



12. LEVHA TEKTONİĞİ VE BİRLEŞTİRİCİ BİR KURAM

Katı Yeryuvarı	<i>Mantodaki konveksiyon akımlarıyla işleyen levha tektoniği, sırasıyla dağ oluşumu süreçleri ile bağlantılı magmatik ve metamorfik etkinliklerden sorumludur.</i>
Atmosfer	<i>Kıtaların dizilimleri güneşten gelen ısı ile soğumayı ve dolayısıyla rüzgarı ve hava sistemlerini etkiler. Hızlı levha yayılması ve sıcak nokta etkinliği ile atmosfere çıkan volkanik karbondioksit ve küresel iklimi etkiler.</i>
Hidrosfer	<i>Kıta dizilimleri ayrıca okyanus akıntılarını da etkiler. Yayılma hızı, okyanus ortası sırtların hacmini ve sonuçta deniz düzeyini etkiler. Kıtaların konumları buz çağlarının başlamasına katkıda bulunur.</i>
Biyosfer	<i>Kıtaların hareketi hayvan göçleri için koridorlar ya da engeller yaratır ve bu sayede ekolojik nişler ortaya çıkar. Yaşam alanları aşağı yukarı uygun iklimlere taşınabilir.</i>
Dünyadışı	<i>Kıtaların dizilimi okyanusta olan gelgitlerin serbest dolaşımını ve Yer'in dönüşünün gelgit yavaşlamasını da etkiler.</i>

Tablo 12.1: Levha tektoniği ve yer sistemleri.

➤ Kıtaların Kayması İle İlgili İlk Düşünceler Nelerdir?

Güney Amerika'nın doğu kıyıları ile Afrika'nın batı kıyılarını gösteren ilk haritalar, muhtemelen insanları kıtaların bir zamanlar birlikte bulunmuş olduğu ve daha sonra ayrılarak bugünkü konumlarına getirdiğini düşündüren ilk kanıtlardır (*Şekil 12.1*).



Şekil 12.1: Avustralya'da Üst Permiyen Yaşlı Dunedoo Formasyonundan alınmış Glossopteris yaprakları. Glossopteris bitki topluluğuna ait fosiller beş Gondwana kıtasında da bulunmuş olup bu kıtaların bir zamanlar bağlantılı olduğunu gösteren kanıtlar sunarlar.

▪ Alfred Wegener Ve Kıtaların Kayması Varsayımı

Alman bir meteorolog olan Alfred Wegener (Şekil 12.2) genellikle **kıtaların kayması** varsayımını geliştiren kişi olarak tanınır. Wegener, *The Origin of Continents and Oceans* (kıtaların ve okyanusların kökeni) adlı tarihi kitabında bütün kara parçalarının başlangıçta Yunanca anlamı “bütün karalar” olan **Pangea** adlı tek bir süperkıtanın içinde birleşmiş olduğunu önermişti. Wegener, kıtaların kayması ile ilgili büyük düşüncesini, Pangea’nın parçalanması ve çeşitli kıtaların şimdiki yerlerine hareketini gösteren bir dizi haritayla ortaya koymuştu. Wegener kıtaların kayması düşüncesini destekleyen çok sayıda jeolojik, paleontolojik ve iklimbilimsel kanıt toplamıştı, ama bilim adamlarının alışılmışın dışında olan bu düşüncelerine ilk tepkileri oldukça karışıktı.



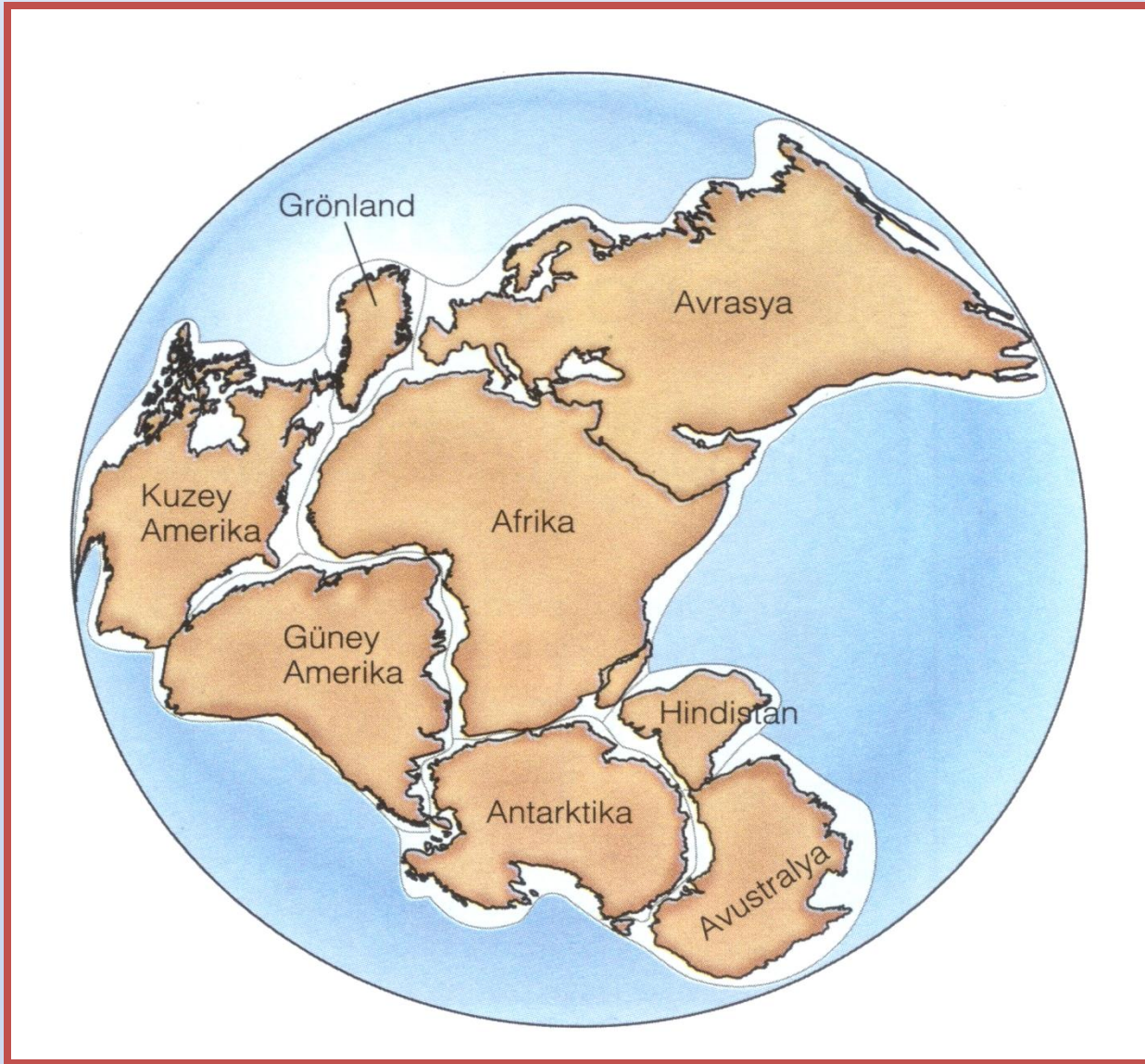
Şekil 12.2: Alman meteorolog Alfred Wegener, 1912 yılında çok sayıda jeolojik, paleontolojik ve iklimbilimsel kanıta dayanarak kıtaların kayması varsayımını ortaya atmıştır. Burada Grönland'da Kuzey Kutbu kışında bir araştırma kulübesinde beklerken gösteriliyor.

