ISSN 1302-5856

TÜRK COĞRAFYA KURUMU

TÜRK COĞRAFYA DERGİSİ



İSTANBUL 2007

SAYI: 47

TÜRK COĞRAFYA DERGİSİ

REVUE DE GÉOGRAPHIE TURQUE
TURKIH GEOGRAPHICAL REVIEW
TURKISCHE GEOGRAPHISCHE ZEITSCHRIFT

2006 SAYI: 47

İÇİNDEKİLER *(Contents)*

İ. Yaşar HACISALİHOĞLU — Kuramsal ve Kavramsal Bir Çözümleme: Mekân - Güç – Çatışma ve Jeopolitik
Spatial - Power- Conflict and Geopolitics: A Theoretical and Conceptual Analysis 1

Halil GÜNEK
Murat SUNKAR — Kurucaova ve Yakın Çevresinin (Malatya) Jeomorfolojik Özelliklerinden Kaynaklanan Sorunlar ve Çözüm Önerileri
Problems Assocated with Geomorphologıcal Features of Kurucaova And its Surrounding (Malatya) and Proposal for Solution..... 15

Duran AYDINÖZÜ — Ebe Karaçamı (Pinus nigra ssp. Pallasiana var. Şeneriana)'nın Yeni Bir Yayılış Alanı
New Distribution Area of Pinus nigra ssp. Pallasiana var. Şeneriana 39

Muzaffer BAKIRCI — Avrupa Birliği Yeni Dönem Kırsal Kalkınma Politikası, Türkiye'nin Uyumu ve Yaratacağı Etkiler
European Union's New Period Rural Development Policy and It's Potential Influences on Adaptation of Turkey..... 45

Adnan SEMENDEROĞLU
Ali Ekber GÜLERSOY
Ali İLHAN — Fiziksel Arazi Degradasyonu
Physical Land Degradation..... 75

Vedat ÇALIŞKAN
Abbas ASLAN — 2006 Yılında Çanakkale' de Yaşanan Kar Fırtınalarının Mekansal Etkileri
Spatial Impacts of Snow Storms in Çanakkale in 2006..... 99

İsa CÜREBAL
Deniz EKİNCİ — Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS Tabanlı RUSLE (3d) Yöntemiyle Erozyon Analizi
Erosion Analysis of Kızılkeçili Creek Basin with GIS Based on RUSLE (3d) Method..... 115

Deniz EKİNCİ
Burhan EKİNCİ — Küçükçekmece Gölü ve Yakın Çevresinde (İstanbul) Zemin Örtüsü Değişiminin Coğrafya Üzerindeki Etkileri
The Effects of Land Cover Chance on Geography at Küçükçekmece Lake and its Surrounding (Istanbul)..... 131

Hüseyin TUROĞLU — Orta Öğretim Coğrafya Müfredatında Yapılandırmacı Öğrenme
Constructivist Learning in Secondary Geography Curriculum..... 147

M. Fatih BÜYÜKTOPÇU — Turizme Açılan Mağaralarda Kullanılan Yapı Malzemelerinin Mağara Ekolojisine Olumsuz Etkileri
The Undesirable Effect of Construction Materials on the Cave Ecology in Tourist Caves 157

Haberler — Güney Amerika Coğrafya Araştırmaları Gezisi 1 Temmuz-3 Ağustos 2006 tarihleri Arasında Yapıldı 167

Türk Coğrafya Dergisi, Sayı:47, 75-98, İstanbul 2006

FİZİKSEL ARAZİ DEGRADASYONU

Physical Land Degradation

Adnan SEMENDEROĞLU*
Ali Ekber GÜLERSOY**
Ali İLHAN***

Özet

Arazi parçaları, doğal nedenler ve özellikle insan faaliyetleri nedeniyle fiziksel yönden bozularak prodüktivitesini çeşitli derecelerde yitirebilmektedir. Başka bir deyişle, yanlış arazi kullanımı ve doğal vejetasyonun tahribi ile doğal denge bozulmakta dolayısıyla arazinin yetenek durumu üst sınıflardan alt sınıflara düşebilmektedir. Bu çalışmada su ve rüzgâr erozyonu, kütle hareketleri, siltasyon ve taşlılaşma, kabuklaşma, yaşlık gibi fiziksel arazi degradasyonu kapsamında yer alan olay ve süreçler neden sonuç ilişkileri çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Fiziksel arazi degradasyonu, doğal denge, erozyon, taşıma kapasitesi, çölleşme.*

Abstract

Land parts may loss their productivities in various grades in terms of physical properties because of natural causes and especially human activities. In other words, by the misuse of land and destruction of natural vegetation the natural balance gets worse. Consequently the capability of the land may decrease from upper to lower levels. In this paper the events and processes which involve physical land degradation like water and wind erosion, mass movements, siltation, crust formation, waterlogging and stoniness were evaluated within the framework of cause and effect relations.

Key Words: *physical land degradation, natural balance, erosion, carrying capacity, desertification.*

Giriş

Arazi degradasyonunun kapsamı, çeşitleri, nedenleri, etkileri, sonuçları ve proseslerin işleyişi çeşitli disiplinlerde tartışılmakta olmasına karşın bu konuda yeterince bütünlük sağlanamadığı görülmektedir. Özellikle ziraatçılar ve coğrafyacıların çalışma alanına giren arazi degradasyonunun tanımı, kapsamı, sınırları ve çeşitleri konusunda araştırmacılar tarafından tam bir görüş birliğine varılamamıştır. Ülkemizde bu konuda yayınlar yetersiz olduğu gibi özellikle coğrafyacıların konuya yeterince eğilmedikleri dikkat çekmektedir. Oysa doğal ortamın dinamiklerini bütün unsurları ile ele alabilen coğrafyanın arazi degradasyonu konusunda çok daha fazla

* Yrd. Doç. Dr. D.E.Ü. Buca Eğitim Fakültesi, Coğrafya Öğretmenliği Bölümü, 35150, Buca-İzmir *a.semenderoglu@deu.edu.tr*
** D.E.Ü. Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Coğrafya Öğretmenliği Bölümü, 35150, Buca-İzmir *gulersoy74@ hotmail.com*
*** D.E.Ü. Eğitim Bilimleri Enstitüsü, Coğrafya Öğretmenliği Bölümü, 35150, Buca-İzmir *aliilhan72@hotmail.com*

katkısının olması beklenir. Bu çalışmada fiziksel arazi degradasyonu konusuna coğrafi bir perspektifle yaklaşılarak bir konsept geliştirilmesine katkıda bulunmak amaçlanmıştır.

Arazi degradasyonu ya da arazi bozulması, genel olarak çeşitli nedenlerle arazi potansiyelinin zayıflaması veya eksilmesi ile araziden yararlanmanın giderek sınırlanmasını ifade eder. Başka bir deyişle arazinin fiziksel, kimyasal ve biyolojik yönlerden bozularak prodüktivitesinin (verimliliğinin-üretkenliğinin) yüksek bir statüden daha alçak bir statüye sürekli veya kesintili olarak gerilemesini ifade eder. Zaten kelime kökü incelendiğinde Latince kökenli dillerde ve İngilizce'de "grade" sözcüğü derece, sınıf, kalite anlamına gelirken önüne olumsuzluk eki olan "de-" geldiğinde derece, sınıf veya kalite açısından alt seviyelere inme anlamı ortaya çıkar (Semenderoğlu, Gülersoy ve İlhan 2005: 16). Ancak arazi degradasyonunu sadece doğal bitki örtüsünün tahribi ve toprakların aşınması sonucu arazinin doğal verim gücünü kaybetmesi ve arazi kabiliyet sınıfının düşmesi şeklinde tanımlamak yanlış ve yetersiz olur. Çünkü arazi degradasyonunda erozyon önemli bir faktör olmakla beraber başka birçok faktörün arazinin verim değerinin düşmesinde önemli rol oynadığı görülür. Arazi degradasyonunda fiziksel, kimyasal ve biyolojik prosesler etkili olmaktadır.

Arazi degradasyonunda etkili olan başlıca fiziksel prosesler su ve rüzgâr erozyonu ile toprakta kayıplar ve diğer olumsuz değişikliklerin meydana gelmesi (erozyonla verimli üst ve alt topraktan kayıplar, su ve rüzgâr erozyonu ile ince toprak materyalinin taşınarak toprağın taşlılaşması, su ve rüzgâr erozyonu ile aşağı havzalardaki verimli toprakların siltasyon, taş, çakıl ve kumul örtüleri ile işgali) toprağın sıkışması, kabuklaşması ve suya aşırı doygun hale gelmesidir. Bunun dışında göçme ve heyelan gibi kütle hareketleri ile orman, mer'a ve tarım alanlarının kaybı, işlenmesinin güçleşmesi ya da kayan kütlenin verimli tarım alanlarını işgal ederek verim değerini düşürmesi fiziksel degradasyona yol açan süreçlerdir. Arazi degradasyonunda etkili olan kimyasal prosesler; tuzlanma, alkalileşme, asitleşme, kirlenme ve nütrient maddelerin azalması veya tükenmesi şeklindedir. Biyolojik süreçler ise toprakta organik maddenin azalması, vejetasyonun tahribi ile mikroorganizma ve faunanın aktivitelerinde azalma şeklinde özetlenebilir (Ponniah, 2000:1).

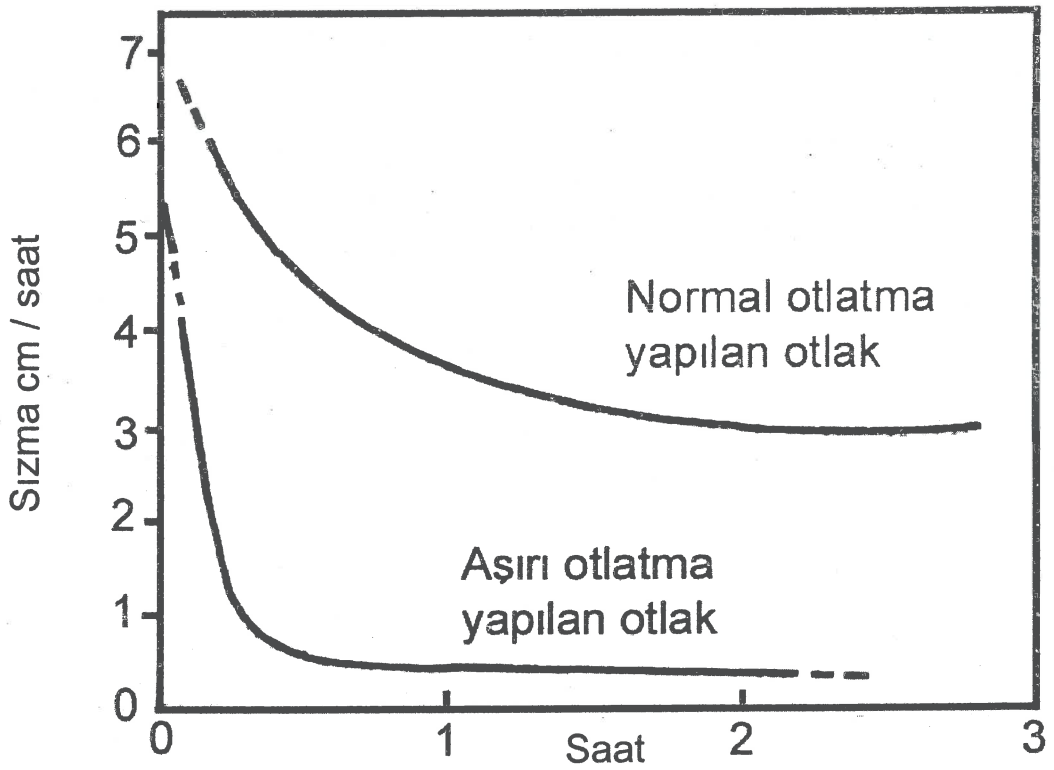
Fiziksel Arazi Degradasyonu Çeşitleri ve Etkileri

Toprağın Sıkışması

Bilindiği gibi toprağın infiltrasyon kapasitesi, toprağın bünyesi (killi, kumlu, milli bünye), toprağın strüktürü (toprak tanelerinin diziliş durumu) veya genel olarak porozitesi ile yakından ilgilidir. Toprağın çeşitli şekillerde mekanik olarak ezilerek sıkıştırılması sonucu toprak taneciklerinin arasındaki mesafe, dolayısıyla toprak boşlukları azalır. Genel olarak aşırı otlatma yapılan mer'alarda, hayvan ve insanlar tarafından üzerinde çok gezilen veya makinelerle ezilen tarım alanlarında bu durum görülmektedir. Yağmur damlaları darbe etkisiyle toprağın sıkışmasında az da olsa etkili olabilmektedir.

Toprağın sıkışmasının arazi degradasyonuna yani toprağın verim değerinde düşmesine yol açması üç şekilde olur. Öncelikle mekanik sıkışma nedeniyle toprak gözenekliliğinin azalması, infiltrasyon (sızma) kapasitesini azalttığından yağışlardan yüzeysel akışa geçiş süresi kısalırken yüzeysel akış miktarı artmakta, erozyon'da şiddetlenmektedir. Yani verimli üst toprak taşınarak ortamdan uzaklaşmaktadır. Özellikle kurak ve yarı-kurak bölgelerde ise toprağın sıkışması ile zaten kıt olan yağışlardan suyun toprağın derinliklerine intikali (infiltrasyon) daha da azaldığından kurak dönemde toprakta su ve nem açığı yani kuraklık etkisi daha da artmaktadır. Son olarak toprağın sıkışması aynı zamanda üst bitki örtüsünün ezilmesine, özellikle yüzeysel köklerin zarar görmesine, tohumların çimlenmelerinin engellenmesine yol açmaktadır (Şekil 1). Özellikle silt (toz) ve kil gibi ince tanecikler bakımından

zengin balçık bünyeli topraklar sıkışmaya eğilimlidir. Bu topraklar nemli iken ağır makinelerle ezilirse infiltrasyon azaldığı gibi toprak bünyesine giren suyun yer çekimi ile aşağı yönde hareketi (perkolasyon) de azalmaktadır. Sonuçta yüzeydeki çukurluklarda toprak işleme makinelerinin açtığı arıklarda su birikmesi oluşmaktadır. Bu durum toprakta su ve hava dolaşımını olumsuz etkilediği gibi bitki köklerinin ve toprak organizmalarının solunumunu da güçleştirerek toprağın verimini düşürmektedir.



