sularıyla atılan metabolizma artıklarına eşdeğer olduğu bildirilmektedir (Flaktanır 1987).

Tarımsal endüstri kuruluşlarının arıtma tesisleri vardır. Arıtma sonucu atık olarak kalan "atıksu çamuru" içerdiği zararlı maddeler bakımından ayrı bir sorun oluşturmaktadır. Sanayileşmiş ülkelerde atıksu çamuru, başka maddelerle karıştırılarak kompost yapılmakta ve gübre olarak değerlendirilmektedir. Fakat bundan gübre yapılabilmesi veya doğrudan doğruya toprağa gübre olarak verilebilmesi için, içerdiği zararlı maddelerin, standart olarak kabul edilmiş sınır değerleri geçmemesi gerekir. Birçok ülkede, sözkonusu sınır değerleri ve bunlara uyulma esaslarını gösteren yasal düzenlemeler yapılmıştır. Böylece çevreye ve toprağa zarar vermeleri kontrol altına alınmıştır.

Genel olarak bir değerlendirme yapılacak olursa, tarımsal sanayi kuruluşlarının toprağı ve çevreyi kirlitmelerinin, yine de diğer sanayi kuruluşlarının çevreye verdiği zararlardan az olduğu söylenebilir.

#### 4.1.4. Diğer Toprak Kirleticiler

Toprak kirlitici maddeler bundan önceki bölümlerde üç gruba ayrılarak şu başlıklar altında gerekli açıklamalar yapılmıştır:

- Havadaki Toprak Kirlitici Maddeler
- Sulardaki Toprak Kirlitici Maddeler
- Tarımsal Aktivite ile Toprak Kirliten Maddeler

Bu bölümde de bunların dışında kalan maddeler ve süreçlerle toprağın nasıl kirlitildiğı ve bunlara karşı alınabilecek önlemler konusunda bilgi verilecektir.

"Diğer Toprak Kirliticiler" başlığı altında, özellikle petrol ve mineral yağlar, radionaktif maddeler, katı atık maddeler (çöpler), uçucu küller ve tuzların toprağı kirlitme şekilleri ve toprağı verdiği zararlar özet olarak tanıtılmaya çalışılacaktır.

##### 4.1.4.1. Petrol ve Mineral Yağların Toprağı Kirlitmesi

Daha az yaygın olan, fakat toprağı ve çevreye verdiği zararlar bakımından önemli sorunlar yaratan petrolle kirlenmenin çeşitli kaynakları bulunmaktadır. Petrolün taşınması ve nakledilmesi esnasında (tankerler, pipeline, v.b.), ham petrolün işlenmesi ve değerlendirilmesi sırasında çeşitli nedenlerle kirlenmeler meydana gelmektedir. Bu yolla yoğun yerleşim merkezleri ve liman tesislerinde, halka açık alanlardaki topraklarda petrol ile kirlenmeye sık sık rastlanmaktadır. Örneğin, Hamburg'da petrol, benzin veya zehirli kimyasal maddeler ile toprağın kirlitildiğı 2000 den çok alan bulunduğu bildirilmektedir (Rudert 1996). Tarım ve ormancılıkta

meydana gelen mekanizasyonla (makineleşme) ve intensifleşme ile de (biyosid kullanımı gibi) bu işletmelere ait topraklar, petrol ve türevleriyle kirlenmektedir. Gerçekten, çeşitli herbisid ve insektisid'leri taşıyıcı ve çözündürücü madde olarak diesel yağları kullanılmaktadır. Bunların miktarı hektara 1-2 litre gibi az bir değer olarak görünmekte ise de, tekrarlanan işlemler sonucunda, zamanla oldukça yüksek ölçünlere ulaşmaktadır. Bu ve buna benzer yollarla toprağa azımsanmayacak kadar petrol ve petrol ürünleri katılmaktadır. Örneğin, Avusturya ve benzeri ülkelerde, yılda 21.000 ton petrolün kayba uğrayarak çevreye yayıldığı bildirilmektedir. O nedenle, artık toprakların petrol ve türevleriyle kirlenmesi ve bu yolla ortaya çıkan zararlar önemli güncel sorunlar haline gelmiştir. Bunun dışında, araziye izinsiz olarak bırakılan kullanılmış motor yağları önemli derecede kirlilik yaratmaktadır.

Petrol ile toprağın doğrudan doğruya ve geniş alanlar halinde kirlenmesi Körfez Savaşı esnasında yaşanmıştır. Bu savaşta yalnız toprak değil denizler de alabildiğine kirlenmiştir. Petrolle bulanmış martı kuşlarının can çekişmelerini seyrettiğimiz acı televizyon görüntüleri halen belleklerden silinmemiştir.

Petrol ve türevlerinin toprağı kirlenmeleri çok önemli sorunlar doğurmaktadır. Çünkü kullanılmış motor yağları, yağ çamurları, mineral yağ sanayinin atık maddeleri, biyosidlerle toprağı püskürtülen diesel yağları yıllarca toprakta kalmaktadır. Bunun nedeni, ayrışmalarının çok güç oluşu, mekanik, kimyasal ve fiziksel yöntemler kullanarak, bunların topraktan arındırılmasının hemen hemen olanaksız bulunmuşudur. Bu nedenle, bu tür kirlilik için alınabilecek en etkili önlem, petrol ve mineral yağlarla kirlilik yaratmayı engellemek veya olanaklar ölçüsünde azaltmaktır. Özellikle toprağı girmiş petrol ve türevlerinin taban suyuna ulaşip, orada birikmeleri ve böylece içecek suları kirlenmeleri son derece tehlikelidir. Çünkü, *"Bir litre mineral yağ veya benzin bir milyon litre içme suyunu kullanılmaz hale getirmektedir."* Yağ parçacıkları toprak aracılığı ile bitkilere, su aracılığı ile de insan ve hayvanlara ulaşabilmektedir. Sıhhat ve sağlık bakımından en büyük tehlike, kanserojen yağ kısımlarıyla ortaya çıkmaktadır. Yağlarda, cıva ve diğer ağır metal iyonlarıyla klorlu biyosid'ler yoğunlaşmaktadır. Toprak taneciklerinin yüzeyini sararak bitki kılcal kökleriyle besin maddeleri arasında bir izolasyon tabakası oluşturur ve böylece bitki beslenmesini, dolayısıyla yaşamasını engeller. Ayrıca toprak hayvanları ile mikroorganizmalara da önemli zararlar vererek, topraktaki doğal madde döngülerinin dengesini bozmaktadır.

#### 4.1.4.1.1. Petrol ve Türevlerinin Kimyasal Bileşimi

Petrol, yaklaşık olarak %43-78 Alifatik'ler, %9-35 Napthen'ler, %7-22 aromatik maddeler ve az miktarda da oksijen, kükürt ve azot bileşiklerinden, mineral öğelerden oluşmaktadır (Fiedler 1990). Petrolde yaklaşık olarak 230 türlü Karbonlu hidrojen bileşikleri belirlenmiştir. Aromatik karbonlu hidrojenlerin toprakta bulunması katıyen istenmez, çünkü bunlarda birçok kanserojen madde bileşikleri bulunmaktadır. Ekosistemlerde mineral yağların meydana getirdiği zararlı etkiler, madde türüne bağlı olarak şu sıraya göre artmaktadır:

Benzin-Petrol-Diesel yağı-Sıcak yağ-Motor yağı

#### 4.1.4.1.2. Petrol ve Türevlerinin Topraktaki Durumu

Diğer sıvı maddelerde olduğu gibi petrol, toprakta belirli bir miktarda absorbe edilerek tutulmaktadır. Tutulan petrol miktarı toprak tekstürü ile ilişkilidir. Hafif-orta tekstürlü topraklarda 1m<sup>3</sup> toprakta 10-25 litre, humuslu topraklarda ise 36 litre petrol tutulmaktadır. İnce tekstürlü topraklar, kaba tekstürlü topraklara kıyasla daha çok petrol tutabilmektedir.

Petrol ve türevlerinin toprakta yayılma hızı, akışkanlığına ve bileşimine göre değişmektedir. Bunun dışında, bazı toprak özellikleri de bu hususta etkili olmaktadır. Genel olarak derine doğru sızma yavaş olmaktadır. Buna karşılık yatay yayılımı hızlı olur. Benzinin toprakta yatay yayılımı diğer petrol türevlerine kıyasla 10 kat daha hızlıdır.

Mineral yağların akışkanlığı, sudan daha az olmasına karşın, toprakta sudan daha hızlı hareket etmektedir. Sızma hızının bir ayda 0.3-3 m. olduğu bilinmektedir (Fiedler 1990). Genel olarak nem, yani toprak suyu, petrol ve türevlerini hareketli hale getirmektedir.

Petrol, toprak kırıntılarını dağıtıcı, böylece toprak strüktürünü bozucu etkilere sahiptir. Bunun sonucunda da toprak havalanmasını zarara uğratar. Ayrıca toprak gözeneklerinin petrolla dolması, toprakta havalanma ve mikroorganizma faaliyeti bakımından olumsuz etki yapmaktadır. Buna bağlı olarak, su ekonomisi, havalanma ve benzer fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerine ait dengeler tamamen bozulur. Toprak kolloidlerinin yüzeyi mineral yağlarla kaplanınca, toprağın iyon tutuma ve değiştirme kapasitesi düşmektedir. Böylece, hem iyon dengesi bozulmakta, hem de suyu sızdırma fonksiyonları azalmaktadır. Dolayısıyla mikroorganizmalara da zarar vermiş olmaktadır.

#### 4.1.4.1.3. Petrol ve Türevlerinin Toprak Organizmalarına Etkisi

Toprağın petrol ve mineral yağlarla kirlenmesi, toprak canlılarına ağır zararlar vermektedir. Bunlar toprağa girer girmez bakteri, aktinomiçetes, mantar ve alglerin üremeleri hızla düşer. Biraz zaman geçince, üreme yeniden artar. Bunun nedeni, karbonlu hidrojenleri oksitleyen mikroorganizmaların hızla artmasına ve rekabet eden mikroorganizmaların bir kısmının ortadan kalkmasına bağlanabilir. Toprak mikroorganizmalarının zarar görmesiyle, toprakta organik madde ayrışması önemli ölçüde yavaşlar. Bunun nedeni, ayrıştırıcı mikroorganizma sayısının azalmış olmasıdır. Gerçekten mineral yağlarla kirlendikten bir yıl sonra, selüloz ayrıştıran mikroorganizmalardan vaktiyle mevcut olanların, sadece beşte birinin toprakta kalabildiği belirlenmiştir (Fiedler 1990). Topraktaki azotobacter ve toprak hayvanları da, toprağın bu şekilde kirlenmesinden çok zarar görmektedir.

Bitkiler de petrolla toprak kirlenmesinden zarar görmektedir. Daha önce de açıklandığı gibi mineral yağlar, toprak taneciklerinin etrafını bir zar gibi sararlar ve böylece köklerle toprak arasında su ve besin maddesi alış verişini engellerler. Bu

nedenle, bu topraklarda bitki gelişmesi yavaşlamakta, hatta durmaktadır. Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, toprağın petrol ve türevleriyle % 1-0.1 oranında kirlenmesi durumunda bitki gelişimi zarara uğramaktadır.

#### 4.1.4.1.4. Toprakta Mineral Yağların Ayrışması

Çeşitli mineral yağların toprakta kalabilme süreleri birbirinden farklıdır. Bunların toprakta kalabilme süreleri veya başka bir anlatımla ayrışma hızları, bir çok faktörlere bağlı bulunmaktadır. Topraktaki mineral yağlar fotokimyasal yolla, evapotranspirasyonla ve mikrobiyolojik ayrıştırma süreçleriyle ayrışır veya buharlaşır.

Fotokimyasal yolla ayrışma, yeterli güneş ışınlarını alabilme koşullarına bağlı olduğundan, bu yolla ayrışma en çok yüzey topraktaki mineral yağlarda cereyan eder. Bu yolla ayrışan yağ miktarı çok azdır.

Evapotranspirasyonla ayrışma ise şu şekilde olur: Akıcı mineral yağ ögeleri önce suya, sonra bitki köklerine gelir. Suyu gelenler evaporasyonla, bitki kökleri tarafından alınabilenler de transpirasyonla buharlaşarak atmosfere karışır. Evaporasyon ve transpirasyonla (evapotranspirasyonla) buharlaştırılan günlük mineral yağ miktarı, toprak yüzüne gelen miktarın % 25'i kadar olabilmektedir.

Mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen ayrışma süreçlerine gelince: Topraktaki mikroorganizmalar çıkarttıkları bazı enzimlerle yağları ayrıştırmaktadır. Hiç bir organizma türü tek başına mineral yağların tümünü ayrıştıramaz. Ancak çeşitli türlerden oluşan populasyon birlikleri birarada bulunursa, integre bir biyolojik etkinlikle mineral yağların hepsini ayrıştırabilirler. Bunun dışında, özellikle karbonlu hidrojenlerin mineralizasyonunda çok etkili olan birkaç mikroskobik mantar türü de bu hususta etkilidir. Yapılan araştırmalar sonunda C4'ten C40 a kadar değişen karbonlu hidrojenleri ayrıştıran 200 bakteri türü, aktinomiçet ve toprak mantarları belirlenmiştir (Fiedler 1990).

Mineral yağlar, iyi havalanma koşullarına sahip aerobik ortamlarda, bunun tersi koşulların bulunduğu toprak ortamlarına kıyasla daha hızlı ayrışır. O nedenle üst topraklarda ayrışma, toprağın derin kısımlarına göre daha çabuk olmaktadır.

Toprakta, petrol ve mineral yağ ürünlerinin ayrışması çok uzun sürede olmaktadır (çizelge 11).

Çizelge 11. Topraktaki mineral yağ ürünleri varlığının kanıtlanabilme süresi (Beckmann et al., 1965'e göre Fiedler 1990).

Madde	Yıl olarak süre	Madde	Yıl olarak süre
Kerosin	2 yıldan çok	Mineral yağlar	30-40
Benzin,			
Gazyağı	4-7	Petrol	70 yıldan çok
Katran	10-15		

#### 4.1.4.1.5. Topraktaki Mineral Yağ Kirliliğinin Giderilmesi

Toprağın içine girmiş bulunan petrol türevlerinin (mineral yağlar) topraktan temizlenmesi çok güçtür. Bunların topraktan tamamen yıkanması olanaklıdır veya çok uzun sürmektedir. Örneğin 1 litre kumlu topraktan 10 cm<sup>2</sup> petrolün yıkanması için yaklaşık 400 litre suya gereksinim bulunmaktadır (Haktanır 1987). O nedenle, bu hususta farklı öneriler yapılmakta ve farklı temizleme yöntemleri kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları pratik değildir, hatta oldukça geniş alanlar için uygulama olanaklı yoktur. Örneğin, taban suyu düzeyinden 1 metre yukarıda kirlenmiş olan toprağın, buradan olduğu gibi hepsinin kaldırılarak, yerine temiz toprağın getirilmesi önerilmektedir. Ancak, bu çok pahalı bir işlem olduğu gibi, çok sınırlı bir alanda kullanılabilir. Ayrıca kirliliğin bir yerde zarar vermeyecek şekilde depolanıp korunması da güçtür. Bunun için bu toprağın çok ince bir tabaka halinde yüzeye serilerek aerobik koşullarda ve fotooksidasyonlu ayrışmaya bırakılması önerilmektedir. Başka bir öneri olarak da, evsel atıklarla karıştırılarak kompost yapılması tavsiye edilmektedir (Fiedler 1990). Eğer kirliliğin taban sularını etkilemeyecek derinlikte taban suyu düzeyinden uzakta ise, toprağın üzerinde bitki yetiştirilerek, mikrobiyel süreçlerle ayrıştırılması önerilmektedir. Ancak, bu durumda toprağın gübrelenmesi ve humus eklenmesiyle mikroorganizma aktivitesinin artırılması gerekmektedir.

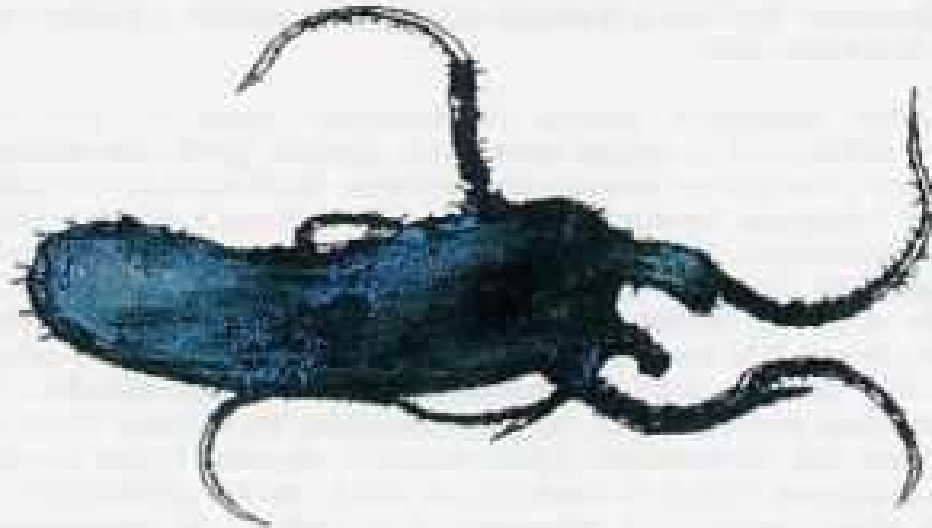
Bütün bu önlemler çok pahalı olup, ayrışma ve temizlenme de istenen düzeyde olmamaktadır. O nedenle, yapılan araştırmalardan elde edilen bazı olumlu sonuçlara da dayanarak, mineral yağlarla kirlenmiş toprağın temizlenmesi için en uygun yöntemin belirli türlere ait mikroorganizmaların toprağa aşılması olduğu bildirilmektedir. Böylece, biyolojik yöntemlerle, toprağın etkin bir şekilde temizlenebileceği yaygın bir kanaat halinde belirlenmiştir. Bu hususta yapılan araştırmalar olumlu sonuçlar vermiştir. Haktanır (1987) a göre, topraklarda yaygın bir şekilde bulunan *Arthrobacter*, *Crynebacterium*, *Flavobacterium*, *Nocardia* ve *Pseudomonas* gibi türler, petrol yağları ve benzeri hidrokarbonları ayrıştırma yeteneğinde olan toprak organizmalarıdır. Bunların sorunlu bölgelerdeki toprağa kültür halinde aşılmasıyla kirlenmiş petrol ve artıklarının ayrıştırılması hızlandırılabilir. Bu hususta ayrıştırmayı etkileyen bazı dış faktörler de vardır. Bunların en önemlileri toprak sıcaklığı, toprak havalanması ve toprağın besin maddeleridir. Ayrıştırmayı gerçekleştiren bakterilerin çoğu aerobik organizmalar olduğundan, toprağın iyi havalanması, ayrıştırmalarını hızlandırıcı etki yapmaktadır. Besin maddeleri ne kadar çok olursa, bu da mikroorganizma aktivitesi için olumlu sonuçlar sağlar. Bu şekilde kirlenmiş toprakların, özellikle NPK'lerle zenginleştirilmesi, ayrıştırmayı hızlandırmaktadır. Gübrelenmeden sonra yapılan bakteri aşılmasıyla, dokuz ay içinde geriye kalan petrolün %60-65'inin, bunu izleyen 18 ay içinde de geriye kalan petrolün %20'sinin ayrıştığı saptanmıştır. Yapılan araştırmalara göre bu tür temizlenmiş petrolü ayrıştırılmış alanlarda çayır otları ve kültür bitkilerinin yetişip geliştiği bildirilmektedir (Haktanır 1987).

Mikrobiyolojik aktivite ile petrol ve türevlerinin ayrıştırılmasında önemli başarılar kazanılmış olmasına karşın, yöntemin tam olarak uygulanmasında bazı



sorunlarla karşılaşılmaktadır. O nedenle, mineral yağların ayrıştırılmasıyla mikrobiyolojik aktiviteler arasındaki ilişkileri ayrıntılı bir şekilde ortaya çıkarmak amacıyla, bir çok araştırmalar halen sürdürülmektedir. Bunların bazılarından son derece yararlı bulgular elde edilmiştir (Rudert 1996). Bu araştırmalarda gen tekniği yöntemlerine göre yağ ayrıştıran bakteriler yetiştirilmeye çalışılmaktadır. Kültür yoluyla üretilen bu bakteriler, petrol veya mineral yağlarla kirlenmiş topraklara aşılanmaktadır. Böylece bunların petrol ve türevlerini ayrıştırmaları sağlanmaktadır. Bu yöntem uygulamasıyla başarılı sonuçlar alınmıştır. Ancak bunların doğa koşullarında ayrıştırma işlevlerini tam olarak yapmaları hususu henüz gerçekleştirilememiştir. Fakat bu hususta çok önemli yeni bulgular elde edilmiştir. Son yıllarda yapılan bir araştırmadan elde edilen olumlu ve sevindirici sonuçlar ile karşılaşılan güçlükler şu çarpıcı ifadelerle açıklanmaktadır (Rudert 1996):

- Petrol ve türevlerinin yok edilmesinde mikroorganizmalar başarılıdır.
- Petrol ayrıştıran organizmalarla yapılan araştırmalardan yararlı sonuçlar alınmıştır.
- Zehir yiyici organizmalar olarak bakteriler petrol ve türevlerini ayrıştırmada önemli rol oynamaktadırlar.
- Araştırmada kullanılan toprakların 1 gramında kaynaşın 100 milyondan çok bakteri "*kendi işlevlerini icra ediyorlar*".
- Bakterilerin "*yağ yemeği*"nden arta kalan maddelerin zararsız olduğu, hatta bitkiler için yararlı ayrışma ürünü niteliğini taşıdığı belirlenmiştir.
- Ayrıştırıcı bakteriler için optimum ekolojik koşulların sağlandığı kapalı mekanlarda, bazı bakteri türlerinin, örneğin *Helicobacter pylori* (Resim 1), topraktaki mineral yağları 3-6 ay içinde karbondioksit ve suya dönüştürecek şekilde ayrıştırdıkları saptanmıştır.
- Bu yöntemin doğal koşullarda uygulanabilecek şekilde değiştirilmesine çalışılmaktadır. Bu konuda başlıca şu iki sorun ile karşı karşıya bulunulmaktadır:



**Resim 1.** Topraktaki petrol ve türevlerini ayrıştıran bakterilerden *Helicobacter pylori* (Rudert 1996)

1. Klor bileşiklerine ait maddeler ve klorlu karbonlu hidrojenler ile kirlenmiş toprakların biyolojik yöntemle temizlenmesi yapılamamaktadır.
2. Bu yöntemin doğal ekolojik koşullarda olumlu sonuçlar verecek şekilde değiştirilmesinde henüz güvenli sonuçlar alınmamıştır. Araştırmalar devam etmektedir.

Bununla beraber , mineral yağlar ve kirlenmiş toprağın temizlenmesinde en etkin yöntemin ve tek çıkar yolun, doğa koşullarında bakteriler kullanarak uygulanacak biyolojik ayrıştırma yöntemi olduğu, tüm araştırmacılar tarafından kabul edilmektedir.

Pek doğaldır ki, bu konuda en etkin önlem, petrol ve türevleriyle toprak kirlenmesinin en aza indirilmesi hususunda koruyucu davranışlarda bulunmak ve etkin bir kontrol sistemi kurup işletmektir.

#### 4.1.4.2.Radioaktif Maddelerle Toprak Kirlenmesi

Toprakta doğal olarak bazı radioaktif maddelerin (potasyum-40, Karbon-14, Uranyum, Thorium ve bunların ayrışma ürünleri) bulunduğu eskiden beri bilinmektedir. Ancak bunlara nükleer silah denemeleri ve nükleer enerji santralleriyle, yenileri eklenmektedir. Özellikle nükleer silah denemeleri yapılan ortamlarda ve çeşitli amaçlarla (örneğin tıp alanında kullanılmak üzere) nükleer teknolojisi tesislerinin kurulduğu yerlerde atmosferin çok sınırlı kısmından sağanak yağışlarla lokal olarak toprağa radioaktif maddeler eklenmektedir (Fall-out).

1950'li yılların sonlarında ve 60'lı yılların başlarında yer üstünde yapılan atom silahları denemeleri sonucunda toprak ve canlı doğada seryum-137 ve özellikle stronsyum-90 birikimleri olmuştur. Ancak, bu radioaktif maddelerin topraktaki miktarı gittikçe azalmaktadır. Bunların çoğunlukla toprağa zarar verecek yoğunlukta olmadığı araştırmalarla belirlenmiştir.

Radioaktif maddelerin çevreye yayılmalarının başka bir yolu da atom bombalarının kullanılması ve nükleer reaktörlerde meydana gelen arıza nedeniyle veya kazalarla ortaya çıkan nükleer sızıntılardır. Bunlardan birincisinin acı ve trajik örneği İkinci Dünya Savaşı'nda Japonya'nın Hiroşima ve Nagazaki kentlerine atılan atom bombası ile yaşanmıştır. Bu olayın yıl dönümlerinde, radioaktivite'nin insanlarda meydana getirdiği ölümcül tahribat televizyon ekranlarından bütün dünyaya gösterilmekte ve nükleer silahların yasaklanması için bir gerekçe olarak gövler önüne serilmektedir. Bugün halâ üzerinde durulan radioaktif kirlenme ve tahribattan biri de 26 Nisan 1986 tarihinde S.S.C.B. sınırları içinde, Kiev yakınlarındaki Çernobil nükleer santralında meydana gelen radioaktif sızıntıdır. Bu kazadan özellikle Kuzey Avrupa Ülkeleri çok etkilenmiştir. Fakat radioaktif yayılma, Güney Avrupa'da da İspanya'dan başlayarak Türkiye'ye kadar bir çok ülkede etkisini göstermiştir. Özellikle üst toprakta biriken seryum-137, stronsyum-90 ve iyod-131 ile Almanya'daki çayırlar etkilenecek, bunlardan besin zinciri yoluyla radioaktivite otlak hayvanlarına

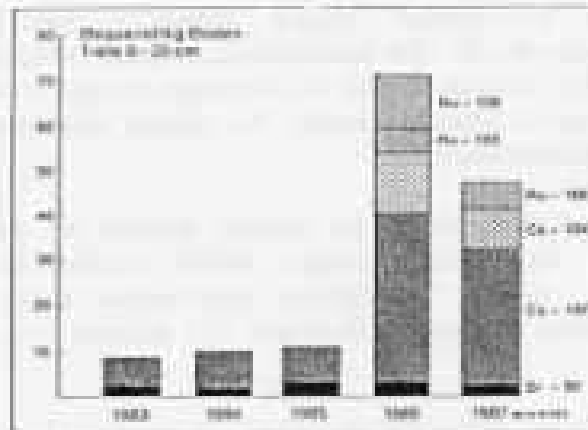
geçmiştir. Bu nedenle, belirli bir süre sonra inekler, 3 bacaklı, çift başlı yavrular dünyaya getirmişlerdir. Aynı şekilde Laponya'da, radioaktif maddeye sahip likenleri yiyen Ren Geyikleri, besin zinciri yoluyla bundan zarar görmüşlerdir.

Federal Almanya Cumhuriyeti, Çernobil kazasından sonra çok ciddi ve kapsamlı araştırmalara başlamıştır. Örneğin, 1987/88 yıllarında topraktaki radioaktiviteyi ölçmek için yalnız Baviera Eyaleti'nde 1137 yetiştirme ortamından 2039 toprak örneği alınarak incelenmiştir. Bunlar tarla, mera, orman, sebze bahçeleri gibi çeşitli yetiştirme ortamlarına ait topraklara çeşitli derinliklerinden alınan örneklerdir. Bunlarda yapılan radioaktivite ölçmelerinden şu sonuçlar elde edilmiştir:

- 1) Kısa sürede aktivitesini durduran (kısa ömürlü) Tellur-132 ve Iyod-131 gibi radioaktif maddelerin varlığına rastlanmamıştır.
- 2) Uzun ömürlü Ruthenium-106, Antimon-125 gibi radioaktif maddelerden çok az yerde ve az miktarda belirlemeler yapılmıştır. Bunların radyolojik bakımından önemsiz olduğu bildirilmektedir.
- 3) Toprak için uzun ömürlü olan radioaktif maddelerden Sesium-137 (yarılanma süresi 30 yıl), Sesium-134 (yarılanma süresi 2 yıl) oldukça yüksek miktarlarda bulunmuştur. Stronsyum-90 (yarılanma süresi 29 yıl) çok az miktarda belirlenmiştir. Bunların miktarları aşağıda verilmiştir.

Sesium-137	3900-7500 bekerel/m <sup>2</sup>
Sesium-134	1900 bekerel/m <sup>2</sup>

Benzer araştırmalar, Almanya'nın diğer Eyaletleri'nde de yapılmıştır. Örneğin Hessen Eyaleti'nde yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlar da, Çernobil kazası ile o andan sonra, topraktaki bazı radioaktif maddelerin nasıl değiştiğini göstermesi bakımından ilginçtir (Şekil 5).



Şekil 5. Almanya'nın Hessen Eyaleti topraklarında Çernobil Nükleer Santrali kazasından sonra bazı radioaktif maddelerin (radio-nükleid) artışı (AID 1987).

Şekilde sol eksendeki değerler 0-20 cm toprak derinliğinde, 1 kg toprakta bekerel olarak radioaktiviteyi göstermektedir.

Şeklin incelenmesinden anlaşılacağı üzere Stronsyum-90 değerleri değişmediği halde, sezyum izotopları-134 ve 137 kazadan sonra toprakta kat kat artmıştır. Ruthenium 106 (yarılanma süresi 1 yıl) ve Ruthenium 103 (yarılanma süresi 50 gün) artmasına karşın tehlikeli boyutlarda gözükmemektedir. Çünkü ayrışma zamanı çok kısadır. Bunun için de bitkilere geçmez. Sezyum-137 uzun ömürlü olduğu için topraktaki asıl radioaktif tehlike bundan kaynaklanmaktadır.

Çernobil kazası esnasında mevcut olan bitkiler toprak üstü kısımlarıyla radioaktiviteden doğrudan doğruya etkilenmişlerdir. Sonradan yetişen veya yetiştirilen bitkilerde bu radioaktif tehlike yoktur. Çünkü toprakta uzun ömürlü olarak kalabilen sezyum-137 bitkiler tarafından topraktan alınmamakta veya çok az alınabilmektedir. Gerçekten, 1987 Mayıs ayında çeşitli sebzeler ve mera bitkilerinde yapılan bitki analizleri de böyle bir tehlike olmadığını göstermiştir.

Toprakların radioaktif kirlenmesiyle ilgili en büyük sorunlardan biri de, radioaktif maddelerin kullanılmasından sonra geriye kalan radioaktif madde artıklarının zararsız halde saklanmasıdır. Bu hususta şimdiye kadar tam güvence veren bir yöntem bulunamamıştır. Moskova'da 1996 yılında yapılan nükleer enerji konferansından sonra Almanya Federal Cumhuriyeti Çevre Bakanı'nın "Nükleer atık maddelerin güvenle saklanması için bir yöntem bulabilmemiz amacıyla araştırmalar yapmamız gerekmektedir" şeklindeki beyanı, bu konunun güncelliğini hala koruduğunu göstermektedir. Bilindiği üzere, Nükleer atık maddelerin saklanması amacıyla toprak içine gömülmesi, yaygın bir uygulama haline gelmiştir. Bu atık maddelerin bir süre sonra su ile temasa geçmesi ve sızıntı sularıyla taban sularına karışması, önemli bir toprak ve su kirlenmesi sorunu oluşturmaktadır. Bu yolla toprak kirlenmesinde, toprağın bazı özellikleri de önemli ve etkili roller oynamaktadır. Özellikle toprağın humus içeriği ve kil minerali tipleri bu hususta önemli etkilere sahiptir. Bu konuyla ilgili olarak radioaktif atık maddelerden radioaktif iyod ile yapılan bir araştırmada şu ilginç sonuçlar alınmıştır (Assemí, et al.,1993):

- 1) Organik madde bakımından zengin topraklar, radioaktif iyodu yüksek miktarlarda tutabilmektedir. Bu araştırmada organik madde bakımından zengin bir toprak örneğinin radioaktif iyod ile tamamen doymuş hale gelmesi 14 gün gibi uzun bir süre sonunda gerçekleşmiştir. Bu zaman uzunluğu toprağın heterojen yapısından kaynaklanmaktadır.
- 2) Toprağın asitlik derecesinin de bu hususta önemli rol oynadığı belirlenmiştir. Organik madde bakımından zengin toprak örneklerinde, pH- değeri 7ye ulaşmaya kadar, toprak asitliğinin azalmasına koşut olarak radioiyodun adsorbsiyonu gittikçe artmıştır. pH-değeri 7yi geçince iyon alış veriş tamamen durmuştur.
- 3) . Klorid-illit karışımı killeri ile, bentonit ve kaolinit kil tipleri de radioiyodu adsorbe etmişlerdir. Fakat bunların adsorbsiyon miktarının, humustan daha düşük olduğu belirlenmiştir. Bunun, organik madde bakımından zengin

topraklarda mikroorganizma aktivitesinin daha çok olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

#### **Toprağın Radioaktif Kirliliğini Öleme Konusunda Neler Yapılabilir?**

Bu hususta aşağıda açıklanmış bulunan önerilerde bulunmaktadır (AID, 1987, Bay, Staatsm. F.land u Umwelt, 1989):

- 1) .Nükleer silah denemelerine ve yapımına son verilmelidir.
- 2) .Nükleer enerji santrallerinden radioaktif sızıntı kazalarının meydana gelmemesi için, bunların modern teknolojik esaslara göre donanımı sağlanmalı ve çok duyarlı bir kontrol sistemi kurulmalıdır.
- 3) .Nükleer artıkların, toprağa ve sulara zarar vermeyecek şekilde toprağı saklanabilmesini sağlayacak yöntemler geliştirilmelidir.
- 4) .Topraktaki radioaktif kirlenme sürekli ve sistemli ölçümlerle, etkin bir şekilde kontrol edilmelidir.
- 5) .Diğer enerji kaynakları bulunabildiği durumlarda nükleer enerji santralleri kurulmamalıdır.
- 6) .Radioaktif maddelerle kirlenmiş topraklarda kirlenme yoğunluğunu azaltmak için, topraklar derin olarak sürülüp işlenmeli, böylece yüzeyde biriken radioaktif maddeler, özellikle sezyum-134, geniş hacimli mekânlara dağıtılarak birim toprak hacmine düşen miktar (yoğunluk) azaltılmalıdır.
- 7) .Potasyum bakımından fakir topraklar, potasyumlu bileşiklerle gübrelenerek, bitkinin sezyum izotoplarını alması azaltılmalıdır.

#### **4.1.4.3.Katı Atık Maddeler ile Toprak Kirlenmesi**

Katı atık maddelerle toprak kirlenmesi denince,insan aktivitesi ile meydana gelen ve "çöp" olarak nitelenen evsel ve endüstriyel atık maddelerin toprağa verdiği zararlar anlaşılır.Sanayileşmiş ülkelerde atık madde miktarı, özellikle son on yıllarda hızla artmış ve artmaya devam etmektedir.Zengin ülkelerde kişi başına düşen ,doğrudan doğruya veya dolaylı olarak meydana getirilen katı atık madde miktarının yaklaşık 20 ton civarında olduğu bildirilmektedir. (Jorgansen and Johnsen 1989). Aynı literatüre göre Batı Avrupa ve kuzey Amerika'da doğrudan doğruya meydana getirilen yıllık katı atık madde miktarının kişi başına 600 kg. kadar olduğu ifade edilmektedir.Bu miktarın yaklaşık olarak 260 kg.'ını kağıt ve kağıt ürünleri ,130 kg.'ını metaller,110 kg.'ını cam,60 kg.'ını organik madde (kağıt dışı),30 kg.'ını kül ,10 kg.'ını da diğer maddeler oluşturmaktadır.

Dolaylı olarak tarım ve sanayi tarafından üretilen katı atık madde miktarları ise şöyledir:

<u>Atık madde cinsi</u>	<u>kg./kişi/yıl olarak miktar</u>
Tarımsal katı atıklar	8000
Maden ve mineraller	6500
Diğer endüstri atıkları	500

Böylece bir yılda kişi başına düşen ortalama katı atık madde miktarı 15 tonu bulmaktadır. Bu miktar zengin ülkeler için 20 ton olduğuna daha önce değinilmişti. Verilen bu sayısal değerlerden de kolayca anlaşılacağı üzere, bu kadar çok miktarlardaki katı atık maddelerin çevreye zarar vermeden toplanıp yok edilmeleri, bütün ülkelerde önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu sorunun çözümü için çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunların başlıcaları aşağıda verilmiştir:

- 1) Çöplerin açık alanlarda belirli yerlerde yığın halinde biriktirilmesi.
- 2) Hijyenik dolgu sistemiyle çöp depolanması. Buna, sağlığa uygun tekniikle çöplerin toprağa gömülmesi yöntemi de denilebilir.
- 3) Çöplerden kompost yapma.
- 4) Yakma yöntemi.

Bu sayılan yöntemlerin hepsinin yararlı ve sakıncalı yanları bulunmaktadır. Gerçekten, bunların uygulanmasıyla belirli sorunlar çözümlenmekte, fakat her çözüm başka sorunları beraberinde getirmektedir. O nedenle, katı atık madde sorununun çözümü için, olayları kaynağında önleyecek bütünsellik ilkesine göre kapsamlı bir Çevre Amenajmanı uygulanmalıdır.

Gelişmekte olan ülkelerde, hatta sanayileşmiş ülkelerin birçoğunda, çöplerin açık alanlarda, çukur yerlerde, vadi ve akarsu kıyılarında toprak üstüne yığılıp depo edilmeleri en çok kullanılan yöntem olmaya devam etmektedir. Ancak, tüm ülkelerde katı atık maddeler (çöpler) o kadar artmıştır ki bunların toprak üzerine gelişi güzel depolanmaları, bir yandan tüm canlılar için yaşamsal düzeyde tehlikeli olmaya başlamış, diğer yandan da çöpleri yığacak yer kalmamıştır. Bu sorun, özellikle İstanbul gibi büyük kentlerde çok büyük boyutlara ulaşmıştır. İstanbul için Ümraniye çöplüğünde cereyan eden tehlikeli süreçler, Kemer Burgaz çöplüğündeki tehlikeler güncelliğini korumaktadır. İstanbul'un yalnız Rumeli tarafında günlük 88-116 ton çöp üretilmesi, sorunun boyutları hakkında bir fikir vermektedir.

Bir yandan çöplerin gittikçe artması, diğer yandan zararlı sonuçların tehlikeli bir şekilde ortaya çıkması nedeniyle, çöplerin yok edilmesi veya değerlendirilmesi için yeni yöntemler aranıp uygulanmaya ve yasal bazı düzenlemeler yapılmaya başlanmıştır. Özellikle, sanayileşmiş ülkelerde, çöplerin hijyenik ve estetik nedenlerle, yerleşim alanlarından uzakta yığılması ve verimli toprak alanlarının korunması ilkelere dayanarak yasal düzenlemeler yapılmış ve buna uyulması kontrol altına

almıştır. Gelişmiş ülkelerde bu sorunun çözümü için alınan önlemler ve yapılan uygulamalar genel olarak şöyledir:

- Çöpler evlerde niteliğine veya yapısına göre ayrı kaplarda biriktirilmektedir (cam, metal, kağıt, meyve ve sebze gibi organik maddeler).
- Kompost yapılarak tarımsal amaçla değerlendirilmektedir.
- Yakılarak yok edilmektedir.
- Usulüne uygun olarak, özel bir yöntemle göre hazırlanan çukurlara doldurularak, toprak altına gömülmektedir.
- Atıksu ve toprakla karıştırılmaktadır.

Kompost yapma, hijyenik arazi sistemi hazırlanarak burnya gömme, atıksu ve toprakla karıştırma işlemleri, doğrudan doğruya toprak kirliliğiyle ilgili olduğu için, bunların uygulamasında şu üç koşulun göz önünde bulundurulması gerekir. Bu çöpler:

- 1) Toprağa zarar vermeden toprağın verimliliğini yükseltmeli
- 2) Bitkisel üretimi çoğaltmalı
- 3) İnorganik ve organik zararlı maddeler bakımından fakir olmalı

Çöpleri oluşturan katı atık maddelerden cam, seramik, metal ve plastik gibi güç ayrışan maddeler, toprağa verilmeyip, bunlar geri kazanılma işlemine sokulmuş üzere, ilgili sanayi kuruluşlarına teslim edilmelidir.

Çöplerin yok edilmesi veya değerlendirilmesi yöntemlerinin özet olarak açıklaması aşağıda yapılmıştır (Haktanır 1987, Friedler 1990 ile karşılaştırınız):

### 1).Çöplerin açık Alanda Biriktirilmesi

Özellikle gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkelerde kullanılan bir yöntemdir. Çöplerin açık alanlarda gelişi güzel yığılması, çeşitli sakıncalar doğurmaktadır. Bunların başlıcaları şunlardır:

- Açıktaki çöp yığınlarında hastalık yapan organizmalar bulunmaktadır. Bunlar sinek, böcek, kemirgenler ve kuşlar tarafından geniş alanlara yayılarak tehlike mekânı genişlemiş olur.
- Açıkta toprak üzerine gelişi güzel yığılmış çöplerden yağış suları ile sızıntı suları meydana gelir. Bunlar çöplerde bulunan çeşitli organik ve inorganik maddeleri içermektedirler. Bu sızıntı suları toprağa girerek yeraltı su kaynaklarına ulaşabilirler veya yüzeysel akış ile yerüstü su kaynaklarına karışabilirler. İçlerindeki organik maddelerin ayrışması ve önemli düzeyde potojen organizmalar taşıyabilmeleri nedeniyle büyük tehlikeler yaratabilirler.

- Estetik açıdan hoşu gitmeyen bir görünüm arzederler. Ayrıca kötü kokulu, metan gibi tehlikeli gazlar çıkarırlar.

Özet olarak toprak üstüne geliş güzel depolanmış ev idaresi ve endüstriyel çöpler, zaman ve mekâna göre, bulunduğu ortamda bir takım madde değişimleriyle zararlı maddeler oluşturabilirler. Bunlar da buldukları ortama ve çevreye olumsuz etki yaparlar. Çöp yığınlarında genellikle anaerobik, ekzotermik ayrışma olayları cereyan eder. Bunun sonucunda toz ve gaz emisyonları meydana gelir. Bunlar birincil olarak toprak, su ve havanın özelliklerini bozar. İkincil olarak da bitki, insan ve hayvanlara zararlı etkiler yapabilirler. Bütün bu nedenlerle çöplerin yok edilmesi veya değerlendirilmesi için başka yöntemler kullanılır. Bunlardan, biri çöplerin toprak yüzüne geliş güzel yığılması yerine, bilimsel esaslara göre toprak içinde çöp depolanması yöntemidir. Bu konuda bilgi verilmesinde yarar görülmüştür.

## 2).Hijyenik Dolgu Sistemiyle Çöp Depolanması

Bu yöntemine göre, uygun bir yer aranıp bulunur, usulüne uygun olarak açılan toprak içindeki bir yuvaya çöpler doldurulup üzeri toprakla örtülür. Bu yöntemine göre uygulama şu şekilde yapılır (Fiedler 1990):

1. Çöplerin doldurulup depolanacağı yer seçimi çok dikkatle yapılır. Bu hususta standartlara uygun jeolojik, hidrolojik, iklimatik etki faktörlerinin su kirlenmesi ve diğer sağlık koşulları bakımından uygun olduğu yerler seçilir.
2. Çöp depolarının sızıntı sularını alıp biriktirecek, havalanmayı sağlayacak yapılar ile diğer özel tesisat çöp deposuna monte edilir.
3. Yönetmeliklerde belirlenmiş depolama yöntemleri, en ince ayrıntısına kadar uygulanır. Bununla ilgili ve uyulması gerekli teknolojik esasların belli başlıcaları şunlardır:
  - Yerleşim alanlarından belirli uzaklıkta uygun çukurların kazılması
  - Depolanacak çukur ile yerleşim alanları arasında bir yeşil kuşak bulunması veya yeşil kuşak kurulması
  - Çukurun taban ve yanlarının iyice sıkıştırılarak temas ettiği toprak kütlesinden izole edilmesi
  - İki metre yüksekliğinde çöp doldurulduktan sonra 20 cm kalınlığında bir toprak tabakasıyla üzerinin örtülmesi, bunun üzerine yeniden çöp doldurulup sıkıştırılması
  - Taban suyu ve sızıntı suyu toplama kanalının düşey olarak çöp yığını üstünden dibine kadar konması



- En üstte bitki yetiştirilecek bir toprak tabakasının getirilmesi.

Ancak, bütün bunlara ve tüm depolama tekniklerine uyulmasına karşın, civardaki tabansuları kirlenmektedir. Yüzeysel sularının daha birinci yıldan itibaren kirlenmeye başladığı bir gerçektir. Özellikle toprak içindeki sızıntı suları, çok çeşitli zararlı maddeler ile yüklüdür (mikroorganizmalar, çeşitli organik ve inorganik maddeler). Ayrıca Hg, Cd, As gibi zararlı maddeler de bu sularda bulunmaktadır. Ancak, bunların miktarı, sağlık bakımından genel olarak endişe edecek değerin altında bulunmaktadır. Aynı şekilde organik maddelerle olan kirlenme de, görece olarak kısa bir zaman sonra ortadan kalkmaktadır. İnorganik maddeler ise bunların aksine gittikçe artmakta, özellikle alkali ve toprak alkaliileri ile bunlara ait klorürlü bileşikler ve sülfatlar yüksek düzeylerini uzun süre korumaktadırlar. Sızıntı suyu ise oksijen kullanımını, nitratları ve sülfatları artırır, böylece taban suyu ve içme sularının "verimlilik derecesi" ni yükseltir. Taban sularının niteliğini kaybetmesi ve bu sızıntı sularının olumsuz etkileri, buldukları yerden kilometrelerce uzağa kadar yayılabilir. Bu nedenle, çöp depoları, özellikle taban suları bakımından sürekli olarak gözetim ve kontrol altında bulundurulmalıdır.

Yukarıda açıklanan ve arzu edilinceye zararlı sonuçların meydana gelmemesi için, çöp depolarının yeri, taban sularının çok derin olduğu ortamlarda, içme suyunun sağlandığı su koruma zonlarından uzakta seçilmeli ve etrafı yeşillendirilmeli. Özellikle sızıntı sularının toplanarak bir yerde depolanması gerekir. Çünkü sızıntı sularında anaerobik ayrışma ürünleri olabilir. Bunlar, ayrışmaları için yüksek miktarlarda oksijene gereksinim gösteren, redüklenmeye uğrumuş veya kısmen okside olmuş bileşiklerdir (metal ve organik asitler gibi). Gerçekten anaerobik çöp depolama koşullarında, çöp deposunda mikrobiyolojik yolla ayrışabilecek organik madde miktarlarına bağlı olarak "depolama gazları" denen ve çoğunlukla metan ve karbondioksit gazlarından (hacmen 1:1) oluşan gaz karışımları meydana gelir. Gaz ürünleri çöp içinde uzun bir süre, örneğin depolamadan 20 yıl sonraya kadar kalabilir. Bunların miktarının 1 ton çöp için 60-180 m<sup>3</sup> olabildiği bildirilmektedir (Fiedler 1990). Bu gazlardan enerji kaynağı olarak yararlanma yolları aranmaktadır.

Bu yöntemin sakıncalı yanlarından en önemlisi, zararlı sızıntı sularının ve yüzeysel akış sularının, taban sularına ve çok uzaktaki mekânlara yayılabilmesidir. Ayrıca suların asitlik derecesine göre Mn ve Fe gibi metal iyonlarının hareketliliği de bu sızıntı sularıyla arttırılır ve toprağın iyon dengesi bozulur. Depolama gazları da her zaman için bir tehlike oluşturur.

Bu şekildeki depo yerlerinden tarımsal amaçlarla yararlanmak için, üzerleri en azından yarım metre kalınlığında, iyi nitelikte kültür toprağıyla örtülmelidir. Kaçık bahçecilik için bu toprak kalınlığının 25-30 cm olması yeterlidir. Bu gibi yerlerde yonca, kuru fasulye, mısır, lahana, patates ve tahul yetiştirilebilir. En son aşamada da kavak, kızılçam, dağakçağacı gibi bitkiler de buraya getirilebilir.

### 3).Çöplerden Gübre Olarak Yararlanma Amacıyla Kompost Yapılması

Birçok ülkelerde çöpler, bazı mekanik işlemlerden geçirildikten sonra doğrudan doğruya veya kompost haline getirilerek tarımda gübreleme amacıyla kullanılmaktadır. Eğer mekanik işlemlerden sonra doğrudan doğruya toprağa verilecekse, çabuk ayrışmaları için, işlerine 20-25 kg/ha saf azot verilmelidir (Haktanir 1987).

Çöplerden kompost yapma, birçok ülkelerde sık sık başvurulan bir yöntemdir. Kompost, çöplerin organik maddelerden oluşan (sebze, meyve, yemek, ekmek, v.b. artıklar) kısmından yapılır. Bunun için çeşitli yöntemler vardır. Kompost yapımı, çöplerin içerdiği organik maddelerin, mikrobiyolojik ve biyokimyasal yolla ayrıştırılması ve başka maddelere dönüştürülmesi işlemi demektir. Bugün bir çok ülkelerde (Hollanda, Fransa, Almanya, İsveç, v.b.) belirli biyoteknik işlemlerle çöplerin ufalanması ve mikroorganizmalar için optimal su ve oksijen koşullarının yaratılmasıyla kompost yapılmaktadır. Yukarıda açıklanan koşullar sağlanarak, çöpler bir yerde yığılır ve bu işlem sonucunda kitle halinde ve büyük miktarlarda "organik gübreler" elde edilir. Bunun için çok çeşitli teknoloji ve yöntemler geliştirilmiştir.

#### Kompostların Bileşimi ve Özellikleri

Kent çöplerinden yapılan kompost, bileşimi ve etkisi bakımından, toprağın özelliklerini iyileştiren "organo-mineral" biçimindeki bir gübredir. Bunun etkisi, herşeyden önce mineralize olabilen, humuslaşabilen veya humuslaşmış organik maddelerin içeriğine bağlıdır. Bunun yanında çeşitli makro ve mikro besin maddeleriyle bazık etki yapan öğeler de önemli roller oynarlar. Ayrışma sonucunda meydana gelen Cu, Mn, Mo, Zn gibi mikroelementler, toprakta normalin üzerinde birikirse bunlar zehir etkisi yapabilecek kadar zararlı olabilirler.

#### Kompostun Toprağa ve Bitkilere Etkisi

Çöpten yapılan kompostların kullanılması konusunda yürütülen araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, kompost toprağın birçok özellikleri üzerinde etkili olmaktadır. Bunların başlıcaları şunlardır:

- Toprağın pH-değerini yükseltir.
- Toprağın humus içeriğiyle, makro ve mikro besin maddelerini artırır.
- Besin maddesi dönüşümlerini hızlandırır.
- Mikrobiyolojik aktiviteyi artırır.
- Özellikle kil topraklarının kötü fiziksel özelliklerini (strüktür, suyu geçirme, havalanma) düzeltir.
- İnfiltrasyon oranını yükselterek erozyonu önler.
- Bitkisel ürün miktarını artırır, niteliğini yükseltir.

