



Kütle Hareketleri ve Şev Duraylılığı



Dersin İpuçları !

- Kütle hareketlerinin nedenleri
- Kütle hareketlerinin türleri ve sınıflandırılması
- Düşme, Akma (*Yavaş –Krip-, hızlı*), Yatay Yayılma, Kayma, Heyelanlar, Çökme
- Dengeye etki eden faktörler
- Yamaç ve şevlerin dengesi
- Kayma direnciyle ilgili faktörler
- Kütle hareketlerine karşı önlemler
- Kütle hareketlerinin incelenmesi

**Tüm kütle hareketlerinin
asıl nedeni yerçekimidir!**



Sınıflandırmada kullanılan parametreler

- a. Hareketin türü, miktarı ve hızı
- b. Hareket eden malzemenin türü, dizilişi, yaşı
- c. Hareket eden kütlenin şekli
- d. Su miktarı
- e. Hareketli kütle ile temel arasındaki bağıntı
- f. Hareketin nedenleri
- g. Kohezyon (c) ve iç sürtünme (ϕ) karakteristikleri

Kütle hareketlerinin sınıflaması

(Varnes 1978; Hutchinson (1988) ve Hungr ve dig. 2001)

HAREKETİN TİPİ			MALZEME TİPİ		
			Anakaya	Toprak/zemin	
				İnce tane egemen	Kaba tane egemen
Düşme			Kaya Düşmesi	Toprak düşmesi	Moloz düşmesi
Devrilme			Kaya devrilmesi	Toprak devrilmesi	Moloz devrilmesi
Kayma	Rotasyonel		Kaya kayması	Toprak kayması	Moloz kayması
	Translasyonel	Birkaç birim	Kaya Blok Kayma	Toprak blok kayması	Moloz blok kayması
		Birçok birim	Kaya kayması	Toprak kayması	Moloz kayması
Yatay Yayılma			Kaya yayılması	Toprak yayılması	Moloz yayılması
Akma			Kaya Akması	Toprak akması	Moloz akıntısı
			Kaya Çıığı		Moloz çıığı
			(Derin Krip)	(Toprak Krip)	
Karmaşık ve Karma			İki ya da daha fazla hareket tipinin zaman ve mekan içindeki karışımı		

Düşme

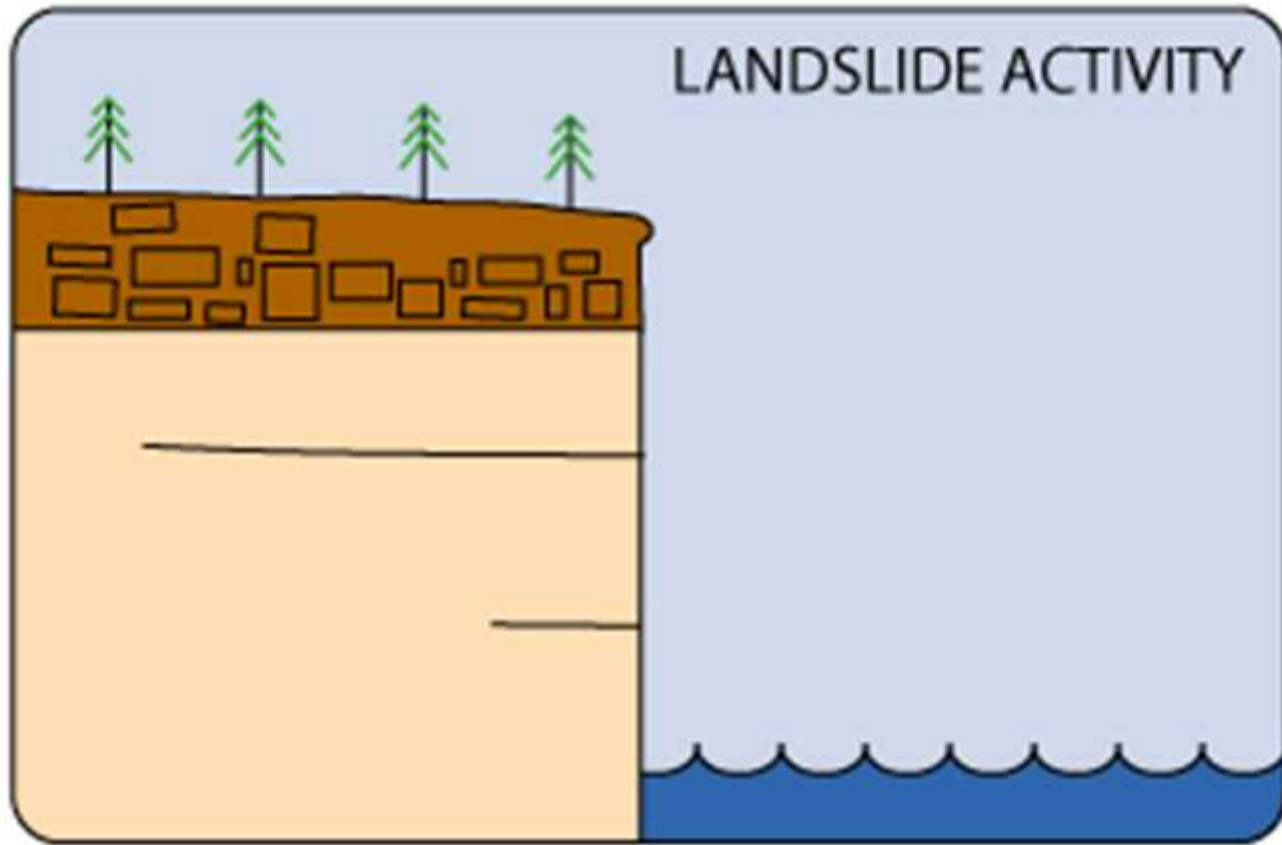


Deniz, göl ve vadi kenarlarındaki dik falez ve yamaçlardan, mağara tavanlarından ya da sivri dağ doruklarından toprağın ya da kaya parçalarının düşmesidir.

Topuk oyulmaları, çatlak ve kırıklarda birbirini izleyen donma ve çözülme olaylarının yarattığı hidrostatik basınç sonucu kayada gevşeme olur ve yerçekiminin tutucu etkisi azalır.

Kaya, **Blok** veya **Toprak Düşmesi** şeklinde gelişir.

Kıyıda kaya düşmesi nasıl gerçekleşir?



Düşme

KÜTLE HAREKETLERİNDEN DÜŞMENİN NEDENLERİ

- 1- Kayaçların çatlaklı olması
- 2- Hidrostatik Basınç
- 3- Donma
- 4- Patlayıcı etkisi
- 5-Heterojen kayalarda farklı aşınma
- 6- Şev topuklarının oyulması
- 7- Katmanların eğimi



Kaya düşmesi ve kayması

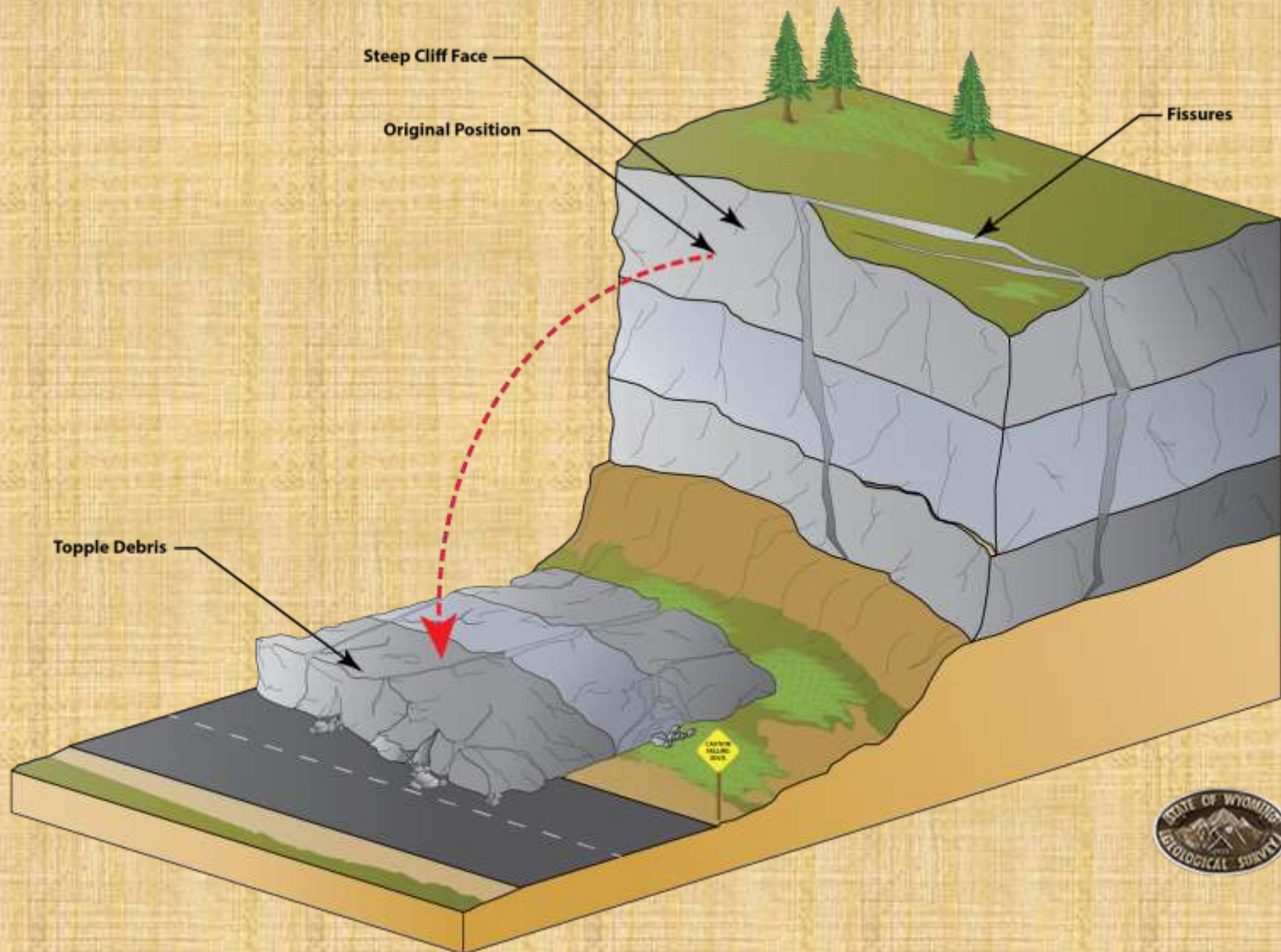


Kaya düşmesi ve kayması

İtalya'da depremlerin sık sık tetiklemesi sonucu kaya düşmeleri oluşur

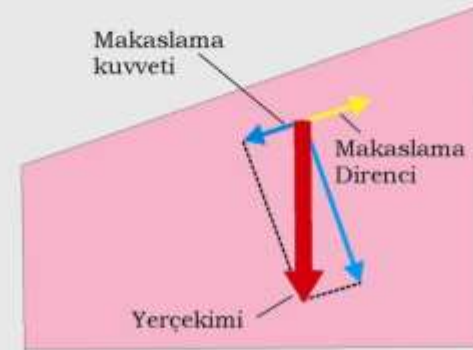
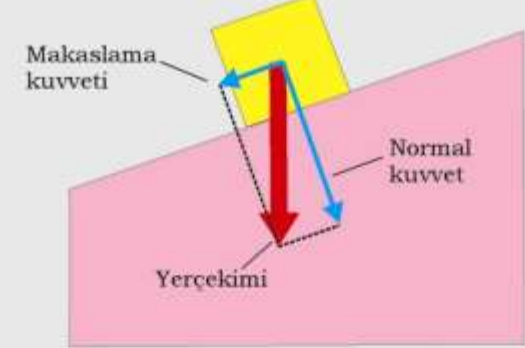


Devrilme





Devrilme



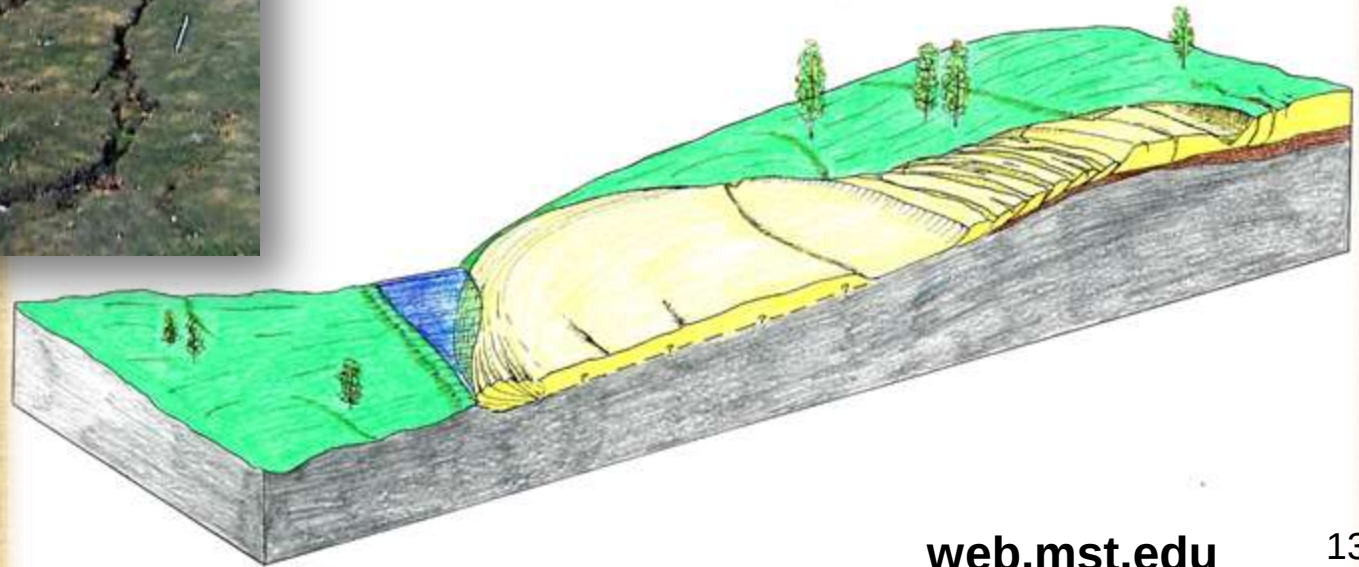
KÜTLE HAREKETLERİ İÇİN DENGİ KOŞULLARI

Yatay Yayılma

Yatay yayılma ya da akma genellikle hafif eğimli yamaçlarda hızlı ve sıvı şeklindeki heyelanlara atfen verilen addır. Depremlerden sonra bu tür yayılmalar sıkça görülür.



