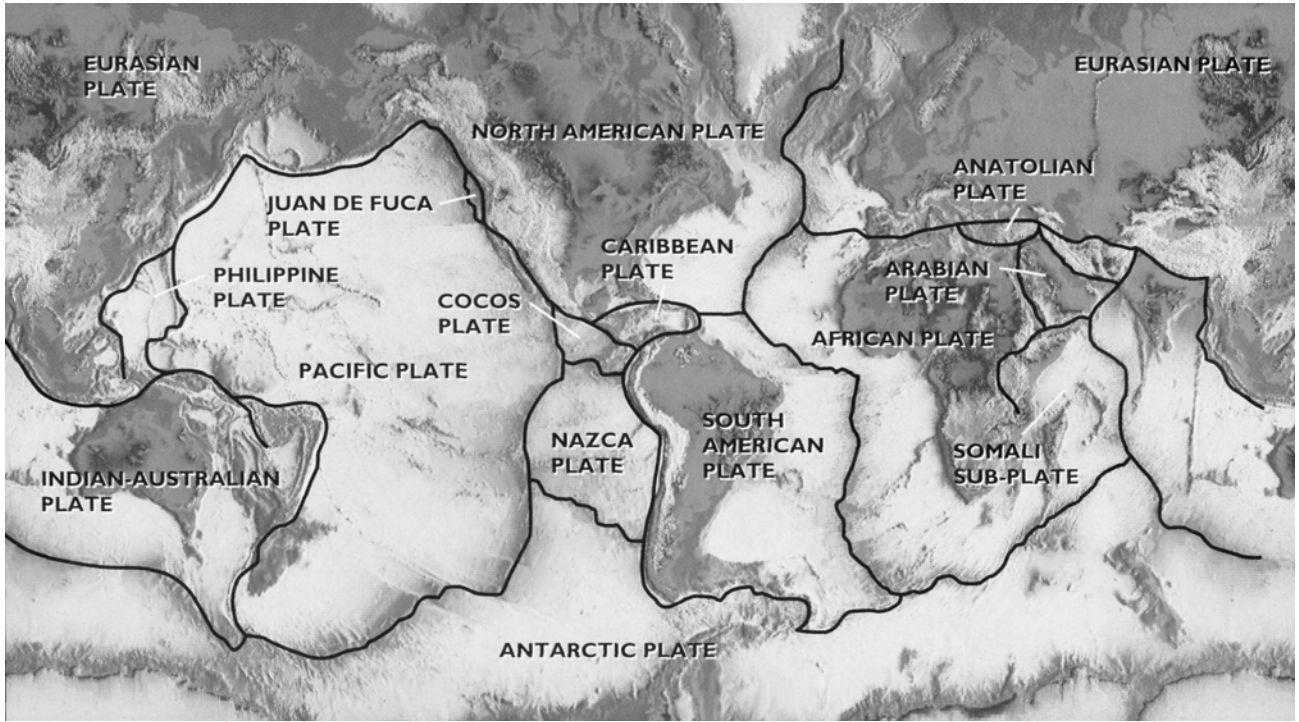


BÖLÜM 20 PLAKA TEKTONİĞİ TEORİSİ

GİRİŞ

Plaka tektoniği teorisine göre, litosfer on iki kadar rijit plakaya bölünmüştür (Şekil 20.1). Plakalar, kısmen sıvı halde ve zayıf astenosfer üzerinde kayarlar. Kıtalarda bu kayan plakalardan birinin içine gömülmüş bir şekilde ve pasif olarak sürüklenirler. Kıtaların kayması, aslında bu plakaların hareketlerinden kaynaklanır. Söz konusu plakaların üç ana hareketi vardır:



Şekil 20.1. Litosferik plakalar.

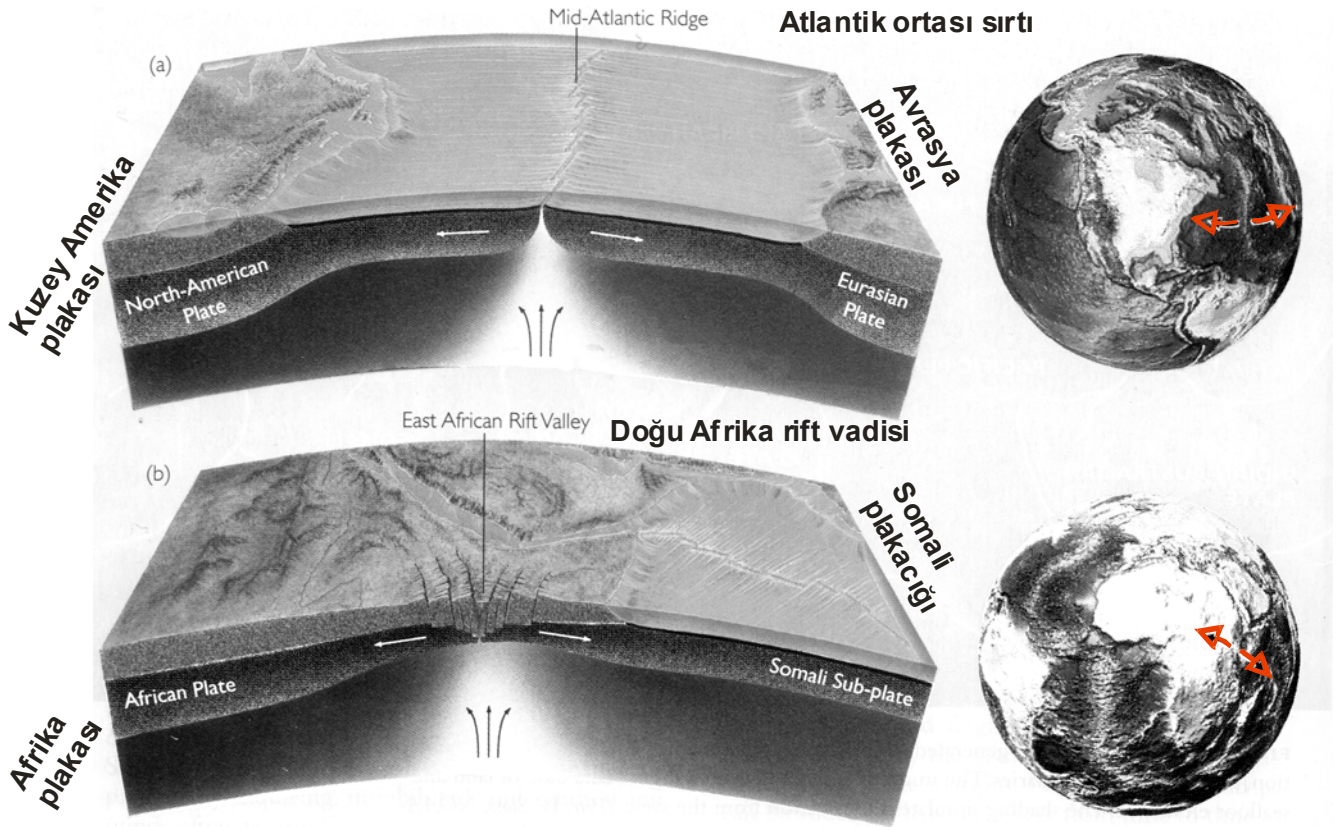
- 1) Plakalar birbirlerinden uzaklaşırlar: bu, okyanus sırtlarında olur veya kıtalar ayrılırlar (RIFTING);
- 2) Plakalar derin deniz hendeklerinde, dağ sıralarında ve magmatik kuşaklarda yaklaşılırlar veya çarpışırlar;
- 3) Plakalar, transform faylar boyunca, birbirlerine göre yanıl hareketler yaparlar.

UZAKLAŞAN PLAKALAR

Plakaların birbirlerinden ayrıldığı uzaklaşan plaka sınırlarında kısmen ergimiş manto malzemesi yükselir ve plakaların bıraktığı boşluğu doldurur. Bu malzeme ile, birbirlerinden uzaklaşan plakalar arasında yeni litosfer oluşur.

Deniz tabanı yayılması

Deniz tabanında, ayrılan plakalar arasındaki sınır, etkin bazaltik volkanizma, sığ depremler ve birbirinden uzaklaşan plakaların oluşturduğu çekme kuvvetleri etkisi ile normal fay hareketleri ile temsil edilen bir okyanus ortası sırtıdır (Şekil 20.2a). Atlantik Ortası Sırtı ve Doğu Pasifik Yükselimi bu tür sınırlardır.