Kompost kullanımının, yukarıda sayılan olumlu etkileri meydana getirilebilmesi için aşağıdaki hususların mutlak suretle dikkate alınması gerekmektedir. Bu sonuçlar, tarla ve saksı deneyleriyle yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlardır (Fiedler 1990):

- Bir ton kent kompostu, genel olarak ürün artırma bakımından bir ton çiftlik gübresine eşdeğerdir.
- Kent kompostunun ürün verimi üzerindeki etkisini arttırmak için, kompost verilmiş toprağın yağmurlama yöntemiyle sulanması gerekmektedir.
- Kompostların erozyon zararlarını azaltmada ve arazi yüzünde meydana gelen oyulmaları onarmada pozitif etkileri bulunmaktadır.
- Kent kompostunun tekrar tekrar kullanılması halinde, toprağın özellikle ağır metal ve bazı mikroorganizma birikimi ve mikroorganizma yaşamı bakımından sürekli olarak kontrol edilmesi gerekir.

#### 4). Çöplerin Yakılarak Yok edilmesi

Çöplerin zararsız hale getirilmeleri ve ortadan kaldırılmaları için uygulanan yöntemlerden biri de yakma yöntemidir. Bu yöntemin uygulanması için özel teknolojiler geliştirilmiş olup ülkemizde tekniğe uygun olarak kullanıldığı söylenemez. Bunun birçok koşulları bulunmaktadır. Özellikle ev idaresinden kaynaklanan çöplerin hiç değilse, organik olanlarının yerinde ayrılarak ayrı kapta toplanması gerekmektedir. Dış ülkelerin bir çoğundaki konutlarda bu işlemin yapılması zorunlu hale getirilmiştir. Bu koşullarda çöplerin yakılarak toprağa zarar vermeden ortadan kaldırılması daha kolay olmaktadır. Bizde böyle bir uygulama olmadığı için, yakma işlemiyle çöplerin ortadan kaldırılması da bazı güçlükler arz etmektedir. Çöp yakma teknolojisi ise ayrı bir konu olduğundan üzerinde durulmayacaktır. Pek doğaldır ki, bu yöntemin uygulanması, lokal de olsa, hava kirliliği meydana getireceğinden, gerekli önlemler alındıktan sonra uygulanması zorunludur.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan anlaşılacağı üzere, toprak için en zararlı yöntemin, çöplerin toprak üzerine gelişi güzel yığılmasıdır. Ülkemizde de, diğer ülkelerde uygulanan ve daha az zararlı olan yöntemlerin uygulanması ve bu hususta gerekli yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir.

#### 4.1.4.4. Uçucu Köllerin Toprağa Verdiği Zararlar

Öncelikle linyit kullanan termik santraller ile kentsel yerleşim alanlarında ısıtma için yakılan linyitlerin meydana getirdiği uçucu köller, toprak kirlenmesi bakımından önemli zararlara neden olmaktadır. Özellikle termik santrallerde kullanılan linyit kömüründen yakma artığı olarak kalan köllerin toprak üzerine yayılması veya toprak yüzünde depolanmasıyla büyük sorunlar meydana gelmektedir. Afşin-Elbistan ve Muğla-Yatağan termik santralleri bu konuda verilebilecek iki tipik örnektir. Yalnız yakma artığı köllerin toprak üzerinde depolanması değil, filtresiz bacalardan çıkan uçucu köller de çevreye zarar vermektedir. Linyit yakılması

sonucunda meydana gelecek küllerin toprağa vereceği zarar, bu küllerin kimyasal bileşimine bağlıdır.

Ülkemizde yaygın linyit yataklarının bulunması ve enerji sağlama amacıyla bunların kullanma zorunluluğunun bulunması gibi nedenlerle, sorunun boyutları gittikçe büyümektedir. Linyitin, Türkiye'nin enerji bilançosundaki payı 1985 yılında % 19.1 oranında idi. Türkiye'deki termik santrallerin kül üretme kapasitelerinin, toplam olarak yılda 10 milyon ton olduğu, bunun A.B.D'dekinin onda birine yaklaştığı bildirilmektedir (Tuğal ve Solmaz 1993).

Yakmadan sonra kazanda kalan küller ve uçucu kül olarak bacadan çıkanlar, toprak yüzeyini ve bitkilerin toprak üstü organlarını kaplayarak bir izolasyon tabakası oluşturmaktadır. Böylece gerek toprak ve gerekse bitkiler için hava, su ve besin maddesi alışverişine engel olmaktadır. Özellikle termik santrallerdeki atık küllerin toprak üzerinde depolanması sonucu, altındaki topraklara, içerdiği zararlı maddeleri, yağış sularıyla ve sızıntı suyu halinde vermektedir. Uçucu küllerin içinde birçok mineral bileşikler bulunmaktadır. Bunlar içinde bazılarının toprağa zarar vermemesi için, küledeki miktarlarının belirli bir sınır değeri geçmemesi gerekmektedir. O nedenle birçok ülkelerde uçucu küllerin içerdiği zararlı maddelerin sınır değerleri belirlenmiştir. Almanya'da kabul edilmiş sınır değerlerin verilmesi yararlı görülmüştür (Çizelge 12).

**Çizelge 12.** Termik santrallerin bacalarından çıkan uçucu küllerde bulunan bazı zararlı elementlerin toprakta kabul edilebilir sınır değerleri (Federal Almanya Cumhuriyeti Örneği)

Uçucu küledeki element	Toprakta kabul edilebilir sınır değeri mg/kg	Uçucu küledeki element	Toprakta kabul edilebilir sınır değeri mg/kg
Titan	500	Kalay	50
Çinko	300	Kobalt	50
Kurşun	100	Molibden	5
Arsenik	20	Kadmiyum	3
Nikel	50	Selen	3
Vanadium	50	Uranyum	5
Bakır	50	Brom	10
Krom	100	Civa	2

Termik santrallerdeki uçucu küllerde veya kazanda kalan küllerdeki zararlı elementler veya ağır metallerin miktarı ve zarar dereceleri, sadece kömürün niteliği ve sözkonusu maddelerin miktarıyla ilgili değildir. Bu hususta kömürün yakılma şekli, yakıldığı sıcaklık derecesi, filtre etkisi, küllerin arazide depolanma şekli ve benzeri faktörler de çok önemli roller oynamaktadır. Bununla beraber bir fikir verebilme amacıyla, ağır metallerin kömürde ve onun külündeki, tipik miktarları bir çizelgede toplu olarak verilmiştir (Çizelge 13).

**Çizelge 13. Ağır metallerin kömürde ve külündeki tipik miktarlarının değişim sınırları (Jorgenson and Johnsen 1989).**

Ağır Metaller	Kömürde mg/kg	Külde mg/kg
As	1.0-15	10-2000
Ag	0.1-1.0	1-100
Cd	0.3-10	1-200
Cr	5-30	3-2000
Cu	5-40	10-3000
Hg	0.05-1.0	0.01-50
Pb	2-70	10-7000
Ni	5-50	3-1300
Zn	10-100	10-10000

Uçucu küllerin toprağa ve çevreye vereceği zararları azaltılmak veya tamamen engellemek için araştırmalar yapılmakta ve buna göre gerekli önlemler alınmaktadır. Konu ile ilgili olarak Afşin-Elbistan termik santrali uçucu küllerini değerlendirme bakımından yapılan bir araştırmada ilginç sonuçlar alınmıştır (Tugal ve Solmaz 1993). Bu araştırma, ülkemiz linyit rezervlerinin % 48'inin bulunduğu K.Maraş-Elbistan yöresinin kömürlerinden enerji elde eden Afşin-Elbistan termik santrali uçucu külleri ile yapılmıştır. Araştırmada, bu uçucu külleri değerlendirmek için bunların inşaat sektöründe bir yapı malzemesi olarak kullanılabilirliği incelenmiş ve önemli sonuçlar da elde edilmiştir (ayrıntılı bilgi için bakınız: Tugal ve Solmaz 1993).

Muğla-Yatağan termik santralında ise günde 14400 ton linyit yakılmaktadır. Bu santralin kullandığı linyitlerin 1 tonunda 90 mg uranyum bulunduğu ifade edilmektedir. Eğer bu kömürler 650 °C den daha düşük sıcaklıkta yakılırsa, uranyumun büyük bir kısmının külde kalacağı, inceleme ve araştırmalarla belirlenmiştir. Bu küllerin toprakla temasa gelmesi halinde, topraklarda radioaktif kirlenme yaratabilecektir. Bu küllerin içindeki uranyumun 1 kilo külde, 5 mgr.'i geçmesi halinde tehlikeli olacağı bundan önce verilen çizelgeden anlaşılmaktadır (Çizelge 12). Gerçekten Muğla-Yatağan termik santrali küllerindeki uranyum ve bunun çevreye verebileceği zararlar uzun süre tartışılmış ve o yöredeki insanlar huzursuz ve rahatsız olmuştur. Esasen sözkonusu termik santralde Linyitler 650°C sıcaklığın üzerinde yakılırsa, kömürdeki uranyumun önemli bir kısmı buca gazlarıyla atmosfere karışarak, yine de çevrede (toprak da dahil) bir radioaktif kirlenme yaratabilecektir. Bu olasılık dikkate alınarak, o yörede bu bakımdan sürekli kontrollerin yapılması gerekmektedir.

#### **4.1.4.5. Tuzlarla Toprağın Kirlenmesi**

İnsan eliyle toprakların tuzluluğunu artırma bir çok şekillerde olmaktadır. Bunlardan en önemlileri, sulamaya uygun olmayan tuzlu ve alkali sularla toprağın sulanması, kıyın yolların buz tutmaması için yollara tuz serpilmesidir. Birinci yolla, toprakların tuz miktarını artırma daha seyrek hallerde cereyan etmektedir. Çünkü, sulama suları genellikle kontrol edildikten sonra, sulamaya elverişli bulunduğu

durumlarda sulama suyu olarak kullanılmaktadır. Aksi durumda, evapotranspirasyonla buharlaşan suyun içerdiği tuzlar bitki organlarında ve toprakta çökerek birikmektedir. Bu da bitkilerin metabolizma olaylarını ve toprağın çeşitli özelliklerini zarara uğratmaktadır. Bu zarar derecesi, sulamanın tekrarına ve su içindeki tuzun yoğunluğuna göre değişmektedir.

Topraktaki tuz zararları, daha çok kışın yolların buzlanmaması ve böylece trafik kazalarının önüne geçilmesi için yollara serpilerek tuzlarla (NaCl, MgCl<sub>2</sub>) meydana gelmektedir. Bu işlem, özellikle Avrupa ülkeleri'nde çok yapılmaktadır. Örneğin, Federal Almanya Cumhuriyeti'nde otoyollarına 1962-1974 yılları arasında her metre yol uzunluğu için yılda 12-50 kg tuz kullanıldığı, Almanya Demokratik Cumhuriyeti'nde ise 1974 yılında yollara 220.000 ton MgCl<sub>2</sub> çözeltisi ve 100.000 ton kaya tuzu serpiştirildiği bildirilmektedir (Fiedler 1990). Yollara bu şekilde tuz dökmenin sakıncaları anlaşılınca, bunun yerine, buzlanmaya karşı başka önlemler alınmaya başlanmıştır. Örneğin, tuz yerine çok ince nacı veya kömür tozu tercih edilmektedir.

Yollara serpilerek tuz, kar ve buzların eridiği ilkbaharda, döküldüğü yerden başlıca yerlere eriyik olarak veya yağış sularıyla dağılmaktadır. Bu yayılıp dağılıma etkisi, yol kenarından 300-400 metre uzaklığa kadar kendini gösterebilmektedir. Ayrıca kışın ya yağış sularıyla, ya da kuru havalarda toz olarak, araç lastikleriyle uzaklara sıçratılmaktadır. Bu şekilde yol kıyasından itibaren 5-10 metre genişliğindeki bir şeride yılda 1 metrekareye 1 kg tuz gelebilmektedir. Rüzgarlı havada ve açık arazide araç lastiklerinden sıçratılan tuz, 100 metre uzaklığa kadar etkili olabilmektedir.

Tuzun, toprakta düşey yönde toprağa girmesi, yağış miktarına ve toprağın bazı fiziksel özelliklerine göre değişir. Topraktaki kolloid miktarı ve bunların sorbsiyon özellikleri, bu hususta önemli roller oynamaktadır. Bu özelliklere göre bazı tuzlu sular, taban sularına kadar inerek, yeraltı sularının özelliğini bozabilmektedir.

### Tuzun Toprak Üzerindeki Etkileri

Topraklarda tuz miktarının artması, bitkilerde beslenme güçlüğü meydana getirir. Bilindiği üzere, normal koşullarda bitkiler osmos yoluyla toprak çözeltisinden besin maddelerini alabilmektedirler. Bu olay, bitki köklerinin toprak çözeltisinden daha yüksek bir osmotik potansiyelle sahip olmasıyla gerçekleşir. Toprakta tuz miktarı çok olursa, toprağın osmotik potansiyeli artar ve tuz yoğunluğu belirli bir düzeye gelince, toprak çözeltisinin osmotik potansiyeli, köklerin geliştireceği osmotik potansiyelden yüksek olur. Bunun sonucunda da fizik yasalarına göre, bitkilerin toprak suyunu alması güçleşir, hatta olanaksız hale gelir. Tuz dökülmüş yolların kıyasındaki topraklarda, kar ve buzun erimesiyle tuz yoğunluğu artarak toprak çözeltisinin osmotik potansiyelini 15 atmosfere kadar çıkartabilir. Bunun anlamı, bu potansiyelin, bitkilerin toprak çözeltisini emme gücünün üstüne çıkması demektir. Bunun sonucunda da toprakta su olmasına karşın, bitkiler bu suyu alamazlar. Bilindiği üzere, bunu "fizyolojik kuraklık" denmektedir. İlkbaharda erken vejetatif faaliyete geçen bitkiler, bu durumda su kıtlığından zarar görür. Yeni çimlenmekte olan fideler ölür. Yazın

sıcaklık ve yağış kıtlığı artınca, bu zarar derecesi yükselir ve geniş yapraklı ağaçlar, yapraklarını sonbahardan önce dökerler.

Topraklarda tuzluluğun artması toprak strüktürünün, özellikle kıvrımlılığın bozulmasına da neden olur.

İyon değişim kapasitesindeki hidratlanmış sodyum iyonlarının artması, toprak kıvrımlarının dağılmasına neden olur. Bunun sonucunda iri gözenekler azalır ve özellikle ince tekstürlü topraklarda düzey su hareketi engellenmiş olur.

### **Topraktaki Tuzun Bitki Beslenmesine Etkisi**

Tuzdan etkilenen topraklarda fiziksel özellikler bozulduğu gibi, kimyasal özellikler de bozulur. Örneğin toprak reaksiyonu değişir (asitlik düşer, toprak alkalileşir). Besin maddeleri dengesi bozulur. Tuzlu topraklarda sodyum iyonu artacağından, önce Mg ve Ca, daha sonra da K- beslenmesi azalır. NaCl bileşiminde olan tuz, toprakta bol miktarda bulunursa, toprak çözeltisindeki Na ve Cl - iyonları artar. Bu nedenle bu iyonlar, kitlelerin etkisi yasasına göre, bitki tarafından bol miktarda alınır. Bunun sonunda, Cl - iyonlarına karşı duyarlı bitkilerde zehirlenme meydana gelebilir. Ladin iğne yapraklılarında, yaprak kuru maddesinin % 0.4 - 0.6 sı kadar Cl-bulunursa, zehirlenme için sınır değerlere ulaşılmış demektir. Geniş yapraklı orman ağaçları için bu değer % 1 ve daha yüksektir (Fiedler 1990).

Toprak çözeltisinde artan sodyum ve klor iyonları, yalnız zehir etkisi yapmakla kalmaz, iyon antagonizması nedeniyle, bitkilerin Ca, Mn, Fe, Zn, Mg, B ve K besin elementlerinin bitkiler tarafından alınmasını da engeller.

Birçok Avrupa kentlerindeki yol ağaçlarının yaklaşık üçte biri tuzdan zarar görmüş ve bazıları ölmüş durumdadır. Bu nedenle tuz serpilen yol kenarlarının ağaçlandırılması için estetik kriterlerden çok, tuza dayanıklı olup olmadıkları dikkate alınmalıdır. Bu bakımdan ağaç ve çalı türleri ve cinsleri arasında farklılıklar bulunmaktadır. Tuzluluk ile ilgili yol ağaçlanmaları için ağaç türü seçimine yardımcı olmak amacıyla aşağıda verilen çizelge düzenlenmiştir (çizelge 14).

**Çizelge 14.** Toprakta yüksek derecede klorür yoğunluğuna karşı ağaçların direnç durumları (Klincsek 1986).

<b>Orman Ağaçları</b>	
Duyarlı olanlar	Acer, Aesculus, Carpinus, Castanea, Fagus, Juglans, Picea, Pinus, Populus, Tilia, Gingo, Prunus padus
Görelî olarak dayanıklı	Betula, Populus alba, Platamus, Quercus robur, Q. rubra, Robinia, Taxus, Ulmus laevis.
<b>Park ve Yol Ağaçları</b>	
Görelî olarak dayanıklı	Catalpa, Gleditzia, Sophora, Sorbus
<b>Çalılar</b>	
Duyarlı olanlar	Corylus, Ilex, Legustrum, Lonicera, Rosa canina
Görelî olarak dayanıklı	Buxus, Cotoneaster, Crataegus, Hippophae, Viburnum

#### **Toprağın Tuzdan Zarar Görmemesi İçin Alınabilecek Önlemler**

Bu önlemler şu şekilde sıralanabilir:

- Buzlanmaya karşı yollara serpilmiş tuz miktarının en düşük düzeye indirilmesi veya aynı işleri yapacak mıcır, curuf gibi maddelerin kullanılması
- Tuzla dayanıklı bitkilerin seçilmesi ve köklerinin tuzlu sulara erişemeyeceği şekilde yüksek yerlere dikilmesi
- Yol kenarlarına tuzlu suyu boşaltacak hendeklerin açılması
- Yol kenarı ağaçlarının gübrelenmesi

Bunların hepsi zor ve başarı şansı düşük önlemlerdir. Yollara tuz dökülmesinden vazgeçilmesi tek çıkar yol olarak görünmektedir.

Ülkemizde esasen yollara tuz dökülmesi çok seyrek ve çok az yerde yapılmaktadır.

#### **4.2. Toprak Kirliliğinin Değerlendirilmesi**

Buraya kadar yapılan açıklamalardan anlaşılacağı üzere toprak kirlenmesi, bütün dünyada ekolojik dengeleri değiştiren çevre kirliliği, nüfus artışı ve sanayileşme gibi süreçlerle özdeşleşmiştir. Toprak kirliliğini meydana getiren tüm faktörlerin çevre kirliliği ile sıkı bir ilişkisi bulunmaktadır. O nedenle, bu hususta alınabilecek koruyucu önlemler veya mücadele yöntemleri çevre kirliliğine ait olanlarla aşağı yukarı aynıdır.



**Toprak, besin maddelerimizin %78'ini oluşturan bitkisel ürünlerin kaynağı ve en önemli yaşam temellerimizden suyun deposu olduğu için, toprak kirliliği ile mücadele etmek, canlıların yaşamına hizmet etmekle aynı anlama gelmektedir. Bu hususta, bireylerden toplumsal kuruluşlara kadar herkese ve her kuruluşa önemli görevler düşmektedir.**

## **VARARLANILAN KAYNAKLAR**

- AID, e.v. (Herausg.), 1987. Bodenschutz und moderne Landwirtschaft. 1174. Bielefeld
- ANL (AKADEMIE für NATURSCHUTZ und LANDSCHAFTSPFLEGE) (Herausg.), 1991. Begriffe aus Ökologie, Umweltschutz und Landnutzung. Informationen 4, Laufen, Frankfurt.
- BAUR, S. and K.H. FEGER, 1992. Importance of natural Soil processes relative to atmospheric deposition in the mobility of aluminium in forested watersheds of the Black Forest. Environmental Pollution 77, (1992), p. 99-105
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM für ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT und FORSTEN (Herausg.), 2. Landwirtschaftlichen Bodennützen und Schätzen, Heft 2. Druckhaus E. Kastner KG Weinzach.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM für LANDESENTWICKLUNG und UMWELTFRAGEN (Herausg.), 1989. Der Boden, Umweltschutz in Bayern. Color offset Huber und Schütz, München.
- BAYKUT, F., et al. ,1987. Çevre Sorunları ve Korunma. İ.Ü. yayın No: 3449, Müh.Fakül. yayın No: 73. Güneş Matbaacılık Ltd. Şti. -İstanbul
- BECKMANN,E et al., 1965. Gutachten: Verhalten von Erdölproduktion im Boden. Bundesministerium für Gesundheitswesen. Bad Godesberg, Mai 1965.
- BLÜTHGEN, W. E. H., 1987. Das Naturelement Boden. Naturopa, Nr.57, s.4-7.
- BLÜTHGEN, A. , M.KAISER and W. HEESCHEN, 1978. Rückstandsprobleme in der Milchproduktion und Milchverarbeitung. Mittl. aus dem Ergänzungsstudium Ökologische Umweltsicherung. 4/78, s. 43-56, Kassel.
- BRAHMER, G. ,1990. Belastung von Böden forstlich genützter Standorte im Südschwarzwald durch Luftschadstoffe. VDI Bericht Nr. 837.
- BUS,V.A.,1996. Der Boden wird aufgefressen. DIALOG Zeitschrift für Internationale Weiterbildung und Zusammenarbeit. Ausgabe 2/1996,Mai/April.
- ÇEPEL, N., 1990 Ekoloji Terimleri Sözlüğü. İkinci basım. İ.Ü. Orman Fakültesi yayınları. İ.Ü. yayın No:3618, O.F yayın No:414, İstanbul.
- ÇEPEL, N., 1996. Toprak İlimi Ders Kitabı. İ.Ü. Orman Fakültesi yayınları. İ.Ü.yayın No 3945, O.F.yayın No:438, İstanbul.

- ÇEPEL, N.,1985. Toprak Fizigi. I.Ü. Orman Fakültesi yayınları, I.Ü.yayın No:3313, O.F yayın No:374.Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- ÇEVRE SORUNLARI VAKFI (yayınlayan),1991.Türkiye'nin Çevre Sorunları, 91. Önder matbaası, Ankara.
- DOMOSCH, K. H.,1972.Einfluss von Pestiziden auf mikrobielle Prozesse und ökologische Beziehungen im Boden. Umweltschutz in Land-und Forstwirtschaft, T12,Pflanzliche Produktion, Hamburg, s.392-403.
- EGEMEN,E.,et al.,1993.Kükürdioksit Emisyonlarının Karasal Ekosistemler Üzerindeki Etkileri.KIZIROĞLU İ.(edit.), 1993:II.Uluslararası Ekoloji ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 5-7 Kasım 1992-Ankara.Türk-Alman Kültür İşleri Kurulu Yayın Dizisi,No.3,Ankara,p.202-210.
- ERUZE.,1994.Toprağın kirlenme Sorunları. I.Ü.Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Bülteni,Sayı 9, 1992. İstanbul
- EVERST,F.H.,1983.Orientierende Untersuchungen langfristiger Bodenreaktionsveränderungen, Forst-und Holzwirt. 38,Heft 13,317-320
- FEGER, K.H. , 1992. Nitrogen Cycling in two norway Spruce (Picea abies) Ecosystems and Effects of a Amonsulphat Adition. Water, Air and Soil Pollution 61: 295-307. Kluwer Academic Publishers, Netnerlands.
- FEGER, K.H., G. BRAHMER und H.W.ZÖTTL, 1988. Chemische Veränderungen des Niederschlagswassers auf seinem Weg durch zwei Einzugsgebiete im Schwarzwald. Wasser und Boden, 40. Jahrg. Heft 10,1988.
- FIEDLER,H.J.(Herausg.),1990.Bodennutzung und Bodenschutz. Birkhäuser Verlag,Basel-Boston-Berlin, pp.268.
- FINCK,A.,1976.Pflanzenernährung in Stichworten. Verdinant Hirt,kiel.
- GLATZEL,G,1989.Soil Acidification and excess Nitrogen Deposition.A Threat to Austurian Forests.In:I.SZABOLCS (Edit.),1989.Ecological Impact Of acidification. Budapest 1989,S.25-38.
- GÜNAY,T.1995.Orman,Ormansızlaşma,Toprak ve Erozyon 3.Basım,TEMA Vakfı Yayın No-1,İstanbul.
- HAKTANIR,K.,1987.Toprak Kirliliği ve Bu Konuda Hazırlanacak Yönetmelik Üzerine Düşünceler.TÇSV, Çalışma Grubu Raporu 2.Mart 1987,pp.75.
- HAKTANIR,K.,1989.Ağır Metaller ve Pestisid'lerin Toprak Organizmaları üzerindeki Etkileri, TÇSV yayını, Ankara.

- HÜSER, R. und K.E. REHFUESS, 1988. Stoffdeposition durch Niederschläge in ost- und südbayerischen Waldbeständen, Forstliche Forschungsberichte, Nr. 86, München
- IHRINGER, S., 1996. Boden unter Druck. Deutscher Forschungsdienst, Sonderdienst angewandte Wissenschaft, Nr. 3/96 A.
- IRMAK, A., 1972. Toprak İlimi Ders Kitabı. İ.Ü. Orman Fakültesi yayımları. Or. Fak. yayın No. 121, İstanbul
- JOHNSEN, J.L., 1987. Bodenbelastung. Naturopa, Nr. 57, S. 21
- JORGENSEN, S.E. and I. JOHNSEN, 1989. Principle of Environmental Science And Technology. Elsevier-Amsterdam-Oxford-Newyork, Tokyo
- KALI und SALZ AG. ( Herausgeber), 1987. Auf den Standort kommt es an. Ratgeber für die Landwirtschaft. Heft Nr. 7, Kassel
- KINZEL, H., et al., 1989. Influence of Environmental pollution on Nitrogen Metabolism and other Metabolic Activities in Forest Soils. In: SZABOLCS, I., (Edit. ) 1989: Ecological Impact of Acidification. Budapest, 1989, P. 69-78
- KILINCSEK, P., 1986. Über den Einfluss von Chloriden und Schwefeldioxid auf Gehölze in verkehrsbelasteten Grossstadtbereichen. Diss. B. TU., Dresden.
- KOPP, E., 1987. Eine Zeitbombe. Naturopa, Nr. 57, S. 2-3
- KREUTZER, K., 1981. Der Einfluss der Düngung auf die forstliche Produktion und die dadurch entstehende Umweltprobleme. Orman Ekosistemi Sempozyumu, 10-15 Kasım 1980 I. Ü. Orman Fakültesi yayımları, Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
- LANGEN, H. F. 1995. Bakterien rüsten sich gegen Sprengstoffen. d.f.d., Saw. 12/1995/A
- LINDSAY, W.L., 1979. Chemical equilibria in Soils. John Willey and Sons. New York, pp. 449
- LODENIUS, M., 1989. Heavy Metals in the Soil. Interaction and Long-Term Changes. In: SZABOLCS, I., (Edit), 1989: Ecological impact of Acidification. Budapest, p. 131-136
- LUTZ, H.J. and R.F. CHANDLER, 1947. Forest Soils. John Willey and Sons. Inc. London
- MATZNER, E., 1987. Der Stoffumsatz zweier Waldökosysteme im Solling. Forschungszentrum Waldökosysteme Waldsterben. Als Habilitationsschrift

- NIDERSÄCHSISCHE LANDESVERWALTUNG (Herausg.),1988. Versauerung der Böden. Studie über aktuelle Forschungsergebnisse. Dobler druck GmbH., Alfeld, pp. 81
- NRIAGU,J.O.,1984. Changing metal Cycles and Human Health. Springer Verlag, Berlin.
- ÖZTÜRK,M. et al., 1993. Ağır Metaller Canlılar için bir Yük mü? KIZIROĞLU, İ. (Edit.), 1993: II. Uluslararası Ekoloji ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 5-7 Kasım 1992, Ankara Türk-Alman Kültür İşleri Kurulu Yayın Dizisi, No:3-Ankara, p 134-140
- PRIETZEL, J. , K. REHFUESS und M. FISCHER, 1992. Über die Reaktion Bayerischer Waldbodenformen auf erhöhte S-Deposition in einem Monolithen-Experiment. Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen Heft 3, S. 83-102
- ROSEN, K., 1989. Observed and predicted Changes in Exchangable Calcium, Magnesium and Potassium in Swedish Forest Soils. In: SZABOLCS, I. (Edit), 1989: Ecological Impact of Acidification. Budapest, P.115-122
- RUDERT, M.,1996. Biologische Bodensanierung, Bakterien als Giftfresser. Zeitschrift Dialog, 3/96, s.12-13
- SCHEFFER/SCHACHTSCHABEL, P. et al., 1982. Lehrbuch der Bodenkunde.Ferdinant Enke Verlag, Stuttgart
- STAHR, K. , F. RÜCK und G. LORENZ, 1992. Vorhersage der Stickstoffmineralisierung in Böden Baden-Württenbergs. In: Freiburger Bodenkundliche Abhandlungen, Heft 30, s. 103-130.
- STEENVOORDEN, J.H.M., 1976. Nitrogen, Phosphat and biocides in groundwater as influenced by soil factors and agriculture. Wageningen.
- THOMPSON, T.R.E.und J.M HODGSON,1987.Ein unendlich reicher und komplexer Lebensraum. Naturopa, Nr. 57, S.8-10
- TRÜBY, P. , 1995. Distribution Patterns of Heavy Metals in Forest Trees on contaminated Sites in Germany. Angew. Bot. 69, 135-139. Vereinigung für Angewandte Botanik, Göttingen.
- TRÜBY, P. und H.W. ZÖTTL, 1989. Schwermetallvorräte in unterschiedlich belasteten Fichten. In: KfK PEF-Berichte 50 (1), 373-389 (1989).
- TRÜBY,P. und A.RABA,1990. Schwermetallaufnahme von Gartenpflanzen der Freiburger Rieselfelder. Zeitschrift der Agrarbiologie-Agriculturchemie-Ökologie. Band 43, Heft 2,1990, s.139-147.

- TRÜBY, P. und H.W.ZÖTTL,1990. Schwermetallbelastung und Gesundheitszustand von Waldbäumen. In: Kfk-PEF Berichte 61, (1), s.257-269
- TUĞAL, M.ve B.SOLMAZ, 1993. Afşin-Elbistan Termik Santrali Uçucu Küklerinin Çevresel Etkileri ve İnşaat Sektöründe Bir yapı Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. KIRIZOĞLU, I. (Edit.), 1993: II. Uluslar Arası Ekoloji ve Çevre Sorunları Sempozyumu. 5-7 Kasım 1992, Ankara. Türk-Alman Kültür İşleri Kurulu Yayın Dizisi, No.3. Ankara
- TYLER,G.,1989. Effect of Soil Acidifications and nitrogen Deposition on Forest Biota. In: SZABOLCS, (Edit.), 1989. Ecological Impact of Acidification. Budapest,P.61-68.
- ULRICH,B.und M.BREDEMEIER,1989.Auswirkungen der Bodenversauerung Nährstoffverluste-Waldschäden -Grundwassergefährdung. In:Stiftung Wald in Not(Herausg.) , 1989:Facten,Forschung,Hypothesen,Band 3,S.26-37.
- UMWELTBEHÖRDE HAMBURG(Herausg.),1986.Belastung des Bodens in Hamburg.Hamburger umweltberichte,6/85,Dingwort Druck GmbH,Hamburg.
- WÖLFELSCHNEIDER,A. und K.H.FEGER, 1993. N-Mineralstoffdüngung und Kalkung. Mittl. der Deutsch.Bodenk. Gesellschaft, 72, 661-664.
- ZÖTTL,H.W.,1985 . Role of Heavy Metals in Forest Ecosystem. Reprint from: internationale Conference Heavy Metals in the Environment, Athens 1985. Ed. T.D. Lekkas; published by CEP Consultants Edinburg, 1985, p.8-15
- ZÖTTL, H.W.,1990. Remarks on the effects of nitrogen deposition to forest ecosystem. Plant and Soil 128: 83-89. Kluwer Academic publishers, Netherland.

## AÇIKLAMALI SÖZLÜK

**aerob stabilize olan çamur:** Atıksu temizleme tesislerinde arıtmadan sonra kalan atıksu çamuru, iyi havalandırma koşullarında bir süre kaldıktan sonra, içinde cereyan eden kimyasal reaksiyonlar sona ererse, bu tür atıksu çamurlarını nitelemek için bu terim kullanılır.

**ağır metaller:** Özgül ağırlıkları, 5 ve bunun üzerinde olan metallerdir (Ag, As, Cu, Zn, Pb, Fe ve benzeri gibi).

**ağır topraklar:** Kil miktarı yüksek olan, bu nedenle işlenmeleri güç topraklar grubuna giren toprak türlerini niteleyen kavramdır.

**anaerob stabilize olan çamur:** Atıksu çamurlarının havasız (oksijen kısığında) koşullarda, kimyasal süreçler bakımından pasif duruma geçebilenlerine bu ad verilir.

**asit yağışları:** Asit özelliklere sahip maddeleri içeren yağışlardır. Bu tür yağışlar pH-değeri 5.6'nın altında olup, genellikle havayı kirleten çeşitli maddeleri içerirler.

**asitleşme parametreleri:** Toprakların asitleşmesine neden olan Cd, Al, Fe, Mn, Zn gibi katyonların zenginliği, Ca, Mg, ve K gibi katyonların azlığı, azot bileşkeklerinin çokluğu asitleşme parametreleri olarak nitelenmektedir.

**atıksu çamuru:** Arıtma tesislerinde atıksuların temizlenmesinden sonra meydana gelen ve içinde çok çeşitli organik ve inorganik maddeler bulunan bulamaç kıvamında bir çamurdur. İçinde birçok zararlı maddeler ve patojen organizmalar da bulunduğundan, atıksu çamurlarının zararsız hale getirilmesi büyük sorunlar yaratmaktadır.

**azot mineralizasyonu:** Çeşitli organik maddelerde bulunan azot bileşiklerinin biyolojik yolla ayrıştırılarak, amonyum ve nitrat gibi mineral azot bileşiklerine çevrilmesi sürecidir.

**besin zinciri:** Bir yaşam ortamında kimin kimi yediğini gösteren doğrusal ekolojik bir modeldir. Beslenme zincirindeki, "insan-kuzu-ot" şeklindeki zincir, bu hususta bir örnek olarak verilebilir.

**biyoelement döngüsü:** Canlıların yapısını oluşturan veya fizyolojik aktivitelerini sağlayan Ca, Mg, Na, P, C, H, O, N, S gibi doğal elementlerin canlılar, toprak, su ve atmosfer arasındaki düzenli dolaşım sürecini niteleyen bir kavramdır.

**biyoindikatör:** Belirli çevre etkilerine karşı, aşırı derecede duyarlı olan ve çeşitli şekillerde reaksiyon gösteren bitki ve hayvanlardır. Örneğin, bazı liken türleri hava kirliliğini belirlemede kullanılan biyoindikatörlerdir.

**çölleşme:** Alkaleleşmiş, bitkisel ürün yetiştiremeyecek kadar verimsiz hale gelmiş ve bu nedenle de insanları barındıramayacak duruma dönüşmüş arazilerin ve toprakların oluşum sürecidir.

**diffüzyon:** Dış kuvvetlerin etkisi olmaksızın, sıvı veya gazların arada bir engel olmaması koşuluyla birbiri içinde bir denge meydana gelinceye kadar yayılması veya karışması olayıdır.

**evapotranspirasyon:** Bir ortamdaki suyun, güneş ışınları ile ve bitki yapraklarıyla buharlaştırılma sürecini toplu olarak ifade eden bir terimdir.

**fizyolojik kuraklık:** Toprakta su bulunmasına karşın, bu suyun çeşitli nedenlerle bitkiler tarafından alınamayacak durumda olması nedeniyle meydana gelen su kıtlığıdır.

**fotokimyasal ayrışma:** Bazı maddelerin güneş ışınları yardımıyla ayrıştırılması olayına bir ad verilir.

**geri kullanma mekanizması:** Kullanılmış malzemelerin, kullanılmayacak durumda olan veya kullanılmayacak duruma gelmiş bulunan kısımlarının üretim merkezlerinde toplanarak yeniden kullanılıp yararlanacak hale gelmesini sağlayan sistem.

**humus:** Toprağın ayrışmış, orjinal yapısını kaybetmiş, esmer renkli, şekilsiz (geometrik şekilde olmayan) organik maddeleridir.

**infiltrasyon oranı:** Birim zamanda toprak içine giren yağış suyu miktarıdır (mm/saat).

**konveksiyon:** Sıvı ve gaz ortamları içinde meydana gelen kitle nalindeki madde hareketleriyle, enerjinin bir yerden diğer yere taşınması olayıdır.

**kuru depolama:** Asit yağışların bir türüdür. Asidik karektere sahip gaz, katı ve aerosol gibi maddelerin yeryüzünde (toprak, su, bitkilerin topraküstü kısımlarında) birikmesi olayıdır.

**madde döngüleri:** Yaşam süreçlerine karışan maddelerin (su, çeşitli maddelere ait anyon ve katyonlar, organik maddeler) canlılarla toprak, su ve atmosfer arasında düzenli olarak yaptığı dolaşımlardır. Su döngüsü, azot veya kükürt döngüsü, bu hususta verilebilecek tipik örneklerdir.

**mineralizasyon:** Organik maddelerin yapısında bulunan mineral maddelerin, biyokimyasal ayrışma süreçleriyle serbest hale geçmeleri sürecidir.

**olgun toprak:** Anakayaların fiziksel olarak parçalanması sonucunda meydana gelen gevşemiş kısımların, kimyasal ve biyolojik ayrışma, yeni maddeler oluşumu (kil ve humus) ve yer değiştirme gibi toprak oluşturan süreçler sonunda meydana gelen, doğal oluşumunu tamamlamış topraklara bu ad verilir.



**ölü örtü:** Orman ekosistemlerinde, toprak üstünde bulunan yaprak, küçük dal parçaları, kabuk, tohum gibi bitki materyalinin oluşturduğu organik madde tabakasına ölü örtü denmektedir.

**proton asitleri:** Toprakların asitleşmesinde önemli roller oynayan, topraktaki hidrojen iyonlarına proton asitleri denir.

**suların ötrifikasyonu:** Deterjanlı çözeltiler ve gübre çiyiklerini içeren sular, göllere veya akarsulara karşınca, bu suları fosfat ve buna benzer besin maddelerince zenginleştirilir. Buna bağlı olarak bu sulardaki bitkiler de hızlı gelişir ve büyük miktarlarda biyokütleler oluştururlar. Bunların ayrışması için sulardaki oksijen yeterli değildir. O nedenle bitkisel maddeler suda çürümeye ve zararlı gazlar çıkarmaya başlar. Bu gazlar da sudaki hayvansal canlıları öldürür. Bu şekilde cereyan eden tüm süreçleri toplu olarak ifade etmek için bu kavram kullanılır.

**tamponluk özelliği:** Bu kavram, daha çok toprağın tamponluk özelliği şeklinde ifade edilir. Topraktaki hem asit, hem de alkali karakterde maddeler vardır. Bu nedenle toprak, dışarıdan gelecek maddelerin etkisiyle birden bire reaksiyon değiştirmez. Çünkü, toprağa asit karakterinde maddeler girmişse, topraktaki alkali maddeler bunlarla kimyasal reaksiyona girerek onları nötrleştirir. Alkali maddeler girerse, bunun tersi olur. İşte toprağın reaksiyon değişimlerine karşı bu direncine, toprağın tamponlama özelliği denir.

**toprak gözenekleri:** Toprak tanecekleri (kum, toz ve kil) veya toprak kırıntıları arasında küçük boşluklar vardır. Bunlara toprak gözenekleri denir.

**toprak havalanması:** Genellikle karbondioksit bakımından zengin olan toprak havası ile, daha çok oksijen içeren atmosferik hava karşılıklı olarak yer değiştirir. Bu süreç toprak havalanması veya "toprak solunumu" olarak nitelenir.

**zooplankton:** Sular içinde bulunan ve su hareketlerine göre yer değiştiren mikroskobik hayvansal canlılar toplumuna bu ad verilir.

## KAVRAMLAR DİZİNİ

- acrob stabilize olan çamur 55  
ağır metaller 12, 13, 31, 33  
    topraklar 14  
aktif bentonit 67  
alt toprak 8  
alüminyum oktahedronları 18  
anaerob stabilize olan çamur 55  
anakaya 6  
anamateryal 6, 9  
anataş 6, 9  
arıtma tesisi 41  
asit girdiler 43  
    yağışlar 13, 20  
asitleşme parametreleri 51  
atıksu 53, 59, 60, 61  
    çamuru 54, 55, 56, 82  
    temizleme yöntemi 58  
azot mineralizasyonu 20, 76
- baz doygunluğu 18  
    doygunluk oranı 18, 44, 46  
    nötürleştirme kapasitesi 44, 46  
bazık besin maddeleri 43  
bazlar bakımından doymuş toprak 17  
besin zinciri 77  
beslenme bunalımı 3  
birikme horizonu 8  
birincil bitki besin maddeleri 16  
biyocement döngüsü 30  
biyogaz 67  
biyoindikatör 34  
    ölçme programları 42  
biyosid 73, 74, 77
- çakıl denizleri 7  
çevre kirlenmesi 3  
çöllerleşme 27
- dar kaba gözenekler 15  
denitrifikasyon 21  
diffüzyon 10  
    emisiyonu 52  
ekolojik süreçler 27
- evapotranspirasyon 85
- fiziksel ayrışma 8  
    bölünme 8  
fizyolojik kuraklık 100  
fotokimyasal ayrışma 85  
fungisid 73, 80, 81
- gözenek 10  
geri kullanma mekanizması 68
- hafif topraklar 13, 14  
halojen atomları 74  
ham toprak 8  
Helicobacter pylori 87  
herbisid 73, 80, 81  
hızlı nüfus artışı 3  
hidrojen iyonu yoğunluğu 44  
hiyenik dolgu sistemi 94  
humus 24  
humuslaşma 24
- ikincil besin maddeleri 16  
    kil mineralleri 8  
ince taneli topraklar 14  
    gözenekler 15  
infiltrasyon oranı 96  
inorganik madde grupları 10  
insanlığın ekolojik sorumluları 3  
insektisid 73, 80  
iyon değişim kapasitesi 44  
    değiştirilmesi 17  
iyonların yer değiştirmesi 17
- kaba taneli topraklar 14  
kation değişim kapasitesi 17  
    değiştirme kapasitesi 17  
    tutma kapasitesi 16, 17  
kırıntı 15  
kil 4, 14  
    tipleri 17  
kimyasal ayrışma 8  
kirlenme 3  
kirlilik 3

kompost 13, 96  
konveksiyon 11  
kuru depolama 30  
kütle akını 10

madde döngüleri 74  
mekan bunalımı 3  
mikamsı kil mineralleri 18  
mikro elementler 53  
mikrobiyolojik aktivite 86, 96  
mikroflora 76  
mineral maddeler 11  
mineralizasyon 20

nitrat anyonları 12  
azotu 70, 71, 72  
nitrifikasyon 21  
bakterileri 76

oktahedron 18  
olgun toprak 8  
organik maddeler 10, 11  
maddelerin  
mineralizasyonu 23  
orta gözenekler 15

ölu örtü 10, 24

proton asitleri 46

radioaktif maddeler 88, 91  
redükleme 38  
relyef 7

silisyum tetrahedronları 18  
su koruma zonları 64, 65  
suların nitrifikasyonu 70

tabaka paketleri 18  
tabakalı silikatlar 18

tamponlama 48  
kapasitesi 48

tamponluk 23  
etkisi 23

tane boyutu sınıfı 14  
tanecilik 14

tek tane strüktürü 15  
tetrahedron 18

toplam asitlik yükü 46  
toprağın asitlik derecesi 44  
doğal yapısı 4  
ince kısmı 10  
iskelet kısmı 10  
tamponlama özelliği 13

toprak 3, 4  
asitliği 14, 19, 22  
asitleşmesi 46  
envanteri 51

asitlik derecesi 44  
canlıları 25  
çözeltisi 10, 11  
gözenekleri 15  
havalanması 11  
humusu 8, 10  
kirlenmesi 3, 65  
kirliliği 3  
kolloidleri 16, 79  
mikroorganizmaları 25, 53  
organik maddesi 22, 23  
reaksiyonu 18, 19, 20, 23  
solumunu 11  
strüktürü 14, 15  
tekstürü 14  
türleri 14

toprakların ısı ekonomisi 25  
iyon dengesi 53

uçucu küller 97, 98

yeryüzü şekilleri 7

zooplankton 67



# 2

---

## **EROZYON VE ÇEVREYE VERDİĞİ ZARARLAR**



## İÇİNDEKİLER

sayfa No.

GİRİŞ.....	1
1. TOPRAK EROZYONUNUN GENEL TANITIMI.....	3
2. TOPRAK EROZYONU ÜZERİNDE ROL OYNAYAN FAKTÖRLER.....	6
2.1. Toprak Erozyonu Üzerinde Etkili Olan Doğal Faktörler.....	6
2.1.1. Topografik Özellikler.....	6
2.1.2. Jeolojik ve Pedolojik Özellikler.....	9
2.1.3. İklim Karakteristikleri.....	14
2.1.4. Bitki Örtüsü.....	18
2.2. Toprak Erozyonu Üzerinde Etkili Olan Antropojen Faktörler.....	27
2.2.1. Yanlış Tarım İşletmeciliği.....	28
2.2.2. Arazi Yetenek Sınıflarına Uygun Olmayan Yararlanma.....	29
2.2.3. Doğal Bitki Örtüsünün Tahribi.....	32
2.2.4. Hızlı Nüfus Artışı.....	37
3. TOPRAK EROZYONU ÇEŞİTLERİ.....	39
3.1. Su Erozyonu.....	39
3.2. Rüzgâr Erozyonu.....	45
4. EROZYONUNUN BOYUTLARI VE ÇEVREYE VERDİĞİ ZARARLAR.....	49
4.1. Dünyada Erozyon.....	49
4.2. Türkiye’de Erozyon.....	50
4.3. Erozyonun Çevreye Verdiği Zararların Analizi ve Ekolojik Değerlendirme.....	56
4.3.1. Erozyon Zararlarının Ekolojik Alanında Kavranması.....	56
4.3.2. Dünyadaki Erozyonun Ekolojik Zararları.....	57
4.3.3. Türkiye’de Erozyonun Ekolojik Zararları.....	57
4.3.4. Erozyon Zararlarının Ekolojik Sonuçları.....	59
4.3.5. Kabul edilebilir Toprak Kaybı.....	66
4.3.6. Erozyon Zararlarının Ekolojik Fiyatlandırılması.....	67
5. TOPRAK EROZYONUNA KARŞI ALINABİLECEK ÖNLEMLER.....	69
5.1. Orman Alanları İçin Alınabilecek Önlemler.....	72
5.2. Mera Alanları İçin Alınabilecek Önlemler.....	79
5.3. Tarım Alanlarında Alınabilecek Önlemler.....	81
5.4. Erozyona Karşı Alınabilecek Sosyal Önlemler.....	89
6. ÖZET, SONUÇ VE ÖNERİLER.....	95
6.1. Doğal Varlıkların Tahribi ve Sonuçları.....	95
6.2. Doğa Tahribinin Nedenleri.....	98
6.3. Doğa Tahribinden Doğan Ekolojik Sorunların Çözüm Yolları.....	99
YARARLANILAN KAYNAKLAR.....	102
AÇIKLAMALI SÖZLÜK.....	106
KAVRAM DİZİNİ.....	109





## GİRİŞ

*Bütün canlıların yaşam kaynağı olan TOPRAK, "Vatan" adı altında bayraklanmış kutsal bir varlıktır. Bu değerli varlığı korumak, her şeyden önce, gerçek insanlığımızın ortaya konması bakımından önemlidir.*

Dünya Üzerindeki bütün yaşam ortamları varlıklarını, yeryüzünü sıkıca sarıp sarmalamış bulunan silürlü bir örtüye borçludur. Ötünün sessizliğini sonsuza dek sürdürmek istercesine, katı yerkabuğunun üzerini kaplamış bulunan bu örtünün adı "Toprak"tır. Toprak olmaksızın insan, hayvan, bitki ve mikroorganizma yaşamı düşünülemeyeceği gibi, sulardaki canlılar da toprak olmaksızın yaşamlarını sürdüremezler. Ne yazık ki, bu değerli yaşam mekânı, hızla tahrip edilmekte ve yok olmaktadır. Gerçekten, binlerce yılda oluşan 2-3 cm.lik toprak tabakası 15-20 yılda kaybolup gitmektedir. Dünyanın bir yıllık toprak kaybının 24 milyar tonu geçmesi, bu yokoluşun derecesini somut olarak göstermektedir. Toprağı böylesine yiyip tüketen canavarın adı "EROZYON"dur.

Erozyon, akut toprak krizidir. Bu kriz, özellikle yeryüzünün üçte birinden çoğunu kaplayan kurak bölgelerde, dünyanın hiçbir yerinde görülmecek kadar büyük boyutlara ulaşmaktadır. Çünkü bu bölgelerde iklimin elverişsizliği nedeniyle bitki örtüsü de seyrek ve zayıftır. Bu nedenle toprak özellikleri çok çabuk bozulmaktadır. Dünya üzerinde tarım alanı olarak kullanılan 5,200 milyon hektar genişliğindeki kurak alanların % 70'inin bitkisel ürün bakımından özellikleri bozularak verimsiz hale geldiği bildirilmektedir. Bu şekilde meydana gelen toprak tahribatı olayı, "Çölleşme beuzeri süreçler" olarak nitelenmektedir. Bu süreçlerin dünya yüzeyinin % 30'unda toprak tahribatını sürdürdüğü ifade edilmektedir (Lean 1995). Bu tehlikeler yalnız kurak bölgelerin az gelişmiş ülkelerinde değil, sanayileşmiş ülkelerde de kendini göstermektedir. Bunun en tipik örneği, ABD'de erozyonla milyonlarca ton toprak kaybının meydana gelmesidir.

Toprakların üretim gücünün düşmesinde ve belirli bir süre sonra canlılar için yaşanamaz bir hale dönüşmesinde, başka bir ifadeyle çölleşmesinde, kuraklık önemli derecede rol oynamaktadır. Ancak, insanların zararlı aktivitelerinin de bu hususta çok önemli bir etken olduğu kabul edilmektedir. Toprak kaybı ve niteliklerinin bozulması üzerinde rol oynayan başlıca insan aktivitelerinin şunlar olduğu belirlenmiştir.

- intensif kültür
- aşırı otlatma
- ormanları tahrip etme

- yanlış arazi kullanma ve hatalı sulama
- aşırı nüfus artışı

Yapılan araştırmalar, hızlandırılmış erozyonun yazılı tarihten daha eski çağlara kadar uzandığını göstermektedir (Troeh, et al.1991). Verilen bilgilere göre toprak erozyonu, Ortadoğu'daki ilk uygarlıklardan başlayarak, bugün çoğu kültüre alınmış Amerika, Avustralya ve Afrika topraklarına kadar hızla yayılmıştır. Geçmişte birçok toplumlar toprak kayıpları, verimliliklerinin azalması veya çölleşme gibi nedenlerle kitleler halinde göçetmek zorunda kalmışlardır. Birçok uygarlıklara erozyon sonucu gerilediklerine, hatta yok olduklarına ilişkin tarihsel belgeler bulunmaktadır. Bu tür belgeler, toprak kaybı ve verimliliklerinin düşmesi sürecinin Çin Ovaları'ndan İnkca Uygarlıkları'na kadar uzandığını göstermektedir. Örneğin Sümer Yazıtları'ndan, Mezopotamya'daki ormanların nasıl ortadan kalktığını öğreniyoruz. Yine bu yazıtlarda M.Ö. 2000 yıllarında çölleşmeyle ilgili bilgilere rastlandığı bildirilmektedir. Ayrıca Roma İmparatorluğu zamanında Kuzey Afrika'da yerleşen 600 kentin yerinin bugün çöllerle nasıl kaplandığı açıklanmaktadır (Lean 1995).