Şekil 1: *Aşırı otlatma yapılan ve hayvanlar tarafından daha çok çiğnenerek sıkışan toprağın infiltrasyon kapasitesi büyük ölçüde düşmektedir (Strahler, 1975'e göre Atalay 1986: 8).*
Figure 1: *The infiltration capacity of the soils which overgrazed and excessive treaded by the animals decreases on a large scale (According to Strahler 1975, from Atalay 1986: 8).*

Toprağın Kabuklaşması

Toprağın kabuklaşması mekanik ve kimyasal süreçlerle olmak üzere iki farklı çeşitte olabilmektedir. Mekanik etkilerle kabuklaşma; yağmur damlalarının veya toprak yüzeyinde yoğun insan ve hayvan trafiği ile makinelerin toprağı sıkıştırması yoluyla olmaktadır. Kimyasal kökenli kabuklaşma ise tuzlu ana kayadan yüzeye kapilarite ile çeşitli tuzların taşınması, kapalı havzalarda ve delta kıyılarında tuzlu taban suyunun kapilarite ile yüzeye taşınması şeklinde olmaktadır. Kabuk tabakası toprağın altında veya üzerinde olabilen, doğal ve kültür bitkilerinin yetişmesi ve gelişmesini engelleyerek arazi degradasyonuna yol açan bir faktördür. Tuzlu-alkali ve kireçli sahalardan geçerek bünyesine eriyik tuzlar alan sular aşağı kesimlerde çakıllı, kumlu, killi-siltli malzemelerin çimentolaşarak sertleşmesine ve kabuklaşmasına yol açmaktadır.

Yağmur damlalarının toprak yüzeyine yaptığı devamlı darbeler sonucunda toprak yüzeyi sıkışır ve toprak kuruduğu zaman yüzeyinde bir tür kaymak tabakası oluşur. Oluşan bu kaymak tabakası suyun toprak içine sızmasını engellediği gibi topraktaki hava sirkülasyonuna da engel olur. Kaymak tabakası tohumların çimlenmesini ve toprak yüzeyine çıkmasını da önler. Düz veya hafif eğimli sahaların yağışlardan veya yüzeysel akışla çevreden gelen sularla

geçici su basmasına uğraması sonucu da yüzeyin bilahare kurumasının ardından toprak üzerinde sert bir tabaka oluşabilmektedir.

Kireç içeren ve ince malzemeli olan (killi, milli) kalsimorfik topraklarda yağışlar sırasında toprak bünyesindeki kireç çözülerek killi, milli malzeme ile karışır ve kireçli bir kaymak tabakası oluşur. Yağmurdan sonra bu kaymak tabakası kuruyarak tohumların çimlenmesi veya çimlenen tohumların yüzeye çıkması engellenir.

Tuzlanma da kabuklaşmaya yol açar. Tuzlu taban suyunun yükselmesi ile çeşitli tuzlar toprağın üst kısımlarına hatta yüzeye kadar taşınır, bilahare buharlaşma sonucu bu kısımlarda tuzlar çökelerek veya kristalleşerek bir kabuk tabakası oluşturabilmektedir. Tuz tabakası yeterince sert ve kalın olması durumunda tuz kabuğundan (salt pan) söz edilir.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde veya dönemlerde yamaç molozları gibi detritik unsurlar alttaki kalkerli ana kayadan kaynaklanan kirecin kapilarite ile yüzeye taşınması ile yüzeyde veya yüzeyin hemen altında unsurların çimentolanmasını sağlayarak "kaliş" adı verilen kalkerli bir kabuk oluşmasına neden olmaktadır. Kaliş oluşumu için çözünmüş kireç bakımından zengin yer altı suyu veya taban suyunun sıcak ve kurak dönemlerde kapilarite ile toprak profili dahilinde yüzeye doğru hareket etmesi gerekmektedir. Bu sırada başlangıçta ince kapilar boşluklu killi ve milli seviyelerde kireç çiçekleri ile başlayan oluşum, kirecin dahili seviyelerde birikmesiyle devam eder. Sonuçta toprak profili dahilinde kireç yumruları ve kireç sütunları oluşurken, yüzeyde toprak tanecikleri ve çakılların çimentolanmasıyla oluşan sert bir kaliş tabakası meydana gelir (Erol, 1988: 9).

Bundan başka genellikle podzollerin ve podzolik toprakların yaygın olduğu kesimlerde üst topraktan yıkanan silis, kil ve özellikle alüminyum ile demir bileşiklerinin oksitlenmesi ve hidratlanarak birikim horizonunda zenginleşmesi, zamanla sert bir kabuk oluşumuna (hard pan) neden olur. Tropikal ve subtropikal bölgelerde lateritleşme sonucu da alt toprakta alüminyum ve demirli hidrate oksitlerden oluşan ve bitki köklerinin gelişimini engelleyen sert kabuk oluşumu görülür (Atalay, 1998: 349). Bundan başka killi ve genellikle asit topraklarda, belirli seviyelerde toprak içindeki hava boşluklarının ince kil taneleri ile doldurulması sonucu sert ve geçirimsiz kil tabakası (clay pan) oluşabilmektedir.

Toprağın çeşitli seviyelerinde meydana gelen kabuklaşma kök gelişimini ve çimlenmeyi engelleme yanında sert ve geçirimsiz kabuk tabakası ile yüzey arasındaki toprak hacmini azalttığından toprağın infiltrasyon dolayısıyla su tutma kapasitesini de düşürmektedir. Ayrıca yüzeysel akışa geçen su miktarını arttırdığından erozyonun şiddetlenmesine de neden olur. Bundan başka düz ve düşük eğimli sahalarda yağışlı mevsimde infiltre olamayan su birikintileri toprağın uzun süre yaş kalmasına yani yaşlılık sorununa da yol açabilmektedir. Toprağın uzun süre yaş kalması işlenmesini ve ekimi de geciktireceğinden arazi veriminin düşmesinde önemli etkilerde bulunur.

Toprağın suya aşırı doygun hale gelmesi (Toprakta Yaşlık)

Toprak yaşlığı ya da toprak ıslaklığı, toprak gözeneklerinin geçici veya sürekli olarak suya doygun halde kalması durumudur. Genel olarak toprak hacminin % 25 kadarının su olması, bitkilerin su gereksinimlerinin kolayca karşılanması açısından yararlı bir durumdur. Ancak fazlası bitki kökleri için gerekli olan toprak havasının yerini tamamen suyun almasına neden olur. Bu şekilde toprağın suya aşırı doygun halde bulunması toprağın kimyasal yönden değişimi ve bozulmasına yol açtığı gibi toprağın fiziksel olarak bozulmasına da yol aç-

maktadır. Drenaj yetersizliğinden kaynaklanan toprak yaşlığı doğal ve kültürel bitkilerin yetişmesini olumsuz yönde etkilemektedir. Toprak yaşlığı genel olarak taban suyunun toprak yüzeyine doğru kök yayılış alanına ve daha yukarılara yükselmesi sonucunda oluşur. Ayrıca toprak yüzeyinin altında belli seviyelerde geçirimsiz kabuk tabakası infiltrasyonu engellediğinden yaşlık sorununa yol açabilmektedir. Genellikle kapalı havzalarda veya genel eğimin yeterli drenajı sağlayamayacak kadar düşük olduğu sahalarda taban suyu seviyesi, fazla yağışlar veya yüzey suları ile yükselmektedir. Ancak bu durum sadece yağışlı dönemde veya taşkın dönemlerinde meydana geliyorsa "geçici yaşlık" durumu söz konusudur. Bazen taban suyu yüzeye hatta yüzeyin üstüne çıkarak devamlı kalabilir. Bu durum "sürekli yaşlık" olarak ifade edilir ve toprakta gleyleşme sürecine neden olur. Bozuk drenajlı ve devamlı tabansuyu şartları altında oksijenin çok az ya da hiç olmaması toprakta demir bileşiklerinin indirgenmesine neden olur. Bu süreç sonunda toprak dahilinde mavimsi, boz, yeşilimsi renklerden oluşan bir zonun (gley zonu) ortaya çıkması gleyleşme olarak nitelenir. Taban suyunun düzensiz veya periyodik olarak alçalıp yükseldiği topraklarda ise alçalma döneminde oksidasyon ön plana geçtiğinden sarı, esmer ya da kırmızı renk zonları da oluşarak psedogley topraklar meydana gelir (Atalay, 1989a: 407, 408).

Yaşlığın toprağın fiziksel bozulmasına yol açması bir çok şekilde gerçekleşir. Özellikle killi ve milli yani ince tekstürlü topraklarda toprak yaşlığı toprağın işlenmesini güçleştirir ve geciktirir. Bundan başka toprak gözeneklerinin suyla dolması toprak havasının azalmasına ya da toprakta son derece önemli olan hava dolaşımının askıya alınmasına yol açar. Toprak yaşlılığı çok yıllık bitkilerin ilkbaharda geç uyanmalarına ve tohumların geç çimlenmesine yol açar (Yaş topraklar geç ısınmaktadır). Kış ve ilkbahar aylarında meydana gelen taşkınların geç çekildiği yerlerde veya yıllarda tohum ekimi gecikir. Toprak yaşlığının uzun sürmesi toprağın tava gelmesini yani işlenmeye hazır hale gelmesini de geciktirmektedir. Ayrıca toprak yaşlığı bakteri ve mantar hastalıklarını da arttırmaktadır.

Toprak yaşlığının doğal ve insan kökenli nedenleri vardır. Doğal kökenli toprak yaşlığı, taşkın ovalarında ve bazı karstik, tektono-karstik erime çukurlarında (dolin, polye) meydana gelmektedir. Toprak yaşlığının bir degradasyon olarak kabul edilmesi için olayın insan ömrü dahilinde izlenebilecek bir zaman aralığında olması ve toprağın önceki verimine göre daha niteliksiz hale gelmesi ayrıca genel olarak insan etkinliklerinden kaynaklanması gerekir. Bunun yanında yaşlık sorununun dönemsel, periyodik veya sürekli olması da beklenir. Yaşlık sorununun dolaylı olarak insan etkisiyle ortaya çıkması genellikle eğimli yamaçların bulunduğu yukarı havzalarda yanlış arazi kullanımı (VI. ve VII. sınıf arazilerin tarıma açılması, aşırı ve erken otlatma, eğimli yamaçlarda toprağın eğim yönüne paralel sürülmesi, toprak koruma önlemleri alınmaması vb) ve doğal vejetasyonun tahribi ile ilgilidir. Bunun sonucunda eğimli yamalarda erozyon hızlanır, toprak derinliği azalır. Gerek toprak derinliğinin azalması gerekse toprak üstü yapılarıyla yüzeysel akışı engelleyen veya yavaşlatan koruyucu bitki örtüsünden eğimli yamaçların mahrum kalması toprağın ve ana materyalin infiltrasyon kapasitesini azaltır. Bu arada bitki örtüsünün tahrip edilmesi ile interserpsiyon da azalır. Bütün bunlar yüzeysel yağıştan yüzeysel akışa geçiş süresini kısalttığı gibi yağıştan yüzeysel akışa geçen su miktarını da büyük ölçüde arttırır. Sonuçta aşağı havzalardaki akarsularda özellikle uzun süreli sağanak yağışlar ve kar erimelerinin birlikte yaşandığı ilkbahar dönemlerinde taşkın frekansı artar. Daha sık ve uzun süreli taşkına uğrayan tarım alanlarında yaşlık sorunu tehdit edici boyutlara ulaşır.

Ancak doğal olarak geçici veya sürekli sular altında kalan bataklık, tuzlu bataklık (marş) ve sazlık alanlar degrade olmuş arazi şeklinde değerlendirilmemelidir. Bu alanlar nadide bitki ve özellikle sucul ortamlara bağlı kuş türleri, balıklar, amfibi ve diğer sürüngen

türleri vb nin sürekli veya geçici olarak kullandıkları habitatları olan hassas ekosistemler olarak değerlendirilmelidir. Sulak alanlar (wet lands) olarak nitelenen bu alanlar biyolojik üretim açısından en yüksek verimli sahalar olmaları yanında bir dizi çevre sorununun azaltılmasında büyük rol oynar. Sulak alanlar taşkın sularının olarak toplandığı doğal rezervuar rolü üstlenir. Pestisit ve organik atıkların arıtıldığı doğal arıtma tesisi şeklinde çalışırlar. Kontrollü kullanılmak şartıyla su ürünleri açısından büyük ekonomik öneme sahiptirler.

Su erozyonu ile toprağın aşınması

Su erozyonu; damla erozyonu, yüzey erozyonu (tabaka erozyonu, sheet erosion), parmak erozyonu (rill erosion, selcik yarıntısı erozyonu), oyuntu-yarıntı erozyonu (gully erosion) şeklinde ayırtlanmaktadır. Bunların yanında akarsuların yamaçlardan toprak ve anamateryal sökerek aşındırarak taşıması, kıyılarda dalga ve akıntıların yol açtığı erozyon (kıyı erozyonu) da su erozyonu kapsamında ele alınmaktadır. Bunlardan damla erozyonu ile düz bir zemine çarpan su damlası, yanlara doğru 1.5 m sıçrarken yerden 60 cm kadar yukarıya sıçramakta bu arada toprak taneciklerini yukarı ve yanlara sıçratmaktadır. Ancak su damlacıklarının büyüklüğü, çarpma hızı, rüzgârın esiş yönü ve hızı, zeminin eğim derecesine göre geliş açısı, toprağın gevşek ve sıkı dokulu oluşu, tekstür, toprağın kuru veya ıslak oluşu, yüzeydeki su tabakasının kalınlığı gibi faktörler damla erozyonunun etkinliğini tayin eder. Su erozyonunun arazi degradasyonuna yol açan en etkili çeşitleri yüzey erozyonu, parmak erozyonu (rill erozyonu) ve daha ilerlemiş boyutu olan oyuntu-yarıntı erozyonudur (gully erozyonu). Önlem alınmadığı takdirde yüzey erozyonu parmak erozyonuna, parmak erozyonu da oyuntu-yarıntı erozyonuna dönüşmektedir. Su erozyonunun başlaması için toprağın infiltrasyon kapasitesinin aşılması ve yağış sularının yüzeysel akışa geçerek toprak taneciklerini eğim yönünde sürüklemesi gerekir.