Şekil 20.2. Deniz tabanı yayılması

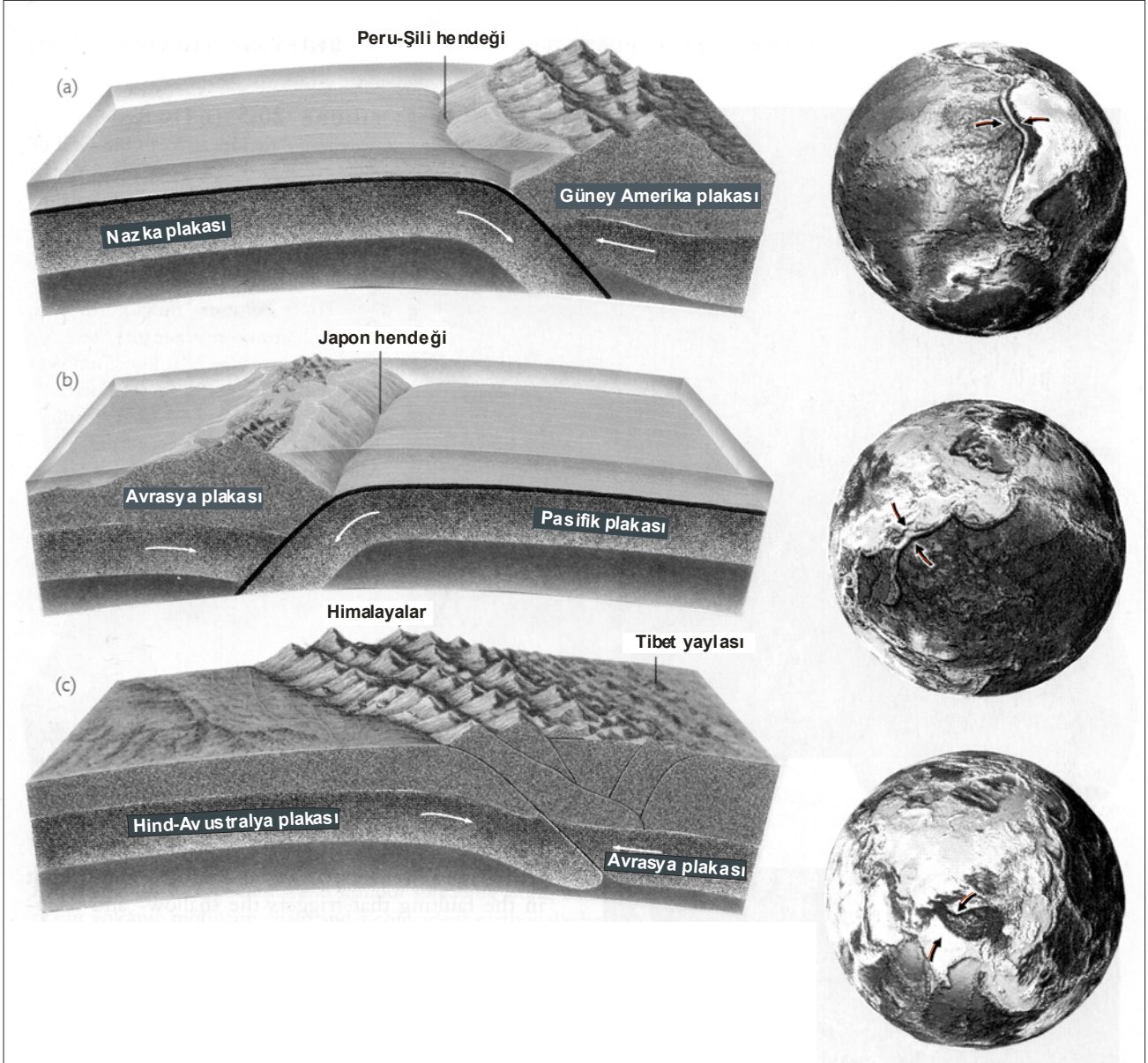
Kıtasal plaka ayrılması

Plakaların ayrılmasının erken evreleri kıtalarda gözlemlenebilir (Şekil 20.2b). Bu tür alanlarda, uzun, faylı ayrılma (RIFT) vadileri, bazaltik volkanizma ve sığ odaklı depremler oluşurlar. Doğu Afrika'da, Afrika plakası ile Somali bloğu arasındaki sınır olan Büyük Rift Vadisi, bir kıta içinde gelişen böyle bir sınırdır. Kızıldeniz ile Kaliforniya körfezi, Doğu Afrika'daki bu sınırın daha da ilerlemiş örnekleridir.

YAKLAŞAN PLAKALAR

Plakalar yaklaşma sınırlarında çarpışırlar. Altta kalan plaka mantoya doğru dalar. Çarpışma ve dalma-batma (SUBDUCTION) ile, derin deniz hendekleri, kıvrımlı ve faylı dağ dizileri ve magmatik kuşaklar oluştururlar. Magmatik kuşaklar, karada dağ şeklinde olduğu gibi, deniz tabanı üzerinde, ada yayı (ISLAND ARC) denilen, volkanik adalar şeklinde de gelişebilirler. Dalan litosfer ısıtıldığında su ve diğer uçucu maddeler "kaynarlar". Bunlar mantonun sıcak malzemesi ile karışınca, kısmi ergime ile bir magma oluşabilir. Bu magma, yukarıda yer alan volkanik yayı oluşturur ve besler. Çarpışan plaklar arasında önemli sıkışma kuvvetleri gelişir. Depremler konusunda gördüğümüz gibi, bu kuvvetler dalma-batma zonlarında sığ ve derin depremlerin olmasına yol açarlar. Uzaklaşan sınırdan yaklaşan sınır türüne geçildiğinde, soğumuş olan litosferik plaka alttaki mantodan daha yoğun hale gelir. Bu da, plaka teorisinin mekanizmalarından biri olan ve dalan plakanın ağırlığının tüm plakayı aşağı doğru çekecek kadar olabileceği tezini doğrulamıştır.

Bu tür yaklaşan plaka sınırına örnek, Güney Amerika ve Nazka plakaları arasındaki sınırdır. Bu sınırda, Peru-Şili derin deniz hendeği, volkanları ile And dağları yer almakta ve, kuvvetli sığ ve derin depremler oluşmaktadır.



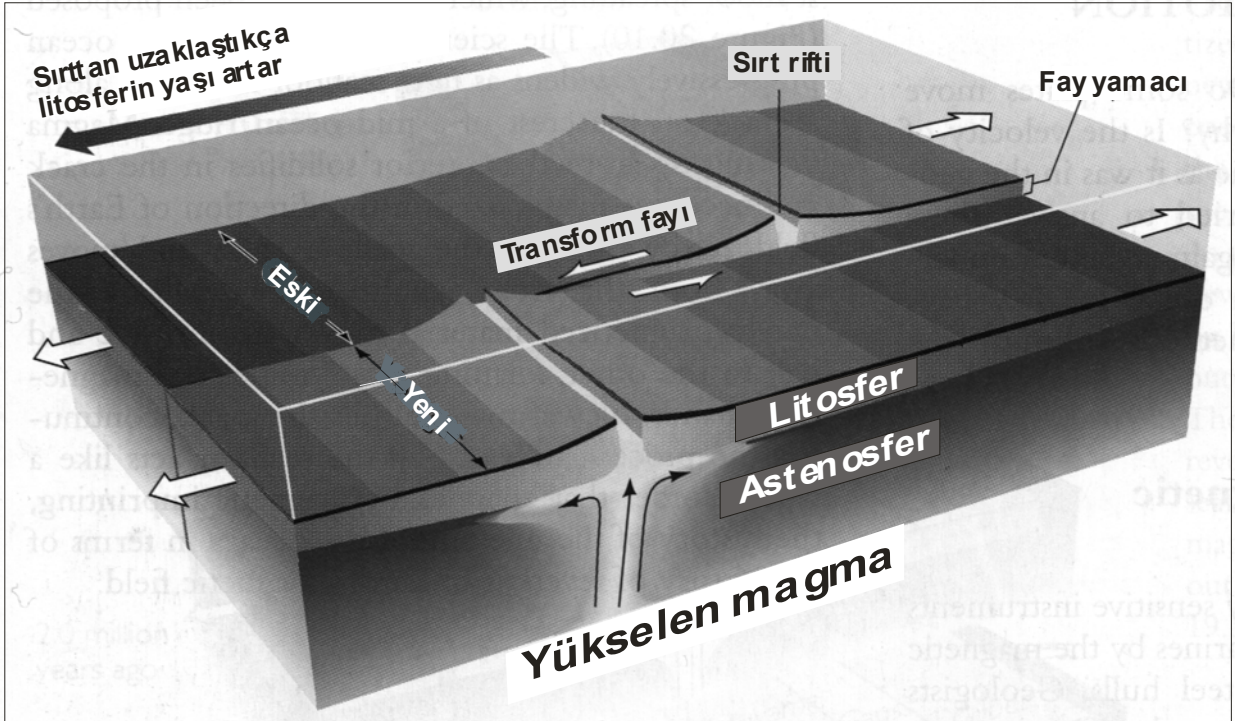
Şekil 20.3.a) Okyanusal bir plakanın kıta kenarında dalması bir derin deniz hendeği, kıta kenarında volkanik bir kuşak, ve, sığ ve derin depremler yaratır. b) Okyanusal bir plakanın bir diğer okyanusal plakanın altına dalması ile bir volkanik ada yayı gelişir. c) Kıta-kıta plaka çarpışması sonucunda, ters faylanma ve kıvrımlanma ile kalınlığı iki katına çıkan bir kabuk, ve yüksek dağlar meydana gelir.

Plaka çarpışması iki kıta arasında olduğunda, her iki kıta da “yüzme” eğilimindedir. Buna iyi bir örnek, Hindistan plakasının Avrasya plakası üzerine çıktığı, kıtasal kabuk kalınlığının ikiye katlandığı ve yeryüzünün en yüksek dağ silsilesi olan Himalayaların geliştiği bölgedir. Himalayaların altında mantoya doğru uzanan bir de dağ kökü vardır (izostazi).

Şekil 20.3'te yaklaşan plakalara örnekler verilmiştir.