Tarihte çok az sayıdaki uygarlıklar, toprak koruma önlemlerini alarak, erozyonla toprak kaybını engellemişlerdir. Bu yolla toprak verimliliğinin devamını da sağlamışlardır. Zamanımızda da birçok ülkeler, toprak kaybını önleyebilmek için acil önlemler almak zorunluluğuyla karşı karşıya kalmışlardır.

Buraya kadar açıklananlar, "Türkiye Çöl Olmasın" ifadesini bir türlü kavrayamayanlar veya bunu bir "abartma" olarak algılayanlar için, çok önemli mesajlar vermektedir. Çünkü, "Çöl" denince, çoğumuz ucsuz bucaksız kurak kumluk alanları anlamaktayız. Oysa, 1992 Rio Dünya Zirvesi'nde liderler tarafından üzerinde anlaşmaya ve fikir birliğine varılan çölleşme tanımlaması şöyle ifade edilmektedir (Lean 1995). "Çölleşme, iklim değişimleri ve insan aktivitesinden kaynaklanan çeşitli faktörlerin kurak, yarı-kurak, yarı-nemli bölgelerde meydana getirdiği, toprak niteliklerinin bozulma sürecidir."

Ülkemiz yarı-kurak iklim kuşağındadır. Bitki örtüsü binlerce yıldan beri Anadolu Uygarlıkları tarafından tahrip edilmiştir. Bu tahribat aşırı ve düzensiz otlama, yanlış arazi kullanma, ormanların yok edilmesi, politik çıkarların daima ülke ve ulus yararına tercih edilmesi gibi insan aktiviteleri sonucunda meydana gelmiştir. Aynı süreçler, bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de sürüp gitmektedir. Bütün bu tutum ve davranışlar, büyük tehlike ve afetlerin habercisi ve kaynağı olarak kabul edilmelidir. Bu hususta, geçmişteki olaylardan ders almak gerekir. Gerçekten, ülkemizdeki hızlandırılmış toprak erozyonunun tarihi binlerce yıl öncesine uzanmaktadır. Bilindiği üzere Anadolu binlerce uygarlığın beşiği olmuştur. Genellikle her uygarlık, koruma ilkelerine uymadan, en yüksek düzeyde sömürü düzeni kurmuş ve doğal kaynakları tahrip etmiştir. Böylece Anadolu'nun toprak-su-bitki ilişkileri bakımından ekolojik dengesi bozulmuştur. Bunlara ait güvenilir tarihsel belgeler bulunmaktadır. Ne yazık ki, bu tahribat bugün de olanca hızıyla sürüp gitmektedir. Orman ve meralar tahrip edilmekte, hatalı tarım işletmeciliği, yanlış arazi kullanma, tarım ve ormancılıkta tutarsız politika veya dalaş doğru bir anlatımla, bu konulardaki

politikasızlık, olanca hızıyla devam etmektedir. Bütün bu tutarsızlıklar gözardı edilerek binlerce can kaybı ve milyarlarca TL değerindeki maddi zararlara neden olan taşkın ve arazi kayması afetleri "doğal afetler" olarak kabul edilmektedir. Bu afetler en büyük kentlerimizde bile görüldüğüne göre, bunlar "insandan kaynaklanan afetler" olarak adlandırılırsa, gerçekler daha doğru aksetmiş olur. Barajların topraklı dolarak, ekonomik ömürlerini çok erken yaşlarda tamamlayıp devre dışı kalmaları da normal bir olaymış gibi karşılanmaktadır. Acaba, bu kadar çarpıcı ve somut olaylar karşısında niçin ilgisiz, etkisiz ve tepkisiz kalınmaktadır ? Aslında bunun bir değil birçok nedenleri bulunmaktadır. Bunların en önemlileri şu şekilde ifade edilebilir :

- (1). Yüzyıllardan beri tutarlı ve bilimsel esaslara dayalı bir tarım ve ormancılık politikası geliştirilmemiştir.
- (2). Politik çıkarlar, daima ulusal ve ülkesel yararların üzerinde tutulmuştur.
- (3). Konu ile ilgili yaygın öğretim, eğitim ve bilinçlendirmeden yoksun kalınmıştır.

Kanaatimize göre topraklarımızın korunması ve geçmişte yapılan hataların yincelenmemesi için, bu konuda bilgi sahibi olmak, fakirlik ve geri kalmışlıktan kurtulmanın temelini, doğal varlıkların korunması olduğunu kabul etmek tek çıkar yol olarak görünmektedir. Çünkü problemi anlamak, yarı yarıya çözmek demektir. Bu nedenle, erozyon konusunda, yukarıda açıklanan ilkeler doğrultusunda, çeşitli bilgiler verilmesi yararlı görülmüştür.

## 1. TOPRAK EROZYONUNUN GENEL TANITIMI

En basit tanımlamayla erozyon, toprak materyalinin su ve rüzgârla aşındırılması ve taşınması olayıdır. Bu, aslında doğal bir süreçtir. Çünkü dünya yaratıldığından itibaren erozyon olayı başlamış ve bugüne dek gelmiştir ve gelecekte de devam edecektir. Erozyon olayı paradoksal (karşıtlık içeren) niteliklere sahip ilginç bir süreçtir. Bu karşıtlık, "yararlı" ve "zararlı" sözcükleriyle ifade edilebilir. Eğer insan etkisi olmaksızın, sadece doğal etkenlerin neden olduğu bir erozyon sözkonusu ise ,bu "yararlı" bir erozyondur. Eğer böyle bir erozyon meydana gelirse, verimli alüvyal materyalden kıyı ovaları veya deltalar gibi en verimli tarım toprakları meydana gelir. Erozyonun bu şekilde yarar sağlayan şekline "normal erozyon" veya "jeolojik erozyon" denir. Bu erozyonun en belirgin karakteristiği, belirli bir zaman biriminde taşınan toprak miktarının, doğal yolla oluşan toprak miktarından daima daha az olmasıdır. Ancak, insanoğlu topraktan yararlanmaya başlar başlamaz, "Hızlandırılmış Erozyon" adı verilen "zararlı" erozyon şekli meydana gelmeye başlamıştır. Bu tür erozyonda, birisi zamanda doğal yolla oluşan toprak miktarı, erozyonla aşındırılıp taşınan miktardan, daima daha azdır. Örneğin Elektrik Etüd İdaresinin 1987 yılında yaptığı çalışmadan elde ettiği bulgulara göre, ülkemiz topraklarından 2 yılda, 1 mm. kalınlığında en verimli üst toprak tabakası erozyonla alınarak taşınmakta, göl, baraj ve deniz diplerine yığılmaktadır. Uzmanlar, 1-2 cm. kalınlığında bir toprak tabakasının 200-1000 yılda meydana geldiğini tahmin etmektedirler. Böylece, 200-1000 yılda meydana gelmiş toprağın, hızlandırılmış erozyonla 20 yılda yok edildiği anlaşılmaktadır. Erozyonla meydana gelen kayıp,

sadece önemli yaşam temellerimizden sökülüp götürülen yapı taşları değildir. Erozyonla taşınan topraklar, akarsuları, göl ve göletleri, baraj göllerini ve denizleri de kirletmektedirler. Bu kirliliği meydana getiren maddeler, topraktaki pestisidler (bitkisel ve hayvansal zararlılara karşı kullanılan mücadele ilaçları), mineral gübreler ve patojen organizmalardır. Onun için, son yıllarda çevre kirleticilerin başında, kitle çokluğu nedeniyle, toprağın geldiği bildirilmektedir. Bunun dışında, milyonlarca ton toprağı taşıyıp götüren sel ve taşkın suları, tahmin edilemeyecek kadar yüksek miktarlarda can ve mal kaybına neden olmaktadır. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yapılan belirlemelere göre 1955-1982 yılları arasında ülkemizde 1132 taşkın olayı meydana gelmiş, 740 kişi yaşamını yitirmiş ve 186321 hektarlık tarım alanı taşkın zararlarına uğramıştır.

### **Erozyonun Oluşum Süreçlerine ve Ekolojik İşlevlerine Göre Tanıtımı**

Buraya kadar yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere, erozyonu bütün boyutlarıyla kavrayabilmek için, bu olaya üç ayrı yönden bakmak gerekir :

#### **1). Doğal Bir süreç Olarak Erozyon**

Toprak materyalinin, insan etkisi olmadan, sadece doğal koşullar altında rüzgâr ve sular tarafından aşındırılıp taşınması olayıdır. Buna "jeolojik erozyon" veya "normal erozyon" denir.

#### **2). İnsan Etkisinden Kaynaklanan Erozyon**

Bu erozyon türü, insanların doğayı tahrip etmesi sonucunda meydana gelen ve ekolojik bir sorun olarak ortaya çıkan erozyondur. Buna "hızlanmış veya hızlandırılmış erozyon" denir. Bu tür erozyon bir tür toprak kirliliği olarak da kabul edilebilir. Çünkü geniş anlamda kirlilik şu şekilde tanımlanmaktadır : "kirlilik, canlılar ve çevresine zarar veren faktör veya süreçlerin ekosistemlerde meydana getirdiği olumsuz değişimlerdir."

#### **3). Yarattığı Ekolojik Sonuçlar Bakımından Erozyon**

Erozyonla birçok olumsuz ekolojik sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Bunlara göre erozyon çeşitli şekillerde nitelenmekte ve böylece erozyonun tehlikesi çeşitli şekillerde vurgulanmış olmaktadır.

**Erozyon :**

- ☛ Bütün canlıların yaşam temellerini ve birçok canlının doğal yaşam mekânını yıkan bir afettir.
- ☛ Su kaynaklarının ve su rejiminin amansız düşmanıdır.
- ☛ Toprağın kanseri, zincirleme afetlerin kaynağıdır.
- ☛ Taşkın ve sel afetlerinin habercisidir.
- ☛ Ulusal servet düşmanlarının en korkuncudur.

- Vatanın ve ulusun geleceğini tehdit eden anımsız bir düşmandır.
- Yoksulluktur, ulusal afettir ve çölleşmedir.
- İnsanlar için daha az iş ve iş, daha çok acı ve gözyaşıdır.
- Vatan topraklarını askeri güce başvurmadan işgal eden korkunç bir düşmandır.

Bütün bunlar bize şu gerçeği hatırlatmaktadır. Ayaklarımız altındaki toprakları yokolup giden uluslar ayakta duramazlar. Bu, vatanını kaybetmekle eşanlamlı gelen ulusal bir afettir.

### **Erozyonun Görünmeyen Zararları ve Tarihsel Gelişimi**

Buraya kadar yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere, toprak erozyonu, çoğu zaman açıkça görülemeyen çok önemli zararları meydana getirmektedir. Toprak verimliliğinde meydana gelen azalmalar, suların kirlenmesi, baraj göllerinin dolarak kullanma soyunda ve enerji üretimindeki düşüşler, ekolojik döngülerde önemli roller oynayan toprak organizmalarının yok edilmesi, sörkonusu zararlardan sadece bir kaçıdır. O nedenle zamanımızdaki toprak koruma arayışı, bütün bunlara engel olacak bir topraktan yararlanma yönteminin bulunması üzerinde yoğunlaşmıştır.

Nüfusun az olduğu çağlarda, kültüre alınan arazinin genişletilmesiyle ürünün artırılması, ilkesine dayalı bir topraktan yararlanma yöntemi uygulanmaktaydı. Bugünkü sosyo-ekonomik koşullarda ise, bir alandan en yüksek ürünü alma, temel ilke olarak kabul edilmektedir. Çünkü artık, kültür yapılacak yeni topraklar ve alanlar bulma olanağı kalmamıştır. O nedenle intensif tarım yöntemleri geliştirilmektedir. Ancak, bu da topraktan yararlanma bakımından bir "kısır döngü" yaratmaktadır. Çünkü intensif tarım, erozyonu arttıran ve toprak verimliliğini azaltan en önemli faktörlerden biridir.

Yukarıda açıklanan durumun yaratılmasında, geçmişte yapılan hataların rolü büyüktür. Çünkü uygarlığın başlaması ile birlikte, taşıtı materyalinin suları kirlenip tarlaları ve hatta kentleri gömmeye başlamasından sonra kültüre alınmış tarlalar ile tıraşlama kesilmiş ormanlar ve açtı otlama yapılmış meralar erozyondan zarar görmeye başlamıştır. Binlerce yıl öncesinden beri birçok yerlerde tıraşlama yoluyla erozyonun engellenmesine çalışılmış, fakat milyonlarca hektar arazide meydana gelen toprak kaybına engel olunamamıştır.

Son yıllarda erozyon ve çevre kirlenmesi, en başta gelen büyük sorunlar olarak kabul edilmektedir. Doğal denge bozulduğu için bu sorunların çözümünde büyük güçlüklerle karşılaşılmaktadır.

### **Erozyon Tehlikesi Yazılı Tarihten Önce Başlamıştır**

Erozyonun, insanların topraktan yararlanmaya başlamasıyla cereyan etmeye başladığı ifade edilmektedir. Bu bakımdan tarımın orijini ve ne zaman başladığı

konusunun incelenmesi, erozyon tarihçesinin ilginç yönünü oluşturmaktadır. Tarım bitkilerinin ilk olarak nerede ve hangi tarihte kültüre alındığını belirleme olanağı yoktur. Ancak eski tarihsel köylerden kalan harabelerde veya kalıntılarda yapılan incelemeler bu konuda bazı ipuçları vermektedir. Troeh, et al. (1991)'e göre, bu konuda şu bilgiler verilmektedir.

Arkeologlar 1946 yılında Kuzey Irak'taki Jarmo yöresinde antik bir köyde kazı yaparak, köyü örten toprak tabakasını kaldırmışlar ve köy kalıntıları arasında inceleme yapmışlardır. Bu kazıda taş kabartma şeklinde bir orak görülmüştür. başka bir buluntu olarak da toprağı işlemeye yarayan bir gereç ile doğal olarak yetişen bitkisel ürünleri gösteren belgelere rastlanmıştır. Bu köyün M.Ö. 11000 yılında kurulduğu ve kültüre alınmış ilk arazi olduğu kabul edilmektedir.

Böylece erozyonun yazılı tarihten önce başladığı iddiaları kanıtlanmış veya doğrulanmış olmaktadır.

Bundan sonraki bölümlerde erozyon daha ayrıntılı olarak tanıtılmaya çalışılmıştır.

## **2. TOPRAK EROZYONU ÜZERİNDE ROL OYNAYAN FAKTÖRLER**

Toprak erozyonu üzerinde rol oynayan faktörler iki gruba ayrılabilir. Bunlardan birincisi "doğal faktörler", ötekisi de "antropojen faktörler" olarak adlandırılan ve insan etkisinden kaynaklanan faktörlerdir. Bu grupları giren faktörlerin neler olduğu ve etki şekilleri aşağıda açıklanmıştır.

### **2.1. Toprak Erozyonu Üzerinde Etkili Olan Doğal Faktörler**

Bunlar, arazi yüzü şekline ilişkin karakteristikler (topoğrafik özellikler veya reliyef karakteristikleri), jeolojik, pedolojik (toprak), iklimik (iklim) ve floristik (bitki örtüsü) özelliklerdir. Bunların ayrı ayrı tanıtılmasında yarar görülmüştür.

#### **2.1.1. Topoğrafik Özellikler**

Topoğrafya veya reliyef terimi, yeryüzünün dış görünümüne ait karakteristiklerin tanıtılmasına ilişkin bir kavramdır. Bu karakteristikler düz, girintili çıkıntılı, eğimli, yüksek veya alçak gibi terimlerle tanıtılır. Söz konusu bu arazi yüzü şekilleri, bir bölgenin iklim koşulları (yağış, sıcaklık, hava hareketleri), dolayısıyla bitki örtüsü ve hayvanlar dünyası (fauna) üzerinde önemli etkilere sahiptir. Dolayısıyla, erozyonla toprak kaybı üzerinde rol oynarlar.

Topoğrafik özellikler bakımından ülkemizin tamamı heterojen bir durum arz etmektedir. Bu nedenle arazi yüzü şekli ve iklim karakteristiklerine göre 7 Coğrafi bölge ayrılmıştır. Bu ayrıntıya göre Orta Anadolu yaylası ve kıyı ovaları dışındaki bölgeler "dağlık arazi" olarak nitelenmektedir (Çizelge 1). Ülkemizin ortalama olarak denizden yüksekliği 1132 m olup, 1000 metrenin üzerinde olan araziler, ülke yüzeyinin

% 56'sını kaplamaktadır. Türkiye'nin dörte biri "yüksek dağlık arazi" karakterini taşımaktadır.

**Çizelge 1. Türkiye'nin yükselti kuşakları (Dinç, et al.1995)**

<i>yükselti kuşağı m</i>	<i>ülke yüzeyine oranı %</i>
-500	17.5
500-1000	26.6
1000-1500	30.4
1500-2000	15.5
2000 den çok	10.0

Ülkemiz arazi eğimi bakımından da "çok eğimli" özelliklere sahiptir. Tarım bakımından yapılan arazi sınıflamasına göre, ülke yüzeyinin % 15'i düz veya düze yakın, % 2'si hafif eğimlidir. Geriye kalan % 83 oranındaki ülke yüzeyi ise orta ve daha çok eğimli (dik, sarp, uçurum) bir topografik yapı göstermektedir (çizelge 2).

**Çizelge 2. Türkiye topraklarının arazi eğim basamakları (Dinç, et al.1995)**

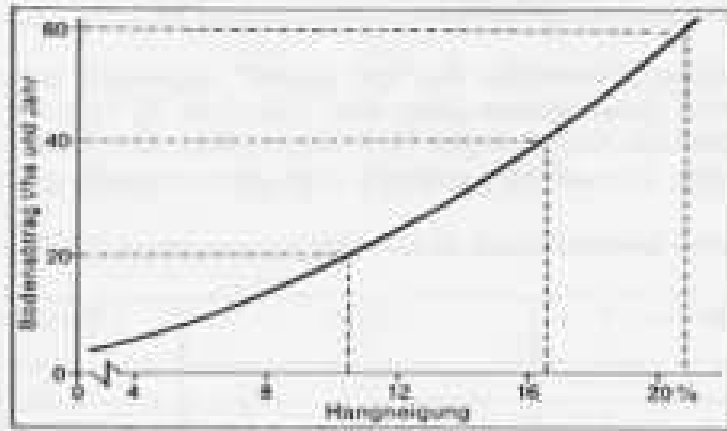
<i>Eğim sınıfı</i>	<i>Eğim θ°</i>	<i>Ülke yüzeyine oranı %</i>
düz	0-1	11.4
düze yakın	2-3	3.2
hafif	4-8	1.9
orta-çok eğimli	9-15	16.1
dik ve sarp	16-40	67.4

Arazi eğim derecesi araziden yararlanma şekli üzerinde belirleyici bir faktör olmaktadır. Tarım İşletmeciliği bakımından 5° (% 8) eğim derecesine sahip topraklar veya araziler "düz araziler", daha yüksek eğime sahip alanlardır. (5° den veya % 8 den çok) "yamaç araziler" olarak kabul edilmektedir.

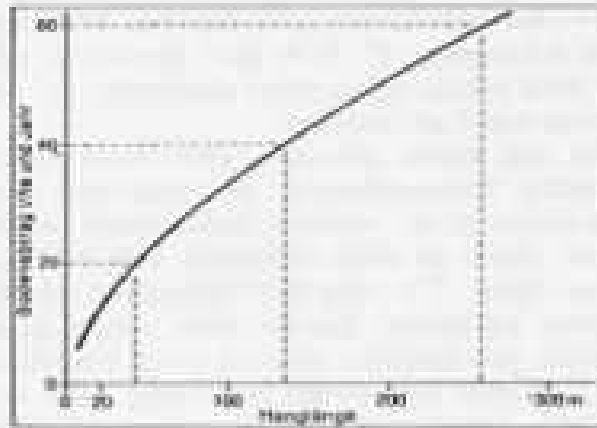
Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, arazi eğimiyle erozyon şiddeti arasında pozitif ilişkiler bulunmaktadır. Bu ilişkinin derecesi, yağış karakteristiklerine, toprak özelliklerine ve arazinin bitki örtüsü koşullarına göre değişmektedir. Bu hususta genel olarak şu kural verilebilir: Düz veya hemen hemen düz (hafif eğimli arazilerde, yani eğimi 5°'yi veya % 8'i geçmeyen topraklarda, hiçbir koruyucu önlem alınmadan tarım yapılabilir. Bundan daha yüksek eğim derecesine sahip yerlerde ise toprak koruyucu özel önlemler alınarak tarım yapılabilir. Bunun da üst sınırı % 24'tür. Hatta % 12-24 eğim derecesinde bağ, bahçe, otlak ve mera tarımı yapılması, eğim derecesi % 24'ü geçen arazilerde de ormancılık işletmesinin yer alması önerilmektedir. Bu değerler ile (sınır değer 5°) çizelge 2'de verilen değerler karşılaştırılırsa ülkemiz topraklarının yaklaşık % 85'inde ancak özel toprak koruma önlemleri alınarak tarım yapılabileceği ortaya çıkar.

Arazi eğim derecesi yanında, yamaç uzunluğu da erozyon şiddetini etkilenmektedir. Bu etkileme de, toprak özelliklerine, yağış karakteristiğine ve bitki örtüsü koşullarına göre değişmektedir : Örneğin toz balçığı ve balçık (tin) toprakları için yamaç uzunluğu ile erozyon miktarı arasında doğru ; kil toprağı için ise ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır.

Yamaç eğimi ile yamaç uzunluğu arttıkça yüzeysel akış miktarı ve hızı da artmaktadır. Bu da toprakların erozyona karşı direncini azaltmaktadır. Dolayısıyla yamaç eğimi ve uzunluğu arttıkça erozyonla taşınan toprak miktarı da artmaktadır (şekil 1 ve 2). Şekillerde belirlenen ilişkiler, uzunluğu 200 metre, toprak türü tozlu balçık, yıllık yağış miktarı 700 mm olan bir yetişme ortamında yapılmıştır.



Şekil 1. Yamaç eğimi ile erozyon arasındaki ilişkiler. Ordinat eksenindeki sayılar ton/ha/yıl olarak taşınan toprak miktarını, apsis eksenindeki değerler de yamaç eğimini (%) göstermektedir. (AID 1994, Schwertmann'a göre).



Şekil 2. Yamaç uzunluğu ile erozyon arasındaki ilişkiler. Ordinat (düşey) eksenindeki sayılar ton/ha/yıl olarak taşınan toprak miktarını, apsis(yatay) eksenindeki değerler de yamaç uzunluğunu (m) göstermektedir. (AID 1994, Schwertmann'a göre).



Yamaç eğimi ve uzunluğunun toprak taşınması üzerindeki bu olumsuz etkileri, yamaçlarda teraslama veya şekiller yapmak, eşyükselti eğrilerine paralel toprak işlemek, bazı kültür önlemleri almak suretiyle azaltılabilir. Uzun yamaçlarda, birim alandan akan yüzeyel akış miktarı az olsa bile, aynı yüzeyel akış miktarına sahip kısa yamaçlara kıyasla, daha çok toprak taşınmasına neden olmaktadır. Yağışın şiddetli, toprağın suyu geçirgenliğinin az olduğu uzun yamaçlarda, aynı koşullara sahip kısa yamaçlardan daha çok toprak taşınması meydana gelir.

### **Yamaç Yüzü Şeklinin Erozyona Etkisi**

Yamaç yüzünün girintili çıkıntılı olması durumunda, suyun yüzeyel akış hızı, dolayısıyla toprak materyalini sürüklenme enerjisi azalır. Yamaç yüzünün düz olması ise aksi etkiyi yapar. Yamaçın yüzeyi içbükey veya dışbükey olabilir. Birçok yamaçlarda, yukarı kısımlarda dışbükey, cekte ise içbükey yeryüzü şekilleri egemendir.

Dışbükey yamaç yüzeyleri, yüzeyel akışın çeşitli yönlere dağılmasını sağlar. İçbükey yamaç kısımları ise, suyun birikmesini ve toprağın daha nemli olması yönünde etki yapar. Yamaç yüzü şeklinin yüzeyel akış suyu miktar ve hızı ile erozyon üzerindeki etkileri karmaşıktır. Dışbükey yamaçların üst kısmında yüzeyel akış hızı yavaştır ve toprak taşınması çok düşük düzeydedir. Çünkü burada yüzeyel akış suyu hacmi azdır ve eğim derecesi ortadır. Yamaçın alt kısımlarında ise, su hareketi daha hızlıdır. Çünkü buralarda, hem eğim hem de birim alandaki su miktarı daha çoktur. Buna bağlı olarak da erozyon alt yamaçlarda daha çok artmıştır (Troch, et al 1991)

İçbükey yamaçlarda ise, yüzeyel akış oldukça yavaştır. Buna bağlı olarak erozyon da azdır. Dört ayrı yamaç tipinde yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, içbükey yamaçlarda daha az toprak kaybı olduğu belirlenmiştir.

### **Yamaç Bakışının (ekspozisyon) Etkisi**

Yamaçın baktığı yönün erozyon üzerindeki etkileri üzerine yapılmış araştırmalar çok azdır. Ancak, çok eskiden yapılmış bir araştırmaya göre, güneye bakan yamaçlarda yüzeyel akışın az, erozyonla taşınan toprak miktarının ise çok olduğu belirlenmiştir. (Baver 1939). Bunun bazı mantıksal nedenleri bulunmaktadır. Güney yamaçlardaki topraklar kurak ve sıcaktır. Bu nedenle bu yamaçlarda bitki örtüsü de azdır. Buna bağlı olarak da erozyon artmaktadır. Açıklanan ekolojik ilişkiler nedeniyle, güney yamaçlardaki topraklarda organik madde miktarı, dolayısıyla su geçirgenliği de azdır. Bütün bunlar yüzeyel akış miktar ve hızını, dolayısıyla toprak taşınmasını artıran nedenlerdir.

### **2.1.2. Jeolojik ve Pedolojik Özelliklerin Erozyon Üzerindeki Etkileri**

Yapılan çeşitli araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre jeolojik temel, anataş veya ana materyal ve çeşitli toprak özellikleri, erozyonla meydana gelen toprak kaybı üzerinde farklı etkilere sahiptir. Aşağıda bu hususta bilgi verilmiştir.

### 2.1.2.1. Jeolojik Temel, Anataş veya Anamateryal ile Erozyon Arasındaki İlişkiler

Toprağı meydana getiren anataş veya anamateryaller farklı jeolojik oluşum şekillerine sahiptir. Bazıları çok sert, ve masif yapıda, bazıları da yumuşak veya çözümlenmiş durumdadır. Buna bağlı olarak da aşınma ve taşınmaya karşı farklı direnç veya eğilim gösterirler. Örneğin fylliş denen killi, greli materyaller ile alüvyal sedimentler erozyon için son derece elverişli bir yapıya sahiptirler. Buna karşılık bazalt kayalar, aşınma ve taşınmaya karşı dirençlidir. Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara dayanılarak anataş ve onun gevşemiş hali olan anamateryallerin erozyon eğilimleri bakımından yapılan sınıflamalarının burada örnek olarak verilmesi yararlı görülmüştür (Balci 1973, 1978 ve Dyrness 1967 ile karşılaştırmamız):

- Granit, diyorit, granodiyorit, gevşek sedimentler, fylliş ve şistler erozyona dayanıksızdır.
- Bazı başkalaşım kayaları orta derecede dayanıklıdır.
- Bazı deniz sedimentleri, bazalt, gablo ve andezit erozyona dayanıklıdır.
- İç Anadolu koşullarında incelenen dört anamateryal ise, erozyona en çok uğrayandan, en dayanıklısına doğru şöyle sıralanmaktadır.
- Neojen toz taşı-kum taşı-andezit-konglomera. Ancak, bunlardan daha önemlisi, toprak özellikleriyle erozyon şiddeti arasındaki ilişkilerdir.

### 2.1.2.2. Toprak Özellikleri ile Erozyon Arasındaki İlişkiler

Toprak özellikleriyle erozyon arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla yapılan araştırmaların 60-70 yıllık bir geçmişi olduğu bildirilmektedir (Troeh, et al.1991). Yapılan bu araştırmalardan elde edilen ortak bulgular şu şekilde ifade edilebilir. Toprağın kırıntı büyüklüğü ve dayanıklılığı ile suyu geçirgenliği üzerinde rol oynayan her faktör veya bunların kombinasyonu toprağın erozyon eğilimini belirlemektedir. Yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, diğer doğal koşullar benzer olsa bile tekstür, strüktür, sıkışma ve toprağın ince ve kaba çakıl içeriği bakımından farklı olan topraklar, farklı derecelerde erozyona uğramaktadırlar. Bu etki şekilleri ve farklılıklar aşağıda açıklanmıştır.

#### Toprak Tane Boyutu (tekstür) ile Erozyon Arasındaki İlişkiler

Toprakların taneliliği veya tekstür denince, toprakların kum, toz ve kil tane boyutu sınıflarının katışma oranlarını göre bileşimi anlaşılır. Örneğin kum tane boyutu sınıfı (çapları 2-0.02 mm olan taneceklerin oluşturduğu sınıf) bakımından zengin olan topraklar "kaba tekstürlü topraklar" olarak nitelenir. Toprak taneleri arasında kil (çapları 2 mikrondan küçük mineral parçacıkları) tane boyutu sınıfı egemen ise, bu topraklara da "ince tekstürlü topraklar" denir. Toprak taneceklerinin büyüklükleri kırıntı yapma, kırıntıların dayanıklılığı, yüzeyel akış sularıyla alınıp götürülmeleri ve toprağın taşınması üzerinde etkili olmaktadır. Örneğin, kumların çoğunlukta olduğu bir toprak kırıntılı olmaz, toprak tanecekleri bireysel olarak dağılır. Ancak, büyük ve ağır oldukları için su ile taşınıp götürülmeleri güçtür. Buna karşılık

çok küçük boyutta olan kil tanecikleri çok sıkı istiflenip birbirine sıkı bir şekilde yapıştıkları için, bunların birbirinden ayrılması güçtür. Ancak ayrıldıktan sonra, suda adeta yüzdüklerinden, bunların yağış sularıyla alınıp götürülmesi çok kolay olur. Tozların çoğunluğa oluşturduğu topraklar kırıntı halinde olsalar bile, ıslanınca çok çabuk dağıldıklarından ve çapları küçük olduğundan, bunların yüzeysel akış suları ile taşınmaları çok kolay olur. Yani, erozyona karşı dirençsizdirler.

Yağış sularının toprağa girmeleri ve toprak içinde derinlere doğru sızmaları, toprak taneciklerinin büyüklüğüyle doğru orantılıdır. O nedenle kum topraklarında yüzeysel akışla akıp giden su azdır. Yani yüzeysel akışın erozyon enerjisi düşürülmüştür. Killi topraklarda ise sıkı bir istiflenme söz konusu olduğundan, bu topraklarda yağış sularının toprağa girmeleri ve toprak içinde sızmaları çok yavaş ve güçtür. Onun için de bu topraklarda yüzeysel akış çoktur. Açıklanan bu nedenlerle, ince taneli topraklarda orta derecede bir yağış, kum bakımından zengin topraklara kıyasla daha şiddetli erozyon meydana getirir (Troch, et al,1991.) Ancak, kil tane boyutunun çoğunlukta olduğu topraklarda, tanecikler birbirine sıkı bir şekilde yapışarak büyük masif kütleler yaparlar ve bunların parçalanıp götürülmesi güç olur. O nedenle, kil tane boyutu sınıfının çoğunlukta bulunduğu topraklarda erozyon eğilimi az olmaktadır. (Balci 1978, Arbeitsgemeinschaft Forsteinrichtung 1974).Onun için tane boyutu büyüklüklerine (tekstüre) bağlı olarak erozyon eğilimi konusunda şu sonuca varılmaktadır : Erozyona karşı direnç, toz tekstüründen ince kum topraklarına kadar gittikçe ve 15 katı kadar artmaktadır. Humus bakımından fakir, toz ve ince kum bakımından zengin topraklar erozyon eğilimi en yüksek topraklardır. Kil tanecikleri çok küçük olmasına ve taşınabilirlikleri kolay olmasına karşın, taneciklerin oluşturduğu sıkı, dağılması güç masif kütleler, erozyona dirençli bir özelliğe sahiptir.

### Toprak Kırıntınlığı ile Erozyon Arasındaki İlişkiler

Toprağı oluşturan kum, toz ve kil tanecikleri, belirli koşullarda birbirine yapışarak irili ufaklı toprak veya kırıntılar yaparlar. Bunların bazıları dağılmaya karşı çok dirençlidir. Kırıntı halinde olan ve aralarında iri boşluklar bırakan, kırıntıları güç dağılan topraklar, erozyona karşı dayanıklıdır. Gerçekten, yapılan birçok araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, toprakların kırıntı dayanıklılığı ile erozyon şiddeti arasında ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Kırıntıların dayanıklı olması için ise, toprak taneciklerinin veya parçacıklarının kil, humus, silisyum,kireç gibi doğal çimento maddeleriyle birbirine sıkıca yapışması gerekir. Aksi durumda, yani kırıntıların kolayca dağılarak kendini meydana getiren bireysel tanelerin serbest kalması halinde erozyon artar.

Kırıntı t<sup>n</sup> büyüklüğü ve dayanıklılığı üzerinde şu faktörler etkilidir:

- Tane büyüklüğü sınıfı (kum, toz, kil)
- Kil minerallerinin tipi
- Organik maddenin miktarı
- Doğal çimento maddelerinin türü (silisyum, kalsiyum, demir)
- Kültür şekli (tarım, çayır, orman)

- Toprak işleme tekniği (seyrek ve kırıntılı ufalamayan toprak işleme ve buna uygun toprak işleme aletlerinin kullanılması)

Bu faktörlerin bazıları doğal verilerdir. Bazıları ise insan tarafından sağlanabilecek olumlu veya olumsuz etkilerdir. Doğal veriler, örneğin toprağın tane boyutu bileşimi değiştirilemez. Bunun aksine insanların uyguladığı teknik ile kırıntılılık üzerinde etkili olunabilir. Örneğin toprağın organik madde miktarı kontrol altına alınarak, kırıntılılık ve kırıntı dayanıklılığı sağlanabilir. Aynı sonuca, topraklara kireç vererek ulaşılabilir.

Toprak işleme tekniği ile de toprak kırıntılılığı üzerinde olumlu veya olumsuz etkiler yapılabilir. Örneğin, tarımda hasat ve ürün taşıma için kullanılan makineler, toprak kırıntılılığını bozmakta, toprakların sıkışarak, su ve hava ekonomisinin bozulmasına neden olmaktadır. Özellikle sıkışmaya eğilimli ve duyarlı toz ve kil bakımından zengin topraklar (balçık-tin-toprakları), çok nemli iken makine sokulursa, toprak çok sıkışır ve kaba gözenekler (boşluklar) ortadan kalkar. Böyle bir toprakta yağış sularının çok az bir kısmı toprağa girer (infiltrasyon azalır). Toprak içine girmiş yağış suları düşey yönde çok yavaş hareket eder (perkolasyon azalır). Bu gibi durumlarda yağış suları toprak yüzünde veya toprak işleme aletlerinin açtığı çizgilerde (kırıklarda) birikir (Resim 1 ve 2). Bunun sonucunda toprağın havalanması, kök gelişimi, mikroorganizma solunumu güçleşir. Böylece hem ürün için, hem de mikroorganizma yaşamı için olumsuz koşullar yaratılmış olur.



Resim 1. Yaş iken veya ağır makinelerde sürülen topraklar sıkışır ve suyu geçirgenlik azalır. Yağış suları yüzeyde birikir. Resmin sağ yanındaki düzlükte bu durum belirgin olarak görülmektedir (Foto: Çepel).



Resim 2. Toz bakımından zengin topraklar çabuk sıkışır, yağmur suları ile kolayca yıkanır, kuruyunca çatlar.

Yukarıda açıklanan koşullarda erozyon tehlikesi de artmış olur, ürün verimi düşer. Bu olumsuz sonuçların yaratılmaması için şu hususların yerine getirilmesi gerekir:

- Toprağı tavında işleme ve ağır makineler kullanmama
- Kombine edilmiş toprak işleme ve ekim aletleriyle toprak üzerinde makine hareket sayısını azaltma
- Sürüm ve taşıma makinelerinde çift lastik veya derin profilli lastikler kullanılarak toprağa yapılan basıncı azaltmak.

### **Toprağın İskelet Miktarı İle Erozyon Arasındaki İlişkiler**

Toprak içinde, çapları 2 milimetreden büyük olan mineral parçaları (çakıllar ve tuş parçaları) toprağın iskelet kısmı olarak adlandırılmaktadır. Bunların topraktaki miktarı ne kadar çok olursa, erozyonla toprak kaybı da o derece az olur. Çünkü çakıllar, altındaki toprağı yağmur damlalarının çarpma etkisinden ve sıçrayarak dağılmalarından korur. Ayrıca toprakta kaba gözenekleri artırarak yağış sularının toprak içine sızan miktarını çoğaltır.

### **Kil Miktarı İle Toprak Nemi Arasındaki Oranın Erozyon Üzerine Etkisi**

Bir toprağın kil miktarıyla, tarla kapasitesindeki nem miktarı arasındaki oran ne kadar büyükse, bu toprakların, erozyona karşı o derece dayanıklı oldukları

bildirilmekte ve buna ait bazı pratik değerler verilmektedir. (Balcı 1978 ile karşılaştırınız)<sup>1</sup>

Balcı (1978) e göre:

Kil miktarı ile tarla kapasitesindeki nem miktarı arasındaki oran (kil miktarı/nem miktarı) 1.5'tan büyükse, bu topraklar erozyona dayanıklıdır. Oran 1.5'tan küçükse, böyle topraklar erozyona dıyarlıdır.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere, toprak özellikleri içinde erozyonu en çok etkileyen toprak karakteristikleri şunlardır: Tekstür (toprak taneliliği), strüktür (kırıntılılık), kırını dayanıklılığı ve organik madde içeriğidir.

### 2.1.3. İklim Karakteristikleriyle Erozyon Arasındaki İlişkiler

Erozyon üzerinde etkili olan en önemli iklim öğeleri sıcaklık, yağışlar ve rüzgârdır. Bunların miktarları, şiddetleri, yıl içindeki dağılımı erozyon üzerinde değişik etkilere sahiptir. Uzun süreli bol yağışlar ile, kısa süreli sağanak halindeki şiddetli yağışlar erozyonla kaybedilen toprak miktarını artırır. Rüzgarın hızı, süresi ve yönü erozyon üzerinde önemli rol oynar.

Birim zamanda düşen yağış miktarı ne kadar çok olursa (şiddetli sağanak yağışlar), özellikle çıplak topraklarda, toprak kırıntılarını parçalama ve küçük parçaları sıçratarak harekete geçirme ve taşıma o derece çok olur. Yapılan bir araştırmada 183 yağış olayı incelenmiş, her yağış olayı için 5 dakikada düşen şiddetli yağışa göre 5 tane yağış şiddet grubu ayrılmış ve bunların 1 saatte taşıdığı toprak miktarı hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar bir çizelge halinde verilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Yağış şiddeti gruplarıyla erozyon arasındaki ilişkiler (Leibendgut 1975)

Yağış şiddeti grupları mm / 5 dakika	Erozyonla taşınan toprak ton/saat/km <sup>2</sup>
-25	372
26-51	595
52-101	1101
102-178	3609
229-254	4793

1) Bir toprağın tarla kapasitesindeki nem miktarı, bu toprağın doyurucu bir yağıştan 2-3 gün sonra, sıfırlanmış yüzeyine karşı tutabildeği su miktarıdır. Örneğin, bir toprağın tarla kapasitesindeki nem miktarı % 20 derseniz, 100 gram ıslak kuru toprak 20 gram suyu tutabiliyor demektir.

Çizelgenin incelenmesinden kolayca anlaşılacağı üzere yağış şiddeti, yani birim zamanda düşen yağış miktarı arttıkça, erozyonla taşınan toprak miktarı da artmaktadır. Bunun nedeni, şiddetli yağışların toprak kıvrımlarını parçalamaları ve yüzeysel akışta taşınabilirliklerini arttırmalarıdır. Ayrıca, bu tür yağış koşullarında, yağış suları toprağa girmeye vakit bulamadığından yüzeysel akışa geçerler ve erozyonu artırır. Bu ilişkilere dayanarak, yağış yoğunluğu (birim zamanda düşen yağış miktarı) ile erozyon dereceleri (sınıfları) arasında bağlantıları gösteren değerlendirmeler yapılmaktadır (Sarı 1996) :

Yağış yoğunluğu mm/saat	Erozyon şiddet derecesi (sınıfı)
0-6	hafif
6-12	orta
12-50	şiddetli
50+	çok şiddetli

Ülkemizde sağanak halindeki şiddetli yağışlar sık sık görülmektedir. Örneğin 1992 yılı aralık ayında Marmaris'e 24 saatte 466.3 mm yağış düşmüştür. Temmuz 1995 tarihinde Isparta-Senirkent yöresine düşen 12 dakikalık şiddetli bir yağış, geldiği yamaçlardaki toprak, çukur ve kayaları sürükleyerek Senirkent içine 2-3 metre kalınlığında bir taşıntı materyalini sürüklemiştir. Aynı olayın benzeri 1996 yılının son aylarında Bodrum'da yaşanmıştır. Özet olarak, yağışların mevsimlere dağılışı düzensiz olduğu gibi, sağanak halindeki çok şiddetli yağışlar da sık sık ve çeşitli bölgelere düşerek, can ve mal kaybına neden olacak kadar şiddetli erozyon ve taşkınlar meydana getirmektedir.

Ülkemizin bu bakımdan içinde bulunduğu koşulları kavrayabilmek için Türkiye İklimi'nin karakteristikleri hakkında özet bilgiler verilmesi yararlı görülmüştür. Ancak bu bilgiler elde edildikten sonra ülkemizdeki iklim koşullarıyla erozyon oranındaki ilişkiler daha iyi anlaşılabilir.

### **Türkiye İklimi**

Ülkemiz 36-42 enlem dereceleri arasında bulunduğu için, dünya iklim kuşaklarından subtropikal kuşağa girmektedir. Bu kuşak sıcak tropikal iklim kuşağı ile ılıman iklim kuşağı arasındadır. Böylece yarıkurak bir iklim karakteristiğine sahip bulunmaktayız.

Türkiye, yağış rejimlerine göre dört ana iklim tipine ayrılmaktadır. Bunlar şu şekilde adlandırılmaktadır (Şekil 3 ile karşılaştırmız) :

- Karadeniz İklim Tipi
- Akdeniz İklim Tipi
- İç Bölge Karasal İklim Tipi
- Yüksek Bölge Karasal İklim Tipi

Bu iklim tiplerinin yağış rejimleri şu şekilde özetlenebilir :

### **Karadeniz İklim Tipi**

Bu iklim tipi Karadeniz kıyı şeridinde egemendir. Yağışlar mevsimlere genel olarak düzenli bir şekilde dağıldığından, "Her Mevsimi Yağışlı İklim tipi" olarak nitelenebilir. Yıllık yağış miktarı da oldukça yüksektir. Türkiye'nin en yüksek yıllık yağış miktarına sahip Rize (1196.3 mm/yıl) bu bölgededir. (Şekil 4 ile karşılaştırınız). Bu iklim tipi, her mevsimi yağışlı olmakla beraber, göreceli olarak en çok yağış sonbahar ve kışın, en az yağış da ilkbaharda düşmektedir. Bunun nedeni sonbahar ve kışın, denizden gelen nemli cephe rüzgârlarının, ilkbaharda ise, büyük bir frekansla kuru güney rüzgârlarının esmesidir.

### **Akdeniz İklim Tipi**

Ülkemizin Akdeniz kıyılarıyla Batı Anadolu bu iklim tipinin etkisi altındadır. Yalnız Marmara denizi etrafında bir geçiş iklimi zonu görülür. Kış mevsiminde en yüksek yağış miktarı düşer. Yazın ise tipik bir yaz kuraklığı vardır. Bu iklim tipi, "yazları sıcak ve kurak , kışları ılık ve yağışlı" olarak nitelenir. Yıllık yağış miktarı oldukça çoktur (500-1500 mm). Marmara çevresindeki geçit iklim zonu da yaz kuraklığı daha hafif geçer. İlkbahar yağışları da Akdeniz kıyılarına kıyasla daha yüksektir.

### **İç Bölge Karasal İklim Tipi**

En yüksek yağış kışın, en düşük yağış da yazın olur. Yıllık ortalama yağışlar da diğer bölgelere kıyasla daha düşüktür (500 mm'ye kadar).

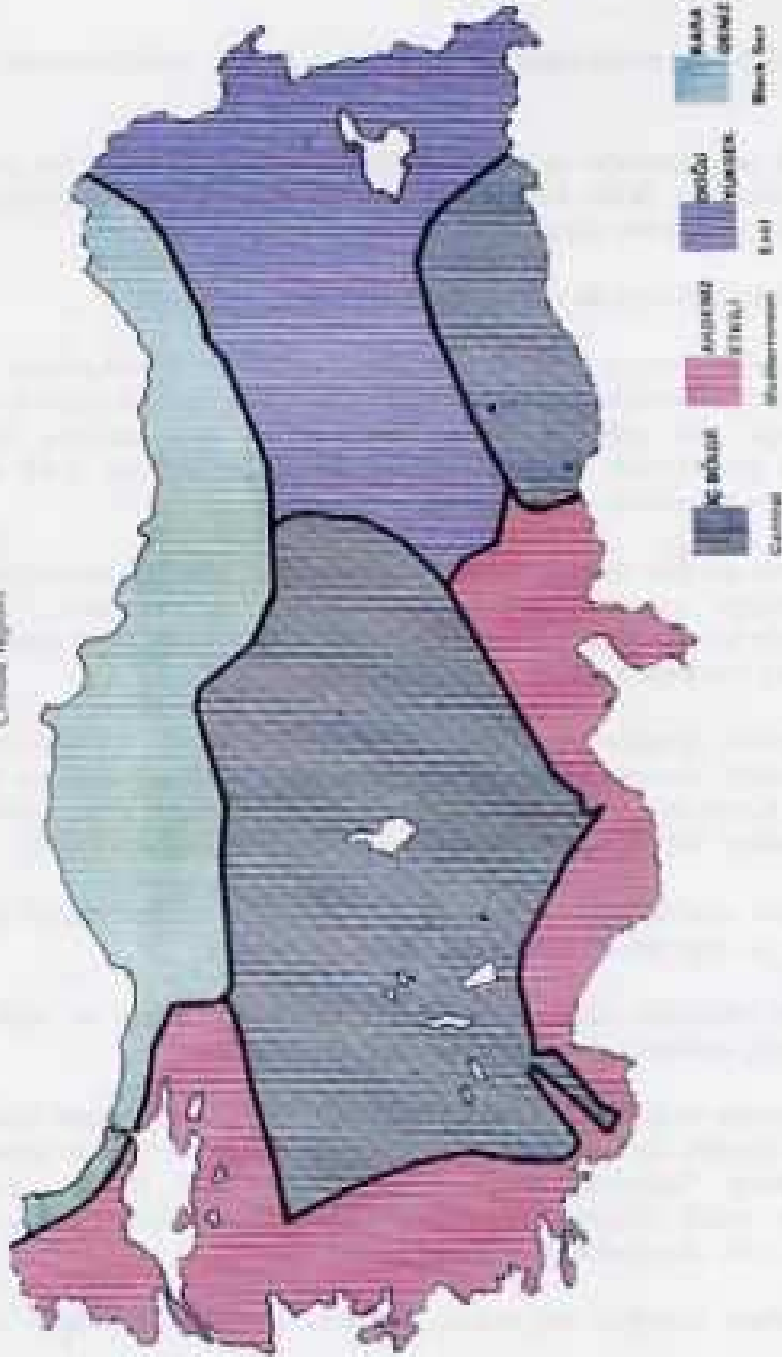
### **Yüksek Bölge Karasal İklim Tipi**

Doğu Anadolu'nun yüksek dağlık bölgelerindeki iklim tipidir. Burada da en yüksek yağış kışın ve genellikle kar yağışı olarak, en az yağış da yazın düşer. Ancak, yağışın en yüksek olduğu devrenin ilkbahara, hatta yaz başına kayması ve genellikle yıllık ortalama yağış miktarının 500-1000 mm arasında olmasıyla İç Anadolu karasal ikliminden ayrılmaktadır (Şekil 4 ile karşılaştırınız).

Buraya kadar yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere, ülkemizde yağış rejimi ve yıllık ortalama yağış miktarı bakımından çok değişik iklim tipleri bulunmaktadır. Hatta aynı iklim tipi içinde bile, çok farklı yağış miktarları ölçülmektedir. Bunun başlıca nedeni, arazi yüzü şekli veya engebeliliğin kısa mesafelerle değişmesidir. Bir yandan bazı yerlerde yıllık yağış miktarı 2000 mm'nin çok üzerine çıkarken, dağlarla çevrili çöküntü bölgelerinde, bu miktar 250 mm altına ineabilmektedir. Bol yağışlı yerlerle çöl koşullarına yakın yağış miktarına sahip yerler arasında bazen uzaklığın çok az olması ülkemiz için çok karakteristiktir. Örneğin Güneydoğu Toros Dağları'nın yüksek kesimlerinde 1000 mm'yi geçen yıllık yağış miktarı, çok yakınındaki Malatya Ovası'nın doğu kenarında 220 mm'ye düşmektedir.



İklim Bölgeleri  
Climate Regions



Şekil 3. Yağış rejimine göre Türkiye'nin İklim Bölgeleri (DİE 1996)

Aynı şekilde, Rize yöresi ile kendine çok yakın olan ve etrafı 3000 metrenin üzerindeki yüksek dağlarla çevrilmiş olan Iğdır Ovasında (yıllık ortalama yağış miktarı 270 mm) 8 kat kadar bir fark bulunmaktadır.

Ülkemizdeki yıllık yağış ortalaması 642.6 mm'dir. Dünya ortalaması ise 1000 mm kadardır.

Sıcaklık, kuraklık ve yağışların mevsimlere düzensiz dağılışı, erozyonu artırıcı etkenlerdir. O nedenle ülkemiz, iklim koşulları ve bunun doğurduğu çeşitli sonuçlar bakımından, erozyon eğilimi yüksek olan bir ülkedir.

#### 2.1.4. Bitki Örtüsüyle Erozyon Arasındaki İlişkiler

Toprağı en iyi şekilde örtmüş bitki örtüsü, erozyona en etkili bir şekilde engel olan doğal bir faktördür. Bitki örtüsü, otsu bitkilerden tarım ürünleri ile çayır ve mera bitkilerinden oluşabileceği gibi çalı ve orman toplulukları gibi odunsu bitkiler tarafından da meydana getirilebilir. Bitki örtüsünün erozyonu önleme şekli ve bu husustaki ekolojik işlevleri şu şekilde açıklanabilir :

1). Toprağı sıkı bir şekilde örtmüş bulunan bitki örtüsü, yağmur taneciklerinin doğrudan doğruya toprağa vurarak, toprak kırıntılarını parçalamasını, su ile sürüklenebilir toprak tane boyutu sınıflarının artırılmasını ve böylece ince tanelerden oluşan toprak tabakasının harekete geçmesini engeller.