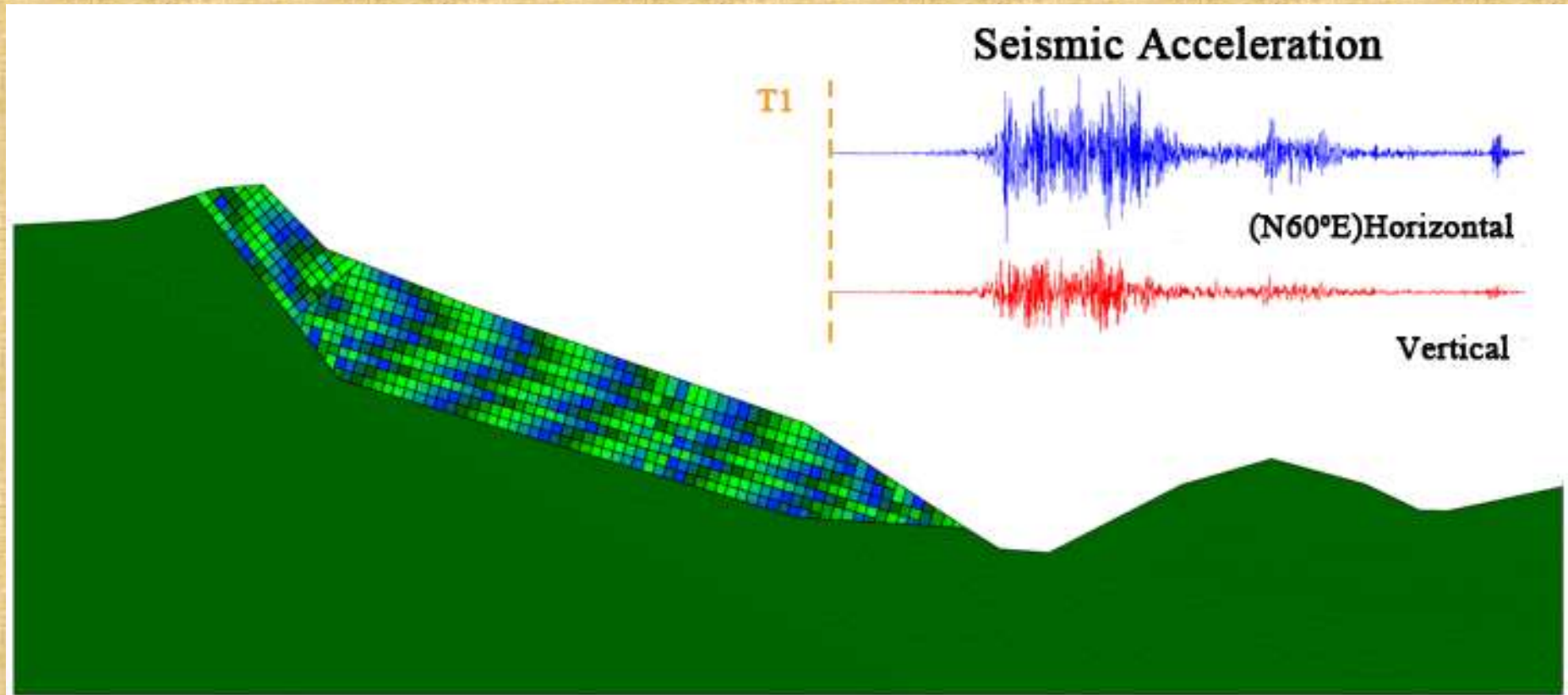
peer.berkeley.edu



Yatay Yayılma

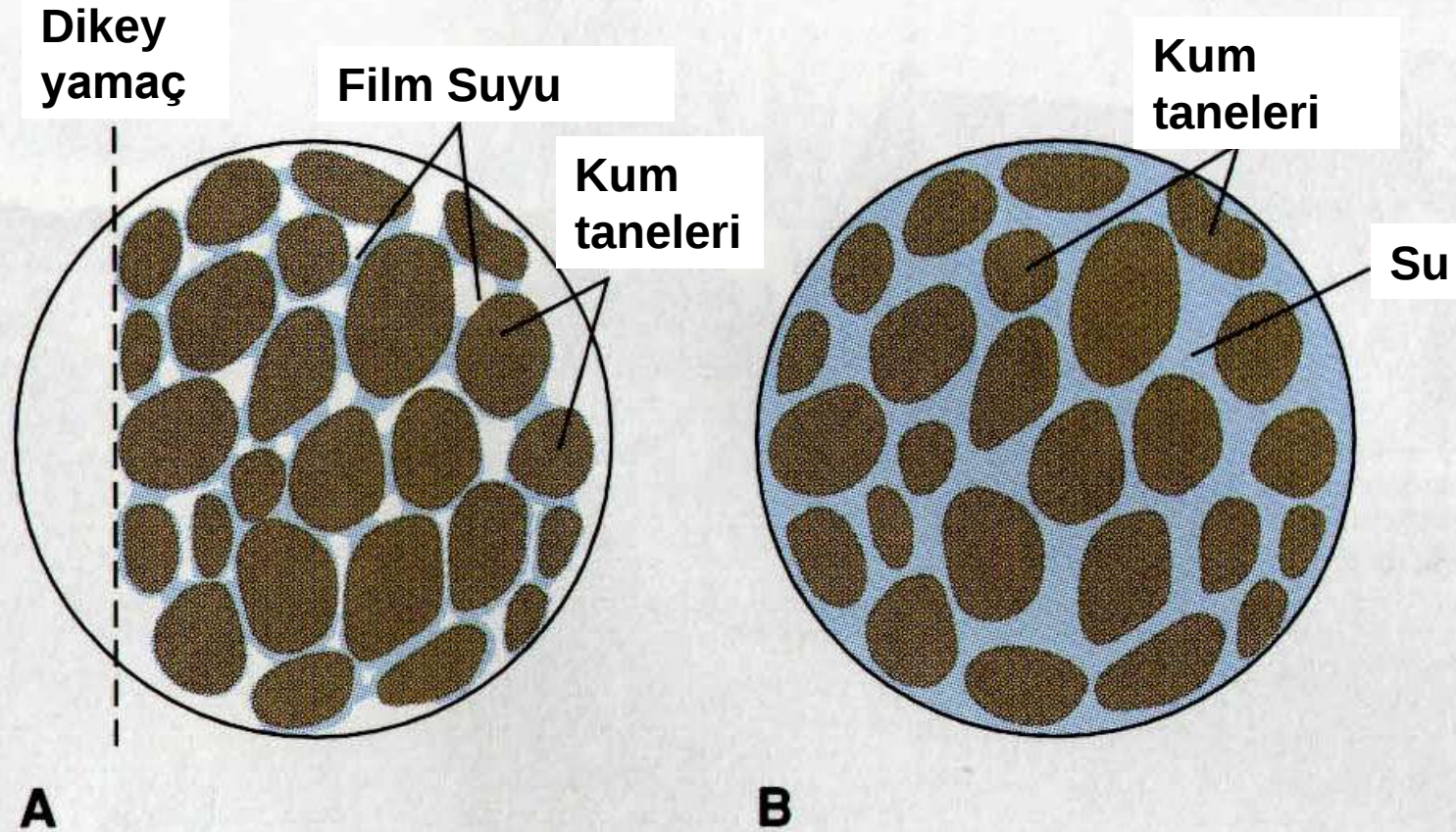


Yatay Yayılma Animasyonu



Akma

Toprak ya da taş-toprak karışımı, ayrıışmış yüzeysel örtü, içerisinde bulunan su miktarına göre, bazen bir sıvı gibi akar; bazen de çok yavaş fakat sürekli olarak yer değiştirir ve bu zaman zeminin içinde bir deformasyon oluşur. Akma hareketi hızlı olduğu zaman, akan malzemenin türüne göre Kaya-Blok Akması, Kum Akması, Çamur Akması v.b. isimler alır.



SUYUN KUMDAKİ ETKİSİ. A- Doymamış kum, Suyun yüzey geriliminden dolayı bir arada bulunmaktadır, **B-** Suyla doymuş kum taneleri, su nedeniyle birbirinden ayrılmış kum taneleri. Karışım akışı kolaylaştırır.

Yavaş Akma (Krip, Sürünme)

Yamacın ya da şevin yüzeysel kısmının sürekli, fakat çok yavaş yer değiştirmesine "**Krip**" denir. Burada hareket genellikle çok yavaştır.

Toprak Krip

Toprakla örtülmüş yamaçlarda krip daima görülür. Eğrilmiş ağaç gövdeleri, bükülmüş çit sıırıkları, telgraf direkleri, toprak üzerinde birikmiş taşlar, kırılmış ya da yer değiştirmiş istinat duvarları ve temeller, yerlerini değiştirmiş kara ve demir yolları v.b. olaylar kripin karakteristik belirtilerdir.

Kripin ana nedeni yerçekimidir. Fakat yeraltı suyunun varlığı, birbiri ardı sıra ıslanma-kuruma; donma-erime, bitki köklerinin büyümesi, oyucu hayvanların işlevi bu tür hareketi kolaylaştırır.

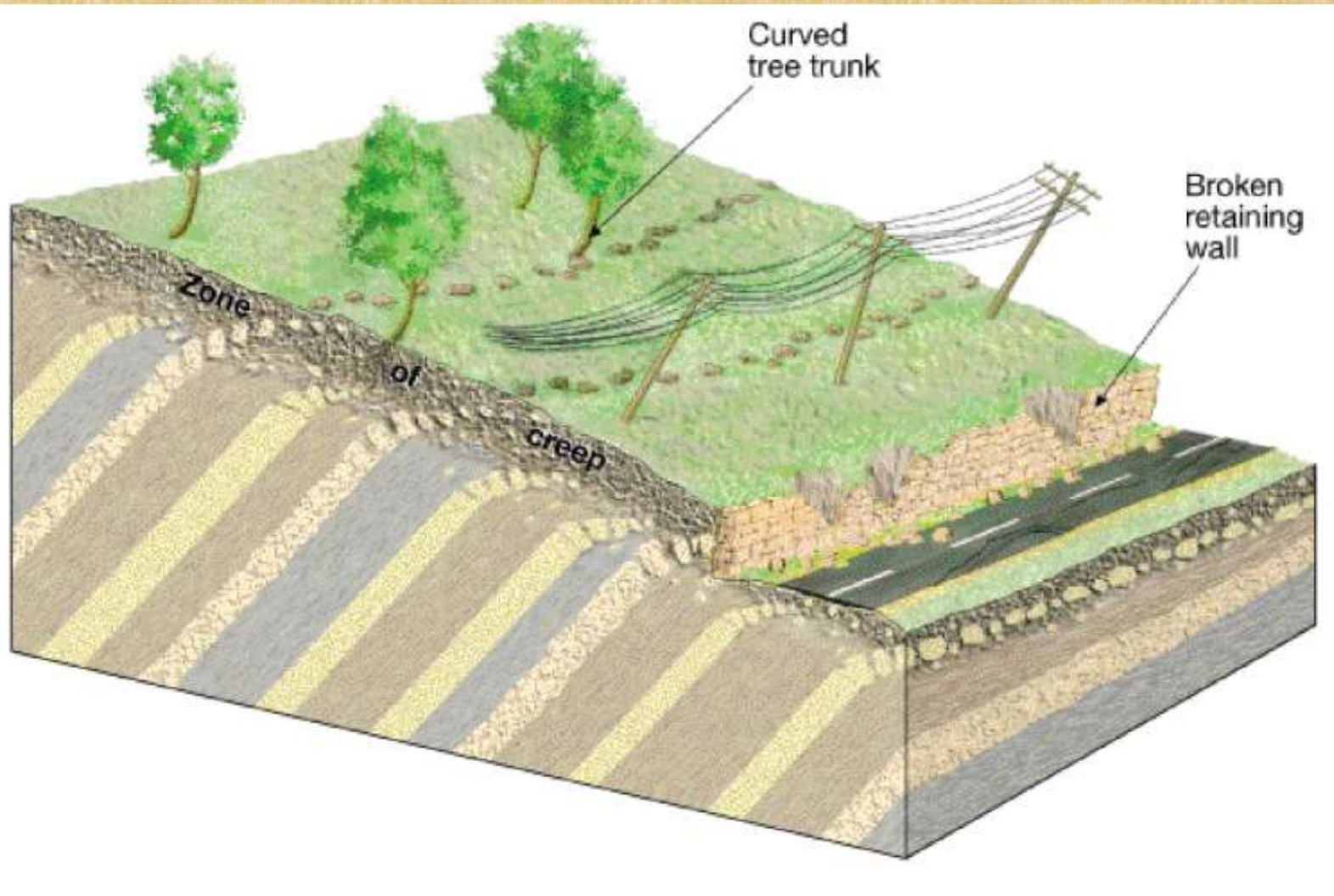
Yamaç Molozu (talus) Kripi

Yamaçların eteklerinde biriken taş parçalarına "Yamaç Molozu", "Talus" adı verilmektedir. Bunlar çok büyük bloklardan ve oldukça iri molozlardan oluşmuştur.

Kaya Kripi

Yamaçlardaki yerli kayaların eğim düzlemleri boyunca yavaş yavaş hareket etmesine "Kaya Kripi" denir. Burada hareket, akmadan ziyade kaymadır. Donma ve bitki köklerinin büyümesi kaya kripinin ana nedenidir. Tabakaların uçları eğim aşağı yavaş yavaş döner

Toprak yada Kaya kripi



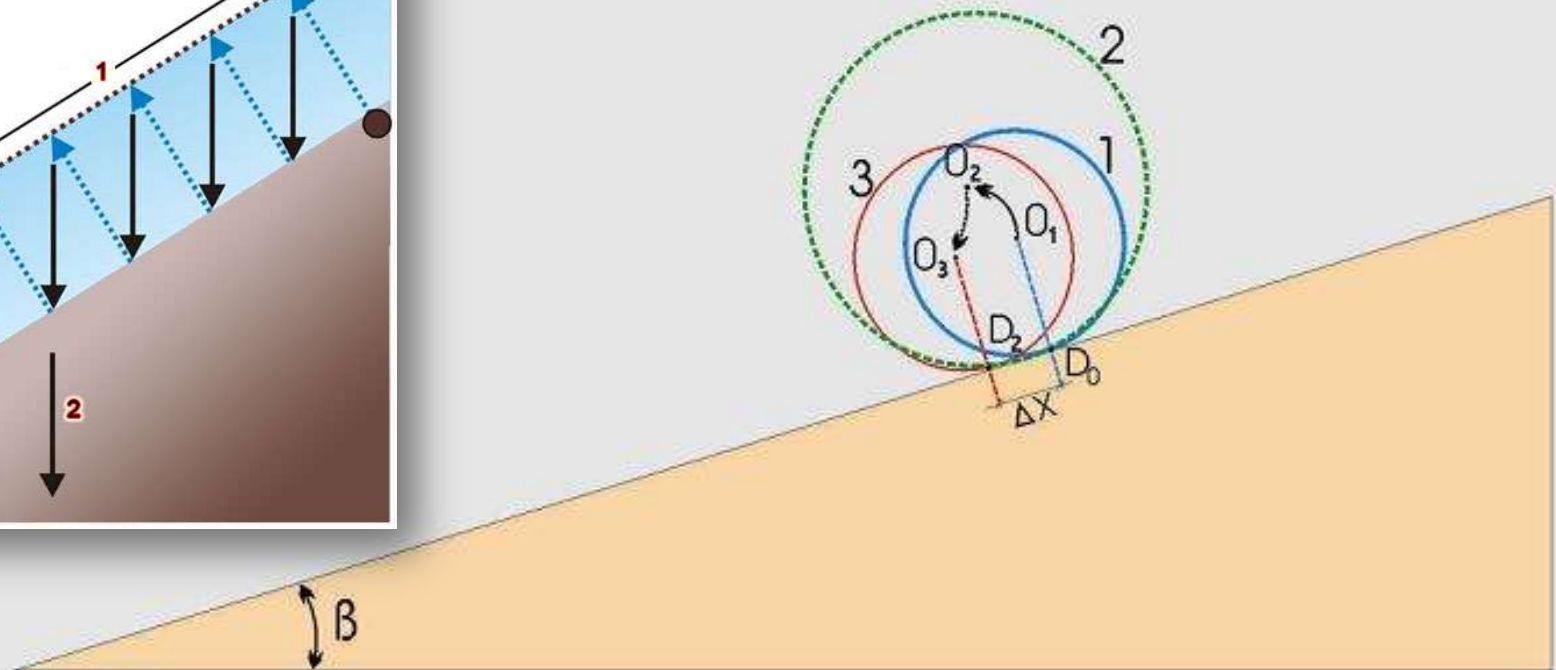
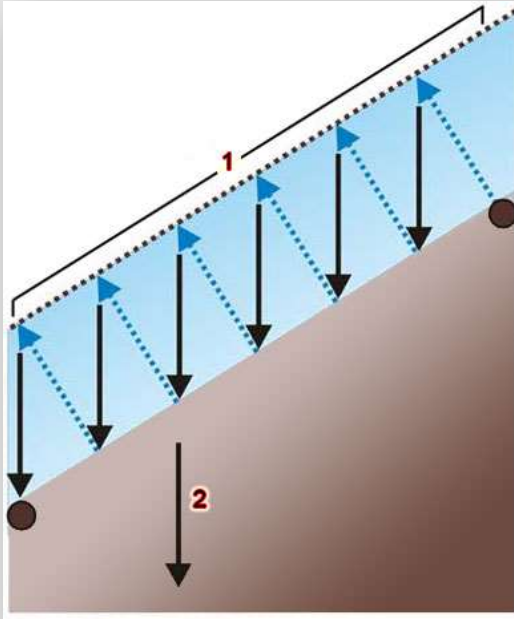




