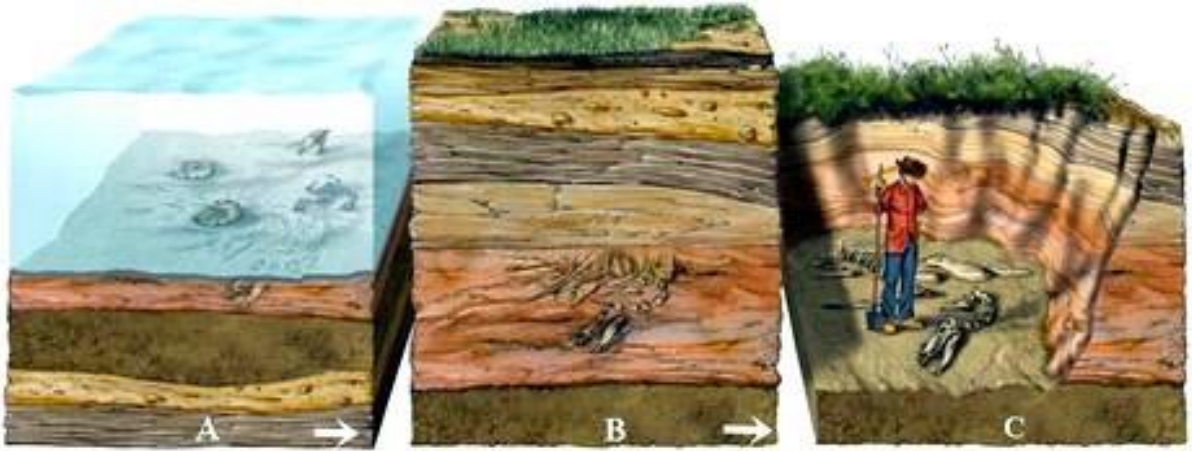


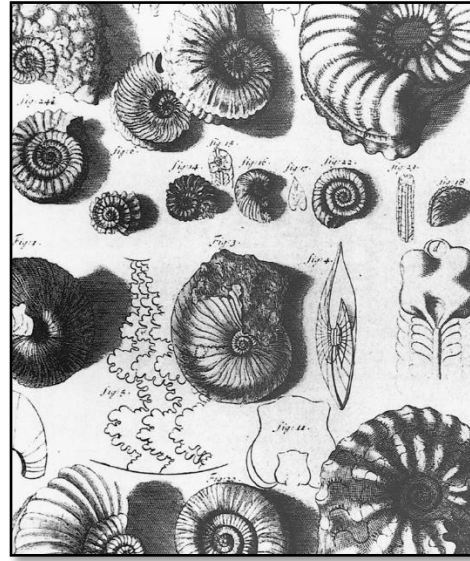
# JEOLOJİK ZAMAN VE FOSİLLER



## Fosillerin Jeoloji çalışmalarına girişi ve Önemi

- İnsanlar ilk başlarda fosillerin kayaların içerisinde doğaüstü varlıklar tarafından kayaların içerisinde yerleştirildiğini düşünmüşler.
- Daha sonra (~450 M.Ö.) bir Yunan tarihçi fosillerin geçmiş yaşamın kanıtları olduğunu öne sürmüştür.
- Kısa süre sonra (~300 M.Ö.) Aristotle bu fikirden vazgeçti ve yaşam benzeri şekillerin kaya içerisinde inorganik olarak büyüdüğünü öne sürdü.
- Rönesans döneminde, fosillerin geçmiş yaşamın kalıntılarını temsil ettiği fikrine geri dönüldü.
- **Nicholaus Steno** fosil içeren kayaların organizma parçaları içeren gevşek tortullar olarak başladığını, daha sonra kayalar içinde sertleştiğini önererek **paleontolojinin** modern halini ortaya koymuştur.

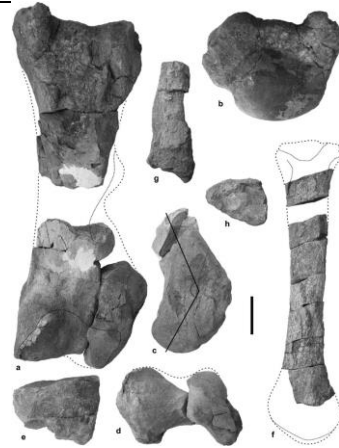
- Nicolaus Steno (1638–1686) tarafından çizilen ilk fosil skeçleri (Interlude D, & Chapter 12)



### Fosil Türleri

- Fosiller başlıca **tortul kayalarda** oluşur ve fosil türlerinin birçoğunu içerisinde bulundurur. Bu fosilleri hem ortam yorumlarında hem de çökeldiği zamanı belirlemede kullanmaktayız.

**(Gövde) Fosiller** – Geçmiş organizmaların tüm gövdesi veya bir parçası. Örn. kemik, kehribar/katran içinde korunmuş böcekler, donmuş mamutlar vb...



Gergedan kemikleri (Tuzluca-Iğdır)

*Kireçtaşlarında deniz kabukları*



*İz fosiller– Geçmiş yaşam kanıtlarının geride bıraktığı izler (canlıların yumuşak sedimanda bıraktıkları sürünme, yaşam izleri vb.).*



Ayhan Köyü-Nevşehir

### Fosillerin Korunması

Tüm organizmalar öldüğünde kayalarda korunmaz. Aslında, fosil olarak korunması için özel şartlar gerekli olduğu için sadece küçük bir yüzde korunabilir.

- **Ölüm anoksik bir ortamda (oksijence fakir) olmalıdır**
  - Oksijen organizmalarla reaksiyona girer ve onları parçalar, leş yiyiciler bunları yiyebilir.
- **Hızlı Gömülme**
  - Eğer organizma yüksek sedimantasyona sahip ortamda ölü ise, çürüme veya yenilmeden önce gömülebilir.
- **Katı Bölümlerin Varlığı**
  - Sert bölümlere (kemik, kabuk vb.) sahip organizmaların bozulması uzun süre alır. Yumuşak kabuklu organizmalar (örn: denizanası) çok hızlı çürür.

- **Diyajenez veya metamorfizmanın Olmaması**

- Diyajenetik ve Metamorfik süreçler (örn: yeniden kristallenme) fosilleri yok edebilir
- Tipik sığ denizel ortamda, organizmaların ~30% yüksek korunma potansiyeline (sert, dayanıklı kabuk) sahiptir, ~40% bölümü düşük korunma potansiyeline (kırılabılır kabuklar) sahiptir ve ~30% 'nun dayanıklı bölümü yoktur, ancak çok özel şartlarda korunabilir. 30% yüksek korunma potansiyeline sahip olan bölümünde, sadece birkaçı bunları koruyacak ortamda ölürlür.

### **Sıra dışı Fosiller**

- Yumuşak bölümlere sahip organizmalar çok az korunduğu halde, dünyada birçok lokasyonda bazı hassas yaşam formlarını korumak için uygun şartlar oluşmuştur.

**La Brea Katran çukurları, Los Angeles** – memeliler katran sızıntılarında korunmuştur, örn. Kılıç dişli kaplanlar ve mamutlar



**Solenhofen Kireçtaşı, Almanya**– 150Ma, birçok nadir ve en eski kuş fosili *Archaeopteryx* dahil çok iyi korunmuş fosiller.



**Burgess Şeyl, British Columbia, Kanada** – sünger gibi birçok yumuşak kabuklular. Araştırmacılar buradaki yaşlı yaratıkların midesindeki içeriği belirleyebilmektedir.



***Burgess Şeyl istifinde trilobite***

## JEOLJİDE YAŞLANDIRMA YÖNTEMLERİ

Jeolojik materyallerin yaşlandırılmasında iki yol vardır.