2). Ürettiği organik maddelerle (kök, gövde ve yaprak) toprağı humus bakımından zenginleştirerek, erozyona dirençli toprak kırıntıları oluşumunu ve kırıntı dayanıklılığını sağlar. Kırıntılı toprak ise yağış sularının toprağı giren miktarını artırır, yüzeyel akışı azaltır. Böylece suların toprak taşıma enerjisini zayıflatır.

3). Bitkiler, toprak canlılarının yaşayıp gelişmesi için özel bir yaşam ortamı yaratır. Toprak canlıları ise toprağı iyi bir kırıntı yapısı kazandırır.

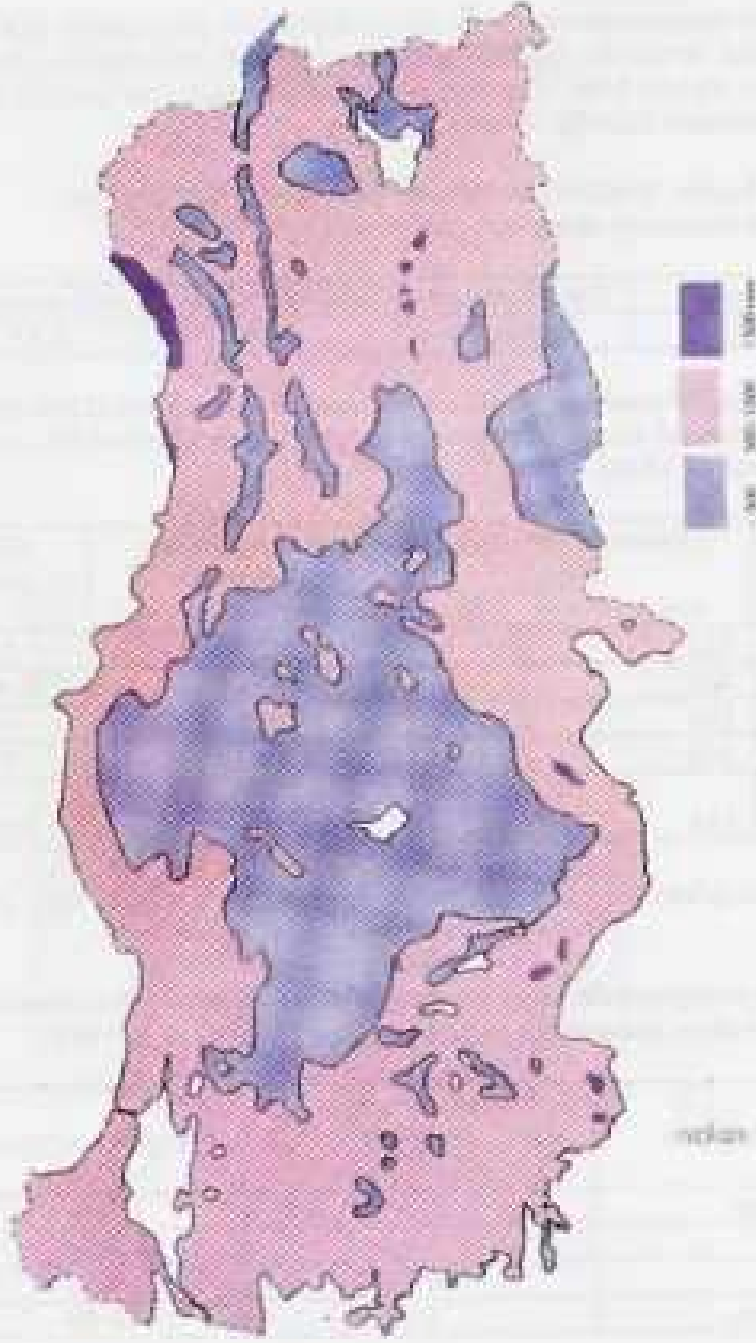
4) Bitkiler, eğim yönünde akan yüzeyel akış sularının hızını ve miktarını yaprak, dal ve gövdeleriyle azaltarak, toprak taşıma gücünü zayıflatır.

5). Yağmur sularının belirli bir kısmı bitki örtüsünün toprak üstü kısımları (yaprak, sürgün, dal ve gövde) ile tutularak, buradan buharlaşmayla tekrar atmosfere karışmasını sağlar. Buna "intersepsiyon" denir. Bu olayla toprak, yağmur damlacıklarının vurma etkisi altında erozyonla taşınabilecek ince parçacıklara ayrılmaktan kurtulduğu gibi, yüzeyel akış suyu da azaltılmış olur.

6). Bitki toplulukları rüzgârın da hızını keserek, toprağın aşındırıp taşıma etkisini azaltır.

Bitki örtüsünün erozyonu önleme bakımından etki dereceleri çok değişiktir. Bu hususta çok çeşitli faktörler etkilidir. Bunların başlıcaları bitki örtüsünün sıklığı, bitki

Yıllık ortalama yağış  
Annual average precipitation



Şekil 4 Yıllık Ortalama Yağış Miktarına Göre Türkiye'nin İklim Bölgeleri (DİE 1996).

türleri, vejetasyon tipleri (kültür bitkisi toplumları, mera çayır ve orman). Bunlar da kendi aralarında farklılıklar gösterir. Örneğin silo mısırı, karnı nadası kıyasla erozyonu yarı yarıya azalttığı halde, üçgül yoncası 50 kat azaltır (çizelge 4).

Yapılan inceleme ve araştırmalardan elde edilen bulgulara göre çıplak toprakla, bitki toplumları tarafından örtülmüş toprak arasında, erozyon bakımından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Ayrıca bitki cins veya türüne, ekim sistemine göre de arada önemli farklılıklar bulunmaktadır (çizelge 5 ve 6).

**Çizelge 4. Çeşitli kültür bitkileri tarımında meydana gelen toprak taşınmasının nisbi (oransal) değerleri (AID 1994 , S.9, T.1).**

<i>Karanadas</i>	<i>Üçgül yoncası</i>	<i>Tahıl bitkileri</i>	<i>Şeker pancarı</i>	<i>Silo mısırı</i>
1.0	0.02	0.08-0.11	0.29	0.51

**Çizelge 5. Columbia, Missouri’de yapılmış bir araştırmaya göre (1918-1931) ekim sisteminin yüzeysel akış ve erozyonla toprak kaybı üzerindeki etkileri (Miller and Krusekopf 1932)**

<i>Ürün yetiştirme sistemi</i>	<i>Ortalama yüzeysel akış</i>		<i>Ortalama yıllık erozyon ton/ha</i>	<i>(X) yıl</i>
	<i>mm</i>	<i>%</i>		
Sürekli nadas	312	30.5	92.75	24
Sürekli çayır	122	12.0	0.67	3043
Sürekli buğday	239	23.3	22.62	100
Sürekli mısır	302	29.4	44.13	50
mısır-buğday-yonca rotasyonu	134	13.8	6.30	368

(X) : 18 cm kalınlığında toprak tabakasının erozyonla taşınması için geçen zaman (yıl)

**Çizelge 6. Tabaka erozyonu ile çizgi ve rüzgâr erozyonunun yıllık ortalama miktarları üzerine ekim sisteminin yaptığı etkiler (Troch, et al.1991)**

<i>Ekim sistemi veya toprakları yararlanma</i>	<i>tabaka ve çizgi erozyonu ton/ha/yıl</i>	<i>rüzgâr erozyonu ton/ha/yıl</i>
kültüre alınmış tarım alanı	10.75	7.39
mera	3.14	3.36
otlatma yapılan orman	5.15	0.22
otlatma yapılmayan orman	1.57	0.00

Bu çizelgelerin incelenmesinden anlaşılacağı üzere, sürekli nadasta meydana gelen toprak kaybı, çayırdakinin yaklaşık 138 katı kadardır. O nedenle ülkemizde

tarım topraklarının olanaklar ölçüsünde daha az nadasa bırakılmasını sağlayacak bilimsel araştırmalar yapılarak gereksiz nadasa bırakmanın önüne geçilmiştir. Hatta nadasa bırakabilme yasal düzenlemelerle çok sınırlandırılmıştır.

Bitki örtüsü olduğu halde en yüksek erozyonun cereyan ettiği kültür şekli mısır tarımıdır. Nadasa kıyasla toprağı ancak 2 katı kadar erozyondan koruyabilmektedir. Yalnız ABD’de değil Avrupa’da yapılan araştırmalar da, mısır kültürünün toprağı erozyondan en az koruyan kültür şekli olduğunu göstermiştir. Pancar ve patates kültürü de aynı gruba sokulabilir. Onun için az eğimli arazilerde bile mısır tarımı yapılması halinde, bazı koruyucu önlemlerin alınması öngörülmektedir. Örneğin, bu gibi yerlerde mısır-buğday-yonca rotasyonu önerilmektedir. (Çizelge 5 ile karşılaştırınız). Çizelge 5’teki değerlerin bulunduğu araştırma koşullarında 18 cm kalınlığında toprağın erozyonla taşınması için mısır-buğday-yonca rotasyonu (ekim nöbeti) yapılan tarım arazisinde 368 yıl, sürekli mısır kültürü yapılan tarlada da 50 yıl geçmesi gerekmektedir. Bu değerler de mısır tarımının erozyon üzerindeki önemli etkilerini göstermektedir. Çizelgelerden çıkarılabilecek ayrı bir sonuç da, yıllık erozyonla taşınan toprak miktarıyla yüzeysel akış miktarı arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmasıdır (Çizelge 5 ile karşılaştırınız).

Orman ve meraların, erozyonu en etkili şekilde önleyen iki bitki örtüsü olduğu . çizelge 6’daki değerlerden açıkça anlaşılmaktadır. Niteliği bozulmamış, giriş kapalı ormanlar bu bakımdan en başta gelmektedir. Ormanların erozyonu önlemedeki rolleri, doğrudan doğruya ve dolaylı olmak üzere iki grupta toplanabilir. Bunların etki şekilleri konusunda, aşağıda ayrı ayrı bilgi verilmiştir.

#### 2.1.4.1. Ormanların Erozyon Üzerine Doğrudan Doğruya Yaptığı Etkiler

Ormanların erozyonu önleme ve engelleme üzerinde doğrudan doğruya yaptığı etkiler, hem toprakaltı kısımlarını oluşturan kökleri, hem de toprak üstündeki dal, gövde ve yapraklarıyla olur. Bunun nasıl cereyan ettiği aşağıda açıklanmıştır.

#### Ağaç Köklerinin Erozyon Üzerindeki Etkileri

Orman ağaçları, ancak milimetre ile ifade edilebilecek derecede ince köklerden, çok kalın kazık ve dalıcı köklere kadar değişik çap ve uzunluktaki köklere sahiptir. Bunlar toprağı bir aç gibi sarar ve toprağın doğal kuvvetlerle taşınmasını engeller. Araştırmalardan elde edilen bulgulara göre, bazı orman ağaçlarının bir metreküp hacimdeki toprağı, toplam uzunlukları 100 kilometreyi bulan binlerce kökle sardığı belirlenmiştir. Ayrıca, bir ladin ormanının bir hektarlık alanda 90 ton, bir kayın ormanının ise 40 ton ağırlığında kök geliştirdiği yine araştırma sonuçlarına dayanarak bildirilmektedir. Sözkonusu bu ormanların kök yayılış mekânında bir hektarlık alanda 200-250 ton toprak humusunun, 10.000 ton mineral toprağın tutulduğu, bu konuda yapılan ayrıntılı bir araştırmayla belirlenmiştir. Böylece orman toprağının heyelan (büyük kütleler halinde toprak kayması) ve erozyon ile taşınıp kaybolması engellenmiş olmaktadır. Orman ağaçlarının kök yayılışı üzerine doğada yapılacak gözlemler de ormanın bu fonksiyonel değerini açıkça göstermektedir. (Resim 3 ve 4)



**Resim 3.** Bir dışbudak ağacının hem yatay, hem de düşey yönde geliştirdiği kalın ve ince kökler (Köstler 1968).



**Resim 4.** Devrilmiş bir ağacın kökleri, öldükten sonra bile, bağrına sımsıkı bastığı toprağı erozyona teslim etmemektedir (Foto: Çepel).

## Ağaç Gövdelerinin Erozyon Üzerindeki Etkileri

Orman ağaçları, toprakla temas ettiği yerde kalın bir kök boğazı geliştirir. Ağacın en büyük çapa sahip olduğu bu bölgesinde, yamaç eğimi yönünde aşağı doğru yüzeyel akışla gelen yağış sularının akış hızı mekanik engelleme ile azalır. Böylece suların hem sürükleyici gücü azalır, hem de toprağa sızan miktarı artar. Onun için ormanlarda suyun yüzeyel akış hızı ve miktarı, çıplak topraklara kıyasla çok daha azdır. Bu hususta ormanın diğer etkileri de sözkonusu olduğundan, karşılaştırmalı sayısal değerler, daha sonraki kısımlarda verilecektir.

Ormanın mekanik etkilerle erozyonu azaltması üzerinde, yalnız gövdeleri değil, dal ve yaprakları da önemli roller oynar. Gerçekten, orman ağaçları göğe doğru uzanmış dalları ve bunlar üzerindeki yapraklarıyla, yağmur taneciklerinin toprağa vurucu ve onları parçalayıcı etkilerine karşı bir kalkan oluşturur. Özellikle çok sayıda yapraklar bu hususta önemli rol oynamaktadır. Gerçekten, Almanya'da yapılan bir araştırmada, bir hektarlık bir ladin ormanında 4 milyar üzerinde iğne yaprak olduğu belirlenmiştir. Yaprakların toplam yüzeyinin ise, üstünde buldukları toprak alanının 10-20 katı kadar olduğu hesaplanmıştır. Bu yaprak kütleleri, yağmur damlacıklarını karşılayarak doğrudan doğruya toprağa vurmasını engeller ve böylece yaprak ve dallardan damlatmak suretiyle toprağa "yumuşak iniş" yapmasını sağlar. Bunun sonucunda da toprakların yağmur damlacıklarına ait vuruş (darbe) etkisiyle parçalanması engellenir. Dolayısıyla bu parçacıkların yağış sularıyla, bulunduğu yerden kolayca uzaklaştırılmamasının önüne geçilmiş olur.

### 2.1.4.2. Ormanların Erozyonu Önleme Üzerinde Yaptığı Dolaylı Etkiler

Bu etkiler iki grupta toplanabilir. Bunlardan birisi toprak özelliklerini iyileştirme, diğeri de rüzgâr hızını azaltma yoluyla yaptığı dolaylı etkilerdir. Böylece ormanlar aşağıda açıklandığı şekilde hem su, hem de rüzgâr erozyonunu azaltmaktadır.

#### Ormanın Toprak Özelliklerini İyileştirerek Erozyonu Önleme Fonksiyonları

Orman toprakları, kendine özgü karakteristikleriyle yüzeyel akışı azaltır, toprağa sızmasını artırır. Böylece erozyon şiddetini düşürür. Çünkü yüzeyden akan yağış sularının akış hızı ve miktarıyla, toprak taşınması arasında doğru orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Bu nedenle ormanların yüzeyel akış hızını ve miktarını azaltması, erozyonu azaltmasıyla eşanlamlı gelmektedir. Orman topraklarının bu tür etkilerle sahip özellikleri nasıl kazandığı aşağıda açıklanmaktadır.

Orman ağaçları, yaprak dökümüyle bir hektarlık orman toprağına her yıl 3-4 ton organik madde kütleleri vermektedir. Bunlar orman toprağıının üzerini bir yorgan gibi örter. Buna "Ölü Örtü" adı verilmektedir. Sözkonusu bu ölü örtü bir yandan milyonlarca toprak mikroorganizmasını kuşun soğuşundan korurken, öte yandan da bu toprak canlılarının besin kaynağını oluşturmaktadır. Ekolojide bu süreç, "ölümden

yeni yaşam" şeklinde ifadesini bulmaktadır. Toprak canlılarının, besin elde etme amacıyla ayrıştırdığı ölü örtüden humus denilen koyu renkli, şekilsiz, kadife yumuşaklığında bir organik madde külesi meydana gelir. Humus, toprağa karışınca, toprak sünger gibi gözenekli ve yumuşak bir nitelik kazanmaktadır. Böyle bir toprak, yağış sularını sünger gibi emerek suyu depolamakta ve yüzeyel akışla suyun akıp gitmesini önlemektedir.

Toprak üzerinde ayrışmamış haldeki ölü örtü kısmı ise, başlıca iki işleve sahiptir. Bunlardan biri, ormanın tepe çatısından damlayan yağış sularının doğrudan doğruya toprağa çarpmasını ve toprağın sertleşmesini veya taşınabilir küçük parçacıklar haline gelmesini önlemesidir. Gerçekten, çıplak toprak yüzüne doğrudan doğruya çarpan yağmur damlacığı, büyük bir kinetik enerjiye sahiptir ve toprağı gözle farkedilemeyecek derecede ufak parçalara ayırıp erozyonla taşınıp gitmesini sağlar (Resim 5)



**Resim 5.** Bir yağmur damlasının, çıplak toprağa vurma etkisi sonucunda oluşan kinetik enerji ile toprak kırıntılarını parçalayıp dağıtarak erozyona teslim etmesi (AID 1994)

Orman ölü örtüsünün erozyon önlemedeki başka bir etkisi de, mekanik bir engel olarak yüzeyel akış sularının akış hızını azaltmasıdır. Böylece, esasen sünger gibi, suyu emici bir üst toprak yaratmış olan ölü örtü, yağış sularının toprak içine girebilmesi için zaman kazandırır. Bunun sonucunda da erozyonun nedeni olan yüzeyel akış, tümüyle ortadan kaldırılmış olur.

Ormanların erozyon üzerindeki dolaylı etkilerinden biri de, orman varlığının kendi altında ve çevresinde ılıman bir iklim yaratmasıdır. Böylece, ilkbaharda karların yavaş yavaş erimesini, dolayısıyla sıcaklar basınca birdenbire eriyerek sel afetleri şeklinde erozyon zararları meydana getirmemesini sağlar. Ayrıca altındaki toprağın donmasının önüne geçerek, kar sularının toprağa girebilmesi için elverişli bir ortam yaratır.



Ormanların erozyonla olan ilişkilerine ait buraya kadar verilen nitel bilgiler, araştırmalara ait sayısal değerlerle desteklenirse, konu daha iyi anlaşılmış olur. Aşağıda, sınırlı sayıdaki araştırmalardan bazı sonuçlar verilmiştir.

Elmalı Barajı yağış havzasında yapılan bir araştırmada çıplak alana düşen yağışın erozyonla olan ilişkisi; ayır ve orman gibi bitki örtüsünün bulunduğu yetişme ortamlarındaki erozyonla karşılaştırılmıştır (Balcı 1958). Elde edilen bulgular bir izelge halinde özetlenmiştir (izelge 7). Çizelgenin incelenmesinden kolayca anlaşılacağı üzere, ayır ve orman, yüzeyel akışın ve erozyonla götürülen toprağın azaltılmasında nadasla (ıplak toprak) karşılaştırılmayacak derecede büyük etkilere sahip bulunmaktadır.

**Çizelge 7. İstanbul-Elmalı Baraj Havzası'nda % 15 eğimli bir arazide nadas, ayır ve orman alanlarında hidrolojik ilişkiler ile erozyonun karşılaştırılması (Balcı 1996, S.57)**

Arazi kullanma	İnfiltrasyon		Yüzeyel akış		Erozyon ton/ha	1) Yıl
	mm	%	mm	%		
Nadas	591.7	44	744.5	56	16.1	122
Çayır	855.6	64	480.6	36	1.4	1434
Orman	1094.8	82	241.4	18	-	-

Not : İnfiltrasyon : yağış sularının toprağa girmesi

1). 15 cm kalınlığında bir toprak tabakasının erozyonla taşınıp götürülmesi için geçen süre (yıl)

Araştırma bölgesinde yıllık ortalama yağış miktarı 1336.2 mm.

Başka bir araştırmadan elde edilen bulgulara göre, ise kuvvetli bir sağanak yağıştan sonra çıplak alandaki 1 metrekare toprak yüzeyinden 80 litre (bir hektardan 800 ton) suyun arazi eğimi yönünde vadilere akıp gittiği, ormanlık yamaçta ise bu miktarın % 25-30'unun yüzeyel akışa geçtiği ifade edilmektedir (Stern, et al.1980)

Buraya kadar aıktanan etkiler nedeniyle, orman topraklarında erozyonla taşınan toprak miktarının çok az olduğu birçok araştırmalarla kanıtlanmış bulunmaktadır. Örneğin Almanya'da yapılan bir araştırmaya göre, latin ormanıyla örtülü bir araziden belirli bir sürede erozyonla 1 metrekare yüzünden taşınan toprak miktarı 4 gramdır. Aynı iklim ve arazi eğimi koşullarında çıplak alandan erozyonla götürülen toprak miktarının ise 1 metrekare başına 1500 gram olduğu bildirilmektedir. Bu araştırma sonucuna göre bunun anlamı, ormanın çıplak toprağa kıyasla erozyonu 375 kat azaltılmış olmasıdır (Delfs, et al.1958).

Amerika Birleşik Devletlerinde yapılan bir araştırmada bir yağış havzasında bulunan bir derenin bir yılda taşıdığı toprak miktarı uzun süreli olarak ölçülmüştür. Uzun süreli ölçümlere ait yıllık ortalamalara göre sözkonusu bu derenin, yağış havzası meşe ormanlarıyla kaplı iken bir yılda taşıdığı toprak miktarı 2 ton olarak ölçülmüştür. Bu yağış havzasındaki orman kesilerek ortadan kaldırılmış ve arazi tarım alanına

çevrilmiştir. Bu durumda ölçmelere devam edilmiş, aynı derenin bir yılda ortalama olarak 200 ton toprak taşıdığı ölçümlerle ortaya konmuştur. Böylece, ormanın tarım alanlarına kıyasla erozyonu 100 kat kadar azalttığı ortaya çıkmıştır. Bu araştırmaya dayanarak, özellikle çığ tehlikesi olan sarp eğimli üst yamaçlarda ormanın yeniden ağaçlandırılmasının çok güç ve çok pahalı olacağı bildirilmektedir. Bu konuda yapılan araştırmalardan elde edilen sonuçlara göre, çığ tehlikesi olan dik eğimli yukarı yamaçların bir hektarının ağaçlandırılması için 500.000 (beşyüzbin) Amerikan Dolarına gereksinim olduğu anlaşılmaktadır. Buna karşılık az eğimli alt yamaçlarda bu maliyetin ancak 15.000 dolar olduğu bildirilmektedir (Krahl-Urban, et al.1988).

Yapılan araştırmalardan anlaşıldığına göre, toprak işlenmesi zorunlu olan yamaçlardaki bağ ve bahçe alanlarına kıyasla, aynı arazi koşullarında ormanla kaplı alanlarda erozyon çok düşük düzeylerde olmaktadır. Bolu yöresinde yapılan bu tür araştırmadan çok ilginç sonuçlar elde edilmiştir. Bu araştırmada ormandan açılmış % 45 eğim derecesine sahip bir yamaçta bulunan fındık bahçesi ile aynı arazi koşullarına sahip çok yakınındaki ormanla kaplı bir yamaçta örneklem alanları alınarak toprak taşınmaları ölçülmüş ve yapılan hesaplarla karşılaştırılmalı sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen ortalama değerlere göre fındık bahçesinin 1 hektarlık alanından (10 dönüm) bir yılda 3.1 ton toprak materyalinin taşıdığı ortaya çıkmıştır. Buna karşılık ormandaki örneklem alanında ise erozyonun ölçülemeyecek derecede az olduğu bulunmuştur (Çağlar 1986).

Ormanların erozyonu önlemede etkin rol oynayabilmeleri için ormanın tahrip edilmiş olmaması, orman toprağına ve toprağını örtüsüne zarar verilmemiş olması, örneklin otlama ile hem diri örtüsünün hem de ölü örtü ve mineral toprak özelliklerinin zedelenmemesi gerekir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmadan elde edilen sonuçlar bu gerçeği somut bir şekilde gözler önüne sermektedir. Söz konusu, araştırmayla ilgili sayısal bulgular daha önce çizelge 6'da verilmişti.

Yukarıda verilen sınırlı araştırma bulguları, orman varlığının erozyonu azaltma veya engellemedeki önemli etkilerini belirgin bir şekilde ortaya koymaktadır.

Ormanlar, üzerinde yetiştikleri toprağı yalnız korumakla kalmaz, toprak oluşumu üzerinde de önemli roller oynarlar. Gerçekten ormanlar, çok derine giden ve gelişmeleri esnasında aralarına girdikleri kayalara tonlarca basınç yapan ve salgılar üreten kökleriyle; yaratmış oldukları ılımlı lokal iklimle ve kendine özgü toprak canlılarıyla elverişli bir toprak oluşumu süreci yaratır. Ölü örtüsünün etkisi de buna eklenince, derin ve verimli, fiziksel ve kimyasal özellikleri iyi bir toprak gelişimi sağlar.

#### **2.1.4.3. Ormanın Rüzgar Üzerindeki Etkisi**

Orman ekosistemleri, rüzgârın hızını yavaşlatmak ve yönünü değiştirmek suretiyle, rüzgâr erozyonunun şiddetini azaltmaktadır. Rüzgâr erozyonu nedeniyle

çölleşmiş bir bölgenin bitkilendirme yoluyla yeniden eski sıklığına kavuşabileceğini gösteren tipik bir örnek olarak Konya-Karapınar yöresi verilebilir.

Yapılan araştırmalar, ormanların rüzgâr hızını önemli ölçüde düşürebileceğini göstermiştir. Sovyet Sosyalist Cumhuriyetleri Birliği'nde yapılmış bulunan bir araştırmadan elde edilen bulgulara göre: Çıplak toprak üzerinde saniyede 1.2 metre olan rüzgâr hızı, ormanda bu hızın % 8'ine kadar düşürülmüştür. Yine açık alanda 7 m/san. hızla esen bir rüzgârın hızı, orman içinde 3.2 m./san. olarak ölçülmüştür. Bu ölçme sonuçlarına göre, ormanın rüzgâr hızını % 54 oranında düşürdüğü anlaşılmaktadır. Ülkemiz alanının % 0.6'sında rüzgâr erozyonunun olduğu gövömünde bulundurulursa, ormanın bu bakımdan olan fonksiyonel erozyon değerinin küçümsenmemesi gerektiği sonucuna varılır.

Erozyonu önleme ve engelleme, toprağa giren yağış suyu miktarının artırılması,dolayısıyla yüzeysel akışın azaltılmasıyla olur. Bunu en iyi bir şekilde sağlayacak doğal kaynağın orman olduğu, bundan önce açıklanan araştırma bulgularından kolayca anlaşılmaktadır.

Bir ülkede tarım arazilerinin sellerden ve erozyondan zarar görmemesi, iklim-bitki-su rejimine ait ekolojik dengenin bozulmaması için, bu ülkenin orman varlığının , ülke yüzeyinin % 30'u kadar geniş alanları kaplanması gerekmektedir. Bütün bu nedenlerle, Türkiye ormancılığının en önde gelen görevi "Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü" aktivitesinin hızlandırılması olmalıdır. Bu konuya daha sonra yeniden dönülecektir.

## 2.2. Toprak Erozyonu Üzerinde Etkili Olan Antropojen Faktörler

Antropojen faktörler denilen, insan aktivitesinden kaynaklanan etkiler, erozyon üzerinde hem yapıcı, hem de yıkıcı olabilir. Ne yazık ki, insanların erozyon üzerindeki ağırlıklı etkileri olumsuz yödedir. Bunda, insanın doğal varlıklar içinde ayrı bir yaratılışa sahip olması önemli roller oynamaktadır. Gerçekten, insan dışındaki canlı varlıklar, içinde buldukları ekolojik koşullara kendilerini uydurarak yaşamlarını sürdürmektedirler. İnsanlar ise bunun tam aksine, içinde buldukları çevreyi kendi istekleri doğrultusunda değiştirme eğilimindedirler. Bunu çoğu kez bilinçli olarak yapmaktadır. İnsanlar, özellikle son 30-40 yıl içinde, üstün teknolojileriyle, çevrelerini çeşitli şekillerde etkileri altına almışlardır. Bunun en tipik örneği "kozmonot" ve "aquanaot" olarak kendi gezegeni dışına çıkmış olmalarıdır. İleri tekniği ile doğal ve normal yaşam ortamlarının dışında yaşamı başarısını göstermiştir. Böylece çok geniş bir çevreyi kontrolü altına almıştır. Batılıları kurutmak, ormanları tahrip etmek, diğer doğal kaynakları da aşırı derecede kullanmak suretiyle, kendi gezegenini de önemli ölçüde değiştirmiş ve doğal dengeleri bozmuştur.

Ancak, insanın doğaya ve diğer gezegenlere egemen olma boyutları genişledikçe, doğanın tahribatı ve doğal dengenin bozulma derecesi gittikçe artmıştır. Bunun sonucunda da insanlığın ekolojik sorunları ortaya çıkmıştır. Bu sorunlardan bir tanesi canlıların en önemli yaşam kaynaklarından biri olan toprak varlığının, yine

insan eliyle yok edilmesi ve verimliliğın azaltılmasıdır. İnsanlar bu eylemi bazen bilinçli, bazen bilinçsiz olarak gerçekleştirmişlerdir.

Erozyonun artması ve toprak verimliliğının azalması, Almanya'da "Beslenme, Tarım ve Orman İnförmasyon ve Değerlendirme Dairesi Başkanlığı" tarafından şu şekilde değerlendirilmektedir. "İkinci Dünya Savaşı sonrası tarımda yapısal bir değişim meydana gelmiştir. Bu değişim özellikle, Orta Avrupa ülkeleri ve Kuzey Amerika'da cereyan eden toprak erozyonunun artışında önemli roller oynamıştır". Bu yargıya vardıktan sonra, bu değişimlerin ve meydana getirdiği zararların neler olduğu açıklanmaktadır (AİD 1994). Bunlar daha sonra ayrıntılarıyla sözkonusu edilecektir. Bunun dışında, birçok yayınlarda, insan eliyle erozyonun nasıl artırıldığına ilişkin açıklamalar bulunmaktadır. Bunlar incelenirse, hepsinin aşağıda açıklanan noktalarda birleştiği görülür. (AİD 1987, 1988, 1994, Balcı 1996, Troeh et al. 1991):

- Hızlandırılmış erozyon üzerinde etkili olan faktörlerin başında insan gelmektedir.
- İnsanın bu olumsuz etkileri, hatalı teknik uygulamalar ve sosyo-ekonomik politikalarından kaynaklanmaktadır. Bu tutum ve eylemlerin başlıcaları şunlardır.
  - XX Yanlış tarım işletmeciliği uygulama
  - XX Arazi yetenek sınıflarına uygun olmayan topraktan yararlanma eylemlerini ısrarla sürdürme
  - XX Doğal bitki örtüsünü tahrip etme
  - XX Hızlı nüfus artışını sürdürme

Bu hatalı eylem ve davranışların sonuçlarını açıklayıcı bilgiler verilmesi yararlı görülmüştür.

### 2.2.1. Yanlış Tarım İşletmeciliği

Yanlış tarım işletmeciliği, tarım alanlarının genişletilmesinden, mevcut topraklarda uygulanan yanlış tekniklere kadar çeşitli olumsuz eylem ve tutumları kapsamaktadır. Bunlar şu şekilde özetlenebilir:

- Çayır, orman, fundalık ve makilik gibi sürekli bitki örtüsüne sahip yeşil alanlar tarlalara çevrilmekte ve böylece yağmur damlalarının aşındırıcı etkisi artırılmış olmaktadır.
- İntensif ve derin toprak işlemeyle, humus ayrışması hızlandırılmış, toprağın humus içeriği azalmış ve bunun sonucunda da kırıntı oluşumu engellendiğinden ve kırıntı dayanıklılığı azaldığından erozyonla toprak kaybı miktarı artmıştır.
- Mekanik tarım uygulamasıyla, toprak ağır makinelerle işlenmiş, motorlu ağır taşıma araçları tarım alanlarına sokulmuş, bunun sonucunda da toprak sıkışmış, iri gözenekler azalmış, bütün bunlara bağlı olarak da erozyonun ana ögesi olan yüzeyel akış artırılmıştır.
- Toprağı geç örten mısır, şeker pancarı ve patates gibi ürün çeşitlerinin artırılması, özellikle orta dağlık ve tepelik ve çok eğimli arazide mısır tarımının yapılması,

bunların yerine tahıl ve yonca gibi toprağı sıkı bir şekilde örten tarım ürünlerinin hiç düşünülmemesi, erozyonu artırmıştır.

- ⊕ Özellikle yamaçlardaki işletme üniteleri ve ekim parsellerinin çok geniş tutulması da erozyonu artırıcı nedenler olmuştur.
- ⊕ Yamaçlardaki canlı çitlerin, seki veya terasların kaldırılması veya bakımlarının iyi yapılmaması, yem bitkileri ekiminin azalması
- ⊕ Eşyükselti eğrilerine paralel sürüm yapılmaması
- ⊕ Arazi yüzü şeklinin, erozyon için tehlikeli olduğu yerlerde sıra ekimi tarımı yapılmasına devam edilmesi
- ⊕ Toprağı sık işleyerek, özellikle üst toprağı kıvrıntısız hale getirme yoluyla, rüzgâr erozyonunu artırma
- ⊕ Toprak yapılarını bozan, sedimentasyon ve erozyonu arttıran mineral gübrelerin, özellikle tehlikeli yerlerde gerekli önlemler alınmadan kullanılması.
- ⊕ Kuru tarımda, hiçbir önlem alınmadan, bitki örtüsü olmadan geniş alanların nadısa bırakılması
- ⊕ Toprak özelliklerine uygun pulluk kullanılmaması
- ⊕ Özellikle ülkemizde olduğu gibi, artan nüfus ve miras hukukundaki bazı hükümler nedeniyle tarım arazilerinin çok küçük parçalara bölünmesi
- ⊕ Tarım yapılmaması gereken çok eğimli arazilerde, üstelik hiçbir biyolojik ve teknik önlem alınmadan tarım işletmeciliğı yapılması
- ⊕ Hasattan sonra arız yakılması

Buraya kadar açıklanan hususlar, bilimsel esaslardan yoksun bir uygulama ile erozyonunun artırılmasına ilişkin tipik örneklerdir. Bunun aksi bir tutum ve uygulamayla toprak koruma bakımından çok önemli adımlar atılabilir.

### 2.2.2. Arazi Yetenek Sınıflarına Uygun Olmayan Topraktan Yararlanma

Toprak erozyonuna neden olmayacak, toprak verimliliğini düşürmeyecek bir uygulama için topraktan yararlanma sözkonusu olunca, bu toprakların içinde bulunduğu ekolojik koşullar mutlak suretle dikkate alınmalıdır. Bunların durumuna uyan teknik ve biyolojik uygulamaların esas alındığı bir tarım yapılmalıdır. Dikkate alınması gerekli ekolojik koşullar şunlardır :

- Arazi yüzü karakteristikleri (engebelilik, eğim v.b.)
- İklim koşulları
- Toprak özellikleri
- Doğal bitki örtüleri
- 

Bu faktörler dikkate alınarak, her ülkede "Arazi Kullanma Kabiliyeti Sınıflaması" veya "Arazi Kullanma Yetenek Sınıflaması" yapılmaktadır. Burada "arazi" sözcüğünün "toprak" sözcüğüyle yer değiştirerek kullanıldığı bildirilmektedir (Troch, et al.1991) . Çünkü böyle bir sınıflama, aynı zamanda, toprakların genel karakteristiklerini, bunlardan kaynaklanan üretim kapasitelerini, riskli yanları, ilgili sorunları da toplu olarak ifade etmektedir. Ülkemiz toprakları da bu bakımdan incelenmiş ve sınıflandırılmıştır. Arazi kullanma yetenek sınıflarıyla (III... gibi) kapladığı alanlar ve bu alanların genel karakteristikleri bir çizelgede toplu olarak gösterilmiştir (çizelge 8).

**Çizelge 8. Türkiye Topraklarının Arazi Kullanma Yetenek Sınıfları ve Özellikleri (Dinç, et al.1995)**

Arazi Sınıfı	Kapladığı alan ha	%	Genel Karakteristikleri
I	4.973.162	6.5	Hiçbir sorunu bulunmayan topraklar.
II	6.705.943	8.8	Bu üç sınıf toprak, "iyi-orta",
III	7.532.049	9.9	"orta-yetersiz" şekilde gittikçe azalan oranlarda tarım yapmaya elverişlidir.
IV	7.163.439	9.4	
TOPLAM	26.374.593	34.6	Tarım arazisi toplamı
V	165.976	0.2	Tarıma elverişli olmayan, yüksek derecede erozyon tehlikesine sahip olan, o nedenle sürekli bir şekilde doğal bitki örtüsü altında kalması gereken yerler
VI	10.189.857	13.4	
VII	36.232.151	47.6	
TOPLAM	46.587.984	61.2	Mera, çayır, maki ve orman arazisi
VIII	3.163.654	4.2	Topraktan yoksun, yaban hayatının meskını olan araziler
TOPLAM	76.125.231	100.0	Yerleşim alanları hariç

Bu çizelgenin incelenmesinden şu sonuçlar çıkarılabilir :

- ☛ Bu sınıflama, toprakların işlenebilirliği, diğer kullanma şekilleri ve toprak koruma bakımından, toprakların niteliğini belirtmektedir.

#### ☛ I. Sınıf Arazi Toprakları

Drenaj, erozyon tehlikesi, arazi eğimi ve diğer toprak karakteristikleri bakımından sorunu olmayan topraklardır. Çok intensif kültür yapma için çok az sınırlayıcı faktörlere sahiptir veya hiçbir sınırlayıcı etken yoktur.

#### II.Sınıf Topraklar

Kültürü yapılacak bitki türleri bakımından seçim gerektiren topraklardır. Bunlarda, az da olsa toprak koruma önlemleri alınması gerekebilir.

#### III. Sınıf Topraklar

Bunlarda ya bitki türü seçimi zorunluğu vardır. Veya intensif toprak koruma önlemleri alınması gerekir. Bazen de her iki ölçüm birden gerekebilir.

#### IV.Sınıf Topraklar

Bunların çeşitli sınırlayıcı özellikleri bulunmaktadır.

#### V-VII.Sınıf Topraklar

Toprak işlemesine, tarla tarımına elverişli olmayan topraklardır. Bunlarda erozyon tehlikesi büyük olduğundan sürekli olarak doğal bitki örtüsü altında (mera ve orman) bulunması gereken topraklardır.

## VIII.Sınıf Topraklar

Topraktan yoksun olup, sadece doğal hayatı barındırmaya yarar.

- ☛ Ülkemiz topraklarının % 34,6'sı (yaklaşık 26 milyon hektarı) tarım işletmeciliği yapılabilen, yarısından çoğu da (% 61,2'si, yaklaşık 46,5 milyon hektar) mera ve orman gibi doğal bitki örtüsüyle kaplı olması gereken topraklardır. Bu toprakların % 26'sı (yaklaşık 21 milyon hektarı) orman arazisi olup geriye kalanı çayır ve mera ile doğal bitki örtüsü kaldırılarak hiçbir işe yaramaz hale getirilmiş tarım alanlarıdır.

Yukarıda açıklanan ve bilimsel esaslara dayandırılarak yapılmış bulunan böyle bir arazi sınıflamasına ve bunların harita üzerinde sınırlarının çizilmiş bulunmasına karşın ülkemizde toprak kullanımı, bunlara uymamakta ısrat edencesine devam edip gitmektedir. Örneğin, en verimli ve tarım bakımından hiçbir sorunu bulunmayan topraklarda binalar yükselmekte ve bunlar bir süre sonra yaygın yerleşim alanları haline gelmektedir (Resim 6).

Ayrıca mera ve ormanlar da tahrip edilerek bunların içinde yapılaşma akıl almaz boyutlara erişmektedir (Resim 7 ve 8)

Bütün bu şekildeki doğa tahribi sonucunda ülkemiz, diğer ülkelerle değil, dünyadaki anakaralarla (kıtalarla) yarışacak ve onları çok geride bırakacak şekilde erozyona uğramaktadır. Ülkemiz topraklarının % 20'sinde orta şiddette, % 38'inde şiddetli ve % 17'sinde çok şiddetli erozyon cereyan etmesinin nedeni, büyük ölçüde, topraktan düzensiz ve yanlış yararlanmanın yaygın şekilde devam etmesinden kaynaklanmaktadır. Pek doğaldır ki bunda, ülkemiz için bölgesel ve yöresel olarak topraktan plânlı yararlanma için bir politikanın geliştirilmemiş olması ve bu nedenle de bu konuda teknik ve yasal düzenlemelerin bulunmaması da önemli roller oynamaktadır.

### 2.2.3. Doğal Bitki Örtüsünün Tahribiyle Erozyonun Arttırılması

Doğal bitki örtüsünün, özellikle mera ve ormanların, toprak erozyonunu önleme hususunda ne kadar büyük etkileri olduğu, daha önce ayrıntılıyla açıklanmıştır. Ne yazık ki, bu iki tür bitki örtüsü yüzyıllardan beri acımasızca tahrip edilerek, bugünkü sel, taşkın ve toprak kaybı afetlerine davetiye çıkartılmıştır. Bu tahribat, ülkemizde olduğu gibi bütün dünyada da çok eski zamanda başlamış ve bugün de olanca hızıyla devam etmektedir.

#### 2.2.3.1. Ormanların Tahribi

Ormanların tahribi, bütün dünyada dehşet verici boyutlara ulaşmıştır. Gerçekten dün olduğu gibi bugün de ormanlar, motorlu testerelelerin ürpertici homurtuları arasında ve doğal ömürlerini doldurmadan serî çığlıklarla yaşamlarını yitirmektedirler. Ormanların tahribiyle ilgili ibret ve dehşet verici tablolardan birkaç örnek aşağıda verilmiştir. (Borusan 1990, Çepel 1992, Brown, et al. 1994) :

- ☛ Dünya üzerinde her saat 3000, her dakika 50 dönüm orman yerle bir edilmektedir.
- ☛ 1950-1980 yılları arasında dünya ormanlarının % 25'i yok edilmiştir.
- ☛ Brezilya Çevre Bakanlığı, 2050 yılında Amazon Havzasında bir tek ağacın bile kalmayacağını bildirmektedir (Pfriem 1989, S.38)



**Resim 6.** Antalya Bölgesi'nde I. Sınıf tarım arazilerinde yapılaşmanın başlangıç örneği ve tipik yerleşim alanı haline gelmiş durumu (Foto :Sarı).





**Resim 7. Politik amaçlı çıkarılan yasalara dayanılarak ormanların villa'lı yerleşime açılması (TEMA Arşivi, Foto:Karaca)**



**Resim 8.** Ormandan açılan verimsiz tarlalar ve tahrip edilmiş orman (Foto : Sarı) .

- ❖ Yüzyıllar öncesi Anadolu Yarımadası'nın % 72'si ormanlarla kaplıyken, bu orman bugün %22'ye düşmüştür. Bunun da çoğu verimsiz, bozuk ve tahrip edilmiş ormanlardan oluşmaktadır. Gerçekten bugün ülke yüzeyinin sadece % 11.3'ü verimli ormanlarla kaplıdır.

Orman ekosistemlerinin yok edilmesiyle toprak-su-bitki arasındaki denge ortadan kalkmaktadır. Bu, bütün dünyadaki ekolojik dengelerin bozulması olarak da kabul edilebilir. Anadolu bu bakımdan binlerce yıllık acı bir geçmişe sahiptir. Ne yazık ki yakın geçmişte de ormanlarımız hızla azalmaya devam etmiştir. Örneğin, Cumhuriyet döneminde yalnız yangınlarla kaybedilen orman miktarı 1.3 milyon hektardır (Çağlar 1986). Ormanlardan tarla açma, yerleşim ve yapılaşma, politik amaçlı yasa çıkartma ve usulüne uygun ormanecılık tekniği uygulanmaması gibi birçok nedenlerle milyonlarca hektar orman çok yakın tarihlerde kaybedilmiştir. Bunun en tipik örneği Doğu ve Güneydoğu Anadolu'daki ormanların tahribiyle ilgilidir. Bingöl Orman İşletmesi'nde 1972-1983 yılları için yapılmış envanter sonuçlarına göre, sözkonusu tarihler arasında geçen 10 yıl içinde Bingöl Orman İşletmesine ait ormanların %89'unun yok edildiği, bölgedeki diğer ormanların da bundan farklı olmadığı bildirilmektedir (Günay 1984, Erdoğan 1995).

Daha önce de değinildiği gibi, ormanlar yalnız ülkemizde değil, bütün dünyada tahrip edilerek azalmaktadır. Bunun nedeni insanlık tarihinin başlangıcından beri ormana ve orman ürünlerine sürekli olarak gereksinim duyulmasıdır. Orman ürünlerinin yaklaşık 6000 tunc kullanım yeri bulunması, ormanların canlı ve cansız çevre üzerinde koruyucu, iyileştirici, hayat verici, doğal varlıkların sürekliliğini sağlayıcı işlevlerinin bulunması, ormandan yararlanmayı sürekli olarak kanıçlamaktadır.

Bilindiği üzere ormanlar, yenilenebilir doğal kaynakların başındadır gelmektedir. Ancak, yenilenebilmeleri ve işlevlerini yerine getirebilmelerinin ilk koşulu, niteliklerinin ve varlıklarının korunmasıdır. Oysa ormanlar, bütün dünyada gittikçe azalmaktadır. Örneğin tropikal ormanların yüzölçümü önce yaklaşık 6 milyar hektar olan miktarı , bugün 2.97 milyar hektara inmiştir. Bunun her yıl 17 milyon hektarı kesilmekte, yerine ancak 1.1 milyon hektarı yeniden ağaçlandırılmaktadır. Yitirilen bu ormanlarla birlikte oksijen üretimi, karbondioksit tüketimi, su rejiminin düzenlenmesi, iklim değişiminin engellenmesi, toprak kaybının önlenmesi gibi son derece önemli ekolojik işlevler de ortadan kalkmaktadır. Bunlar içinde sadece toprak kaybını önleme bakımından kaybedilen ekolojik işlevlere ait birkaç örnek verilirse, orman tahribinin acı sonuçları daha iyi anlaşılır :

- ❖ Ormanlar, erozyona engel olarak toprakların okarsulara karışmasını ve baraj göllerinin toprakla dolmasını önler. Tahrip edilen ormanlardan dolayı, baraj göllerinin dolması yüzünden, dünya üzerinde meydana gelen enerji ve kullanıma suyu kayıplarının yıllık değerinin 6 milyar dolar olduğu bildirilmektedir (Brown, et al.1994).

- ⊕ Kolombiya Devlet İstatistik Enstitüsü verilerine göre çok hızlı bir ormansızlaşma yüzünden, 1.1 milyon kilometrekarelik ülke yüzeyinin 500.000 kilometrekaresinde erozyon meydana gelmektedir. Bu ülkede bu erozyonu meydana getiren ormansızlaşmanın günlük miktarının 2000 hektar olduğu bildirilmektedir (Pfriem 1989, S.28-29).

Bu şekildeki orman tahribatıyla insanların kendi yaşam temellerini, kendi eliyle için yıkıldığını anlamak çok güçtür.

### 2.2.3.2. Mera ve Çayırların Tahribi

Mera ve otlaklarda da hatalı yararlanma ve tahribat sürüp gitmektedir. Erozyonu engelleme bakımından en önde gelen bitki örtülerinden biri olan meralarda otlatma gelişigüzel yapıldığı gibi, tarım arazisi kazanma amacıyla da alanları daraltılmaktadır. Elde mevcut bilgilere göre 1950 yılında ülkemizin mera alanı 46.4 milyon hektardır. 1990 yılında ise bu miktarın 24.3 milyon hektara düştüğü bildirilmektedir (Sağlamtimur ve İnal 1997). Böylece 40 yıllık bir süre içinde ülkemiz için 22 milyon hektarlık yeni bir erozyon alanı yaratılmış olmaktadır.

Meralardan yararlanma için yasal düzenlemeler yapılmadığı gibi, ülkemizdeki meraların mülkiyetinin de kime ait olduğu belli değildir. Üstelik bu belirsizlik ilgili yasal düzenlemelerle pekiştirilmiştir. Tarım Orman ve Köyleri Bakanlığı'nın 11 Mart 1989 tarih ve 20105 sayılı Resmî Gazete'nin 11. sayfasında yayımlanan mera tanımlaması bunu açıkça göstermektedir. "Tarım Alanlarının Tarım Dışı Gaye ile Kullanılmasına Dair Yönetmeliğin 3. maddesinin 4. fıkrasında mera şu şekilde tanımlanmaktadır : "Mera : Bir veya birkaç köy ve belde"ye münferiden veya müştereken, hayvanlarını, otlatmaları ve otundan yararlanmaları için tahsis edilen ve üteden beri bu amaçla kullanılagelen arazidir." Bu resmî belge, meradaki mülkiyet karmaşasının en belirgin kanıtıdır. Bu yüzden meraların tamamen sahipsiz ve düzensiz, kontrolsüz bir kullanıma bırakıldığı anlaşılmaktadır. O nedenledir ki, meraların sürülerek tarım arazisine çevrilmesi ve böylece binlerce hektarlık alandaki erozyon engelini kaldırılmasının, ülkemiz için olağan bir durum haline geldiğini göstermektedir. Meraların başka bir tahrip şekli de aşırı ve zamansız otlatmadır. Bu olay, mera niteliğini bozmakta , dolayısıyla bu doğal bitki örtüsü, erozyonu engelleme görevini yapamaz hale getirilmektedir. Oysa, tahribat yaratmayacak otlatma için birim alanda kaç tane hayvan otlatılması gerektiğine ait bilimsel esaslara dayalı otlatma plânları yapılabilme olanığı vardır (Çizelge 9). Herhalde plân, program ve hatta yasal düzenlemelere uyulmamasının gelenek haline getirilmesinden dolayı mera tahribine neden olan zararlı ve bilinçsiz uygulamalar sürüp gitmektedir. Örneğin, ülkemizdeki hayvan sayısı ve mera alanları miktarı ile çizelgede verilen değerler karşılaştırılırsa, meralarımızdaki otlatma kapasitesinin 24 katı üzerinde otlatma yapıldığı kolayca hesaplanabilir. Bu da meralarımızın çoğunun nitelik bakımından için iyi durumda olmadığını açıklamaktadır.

**Çizelge 9. Hayvan birimi için (1 büyükbaş veya 5 küçükbaş hayvan) gerekli mera alanı (Doğan ve Güçer 1976)**

<i>Mera Niteliği</i>	<i>Bir hayvan birimine bir ay için gerekli mera alanı (ha)</i>
Çok iyi	1.0
İyi	1.6
İyice	2.4
Fakir	4.0

Buraya kadar yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılabacağı üzere meraların mülkiyet ve koruma sorunlarını çözecek yasal düzenlemelerin zaman geçirilmeden yapılması ve bunların hiçbir ödün verilmeden uygulanabilme çarelerinin aranıp bulunması, ekonomimizde de çok önemli etkileri bulunan meraların kurtarılması için en doğru yol olarak görülmektedir.

