

## RÜZGÂR EROZYONU (1)

Hayati ÇELEBİ (2)

Eski jeolojik çağlardan beri aktif bir erozyon vasıtası olan rüzgâr, toprakları bir yerden kaldırarak diğer bir yere yığar. Çin'de Mississippi ve Missouri nehirleri boyunca uzanan geniş lös yığınları eski çağlara ait rüzgâr erozyonu örneklerini teşkil ederler.

Rüzgâr erozyonu tarihten önceki devirlerde dahi aktif olmakla beraber, insanların müdahalesi neticesinde bu daha aktif ve daha da tahripkâr olmaya yüz tutmuştur. Erozyon olayının artması üzerinde arazilerin yanlış metotlarla işlenmesi veya uygun olmayan bir takım gayelerle kullanılması etkili olmuştur.

Rüzgâr erozyonu, arazi yüzeyinin kuru ve bitki örtüsünden yoksun bulunduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde çok aktiftir. Rüzgârlar yağışlı bölgelerde de fazla miktarda toprak materyalini naklederler. Bu gibi bölgelerde topraklar daha kıymetli olduğundan, bunların taşınmaları ile meydana gelen zararlar daha önemlidir.

Toprakların rüzgârlarla taşınması kompleks bir olay olup buna rüzgâr, toprak şartları (toprak yüzeyinin durumu ve toprağın su miktarı) ve diğer

bir çok faktörler tesir etmektedir. Rüzgârların aşındırma ve taşıma gücü bir çok faktörlerin karşılıklı etkileri ile meydana gelir. Bu faktörlerden bir kısmı toprağın hareketini kolaylaştırır. Diğer bir kısmı da zorlaştırır. Her özel durumdaki hareket, birlikte çalışan faktörlerin net tesirlerine tâbidir. Toprak materyalinin rüzgârlar tarafından taşınabilmesi için önce arazi yüzeyinde bulunduğu yerden gevşetilmesi gerekir. Bundan sonra, bu gevşek topraklar rüzgâr etkisiyle kaldırılarak arazi yüzünde kaydırılır veya yuvarlanır.

Bu olaylar daha çok girdaplar hasil eden istikrarsız rüzgârlarla meydana gelir.

Topraklar rüzgâr erozyonuna karşı muhtelif derecede mukavemet gösterirler. Bu farklı mukavemet, toprağın genetik özelliklerinden ileri geldiği gibi, arazilerin insanlar tarafından yanlış metotlar uygulayarak kullanılmasından da meydana gelebilir.

Muayyen bir hız ile esen rüzgâr ile taşınan toprak miktarı, arazi yüzünde bulunan ve erozyona mukavim olan fraksiyonlar arasındaki mesafe ve bu fraksiyonların kritik yüksekliğine bağlıdır. Kritik yükseklik, rüzgâr

(1) Stallings, J. H. 1957 "Soil Conservation", sa. : 71-82

(2) Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak İlimi Bölümü Profesörü.

Dergi Komisyonu geliş tarihi: 15. 3. 1972

sür'atini saatte 15 km. nin aşağısına düşüren fraksiyonların yüksekliğidir. Rüzgâra karşı koyan fraksiyonların yüksekliklerinin, bu fraksiyonlar arasındaki mesafeye oranına "Kritik yüzey pürüzlülüğü" denir. Belli bir rüzgâr hızında, kritik pürüzlülük sabitesi, erozyona mukavim keseklerin bütün büyüklük ve nisbet kademeleri için aynı kalır. Kritik yüzey pürüzlülüğü sabitesi toprağın stabilitesini garanti eder, fakat toprağın stabilitesi, rüzgârın hızı ve erozyona mukavim olmayan fraksiyonların büyüklük ve özgül ağırlıklarına göre de değişmektedir. Bu faktörler rüzgâr erozyonu olayının önemli derecede kompleks bir hadise olmasına vesile olur.

### Toprak Hareketinin Çeşitleri

Rüzgâr erozyonu olayında üç tip toprak hareketi vardır:

- a) Sıçrama (saltasyon)
- b) Süspansiyon
- c) Satıhta sürüklenme.

Bunlar umumiyetle beraber ve aynı anda meydana gelirler.