➤ Kıtaların Kaymasının Kanıtları Nelerdir?

▪Kıta Kıyılarının Uyumu

Wegener, tıpkı kendinden öncekiler gibi özellikle Güney Amerika ve Afrika olmak üzere Atlas Okyanusu'nun iki yanındaki kıta kıyılarının birbirlerine çok benzemesinden etkilenmişti. Bu benzerliği önce bir süperkıta olarak birlikte bulunan kıtaların daha sonra ayrıldıklarını kanıtlayan bir veri olarak kullanmıştı. Görüşlerinden anlaşıldığı gibi kıyı çizgilerinin şekilleri, aşındırma ve çökeltme süreçleriyle devamlı değişmektedir. Bundan dolayı, Wegener'in öne sürdüğü gibi kıtalar Mezozoyik Zaman'da ayrılmış olsa bile kıyı çizgilerinin tam olarak çakışması beklenemez.

Aşınmanın en az olduğu kıta yamaçları boyunca kıtaları birbirine çakıştırmak çok daha gerçekçi bir yaklaşımdır. 1965 yılında İngiliz jeofizikçi Sir Edward Bullard ve iki yardımcısı, kıta kenarlarının birbirleri ile en iyi uyumu yaklaşık 2000 m derinde hemen gösterdiğini bulmuşlardır (*Şekil 12.3*).



Şekil 12.3: Kıtalar arasında en iyi çakışma, aşınmanın en az olduğu kıta yamacı boyunca gerçekleşir.

■ Buzul Kanıtları

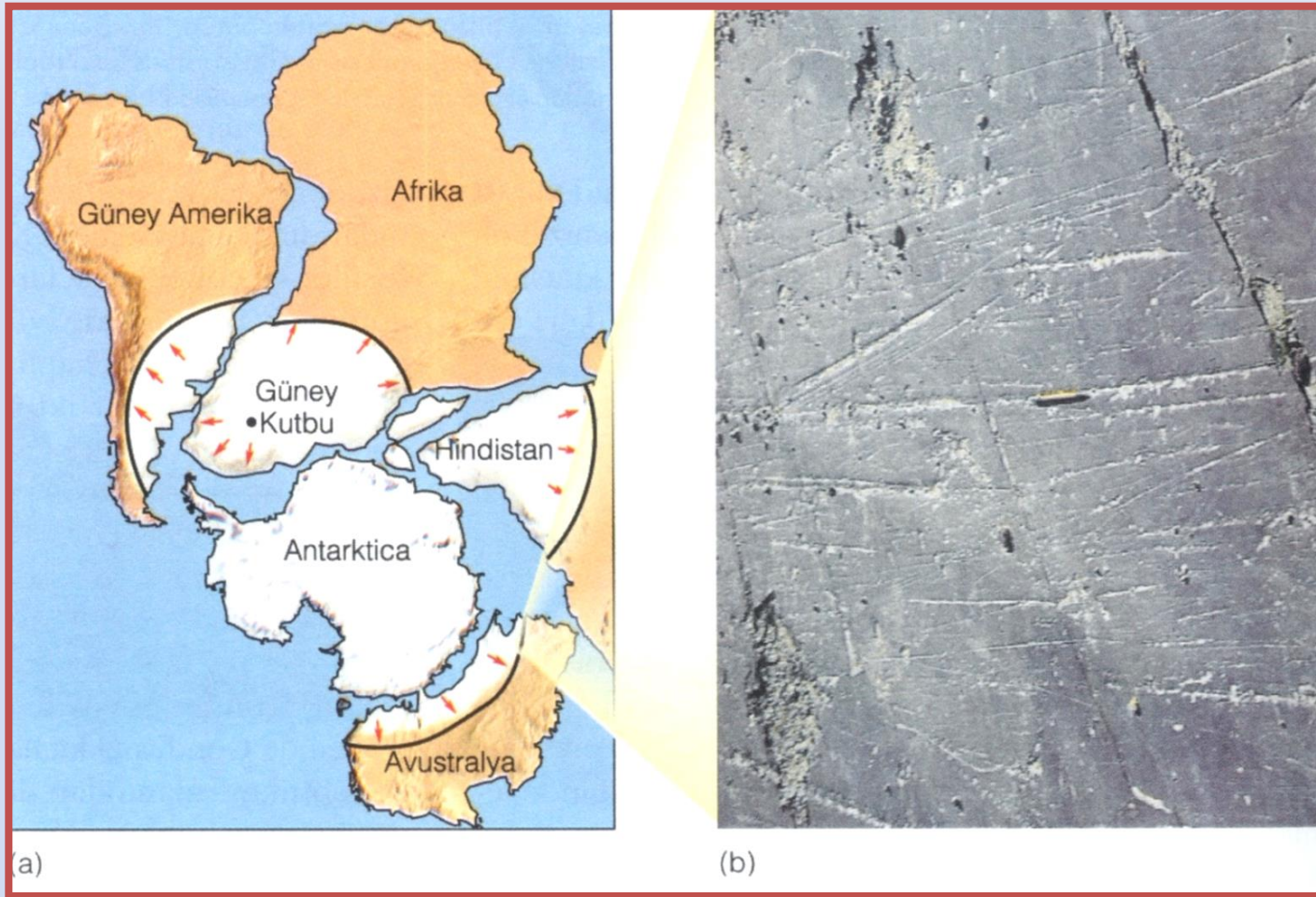
Antarktika dışında bütün Gondwana kıtaları günümüzde ekvatora yakındır ve astropik-tropik iklim koşullarına sahiptir. Avustralya, Hindistan ve Güney Amerika'daki buzul çiziklerinin haritalanması, buzulların bugünkü okyanus alanlarından karalara doğru hareket ettiğini gösterir. Büyük kıta buzullarının Geç Paleozoyik Dönemde Gondwana kıtalarında bulunanlar gibi merkezdeki birikme alanından dışa, denizlere doğru ilerlediği düşünülürse bu durumun olanaksızlığı anlaşılır.

Eğer kıtalar geçmişte hareket etmeseydi, buzulların okyanuslardan karalara doğru nasıl ilerlediğini ve büyük ölçekli kıta buzullarının ekvator yakınında nasıl oluştuğunu açıklamak zorlaşacaktı. Ancak Güney Afrika Güney Kutbu'nda konuşlanacak şekilde kıtalar tek bir kara kütlesi olarak bir araya getirilirse, Geç Paleozoyik kıta buzullarının hareket yönü anlamlı hale gelir. Ayrıca, bu coğrafi düzenleme sayesinde kuzey kıtaları, Lavrasya'dan elde edilen fosil ve iklim bilimsel kanıtları da tutarlı olan tropik bölgelere yaklaşır (*Şekil 12.6*).