TRANSFORM PLAKA SINIRLARI

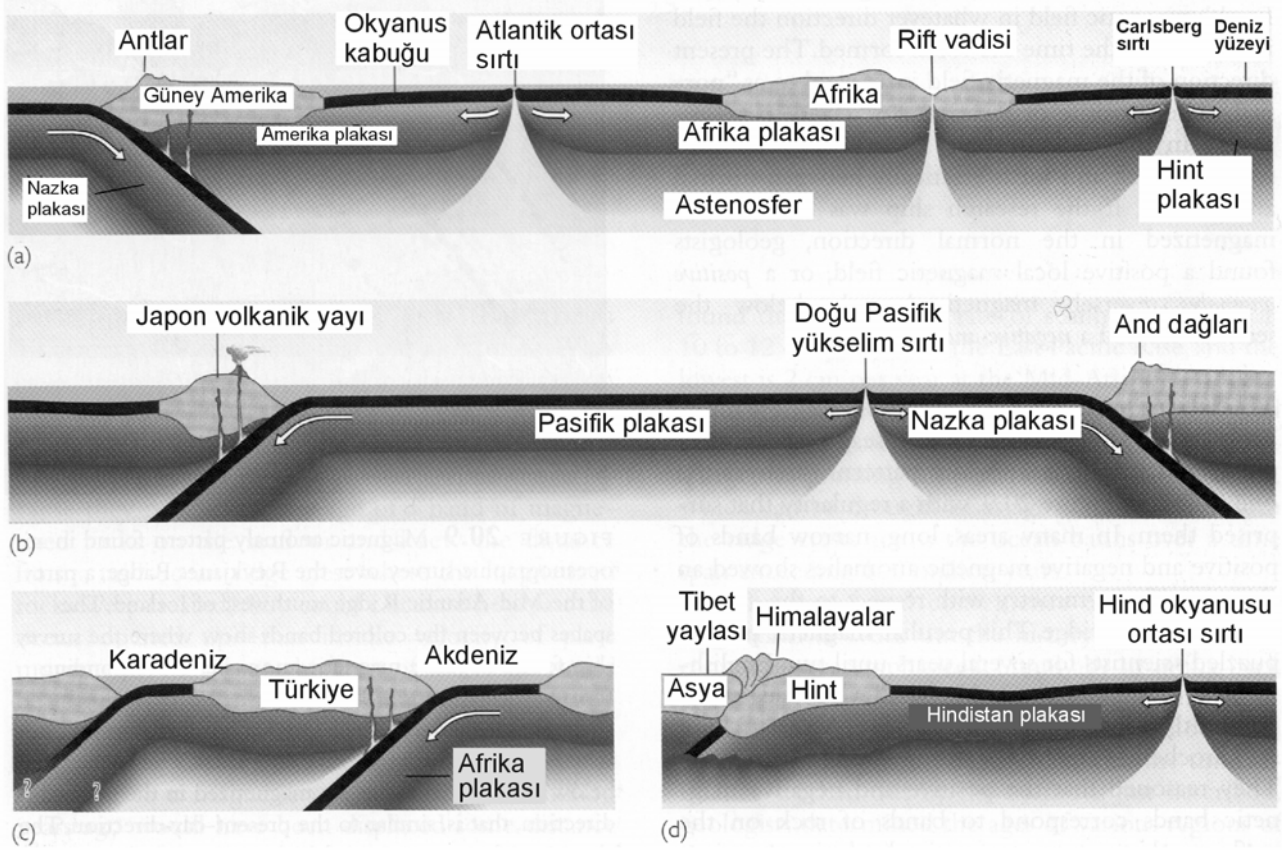
Transform plaka sınırı, ne litosfer yaratan (uzaklaşan) ne de litosfer tüketen (yaklaşan) bir sınır türüdür. Transform fay boyunca, bir plaka ile diğeri, yan yana kayarlar (Şekil 20. 4). Bu sınır, uzaklaşan plaka sınırının kırılması ve ötelenmesi ile gelişir. Pasifik ve Kuzey Amerika plakalarının arasındaki San Andreas fayı bu sınırlara bir örnektir. Bu faylarda, yatay hareketlerle sığ depremler gelişir.



Şekil 20.4.Okyanus tabanı yayılması sırasında, bir transform fayın her iki yanında yer alan plakalar birbirlerine göre ters yönde hareket ederler. Belirgin bir fay yamacı, yeni, sıcak, az yoğun ve daha yüksek olan taban kısımlarını daha eski, soğuk daha yoğun ve allta yer alan taban kesimlerinden ayırır.

PLAKA SINIR KARIŞIMLARI

Her plaka, bu üç tür plaka sınırı ile çevrilmiştir. Plakalar haritasında (Şekil 20.1) görüldüğü gibi, Pasifikteki Nazka plakasının üç yanında sınırlar uzaklaşan (Antarktika, Pasifik, ve Cocos plakaları), bir yanında da yaklaşan (Peru-Şili hendeği boyunca Güney Amerika plakası) türdedir. Plakalar arasındaki sınırların bazılarını gösteren kesitler Şekil 20. 5'te verilmiştir.

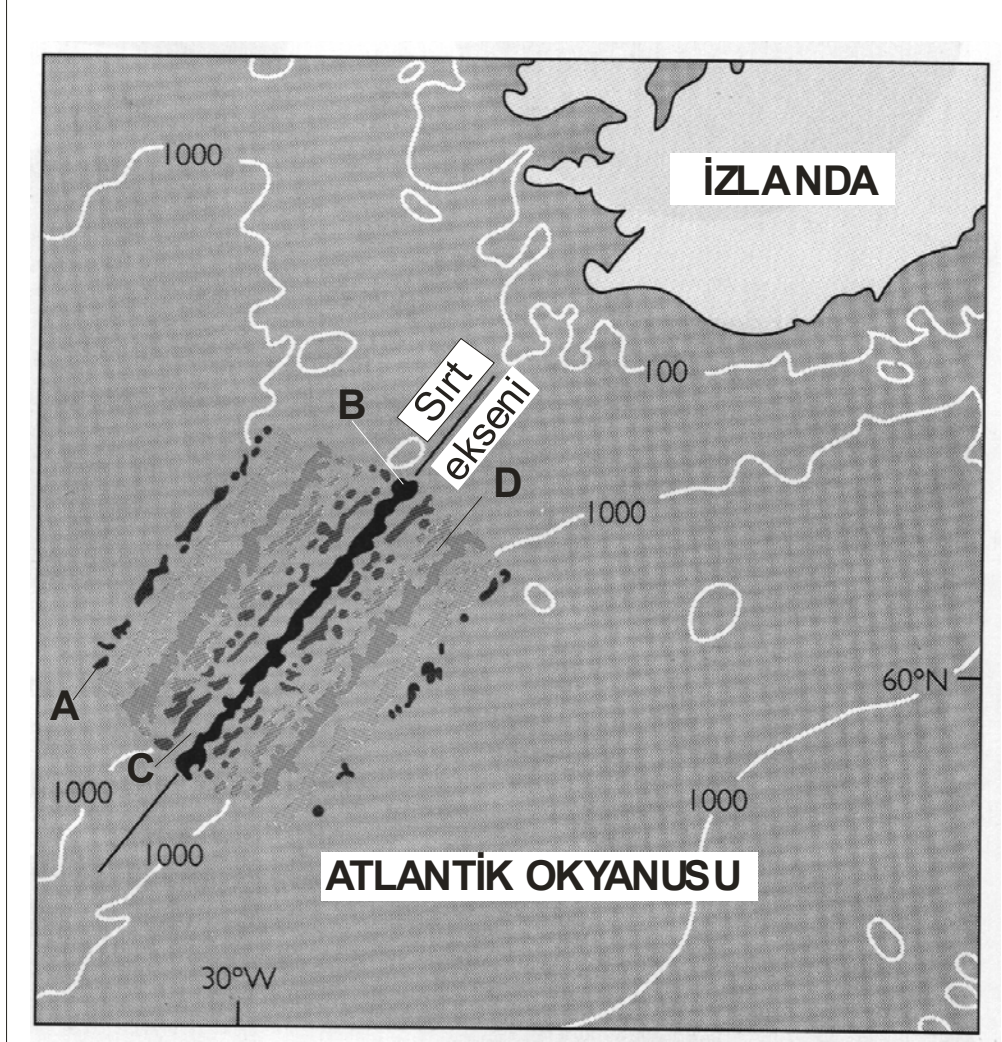


Şekil 20.5. Güncel birçok plaka sınırına ait kesitler. Okyanus yayılması görülen Atlantik (a), Pasifik (b), ve Hint (d) okyanusları. Plaka çarpışmaları: Okyanus-okyanus (Japonya, b), okyanus-kıta (Güney Amerika, b, ve Türkiye, c), ve kıta-kıta (Hint, d).