Su erozyonunun başlangıç safhası olarak kabul edebileceğimiz yüzey erozyonu, toprağın infiltrasyon kapasitesinin aşılması ve devam eden yağışla beraber damla erozyonunun yerini alarak başlar. Yüzeysel akışa geçen su toprak yüzeyini ince bir tabaka halinde kaplar. Toprak yüzeyindeki çukurcuklarda meydana gelen çalkantı ve türbülanslar yüzeyden tanecik koparılmasını ve taşınmasını hızlandırır. Bu şekilde verimli üst topraktan toprak tanecikleri, organik madde ve suda çözünen besin maddeleri taşınarak arazinin verim değeri düşer. Yüzey erozyonu veya tabaka erozyonu eğim ve toprak yüzeyinin homojen yapıda olduğu işlenen sahalarda yaygındır. Yavaş seyrettiği ve oluşan küçük akış çizgileri toprağın işlenmesi sırasında giderilerek belirgin bir yüzey arızası oluşturmadığı için çiftçiler tarafından geç fark edilir. Birikim horizonunda (B horizonu) kireç ve diğer katyonların biriktiği kurak ve yarıkurak, yarı nemli bölgelerde kızıl-kahverengi üst toprağın (Gaziantep-Urfa platosu), İç ve Batı Anadolu'da rendzina topraklarının, İç Anadolu'da kahverengi step ve kestane rengi toprakların bulunduğu sahalarda koyu renkli üst toprağın sıyrılması ile açığa çıkan B horizonu, kireçli beyaz renkli açıklıklar halinde yüzey erozyonuna işaret eder. Alt toprağın pulluk tabakasına karışması, etek yamaç veya tabanda taşınmış ince materyal birikimi, küçük yüzey akış çizgileri yüzey erozyonunun diğer delilleridir. Yüzey erozyonu, organik madde bakımından fakir, zayıf strüktürlü, killi ve yüzey altında geçirimsiz bir tabaka olan topraklarda yaygındır (Bahtiyar, 2000: 45).

Çizelge 1: Su erozyonu taşınma sınıfları
Table 1: Water erosion and carrying classes.

Dereceleme	Tanım	Durum
0	Erozyon görülmüyor	-
1	Çok hafif erozyon	Üst toprağın % 25'i taşınmış
2	Hafif erozyon	Üst toprağın %25-75'i taşınmış
3	Orta şiddette erozyon	Üst toprağın % 75'inden fazlası ve alt toprağın % 0-25'i taşınmış
4	Şiddetli erozyon	Üst toprağın tamamı ve alt toprağın % 25-75'i taşınmış
5	Çok şiddetli erozyon	Üst toprağın tamamı ve alt toprağın % 75'inden fazlası taşınmış
OYUNTU EROZYONU (GULLY EROZYONU)		
6	Seyrek oyuntular	Oyuntular arası mesafe 30 m'den fazla
7	Sık oyuntular	Oyuntular arası mesafe 30 m'den az ve alanın % 75'inden azını kaplar
8	Çok sık ve geniş oyuntular	Geniş ve derin oyuntular alanın % 75'inden fazlasını kaplar

Kaynak: Norton, 1939'a göre T.C. Orm. Bak. AGM, 1999: 16, 17.

Su erozyonunun ilerlemesi sonucu küçük akış çizgileri gelişip birleşerek derinliği 2–3 cm'den 20–25 cm'ye varan selcik yarıntılarına (parmak erozyonu) geçilir. Parmak erozyonu altta geçirimsiz veya az geçirimli üstte kumlu, milli, kohezyonu düşük gevşek depoların ve toprakların bulunduğu eğimli sahalarda veya sığ kumlu, milli depoların bulunduğu eğimli yamaçlarda kolayca gelişir. Karşıdan bakıldığında yarıntılar bir elin parmaklarına benzer bir görüntü oluşturduğundan parmak erozyonu olarak adlandırılmıştır. Derinleşmiş yarıntılar toprak işlemesi sırasında yüzey erozyonu kadar maskelenemezse de verimli üst toprak önemli ölçüde taşındığından arazi degradasyonunun daha ileri boyutlara ulaştığına işaret eder. Bundan başka killi ve işlenmesi daha güç alt toprak veya B horizonu açığa çıkar. Genellikle % 6'dan çok eğimli, çıplak satıhlarda şiddetli yağışlardan sonra bol ve hızlı, yüksek enerjili yüzeysel akış sırasında meydana gelirler. Hatalı toprak işleme (eğim yönünde karıklar açılması), hayvan ve insanların ayak izlerinin oluşturduğu çukurluklar, traktör vb. tekerlek izleri yüzeysel akışa geçen suların buralarda toplanması ve kanalize olmalarına neden olarak parmak erozyonunu hızlandırmaktadır.

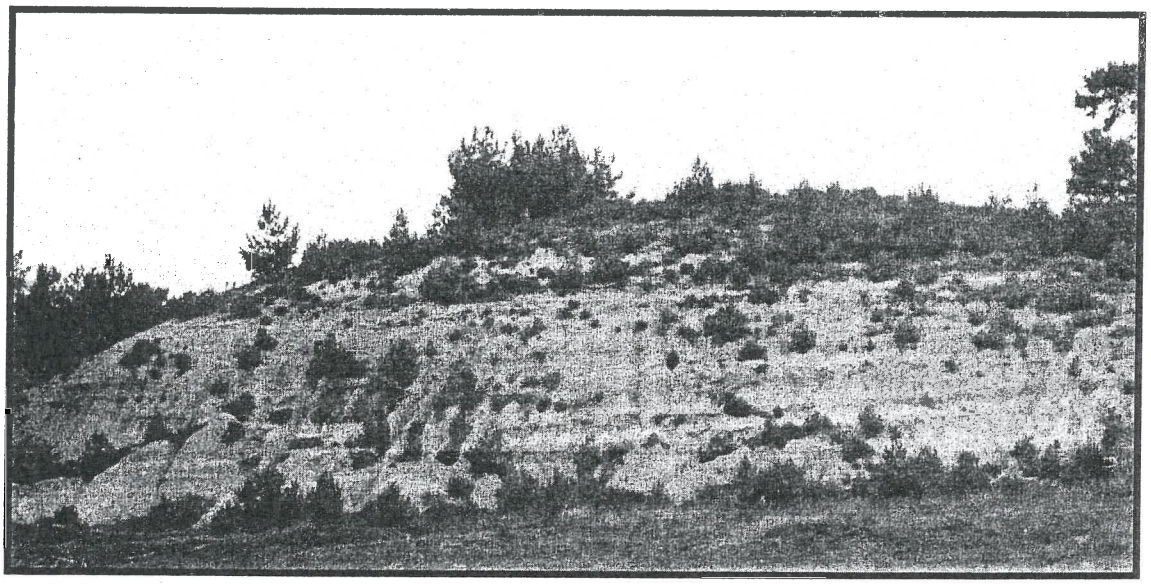


Foto 1: *Gaziemir (İzmir) Ege Serbest Ticaret Bölgesi yakınlarında kohezyonu düşük kırıntılı neojen tortulları üzerinde parmak erozyonu (rill) ve oyuntu-yarıntı (gully) erozyonu (Semenderoğlu, 2004).*
Photo 1: *Rill and gully erosion on less-cohesive and unconsolidated neogene deposits near the Aegean Free Trade Zone (From Semenderoğlu 2004).*

Oyuntu erozyonu (gully erozyonu) ise parmak erozyonunun bazı durumlarda ilerlemesi ile gelişir. Gevşek, kırıntılı ve kohezyonu düşük unsurların bulunduğu erozyona son derece hassas arazilerde meydana gelen oyuntuların genişliği ve derinliği 30 cm'den onlarca metreye kadar olabilir (Foto 1). Bu oyuntular eteklerde birleşerek sel deresi vadiciklerine dönüşürler. Daha ileri aşamalarda sel derecikleri sel derelerine dönüşebilirler. Oyuntuların 30 cm-1m arasında derinlikte olanları *sel yarıntısı*, 1 m ile 3 m arasında olanları *sel dereciği*, 3 m'den fazla derinlikte olanları ise *ana sel deresi* olarak adlandırılmıştır. Ana sel deresi küçük havzacıkların su toplama bölgesinden başlar, boğaz bölgesi şeklinde devam ederek etekte birikim koniciği ile sonuçlanır (T.C. Orman Bak. AGM, 1999: 15). Birbirinden keskin sırtlarla ayrılan oyuntular üzerinde yürümesi güç arazi oluşturduğundan morfolojide bu tip alanlar için *badlands topoğrafyası* terimi kullanılır. Koruyucu bitki örtüsü tahrip edilmiş, eğimli ve çakıl, kum, mil gibi kırıntılı, kohezyonu düşük tortul depolar yanında volkanik kum ve tüfitler ile kolay ayrışan ve çözülen ana kaya/ana materyal üzerinde oyuntu erozyonu kolayca gelişir. Ancak parmak erozyonundan oyuntu erozyonuna geçiş için ana materyal veya deponun gevşek kırıntılı birimler olması yanında fizyolojik derinliğinin de fazla olması gerekir. Sığ ancak gevşek depo veya kumlu, milli topraklardan oluşan örtü altında altere olmuş ana kaya/ana materyal (serpantinit, gnays, fliş vb) ya da sellenmeyle kolayca yarılabilen yumuşak tortulların bulunduğu sahalarda da parmak erozyonundan oyuntu (gully) erozyonuna geçiş mümkün olabilmektedir (Çizelge 1). Oyuntu erozyonu, büyük çapta toprak ve bitki besin maddesi kaybına, toprağın su tutma ve infiltrasyon kapasitesinin azalmasına yol açar. Oyuntu erozyonunun en önemli zararı ise yarıntı ve oyuntuların yer yer toprağın işlenmesini önlemesi, tarım yapılabilir sahanın daralması hatta tarlanın bazı parçalarının zorunlu olarak işlenememesine yol açmasıdır (Çepel, Bahtiyar ve diğ., 2000: 47). Ülkemizde Aydın dağlarının güney, Bozdağlar'ın kuzey yamaçlarındaki kumlu, milli, çakıllı tmolos depoları, İç ve Batı Anadolu'daki killi, siltli, kumlu ve çakıllı neojen göl depoları, Çankırı ve Kızılırmak yayı içinde kalan tuz, jips ve anhidritten oluşan Oligosen yaşlı evaporit depolar oyuntu erozyonunun en çok geliştiği alanlardır.

Su erozyonunda rol oynayan doğal nedenler iklim, ana kayanın tabiatı, topoğrafya (yükselti ve eğim), zaman ve doğal bitki örtüsüdür. Buna göre; yüzey erozyonunun şiddeti, oluk ve oyuntularının derinlik ve genişliklerine, toprağın veya ana materyalin derinliğine, toprağın/ana materyalin erozyona olan direncine, toprak altında sert ve geçirimsiz tabakaların varlığına ve toprak yüzeyine yakınlığına, alt toprağın yapısına, yağış miktarı ve şiddetine bağlıdır (Çizelge 2, 3). Su erozyonunun ortaya çıkmasında ve kabul edilebilir sınırların aşılmasında rol oynayan sosyo-ekonomik nedenler yani insanın etkileri; doğal vejetasyonun çeşitli nedenlerle tahrip edilmesi, orman alanlarının (VII. Sınıf arazilerin) tarım alanı veya mer'a olarak kullanılması, mer'a olarak kullanılması gereken alanların tarıma açılması, aşırı ve erken otlatma, tek yıllık ürün çiftçiliği ve tarımda monokültürün dünyada yaygın olması, anız yakma, yüzeysel akışın yetersiz yönetimi şeklinde özetlenebilir. Sosyo-ekonomik nedenler genel olarak insan etkilerini kapsayan ve yanlış arazi kullanımı çerçevesinde değerlendirilen uygulamalardır.

Çizelge 2: Eğim sınıfları
Table 2: Inclination classes

Eğim derecesi (%)	Tanım
< 5	Düz veya çok hafif eğimli
5-10	Hafif eğimli
10-20	Orta derecede eğimli
20-30	Çok eğimli
> 30	Çok dik eğimli

Kaynak: Gardi ve diğ., 1996: 208

Çizelge 3: Çeşitli kayaçların erozyona duyarlılık durumları
Table 3: The vulnerability of various rocks to erosion

Materyal	Eğim (%)				
	< 5	5-10	10-20	20-30	> 30
Sert silisli kayaçlar	EY	EY	EA	EO	EŞ
Az pekişmiş kayaçlar	EA	EO	EŞ	EÇŞ	EÇŞ
Yumuşak formasyonlar	EY	EO	EŞ	EÇŞ	EÇŞ
Alüvyal çökeller	EA	EO	EŞ	EÇŞ	EÇŞ

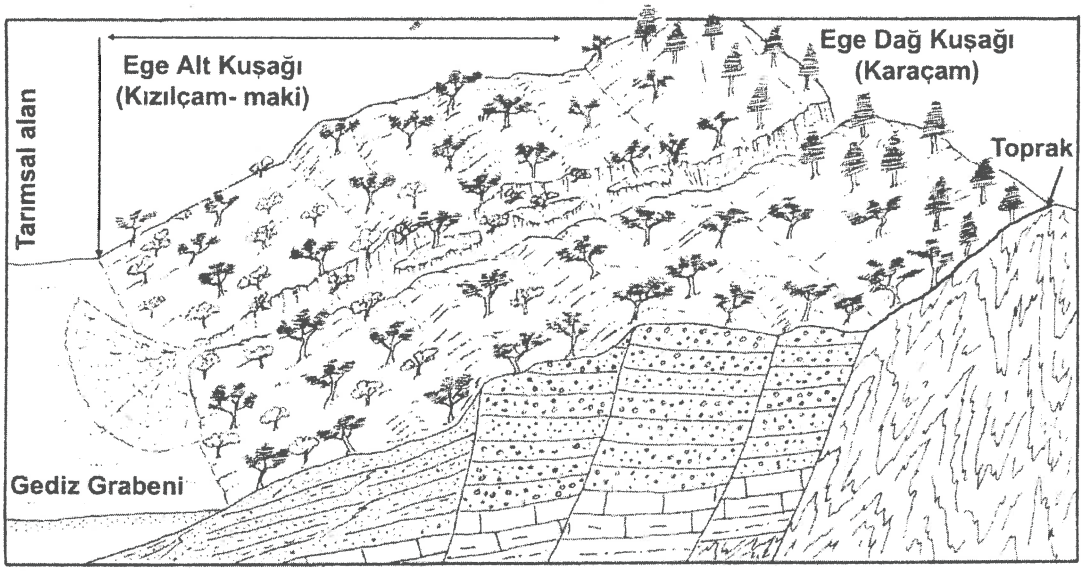
Kaynak: Gardi ve diğ., 1996: 211'den değiştirilerek.