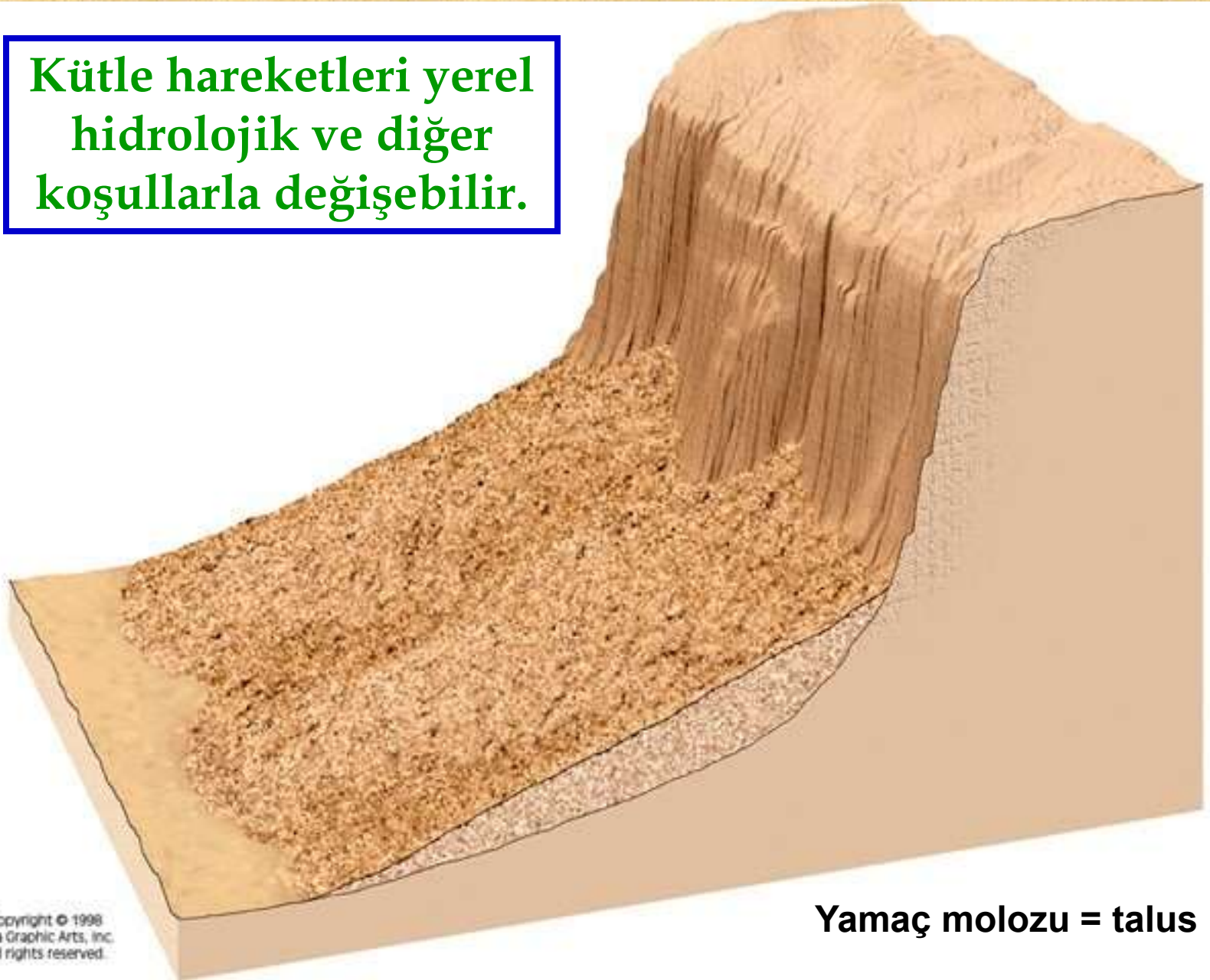
Krip Oluşum Mekanizması

YAVAŞ AKMA (KRİP) ÇEŞİTLERİ

- 1- Toprak Kripi
- 2- Yamaç Molozu Kripi
- 3- Kaya Kripi
- 4- Soliflüksiyon (=toprak akması)



**Kütle hareketleri yerel
hidrolojik ve diğer
koşullarla değişebilir.**



Yamaç molozu = talus



Yamaç molozu = Talus



Hızlı Akma:

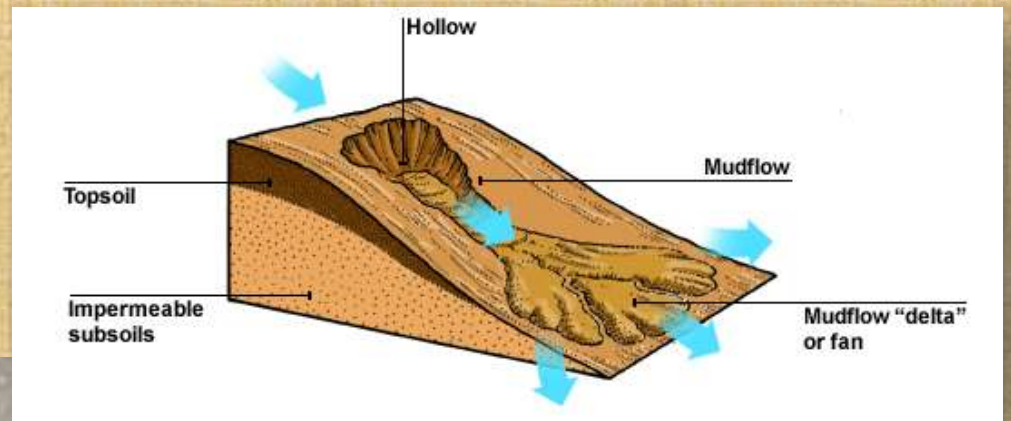
Krip olayında toprak ve kayalarda su miktarı azdır. Suyun artması, devamlı darbe ve titreşim ya da boşluk basıncının çoğalması zeminin hareket hızını arttırır ve birikmiş olan malzeme büyük bir hızla sürüklenir; adeta akar.

Toprak Akması:

Toprak akması az ya da çok eğimli yamaçlarda oluşabilir. Fakat az eğimli yamaçlardaki akmalar çoğun çok yağışlı bölgeler için karakteristiktir.

Akış, killi ve siltli zeminlerde ve çoğun hassas killerde "**Çamur Akması**" (Mudflow), kumlu zeminlerde de "**Kum Akması**" şeklini alır. Su miktarı azaldıkça hız azalır ve kitle yarı sıvı halini alır.

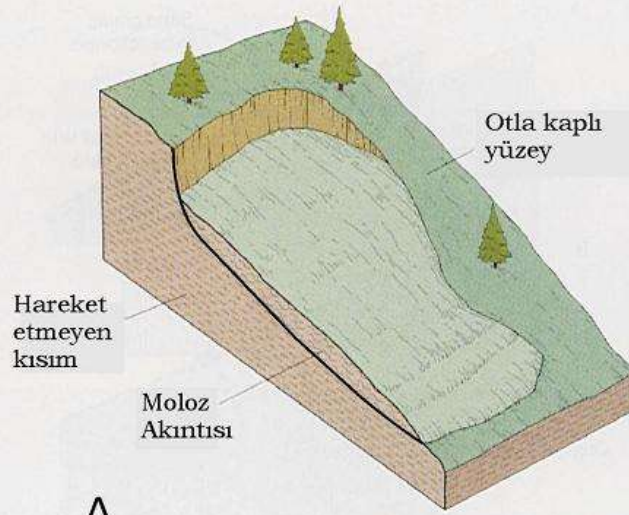
Çamur akması



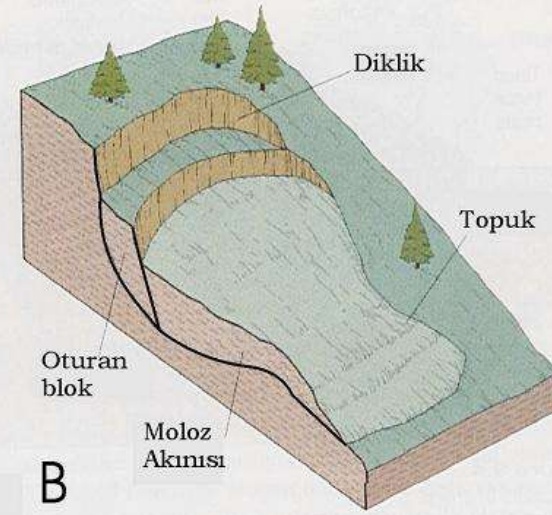
Çamur akması



ENDONEZYA Lapindo Brantas çamur akması www.asianews.it



A



B

TOPRAK AKMASI : A- Sadece Akmayı kapsayan tip, B- Oturmalı Akma tipi

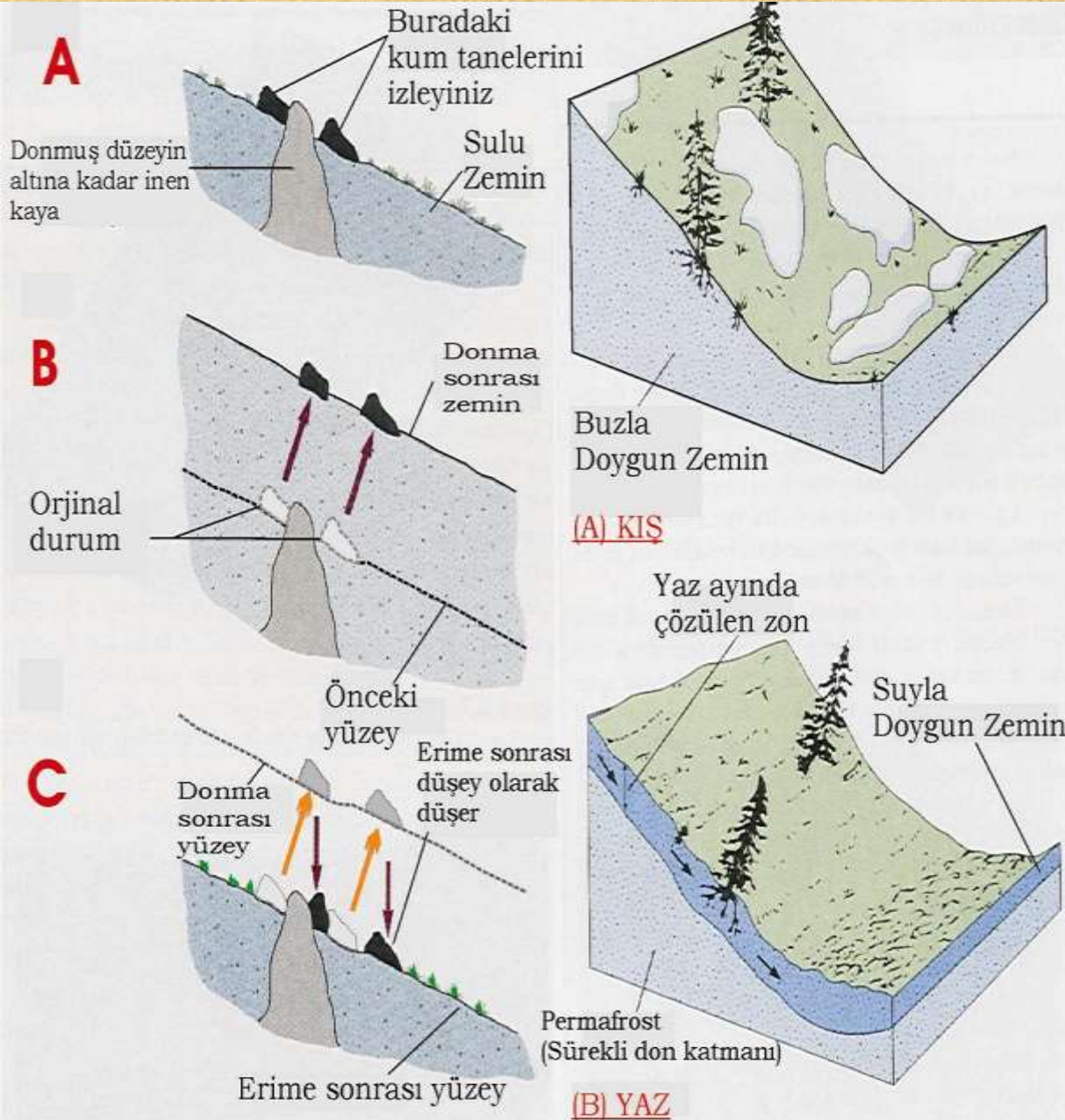


Washington, Horse Heaven Tepelerindeki toprak akması. Akan loplar gittide karayoluna yaklaşmaktadır (fotograf D. A. Rahm'dan)



Oturmalı bloklar üzerinde evlerin ve yolların hareket ettiği Fermin Burnu heyelanı, Kaliforniya Los Angeles (Fotograf F.M.Hanna'dan)

Solukflüksiyon



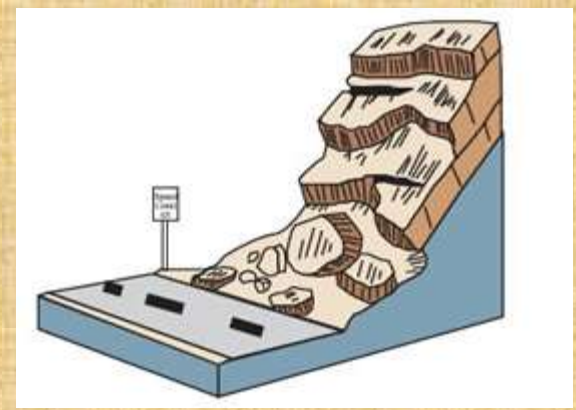
Su ile doygun bir toprağın aşağıya doğru akmasıdır. Sürekli buzla kaplı zeminlerde donma ve çözülme sonucu oluşur. Hareket hızlı fakat yerseldir. Eğim önemli değildir. 2° ya da 3° lik yamaçlarda bile görülebilir.

Solükflüksiyon





KAYMA



Kütlelerin tabaka, çatlak, fay, şistiyet ya da herhangi bir süreksizlik (discontinuity) yüzeyi boyunca, çoğun sınırlı bir şekilde, aşağıya doğru hareket etmesine **"Kaya Kayması"** veya **"Kaya Göçmesi"** denir.

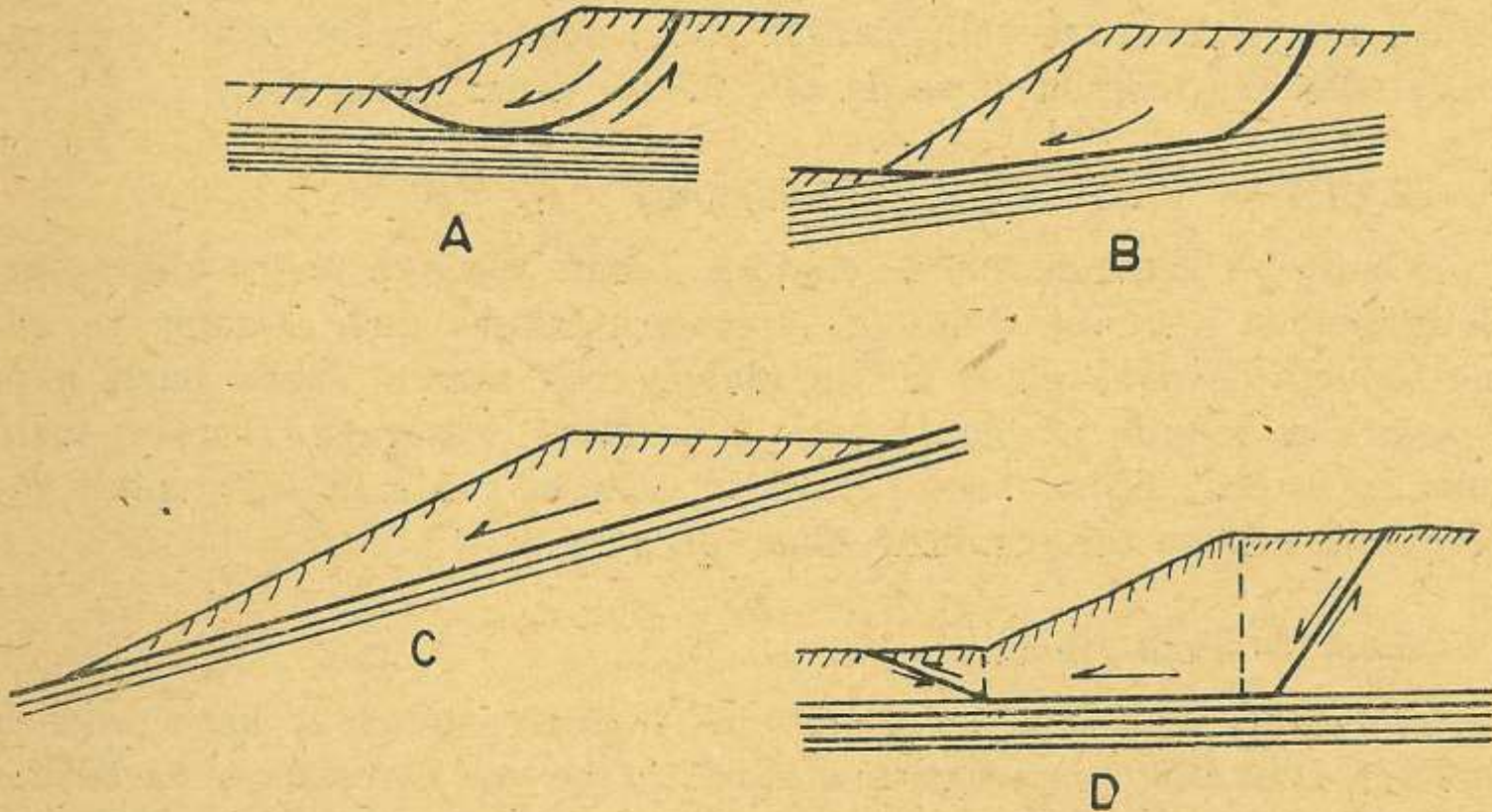
Eğimli tabakaların aşağı kısımlarında yapılan kazı ya da aşınma nedeniyle asılı vaziyette olan kitlenin ağırlığı, içsel sürtünmeden fazla olduğu andan itibaren, yamaç harekete başlar. Bu gibi hallerde içsel sürtünme en aza iner.

