

Orojenik Kuşaklarda Tektonik Taşınma

A. M. CELAL ŞENGÖR

Department of Geological Sciences State University of New York at Albany
Albany, New York 12222 A.B.D.

"Bu ilk gözlemlerden de görüldüğü gibi Alp Sisteminin bugünkü yapısını kazanmasında büyük kütlelerin yatay hareketlerinin, bugüne kadar üzerinde çok fazla durulmuş olan orojenik kuşaklardaki ilişkisiz kısımların düşey hareketlerinden çok daha fazla etkin olmuş oldukları gittikçe daha da belirginleşmektedir..."

GİRİŞ

Dünya üzerinde kayaçların ilk oluşumlarından sonra deformasyona uğrayarak ilksel yapılarında değişikliklerin meydana geldiğinin kanıtlanması, yerbilimlerinin insan bilgisine yaptığı ilk ve önemli katkılardan biridir. Eski Yunan ve Roma doğa bilimcileri yapmış oldukları gözlemler esnasında kendilerini bu sonuca varıracak inandırıcı kanıtlar bulmuşlarsa da, ancak kayaç deformasyonunun ilk ayrıntılı ve sistematik analizini yaparak İtalya'daki Etruria (bugünkü Toskana) bölgesinin zaman içindeki jeolojik gelişmesini saptamak onuru Steno'ya ait olmuştur (Nikolaus

Steno, *De solido intra solidum naturaliter contento*, 1669, Floransa. Etruria'nın jeolojik gelişimi hakkındaki bölümün bir İngilizce çevirisi için bkz. Mather ve Mason, 1939, s. 43-44). 18. yüzyıl sonu ve 19. yüzyıl başında, jeolojinin modern metodolojisinin doğarak özellikle Avrupa'da ayrıntılı arazi gözlemlerinin yapılmaya başlanması ve yerbilimlerinde teorinin gelişmesi jeolojik sorunların mostra ölçeğinden çıkarak yeryuvarı ölçeğine ulaşmalarını sağlamış ve hemen o tarihlerden başlayarak büyük orojenik kuşakların oluşma ve gelişmeleri sorunu jeoloji ilminin temel konularından biri

"Immer deutlicher zeigt sich schon bei diesen ersten Betrachtungen, dass gleichförmige Bewegungen grosser Massen im horizontalen Sinne einen viel wesentlicheren Einfluss auf die heutige Gestaltung des Alpensystems gehabt haben, als die bisher allzusehr betonten verticalen Bewegungen einzelner Theile..."

EDUARD SUESS, 1875

haline gelmiştir. 19. yüzyılın ilk çeyreğinde bu konuda sağlıklı sonuçlara varmayı sağlayabilecek nicelik nitelikteki gözlemlerin azlığı orojenik teorilerin eldeki yetersiz verilerin daha ziyade hayal gücüne dayanan yorumları şeklinde gelişmelerine neden olmuştur. Bu devrede, varlık ve kısmi etkinliklerini 19. yüzyılın üç çeyreği boyunca sürdürmüş olan, orojenik kuşakların bütünüyle, dünya içerisinden belirli hatlar boyunca yüzeye yükselen magma tarafından doğurulan dikey hareketlerin sonuçları oldukları tezini savunan ve özellikle görüşlerini Güney İtalya ve Kanarya Adalarındaki

etkin yanardağlar ve Alplerin masifler bölgesindeki gözlemlerine dayandıran Baron Leopold von Buch'un, Urallarda ve Altaylarda çalışmış olan Peter Simon Pallas'ın, Kuzey Andlar, Meksika ve Orta Asya'da inceleme gezileri yapmış olan Baron Alexander von Humboldt'un ve modern volkanolojinin kurucularından olan George Foullet-Scrope'un hipotezleri yayımlanmıştır.

Orojenik kuşaklarda yatay hareketlerin de etkin olmuş olabilecekleri, hattâ bu kuşakların bütünüyle yatay hareketler sonucu meydana geldikleri, aralarında Sir James Hall ve Elie de Beaumont gibi tanınmış jeologlar da bulunan kimseler tarafından 1800'lerin ilk otuz senesi içinde anlatılmışsa da İsviçreli Arnold Escher von der Linth'in Glarus Çift Kıvrımı (Glarner Doppelfalte; bu konuda bkz. Heim, 1878, 1891; Oberholzer, 1933, özellikle s. 3 deki dipnot) kavramını ortaya atmasına kadar yatay hareketler orojenik kuşakların kökenlerini araştıran jeologlardan pek iltifat görmemişlerdir. Von der Linth'in keşfinden pek kısa bir süre sonra büyük boyutlu yatık kıvrımların ve hatta mütevâzi saryajların dünyanın diğer orojenik kuşaklarında da bulunması (örneğin, Apalaşlarda Rogers kardeşler, 1843; İskoçya'da Nicol, 1861; Kanada'da Logan, 1860) ise buralarda yatay hareketlerin varlığı hakkındaki kuşkuları zayıflatmıştır.

Suess'in 1875 de orojenik kuşakların iç yapılarının o zamana kadar sanılan aksine son derece asimetric oldukları ve bunun dağların sadece yatay hareketlerle oluşmuş olmalarının bir sonucu olduğu tezini güvenilir jeolojik verilerle ortaya atan küçük kitabı, Marcel Bertrand'ın 1884 de Glarus'daki jeolojik verileri birbirlerine karşı devrilmiş iki yatık kıvrım yerine güneyden kuzeye hareket etmiş tek bir nap olarak baştan yorumlamasına ve böylece tektonik tarihinde yeni bir çığır açmasına neden oldu. 40 km.'ye yakın bir yatay hareketi gerektiren bu yorum özellikle aralarında bir zamanlar hocası von der Linth'in çift kıvrım yorumunu hararetle desteklemiş olan Albert Heim'in de bulunduğu mahalli jeologlar tarafından şiddetli eleştirilere uğradıysa da önce Suess'ün (bkz. Bailey, 1935, s. 54) desteğini kazandı, arkasından Schard'ın (1893, 1897) ve bilhassa Lugeon'un (1903) yayınlarıyla da Alp jeologlarının tamamı tarafından kabul edildi.

Napların diğer orojenik kuşaklarda da bulunması, hattâ bu kuşakların ana yapı öğeleri olarak gözükmeğe başlamaları (örneğin, Türnebohm, 1883, 1888, İskandinav Kaledonidlerinde; Peach ve Horne, 1884, İskoç Kaledonidlerinde; Mc Connel, 1887, Kanada Kayalık Dağlarında; von Krafft, 1902, Himalayalarda) tektonikte yeni bir sorun, bu muazzam kayaç dilimlerinin hareket mekanizması sorununu doğurdu. Başlarında Suess ve daha sonra Emile Argand bulunan bir grup jeolog orojenik kuşakların bütünüyle yatay hareketlerin eseri olduklarını savunurken, en iyi anlatımını Erich Haarmann'ın 1930'da yayımlanan doğmatik kitabında bulan karşı tez dağların ahlında dikey hareketlerle (primer tektojeniz) oluştuklarını, naplarda görülen yatay hareketlerin ise dikey hareketler tarafından meydana getirilen yüzeyel yerçekimi kaymalarından (sekondar tektojeniz) ibaret oldukları görüşünü savunmuştur. Bugün özellikle paleo-coğrafya açısından çok önemli ve levha tektoniğine inanmış jeologlar arasında dahî halâ var olan bu fikir ayrıcalığı jeolojinin en temel akademik sorunlarından biri olup, çözümünü litosferin dinamik niteliğinin ortaya çıkarılmasında en önemli rolü oynayacak öğelerden biri olacaktır.

Bu yazının amacı orojenik kuşaklarda tektonik taşınma sorununu arazi jeolojisinden elde edilmiş verilerin ışığında tartışmaktır. Laboratuvar deneylerine ve taşların mekanik özellikleri hakkındaki teorik görüşlere, bu konulardaki bilgilerimizin tektonik açıdan henüz güvenilir bir düzeye ulaşmamış olduklarına inandığım ve Alexander Logie du Toit'ın bir zamanlar kıtaların kayması teorisini hakkında dediği gibi bu konuda da "geological evidence almost entirely must decide" fikrinde olduğum için bu yazıda hiç yer verilmeyecektir.

NAPLARIN⁽¹⁾ HAREKET MEKANİZMALARI HAKKINDAKİ GÖRÜŞLERİN ÖZETİ:

Napların hareketlerini açıklamak amacıyla bugüne kadar üç temel görüş ortaya atılmıştır. Bu görüşler, naplarla birlikte orojenik kuşaklar içinde görülen ve yatay hareketlerle oluştukları sanılan tüm yapıların da kökenlerini açıklamaya çalıştıkları için napların henüz bilinmedikleri tarihlerde ortaya çıkarak daha sonra nap hareketlerinin açıklanma-

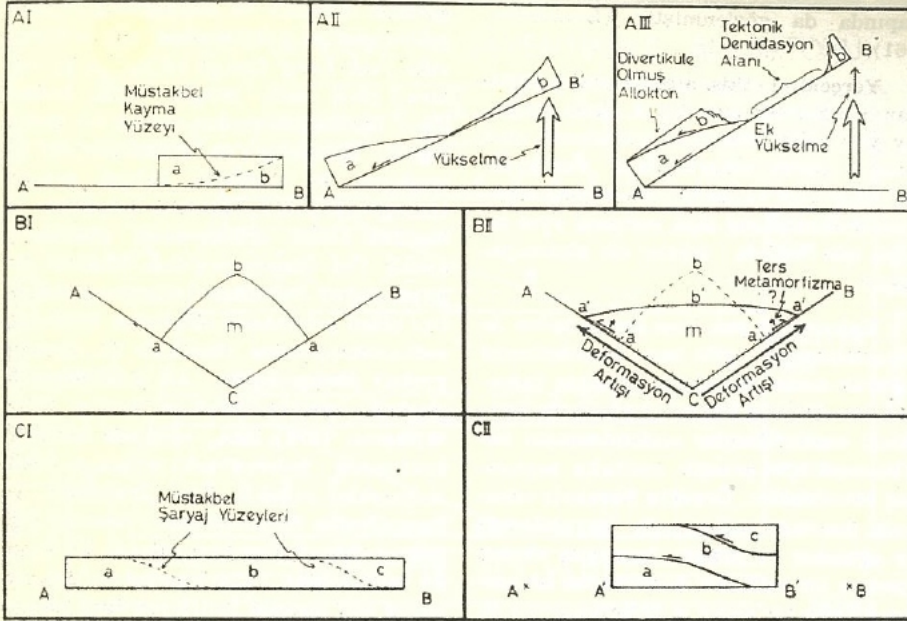
sında da kullanılmış, bazan bu amaca göre de değiştirilmişlerdir.

Napların hareketlerini, bu kayaç dilimlerinin itilmek suretiyle birbirleri üzerine yürüttükleri yoluyla belki de ilk defa açıklıyan Suess (1875, s. 146) olmuştur. Suess'e göre kayaçların üzerinde oluştukları temel kısalma uğrayınca bu kısalma, kayaçın kıvrımlanması veya belirli düzlemler boyunca kırılarak bu suretle meydana gelen dilimlerin (örneğin, şekil 1c, a, b, c dilimleri) birbirleri üzerine itilmeleriyle karşılaşır. Şekil 1 C'de ilksel uzunluğu AB olan bir levha C1'de %50 kısalarak A'B' uzunluğuna inmiş, bu kısalma a, b ve c naplarının oluşması ve bunların birbirleri üzerine itilmeleri sonucu %50 bir kahnlaşma ile gerçekleşmiştir. Şekil 1C'de görülen önemli bir geometrik öğe de saryaj yüzeylerinin eğimi yönünde (B ve B' yönünde) en uzakta olan napın (şekil 1C'de c) kısalma sonunda en üst tektonik birliği oluşturmasıdır. Nap istifi içerisinde en üst napın altındaki üstten alta doğru yatay durumdaki ilksel sıraların bozmadan istiflenirler (şekil 1C'de c - b - a sırası). Bu geometrik sıralanma yerçekimi kayması sonucu meydana gelmiş olan napların oluşturdıkları istiflerde yukarıda gördüğümüzün tersine gelişir (aşağıya bkz.) ve iki mekanizmayı ayırtmeğe yarayan ipuçlarından birini oluşturur.