- **Göreceli yaş** – birbirine göre kıyaslanarak yapılan yaş.
- **Mutlak yaş / Sayısal Yaş**– Bir objenin yaşını sayısal ölçümü (örn., 15My, 350 yıl)

	GÖRECELİ YAŞ	SAYISAL YAŞ
– <b>Göreceli yaş</b> – Oluşum sırasına dayanarak. <ul style="list-style-type: none"><li>• Kalitatif (nitel) 100' lerce yıl önce geliştirildi.</li><li>• Yaşlı-genç ilişkilerinin saptanmasına imkan verir.</li></ul>	Iraq War Gulf War (Persian Gulf) Falkland War (Argentina-England) Six-Day War (Arab-Israeli) Vietnam War Bay of Pigs Invasion (Cuba-U.S.) Korean War World War II Spanish Civil War World War I Russian Revolution Russo-Japanese War Boer War (South Africa)	Iraq War Gulf War Falkland War Vietnam War Six-Day War Bay of Pigs Korean War World War II Spanish Civil War World War I Russian Revolution Russo-Japanese War Boer War

### Göreceli Yaşların Belirlenmesi İçin Fiziksel İlkeler

- Bu ilkeler 1857 yılında ortaya konulmasına rağmen, hala jeolojik yapılara ait çalışmalarda anahtar durumundadır.

Bu ilkeler aşağıda verilmiştir.

1. Üniformitarianizm İlkesi
2. Süperpozisyon İlkesi
3. Orijinal yataylık İlkesi
4. Orijinal Süreklilik İlkesi
5. Birbirini Kesme İlişkisi İlkesi
6. İnküzyon İlkesi
7. Pişme Sınır İlkesi

#### Üniformitarianizm İlkesi

- ***Günümüz geçmişin anahtarıdır! The Present is the Key to the Past!***
- Günümüzde faaliyette bulunan gözlediğimiz fiziksel süreçler, geçmişte de yaklaşık olarak aynı oranda faaliyette bulunmuştur.
- Jeologlar bazı süreçlerin oranının iklim değişikliği ve zaman zaman felaket olayları (meteor çarpması, sel vb.) gibi olaylar nedeniyle, zaman içerisinde değiştiğinin farkına varmışlardır.

Yani, aşağıda görülen kayalardan, gelgit düzlüğü çökeline Paleozoyik çamur çatlağı (sağ alt) ve güncel gelgit düzlüğünde gözlenen çamur çatlakları (sol alt) benzer şekilde ve aynı zaman süresince oluşmuş olmalıdır.



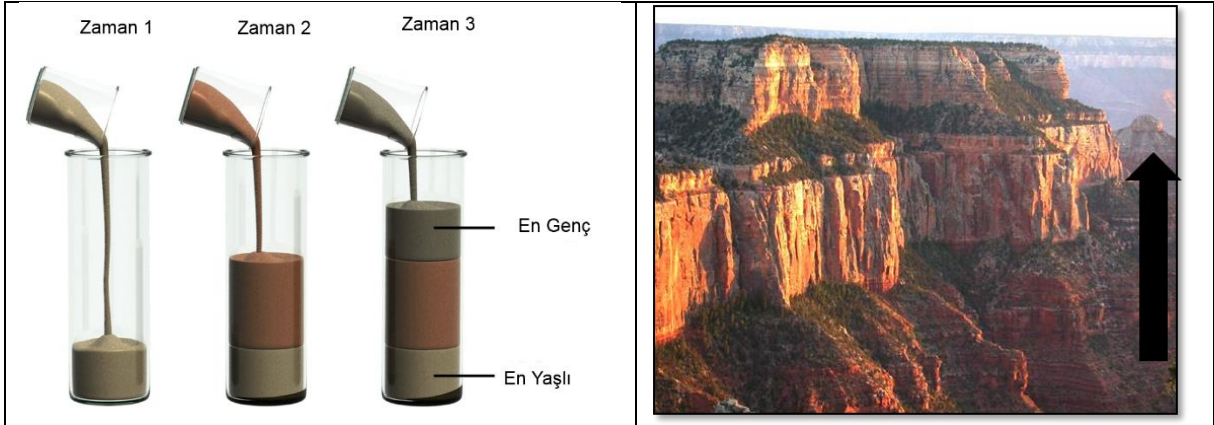
Güncel çamur çatlakları



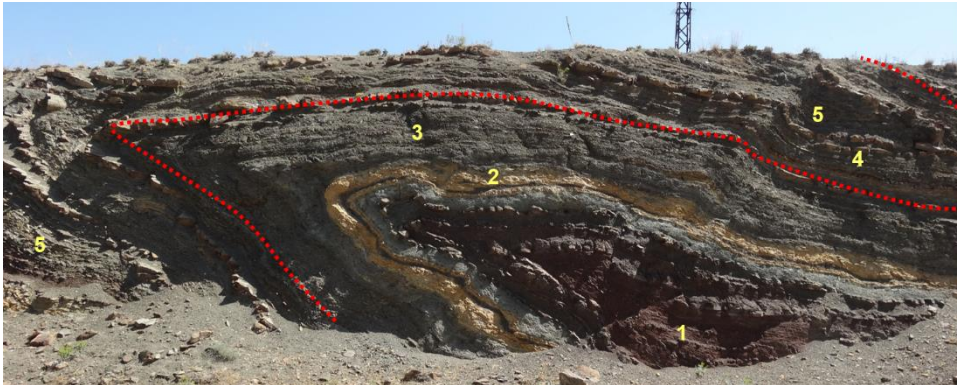
Paleozoyik çamur çatlağı

### Süperpozisyon (üst üste bulunma) İlkesi

Jeolojinin bir bilim olarak gelişmesinde 17. yüzyıl, Danimarkalı anatomi bilgini Nicolas Steno'nun (1638-1686) geniş ölçüde yayılan yazılarından ötürü önemli bir dönemdir. Steno taşkın sırasında ırmakların taşkın düzlükleri boyunca yayıldığını ve taşkın düzlüğünde yerleşik organizmaları gömen çökel tabakalarının biriktiğini gözlemiştir. Ardışık taşkınlar önceki çökellerin üzerine gelen ya da depolanan yeni çökel tabakalarını oluşturur. Bu çökel tabakaları taşlaşarak çökel kayaç haline gelir. Bu yüzden bozulmamış bir çökel kayaç tabakası diziliminde en yaşlı tabaka altta ve en genç tabaka üsttedir. Bu **üst üste bulunma ilkesi** katmanların ve içerdikleri fosillerin göreceli yaşlarının belirlenmesi için temeldir.



- Tortul kayaçlar aşırı derecede kıvrımlanıp ters döndüğü durumda, bu kural bozulur. Bu durumda tabaka alt ve üstünü belirleyerek yaşlı genç ilişkisi kurulur.



Bu şekilde yatık bir kıvrım gözlenmekte olup antiklinal çekirdeğindeki kayaç en yaşlıdır. Buna göre 1 numaralı kayaç en yaşlı 5 numaralı kayaç ise en gençtir.

### Orijinal yataylık ilkesi

Steno aynı zamanda çökel tanelerinin yerçekimi etkisi altında suda çökeldiğinden ötürü sedimanın başlangıçta **orijinal yataylık** ilkesini gösterir şekilde temelde yatay tabakalar olarak depolandığını gözlemiştir. Eğer bir yamaç üzerinde birikirse, sediman yamaç aşağı yavaş yavaş yatay bir alt tabakaya ulaşana kadar taşımacaktır. Bu yüzden yataydan eğimlenen çökel kayaç tabaka istifi depolanma ve katılaşma sonrasında eğimlenmiş olmalıdır.



Sedimanlar gelgit yüzeyinde yatay şekilde çökelmiştir.

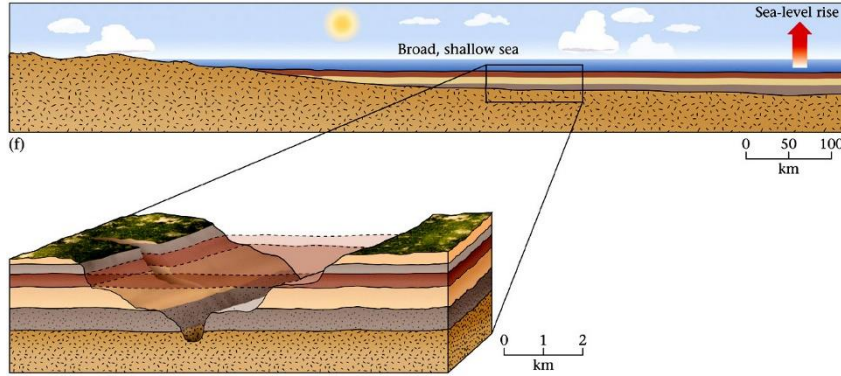


Yatay tabakalar

### Orijinal Süreklilik İlkesi

Steno'nun üçüncü ilkesi olan **yanal devamlılık ilkesi**, çökellerin depolanma havzasının kenarında incelenene, sıkışana ya da sönmülene kadar tüm yönlerde yanal olarak yayıldığını belirtir. Sedimanter birimler depolandıkları ortama bağlı olarak uzun mesafelerde devamlılıklarını korurlar.