Toprakların rüzgârlar ile sürüklenmesi, toprak yüzeyine yakın hava kitlelerinin hareketi sayesinde olmaktadır. Toprakların sıçrama hareketlerine sebep olan hava hareketinin yüksekliği tamamen sınırlıdır. Rüzgâr erozyonu esas itibarıyla bir yüzey olayıdır ve bu olay toprak zerrecelerini hareket ettiren rüzgârın esiş şartlarına bağlıdır.

a) Sıçrama (saltasyon): Rüzgârla taşınan toprakların büyük bir kısmı sıçrama suretiyle hareket ederler. Sıçrama, rüzgârın toprak zerreceleri üzerine olan direkt tazyiki ve bu zerrecelerin

diğer zerrelere çarpması suretiyle vuku bulur.

Toprak yüzeyinde rüzgâr ile itilen bir kısım zerreceler aniden yukarıya doğru dik olarak yükselirler. Bu sıçramanın ilk safhasıdır. Bazı toprak zerreceleri pek az bir yüksekliğe kadar sıçrarlar; diğer bazıları yüzeyden sıçrama sür'atine tâbi olarak 1 m. ve hatta daha fazla yüksekliğe çıkarlar. Yukarıya doğru sıçrayan zerreceler üzerine rüzgâr etkisi devam ettiğinden bu zerreceler rüzgâr yönünde hareketlerine devam ederler. Bu esnada hareket hızları artar. Bu hız artışına rağmen, zerreceler yer çekimi etkisine tabi olarak yatay eksen ile 6-12 derecelik bir açı yaparak tekrar arazi yüzüne çarparlar. Bu çarpma tesiri ile ya tekrar sıçrarlar veya diğer zerrelere çarparak onları da sıçratırlar ve kendileri bir müddet sürüklenirler.

Zerrecelerin dikey olarak yükselmeleri eksenleri etrafında dönmeleri sebebiyledir. Sıçrama ile sürüklenen zerreceler saniyede 200-1000 devir yaparlar. Rüzgâr ile taşınan zerrecelerin % 75 den fazlası sıçramalar yaparak yer değiştirirler.

Toprak yüzeyine yakın mesafeden esen rüzgâr toprak zerrecelerinin üst kısımlarına alt kısımlarından daha sür'atle çarparlar. Toprak zerrecelerinin üst kısmına etki eden rüzgâr tazyiki ile zerrecenin alt kısmına etki eden tazyik arasındaki fark, zerreye tesir eden yer çekimi kuvvetinden fazla olduğu takdirde zerreceler dikey yönde sıçrama yapar. Bu tazyik farkı sıçrayan zerrecenin eksenini etrafında dönmelerini de temin eder.

Sıçrayan bir zerrecenin belli bir yüksekliğe çıktıktan sonra, yer çekimi

nin etkisi ile çoğalan bir hızla tekrar satha düşer. Umumiyetle sıçrayan zerrelere kazandığı yükseklik katettiği yatay mesafenin 1/5 veya 1/4 ü kadardır. Sıçrama suretiyle sürüklenen toprak zerreleri 0,1-0,5 mm. çaplı olanlardır. Çapı 0,1-0,15 mm. arasındaki zerrelere çok kolaylıkla sürüklenirler.

Zerrelere sıçrama suretiyle hareket ettirilmeleri prensibi bütün toprak tipleri için aynıdır. Yalnız muhtelif yüksekliklere sıçrayan zerrelere nisbetleri farklıdır.

İri agregatlar ihtiva eden topraklar fazla ufalanmış topraklara nazaran toprak yüzeyine daha yakın mesafeden hareket ederler.

Muayyen bir yükseklikte hareket eden toprak zerrelere nisbi miktarı geniş rüzgâr hızı hudutları dahilinde farklı olmamaktadır.

Sıçrayan zerrelere süspansiyon ile hareket eden zerrelere nisbeti zeminden yükseldikçe azalmaktadır. Sıçrama suretiyle hareket eden zerrelere zeminden umumiyetle 1,00-1,20 m. den daha yükseğe çıkamazlar. Bu mesafenin üstüne yükselen zerrelere, hava içerisinde asılı kalan ve rüzgârlarla uzak mesafelere nakledilen daha ince zerrelere dir. Sıçrama ve hava içerisinde asılma suretiyle hareket eden zerrelere yükseklikleri ile hızlarının logaritmaları arasında doğru orantılı bir münasebet vardır.