Smoluchoski (1909), Oldham (1921), Lawson (1922) ve daha sonra Hubbert (1951) ve Hubbert ve Rubey'nin (1959) teorik çalışmaları normal koşullar altında boyları 30 km.'yi geçen kayaç dilimlerinin yatay bir yüzey üzerinde arkadan itilerek hareket ettirilmelerinin kayaçların iç dayanıklılık sınırları açısından olanaksız olması gerektiğini göstermiştir. Fakat bu mekanik hesaplardan da ayrı olarak bazı jeofizikçiler (örneğin, Jeffreys, 1931) ve jeologlar (örneğin, Haarmann, 1930) çoğunluğu teorik olan çeşitli nedenlerden ötürü napların kısalmadan dolayı meydana gelen arkadan itme yerine başka yollarla hareket etmiş olmaları gerektiğini ileri sürmüşler ve bu yönde yeni hipotezler geliştirmişlerdir.

Bu görüşlerden ilk önce ortaya çıkan kökleri Gillet-Laumont'un 1799'da yayınladığı bir makaleye kadar inen, fakat özellikle Haarmann (1930), Van Bemmelen (1932, 1933a, 1933b) ve Lugeon ve Gagnebin'in (1941) yayınların-

(1) Bu yazıda nap sözcüğü ile kastedilen kavram altta bir saryajla sınırlanmış kayaç dilimidir (nappe du second genre; bkz. Aubouin, 1969) ve çok büyük boyutlu yatık kıvrımları (nappe du premier genre) kapsamaz.



Şekil 1: Napların hareket mekanizmalarını açıklamak amacıyla ortaya atılmış olan görüşlerin sematik açıklamaları:

A — Yerçekimi etkisiyle kayma hipotezi.

B — Yerçekimi etkisiyle yatay yayılma hipotezi.

Burada II'de gösterilen ters metamorfizma yayılmaya neden olan kayac akmasından dolayı şaryaj yüzüne yakın olarak oluşabilecek büyük boyutlu yatık kıvrımların metamorfizma sonrası veya sırasında gelişmeleri ile meydana gelebilir. Bu durum, örneğin Himalayalar (Le Fort, 1975; ayrıca şekil 6B) ve İskandinav Kaledonidlerinde (Gee, 1975) görülen ters metamorfizma olaylarına olası bir açıklama sağlayabilir. Başka bir olasılık için bkz. Le Fort (1975).

C — Kabuk kısalması nedeniyle ortaya çıkan itilme hipotezi (Tartışma için metne bakınız).

dan sonra popüler olan, napların belirli bir eğim boyunca yerçekimi etkisi altında yokuşaşağı kayarak oluştuğu fikridir. Yerçekimi napları da denilen bu tür napların ne şekilde meydana geldikleri ve bunların oluştuğu tektonik ortamların nap gelişmesinin çeşitli evrelerindeki geometrik özellikleri şekil 1A'da görülmektedir. AB yüzeyi üzerindeki müstakbel a ve b naplarından oluşan cisim (buradaki müstakbel kayma yüzeyleri cisim içerisindeki duruşları, kaymaya uygun zayıf tabakalar, örneğin evaporit yüzeyleri, tarafından saptanır), bu yüzey AB' durumuna geldiği zaman a müstakbel napının ağırlığının AB' yüzeyine paralel bileşeni, a'yı yerinde durmağa zorlayan sürtünme kuvvetini yenince, duraylılığını kaybeder ve a, nap olarak cisimden koparak A'ya kayar (şekil 1 AI ve AII). Yükselme devam ettiği takdirde (şekil 1 AIII) geride kalmış olan b de nihayet kayarak b napını oluşturur. Şekil 1 A'da yerçekimi napı hipotezinin çok önemli ve jeolojik yöntemlerle saptanması çok ko-

lay olan üç geometrik ögesi görülmektedir. Bunlardan ilki üzerinde napların kayacakları eğimi meydana getirecek olan görelî yükselmedir. Özellikle sedimentolojik ve stratigrafik yöntemlerle böyle bir yükselmenin ve dolayısıyla AB' ve/veya AB' eğimlerinin jeolojik geçmişte var olup olmadıklarının anlaşılması çok kolaydır. Aşınmanın ve dolayısıyla sediman tahribatının denizaltı ortamlarına nazaran çok daha şiddetli ve etkin olduğu karasal ortamlarda dahi, yükseltiler etrafında oluşan sedimanlar sadece yükseltilerin varlığını değil, aynı zamanda ayrıntılı gelişimini de belgelerler. Örneğin, Batı Kenya ve Uganda'da bulunan karasal Miyosen kırıntılı sediman kumaları burada Doğu Afrika Rift Sistemine bağlı grabenlerin oluşmalarından önce meydana gelmiş olan yükselmelerin kanıtlarını oluştururlar (King, 1970). Benzer şekilde Alplerin kuzey ve güneyinde birikmiş olan Molas Alplerin ayrıntılı yükselme tarihini kaydeder (Trümpy, 1973).

Şekil 1 AIII'de görülen ikincil geometrik öge napların kaydıktan sonra arkada bırakmaları gereken boşluk, yani tektonik denudasyon alanıdır. Özellikle kayma mesafeleri 30-40 km.'yi geçen yerçekimi naplarının geliştiği tektonik ortamlarda basit bir stratigrafik çalışma tektonik denudasyon alanını, eğer tamamen aşınıp gitmediği takdirde, kolayca saptanabilir. Aşınma ile tamamen kaybolmamış olsa bile tektonik denudasyon alanı nap hareketini izleyen tektonik/sedimentolojik olaylarla gizlenmiş olabilir. Örneğin, Kuzeybatı Wyoming'deki Heart Mountain yerçekimi napının tektonik denudasyon alanı nap gelişimi sonrası volkanik kayaları (Wapiti formasyonu) ile örtülmüştür (Pierce, 1973). Fakat bu durumlarda dahi tektonik denudasyon alanının varlığını kanıtlamak olanaksız değildir. Aynı yöntemlerle böyle bir alanın hiçbir zaman var olmadığı kanıtlanamaz. Aynı yöntemlerle böyle bir alanın hiçbir zaman var olmadığı kanıtlanamaz. Aynı yöntemlerle böyle bir alanın hiçbir zaman var olmadığı kanıtlanamaz. Aynı yöntemlerle böyle bir alanın hiçbir zaman var olmadığı kanıtlanamaz.

Yerçekimi napı hipotezinin üçüncü geometrik ögesi ise 1943'de Lugeon tarafından isimlendirilmiş olan divertikülasyon olayıdır. Divertikülasyon kısaca ilksel bir stratigrafik istifin, bu istife ait üyelerin en üstten başlamak üzere yerçekimi etkisi altında birbirleri ardından kayarak bir nap istifi oluşturmaları sonucu ters sıralanışıdır. Şekil 1 AI'de a, b'nin üzerindeki AIII'de divertikülasyon sonucu b, a'nın üzerine çıkmıştır.

Şekil 2A İsviçre Alplerindeki Ultrahelvetik naplarının bugünkü istifini göstermektedir (Badoux, 1963; Lemoine, 1973; Gwinner, 1976). 2B'de ise Badoux tarafından zone des cols'de yapılan çok ayrıntılı stratigrafik/yapısal çalışmalar sonucu ortaya çıkmış olan deformasyon öncesi Ultrahelvetik stratigrafisi görülmektedir. Bu iki şeklin karşılaştırılması bize stratigrafinin gittikçe yaşanan birimlerinin, nap istifinin gittikçe yükselen üyelerini oluşturduklarını gösterir. Yani nap istifinin en alt üyesi stratigrafinin en üst birimine karşılık gelmektedir. Bu geometri şekil 1 AIII'de görülenin aynıdır ve gerçekten de Badoux (1963) Ultrahelvetik nap yerleşmesini, yerçekimi etkisinde, stratigrafinin zayıf kısımlarından yararlanarak kopup kayan napların divertiküle olması şeklinde yorumlamıştır. Prealplerdeki Simme napının (geniş anlamda) iç yapısının şekillenmesinde de rolü olduğu ileri sürülen (Lemoine, 1973) divertikülasyon olayının yerçekimi tektoniğinden ziyade bir nevi yumuşak sediman deformasyonu olduğu-

nu ileri sürenler de vardır (bkz. Lemoine, 1973; Dr. A. W. Bally, kişisel görüşme, 1976).

Tektonik hareketlerin son derece ayrıntılı bir tarihçesi ile birlikte yukarıda sıralanan üç geometrik öge (bir tek napın hareketi konu olduğu zaman diverti-külasyon hariç), yerçekimi etkisi altında kaymanın nap hareketi mekanizması olarak saptanabilmesi için arazide mutlaka araştırılmış olmalıdır. Bu üç ögeden bir tekinin dahi bulunamaması, o bölgede yerçekimi naplarının varlığı hakkında çok ciddi kuşku doğurur.

Napların hareketlerini açıklayabilmek için ortaya atılan en son görüş ilk defa 1924'de Jeffreys tarafından belirtilen ve napları hareket ettirerek onlara arazi gözlemleri sonucu ortaya çıkarılan iç yapılarını kazandırabileceği Bucher (1956a, 1956b, 1962) tarafından yapılan deneylerle ortaya çıkarılan kayaçların yerçekimi etkisinde yatay yayılmaları fikridir. Yakın zamanda Elliot (1976) bu hipotezin matematik bir analizini de vermiştir.

Şekil 1B'de yerçekimi etkisinde yayılmanın nasıl gerçekleştiği ve bunun geometrik sonuçları gösterilmiştir. Bir ACB kabında bulunan yarıkuşkan m maddesi yerçekimi etkisiyle akarak yüzeyini yatay duruma getirmeğe çalışır. Bu arada b noktası b' ne inerken a noktaları da CA ve CB boyunca a' ne gelirler. Bu şekilde meydana gelen iki Ca şaryajı boyunca deformasyonun C noktasında sıfır değerden a' noktalarında maksimum değere ulaştığı, bu suretle şaryajlar boyunca deformasyonun değişmez bir değere sahip olmayarak, şaryajın hareketi yönünde arttığı görülmektedir. Ayrıntılı yapısal jeolojik araştırmalarla ortaya çıkarılabilecek (örneğin, k değerinin şaryaj düzlemi boyunca artması, küçük kıvrım eksenlerinin şaryaj hareketine dik bir durumdan, ona paralel duruma gelmeleri) olan bu deformasyon artışı, yerçekimi etkisinde yatay yayılma için önemli bir geometrik ögedir. Bu olay, örneğin İtalya'da Kuzey Apeninlerde bulunan Alpi Apuane tektonik penceresi içerisinde saptanmış, Toskan Napı altında kıvrım eksenlerinin batıdan doğuya mineral çekme lineasyonlarına dik durumdan paralel duruma geçtikleri gözlenmiştir (Dr. Luigi Carmignani ve Bay Roy Kligfield, kişisel görüşme, 1977). İtalya'da olduğu gibi düzenli bir şekilde olmasa bile şaryajlar boyunca deformasyonun değer değiştirmesi İskandinav Kaledonidlerinin orta kesimle-

rinde bulunan Gee'nin (1975) Seve-Köli Napında da gözlenmiştir (Lindström, 1961).

Yerçekimi etkisi altında yatay yayılmanın diğer bir geometrik ögesi de yatay yayılmayı olanaklı kılabilecek olan ilksel b göreli yüksekliğinin varlığıdır. Bu, yerçekimi etkisi altında kayma hipotezinde tartışılmış olan sorunun aynı olduğu için burada tekrar ele alınmaya-caktır.