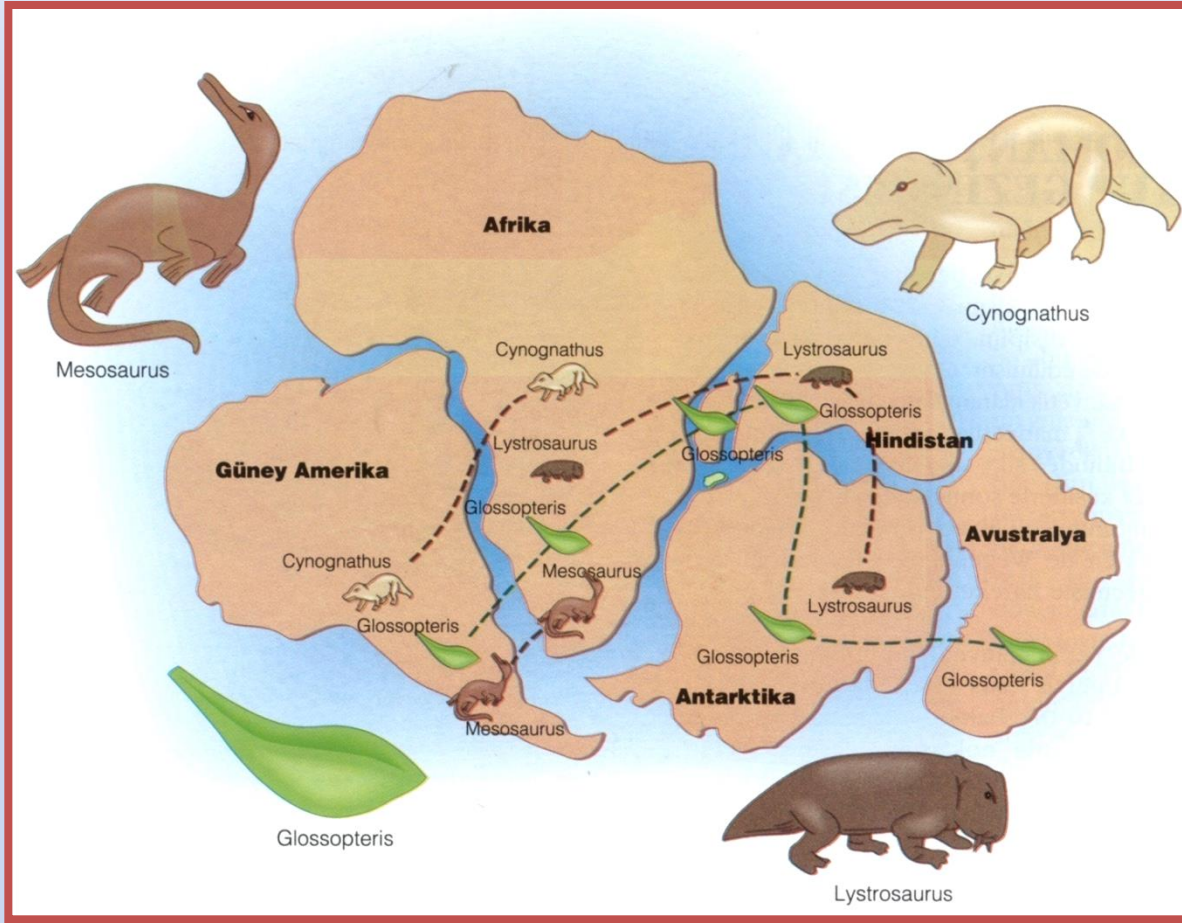
▪ Fosil Kanıtları

Kıtaların kayması ile ilgili en önemli kanıtlardan biri de fosil kayıtlarıdır (Şekil 12.7). Beş Gondwana kıtasındaki eşdeğer Pensilvaniyen-Permiyen yaşlı kömür yataklarında *Glossopteris* bitki topluluğuna ait fosiller bulunmuştur. *Glossopteris* bitki topluluğu, *Glossopteris eğreltiotu* (Şekil 12.1) ve başka birçok belirgin ve kolayca tanınabilen bitkilerle ayırt edilir. Bitkilerin polen ve sporları rüzgarla çok uzak yerlere dağılabilir, ancak *Glossopteris* tipi bitkilerin rüzgarla taşınamayacak büyüklükte tohumları vardır. Tohumlar okyanusu yüzerek geçmiş olsaydı bile, tuzlu su içinde uzun süre canlı kalamayacağı görünür.