Rüzgâr erozyonu ile kaybedilen toprak miktarı rüzgârların sürüklenme gücünün 2,5 uncu kuvveti ve toprağı teşkil eden zerrelere çapları 0,42 mm. den küçük olanların % miktarının 3,5 uncu kuvveti ile doğru orantılı ve toprak yüzeyindeki bitki artıklarının ve

örtünün 0,8 kuvveti ile ters orantılıdır. Toprak strüktürü ve bitki artıkları ve örtüsünden başka faktörler de rüzgâr erozyonu olayına tesir eder. Meselâ toprak yüzeyinde kaymak tabakası, strüktür stabilite faktörleri, balçık tabakası, yağmur damlası suretiyle mineral zerrelere bir tasnif dahilinde dizilişleri, donma, erime, ıslanma ve kuruma gibi faktörler rüzgâr erozyonuna etki etmektedirler.

b) Süspansiyon: 0,1 mm. den daha küçük olan toprak zerrelere rüzgâr ile süspansiyon halinde taşınırlar. Bu zerrelere rüzgârlar ile taşınan zerrelere büyük bir kısmını teşkil ederler. Girdaplar meydana getirerek esen rüzgârlar, hızı dolayısıyla ağırlıkları çok az olan küçük zerrelere rüzgâr yönüne paralel olarak süspansiyon halinde naklederler. Bu zerrelere hareket şekline "süspansiyon halinde hareket" denilmektedir. Süspansiyon halinde hareket eden zerrelere rüzgâr akımı içerisinde dahil olmaları, sıçrama suretiyle hareket eden zerrelere bu ince zerrelere bombardımanı neticesinde olur. Bunlar hava cereyanına dahil olduktan sonra girdaplar yapan hava akımı içerisinde süspansiyon halinde hareketlerine devam ederler.

Hava cereyanı içerisinde süspansiyon halinde bulunan toz miktarının, sıçrama ve sürüklenme suretiyle vuku bulan toprak hareketine hiç bir tesiri yoktur. Ancak, toprak yüzeyinde yerleşmiş bulunan ince toprak zerrelere rüzgârın tesirini azaltırlar.

İnce toprak zerrelere (tozların) zeminden rüzgâr ile kaldırılması prensibi, sıçrama ve sürüklenme olaylarınınkinden daha farklıdır. İnce tozlardan

teşekkül eden topraklar rüzgâr erozyonuna karşı çok mukavimdirler. İnce toprak zerrecilerinin hava cereyanına intikali için muhakkak sıçrama hareketinin olması gerekir. Aksi takdirde doğrudan doğruya süspansiyon hareketi başlayamaz. Ancak girdap teşkil eden rüzgârın arazi yüzeyinde bazı cisimleri döndürerek nakletmesi neticesinde bir miktar toz kalkar, fakat toprak zerrecilerinin sıçrama ile hareketinin aksine olarak, bir defa süspansiyona geçen ince zerrecilerin hareketlerinin tamamen rüzgâr hareketinin karakteri idare eder. İnce zerreciler çok yükseklere ve orijinal yerlerinden çok uzak mesafelere nakledilirler. Buna mukabil, sıçrama ve sürüklenme suretiyle husule gelen hareketlerde, toprak zerrecileri bilhassa muhtelif yönlü rüzgârların tesiri altında orijinal yerlerinden pek uzaklaşamazlar.

Toprakların bahis konusu üç şekilde hareket nispetleri toprak tipine göre fazla farklılık gösterir. İri kümeler ihtiva eden topraklar esas itibariyle sıçrama ve sürüklenme; ince toz halindeki topraklar da sıçrama ve süspansiyon halinde taşınırlar.

c) Satıhta sürüklenme: Toprak yapısına dahil olan 0,5-1,0 mm. çapındaki kum taneleri ağır olduğundan rüzgâr tarafından sıçratılamazlar. Ancak sıçrayan daha küçük zerreciler bunlara çarpmak suretiyle ve rüzgârın tesiriyle arazi yüzünde yuvarlanırlar. Bu olaya "sürüklenme ile hareket" denilmektedir. Bu zerrecilerin hareketine sebep olan enerji, sıçrama suretiyle hareket eden zerrecilerin vurmaları neticesinde kazanılmaktadır.