#### **2.2.4. Hızlı Nüfus Artışıyla Erozyon Arasındaki İlişkiler**

Erozyon sorunu konusunda kısır döngü yaratan faktörlerden biri de hızlı nüfus artışıdır. Nüfus artışı ile erozyon arasındaki pozitif ilişkiler çok yönlü ve çok karmaşıktır. Bu ilişkilere tipik bir örnek şudur : Yamaç arazilerdeki tarlaların eşyükselti eğrilerine paralel değil de arazi eğimine paralel olarak sürülmesinin doğru olmadığı, bunun tarım topraklarını alıp götürün erozyona neden olduğu çiftçiye anlatılır ve çiftçi de bunu anlamıştır. Ancak, bu yanlış uygulama sürüp gitmektedir. Bunun nedenini öncelikle nüfus artışında, miras hukukunda aramak gerekir. Nüfus arttıkça, babadan evlatlara kalan tarlalar gittikçe küçük parçalara bölünerek paylaşılmaktadır. Yamaçtaki bir tarla, mirasçılar arasında eğime paralel şeritler halinde paylaşılmaktadır. Çünkü üst yamaçtaki topraklar verimsiz, yamaç eteğindekiiler daha derin ve verimli olduğu için, her mirasçıya hem verimli hem de verimsiz yerden adil bir paylaşma yapılabilmesi için, bu şekilde yukarıdan aşağı doğru şerit halinde bir bölüştürme uygulanmaktadır. Bu şeritlerin genişliği genellikle az oldukları için, enilemesine (eşyükselti eğrilerine paralel) sürüm çok güç olmaktadır. O nedenle eğim yönünde toprak işleme uygulaması, birçok hallerde zorunlu olarak ve hatalı olmasına karşın devam etmektedir. Bu örnek, miras hukuku-nüfus artışı-erozyon arasındaki karmaşık ilişkiyi belirgin olarak açıklamaktadır.

Hızlı nüfus artışının erozyon bakımından yarattığı ayrı bir sorun da şudur : Brown et al. (1994) e göre 1990-2030 yılları arası dünya nüfusunda 3.6 milyarlık bir artış beklenmektedir. Bu artışın % 96'sı üçüncü dünya ülkelerindedir. Eğer nüfus artışı böyle devam ederse 1984 yılında dünyada nüfus başına düşen 346 kilo tahıl, 2030 yılında 248 kilo olacaktır. Bu hesap, tahıl üretiminde hiçbir azalma olmayacağına göre yapılmıştır. Oysa, 1992 yılında kişi başına düşen tahıl üretimi 1984 yılındaki doruk noktasından % 7 oranında aşağıya düşmüştür. Ayrıca dünya üzerinde gelir dağılımında büyük dengesizlikler vardır. 1960 yılında dünya nüfusunun en zengin % 20'si, yaratılan varlığın % 70'ine sahipti. 1989 yılında bu oran % 83'e çıkmıştır. Bunun

anlatı şudur : 1960 yılında en zenginle en fakir arasındaki oran 30:1 iken, bu sayı 1989 yılında 59:1 haline dönüşmüştür. Kanaatımıza göre bu dengesizlik, çevre tahribatının ve toprak kaybının başlıca nedenidir. Çünkü, esasen çok az tahıl ürününe sahip fakir kesimin nüfusu arttıkça açlık mücadelesi başlayacak ve bu da doğanın ve toprakların tahrip edilmesi şeklinde sonuçlanacaktır. Ayrıca, artık yeni tarım alanları da bulunamayacağına göre, mevcut topraklar gittikçe artan bir intensite ile işlenecek ve bu da toprağın tahribine neden olacaktır. Dünyada her yıl 24 milyar toprağın tahrip edilmesi, bunun en belirgin kanıtıdır.

Ülkemizin durumuna gelince : Ülkemizde de nüfus artışıyla erozyon arasındaki ilişkiler, yukarıda dünya için çizilen tablodan farklı değildir. Bilindiği üzere ülkemizin nüfusu 1970 yılında 35.6 milyon iken, 1994 yılında bu miktar 61.2 milyona yükselmiştir. 2030 yılında bu miktarın 100 milyon olacağı tahmin edilmektedir. Buna karşılık 1984-1993 yılları arasında buğday üretiminde % 39, mısırdaki % 7.8, pirinç üretiminde de % 25 oranında bir azalma meydana gelmiştir (Çelikel 1996). Artan nüfusun gereksinimi, üretim düzeyini geçtiğinde, doğa tahribinin başladığı yıllar boyu yaşanan bir süreçtir. Toprak için bu tahribatın kaynağı, nüfus arttıkça kişi başına düşen tarım alanı miktarının azalması, bunların ağır derecede işletilme zorunluluğunun doğması ve sonuçta, esasen verimi çok düşmüş tarım topraklarının, özellikle kurak bölgelerde bütünü elden çıkmasıdır. Özellikle kurak bölgelerde bunun tipik örnekleri yaşanmaktadır. UNEP verilerine göre, 1984 yılında kuru tarım yapılan alanlardan 230 milyon kişiyi geçindiren toprakların çölleşme olayından etkilendiği anlaşılmaktadır. Brundland (1987)'ye göre, ıslah edilemeyecek şekilde çölleşen toprak miktarında yılda 6 milyon hektarlık bir artış olmakta, her yıl 21 milyon hektar arazi, çölleşme etkisinin yayılması nedeniyle üretim yapamaz düzeye inmektedir. Bunda özellikle kurak bölgelerdeki az gelişmiş ülkelerde ağır nüfus artışının baş rolü oynadığına kesin gözüyle bakılmaktadır. Böylece hızlı nüfus artışı, yoksulluk ve toprak kaybı şeklinde bir kısır döngü yaratmış olmaktadır.

### 3. TOPRAK EROZYONU ÇEŞİTLERİ

“Erozyon” teriminin kökeni, Lâtince bir sözcük olan “erodere” den gelmektedir. “Erodere” sözcüğünün anlamı ise “kemirme” veya “kemirerek koparma” şeklinde açıklanabilir. “Erozyon” terimi, toprak yüzeyini değişik görünümelerde şekillendiren ve su, rüzgâr, buzullar gibi doğal kuvvetler tarafından meydana getirilen taşınma süreçlerini nitelemek için ilk olarak Jeoloji Bilim Dalı’nda kullanılmıştır. (AİD 1994). Klasik olarak erozyon olayı şu şekilde tanımlanmaktadır : “Toprak erozyonu, toprak materyalinin su ve rüzgâr gibi doğal kuvvetlerle aydırılıp taşınması olayıdır”

Toprak erozyonu, çeşitli (kriterlere) ölçütlere göre aşağıdaki gibi sınıflandırılmaktadır :

(1). Birim zamanda doğal yolla oluşan toprak miktarı ile taşınıp götürülen toprak miktarı arasındaki orana göre şu iki erozyon sınıfı ayırdodilir;

- ❖ Jeolojik Erozyon veya Normal Erozyon
- ❖ Hızlandırılmış Erozyon veya Hızlanmış Erozyon

Bunlardan birincisinde, doğal faktörlerin (materyal, iklim, topografya, relief ve bitki örtüsü) etkisi altında, birim zamanda oluşan toprak miktarı, aynı sürede taşınan toprak miktarından daha çoktur. İkincisinde ise durum tamamen tersinedir ve insan etkisinin egemen olduğu (antropojen kaynaklı) erozyondur. Birincisi, verimli, alüvyal kıyı ve delta ovalarını meydana getirir. Onun için “yararlı ve dost erozyon” dur. İkincisi ise, toprakların verimliliğini düşüren ve onları kemirip bitiren “zararlı, can düşmanı erozyon”dur.

(2). Erozyonu meydana getiren doğal kuvvetler bakımından ise erozyon sınıflaması şu şekilde yapılmaktadır.

- ❖ Su erozyonu
- ❖ Rüzgâr erozyonu
- ❖ Nehir kıyısı erozyonu
- ❖ Çığ ve buzul erozyonu

Bu bölümde ağırlıklı olarak su ve rüzgâr erozyonu üzerinde durulacaktır;

#### 3.1. Su Erozyonu

ABD’de 1930’lu yıllarda çok büyük boyutlarda toprak erozyonu zararları meydana gelmesi üzerine yapılan inceleme ve araştırmalardan elde edilen bulgulara göre aşağıda verilen 6 faktörün toprak taşınmalarını üzerinde çok etkili oldukları anlaşılmıştır (AİD 1994) :

- ⊛ Yağış şiddeti
- ⊛ Toprak özellikleri
- ⊛ Yamaç eğim derecesi
- ⊛ Yamaç uzunluğu
- ⊛ Toprağın işlenme şekli ve bitki örtüsü durumu
- ⊛ Erozyona karşı alınan önlemlerin türü veya çeşidi

Bunların birçoğunun erozyon üzerindeki etkileri konusunda bundan önce gerekli açıklamalar yapılmıştı. Yalnız, burada su erozyonu sözkonusu olduğu için, yağış sularının erozyonu etkilemesi bakımından bazı ek bilgilerin verilmesi yararlı görülmüştür. (Troch, et al. 1991 ile karşılaştırmız). Yağışla erozyon arasındaki ilişkiler üzerinde, yağışla ilgili olarak iki grup faktör üzerinde durmak gerekir. Bunlardan biri yağmur damlalarının etkisi, diğeri de yüzeysel akış suyunun etkisidir. Bu iki gruba giren faktörler, aşağıda verilmiştir:

#### **Yağmur Damlalarının Etkisi**

- ⊛ Yağmur damlalarının düşüş enerjisi
- ⊛ Yağmur damlacıklarının büyüklüğü
- ⊛ Rüzgâr ve yağmur damlacığının ortak etkisi
- ⊛ Vegetasyon ve yağmur damlacığı etkileşim enerjisi
- ⊛ Yağmur damlalarının toprak kırıntılarını dağıtma enerjisi

#### **Yüzeysel Akış Suyunun Etkisi**

- ⊛ Yüzeyden akan suyun enerjisi
- ⊛ Taşınan materyalin enerjisi
- ⊛ Akan suyun derinliği ve hızı
- ⊛ Turbulens enerjisi

Bunların etki şekilleri özel konulara girdiğinden, bu faktörlerin etki şekillerinin ayrıntılı açıklamasına değinilmeyecektir. Burada daha çok su erozyonu çeşitleri veya türleri üzerinde durulacaktır.

Su erozyonu, toprakların yağmur tanecikleri ve bunlardan meydana gelen yüzeysel akışla aşındırılıp taşınması olayıdır. Yağış sularının yeryüzüne düştükten sonra hareketi üç aşamalı olarak cereyan etmektedir.

1)- Yeryüzüne ulaşan yağış sularının bir kısmı toprak içine girer. Toprak içine giren yağış sularının bir kısmı toprakta tutulur, bir kısmı ya yüzey altı akışla eğim yönünde, ya da sızma ile düşey yönde hareket eder.

2)- Toprak içine girmeyen yağış suyunun belirli bir kısmı toprak üzerinde birikir, bir kısmı buharlaşarak atmosfere karışır, bir kısmı da toprak yüzünden eğim yönünde akarak hareket eder.



3)- Yüzeysel akış suları düz bir yere vardıklarında, oralarda birikir ve içinde sürükleyerek veya yuvalatılarak getirdikleri toprak tanecekleri (özellikle kil, toz ve ince kum) ayrı bir ortam olan bu düzlüklerde çöker (sedimentasyon olayı). Bu çökme, düz arazi kısımlarında olabildiği gibi deniz ve göllerin tabanlarında da olur. Buldukları yerlerden alınıp götürülen topraklar, bazen bir arazi parçasının bütün yüzeyinden homojen bir şekilde alınıp götürülür. Bazen de toprak kaybı, arazide belirli bir çizgi veya oluk boyunca yoğunlaşır. Bütün bu aşındırma ve taşıma şekillerine göre meydana gelen su erozyonu aşağıda belirtildiği gibi ayrı ayrı adlar alır (AİD 1994, Balcı 1996, Troch, et al. 1991):

- ❖ Tabaka Erozyonu
- ❖ Oluk Erozyonu
- ❖ Oyuntu Erozyonu
- ❖ Kanal veya Kenar Erozyonu (Akarsu Kıyı Erozyonu)

Bu erozyon çeşitleri konusunda şu bilgiler verilmektedir.

### 3.1.1. Su Erozyonu Çeşitleri

Yukarıda açıklanan su erozyonu çeşitleri özet olarak aşağıda tanımlanmıştır.

#### Tabaka Erozyonu

Eğimli bir yamaç üzerindeki toprakların oldukça eşit kalınlıkta ince tabakalar halinde yıkanarak taşınması, tabaka erozyonu olarak adlandırılır. Bu erozyon şekli, genellikle yağmur damlacıklarının vurma(darbe) etkisiyle, toprak kırıntılarını ve toprak tanecekleri arasındaki bağları, dağıtması ve çözmesiyle meydana gelir. Yüzeyi girintili çıkıntılı olmayan arazilerde, her yağıştan sonra çok ince bir tabaka götürüldüğünden bu erozyonun farkına varmak güçtür. Ancak, üst toprak kısımlarındaki humus bakımından zengin koyu renkli tabaka tamamen götürüldükten sonra, daha açık renkli alt toprak tabakası belirgin olarak ortaya çıkmaya başlayınca, erozyon olayının farkına varılır. Bu tür erozyon, toprağın belirli derinliklerinde, sıkı oturmuş, suyu kolay geçirmeyen toprak tabakasının bulunması halinde meydana gelir. Üst toprakta humus yeterli oranda değilse, toprak tanecekleri arasındaki bağ gevşek olduğundan, humus bakımından fakir üst toprakların bulunduğu, üst yüzü düz yamaçlarda bu tür erozyon meydana gelir. Ayrıca, ıslanınca çok kolay dağılabilen toz bakımından zengin topraklar da kolayca tabaka erozyonuna uğrarlar.

#### Oluk (Çizgi) Erozyonu

Yamaç arazilerde toprak işlenmesi eğim yönünde yapılırsa, yamaçın üst kenarından aşağı doğru küçük çizgiler veya kanallar meydana gelir. Veya yamaç doğal olarak eğim yönünde uzanan girintili çıkıntılı bir yüzeye sahip olabilir. Eğer bu yamaç, bitki örtüsünden de yoksun ise veya tarım ürünlerinin mevsim gereği bulunmadığı bir zaman sözkonusu ise, bu koşullarda yağış suları, bu çizgi veya oluklardan aşağı doğru akar. Akıntı yatağının kıyılarından veya tabanından alınan topraklar sürüklenir,

Böylece mevcut çizgi veya oluklar daha da derinleşip genişler. Bunun sonucunda da arazide yukarıdan aşağı doğru uzanan belirgin çizgi veya oluk şeklinde girintiler meydana gelir. Bu çizgi ve olukların derinliği birkaç cm'den 10-15 cm'ye kadar olabilir. Çizgi erozyonu genellikle tarım alanlarındaki ürün sıraları arasında ve toprak işleme izleri boyunca meydana gelir. Bazen de ormandan yeni açılmış tarlalarda ve eğimli yol şevlerinde meydana gelir (Resim 9).

### **Oyuntu Erozyonu**

Arazi yüzünün girintili çıkıntılı olması halinde, yüzeysel akış belirli bir yoğunluğu geçerse, yamaç eğimi yönünde, normal toprak işleme kanallarından daha geniş ve derin olan oyuntular meydana gelir. Bunlardan akan sular, içine aktığı kanalı derinlemesine ve yanlamasına büyütür. Birbirine yapışarak birbirini tutması yüksek derecede olan (kohezyon) ve bu nedenle de erozyona elverişli olmayan sıkı oturmış alt toprağın üzerinde kolay dağılabilen gevşek üst toprağın bulunması halinde, bu kanallar V-şeklinde olur. Eğer kanallar derin ince tünelli çözümlü topraklarda bulunuyorsa, oyuntu U-şeklinde olur, yani kenarları dik oyuntular meydana gelir. Oyuntular derinliklerine göre "küçük", "orta" ve "büyük" olmak üzere üçe ayrılır. Bir yerde, "oyuntu erozyonu cereyan etmiştir" denilebilmesi için, erozyon kanalının 45-55 cm eninde, en az 25-30 cm derinliğinde olması gerektiği bildirilmektedir (Benett 1947'ye göre Balci 1996). Ülkemizde özellikle Doğu ve Güneydoğu Anadolu'da oyuntu erozyonuna uğramış geniş alanlar bulunmaktadır (Resim 10). Bunların en önemli yanı, erozyonla mücadelelerinin çok pahalı olması ve uzun zaman almasıdır.

### **Akarsu Kıyı Erozyonu**

Derelerde veya genel olarak akarsularda, belirli dönemlerde veya sürekli olarak sular tarafından bir aşındırma sözkonusu olabilir. Bu aşındırma, ya akan suyun yatağına ait tabanda veya kıyılarında cereyan edebilir. Eğer sularla yatağın kıyısından toprak materyali alınıp götürülüyorsa, buna "kıyı erozyonu" denir (Resim 11). Taban aşınımı varsa, buna da "yatak erozyonu" denir. Her iki çeşit erozyonun meydana gelmesini sağlayan çeşitli pedolojik ve hidrolojik koşullar bulunmaktadır.

#### **3.1.2. Su Erozyonunun Çevreye Verdiği Zararlar**

Yakın zamana kadar, erozyonla ilgili olarak üzerinde durulan en önemli husus, toprak kaybı ve onun neden olduğu ürün verimliliğinin azalmasıydı. Zamanımızda ise daha çok erozyon zararı olarak, çevrenin ve suların kirlenmesi olayı güncellik kazanmıştır. Çünkü tarımsal zararlı kimyasal maddelerin (pestisit ve mineral gübreler) yüzeysel akış sularındaki ve erozyonla getirilmiş sediment materyalindeki miktarına ait tehlikeli durum gittikçe artmakta ve önem kazanmış bulunmaktadır. Tarımsal aktivitelerden kaynaklanan kirlenmeler, akarsuları karışmakta ve oradan da çok geniş çevreye yayılarak "kaynağı gösterilemeyen bir tür kirlenme" şeklinde ortaya çıkmaktadır. Bütün dünyada çok yüksek miktarlarda toprak (24 milyar ton/yıl) erozyonla taşındığından, erozyon çok büyük bir kirlenici



**Resim 9.** Çizgi erozyonuna bir örnek. Atatürk Arboretumu (İstanbul) içinde açılan bir yolun eğimli çevresinde meydana gelen oluk (çizgi) erozyonu (Foto : Çepel).



**Resim 10.** Tüf gibi çözümlü veya gevşek sediment materyale ait çökme bölgelerinde meydana gelen oyuntu erozyonu (Foto Çepel).



**Resim 11.** Kıyı erozyonuna ait iki örnek. Kars Yöresi Çayırları içinden geçen akarsuda ve Doğu Anadolu'da bir tarlada kıyı erozyonu (Foto:Çepel).

potansiyel olarak kabul edilmektedir. O nedenle toprak korunması alanında çalışanlar, ancak 2-11 ton/ha/yıl miktarındaki toprak kaybını çevre kirlenmesi bakımından "kabul edilebilir sınır değer" olarak kabul etmektedirler (Troch et al.1991) Ancak birçok kişiler bu miktarı çok yüksek bulmaktadırlar. Örneğin ABD'de halk, akarsulara ve taban sularına karışan pestisidler, mineral gübreler ve çiflik gübreleri bakımından büyük huzursuzluk duymaktadırlar. Yalnız söz konusu bu sınır değer, aynı zamanda sürdürülebilir toprak verimliliği bakımından da önemli olduğundan, daha sonra bu konuya tekrar dönülecektir.

Su erozyonunun üzerinde durulması gerekli zararlı sonuçlarından bir başkası da, meydana getirdiği sedimentasyonla ekosistemler üzerinde yarattığı olumsuz değişimlerdir. Bilindiği üzere sedimentasyon, küçük toprak taneceklerinin (ince kum, toz, kil gibi) sularla taşındıktan sonra düz bir arazi yüzüne veya göl ve denizlerin tabanına çökmesi olayıdır. Erozyonla taşınan topraklar, belirli koşullarda, belirli yerlerde dibe çöker. Bu, erozyon sürecinin en son aşamasıdır. Toprak kırıntılarının yağmur damlacaklarıyla tekrar tekrar vurularak küçük toprak taneceklerine ayrılması, bunların su ile taşınması ve depolanması olayı ile, toprak yukarı yağış havzalarından alınır, alçak ve düz ova bölgeleriyle göl, deniz, okyanus ve banyoların dip kısımlarında çökeltilir. Bu çökeltme olayı (sedimentasyon) zararlı da olabilir,yararlı da olabilir. Bu yolla verimli kıyı ovaları veya akarsuğa ovaları meydana geliyorsa yararlıdır. Ancak sel taşkınlarıyla alçak bölgelerdeki verimli topraklar, iri çakılları, hum toprakları ve zararlı maddeleri içeren sediment materyali ile örtülürse bu verimli topraklar verimsiz hale getirilebilir. Bu da sedimentasyonun zararlı yanısıdır.

Sedimentasyon olayından en çok zarar gören yerler, baraj ve göllerdir. Barajların ekonomik ömrü kısaltılmış olur, göl ve denizlerdeki flora ve faunanın (bitkisel ve hayvansal canlıların) yaşamını etkiler ve zarara uğrattır.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere, su erozyonunun çevreye verdiği zararlar, sadece toprak kaybı ve toprak verimliliğinin düşmesiyle sınırlı değildir. Bunun dışında, belki en az bunlar kadar önemli olan busus, erozyonla çevre kirliliği meydana gelmesi, erozyon kaynağından çok uzak kıyı ovalarına ait toprakların da fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bozulmasıdır.

### 3.2. Rüzgâr Erozyonu

Rüzgâr da aynı su erozyonunda olduğu gibi, toprağın üst kısımlarındaki humus ve besin maddeleri bakımından zengin toprakların kaybına neden olur. Rüzgâr tarafından harekete geçirilen toprak kısımları, belirli bir uzaklığa taşındıktan sonra, getirildiği yerde depolanır. Onun için, "Rüzgâr erozyonu, toprak materyalinin rüzgâr tarafından dağıtılıp taşınması ve depolanması olayıdır." şeklinde tanımlanmaktadır. Rüzgâr erozyonuyla toprak kaybı, dünyanın birçok yerinde meydana gelmekte ve ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Özellikle iskelet bakımından (çakıl ve taş parçaları) zengin topraklarda, çakıllar arasındaki ince toprak kısmı rüzgârla götürülünce, toprağın yüzü taşla kaplanmış bir parko yol gibi görünüm arz etmektedir.

Rüzgâr erozyonunun temel nedenleri şu şekilde sıralanmaktadır:

- ☉ Toprağın yetersiz bitki örtüsüne sahip oluşu
  - ☉ Çözüük, kuru ve son derece dağınık hale gelmiş bir üst toprağın meydana gelmesi
  - ☉ Toprak taneciklerini sürüklemeye yetecek bir rüzgârın esmesi
- Bu koşulların rüzgâr erozyonunu nasıl etkilediği aşağıda açıklanmıştır (AID 1994, Troch, et. al. 1991 ile karşılaştırınız) :

### **Yetersiz Toprak Örtüsü**

Mevsime bağılı olarak tarla ürünlerinin bulunmadığı dönemlerde, rüzgâr erozyonu ile toprak kaybı çok olur. Ayrıca ekimden sonra toprağı tam örtmeyen (mısır gibi) veya geç örtün ürünlerde de (patates, şeker pancarı gibi) rüzgâr erozyonu çok olur. Sık bitki örtüsüyle kaplı (buğday, diğer tahıllar, yonca, çayır, maki, orman) topraklarda rüzgâr erozyonu olmaz.

### **Üst Toprağın Özellikleri ve Erozyona Elverişli Toprak**

Rüzgâr erozyonuna en elverişli toprak özellikleri humus bakımından fakir, tek tane strüktüründeki, toz ve ince kum bakımından zengin kurak topraklardır. Rüzgâr erozyonuna en elverişli toprak tane boyutu 0.1-0.5 mm çaplı taneciklerdir. Başka bir ifadeyle "orta kum" ve "ince kum" tane boyutu sınıflarıdır. Bunlar rüzgâr tarafından kolayca hareket ettirilir. Bundan daha büyük çaptaki "kaba kum" ve "çok kaba kum" çapındakiler ağır oldukları için rüzgârla taşınmaları güç olur. Yalnız, 1-0.5 mm çapa sahip tanecikler çok hızlı esen rüzgârlar olursa, bunlar da rüzgârla alınıp taşınabilirler. Kil tane boyutuna sahip olanlar ise (çapları 2 mikrondan küçük) genel olarak birbirine bağılı, parçalanması güç toprak kütleleri halinde bulduklarından rüzgârla götürülemezler. Killer ve tozlar toprak çok kuru olduğunda ve çok iyi işlenmiş halde olduğunda rüzgâr erozyonu ile kolayca taşınabilir. Eğer nemli iseler, nenden dolayı adezyon kuvvetiyle birbirine bağlanırlar, bu adezyon kuvveti onları yerinde tutmaya yeterli olur. Ancak, özellikle toz tane boyutu sınıfı bakımından zengin olan topraklar, ıslansalar bile çok kısa bir süre sonra kuruduklarından ve kuruyunca uçucu hale geldiklerinden, rüzgâr erozyonuna karşı çok duyarlıdır.

Tabımsuyu düzeyi çok düşük olan topraklarda su, kapillar kuvvetlerle toprak yüzüne kadar çıkamaz ise, toprağın yüzü kurur, çatlak ve erozyon için elverişli hale gelir.

Özet olarak toprak taneciklerinin büyüklüğü, taneleri birbirine bağlayan humus ve toprak nemi, rüzgâr erozyonu üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu ilişkilere göre toprakların rüzgâr erozyonu tehlike sınıfları oluşturulmuştur (Çizelge 10).

**Çizelge 10. Toprak türü, humus içeriği ve toprak nemi ile rüzgâr erozyonu tehlike sınıfları arasındaki ilişkiler (AID 1994, S.28, T.3)**

Toprak Türü	Humus İçeriği	Topraklar nemi derecesi			
		az nemli	ıslak	az kuru	çok kuru
		Rüzgâr erozyonu tehlike sınıfı			
kil ve toz	-	0	1	-	-
balçık	-	0	1	-	-
balçıklı ve çok balçıklı kum	% 4'ten çok % 4'ten az	1 2	2 2	3 3	- -
tozlu kum,ince kum ve kaba kum	% 4'ten çok % 4'ten az	2 3	3 4	4 5	5 5
orta ve ince kum	% 4'ten çok % 4'ten az	3 4	4 5	5 5	5 5

Tehlike sınıfları : 0; yok, 1: çok az, 2;az, 3:orta, 4 yüksek, 5: çok yüksek

### **Kuraklık İle Rüzgâr Erozyonu İlişkileri**

Rüzgâr erozyonu genel olarak kurak bölgelerin sorunudur. Rüzgâr erozyonu için "kuraklık" şu şekilde tanımlanmaktadır: Aylık ortalama yağış miktarı 60 mm'den az olan ayların sayısı 6'dan çoksa , toprak suyu düzeyi de 2,5 metreden derinde ise, bu gibi yerlerde kuraklık tehlikesi var demektir.

Rüzgâr erozyonu kurak ve çıplak topraklarda olmakla beraber, sürekli ve şiddetli rüzgârların estiği yağışlı iklimlerin olduğu deniz kıyılarında da vardır. Ülkemizde Karadeniz kıyısında Kilyos ve Terkos kumulu ile Akdeniz'de Fethiye-Eşen ve Manavgat-Sorgun kıyı kumullarında da rüzgâr erozyonu cereyan etmektedir. (Resim 12).

Kurak, bitki örtüsünden yoksun iç bölgelerde meydana gelen rüzgâr erozyonunun şiddetli zararları Konya-Karapınar yöresinde yaşanmıştır (Resim 13). Bu yörede , belki ülkemizin en pahalı, en güç, fakat çok başarılı erozyonla mücadele örneği verilmiştir.

### **Erozyon İçin Kritik Rüzgâr Hızı**

Almanya'da yapılan çalışmalardan elde edilen bulgulara göre, Kuzey Almanya'nın en çok rüzgâr erozyonu olan düz arazilerinde, ince ve orta kum tane boyutu sınıflarını harekete geçiren rüzgâr hızı 5 metre/saniye'den başlanmaktadır.

### **Arazi Yüzünün Girintili Çukuntılı Oluşu**

Toprak yüzeyi ne kadar girintili-çukuntılı olursa, rüzgâr erozyonunun çevreye yapacağı zarar o derece azalır. Örneğin 5-10 cm yüksekliğindeki yüksek toprak çukuntuları rüzgâr hızını önemli ölçüde azaltabilmektedir.



Resim 12. Akdeniz kıyı kumullarından Fethiye-Eşen kumulunda rüzgâr erozyonu ve tahta perdelerle koruma önlemleri



Resim 13. İç kumul hareketine neden olan tipik rüzgâr erozyonu bölgesi Konya-Karapınar. Bitki örtüsünün tahribi, aşırı toprak işleme, yöreyi çöle çeviren rüzgâr erozyonu zararlarına neden olmuştur (Foto: Günay)

### Çok İnce Kırıntı Yaratacak Toprak İşlemesi

Toprak ne kadar çok işlenir ve toprağın yüzü ne kadar ince ve küçük tane veya kırıntı boyutlarına sahip olursa, rüzgâr erozyonu o derece etkili olur.

Özet olarak, rüzgâr erozyonu da, su erozyonu gibi önemli derecede toprak kayıplarına neden olabilir. Kurak, gevşek, kırıntısız, dağınık, humus içeriği az, bitki örtüsünden yoksun, yüzeyi düz, orta tekstüre sahip topraklar, özellikle sürekli ve şiddetli rüzgârların estiği yöre veya bölgeler de, şiddetli erozyon zararına uğrarlar.



#### 4. DÜNYADA VE ÜLKEMİZDEKİ EROZYONUN BOYUTLARI VE ÇEVREYE VERDİĞİ ZARARLAR

Bu bölümde önce dünyada meydana gelen erozyonun boyutları, daha sonra ülkemizdeki erozyon olgusu üzerinde durulacak ve sonunda da erozyonun çevreye verdiği çok yönlü zararlar açıklanıp, bunun ekolojik değerlendirmesi yapılacaktır.

##### 4.1. Dünyada Erozyon

Worldwatch Enstitüsü tarafından 1993 yılında yayımlanan "Sürdürülebilir Bir Yaşama Giden Yolun Neresindeyiz?" başlığını taşıyan raporda şu hususların altı çizilmiştir:

- ⊕ 1984 yılında yayımlanan raporda, bütün dünyada erozyonla kaybedilen toprakla, yeni oluşan toprak miktarı arasındaki farkın 24 milyar ton olduğuna dikkat çekilmişti. On yıl sonra yapılan hesaplarda, dünyanın yalnız kurak ve yarıkurak bölgelerinde, toprak kaybindan dolayı azalan hayvancılık ve tarım getirilerine ait parasal değerler yılda 42 milyar dolarlık bir düzeye ulaştığı belirlenmiştir. Bu miktar, ABD'nin yıllık tarım rekoltesine eşittir.
- ⊕ Çevre korunması için atılmış bütün adımlara karşın, ne yazık ki, on yıl önceki tahribat 1993 yılında da aynen devam etmiş ve etmektedir. Dünya üzerinde ormanlar azalmış, çöller genişlemiş, tarım alanlarının üçte biri erozyon tehdidiyle karşı karşıya kalmıştır.
- ⊕ Her yıl tarım alanlarından erozyonla kaybedilen 24 milyar ton toprak, 60 milyon hektarlık tarım arazisinin eşdeğeridir.
- ⊕ 1972 yılında yapılan Stockholm Dünya Zirvesi'nden sonraki 20 yıllık süre içinde 1.6 milyardan daha çok insan beslemesi gereken çiftçiler, bu 20 yıllık süre içinde 500 milyar ton toprağı erozyonla kaybetmişlerdir.
- ⊕ ABD'de yapılan hesaplara göre, erozyonla kaybedilen her 2.5 cm kalınlığındaki toprak tabakası, buğday ve mısır üretiminde % 6 oranında bir düşüş meydana getirmektedir.

Buraya kadar yapılan açıklamalar, bütün dünyada uzun yıllardır sürdürülen araştırmalara dayanmaktadır ve değerlendirme yapılırken varolan ekolojik koşullar gözönünde bulundurulmaktadır.

Dünyadaki erozyonun boyutları ve erozyon üzerinde özellikle ormanların oynadığı rol konusunda bilgi edinmek için bazı uehirlerin taşıdığı toprak miktarlarına kısaca gözatmakta yarar görülmüştür (Günay 1995 ile karşılaştırınız.)

Akarsu Adı	Taşıdığı yıllık ortalama olarak toprak miktarı (milyon/ton)
Sarı İrmak (Çin)	2000
Ganj (Hindistan)	1600
Amazon (Brezilya)	400

Bu değerler incelenirse, dünyanın en çok su taşıyan akarsuyu olan Amazon nehrinin, diğerlerine kıyasla çok az toprak taşıdığı anlaşılmaktadır. Bu da, bitki örtüsünün, özellikle ormanların, toprak erozyonu üzerinde ne kadar engelleyici etkisi olduğunu göstermektedir. Amazon nehri su toplama havzaları, gnrahl Tropik Ormanlarla kaplı olduğu için, dünya tatlı sularının beşte birini taşıdığı halde, taşıdığı toprak miktarının çok az olduğu kolayca anlaşılmaktadır. Aşığıda verilen ve akarsularla taşınan toprak miktarlarını ifade eden değerler anakaralara (kıtalara) göre büyük farklılıklar göstermektedir. Bu farklılıklar sadece anakaraların büyüklüklerinin değişik olmasından kaynaklanmamaktadır. Bu hususta bitki örtüsü durumu, iklim, topografik durum, uygulanan tarım sistemleri, erozyon kontrolünün nlenleri gibi faktörlerin kıtalara göre değişmesi önemli roller oynamaktadır. Dünyadaki erozyonun boyutları hakkında fikir sahibi olmak için izelge 11 düzenlenmiştir.

**Çizelge 11. Anakaralardan (kıtalardan) akarsularla gl, deniz ve barajlara taşınan toprak miktarları (Atalay 1986)**

<i>Anakaralar</i>	<i>Taşıyan toprak ton km<sup>2</sup>/yıl</i>	<i>Taşıyan toplam toprak miktarı milyar ton/yıl</i>
Kuzey Amerika	245	1960
Güney Amerika	160	1260
Afrika	70	540
Asya	1530	15910
Avustralya	115	230
Avrupa	90	320
	Ortalama: 368	Toplam: 20160

Data önce de belirtildiği gibi burada verilen 20.1 milyar tonluk toplam miktar 1994 verilerine göre 24 milyar tona çıkmıştır.

#### **4.2. Türkiye’de Erozyon Olgusu ve Boyutları**

Toprak erozyonu üzerinde rol oynayan faktörlerle ilgili olarak, ülkemizin topoğrafik, jeolojik, pedolojik (toprak özellikleri), iklimik ve floristik (bitki örtüsü) zellikleri bundan önceki ilgili bölümde açıklanmıştı. Bu zellikler ile erozyon ilişkileri göz önünde bulundurulursa, ülkemizin sahip olduğu bu ekolojik koşulların, erozyon için ne kadar elverişli olduğu kolayca anlaşılır. Ülkemizde erozyonu arttıran bu doğal koşullar şu şekilde özetlenebilir:

##### **Topoğrafik Yapı**

- ❖ Türkiye’nin ortalama yükseltili 1132 metredir.
- ❖ ülke yüzeyinin % 56’sı, yksekligi 1000 metrenin üzerinde olan dağlarla kaplıdır (şekil 5 ile karşılaştırınız).
- ❖ Eğim derecesi % 21’in üzerinde olan yamaçlar (ok eğimli, dik, sarp, oğurunu) lke yüzeyinin % 63’ne yayılmıştır.

### **Jeolojik ve Pedolojik Özellikler**

- ❖ Erozyon eğilimi yüksek olan gevşek yapıdaki sedimentler, kireçli anamateryaller, killi greli jeolojik formasyonlar geniş yerler kaplamaktadır.
- ❖ Anadolu toprakları yaklaşık olarak 7000-8000 yıldan beri tarım kültürü altında bulunmaktadır. Bu süre içinde toprak koruma bakımından hiçbir önlem alınmadan intensif tarım ve hayvancılık yapılmıştır. Böylece topraklar, erozyon için çok duyarlı hale getirilmiş bulunmaktadır.

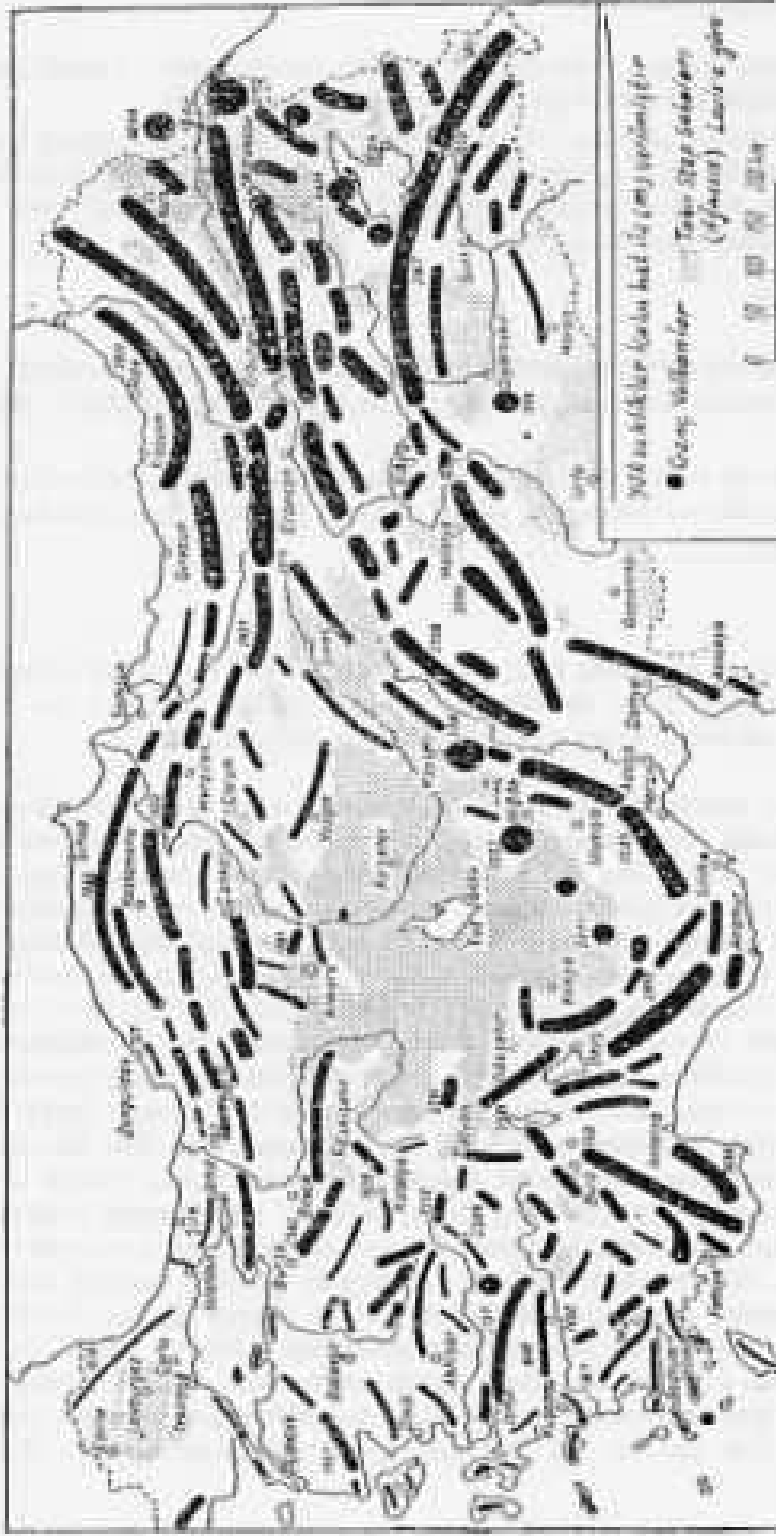
### **İklim Özellikleri**

- ❖ Ülkemiz, erozyona elverişli yarıkurak iklim kuşağında bulunmaktadır.
- ❖ Karadeniz kıyıları dışında yağışlar, tüm ülkede mevsimlere düzensiz olarak dağılmıştır.
- ❖ Şiddetli erozyona neden olan sağanak yağışlar, çok rastlanan yağışlardır.
- ❖ Ülkemizin büyük bir kısmında yağış miktarı 500 mm'ın altındadır (Şekil 4 ile karşılaştırmız).

### **Bitki Örtüsü**

Orman ve meraların erozyonu önleyen en etkin doğal kaynaklar olduğu, daha önce açıklanmıştı. Anadolu bitki örtüsünün binlerce yıldan beri acı bir geçmişe sahip olduğuna ve bunun sonuçlarına da ilgili bölümde değinilmişti.

Ülkemizin erozyonla ilgili olarak buraya kadar açıklanmış bulunan ekolojik karakteristiklerinden kolayca anlaşılacağı üzere, bu faktörler erozyonu artırıcı yönde rol oynamaktadır. Buna bir de insandan kaynaklanan olumsuz etkiler ekleneince, ülkemizi zarara uğratan şiddetli toprak taşınmaları için, bütün koşulların eksiksiz bir şekilde bir araya geldiği kolayca anlaşılır. O nedenle, aşağıda açıklanan ve mantiken kabul edilmesi ve inanılması çok güç olan toprak kayıpları ne yazık ki ülkemizi kemirmektedir. Gerçekten, bugün ülke topraklarının % 79'unda "orta" ile "çok şiddetli" dereceler arasında erozyon cereyan etmektedir. Her yıl akarsularla barajlara, göl ve göletlere, denizlere, bir daha geri gelmemek üzere taşınan toprak miktarı, yılda 500 milyon tonu bulmaktadır. Ülkenin hemen hemen her yerinde, farklı derecelerde de olsa erozyon cereyan etmektedir (Şekil 6 ile karşılaştırmız). Söz konusu edilen yıllık 500 milyon ton miktarındaki mutlak toprak kaybının dışında, yamış araziden alımp, bunun eteğindeki düz yerlerde veya daha uzaktaki düzlüklerde biriken, akarsuların tabanında yerinden oynatılmış bulunan kum ve çakıl gibi ağır materyal (yatık yükü) de hesaba katılırsa, tahrip edilen toprak miktarının yılda 1 milyar tonu bulabileceği tahmin edilmektedir. Akarsularımız içinde en çok toprak taşıyan Fırat, Dicle ve olup, yılda ortalama 108.2 milyon ton toprak taşımaktadır (Atalay 1986). Bu da ülkemizde akarsular tarafından taşınan toplam toprak miktarının beşte birinden biraz çoktur. Atalay (1986)'a göre ülkemiz için 1 yılda 1 kilometrekare alandan taşınan ortalama toprak miktarı 600 tondur. Bu miktarın bazı belirlemelere göre 820 ton olduğu bildirilmektedir.



Şekil 5. Aral Denizi havzası, volkan ve step alanları (Walker den Çeviren S. Usta, 1962)

Ülkemiz için, toprak erozyonuyla meydana gelen toprak kayıpları hakkında buraya kadar verilen sayısal değerler ile çizelge 11'de kıtalar için verilen değerler karşılaştırılırsa şu sonuçlara varılır :

- ☉ Ülkemizde  $\text{km}^2$  den bir yılda taşınan toprak miktarı (600-820 ton), dünya ortalamasının (368 ton/yıl) yaklaşık iki katına eşittir. Avrupa'nın (90 ton) 7-8 katını bulmaktadır.
- ☉ Avrupa ve Avustralya anakaralarında meydana gelen erozyon toplamına, yaklaşık olarak eşit miktarda toprak kaybımız bulunmaktadır.
- ☉ Ülkemizde yıllık toprak kaybı miktarı, dünyadaki toplam toprak kaybı miktarının 1/40'ı kadardır. Oysa, Türkiye yüzölçümünü büyüklüğü dünya karalar yüzeyinin 1/192'si kadardır.

Bu karşılaştırmalı değerler, ülkemizdeki erozyonla toprak kaybı boyutlarını yorum yapmaya gerek kalmayacak şekilde ortaya koyduklarından, bu konu üzerinde daha çok durulmasıdır.

Erozyon üzerinde çok çeşitli faktörler rol oynadığından ve ülkemizde engebellik ve iklim koşulları yer yer çok değiştiğinden, ülke yüzeyinde erozyon şiddeti de hafif erozyon derecesinden çok şiddetli dereceye kadar farklılıklar göstermektedir (Çizelge 12).

**Çizelge 12. Türkiye'de su erozyonunun şiddet derecelerine göre dağılımı (Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü 1987)**

<i>Erozyon derecesi</i>	<i>Kaplılığı alan (ha)</i>	<i>Ülke yüzeyine oranı (%)</i>
1: hafif	5.611.892	7.22
2: orta	15.592.750	20.04
3: şiddetli	28.334.933	36.42
4: çok şiddetli	17.366.463	22.32
Toplam	66.906.038	86.00

Çizelgenin incelenmesinden anlaşılacağı üzere ülke yüzeyinin % 86'sında erozyon olayı cereyan etmektedir. Bu değerlere göre Türkiye yüzölçümünün % 20'sinde "orta" , % 36'sında "şiddetli" , % 22'sinde de "çok şiddetli" su erozyonu meydana gelmektedir.

Tarım arazilerinde su erozyonu bakımından sorunlu, arazi kullanma yetenek sınıfları II., III. ve IV. sınıf arazilerdir. Tarım arazisi olarak işlemeye elverişli olmayan araziler ise V. , VI ve VII. sınıf arazilerdir. Bunlardaki erozyon dereceleri şu şekilde verilmektedir (Dinç, et. al. 1995).



Sekil 6. Türkiye Erozyon Haritası (Haritada gömlen: bey rengi, hafif erozyon, kahverengi, orta şiddetli erozyon, sarı renk, şiddetli erozyon; kırmızı renk, çok şiddetli erozyon alanlarını göstermektedir.)

**Çizelge 13. Türkiye'de su erozyonu bakımından sorunlu toprakların dağılımı (Dinç, et. al. 1995)**

<i>Erozyon Şiddeti</i>	<i>II, III ve IV. Sınıf</i>		<i>V, VI ve VII. Sınıf</i>	
	<i>hektar</i>	<i>%</i>	<i>hektar</i>	<i>%</i>
orta	13.780.260	86.4	1.812.450	4.4
şiddetli	2.077.265	13.0	26.527.668	63.8
çok şiddetli	1.930	0.06	13.219.273	31.8
Toplam	15.859.455	100	41.559.391	100

Çizelgedeki değerlerin incelenmesinden anlaşılacağı üzere tarım işletmeciliği yapılan toprakların % 86,4'ünde "orta derece" erozyon cereyan etmektedir. Ülkemizde tarım yapılan toprakların yaklaşık 16 milyon hektarından erozyonla her yıl milyonlarca ton toprak kaybolmaktadır.

Tarım yapılmaya elverişli olmayan ve sürekli olarak çayır, mera, maki ve orman gibi sık bitki örtüsüne sahip olması gereken 41,5 milyon hektarlık V., VI. ve VII. sınıf arazilerin ise % 95,6'sında şiddetli ve çok şiddetli erozyon cereyan ettiği aynı çizelgede verilen değerlerden anlaşılmaktadır. Bu sayısal değerler üç sınıf arazinin (V,VI ve VII) mera ıslahı ve ağaçlandırma bakımından ne kadar acil bir durumu arz ettiğini açıkça göstermektedir.

Söz konusu çizelgenin daha iyi anlaşılabilmesi için erozyon şiddet derecelerinin neyi ifade ettiğinin açıklanmasında yarar görülmüştür (Günay 1995 ile karşılaştırmız).

### **1. Derece (hafif) Erozyon**

Üst toprağın (A-horizonunun) çok az bir kısmı, % 25'inden daha azı taşınmıştır.

### **2. Derece (orta) Erozyon**

Üst toprağın (humus içeriğinden dolayı genellikle koyu görünen A-horizonunun) % 75'i erozyonla taşınıp götürülmüştür. Rüzgâr erozyonunda 60 cm yükseklikte tümsekler oluşabilmektedir.

### **3. Derece (şiddetli) Erozyon**

Üst toprağın hemen hemen hepsi, alt toprağın da % 25'e kadar olan kısmı götürülmüştür. Seyrek, derin veya sığ yarıklar görülebilir. Rüzgâr erozyonu olan yerlerde tümsekler 60 cm'den daha yüksek olup, yaygın şekilde rüzgârla savrulmuş olanlara rastlanmaktadır.

#### 4. Derece (Çok Şiddetli) Erozyon

Üst toprağın hepsi, alt toprağın da büyük bir kısmı taşınmıştır. Ham toprak ve taşlı alt yapılar yüzeye çıkmıştır. Seyrek olarak derin, sık olarak da sığ yarıntılar görülür. Rüzgâr erozyonu olan yerlerde, arazinin tamamında rüzgârla savrulma görülür. Kumul oluşumu başlayabilir.

#### Rüzgâr Erozyonu Boyutları

Buraya kadar verilen bilgiler, ülkemizdeki su erozyonunun boyutlarını belirtmek için yapılan açıklamaları kapsamaktadır. Rüzgâr erozyonu ise bazı lokal yöreler dışında, o kadar yaygın değildir. Bazı kıyı kumullarıyla, İç Anadolu'nun bazı bölgelerinde şiddetli rüzgâr erozyonuna rastlanmaktadır. Tarım yapılan arazilerde, özellikle II, III. ve IV. sınıf arazilerde toplam 330.358 hektar, tarım dışı arazilerin de (V, VI ve VII. sınıf) 132.769 hektarında rüzgâr erozyonu belirlenmiştir (Dinç et al, 1995). Rüzgâr erozyonunun boyutları konusunda ayrıntıya girilmeyecektir.

Erozyon, daha önce de vurgulandığı gibi, sadece toprak kaybı ve toprak verimliliğinin düşmesine neden olan bir olay şeklinde düşünülmemelidir. Bu olay bütün canlı ve cansız çevrelerde mevcut ekolojik dengeleri altüst eden bir süreç olarak algılanmaktadır. O nedenle, erozyon sürecinin çevreye verdiği zararları analiz ederek bir ekolojik değerlendirme yapılması gerekir. Bundan sonraki bölümde, bu konu ile ilgili bilgiler verilmeye çalışılmıştır.

#### 4.3. Erozyonun Çevreye Verdiği Zararların Analizi ve Ekolojik Değerlendirme

Erozyona karşı mücadeleyi göze alabilmek, bunun için gerekli işgücü ve finans kaynaklarını bularak, çok pahalı olan bir uygulamaya girebilmek için, erozyon zararlarını kapsamlı olarak belirlemek gerekir. Bu amaçla, erozyon olgusunun geniş anlamda değerlendirilmesi, boyutlarının ve ekolojik sonuçlarının çok iyi bilinmesi gerekir. Bu bölümde, sözü edilen bu konular üzerinde durulacaktır.