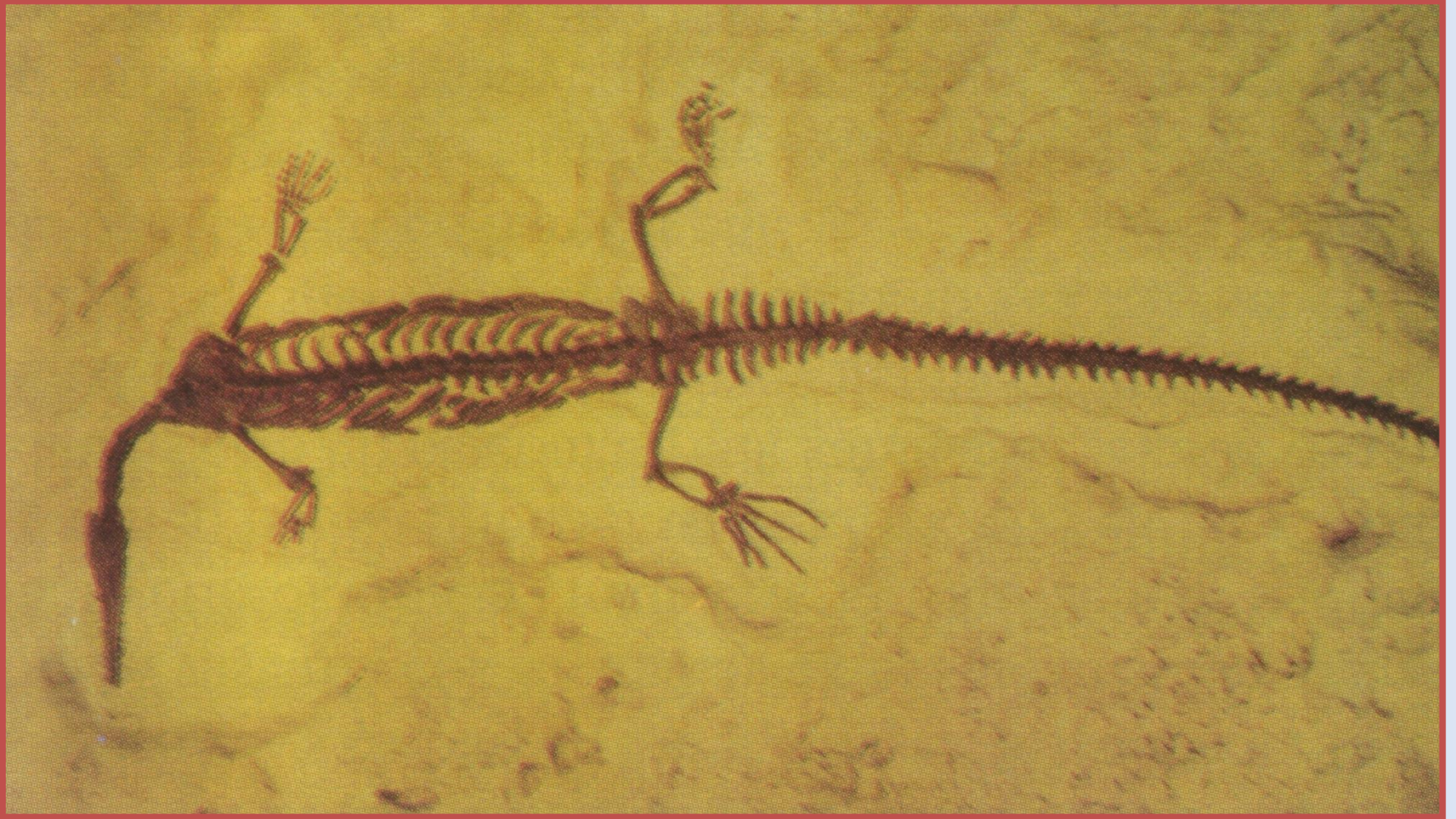
Hayvanların fosil kalıntıları da kıtaların kaymasını destekleyen güçlü kanıtlar sunar. Buna en iyi örneklerden birisi bir tatlı su sürüngeni olan **Mesosaurus**'tur. Bu hayvanın fosilleri dünyanın başka bir yerinde değil de yalnızca Brezilya ve Güney Afrika'nın belli bölgelerindeki Permiyen yaşlı kayalarda bulunmuştur (Şekil 12.7 ve 12.8). Tatlı suda ve denizde yaşayan hayvanların vücut yapıları tümüyle farklı olduğundan bir tatlı su sürüngenin Atlas Okyanusunu yüzerek geçtiği ve eskiden yaşadığı ortama benzer bir tatlı su ortamını bulduğunu düşünmek çok güçtür. Ayrıca, eğer *Mesosaurus* okyanusu yüzerek geçebilmiş olsaydı, fosil kalıntılarına başka yerlerde de rastlanacaktır. *Mesosaurus*'un şu anda Güney Amerika ve Afrika olan bir zamanlar birleşik tek bir kıtanın göllerinde yaşadığını düşünmek daha mantıklıdır.



Şekil 12.6: Gondwana kıtalarını Güney Afrika Güney Kutbunda yer alacak şekilde bir araya getirince çiziklerin (kırmızı oklar) gösterdiği buzul hareketleri anlamlı hale gelir. Bu durumda, kutup ikliminde yer alan buzul (beyaz alan), kalın bir merkez alandan etrafına doğru ışınsal olarak hareket etmiştir.



Şekil 12.7: Fosilleri bugün birbirinden çok ayrı duran Güney Amerika, Afrika, Hindistan, Avustralya ve Antarktika kıtalarında bulunan bazı hayvan ve bitkiler. Geç Paleozoyik sırasında bu kıtalar Pangea'nın güneydeki kara kütlesi olan Gondwana'da bir arada bulunmaktaydı. Glossopteris ve benzeri bitkiler beş kıtanın tümündeki Pensilvaniyen ve Permiyen yaşlı çökellerin içinde bulunurlar. Fosillerine Brezilya ve Güney Amerika'daki Permiyen yaşlı kayalarda rastlanan Mesosaurus bir tatlı su sürüngenidir. Cynognathus ve Lystrosaurus ise Erken Triyas Döneminde karada yaşayan süngerlerdir. Cynognathus fosillerine Güney Amerika ve Afrika'da rastlanırken, Lystrosaurus fosilleri Afrika, Hindistan ve Antarktika'dan elde edilmiştir.



Şekil 12.8: Fosil kalıntılarına Brezilya ve Güney Afrika'da rastlanan Mesosaurus bu iki kıtanın Paleozoyik Dönemin sonunda birleşik olduğunu gösteren Permien yaşı bir tatlı su sürüngenidir.

➤ **Deniz Tabanı Yayılması Nedir?**

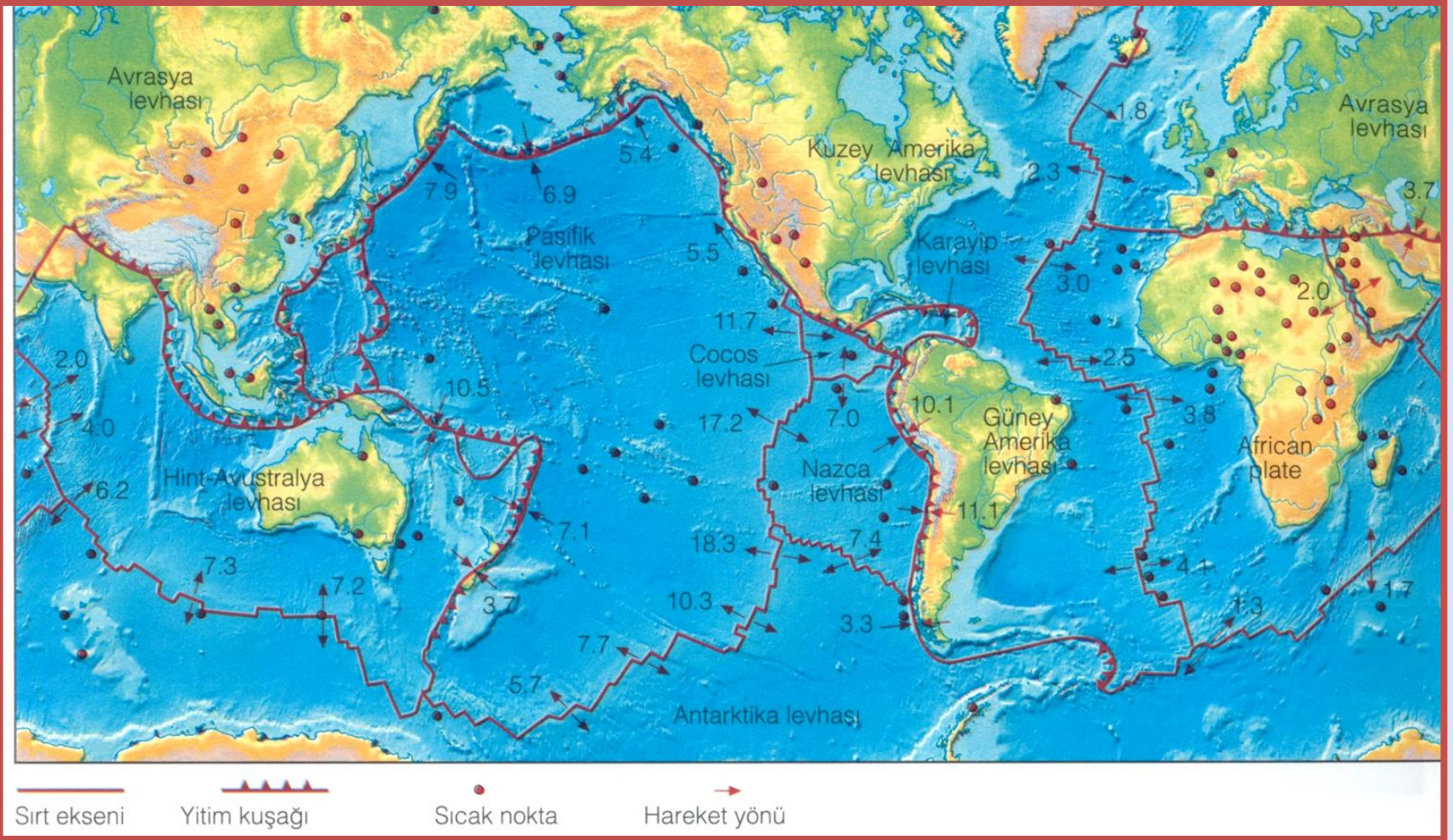
1960'lı yıllarda oşinografide okyanus havzalarının geniş ölçüde haritalandığı yeni bir dönem başlamıştır. Gerçekleştirilen bu haritalarla 65,000 km den daha uzun bir okyanus sırt sisteminin dünyanın en geniş sıradağını oluşturduğu açığa çıkmıştır. Bu sırt sisteminin en iyi bilinen kesimi ise Atlas Okyanusu havzasını yaklaşık iki eşit parçaya bölen Orta Atlantik Sırtıdır (*Şekil 12.10*).