## Rüzgâr Erozyonu Şekilleri

Rüzgâr erozyonu olayının daha kolay bir şekilde anlaşılabilmesi için toprak zerrecilerinin yerlerinden çözülmesini ve hareket ettirilmesini sağlayan birimleri ile sıkıca ilgili hususların bilinmesi gerekir. Bu hususlar, rüzgâr erozyonu olayının 5 safhası olarak da kabul edilebilir.

1) Koparıma (Detrusion): Toprak keseklerinin üst kısımları çarpan rüzgâr veya rüzgârla birlikte taşınan iri zerrecilerin çarpması neticesinde itilip koparılır.

2) Harekete geçme (Effluxion): Rüzgâr ile itilerek koparılan ve önceden kopmuş olan 0,05-0,5 mm. büyüklüğündeki toprak zerrecileri rüzgârın tesiri ile harekete geçerler. Bu hareketin büyük bir kısmı sıçrama suretiyle olur. Pek az toprak zerrecisi yuvarlanmaya duçar kalır. Bir miktar ince zerre de süspansiyon halinde uzaklaşır.

3) Sürüklenme (Extrusion): Direkt rüzgâr tazyiki ile hareket ettirilemeyecek kadar iri olan toprak zerrecileri küçük zerrecilerin çarpması suretiyle harekete geçirilirler. Bu iri zerrecilerin hareketi daha çok yuvarlanma suretiyle olur.

4) Üfürülme (Efflation): Sıçrama suretiyle hareket eden iri zerreciler ince toprak zerrecilerine çarpar ve neticede bu zerreciler hava içinde süspansiyon halinde taşınırlar. Bu olay çok zararlıdır. Çünkü, toprağın en verimli olan ince zerrecileri kaybolarak geriye verimsiz iri kum ve çakıllar kalmaktadır.

5) Aşındırma (Abrasion): Aşınma; sıçrama hareketi ile zerrelerin birbirlerine çarpmalarının bir neticesi olarak toprak keseklerinden ince ve kaba fraksiyonların ve diğer sert materyalin ayrılmasıdır.

Bu erozyon şekillerinden birkaçı veya hepsi aynı zamanda faal halde olabilirler. Fakat, hiç biri harekete geçme (Effluxion) olmadan başlamaz. Diğer bir deyimle, harekete geçme olayı, bütün diğerlerinin ön safhası ve sebebidir. Bu yüzden, rüzgâr erozyonunun kontrol edilmesinde esaslardan biri, toprakta mevcut 0,05-0,5 mm. büyüklüğündeki zerreleri azaltmak, yani toprağı kesekli bir durumda tutmak, diğeri ise, rüzgârın zemin üzerindeki hızını azaltmaktır:

#### Rüzgâr Erozyonu Olayı

Rüzgâr erozyonu olayı genel olarak birbirinden farklı üç safha arzeder:

- a) Hareket safhası
- b) Taşıma safhası
- c) Birikme safhası

Rüzgâr toprak üzerinde bir sellektör makinesi gibi çalışır. Rüzgâr organik maddeleri, ince silt ve kil fraksiyonlarını taşır; geriye, iri kum ve çakılları bırakır. Tedbir alınmadığı takdirde devam eden bu tasnif edici hareket, toprağın verimli olan ince zerrelerini kaybetmesine, geriye erozyona daha hassas ve verimsiz toprak fraksiyonlarının kalmasına vesile olur.

Rüzgârın erosif tesiri erozyona uğrayan saha üzerinde mesafe uzadıkça çoğalır. Erozyona konu olan bir tarlanın rüzgârın geldiği taraftaki kenarında toprak hareketi hemen hemen hiç yoktur. Hareketin başladığı noktadan

itibaren erozyon artar. Eğer bir engel mevcut değilse tarlanın sonuna kadar çoğalarak devam eder. Taşınan toprak miktarının tarlanın sonuna doğru gittikçe arttığı aşağıdaki işaretlerden anlaşılmaktadır:

a) Erozyona uğramış toprak zerreleri tarlanın sonunda yığılırlar.

b) Satth pürüzlülüğünün azalması ve düzlenmesi tarlanın son kısımlarına doğru artar.

c) Sıçrayan zerrelerin üst toprak yüzünü aşındırma derecesi de tarlanın sonuna doğru artar.