- Eğer jeoloji Müh. Kanyon veya nehir tarafından kesilmiş bir tabaka gözlerse, o zaman tabakanın bir zamanlar kanyon alanında olduğunu ve daha sonra aşınmış olduğunu varsayabilir.

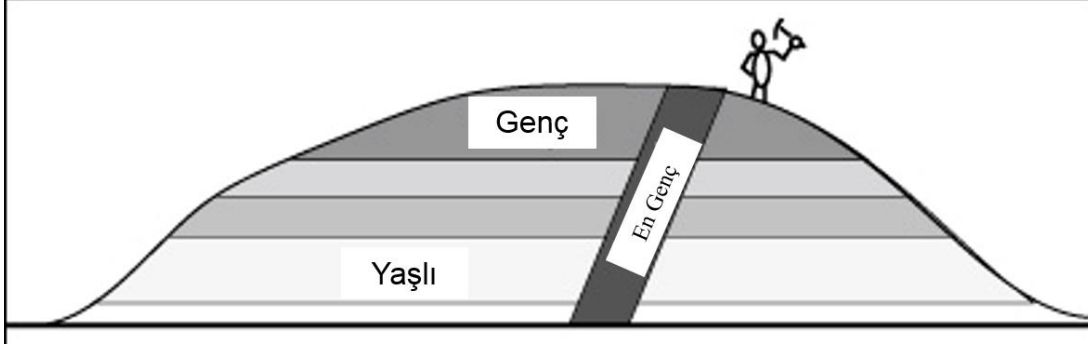


Bu fotoğrafta nehir aşınması nedeniyle yatay tabakalar iki yakada gözlenmektedir. Aslında her iki yakadaki kayalar birbiriyle deneştirilebilir. Jeolog bu kayalara baktığı zaman yatay tabakalar görmekte ve aşınmadan önce tabakaların devamlılık gösterdiğini düşünür.

## Birbirini Kesme İlişkisi İlkesi

James Hutton tarafından ortaya konmuştur. İskoçya'daki kayaç yüzleklerinde yaptığı ayrıntılı çalışmalara ve gözlemlerine dayanarak magmatik bir sokulumun veya fayın, sokulum yaptığı veya kestiği kayalardan daha genç olmak zorunda olduğunu tanımlamıştır.

- Eğer bir jeolojik özellik diğeri tarafından kesiliyor ise, kesilen daha yaşlıdır.



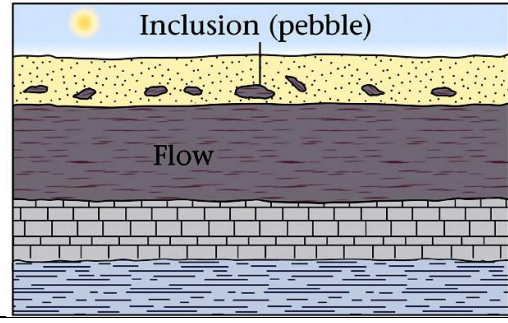
## İnklüzyon (kapanımlar) İlkesi

Görelî yaşları belirlemenin bir diğeri yolu **kapanımlar ilkesini** kullanmaktır. Bu ilke bir başka tabaka içinde kendisinden daha yaşlı bir kayacın parçalarını veya kapanımlarını içerdiğini kabul eder.





Bir volkanik tabakanın üzerine biriken tortul tabakası volkanik kayaç çakılı içeriyorsa, o zaman tortul tabaka gençtir.

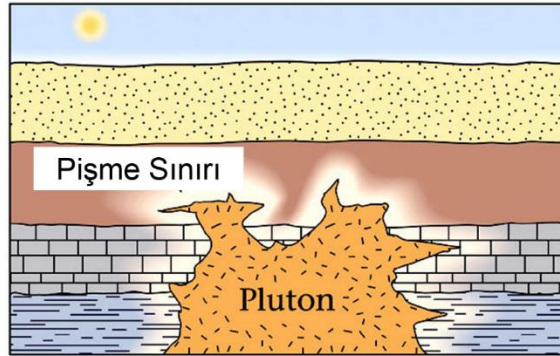


- Magmatik kayaçtaki ksenolit veya tortul kayadaki çakıl veya kum tanesi bulunduğu kayaçtan daha yaşlıdır



### Pişme Sınır İlkesi

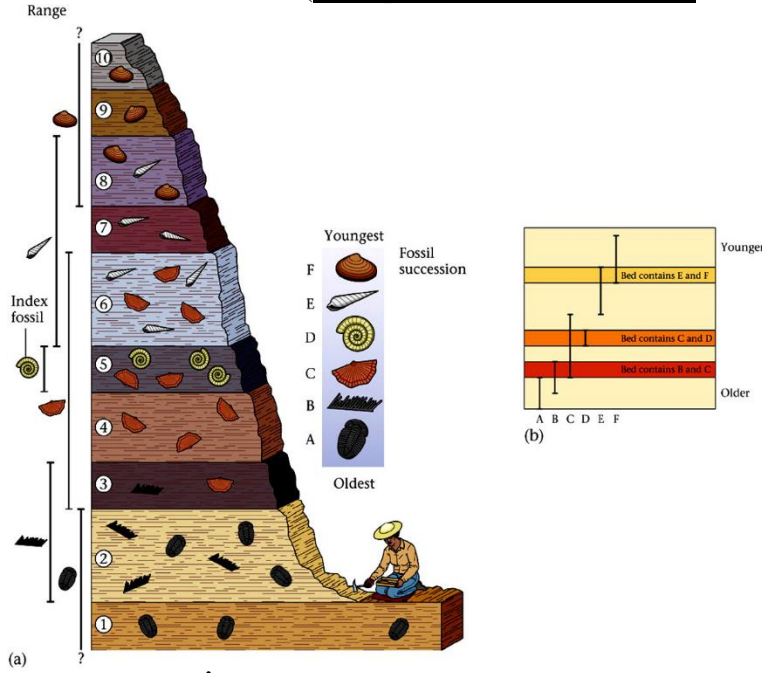
- Magmatik intrüzyon (kontakt metamorfik) çevre kayaçları pişirir. Pişen kayaç intrüzyondan yaşlı olmalıdır.



### Fosil Dizilimi

- **Fosil topluluğu**– Bir kaya içerisinde bulunan bir grup fosil.
- Fosiller yüzyıllardır bilindiği halde, görelî yaşlandırma ve jeolojik haritalamada kullanımları 19.yy. başlarına değin tümüyle değeriendirilmemiştir.
- **William Smith** (1769-1839), 19. YY' da, İngiltere etrafında ki kömür ve demiri taşımak için bir kanal ağı kazısı işi için tutulmuş bir İngiliz mühendistir.

- Smith belirli kayaç tabakalarının kendine özgü fosil topluluklarına sahip olduğunu ve bu özel fosil türlerinin sadece belirli aralıktaki tabakalarda bulunabileceğini fark etti. Bu olaya Fosil Dizileri Prensipleri (***Principle of Fossil Succession***) ismini verdi.



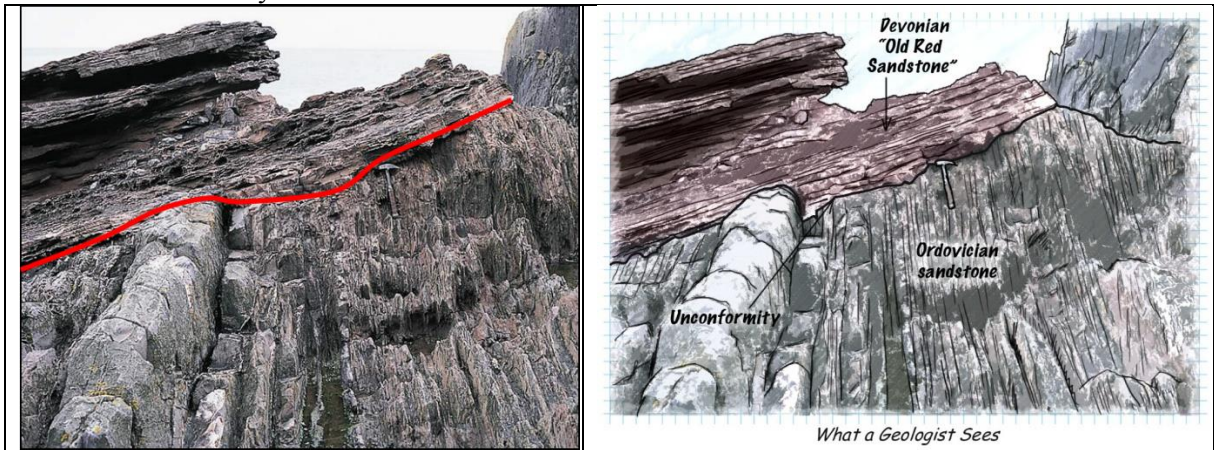
- ***İndeks fosiller***- sadece oldukça spesifik zaman aralığında yaşamış fosillerdir.