KAYMA



Irak, Erbil, Harir dağlarındaki kayma

Kayma Türleri



Şekil : 6.7 — Doğada görülen kayma türlerinin kesitleri.

A) Dairesel, B) Dairesel-düzlemsel, C) Düzlemsel,
D) Düzlemsel kamalı.

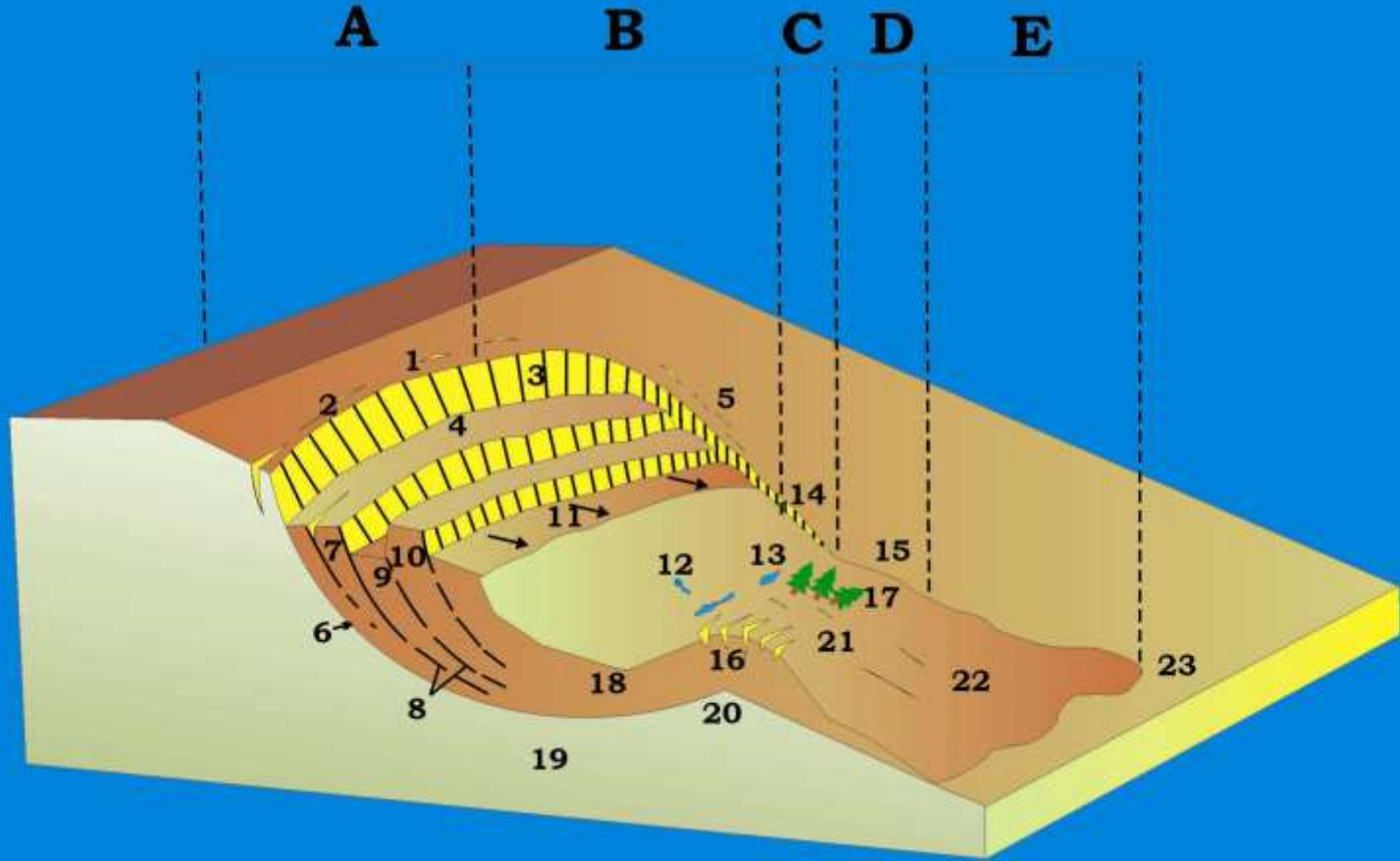
Heyelan

Toprak, taş veya bunların karışımından oluşan bir zeminin ya da çeşitli kayaçların, bir yüzey üzerinde, aşağıya ve dışarıya doğru hissedilebilir bir şekilde hareket etmesine "**Heyelan**" denir. Hareketin hızı, yamaç eğimi ve su miktarı ile orantılıdır. Heyelanlar hareketin hızına, malzemenin türüne göre sınıflara ayrılmış ve özel isimler almıştır. Heyelanlarda, çoğun hareketin kaşık şekilli bir yüzey üzerinde oluşması karakteristiktir.

Heyelanın kısımları

Bir heyelanda, bazı karakteristik kısımları vardır. En üstte heyelan başlangıcına "Taç" bölgesi denir. Burada "Gerilme Çatlakları" görülür. Heyelanların orta kısmına "Çökme", alt kısmına "Topuk" ve "Kabarma", bölgesi denir. "Topuk" ucunda toprak akmaları görülür. Topuk kısmının su içinde kalması hareketin hızını arttırır ve hızlı akmaya neden olur.

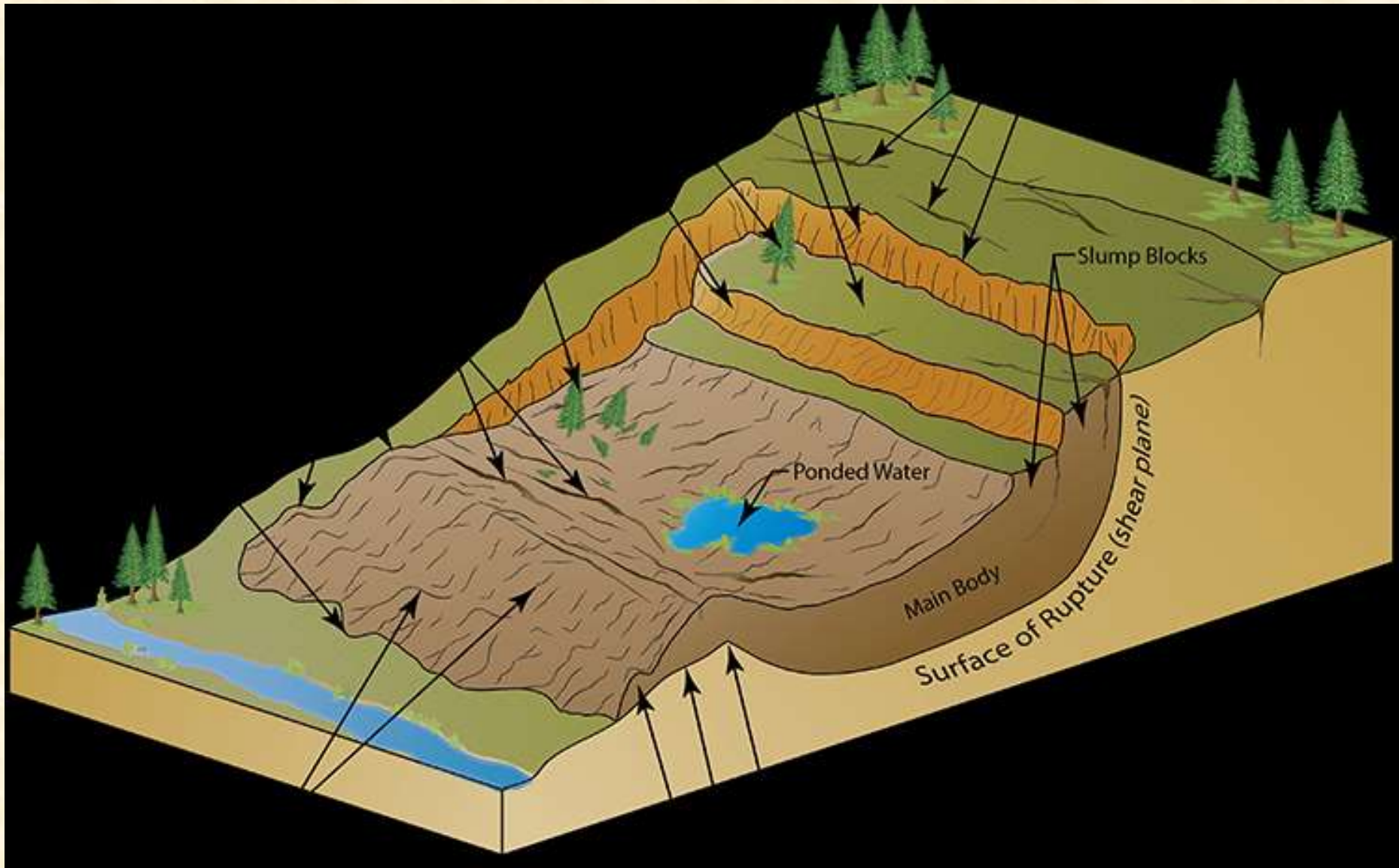
Heyelan kayma yüzeyleri de çok değişik olur. Bazen "Rotasyonel" halde, konkoidal ve kaşık şeklinde olur; bazen de aşağı yukarı düz yüzeylerle ayrılan bloklar halindedir.

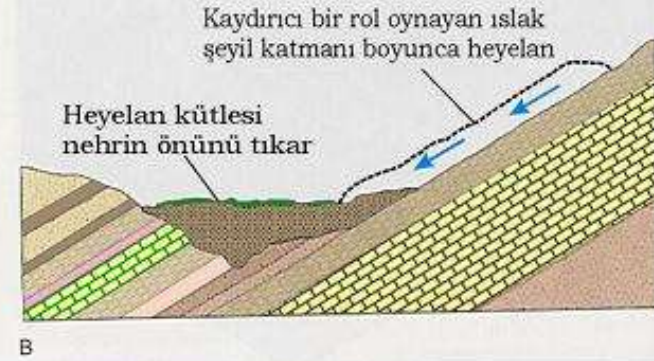
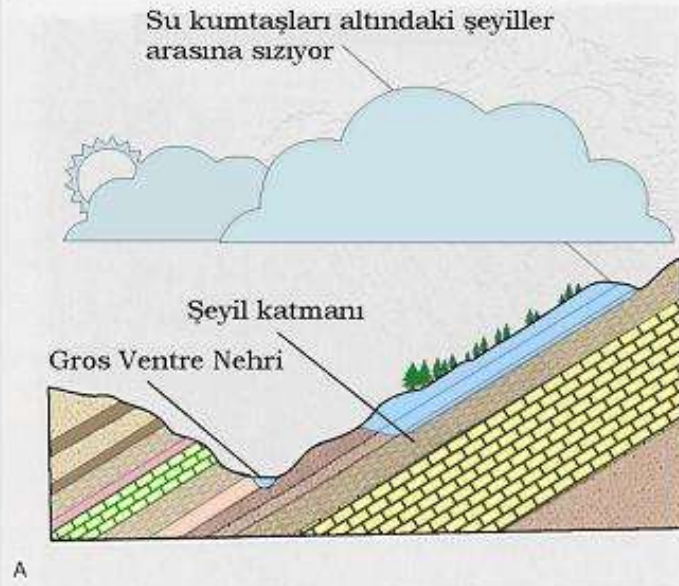


TİPİK BİR HEYELANIN KISIMLARI

A- Hareket etmeyen bölge, B- Heyelan Bölgesi, C- Çökme Bölgesi, D- Kabarma bölgesi, E- Akma Bölgesi

1- Heyelanın Taç kısmı, 2- Gerilme Çatlakları, 3- Esas Ayna, 4- Tepe, 5- Kademeli fissür ve çatlaklar, 6- Esas Kayma yüzü, 7- Kayma kaması, 8- Kayma yüzü, 9- Alçalan blok, 10- Yükselen blok, 11- Hareket yönü, 12- Kaynak- 13- Heyelan gölü, 14- Çökme bölgesi, 15 kabarma bölgesi, 16- Enine çatlaklar, 17- Devrilen ağaçlar, 18- Kayan kitle 19- Kaymayan temel, 20- Topuk, 21- Boyuna çatlaklar, 22- Akma, 23- Akma Ucu





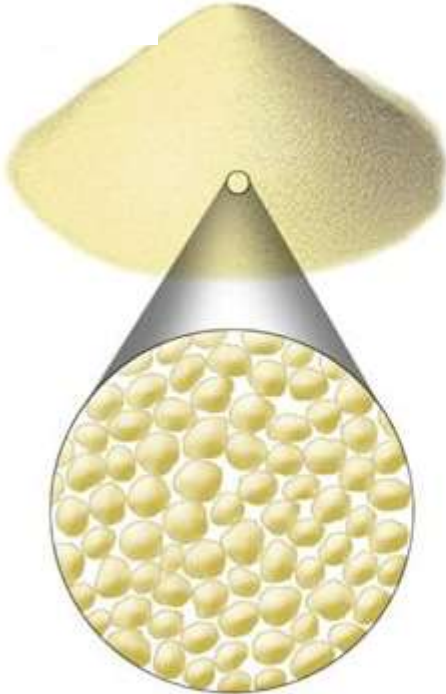
GROS VENTRE HEYELANI

Kütlelerin dengesine etki eden faktörler

Litolojik özellik, bileşim, jeolojik yapı, yeraltı suyu basıncı, süreksizlikler, gerilme durumu ve miktarıdır. Basınç kaymayı doğrudan; bileşim, tane çapı, tane şekli, diziliş, yeraltı suyu ve jeolojik yapı ise dolaylı olarak etkiler. Bunların herhangi birinde değişme dengenin bozulmasına neden olur.