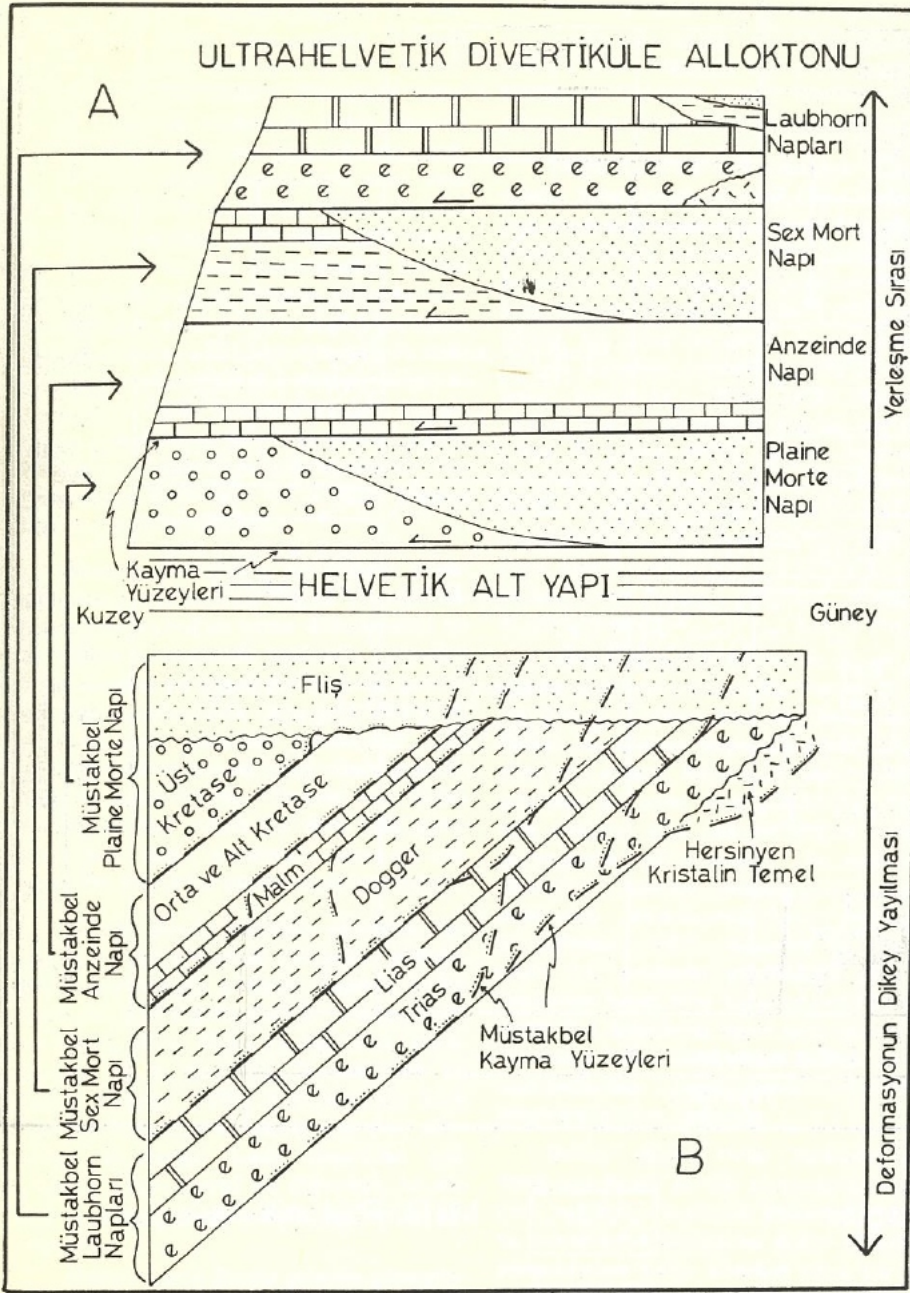
Yukarıdaki pek kısa özetlerinden de anlaşılacağı gibi nap hareketlerini doğuran mekanizmaların hepsinin tamamen kendilerine özgün geometrik nitelikleri vardır. Bunlar mekanizmanın belirlenmesi için arazide mutlaka saptanmış olmalıdır. Örneğin hareketi esnasında üzerinde yokuşaşağı kayabileceği bir eğimden ve arkada bırakmış olması gereken bir tektonik denüdasyon alanından yoksun bir napın iç deformasyonu ne kadar az, şaryaj düzlemi ne kadar ince ve boyutları ne olursa olsun yerçekimi etkisinde kayarak hareket etmiş olması olanaksızdır. Dolayısıyla nap mekanizmasının belirlenmesi jeologun kişisel seçimi veya önyargılarından ziyade ayrıntılı arazi çalışmalarına dayanılarak yapılmalıdır. Biz de orojenik kuşaklarda taşınmayı gerçekleştiren mekanizmayı tartışabilmek için önce bazı örnekleri incelemek zorundayız.

BAZI ÖRNEKLER

Napların hareket mekanizmaları hakkında ipuçları elde etmek amacıyla naplı bölgelerin iç yapıları ve zaman içindeki tektonik gelişmeleri üzerine yapacağımız tartışmadan olanak olduğu kadar genel sonuçlar çıkartabilmek için örneklerimizi de olanak olduğu kadar değişik yaş ve konumdaki orojenik kuşaklardan seçmeliyiz. Amacımızdan fazla uzaklaşmadan yapmağa çalışacağımız bölgesel incelemelere stratigrafinin ve nap yapısının başka bölgelere göre daha basit olduğu, arazide sağlıklı jeolojik gözlemlere olanak veren bol mostralarn bulunduğu ve bugüne kadar birçok jeolog tarafından pek ayrıntılı olarak incelenmiş olan Batı Newfoundland'da Adalar Körfezi (Bay of Islands) çevresinde bulunan Orta Ordovisyen yaşlı allokton birliklerle başlayalım. Bölgenin stratigrafisi ve tektonik evrimi şekil 3'de şematik olarak gösterilmiştir (ayrıca bkz.: Dewey, 1976, şekil 1; Rodgers, 1970, s. 148-154; Bird ve Dewey, 1970; Dewey ve Bird, 1971; Williams, 1971, 1973, 1975; Williams ve Smyth, 1973; Dewey, 1974). Ka-

nada'daki korelatlarına pek benzeyen, şiddetle deforme ve metamorfize olmuş gnays, şist ve granitlerden oluşan Grenville yaşlı Long Range ve mafik kayaçlara göre daha zengin olan Indian Head karmaşıklarından oluşan bir temel üzerine Kambriyen'de (Eokambriyen ?) başlayan ve doğudan batıya gelişen transgresyon önce kırıntılı kayaçlar ve özellikle temiz ortokuvarsit çökeltmiş, ancak Üst Kambriyen'den itibaren doğuya doğru kalınlaşan miyojeosenkinal tipi çökel prizmasını oluşturan karbonat sedimantasyonuna (özellikle St. George grubu) dönüşmüştür. Alt Kambriyende olduğu sanılan (Bird ve Dewey, 1970; Williams, 1975) kıta eteğinde batıdaki kratondan gelerek şelfi geçen kırıntılı sedimanlar (Şekil 3'de Irishtown ve Summerside formasyonları) kısmen leptojeosenkinal koşulları altında birikmeğe başlamışlar, Orta Kambriyen'den itibaren şelf sınırını belirleyen kıta yamacında Cow Head fasiyesini (kireçtaşı breşi ve moloz yığınları) oluşturan kireçtaşı molozu kaymaları meydana gelmiş, bunların uzak uçları Cooks Brook'un yakınsak karbonat breşlerini oluşturmışlardır.

Şekil 3'deki şematik tablodan da görüldüğü üzere, Alt Kambriyenden itibaren Batı Newfoundland'ın doğuya bakan Atlantik tipi pasif bir kıta kenarı olarak geliştiğini, bunun doğal bir sonucu olarak da bugün Humber Arm alloktonunda bulunan kırıntılı sedimanlar tarafından simgelenen kıta eteğinin de doğusunda okyanus tipi litosfer ve bunun üzerinde derin deniz çökelleri olması gerektiğini anlıyoruz. Böyle bir okyanus litosferinin var olduğu hakkında ilk dolaysız kanıt Orta Ordovisyen'de kıta eteğinin doğusunda deformasyonun başlamasıyla ortaya çıkıyor. Doğuda deformasyonun başlamış olması kıta etek, yamaç ve şelf sedimantasyonunun ani bir değişikliğe uğrayarak o zamana kadar sakin bir karbonat ve batıdan beslenen kırıntılı tortul çökeltme ortamı olan alanların doğudan gelen bir kırıntılı tortul baskınına uğramış olmalarından anlaşılmaktadır. Genellikle grovak, arkoz, şeyl, silt ve konglomeralardan oluşan Blow-me-down Brook formasyonu (Şekil 3) aynı zamanda çörtlü (derin deniz tortulları ve ofiyolitik (okyanus kabuk ve üst mantosu) kırıntıları da içermektedir (bkz. Dewey, 1976, şekil 1). Bundan Blow-me-down Brook'a sediman sağlayan ve onun doğusunda olmaları gereken tektonik yükseltelerin ofiyolitik bileşenleri olduğu sonucu çıkmaktadır.



Şekil 2: A — Ultrahelvetik napların çok şematize edilmiş görel geometri (Badoux, 1963; Lemoine, 1973; Gwinner 1976'dan değiştirilerek alınmıştır.)

B — Deformasyon öncesi Ultrahelvetik stratigrafisi (Badoux, 1963; Gwinner 1976 dan sadeleştirilerek alınmıştır). Şekilde deformasyonun stratigrafik istif içindeki yayılması ile nap yerleşme sırasının ters yönlere gelişmelerine dikkat ediniz. Bu geometri divertikülasyonu belirtmektedir.

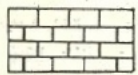
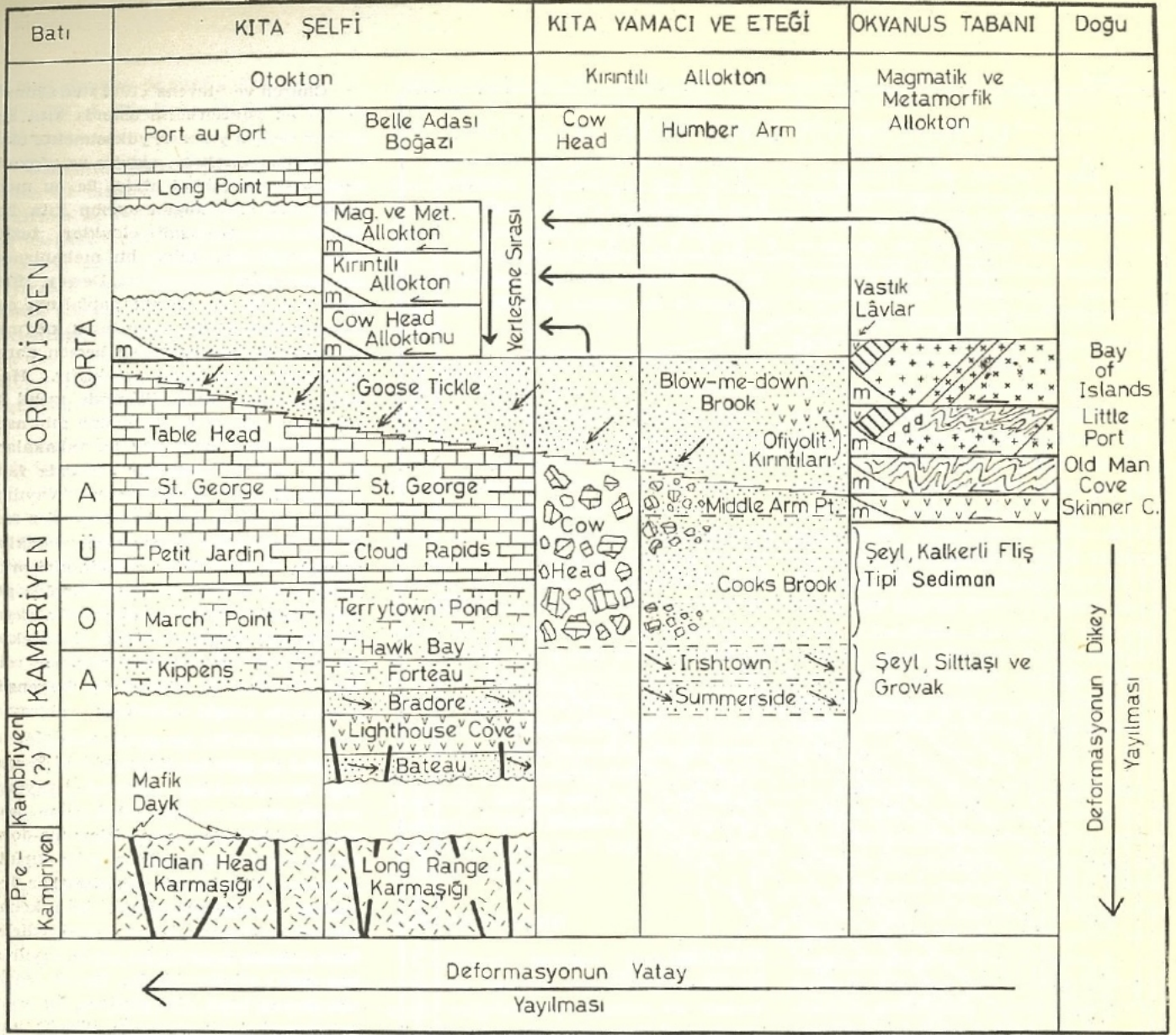
Sözü geçen ofiyolitik yükseltilerin tektonik nitelikleri bu yazının konusunu yakından ilgilendirir, çünkü Blow-me-down Brook havzasında sedimantasyon buranın doğudan, büyük olasılıkla az önce anılan yükseltilerden gelen ve dört ayrı dilimden oluşan (Bay of Islands, Little Port, Old Man Cove ve Skinner

Ceve dilimleri; şekil 3) ofiyolit alloktonu ile örtülmesi sonucunda kesilmiştir. Dolayısıyla bu yükseltilerin köken ve gelişmeleri, Blow-me-down Brook havzasını örtmüş olan ofiyolit naplarının hareket mekanizmasını belki aydınlatacak nitelikte ipuçları sağlayabilirler.