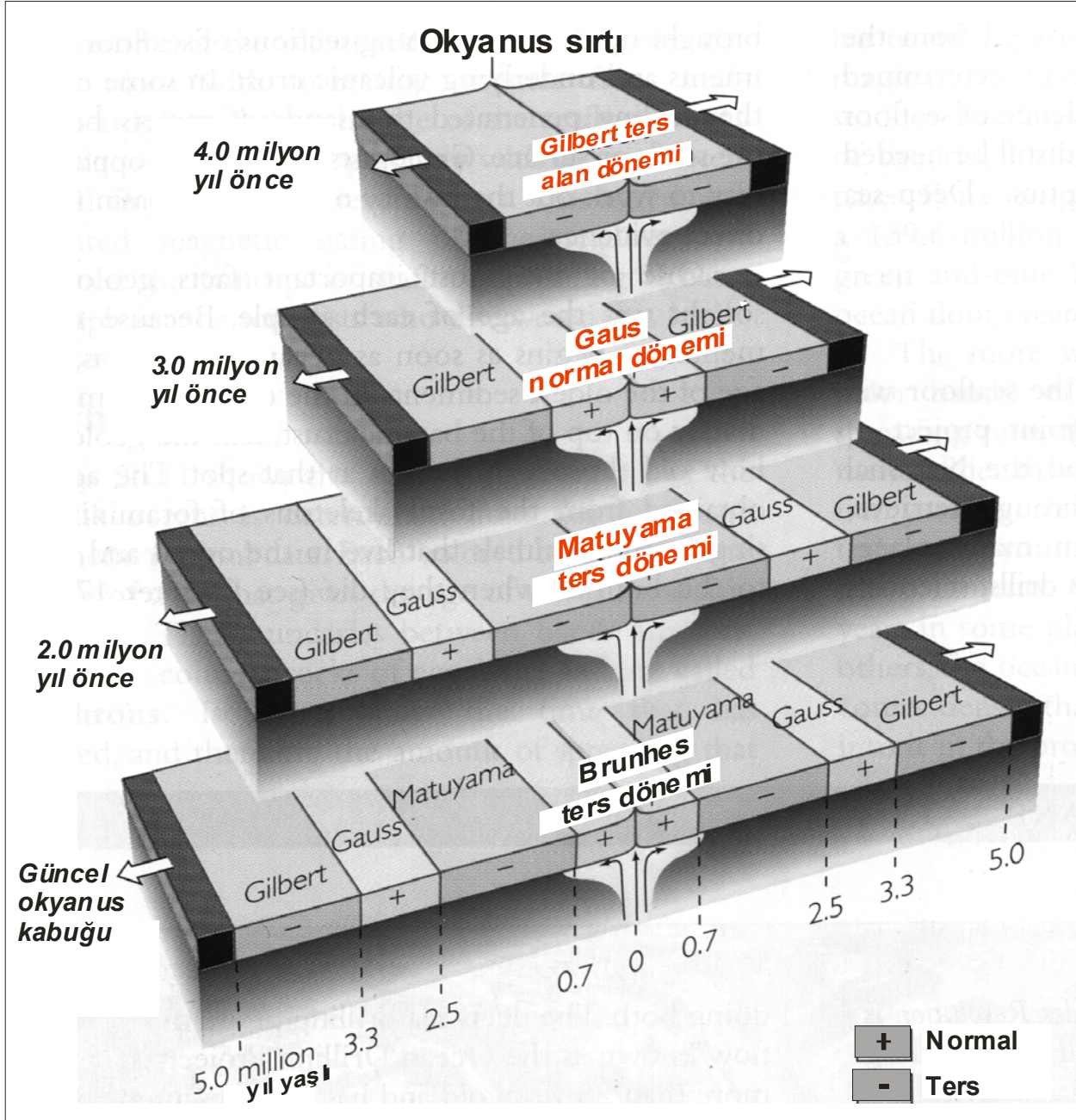
PLAKA HAREKET HIZLARI

Bölüm 19'da, lavların katılma ve soğuma sırasında yerin manyetik alan özelliklerini kayıt ettiklerini gördük. Ayrıca, bu lavların, günümüz alanına uygun olan (normal) ve olmayan (ters) alanlara işaret ettiklerini hatırlayalım. Deniz tabanı manyetik alanını inceleyen araştırmacılar, okyanus sırtı etrafında düzenli ve sırt

eksenine göre simetrik bir şekilde sıralanan, normal ve ters alanların varlığını ortaya koydular (Şekil 20.6). Tabandaki bazaltlardan alınan örneklerin yaşlar da radyometrik yöntemlerle tayin edilince ortaya Şekil 20.7’de verilen deniz tabanı özellikleri çıktı. Bu veriler, deniz tabanının bir sırttan itibaren bantlar şeklinde üretilen litosferin yayılmasına işaret etmektedir.



Şekil 20.6. Bir Atlantik okyanusu taban manyetizması araştırması sonuçları (İzlanda güney-batısı). Okyanus ortası sırtından her iki tarafa doğru kayıtlı koyu ve açık gri renkli kısımlar (A ve B gibi), tabana ait ve sırta göre simetrik, normal manyetik

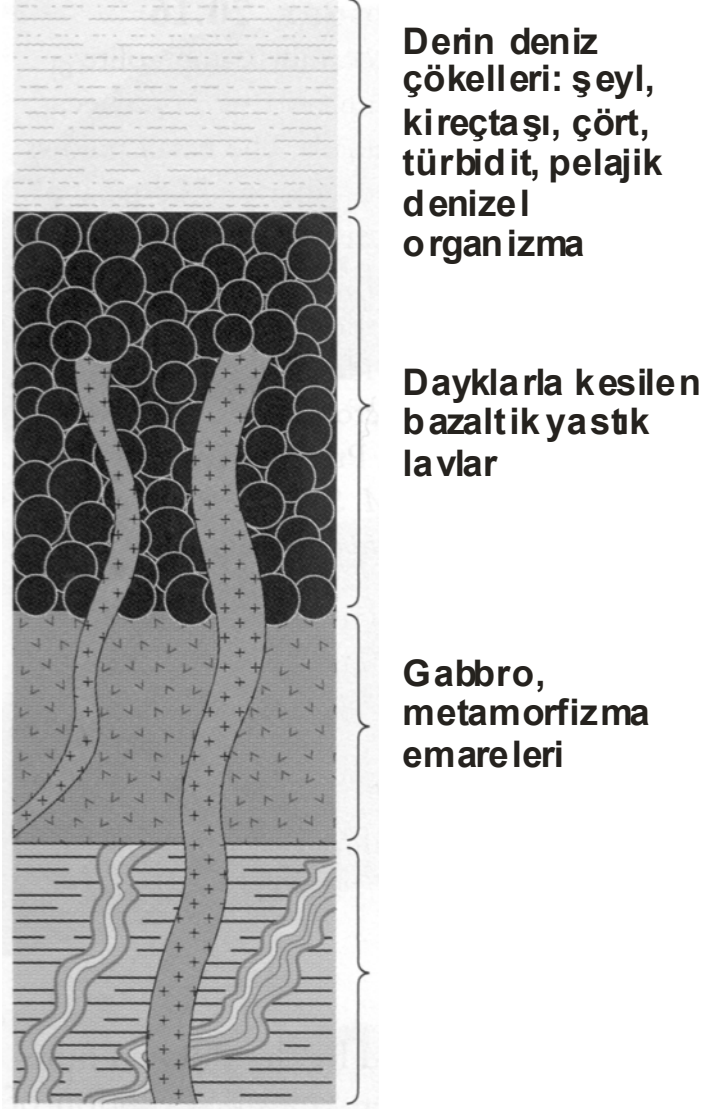


Şekil 20.7. Yeni okyanus tabanı oluşunca, soğuyarak katılaşır ve o zamana ait manyetik alanı manyetik bantlar şeklinde "kayıt eder". Zamanla beraber, plakalar ayrıldıkça yeni taban parçaları eklenir ve eski bantlar yanlara doğru hareket ederler. Bu bantlara ait (+) ve (-) simgeler, sırası ile, manyetik normal ve ters alan dönemlerini göstermektedir.

alan dönemlerine karşılık gelmektedir. Çizgilerle belirtilmemiş kısımlar ise (C ve D gibi), manyetik alanın terslendiği dönemleri gösterir. Bu veri grubu, deniz tabanı yayılması tezine büyük destek vermiştir.

Uzaklaşan sınırlarda kaya türleri

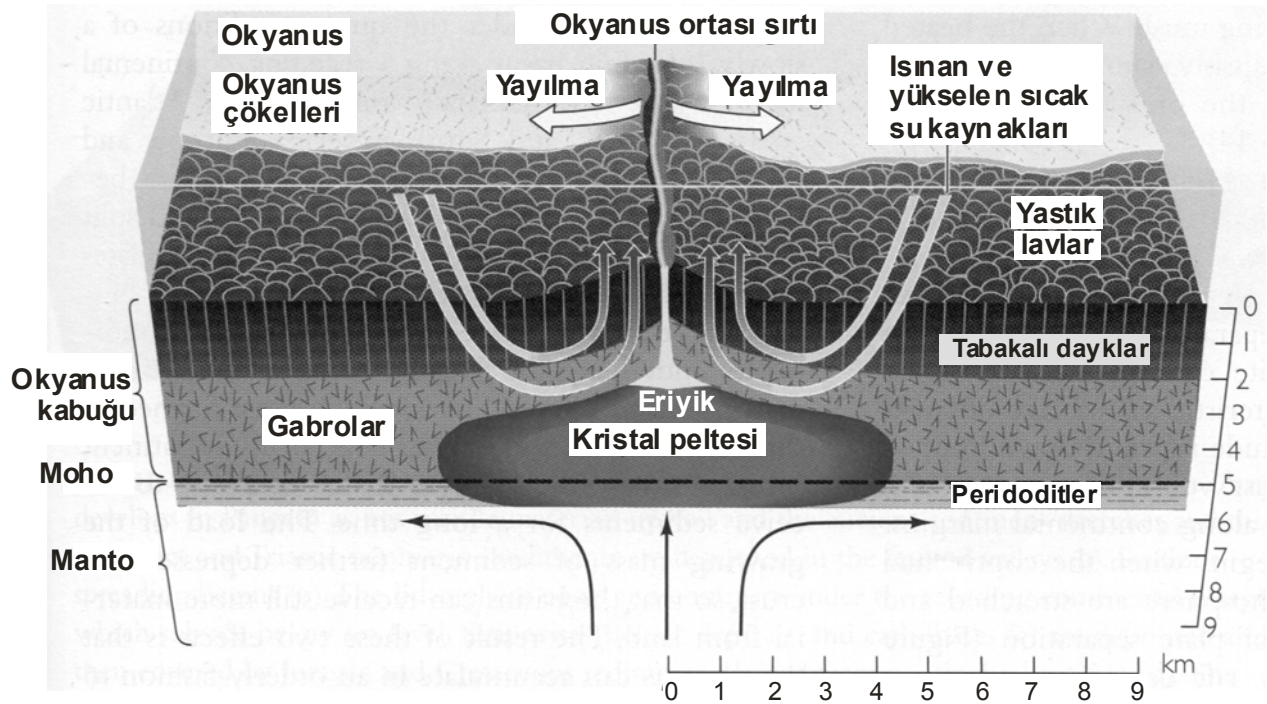
Plaka tektoniği teorisi henüz tam gelişmemiş iken, jeologlar, kıtalarda “ofiyolitik seri” ismi verilen (Şekil 20.9) ve derin deniz çökelleri, denizaltı bazalt lavları (yastık lavlar) ve mafik magmatik intrüzyon kayaçları içeren kayaçları incelemekteydiler. Daha sonra yapılan çalışmalarla (bilimsel denizaltılar, derin deniz sondajları, sismik incelemeler), bu kayaçların deniz tabanına ait oldukları, ve kıta kabuğu üzerinde oluşumları sonrası bir plaka çarpışması neticesinde faylarla taşındıkları anlaşıldı.