Erozyona mâruz kalan arazide toprak hareketinin rüzgâr yönünde gittikçe artması hususu, rüzgâr erozyonu kontrol plânlarının yapılmasında dikkate alınması icap eden bir husustur. Erozyon, başladığı noktada durdurulmalı, yani harekete geçen zerreler tutulmaya çalışılmalıdır; tesis edilen şeritvari ekimle rüzgâr erosif hız kazandığı noktalarda yavaşlatılmalı; rüzgâr perdeleri ve koruyucu şeritler ile rüzgâr erozyona hassas olmayan sahalarla yöneltilmelidir. Rüzgâr erozyonu sâri hastalığa benzer, bu yayılmağa imkân bulmadan yerinde yok edilmelidir.

#### Toprak Hareketinin Başlaması

Saatte 5 km. den fazla hızla esen rüzgâr girdaplar teşkil eder. Rüzgârın girdaplar teşkil ederek esmesi düz arazide hortum şeklinde anafolar meydana getirir. Bu anafolar süratle birlikte toprakların muhtelif şekillerde taşınmalarına vesile olurlar.

Toprak hareketini başlatan asgâri rüzgâr sür'atine "Başlama hızı" denir. Başlama hızına tesir eden en önemli

faktör toprak zerrelere byklgdr. 0,1-0,15 mm. apındaki zerrelere için harekete başlama sr'ati en azdır. Bu zerrelere harekete geçmeleri için zeminden 15 cm. ykseklkte saatte 12-15 km. rüzgâr hızı yeterlidir. Büyüklükleri yukarıda verilen büyüklük sınırının dışında olan zerrelere daha yüksek bir başlama hızına ihtiyaç gösterirler. İnce toz zerrelere zeminden rüzgâr ile kaldırılamamasının sebebi kısmen bu zerrelere kohezyon glerinin yüksek oluşudur ve daha ziyade toprak yüzeyine yakın kısımda viskos bir hava katının mevcudiyeti dolayısıyla zerrelere yerinden kolayca sklememesindedir. Toprak yüzeyindeki tozlar, genel olarak diğer iri zerrelere çarpması neticesinde havaya kaldırılırlar. Kohezyon dolayısıyla toz zerrelere harekete geçiren başlama hızı oldukça yüksektir.

Arazide bırakılmış olan ayrışmamış bitki artıkları, seyrekte olsalar, orta derecedeki rüzgâr hızını keserek toprak zerrelere taşınmasını azaltırlar. Eğer rüzgâr hızı fazla olursa, bitki artıkları sürüklenir, çıplak kalan arazi sathındaki topraklar rüzgârın devamı halinde daha kolay taşınırlar.

zerinde bitki örtüsü bulunmayan topraklarda ilk fırtınalardaki başlama hızı, müteakip fırtınalardakinden daima yüksektir. Bunun muhtelif sebepleri vardır. Erozyona uğramamış olan toprak yüzeyindeki kabuk tabakası ilk fırtınalar esnasında rzgra karşı mukavemet gösterir. Bu mukavemet, birbirlerine devamlı bir şekilde iri toprak zerrelere bombardımanı ile azalarak toprağın erozyona hassasiyeti çoğalır. Ktve edilen topraklarda ince zerrelere taşınması netice-

sinde geriye kalan iri zerrelere daha düşük bir başlama hızına ihtiyaç gösterirler. Eksibe materyali çok düşük bir başlama hızı ile harekete geçebilir. Bu iř toprak tipine göre biraz farklılık arzeder.

Topraklar, nceki kullanılma Őekillerine göre de değişik başlama hızlarına sahiptirler. Bu hızlar, toprak yüzünden 30 cm. ykseklkte 21 km. den başlayarak 48 km. ye kadar yükselir.