Bu ilkeye göre fosil toplulukları zaman boyunca düzenli ve öngörülebilir bir sırada bir başkasını izler. Bu ilkenin geçerliliği ve başarıyla kullanımı üç noktaya bağlıdır:

- (1) Yaşam zaman içinde değişim göstermiştir,
- (2) fosil toplulukları bir diğerinden tanınabilir ölçüde farklı olmalıdır ve
- (3) fosil topluluklarının göreceli yaşları belirlenebilir. Daha genç tabakalara karşı yaşlı tabakaların fosil topluluklarında yapılan gözlemler yaşam formlarının değişmiş olduğunu açıkça gösterir. Bu geçerli olduğundan fosil toplulukları birbirinden tanınabilir ölçüde farklıdır. Ayrıca fosil topluluklarının göreceli yaşlarını belirlemek amacıyla üst üste bulunma ilkesi kullanılabilir.

### Uyumsuzluk – Zamanda bir boşluk

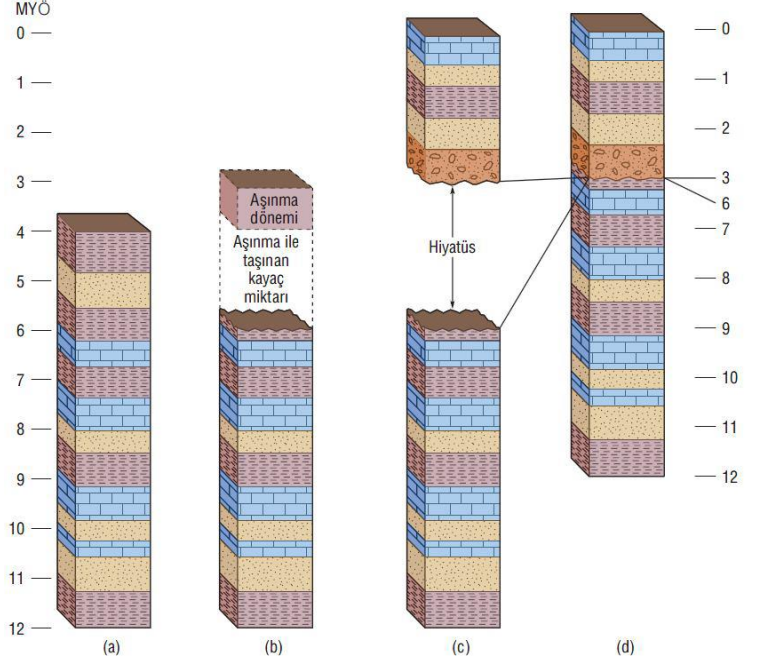
- Hutton aşağıda görülen kayaçlar ile oldukça ilgilenmiştir. Üniformitarianizm' a göre, alttaki tabakaların önce depolandığını ve sonra eğimlendiğini ve daha sonra bir yüzey boyunca aşındığını, bu olaylardan sonra kırmızı renkli kumtaşlarının yaşlı eğimlenmiş tabakalar üzerine çökeldiğini kısa bir zaman sonra fark etmiştir. Bu nedenle bu iki birime ait kayaçlar arasında temsil edilmeyen belli bir zaman olmalıdır.



- **Hiyatüs** – stratigrafik dizilimde eksilmiş bulunan tabaka veya tabaka gruplarının aşınmalarına karşılık gelen zaman aralığına hiyatüs adı verilir. (kayıp zaman)
- **Uyumsuzluk** - Kayaçların çökmediği, muhtemelen mevcut kayaların erozyona uğramasını içeren bir dönem.

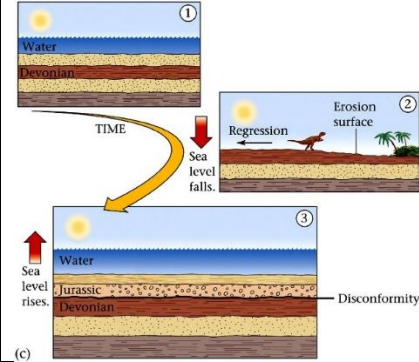
Uyumsuzluğun ve hiyatüsün gelişimini gösteren basitleştirilmiş çizim.

- (a) Çökeltme 12 MY önce başlamış ve aşağı yukarı kesintisiz olarak 4 milyon yıla kadar sürmüştür.
- (b) 1 milyon yıllık bir aşınma dönemi olmuş ve o zaman sırasında 2 milyon yıllık jeolojik zaman gösteren tabakalar aşınmıştır
- (c) Daha yaşlı tabakalar ile 3 MY önce başlayan yeni bir çökeltme dönemi sırasında oluşan tabakalar arasında 3 milyon yıllık bir hiyatüs olur.
- (d) Güncel stratigrafik kayıt. Uyumsuzluk, katmanları ayıran yüzey olup jeolojik zaman geçmişimizde ana bir kesikliği gösterir.



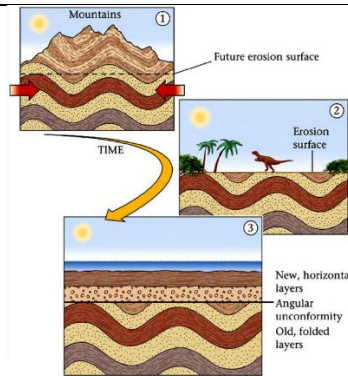
### Diskonformite

- Bir tortul dizi içerisindeki aşınma yüzeyi.
- Bir tortul dizi içerisindeki eksik zaman (sedimentasyonda duraklama) işaretleri.
- Dalgalı yüzey ve/veya ince toprak mevcudiyeti olmadığı için tanınması zordur.



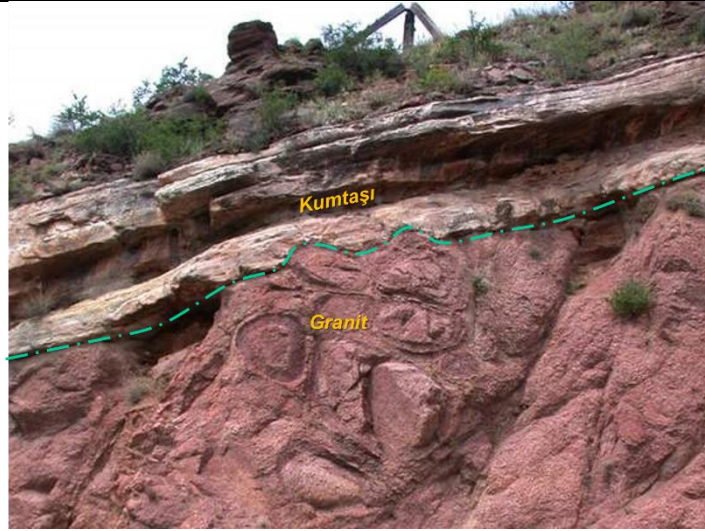
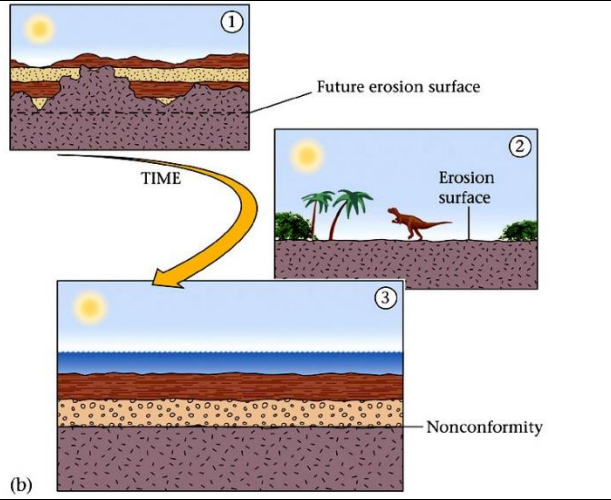
### Açısal Uyumsuzluk

- Uyumsuzluğun bu tipinde, uyumsuzluk gelişmeden önce alttaki kayaçlar eğimlenmiş veya kıvrımlanmıştır.
- Bu uyumsuzlukta alttaki veya üstteki kayaçlar farklı eğimlerde.