Şekil 20.9. İdeal bir ofiyolit kesiti. Ofiyolitler, kıta çarpışması sırasında, kıtasal kesime yerleşen okyanusal litosfere karşılık gelmektedir.

Deniz tabanı kaya grupları

Bu bölgeye ait kayalar ya doğrudan, kıtalar üzerindeki ofiyolitlerde, ya da dolaylı olarak, derin deniz sondajları ve, denizde suni olarak yaratılan ses dalgalarının tabana çarpıp dönmesi gibi yöntemlerle araştırılmaktadır (Şekil 20.10). Karada, ofiyolitlerde Moho süreksizliğini temsil eden gabro-peridotit geçişi gözlemlenebilir. Ses dalgaları ile, sırtın altına yerleşen küçük magma ceplerinin varlığı (Şekil 20.10'da "eriyik") ortaya çıkarılmıştır



Şekil 20.10. Bir okyanus ortası sırtında okyanus kabuğunun oluşumunu gösteren ve çok basitleştirilmiş bir kesit. Sirt ekseninde, mantodan yükselen ve mantar şeklinde bir kristal zonu yer alır. Eriyikler, bunun üzerinde küçük ve sığ bir kesimde bulunurlar. Buradan itibaren gelişen magma daykları, okyanus kabuğunu oluşturan yastık lavlar ve altlarındaki tabakalı daykları meydana getirirler. Plaka ayrımı devam ettikçe, peltede soğuyarak kabuğun gabro kesimini oluşturur.

Kıtalar birbirlerinden uzaklaşıp ayrıldıkça, sıcak manto yükselir ve ergimeye başlar. Manto malzemesinin sığ derinliklere ulaştığı kesimlerde, %85 i katı (kristalli) % 15'i ise kısmen erimiş bileşime sahip bir bazalt "peltesi"dir (CRYSTAL MUSH). Bu

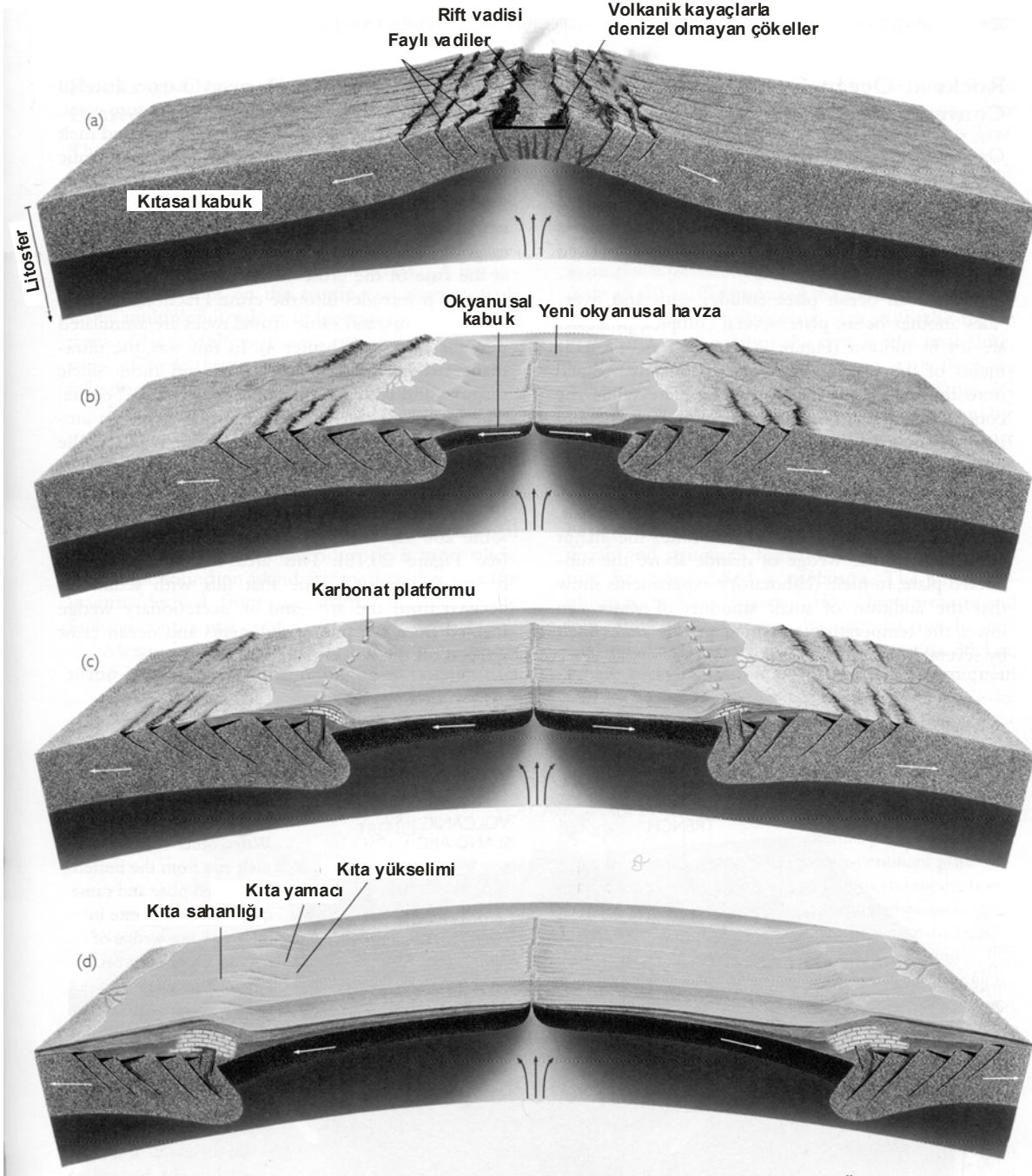
sıg, ince ve mercek şeklindeki pelteden düşey bazalt daykları çıkarlar. Deniz tabanına ulaşan bazaltlar su ile temas sonucu yastık lavları oluştururlar. Pelte sınırlarında soğuyup katılaştıkça, bazalt kristalli gabro halini alır. Gabroları üzerleyen daykların üzerine de zamanla derin deniz çökelleri gelerek yeni okyanus kabuğunu oluştururlar.

Bu teoriye göre, zaman içinde periyodik olarak yeni manto malzemesi bu pelteyi besler ve yeni kabuk oluşumunu sağlar. Bu pelte, birkaç kilometre eninde ve derinliğinde olup, uzunluğu binlerce kilometreyi bulur. Bu zonlarda, belki pelteye kadar ulaşabilen derin deniz suyu, volkanik malzemenin içine sızabilir ve buradan alıp taşıdığı metalik mineralleri, sıcak sular halinde ve madenler şeklinde deniz tabanına çökeltir.

Ayrılan kıtalar arasındaki kaya türleri

Bir kıta içinde plaka ayrılması başlayınca, kıta kenarında rift vadisi, kıtasal kabuğun faylarla düşmüş blokları, volkanik sokulumlar (INTRUSION) ve kalın bir tortul dizi gelişir (Şekil 20.11a). Rift vadisi altında sıcak ve plastik manto yükselerek incelen litosfer ve kabuğun yerini doldurur, ve bazaltik kayaçların püskürmesi başlar.

Kıta ayrılması devam ederse, iki parça halinde çekilen kıtaların arasını deniz suyu doldurur, ve yeni bir okyanus doğar ve büyür (Şekil 20.11b). Geriye doğru çekilen kıta kenarları, altlarındaki litosferin soğuması, yoğunluğunun artması ve çökmesi ile, kıyı ötesinde, örneğin karadan aşınma ve taşınma ile havzalar gelişir (Şekil 20.11c). Bu durgun havzalarda yavaş çökme ile düzenli seviyeler oluşur.