##### 4.3.1. Erozyon Zararlarının Ekolojik Anlamda Kavranması

Toprak erozyonu, başlangıç aşamasında, sinsi sinsi hareket ettiği için, genellikle farkına varılmaz. Ancak, sonuçları bir "son nefes" gibi birdenbire ortaya çıkmaktadır. O nedenle, erozyon olayını çok iyi bir şekilde analiz etmek gerekir. Çünkü, temelde erozyon ve sonuçları çok karmaşık ve çok yönlüdür. Erozyon, genellikle, "yurt topraklarının kaybı, toprağın tahrip edilmesi ve verimliliğinin düşmesi ve buna bağlı olarak da bitkisel ürün veriminin azalması" şeklinde değerlendirilir. Bunların hepsi çok önemli olmakla birlikte, erozyonun yok ettiği toprakların, ekonomik açıdan çok yönlü temel işlevlerinin genellikle gözden kaçtığı da bir gerçektir. Çünkü erozyonun bir ülke ekonomisindeki dolaylı etkileri, bunların üzerindeki örtü kaldırılmadan anlaşılabilir. Erozyon, toprağı fakirleştirerek sadece bitkisel ve hayvansal ürünlere ait üretim girdilerini azaltmakla kalmaz, enerji



krizinden, dış ticaret dengelerinin bozulmasına kadar ekonomiyi temelinden sarsacak olumsuz sonuçların doğmasına neden olur. Bunun sonucunda kişi başına düşen gelirin azalması, kırsal alandan kentlere göçler gibi son derece büyük sosyo-ekonomik sorunlar ortaya çıkar. Ne yazık ki, bütün bunlar bilinmesine karşın, toprak kayıpları ve bunun acı sonuçları, bütün dünyada "sürdürülebilir afetler" niteliğinde devam edip gitmektedir. Dünyada ve ülkemizdeki erozyon sonucu ortaya çıkan ekolojik zararlara ait somut örnekler verilirse, karşı karşıya bulunulan tehlikenin büyüklüğü daha iyi anlaşılır.

#### 4.3.2. Dünyadaki Erozyonun Ekolojik Zararları

Bu hususta bir fikir sahibi olabilmek için dünyada cereyan eden ekolojik dengesizlikler konusunda bazı somut örneklerin verilmesi yararlı görülmüştür (Brown, et al. 1994 ve 1995 ile karşılaştırmız) :

- ✦ Bilindiği üzere 1972 yılında Stockholm Dünya Zirvesi Toplantısı yapıldı. Bu toplantının amacı, dünyadaki doğal kaynakları korumak ve dünyanın üzerine binen taşınamayacak kadar ağır yükleri hafifletebilmek için, uluslararası acil kararlarla, insanlığın geleceğini güvence altına almaktır. Bu toplantı ile, 1992 yılında yapılan Rio Zirvesi arasında 20 yıllık bir süre geçti. Bu süreçte, 1.6 milyar daha çok insanı beslemesi gereken çiftçiler, toplam 500 milyar ton toprağı kaybettiler. FAO uzmanlarına göre tarım alanlarından her yıl 24 milyar ton toprak erozyonla taşınmaktadır. Böylece yılda 60 milyon hektarlık tarım arazisi yok olmaktadır (Brown, et al. 1994, S. 2 ve 12)
- ✦ Çin'de 1957-1990 yılları arasında sadece yerleşim alanı yapılarak kaybedilen toprak miktarı, Fransa, Almanya, Danimarka ve Hollanda'da ekilen alanların toplamına eşittir. Bu alan 450 milyon insanı doyurabilen tarım alanı genişliğinin eşdeğeridir (Brown, et al. 1995, S.8)
- ✦ Bugün tüm dünyada işlenen toprağın büyük bir kısmı, intensif kültürden veya bilinçsiz işletilmekten dolayı verimsiz hale gelmiştir. 250 bilim adamının katıldığı, "Toprak Bozulmasının Küresel Değerlendirilmesi Çalışmaları" toplantısında ortaya çıkan sonuçlar korkutucu boyuttadır. Belirtildiğine göre, sağlıksız ekim yöntemleri veya üst toprak tabakasının erozyonla kaybedilmesinden dolayı 550 milyon hektar genişliğindeki topraklar, bitkisel ürün yetiştirme özelliğini kaybetmiştir. Bu, dünya üzerindeki tüm ekilebilen alanların % 17'sini oluşturmaktadır. dünya nüfusunun 2010 yılına kadar % 33 oranında artacağı düşünülmektedir. Bunun anlamı, 2010 yılında kişi başına düşen ekili alanın % 21 oranında azalmış olacaktır (Brown, et al. 1995, S.8)

#### 4.3.3. Türkiye'de Erozyonun Ekolojik Zararları

Ülkemizde erozyonun ekolojik zararları, ekonomik ve sosyolojik bazı olaylarla somutlaşmaktadır. Her yıl kırsal alandan kentlere büyük çapta göçler olması, yakın zamana kadar bitkisel ve hayvansal ürünler bakımından kendi kendine yeten 7 ülkeden biri iken, bu ürünlere karşı olan gereksinimi dış alımla gidermeye çalışması durumuna düşmesi, ülkemiz için erozyonun zararlı sonuçlarının en tipik örnekleridir. Gerçekten

tarımsal üretim, 1984-1993 yılları arasında buğdayda % 39, mısırdaki % 7.8, pirinçte % 25.4, ayçiçeğinde % 29.7, çavdarda % 49.3 azalmıştır. Buna bağlı olarak tarımsal ürünlerin dış satımı bu yıllar arasındaki 10 yıllık sürede 5.3 kat arttığı halde, tarımsal ürün dış alımı 23 kat artmıştır (Çelikel 1996). Son on yıl içindeki et ürünlerinin dış alımı ise 250 kat artmıştır.

Daha iyi yaşam koşulları için, verimi düşmüş veya tamamen yok olmuş topraklarını terk edip kentlere göç eden vatandaşlarımızın sayısı ise yılda 1.2 milyonu bulmaktadır. Bunu da doğal karplamak gerekir. Çünkü erozyona uğramış topraklarımızdan bir yılda meydana gelen organik ve inorganik madde kaybının parasal değeri 640 milyon Amerikan Doları olduğu hesaplanmaktadır (Çelikel 1996).

Devlet Su İşleri tarafından yapılan ölçümlerden elde edilen sonuçlara göre, ülkemizdeki 61 barajdan 16 tanesi ekonomik ömürlerinden çok daha erken topraklı dolarak fonksiyonunu yitirmiş veya yitirmek üzeredir. DSI Etüd ve Plân Dairesi'nden alınan yazılı bilgilere göre (DSİ 1985) bazı barajlarımızın sedimentasyonla brüt hacim kayıpları aşağıda verilmiştir :

<u>Barajın adı</u>	<u>İşletmeye açıldığı tarih</u>	<u>Ölçüm yılı</u>	<u>Hizmet süresi</u>	<u>Sedimentasyonla brüt hacim kaybı %</u>
Çubuk 1	1936	1983	47	75
Seyhan	1956	1980	24	46
Kemer	1958	1979	21	42
Altınağa	1967	1979	12	61
Yalvaç	1973	1979	6	44
Kesikköprü	1966	1979	13	37
Kartalkaya	1972	1980	8	47
Çaygören	1971	1983	12	25
Porsuk	1972	1979	7	20

Bu değerler incelenirse bazı barajların 20-24 yılda, bazılarının ise 6-12 yılda brüt su tutma kapasitelerinin yarısına yakın kısmını sedimentasyon nedeniyle kaybettiği anlaşılmaktadır. Çok kısa sürede büyük hacim kaybına uğrayan barajlarda erozyonla getirilip çöktürülen toprak miktarının yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Gerçekten yukarıda verilen kaynaktan elde edilen bilgilere göre :

- ⊕ Çubuk 1 Barajı 1983 yılı ölçmelerine göre, yılda 200.000 metreküp hacimde sediment materyali ile dolmaktadır.
- ⊕ Altınağa Barajı için bu miktar 1979 yılı ölçümlerine göre 360.000 m<sup>3</sup>, Kartalkaya Barajı için (1980 yılı) 1.750.000 m<sup>3</sup>, Terkos Gölü için ise (1982 yılı ölçmeleri) 3.360.000 m<sup>3</sup> tür. Terkos Gölü, Kumul hareketi nedeniyle bir yılda 3.3 milyon m<sup>3</sup> sediment materyalle dolmaktadır. Bu rüzgar erozyonu ile teknik ve kültürel mücadeleler yapılmaktadır.

Ne yazık ki, Atatürk Barajı'nın da çevresi bitki örtüsünden yoksun ve eğimli yamaçlarla çevrilmiştir. O nedenle, bu barajın da tahmin edilenden veya plânlanandan çok daha önce ekonomik ömrünü dolduracağı tahmin edilmektedir. Bu barajın yalnız Türkiye için değil, Ortadoğu ülkeleri için de enerji ve su sağladığı düşünülürse, zararın boyutları daha iyi anlaşılır. Aynı şekilde Keban Barajı'na yılda 31.5 milyon ton sediment materyali depolanmaktadır. Bunun anlamı, bu baraj su tutma kapasitesinden her yıl 24.2 milyon m<sup>3</sup> hacim kaybetmektedir. Doğu Anadolu'nun aşağı yukarı bütün su toplama havzalarında, eğim derecesi yüksek olan ve erozyona elverişli bulunan yerlerde hiçbir önlem alınmadan tarım ve otlama yapılmakta ve bitki örtüsü tahribi sürmektedir. Bu yolla meydana gelen aşırı erozyon nedeniyle Keban, Karakaya ve Atatürk Barajları'nın su tutma kapasitesi gittikçe azalmaktadır. Buna bağlı olarak da sulama suyu miktarı ve enerji üretim gücü gittikçe düşmektedir.

Erozyonun ülke ekonomisinde ve insanların sosyal yaşamı üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkilerden birçoğu da, ülkemizin geçmiş tarihinde yaşanmıştır. Bu dönemde Efes, Milet, Mağaracık, Soli gibi o devrin en önemli kentleri erozyon ve sel afetleri nedeniyle yer değiştirmiş ve bugün denizden çok içeride kalmışlardır (Özyuvacı ve Hızal 1990). Bu değişimlerin ulaşım ve ticaret üzerinde meydana getirdiği önemli sosyal ve ekonomik olumsuzlukların neler olabileceğini anlamak hiç de zor değildir.

Buraya kadar, dünyada ve ülkemizdeki erozyon zararlarıyla ilgili somut örnekler verilmiştir. Bundan sonra, erozyonun özellikle hangi ekolojik faktörleri veya süreçleri etkilediği açıklanmaya çalışılacaktır. Bunun için de önce, erozyonun hangi toprak özelliklerini ve nasıl etkilediği üzerinde durulacak, daha sonra da önemli ekolojik faktörlerden biri olan iklim ile erozyon ve çölleşme olayları arasındaki ilişkiler ortaya konacaktır.

#### 4.3.4. Erozyon Zararlarının Ekolojik Sonuçları

Daha önce de açıklandığı gibi bu bölümde üç ana konu üzerinde durulacaktır. Bunlar, aşağıda sırasıyla açıklanmıştır.

##### 4.3.4.1. Erozyonun Toprak Özelliklerine ve Çevreye Verdiği Zararlar

Erozyon, çeşitli fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerini etkilediği gibi, çeşitli ekosistemlerde de kirlenme olaylarını meydana getirir. Bu özelliklerin neler olduğu ve erozyondan nasıl etkilendikleri aşağıda açıklanmıştır.

##### Erozyonun Toprak Besin Maddeleri ve Organik Madde Kayıpları Üzerinde Etkisi

Toprağa can veren en üstteki kısım gidince, toprağın fiziksel özelliklerini iyileştiren ve bitkilere sürekli besin maddeleri sağlayan toprak humusu da gider. Böylece toprağın su tutma kapasitesi azalır, yüzeyel akış ve buna bağlı olarak da toprak kaybı daha çok artarak bir kısır döngü yaratılmış olur. Ülkemizde 1 km<sup>2</sup>

alandan erozyonla her yıl alınıp götürülen toprak miktarı 600-800 ton arasındadır. Topraklardaki organik madde miktarı % 1 olarak kabul edilse, her yıl erozyonla 1 km<sup>2</sup> den 6-8 ton organik madde alınıp götürülüyor demektir. Humusun (toprak organik maddesinin) tuttuğu su miktarı, inorganik katı toprak parçacıklarının tuttuğu su miktarının 5-10 katı kadardır (Çepel 1985, S.243). Örneğin, doyurucu bir yağıştan 2-3 gün sonra bir killi balçık toprağının 100 gramı 20 gram su tuttuğu halde, bir turba organik maddesinin 100 gramı, 166 gram su tutmaktadır. Bu duruma göre, % 1 organik maddeye sahip olan toprağın 1 km<sup>2</sup> lik alanından, erozyonla meydana gelen su kaybı 10 ton olmaktadır. Bu suyu tutan ve yukarıda sözkonusu edilen 6 ton organik maddenin içerdiği Ca, Mg, K, P ve azot gibi en önemli besin maddeleri miktarıyla, 600-800 ton mineral toprağın içerdiği besin maddesi miktarı bu hesabın içinde yoktur.

Besin maddeleri bakımından orta derecede zengin olan toprağın 1 km<sup>2</sup> lik alanından erozyonla her yıl götürülen azot miktarı 600-800 kg, fosfat miktarı 7-8 ton, potasyumoksit miktarı ise, 23,3 tondur.

#### **Erozyonun Toprak Tane Boyutu Değişimi Üzerindeki Etkileri**

Su ve rüzgâr erozyonuyla ince toprak tanecekleri (ince kum ve toz, kil) alınıp götürüldüğü için, kumlu toprakların kum oranı daha da artar. Böylece, esasen su ve besin tutma kapasitesi bakımından fakir olan bu topraklar, daha da fakirleşmiş olur.

Orta ve ince tane boyutu bakımından zengin topraklar ise tanelilik (tekstür) bakımından pek değişmez. Çünkü bunlar kırıntı halindedir. Kırıntılar, erozyonla alınıp götürülemez, yalnız boyutları küçülür. Kurak yerlerde toz bakımından zengin topraklar, bu hususta bir ayrıcalık oluşturur. Çünkü bunlar çözüp olduklarından veya ıslanınca çabucak kuruyup yeniden çözüp hale geldiklerinden su ve rüzgâr erozyonuyla çabucak harekete geçirebilirler. Bunun yanında da bunların kaba kum oranları artabilir.

#### **Erozyonun Toprak Strüktürünü (Kırıntılandırımı) Etkilemesi**

Erozyonu oluşturan yağmur damlacıklarının, özellikle çıplak topraklara vurmaya ile ve yüzeysel akış sularının sürükleyici etkisiyle toprak taneceklerinin istiflenme düzeni, kırıntılar ve bunlar arasındaki boşluklar (gözenekler) bazı değişikliklere uğrayabilir. Bu değişikliklerin başlıcaları şunlardır :

- ❖ Ali toprak az geçirgen ve küçük taneceklerden oluşuyorsa, bunun üzerindeki üst toprak kısımlarında yüzeysel akışla bir miktar toprak kaybı meydana gelebilir.
- ❖ Yağmur damlacıklarının vurma suretiyle meydana getirdiği kinetik enerji ile üst toprağın kırıntıları dağılır; yüzey toprağı sert bir tabaka (kayınak tabakası) ile kaplanır.
- ❖ Toprak içine girmiş bulunan yağış suları düşey yönde aşağı doğru sızarken, toprağın ince kısımlarını da (toz ve kil) sürükler ve toprak içindeki iri gözenekleri (hava boşluklarını) bunlarla doldurur. Böylece hem gözenek sisteminin düzenini

bozar, hem de su ve hava ekonomisini kötüleştirir. Örneğin, dolan gözenekler toprağın suyu sızdırmasını engeller, köklerin ve mikroorganizmaların hava alması, yani solunumu engellenir. Bu şekilde toprakta su sızmasının ve su tutma kapasitesinin düşürülmesi yüzeysel akışı artırır, dolayısıyla erozyon şiddetlenir.

### **Erozyonun Ürün Verimi Üzerine Etkisi**

Yukarıda yapılan açıklamalardan anlaşılacağı üzere, erozyonla toprağın birçok özellikleri kötüleştirilir. Örneğin toprağa can veren en üstteki humuslu kısım alıp götürülür; toprağın tanelilik ve kıvrıklılık, gözeneklilik gibi en önemli özellikleri bozulur. Böylece bitkilerin besinlerini ve suyunu aldığı kök ortamı hem daraltılır, hem de bunların beslenmesi için güç koşullar yaratılmış olur. Bütün bunlar da bitkilerin gelişmesini, dolayısıyla ürün vermesini yavaşlatır. Özellikle, ılg ve alt toprağın sıkı oturduğu verimsiz topraklarda bu etkiler büyük boyutlara ulaşır.

### **Erozyonun Tarımsal İşletme Bütünlüğünü Etkilemesi**

Eğer tarım yapılan bir toprak ünitesinde oyuntu erozyonu meydana gelmişse, tarımsal işletme bütünlüğünü bozar, hatta toprak işleme bütünlüğünü ortadan kaldırır. Çünkü toprak işleme, oyuntuların sınırladığı dar mekânlarda ve oyuntular arasındaki kısımlarda parça parça olmuş yerlerde yapılmak zorunluğunda kalır. Bu ise işgücü ve verim bakımından büyük sakıncalar doğurur.

### **Erozyonun Mühendislik Yapıları Üzerindeki Etkileri**

Erozyonla meydana gelen sel ve taşkın afetleri kara ve demiryollarına, bunlardaki köprü, drenaj sistemi, akıntı çevi gibi yapıları ve diğer sanat yapılarını bozar, tahrip eder.

### **Erozyonun Su Kirliliği Üzerindeki Etkileri**

Toprak sedimentleri, yüzeysel suların tek başına kirleten faktörler içinde en etkin olanlarıdır. Akarsuların, göl ve barajların çamurlu sularla dolması, suların ev idaresi ve sanayi kuruluşlarında kullanma değerini düşürür. Aynı şekilde, sulardaki doğal hayatı zarara uğratar. Bunlardan daha önemlisi de pestisid ve mineral gübrelere ait zararlı maddeleri içeren topraklar, erozyonla sulara karışarak çevreyi kirlendir. Hiçbir çevre kirleticisi materyal, erozyona uğrayan toprak kütleleri kadar büyük miktarlarda olmadıkları için, erozyonla çevre kirlenmesi büyük bir potansiyel olarak görülmektedir.

### **Sedimentasyonla Meydana Gelen Zararlı Etkiler**

Verimli alüvyal ovalar, bu verimliliklerini, normal erozyonla yukarı yağış havzalarından getirilen ve humus bakımından zengin olan yüzeysel topraklarına borçludur. Ancak, hızlandırılmış erozyonla alttaki ham toprak kısımları, taş, çakıl gibi diğer yabancı maddeler getirilip bu ovalarda çöktürülürse, bu ova toprakları

verimliliklerini kaybeder, hatta toprak işlemesi olanaksız hale gelebilir. Sel ve taşkın afetleriyle böyle ovaların bu şekilde zarar görecük verimsiz hale geldiği sık sık yaşanan olaylardır.

Erozyon sonucunda sulara katılarak getirilen materyalin (sodimentlerin) birçoğu da nehir yataklarında, göl ve deniz tabanlarında depolanır. Bunlar içindeki birtakım yabancı maddelerle, hem suların kimyasal özellikleri bozulur, hem de sudaki canlılara zarar verilir. Ayrıca baraj ve göllerin su tutma kapasitesi azalır.

#### **Erozyonun Toprak Canlılarına Verdiği Zararlar**

Toprak canlıları, genellikle toprağın 25-30 cm'lik üst tabakasında yaşamaktadır. Bunlar son derece önemli işlevlere sahiptir. Toprağa kırmıcılık kazandırarak su tutma kapasitesini artırma, organik bitkisel ve hayvansal artıkları ayrıştırma ve humusa çevirme, humusu da mineralizasyon denca süreçle ayrıştırarak bitki besin maddeleri üretme gibi çok önemli ekolojik işlevleri bulunmaktadır. Böylece, sadece kendileri için değil, içinde yaşadıkları tüm ekosistemler için en önemli ekolojik döngüleme (çevrimlere) ait beslenme zincirinin en önemli halkalarını oluştururlar. Bir toprağın üst katmanında bir kilo kuru toprakta bir milyar mikroskopik mantar, bir milyon alg, milyarlarca bakteri, tonlarca solucan ve diğer canlılar bulunur. Bu nedenle, böyle bir toprağın 15 cm'lik üst kısmı erozyonla götürülürse, bir hektarlık toprak alanından (onbin metrekare), 10 ton bakteri, 10 ton mikroskopik mantar ve 4 ton solucan ve tonlarca daha birçok toprak canlısı yok edilmiş olur. Bunların yukarıda açıklanan ekolojik işlevleri gözönünde bulundurulursa, toprak erozyonunun düşünölemeyen veya görölemeyen ekolojik zararlarının ne kadar büyük boyutlarda olduğu kolayca anlaşılır.

#### **4.3.4.2. Erozyonun İklim Değişimi, Taşkın Afetleri ve Çölleşmeyle İlişkileri**

Toprak erozyonunun en zararlı etkilerinden birisi de toprak kayıpları sonucu toprakların sığlaşmasıdır. Bunun çok önemli ekolojik sonuçları vardır: Çünkü topraklar sığlaşınca, iri gözeneklere sahip, humus bakımından zengin üst toprak kaybolduğundan, alttaki sıkı oturmış toprak ortaya çıkar. Bu koşullarda toprak, yağış sularının çok az bir kısmını tutabilir. Bunun anlamı, bol yağış koşullarında bile, böyle toprakların susuz ve kurak olmasıdır. Ayrıca su tutma kapasitesi az olan topraklardan çok az su buharlaşacağından, yağışları sağlayan hidrolojik döngü zayıflamış olur. Böylece atmosfer iklimi de kuraklaşır. Kuraklık, başlangıçta hissedilmeyen iklim değişiklikleriyle başlar, daha sonra ölkeleri çölleşmeye kadar götürür. Bilindiği üzere iklim değişimi, insanların artan besin gereksinimi üzerinde baskı yapar. Toprak özelliklerinin bozulmasına ve üretim potansiyelinin düşmesine neden olur. Dünyanın kurak bölgelerinin çoğunda bu olay yaşanmıştır ve bu süreç "çölleşme" sözcüğüyle ifade edilmiştir. Yeryüzünün yaklaşık olarak % 40-45'inin bu anlamda "çöl" olarak nitelenebilecek araziler ile kaplı olduğu bildirilmektedir (Moore, et al . 1996). Böyle bir yargıya, Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından kabul edilen kriterlere göre varılmıştır. Çünkü aşağıda verilen Çizelge 14'teki kurak bölge alanları

toplamı olan % 48 ile Moore et al. ,(1996) tarafından verilen % 40-45 oranı, yaklaşık olarak birbirini tutmaktadır (Çizelge 14 ile karşılaştırınız).

**Çizelge 14. Dünya üzerinde kurak bölgelerin dağılışı  
(UNEP 1992'ye göre Moore, et al. , 1996)**

<i>Kurak iklimler</i>	<i>Kuraklık indisi</i>	<i>Yeryüzünün %'si olarak kurak alanlar</i>
kurak-yarınemli	0.50-0.65	10
yarıkurak	0.20-0.50	18
kurak	0.050-0.20	12
çok kurak	0.050 den az	8
Toplam	-	48

Çizelgede verilen kuraklık indisleri, bölgenin yıllık ortalama yağış miktarının, o bölgenin yıllık ortalama potansiyel evapotranspirasyonuna bölünmesiyle bulunmuştur.

"Çöl" terimi, tartışmalı bir anlam taşımaktadır. Birçok kimse "çöl" denince sıcak-kurak iklime sahip kumlarla kaplı alanları anlamaktadır. Oysa "soğuk çöller" de bulunmaktadır. İlgili sözlüklerde "çöl" ve "çölleşme" aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır (Çepel 1996 ile karşılaştırınız).

Çöl, aşırı derecedeki kuraklık veya düşük sıcaklık nedeniyle bitki örtüsünün gelişmesine ve insanların yerleşip yaşamasına elverişli olmayan çıplak arazilerdir. Oluşum nedenlerine göre "kurak çöller" ve "soğuk çöller" (bunlara buz çölleri de denilmektedir) olarak iki tip çöl ayrıt edilmektedir.

Kurak çöllerin başlıca karakteristikleri şöyle özetlenebilir: Yüzeyleri, genellikle kaya, taş, çakıl veya kumlarla örtülüdür. Çok az bitki yetişir. Yağışlar çok kut olup, yıl içindeki dağılımı düzensiz ve değişkendir. Yağış suları ya yüzeye erişmeden buharlaşır veya sadece yüzeyi nemlendirir. Özellikle gece ile gündüz arasındaki sıcaklık farkları çok yüksektir. Güneşlenme şiddetlidir. Sürekli fırtına veya rüzgâr esmektedir.

Soğuk (buz) çöllerde ise, çok düşük sıcaklıktan dolayı, çok az otsu bitkiler (liken, yosun gibi) yetişebilir. Su, yılın büyük bir kısmında buz halinde olduğundan, bitkiler bu sudan yararlanamaz.

Çölleşme ise şu şekilde tanımlanmaktadır: Çölleşme, doğal iklim değişimleri, ya da insanın doğayı tahribi sonucunda, kurak bölgelerin, çöl koşullarını taşıyan ekosistemlere dönüşmesi olayıdır. Son zamanlarda bu terim üzerinde durularak, 1992 Rio Dünya Zirvesi'nde liderler tarafından aşağıda verilen tanımlamada fikir birliğine varılmıştır (Lean 1995).

"Çölleşme, iklim değişimleri ve insan aktivitesinin de etken olduğu çeşitli faktörlerin kurak, yarıkurak ve yarınemli bölgelerde meydana getirdiği toprak

(arazi) degradasyonudur (özelliklerin bozulması).” Aynı araştırmacı, buna ek olarak şu bilgileri de vermektedir:

- ⊕ Çölleşme, yalnız fakir ve gelişmekte olan ülkelerin bir sorunu değildir. Sanayileşmiş ülkelerden de 18 kadarı çölleşmeden zarar görmektedir.
- ⊕ Lokal koşullardan dolayı meydana gelen göç olayı ile fakirlik ve çölleşme arasında girift bağlantılar bulunmaktadır.
- ⊕ Çölleşme, yalnız iklim değişikliğinden değil, insanların doğal kaynaklara yaptığı aşırı baskıdan da doğabilir.
- ⊕ Çölleşme benzeri süreçler, dünya yüzeyinin % 30’unu tahrip etmektedir.
- ⊕ 110 ülkedeki kurak bölgeler, potansiyel bir çölleşme tehlikesiyle karşı karşıyadır. Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) dünyadaki çölleşmeden doğan zararın yıllık miktarının 42 milyar Amerikan Doları olduğunu tahmin etmektedir. Bu yüzden, dünyanın birçok yerinde kütleler halinde göçler meydana gelmektedir. Bunlara kadar açıklanan insanlığın ekolojik sorunlarıyla erozyon arasında çok sıkı ve girift ilişkiler bulunmaktadır. Çünkü, son yıllarda yapılan bütün uluslararası toplantılarda, yoksullaşmanın ve çölleşmenin nedenleri incelenerek halkta **“TOPRAK KORUMA BİLİNCİ”** uyandırılmaya çalışılmaktadır.

#### **Toprak Kaybı İle Taşkın Afetleri Arasındaki İlişkiler**

Toprak taşınması ile, en üstteki organik madde bakımından zengin, verimli toprak tabakalarının ortadan kalktığına daha önce değinilmişti. Toprağın üst kısmı, humus etkisiyle kırıntılı ve iri gözenekler bakımından zengindir. Bu özellik, toprağa yağış sularını sünger gibi emme yeteneğini kazandırmaktadır. Böylece yağış sularının büyük bir kısmı toprak içine girmekte ve yüreyden akan su miktarı iyice azaltılmış bulunmaktadır. Daha önceki bölümlerde, orman topraklarıyla ilgili olarak yapılan açıklamalarda, bununla ilgili somut örnekler ve sayısal değerler verilmişti. Bu örneklerden kolayca anlaşılacağı üzere, üstteki sünger yapıdaki tabakalarını kaybetmiş topraklara düşen yağışların, hemen hemen hepsi, yüzeysel akışa geçmekte ve eğim yönünde hızla akmaktadır. Bu gibi koşullarda sel dereleri kolayca oluşmakta ve taşkın olayları meydana gelmektedir. DSI Genel Müdürlüğü’nün 1955-1976 yılları arasındaki 20 yıllık bir süre için yaptığı sel ve taşkın afetleri incelemesi sonucunda şu acı bilanço ortaya çıkmıştır.

- ⊕ 16 milyon hektarlık tarım arazisi erozyondan zarar görmüştür.
- ⊕ 25.000 değişik tipte bina tahrip olmuştur.
- ⊕ 116 kişi yaşamını yitirmiştir.
- ⊕ 40.000 hayvan telef olmuştur.

Ayrı bir envantere göre ise, 1988-1993 yılları arasında geçen 5 yıllık sürede sel, taşkın ve arazi kayması ile çıkış afetleri sonunda meydana gelen can kaybı 543 olarak belirlenmiştir.



Doğanın tahribi, özellikle mera ve orman gibi erozyonu önleyici sürekli bitki örtüsünün yer yer ortadan kaldırılması sonucu, ülkemizde 80 yılı aşkın bir süreden beri sel ve taşkın afetleri, çığ düşmeleriyle hem can, hem de mal kayıpları meydana gelmiştir. Ekoloji uzmanları, doğanın kendisine karşı işlenen suçları hafızasına kaydettiğini ve suçluları cezalandırmak için yüce divan kurduğunu ifade etmektedirler. Ülkemizde meydana gelen can ve mal kayıplarına bakılırsa, bu Yüce Divanın bizler için de birçok kez kurulduğu ve 1910 yılından beri binlerce kişinin idamına karar verildiği anlaşılmaktadır (Çizelge 15 ile karşılaştırınız).

Buraya kadar yapılan ve erozyonu zararlı sonuçlarıyla ilgili bulunan açıklamalar, aynı zamanda erozyonla mücadelelerin gerekçesi olarak kabul edilebilir. Erozyonla mücadele güç ve pahalı bir uygulamadır. O nedenle hangi erozyon şiddet derecesinde mücadeleye başlanması hususu tartışılmaktadır. Bazılarına göre, hafif veya orta şiddet derecesindeki erozyona sahip arazilerde erozyon kontrolüne öncelik verilmelidir. Bunun hem daha ekonomik, hem de başarı derecesinin yüksek olacağı ifade edilmektedir. Ancak hafif erozyonla mücadeleye başlamak için, erozyon derecesinin kritik sınırının ne olacağı hususunda bazı darboğazlar bulunmaktadır. Bu güçlüğü aşmak için bir çare olarak "kabul edilebilir toprak kaybı" (tolerable Soil Loss) kavramı ortaya atılmıştır. Bu kavram, aynı zamanda toprakla meydana gelen çevre kirlenmesini belirlemede bir sınır değeri olarak da kabul edilmektedir. Aşağıda bu konuda bilgi verilmiştir (Troeh, et al. , 1991 ile karşılaştırınız).

**Çizelge 15. Doğayı tahrip ederek yarattığımız taşkın ve çığ afetlerinin can kaybı bilançosu (Günay 1992 ve 1995)**

Tarih	Taşkın, toprak kaymaları ve çığ afetleri	Can Kaybı
1910 yılı	Tokat-Behzat Deresi Taşkını	2000
1929 Temmuz	Of-Sürmene Taşkını	146
1948 Haziran	Amasya Taşkını	155
1957 Eylül	Ankara-Hatip Çayı Taşkını	185
1959 Mayıs	Trabzon-Çaykara Taşkını	45
1988 Haziran	Maşka-Çatak Toprak Kasmaı	65
1990 Haziran	Trabzon ve Çevresi Taşkını	57
1991 Mayıs	Elâzığ-Tunceli-Bingöl-Muş-Malatya Taşkını	30
1995 Temmuz	Isparta-Senirkent Taşkını	74
1995 Ağustos	Rize-Çayeli Taşkını	6
1995 Kasım	İzmir Taşkını	61
1995 Kasım	Isparta Sütçüler Taşkını	5
1992 Kış	Güneydoğu ve Doğu Anadolu Çığ Afeti	200
1993 Kış	Bayburt Yöresi Çığ Afeti	40

#### 4.3.5. Kabul Edilebilir Toprak Kaybı

Kabul edilebilir toprak kaybı şu şekilde tanımlanmaktadır : "yüksek düzeyde ve ekonomik balımdan sürdürülebilir ürün verimine engel olmayan maksimum toprak kaybıdır". "Toprak Kaybı Toleransı" şeklinde de ifade edilen bu terim, optimum ürün verimine yeterli olacak toprak derinliğini bozmayan toprak kaybı anlarmında da kullanılmaktadır. Bu niteliklere sahip toprak şu şekilde tanımlanmaktadır: Yüksek ederdece ürün verimi için yeterli besin maddesi ve organik materyale sahip, ayırtı erozyonu olmayan bir toprak, bu hususta temel dayanak olarak alınabilir. Bu konuda yapılan çalışmalara göre ve yukarıda açıklanan esaslar temel alınarak, ilk öneri olarak toprak kaybı tolerans değerleri 4.94-14.8 ton/ha/yıl olarak ortaya atılmıştır. Daha sonraları, bu değer yüksek bulunduğu için, bunun yerine 1-5 ton/acre/yıl ölçü olarak verilmiştir. 1 acre 4050 m<sup>2</sup> olduğuna göre hesap yapılırsa hektar cinsinden bu 2.47-12.35 ton/ha/yıl şeklinde ifade edilebilir (Troeh, et al., 1991, S.115) Bu sınır değerler şunu ifade etmektedir : Bir yılda birim yüzeyden (acre veya hektar) 0.19-0.95 mm kalınlığında bir toprak kaybı toleransla karşılanabilir.<sup>1)</sup> Yani bu miktar toprak kaybı verimliliğini düşürmeyecek bir toprak kaybı olduğundan, erozyonla mücadeleye gerek olmayabilir.

Eğer bir yılda doğal yolla meydana gelen toprak miktarı 0.19-0.95 mm kalınlığında veya bundan daha çöksa, verilen bu kabul edilebilir toprak kaybı değerleri, mantıklı ve normal değerler olarak karşılanabilir. Ancak, bu değerlere birçok bilim adamı tarafından itiraz edilmiştir. Çünkü normal koşullarda ve doğal olarak bir yılda bu kadar toprak (0.19-0.95 mm veya 2.47-12.35 ton/ha) meydana gelmediği bildirilmektedir. Bunun kanıtı olarak da Hallberg, et al. (1978) ve Kohnke and Bertrand'a (1959) ait araştırma sonuçları gösterilmektedir. Bu araştırmaları ait toprak oluşum hızıyla ilgili sonuçlar bir çizelge halinde verilmiştir (Çizelge 16).

Çizelge 16. Değişik doğal koşullarda meydana gelen toprak oluşum hızları (Hallberg, et al. 1978 ve Kohnke and Bertrand 1959)

oluşan toprak kalınlığı (cm)	oluşum süresi (yıl)	oluşum derinliği (cm)	bir yılda oluşan toprak kalınlığı (mm)
10	100-125	A-korizonu, normal üst topraktan 60 cm derinde	0.8-1.0
2.5	58	Buzul sedimentlerinde, 2.5 cm derinde	0.43
2.5	700	Gömülü koşullarda, 60 cm derinde	0.17
2.5	1000 yıldan çok	Gömülü koşullarda, 100 cm derinde	0.025

1) Bir hektarlık alandan 2.47 ton toprak götürülürse, toprağın hacim ağırlığı 1.3 ton/m<sup>3</sup> olarak kabul edilirse, bu kaybın bir hektar genişliğindeki toprak yüzeyinden geçen 0.19 mm kalınlığında bir toprak tabakası olduğu sonucuna varılır (10000 X 0.00019 X 1.3 = 2.47). Aynı hesaplama yöntemiyle 12.35 ton/ha/yıl, 0.95 mm kalınlığında bir toprak tabakasının eşdeğeridir.

Çizelgenin incelenmesinden kolayca anlaşıacağı üzere, hemen hemen hiçbir koşulda, hatta en elverişli koşullara sahip üst toprak korizonunda bile, doğal olarak bir yılda meydana gelen toprak 0.95 mm'yi geçmemektedir. Genel olarak bu miktar 0.025-0.43 mm arasında değişmektedir. Buna göre, kabul edilebilir yıllık toprak kaybı olarak verilen 0.19-0.95 mm kalınlığındaki toprak tabakası (1.469-12.345 ton/ha/yıl), doğal yolla oluşan toprak miktarından çok olduğu için, bu değerlere birçok araştırmacılar itiraz etmiştir. Bu itirazları haklı görmek gerekir. Çünkü doğal yolla yeni toprak oluşumu denince, genellikle derinlerdeki anataş veya anamateryal üzerinde oluşan toprak anlaşılmalıdır. Bu ise, yüzeyde A-horizonunda veya gevşek buzul sedimentlerinin üzerinde görece olarak kısa zamanda oluşan topraklarla karşılaştırılmayacak kadar uzun zaman süresinde, örneğin binlerce yılda meydana gelir. Gerçekten, çizelgenin son iki satırındaki değerler 2.5 cm kalınlığında bir toprak tabakasının 700 yılda, hatta 1000 yıldan daha uzun bir sürede meydana geldiğini göstermektedir. Birçok araştırmacılar bu nedenle, kabul edilebilir toprak kaybına ait gerçekçi sınır değerleri bulmak amacıyla çalışmalarına devam etmektedirler. Hatta bu konuda bazı matematiksel formüller de geliştirmişlerdir. Ancak bunlar, bu kitabın yazılış amacının dışında kalan ayrıntılar olduğu için, üzerinde durulmayacaktır.

Bunlara kadar verilen değerleri ve yapılan tartışmaları, ülkemizdeki toprak kayıpları için değerlendirmekte yarar görülmüştür. Daha önce de vurgulandığı gibi ortalama olarak ülkemiz topraklarının 1 km<sup>2</sup> genişliğindeki yüzeyinden her yıl 600-820 ton toprak, erozyonla taşınmaktadır. Bu toprak kaybının kalınlık olarak değeri 0.5-0.7 mm'ye eşdeğerdir (toprak lümen ağırlığı 1.2 kabul edilmiştir). En iyimser tahminle, çizelge 16'daki verilere göre, 2.5 cm kalınlığında toprak tabakası 700 yılda oluşsa, yılda 0.17 mm kalınlığında doğal toprak kazancı var demektir. Bu duruma göre doğal yolla meydana gelen toprağın 3-4 katı toprak miktarı erozyonla kaybediliyor demektir. Çizelgede verilen değerlerden, bir yılda oluşan toprak miktarı 0.025 mm, ülkemiz koşullarına uygun kabul edilse, buna göre ülkemizde erozyonla meydana gelen toprak kaybının, doğal yolla oluşan miktarın 20-30 katı olduğu anlaşıyor. Bu sayısal değerler, erozyonla mücadele eyleminin ülkemiz için ne kadar acil olduğunu göstermektedir.

#### 4.3.6. Erozyon Zararlarının Ekolojik Fiyatlandırılması

Toprak kaybının para ile ifade edilecek ekonomik sonuçları bulunmasına karşın, bunların içine girebilecek ekolojik nitelikteki zararların parasal olarak değerlendirilmesini sağlayacak uluslararası veri toplama sistemi oluşturulmamıştır. Oysa, toprakların sürekli olarak kaybının veya tahribinin ağır bir ekonomik bedeli olacağı herkes tarafından bilinmektedir. Ancak, bu hususta çok az örnekler bulunmaktadır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir (Brown, et al. , 1994 ve 1995) :

- ☛ Dünyada erozyonla bir yılda kaybedilen toprak miktarıyla yeni oluşan toprak miktarı arasında 24 milyar ton fark bulunmaktadır. Her yıl meydana gelen bu toprak kaybının, sadece azalan tarım ve hayvancılık üretimi bakımından yıllık parasal değeri 42 milyar dolardır.

- ⊕ Toprakları koruyan ormanların sadece Avrupa'daki tahribinin ekolojik faturası 30.4 milyar dolardır.
- ⊕ Ormanların yokolmasından dolayı meydana gelen su taşkınlarının meydana getirdiği zararlar ile, akarsuların ve barajların toprakla dolması sonucu meydana gelen yıllık ekolojik zararların miktarı 16.9 milyar dolardır.
- ⊕ Hindistan'da ormanlar, düzenli su rejimi sağlayarak, toprak kaybına ve sel, taşkın afetlerine engel olmaktadır. Bunun yıllık ekolojik gelir miktarı 72 milyar dolarlık bir kazançtır.
- ⊕ Dünya üzerindeki ormanların, toprak kaybını önlemedeki etkilerinden sadece baraj göllerindeki enerji ve sulama suyu için sağladığı kazanç payının yıllık değeri 6 milyar dolardır.

Buraya kadar verilen ekolojik fiyatlandırma değerleri, dünyada ve belirli ülkelerde yapılmış araştırmalarından alınmıştır. Ülkemiz için de benzer ekolojik fiyatlandırma yöntemleri uygulanarak bazı çarpıcı değerler bulunabilir. Örneğin ülkemizden yılda erozyonla kaybedilen toplam toprak miktarı 500 milyon ton olduğuna göre, sadece buğday ekimi yapılan tarlalardan yılda ve günde kaç tane ekmeği yok ettiği hesaplanabilir. Devlet İstatistik Enstitüsü 1993 İstatistik Yılı verilerine göre buğday tarımı yapılan tarlaların alanı ve bir hektardan alınan buğday miktarı esas alınarak bir hesap yapılırsa, sadece buğday tarlalarından götürülen toprakla, yılda 100 milyon tane, günde 274.000 tane ekmeğin (250 gramlık) yok edildiği sonucuna varılır. Fınlarnın tezgâhlarında nar gibi kızarmış şekilde yerimi almıdan, nehirlere, göllere ve denizlere taşınan bu ekmeğin yıllık olarak parasal değeri 1.8 trilyon, günlük değeri ise 4.9 milyar TL'dir. Bu hesaplar bir ekmeğin 18.000 TL olduğu düşünülerek yapılmıştır. Aynı şekilde erozyonla yokedilen organik ve inorganik toprak materyali ile kaybedilen su miktarı hesaplanarak bunların kullanma suyu ve enerji üretme değerleri kolayca paraya çevrilerek ekolojik fiyatlandırma yapılabilir.

## 5. TOPRAK EROZYONUNA KARŞI ALINABİLECEK ÖNLEMLER

"Toprak erozyonuna karşı alınabilecek önlemler neler olabilir?" sorusuna karşı verilen yanıtlar incelenirse, bunların çok geniş bir yelpaze içinde değiştiği görülür. Bu konudaki öneriler nitelik bakımından iki grupta toplanabilir. Bunlardan biri, erozyonu önleme için peşinen üzerinde durulması gereken genel ilkeleri, diğeri de bu husustaki yöntemleri kapsamaktadır.

Erozyonu önlemek için üzerinde durulması gerekli genel ilkeler de küresel ve yöresel olmak üzere ikiye ayrılır. Bu ilkeler, özet olarak ve sırasıyla aşağıda verilmiştir (Brown, et al., 1995 ve Balci 1996).

### Küresel Önlemlere İlişkin Genel İlkeler

Bunların başlıcaları şunlardır :

- ❖ Dünya üzerinde meydana gelen iklim değişikliklerinin önlenmesi
- ❖ Stratosferdeki ozon tabakasının korunması
- ❖ Dünyanın yeniden ağaçlandırılması
- ❖ Mevcut biyolojik çeşitliliğin korunması
- ❖ Nüfus artış hızını durdurmak için ölümlerle doğumlar arasındaki dengenin sağlanması
- ❖ Tahribat ve yıpranma kısır döngülerinden kurtulma
- ❖ Dünyanın üçte birini oluşturan kuru topraklarda yaşayan ve dünyanın en fakir insanların oluşturduğu 600 milyon çiftçiye ait toprakların verimliliğinin artırılması
- ❖ Toprakların, toprak-su-bitki dengesinin korunması konusunda bilinçlendirilmesi
- ❖ Tarımı destekleyen doğal sistemlerin korunması
- ❖ Erozyonla kaybedilen toprak miktarının, doğal oluşumla meydana gelen toprak miktarından daha az olmasını sağlama
- ❖ Genetik kaynakların ve buna bağlı olarak tüm biyolojik zenginliklerin korunması
- ❖ Dünyanın taşıyabileceği yük hakkındaki yeni bilgiler, bugüne kadar mevcut olmayan bir bilinçlendirme ve eğitim gereksinimi beraberinde getirdiğinden, bu konuda her düzeyde bilgilendirme ve bilinçlendirme aktivitesine zaman geçirmeden başlanması

### Bölgesel ve Yöresel Önlemlere İlişkin Genel İlkeler

Bu ilkeler, erozyon kontrolü için yapılacak her türlü uygulamalı çalışmaların başarılı, isabetli ve etkili olabilmesi için peşinen yapılması gerekli envanter çalışmalarını kapsamaktadır. Bunların başlıcaları şunlardır :

- ❖ Şiddetli ve sürekli yağış mevsimlerinde toprak üzerindeki bitki örtüsünün durumunu belirlemek
- ❖ Yağışların potansiyel gücünü saptamak

- ⊛ Toprak özelliklerine, anamateryale ve jeolojik yapıya göre toprağın erozyon eğilimi indeksini hesaplamak
- ⊛ Erozyon bakımından tehlikeli yağışların egemen olduğu dönemlerde bu tehlikeyi azaltacak, yöreye uyum sağlayacak, ekonomik değeri yüksek ürün yetiştirilmesi esasına dayalı bir tarım planı yapmak ve uygulamak
- ⊛ Erozyon, sedimentasyon, sel taşkını olaylarında hangi ekolojik faktörlerin baskın rol oynadıklarını belirlemek
- ⊛ Söz konusu bölgede veya yörede sosyo-ekonomik koşulları analiz etmek
- ⊛ Geçmişte yapılan erozyonla mücadelede karşılaşılan güçlükleri, elde edilen sonuçları ve uygulanan yöntemleri belirlemek.

Bütün bunları çok iyi analiz ederek ve değerlendirerek, planlama ve programlamayı ona göre yapmak.

### **Erozyonla Mücadele İçin Önerilen Uygulamalı Yöntemler**

Bu husustaki öneriler genel olarak şu şekilde ifade edilmektedir :

- (1). Teknik Önlemler
- (2). Biyolojik Önlemler
- (3). Yönetsel-Toplumsal Önlemler

Bazen de ilk ikisi birleştirilerek iki grup önlem önerilmektedir.

- (1). Teknik ve Biyolojik Önlemler
- (2). Yönetsel -Toplumsal Önlemler

Bazı araştırmacılar da, aralarındaki organik bağlar nedeniyle, bu önlemlerin yasal-yönetsel-teknik-kültürel önlemler olmak üzere, birbirini tamamlayıcı nitelikte ve integre bir şekilde alınmasını önermektedirler.

“Temel Uygulama Yöntemleri” olarak ifade edilen bu öneriler, genel ilkeler olarak aynı niteliği taşımakla birlikte, uygulama şekilleri orman, mera ve tarım alanları için ve toplumsal ilişkilerde farklılık arz eder. O nedenle önce, erozyonu önleme için kullanılan teknik, biyolojik ve yönetsel-toplumsal önlemlerin ne olduğu, genel olarak tanıtılacak, ondan sonra da orman, mera ve tarım alanları bakımından alınabilecek önlemler ayrı ayrı açıklanacaktır.

### **1. Erozyonu Önlemede Alınabilecek Teknik Önlemler**

Bu önlemlerin amacı, aşırı derecede erozyona uğramış alanları teknik objelerle donatarak, bu alanların bitkilendirilmesini sağlayacak elverişli ortamı yaratmaktır. Söz konusu objelerle yüzeysel akış suyunun miktar ve hızı, dolayısıyla aşındırıcı gücü azaltılmaya çalışılmaktadır (Çelik 1997). Bunların başında teraslar gelir. Teraslar veya sekiler, yamaç eğimine dik olarak yapılan teknik objelerdir. Bunların başlıca etkisi, yüzeysel akış sularının hızını kesmek, bunların büyük bir kısmının teras kanalları içinde toplanmasını sağlamaktır. Böylece yağış sularının toprak içine sızan miktarları

da artırılması olur. Bir kısmı da yamaç dışına su akıtacak şekilde yönlendirilir (Resim 14).



Resim 14. Yamaç arazide erozyonu durdurmak için yapılan seki teraslar (Orman Bakanlığı Arşivi, Foto Çelikkol).

Teraslar kullanıldıkları yere göre tarım, mera ve orman alanlarına ait teraslar olmak üzere üçe ayrılır. İşlevlerine göre ise, "akutisi teraslar" (eğimli arazide) ve "emdirici teraslar" (az eğimli arazide) olmak üzere ikiye ayrılır.

Terasların dışında diğer bazı teknik objeler de vardır. Bunların başlıcaları ıslah barajları, mahmuzlar, kafes tel eşikler, kuru eşikler, örme çitler, çalı demetleri, v.b. Bunların hepsi ayrı teknik uygulanarak yapılır. Hangi koşullarda, nerelere hangi tür teknik objelerin yapılmasına karar verilmesi ve uygulanması, özel uzmanlık ister, o nedenle bunların tekniği üzerinde durulmayacaktır.

## 2. Erozyonu Önlemede Alınabilecek Kültürel (Biyolojik) Önlemler

Bitkilendirme önlemleri bu grubu oluşturmaktadır. Daha önceki bölümlerde de açıklandığı üzere mera ve orman gibi sık bitki örtüsü, erozyonu önlemede en etkin faktörlerdir. Bu nedenle bitkilendirme ile alınacak önlemler "otlandırma", "çalılandırma" ve "ağaçlandırma" olarak başlıca üç gruba ayrılır. Bunlar da aralarında çeşitlilik arz eder. Örneğin "tam alanda bitkilendirme", "çizgi ot ekimi", "ot kesekleriyle kaplama" gibi çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Bu hususta ayrıntılı bilgi verilmesi gerekli görülmemiştir. Çünkü bunlar özel uğraş alanlarıdır.

Ormanlıkta erozyonla mücadele kuruluşlarının tarihçesi şöyle özetlenebilir:

- ⊕ 1956 yılından itibaren Orman Başmüdürlükleri bünyesinde "Ağaçlandırma Grup Müdürlükleri" kurulmaya başlanmıştır.
- ⊕ 1957 yılından itibaren erozyon tehlikesi çok olan Orman Başmüdürlüklerinde "Toprak Muhafaza ve Mera Islahı Grup Müdürlükleri" kuruluşuna geçilmiştir.
- ⊕ 1969 yılında Orman Bakanlığı ve aynı yıl, Bakanlık bünyesinde "Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrol Genel Müdürlüğü" kurulmuştur. Bu Genel Müdürlük, nedenleri bugün bile anlayılamamış bulunan bir kararla 1982 Mart ayında kaldırılmıştır.
- ⊕ Aradan uzun bir süre geçtikten sonra son yıllarda bu Genel Müdürlük yeniden kurulmuştur.

### 3. Erozyonu Önlemede Alınabilecek Sosyolojik Önlemler

Erozyonu önleme, toprak verimliliğini artırma gibi çabaların hepsi insan içindir. O nedenle toplumsal sorunların veya süreçlerin incelenmesi ve buna göre, bu konuda alınabilecek önlemlerin ortaya konması büyük bir önem taşımaktadır. Bu hususta özellikle, sosyo-ekonomik çözümler, öğretim-çğitim, ekolojik ahlak, yasal düzenlemeler gibi toplumsal önlemler başarı için büyük önem taşımaktadır. Bu önlemlerin alınma şekilleri, nedenleri ve uygulamaları çeşitli alanlarda ve temelde aynı olmakla beraber orman, mera, tarım ve sosyal ilişkiler alanlarında kendine özgü şekil ve karakteristiklere sahiptir. O nedenle sözkonusu bu alanlarda, erozyon için alınabilecek önlemler ayrı ayrı açıklanacaktır.