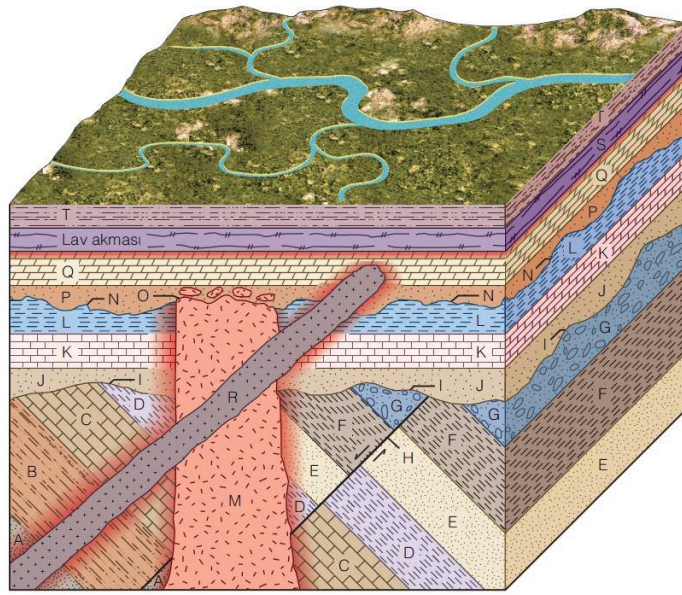


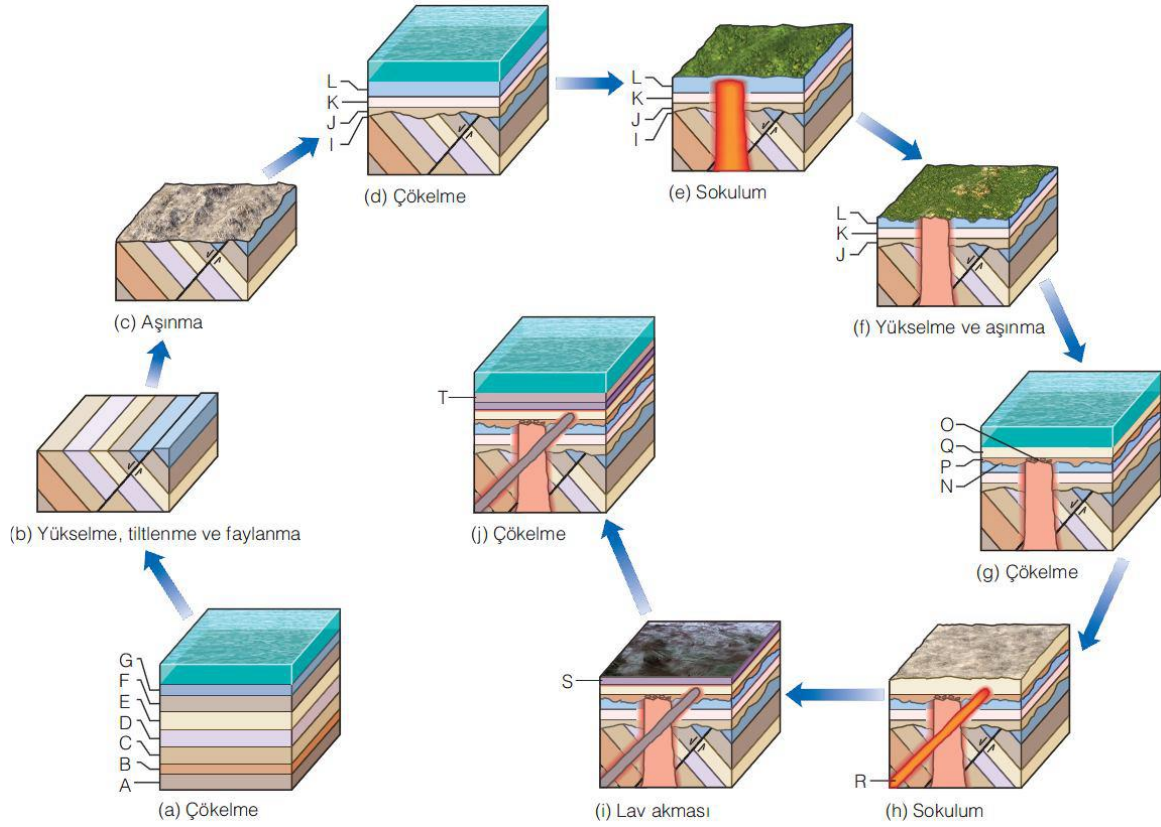
## Nonkonformite

- Sedimanter (tortul) kayaçlar magmatik ve/veya metamorfik kayaçları örtmektedir.
- Bu yüzden magmatik veya metamorfik kayaçlar soğumuş ve belirli bir seviyeye kadar aşınmış olmalıdır.



Jeolojik geçmişini ortaya çıkarmak amacıyla değişik göreceli yaşlandırma ilkelerinin uygulandığı varsayımsal bir alanın blok diyagramı.





Yukarıdaki blok diyagramda meydana gelen jeolojik olayların göreceli olarak yaşlandırılmasının aşamaları

### Stratigrafik Kolon

- Jeologlar kayaç istifleri hakkındaki özet bilgileri **stratigrafik istif/kolon** olarak adlanan şekilde gösterirler.
- Bu gösterimde Formasyon adı, litoloji, kalınlık vb., bilgiler verilir.
- Formasyonlar arasındaki sınır **kontak** olarak adlanır.

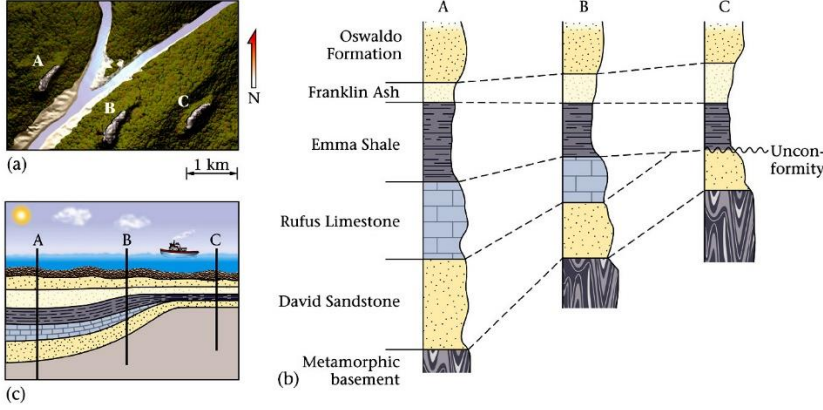
YAS	GRUP	FORMASYON	KALINLIK (m)	LİTOLOJİ	AÇIKLAMALAR
MIYOBEN PLİTOGEN		ŞELMO			ÇAKIL TAŞI : Kırmızı-gri renkli, polijenik elemanlı, kötü tabakalı.
A L T M İ Y O S E N	S İ L V A N	F İ R A T	180		KIREÇTAŞI : Krem, bej renkli, bal orta-çakı kaba kırıntılı, argilöz ve marne, silisli, ve muhtes kırıntılı, üstte ve altta ince-orta-kaba tabakalı, taban seviyelerinde karbonat çakılı, istifleri yer yer vorteksli karakterindedir.
	KAPIKAYA				ÇAKIL TAŞI : Kırmızı-kahverengik, polijenik elemanlı, kötü boylanmış, karbonat pimentli.