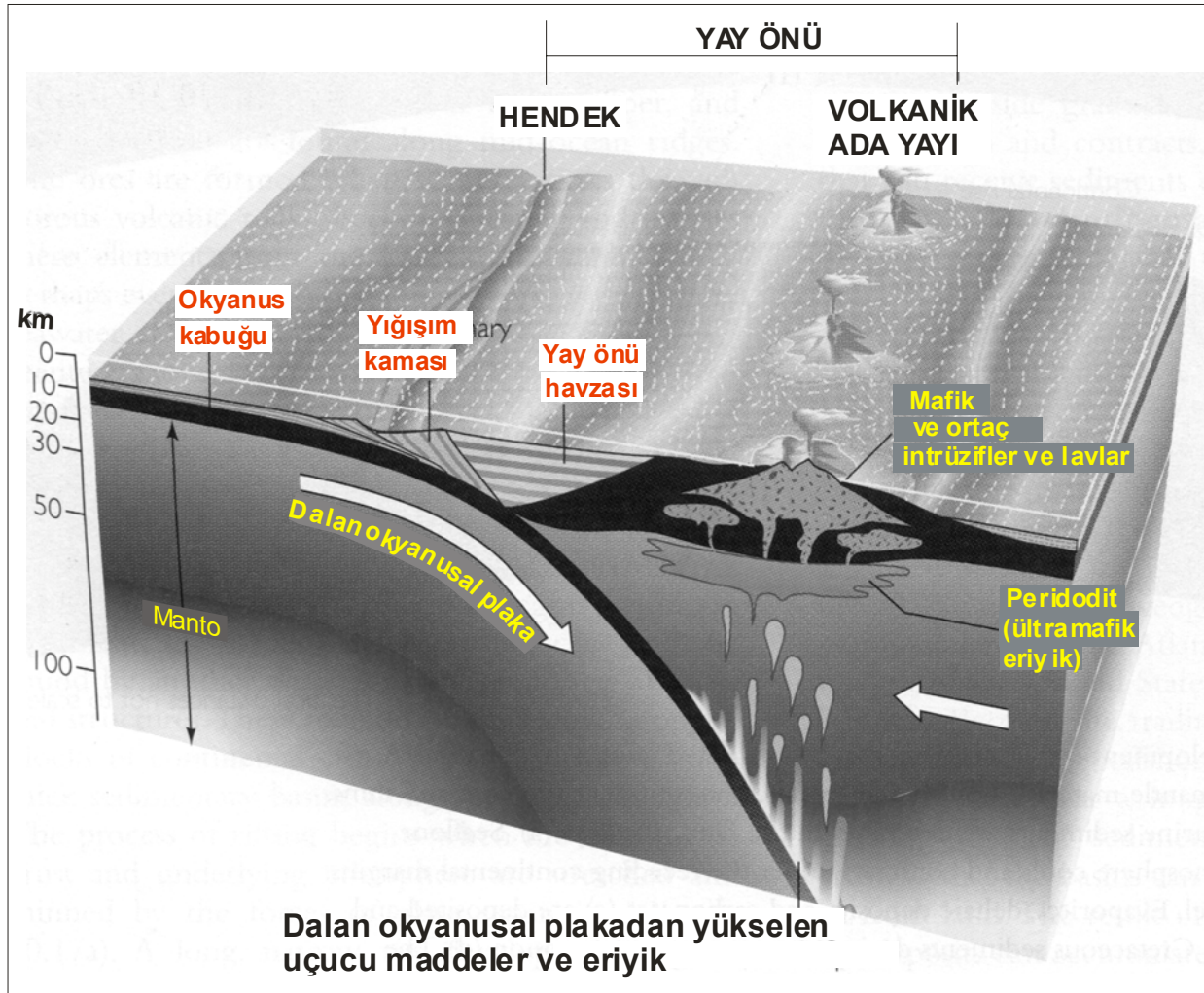


Ölçeksiz

Şekil 20.11. Ayrılan (rifting) bir kıta kenarında gelişen çökeltme alanları. Sıcak manto malzemesinin yükselmesi ile kıta gerilir ve inceler. Volkanik ve denizel olmayan tortullar fay vadilerinde çökeltirler (a). Deniz tabanı yayılması başlamıştır (b). Litosfer soğumakta ve büzülmemektedir. Deniz suyu, gerileyen ve alçalan kıta kenarlarına doğru ilerler. Evaporitler, delta tortulları ve karbonatlı kayalar çökeltirler (c) ve kıtanın aşınması ile taşınan çökeller altında kalırlar (d). Avrupa, Afrika, Kuzey ve Güney Amerika'nın Atlantik kenarlarının jeolojik geçmişleri bu senaryoya yakındır.

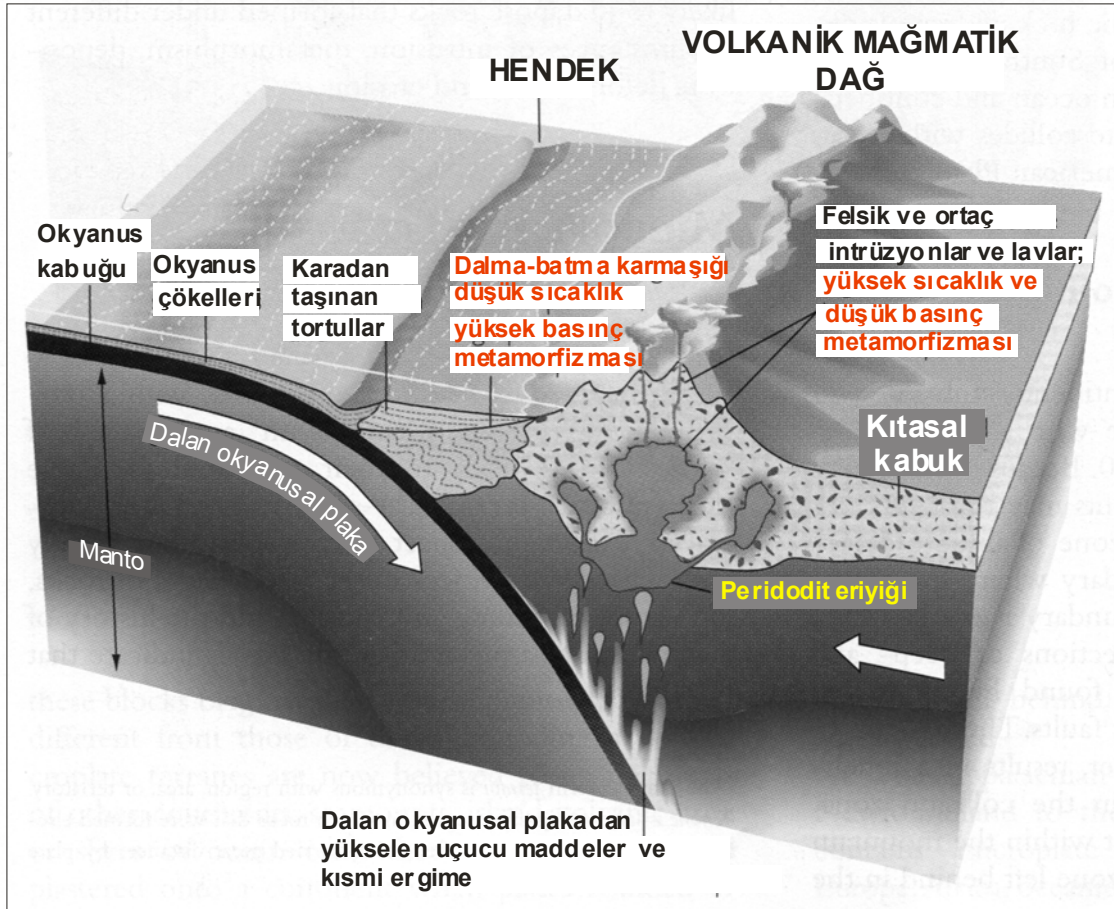
Okyanus-okyanus yaklaşmasında oluşan kaya türleri

İki okyanusal plaka birbiri ile karşılaştığında, biri diğerinin altına dalar (Şekil 20.12). Dalan plakayı tabanındaki tortullar üstte kalan plaka tarafından traşlanarak, hendeğin üstte kalan plaka tarafına yığılırlar (yığışım kaması). Soğuk ve dalan litosfer sıcak manto içine girer. 50 ila 100 km derinliklerde, dalan plaka 1200 ila 1500° sıcaklıklarla karşılaşır. Bu seviyede bazalt ve tortulların ergimeye başlarken içerdiği su ve uçucu maddeler bu eriyen kısımlardan ayrılır. Serbestleşen su, bu seviyenin hemen üstündeki manto peridotitini ergitir (laboratuvar deneyleri, biraz su katılan manto kayaçlarının ergime sıcaklıklarının yüzlerce derece düştüğünü göstermiştir).



Şekil 20.12. Bir okyanus-okyanus çarpışması ve dalma-batma zonunda oluşan kayaç türleri.

Bu sıcak ve az yoğun manto malzemesi yükselmeye başlar, ve basıncın daha da düşmesi ile kısmi ergime daha da artar. Dalan plaka ve mantodan kaynaklanan malzemelerin ergimesi ile, ultramafik bir magma oluşur. Bu magmada, dalan plakanın etken olduğu, oluşan magmada okyanus kabuğuna ve tortullarına has iz elementlere (TRACE ELEMENTS) rastlanması ile ileri sürülmüştür. Bu ultramafik magma, üstteki plakanın kabuğunun altında kümelenir, ve bazen bu kabuk içine girer. Sonuçta, ultramafik magma, mafik ve daha silisli magmalara doğru gelişir, ve lav olarak bazalt, andezit ve dasitler oluşur. Magma sokulumları (INTRUSION) ve volkanik püskürmeler (ERUPTION), okyanus tabanı üzerinde bir ada yayı dizisi meydana gelir (Küba, Dominik adaları (WEST INDIES), Aleut adaları, Filipinler ve Mariana adaları bu şekilde oluşmuş adalardır).