Church ve Stevens (1971) ve Church (1972) bu yükseltilerin aşında kıta kenarının hemen yanında yükselmekte olan bir yayılma merkezi olduğu ve ofiyolit naplarının yerçekimi etkisi ile bu merkezin batı kanadından ayrılıp kıta kenarı üzerine yerleşmiş oldukları tezini savunmuşlardır. Böyle bir mekanizmanın geometrisi (ayrıca bkz. Dewey, 1976, şekil 5 A, B, C) ofiyolit naplarının okyanus kabuk ve üst mantosunu magmatik tabakalanmaya hemen hemen paralel olarak kesmelerini gerektirir. Hالبuki, Bay of Islands diliminde (şekil 3) çok belirli olarak da görüldüğü gibi napları sınırlayan şaryajlar bu tabakalanmayı enine ve tabakalar arasında fark gözetmeksizin kesmişlerdir. Yayılma merkezini durup dururken 2 km.'den fazla bir yüksekliğe çıkarmanın güçlükleri yanında (Dewey, 1976; İzlanda gibi müstesna hallerin Batı Newfoundland'da görülen klasik ofiyolit kesidini veren okyanus litosfer oluşturmadıkları bilinmektedir) ofiyolit alloktonlarının daha sonraki evrimleri de Church ve Stevens'in yorumuyla gelişki halindedir.

Elliot (1976) ise gerek Batı Newfoundland ve gerekse Umman'daki Semail napı için yerçekimi etkisinde yayılma sonucu yerleşme hipotezini uygun görmüştür. Elliot'a göre Blow-me-down Brook formasyonundaki ofiyolit kırıntıları ofiyolitik tektonik yükseltiler üzerindeki topoğrafik eğimin kıta kenarı yönünde olduğunu işaret etmektedirler. Sonuç olarak napların bu yönde yayılmaları doğal görülmektedir. Teorik olarak son derece basit gibi görünen bu sonucun gerçekçi olamayacağı ofiyolit naplarını kıta yamacı doğusundan sökerek self üzerine yerleştirecek yüksekliğin (şekil 1 BI'de b yüksekliği) boyutlarından anlaşılır. Elliot bu yüksekliğin magmatik bir ada yayı tarafından sağlanmış olabileceği kanısındadır. Benim bildiğim kadariyle Newfoundland'da Orta Ordovisyon esnasında yüksekliği 3 km.'nin üzerinde olan bir magmatik ada yayı yoktur. Üstelik Elliot'un hipotezi aşağıda kesin delillerini göreceğimiz kabuk kısılmasını da açıklamadığı için burada daha fazla üzerinde durulmayacaktır.

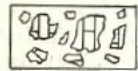
Yukarıda da belirtildiği gibi Orta Ordovisyon'da Batı Newfoundland'daki kıta eteğinin doğusunda oluşmuş olan ofiyolitik yükseltilerin nitelikleri hakkında bizzat Bay of Islands napı bazı ipuçları vermektedir. Bu nap içerisindeki ofiyolit stratigrafisi en üste yastık lavlarla başlayıp sürekli dayk ve dayk breşi, şiddetle tektonize olmuş, sayısız sü-



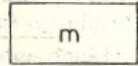
Karbonatlı Kayaçlar



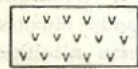
Kırıntılı Kayaçlar



Kireçtaşı Breşi



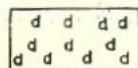
Melanj



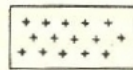
Mafik Volkanitler



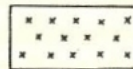
Sürekli (sheeted) Dayklar



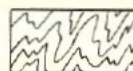
Kuvars Diyorit



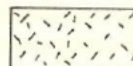
Mafik Plütonik Kayaçlar



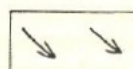
Ultramafik Kayaçlar



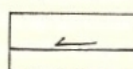
Deforme Metamorfik Kayaçlar



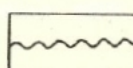
Prekambriyen Temel Karmaşığı



Sediman Taşınma Yönü



Tektonik Sınır ve Taşınma Yönü



Uyumsuzluk

Şekil 3: Batı Newfoundland'da Adalar körfezi bölgesinin Prekambriyen-Orta Ordovisyen arasındaki jeolojik evriminin sematik özeti. Deformasyonun yatay yayılması ve alloktonların yerleşme sırası (deformasyonun yapısal olarak dikey yayılması) arasındaki ilişkiye dikkat ediniz. Bu geometri ve zaman sırasını yerçekimi etkisinde napların kayması ile açıklamaya olanak yoktur. (Kısmen Williams, 1971'den).

nümlü kesme zonlarını içeren ve sayıları yukarıdan aşağı hızla azalan köksüz dayakları içeren izotropik gabro, kümülat gabro, gene şiddetle tektonize anortozit, troktolit, feldspatlı dünit, kromit ve klinopiroksenit, bunların altında harzburgit ve nihayet lertzolitlerle sona erer (Williams, 1975 ve benim gözlemlerim). Bu stratigrafiden görüldüğü gibi okyanus kabuk ve üst mantosunun hemen tüm üyeleri Bay of Islands napında vardır. Bundan çıkan sonuç, napı sınırlayan şaryajların okyanus kabuğundan ve hattâ litosferinden yüzeyel dilimler kesmek yerine onu enine dilimledikleridir. Bu dilimler oluştuktan bir süre sonra yerlerinden çıkarak hemen önlerindeki fliş havzalarını örtmüşler ve oradaki kayaları deforme etmişlerdir.

Burada jeolojideki aktüalizm prensibinden yararlanarak bugün 1) okyanus tabanında kabuğun enine dilimlendiği ve 2) bunun neticesinde tektonik yükseltilerin oluştuğu yerleri inceleyerek bunların Newfoundland'da Orta Ordovisyen'de oluşmuş olan tektonik yükseltiler için gerçekçi birer model olup olamayacaklarını araştırabiliriz. Bunun için Newfoundland'dan geçici bir süre için ayrılarak önce doğu Akdeniz'e, sonra da güneydoğu Pasifik'e uzanmamız gereklidir.

Bugün dünya yüzünde okyanus tipi kabuğun dilimlenerek tektonik yükseltiler oluşturduğu yerlerin başında Doğu Akdeniz Sirt'i gelmektedir (Rabinowitz ve Ryan, 1970; Ryan ve diğerleri, 1970; Dewey ve Bird, 1971). Burada her ne kadar Morelli (1976) çok incemiş kıta tipi bir kabuğun bulunduğunu ileri sürmüşse de durum kesin olmaktan çok uzaktır (Biju-Duval ve diğerleri, baskıda) ve aşında buradaki tartışmamızı etkilemez.

Hellen Derin Deniz çukuru güneyinden Kıbrıs'a kadar uzanan ve hemen hemen 200-250 km. genişliğinde topoğrafik bir yükselti olan Doğu Akdeniz Sirt'i üzerinde bulunan büyük serbest hava gravite anomalileri ve düşük ve ısı akımı burada kabuğun kalınlaşmakta olduğunu göstermektedir. (Rabinowitz ve Ryan, 1970) Bu kalınlaşmanın mekanizmasının Doğu Akdeniz Sirt'i boyunca uzanan ve kuzeye dalan şaryajlarla kabuğun dilimlenerek kısılması olduğu sismik yansıma profillerinden ve denizaltı fotolarında görülen sediman deformasyonundan (Ryan ve diğerleri, 1970) anlaşılmaktadır (Şekil 4; ayrıca bkz. Dewey ve Bird, 1971, Şekil 6A). Buradaki geometri napların yokuş yukarı çı-

karak yerçekimine karşı iş yaptıklarını ve Newfoundland'da Orta Ordovisyen'de olduğu gibi Atlantik tipi pasif bir kıta kenarına (burada kuzey Afrika) doğu yürümekte olduklarını göstermektedir.

Doğu Akdeniz'deki tektonik panoramanın Newfoundland'daki Orta Ordovisyen paleocoğrafyasına benzer önemli bir yönü de Doğu Akdeniz Sirt'i içerisindeki embriyonik ofiyolit (?) naplarının hemen önünde Herodot Havzası gibi Cooks Brook ve Blow-me-down Brook havzalarıyla karşılaştırılabilecek fliş havzalarının varlığıdır (Hsü, 1972; Stanley, 1974). Doğu Akdeniz'de bugün var olan (Hsü ve Ryan, 1972) sıkışmanın, geometrisini koruyarak devam etmesi halinde Sirt içerisindeki embriyonik napların ilerleyerek bu fliş havzalarına önce kırıntı temin edecekleri ve nihayet onları tamamen örterek deforme edecekleri düşünülebilir.

Güneydoğu Pasifik'te de, 8° ile 12° güney enlemleri arasında, Peru-Şili Derin Deniz Çukuru'nun 200 km. kadar batısında, Çukur boyunca Güney Amerika'nın altına dalmakta olan Nazce Levhası da aynı Doğu Akdeniz Sirt'i'nde olduğu gibi çukura doğru eğimli şaryajlarla dilimlenerek, bu dilimlerin birbirleri üzerine bindirmeleri sonucu kısalarak kalınlaşmaktadır (Hussong ve diğerleri, 1976). Hussong ve diğerlerinin 12. şeklinde görüldüğü gibi dilimlenme belki tüm litosferi etkilenmektedir. Bu dilimlerin birer nap olarak gelişmeleri halinde okyanus kabuk ve üst mantosundan kesit veren ofiyolitleri oluşturacakları doğaldır.

Sonuç olarak Orta Ordovisyen'de Blow-me-down Brook formasyonuna kırıntı sağlayan tektonik yükseltilerin, kıta kenarından okyanusa doğru eğimli ve yerçekimine karşı hareket eden bir nap istifinden oluşmuş olabilecekleri olasılığının kuvvetli olduğunu söyleyebiliriz. Bu netice aşağıda göreceğimiz Batı Newfoundland alloktonlarının istiflenme sırası ve bu alloktonların gelişmesi esnasında burada meydana gelmiş olan muazzam kabuk kısılması tarafından da desteklenmektedir.

Blow-me-down Brook havzasında sedimantasyonun kesilmesi kısa bir süre sonra Blow-me-down formasyonu ile birlikte Humber Arm grubunu oluşturan sedimanlar (şekil 3) doğudan gelerek kendilerini ezen ofiyolit napları tarafından deforme edilmişler ve yerlerinden sökülerek ofiyolitik alloktonun altına yeni bir nap olarak eklenmişlerdir.

Humber Arm diliminin (Williams, 1975) de eklenmesiyle kalınlaşan allokton kıta yamacına ulaşmış, buradaki Cow Head fasiyesine ait karbonat breşlerini de ezip yerlerinden sökerek Cow Head dilimini de en alt üye olarak kendisine kattıktan sonra bir bütün olarak şelf üzerine yerleşmiştir.