Detaylı bilgi: [http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/birimler/belgeler/Stratigrafi\\_adlama\\_kurallari.pdf](http://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/birimler/belgeler/Stratigrafi_adlama_kurallari.pdf)

# KAYAÇ BİRİMLERİNİN DENEŞTİRİLMESİ/KORELASYONU

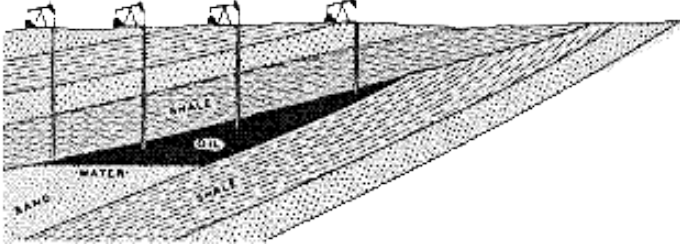
Yer'in geçmişini açığa çıkarmak için kayaç birimlerinin farklı alanlardaki zaman eşleniklerinin gösterilmesi zorunludur. Bu süreç **deneştirme (korelasyon)** olarak bilinir.

- Jeologlar bazen birkaç km uzaklıkta bazı lokasyonlarda benzer Formasyon'ları bulmaktadırlar. Bu nedenle, farklı bölgelerdeki kayaç birimlerinin yaş ilişkilerini kolayca tanımlanabilir.
- **Korelasyon** Farklı lokalitelerde yüzeyleyen kaya birimleri arasındaki yaş ilişkilerinin belirlenme süreci.



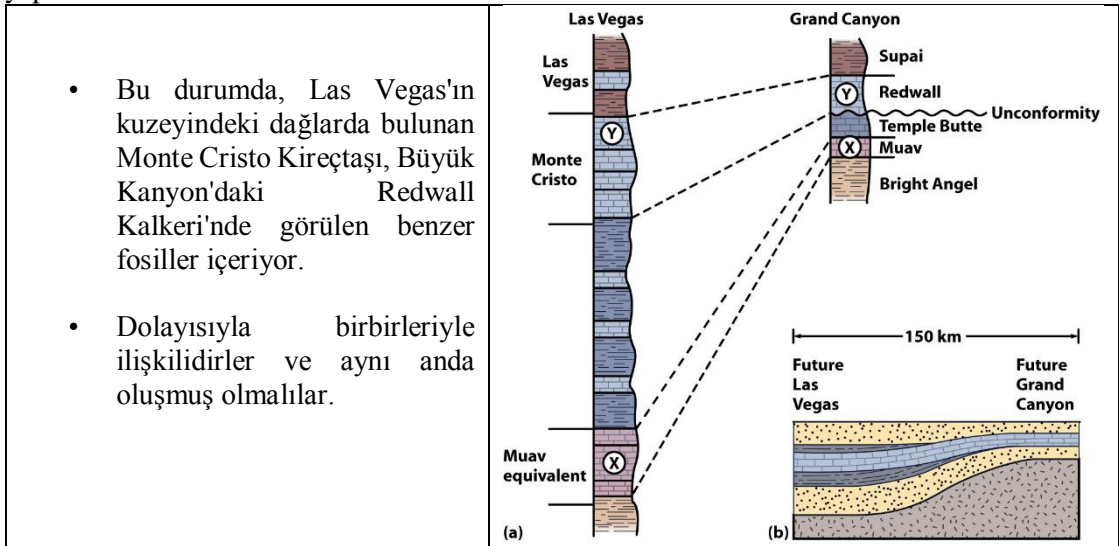
## Litolojik korelasyon

- Birimler bir lokasyonda mevcut fakat diğer alanda eksikse kamalanma (*pinch out*).



## Biostratigrafik (Fosil) Korelasyonu

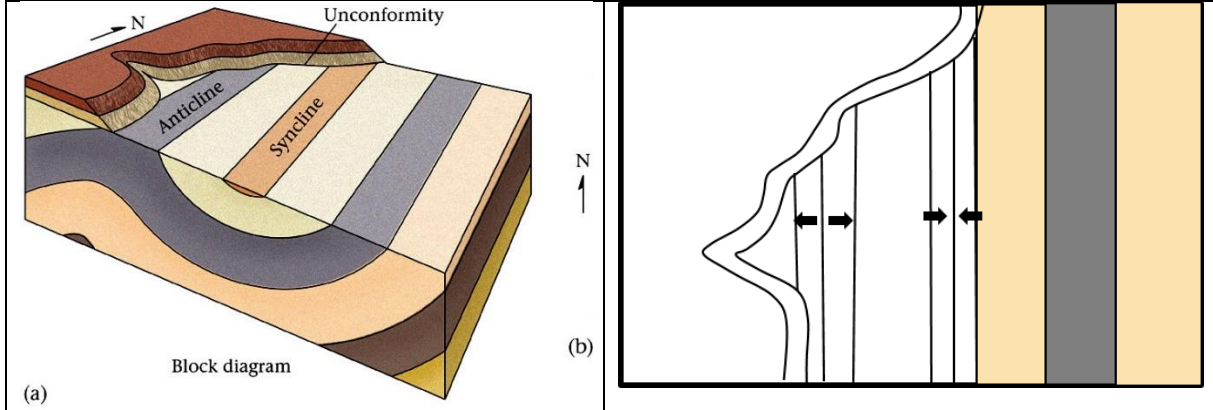
- Büyük mesafelerde jeologlar indeks fosilleri kullanarak birimler arasında korelasyon yapabilirler.



- Bu durumda, Las Vegas'ın kuzeyindeki dağlarda bulunan Monte Cristo Kireçtaşı, Büyük Kanyon'daki Redwall Kalkeri'nde görülen benzer fosiller içeriyor.
- Dolayısıyla birbirleriyle ilişkilidirler ve aynı anda oluşmuş olmalıdır.

## Jeolojik Harita

- Kayaç birimleri korale edilebilir olduğundan, jeologlar kaya oluşumları ile fay hatları gibi diğer fiziksel özelliklerin dağılımlarını ve aralarındaki ilişkileri gösteren çizimler yaparlar. Bu çizimlere **jeolojik harita** denir.
- Jeolojik haritalar kayaçların mekânsal dağılımını göstermektedir ve jeologlar için önemli araçtır. Zeki harita okuyucuları kıvrım, uyumsuzluk ve fay gibi birçok yapıyı bu haritalardan bulabilir.
- Jeolojik haritalar topoğrafik haritalar üzerine geçirilir, böylece haritaya bakan bölgenin 3D boyutlu görünümünü gözünde canlandırabilir.



## Mutlak Yaş– Radyoaktif Bozunma

- Hutton' lu günlerden bu yana, jeologlar jeolojik yapıların görelî yaşlarını belirlemek mümkün olmasına rağmen, kayaçların kesin yaşını belirlemek 1950' li yıllara kadar mümkün olmamıştır.
- Bazı elementlerin kararsız izotopları vardır (aynı protonlara fakat farklı nötronlara sahip atomlar) bozurlar ve enerji yayarlar.
- Radyoaktif elementler bir laboratuvarda ölçülebilen sabit oranda bozurlar.
- Jeologlar günümüzde kayaçların yaşını belirlemek için kayalar içindeki radyoaktif elementleri inceleyebilirler. Bu alana **radyometrik yaşlandırma** veya **jeokronoloji** denir.