Bir arazide rüzgâr erozyonu bir defa başladıktan sonra, sıçrama suretiyle hareket eden zerrelere bombardıman tesiri devam eder. Bu erozyonda rüzgârın direkt tazyikinin tesiri yoktur. Ancak arazide rüzgârın geliş istikameti sınırında, rüzgârın direkt etkisi ile az bir taşınma olabilir. Arazzerinde bulunan tmseklikler ve kk sırtlarda rüzgârın başlama hızı tarlanın diğer taraflarına nazaran dha azdır. Fakat bu kısımlarda başlayan toprak hareketi çok geçmeden diğer kısımlara etki ederek oralarda da erozyonu başlatır. Arazide erozyona hassas noktalar olması dolayısıyla, erozona mukavim kısımlarda da düşük bir başlama hızında toprak hareketi başlar. Bu duruma göre, bir arazideki erozyona mukavim kısımlardaki minimum başlama hızını; erozyona en fazla hassas olan kısımların minimum hızları ve sıçratılan zerrelere tayin eder. l kumlarında zerrelere rüzgâr ile harekete geçirilmesi için rüzgârın "Statik başlama hızı" aşağıdaki hususlara tâbidir:

- a) Arazı yüzeyinin geçmişteki durumu
- b) İri kum zerrelere meydana getirmiş olduğu koruyucu katın byklg
- c) Rüzgârın yüzeydeki girdapları

d) Rüzgâra mâruz kalan yüzeyin uzunluğu.

Zerreler harekete başladıktan sonra, statik başlama hızından daha az bir dinamik başlama hızı bile hareketi devam ettirmek için kâfi gelir.

### **Toprağın Taşınması**

Arazi yüzeyinde gevşek bir vaziyette bulunan zerrelerin havaya kaldırılmaları rüzgâr akımının gayri muntazam ve zikzaklı olarak hareket etmesinden ileri gelir.

Rüzgâr akımı çok değişken olup bir çok çapraz cereyanlar ve anforlar meydana getirmektedir.

### **Rüzgâr Toprağı Nasıl Aşındır**

Rüzgâr hareketi çok kompleksdir. Yatay hava akımına paralel olarak her zaman aşağı yukarı yönlerde bir çok hava akımları meydana gelir. İşte, rüzgâr bu hareketlerin bir neticesi olup belli bir yönde eser. Rüzgâr yönünü bütün hava kütesinin genel hareketi karakterize eder. Herhangi bir noktadaki aşağı yukarı ve yan istikamette esen rüzgâr veya teşekkül eden girdaplar rüzgârın genel istikameti içerisinde kalırlar. Fakat bu anofor ve aşağı yukarı istikametli cereyanlar atmosferin tamamen karışmamasına ve arazi yüzündeki ince materyalin kaldırılmasına sebep olurlar. Başlama hızı rüzgârın ileri istikametteki hareketinden ziyade, anafor ve dalgah akımlara tâbidir. Şu halde anafor ve dalgah akımlar toprak zerrelerinin kaldırılması ve taşınması olayında rüzgârın ortalama hızından daha önemli rol oynar.

Hareket eden kum nisbetinin, direkt olarak aşınabilen tanelerin büyüklüğü ve onların ortalama çaplarının

kare kökleri ile değiştiği anlaşılmıştır. Toprağın hareket nisbeti, hava kesfetiyle az ilgili olup, daha ziyade sürüklenme hızı ve rüzgârın esme derecesiyle ilgilidir. Saltasyon, süspansiyon ve satıhta sürüklenme ile hareket eden toprak nisbeti, sürüklenme hızının küpüne bağlı olarak değişir.

Rüzgârın, toprak taşıma bakımından kabiliyeti fazladır. Meselâ, Mississippi nehrinin yatağı üzerinde esen rüzgârların taşıma kapasitesinin, nehrin kendi taşıma kapasitesinden 1000 misli daha fazla olduğu tesbit edilmiştir.

Batı eyaletlerinde 12 aylık bir periyod içinde kâfi derecede kuvvetle esen rüzgârların kum fırtınası hasil edebilmesi için, hiç olmazsa iki misli daha kuvvetli kum fırtınasına çit olmasının icap ettiği hesap edilmiştir. Atmosferde ortalama rüzgâr hızının en alt hududu olarak saatte 48 km. kabul ederek, bu hızdaki fırtınaların taşıma kapasitesi 1440 milde takribi 853.700.000 ton kuma muadil olmaktadır. Böyle bir periyodda rüzgâr, takriben 1 mil de 1.229.342.400.000 ton materyali taşıyabilir.

