

# HİD253 Termodinamik İlkeleri

## 10. Hafta Jeolojik Süreçler ve Termodinamik İlkeleri

Prof.Dr. C. Serdar BAYARI, Jeoloji Mühendisliği Bölümü Hidrojeoloji Anabilim Dalı



# Jeoloji Süreçler ve Termodinamik İlkeleri

Yasa 1: Enerji/kütle korunur, sabittir, yok edilemez, yoktan var edilemez. Enerji türleri arasında dönüşüm mümkündür.

Yasa 2: Enerji/kütle her zaman daha faydalı iş yapabileceği konumdan daha az faydalı iş yapabileceği konuma doğru kendiliğinden hareket etme eğilimindedir. Enerjinin bir kısmı ile faydalı iş yapılamaz, bu kısım ziyan olur. Sonuçta tüm süreçlerde entropi değişimi ya sıfırdır ya da sıfırdan büyüktür.



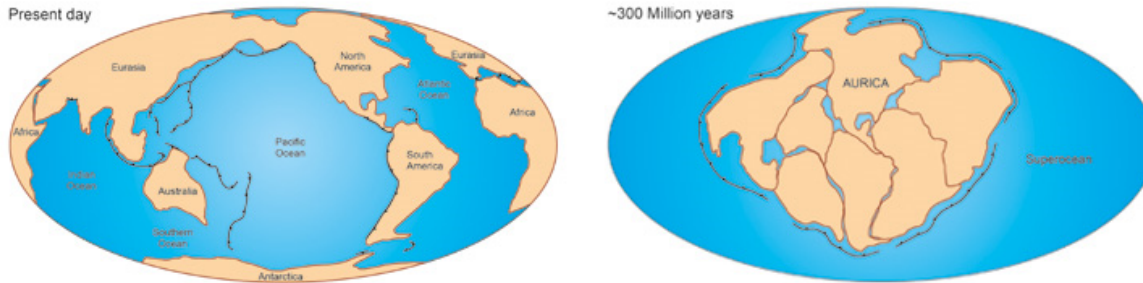
Yerkürenin yüzeyi yer kabuğunun oluşumundan beri hareket eden okyanusal ve karasal plakalardan oluşur. Plakaların hareket etmesi için gereken enerji yerin içinden sağlanır. Bu enerjinin kaynağı nedir? Bu enerji sonsuz mudur?

# Plaka Tektoniği ve Termodinamik İlkeleri

## Wilson Çevrimi (Wilson Cycle)

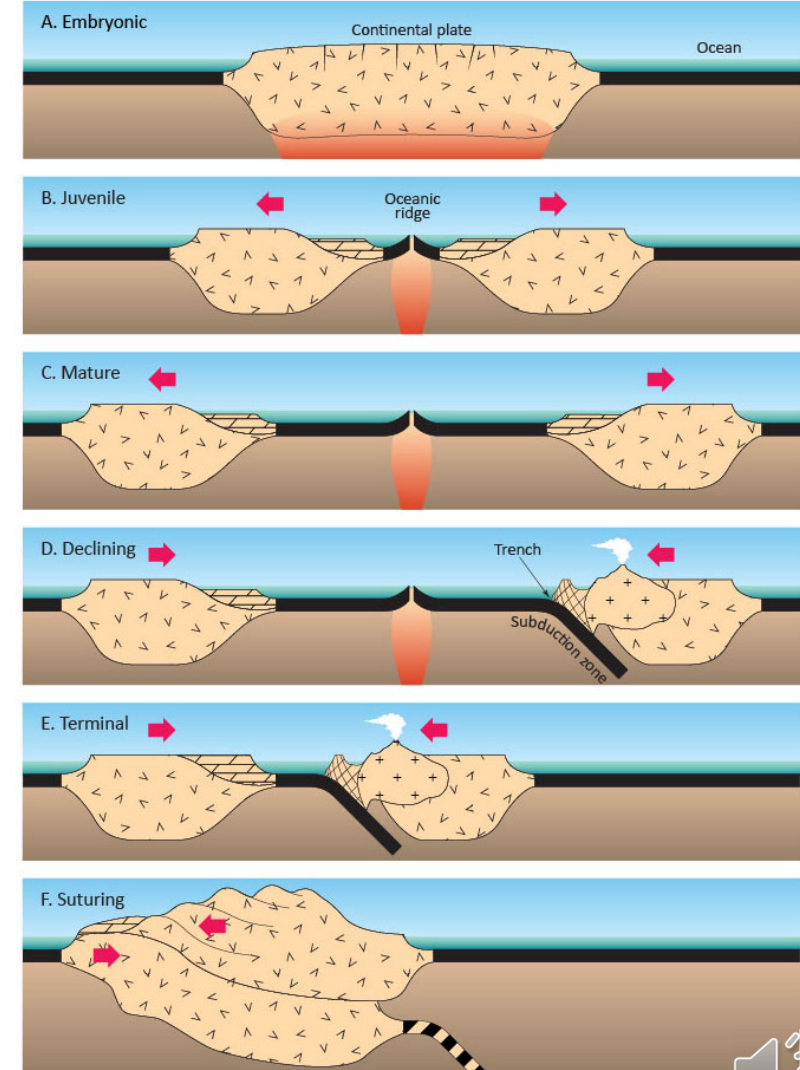
[https://www.youtube.com/watch?v=l\\_q3sAcuzlY&feature=emb\\_logo](https://www.youtube.com/watch?v=l_q3sAcuzlY&feature=emb_logo)