Şekil 20.13. Okyanus-kıta çarpışması ve dalma-batma zonunda oluşan kaya türleri: okyanus hendeği, karmaşık (MELANGE) çökelleri, magmatik kuşaklar, metamorfizma ve volkanizma. Çizim ölçeksizdir: litosfer kalınlığı yaklaşık 70 km; hendek derinliği 10 km; hendekle magmatik kuşak arası mesafe 300-400 km.

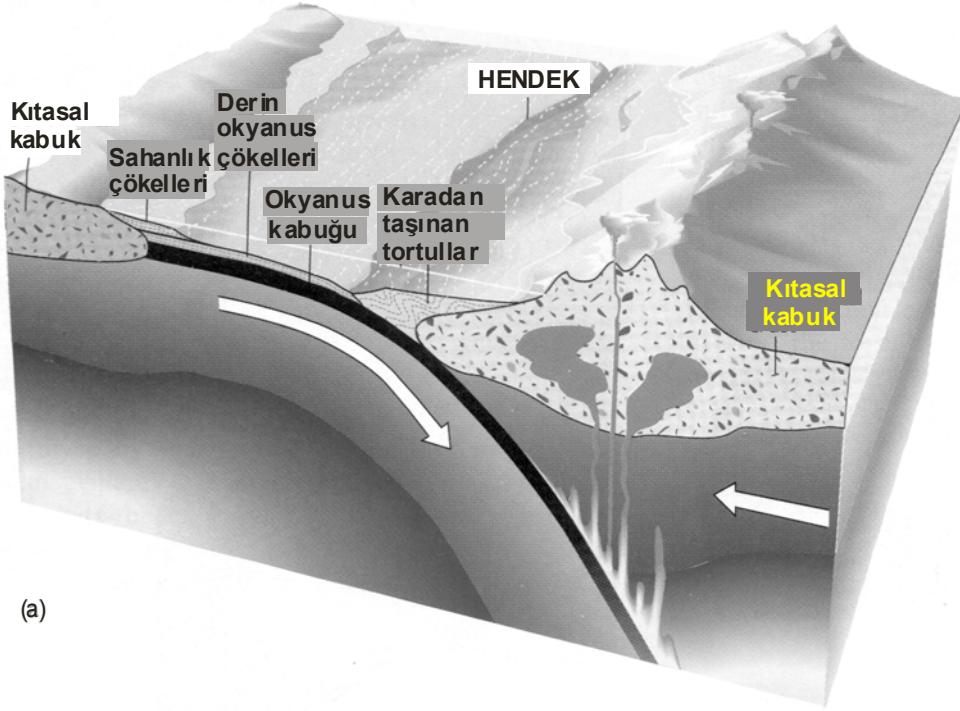
Ada yayı ile derin deniz hendeği arasında yeralan ve yayönü olarak bilinen kesimde, volkanik yaydan malzeme alan bir yayönü havza (FOREARC BASIN) ve yığışım kaması gelişir.

Okyanus-kıta yaklaşmasında oluşan kaya türleri

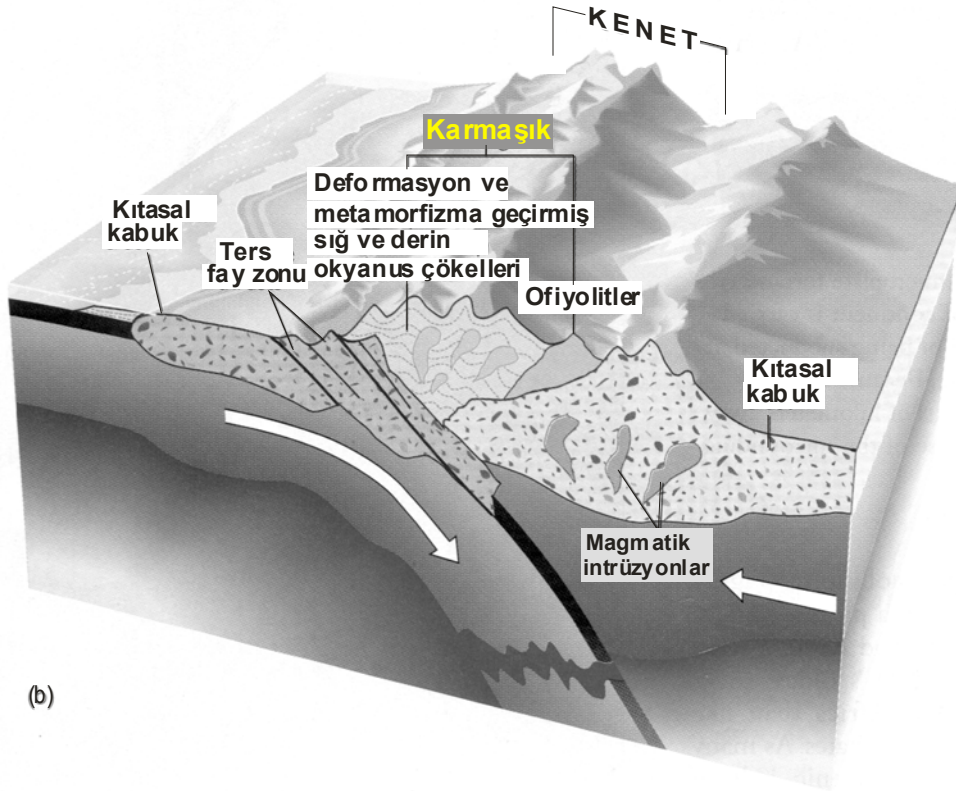
Kıtasal kenarda, sokulum yapan magmatik kayalarla ve püsküren lavlar ile bir sıradağ oluşur (Şekil 20.13). Okyanus-okyanus çarpışmasında olduğu gibi, burada da manto peridotitinin ergimesi ile başlayan ve süregelen bir magmatik süreç vardır. Okyanus-kıta magmatizması, ada yaylarına nazaran olasılıkla kıta kabuğunda işleve katılması ile, daha silisli bir türdedir.

Başkalaşmış tortul karmaşığı

Dalma-batma zonunda etrafında, dalan okyanusal litosfer, karadan taşınmış ve çoğunlukla türbiditlerden oluşan ve kara tarafındaki çökelleri tıraşlayarak kara kesimindeki hendeğe yapıştırır ve ekler. Bunlara bazen litosferden koparılan ofiyolit parçaları da eklenebilir. Bu kesimlerde basınç yüksek sıcaklık düşüktür (Şekil 20.13 ve 14). Bu kayalar kuvvetli kıvrımlanma ve ters faylanma olayları ile deforme olur, ve yüksek basınç-düşük sıcaklık metamorfizması geçirirler. Karmaşık (kaotik) bir yapısı olan bu formasyonları haritalamak zordur ve karmaşık (MELANGE) ismi verilir.



(a)



(b)

Şekil 20.14. a) Bir kıtanın altına dalmakta olan okyanusal bir plakanın arkasında başka bir kıta vardır. b) İki kıta çarpışırlar. Soldaki kıta birçok ters fay boyunca kırılarak kalınlaşır ve dağ oluşumu başlar. Çarpışma zonunda, magmatik intrüzyonlar, ofiyolit parçaları, sahanlık ve derin deniz çökellerinin deformasyon ve başkalaşım ürünleri yer alır. Örnek: Hint - Asya plakaları çarpışması.

Kıta -kıta yaklaşmasında oluşan kaya türleri

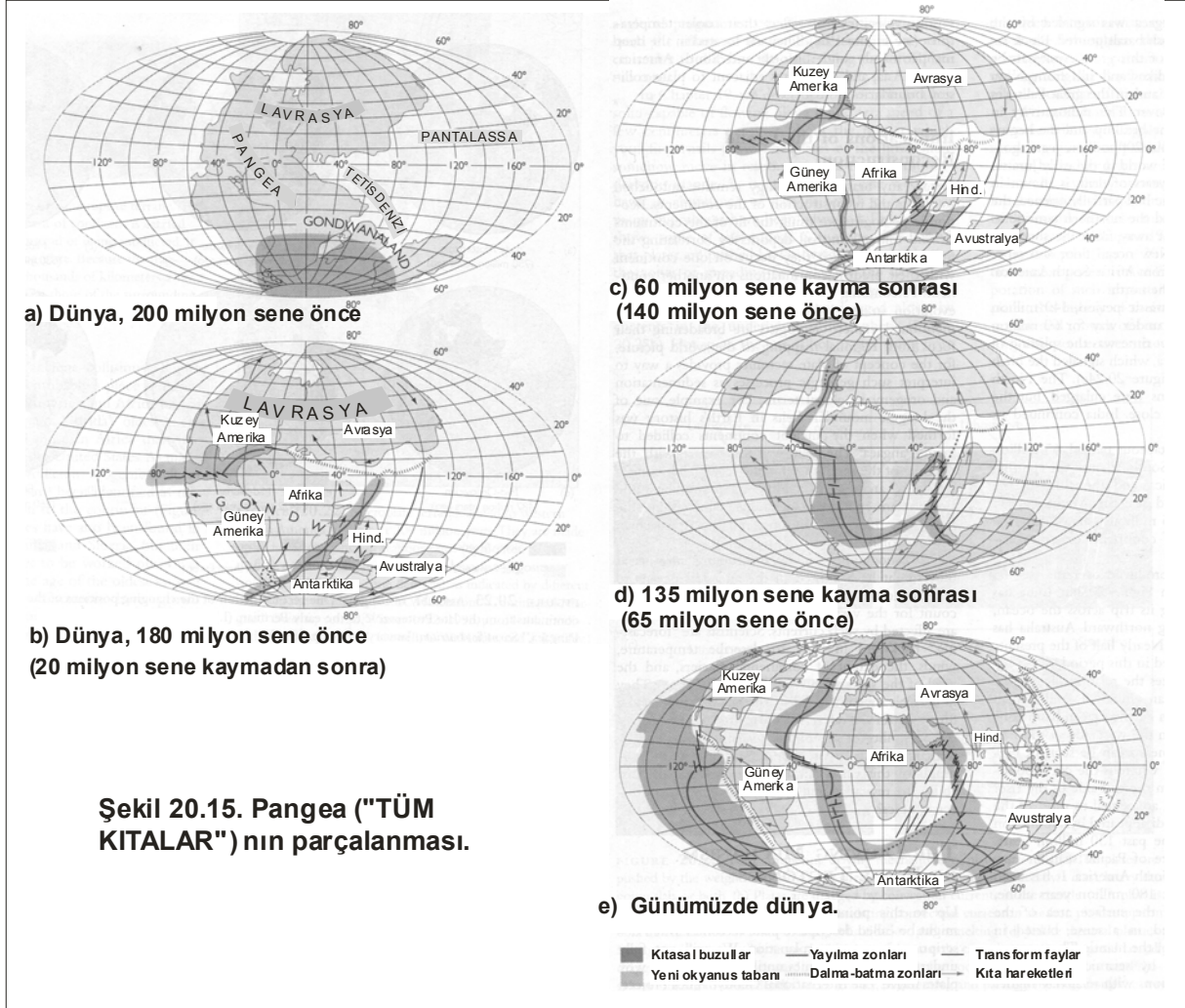
Plakaların bazıları, içlerine gömülü kıtaları taşımaları nedeni ile, plaka yaklaşmaları ile bu kıtalar birbirleri ile çarpışabilirler. Düşük bir yoğunluğa sahip olan iki kıta kabuğuda manto içine dalmaz, ve “yüzmeye devam ederler (Şekil 20.14). Çarpışma ile, kabuk parçaları, sıg ve derin deniz çökelleri, ofiyolitler ve magmatik kayaçlar birbirlerine bindirerek, bir kenet (SUTURE) kuşağını oluştururlar.