EY: Yok-az arası. EA: Az – orta arası. EO: Orta-şiddetli arası. EŞ: Şiddetli-çok şiddetli arası, EÇŞ: Çok fazla şiddetli duyarlılık

Bilindiği gibi toprak, ana kaya veya ana materyalin aşındırılarak taşınması anlamına gelen erozyon, milyonlarca yıldır yeryüzünün şekillenmesinde rol oynayan doğal bir olaydır (jeolojik erozyon/doğal erozyon). Ancak doğal vejetasyon erozyonu kontrol altında tutmakta, doğal süreçlerle ana kayadan toprak oluşumu devam ettirilirken erozyonla toprak kaybı büyük ölçüde minimize edilmektedir. Başka bir deyişle her türlü iklim, ana kaya/toprak, doğal vejetasyon ve topoğrafya şartlarında toprak, su, bitki örtüsü ve bitki besin maddeleri arasında erozyon hızını kontrol eden doğal bir denge vardır. Doğal denge korunduğu sürece, toprak oluşumu nispeten çok daha hızlı ve erozyon ise nispeten çok daha yavaştır. Bu şekilde yeryüzünde milyonlarca yıl devam eden erozyon ovaların, verimli tarım alanlarının oluşumunu sağladığından yararlı bile sayılır. İnsan ise doğal bitki örtüsünü tahrip ederek, yanlış toprak işleme teknikleri uygulayarak, orman ve mer'a olarak kullanılması gereken sahaları tarıma açarak (yanlış arazi kullanımı) bu dengeyi bozmakta ve korumasız kalan toprak hızla aşındırılarak taşınmaktadır. *Hızlandırılmış erozyon* olarak tabir edilen bu durum çeşitli hız ve şiddette devam ederek toprağın en üretken kesimi olan üst toprağı yerine göre daha derin kısımlarını aşındırarak verim değerinin düşmesine yani arazi degradasyonuna yol açmaktadır.

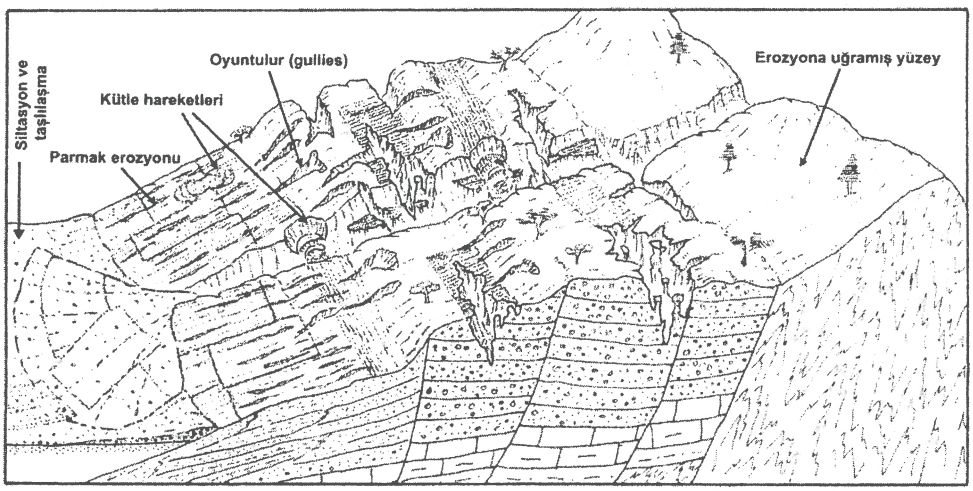
Erozyon ekstrem derecede ilerlediğinde ana kaya üzerindeki tüm toprak horizonları (solum katı) taşınmakta ve arazi çıplak VIII. sınıf arazilere (tarım, orman ve mer'a olarak kullanılamayan işe yaramaz arazi) dönüşmektedir. Bu duruma gelerek prodüktivitesini kaybeden arazilerde çözülen ana kaya/ana materyal erozyonla taşınmaya devam etmektedir. Su erozyonu diğer erozyon çeşitleri arasında (rüzgâr erozyonu, buzul ve dalga erozyonu, çığ ve kütle hareketleri vb) arazi degradasyonuna yol açan en etkili ve yaygın erozyon çeşididir.

Orman örtüsü, çalılık veya mer'a olarak kullanılan step toplulukları gibi doğal vejetasyonun geniş çapta ortadan kaldırılması, arazinin su erozyonuna karşı korumasız kalmasına neden olmaktadır. Ormanların ticari amaçla aşırı olarak kesilmesi (özellikle traşlama kesim), özellikle ayrıştığında kumlu materyal veren ana kayaların bulunduğu eğimli sahalarda su erozyonunun etkisinin şiddetlenmesine neden olmaktadır. Ormanların ve çalılıkların tarla açma, otlak sahası temin etme, turizm yapılaşması gibi nedenlerle yakılarak ortadan kaldırılması sık rastlanan bir durumdur (Şekil 2 ve 3).



Şekil 2: Bozdağlar ve Bozdağlar'ın güney yamaçlarındaki tmolos depoları üzerinde doğal dengenin bozulmadan önceki durumu (Semenderoğlu ve Çukur 2004: 177).

Figure 2: The situation before the destruction of the natural balance on southern slopes of Bozmountains, in western part of Turkey (Semenderoğlu & Çukur 2004: 177).



Şekil 3: Aynı arazide doğal vejetasyonun tahribi ve yanlış arazi kullanımı sonucu hızlanan su erozyonu ve kütle hareketleri ile doğal dengenin bozularak arazinin degradasyona uğraması (Semenderoğlu ve Çukur 2004: 177).

Figure 3: Deterioration of natural balance due to accelerated water erosion and mass movements which have appeared by the destruction of natural vegetation and misuse of the land.

Su erozyonu ile alt havzada siltasyon ve taşlılaşma

Gerisinde dik, eğimli yüksek alanlar bulunan havza ve ovalarda, yukarıdan erozyonla taşınan kaba (çakıl, blok vb) ve ince (kum, kil, silt) malzemeler dağ eteklerinde ve ova tabanlarında birikmektedir. Bu şekilde aşağı havzada veya ovadaki verimli tarım alanları taş, moloz, kum, kil ve siltlerle kaplanarak arazinin verim değeri düşmekte, işlenmesi güçleşmektedir. Yukarı havzadan gelen çeşitli boyuttaki malzemeler sellenmeyle dağ eteklerinde birikerek birikinti koni ve yelpazelerin oluşumuna yol açmaktadır. Örneğin Sultan dağları ile Akşehir-Eber havzaları arasında oluşmuş bulunan birikinti konileri, dağlık alanlarda hayvancılık ve yakacak temini gibi insan faaliyetleri sonucu artan erozyon ve sellenmeye bağlı olarak havza tabanında II. ve III. Sınıf arazilerin yer yer V., VI. Sınıf arazilere dönüşmesine

yol açmıştır (Atalay, 2000: 202). Aynı şekilde yüksek alanlardan taşınan kum, kil, silt boyutunda ince malzemeler de ovalarda entisol ve inceptisol grubundan alüvyal toprakların üzerinde birikerek arazinin verim değerini düşürebilmektedir. Bundan başka taşkın ovalarında zaman zaman meydana gelen taşkınlar sırasında levelerin yarılarak krevaslar vasıtasıyla mecra kenarlarındaki verimli ova tabanları siltasyona uğramakta hatta geçici bataklıklar (ard bataklıklar) oluşarak arazinin verim değeri düşmektedir. Bilindiği gibi siltasyon barajların, liman ve haliçlerin kullanımlarında sorun yarattığı gibi ekonomik ömürlerini de kısaltmaktadır. Ancak bu durumun doğrudan arazi degradasyonu ile ilişkisi yoktur.

Toprak yüzeyinde veya işlenen toprak katında bulunup ekim, dikim ve tarım aletlerinin kullanılmasını önemli ölçüde kısıtlayan, çapları 7,5 cm'den daha büyük serbest kaya parçaları taş olarak kabul edilmektedir. Ülkemizde toprak etüt ve haritalama çalışmalarında kullanılan taşlılık kriterleri şöyledir:

Çizelge 4: Taşlılık sınıfları
Table 4: Stoniness classes

TAŞLILIK SINIFLARI	AÇIKLAMALAR
Hafif taşlı	Taşlar toprak yüzeyinin % 2-10'unu kaplar
Orta taşlı	Taşlar toprak yüzeyinin % 10-50'sini kaplar
Çok taşlı	Taşlar toprak yüzeyinin % 50-90'ının kaplar

Kaynak: Dizdar, M. Y., 2003: 18.

Su erozyonu sonucu meydana gelen taşlılaşmanın aşağı havza kenarlarından başka yukarı havzanın eğimli yamaçlarında da ortaya çıkabileceğini belirtmek gerekir. Bu sahalarda doğal dengenin bozulması nedeniyle ince materyal erozyonla taşınmakta, sonuçta toprak iskeletini oluşturan çakıl ve taşlardan ibaret yüzey malzemesi kalmaktadır. Örneğin üzerinde yoğun bitki örtüsü veya orman vejetasyonun bulunduğu fliş arazilerinde, eğimli yamaçlarda doğal denge korunmuş olduğu hallerde çakıl, kum, silt ve kil belli ölçülerde bulunmaktadır. Bu sahalar VI. ve VII. sınıf araziler niteliğindedir ve yüzeyde genellikle ana kayanın özelliklerini yansıtan kumlu-taşlı topraklar bulunmaktadır. Ancak bitki örtüsünün tahribi ve yanlış arazi kullanımı sonucu hızlandırılmış erozyon etkisiyle ince materyaller (kum, silt, kil) taşınır ve saha; orman, mer'a ve tarım alanı olarak değer taşımayan taş ve çakıllarla kaplı (litosol) VIII. sınıf işe yaramayan arazilere dönüşür.

Benzer şekilde taşlılaşma sert ve çözülmeye dirençli dolayısıyla pedojenezin çok yavaş seyrettiği dolomit, dolomitik kireçtaşı, kristalize kireçtaşı, kuvarsitler ile aglomera ve konglomeralar üzerinde de görülmektedir. Aglomera ve konglomeralarda çözülme ürünü olan ince malzeme erozyonla taşındığında geriye taş ve çakıllar kalmaktadır. Bunun gibi fiziksel ve kimyasal ayrışmanın güç ve yavaş gerçekleştiği yüzey volkanitlerinden andezit, dasit, trakit ve riyolitler üzerindeki eğimli sahalarda doğal denge bozulduğunda, yüzeyde volkanik litosollerden ibaret taş ve çakılların bulunduğu verimsiz sahalar meydana gelmektedir. Bu durum Ege, Akdeniz ve İç Anadolu bölgelerindeki volkanitler üzerinde sıkça görülmektedir. Örneğin Çeşme-Alaçatı ve Yamanlar Dağı'nda andezitlerle kaplı sahalar yoğun tahribat nedeniyle ileri derecede degradasyona uğramış, yağış 650 mm'nin üzerinde olmasına karşın bu sahalar adeta taş çölüne dönüşmüştür (Semenderoğlu, 1999: 148).

Rüzgâr Erozyonu İle İnce Tanelerin Uzaklaştırılması

Rüzgâr erozyonu esasen kurak ve yarı-kurak bölgelerde kum, kil ve silt boyutunda ince malzemenin rüzgârla aşındırılarak, yerinden sökülerek taşınması ve uygun yerlerde biriktirilmesi şeklinde tarif edilebilir. Kıyı kumulları bir yana bırakılırsa, rüzgâr erozyonu dünya üzerinde yüksek basınç koşulları altında, çok az yağış alan, bitki örtüsünden yoksun gerçek

çöllerde oluşmaktadır. Ancak rüzgâr erozyonu iklim değişiklikleri ve yanlış arazi kullanımı nedeniyle kurak ve yarı-kurak alanlar haricinde de kendini gösterebilmektedir. Rüzgâr erozyonu ile toprak taneciklerinin taşınması ve aşınmanın meydana gelebilmesi için sahanın düz veya düze yakın az eğimli, zeminin kuru ve gevşek ayrıca koruyucu bitki örtüsünden yoksun olması gereklidir. Bundan başka civarda deflasyon için kaynak oluşturan bolca ince, uçucu malzeme (kil, silt, kum) içeren eski göl depoları, lös depoları, akarsu yatak depoları veya kıyı kumullarının bulunması gerekir. Kuru zemin şartları kurak ve yarı kurak bölgelerde yaygın olmakla birlikte yarı nemli hatta nemli bölgelerde de kurak yaz mevsimi rüzgâr erozyonu için İstanbul yakınlarında Terkos-Durusu, Ağaçlı, Sinop-Sarıkum, Akhisar kumul sahalarında olduğu gibi uygun şartlar hazırlayabilir (Günay, 1997: 76). Rüzgâr, toprak taneciklerini yerden kaldırarak, sıçrama (saltasyon), havada asılı taşıma (süspansiyon), yuvarlama ya da sürükleme yoluyla üç şekilde harekete geçirmektedir (deflasyon). 0.1 mm'den küçük çok ince toprak tanecikleri olan silt (mil) ve kil tanecikleri havada süspanse halde taşınarak toz bulutları oluştururlar. Orta büyüklükte 0.1–0.5 mm boyutlarında tanecikler olan ince kumlar ise "sıçrama" ile taşınır. 0.5–2.0 mm boyutunda kumlar "sürüklenme" ile taşınır. Deflasyonla malzemenin taşınması yerden 1 m yüksekliğe kadar olan kesimde meydana gelmekte olup malzemenin taşınma şeklinin % 55 kadarı sıçrama (saltasyon) şeklinde gerçekleşir (Çizelge 5).

Çizelge 5: Boyutlarına göre toprak taneciklerinin deflasyonla taşınma şekilleri
Table 5: The transformation forms of soil particles by deflation according to their sizes.