Yerkürede okyanusal ve karasal kabuğu oluşturan plakalar sürekli hareket ederler. Bu hareket bir anlamda periyodiktir (450 milyon yıl). Zamanla tüm kıtasal kabuk parçaları birleşir ve tek bir süper kıta oluştururlar (örğ. Pangea). Bu süper kıta tekrar parçalanarak kıtaları oluşturur. Günümüzde ayırık konumda bulunan kıtalar da gelecekte birleşerek tek bir süper kıta oluşturacaklar ve bu süper kıta tekrar parçalanacaktır. Bu süreç Wilson Çevrimi olarak bilinir. Süreç, kıtaların hareket etmesini sağlayan enerji tükenene değin devam edecektir.



Ocean basin opening

Basin Closing

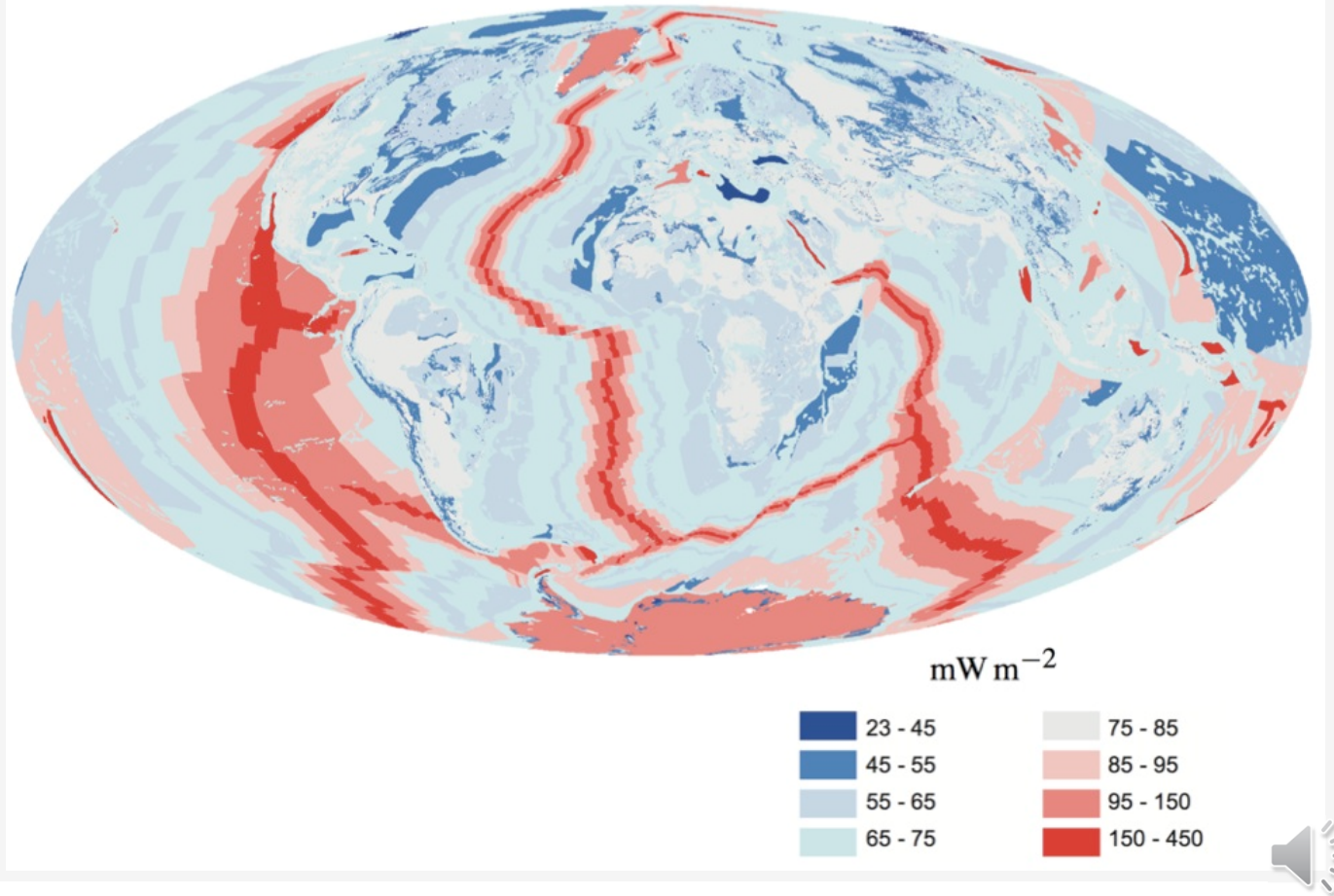


Kaynak: <https://www.ametsoc.org/amsedu/OTIDS/2.10.html>

# Plaka Tektoniği ve Termodinamik İlkeleri

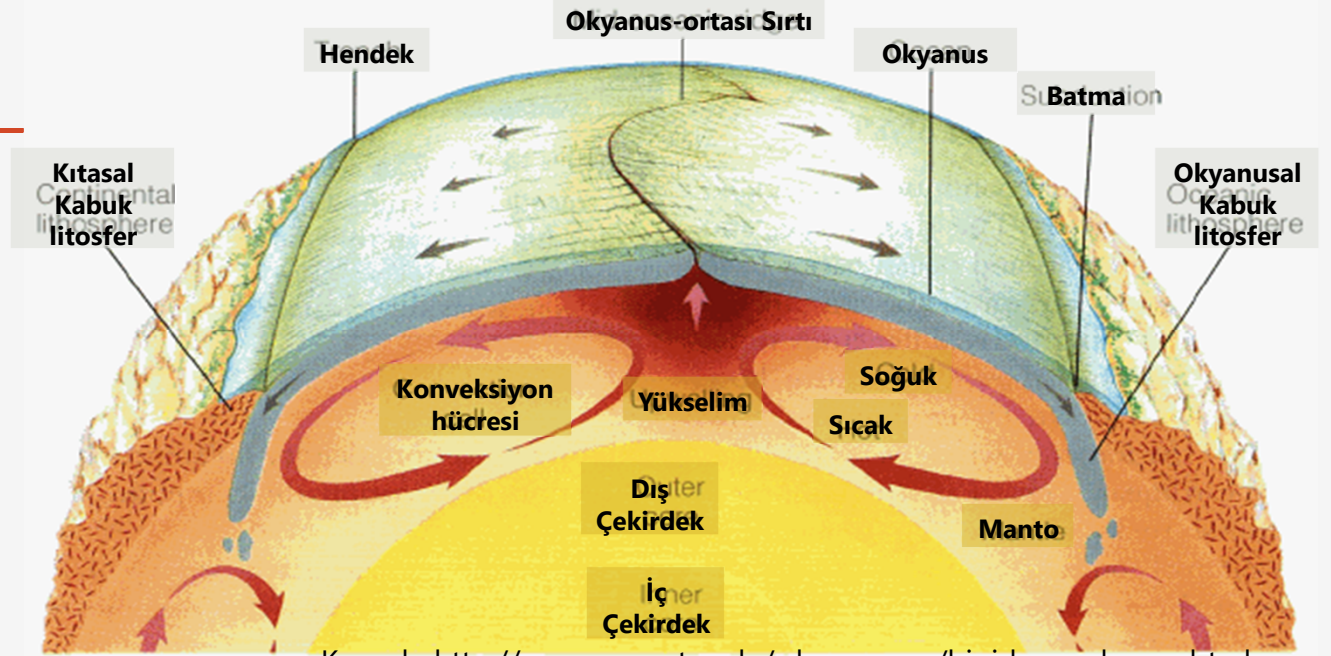
Yerkabuğunu oluşturan farklı plakaların arasındaki sınır ya açılma, ya kapanma ya da farklı yönlerle hareket etme eğilimindedir.