Mil küpünde 150 - 126.000 ton kuru toz ihtiva eden bir atmosferin bu miktarı taşıyabilmesi rüzgâr hızına bağlıdır. 25 Mart 1895 deki bir toz fırtınasında, Rock Island Illinois'de atmosferin beher mil küpünün 1600 ton toz ihtiva ettiği hesap edilmiştir.

Atmosfer çapı 0,1 mm. den küçük zerreleri daha kolaylıkla taşıyabilir. Saatte 8 km. gibi ortalama bir hıza sahip bir metre küp havanın aşağıdaki toprak miktarlarını taşıyabilecek kabiliyette olduğu anlaşılmıştır:

Zerrelere  
ortalama  
çapları, mm.

Beher m<sup>3</sup>. havada  
toprak ağırlığı, gr.

0,08	0,70629
0,04	2,01290
0,007	4,16714
0,001	18,71680

Rüzgâr hareketleriyle taşınan materyal miktarının tesbiti göstermiştir ki, toprak hareketlerinin pek çoğu saltasyonla satıhtan itibaren 0,6-0,9 m. yüksekliğin altında meydana gelmektedir. Hakikatte, satıhtan 30 cm. yükseklikteki kısımda toprağın % 90 dan fazlası taşınmaktadır. Bunun % 50'sinden fazlası satıhtan itibaren 5 cm. yüksekliğindeki kısım içinde hareketsiz olarak durur.

Satıhtan 0-96 cm. yüksekliğindeki kısım içinde saatte 29 km. hızındaki rüzgâr 30 cm. genişliğindeki bir sahada takriben 223 kg., saatte 40 km. hızındaki bir rüzgâr da takriben 450 kg. materyal biriktirebilir.

İnce kil ve organik zerrelerden daha büyük taneli toprakların tertip edildiği bir sahada rüzgâr erozyonunun bütün taşıma şekilleri meydana gelir. İnce zerreler süspansiyonla daha uzaklara terkedilirler.

7 Şubat 1937 de vukua gelen bir toz fırtınasından sonra Teksas, Oklahoma ve Panhandle'de dekara 22,5 kg. toz isabet etmiş ve bu tozlar Iowa'da kar üzerinde 800 km. kadar uzağa yığılmışlardır. "Siyah kar" numunesinin analizinde toprağın ilk durumuna göre 3 misli daha fazla humus ihtiva etmiş olduğu tesbit edilmiştir.

Satıhta bir takım engeller hızın dağılmasını ve toprak yapısını değiştir-

diği veya rüzgâr hızı azaldığı zaman, atmosferde mevcut gayet ince tozlar hariç, diğer toprak zerreleri satıhtan kaldırıldıktan sonra nihayet tekrar hareketsiz bir hale gelirler.

Rüzgârla hareket eden ve kumullar meydana getirerek yığılan toprak materyali 0,16-0,35 mm. arasında tahmini bir çap dizisi gösterirler ve bunlar sadece toplam hareketlerin ancak bir kısmı ile tertip edilirler. Bu defa hava içinde kaldırılan ince toz aşınmış sahalardan daha uzaklara taşınabilirler. Kumlu topraklar üzerindeki ince zerreler, umumiyete esas satıh boyunca hareket eden toprak miktarı ile kıyaslandığı zaman; bu miktar, hareket eden umumi toprak miktarının ancak minimum bir kısmını teşkil eder. Bununla beraber, bazı durumlarda, daha ince zerrelerin kaldırılması bu gibi sahalarda ciddi manzara arzeden rüzgâr erozyonu problemlerinin meydana gelmesine sebep olur. Aksi takdirde "hardlands" yani sert killi araziler, zerrelelere ayrıldıklarında ufalanırlar ve bunlar süspansiyon halinde taşınırlar. Bu suretle, ekseriya bütün toprak kitlesi kalkabilir.

Özel hudutlar içindeki daha küçük zerreler rüzgâr tarafından daha kolaylıkla taşınabilirler. Neticede, zerre büyüklüklerine bağlı olarak rüzgâr, taşıma kuvvetine göre ince zerrelerin kaldırılmasına ve kaba zerrelerin terk edilmesine ve bu suretle heterojen bir yığılmanın hasıl olmasına yardım eder. Aşınan tarlaların rüzgâr tarafındaki kenarından uzaklara doğru toprak hareket nispetinde hasıl olan tedrici bir çoğalma, esasında burada aşınabilen zerre miktarının fazlalığı ve rüzgâr



istikameti boyunca aşınma derecesinin gittikçe artması sebebiyledir.