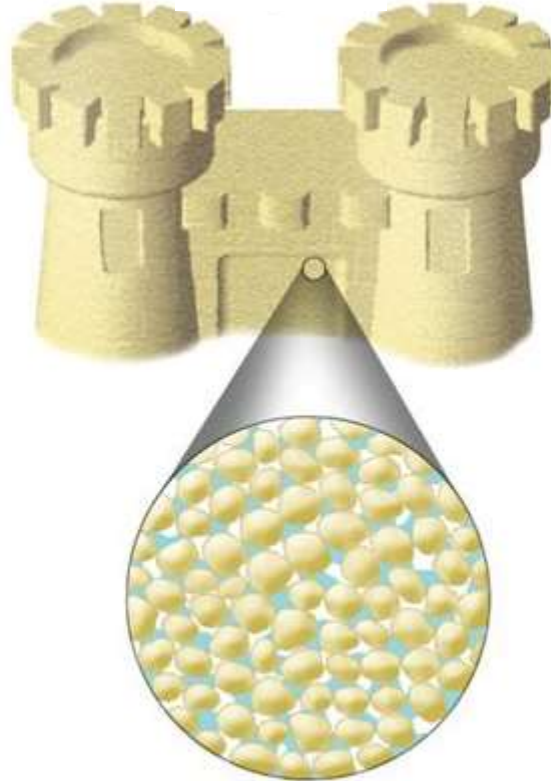
Suyun kumdaki etkisi

Kuru Kum



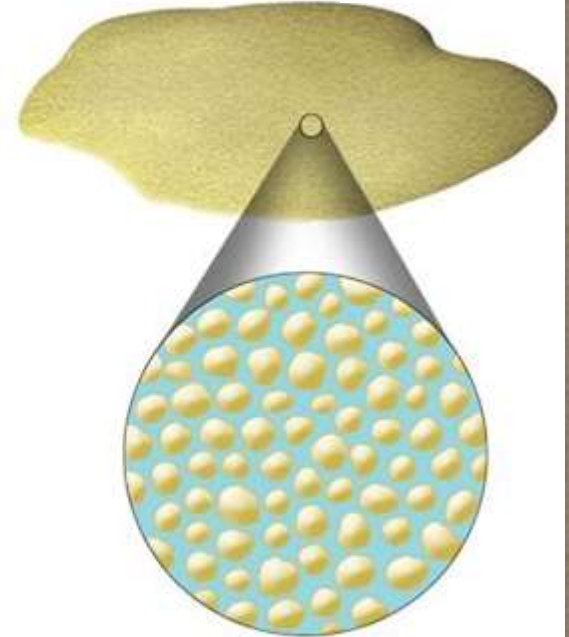
**Kuru kum tanelerin birbirine
sürtünmesiyle tutunur**

Nemli Kum



**Az miktardaki su taneler
Arasındaki kohezyonu
arttırır**

Islak Kum

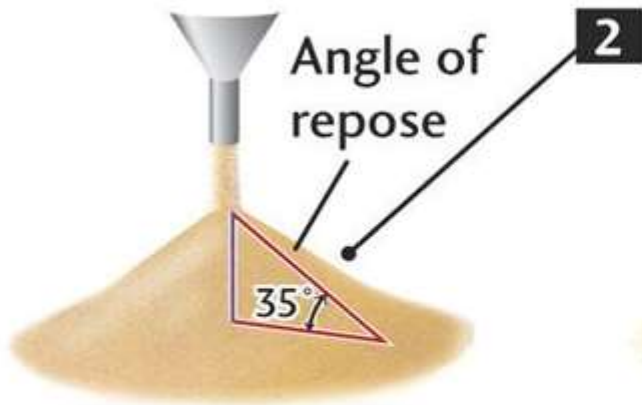


**Kumun suya doygun hale
gelmesi sürtünmeyi azaltır
ve kumun akmasına neden
olur**

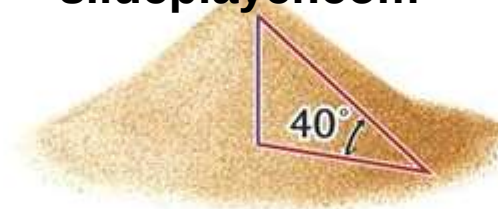
Sürtünme açısı ve yamaç dikliği

Malzemenin cinsi yamaç dikliği etkiler. Tane irileştikçe diklik açısı artar

1



slideplayer.com



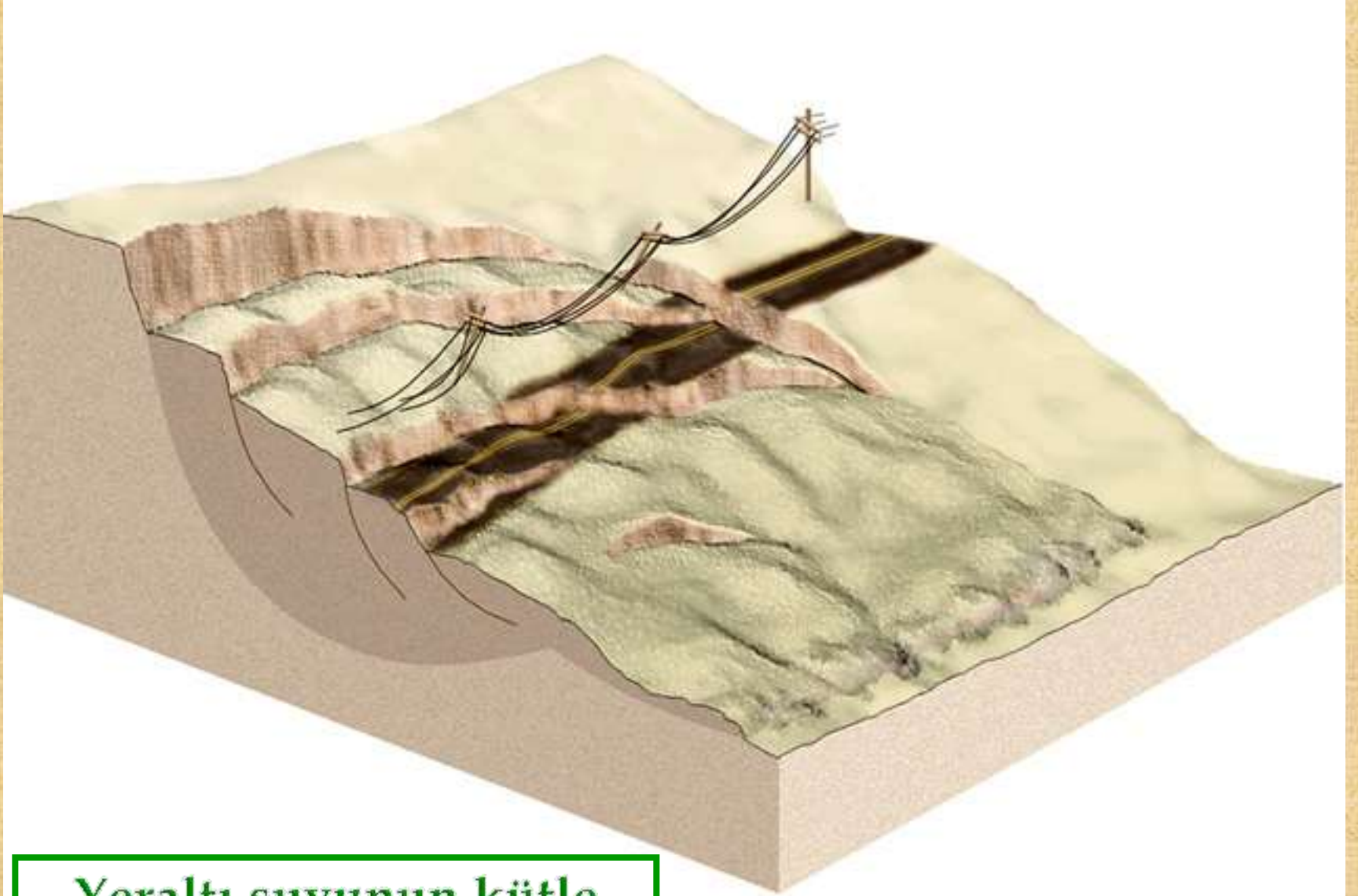
Coarse sand

3

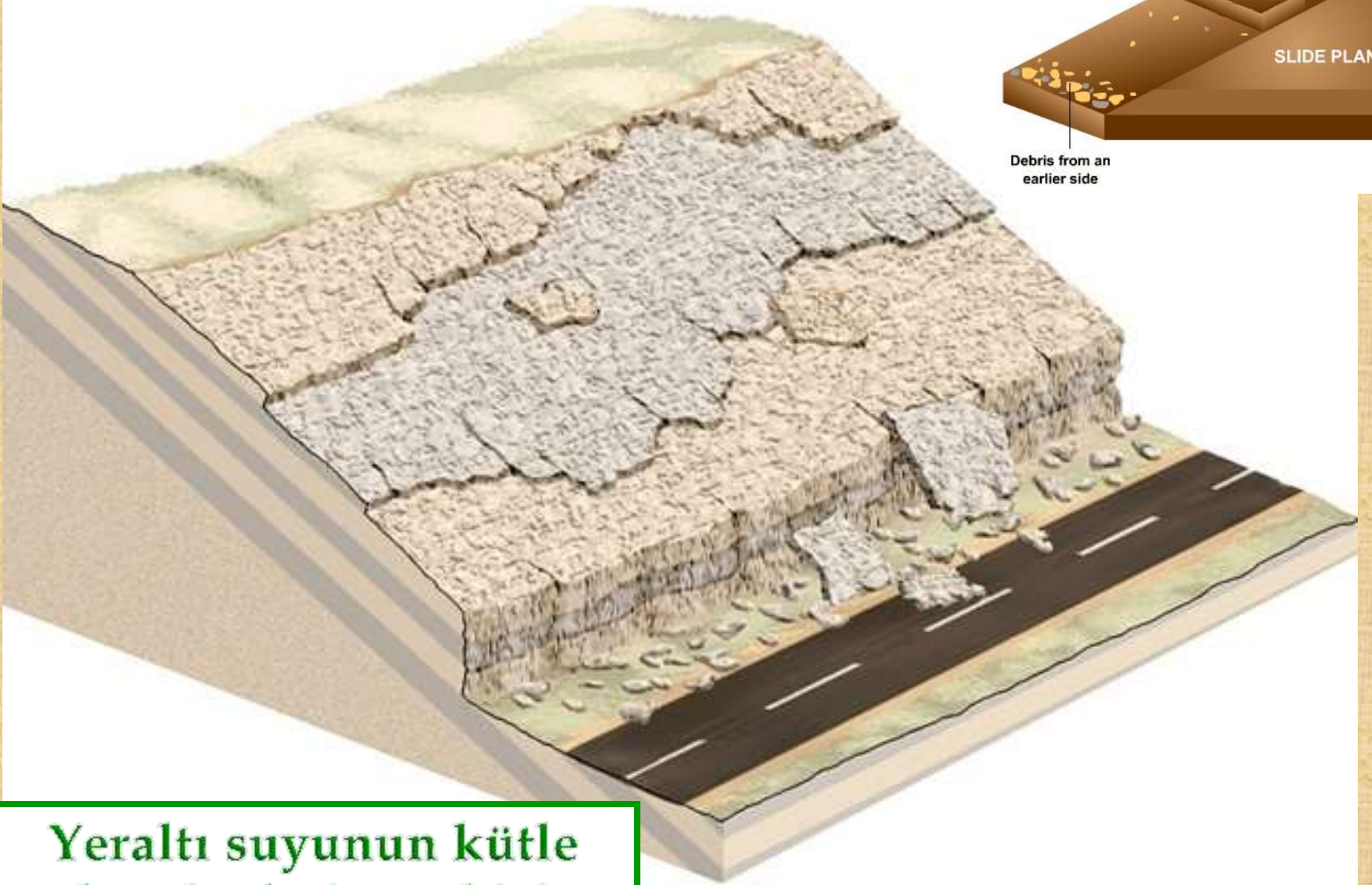


Angular pebbles

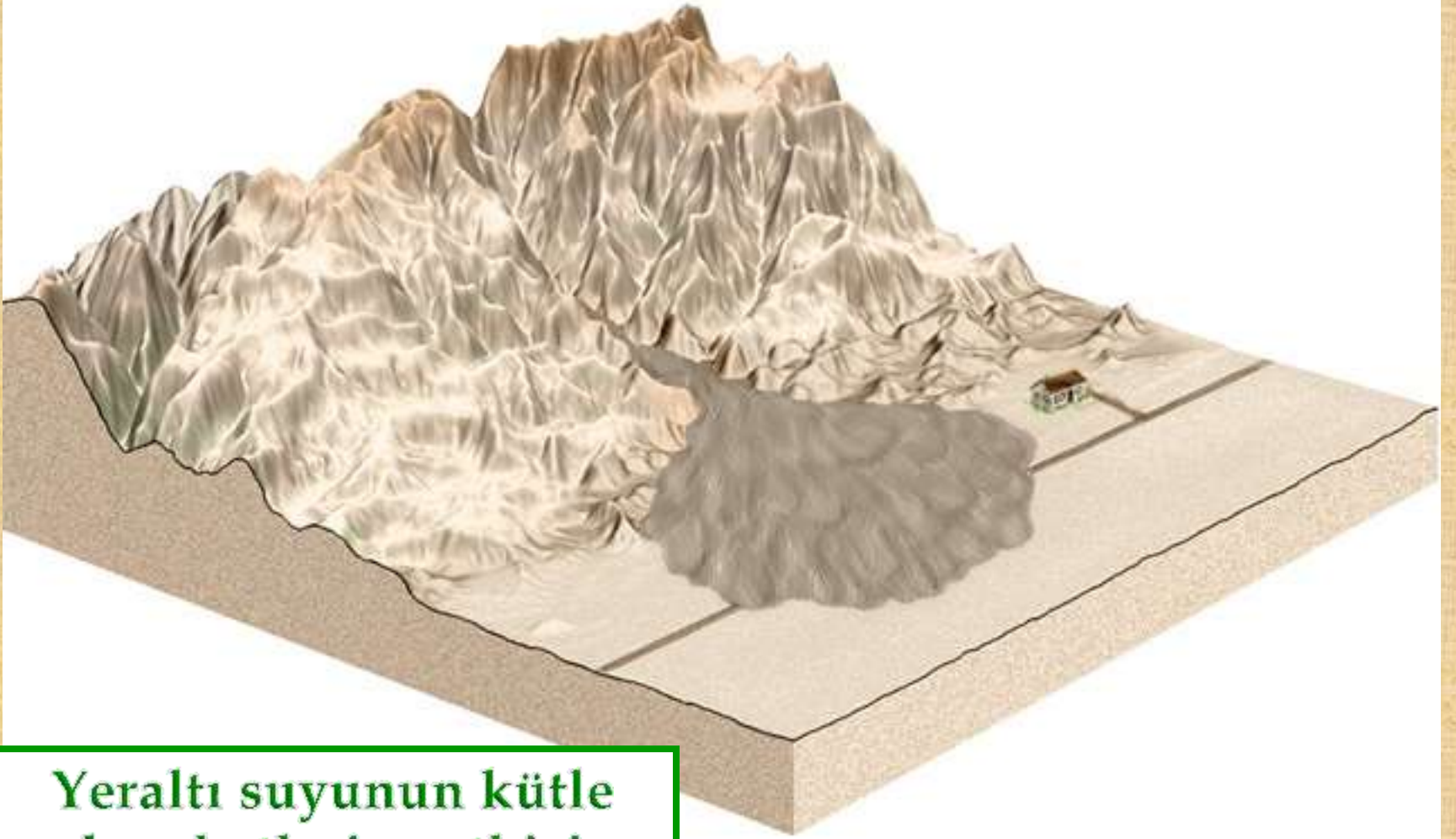




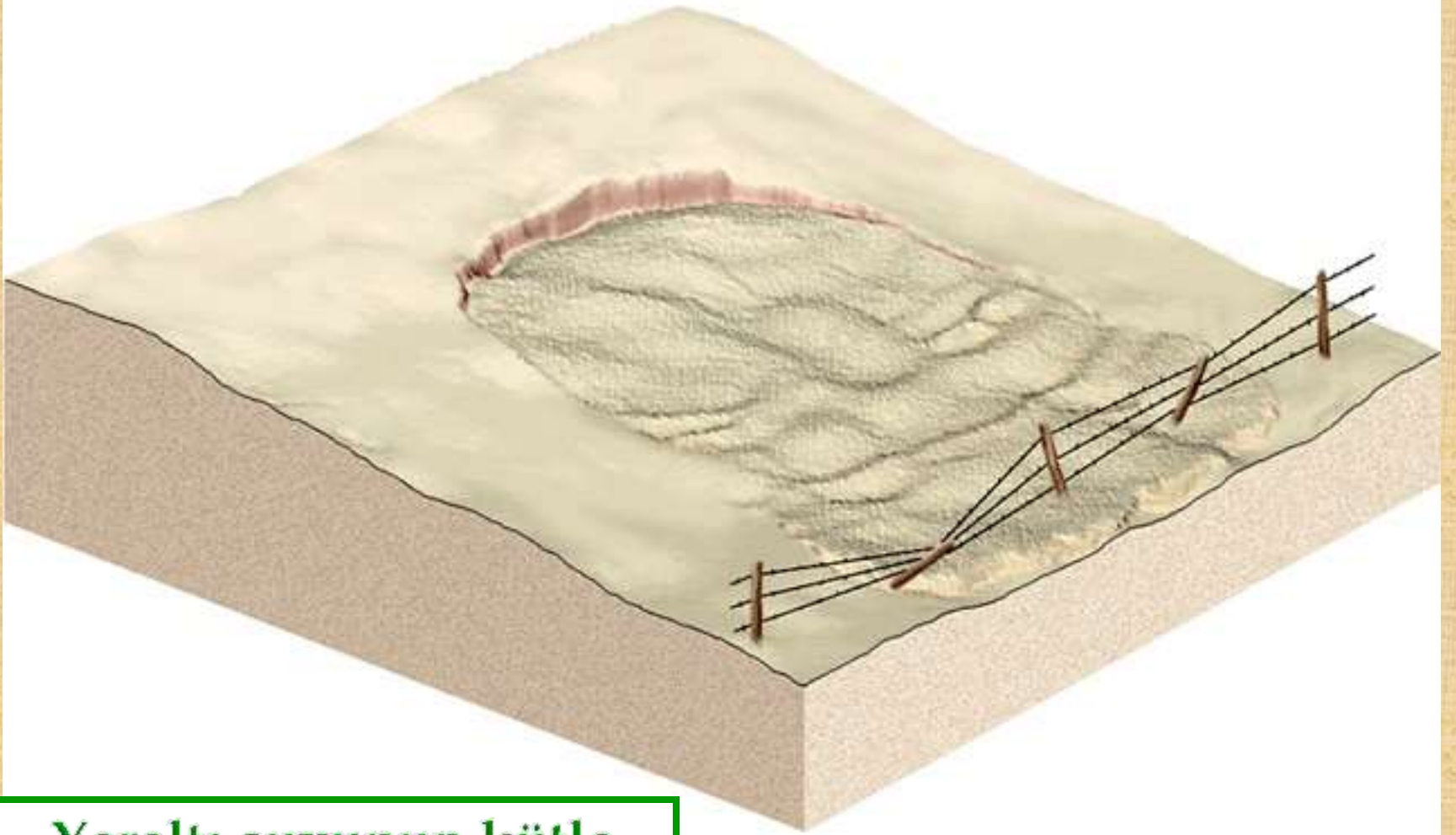
**Yeraltı suyunun kütle
hareketlerine etkisi**