Transform fay boyunca kaya türleri

Deniz tabanı yayılması ile oluşan (Şekil 20.4) bir transform fayın her iki yanında değişik yaş, sıcaklık ve derinliğe sahip okyanusal kabuk birimlerine rastlanır. Karada yeralan bir transform fayda ise çok değişik kayaç gruplarına rastlama olasılığı vardır. Özellikle fayın atımı fazla ise, jeolojik geçmişleri çok farklı kaya birimleri fay boyunca karşı karşıya gelebilirler.

Pangea'nın Sınırlarının oluşturulması

Plaka tektoniği araştırmalarında kazanılan deneyim ve elde edilen verilerle, günümüzden 200 milyon yıl öncesine kadar varolmuş, ve güncel tüm kıtaların bir toplamı olan Pangea (Pan: tüm, ve gea, “jeo”, kıta; Pangea: tüm kıtalar) kıtasının sınırları saptanmıştır (Şekil 20.15a). Buna göre, Pangea, kuzeyde Lavrasya ve güneyde Gondwana adı verilen iki kollu, ve doğuya doğru açılan bir kama şeklinde süper kıta idi. Kamanın içinde ve ötesinde Pantalassa (“tüm denizler”) adı verilen büyük bir okyanus vardı. Daha sonra Atlantik ve Pasifik okyanuslarındaki taban yayılmaları ile bu büyük kıta parçalandı (Şekil 20.15c, d). Kıtaların günümüzdeki genel şekli bu kıtaların uzaklaşmaları ve bazılarının çarpışmaları ile sürmektedir (Şekil 20.15e).



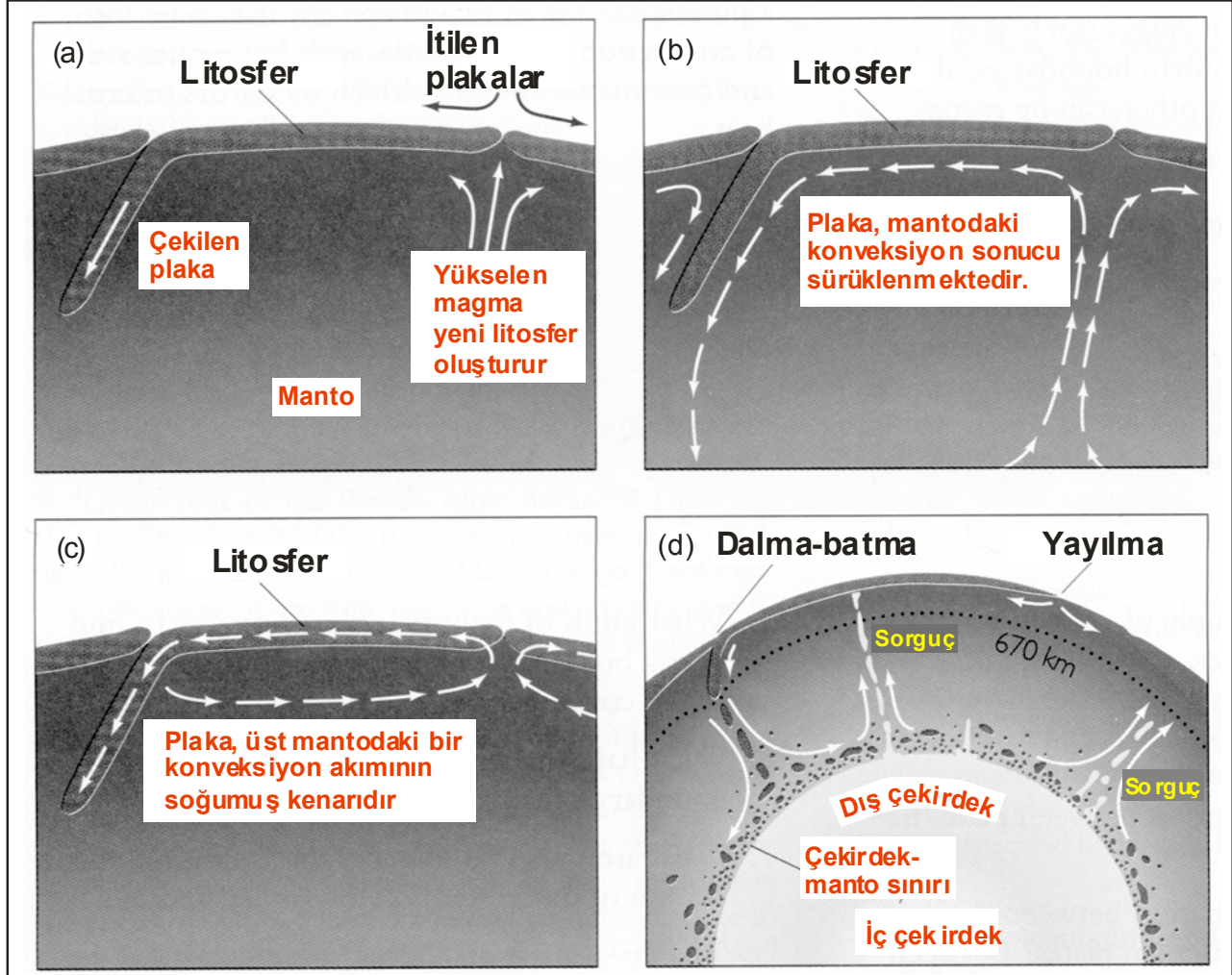
Şekil 20.15. Pangea ("TÜM KITALAR") nın parçalanması.

PLAKA TEKTONİĞİNİ HAREKETE GEÇİREN MEKANİZMALAR

Şekil 20.16'da, plaka tektoniğini açıklayan mekanizmalara ait basitleştirilmiş kesitler verilmiştir. Önerilen mekanizmalar kısaca şunlardır:

- Plaka hareketlerinin nedeni, dalma-batma zonunda aşağıya doğru çekilmeleri, yayılma sırtlarında ise yanlara doğru itilmeleridir.
- Plakaların pasif hareketlerinin (sürüklenme) nedeni, mantoda oluşan konveksiyon akımlarıdır.
- Plaka, bir manto konveksiyon akımının soğumuş üst kesimine karşılık gelir. Akımın hareketleri ile bu soğumuş kesim, yani plaka, hareket eder.

- d) Alt manto kökenli olabilen, ve sıcak ve yükselen malzemeleri temsil eden sorguçlar (PLUMES) nedeni ile, mantoda konveksiyon akımları oluşur. Plaka hareketlerinin nedeni bu akımlardır.



Şekil 20.16. Plaka tektoniği mekanizmalarını açıklayan dört model. a) Plakalar yayılma sırtlarında itilerek, veya soğuk ve dalan plaka ile çekilerek, veya her ikisinin de etkisi ile hareket ederler; b) Plakalar, mantodaki konveksiyon akımları ile sürüklenirler; c) Bir plaka, sıcak ve plastik üst mantodaki dolaşan bir konveksiyon akımının soğumuş üst kısmıdır. Dolaşımda, ergime, katılaşma ve tekrar ergime vardır; d) Olasılıkla alt mantodan gelen sıcak ve yükselen sorguçlar, (PLUME) sıcak noktaları oluştururlar. Bunların yanlara doğru yayılması ile plakalar sürüklenirler. Aşağıya doğru akımla, dalmakta olan soğuk litosfer parçaları, yerçekimi etkisi ile de, batarlarken parçalanır ve kısmen ergimeye uğrarlar.