Bu hareket kabuk altında bulunan magmanın hareketinden kaynaklandığı için magma kaynaklı ısı bu sınırlar boyunca daha yoğundur. Bu sınırlar boyunca yerin içinden dışına doğru olan ısı akısı  $500 \text{ mWm}^{-2}$  değerine değin ulaşabilmektedir. Magma kökenli ısı akısının sınırlı olduğu yerlerde ise bu değer  $25 \text{ mWm}^{-2}$  değerine değin (20'de 1) azalır. Plaka sınırları ve faylar gibi kabuk süreksizlikleri ile ilgili gerilimler depremlere neden olurlar. Bu alanlar ve yakınlarında sıcak su kaynakları ile karşılaşılır. Suyu ısıtan nedir?



# Plaka Tektoniği ve Termodinamik İlkeleri

Okyanusal ve kıtasal kabukların hareketi altta yer alan magmanın hareketinden kaynaklanır. Yerin iç kısmındaki ısı kabuktaki ısıdan daha yüksektir. Bu nedenle ısı yukarı doğru hareket eder. Isının bu taşınımı hem konduksiyon (elden ele) hem de konveksiyon (taşıma) ile gerçekleşir. Yüksek ısı artan titreşimden dolayı atomlar arası uzaklığın artmasına neden olur. Böylece birim hacimde daha az kütle olduğu için yoğunluk azalır. Bu durumda birim hacime uygulanan yerçekimi kuvveti de azaldığından sıcak ama düşük yoğunluklu magma yükselir. Yükselirken ısıyı da beraberinden yukarı taşır. Kabuk ısısı magmaya göre düşüktür, bu nedenle magma ısısının bir kısmını kaybeder. Soğuyan magmada atomik titreşim azalır, atomlar arası mesafe kısalır birim hacim ağırlığı artar. Artan yerçekimi kuvvetinden dolayı soğuyan magma batmaya başlar. Isınma nedeniyle yükselen magma bu batışa engel olacağından batma başka bir yoldan gerçekleşir. Bu durum bir döngünün oluşmasına neden olur. Bu döngüye Konveksiyon Hücresi denir.