Yeraltı suyunun kütle hareketlerine etkisi



**Yeraltı suyunun kütle
hareketlerine etkisi**



Yeraltı suyunun kütle
hareketlerine etkisi

Çökme

- Yeraltındaki zeminin çökmesi doğal ya da insan kaynaklı olabilir.
- Yavaş ya da hızlı çökebilir
- Nedenleri:
 - Yerden akışkanların çekilmesi (su, petrol ve gaz)
 - madencilik
 - Kayaçların erimesi



Çökme

Türkiye’de özellikle Konya’da her yıl birkaç olay meydana gelir

9 Eylül 2014, Konya
Karapınar ilçesi Kubbasan
mevkinde bir obruk oluştu.
Çökme sonucu 20 metre
çapında ve 5 metre
derinliğinde bir obruk
oluştı.

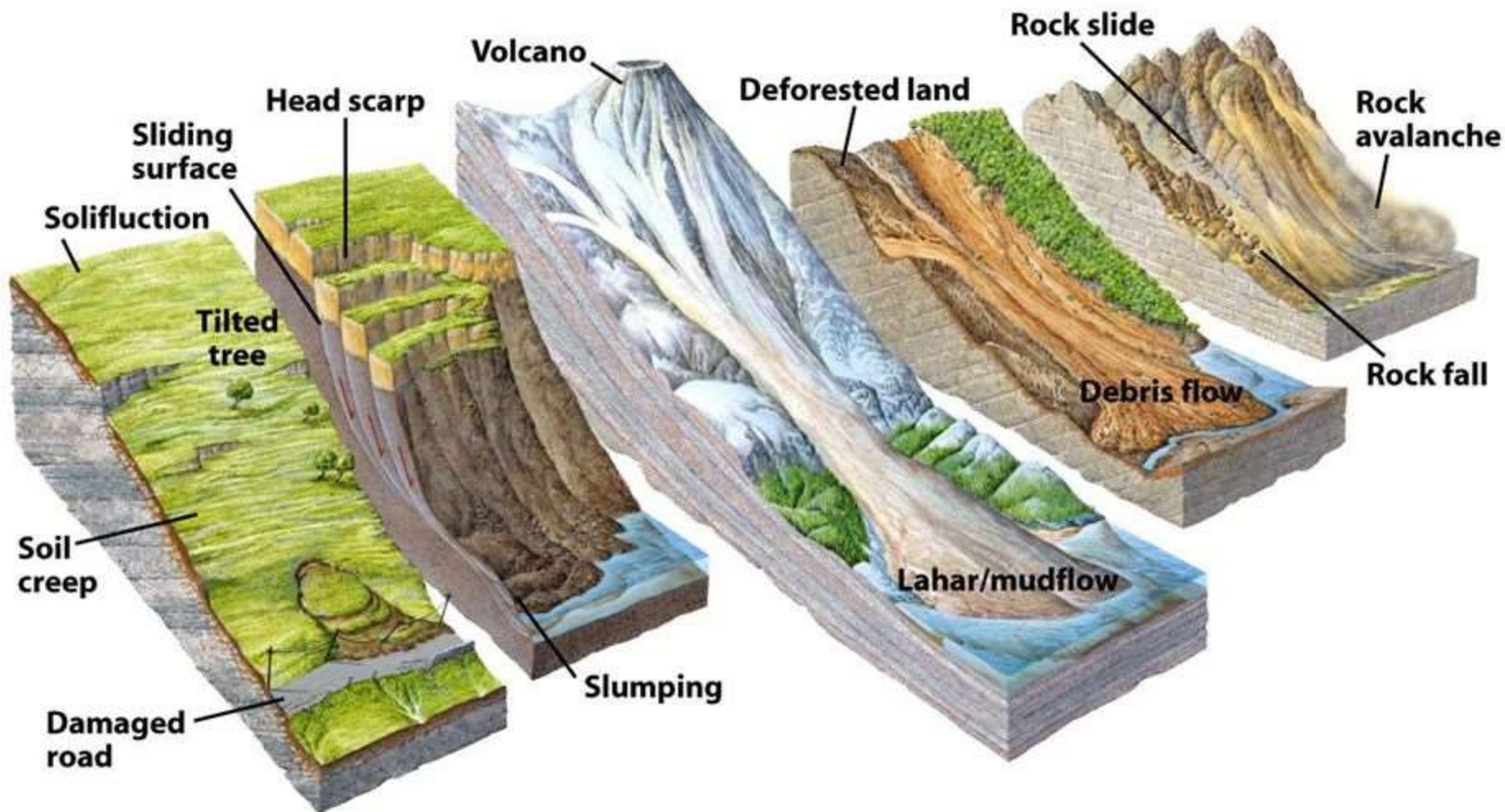


22 Ağustos 2014, Konya
Karapınar İlçesinde 30
metre çapında yer yer 20
santimetre ve 1.5 metre
derinliğinde büyük bir
obruk oluştu.





Types of Mass Wasting



YAMAÇ ve ŞEV

- Yeryüzü şekillerinin eğik yüzeylerine "Yamaç"; yapay olarak, kazılarak ya da doldurularak oluşturulan yüzeylere de "Şev" adı verilir.
- Şev duraylılığı denince, göçme ve kayma tehlikesine karşı yamaçtaki malzemenin denge durumu anlaşılır.

Güvenlik Sayısı

$$\text{Güvenlik Sayısı, } G_s = \frac{\text{Tutucu kuvvetler, } \Sigma W_1 L_1}{\text{Kaydırıcı kuvvetler, } \Sigma W_2 L_2}$$

Güvenlik sayısı 1.0'dan az ise : *Güvenilmez*

Güvenlik sayısı 1.0 – 1.2 ise : *Kuşkulu (kısa süreli şevler)*

Güvenlik sayısı 1.0 – 1.4 ise : *Yarma ve dolgular için
güvenli (uzun süreli şevler)*

Güvenlik sayısı 1.5 den fazla : *Barajlar için emniyetli*

Kütle hareketlerinin nedenleri

I- DIŞ NEDENLER

1. Şev ve yamaç eteklerindeki kazılar
2. Sular şev ve yamaç topuklarını oyması
3. Aşınma sonucu yamaç eğiminin artması
4. Doğal ya da yapay ek yük konması
5. Bitki örtüsünün kaldırılmasıyla suların zemine sızması
6. Çatlak ve fissürlerde suların donması
7. Doğal ve yapay sarsıntılar (Deprem ve patlatma)

II- İÇ NEDENLER

1. Boşluk suyu basıncının artması
2. Şev malzemesi kohezyonunun azalması

Kitle Hareketlerini ve Heyelanları Önleme

Bu olayları meydana getiren sebepleri:

- 1 - Ortadan kaldırmak,
- 2 - Kaydırıcı kuvvetleri azaltmak,
- 3 - Tutucu kuvvetleri çoğaltmakla olanaklıdır.

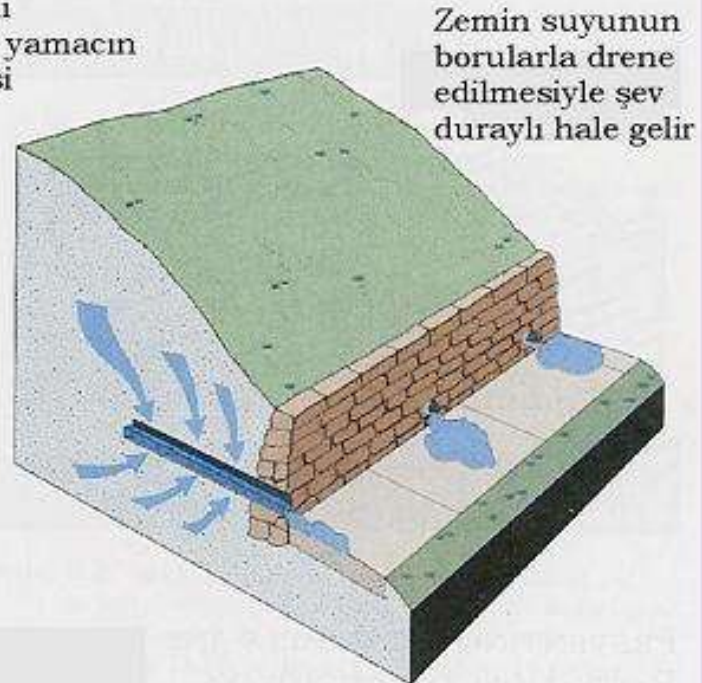
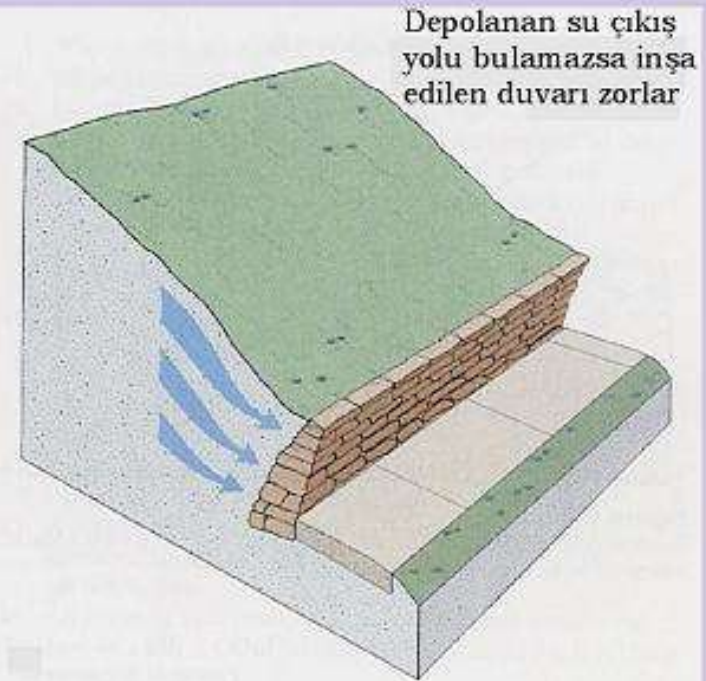
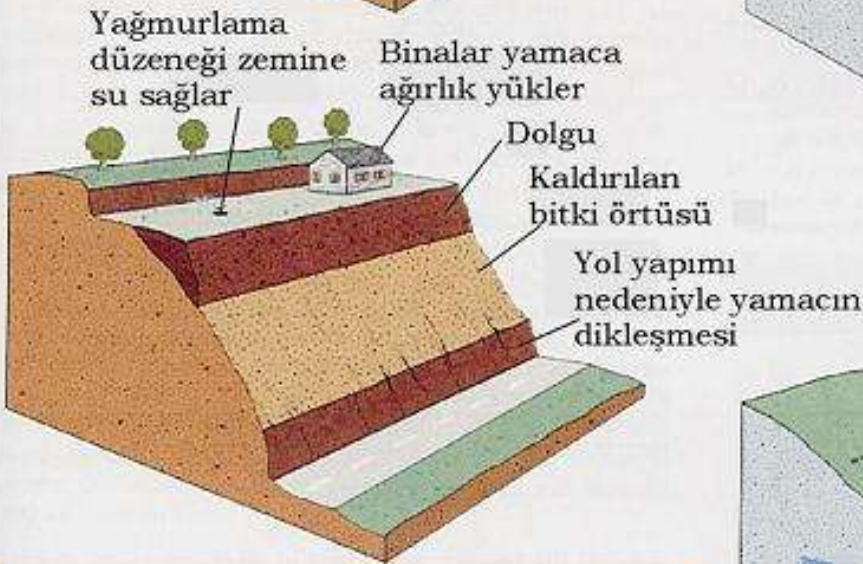
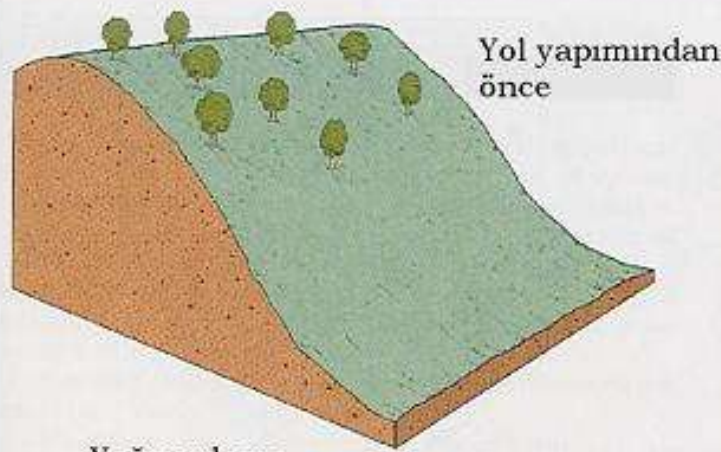
Önleyici çareler:

- A-Topuğa yük koyma,
- B-Şevlerin korunması (aşınmayı önleme)
- C- Şev düzenleme (yüzey suyunun şev içine girmesini önleme),
- D-yeraltı sularını dışarı çıkarma (drenaj)
- E- Zeminin serleştirilmesi,
(boşluk suyu basıncını azaltma ve kohezyonu arttırma)

Yukarıda açıklanan önlemlerden başka, bazen de zemin sertleştirilerek heyelanlar önlenmeye çalışılır.