#### 5.1. Orman Alanları İçin Alınabilecek Erozyon Önlemleri

Erozyon kontrolünün da içinde bulunduğu Türkiye Ormanlık politikasının esasları ilk olarak 1922 yılında T.B.M.M. açılış konuşmasında Ulu Önder Atatürk tarafından dile getirilmişti. Bu esaslar 1937 yılında çıkarılan ilk Orman Kanunu'nda yer almıştır. Sözkonusu bu 3116 sayılı Orman Kanunu'nun 79. maddesi erozyonla mücadeleye ilişkin hükümleri içermektedir. Bugünkü içlikenin 60 yıl önce (1937-1997) görülmesi nedeniyle bir özellik arz eden bu madde aşağıda aynen verilmiştir :

*Madde 79-Devlet ormanlarının sınırları içindeki aralık ve çay kenarlarını ve bunların kaynaklarını tanzim etmek, sellerin husulüne ve yer kaymalarına mani olacak her türlü tahkimat ve inşaatı yapmak Orman İdaresi'nin vazifesidir. Ancak Devlet Ormanı içinden geçen zimendiler hattının, yasaların ve her nevi tesisatın tahkimi ve tamiri Orman İdaresi'ne malumat verilerek alâkaidir daire veya bunların sahipleri tarafından yapılır.*

Toprak erozyonunu önleme konusunda, ülkemizde bilinçli, amacına ve tekniğine uygun havza düzeyinde bir projeye dayalı ilk çalışma 1955 yılında Orman Genel Müdürlüğü tarafından Tokat-Belzaz Deresi Havzası'nda başlamıştır (Görçelioglu 1981). Bu derenin taşkınla neden olduğu bir gecede 2000 can kaybindan çok sonra, bu havzada gerçekleştirilen erozyonla mücadele çalışmaları, bu yörede can ve mal güvenliğini ancak başarılı bir ağaçlandırmaıyla sağlamıştır (Resim 15). Burada elde edilen üstün başarıdan sonra ormanlık faaliyetleri içinde, erozyonla mücadele önemli bir yer almış ve başarılı çalışmalar yapılmıştır. Bunun en tipik örnekleri Malatya Şiro çayı ve Kuruçay havzaları ile Adana Çakıt çayı havzasında ve daha birçok yerde yapılan çalışmalardır (Resim 16,17 ve 18). Bu hizmeti uzun yıllar yürütmüş ve halen yürütmekte olan kuruluşların tarihçesi şu şekilde özetlenebilir (General Directorate of Forestry 1989, Özyuvacı ve Hizal 1990):





**Resim 15.** Tokat-Behrut Deresi Havzasında erozyonla mücadele amacıyla yapılan başarılı bir ağaçlandırma çalışması. 1955 yılında başlayan bu çalışma yörede can ve mal güvenliğini sağlamıştır (Foto: Çelik).



**Resim 16.** En şiddetli erozyon bölgelerinden biri olan Adana-Çukur Çayı havzasında Orman Genel Müdürlüğü'nün başarılı bir erozyonla mücadele çalışması (Foto: Çelik).



**Resim 17.** Orman Genel Müdürlüğü tarafından Malatya Şiro Havzasında, teknik ve kültürel önlemlerle elde edilen başarılı bir erozyon kontrol çalışması (Birinci 1988).



**Resim 18.** Malatya Kuruçay Havzasında meşe tohumu ekimi ve sarıçam dikimi ile elde edilen başarılı bir erozyonla mücadele çalışması. Ortada görülen çıplak yamaçlarda 1986 yılında teraslama ve fidan dikimi yapılmıştır. -Tepelun- (Birinci 1988).

Sözkonusu bu kuruluşun görev ve aktiviteleri şu şekilde belirlenmiştir. "Toprak aşınma ve taşınmalarını önlemek için ırmak, dere, çay kenarlarını ve bunların kaynaklarını düzenleyerek sellerin, taşkınların ve bunların meydana gelmesine ve arazi kaymalarına engel olacak her türlü önlemi almak, aldirtmak, ağaçlandırmalar yapmak ve yaptırmak."

Bugün yalnız orman rejimi içinde kalan ormanlık alanların 2,850,000 hektarında erozyonla mücadele gerekmektedir. 1955-1987 yılları arasında 193,618 hektarlık alanda erozyonla mücadele çalışmaları yapılmış, gerekli teknik ve kültürel önlemler alınmıştır. Bu miktarın 68,634 hektarı son 5 yılda yapılmıştır. Ayrıca orman içi mera alanlarında da 1955-1987 yılları arasında erozyonla olarak 54,640 hektarlık alanda mera ıslahı yapılmıştır (General Directorate of Forestry 1989). Ne yazık ki bu çalışmalar son 10 yıl içinde çok azalmıştır. Yalnız son yıllarda bir gerçeğin farkına varılmıştır, o da şudur : Orman rejimi içinde yaklaşık olarak 3 milyon hektar ormanlık alanlarda ve orman içi meralarda erozyonla mücadele ve mera ıslahı sadece Devlet olanaklarıyla yapılamayacaktır. O nedenle bu hususta Özel Sektörden de yararlanma düşünülmüştür. Bunun gerçekleştirilmesi amacıyla ağaçlandırma çalışmalarında uygulanan ihale sistemine toprak koruma çalışmalarında da yer verilmiştir. Bu yöntemle 1987 yılında Burdur, Afyon, Kütahya, Amasya, Ankara ve Akşehir Bölgesinde toplam 851 hektar alanda erozyonla mücadele çalışmaları gerçekleştirildiği bildirilmektedir (General Directorate of Forestry 1989).

Orman varlığının bütün dünyada ve ülkemizde artan hızla tahrip edilmesi de, hem erozyonla mücadele edilmesi gerekli alanları genişletmekte, hem de mücadeleyi güçleştirmektedir. Brown, et al. (1995) e göre, bütün dünyada orman varlığı 1700 yılında 4.5 milyar hektar iken, bu miktar 1900 yılında 3.4 milyar hektara inmiştir. Bunun anlamı dünya orman varlığının yaklaşık dörtte birinin 200 yıl içinde ortadan kalkmış olmasıdır. Bu gidişle 2010 yılında kişi başına düşen orman alanı % 7 oranında azalmış olacaktır. Bu nedenle yüzyılımız sonuna ererken insanlık birçok sorunla karşı karşıya bulunmaktadır. Bunların başında, yeşil örtünün azalması ve gelecek kuşaklar için kişi başına düşebilecek ekilebilir alanın hızla küçülmesi gelmektedir. Böyle bir durum, orman alanlarında alınabilecek erozyonla mücadele önlemleri için şu iki ilkenin göz önünde bulundurulmasını zorunlu kılmaktadır:

(1). Ekolojik dengenin bozulmadığı yöre ve bölgelerde bulunan ormanların çevrelerini erozyon, sedimentasyon, sel ve taşkın gibi olaylardan koruma özelliği mutlak surette devam ettirilmelidir. Bu da ancak "Toprak Koruma Ormanları"nın ayrılmasıyla başarıya ulaşır. Bu konu, daha sonra ayrıntılarıyla açıklanacaktır.

(2). Ekolojik dengenin bozulduğu havzalarda erozyon, sedimentasyon ve taşkın olaylarının kontrolü için gerekli teknik ve kültürel önlemler alınmalı ve böylece ekolojik dengenin yeniden kurulmasına çalışılmalıdır (Ozyuvacı ve Hizal 1990 ile karşılaştırınız). Bu önlemlerin neler olabileceği ana çizgileriyle daha önce açıklanmıştır. Uygulamalar ise ayrı bir uzmanlık dalı olduğundan, bu önlemlerin teknik ve kültürel ayrıntıları üzerinde durulmayacaktır. Yalnız yukarıda sözkonusu edilen "Toprak Koruma Ormanları" bizim için yeni bir kavram olduğundan, hem de

ülkemiz için çok etkili sonuçların alınmasını sağlayabileceğinden bu konu üzerinde durulacaktır.

### **Toprak Koruma Ormanları**

Toprak koruma ormanlarının ayrılması veya kurulması, ekolojik dengenin, daha başka bir anlatımla toprak-su-bitki dengesinin henüz bozulmadığı yerlerde çevreyi erozyondan, sel baskınları ve sedimentasyondan korumak için alınabilecek en etkili önlemdir. Gerçekten, ormanlık alanlarda, erozyona karşı alınabilecek önlemlerin en başında, çok eğimli arazilerdeki ormanların "Toprak Koruma Ormanı" olarak ayrılması gelmektedir. Plânlı ormancılık yapılan bütün ülkelerde, eğim derecesi % 58 den (30° den) yukarı olan ormanlık arazide, normal orman işletmeciliğinin gerektirdiği üretim faaliyeti yapılamaz. Bunlar toprak koruma ve su rejimini düzenleme görevlerini yapabilmeleri için, olduğu gibi korunurlar. Başka bir ifadeyle "Toprak Koruma Ormanı" olarak ayrılırlar. Bu konuda Almanya Federal Cumhuriyeti'nde çok başarılı uygulamalar olmuştur. Bu ormanlardan istenen işlevler ve erozyona neden olan faktörler göz önünde bulundurularak, bu ormanların ayrımı için bilimsel ve teknik esaslar ortaya konmuştur. Bunların neler olduğu hakkında Eribeck (1974) e dayanarak özet bilgiler verilecektir.

### **Toprak Koruma Ormanı Nedir ?**

Toprak koruma ormanı, kendi alanındaki ve komşu çevredeki yetişme ortamlarını su erozyonu, kar ve rüzgâr erozyonu, toprak kaymaları, kitle halinde yüzeysel toprak akmaları ve çıplaklaşma tehlikelerinden koruyan ormanlardır.

### **Toprak Koruma Ormanlarının İşlevleri Nedir ?**

Bu orman, kendisi ve çevresi için şu ekolojik işlevlere sahiptir :

- ⊕ Yüzeysel akışı azaltarak, toprağı aşındırma ve taşıma etkisini zayıflatır.
- ⊕ Toprağı kök ağı ile mekanik olarak bağlar.
- ⊕ Rüzgâr hızını azaltarak, taşıyıcı ve aşındırıcı gücünü zayıflatır.
- ⊕ Çok derin toprak tabakalarına, hatta kaya çatlaklarına kadar inen kökleriyle, toprak kaymasını (heyelânı) önler.
- ⊕ Transpirasyonla su harcayarak toprak suyunu azaltır. Kökleriyle iyi bir drenaj sağlar. Böylece yağış sularının su geçirmez tabakalarda birikmesini ve üzerindeki toprağın kitle halinde ve eğim yönünde kaymasını engeller.
- ⊕ Sağ ve taşlı topraklarda, bu toprakların kayması ve içindeki humuslu kısımların yok olup gitmesini engeller.
- ⊕ Sık orman örtüsü, karların eğim yönünde kaymasını, büyük kar kitlelerinin koparak eğim yönünde göçüp gitmesini ve çığların meydana gelmesini önler.

Orman rejimi içinde bulunan, fakat toprak koruma ormanı olarak ayrılmaya elverişli bulunmayan eğimli arazilerde ise, erozyona karşı alınabilecek önlemler şu şekilde açıklanabilir.

Orman içindeki boş yerler teras dikimi yapılarak ağaçlandırılmaktadır. Bu ormanlarda tıraşlama kesimi yapılmaz, seçme kesimi yapılır. Ormanlardan geçirilecek yollar, toprak kaybı ve arazi kaymalarına neden olmayacak bir teknikte geçirilmelidir. Bunun için de geçirilecek yolların yeri, yol çukurasının yoğunluğu ve yol yapı tipi üzerinde plânlama yapılırken erozyonu etkileyen lokal doğal faktörler mutlak surette göz önünde bulundurulmalıdır. Özellikle o yerin ana materyali, jeolojik yapısı, toprak karakteristikleri, arazinin eğim, baki gibi yerel karakteristikleri ve drenaj koşullarıyla iklim özellikleri çok iyi incelenmelidir.

Orman varlığı yalnız toprağı değil, bu toprak üzerindeki ve içindeki diğer canlı varlıkları da korur. O nedenle ormanlar biyolojik zenginliklerin en güvenli yaşam mekânlarıdır (Resim 19).



Resim 19. Bolu-Aladağ Sarıçam Ormanlarının, gençleştirilme amacıyla çeri şeklinde tıraşlama kesildiği çok küçük bir alanda topraktan adeta fıskıran bitkisel biyolojik zenginlik (Foto :Çepel)

### Toprak Koruma Ormanlarının Ayrılması Ölçütleri

Erozyon, birçok faktörlerin etkisi altında meydana gelen bir süreçtir. Bunların bireysel olarak etkilerini tahmin etmek çok güç olduğu gibi, ortak etkileşimini de ortaya çıkarabilmek kolay değildir. O nedenle, toprak koruma ormanlarının seçilmesi

ve ayrılması bakımından, her yer için geçerli olabilecek genel kurallar verilemez. Bütün bu nedenlerden dolayı ve erozyona neden olan faktörler çok çeşitli olduğu için, toprak koruma ormanlarının seçilmesi ve sınırlandırılmasını kolaylaştırarak bazı mantıksal düşüncelere dayanan kriterler (ölçütler) verilebilir. Bu hususta temel ilke, erozyonla ilgili çeşitli faktörlerin lokal olarak değerlendirilerek, koruma ormanının sınırlandırılması için bazı yol gösterici esasların ortaya konmasıdır. Bunlara ait bazı örnekler aşağıda verilmiştir :

- ④ Bir yetiştirme ortamında meydana gelebilecek su erozyonu tehlikesi için etkili olan faktörlerin karakteristikleri (yamaç eğimi ve uzunluğu, yamaç yüzünün şekli, toprak özellikleri, topraktan yararlanma şekli, v.b.) değerlendirilir ve ona göre karar verilir.
- ④ Araziye yapılan bazı gözlemlere dayanarak, erozyona karşı alınacak önlemler için durum değerlendirilmesi yapılır. Örneğin orman toprağında çakıl veya kökleri meydana çıkarmış tabaka erozyonu görülüyorsa, bu yetiştirme ortamının erozyon eğilimi yüksek demektir. Bunun gibi sert anakayalardan meydana gelen moloz örtüsünün bulunduğu eğimli, özellikle güneşli bakıların tahrip edildiği ormanlar altında, taş ve çakılların arasındaki ince toprak götürülmüş olabilir. Bu da yeniden ağaçlandırmayı güçleştirir.
- ④ Ormanın komşu çevresindeki tarım alanlarında şiddetli erozyon görüntüleri varsa, buralarda toprak koruma ormanı düşünülebilir.
- ④ Yamaç eğimi için şu değerler bir ölçü olarak verilebilir: Eğim derecesi % 36'yı geçen (20° nin üstünde) tüm yamaçlarda; eğim derecesi % 30'u geçen (15° üzerinde) killi-tozlu toprak materyaline sahip yamaçlarda toprak koruma ormanı ayrılması yerinde bir önlem olur.
- ④ Akarsulara ait su düzeyinin en yüksek olduğu dönemlerde su altında kalan ormanlarda, eğer kıyı erozyonu tehlikesi varsa, bunlar da aynı şekilde toprak koruma ormanı olarak ayrılmalıdır.

#### **Toprak Koruma Ormanı Ayrılmasının Rüzgâr Erozyonu İçin Koşulları**

Bunun için toprak türü, yağış şekilleri, arazi yüzü şekli ve rüzgâr koşulları dikkate alınmalıdır. Örneğin toprak taneciklerinin çoğunu, rüzgâr tarafından sürüklenebilen 0,1-0,5 mm çapında taneler oluşturuyorsa, toprakta kırıntılilik çok az ise, humus miktarı düşükse, kuru torak koşulları bulunuyorsa, arazi egemen rüzgâr yönüne dönükse, rüzgârın hızını kesici başka bir topografik engel yoksa, buralarda toprak koruma ormanı seçilir ve ayrılır.

Toprak kayna tehlikesi yaratan ekolojik koşulların bulunduğu yerlerde, gevşek sedimentler bakımından zengin yamaçların üst ve alt taraflarında yine toprak koruma ormanlarının seçilmesi gerekir.

Genel olarak şu kural daima göz önünde bulundurulmalıdır : Bir ülkede toprak-bitki arasındaki dengenin kararlı bir şekilde devam etmesi için, o ülkede mevcut

ormanlar korunmalı ve ülke yüzeyinin en azından % 30'unun ormanla kaplı olması sağlanmalıdır.

## 5.2. Mera Alanlarında Erozyonla Mücadele İçin Alınabilecek Önlemler

Türkiye hayvan sayısı bakımından dünyanın ilk yedi ülkesi arasında yer almaktadır. Buna karşılık ülke yüzeyinin % 3'ü (24.334.000 hektar) çayır ve meralarla kaplıdır. Üstelik meralar bakımsız, tahribat çok, tarım alanlarına dönüştürülerek hızlı bir tempo ile daha da azaltılmaktadır. Bütün bu nedenlerle, mera ve çayırların mutlak bir koruma altına alınması ve niteliklerinin iyileştirilmesi bir zorunluk haline gelmiştir. Hayvancılığın gelişmesini sağlayarak ülke ekonomisine sağladığı yararlar bir yana, tarım topraklarını da erozyondan koruma yoluyla çok önemli işlevlere sahiptir. Ancak, meraların bu işlevlerini yerine getirebilmeleri, yani bir yandan ülke ekonomisine doğrudan doğruya katkı sağlayabilmesi, öte yandan toprak aşınma ve taşınmasını önleyebilmesi için varlıklarının korunması ve ıslah edilmeleri gerekir.

Buraya kadar yapılan açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere, mera alanlarında erozyonla mücadele için alınabilecek önlemler iki grupta toplanabilir:

- 1) Koruyucu önlemler
- 2) Teknik önlemler

Bunların neler olduğu uzman kişilerin yayınlarından yararlanılarak aşağıda açıklanmıştır (Çelikel 1996, Sağlantımur ve İnal 1997) :

### 1). Meralar İçin Alınabilecek Koruyucu Önlemler

Bunların en önemlileri şu şekilde sıralanabilir:

- ⊕ Otlatılacak hayvan sayısı, olatma mevsimi ve olatma süresi, meranın ekolojik koşullarına göre çok iyi belirlenmelidir. Başka bir anlatımla, meranın olatma kapasitesini aşmadan, olatma yapılmalıdır.
- ⊕ Meraların tahrip edilmesi ve alanlarının küçültülmesinden kaçınılmalıdır. Varlıkları ve gelecekları güvence altına alınmalıdır. Ne yazık ki, şimdiki mera alanı genişliği 1950 yılındaki miktarın yarısına inmiştir.
- ⊕ Mera verimliliğinin sürdürülebilmesi için erken olatma ve uzun süreli olatmadan kaçınılmalıdır.
- ⊕ Meraların mülkiyet ve yararlanma sorunları yasal düzenlemelerle mutlaka çözümlenmelidir. Meralar halen Devletin malıdır. Otundan yararlanma hakkı köy ve beldelere verilmiştir. Ancak, bunlardan nasıl yararlanılacağına ait hiçbir yasal kural getirilmemiştir. Ülkemizde bir mera hukuku düzenlemesi, özellikle mülkiyet esaslarına ve teknik temellere dayalı düzenlemeler yapılmamıştır. Halen TBMM'ne sunulmuş bulunan Mera Kanunu Tasarısı görüşülüp kabul edilirse, bu husustaki büyük bir yasal boşluk doldurulmuş olacaktır.
- ⊕ Meranın her yerinde tekdüze olatma yapılması, ot cins ve türlerine göre uygun hayvan cinsi ile olatma uygulaması gerekmektedir. Ancak böylece meranın verimliliği ve devamlılığı sağlanmış olur.

## 2). Meralar İçin Alınabilecek Teknik Önlemler

Meralarda alınabilecek teknik önlemler şu şekilde özetlenebilir :

- ❖ Teraslama , setleme, rüzgâr perdeleri, mera toprağını gevşetme, yüzeyini yırtma, su birikintisi çukurları açma ve diğer teknik önlemlerle, su ekonomisini düzenleme gibi tüm çalışmalarla, meraların ıslahatlı kalması ve dolayısıyla çok yönlü işlevlerini yapabilmeleri sağlanmalıdır.
- ❖ Gübreleme, tohumla destekleme ve yabancı zararlı otlarla mücadele gibi iyileştirici önlemlerle çayır ve meraların bakımı teknik düzeyde ve eksiksiz olarak yapılmalıdır.
- ❖ Hayvancılık ıslah edilmeli ve yem bitkisi tarımı geliştirilmelidir. Gelişmiş ülkelerde tarım alanlarının % 25-53'ünde yem bitkisi yetiştirilmektedir. Bu oran, bugün ülkemizde % 2 civarındadır. Hayvansal ürün gereksiniminin karşılanması için bu oranın en kısa zamanda % 20'ye çıkarılması gerektiği bildirilmektedir (Çetikel 1996). Hatta, bazı mera uzmanlarına göre bu oran % 30 olmalıdır. Ülkemizin ekolojik koşulları birçok yerlerde yem bitkisi yetiştirilmesine elverişlidir. İyi bir projelendirme yapıldığında başarı kazanılmasının için hiçbir neden yoktur. TEMA Vakfı'nın "verimsizdir, hiçbir işe yaramaz" diye yıllardan beri boş bırakılan tarlalarda "Seben Yem Bitkisi Yetiştirme Projesi" uygulaması ile elde ettiği ümit edilenin üstündeki başarılı sonuçlar bunun en tipik kanıtıdır. Seben'in bir köyünde yapılan bu örnek çalışma, ekilen korunga yem bitkisi ile köye milyarlarca TL gelir sağlamıştır (Resim 20).

TEMA Vakfı'nın bir örnek olmak üzere uyguladığı bu proje, şu gerçeği ortaya çıkarmaktadır: Erozyona karşı etkin bir işleve sahip meraların varlıklarını sürdürülebilmeleri ve ıslah edilebilmeleri için Devlet Kredisi ile yürütülecek küçük çaplı projeler bile büyük ekonomik katkılar sağlayabilecektir.

Buraya kadar özetlenen koruyucu ve teknik önlemlerin uygulanması halinde meralar, sadece erozyonu önleme bakımından değil, ekonomik kalkınma bakımından da çok önemli işlevleri yerine getirebilecektir.

## 5.3. Tarım Alanlarında Erozyonla Mücadele İçin Alınabilecek Önlemler

Tarım alanlarında erozyon kontrolü için alınabilecek önlemlere ilişkin yöntem ve uygulama teknikleri, sözkonusu tarım alanının ekolojik koşullarına göre değişmektedir. Çünkü, erozyon üzerinde önemli derecede rol oynayan faktörler (toprak özellikleri, relief ve iklim karakteristikleri) kısa mesafelerde bile değişmektedir.

Tarım alanlarında erozyonla mücadelede şu iki temel ilke daima göz önünde bulundurulmalıdır:

- 1). Toprağa düşecek yağmur damlalarının kinetik enerjisini azaltacak önlemler alma,
- 2). Yüzeysel akışa geçen suyun miktar ve akış hızını azaltma çabalarını bulmak.



Bu ilkeleri gerçekleştirecek önlemler genel olarak ikiye ayrılmaktadır. Bunlardan biri, "mekanik önlemler veya teknik önlemler" diğeri de "kültürel önlemler veya biyolojik önlemler" dir.

Bunların neler olabileceği, etki dereceleri ve uygulama şekilleri hakkında, çeşitli araştırmacıların yapmış oldukları çalışmaları ve yayınlarına dayanarak bilgiler verilmeye çalışılacaktır (AİD 1987, 1988, 1994, Balcı 1996, Çevik 1996 ve Sarı 1996):



**Resim 20.** TEMA Vakfı'nın, Seben yem bitkisi yetiştirme projesine göre yaptığı korunga ekimi ile, kıraç arazilerde aldığı sonuçların göstergesi olan bir korunga ekim alanı (TEMA Vakfı Arşivi, Foto :Yaşın)

Ayrıntıya girmemek için teknik önlemlerin sadece adlarının verilmesiyle yetinilecektir. Çiftçilerimizi daha çok ilgilendirdiği için kültürel önlemler üzerinde daha çok durulacaktır.

**Teknik veya mekanik önlemler şunlardır :**

- Teraslama veya sekileme yapmak
- Şapırma(kuşaklama) kanalları oluşturmak
- Otlandırılmış su yolları tesis etmek
- Oyuntu ve kıyı erozyon kontrolü çalışmalarının gerektirdiği teknik objeleri yapmak.

Daha önce de değinildiği gibi bunların teknik uygulaması konusunda ayrıntıya girilmeyecek, daha çok kültürel ve yönetsel önlemler üzerinde durulacaktır.

### **Tarım Alanlarında Erozyona Karşı Alınabilecek Kültürel Önlemler**

Kültürel önlemlerin hepsinin ortak amacı, daha önce açıklanan "yağmur damlacıklarının kinetik enerjisini zayıflatmak" ve "yüzeysel akış suyu miktarını ve akış hızını" azaltmaktır. Bu iki amacı gerçekleştirebilmek için gerekli önlemlerin neler olduğu aşağıda açıklanmıştır.

#### **1). Uzun Vadeli Kültür Önlemleri**

Bu hususta neler yapılması gerektiği, yüzlerce yıldan beri elde edilen deneyimlere ve araştırma sonuçlarına göre belirlenmiş olup başlıcaları şunlardır :

- ☛ Su ekonomisi, mevcut yetiştirme ortamı koşullarına göre ayarlanmalıdır. Bu hususta, özellikle sulama yöntemleri ve sulama suyunun niteliği ile verilecek su miktarları, uzmanların önerilerine göre uygulanmalıdır.
- ☛ Tarım alanlarını erozyondan koruyacak konğu çevredeki bitki örtüsü ve teknik objeler, mutlak surette korunmalı ve bakımları yapılmalıdır.
- ☛ Yetiştirme ortamı koşullarına ve özelliklerine göre belirlenmiş toprak koruma programı ve yaptırımlarına mutlak surette uyulmalıdır.

#### **2). Toprak Kırıntınlığı Sağlanmasına İlişkin Önlemler**

Bu önlemler, toprak strüktürünün ıslahı ile ilgili önlemler olarak nitelenebilir. Bilindiği üzere, yüzeysel akış olmadan erozyon meydana gelmez. O nedenle, erozyonu azaltmak için, toprak içine giren yağış suyu miktarını arttırmakla erozyon büyük ölçüde önlenebilir. Bunun için alınabilecek önlemlerin başında, kırıntılı yapının, dolayısıyla geniş kaba gözeneklerin artırılması gerekmektedir. Bu da ağır toprak işleme makinelerinin kullanılmaması, toprağın uzun süre bitki örtüsünden yoksun bırakılmaması, yaş iken toprağın işlenmemesi gibi önlemlerle gerçekleşir. Bunların nasıl sağlanacağı aşağıda açıklanmıştır.

## 2.1). Toprak Humusunun Arttırılması ve Devamlılığının Sağlanması

Yetiştirme ortamı koşullarına göre oluşacak toprak humusunun devamlılığını sağlama büyük bir önem taşımaktadır. Çünkü toprak humusu şu bakımlardan çok önemlidir :

- ⊕ Toprakta su geçirgenliğini arttıracak kırıntılı ve iri gözenekli bir yapı sağlar. Meydana gelen kırıntıların dayanaklılığını artırır.
- ⊕ Toprak humusu normal bir hızla ayrışarak bitkiler için sürekli olarak mineral besin maddelerini açığa çıkarır. Böylece besin maddelerinin devamlılığına sağlar.
- ⊕ Topraktaki besin elementlerini yüzeyinde sıkıca tutarak bunların yağış sularıyla kök ortamından uzaklaşp gitmesini önler.

Toprak humusunun arttırılması ve devamlılığının sağlanması için ise şu önlemler alınmalıdır :

- Anız, hasat artıkları ve diğer organik maddelerin humus rezervi haline getirilmesi amaçlanmalı, örneğin anızlar yakılarak yok edilmemeli
- Toprağın organik madde miktarını arttırmak için ara ürün ekilmeli
- Tarım işletmeciliğine uygun organik gübreler (yeşil gübre, alur gübresi) toprağa verilmeli
- Hasat artığı sap, gövde gibi bitki kısımları toprak üzerinde bırakılmalı, gerekirse dışarıdan getirilerek bitki artıkları toprak yüzüne serilmeli
- Toprak içindeki organik maddelerin hızla ayrışmasına neden olacak sık toprak işlenmesinden kaçınılmalı
- Toprak üzerindeki bitki artıklarının çürüme ve kızıyına gibi zararlı ayrışmalarını önlemek için toprağın üst kısmının, bunları derine gömecek şekilde işlenmemesi

## 2.2). Yetiştirme Ortamına Uygun Kireçleme Yapmak

Yağışların toprakları bol bol yıkadığı ve asit anataşların bulunduğu serin bölgelerde, toprak reaksiyonunu normal duruma yükseltmek için toprağa kireç verilir. Bu uygulama bizde yaygın değildir. Çünkü ülkemizde kireçli anamateryaller çok yaygındır. Yalnız Rize yöresinde, çiftçiler toprağa "ihya taşı" adı altında kireç mamı vermektelerdir. Ayrıca yüzey toprağının kırıntılı olmasını sağlama için de toprağa kireç verilir. Örneğin mermer tozu verilir. Ancak, bu önlem de belirli yöntemlere göre uygulanmalıdır. Bu hususla ilgili pratik uygulamalar aşağıda açıklanmıştır Bunun optimum duruma getirilmesi için bilim adamları tarafından belirlenmiş kireç miktarı kadar kireçleme yapılmalıdır.

- ⊕ Yüzey toprağının çözümlü olduğu, böylece erozyonla kolayca taşındığı yerlerde, kırıntılı yapıyı ve kırıntı dayanıklılığını sağlamak için, optimum PH- değerinin bozulmaması dikkate alınarak toprağa gerekli miktarda kireç, örneğin mermer tozu verilir. Biyolojik aktivitenin yeterli olmadığı topraklara da kireç verilmeli. Böylece hem kırıntılılık kazandırılır, hem de madde dönüşümleri hızlandırılır.

- ☛ Toprakta, bazı bitkilere zararlı etkiler yapan iyonlar artar (Al, Zn, Cd gibi) bunları bağlayarak zararsız hale getirecek kireç verilmesidir.

### 2.3). Kırıntı Bfayesi Sağlayacak Toprak İşlemesi Yapmak

Toprakların ince veya kaba taneli olup, kuru veya yağ halde bulunup, kırıntılılık duruma gibi bazı faktörler toprakları işleme tekniğini ve zamanını dikte etmektedir. Örneğin ince taneli (ağır) topraklar yağ iken veya çok nemli iken işlendiklerinde, "pulluk tabanı" denilen sıkı oturmuş, sert bir tabaka oluşur. Böyle bir durum köklerin derine doğru gelişmesini engellediği gibi, havalandırma ve su tutmasını sağlayan gözenekleri de ortadan kaldırır. Böylece toprağın su ve hava ekonomisi bozuktur. Bütün bu sorunların önüne geçmek için toprak işleminin şu pratik esasları göre yapılması önerilmektedir :

- ☛ Toprak üzerinde makinaların, olanaklar ölçüsünde az sayıda kırılmı etmesi sağlanmalıdır. Bunun için toprak işleme, ekim çizgisi açması, tohumların ekimi, tohum üzerini kapatma gibi işlemlerin hepsinin bir arada ve makinenin toprak üzerinde sadece bir kerelik hareketiyle yapılmasını sağlayacak kombine aletlerin takıldığı bir makinalı ekipmanla çalışılması gerekir.
- ☛ Sıkı oturmuş toprakların biyolojik yolla gevşetilmesi için, bunu sağlayacak bitki türlerinin seçilmesi, erozyonu engelleyecek ara ürünlerin ekimi gerekir.
- ☛ Toprağın üst katmanındaki kırıntılı yapıyı bozmadan için, derin toprak işlemini çok dikkatli yapmak gerekir.Örneğin bunu gerçekleştirecek ekipman kullanılmasına dikkat etmek yararlı olur.
- ☛ Toprak işleyen aletlerin türü ve yapısı, yüzündeki hasat artıklarını, toprak derinliğine gömecek şekilde olmamalıdır. Böylece bunların hem toprağın üst yüzünü yağmur damlalarının varmasına karşı koruma etkisi, hem de mikroorganizmalar için elverişli bir yaşam ortamı sağlamış olur.
- ☛ Toprak işleme daima eğriyele eğrilerine paralel olmalıdır. Böylece hem toprakların parçalanarak sürüklenmesine engel olunur, hem de elverişli bir su ekonomisi sağlanır. (Resim 21)

### 3). Bitki Türü Seçimi ve Ekim Nöbeti ( Rotasyon) Bakımından Alınacak Önlemler

Erozyona karşı alınabilecek kültür önlemleri içinde yetiştirme ortamına uygun bitki türü seçimi ve ekim nöbeti önemli rolere sahiptir. Bu hususta aşağıdaki kurallara uyulmalıdır :

- ☛ Olanaklar ölçüsünde toprağı çabuk örten ve uzun süre toprak üzerinde kalan bitki türleri seçilmelidir. Örneğin erozyon tehlikesi olan yerlerde kış buğdayı tercih edilmelidir.
- ☛ Toprağı geç örten ve aralar arasında çıplak toprak yüzeyleri bırakan mısır ve pancar gibi ürünlerin sıralar arasında ara ürünler ekilmelidir.



Resim 21.Eyyükselti eğrilerine paralel toprak işleme, teraslama, ekim veya dikimi bu teraslar arasında yapma, erozyonu önler. Akdeniz yöresinde teras üzerine fidan dikimi, Akschi civarında eyyükselti eğrilerine paralel düz teraslarda tarım (Foto : Çepel)

- ❖ Yamaç arazilerde, mısır tarımı yapılma zorunluğu varsa, mısır ekimi dizi çizgiler boyunca değil, eğüştürülmüş eğrilerine paralel yay şeklindeki çizgiler üzerine ekilmelidir. Ayrıca, ara yerlere belirli aralıklarla toprak koruma şeridi görevini yapacak 1-2 metre genişliğinde sık ekimle, örneğin kış buğdayı şeritleri tesis edilmelidir. Mısır bitkisi erozyonu en çok meydana getiren bir bitki türüdür. O nedenle, eğimli arazide mısır tarlalarında, yukarıda açıklanan önlemlerin yanında başka önlemler de alınmaktadır. Örneğin mısır sıraları arasına, toprağı çabuk ve sık bir şekilde örten beyaz yonca, çayır otu gibi ara ürün tohumları ekilebilir. Kendiliğinden gelen yabancı otlar, çapalama ile hemen ortadan kaldırılmaz, bununla belirli bir yeşil örtü oluşturulmasına müsaade edilir.
- ❖ Ekim nöbeti uygulaması (rotasyon) mutlak suretle yapılmalıdır. Bunun nedeni, bazı bitki türlerinin gerek toprak üstü kısımları gerekse kökleriyle toprağı iyi koruyamamalarıdır. Ayrıca, belirli bitki türleri aynı tarlada sürekli olarak yetiştirilirse, bazı zararlar meydana getirir. Örneğin, toprağın kıvrımlılığını bozar. Ekim nöbetinin uygulanması için şu pratik öneriler yapılmaktadır:
  - Aynı tür kültür geniş zaman aralıklarıyla tekrarlanmalı, arada değişik ürünler yetiştirilmelidir. Örneğin, mısır-tahıl-yonca-şekerpancarı şeklinde yapılacak bir rotasyon, toprak kaybını önemli ölçüde azaltır.
  - Ara ürün olarak, toprağı azot bakımından zenginleştiren türler seçilmeli. Ayrıca, toprağı sıkı bir şekilde örten bitki türleri ara ürün olarak seçilebilir.
  - Ekstrem derecede erozyon tehlikesi olan yerlerde otlak ve çayır tarımı yapılmalıdır.

#### 4).Çevreyi Koruyan Araziden Yararlanma

Tarım alanlarında erozyona karşı alınabilecek kültür teknik önlemlerinden bir tanesi de, çevreyi koruyan araziden yararlanma şekillerinin uygulanmasıdır. Bunların başlıcaları şunlardır:

- ❖ Üretimin temeli olan toprak verimliliğinin iyileştirilmesi ve devamlılığının sağlanması
- ❖ Toprak işleme ve bakım araçlarını, daha rasyonel ve çok yönlü görev yapacak eklerle donatması
- ❖ Çok yönlü tarım ekosistemlerinde doğal döngüleri, daha da kuvvetlendirme
- ❖ Doğal ve doğala yakın yaşam ortamlarını sınıflandırıp koruma altına alma
- ❖ Su koruma da dahil olmak üzere, toprağın çok yönlü ekolojik işlevlerini yerine getirmesine yardımcı olma.

#### 5).Yönetsel,Yasal Önlemler

Tarım alanlarının erozyona karşı korunmasında yönetsel ve hukuksal bazı önlemlerin alınması da büyük bir önem taşımaktadır. Bunların başlıcaları şu şekilde özetlenebilir:

- ❖ Toprakta, arazi kullanma yetenek sınıflarına uygun olarak yararlanılmasını sağlayacak özendirici yönetsel, zorunlu hukuksal düzenlemelerin yapılması
- ❖ Çiftçileri erozyon konusunda bilinçlendirmek amacıyla yaygın bir öğretim, eğitim ve bilgilendirici sistemin ve özellikle eğitici yayınların yapılması
- ❖ Erozyon konusuyla ilgili kuruluşlar arasında etkin bir işbirliği ve organizasyon sağlanması
- ❖ Doğayı, akarsuları, biyolojik çeşitliliği koruma için yapılmış programlara ve yasal düzenlemelere, çiftçilerin mutlak suretle uymalarını sağlayacak önlemlerin alınması
- ❖ Canlı çitleri, tarlalardaki ağaçları, yamaçlarda yapılmış terasları, sekileri, yamaç eğimine dik tümsekleri, erozyon kontrolünün sürekliliği ve peyzaj çeşitliliği bakımından korumak için gerekli eğitim, öğretim ve yaptırım önlemlerinin alınması.

Buraya kadar yapılan açıklamalar gözönünde bulundurulursa, tarım alanlarındaki su erozyonuna karşı alınabilecek teknik önlemler yanında kültürel önlemler önemli bir yer tutmaktadır. Ancak bazı hallerde yasal yaptırımlar ve yönetsel düzenlemeler olmadan başarılı bir sonuç alma olanağı da yoktur. Tarım alanlarında erozyon kontrolü için en güvenli yolun, mevcut ekonomik koşullara göre yukarıdaki 5 temel önlemden en etkin olabileceklerin seçilerek uygulanmasıdır. Ancak, bunların hepsinin dikkate alınması erozyonla mücadelede mutlak başarının sağlanması için tek çıkar yol olarak görünmektedir.



**Resim 22.** Sarıkamış Sungü köyü yöresinde katılaşmış sedimentlerde rüzgar erozyonu aşınımı (Foto: Çepel).

## Rüzgar Erozyonuna Karşı Alınabilecek Önlemler

Su erozyonuna karşı alınabilecek önlemlerle,rüzgar erozyonuna karşı alınabilecek önlemler arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır.Daha önce de açıklandığı gibi rüzgar, üst topraktan taşıyabildiği ince taneli materyali tarım alanlarının üzerine örterek,onları bir kum çölü gibi verimsiz hale getirir.Bunun ötesinde,mevcut kaplanmış sedimentlere ait kayaları bile aşındırarak,onları çeşitli görünümler verebilir (Resim 22).

Bu açıklamalardan kolayca anlaşılacağı üzere, rüzgar erozyonu ile mücadele,rüzgar hızını azaltacak, getirdiği materyali kısa mesafelerde çöktürecek teknik ve biyolojik önlemlerin alınmasıyla başarı kazanır.Bu hususta ağaç ve çalılardan oluşan "rüzgar perdeleri", tahta perdeler,dal ve çalı demetleriyle oluşturulan perdeler ve örme çitlerden yararlanır.Bunlardan rüzgar perdeleri veya rüzgar koruma şeritleri hakkında ücret bilgi verilmesi yararlı görülmüştür (Çepel 1988 ile karşılaştırınız).

### Rüzgar Perdeleri

Rüzgar koruma şeritleri de dönen rüzgar perdeleri,özellikle kırıntılı olmayan,tek tane yapısına sahip,kurak topraklar ile tabansuyu düzeyi 2.5 metreden daha derinde olan tarım topraklarının erozyondan korunmasını sağlar.Bunlar,belirli genişlikte ağaç topluluklarından oluşan şeritlerdir.Rüzgar yönüne dik olarak uzanırlar.Rüzgarın hem geldiği yönden,hem de aksi yönde hızlarını azaltırlar.Hız azalmış rüzgar,perdenin üzerinden uşarak yohunu devam eder.Bir hayli yol aldıktan sonra eski hızına yeniden ulaşır.

Rüzgar perdesinin önünde,yani rüzgarın geldiği yönde rüzgar hızının azaltılmaya başladığı yer,rüzgar perdesi yüksekliğinin 9 katı kadar uzaktadır.Rüzgar perdesinin arkasındaki korunacak alanda ise bu etki, rüzgar perdesini oluşturan ağaçların boyunun 30 katı kadar uzaklığa erişmektedir.Böylece,ortalama boyu 10 metre olan bir rüzgar şeridi,kendisinden 300 m.uzakta kadar olan toprakları rüzgar erozyonundan koruyabilmektedir.

Tarım arazilerinin rüzgar erozyonundan korunması için,bazen yol kenarlarına, açık araziden geçen geniş caddelere,akarsu boylarına ve tarluların sınırlarına birkaç sıra ağaç dikilir.Fakat ekstrem koşullarda bu ağaç sınırları yerine,genişlikleri yüredece metreyi bulan geniş şeritler halinde ağaç veya çalılar yetiştirilerek rüzgar perdeleri kurulur.

Rüzgarın geliş yönüne veya yönlerine göre rüzgar perdeleri ya "açık şerit sistemi" ya da "kapalı sistem" olarak kurulur.Kapalı sistemde korunacak arazi elipsi,kare ve dikdörtgen şeklinde ağaç veya çalı şeritleriyle çevrilir (Resim 23).





Resim 23.Rüzgarın çok yönlü estiği Burdur mara erozyon alanında kapalı sistem olarak yapılmış rüzgar perdeleri (Orman Bakanlığı arşivi 1985).

Açık sisteme göre ise,bir veya birkaç rüzgar koruma yeridi belirli aralıklarla kurulur.Bunlar rüzgarın zararlı etkilerini % 70 oranında azaltabilir.Bu da pratik amaçlar için yeterlidir.Bu tür şeritler,orman fidanlıklarında da çok kullanılmaktadır (Resim 24).

Rüzgar perdeleri ülkemizde Akdeniz ve Karadeniz kıyılarındaki kumul hareketini önleme bakımından önce tahta perdeler veya örme çitlerle başlar,sonra ağaç veya çalılardan oluşan rüzgar koruma şeritleriyle pekiştirilir.Bunun en tipik örneklerini Terkos gölü,Fethiye-Eşen ve Manavgat-Sorgun kumul hareketleriyle mücadelede görme olanağı vardır (Resim 25, 26 ve daha önce verilmiş olan Resim 12).

#### 5.4 Erozyona Karşı Alınabilecek Sosyal Önlemler

Doğal dengeleri bozan olayların çevrede meydana getirdiği tahribatı gidermek,hem çok güç,hem de çok pahalıdır.O nedenle,en zararlı sonuçları meydana getiren olaylar veya süreçlerin meydana gelmeden önlenmesini sağlamak,en etkili mücadele yoludur.Bunlar ne gibi önlemler olabilir ve etkili olabilmesi için neler yapılmalıdır? Bu hususta aşağıda özet bilgiler verilmiştir.(Geray 1996,Günay 1996, Çelik 1997).

##### 5.4.1. Sosyo-ekonomik Önlemler ve Çözümler

Erozyonun tamamen sosyoekonomik bir süreç olduğu konusunda,hemen hemen bütün dünyada bir görüş birliği vardır.Ancak,aşırı nüfus artışı,kırsal yoksulluk,arazi kıtlığı,az gelişmişlik gibi sosyal ve sosyoekonomik olguları,erozyonun tek nedeni olarak görmek doğru değildir.Çünkü hem zengin hem de fakir ülkeler,farklı nedenlerle de olsa,doğayı tahrip ederek erozyona neden olmaktadır. Gerçekten, zengin ülkeler



**Resim 24.** Rüzgar erozyonunu kontrol amacıyla Bahçeköy Orman Fidanlığı'nda kurulmuş Cryptomeria sıralarından oluşan rüzgar şeridi (Foto:Çepel).



**Resim 25.** Manavgat-Sorgun kumullarında örme çitler ve fidan dikimi ile yapılan rüzgar erozyonu kontrolü (Foto:Çepel).

refah düzeyini biraz daha yükseltmek için,bitki örtüsü de dahil tüm doğal kaynakları aşırı derecede tahrib etmektedir.Gelişmekte olan ülkeler halkı ise,yaşamını sürdürebilmek için,çevresini zorunlu olarak tahrib etmektedir.Pek doğaldır ki, bu insanlar için kültür ve eğitim noksanlığı da bu hususta önemli bir rol oynamaktadır.

Ülkemizin kırsal alanlarında yoksulluk ve geçim sıkıntısı olduğu hepimiz tarafından bilinmektedir.Bu olgu, tarım toprakları,mera ve ormanlar üzerindeki baskıyı artırmaktadır.Ancak,mera ve ormanları tahrib ederek yeni tarım alanları elde etme de soruna bir çözüm getirmemektedir.Çünkü bu yolla elde edilen tarım alanları erozyon nedeniyle kısa bir sürede verimliliğini kaybetmektedir.Onun için,bu yolla meydana gelen toprak kaybını önleme,ancak çeşitli yörelere göre değişen alternatif geçim kaynakları yaratmakla olanak kazanabilir. Bu hususta Devlet'e büyük görevler düşmektedir. Çünkü bu hususta, nüfus planlaması yapılmamış olması veya yapıp da uygulanmaması, tarım ve ormancılık politikalarındaki tutarsızlıklar,ulusal gelirden kırsal alan halkını düzen payın azlığı gibi faktörler çok önemli roller oynamaktadır.Bunların çoğu ancak Devlet eliyle,desteğiyle ve bilimsel esaslara dayalı politikalar ile düzeltilebilir.



**Resim 26**Manavgat-Sorgun kıyı kumullarının hareketini durdurmak için ikinci mücadele aşaması olarak kurulmuş Kıbrıs Akasyası rüzgar koruma şeritleri (Foto:Çepel)

### 5.4.2. Öğretim ve Eğitim

Doğa tahribi ve bunun sonuçlarından biri olan erozyon üzerinde, bilgi noksanlığı da önemli roller oynamaktadır. Çünkü insanlar, bu şekildeki ekolojik süreçler ve bunların doğurduğu sonuçlarla kendi yaşamı arasında genellikle bir ilişki kuramamaktadır. Bunun nedeni, bu tür ekolojik süreçlerin, neden-sonuç ilişkilerinin, kolayca kavranamayacak düzeyde karmaşık olmalarıdır. Birçok bilim adamının, doğa tahribi sonuçlarını global boyutta, yeni yeni kavrayabildiğimizi ifade etmeleri, bu karmaşıklığın derecesini göstermesi bakımından ilginçtir. Örneğin, Brown, et al (1994) bu gerçeği şu şekilde dile getirmektedir: "Dünyanın taşıyabileceği yük hakkındaki en son bilgiler, bugüne kadar mevcut olmayan bir bilinçlendirme ve eğitim gereksinimini beraberinde getirmektedir". Acaba bu tür bir bilinçlendirme ve eğitimin temel ilkeleri ne olmalıdır? Erozyon bakımından konu inceleneirse şu sonuçta varılabilir: Böyle bir eğitimin temel ilkesi, erozyon olayı ve doğurduğu sonuçlar ile insanlar arasında girtili ilişkilerin bulunduğu bilincinin uyandırılması olmalıdır. Erozyon eğitimi, bu özr bulup çıkarmaya yardımcı olmalıdır (Neyişçi 1997). Özet olarak denilebilir ki: Erozyon sürecinin kaynağında insan varlığının doğuya olan etkileri ve müdahaleleri bulunmaktadır. Çünkü insanların doğadaki tüm varlıklar ve süreçlerle olan ilişkilerinde yapıcı veya yıkıcı etkileri bulunmaktadır. Bunu temel ilke olarak kabul ettirebilen bir erozyon eğitim ve öğretim şeklinin esas alınması, sorunların çözümünde büyük çapta yardımcı olabilir.

Daha geniş anlamda bu eğitim insanlara doğal, teknik ve sosyal çevredeki her türlü davranış ve eylemlerinin sonuçlarını analiz edip değerlendirebilecek bilgiler verilmesini ve yöntemler kazandırılmasını sağlayacak şekilde olmalıdır. Böyle bir eğitimle, doğa tahribinin insanlar üzerindeki yapacağı etkilerin değerlendirilmesiyle ilgili değer yargıları, normları ve bu konuda bilinçlenmesini sağlayacak bilgiler verilmelidir. (Çepel 1996 a, S. 43 ile karşılaştırınız).

### 5.4.3. Ekolojik Ahlak

"Ekolojik Ahlak" veya "Çevre Ahlatı" kavramları şu şekilde tanımlanmaktadır: Herkesin, yaşanabilir bir çevre yaratılması ve bunun devam ettirilmesi için kendisinin de sorumlu olduğu bilincine sahip bulunması ve bu hususta kendini vicdanen sorumlu ve sorumlu hissetmesidir.

Doğa tahribi olanca hızıyla sürüp gitmesine göre, birçok toplumlarda bu anlamda bir ekolojik ahlakın henüz bilinçli bir şekilde yerleşmediği söylenebilir.

Böyle bir yargıya varmak için, insanlığın bugün sahip olduğu değer yargılarına şöyle bir bakmak yeterlidir. Bugünkü toplumlar "paylaşma" yerine "daha çok paylaşma", "koruma" yerine "sömürme", "tasarruf" yerine "açık tüketim", "yararlandırma" yerine "yararlanma" eylemlerini, yaşamın vazgeçilmez ilkeleri olarak kabul etmiş görünmektedir. Ne yazık ki bugünün insanları, çok az istisnasıyla daima daha iyisini, daha çoğunu kendisi için ölçsüz bir şekilde kazanmak ilkesine göre programlanmış durumdadır. Şimdiye kadar yapılan Dünya Zirve

Toplantılarında Dünya'nın Durumu,850 milyon insanın açlığı,tarım alanlarının ve ormanların akıl almaz bir hızla azalması en ince ayrıntularına kadar anlatılmasına ve bu gidişe dur demek için Uluslararası Anlaşmalar yapılmasına karşın, doğa tahribatı devam etmekte, aç insanların sayısı gittikçe artmaktadır.Ekolojik ahlak sahibi bir avuç insan şu sorulara yanıt aramaktadır:

- İnsanlar yaşam temellerini kendi elleriyle niçin yoketmektedir?
- Kendisi de doğal yaratık olan insan niçin doğaya karşı gelmektedir?
- Doğayı tahrip etmenin,bütün canlılar için ciddi bir tehdit ve tehlike olduğunu niçin algılayamamaktadır?
- Dünya'nın insanlara değil,insanların dünyaya ait olduğunu niçin anlamak istememektedir?
- Bütün doğal kaynakların,geçmişin mirası olmayıp,geleceğin emaneti olduğunu niçin düşünememektedir ?
- Yaşanabilir bir dünya için daha çok pay alma yerine hakça paylaşımının gerekli olduğunu niçin inanmak istememektedir?