Toprak tanecikleri	Tane boyutu (mm)	Taşınma şekli
Silt, kil	0.1 mm'den ince	Asılı (süspanse)
İnce kum	0.1-0.5	Sıçrama (saltasyon)
Kum	0.5-2.0	Sürüklenme

Kaynak: Günay, 1997: 77

Rüzgâr erozyonunun başlaması ve şiddeti, bitki örtüsü, gevşek malzeme, unsur boyutları, toprağın strüktür ve tekstürü, hidrolojik şartlar gibi bazı özel şartlara bağlı olarak gerçekleşir. Sıçrama ile toprak taşınmasının başlayabilmesi için rüzgâr hızının toprak yüzeyinden 15 cm yukarıda en az 15 km/saat olması gerektiği hesaplanmıştır (Yaman, 2001: 252). Toprak nemi toprak taneciklerinin birbiri ile olan bağlantısının (adhezyon kuvveti) derecesini belirlediği gibi toprak kesecikleri oluşumu, bitki örtüsü ve bitki kalıntılarının miktarını da belirleyerek etkili olmaktadır. Ayrıca bağıl nem, kuru veya nemli rüzgârlar rüzgâr erozyonunda belirleyici rol oynamaktadır. Bağıl nemin düşük olduğu ortamlarda veya dönemlerde kuru esen rüzgârlar rüzgâr erozyonu için elverişli şartlar oluşturmaktadır. Karasal, soğuk bölgelerde don olayı toprak keseklerinin parçalanması ve kırıntılanmasına yol açtığından rüzgâr erozyonu için uygun ortamlar hazırlayabilir. Litolojik ve pedolojik açıdan çimentosu zayıf volkanik tüfitler ile kumtaşları, eski göl, plaj ve akarsu yataklarındaki gevşek ve kuru kum depoları, gevşek alüvyonlar ile sürülüp ekilmemiş nadas alanları deflasyon için uygun kaynak sahalarını oluştururlar. Toprak yüzeyinde kapilarite yoluyla zeminden veya çevreden tuzlu, kireçli, demirli vb maddelerin sert kabuk (duricrust) oluşturması deflasyonu azaltır. Ancak bitki örtüsünün tahribi, yanlış arazi kullanımı nedeniyle koruyucu kabuğun parçalanması Konya-Karapınar örneğinde olduğu gibi deflasyonu şiddetlendirir. Silt ve kil boyutunda ince malzemelerin bulunduğu yarı-kurak bölge topraklarında toprağın yaz döneminde özellikle makinelerle işlenmesi, toprağın fazlaca ufalanması ve gevşek, düz bir zemin oluşturulması nedeniyle rüzgâr erozyonunu şiddetlendirmektedir. Bu sahalarda doğal bitki örtüsünün de tahrip edilmesi toprakları rüzgâr erozyonuna karşı iyice savunmasız bırakmaktadır.

Toprağın üst kısmında deflasyonla malzeme taşınması, öncelikle rüzgâr erozyonunun yerinde yani kaynak sahasında arazinin verim değerinin düşmesine ya da arazi degradasyonuna yol açmaktadır. Üst toprak, toprağın humus ve besleyici maddeler bakımından en zengin kısmıdır. Uygun şartlarda, havza tabanlarında, havza ve ovaların kenar kesimlerindeki arızalı sahalarda yanlış arazi kullanımı şeklinde insan faaliyetleri, sahada toprak-bitki-su dengesinin bozulmasına yol açarak rüzgâr erozyonu ile üst toprağın taşınmasını başlatır veya hızlandırır. Bu şekilde kaynak sahasındaki toprağın veya arazinin verim değerinin düşer. Anız yakılması da toprağın rüzgârla temasını arttırdığından rüzgâr erozyonunu hızlandırmaktadır. Arazinin verim değerinin düşmesi başlangıçta verimli üst toprağın taşınması şeklinde iken, ileri safhalarda toprak kütlesinin giderek taşınması mineral kayıplarına yol açtığı gibi sığlaşan toprağın üzerinde doğal bitki türleri ve yetiştirilebilir ürün deseninin sınırlanmasına neden olur. Toprak sığlaştıkça su tutma kapasitesi ve infiltrasyon kapasitesi de azalacağından yüzeysel akışla (su erozyonu ile) toprak kaybı hızlanmaktadır.

Kurak, yarı-kurak iklim sahalarında toprak iskeletinin yoğun olduğu çakıllı, taşlı topraklarda çeşitli nedenlerle doğal denge bozulduğunda (bitki örtüsünün tahribi vb) deflasyonla kum, kil ve silt boyutundaki ince malzemeler ortamdan uzaklaştırılır sonuçta geriye çakıl ve taşlardan oluşan bir yüzey örtüsü ortaya çıkarak arazinin verim değeri düşer.

Rüzgâr erozyonu ile verimli tarım alanlarının kumullarla işgali

Rüzgâr erozyonu ile ince malzemenin taşınarak verimli alanları işgali arazinin verim değerinin düşmesine hatta tamamen elden çıkmasına yol açabilmektedir. Kurak ve yarı-kurak sahalarda özellikle kumlu topraklarda, toprak organik ve inorganik kolloidler bakımından zayıf ve taneli strüktürdedir. Agregatlaşmanın zayıf olduğu kuru topraklarda toprak tanecikleri arasındaki kohezyon kuvveti zayıftır. Erozyona duyarlı olan bu sahalarda doğal vejetasyonun tahribi, aşırı ve erken otlatma, yanlış tarım uygulamaları vb sonucu bitki örtüsünün koruyuculuğu ortadan kaldırıldığında rüzgâr erozyonu için son derece elverişli şartlar oluşur ve deflasyonla havalanan kil, silt ve kum boyutundaki materyal çalı, taş vb herhangi bir engelin gerisinde birikerek kumullar oluşturur. Mobil olan kumullar hakim rüzgâr yönünde ilerleyerek verimli tarım alanlarını hatta yerleşim alanlarını işgal ederler. Konya-Ereğli arasındaki eski Pleistosen gölü tabanında bulunan üzeri koruyucu kaymak tabakası ve doğal bitki örtüsü ile kaplı ince siltli-killi ve kumlu materyal yanlış arazi kullanımı sonucu rüzgâr erozyonu için çok uygun bir kaynak sahası haline gelmiş ve oluşan hareketli kumullar geniş tarım ve mer'a alanlarını işgal etmiştir.

Kumul işgali özel durumlarda kurak ve yarı-kurak sahaların dışında da görülür. Örneğin Kum Çayı havzasında yıllık ortalama yağış 600–800 mm arasında olmasına rağmen rüzgâr erozyonu ve kumul işgali görülmektedir. Bu sahada kumul oluşumu, Kum Çayı'nın sulama amaçlı olarak Marmara Gölü'ne yönlendirilmesinden sonra kuruyan akarsu yatağındaki kumların kurak dönemde deflasyonla taşınması ve biriktirilmesi ile ortaya çıkmıştır. Hareketli kumullar civardaki bağlar ve diğer tarım alanlarını yılda 10–15 m'yi bulan bir hızla işgal etmiştir (Öner ve Mutluer, 1993: 148, 154). İklim kriterleri açısından kumul oluşumu sahalarının dışında görülen kıyı alanlarında da kumul oluşumu ve kumul hareketlerinden doğan kumul işgalleri görülmektedir. Esasen akarsuların getirdiği ince materyaller kaynak teşkil ederken, kıyı boyunca dalga ve akıntılar ile rüzgârların birlikte etkileri kıyı kumulların oluşumunda rol oynamaktadır. Bunun yanında kıyı boyunca kumlu materyal veren ana kayanın çözülmesi ve sellenmeyle deniz ortamına taşınan kum boyutunda malzemelerde kumul oluşumunda etkili olmaktadır. Bol malzeme yanında denizden karaya esen rüzgârlar önemli rol oynamaktadır. Tuzluluktan dolayı kumul örtüleri üzerinde ancak seyrek halofit ve

psammofit türlerin yayılışı, hareketli kumulların bitkilerin yerleşmesine elverişli olmaması, rüzgârlarla kumulların kuruyarak deflasyona daha elverişli hale gelmesi kumul oluşumunu kolaylaştırmakta ve kıyıya paralel kumul sıralarının yer yer iç kesimlere hareket etmesine yol açmaktadır. Bu kumul sıralarının kıyıya en yakın olanları hareketli aktif kumullar şeklinde iken iç sıralar pedojenezin ilerlemesi, organik madde içeriğinin artması sonucu fikse olmuş eski kıyı çizgilerine işaret eden sabit kumul sıralarını oluşturur. Ancak iç kesimlerdeki kumullar turizm ve kentleşme için inşaat malzemesi temini vb amaçlarla deforme edildiklerinde alttaki gevşek kumlar tekrar deflasyonla harekete geçebilmekte ve civardaki tarım alanlarını işgal edebilmektedir. Türkiye'deki önemli kıyı kumul alanlarına örnek olarak Çukurova, Göksu, K. Menderes, Eşen Çayı, Sakarya ve Yeşil Irmak deltaları kıyıları, Kilyos-Terkos arası, Side-Sorgun kıyıları ve Şile çevresi gösterilebilir.

Diğer Erozyon Çeşitleri ve Etkileri

Su ve rüzgâr erozyonundan başka çığ ve buzulların aşındırma biriktirme faaliyetleri, kütle hareketleri, kıyılarda dalga ve akıntılar erozyona yol açabilmektedir. Bunlardan çığ ve buzulların arazi degradasyonu açısından kayda değer bir etkisi yoktur. Ancak yamaçlarda doğal dengenin bozulması ile meydana gelen kütle hareketleri nitelikli arazilerin kaybına veya arazi degradasyonuna neden olmaktadır.

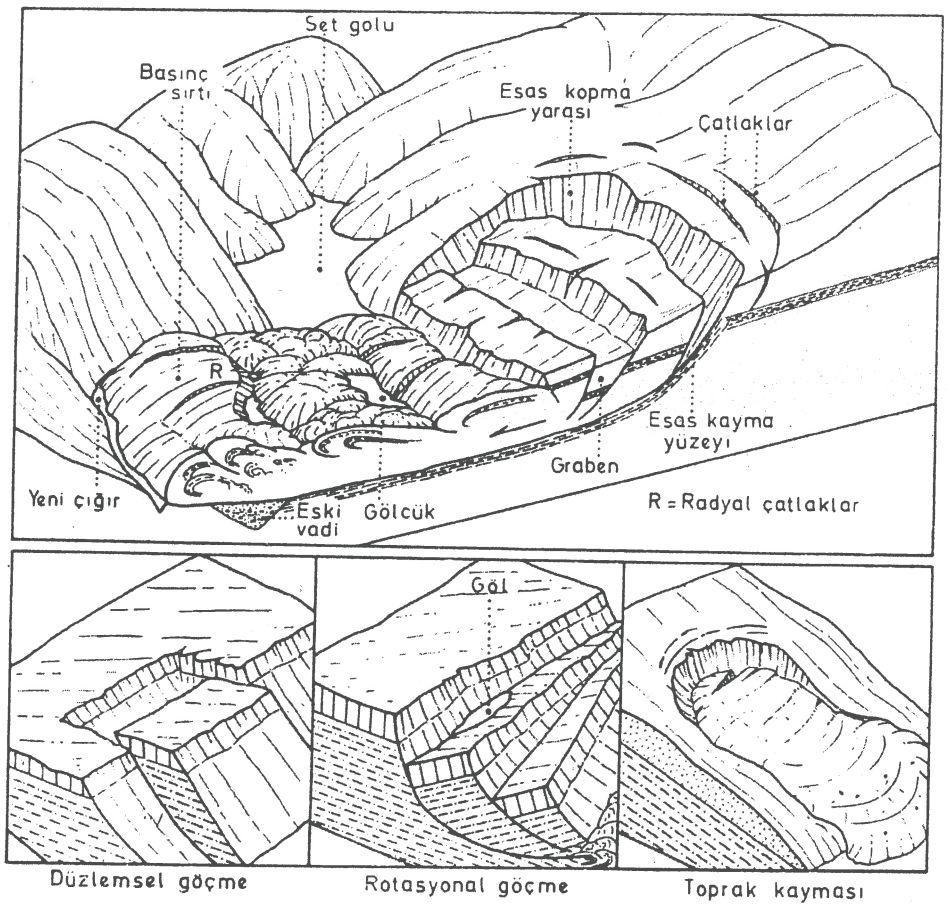
Kütle hareketleri yamaçlarda, özellikle vadi yamaçlarında jeolojik kütle veya çözülme ürünü olan enkaz mantosunun yamaç dengesinin bozulması sonucu kütle halinde, hızlı veya yavaş kayması/akması şeklinde özetlenebilir. Enkaz mantosu çözülmeyle oluşan çakıl, kum, silt ve kil boyutunda malzemelerden oluşur. Gevşek enkaz mantosu; unsurlar arası sürtünme, manto ile zemin arasında sürtünme, bitki kökleri, yamaç eğimi ve yer çekiminin etkisi altında bulunur. Bazen düşük eğimlerde bile kritik denge açısının bozulması sonucu kütle hareketleri meydana gelebilir. Genel olarak yamaçta biriken enkaz sürtünme ile stabil durumda tutulur. Bu durumda kütle hareketlerinin başlaması için enkaz unsurlarının suyla doyarak aralarındaki sürtünmenin azalması, altta geçirimsiz ana kaya olduğunda enkaz ile zemin arasında sürtünmeyi azaltan su sızıntıları, enkazın suyla hacim değişmesine uğraması, 0° C civarında oynayan sıcaklıklarda donma çözülme ile hacim değişmesi (su donduğunda hacmi % 10 kadar artmaktadır), suyun unsurları az çok bağlayan $CaCO_3$, alüminyum ve demir bileşiklerini çözerek unsurlar arası bağı zayıflatması yeterli olabilir. Genel olarak su, denge açısını küçülterek, ağırlığı arttırarak, buna karşılık sürtünmeyi azaltarak kütle hareketlerini kolaylaştırmaktadır. Kurak bölgelerde kütle hareketlerine ender rastlanırken nemli ve yağışlı bölgelerde sık rastlanması suyun rolüne işaret eder. Yamaçtaki enkaz mantosunun özelliği de kütle hareketlerinde belirleyicidir. Killi depolar suya doygun ve kuru iken hacim değişimine uğradığından kütle hareketlerine en uygun malzemelerdir. Killi depolar suya doygunluk durumuna göre plastisite ve likidite sınırları aşılarak düşük yamaç eğimlerinde bile denge açısı küçültülmüş olduğundan kolaylıkla akışa geçerler. Fliş, marn gibi anakayalar üzerinde killi enkaz mantosu oluştuğundan kütle hareketleri sık gerçekleşirken, kalker ve bazaltlar üzerinde ender olarak gerçekleşir (Erinç, 1982: 359). Anakayanın serpantinit ile diğer ultrabazik kayaçlardan ve killi neojen tortullardan oluştuğu nemli, yarı-nemli bölge yamaçlarında ayrışma ürünleri killi olduğundan kütle hareketlerine sık rastlanmaktadır.

Kütle hareketlerinden sürünme (creep) enkaz mantosunun çok yavaş bir şekilde aşağıya doğru kaymasını ifade eder. Bu durum sıcaklığın 0° C civarında seyrettiği nemli bölgelerde daha çok gerçekleşir. Don olayında enkaz içindeki su donduğundan enkazın hacmi artar. Su çözüldüğünde şişen enkaz içindeki çakıl, kum, kil vb unsurlar eski yerine göre biraz daha aşağı seviyeye inerler. Yani enkaz aşağı doğru yer değiştirir. Sürünme ile kütle ha-

reketi yamaçta bitki örtüsü olsa dahi gerçekleşebilir. Tabaka başlarının eğim yönünde kanca şeklinde bükülmüş olmaları, telefon direklerinin, mezar taşlarının, ağaçların eğilmiş hatta devrilmiş durumda olmaları sürünme olayına işaret eder.