Alloktonun ilk hareketi ve gelişmesi esnasında devamlı yokuş yukarı çıkarak yerçekimine karşı iş yaptığı katetmiş olduğu paleocoğrafik yerlerden (derin deniz tabanı-kıta eteği-kıta yamacı-kıta şelfi) kolaylıkla anlaşılmaktadır. Bilhassa miyojeoklinal sediman prizmalarını deforme eden yatay hareketlerinin yerçekimi etkisinde kayma suretiyle veya yatay yayılmayla, değil fakat itilmek suretiyle meydana geldiklerinin bir kanıtı da buralarda şaryajlarla aynı zamanda gelişen muhteşem rotasyon bölgelerinin oluşmasıdır. Böyle bir rotasyon bölgesi her ne kadar şimdiye kadar incelemekte olduğumuz Batı Newfoundland'da gözlenmemişse de, çok güzel bir örneğini Roeder (1962) Batı Kanada'daki Kayalık Dağlar'da inceleyerek gelişmesini ayrıntılı mikrotektonik yöntemlerle saptamıştır. Şekil 5A'da görülen, Laurier Rotasyon Bölgesindeki dik faylar, hemen doğudaki kızak tipi şaryajlarla yaşıt yapılarıdır. Roeder, Laurier Bölgesindeki fayların dikleşmelerine neden olan rotasyonla, tabakalara Paralel Bernard Antiklinali şaryajlarının yerçekimi etkisiyle aynı zamanda oluşamayacaklarını şu kanıtlara dayandırmıştır: a) Rotasyona uğruyan tabakalar deformasyondan önce eğimliydi (şekil 5C); b) deformasyon esnasında eğimlerinden ötürü şariye olmak yerine, dönme suretiyle daha da dikleşmişlerdir; c) bu arada daha doğuda buldukları için ilksel eğimleri az olan Bernard Antiklinali tabakaları ise kendilerine paralel dilimlenmişlerdir. Böyle bir yapının yerçekimi etkisiyle oluşması geometrik olarak olanaksızdır.

Şimdi yine Batı Newfoundland'a dönerek Adalar Körfezi allokton birliklerinin nap istifi sırasıyla, bu naplardaki kayalar tarafından temsil olunan paleocoğrafik yerlerin yatay dizilim sıraları arasındaki ilişkiyi inceleyelim. Şekil 3'de de görüldüğü gibi alloktonun en üst üyesi olan magmatik ve metamorfik allokton, yani dört dilimden oluşan ofiyolit alloktonu, aynı zamanda şelften en uzakta bulunan paleocoğrafik yeri (derin deniz tabanı) temsil etmektedir. Onun altındaki Humber Arm ve Cow Head alloktonları da, sırayla, kıta eteğini ve

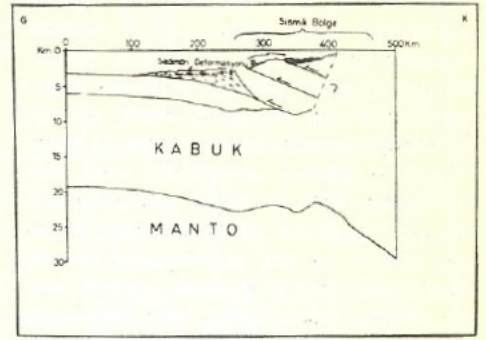
yamacını, başka bir deyişle seife gittikçe yaklaşan paleocoğrafik yerleri temsil ederler. Bunlardan ilk harekete geçeni, şimdi en üst alloktonu oluşturan ofiolitler olmuş, bunlar önlerindeki paleocoğrafik yerleri yatay sıralanmaya uygun olarak birbiri arkasından sökerek kendi altlarına sıralamışlar, bir nap paketi halinde istif etmişlerdir. Alloktonun bu şekilde gelişmesini, elini bir kar yığınının sokup, yığının yüzeyine paralel olarak sürülen bir çocuğun elinin ön kısmında karların yağılmasına benzetebiliriz. Geometrisi şekil 1 CII'de görülen durumun aynı olan bu nap gelişmesini, Newfoundland alloktonlarını çok daha büyük bir tek napın uç bölgesi (teo region) olarak kabul etmediğimiz takdirde (ki alloktonların jeolojisi böyle bir yorumla olanak tanımamaktadır) yerçekimi kayması ile açıklamak olanaksızdır. Bu geometri ya yatay yayılmayı ya da hakiki kabuk kısalmasını gerektirir. Newfoundland'da Adalar Körfezi Alloktonlarının oluşum ve gelişimleri esnasında muazzam bir kabuk kısalması olduğunu belirten jeolojik verileri tartışmadan önce, gene bir süre Newfoundland'dan uzaklaşarak diğer orojenik kuşaklarda nap istiflerinin gelişmesini inceleyelim.

Avrupa'da Alplerde yakın zamanda Laubscher (1973) ve Trümpy'nin (1975) yapmış olduğu sentezler şekil 6A'da görülen geometri ve tektonik tarihçeyi ortaya çıkarmıştır. Alplerde Senomaniyen'de başlayan ve büyük bir olasılıkla güneşe eğimli dalma (Alplerindeki dalma yönü hakkında bir tartışma için bkz. Şengör ve diğerleri, baskıda), Lütseyen/Priaboniyen sınırında meydana gelen kıta/kıta çarpışmasıyla son bulmuş (Trümpy, 1973, 1975); bu eski dalma hattı ve onun önünde bulunan dar bir şeritte gelişen şaryaj hatları boyunca yutulma başlamıştır. (1) Bu arada Alplerin en üst tektonik birliğini oluşturan Austroalpin napları harekete geçmiş (Tollmann, 1963), pek kısa bir süre sonra da, Alt Oligosen esnasında Penin Birlikleri, Austroalpin örtüsü altında birbiri arkasından önce şariye olmuş hemen sonra da klasik Penin naplarını oluşturmaya üzere yatık

kıvrımlarla kıvrımlanmışlardır. (Milnes, 1974a, 1974b). Bu yutulma neticesi bağlayan ve özellikle Penin birliklerini etkileyen Barrow tipi metamorfizma, daha sonra oluşan Helvetik yutulması ile desteklenerek Piliyosen'e kadar devam etmiştir (Milnes, 1969).

Penin Naplarının dilimlenmesi ve birbirlerini üzerine itilmeleri yerçekimine karşı yapılan bir iş olduğundan, kısa zamanda üst Eosen-Alt Orta Oligosen yutulma bölgesi boğulmuş, Alplerde devam eden sıkışmayı karşılayabilmek için Penin yutulma bölgesinin önünde, bugünkü Aar ve Gothard Masiflerinin arasında, orta (Alt?) Miyosen'de yeni bir yutulma bölgesi oluşarak (şekil 6A), bugün Helvetik Naplarında bulunan sedimanların minik Tavetsch Masifi (şekil 7) hariç tüm temelini yutmuştur. Tavetsch Masifi de güneydoğuya doğru kaybolur ve burada tüm Helvetik kök bölgesi Urseren Bölgesi'nde temsil olunur. Helvetik Naplarının en alt stratigrafik üyesini temsil eden Permiyen Verrucano, Helvetik fasiyesinde sadece, bugünkü genişliği birkaç kilometreyi geçmeyen, Tavetsch Masifi üzerinde ilkesel ilişkilidir (Trümpy, 1963, 1969). Aar ve Gothard Masiflerinin kendilerini örten, sırasıyla, Subhelvetik ve Ultrahelvetik otokton sedimanter örtüleri olduğu da düşünülürse (şekil 7), en az 30-40 km.'lik bir paleocoğrafi alanı temsil eden Helvetik naplarının bugün genişliği birkaç kilometre olan bir kök bölgesinden çıktıkları anlaşılır. Bu sıkışma ve Aar Masifinin kendi Subhelvetik otoktonunun bulunması Helvetik Naplarının yerçekimi napları olduğu ve Aar, Aiguilles Rouges ve Belledanne Masiflerinin de tektonik denüdasyon alanlarını temsil ettiklerini ileri süren teorilerin (örneğin bkz. De Sitter, 1964) gerçekte ilişkilerinin bulunmadığını kanıtlamıştır. Tollmann'ın (1963, 1976) da pek inandırıcı jeolojik kanıtlarla gösterdiği gibi durum Kuzey Kalker Alpleri ve az sonra göreceğimiz gibi Batı Newfoundland alloktonları için de aynıdır.

Helvetik Naplarının oluşumu ve Aar ve Gothard Masiflerinin en az 30-40 km. kadar birbirlerine yaklaşmaları sonucu



Şekil 4: Doğu Akdeniz Sırtı'nın iç yapısının jeolojik ve jeofizik verilere göre yorumu. Şekilde görülen şaryaj yüzeyleri büyük bir olasılıkla kuzeye doğru devam etmektedirler. Bu şekli Dewey ve Bird'in şekil 6 A'sıyla karşılaştırmamız. (Rabinowitz ve Ryan, 1970'den)

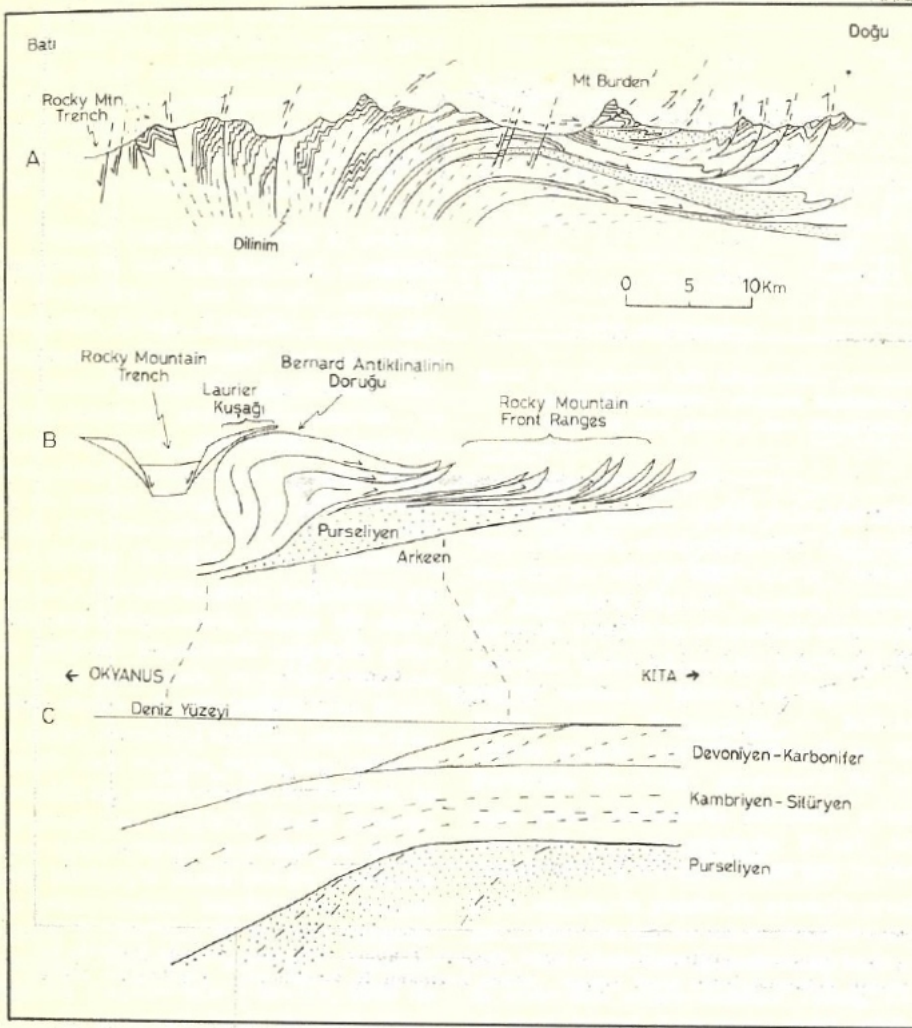
boğulan Helvetik yutulma bölgesinin önünde, Piliyosen'de yeni bir yutulma bölgesi oluşmuş ve burada meydana gelen kısalma Jura Dağları'nın Üst Pliyosen'deki kıvrılma ve yeni sondajlarla ortaya çıkarılan şaryajlanmalarıyla karşılanmıştır (Laubscher, 1961, 1962, 1973).

Bu kısa özetten ve şekil 6A'da görülen geometriden de açıkça görüldüğü gibi Alplerin tüm orojenik gelişmesi, Newfoundland alloktonlarının istiflenme olayının daha büyük boyutlusunda başka bir şey değildir. Alplerde dilimlenen Avrupa kıtasının litosferi veya kovuğudur. Her dilim kendi altındaki sökmüş, böylece yatay sıralanma, nap istifinin yukarıdan aşağı sıralanmasında yansıtılmıştır. Penin Napları okyanus, Helvetik Napları miyojeosenkinal ve Jura'da kraton paleocoğrafi alanlarını temsil ettiklerine ve nap oluşumu Penin Naplarından Juraya doğru geliştiğine göre Alplerde de naplar hep yokmuş yukarı çıkmışlardır.