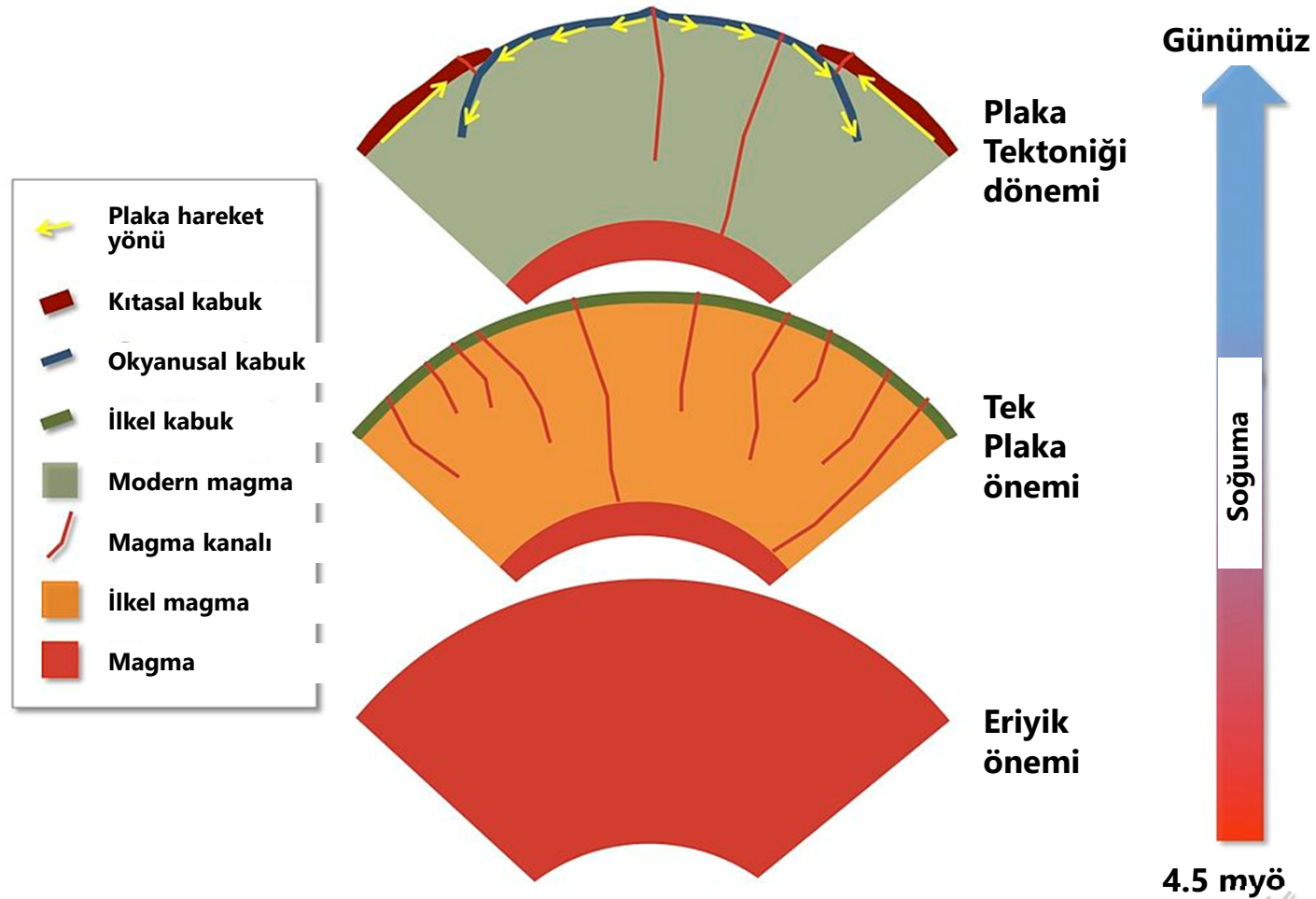
Kaynak: <http://www.geo.mtu.edu/~hamorgan/bigideaswelcome.html>

Yükselen magma okyanus ile temas edince soğur ve volkanik kaya şeklinde katılaşır. Hem kabuğa eklenen ek kaya kütlelerinin ek yer gereksiniminden hem de konveksiyon hücrelerinin ters yönlü hareketinden dolayı oluşan okyanus kabuğu ters yönlerde hareket eder. Neden konveksiyon hücreleri ters yönlerde dönmek zorundadır? Okyanus-ortası Sırtından itibaren iki yana hareket eden okyanusal kabuk bu hareketi sırasında ısı kaybından dolayı soğur. Oluştugu sırt dolayında sıcaklığından dolayı düşük olan okyanusal kabuğun yoğunluğu ısı kaybından dolayı sırttan uzaklaştıkça artar. Artan yoğunluğundan dolayı okyanusal kabuk kıtasal kabukla çarpışınca kıtasal kabuğun altına batar. Batan kabuğun bir kısmı eriyerek magmaya, bir kısmı eriyerek kıtasal volkanizmaya katılır. Okyanusal kabuğun hızlı dalması durumunda erime gerçekleşmez, dalan kabuğun kırılmasından dolayı derin odaklı (> 800 km) depremler oluşur.