Heyelanlar kaya, enkaz mantosu veya toprak kütlelerinin yer çekimi etkisiyle yerlerinden koparak yer değiştirmesi şeklinde kütle hareketleridir. Sürünmeden farkı donma-çözülme olayından farklı etkenlerin büyük rol oynaması, genellikle daha hızlı olmaları ve bazı morfolojik farklılıklar taşımalarıdır. Büyük heyelanlar topoğrafyada derin izler bırakabilirler. Tabakaların yamaç eğimine paralel olması, tabakalar arasında killi seviyelerin bulunması veya enkazın altında killi bir yüzey bulunması heyelanları kolaylaştırır. Tipik bir heyelanda kayan kütlenin koptuğu alanda sirke (buzul yalağı) benzer bir kopma yarası oluşur. Buradan aşağıya kayan malzeme duruma göre bir akma yapısı veya taraçalara benzer basamaklar şeklinde heyelan gövdesini oluşturur.

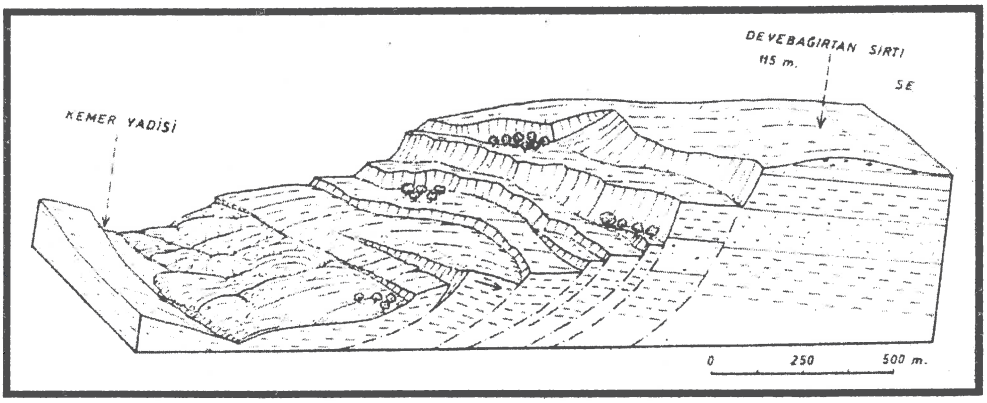
Heyelan adı altında toplanan kütle hareketleri; *asıl heyelanlar*, *göçmeler* ve *toprak kaymaları* şeklinde üç grupta toplanabilir. Bunlardan asıl heyelanların oluşumunda su daha çok hazırlayıcı bir etmendir. Ancak malzeme çamur ya da hamur kıvamına gelmeksizin kuru olarak, kayganlaşmış (genellikle killi) bir zemin veya tabaka üzerinde içbükey dilimler halinde, iç içe, ters eğimli basamaklar şeklinde yamaç aşağı kayar (Şekil 4). Ülkemizde Doğu Karadeniz Bölgesi'nde bu tip heyelanlara sık rastlanır. Bu tip heyelanlar olmadan günler önce kopma bölgesinde dik ve derin yarıklar oluşur. Ancak asıl heyelan birkaç dakikada hızlı, gürültülü ve şiddetli bir şekilde vuku bulur. Heyelan sırasında milyonlarca metreküp malzeme yer değiştirebilir ve heyelan yüzlerce metre boyutlarında alanları etkileyebilir.



Şekil 4: *Çeşitli kütle hareketi tiplerinden örnekler (Erinç, 1982: 361).*
Figure 4: *The samples of various mass movement types (From Erinç, 1982: 361).*

Göçmeler heyelanın bir başka tipidir. Ancak göçmede altta kütlenin kaymasını sağlayan killi bir seviye bulunmaz. Bunun dışında görünüş olarak asıl heyelanlarla aynı yapıdadır. Yamaçların alt kısımlarının akarsu ve dalgalarla oyulması, mendereslerin dış bükey yamaçlarının oyulması, yol yapımı vb ile yamaç dengesinin bozulması göçmelerin başlıca nedenleridir (Şekil 4 ve 5). Göçmeler genellikle yamaç dengesinin bozulması sonucunda ağır ve gevşek depolardan oluşan kütlelerin basamaklı dilimler halinde kaymasıdır. Gevşek kumlu, siltli ve killi neojen depoları üzerinde sıkça rastlanır.

Toprak kaymaları ise bir kopma yarası oluşturduğundan heyelan grubundan sayılır. Ancak basamaklar oluşturmaması, yavaş olmaları ile diğerlerinden ayrılırlar. Suya oldukça doyarak neredeyse hamur kıvamına gelen enkaz mantosu veya toprakların kayarak ve daha çok akarak eğim yönünde yer değiştirmesi ile oluşurlar. Kayan kütleler, üzerinde akma yapıları ve seraklara benzer çatlaklarla kolayca teşhis edilebilirler. Genellikle diğer heyelanlardan daha dar alanlarda etkili olurlar. Ayrıştığında killi malzeme veren ana kayalar üzerindeki enkaz mantosu ve toprakların bulunduğu yamaçlarda sık rastlanır. Özetle toprak kaymasında ana kayanın kendisi değil üzerindeki enkaz veya toprak örtüsü yer değiştirmektedir (Şekil 4).



Şekil 5: B. Çekmece doğusunda bir göçme (Örkün, 1980'e göre Erinç, 1982: 362).
Figure 5: A slump in the east of B. Çekmece (From Erinç 1982, according to Örkün 1980).

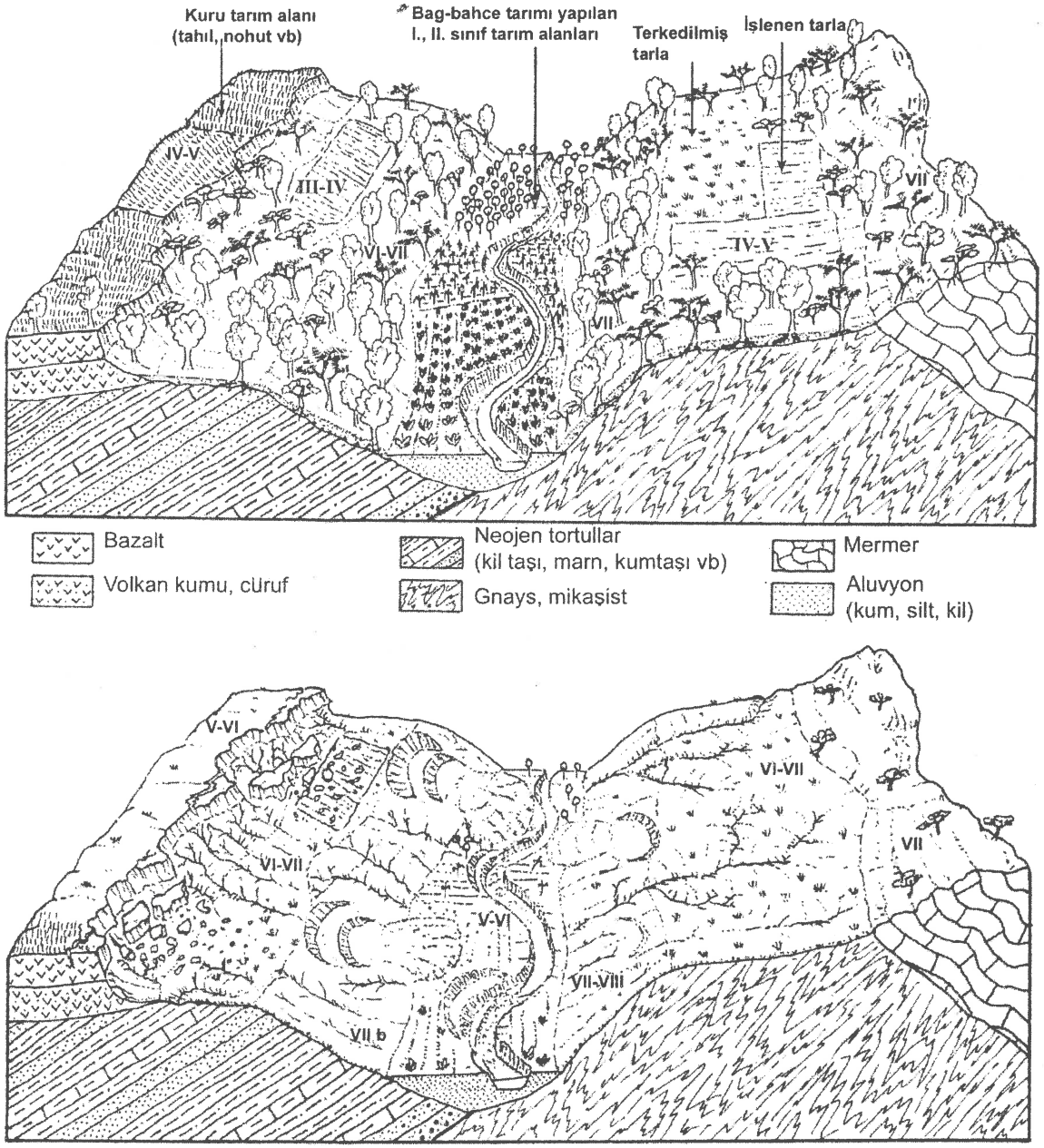
Diğer kütle hareketlerinden soliflüksiyon, kaya düşmesi, kaya veya blok akıntıları ile yamaç döküntüleri ve kaya çığları, prodüktivite açısından pek önem taşımayan alanlarda meydana geldiğinden arazi degradasyonunun sınırları dışında tutulmuştur. Çamur akıntıları ise bitki örtüsünden yoksun kurak ve yarı-kurak bölgelerde görülmektedir. Ancak yarı kurak-yarı nemli alanlarda ender de olsa meydana gelebilen çamur akıntıları özellikle eğimin azaldığı etek ve düzlüklerdeki nitelikli arazilerin prodüktivitesinin azalmasına neden olabilmektedir. 13 Temmuz 1995 tarihinde Senirkent'te meydana gelen sel ve çamur akıntısı buna örnek verilebilir. Olaydan birkaç gün önce yağan yağışlarla suya doymuş olan malzeme, olay günü rekor düzeyde yağan yağışların akabinde yüzeysel sellenmeler (sheetflood) ile aşağılara sürüklenmiştir. Yamaçlardaki yamaç döküntüleri (talus), zirve bölgesinden kaynaklanan moren depoları başlangıçta sulu karakter gösteren sel sularına karışarak eğimli yamaçlardan aşağıya yönelmiş ve çamur akıntısına dönüşmüştür. Çamur akıntıları vadilere kanalize olmuş ve bir birikinti konisi üzerine kurulmuş olan Senirkent'e ulaştığında 4 kola ayrılmış kollardan biri Senirkent'e girmiştir (Ertek, 1995: 127). Dev kaya bloklarını sürükleyecek güçte olan çamur akıntısı Senirkent'te evlerin yıkılmasına ve ölümlere neden olmaktan başka Senirkent ovasında yer alan tarım alanlarının büyük bir bölümünün çamur, çakıl ve kaya blokları ile örtülmesine dolayısıyla arazi degradasyonuna yol açmıştır. Çünkü tarımsal potansiyeli yüksek alüvyal topraklar, tarımsal potansiyeli olmayan veya çok az olan çamurlu çakıl ve kaya blokları ile örülmüştür.

Aynı şekilde Senirkent'in gerisindeki yamaçlar çıplak anakayaya göre prodüktivitesi daha yüksek olan enkaz mantosu ve sığ topraklarını da kaybettiğinden daha da degrade olmuştur. Senirkent seli veya çamur akıntısı tamamen yanlış arazi kullanımının sonucudur. Son 80–100 yıl boyunca Senirkent'in gerisindeki dağlık alanda sedir ağaçlarının yakacak ve yapacak olarak aşırı kullanımı ve hayvanlara yedirilmesi eğimli yamaçların bitki örtüsünün korumasından mahrum kalmasına yol açmış ve felaketin oluşmasına zemin hazırlamıştır.

Kütle hareketleri; üzerinde prodüktif toprak veya çözülmüş anakaya/anamateryal (enkaz mantosu) olduğunda bir degradasyondan söz edilebilir. Sürünme veya heyelan çeşitlerinin meydana geldiği yamaçlarda bulunabilen A-C horizonlu toprak, enkaz mantosu veya ayrışmakta olan anakaya yüzeyi, en azından orman ağaçları için prodüktif alanlara tekabül ederler. Genellikle bu sahalar VI. sınıf veya orman olarak kullanılması gereken VII. sınıf, çok eğimli araziler olduğundan kütle hareketlerinden sonra iyi bir orman alanı olarak kullanılma özelliğini de kaybederek degrade olur (VIII. sınıf arazilere dönüşürler).

Kütle hareketleri orman sahalarının daralmasına ve kalitesinin düşmesine neden olabilmektedirler. Enkaz mantosu veya toprağın kütle hareketleri sonucunda sıyrılması ile ağaç kökleri açığa çıktığı gibi bu sahalar degrade olarak doğal veya insan eliyle yeniden ağaçlandırılması çoğu kez imkânsız hale gelir (Sür, 1977: 141).

Toprak kayması nispeten düşük eğimli ve ince malzeme oranı yüksek yamaç depoları ve topraklar üzerinde meydana gelebilmektedir. Genellikle tarım alanı olarak kullanılan bu sahalarda verimli üst toprak kaybı sahanın prodüktivitesini düşürerek arazi degradasyonuna yol açabilmektedir. Suyun kütle hareketlerinde oynadığı rol hatırlanırsa, Batı ve Orta Karadeniz kıyı bölümünde eğimli yamaçlarda yoğun orman örtüsünün ortadan kaldırılarak yerine doğal ormanlara göre seyrek fındık bahçeleri tesis edildiğinde sığ köklü kültür bitkileri sürünme ve toprak kayması gibi kütle hareketlerine engel olamamaktadır. Ancak Doğu Karadeniz Bölümü'nde heyelanlar bitki örtüsünün tahribi ile ilgili görülmemektedir. Burada yamaç dengesinin bozulması daha çok yüksek eğim, litoloji ve aşırı yağışlarla ilgilidir. Çünkü kütle hareketleri çoğu kez ağaç kök seviyelerinin çok altındaki seviyelere inmektedir. Ancak daha az yağış alan bölgelerde orman ve diğer bitki örtüsünün koruyuculuk etkisi daha çok geçerlidir (Pekcan, 1996: 140). Kütle hareketleri özellikle göçmeler bazen çok daha verimli arazilerin alansal kaybına ya da işlenemez hale gelmesine neden olarak degradasyona yol açabilir. Örneğin son derece verimli tarım alanları olan alüvyal dolgu taraçaları veya tabanlı vadilerin alüvyal dolguları, özellikle mendereslerin dış bükey yamaçlarının alttan oyulması ile yatak kenarı boyunca göçerek taşınmaktadır. Bu durum daha çok yukarı havzadaki doğal vejetasyonun tahribi ile doğal dengenin bozulması sonucu, daha sık ve etkili duruma gelen sel ve taşkın zamanlarında olduğundan insanın neden olduğu bir degradasyon çeşidi olarak kabul edilebilir (Şekil 6).