Deformasyonun dikey ve yatay yayılması, şekil 6B'de görüldüğü gibi Himalayaların tektonik evrimlerinin de prensip olarak Alplerde gördüğümüzün aynı olduğunu belirtmektedir (Gansser,

(1) Bilhassa Türkçe jeoloji literatüründe dalma (subduction) ve yutulma (verschluckung) kavramları arasında henüz bir ayırım yapıldığı hakkında bugüne kadar ben olumlu bir delil bulamadım. Yabancı jeologların da çoğunluğu tarafından henüz tam olarak değerlendirilemeyen bu fark aslında çok önemlidir ve jeotektonik yorumlarda karışıklıklara yol açmaktadır. Dalma, yerçekimi nedeni, hiç olmazsa onun yardımıyla gerçekleşen, büyük olasılıkla manto dinamiğiyle ilgili bir olaydır. Dalma esnasında yoğunluğu fazla (3, 4) olan okyanus litosferi, yoğunluğu daha az olan (3, 2) astenosferin içine batmakta, bir yoğunluk dengesi kurmaya çalışmaktadır. Yutulma ise kıta tipi kabuk ve bazı hallerde tüm litosferin gene kıta tipi bir kabuk veya litosferin altına itilmesi olayıdır. Ve bu sebepten ötürü yerçekimine karşı yapılan bir iştir. Dalma sonucu kaybolan litosferin astenosfere veya mezosfere katılmasına karşılık, yutulma sonucu kaybolan malzeme yutulma bölgesinin üst levhasının altına katılarak post-paroksizmal yükselme, yüksek T/P tipi metamorfizma ve post-tektonik, yüksek K içeren granit yerleşmesi gibi olaylara neden olur.

Yutulma olayı orojenik kuşaklarda sıkışmanın ve hakiki kabuk kısalmasının olduğunun en sağlam kanıtlarından biridir (bkz. Ampferer 1906; Ampferer ve Hammer, 1911; Tollmann, 1963; Trümpy, 1960, 1975; Şengör, baskıda)



Sekil 5: A — Laurier Rotasyon Bölgesi ve onun önündeki Bernard "Antiklinali"nin iç yapıları. Bernard Antiklinali içerisinde tabakalanmaya hemen hemen paralel olan kızak-tipi şaryajların batıdaki Laurier Bölgesinde aynı tabakaları dik açılarla kestiklerine dikkat ediniz. Dolayısıyla burada bir geç retroşaryaj söz konusu olamaz. Dilinim geometrisi de bu yargıyı desteklemektedir.

B — Laurier Bölgesinin olduğu enlemde Kanada Kayalık Dağlarının jeolojik ve jeofizik verilerden faydalanılarak ortaya çıkarılmış iç yapısı.

C — B'de görülen kayaçların deformasyondan önceki geometrileri. Müstakbel Laurier Bölgesi ve Bernard Antiklinalini oluşturacak tabakalar arasındaki eğim farkına dikkat ediniz. (Roder, 1962'den sdeleştirilerek alınmıştır).

1964; Le Fort, 1975). Burada dilimlenen Hint Kalkan'ı olmuş, deformasyon, Alp-lerde olduğu gibi retroşaryajlanma hariç, İndus Çarpışma Hattından Siwalik Havzası'na doğru gelişmiştir. İskandinav Kaledonidlerinde aynı gelişme şekli Gee (1975) tarafından belgelenmiştir.

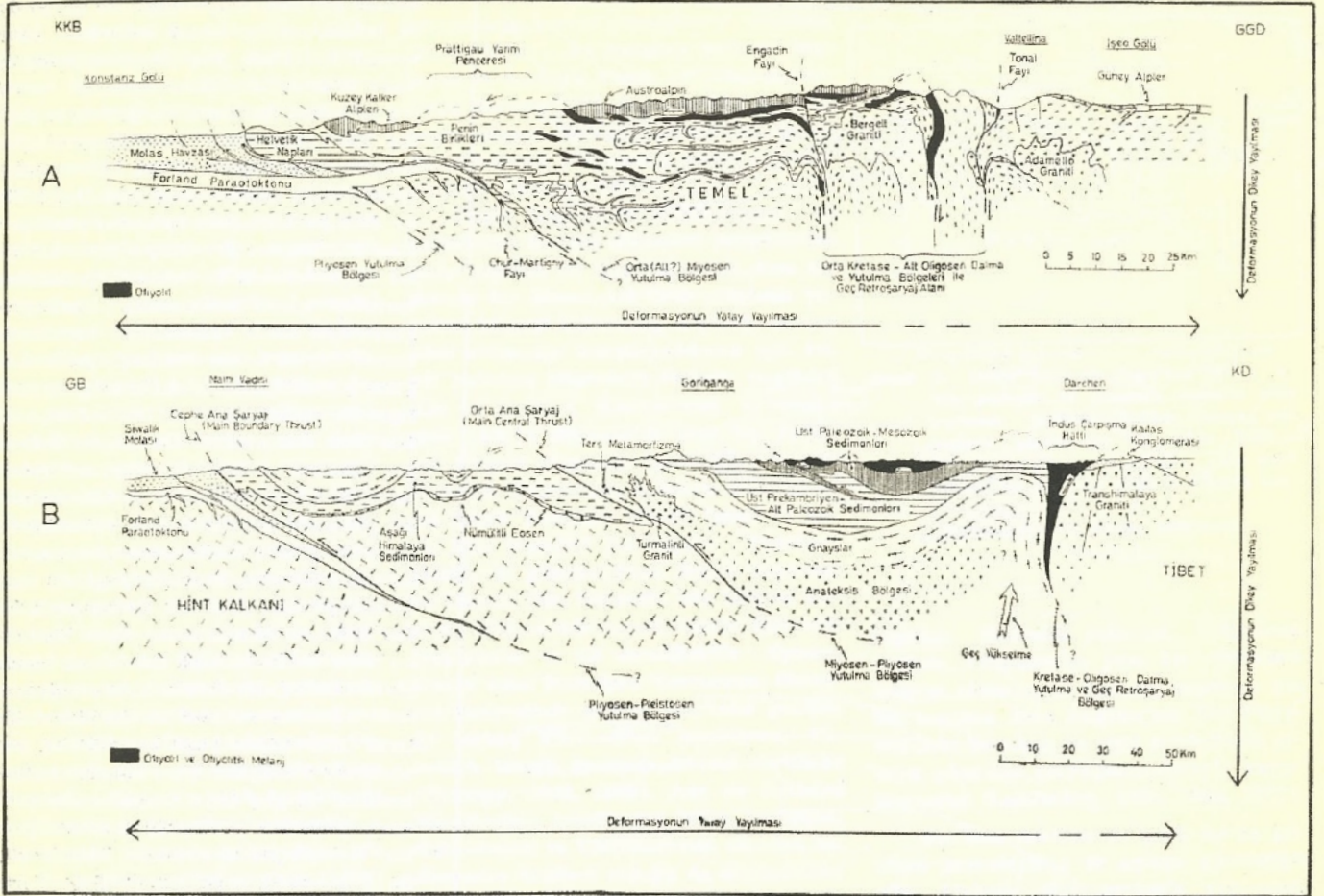
Örnekler bölümünü Batı Newfoundland'da yatay kısalmanın jeolojik kanıtlarını tartışarak kapayalım. Williams ve Smyth (1973) ve Williams (1975) Adalar Körfezi allokton birlikleri için minimum taşınma uzaklığını 105 km. olarak

vermektedirler. Bugün alloktonların 100 km. güneydoğularında Burligton yarım-adasını genişlikleri eşit olmayan iki parçaya ayıran ve eğimleri dikeye yakın, magmatik ve sedimanter kayaçlardan oluşan birkaç tektonik dilimi kapsıyan Baie Verte Lineamenti bulunmaktadır. Yakın zamanda burada çok detaylı araştırmalar yapmış olan Dr. W. S. F. Kidd'in çalışmaları ve kendisi rehberliğinde benim burada yapmış olduğum gözlemlerden anlaşıldığı kadarıyla Baie Verte Lineament'i Aarenijyen'den önce açılmış

olması gereken ve genişliği 100 km'yi dahi bulmayan bir kenar deniziydi. Lineament içerisinde yaşlı saptanabilmiş en yaşlı sedimanlar, Baie Verte'nin kuzeydoğusundaki Snooks Arm grubuyla yapılan litostratigrafik denestirmeye göre Aarenijyen yaşındadırlar. Lineament'in hemen doğu sınırını oluşturan Doğu Fleur de Lys kayaçları içerisinde yerleşmiş olan Burlington granodiyoritine ait çakıl ve molozların Lineament içerisindeki tortullar içinde bulunması, Burlington granodiyoritinin Lineament tarafından temsil olunan kenar denizinde yaşlı olduğunu gösterir. Lineament'in en genç stratigrafik üyesi olan Alt Devoniyen yaşlı Mic Mac sedimanları Lineament'deki diğer çökeller ve Burlington granodiyoriti üzerinde ilksel ilişkilidir ve Lineament'e ait çökelleri uyumlu olarak örtmektedir. Bu stratigrafik ilişkilerden çıkan sonuç, Lineament'i oluşturan kayaçların Alt Ordovisyen'den Üst Alt Devoniyen'e kadar deforme olmadıkları, Baie Verte'nin bu süre zarfında açık bir kenar denizi olarak kaldığıdır. Adalar Körfezi civarındaki allokton ve otokton birlikleri Üst Orta Ordovisyen yaşlı Long Point yeni otoktonu örttüğüne göre buradaki alloktonların en geç Orta Ordovisyenin ortasında yerlerine yerleşmiş olmaları gerekir. Dolayısıyla alloktonlar Baie Verte'nin doğusunda veya bizzat Baie Verte'den gelemeceklerine göre, Baie Verte'nin batı yakasını oluşturan Batı Fleur de Lys ve Long Range temeli arasında bulunan, White Körfezi hizasında, maksimum genişliği 5-10 km'yi ancak bulan bir kök bölgesinden gelmiş olmalıdırlar. (Dewey ve Bird, 1971; Williams, 1975'le karşılaştırınız). Demek bugün Adalar Körfezi yöresinde allokton birliklerdeki kayaç grupları tarafından temsil olunan kıta yamacı, eteği ve onun da ilerisindeki derin deniz paleocoğrafi alanları, bugün 5-10 km. genişliğinde bir kök bölgesinde toplanmışlardır. Bu durum Alp-lerdeki Helvetik kök bölgesinde görülen geometrinin aynıdır ve oradaki gibi büyük ölçüde yatay kısalmayı belirtmektedir.

SONUÇLAR

Yukarıda daha çok Newfoundland Apalasları ve Alp-lerden alınmış olan örneklerin tartışılması esnasında ortaya çıkan sonuç, bu orojenik kuşaklarda yerçekimi kayması ve yerçekimi yayılması olaylarının belki var olmakla birlikte asla önemli rol oynamadıkları, orojenik gelişmeyi hemen tamamen sıkış-



Şekil 6: A — Orta Alplerden Konstanz ve Iseo gölleri hizasında çizilmiş jeolojik kesit (kısmen Trümpy, 1975'den). Burada özellikle kabuğun (litosferin?) dilimlenmesi şeklinde oluşan deformasyonun nasıl zaman içinde kratonun iç kısımlarına yayıldığına dikkat ediniz.

B — Himalayalardan Klogar-Kailas hizasında çizilmiş jeolojik kesit (Gansser, 1964; Le Fort, 1975 ve benim kişisel yorumlarımdan derlenmiştir). Şekli A ile karşılaştırınız. Sonra her ikisini de Şekil 3 ile mukayese ediniz.

Burada görülen ters metamorfizma ya yatay yayılma veya yutulma neticesi meydana gelen ters isotherm geometrisi (Le Fort, 1975) sonucu meydana gelmiştir.

Himalayaların derin yapısı konusunda Le Fort'un (1975) yerumu her ne kadar mantıklı görünüyorsa da Alpler ve Kaledonidlerde yapılan çalışmalar birbirleriyle tamamen çelişkili sonuçlar verdikleri için burada bu konuda veri azlığı nedeniyle seçim yapılmamıştır.

manın saptadığıdır. Naplar, kayaların daralan yere sığamayıp geometriğini değiştirmeleri sonucunda oluşmuşlar ve birbirlerini itip yerlerinden sökerek meydana gelmişler ve son yerlerine yerleşmişlerdir. Biraz ayrıntılı olarak incelenen her iki orojenik kuşakta da bazı paleocoğrafi alanların sıkışma sonucu tamamen kaybolarak yutuldukları görülmüştür. Dolayısıyla bu iki örnekte sıkışma basit bir yorum değil, ayrıntılı arazi gözlemleri sonucunda çıkmış empirik bir gerçektir.