Yöntemler;

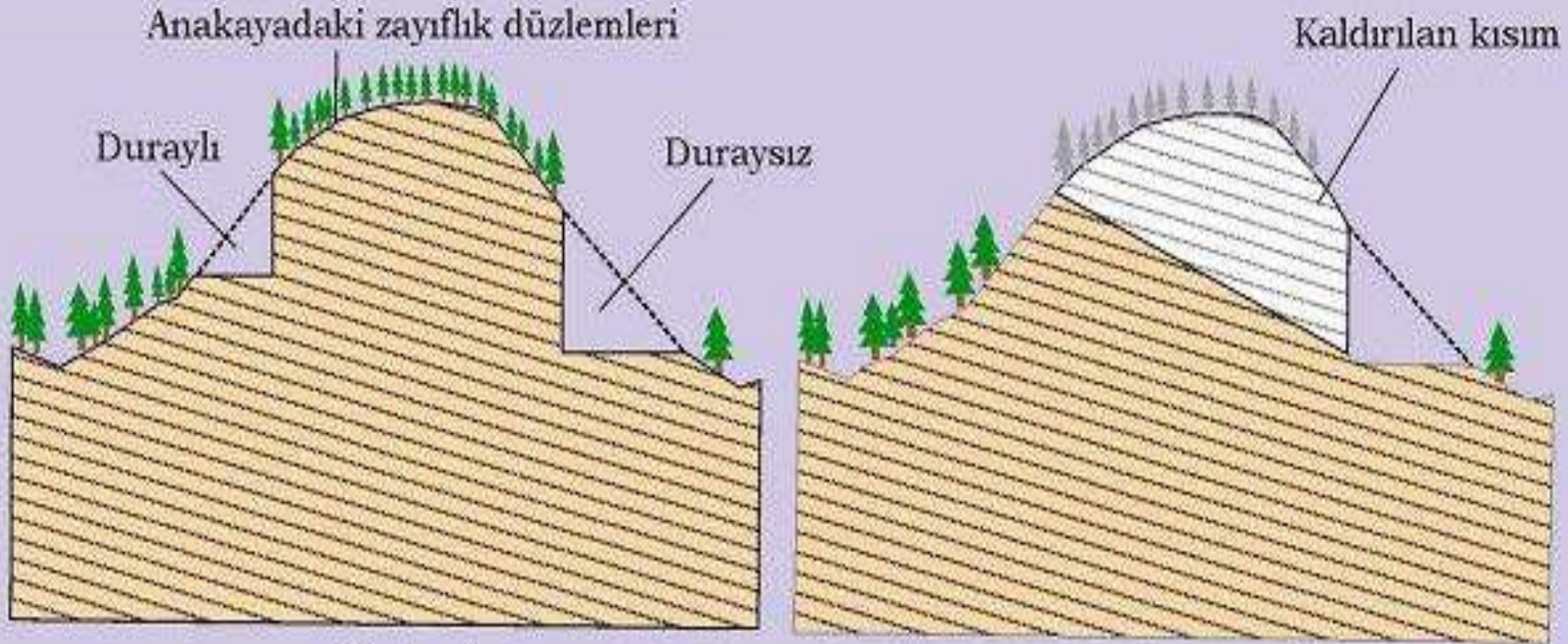
1. Çimentolama (enjeksiyon)
2. Kimyasal maddelerle
3. Dondurma yoluyla
4. Pişirme yoluyla



ŞEV DURAYLILIĞI İÇİN ÖNLEM STRATEJİLERİ

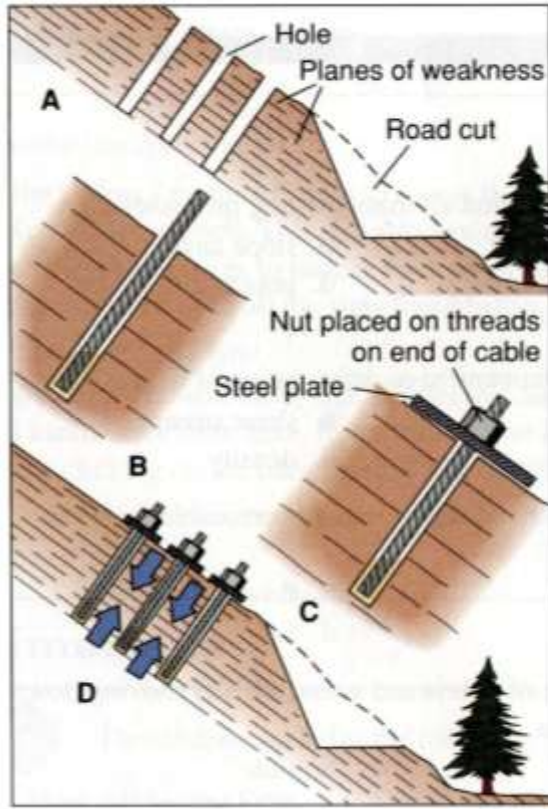
- 1- Nedenleri ortadan kaldırmak
- 2- Kaydırıcı kuvvetleri azaltmak
- 3- Tutucu kuvvetleri çoğaltmak

Şevlerin düzenlenmesi



ŞEV DURAYLILIĞI İÇİN YAPILAN UYGULAMALARA BAZI ÖRNEKLER

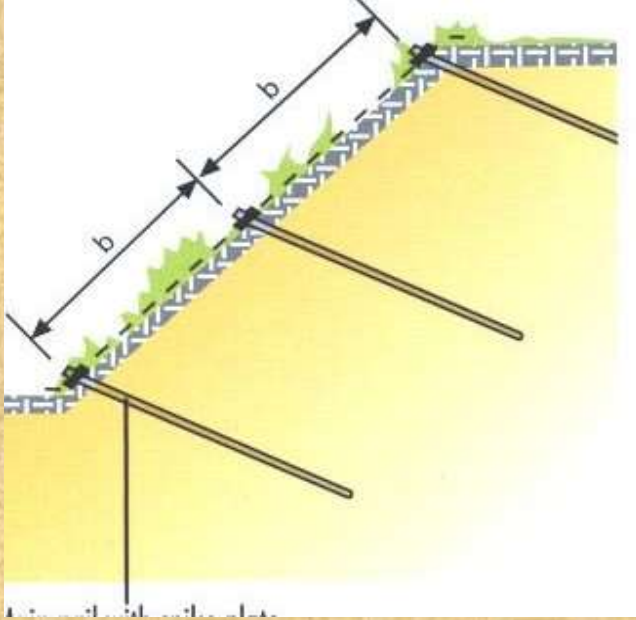
Zemin çivisi teknolojisi



E

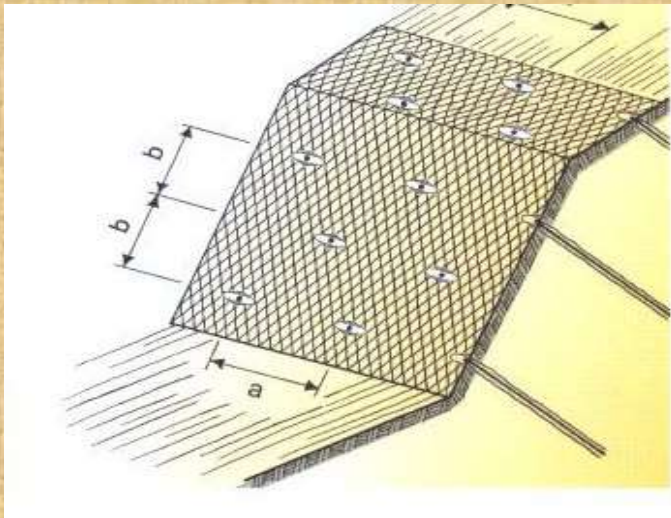
Üsteki kayan, duraysız kütlenin daha alttaki duraylı, kaymayan zemine çelik ve beton desteğiyle bağlanması yol yapımı nedeniyle oluşabilecek kütle hareketini durduracaktır.

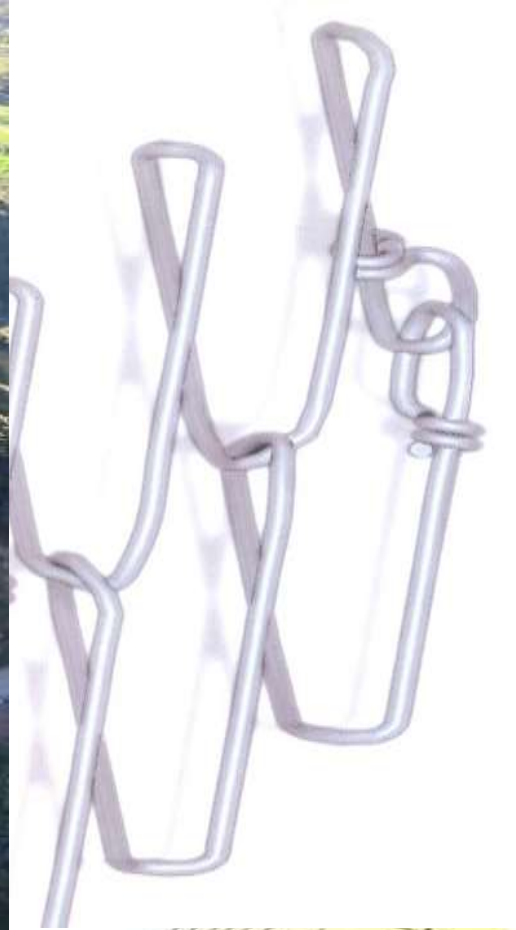
Zemin çivisi teknolojisi



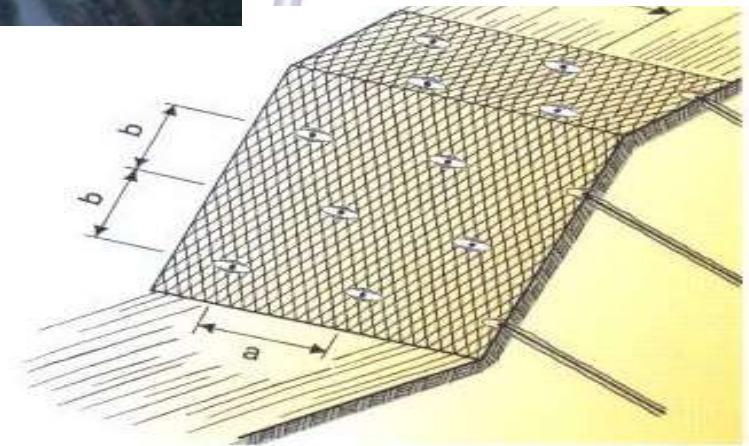
- Izgara tel yamaca serilerek güçlendirme yapılır

- Zemin çivisi elek üzerinden 7 metre zemin içine çakılır





San Marcos Otoyolu
Heyelanların Düzenlenmesi
Bill Tracy
Santa Barbara County



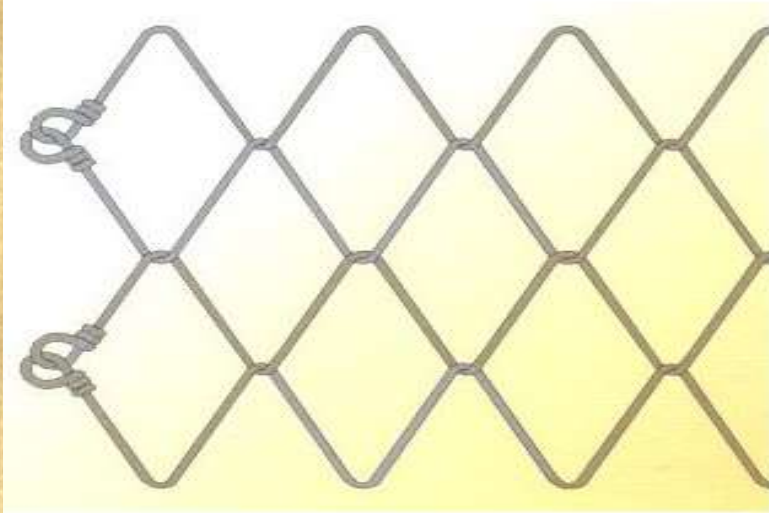
Yeni bir heyelan ve Ek Düzenleme



- Kazı sırasında şevde sığ derinlikli bir kayma meydana geldi
- Zemin çivisi teknolojisi ve yamacın ızgara telle güçlendirilmesi yapılarak düzenleme yapıldı



Tel ızgara ve zemin çivisi bileşenleri



Izgara tel ve zemin çivisi uygulaması



Düzenlenmiş yamaç ve otoyol



Düzenlenmiş yamaç ve otoyol



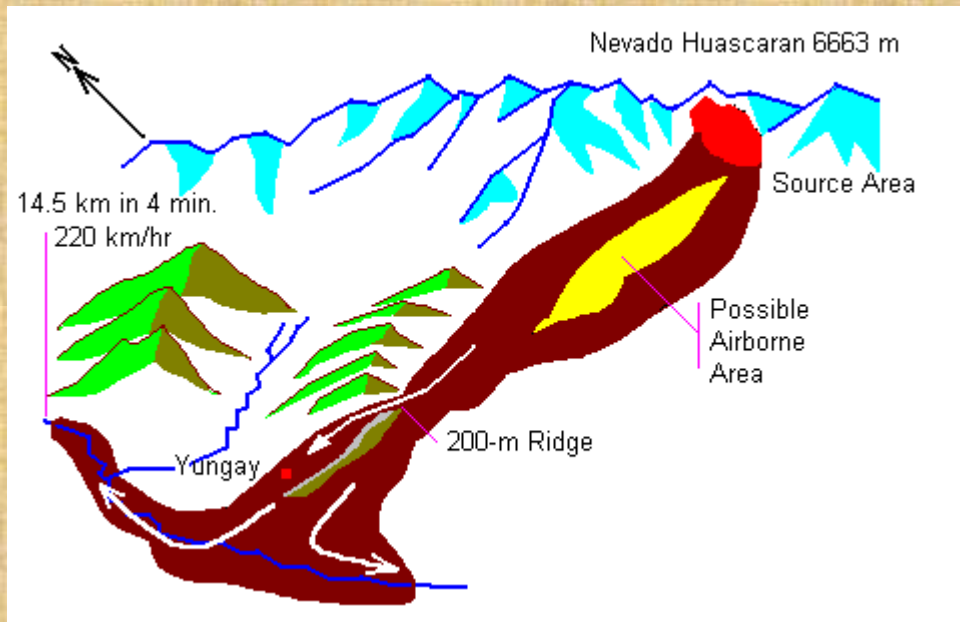


La Conchita, Kaliforniya Heyelani

Mt. St. Helens Lahar, 1982



Mt. Huascaran Heyelanı /Çığı Peru, 1970



1962 yılında Peru And dağlarında Huascaran tepesinde meydana gelen su, buz, kaya, toprak karışımı moloz akmasında 4000- 5000 kişi hayatını kaybetti.



22 Mart 2014, Oso (Washington) Heyelanı

*41 kişi öldü. 49 yapı
yıkıldı, 13 kişi kayıp.*



5 Mayıs 2014, Afganistan Argo dağlık bölgesinde heyelan

Lös topraklarında ani yağışlarla oluşan heyelan, Badakhshan bölgesinde Argo yerleşim alanında 300 evi yerle bir etmiştir. 2700 kişiden fazla insanın hayatını kaybetti. Bu afetten 14,000 kişi etkilendi.

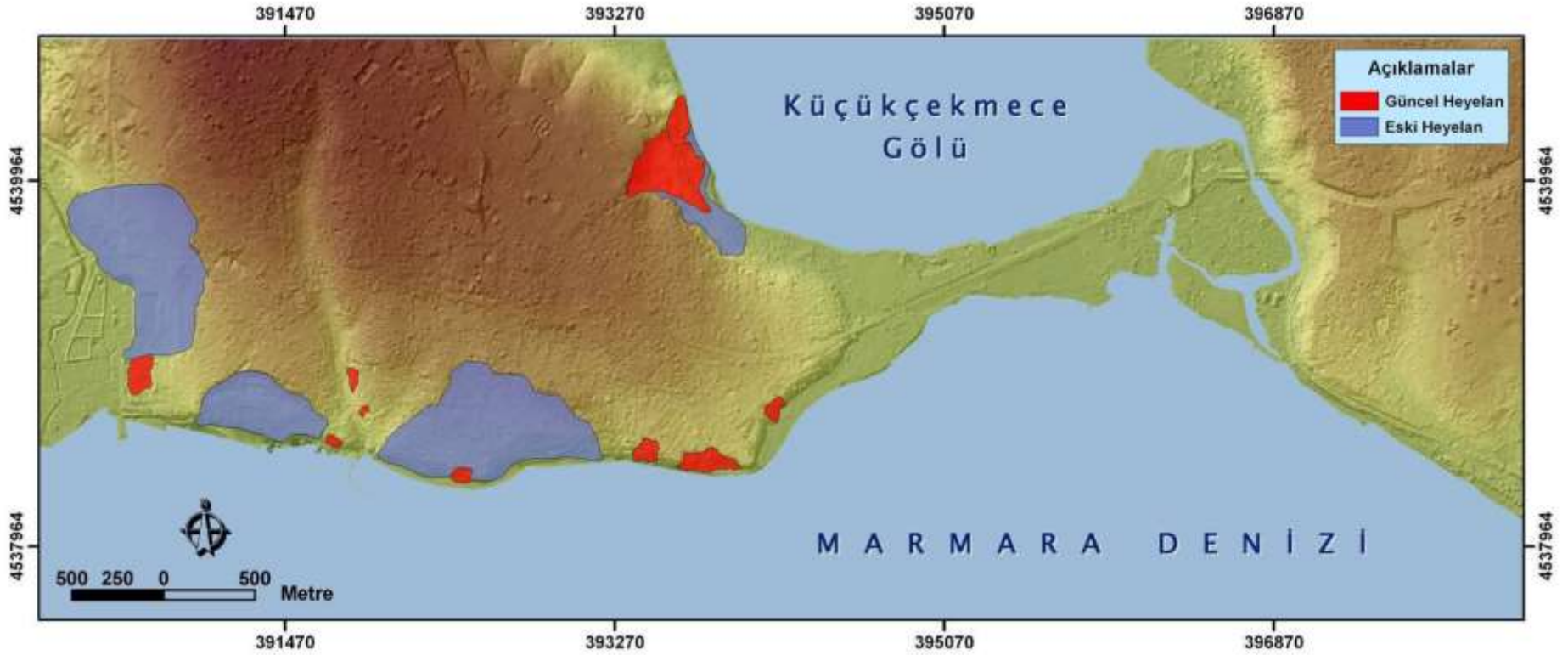
Ölenlerin 600'ü düğün için gelen komşu köy halkıdır. Ölen insanlar toprağın 60 metre altında kaldığından kurtarma çalışmaları da umutsuz bir şekilde sürdürülmüştür.