Şekil 6: *Üstte başlangıçta az çok doğal dengenin korunduğu vadi boyunca eğimli yamaçlar doğal vejetasyonla kaplı durumda iken alüvyal tabanda, bazaltlar ve yüksekteki nispeten düz sahalarda tarım yapılabilmektedir. Ancak özellikle eğimli yamaçlardaki bitki örtüsünün tahrip edilmesinden sonra arazinin doğal dengesi hızla bozulmuştur (altta). Böylece kütle hareketleri başlamış, üst toprak erozyonla taşınmış ve saha oyuntu ve yarıntılarla parçalanmış, yamaçlardaki kütle hareketleri sonucu vadi tabanındaki verimli alüvyal sahaya malzemeler yığılmış ve mendereslerin iç bükey yamaçlarında göçmeler meydana gelmiştir. Sonuç olarak arazi degradasyonu ile daha önce yüksek sınıflarda olan arazi parçalarının verim değerleri düşmüştür.*

Figure 6: *Initially on step slopes along the valley used to be covered by natural vegetation and the natural balance was being kept on more or less. In this condition agricultural activities could be sustained on alluvial basin, relatively flat surfaces and basaltic surfaces (above). Then the destruction of the natural vegetation cover especially on the steep slopes has led to water erosion (sheet erosion, rill and gully erosion) and mass movements (slumps, earth flows and land slides) which have caused to decreases of the land capabilities of various land parts and have occurred totally land degradation (below).*

Dalgalı yüzey ve tatlı eğimli yamaçlar oluşturan yumuşak neojen tortulları killi, siltli, kumlu, kireçli az pekişmiş arazilerden oluşur. Katyon değiştirme kapasitesi yüksek ve üzerinde nitelikli tarım alanlarının bulunduğu rendzina toprakları yaygın olan bu arazilerde sık sık kütle hareketleri meydana gelmektedir. Heyelan ve göçmeler sırasında rotasyon hareketi ile ters eğimli dilimler halinde kayan araziler, küçük boyutlu ancak sık toprak akması ve göçmeler ile oluşan çukur ve tümsekler nedeniyle işlenebilme özelliğini büyük ölçüde kaybederek degrade olmaktadır. Genel olarak doğal dengenin bozulmuş olduğu yamaçlarda küçük çaplı heyelan, göçme ve toprak kaymaları yoğun bir şekilde meydana geldiğinde toplam olarak geniş alanların degradasyonuna yol açarlar. Büyük kütle hareketleri ise yüzlerce dekar alanının degradasyonuna neden olabilir (Şekil 2, 3 ve 6) .

Bunların dışında tarım alanlarının amaç dışı kullanımı da ülkemizde arazi degradasyonunun bir çeşidi olarak değerlendirilmelidir. Örneğin, 1970'lerde 575.000 ha olan yerleşim alanları, 1990'da 1000.000 ha'ı aşmıştır (Sayın, 1986: 33). 2000'li yıllarda bu alanların 1.500.000 ha'ı aştığı tahmin edilmektedir. Tarım alanlarının kentsel alana dönüştürülmesi (Bursa Ovası, Çukurova ve İzmir Bornova ve Narlıdere vb) daha çok geriye kalan tarım sahalarının ortaya çıkan çevre sorunları nedeniyle verim değerini kaybetmesi veya rant beklentisi nedeniyle tarımsal faaliyetlere son verilmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Toprak sanayi için toprak alımı da dolaylı olarak arazi degradasyonuna yol açar. Özellikle Turgutlu, Salihli, Erbaa, Çorum civarlarında verimli tarım alanları niteliğinde olan arazilerden killi toprak alımı derin ve geniş çukurların oluşmasına, taban suyunun bu çukurlardan evaporasyonla kaybına, erozyonun başlamasına, parçalanan arazinin rentabl bir şekilde işlenmesini engelleyerek arazi degradasyonuna yol açmaktadır. Nitekim toprak sanayinin tarım dışı bıraktığı arazi miktarı tüm amaç dışı kullanımın % 18'ini oluşturmaktadır (Sayın, 1986: 50).

Sonuç ve Tartışma

Fiziksel arazi degradasyonunun nedenleri doğal ve sosyo-ekonomik (insan aktivitelerinden kaynaklanan) nedenler olmak üzere iki ana başlık altında toplanabilir. Arazi degradasyonunda rol oynayan doğal etkenler; iklim, topoğrafik özellikler, ana materyal ve toprak özellikleri, doğal bitki örtüsü ve zamandır. Genel olarak yağış yetersizliği, yağış rejiminin düzensiz olması ve uzun sıcak devrelerde evapotranspirasyonun yüksek olması arazi degradasyonunun şiddetini arttırmaktadır. Topoğrafik özelliklerden eğim şartları fiziksel arazi degradasyonunda etkili olmaktadır. Genel olarak 10°'den fazla eğimli sahalarda erozyon şiddetlenmektedir.

Öte yandan eğimin son derece az olduğu sahalarda ve ova tabanlarında drenaj yetersizliği nedeniyle yaşlılık sorunu ortaya çıkabilmektedir. Kohezyonu düşük kumlu-milli depolar, ayrıştığında kumlu materyal veren kayaçlardan oluşan araziler (gnays, granit, tüfit, fliş vb.) erozyona karşı direnci düşük olduklarından daha kolay degradasyona uğramaktadırlar. Seyrek, kapalılığı düşük, tepe çatıları zayıf[1], sığ kök sistemine sahip bitki örtüsünün hakim olduğu alanlar erozyona dolayısıyla da fiziksel arazi degradasyonuna daha meyillidir. Son olarak fiziksel arazi degradasyonunda etkili olan diğer doğal faktörlerin etkileri belirli zaman dahilinde kendini göstermektedir. Gerçekte arazi degradasyonunun tehdit edici boyutlara ulaşmasında doğal faktörler hazırlayıcı bir etkide bulunmakta, insan faaliyetleri ise arazi degradasyonunun hızlanarak ciddi boyutlara ulaşmasında esas rolü oynamaktadır.

1800 ile 1930 yılı arasında 130 yıllık sürede dünya nüfusu ancak 1 milyar artmışken, günümüzde aynı miktar nüfus artışı 11 yılda gerçekleşmektedir (Tümertekin ve Özgüç, 2002: 231). 1950'de 2.495.000.000 olan dünya nüfusu % 148.5 artışla 2001'de 6.200.000.000'a tır-

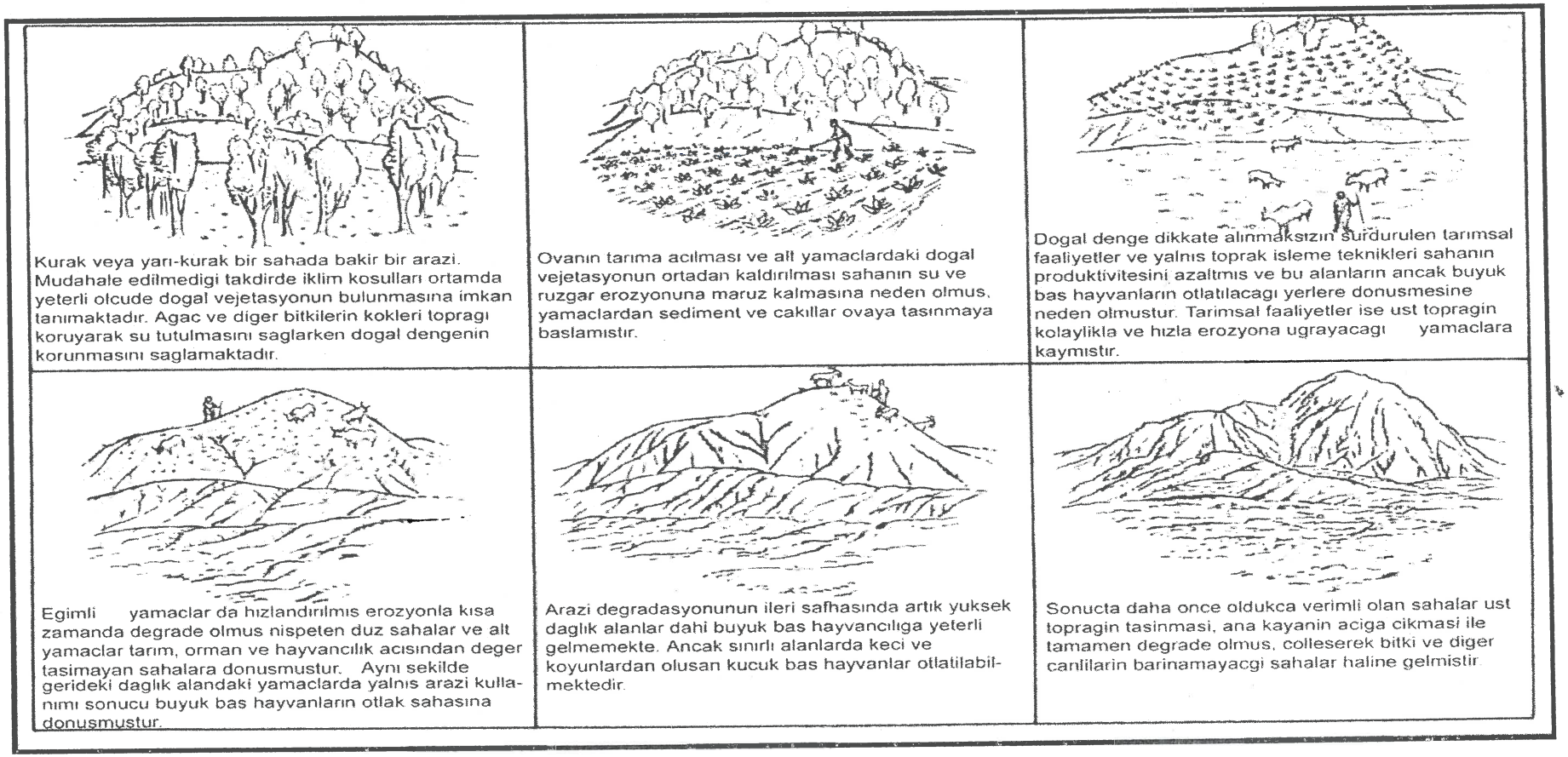
manmıştır. 1950'lerden sonra dünya nüfus artış hızının özellikle kalkınma çabası içindeki üçüncü dünya ülkelerinde olağan üstü boyutlara ulaşması doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı ekstrem derecede arttırmıştır. Son yapılan değerlendirmelere göre dünyanın toplam kara yüzeyindeki orman, tarım ve otlak alanlarının ortalama % 70 kadarının tahribat ve bozulmaya uğratıldığı görülmektedir (Semenderoğlu, 1992: 16). Bugün dünyada yaklaşık 1 milyon hektar arazi ekstrem derecede degrade olmuş yani tekrar ıslah edilmesi ve kazanılması neredeyse imkansız bir hale gelmiştir (Ponniah, 2000: 3).

Hızlı nüfus artışı ve miras yoluyla tarımsal arazilerin parçalanması yanında gelir düzeyinin, eğitim seviyesinin düşük olması, yanlış arazi kullanımı ve yanlış tarımsal teknikler, hatalı tarım ve kalkınma politikaları arazi degradasyonunu başlatan ve hızlandıran başlıca sosyo-ekonomik etkenlerdir. Arazi degradasyonu özellikle hassas doğal dengeye sahip olan dağlık, yarı-kurak sahalarda geniş alanlarda etkili olabilmektedir. Bu bölgelerde yağış yetersiz ve düzensiz olduğu gibi sık sık şiddetli kurak dönemler yaşanmaktadır. Bazı yıllar tarımsal üretim hiç olmamakta veya yetersiz kalmaktadır. Bu durum insan topluluklarını ister istemez asıl geçim kaynağı olarak hayvancılığa yöneltmektedir. Ancak yarı-kurak ve engebeli sahalar tarıma pek uygun olmadığı gibi aşırı ve kontrolsüz hayvan otlatılmasına da uygun değildir. Sonuçta doğal ortam ve özellikle zaten zayıf olan doğal vejetasyon üzerinde taşıma kapasitesinin üzerinde büyük bir baskı ortaya çıkmaktadır. Doğal ve sosyo-ekonomik etkenlerle ormansızlaştırma veya bitki örtüsünün tahribi bu sahalarda kısa zamanda doğal dengenin bozulmasına neden olmaktadır. Hızlı nüfus artışı, tarım ve hayvancılığa uygun olmayan marjinal sahalardaki doğal vejetasyonun tahribini giderek arttırırken, bu sahaların verim değeri ve üretkenliği (prodüktivitesi) azalmaktadır. Sonuç olarak tarımın ve hayvancılığın artık mümkün olmadığı, doğal vejetasyonun kendini yenileyemediği hatta ortadan kalktığı çölleşmiş sahalar ortaya çıkmaktadır. Dünya Bankası verilerine göre 1998 yılında arazi degradasyonundan dolayı yer değiştirenlerin sayısı ilk defa savaş mağduru mültecilerin sayısını aşarak 25 milyona ulaşmıştır. BM Çevre Programı'na göre dünyada her yıl 21 milyon hektar arazi çölleşmektedir (Tümertekin ve Özgüç, 2002: 520). Dünyada arazi degradasyonunun son safhası olan çölleşmenin tehdidi altındaki sahalara örnek olarak G. Afrika, Orta Doğu, Hindistan, Batı Çin, Şili ve Peru, GB ABD, Meksika, Orta Asya ve K. Afrika'daki çölleşme bölgeleri gösterilebilir.