Orojenik kuşakların oluşum ve evrimleri esnasında muazzam yatay sıkışmalarının ve bunların sonucunda, büyük boyutlu yatay hareketlerin meydana gel-

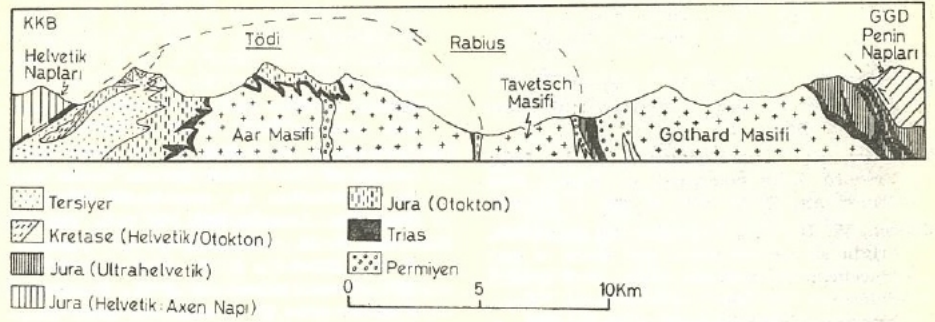
diği yaşlı ve aşınmış orojenik kuşaklarda bazen daha iyi bir şekilde gözlenebilmektedir. Örneğin, İskandinav Kaledonidlerinde allokton birliklerin batı-doğu yönünde, Baltık Kalkanı üzerinde en az 600 Km. yatay hareket etmiş oldukları, kuşkuyla yer vermeyecek bir açıklıkla gözlenebilmiştir (Gee, 1975). Alloktonların gelişmesi üzerine yapılan ayrıntılı stratigrafik, sedimentolojik ve yapısal çalışmalar bu alloktonların da daima yerçekimine karşı iş yapmış olduklarını ortaya koymaktadır. Özellikle kök bölgelerinden ayrılmış olan ve dev klipler oluşturan "Batı Karmaşığı" (Gee, 1975) metamorfik napları, belki Türkiye'nin güneydoğusundaki "Bitlis Napı"

(Gansser, 1974; Baştuğ, 1976) ile karşılaştırılarak sonucunun nap mekanizmasının aydınlatılmasına yardımcı olabilirler.

Bu yazıda, Kanada'daki Kayalık Dağlar'dan ufak bir örnek dışında kor-diyeira tipi orojenik kuşaklarda nap mekanizmasının ne olabileceğine hiç değinmedim. Bu tip orojenik kuşaklarda da ana faktörün yatay sıkışma olduğunu Bally ve diğerleri (1966), Burckfiel ve Davis (1972, 1975, 1976), Burchfiel ve diğerleri (1974) ve Coney'in (1972, 1973) ayrıntılı çalışma ve sentezleri göstermiştir. Buralarda da naplar genellikle yatay sıkışma sonucu itilerek ve belki bir miktar da yatay sıkışma ve magmatik olay-

lar sonucu meydana gelen yükseltilerden yayılarak (bkz. Price ve Mountjiy, 1970; Price, 1973) meydana gelmişlerdir. Ancak ayrıntılı mikrotektonik çalışmalar yapılmadan nap hareketlerinde yatay yayılmanın ne dereceye kadar rolü olduğunu anlayabilmek olanaksızdır.

Sonuç olarak diyebiliriz ki orojenik kuşaklarda tektonik taşınma, sıkışmayla gerçekleşen yer darlığı nedeniyle meydana gelen, Kober'in dediği gibi, "Kampf um den Baum" neticesi itilme ile oluşan bir olgudur. Sıkışmalar nedeniyle meydana gelen deformasyon ve magmatizmanın doğurduğu yükseltilerden yatay yayılma meydana gelmekteyse de, bunun ölçeği henüz bilinmemektedir. Pek önemsiz, ufak ve yüzeysel birkaç istisna (örneğin, Heart Mountain Thrust) dışında, orojenik kuşakların yapılarının gelişmesinde, başka bir deyişle, orojenik kuşaklarda meydana gelen tektonik taşınmada yerçekimi kayması kesin olarak rol oynamamaktadır. Bugüne kadar yerçekimi kayması sonucu oluştuğu ileri sürülen bütün nap birlikleri ayrıntılı bir araştırmayla irdelenince, bu yorumun veri azlığında, teorik önyargıların egemenliğinde yapıldığı ve dolayısıyla bütünüyle yanlış olduğu görülmüştür (okuyucunun kendisini bu konuda tatmin etmesi için şu eserleri karşılaştırmasını hararetle öneririm. Kanada Kayalık Dağları için : Mudge, 1970 ile Bally ve diğerleri, 1966; Helvetik Napları için De Sitter, 1964 ile Burchfiel ve Livingstone, 1967; Kuzey Kalkar Alp-leri için Fallot, 1955 ile Tollmann, 1963; Batı Newfoundland için Bird ve Dewey, 1970 ile Dewey, 1976).



Şekil 7: Helvetik kök bölgesinden jeolojik kesit (Trümpy, 1963'den). Özellikle Aar ve Gothard Masiflerinin otokton örtülerine bakınız. Burada Axen Napını alttan sınırlayan Helvetik ana saryacı Aar Masifinin tamamen üzerinden geçmektedir.

Arazi jeolojisi bizi bu yukarıda sayılan sonuçlara götürmektedir. Orojenik kuşaklarda büyük sıkışmaların olduğu bu kuşakların dışında bulunan, ancak orojenik kuşakların oluşmaları esnasında meydana gelen sıkışmadan etkilendikleri yakın zamanda Molnar ve Tapponnier (1975, 1977), Tapponnier ve Molnar (1976) Şengör (1976) ve Şengör ve diğerlerinin (baskıda) çalışmaları ile ortaya çıkan öntükelerin tektonik gelişmelerinde de yansımaktadır. Fakat bu yazıda varılan sonuçlar, daha çok ve değişik bölgelerde yapılacak ayrıntılı arazi çalışmalarıyla tekrar tekrar kontrol edilmeli, dünyanın tüm orojenik kuşaklarında teste tâbi tutulmalıdırlar. Jeolog, teori veya kişisel önyargıyla değil, gözü, çekici ve kafasıyla her naplı bölgeyi ayrıntılı olarak incelenmek zorundadır. Şurası asla unutulmamalıdır ki sınırlarını en iyi bilen yine dağların bizzat kendileridir.

KATKI BELİRTME :

Bu makale Esen Arpat'ın ısrar ve teşviki olmasaydı asla kaleme alınmazdı. Kendisine hem bu arkadaşça teşviki, hem de pek yararlı bilimsel tartışmalar için teşekkürü bir borç bilirim. Cengiz Baştuğ'la yaptığım tartışmalar konunun kafamda kristallenmesine büyük katkıda bulundu. Bu yazıda ileri sürülen fikirler dört seneden beri Albert Bally, Clark Burchfiel, John Dewey, Ian Evans, Joyce Novitsky-Evans, Augusto Gansser Warren Hamilton, William Kidd, İhsan Seymen ve Rudolf Trümpy'le büroda ve arazide yapılmış olan tartışmalar esnasında doğmuş veya şekillenmiştir. Herbirine ayrı ayrı teşekkür ederim. Nihayet University of Houston Geology Foundation ve bilhassa habam Asım Şengör'e bu yazıda tartışılan örnekleri gidip yerlerinde inceleyebilmem için sağladığı parasal yardımı da şükranla anmak benim için yerine getirilmesi zevkli bir görevdir.

DEĞİNİLEN BELGELER

Amperer, O., 1906, Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen: Jahrb. Geol. Reichsanst., c. 56, s. 539-622.
Amperer, O. ve Hammer, W., 1911, Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen vom Allgäu zum Gardasee: Jahrb. Geol. Reichsanst., c. 61, s. 531-710.
Aubouin, J., 1969, Charriages et Chevauchements: Encyclopaedia Universalis, c. 4, s. 185-188.
Badoux, H., 1963 Les unités ultrahelvétiques de la zone des cols: Eclog. Geol. Helvet., c. 56, s. 1-13.
Bailey, E. B., 1935, Tectonic Essays, mainly alpine: Oxford Univ. Press, Oxford.
Bally, A. W., Gordy, P. L. ve Stewart, G. A., 1966, Structure, seismic data, and orogenic evolution of southern Canadian Rocky Mountains: Canadian Petrol. Geol. Bull., c. 14, s. 337-381.

Baştuğ, C., 1976, Bitlis Napının stratigrafisi ve Güneydoğu Anadolu Sütür Zonunun evrimi: Yeryuvarı ve İnsan, c. 1-2, s. 55-61.
Bertrand, M., 1884, Rapports de structure des Alpes de Glaris et du bassin houiller du Nord: Bull. Soc. Géol. France, c. 12, s. 318-330.
Biju-Duval, B., Lefouzey, J. ve Montadert, L., baskıda, Structure and evolution of the Mediterranean Sea basins: Initial Reports DSDP, leg 42.
Bird, J. M. ve Dewey, J. F., 1970, Lithosphere plate-continental margin tectonics and the evolution of the Appalachian Orogen: Geo. Soc. America Bull., c. 81, s. 1031-1060.
Bucher, W., 1956a, Role of gravity in orogenesis: Geo. Soc. America Bull., c. 67, s. 1295-1318.

Bucher, W., 1956b, Modellversuche und Gedanken über das Wesen der Orogenese: Geotektonisches Symposium zu Ehren von Hans Stille: F. Lotze, editör: Ferdinand Enke, Stuttgart, s. 396-410.
Bucher, W., 1962, An experiment on the role of gravity in orogenic folding: Geol. Rundsch., c. 52, s. 804-810.
Burchfiel, B. C. ve Davis, G. A., 1972, Structural framework and evolution of the southern part of the Cordilleran Orogen, western United States: Am. Jour. Sci., c. 272, s. 97-118.
Burchfiel, B. C. ve Davis, G. A., 1975, Nature and controls of Cordilleran Orogenesis, western United States: Extensions of an earlier synthesis: Am. Jour. Sci., c. 275-A, s. 363-396.