Şekil 12.10: Atlas Okyanusu'nun sular olmadan neye benzediğini gösteren bir görünüm. Burada en çarpıcı özellik Orta Atlantik Sırtıdır.

➤ **Levha Tektoniği Neden Bütünleřtirici Bir Kuramdır?**

Levha tektoniği kuramı yeryuvarının basit bir modelidir. Okyanusal ve kıtasal kabuktan oluşmuş katı litosfer ile altındaki üst manto, levha adı verilen farklı büyüklüklere sahip çok sayıda parçadan meydana gelmiştir (*Şekil 12.14*). Levhaların kalınlığı değişir; üst manto ve kıtasal kabuktan oluşan levhaların kalınlığı 250 km'ye kadar çıkarken, üst manto ve okyanusal kabuktan oluşanlar 100 km'ye çıkarlar.



Şekil 12.14: Levhalar, levha sınırları, görece hareket yönü ile cm/yıl cinsinden hareket hızları ve sıcak noktaları gösteren dünya haritası.

➤ Üç Levha Sınırı Türü Hangileridir?

Jeologlar başlıca üç levha sınırı türünü tanımlar: uzaklaşan, yakınlaşan ve transform (*Tablo 12.2*). Bu sınırlarda yeni levhalar oluşur, tüketilir ya da bir diğerine göre yanıl geçerek kayar. Yeryuvarının çoğu sismik ve volkanik etkinlikleri ile dağ sistemlerinin oluşumu levha sınırlarında olan etkileşimler ile açıklanır.

Tür	Örnek	Yüzey Şekilleri	Volkanizma
Uzaklaşan			
<i>Okyanusal</i>	<i>Orta Atlantik Sırtı</i>	<i>Rift vadisi eksenli okyanus ortası sırtı</i>	<i>Bazalt</i>
<i>Kıtasal</i>	<i>Doğu Afrika Rift Vadisi</i>	<i>Rift vadisi</i>	<i>Bazalt ve riyolit, andezit yok</i>
Yaklaşan			
<i>Okyanusal-okyanusal</i>	<i>Aleut Adaları</i>	<i>Volkanik ada yayı, kıyı açığı okyanus çukuru</i>	<i>Andezit</i>
<i>Okyanusal-kıtasal</i>	<i>And Dağları</i>	<i>Kıyı açığı okyanus çukuru, volkanik dağ zinciri, dağ kuşağı</i>	<i>Andezit</i>
<i>Kıtasal-kıtasal</i>	<i>Himalaya Dağları</i>	<i>Dağ kuşağı</i>	<i>Az</i>
Transform	<i>San Andreas Fayı</i>	<i>Fay vadisi</i>	<i>Az</i>

Tablo 12.2: Levha sınır türleri.

▪ Uzaklaşan Levhalar

Uzaklaşan levha sınırları ya da ***yayılma sırtları***, levhaların birbirinden ayrıldığı ve yeni okyanusal litosferin oluştuğu yerlerde bulunur. Uzaklaşan sınırlar mantonun kısmi ergimesi ile oluşan magmanın yeryüzüne doğru yükselirken kabuğun gerildiği, incelendiği ve kırıldığı yerlerdir. Nerdeyse tümüyle bazaltik olan magma, düşey çatlaklara girerek daykları ve yastık lav akıntılarını oluşturur. Birbiri peşi sıra gelen magma sokulumlarının soğuyup katılaşması ile yeni okyanusal kabuk oluşur. Orta Atlantik Sirtında olduğu gibi, uzaklaşan sınırlar çoğunlukla okyanus sırtlarının zirveleri boyunca görülürler (Şekil 12.10). Okyanus sırtları bu yüzden büyük kırıklar boyunca kayaların yer değiştirmesinden ileri gelen yüksek rölyefli engebeli topografya, sık odaklı depremler, yüksek ısı akısı ve bazaltik akıntılar ya da yastık lavlarla ayırt edilir.