Sahel; 11 ülke sınırları içinde kalan B. Sahra çölünün güney kenarında yarı-kurak bir bölgedir. Seyrek ağaç ve küçük çalılardan oluşan doğal bitki örtüsünün hakim olduğu bölgede belli dönemlerde extrem kuraklık şartları yaşanmaktadır. 1950'lere kadar vadi boylarında sınırlı olan geleneksel tarım ve göçebe hayvancılık faaliyetleri çevre koşulları ile dengeli bir şekilde yürütülmekteydi. 1950'lerden ve1960'lı yılların başlarına kadar ortalamadan fazla olan yağışlar yanında iyileştirilen sağlık koşulları bölgede insan ve hayvan nüfusunu arttırmış, kuru tarım hatta sulu tarım alanları geleneksel göçebe hayvancılık yapılan arazilere yayılmıştır. 1960'ların ikinci yarısında yıldan yıla şiddetlenen kuraklıkla birlikte artan nüfus, geleneksel tarımın yerini ticari tarımın alması, kalan alanlarda aşırı otlatma, yakacak oduna aşırı talep (yemek pişirme ve ısınma gereksinimleri için) ortamın taşıma kapasitesinin aşılmasına neden olmuştur. Sonuçta toprak, bitki, su ve besin maddesi dengesi bozulan saha hızla çölleşmeye başlamış son 50 yılda Sahra çölü güneye doğru 650.000 km^2 sahasını genişletmiş, günde 6-7 m gibi büyük bir hızla ilerleyerek 1975 yılından sonraki 13 yıl içinde 1.5 milyon km^2 mer'a alanının çölleşmesine neden olmuştur (Tümertekin ve Özgüç, 2002: 519-521; Güney, 2002: 108; Özey, 2001: 72) (Şekil 7).

Amuderya ve Siriderya nehirlerinin beslediği Aral Gölü, son 30–40 yıl boyunca eski Sovyetler Birliği döneminde izlenen tarım politikaları gereğince Özbekistan ve Kazakistan'daki geniş tarım alanlarının dev sulama projeleri ile sulanması için kullanıldı. Başlangıçta Sovyet uzmanlar yaptıkları fayda-maliyet hesaplarında Aral Gölü havzasını projede öngörülen şekilde kullandıklarında 100 kat daha fazla ekonomik getirinin sağlanacağını hesaplamışlardır. Ancak ortaya çıkabilecek çevresel sorunlar önemsenmemiş, çevresel etki ve sonuçlar derinlemesine düşünülmemiştir. Pamuktan başka tarımsal faaliyet yasaklanmış, monoâkültür nedeniyle Sovyetler Birliği'nde hektar başına ortalama 3 kg olan pestisit kullanımı havzada 50 kg'a kadar yükselmiştir. Çok sulama, ilaçlama ve gübre kullanımı gerektiren geniş pamuk tarımı sahalarında yarı-kurak iklim şartlarında kısa zamanda kimyasal (tuzlanma-çoraklaşma, toprak ve su kirliliği) ve fiziksel degradasyon (kabuklaşma) ortaya çıkmıştır. Son 30 yıl içinde göl alanının % 40'ı daralarak gölün çekildiği alanlardan zaten tarım ilaçları ile kirlenmiş tuzlu ince materyal rüzgârlarla taşınmış çevredeki tarım alanlarının kumullarla işgal edilmesine neden olmuştur. Sonuçta sahada giderek etkisini arttıran arazi degradasyonu çok geniş alanların çölleşmesiyle sonuçlanmıştır (Çepel, 2003: 18–19).

Hatalı tarım ve kalkınma politikalarının arazi degradasyonunu başlatması ve hızlandırmasına bir örnek de ülkemizden verilebilir. Konya-Ereğli arasında Eski Pleyistosen göl tabanına tekabül eden geniş mer'a alanları 1950'li yılların başında dış yardım da alınarak (Marshall Yardımı) geniş çapta tarıma açılmıştır. Bu durum tarımda mekanizasyon ve özellikle traktör sayısında artışla mümkün olmuştur. Tarım alanlarını genişleterek ekonomik kalkınmayı amaçlayan hükümet mer'a alanlarının tarıma açılmasını teşvik ederek yanlış arazi kullanımına yol açmıştır. Ayrıca yörede hayvancılık da teşvik edilmiş, daralan mer'a alanları üzerinde aşırı bir otlatma baskısına yol açılmıştır. Sonuçta kısa zamanda bir kaymak tabakası ile kaplı, stabil hale gelmiş siltli, killi ve kumlu eski göl depoları açığa çıkmış bu sahalar su ve rüzgâr erozyonu ile degrade olurken, oluşan kumullar çevredeki tarım alanlarını hatta köyleri işgal ederek degradasyonun boyutlarını arttırmıştır. Buna ek olarak sulu tarıma açılan mer'a alanları birikim horizonundaki tuzlu ve jipsli maddelerin kapilarite ile yüzeye taşınması sonucu tuzlanmaya uğramıştır.



Şekil 7: *Kurak ve yarı-kurak ortamlarda ekosistem, başka bir deyişle doğal denge özellikle yağış yetersizliği nedeniyle son derece hassastır. Bu ortamlar bitki-toprak-su dengesi korunduğu takdirde ormanlar ve birçok canlının hatta insan topluluklarının varlığını sürdürmesine uygundur. Ancak bu ortamlar taşıma kapasiteleri sınırlı olduğundan doğal vejetasyonun tahribi, aşırı otlatma ve yanlış arazi kullanımı sonucu kısa zamanda şiddetli degradasyona uğrayarak çölleşir (Leopold, 1972: 177'den değiştirilerek).*

Figure7: *The ecosystem in other words natural balance in arid and semi-arid regions is extremely vulnerable especially because of insufficient precipitation. Actually these areas are fairly suitable for surviving forests, various living things even human communities on condition that plant-soil-water balance is conserved. On the other hand the carrying capacities of these areas are limited, after severally land degradation the desertification occurs in short time due to misuse of the land, overgrazing and the destruction of the natural vegetation (adapted from Leopold, 1972: 177).*

Ülkemizde fiziksel arazi degradasyonu boyutları endişe verici düzeylere ulaşmıştır. Ülkemiz arazisinin büyük kısmının dağlık oluşu dağınık kırsal yerleşmelerin yaygın olmasına neden olmuştur. Özellikle eğimin fazla olduğu, dağlık kırsal alanlarda fiziksel arazi degradasyonu daha da etkili olmaktadır (Ülkemiz arazisinin 4/5'ten fazlasını % 15'ten fazla eğimli sahalar oluşturmaktadır). Türkiye'de 35.000 kadar resmi kayıtlı köy yerleşmesi bulunmasına karşın, mahalle, kom, mezra, oba, yaylak ve kışlak gibi köy altı yerleşmeleri dahil edildiğinde kırsal yerleşmelerin sayısı 70.000'i bulmaktadır. Kırsal alanlarda doğal ve tarihi nedenlere dayanan dağınık yerleşme sistemi çeşitli şekillerde arazinin yanlış kullanılmasına zemin hazırlamış, ülkemiz arazinin en azından % 50'sinde çeşitli derecelerde erozyonunun ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Tarıma uygun olmayan eğimli sahaların (mer'a alarak kullanılması gereken V. ve VI. sınıf araziler ile orman olarak kullanılması gereken VII. sınıf araziler) tarıma açılması. Bunun yanında ancak özel toprak koruma önlemleri gerektiren III. ve IV. Sınıf arazilerde kontrolsüz tarımsal faaliyetler toprakların erozyonla aşınması ve taşınmasına yol açmış ve geniş alanlarda ana materyal açığa çıkmıştır. Bundan başka mer'alarda aşırı ve erken otlatma hayvanların sevdiği otların giderek azalmasına ve tercih etmedikleri dikenli ve acı türlerin ortama hâkim olmasına yol açmaktadır. Bu şekilde doğal bitki örtüsünün seyrelmesi ve tür kompozisyonunun bozulması doğrudan arazinin verim değerinin düşmesine yol açmaktadır. Öte yandan arazinin doğal vejetasyonun koruyucu etkisinden mahrum kalması, yoğun hayvan trafiği ile toprağın sıkışması erozyonun şiddetlenmesine dolayısıyla fiziksel olarak degradasyona uğramasına neden olmaktadır. Bunun gibi orman alanlarında otlatma yapılması, ormanların doğal yolla gençleşmesini engellemiş, yakacak/yapacak temini ve yangınlarla ormanlar tahrip edilmiştir. Orman ağaçlarının ibre ve yaprakları hayvanlara yedirilmesi sonucunda geniş alanlarda doğal denge bozulmuştur. Böylece geniş arazi parçalarında toprak/su/bitki dengesi bozularak arazi degradasyonu meydana gelmiştir (Atalay, 1989: 97–98). Halen ülkemizin % 8'ini oluşturan 6 milyon hektardan fazla tarıma uygun olmayan alanda tarım yapılmakta ve eğimli yamaçlar topraklar eğim yönünde sürülmektedir (Atalay, 2000: 199). Ülkemizde fiziksel degradasyon sadece eğimli, yüksek dağlık alanlarda yanlış arazi kullanımı sonucu mer'aların ve ormanlık alanların degradasyonu ile sınırlı kalmamaktadır. Yüksek ve eğimli sahalardan aşınan malzemeler aşağı havzalarda, ova tabanlarında, dağ eteklerindeki birikinti koni ve yelpazeleri üzerinde siltasyon ve taşlılaşmaya yol açarak bu arazilerin verim değerinin düşmesine neden olmuştur. Nitekim ülkemizde yaklaşık 2,7 milyon hektarlık alan sürekli olarak taşkın, millenme ve yaşlık sorununun etkisi altındadır (Atalay, 1989b: 99).

KAYNAKÇA

ATALAY, İ. (1986) *Uygulamalı Hidrografya*, E.Ü. Basımevi, Bornova-İzmir.

ATALAY, İ. (1989a) *Toprak Coğrafyası.* E.Ü. Basımevi, Bornova-İzmir.

ATALAY, İ. (1989b) "Türkiye'de kır yerleşmelerinin arazi degradasyonu üzerindeki etkileri", *Atatürk K.D. ve Tarih Y. Kurumu. Coğr. Bil. ve Uyg. Kolu. Coğr. Arş. Derg.* 1, 1, 91-101. Ankara.

ATALAY, İ. (1998) *Genel Fiziki Coğrafya,* E.Ü. Basımevi, Bornova-İzmir.

ATALAY, İ. (2000) *Türkiye Coğrafyası ve Jeopolitiği.* E.Ü. Basımevi, Bornova-İzmir.

BAHTİYAR, M. (2000) "Toprak erozyonu, oluşumu ve nedenleri", *Tema Eğitim Seminer Notları, 26, 33-51, İstanbul.*

ÇEPEL, N., Bahtiyar, M. ve diğ. (2000) *Erozyonla Mücadele, Tema Eğitim Notları*, Tema Vakfı Yay. 26.

ÇEPEL, N. (2003) *Ekolojik Sorunlar ve Çözümleri*, TUBİTAK Popüler Bilim Kitapları. 180, Ankara.

DİZDAR, M. Y., (2003) Türkiye'nin Toprak Kaynakları, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Teknik Yayınlar Dizisi No: 2, Ankara.

ERİNÇ, S. (1982) *Jeomorfoloji I*, İst. Ün. Ed. Fak. Yay., 2931, İstanbul.

EROL, O. (1988) "Çukurova'da kaliş tipleri", *A.Ü. DTCF Coğrafya Araştırmaları Derg.*, 11, 9-13, Ankara.

ERTEK, T., A. (1995) "Senirkent Seli (13 Temmuz 1995 Isparta)", *Türk Coğr. Derg,*. 30, 127-141, İstanbul.

GARDI, C., PISA, P.R., ROSSI, M., KURUM, E., ŞAHİN, Ş. (1996) "Quatitative analysis of land degradation by erosion in centonara river basin, bologna-ıtaly", *1st International Conference on Land Degradation*, Bildiriler kitabı, 204-216, Adana.

GÜNAY, T. (1997) *Orman, Ormansızlaşma, Toprak, Erozyon.* TEMA Vakfı Yay. 1, 4. Bası.

GÜNEY, E. (2002) *Genel Çevre Kirlenmesi*, Çantay Kitabevi, İstanbul.

LEOPOLD, A. S. (1972) *The Desert Time Inc.* U.S.A.

ÖNER, E., MUTLUER, M. (1993) "Akselendi ovası'nda kumul oluşumu ve buna bağlı çevre sorunları", *Ege Coğrafya Derg.* 7, 133-160, E.Ü. Basımevi, İzmir.

ÖZEY, R. (2001) *Çevre Sorunları.* Aktif Yayın Evi. İstanbul.

PEKCAN, N.-Y. (1996) "Karadeniz heyelanları ve önlenmesi yolunda önerilerimiz", *İ.Ü. Ed. Fak. Coğr. Böl. Coğr. Derg.* 4, 137-143, İstanbul.

PONNIAH, W., D. (2000) "Land Degradation", *http://www.ecaned.net/Idegrade.html.*

SAYIN, S. (1986) *Türkiye'de Tarım Dışı Amaçla Arazi Kullanımı İçinde Toprak Sanayinin Yeri ve Erbaa Örneği.* K.H.G.M. Yay. 136, Ankara.

SEMENDEROĞLU, A. (1992) "Tarih boyunca çevre ve insan", *Ekoloji-Çevre Derg.* 1, 3, 15–17, İzmir.

SEMENDEROĞLU, A. (1999) *Urla-Çeşme Yarımadası'nda Doğal Ortam İle Sosyo-ekonomik Faaliyetler Arasındaki İlişkiler*, Basılmamış Doktora Tezi, D.E.Ü. Sos. Bil. Enst. İzmir.

SEMENDEROĞLU, A., GÜLERSOY, A. E., İLHAN, A. (2005) "Kimyasal Arazi Degradasyonu". Türk Coğrafya Derg., 45, 15-40, İstanbul.

SEMENDEROĞLU, A., ÇUKUR, H. (2004) "Missuse of the land and land degradation on the tmolos depozits in the northern slope of the bozdag mountains", *Symposium of Global Change and Relation between People and Environment, Romanian Academy Institute of Geography on 8 November 2003*, 171-182, Bucaresti-Romania.

SÜR, Ö. (1977) "Heyelan olaylarının ekonomiye etkileri", *A.Ü. Dil ve Tarih Coğ. Fak. Coğr. Araştırmaları Derg.* 8, 137-151, Ankara.

T.C. ORM. BAK. AGM, (1999) *Erozyon Kontrolü uygulamalarında Dikkate Alınacak Hususlar.* AGM Yay., 14, Ankara.

TÜMERTEKİN, E., ÖZGÜÇ, N. (2002) *Beşeri Coğrafya-İnsan, Kültür, Mekan.* Çantay Kitapevi, İstanbul

YAMAN, A. (2001) "Karapınar Ovası'nda rüzgâr erozyonunun nedenleri, erozyonla mücadelenin dünü bugünü", *Konya Karapınar Belediyesi Karapınar Sempozyumu, 26-27 Ekim 2001*, 245-265, Konya.