- Burchfiel, B. C. ve Davis, G. A., 1976, Compression and crustal shortening in Andean-type orogenesis: *Nature*, c. 260, s. 291-292.
- Burchfiel, B. C., Fleck, R. J., Secor, D. T., *Structural Geology*: McGraw-Hill, New York 2. Baskı. 1 s
- Burchfiel, B. C. ve Livingston, J. L., 1967, Brevard Zone compared to Alpine root zones: *Am. Jour. Sci.*, c. 265, s. 241-256.
- Church, W. R., 1972, Ophiolite: its definition, origin as oceanic crust, and mode of emplacement in orogenic belts, with special reference to the Appalachians: Dept. Energy, Mines Resourc. Canada Pub., c. 42, s. 71-85.
- Church, W. R. ve Stevens, R. K., 1971, Early Paleozoic ophiolite complexes of the Newfoundland Appalachians as mantle-oceanic crust sequences: *Jour. Geophys. Res.*, c. 76, s. 1460-1466.
- Coney, P. J., 1972, Cordilleran tectonics and North America plate motion: *Am. Jour. Sci.*, c. 272, c. 603-628.
- Coney, P. J., 1973, Non-collision tectogenesis in western North America: Implications of Continental Drift to the Earth Sciences: D. H. Tarling ve S.K. Runcorn, editörler: Academic Press, Londra, c. 2, s. 713-730.
- Davis, G. A., 1974, Geology of the Spring Mountains, Nevada: *Geol. Soc. America Bull.*, c. 85, s. 1015-1022.
- Vincelette, R.R. ve de Sitter, L. U., 1964, Dewey, J. F., 1974, Continental margins and ophiolite obduction: Appalachian Caledonian System: The Geology of Continental Margins: C. A. Burk ve C. L. Drake, editörler: Springer Verlag, Berlin, s. 933-950.
- Dewey, J. F., 1976, Ophiolite obduction: *Tectonophysics*, c. 31, s. 93-120.
- Dewey, J. F. ve Bird, J. M., 1971, Origin and emplacement of the ophiolite suite: Appalachian ophiolites in Newfoundland: *Jour. Geophys. Res.*, c. 76, s. 3179-3206.
- Elliot, D., 1976, The motion of thrust sheets: *Jour. Geophys. Res.*, c. 81, s. 919-963.
- Falot, P., 1955, Les dilemmes tectoniques des Alpes Orientales: *Ann. Soc. Géol. Belgique*, c. 78, s. 147-170.
- Gansser, A., 1964, *Geology of the Himalayas*: Interscience, New York.
- Gansser, A., 1974, The ophiolitic mélange: A world-wide problem on Tethyan examples: *Eclog. Geol. Helvet.*, c. 67, s. 479-507.
- Gee, D. G., 1975, A tectonic model for the central part of the Scandinavian Caledonides: *Am. Jour. Sci.*, c. 275-A, s. 468-515.
- Gwinner, M. P., 1976, *Geologie der Alpen*: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- Haarmann, E., 1930, *Die Ossillationstheorie*: Ferdinand Enke, Stuttgart.
- Heim, A., 1878, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung im Anschluss an die geologische Monographie der Tödi-Windgällengruppe Benno Schawabe, Basel, 2 cilt ve atlas.
- Heim, A., 1891, *Geologie der Hochalpen zwischen Reuss und Rhein*: Beitr. geol. Karte Schweiz, 25. Lief., Bern.
- Hsü, K. J., 1972, Alpine Flysch in a Mediterranean setting: 24th Inter. Geol. Congress, c. 6, s. 67-74.
- Hsü, K. J. ve Ryan, W. B. F., 1972, Summary of the evidence for extensional and compressional tectonics in the Mediterranean: Initial Reports DSDP, c. 13, s. 1011-1019.
- Hubbert, M. K., 1951, Mechanical basis for certain familiar geologic structures. *Geol. Soc. America Bull.*, c. 62, s. 355-372.
- Hubbert, M. K. ve Rubey, W. W., 1959, Mechanics of fluid-filled porous solids and its application to overthrust faulting: *Geol. Soc. America Bull.*, c. 70, s. 115-166.
- Hussong, D. M., Edwards, P. B., Johnson, S. H., Cambell, I. F. ve Sutton, G. H., 1976, Crusta lstructure of the Peru-Chile Trench: 3° - 12° S latitude: AGU Geophysical Monograph 19. s. 71-86.
- Jeffreys, H., 1924, *The Earth*: Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1. Baskı.
- Jeffreys, H., 1931, On the mechanics of mountains: *Geol. Mag.*, c. 68, s. 435-442.
- King, B. C., 1970, Vulcanicity and rift tectonics in East Africa: African Magmatism and Tectonics: T. N. Clifford ve I. G. Gass, editörler: Oliver and Boyd, Edinburgh, s. 283-284.
- von Krafft, A., 1902, Notes on the "Exotic blocks" of Malla Johar in the Bhot Mahals of Kumaon: *Mem. Geol. Surv. India*, c. 32, s. 127-183.
- Laubscher, H. P., 1961, Die Fernschubhypothese der Jurafaltung: *Eclog. Geol. Helvet.*, c. 54, s. 221-232.
- Laubscher, H. P., 1962, Der Zweiphasenhypothese der Jurafaltung: *Eclog. Geol. Helvet.*, c. 55, s. 1-22.
- Laubscher, H. P., 1973, Jura Mountains: Gravity and Tectonics: K. A. de Jong ve R. Scholten, editörler: John Wiley and Sons, New York, s. 217-228.
- Lawson, A. C., 1922, Isostatic compensation considered as a cause of thrusting: *Geol. Soc. America Bull.*, c. 33, s. 337-351.
- Le Fort, P., 1975, Himalayas: The collided range. Present knowledge of the continental arc: *Am. Jour. Sci.*, c. 275-A, s. 1-44.
- Lemoine, M., 1973, About gravity gliding tectonics in the Western Alps: Gravity and Tectonics: K. A. de Jong ve R. Scholten, editörler: John Wiley and Sons, New York, s. 201-218.
- Lindström, M., 1961, Beziehungen zwischen Kleinfaltenvergenzen und anderen Gefügemerkmalen in den Kaledoniden Skandinavien: *Geol. Rundsch.*, c. 51, s. 144-179.
- Logan, W. E., 1860, Remarks on the fauna of the Quebec group of rocks and the Primordial zone of Canada: *Canadian Naturalist*, c. 5, s. 472-477.
- Lugeon, M., 1903, Les grandes nappes de recouvrement des Alpes suisses: *Congrès Géol. Inter., Viyana*, s. 477-506.
- Lugeon, M., 1943, Une nouvelle hypothèse tectonique: La diverticulation: *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, c. 62, s. 301-303.
- Lugeon, M. ve Gagnebin, E., 1941, Observations et vues nouvelles sur la géologie des Préalpes Romandes: *Mém. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, c. 47 s. 1-90.
- Mather, K. F. ve Mason, S. L., 1939, *A Source Bok in Geology*: McGraw-Hill, New York.
- McConnel, R. G., 1887, Report on the geological structure of a portion of the Rocky Mountains, accompanied by a section measured near the 51st parallel: *Geol. Surv. Canada Ann. Rep.* 1886, c. 2, s. 5-41.
- Milnes, A. G., 1969, On the orogenic history of the Central Alps: *Jour. Geol.*, c. 77, s. 108-112.
- Milnes, A. G., 1974a, Post-nappe folding in the western Lepontine Alps: *Eclog. Geol. Helvet.*, c. 67, s. 333-343.
- Milnes, A. G., 1974b, Structure of the Pennine Zone (Central Alps): A new working hypothesis: *Geol. Soc. America Bull.*, c. 85, s. 1727-1732.
- Molnar, P. ve Tapponnier, P., 1975, Cenozoic tectonics of Asia: Effects of a continental collision: *Science*, c. 189, s. 419-426.
- Molnar, P. ve Tapponnier, P., 1977, Relation of the tectonics of eastern China to the India-Eurasia collision: Application of slip-line field theory to large-scale continental tectonics: *Geology*, c. 5, s. 212-216.
- Morelli, C., 1976, Advancement in the geophysical knowledge of the Mediterranean Sea: C. I. E. S. M., Split (öz)
- Mudge, M. R., 1970, Origin of the disturbed belt in northwestern Montana: *Geol. Soc. America Bull.*, c. 81, s. 377-392.
- Nicol, J., 1861, On the structure of the North-western Highlands and the relations of the gneiss, red sandstone, and quartzite of Sutherland Ross-shire: *Geol. Soc. Quart. Jour.*, c. 17, s. 85-113.
- Oberholzer, J., 1933, *Geologie der Clarneralpen*: Beitr. Geol. Karte Schweiz, neue Folge, 28. Lief.
- Oldham, R. D., 1921, "Know your faults": *Geol. Soc. Quart. Jour.*, c. 77, s. 77-92.
- Peach, B. N. ve Horne, J., 1884, Report on the geology of North-West Sutherland: *Nature*, c. 31, s. 31-35.
- Pierce, W. G., 1973, Principal features of the Heart Mountain Fault and the mechanism problem: Gravity and Tectonics: K. A. de Jong ve R. Scholten, editörler: John Wiley and Sons, New York, s. 457-472.
- Price, R. A., 1973, Large-scale gravitational flow of supracrustal rocks, southern Canadian Rockies: Gravity and Tectonics: K. A. de Jong ve R. Scholten, editörler: John Wiley and Sons, New York, s. 491-502.
- Price, R. A. ve Mountjoy, E. W., 1970, Geologic structure of the Rocky Mountains between Bow and Athabasca Rivers - A progress report: *Geol. Assoc. Canada Spec. Pub.* 6, s. 7-25.
- Rabinowitz, P. D. ve Ryan, W. B. F., 1970, Gravity anomalies and crustal shortening in the Eastern Mediterranean: *Tectonophysics*, c. 10, s. 585-608.
- Rogers, W. B. ve Rogers, H. D., 1843, On the physical structure of the Appalachian Chain, as exemplifying the laws which have regulated the elevation of great mountain chains generally: *Assoc. Am. Geol. Rep.*, s. 474-531.
- Roeder, D. H., 1962, Der Laurier Belt, eine Rotationszone zwischen Kern-Orogen und Saamsenke: *Geol. Rundsch.*, c. 52, s. 189-201.
- Rodgers, J., 1970, *The Tectonics of the Appalachians*: Interscience, New York.
- Ryan, W. B. F., Stanley, D. J., Hersey, J. B., Fahquist, D. A. ve Allan, T. D., 1970, The tectonics and geology of the Mediterranean Sea: *The Sea*: A. E. Maxwell, editör: Interscience, New York, c. 4/II, s. 287-492.

- Schardt, H. 1893, Sur l'origine des Préalpes romandes (Zone du Chablais et du Stockhorn): Archives des Sc. Phys. Nat., 3e pér., c. 30, s. 570-583.
- Schardt, H., 1897, Die exotischen Gebiete, Klippen und Blöcke am Nordrande der Schweizeralpen: Eclog. Geol. Helvet., c. 5, s. 233-250.
- Sengör, A. M. C., 1976, Collision of irregular continental margins: Implications for foreland deformation of Alpine-type orogens: Geology, c. 4, s. 779-782.
- Sengör, A. M. C., baskıda, New historical data on crustal subduction: Jour. Geol.
- Sengör, A. M. C., Burke, K. ve Dewey, J. F., baskıda, Rifts at high angles to orogenic belts: Tests for their origin and the Upper Rhine Graben as an example: Am. Jour. Sci.
- Smolochowski, M. S., 1909, Some remarks on the mechanics of overthrusts Geol. Mag., c. 6, s. 204-205.
- Suess, E., 1875, Die Entstehung der Alpen: W. Braumüller, Viyana.
- Stanley, D. J., 1974, Modern flysch sedimentation in a Mediterranean island arc setting: SEPM Spec. Pub. 19, s. 240-259.
- Tapponier, P. ve Molnar, P., 1976, Slip-line field theory and largescale continental tectonics: Nature, c. 264, s. 319-324.
- Tollmann, A., 1963, Ostalpensynthese: Franz Deuticke, Viyana.
- Tollmann, A., 1976, Der Bau der Nördlichen Kalkalpen: Franz Deuticke, Viyana.
- Törnebohm, A. E., 1883, Om Dalformationens geologiska alder: Geol. Fören. Stockholm Förhandl., c. 6, s. 622-661.
- Törnebohm, A. E., 1888, Om fjällproblemet: Geol. Fören Stockholm Förhandl., c. 10, s. 328-336.
- Trümpy, R., 1960, Paleotectonic evolution of the Central and Western Alps: Geol. Soc. Amerika Bull., c. 71, s. 843-908.
- Trümpy, R., 1963, Sur les racines des nappes helvétiques: Livre à la mémoire du Professeur Paul. Fallot: Soc. Géol. France, c. 2, s. 419-428.
- Trümpy, R., 1969, Die helvetischen Decken der Ostschweiz: Versuch einer palinspastischen Korrelation und Ansätze zu einer kinematischen Analyse: Eclog. Geol. Helvet., c. 62, s. 105-138.
- Trümpy, R., 1973, The timing of orogenic events in the Central Alps: Gravity and Tectonics: K. A. De Jong ve R. Scholten, editörler: John Wiley and sons, New York, s. 229-251.
- Trümpy, R., 1975, On crustal subduction in the Alps: Tectonic Problems of the Alpine System: M. Mamel editör: Veda, Bratislava, s. 121-130.
- Van Bemmelen, R. W., 1932, De Undatie-theorie (hare afleiding en toepassing op het westelijk deel den Soendaboog: Natuurk. Tijdsch. Ned. Indie c. 92, s. 85-242.
- Van Bemmelen, R. W., 1936 a, Die Anwendung der Undationstheorie auf das Alpine System in Europa: Proc. Kon. Akad. Wetensch. Amsterdam, c. 36, s. 686-694.
- Van Bemmelen, R. W., 1936, The undation theory of the development of the earth's crust: Proc. 16th Intern. Geol. Congr. Washington, D. C., c. 2, s. 965-982.
- Williams, H., 1971, Mafic-ultramafic complexes in West-Newfoundland Appalachians and the evidence for their transportation: A review and interim report: Geol. Assoc. Canada Proc., c. 24, s. 9-25.
- Williams, H., 1973, Bay of Islands map-area, Newfoundland: Geol. Surv. Canada Pap., 72-34, 7s.
- Williams, H., 1975, Structural succession, nomenclature, and interpretation of transported rocks in western Newfoundland: Canadian Jour. Earth Sci., c. 12, s. 1874-1894.
- Williams, H. ve Smyth, W. R., 1973, Metamorphic aureoles beneath ophiolite suites and Alpine peridotites: Tectonic implications with west Newfoundland examples: Am. Jour. Sci., c. 273, s. 594-621.