▪ Yaklaşan Sınırlar

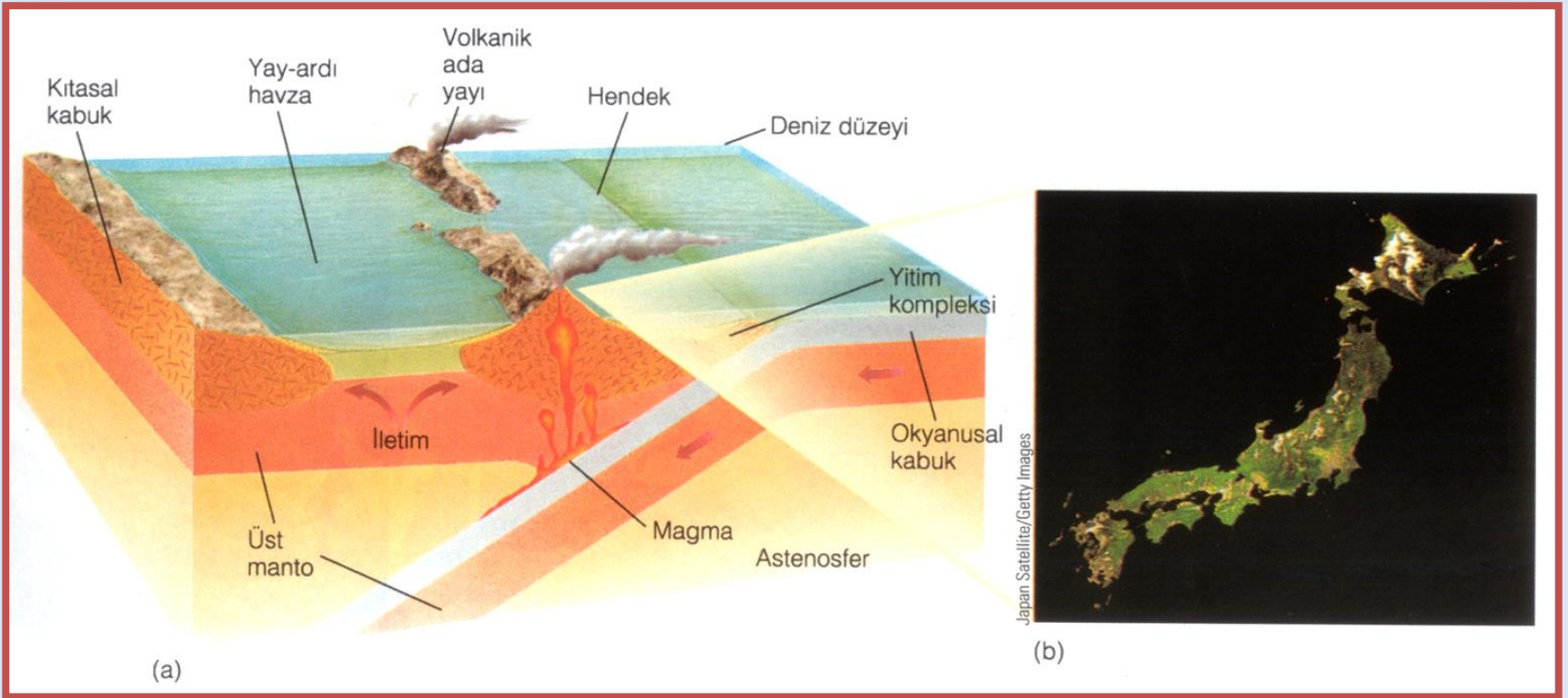
Levhanın bu şekilde tahribatı iki levhanın çarpıştığı **levha sınırlarında** gerçekleşir. Bir levhanın önde giden kenarının diğerinin altına daldığı ve sonunda astenosfere girerek birleştiği yerler olan yaklaşan yerler **Benioff kuşağı** adıyla bilinen eğimli bir deprem odağı düzlemi yitim kuşaklarını belirler. Bu düzlemlerin çoğu, okyanus çukurlarından komşu ada yayları ya da kıtaların altına doğru eğimlenir. Bu eğim de yaklaşan levhalar arasındaki kayma düzlemine işaret eder.

Yaklaşan sınırlar kendilerini deformasyon, volkanizma, dağ oluşumu, metamorfizma, depremsellik ve önemli maden yataklarıyla belli eder. Yakınlaşan levha sınırlarının üç türü bilinir; okyanusal-okyanusal, okyanusal-kıtasal ve kıtasal-kıtasal.

✓ Okyanusal-Okyanusal Sınırlar

İki okyanusal levha birbirine yaklaştığında, biri diğerinin altına **okyanusal-okyanusal levha sınırı** boyunca dalar (Şekil 12.18.a). Dalan levha aşağıya doğru eğilerek okyanus çukurunun dış kenarını oluşturur. Bir **yitim (dalma-batma)** kompleksi, alta dalan levhadan kazınan çok yoğun kıvrılmış ve falyanmış, kama biçimli denizel çökel dilimlerinden oluşmuştur. Ayrıca okyanus çukurunun iç kenarı boyunca meydana gelir. Dalan levha mantoya doğru indikçe ısınır ve kısmen ergiyerek genellikle andezit bileşimli magmayı ortaya çıkarır. Bu magma etrafındaki manto kayaçlarına göre daha hafif olduğundan, dalmamış levhanın yüzeyine çıkarak **volkanik ada yayı** adı verilen kavisli bir volkan dizisi oluşturur. Bu yay okyanus çukuruna yaklaşık paralel olup, ondan birçok yüz kilometre uzakta da bulunabilir. Bu uzaklık dalan levhanın eğim açısına bağlıdır (Şekil 12.18.a).

Volkanik ada yayının karaya bakan litosferi, yitim hızının üstteki levhanın ileriye doğru hareketinden daha hızlı olduğu alanlarda, genişlemeli gerilimlerin etkisi altında kalarak gerilir, incelir ve bir **yay-ardı havza** ile sonlanır. Magma ince kabuğu boyuna ayırarak yeni okyanusal kabuğu oluşturursa bu yay-ardı havza da yayılma ile büyür (Şekil 12.18.a). Asya kıtası ile Japon adaları arasındaki Japon Denizi okyanusal-okyanusal levha sınırı ile ilişkili iyi bir yay-ardı havza örneğidir (Şekil 12.18.b).



Şekil 12.18: Okyanusal-okyanusal levha sınırı. **(a)** Bir okyanusal levhanın diğerinin altına daldığı yerlerde bir okyanus çukuru oluşur. Dalan levhanın yarattığı magma yükselerek dalmayan levhanın üzerinde volkanik bir ada yayı oluşturur. **(b)** Japonya'nın uydu görüntüsü. Japon Adaları, okyanusal bir levhanın diğerinin altına dalmasının ürünü olan volkanik bir ada yayıdır.