Dünya'daki insanların çoğu bu soruların anlamını kavrayıp,yaşanabilir bir dünya için özerki gösterecek kadar bilinçlenince,bu bilinçlenmenin gereği olan ekolojik ahlak anlamının kapsamı içinde davranışlarını ayarlayınca,belki özlenen yaşanabilir bir dünya yeniden yaratılabilir.

#### 5.4.4. Yasal Düzenlemelere İlişkin Öntemler

Kamuoyunun anlayış ve yardımı olmadan nasıl tüm yasal düzenlemeler etkisiz kalırsa,hukuksal düzenlemeler olmadan da doğayı koruma olanağı bulunamaz. Bu nedenle doğayı koruma ve çok yönlü güvence altına alma için çeşitli yasal düzenlemeler yapılmıştır.

Erozyonla savaştta da başarı sağlayabilmek için, erozyonun hızlandırılmasına neden olan insan aktivitesinin yasalarla kontrol altına alınması gerekir. Ormanlardan ve meralardan tarla açılmaması, tarım arazilerine sanayi kuruluşları ve yerleşim için konutlar yapılmaması, özellikle bitki örtüsünün tahrip edilmemesi için yasal düzenlemeler mutlak suretle yapılmalıdır. Böylece, bilerek veya bilmeden toprak tahribine ve kaybına neden olabilecek insan aktivitesi kontrol altına alınmış olur. Yalnız şu husus çok önemlidir: Yasal önlemlerin geçerlilik kazanabilmesi için halkın gelir kaynağını arttırıcı teşvik ve mali desteklemeler yapılmalı, bireyler ve toplumlar eğitilerek bilinçlendirilmelidir. Bunun çok güzel uygulamalı örnekleri ülkemiz için 1970 yılından itibaren Orkoy Genel Müdürlüğü tarafından verilmiştir.Orkoy Genel Müdürlüğü belirli yasalara dayanarak Orman köylüsüne yaptığı mali, bilimsel ve eğitici destek sağlayan projelerle (ahır hayvancılığı, arıcılık, halıcılık, dokumacılık ve el sanatları, v.b.) zamanın orman köylülerinin yaşam standartını yükseltme başarısını sağlamıştır. Böylece hem ormanlar, hem de tarım toprakları dolaylı olarak korunmuştur. Bu örnekte olduğu gibi yasal düzenlemelerin uygulanabilme koşulları oluşturulunca başarılı sonuç alınmamasının hiçbir nedeni kalmamaktadır.

#### 5.4.5. Sivil Toplum Örgütlerinin Organizasyonu

Son zamanlarda ülkemizde yaşanan birçok olaylar, sivil toplum örgütlerinin ülke çapındaki sorunları çözmeye ne kadar etkili olduğunu göstermiştir. Gönüllü kuruluşlar, her türlü sivil toplum örgütleri, eğer iyi organize olabilirlerse kamuoyu oluşturmada, yazılı ve sözlü basın aktivitelerinde, parlamento üzerinde yazılı demokratik baskılarda çok başarılı sonuçlar alabilirler. Bu güçler, bireysel güçleri bir araya getirerek belirli sorunların çözümünde çok önemli görevler yapabilirler. Bunun tipik örneği, bir gönüllü kuruluş olan TEMA Vakfı'nın 4 yılda gerçekleştirdiği aktiviteler ve aldığı sonuçlardır.

## 6. ÖZET, SONUÇ VE ÖNERİLER

Bütün canlıların en önemli yaşam temellerinden biri olan toprak için, toprak kirlenmesi ve toprak erozyonu konusunda buraya kadar verilmiş olan bilgiler, toprak varlığının dünya çapında azaldığını, mevcutların da tahrip edilerek verimsiz hale getirildiklerini göstermektedir. Bunun nedenleri araştırıldığında, doğal kaynakların, başka bir anlatımla, doğanın tahribi sorunu karşımıza çıkmaktadır. Canlı ve cansız bütün doğal varlıkların tahribi yalnız fakir ülke insanların değil, gelişmiş ülkelerdeki insanların da geleceğini tehlikeye atmaktadır. Dünya üzerindeki bütün ekolojik dengeleri altüst eden bu gidiğin önüne geçilebilir mi? Bunun nedenleri ortadan kaldırılabiliyor mu? Bu hususta ne gibi önlemler ve çareler sözkonusu olabilir? Bütün bu sorulara yanıt verebilmek için doğa nasıl tahrip edilmektedir? Bunun boyutları ve sonuçları nelerdir? Önce bu soruların yanıtının verilmesi gerekir. Çünkü, bir problemi iyice anlamak, onu yarı yarıya çözmek demektir. Onun için bu bölümde arasıyla bu sorulara yanıt verecek olaylar özet olarak açıklanmaya çalışılmıştır. Bu açıklamalar şu başlıklar altında yapılacaktır.

### Doğal Varlıkların Tahribi ve Sonuçları

#### Doğa Tahribinin Nedenleri

#### Doğa Tahribinden Doğan İnsanlığın Ekolojik Sorunlarının Çözüm Yolları

### 6.1. Doğal Varlıkların Tahribi ve Sonuçları

Her yıl yayımlanmakta olan "Dünyanın Durumu, Worldwatch Enstitüsü Raporları" incelendiğinde, doğal varlıkların veya doğanın tahribiyle ilgili karamsar tabloların çoğunlukta olduğu görülür. Sözkonusu rapordaki bazı bilgiler bu karamsar tablolardan sadece bazı örneklerdir (Brown, et al. 1994 ve 1995 ile karşılaştırınız). Bu raporlarda, insanların dünya üzerinde büyük bir değişimi gerçekleştirmekte olduğu, bunu anlayabilmek için üstün bir zekâyâ sahip olmak gerekmediği vurgulanmakta ve aşağıdaki örnekler verilmektedir.

İnsanlar :

- ⊕ Mineralleri elde etmek için dağları oymakta ve yerinden oynatmaktadır.
- ⊕ Çöller ve birinci sınıf tarım alanları gibi ekstrem yetişme ortamlarında kentler ve sanayi siteleri kurmaktadır.
- ⊕ Nehir yataklarını değiştirmekte, aşırı su tüketimini karşılamak için yaptığı barajlarla jeolojik katmanları yerinden oynatmaktadır.
- ⊕ Binlerce yıldan beri var olan ormanları, yok etmektedir.
- ⊕ Meraları ortadan kaldırmaktadır.
- ⊕ Endüstriyel faaliyetler ve evsel atıklar ile, yaşam temellerimiz olan su, toprak ve havayı kirlenmektedir.
- ⊕ Tarım alanlarında bir artış olmadığı gibi, miktarları ve verimlilikleri gittikçe azalmaktadır.

- ❖ Zengin toplumlar daha çok enerji, daha çok hammadde için, yoksullar ise bugünden yarına sağ çıkabilmek için ağaç kesmek, ekin biçmek gibi en basit işlemleri bile , çevreyi hiç düşünmeden yapmaktadırlar.
- ❖ İnsanların neden olduğu toprak kaynaklarının tahribi, 1945-1993 yılları arasında yaklaşık 2 milyar hektara yakındır.
- ❖ Bugün ormanlar 1700 yılına göre % 24 oranında azalmıştır. 1700 yılında 4,5 milyar hektar orman varlığına karşılık, bugün ancak 3,4 milyar hektar ormanı bulunmaktadır. Son yıllarda yapılan değerlendirmelere göre, dünya ormanları 1980-1990 yılları arasındaki 10 yıllık sürede 130 milyon hektar azalmıştır. Bu da Türkiye ormanlarının 6 katından çoktur.
- ❖ Hatalı sulama ile sulanan tarım arazilerinden her yıl 2 milyon hektarının, tuzlanma tehlikesiyle karşı karşıya olduğu bildirilmektedir.
- ❖ 1972 yılında yapılan Stockholm Konferansını izleyen 1992 Rio konferansına kadar geçen 20 yıllık süre içinde, dünyada 500 milyar ton toprak, erozyonla kaybolmuştur. Dünya üzerindeki tarım alanlarından yılda ortalama olarak 60 milyon hektarlık kısmı erozyonla ortadan kalkmaktadır.

Buraya kadar verilen doğa tahribine ait örnekler, bütün cereyan etmekte olan insan aktivite ve tutumlarına bakılırsa, bu gibi tabloların gelecek yıllarda da karşımıza çıkacağını göstermektedir. Bunlara ait birkaç sayısal örnek verilirse geleceğimizin ne derece ipotek altında olduğu kolayca anlaşılır (Çepel, 1992, Pfriem 1989 ile karşılaştırınız).

- ❖ Son 100 yılda yaklaşık 30.000 bitki türünün hemen hemen hepsi kaybolmuştur. Dünya üzerinde bugün yaşamakta olan türlerin % 15-20'sinin 2000 yılına kadar kaybolabileceği bildirilmektedir.
- ❖ Dünyadaki canlı türlerin % 20'sinin 2000 yılına vardığımızda tamamen yok olacağı tahmin edilmektedir.
- ❖ Tropikal ormanların 2000 yılında % 80'inin ortadan kalkmış olacağı bildirilmektedir.
- ❖ Brezilya Çevre Bakanlığı, 2050 yılında Amazon Havzasında bir tek ağacın bile kalmayacağını ifade etmektedir (Pfriem 1989, S.38)
- ❖ Bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde de ormansızlaşma birlerce yıldan beri devam etmektedir. Bu nedenle, bir vakitler % 72'si ormanlarla kaplı olan Anadolu yarımadasında bu oran, bugün % 22'ye düşmüştür ve bu azalma hızla devam etmektedir.
- ❖ Ülkemizde erozyonla kaybedilen toprak miktarı yılda 500 milyon tondur. Bu miktar, Avrupa ve Avustralya kıtalarında meydana gelen toprak kayıplarının toplamına eşittir.

### **Doğa Tahribinin Sonuçları**

Buraya kadar verilen sayısal değerler: ve doğa tahribi çeşitliliği acıta ne sonuç etmektedir? Bütün bunlar, insan etkisiyle dünyanın inanılmaz bir şekilde yeniden



oluşturduğunu göstermektedir. Bu yeni oluşum biçiminin, dünyanın taşıyabileceği yükün çok üzerine çıkılmış bir dünya yaratılması şeklinde olduğu ifade edilmektedir (Brown, et al. 1995). Bunun anlamı gezegenimizin, barındırdığı canlılara sağlayabileceği yaşam olanaklarının üst sınırını geçen bir yük altına girmiş bulunmasıdır. Gerçekten biyoloji uzmanları, dünyanın taşıyabileceği yükten daha çoğunu dünyaya yüklediğimizi bildirmektedirler. Bunun en belirgin örneği olarak, hızlı nüfus artışı veya nüfus patlamasını göstermektedirler. Ayrıca tüketim çılgınlığı, doğayı aşırı derecede sömüren gelişmiş teknoloji ve uygulamalar da bu hususta verilebilecek en tipik örneklerdir.

Doğal kaynaklardan aşırı yararlanma sonucunda, bu kaynaklar gereksinimlere yanıt veremeyecek derecede tüketilmiş ve tüketilmektedir. Eğer nüfus artışı böyle devam ederse, 2010 yılında kişi başına düşecek ekilebilir alanın % 22 oranında azalmış olacağı bildirilmektedir. Aynı şekilde kişi başına düşen orman alanı miktarı da % 30 oranında azalmış olacaktır.

Dünyamızın sahip olduğu 5.5 milyarlık insan kütlesinin hızlı bir teknolojik gelişim, daha çok tüketim gibi tutum ve davranışlarını; hakça paylaşmaya, dengeli gelir dağılımına ve yoksulluğun ortadan kaldırılmasına tercih etmesi, tüm insanların yaşam temellerini yok edecek derecede yıkıcı ve yıpratıcı olmaktadır. Onun için de yoksulluk ve nüfus patlamasının önüne geçmek, hemen hemen olanaksız hale gelmiştir. Bu nedenle 1960 yılında en zengin ile en fakir arasındaki oran 30:1 iken, bu değer en sağlıklı verilerin bulunduğu 1989 yılında 59:1 oranına yükselerek, çarpık gelişme sürekli olarak turanmıştır. İşte bu dengesizlik, doğa tahribinin başlıca nedeni olmuştur. Buna bir çare aramaksızın, tahribatı daha da artıracak bir kısır döngüye girilmiştir. Çünkü yaşam düzeyinin yükselmesini sürekli olarak isteyen zengin toplumlar, doğal kaynakları aşırı derecede sömürmekte bir sakınca görmemişler, fakirler de yaşayabilmek için, her ne pahasına olursa olsun mevcut kaynaklardan yararlanmayı zorunlu olarak sürdürmüşlerdir. Bunun sonucunda aşırı otlatma, orman tahribi, hatalı tarım gibi nedenlerle 1945-1993 yılları arasında 1,96 milyar hektarlık alanda topraklar verimsiz hale getirilmiştir.

Eldeki doğal kaynaklar, ticaretin getirdiği refaha dayanarak, sonunda ne olacağı düşünülmeden harcanmaktadır Güneydoğu Asya Tropik Ormanlarının tahribi bunun tipik örneğidir. Bu ormanları hesapsızca keserek milyarlar olmuş birçok koreste tüccarının sonradan iflas ettiği görülmüştür. Çünkü bu yolla ormanlarının büyük bir kısmını kaybetmiş olan Tayland ve Filipinler, şimdi dış alım yoluyla gereksinimlerini karşılamak zorunda kalmışlardır.

Bütün dünyadaki insanların, doğal kaynak nimetlerini ve yaşam temellerini sömürmeyi, dengeli gelir dağılımına ve hakça bir paylaşımına tercih ettikleri sürece, doğa tahribi ve bunun acımasız sonuçları huzursuzluk kaynağı olmaya devam edecektir.

giderse, bu miktarın 2030 yılında 248 kiloya düşeceği tahmin edilmektedir. Böylece 2030 yılındaki tahıl rekoltesi 1950'li yıllardaki düzeyine gerilemiş olacaktır.

Buraya kadar yapılan açıklamalar, doğal kaynakların tahribiyle nüfus artışı, toplumun tüketici karakteri, gelir dağılımındaki dengesizlik gibi çeşitli faktörler arasında çok karmaşık ilişkiler bulunduğunu göstermektedir.

### 6.3. Doğa Tahribinden Doğan Ekolojik Sorunların Çözüm Yolları

Doğanın tahribi nedenleri biraz önce açıklanmıştı. Buna dayanarak, doğa tahribinden doğan ekolojik sorunları çözebilmek için, doğa tahribine neden olan faktör veya süreçlerin ortadan kaldırılması tek çıkar yol olarak düşünülebilir. Başka bir anlatımla hızlı nüfus artışının önlenmesi, tüm dünya nimetlerinin insanları arasında adil olarak paylaşılması ve doğal dengeyi bozmayacak çevre dostu bir ekonomik gelişmenin sağlanması, insanlığın ekolojik sorunlarını çözecek en önemli çareler olarak kabul edilebilir. Ancak, bu gerçekler en azından çeyrek yüzyıldan beri bilinmesine karşın, sözkonusu sorunlar sürüp gitmektedir. Bu da, sorunun çözümünün düşünüldüğünden daha güç ve karmaşık olduğunu göstermektedir. Ancak, durum görüldüğünden de daha ciddidir, kritiktir. Öyleyse ne yapılmalıdır? Bunun yanıtını, 1992 yılında, 102 tane Nobel Ödülü sahibi 1600'den çok bilim adamı, İnsanlığa Uyan (Warning to Humanity) adlı bir belgede açıklamaktadır. Bu belgede şunlar yazılıdır (Brown, et al. 1995 S.20): "Önümüzdeki tehlikeleri göğüsleyip gerekli önlemleri alabilmek için on-yirmi yıllık bir zamanımız kalmıştır. Bu şansı kaçırdığımız takdirde bizler kaybetmiş olacağız. İnsanlığın elindeki olanaklar büyük ölçüde yok olacaktır... Yeni değer yargıları gerekmektedir. Kendimize değer verdiğimiz kadar, üzerinde yaşamakta olduğumuz bu gezegene de değer vermeliyiz. Bu değer yargılarına isteksiz liderlerimizi, hükümetleri ve insanları bu değişikliklerin yapılması gerektiğine inandırmalıyız... Eğer bir yuva olarak bildiğimiz bu gezegene onarılmayacak bir şekilde zarar vermek istemiyorsak, dünya üzerindeki faaliyetlerimizi yeniden düzenlemek zorundayız."

Bu yeni düzenlemeler şu şekilde özetlenebilir :

- ⊕ Dünyanın taşıyabileceği yük hakkındaki en son bilgiler, bugüne kadar mevcut olmayan bir bilinçlendirme ve eğitim gereksinimini beraberinde getirdiğinden, bu konuda her düzeyde bilgilendirme ve bilinçlendirme faaliyetlerine vakit geçirilmeden girilmelidir.
- ⊕ Yaşanabilir bir dünya yaratmanın ilk koşulunun doğal varlıkların korunması olduğu uluslararası ilke olarak kabul edilmelidir.
- ⊕ Tarımı destekleyen doğal sistemler mutlak surette korunmalıdır.
- ⊕ Erozyonla kaybedilen toprağın, doğal yolla meydana gelen toprak miktarını geçmemesi için bütün koruyucu ve teknik önlemler eksiksiz olarak alınmalıdır.
- ⊕ Doğal gen rezervi bankaları olarak nitelenen biyolojik çeşitlilik mutlak surette korunmalıdır.

- ⊛ Ozon tabakası incelmesini engellemek için gerekli önlemler alınarak, tarla ürünlerine zarar veren ultra viyole ışıklarının miktarı azaltılmalıdır.
- ⊛ İklim değişikliğine ve çevre kirliliğine engel olunmalıdır.
- ⊛ Küresel gelişmeyi sağlayan kaynaklar dafa verimli kullanılmalı, bunlardan herkesin eşit olarak yararlanması sağlayacak bir düzen kurulmalı ve tüketimin azaltılmasını öngören bir ekonomik politika benimsenmeli ve uygulanmalıdır.
- ⊛ Dünyanın taşıyabileceği yükün sınırlı olduğu bilincine varılarak, her ülke, ekonomi ve dış politika yanında bir nüfus politikası belirlemelidir.
- ⊛ Doğadaki madde ve enerji döngülerinin insan etkisinden mutlak surette kurtarılması gerekmektedir.
- ⊛ Modern bir tarım politikası uygulanarak, topraktan yararlanma, ekolojik istekler de dikkate alınarak, toprak ve çevre niteliğinin korunacağı şekilde yapılmalıdır.
- ⊛ Doğal dengenin korunmasında çok etkili işlevlere sahip olan ormanlar mutlak surette korunmalıdır.

Ülkemiz için orman varlığının önemini özel olarak belirtmekte yarar görülmüştür : Ormanlar ve diğer vejetasyon tiplerinin aşırı tahribi sonucunda Türkiye'nin çölleşebileceği, hatta bazı yerlerde bu sürecin başladığı şeklindeki söylemler yadırganmakta, hatta birçok kimse tarafından buna tepki gösterilmektedir. Bunun nedeni "çöl" teriminin "Büyük Sahra Çölü" veya "Tadlanakan Çölü" gibi olabildiğince geniş kurak, kumluk ve kayalık alanları ifade ettiğinin düşünülmesidir. Oysa, çöl terimi bugün çok ayrı bir anlam taşımaktadır. "Çölleşme" denince, bir yetişme ortamının insan yaşamı için gerekli koşulları kaybetmesi anlaşılmaktadır. Buna göre de çöl şu şekilde tanımlanmaktadır. "Çöl, doğal dengenin bozulduğu, toprakların bitkisel ürün yetiştiremez hale geldiği doğal arazi parçalarıdır" Toprakların çölleşmemesi için çevresindeki bitki örtüsünün, özellikle ormanların tahrip edilmemesi, dolayısıyla iklimin değişmemesi gerekir. Prof. Dr. Bernhard, 1935 yılında yazdığı, "Türkiye Ormanlığı'nın Mevzuatı, Tarihi ve Vazifeleri" adlı eserinde şunları vurgulamaktadır:

"Türk Milleti ve Türk topraklarının selâmeti için, Türk ormanları çok özel bir dikkatle işletilmeye muhtaçtır. Orman varlığına karşı Türkiye'de yapılagelen bütün dikkatsiz müdahale ve tecavüzlerin neticeleri, yalnız bu varlığı tehlikeye sokmakla kalmayıp, memleket ve milletin kalkınmasını da temelinden sarırmaktadır". Çünkü aşağıda sayılan işlevleri yerine getirebilmesi için bir ülke yüzeyinin % 30'unun ormanlarla kaplı olması ve bu ormanların ülke yüzeyine dengeli olarak dağılması gerekmektedir. Ormanın başlıca işlevleri aşağıda belirtilmiştir:

- ⊛ Tarım arazilerinin sellerden zarar görmesini önler.
- ⊛ Toprakların erozyonla taşınmasına engel olur.
- ⊛ İklim ve su rejimini düzenler.
- ⊛ Halkın dinlenme ve sağlığı için büyük bir önem taşır.
- ⊛ Hava kirliliğini önler.
- ⊛ Gen kaynağı olan flora ve faunanın en güvenli barınakını oluşturur.

Ne yazık ki ülkemiz ormanları bu işlevlerin birçoğuna yerine getirecek durumda değildir. Onun için mevcut bozuk ormanların ıslah edilmesi, plânlı, programlı geniş çapta ağaçlandırmalarla alanlarının genişletilmesi gereklidir.

Buraya kadar yapılan açıklamalarla, yaşanabilir bir dünya için uluslararası ve ulkesel önlemlerin neler olabileceği ifade edilmeye çalışılmıştır. Bu önlemlerin özünde şu gerçek yatmaktadır :

Hangi ülke yaşanabilir bir dünyaya sahip olmak, fakirlikten kurtulmak isterse, o ülke kendi doğal kaynaklarını, kalkınmanın temeli olarak kabul etmek zorundadır. Aksi takdirde, az gelişmişlik ve fakirlik o ülke insanının alın yazısı olur. O nedenle doğal kaynaklarımızı korumak ve onlara sahip çıkmak herkesin görevi olmalıdır. Böyle bir tutum esasen ekolojik ahlak bakımından da gereklidir. Çünkü doğayı koruma , herşeyden önce gerçek insanlığımızın ortaya konması bakımından önemlidir. İnsan da doğal bir varlıktır, bu nedenle doğaya karşı gelmemesi gerekir.

Aktif olarak doğayı korumak,tüm canlıların yaşamına hizmet demektir. Bu kutsal hizmeti kusursuz olarak yerine getirerek gerçek insanlığımızı ortaya koymalıyız. Bu hususta devlet kuruluşları , sivil toplum örgütleri ve tüm bireyler elele verirse, ancak o zaman başarılı olunur. Doğal kaynaklar, yaşam temellerimiz olduğu için bunu yapmak zorundayız.

## YARARLANILAN KAYNAKLAR

- AĞAÇLANDIRMA VE EROZYON KONTROL GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (Yayımlayan),1993. Erozyon Çağlar Matbaası,Ankara.
- AĞAÇLANDIRMA VE EROZYON KONTROL GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (Yayımlayan),1995. Doğu Anadolu'da Su Havzası Rehabilitasyon Projesi. AGM. Yayın no. 1,Ankara.
- AID e.v. Auswertungs- und Informationsdienst (Herausg.),1987. Bodenschutz und moderne Landwirtschaft. AID, Nr. 1174, Bielefeld
- AID e.v. Auswertungs- und Informationsdienst (Herausg.),1988. Landbau- und Boden-Umweltschonend. Bielefeld.
- AID e.v. Auswertungs- und Informationsdienst für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Herausg.),1994. Erosionschäden - Vermeiden. AID. 1108. Druckhaus Diericks GmbH, Kassel.
- ARBEITSGEMEINSCHAFT FORSTEINRICHTUNG (Herausg.),1974. Leitfaden zur Kartierung der Schutz- und Erholungsfunktionen des Waldes. WFK. J.D. Sauerländer's Verlag, Frankfurt am Main.
- AŞK, K., 1978. Türkiye'de Erozyonla Savaş Esasları Ne Olmalıdır? Ulusal Erozyon ve Sedimentasyon Sempozyumu Tebliğleri. DSİ Yayın. Genel no 982, Grup no 10, Özel no 92, Ankara.
- ATALAY, I., 1986. Uygulamalı Hidrografiya. E.Ü. Edebiyat Fakültesi Yayın No.38 İzmir.
- BALCI, A. N., 1958. Elmalı Barajının Siltasyondan Korunması İmkânları ve Vejetasyon-Su Düzeni Üzerine Araştırmalar (Doktora Tezi), İstanbul.
- BALCI, A. N., 1973. İç Anadolu'da Anamateryal ve Bakı Faktörünün Erodebilite ile İlgili Toprak Özellikleri Üzerindeki Etkileri. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın no. 195/1844, İstanbul.
- BALCI, A. N., 1978. Toprak Erozyonunu Etkileyen Faktörler ve Havza Amenajmanı. Birinci Erozyon ve Sedimentasyon Sempozyumu UNESCO Türkiye Ulusal Hidroloji Komitesi, Erozyon ve Sedimentasyon Çalışma Grubu Raporu, Ankara.
- BALCI, A. N., 1996. Toprak Korunması. İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, Yayın no. 439/3947, İstanbul.
- BAVER, L. D., 1956. Soil physics. John Wiley and Sons Inc. New York.
- BAYERSCHE STAASMINISTERIUM für ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT und FORSTEN (Herausg.), 7. Landwirtschaftlichen Boden nützen und schützen, Heft 2 Wolnzach.
- BENNET, H. H., 1947. Element of Soil Conservation. M. Graw-Hill Book Company, Inc. New York, London.
- BİRİNCİ, H. (edit.), 1988. Malatya Erozyon Kontrolü, Ağaçlandırma, Mera Islahı ve Fidan Üretimi Çalışmaları. Yeni Malatya Ofset Tesisleri, Malatya.
- BORUSAN, A. Ş. (Yayımlayan), 1990. 50 Basit Önemle Doğayı Kurtarabiliriz. The Eart Works Group, Berkeley, CA.

- BROWN,L.R.et al.,1994. Dünyanın Durumu 1993,Worldwatch Enstitüsü Raporu.Sürdürülebilir Bir Yaşama Giden Yolun Neresindeyiz? TEMA Vakfı Yayınları No.4,İstanbul.
- BROWN,L.R.et al.,1995.Dünyanın Durumu 1994,Worldwatch Enstitüsü Raporu Sürdürülebilir Bir Yaşama Giden Yolun Neresindeyiz? TEMA Vakfı Yayınları,Yayın no.10,İstanbul.
- BRUNDTLAND,G. (Çeviren B.ÇORAKÇI),1991.Ortak Geleceğimiz,Dünya Çevre Ve Kalkınma Komisyonu Raporu,Türkiye Çevre Sorunları Vakfı Yayını,Ankara.
- ÇAĞLAR,Y.,1986. Türkiye Ormansızlaştırılmamalı,Çevre ve Ormancılık Dergisi,Güncel Sorunlar Dizisi,No.1,Ankara.
- ÇELİK, H.E.,1997 Erozyona karşı Alınabilecek Teknik,Boyolojik ve Toplumsal Önlemler TEMA Vakfı Eğitim Kursu Notları,İstanbul.
- ÇELİKEL,L.D.,1996.Erosion and Land Degradation in Turkey and TEMA's Role,Contribution of the Symposium "Symposium on Combating Erosion and Land Desertification in Eurasia",May,7-10/1996,İstanbul.
- ÇELİKEL,H.,1996.Erozyon-Mera İlişkileri ve Mera Varlığımız,TEMA Vakfı Erozyon Eğitim Kursları Notu,İstanbul.
- ÇEPEL,N.,1985.Toprak Fiziki,İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları,Yayın No.374/2313,İstanbul.
- ÇEPEL,N.,1988.Peyzaj Ekolojisi,İ.Ü.Orman Fakültesi Yayınları,Yayın no.391/3510,İstanbul.
- ÇEPEL,N.,1992.Doğa,Çevre,Ekoloji ve İnsanlığın Ekolojik Sorunları Altın Kitaplar Yayınları,Bilimsel Sorunlar Dizisi,Altın Kitaplar Basımevi,İstanbul.
- ÇEPEL,N.,1995 Yokettiğimiz Ormanlarımız,Kayıbolan Fonksiyonel Değerler,Zamanımızın Orman Ölünleri, TEMA Vakfı Yayınları, No.2 İstanbul.
- ÇEPEL, N.,1996 a. Çevre Koruma ve Ekoloji Terimleri Sözlüğü, İkinci Basım, TEMA Vakfı Yayınları, Yayın No.6, İstanbul
- ÇEPEL,N.,1996 b.Çevre ve İnsan I, Altın Kitaplar Yayınları,Petek Matbaacılık A.Ş.İstanbul.
- ÇEVİK,B.,1996.Türkiye ve Doğu Akdeniz Bölgesinde Tarım Arazileri Varlığı,Erozyon Sorunu ve Erozyon Kontrolünde Alınması Gerekli Önlemler,TEMA Vakfı Erozyon Eğitim Kursu Notları,Adana.
- DELFS,J., et al., 1958.Der Einfluss des Waldes und des Kahlschläges auf den Abflussvorgang, den Wasserhaushalt und den Bodenahttrag,Verlag M.und H.Schaper,Hannover.
- DEVLET SU İŞLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ,1990.Ülkemizde Erozyon Sorunu,DSİ-Ankara.
- DİE ( DEVLET İSTATİSTİK ENSTİTÜSÜ ),1996.Türkiye İstatistik Yılığ 1996 DİE-Matbaası,Ankara,1996.
- DİNÇ,U., et al.,1995. Türkiye Toprakları,Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları,Genel Yayın no.51,Ders Kitapları Yayın no.12 Ç.Ü., Ofset Atölyesi ,Adana.
- DOĞAN,O ve C.GÜÇER, 1976. Su Erozyonunun Oluşumu ve Ünsersal Denklem ile Toprak Kayıplarının Hesaplanması,Toprak-Su Araştırma Entitüsü Yayın no. 41/24.

- DYRNESS,C.T., 1967. Erodibility and erosion potential of Forest Watersheds.Int.Sympos. on Forest Hydrology Pergamon Press London.
- ERDOĞAN,İ.,1995.Doğu ve Güneydoğu Anadolu'daki Ormansızlaşma ve sonuçları.TEMA Vakfı Yayınları.Yayın no.3,İstanbul.
- ERLBECK,R., et al.,1974. Leitfaden zur Kartierung der Schutz-und Erholungsfunktionen des Waldes.J.D.Sauerländer's Verlag Frankfurt am Main.
- GENERAL DIRECTORATE of FORESTRY ,1989. The Turkish Forestry in the 150 th Year of its Establishment,Publication Nr.673,Serial Nr.30, Ankara.
- GERAY,U.,1997.Erozyonun Sosyoekonomik Nedenleri ve Sonuçları.TEMA Vakfı Erozyon Eğitim Kursları Notu,İstanbul.
- GÖRCELİOĞLU,E.,1981.Erozyon Kontrol Çalışmaları ve Çözüm Bekleyen Sorunlar.Doğumunun 100.Yılında Atatürk'e Armağan.İ.Ü.Orman Fakültesi Yayın.Ş.113-120,İstanbul.
- GÜNAY,T.,1984. Bir Tablonun Düşündürdükleri. Doğu ve Güneydoğu Anadolu Ormanlarımızın Kuruluşu Konusunda Belirlenen Bazı Görüşler.Orman Mühendisleri Odası Dergisi. Ocak 1984,Ankara.
- GÜNAY,T., 1992. Erozyon-İnsan İlişkileri ya da Toprak ve Uygarlıklar. Orman Mühendisliği Dergisi, Haziran -1992,Ankara.
- GÜNAY,T.,1995.Orman ,Ormansızlaşma, Toprak ve Erozyon Üçüncü Basım.TEMA Vakfı Yayınları,Yayın no 1,İstanbul.
- GÜNAY,T.,1996.Erozyona Karşı Alınacak Teknik,Biyolojik ve Toplumsal önlemler.TEMA Vakfı Erozyon Eğitim Kursu Notları,İstanbul.
- HALLBERG,G.R., al.,1978. A Century of Soil development in Soil driven from Loess in Iowa. Soil Sci Soc. Am J.42: 339-343.
- KANTARCI,M.D., 1984 Çölleşen Türkiye ve Ağaçlandırma Paneli Bildirisi.30 Nisan 1984,Ankara. Orman Mühendisleri Odası Yayınları,Yayın no.10,Ş.28-33,Ankara.
- KOHNKE,H and A.R.BERTRAND,1959. Soil Conservation.McGraw-Hill,New York,298 p.
- KÖSTLER,J.et al.,1968. Die Wurzeln der Waldbäume Verlag Paul Parey,Hamburg-Berlin.
- KÖY HİZMETLERİ GENEL MÜDÜRLÜĞÜ(Yayımlayan),1987.Türkiye Genel Toprak Amenajman Planlaması(Toprak Koruma Planı),Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayını,Ankara.
- KRAHL-URBAN,B. et al.,1988.Forest Decline.Graphisch Werkstatt Druckerei Gebr.Kopp OHG,Köln.
- LEAN,G.,1995.Down to Earth.Centre for our Common Future,Geneva,Switzerland.
- LEIBENDGUT,H.,1975. Wir und die Umwelt.Wirkungen des Waldes auf die Umwelt des Menschen. E.Rentsch Verlag,Zürich und Stuttgart.
- MILLER,M.F. and H.H.KRUSEKOPF,1932.The Influence of Systems of Cropping and Methods of Culture on Surface Runoff and Soil Erosion.Missouri Agr.Exp.Sta.Res.Bull.117.
- MOORE,P.D.and B.CHALONER,P.STOTTA,1996.Global Environmental Change.Blackwell Science Ltd,London.
- NEYİŞÇİ,T.,1997.Toprak Erozyonu Konusunda Bilgilendirmenin Öğretim ve Eğitim Esasları.TEMA Vakfı Eğitim Kursu Notları,İstanbul.

- ORMAN MÜHENDİSLERİ ODASI(Yayımlayan),1984.Çölleşen Türkiye ve Ağaçlandırma Paneli,30 Nisan 1984,Ankara.Orman Mühendisleri Odası Yayın no.10.
- ÖZHAN,S.,1982. Türkiye'de Toprak Erozyonu ve Buna Öncelikli Çalışmalarında Orman Mühendisinin Yeri,Orman Kaynakları Planlaması ve İşletmesi,Çeşitli plân Teknikleri,TMMOB-Orman Mühendisleri Odası VII.Teknik Kongresi,12.Kitap,6-10 Aralık,Ankara.
- ÖZYUVACI,N.ve A.HIZAL.,1990.Ormancılığımızın 150.Yılında Havza Amenajmanı Çalışmaları. 150.inci Yılında Türk Ormancılığı Paneli,Ankara,1990.Orman Genel Müdürlüğü Yayını,S.293-310. Ankara
- PFRIEM,E.(Herausg.),1989.Jahrbuch der Waldfreunde,Wuppertal und Ackerstrasse 4,Remscheid.
- SAGLAMTIMUR,T.ve LINAL.,1997. Yembükleri ve Çayır, Mera Kültürünün Ülkemizde Erozyonla Mücadelede Yeri ve Önemi,TEMA Eğitim Kursları Ders Notu,Adana.
- SARI,M.,1996. Türkiye'de Hatalı ve Yanlış Arazi Kullanımını Boyutları ve Erozyonla Olan İlişkileri,TEMA Vakfı Erozyon Eğitim Kursları Notu.
- STERN,H., et al.,1980.Rettet den Wald,Kindler Verlag,München.
- TOPRAKSU GENEL MÜDÜRLÜĞÜ (yayımlayan),1978.Türkiye Arazi Varlığı,Topraksu Genel Müdürlüğü Yayını,Ankara.
- TROEH,F.R.,J.A.HOBBS and R.L.DONAHUE,1991.Soil and Water Conservation,Second Edition,Printice Hall Career and Technology,New Jersey.
- WALTER,H.(Çeviren S.USLU),1962.Anadolu'nun Vejetasyon Yapısı,I.Ü. Orman Fakültesi Yayınları,Yayın no.80/944,İstanbul.
- YAMANLAR,O.,1967.Toprak Erozyonu Hakkında Araştırma ve Yayınlar,İktisadi Yürütüş,Sayı 474,Ekim 1967 Ankara.





## AÇIKLAMALI SÖZLÜK

**antropojen faktörler:** İnsan tarafından yaratılan ve doğal süreçleri etkileyen faktörlerdir.  
Örnek : Ormanları ve tüm bitki örtüsünü tahrip ederek erozyonu artırma, erozyon üzerinde rol oynayan antropojen bir faktördür.

**aquanot:** Araştırma amacıyla okyanus derinliklerine kadar inerek uzun süre orada kalabilen uzman kişilerdir.

**biyolojik çeşitlilik:** Bir yaşam ortamında canlılara ait tür, sayı, genetik karakteristikler ve ekolojik işlevler bakımından, zenginliği niteleyen bir kavramdır.

**çevre ahlâkı:** Yaşanabilir bir çevre yaratılması ve bunun devam ettirilmesi için, herkesin bizzat sorumlu olduğunun bilincine sahip bulunması ve bu hususta kendini vicdanen görevli ve zorunlu hissetmesidir.

**çıplak toprak:** Üzerinde bitki örtüsü bulunmayan topraklardır.

**çöl :** Doğal dengenin bozulduğu, toprakların bitkisel ürün yetiştirmez hale geldiği doğal arazi parçalarıdır.

**çölleşme :** Birinci bölümdeki tanımlamaya ek olarak şu şekilde de bir tanımlama yapılmaktadır. Bir yetişme ortamının veya ekosistemin, insan yaşamı için gerekli koşulları kaybetmesini sağlayan süreçtir.

**doğal denge :** Mekan bakımından sınırlanmış bir yetişme ortamında, canlı ve cansız varlıklar arasındaki karşılıklı etkileşim ve ilişkiler bir sorun yaratmayacak şekilde cereyan ediyorsa, bu yaşam ortamı veya ekosistem doğal denge halindedir denir.

**doğal faktör:** Bir yaşam ortamındaki ekolojik ilişkileri etkileyen ve devam ettiren, insan tarafından yaratılmayan doğa verileridir (Işık, iklim koşulları, toprak varlığı, arazi yüzü şekli, hava hareketleri, v.b.).

**ekim nöbeti:** Tarım işletmeciliğinde, aynı tarlaya, birbirini izleyen yıllarda farklı bitkisel ürünlerin ekilmesini niteleyen bir terimdir.

**ekolojik ahlâk:** Bakınız : çevre ahlâkı

**ekolojik denge:** Bakınız : doğal denge

**ekolojik fiyatlandırma :**Ekolojik işlevlerin sağladığı yararları çoğu zamanı maddi değerler olarak belirgin bir şekilde görülemez. Örneğin, yeşil bitkilerin fotosentez sonucu sağladığı oksijen tüm canlıların en önemli yaşam temellerinden biri olduğu halde, bunların parasal değeri şimdiye kadar hesaplanmamıştır. İşte, doğal varlıklar arasındaki ilişkilerden doğan

**ekolojik işlevlerin parasal değer olarak karşılığının hesaplanması veya tahmin edilmesi "ekolojik fiyatlandırma" kavramı ile açıklanmaktadır.**

**eyyükselti eğrileri:** Bir arazi parçasında denizden yüksekliği aynı olan noktaları birbirine bağlayan harita üzerindeki eğrilerdir.

**fundalık:** Söpürge çalısı, ağaç fundası (Erica ve Calluna) gibi kısa boylu "funda" adı verilen bitki türlerinden oluşan bitki toplulukları veya bunların içinde yetiştiği araziyi belirtmek için kullanılan bir terimdir.

**gen kaynağı:** Elde mevcut olan ıslah edilmiş lokal bir popülasyonun genetik materyalidir. Veya bir canlı türün coğrafik yayılış bölgesindeki tüm genetik materyalidir.

**gen rezervi :** Ortadan kaybolmak ve nesli tükenmek üzere olan canlı türlerin ve ırkların korunması, üretilmesi ve yetiştirilmesi için koruma altına alınmış olanlarını ifade etmek için kullanılan bir kavramdır.

**infiltrasyon:** Yağış sularının toprak içerisine girmesi olayıdır.

**intersepsiyon :** Bitkilerin topraküstü kısımlarıyla (yaprak, dal, gövde) yağış sularının bir kısmını tutarak, bunların toprağa varmadan, buharlaşma yoluyla yeniden atmosfere karışmasını sağlama olayıdır. Bu olay, toprak için su kaybıdır. Bunun miktarı, düşen yağış miktarının % si ile ifade edilir. Örneğin "Bu ormanın intersepsiyon miktarı % 20'dir" demek, gelen yağış sularının beşte biri toprağa inmeden atmosfere geri dönüyor demektir.

**kırıntı bünyesi:** Toprak taneceklerinin (kum, toz, kil) birbirine yapışarak toprak haline gelmesiyle toprağın kazandığı yapıdır. Kırıntılı yapı, havalandırma ve suyu geçirme için toprağa çok iyi özellikler kazandırır.

**makilik:** Akdeniz iklim koşullarının bulunduğu yetişme ortamlarında yayılış gösteren çalı ve alçak boylu ağaçların oluşturduğu odunsu bitki topluluklarıdır.

**nadas:** Hiçbir bitkisel ürün ekilmeden bir yıl süreyle boş bırakılan sınırlı tarlalardır.

**orman:** Ağaçlar ve diğer bitkilerle, hayvan ve mikroorganizma gibi canlı varlıkların hava, su, toprak, ışık gibi cansız öğelerle aralarında karşılıklı ilişki ve etkileşim kurarak oluşturdukları yaşam dünyasıdır.

**ozon tabakası:** Dünyamızdan 17 km yükseklikte başlayan stratosfer katmanı içinde yer alan ve 20/25 - 40/50 km yükseklikler arasında bulunan, ozon gazlarının oluşturduğu bir tabakadır.

**pedolojik özellikler :** Toprağın fiziksel, kimyasal, fizikoşimik ve biyolojik özelliklerini toplu olarak ifade etmek için kullanılan bir kavramdır.

## TOPLUMSAL SÖZLEŞME

**pulluk tabanı:** Bir tarlada, pulluğun alt kısmındaki parçasının sürüm derinliğindeki toprakları sıkıştırarak yarattığı sert ve sıkı oturmuş toprak tabakası.

**sedimentasyon:** Bir sıvı içinde asılı durumda bulunan katı parçacıkların dibе çökmesi olayını niteleyen bir terimdir. Örnek: Su erozyonu ile bir yerden alınıp götürülen toz ve kil gibi toprak taneceklerinin baraj veya göllere karıştıktan sonra dibе çökmeleri, sedimentasyon için erozyonla ilgili olarak tipik bir örnektir.

**transpirasyon:** Yeşil bitkilerin kökleriyle topraktan aldıkları suyu, fotosentez olayı sonucunda, buhar halinde atmosfere vermeleri olayıdır. Buna "fizyolojik buharlaşma" da denir.

**vegetasyon:** Sistematikteki yerleri gösterilmeksizin, dış görünüm ve ekolojik bakımdan, bir bölgedeki bitki örtüsüne verilen isimdir.

**vegetasyon tipi:** Belirli ekolojik koşullara bağlı olarak (özellikle iklim karakteristiklerine uyum sağlayarak) dünya üzerinde yayılmış bulunan, benzer yaşam şekillerine ve dış görünümüne sahip bitki topluluklarına verilen isimdir (maki, savan, step, çöl, v.b.).

## KAVRAMLAR DİZİNİ

- ağaçlandırma 71  
    ve erozyon kontrolü 27
- akarsu kıyı erozyonu 42
- akıcı teraslar 71
- akut toprak krizi 1
- alt toprak 55  
    yamaç 26
- anamateriyal 10
- antropojen faktörler 6
- arazi 29  
    eğim derecesi 7  
    kullanma yetenek sınıfları 30  
    sınıflaması 30, 31  
    sınıfları 30  
    yetenek sınıfları 28, 29
- aşırı otlatma 1  
    nüfus artışı 1
- aqueduct 27
- bitki örtüsü 18, 51
- biyolojik çeşitlilik 69
- biyolojik önlemler 70, 71, 81
- çalıştırma 71
- çayır 25, 28
- çevre ahlakı 92
- çığ afetleri 65  
    ve buzul erozyonu 39
- çıplak toprak 25
- çizgi erozyonu 20, 41  
    ot ekimi 71
- çok eğimli arazi 7  
    kaba kum 46  
    şiddetli erozyon 56
- çöl 2, 63, 80
- çölleşme 63, 64  
    benzeri süreçler 1
- dağlık arazi 6
- dışbükey yamaçlar 9
- doğa tahribi 95
- doğal afetler 3  
    bitki örtüsü 28
- doğal çimento maddesi 11  
    denge 100  
    faktörler 6  
    gen rezervi 99  
    varlıkların tahribi 96
- doğanın tahribatı 27, 96
- düz araziler 7
- ekim nöbeti 84, 86
- ekolojik ahlak 92  
    fiyatlandırma 67, 68
- emdirici teraslar 71
- erodere 39
- erozyon 1, 3, 4, 39  
    eğilimi 10  
    şiddet derecesi 15, 53  
    tehlikesi 5
- erozyonun ekolojik zararları 57  
    görünmeyen zararlar 5
- eşyükselti eğrileri 29, 85
- fundalık 28
- gen kaynağı 100
- genetik kaynaklar 69, 70
- hafif erozyon 55
- hızlı nüfus artışı 37, 38
- hızlandırılmış erozyon 3, 4, 39  
    humus içeriği 47
- iç kumul hareketi 48
- ihya taşı 83
- iklim değişimi 62  
    karakteristikleri 14  
    özellikleri 51
- ince kum 46  
    teknikli topraklar 10
- tüfiltrasyon 23
- inka uygarlığı 1
- intensif kültür 1
- intersepsiyon 18
- jeolojik erozyon 3, 4, 39  
    özellikler 6, 7, 8, 51  
    temel 10

- kaba kum 46  
 tekstürlü topraklar 10
- kabul edilebilir toprak kaybı 66, 67
- kanal veya kenar erozyonu 41
- kara nadas 20
- kırıntı bünyesi 84
- kısır döngü 5
- kıyı erozyonu 42, 44, 81  
 kumulları 48, 88
- kil minerali 11, 13  
 tipi 11
- kirlilik 3, 4
- koruyucu önlemler 79
- kozmonot 27
- kritik rüzgâr hızı 47
- kumul hareketi 91
- kurak iklimler 63  
 çöller 63
- kuraklık 47, 63  
 indisi 63
- kurum tarım 28
- kültür bitkileri 20  
 şekli 11
- kültürel önlemler 81
- makilik 28
- mekanik önlemler 81
- mera 20,36,37,79
- mikroorganizma solunumu 12
- miras hukuku 37
- nadas 25
- nehir kıyısı ormanları 41
- normal erozyon 3, 4, 39
- oluk erozyonu 41, 42
- organik madde 11
- Orman 20,21,23,25  
 ekosistemleri 35  
 ölü örtüsü 23  
 tepe çatısı 22
- ormanların tahribi 31
- orta derecede şiddetli erozyon 53,55  
 kum 46
- ot kesekleriyle kaplama 71
- otlandırma 71
- oyuntu erozyonu 42,43
- ozon tabakası 69,79
- ölü örtü 23
- ölümden yeni bir yaşam 23, 24
- örme çitler 90
- pedolojik özellikler 6, 51
- pulluk tabanı 84
- reliyef 6  
 karakteristikleri 6  
 rotasyon 84, 86  
 rüzgâr erozyonu 39, 45  
 perdeleri 88, 89  
 şeritleri 87, 88, 90
- sağanak yağış 26
- sedimentasyon 61
- sekileme 82
- silo masarı 20
- sivil toplum örgütleri 94
- soğuk çöller 63
- sosyo-ekonomik önlemler 89
- su erozyonu 39, 40
- Sümer Yazıtları 2
- "sürdürülebilir afetler" 57
- şiddetli erozyon 53, 55
- tabaka erozyonu 20, 41
- tam alanda bitkilendirme 71
- taşkın afetleri 62, 65
- teknik önlemler 70, 71, 72, 81
- tektür 10
- teraslanma 82
- topoğrafik özellikler 6  
 yapı 50
- toprak 1  
 toprak canlıları 62  
 erozyonu 5, 6  
 humusu 83  
 işleme tekniği 11  
 kaybı toleransı 66  
 kaymaları 65  
 kırıntılığı 11  
 koruma bilinci 64  
 ormanları 75,76,77  
 özellikleri 10  
 strüktürü 29, 61  
 tane boyutu-10, 61, 62  
 türü 47
- toprağın havalanması 12
- iskelet miktarı 13, 14
- tarla nem kapasitesi 14

transpirasyon 76  
tropik ormanlar 96, 97  
turbulens enerjisi 40  
UNEP 38, 64  
vejetasyon 40  
    tipi 20, 35, 36  
yağış şiddeti 14, 40  
    yoğunluğu 15  
yamaç araziler 7  
    bakısı 9  
    eğimi 8, 9  
    bakısı 9  
    eğimi 8, 40  
    uzunluğu 8, 9, 40  
yanlış arazi kullanma 1  
    tarım işletmeciliği 28  
yararlı ve dost erozyon 39  
yasal önlemler 70, 86  
yenilenebilir doğal kaynaklar 35  
yetersiz toprak örtüsü 6, 46  
yüksek dağlık arazi 7  
yüzeysel akış 20, 23, 76  
    suyu 40





## ÇEVRE KİRLİLİĞİ,EROZYON VE ÇEVREYE VERDİĞİ ZARARLAR

**Prof. Dr. Necmettin ÇEPEL**

04.09.1928 tarihinde Bursa'da doğmuş. İlk ve Orta Öğrenimini bu kentte, Yüksek Öğrenimini İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi'nde bitirmiş olan N. Çepel askerlik görevini tamamladıktan sonra, aynı Fakülte'nin Toprak İlimi ve Ekoloji Enstitüsü'nde 1953 yılında Üniversite Asistanı olarak göreve başlamıştır. Bu Fakülte'de 1958 yılında Ormancılık İlimleri Doktoru, 1963 yılında Üniversite Doçenti, 1971 yılında Üniversite Profesörü ünvan ve yetkilerini kazanmıştır. Çeşitli tarihlerde dört yılı aşkın bir süre dış ülkelerde bilimsel inceleme ve araştırmalar yapmış, 4 yıl süreyle de TÜBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu Üyeliği görevinde bulunmuştur. Üniversite'deki 42 yıllık akademik hizmet süresini tamamlayarak 04.09.1995 tarihinde emekliye ayrılmıştır. Bilimsel yayın olarak 29 tanesi kitap olmak üzere toplam 130 eseri bulunmaktadır.

**T.E.M.A. VAKFI**

Çayır Çimen Sok.

A2 Blok

Emlak Kredi Blokları

Levent 80620

**İSTANBUL**

Tel: (0212) 281 10 27

268 09 85

Faks: (0212) 281 11 32

Kapak Fotoğrafı:  
TEMA Foto Arşivi

ISBN 975-7169-03-X