# Plaka Tektoniği ve Termodinamik İlkeleri

Yerkürenin ilk oluşum zamanında (4.5 milyar yıl öncesi) küre tamamen magmadan oluşmuştur. Uzaya ısı kaybı sonucu soğuma ile ilkel kabuk oluşmuştur. Bu aşamada plaka hareketleri henüz başlamamıştır. Yerkürenin iç kesimlerdeki ısının ve iç kesimlerden yüzeye ulaşan ısının azalması ile günümüzdeki benzer yerkabuğu oluşmuş ve plaka hareketleri başlamıştır.



Kaynak: [https://www.wikiwand.com/en/Earth%27s\\_internal\\_heat\\_budget](https://www.wikiwand.com/en/Earth%27s_internal_heat_budget)

# Plaka Tektoniği ve Termodinamik İlkeleri

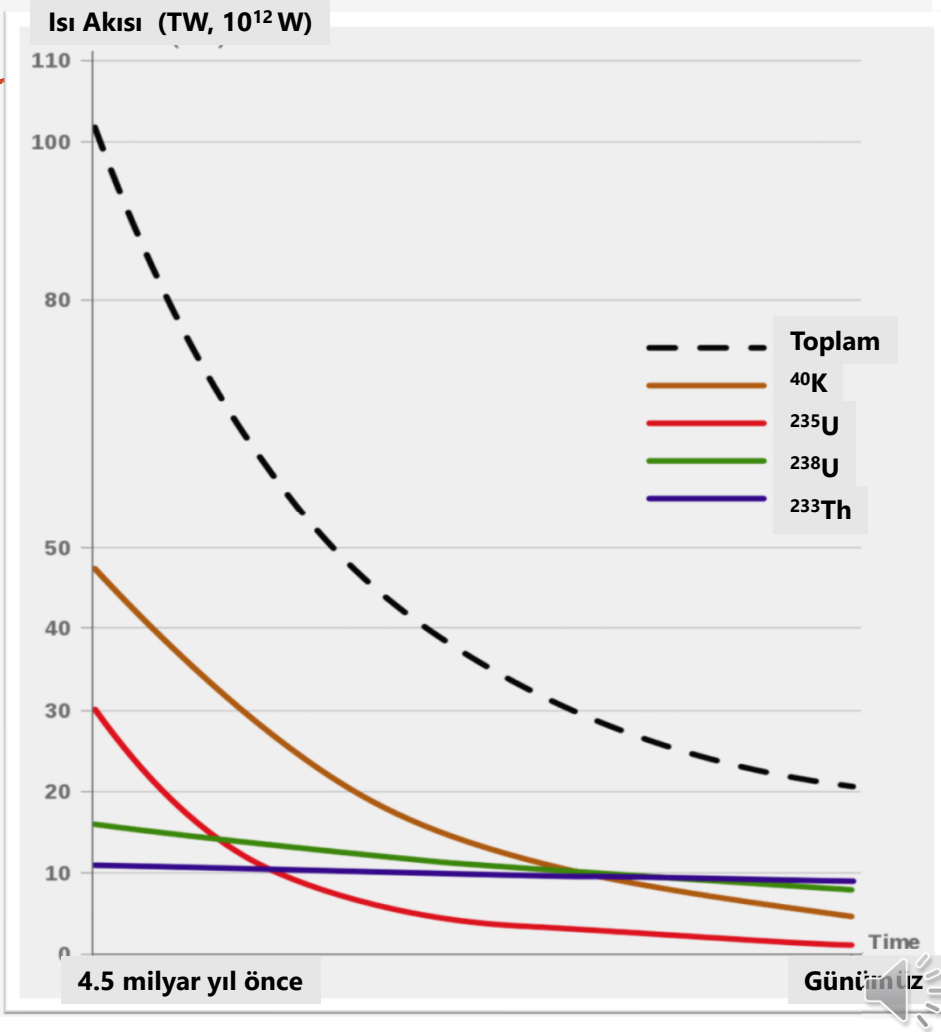
Yerküre içinde magmanın plastik-akışkan halde bulunmasını sağlayan nükleer reaksiyonlardan kaynaklanan ısıdır.