✓ Okyanusal-Kıtasal Sınırlar

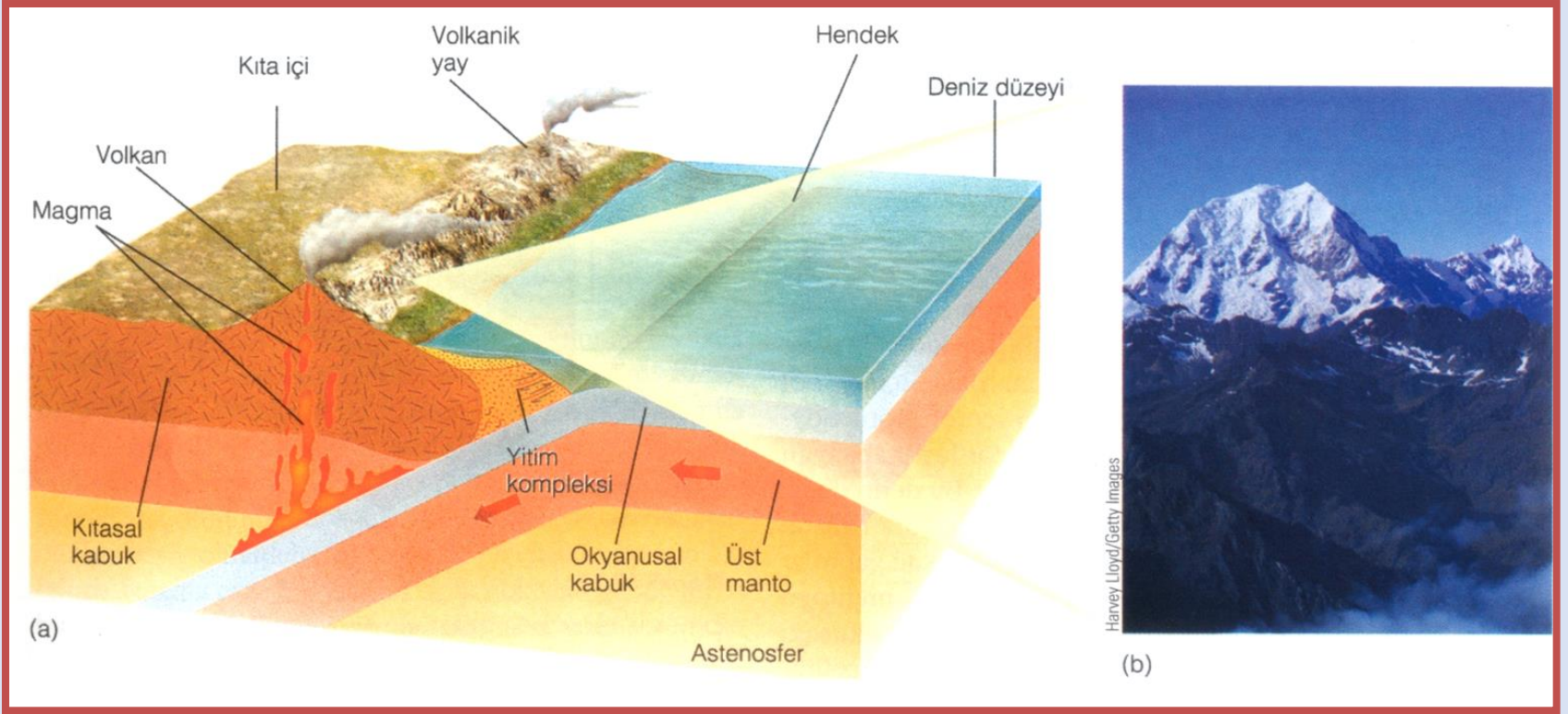
Daha yoğun olan okyanusal levha kıtasal levha altına daldığı zaman **okyanusal-kıtasal levha sınırı** gelişir (Şekil 12.19.a). Okyanusal-okyanusal yaklaşan levha sınırlarında olduğu gibi, dalan okyanusal levha okyanus çukurunun dış kenarını oluşturur.

Yitimle ortaya çıkan magma kıtanın altında yükselir ve yüzeye erişmeden önce ya büyük plütonlar olarak kristallenir ya da yüzeyde püskürerek bir volkan zinciri (volkanik yay) oluşturur. Okyanusal Nazca levhasının bugün Güney Amerika'nın altına daldığı Güney Amerika'nın Büyük Okyanus kıyıları mükemmel bir okyanusal-kıtasal levha sınırı örneğidir (Şekil 12.19.b).

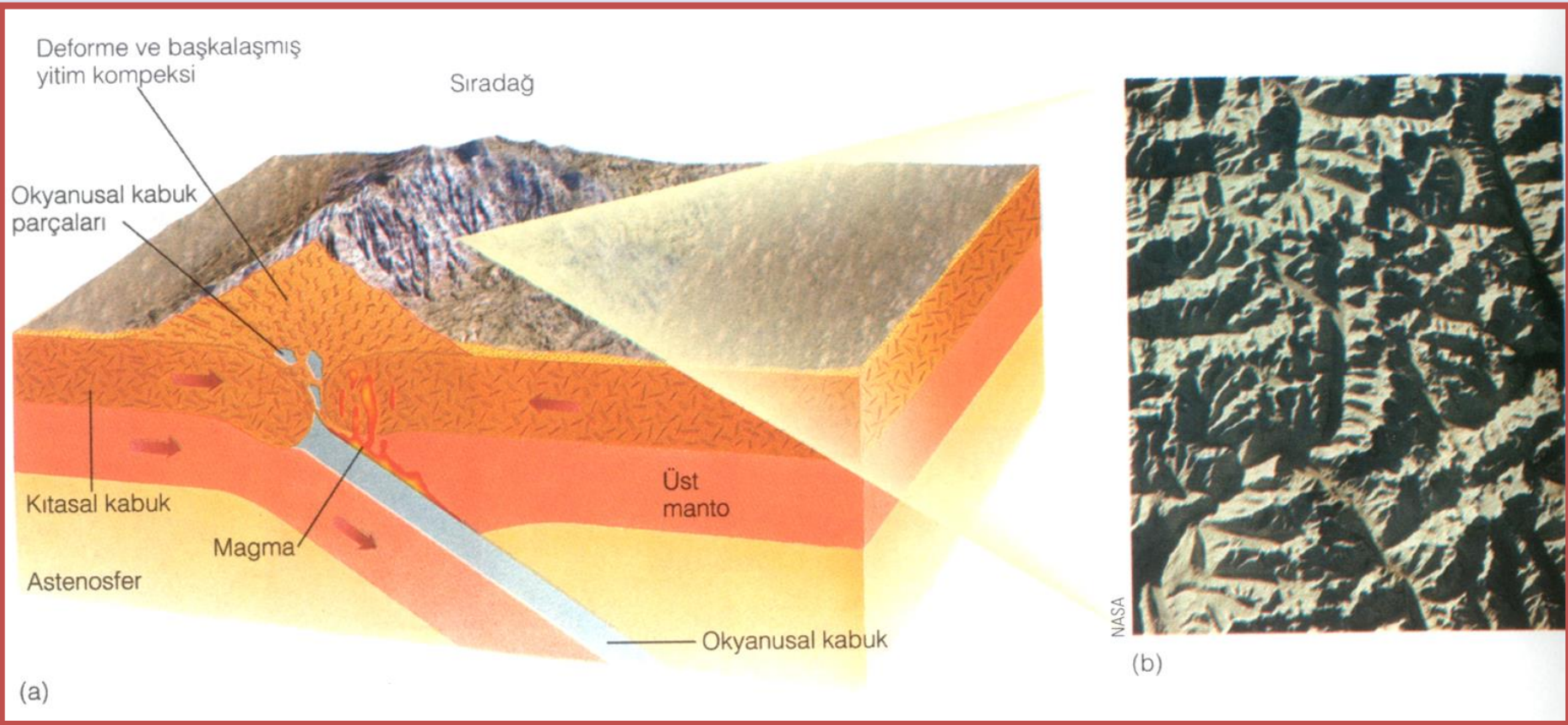
✓ Kıtasal-Kıtasal Sınırlar

Birbirine doğru yaklaşmakta olan iki kıta, başlangıçta bir kıtanın altına dalan bir okyanus tabanıyla ayrılacaktır. O kıtanın kenarı okyanusal-kıtasal levha yakınlaşmasına özgü özellikler sergileyecektir. Okyanus tabanı dalmaya devam ettikçe, iki kıta sonunda birbirleriyle çarpışincaya değin yaklaşacaktır. Kıtasal kabuk ve üst mantodan oluşan kıtasal litosfer, okyanusal litosferden daha hafif olduğundan astenosfere çökmeyecektir. Bir kıta kısmen diğerinin altında kaydığı halde yitim kuşağının içine çekilemez ya da itilemez (Şekil 12.20.a).