## Mutlak Yaşlandırma– Radyoaktif Çürüme

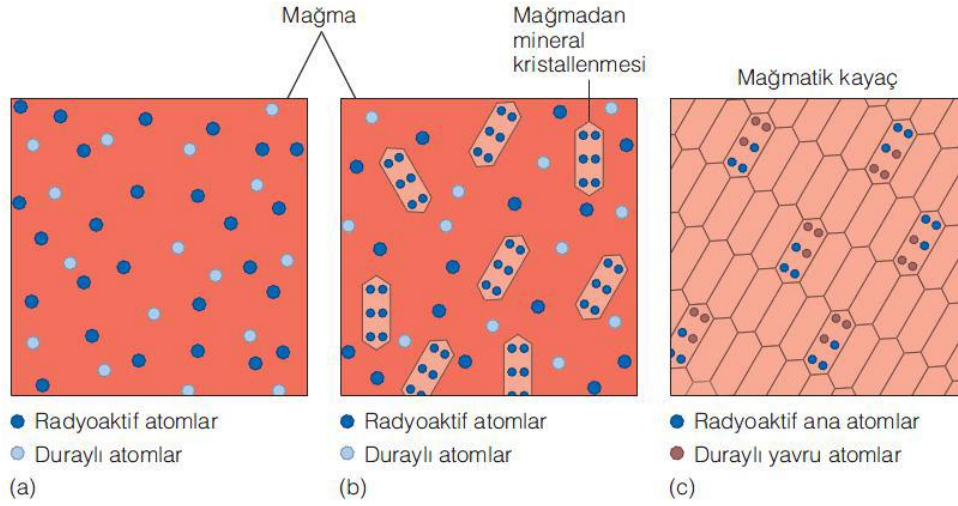
- Belirli bir süre sonra, kararsız izotoplar radyoaktif bozunmaya maruz kalarak farklı elementlere dönüşür ve ısı yayar.
- Bu reaksiyonlar bir elementin atomik numarasını (# proton) değiştirir:

<p>– <b>Alfa bozunması</b>– Çekirdekte (Helyum çekirdeği) 2 proton ve iki nötron çıkar.</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• - <b>Beta bozunması</b> – Hızla hareket eden elektron, çekirdekteki protonu nötronla değiştirerek nötrondan saçılır ve sonuçta atom numarasını bir artırırken atomik kütle numarası değişmez</li></ul> <p>– <b>Elektron yakalama</b>– Bir protona bir elektron katılarak yeni bir nötron oluşturması</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Değişime uğrayan orijinal izotopa Ana izotop (<b>Parent Isotope</b>)</li><li>• Oluşan yeni izotopa Yavru izotop (<b>Daughter Isotope</b>)</li></ul>	
--	--

1903'te Pierre ve Marie Curie'nin radyoaktif bozunmanın tali bir ürün olarak ısıyı açığa çıkardığını bulmasıyla jeologlar, sonunda Yer'in iç ısını ergimmiş bir oluşumdan geriye kalan soğumaya güvenmeden açıklayan bir mekanizmaya kavuştu. Bunun ötesinde jeologlar, jeolojik olayları tam olarak yaşlandırmak ve Hutton, Lyell ve Darwin'in ortaya attığı uzun zaman dönemlerini doğrulamak için güçlü bir araç geliştirmiştir.

### Yarılma Ömrü

Bir radyoaktif izotopun miktarının yarıya inmesi için gereken zamandır. Her radyoaktif izotopun kendine özgü belirli bir yarılma süresi vardır.



(a) Magma hem radyoaktif, hem de duraylı atomlar içerir. (b) Magma soğudukça ve kristallenmeye başladıkça, bazı radyoaktif atomlar belirli minerallerin yapısına girer çünkü gerçek boyutlarında ve kristal yapısına uyuşabilir. Bu yüzden kristallenme anında mineral %100 radyoaktif ana atomlardan ve %0 duraylı yavru atomlardan oluşacaktır. (c) Bir yarıömür sonrasında radyoaktif ana atomların %50'si duraylı yavru atomlarına bozunmuş olacaktır.

### Kayaç Yaşlandırması için Kullanışlı İzotoplar

- Tüm radyoaktif izotoplar jeologlar için kullanışlı değildir. Bunlar kayalarda biraz fazla olmalıdır ve yarılma ömrü jeolojik zamanın kayıt etmek için yeterince uzun olmalıdır.
- Karbon tarihlendirmesi (yarılma ömrü 5730 yıl) sadece oldukça genç toprakları yaşlandırmak için kullanışlıdır.
- Jeokronolojik yaşı ortaya koymak için: örnekler toplanır, uygun olan mineraller ayrılır ve toz haline getirilir, ana/yavru izotoplar çıkarılır (lazer veya asitle), ve daha sonra ana/yavru izotop oranları analiz edilir (kütle spektrometresi= mass spectrometer).

Parent → Daughter	Half-Life (years)	Minerals in which the Isotopes Occur
$^{147}\text{Sm} \rightarrow ^{143}\text{Nd}$	106 billion	Garnets, micas
$^{87}\text{Rb} \rightarrow ^{87}\text{Sr}$	48.8 billion	Potassium-bearing minerals (mica, feldspar, hornblende)
$^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$	4.5 billion	Uranium-bearing minerals (zircon, apatite, uraninite)
$^{40}\text{K} \rightarrow ^{40}\text{Ar}$	1.3 billion	Potassium-bearing minerals (mica, feldspar, hornblende)
$^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$	713 million	Uranium-bearing minerals (zircon, uraninite, apatite)

Sm = samarium, Nd = neodymium, Rb = rubidium, Sr = strontium, U = uranium, Pb = lead, K = potassium, Ar = argon



Ana	İZOTOPLAR Yavru	Ananın Yarı-Ömrü (yıl)	Etkili Yavru Aralığı (yıl)	Yaşlandırılan Mineraller ve Kayaçlar
Uranyum 238	Kurşun 206	4.5 milyar	10 milyon - 4.6 milyar	Zirkon Uraninit
Uranyum 235	Kurşun 207	704 milyon		
Toryum 232	Kurşun 208	14 milyar		
Rubidyum 87	Stronsiyum 87	48.8 milyar	10 milyon - 4.6 milyar	Muskovit Biyotit Potasyum feldispat Tüm metamorfik veya magmatik kayaç
Potasyum 40	Argon 40	1.3 milyar	100,000 - 4.6 milyar	Glokonit Muskovit Biyotit Hornblend Tüm volkanik kayaç

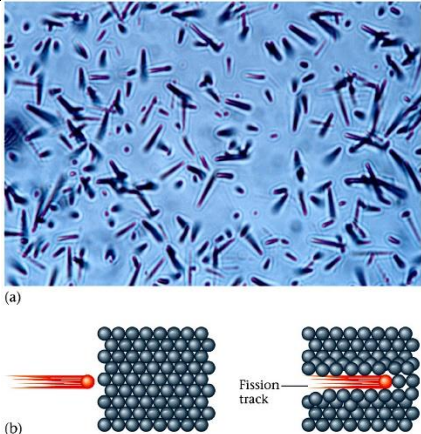
### Radiyometrik Yaş:

*Hangi kayaçları bu yöntemle yaşlandırabiliriz?  
Bize verdikleri yaş neyi ifade eder?*