Radyojenik ısı olarak adlandırılan bu ısının başlıca kaynağını oluşturan anne (İng. mother) izotoplar  $^{40}\text{K}$ ,  $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$  ve  $^{232}\text{Th}$  (ve bunlarla ilişkili kız İng. daughter) izotoplardır.

Şekilde yerkürenin oluşumundan günümüze bu izotopların bozunmasından kaynaklanan ısının zamanla nasıl azaldığı gösterilmektedir.

Aşağıdaki tabloda her bir izotoptan salınan ısı miktarı ( $\text{W kg}^{-1}$ ), izotopun yarı-ömrü (yıl), izotopun mantodaki ortalama derişimi ( $\text{kg izotop/kg_manto}$ ) ve mantonun kilogramı başına ilgili izotoptan salınan ısı enerjisi miktarı ( $\text{W kg_manto}^{-1}$ ) gösterilmektedir.

| İzotop            | Isı salınımı<br>$\frac{\text{W}}{\text{kg izotop}}$ | Yarı ömür           | Ortalama Mantodaki Derişim<br>$\frac{\text{kg izotop}}{\text{kg mantle}}$ | Isı salınımı<br>$\frac{\text{W}}{\text{kg mantle}}$ |
|-------------------|-----------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| $^{232}\text{Th}$ | $26.4 \times 10^{-6}$                               | $14.0 \times 10^9$  | $124 \times 10^{-9}$                                                      | $3.27 \times 10^{-12}$                              |
| $^{238}\text{U}$  | $94.6 \times 10^{-6}$                               | $4.47 \times 10^9$  | $30.8 \times 10^{-9}$                                                     | $2.91 \times 10^{-12}$                              |
| $^{40}\text{K}$   | $29.2 \times 10^{-6}$                               | $1.25 \times 10^9$  | $36.9 \times 10^{-9}$                                                     | $1.08 \times 10^{-12}$                              |
| $^{235}\text{U}$  | $569 \times 10^{-6}$                                | $0.704 \times 10^9$ | $0.22 \times 10^{-9}$                                                     | $0.125 \times 10^{-12}$                             |