İki kıta çarpıştığında, önceki yitim alanını gösteren bir kuşak boyunca birbirlerine kaynarlar. Bu **kıtasal-kıtasal levha sınırında** deforme çökel kayaçlar, magmatik sokulumlar, metamorfik kayaçlar ve okyanusal kabuk parçalarından oluşan içsel bir dağ kuşağı meydana gelir. Ek olarak, bütün bölge çok sayıda depreme maruz kalır. Dünyanın en genç ve en yüksek dağ sistemi olan Orta Asya'daki Himalayalar, 40-50 milyon yıl önce başlayan ve bugün de sürmekte olan Hindistan ve Asya arasındaki çarpışmanın ürünleridir (Şekil 12.20.b).



Şekil 12.19: Okyanusal-kıtasal levha sınırı. **(a)** Okyanusal levha kıtasal bir levhanın altına daldığı zaman, yükselen magmanın ürünü olarak kıta üzerinde andezitik bileşimli volkanik bir sıradağ oluşturur. **(b)** Peru'da And Dağlarının havadan görünümü. And Dağları okyanusal-kıtasal levha sınırında sürmekte olan dağ oluşumunun en iyi örneklerinden biridir.

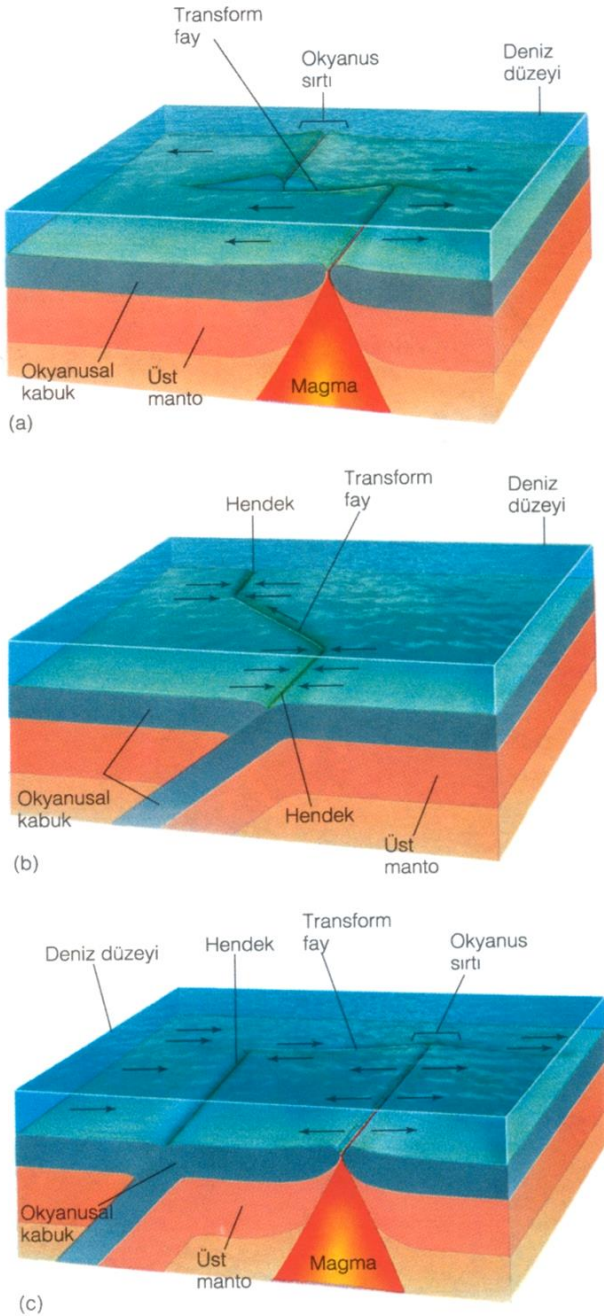


Şekil 12.20: Kıtasal-kıtasal levha sınırı. **(a)** İki kıtasal levha birbirine yaklaştığında, büyük kalınlıkları ile düşük ve eşdeğer yoğunluklarından ötürü ikisinde de yitim gerçekleşmez. Kıtasal iki levha çarpışırken, yeni ve daha büyük bir kıtanın iç kısmında bir sıradağ oluşur. **(b)** Dünyanın en genç ve yüksek dağ sistemi olan Himalayalar'ın üstten görünümü. Himalayalar 40 ile 50 milyon yıl önce Hindistan, Asya ile çarpıştığı zaman oluşmaya başladı.

▪ Transform (Dönüşüm) Sınırlar

Üçüncü tip levha sınırı **transform levha sınırıdır**. Bunlar levha hareketine yaklaşık paralel yönde olan ve levhaların yatay yönde yer değiştirdiği **transform faylar** olarak bilinir ve çoğunlukla deniz tabanındaki kırıklar boyunca görülürler. Transform sınırlar boyunca litosfer ne oluşmakta ne de tüketilmediği halde, levhaların arasındaki hareket ile şiddetli biçimde parçalanmış kayalardan oluşan bir kuşak ve çok sayıda sığ odaklı deprem meydana gelir.

Transform faylar, levhalar arasındaki hareketin türünü bir başkasına dönüştüren ya da değiştiren belli fay türleridir. Transform faylar en yaygın biçimde iki okyanus sırtı dilimini birleştirmekle birlikte sırtlarla hendekleri ya da hendeklerle hendekleri de birleştirebilir (Şekil 12.22 ve 12.23).



Şekil 12.22: Levhalar arasında transform fay boyunca yatay hareketler gerçekleşir. **(a)** Transform fayların birçoğu iki okyanus sırtı parçasını birleştirir. Levhalar arasında göreceli hareketin yalnızca iki sırt arasında oluştuğuna dikkat ediniz. **(b)** İki çukuru birleştiren bir transform fay. **(c)** Bir sırt ile bir çukuru birleştiren bir transform fay.



Şekil 12.23: Transform levha sınırı. San Andreas fayı Pasifik levhasını Kuzey Amerika levhasından ayıran transform bir faydır. Bu fay üzerinde gelişen hareket sayısız depreme yol açmıştır. Fotoğrafta Kaliforniya, Carrizo Ovasını boyuna kesen San Andreas fayının bir dilimi görülüyor.