İstanbul'un heyelanları

- İstanbul'un heyelanları yalnızca Büyük ve Küçükçekmece gölleri arasındaki bölgeyle de sınırlı değildir. Diğer kütle hareketleri
- 21 Mart 1962: Sarıyer-Kilyos karayolunun 7. kilometresinde heyelan. Asfalt yolun 100 metreyi aşkın bölümü 4 metre aşağıya çöktü.
- 20 Nisan 1979: Mecidiyeköy Fulya Bayırı'nda heyelan. 25 ev hasar gördü.
- 18 Ocak 1982: Rumelihisarı'nda heyelan. 30-40 ton ağırlığındaki kayalar üç evi ezdi.
- 30 Mayıs 1988: İstinye sırtlarında heyelan. 10 ev oturulmaz hale geldi.
- 22 Aralık 1988: Çubuklu sırtlarında heyelan. 22 ev çöktü.

Avcılar Çevresindeki Eski ve yeni heyelan Alanları



Avcılar heyelan alanları



K. Çekmece Gölüne Kayan

Firuzköy Heyelanı



Firuzköy Heyelanı



Firuzköy Heyelanı

Kayma Düzlemi ve Çökme bölgesi



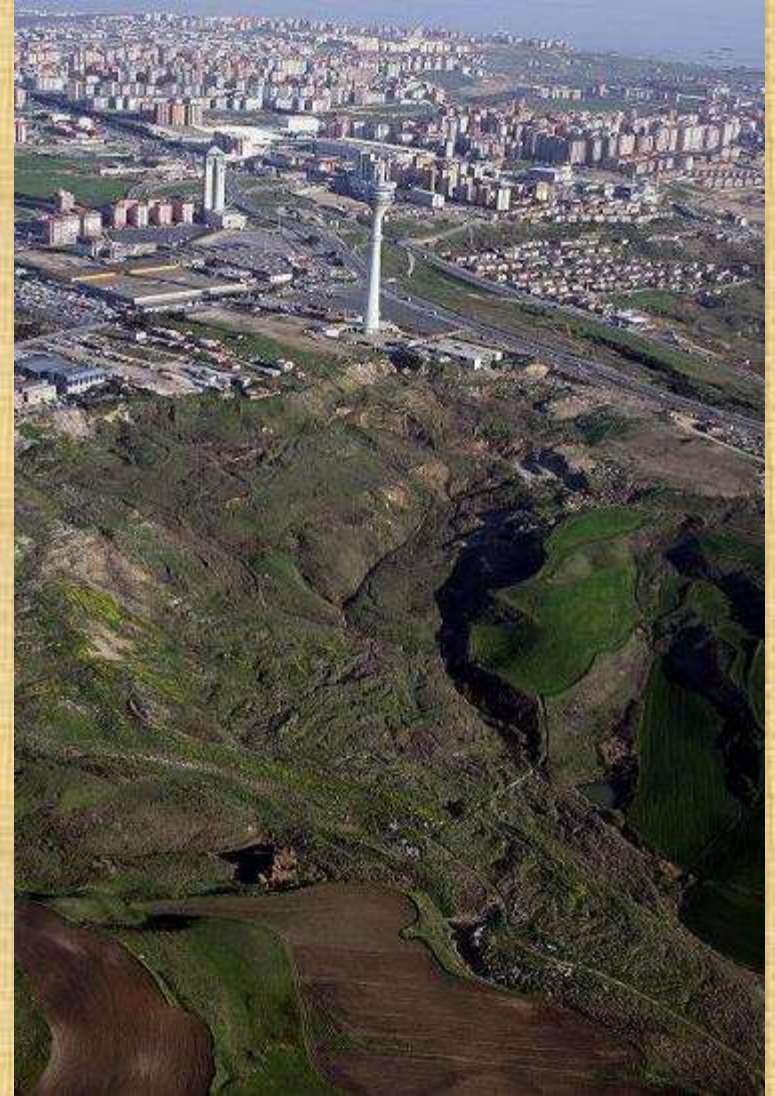
Büyük Çekmece heyelanları

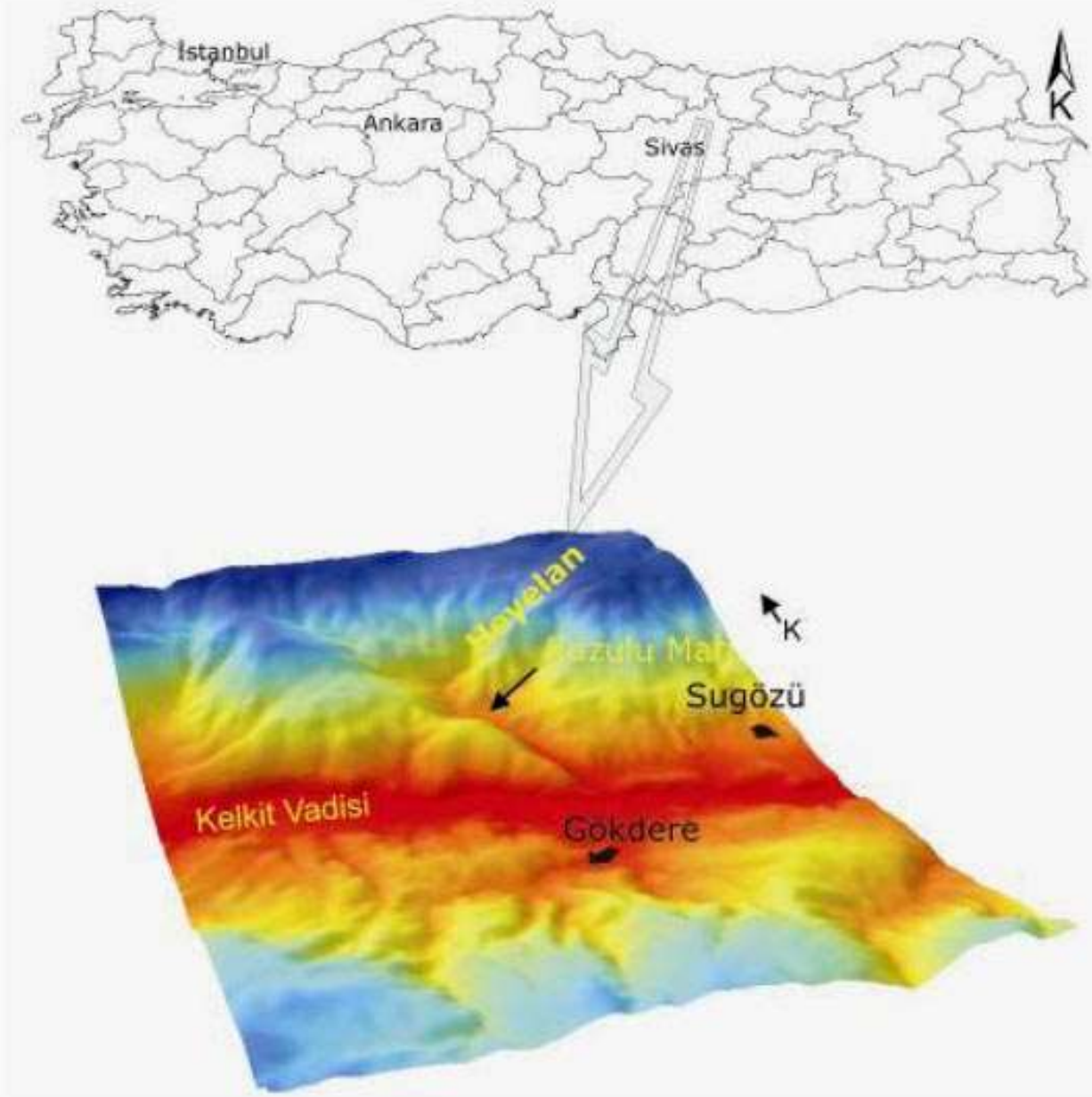


Büyük Çekmece heyelanları

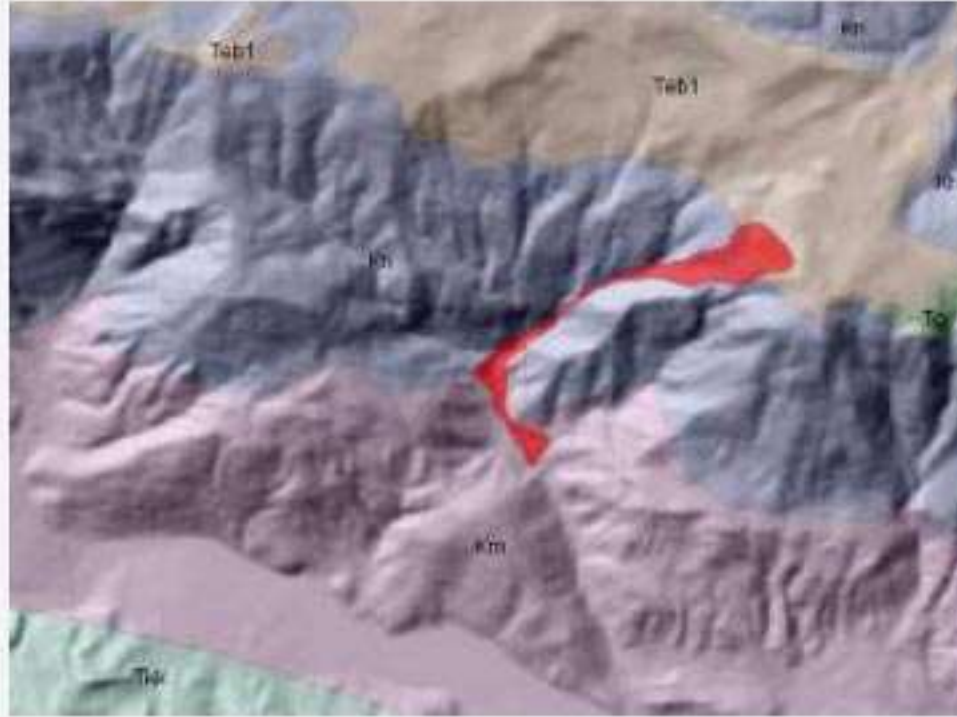


Büyük Çekmece heyelanları

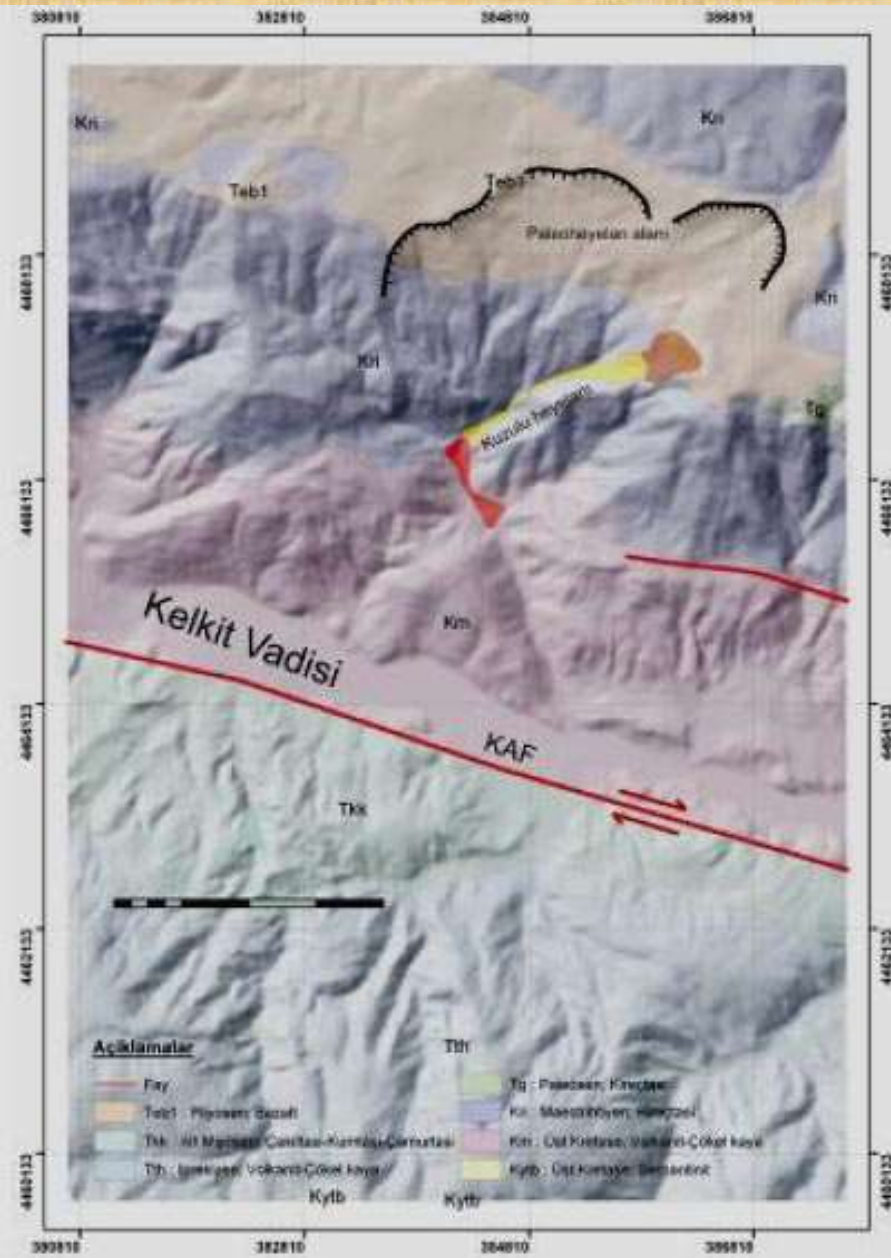




Şekil 2. Kuzulu heyelanının genel coğrafik konumu.



Kuzulu heyelanının topografik kabartı haritasına örtülmüş jeoloji haritası üzerindeki alansal sınırları (Km: Üst Kretase – volkanik ve çökel kayalar; Kri: Maestrihtiyen - kireçtaşı. Teb1: Pliyosen - bazalt).



Heyelan alanı ve yakın çevresinin topografik kabartı haritası üzerine örtülmüş jeoloji haritası. 81





Kuzulu heyelanının ta kısmı, kayma yüzeyi ve geriye doğru eğimlenmiş (tilt etmiş) ağaçlar.





Akçakoca kütle hareketleri





Deniz yönünde kayan kayalar



**Atık
suyun
kayalar
arasından
sızdığı
alan**



**Denize eğimli katmanlar ve bunlar arasında yeralan
killi kayalar heyelan tehlikesini artırmaktadır**

Kayma Tehlikesi!!!!



Çünkü: Yamaç ve tabakalar aynı yöne eğimli

Yamaç/Falez daha güvenli



Çünkü: Tabakalar yamaç eğiminin aksi yönde eğimli

Biga (GÜNEY MARMARA)

Karma kütle hareketi (heyelan ve yatay yayılma)







Hekimbaşı (İSTANBUL) öp alanı heyelanı