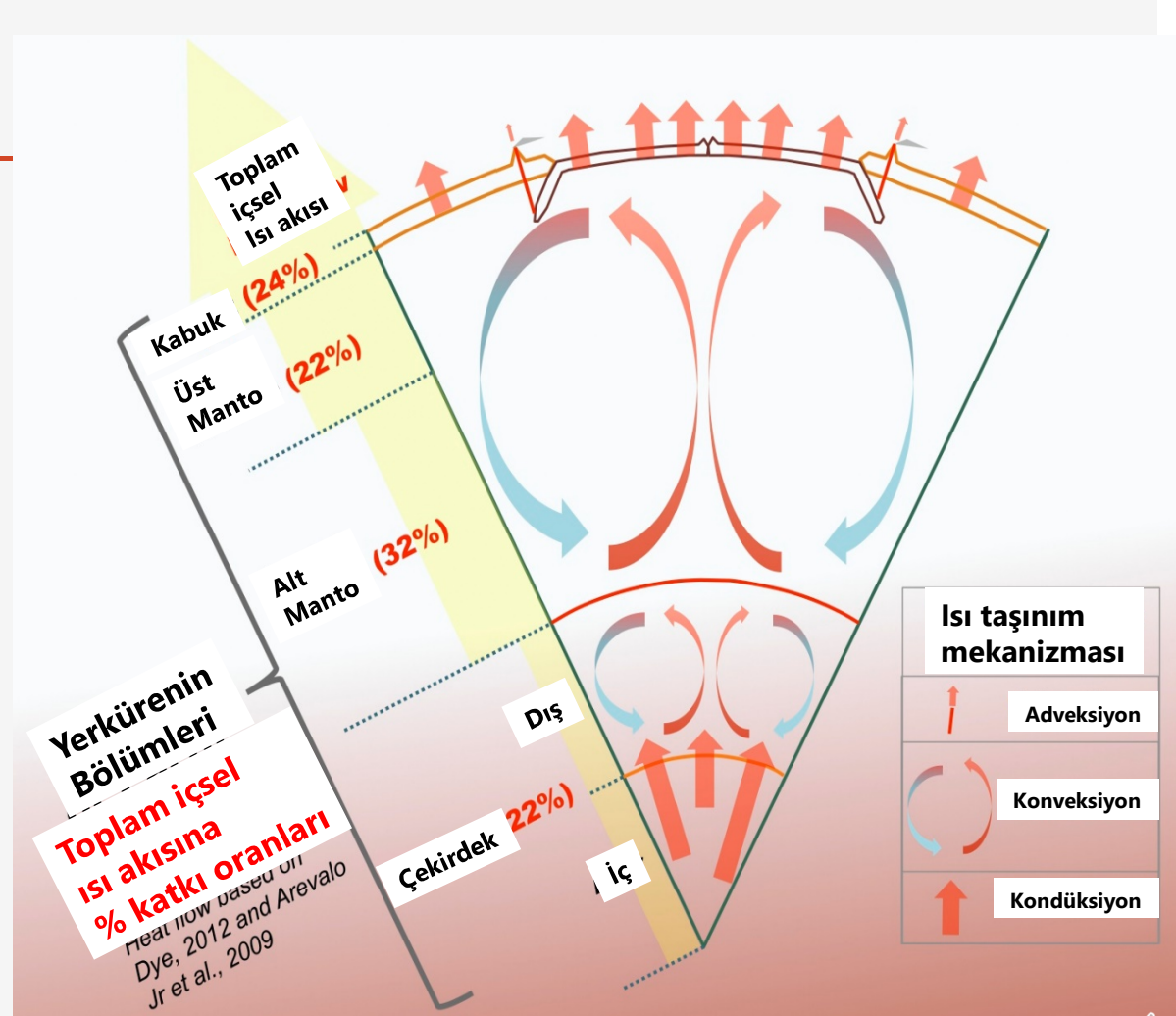
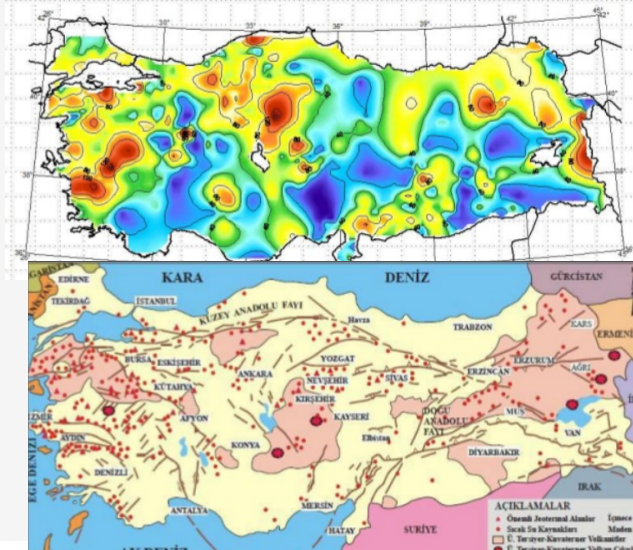


# Plaka Tektoniği ve Termodinamik İlkeleri

Şekilde yerküreden dışarıya yayılan içsel ısının üretildiği bileşenler gösterilmektedir.

Isının % 24'ü yani yaklaşık 1/4'i kabuktan yayılmaktadır. Kabuktan yayılan bu ısı kabuğun her yerinde aynı büyüklükte değildir. Türkiye'de ortalama ısı akısı 74 mW/m<sup>2</sup> dolayındadır.

Aşağıda Türkiye'deki ısı akısı dağılımı ile genç tektonik hatlar, volkanizma ve sıcak su kaynaklarının dağılımı gösterilmiştir. Yorumlayınız?



Konveksiyon sıvının hareketi ile taşımadır. Konveksiyon adveksiyonun yanısıra kondüktif ve difüzyif taşıması da içerir. Adveksiyon sıvının hareketi ile –çoğunlukla- yatay taşımadır.

# Plaka Tektoniği ve Termodinamik İlkeleri

Plaka Tektoniği sürecini termodinamik ilkeleri çerçevesinde anlatınız.