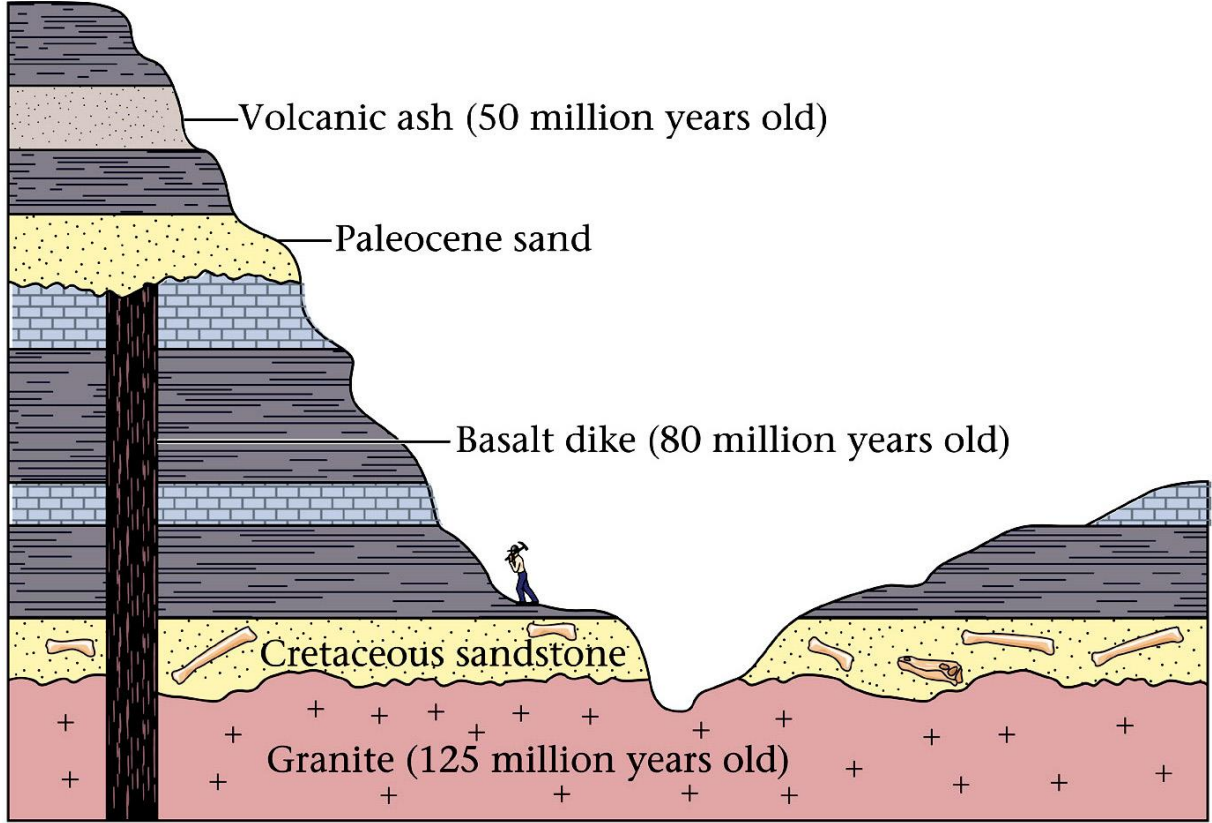
- Yüksek sıcaklıklarda, bir kristaldeki izotoplar o kadar çok hızlı isotopes titreşime uğrar ki kimyasal bağlar çok kolay kırılabilir. Bu yüzden ana/yavru izotoplar anlamsızdır.
- Radyometrik saat kristaller ana ve yavru izotoplar için yeteri kadar soğuyup, sabitlendiği zaman başlamaktadır. Bu sıcaklığa **bloke sıcaklığı** denir.
- Bloke sıcaklığı tipik olarak önemli ölçüde erime sıcaklığından soğuktur ve tüm mineraller aynı bloke sıcaklığına sahip değildir.
- Örnek olarak derinlik kayaçlarında, radyometrik tarih size lav/magmanın düşük sıcaklıkta soğuduğu zamanı söyler.
  - Bir lav akışında, farklı izotoplar çok benzer yaşları verirler, çünkü lav akışları çok hızlı soğur.
  - Plütonlarda, farklı mineraller farklı yaşlar üretebilirler, çünkü Plütonlar soğuması binlerce-milyonlarca yıl alabilir.
  - Metamorfik kayaç örneklerinde, bir radyometrik yaş size kayacın yüksek dereceli metamorfizmadan düşük sıcaklığa (yüzeylenmeye) geçiş yapıp soğuduğu zamanı işaret ederler.
- Çoğu sedimanter kayaçlara radyometrik olarak yaş verilemez.

### Füzyon İzleri

- Bazı minerallerde, radyoaktif bozunma sırasında bir atom parçacığının çıkarılması yakındaki kristal bir çizgi oluşturur, buna füzyon izi olarak adlanır.

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zaman geçtikçe, daha fazla izotop bozunur ve daha fazla füzyon izi meydana gelir.</li> <li>• Jeologlar üretilen füzyon izlerinin oranını laboratuvarında ölçebilirler.</li> <li>• Bir kristalin hacmi başına füzyon parça sayısı kristalinin yaşını temsil eder.</li> </ul>	
--	--

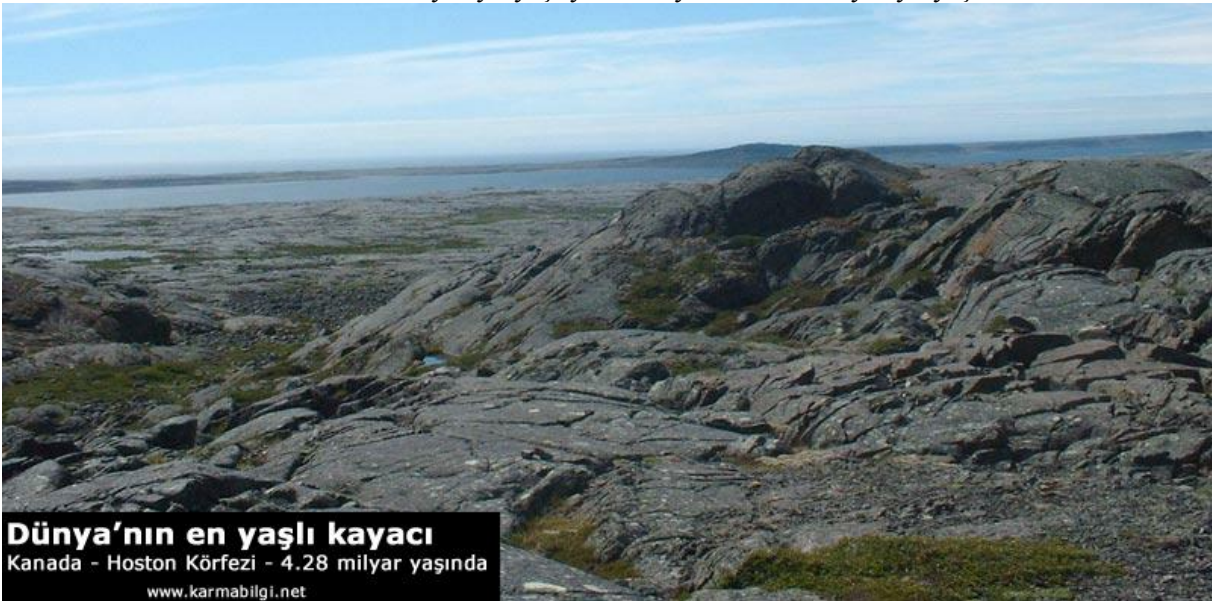
### Sedimanter Kayaçların Yaşlandırılması



- Doğrudan çoğu sedimanter (tortul) kayaçların sayısal yaşını hesaplayamadığımız için, jeologlar tarihlendirilebilir magmatik kayaçların yaşlarına daha da fazla güvenilir.

### Dünyanın yaşı

- Jeologlar en yaşlı kayacı kuvarsit (metakumtaşı) = 4.1-4.2 Ga olarak Avusturalya' da buldular. Ayrıca Kanada'nın Quebec eyaletindeki bir volkanik yatakta 4,28 milyar yaşlı kayalar keşfedildi.
- Eğer biz objelerin çoğunu yıldızlararası buluttan yaklaşık olarak aynı zamanda oluştuğunuz farz edersek (örn. nebular teori)
  - Meteoritler 4.57 milyar yıl yaşlıysa. Dünyada ~4.57 milyar yıl yaşlı olmalıdır.



**Dünya'nın en yaşlı kayacı**  
Kanada - Hoston Körfezi - 4.28 milyar yaşında  
[www.karmabilgi.net](http://www.karmabilgi.net)

## **Jeolojik Zaman 1 Dünya Yılına Eşitlenirse**

- Sadece eğlence için, jeolojik zamanın bir Dünya yılı indirgenip belirli olayların günlerini kaydettiğini söyleyelim.
- Dünya Oluşumu - 1 Ocak
- İlk Kayalar - 21 Şubat
- İlk Olan Korumalı Omurgasız Hayvanlar - 25 Ekim
- İlk Amfibiler - 20 Kasım
- Pangea Oluşumu – 7 Kasım
- İlk Memeliler, Kuşlar ve Dinazorlar - 15 Aralık
- Dinazorlar Yok Oluyor - 25 Aralık
- İlk Homo Sapiens (İnsan Ataları) - 31 Aralık
- Son Buz Çağı Sonu – 31 Aralık 11:59.
- Kaydedilen İnsanlık Tarihi - Gece yarısından önce son 30 saniye.
- İnsanlık tarihi Dünya tarihinde % 0.000001 (1/100 milyar).

Jeoloji Mühendisleri Dünya' nın ne kadar az bir zamanına şahit olduklarını yukarıdaki örnekten daha iyi anlıyoruz. Günümüzdeki Jeologlar dünya kabuğuna bakarak 4.56 milyon 930 bin yıldan bugüne kadar nasıl bir evrim geçirdiğini (kayaçlara, onların bileşimine ve kayaçların geçirdiği deformasyon vb. özelliklere bakarak) yorumlamaya çalışmaktadırlar. Ayrıca Dünya' nın geçirdiği bu değişim süresince nerelerde metalik maden yatakları, petrol-doğal gaz vb. gibi yeraltı kaynaklarının biriktiğini bilimsel verilerle ortaya koyar.