Tarlaların rüzgâr altı tarafındaki kenarına doğru toprak sathında fazla toplanmış bulunan aşınmaya hassas toprak zerreleri, rüzgâr, erozyonundan ziyadesiyle zarar görebilir. Neticede, yalnız aşınabilen fraksiyonlardan ibaret olan materyal için, toprak hareket nispeti, özel bir toprak ve rüzgâr hızının bulunması halinde çok fazladır.

Toprak hareketinin artmasında rol oynayan ikinci faktör, saltasyonda zerrelere birbirlerine çarpmasıyla aşınma derecesinin gittikçe artmasıdır. Aşınabilen zerre miktarı rüzgâr altına doğru gidildikçe tedricen fazlalaştığı için, burada toprak kesek ve satıh kabuklarının kırılmasından hasil olan duruma benzer bir hal vardır. Bu kesek ve satıh kabukları, rüzgârla taşınabilecek kadar kâfi derecede ince zerrelere ayrılabilirler.

#### Atmosfer İçindeki Toprak Materyalinin Yığılması

Rüzgâr hızı azaldığı zaman hem süspansiyon ve hem de saltasyonla taşınan materyal ilk önce yığılır. Bununla beraber rüzgârın değişik karakterli oluşu ve gerçekten saltasyon hareketinin icabı olarak materyalin taşınma ve yığılma işi devamlı bir şekilde vuku bulmaktadır.

Rüzgârın haşinliğine bağlı olarak hem taşınma ve hem de yığılma işi meydana geldiğine göre yığılma işi doğrudan doğruya rüzgârın hızı ile ilgilidir. Rüzgâr hızının azalmasına yardım eden her şey iyi bir yığılmanın meydana gelmesine âmil olmaktadır. Bu suretle, rüzgâr, bitki ve satıhtaki diğer engellerle tutularak hızı azalır ve dolayısıyla süpanse materyal yığılır veyahut ta böyle bir engelin mevcut olmadığı zaman bu materyal başka yerlere taşınır.

Tutucu kabiliyetleri dolayısıyla, bitkiler birbirlerinden az farklı serileri havi sahalarda yüzeyde hareket eden kum ve diğer materyalin sürüklenmemeleri üzerinde bilhassa etkili olmaktadır. Normal bir sürüklenme hareketinin cereyan ettiği bir kum sahasında mevcut bitki kümeleri, üfürülmüş materyali, etrafında küçük bir küme teşkil ederek toplamaya yardım eder. Bitkiler kumlu toprağa iyi adapte olduklarında kum kümeleri gibi bunlar da gelişerek muayyen bir yüksekliğe gelince artık etraflarında kumlar yığılma.

Bitkilerin etrafında yığılan toprak kümeleri uzak mesafelerden getirilen toprağın yığılması suretiyle meydana gelmez, bilâkis bitki aralarındaki mesafenin fazla oluşu dolayısıyla buralardan kaldırılan topraklarla meydana gelmektedir. Çölde hasil olan bu gibi kümelerde yukarıda bahsedilen iki durum da aynı zamanda faaliyettedir. Satıh materyalin büyük bir kısmının harekete müsait oluşu dolayısıyla, bitkileri koruyan bu toprak kümeleri bu avantajdan mahrum bulunan fazla aralıklı yetişen bitkilerin etraflarını çevirmek suretiyle bunların daha sür'atle büyümelerine yardım ederler. Bitkilerin büyümemesinin tek sebebi rüzgârdır.

Rüzgâr hızının azalması ve neticede toprağın yığılması olayı bazı durumlarda bitki ve diğer satıh engelleriyle ilgili olmayabilir. İklim ve diğer umumî meteorolojik şartlar ve büyük topoğrafik hususiyetlerle hasil olan değişik hızdaki rüzgârların muayyen bir sahada esas hızlarını kaybettikleri malumdur. Bu gibi sahalarda, şayet bu rüzgârlar beraberinde kumu da taşıyorlarsa birer eolik yığılma sahası olacaktır. Diğer yandan rüzgârlar bazı yerlerde bir kısım materyali de harekete geçirerek eolik taşınma sahasını da meydana getirirler.